

REPORT

RADOST-ABSCHLUSSBERICHT UND 5. RADOST-JAHRESBERICHT

RADOST-Berichtsreihe
Bericht Nr. 27



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

KLIMZUG 
Klimawandel in Regionen

Kooperationspartner



Büro für Umwelt und Küste, Kiel
BFUK



Institut für ökologische
Wirtschaftsforschung, Berlin
IÖW



Coastal Research & Management

Coastal Research & Management,
Kiel
CRM



Johann Heinrich von Thünen-
Institut, Bundesforschungs-
institut für Ländliche Räume, Wald
und Fischerei, Braunschweig
TI



Ecologic Institut, Berlin
(Koordination)
Ecologic Institut



Landesbetrieb für Küstenschutz,
Nationalpark und Meeresschutz
Schleswig-Holstein, Husum
LKN



EUCC – Die Küsten Union
Deutschland, Warnemünde
EUCC-D



Landesamt für Landwirtschaft,
Umwelt und ländliche Räume
Schleswig-Holstein
LLUR



Geographisches Institut der
Christian Albrechts-Universität
zu Kiel
CAU



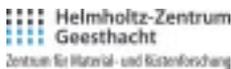
Leibniz-Institut für Gewässeröko-
logie und Binnenfischerei, Berlin
IGB



GICON – Großmann Ingenieur
Consult GmbH – Niederlassung
Rostock
GICON



Leibniz-Institut für Ostseeforschung
Warnemünde
IOW



Helmholtz-Zentrum Geesthacht,
Zentrum für Material- und
Küstenforschung
HZG



Staatliches Amt für Landwirtschaft
und Umwelt Mittleres Mecklen-
burg
StALU MM



H.S.W. Ingenieurbüro für
Angewandte und Umweltgeologie
GmbH, Rostock
HSW



Technische Universität
Hamburg-Harburg,
Institut für Wasserbau
TUHH



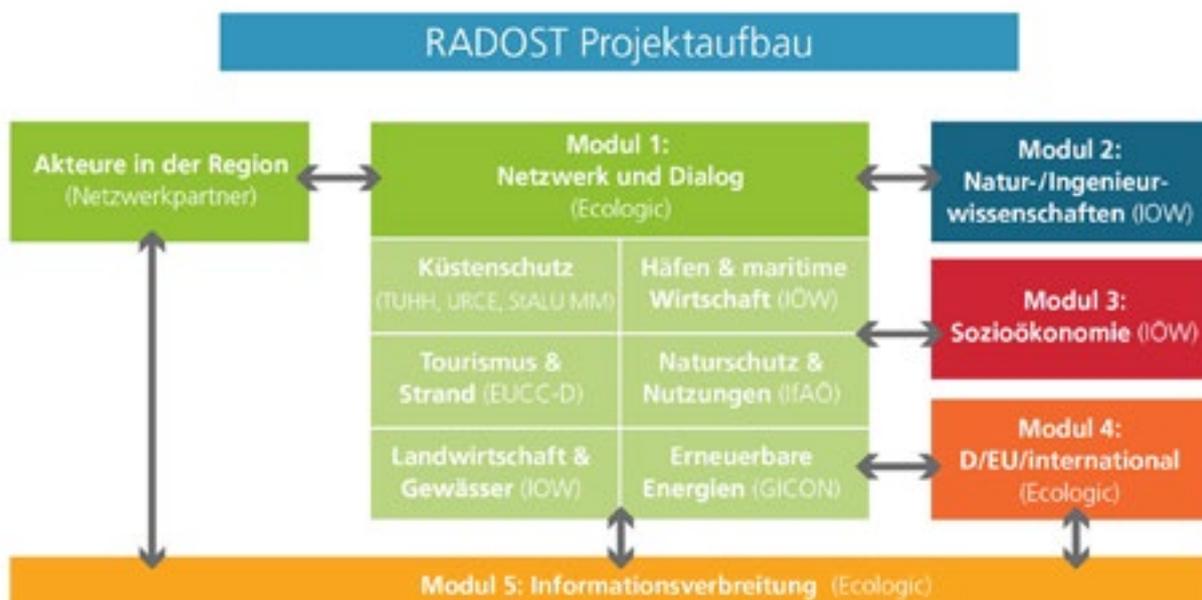
Institut für Angewandte Öko-
systemforschung, Neu Brodersdorf
IfAÖ



Universität Rostock,
Fachgebiet Küstenwasserbau
URCE

Projektaufbau RADOST

Das Projekt RADOST (Regionale Anpassungsstrategien für die deutsche Ostseeküste) wird im Rahmen der Fördermaßnahme KLIMZUG „Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. RADOST hat zum Ziel, Anpassungsstrategien für die deutsche Ostseeregion im Dialog mit Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft zu erarbeiten. RADOST besteht aus fünf Modulen.



0.1 > Darstellung des RADOST-Projektaufbaus nach Inhalten und Zuständigkeiten

Modul 1 (Netzwerkbildung und Dialog) bildet als Schnittstelle zwischen Forschung und Anwendung das Herzstück des Vorhabens. In variablen Formen des Austauschs und der Zusammenarbeit werden sektorale und sektorübergreifende Problemstellungen aufgegriffen, der Stand der Forschungsarbeiten mit dem Bedarf der regionalen Akteure abgeglichen und Lösungsansätze bis hin zu konkreten Anwendungen erarbeitet. Schwerpunkte der Netzwerkbildung und anwendungsorientierten Forschungsarbeiten bilden sechs Fokusthemen, für die jeweils einer der RADOST-Partner federführend ist.

In den einzelnen Fokusthemen sind insgesamt 16 Anwendungsprojekte mit Praxispartnern geplant, die verdeutlichen sollen, welche wirtschaftlichen Chancen ein innovativer Umgang mit dem Klimawandel birgt.

Modul 2 (Natur- und ingenieurwissenschaftliche Forschung) stellt Grundlagendaten zum Klimawandel bereit und umfasst vertiefte Untersuchungen in den Bereichen Hydrodynamik/Sedimenttransporte, Gewässerqualität sowie Ökologie und biologische Vielfalt. Daten aus bestehenden Klimaszenarien werden um Aussagen zu Änderungen von Seegang, Wasserstand und Strömung ergänzt. Führende Simulationsmodelle, die darüber hinaus Stoffeinträge und Veränderungen der Gewässerqualität abbilden, werden in RADOST miteinander verknüpft.

Modul 3 (Sozio-ökonomische Analyse) befasst sich mit den aufgrund des Klimawandels zu erwartenden Veränderungen in der regionalen Wirtschaftsstruktur und analysiert die möglichen Einkommens- und Beschäftigungseffekte sowie Kosten und Nutzen unterschiedlicher Anpassungsoptionen.

Modul 4 (Nationaler und europäischer Politikrahmen/nationaler und internationaler Austausch) umfasst den überregionalen und internationalen Informations- und Erfahrungsaustausch sowie den Abgleich regionaler Anpassungsstrategien mit der Politikentwicklung auf nationaler und europäischer Ebene.

Modul 5 (Kommunikation und Verbreitung der Ergebnisse) dient der zielgerichteten Vermittlung von Projektergebnissen an unterschiedliche Nutzergruppen in der Region sowie an das nationale und internationale Fachpublikum.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im gesamten Bericht bei allgemeinen Personenbezeichnungen jeweils die männliche Form verwendet. Sofern nicht präzisiert, ist immer auch die weibliche Form gemeint.

RADOST Projektbeirat

Im Anschluss an die RADOST-Jahreskonferenz in Schwerin wurde am 25.3.2010 der Beirat des Projektes offiziell eingesetzt. Er wird von nun an den Fortgang des Projektes begleiten, die Verankerung von RADOST in der regionalen Politik, Verwaltung und Wirtschaft unterstützen sowie die Anbindung an relevante nationale und internationale Entwicklungen sicherstellen. Im Einzelnen hat der Beirat die folgenden Mitglieder:



Prof. Dr. Donald F. Boesch

Präsident des University of Maryland Center for Environmental Science (UMCES) und Mitglied des National Academies Committee on America's Climate Choices, USA



Dr. Johannes Oelerich

Direktor Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN)



Dr. Achim Daschkeit

Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) beim Umweltbundesamt



Ullrich Buchta

Referatsleiter Energieeffizienz, Klimaschutz im Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern



Dr. Ulrich Hausner

Abteilungsleiter Clusterentwicklung und Ausgründungsförderung bei der Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH (WTSH)



Dr. Gerald Schernewski

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW), RADOST-Modulkordinator Natur- und ingenieurwissenschaftliche Forschung



Dr. Jesko Hirschfeld

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), RADOST-Modulkordinator Sozio-ökonomische Forschung



Michael Sturm

Geschäftsführer Invest in Mecklenburg-Vorpommern GmbH



Hans-Joachim Meier

Leiter Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg (StALU MM)



Wolfgang Vogel

Direktor Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR)



Dr. Grit Martinez

Ecologic Institut, RADOST-Projektleiterin

REPORT

RADOST-ABSCHLUSSBERICHT UND 5. RADOST-JAHRESBERICHT

RADOST-Berichtsreihe
Bericht Nr. 27

Inhalt

RADOST Kooperationspartner	II
Projektaufbau RADOST	III
RADOST Projektbeirat	IV
Übersicht der RADOST-Arbeitspakete	V
RADOST Fokusthemen und Fokusgebiete	VII
Vorwort	3
 Modul 1: Netzwerkbildung und Dialog zur Entwicklung von Anpassungsstrategien	4
Fokusthema 1: Küstenschutz	12
Fokusthema 2: Tourismus und Strandmanagement	38
Fokusthema 3: Gewässermanagement und Landwirtschaft	48
Fokusthema 4: Häfen und maritime Wirtschaft	68
Fokusthema 5: Naturschutz und Nutzungen	80
Fokusthema 6: Erneuerbare Energien	88
 Modul 2: Natur- und ingenieurwissenschaftliche Forschung	96
I – Klimadatenbedarf und Analyse (Klimadatenmanagement)	98
II – Wasserstände, Seegang, Strömungen und Sedimenttransporte	102
III – Fluss-Küste-Meer: Gewässerqualität und Klimawandel	112
IV – Ökologie und biologische Vielfalt	120
 Modul 3: Sozio-ökonomische Analyse	128
 Modul 4: Nationaler und europäischer Politikrahmen / nationaler und internationaler Austausch	140
 Modul 5: Kommunikation und Verbreitung der Ergebnisse	146



Vorwort

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

nach fünf Jahren Projektlaufzeit geht RADOST am 30. Juni 2014 offiziell zu Ende. Dies ist eine ungewöhnlich lange Zeit für ein Forschungsvorhaben, aber der Komplexität des RADOST-Vorhabens angemessen: Das Ziel von RADOST war nichts Geringeres als „Anpassungsstrategien für die deutsche Ostseeküste im Dialog zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft zu erarbeiten“.

Der vorliegende Bericht bietet Ihnen eine Übersicht über die wesentlichen Aktivitäten und Ergebnisse des RADOST-Projektes aus dem gesamten Förderzeitraum 2009–2014. Ein besonderer Schwerpunkt liegt – anknüpfend an die vorigen Jahresberichte – auf dem Berichtszeitraum 2013–2014.

Selbstverständlich steht Ihnen auch nach Abschluss des Projektes das umfangreiche in den RADOST-Teilprojekten erarbeitete Wissen in mehr als 20 Fachberichten der RADOST-Berichtsreihe, zahlreichen weiteren Veröffentlichungen und über 80 Fachveranstaltungsdokumentationen auf der RADOST-Website unter www.klimzug-radost.de zur Verfügung.



Ein gemeinsames Ziel der RADOST-Aktivitäten war die Ausrichtung an den Bedürfnissen der Akteure in Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft an der Ostseeküste. Es war RADOST ein Anliegen, Klimaanpassung im Kontext einer Kultur des „Miteinander Sprechens und Handelns“ zu verorten. Nicht ausschließlich Experten sollen sich mit Anpassungsfragen beschäftigen, sondern die Menschen vor Ort insgesamt.

Ich danke Ihnen allen für Ihr Interesse an unseren Forschungsbeiträgen und danke insbesondere allen Netzwerkpartnern, die sich an RADOST aktiv beteiligt haben und damit ermöglicht haben, dieses ambitionierte Projekt erfolgreich durchzuführen. In RADOST begonnene Aktivitäten werden im Rahmen einer Vielzahl von Projekten, Gesprächskreisen und Kooperationsabkommen weitergeführt werden. Ich wünsche allen Beteiligten eine weitere fruchtbare Zusammenarbeit und ein gutes Gelingen bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Mit freundlichen Grüßen,

A handwritten signature in black ink, which appears to be 'Grit Martinez'.

Dr. Grit Martinez
RADOST-Projektleiterin &
Adjunct Associate Professor an der Duke University,
North Carolina, USA

Berlin, im Mai 2014

Modul 1

Netzwerkbildung und Dialog
zur Entwicklung von
Anpassungsstrategien

Kontakt:

Ecologic Institut, Berlin

Dr. Grit Martinez: grit.martinez@ecologic.eu

Zur erfolgreichen Erarbeitung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen und -strategien sind wissenschaftliche Erkenntnisse ebenso erforderlich wie ein intensiver Austausch der betroffenen Akteure und die effektive Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis. Forschungsinhalte und -ergebnisse des RADOST-Projektes zu Klimawandel und Klimaanpassung wurden kontinuierlich mit Fachexperten, Entscheidungsträgern

aus Politik und Verwaltung, Wirtschaftsunternehmen, Nichtregierungsorganisationen und der allgemeinen Öffentlichkeit ausgetauscht und diskutiert. Entlang der sechs RADOST-Fokusthemen wurde ein die Akteursgruppen übergreifendes offenes und lernendes Netzwerk aufgebaut und beständig erweitert, das zu Projektende über 150 Partner umfasste.

Die Einbindung von Netzwerkpartnern (siehe Liste S. 6/7) erstreckte sich vom punktuellen Informationsaustausch über die regelmäßige Beteiligung an Veranstaltungen und Arbeitstreffen bis zur Mitwirkung in Anwendungsprojekten (vgl. die Ausführungen zu den einzelnen Fokusthemen). Bei themenübergreifenden Veranstaltungen konnten Akteure aus unterschiedlichen Bereichen konkurrierende Interessen diskutieren und mit dem gemeinsamen Ziel der Anpassung an den Klimawandel Synergienmöglichkeiten ermitteln.

Um Projektinformationen und Forschungsergebnisse an einen weiteren Kreis von Akteuren zu verbreiten, kooperierte RADOST auch mit Einrichtungen auf überregionaler Ebene und präsentierte sich auf unterschiedlichen Plattformen. Während der gesamten Förderperiode fand eine enge Zusammenarbeit zwischen RADOST und den anderen sechs vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen von **KLIMZUG** („Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“) geförderten Verbänden statt. Einen besonderen Stellenwert hatte auch die Kooperation mit dem **Climate Service Center** (CSC, www.climate-service-center.de), das es sich zur Aufgabe gemacht hat, das Wissen aus der Klimaforschung praxisorientiert aufzubereiten und Entscheidungsträgern in Politik, Verwaltung und Wirtschaft sowie einer breiten Öffentlichkeit zu vermitteln. Die Webplattform „Klimanavigator“ (www.klimanavigator.net) des CSC vermittelt einen Überblick über die klimarelevante Forschung sowie über Klimawandel und Klimaanpassungsinitiativen in Deutschland. RADOST unterstützte die Aktivitäten als Portalpartner und trug Projektinhalte zu dem Klimanavigator-Dossier „Klimawandel in Norddeutschland“ bei (siehe S. 100).

Im Jahr 2013 unterstützte RADOST außerdem die zuständigen Landesministerien Mecklenburg-Vorpommerns und Schleswig-Holsteins bei einer Abfrage des Umweltbundesamtes (UBA) zu Aktivitäten der Bundesländer in Bezug auf Klimawandelfolgen und Anpassung. Die daraus gewonnenen länderspezifischen Informationen stehen auf der UBA-Website zur Verfügung.¹

Beteiligung am Netzwerk der KLIMZUG-Verbünde

Regelmäßige verbundübergreifende Workshops der KLIMZUG-Projekte zu Themenschwerpunkten wie „Kommunikation, Bildung und Transfer“, „Partizipation“, „Regional- und Stadtplanung“, „Landnutzung“ oder „Klimasichere Energieversorgung“ ermöglichten einen fachspezifischen Austausch über die Projektregion hinaus. Dieser wurde durch gemeinsame themenübergreifende Veranstaltungen ergänzt, zuletzt die KLIMZUG-Abschlusskonferenz (siehe unter „RADOST-Veranstaltungen“ S. 9).

Um die Erkenntnisse aus fünf Jahren KLIMZUG-Forschung verbundübergreifend aufzubereiten und auch nach Beendigung des Förderprogramms nachhaltig nutzbar zu machen, wurde von den KLIMZUG-Verbänden eine **KLIMZUG-Publikationsreihe** von themenspezifischen Sammelbänden mit den Ergebnissen aus den Forschungsprojekten initiiert. RADOST-Wissenschaftler beteiligten sich daran als Herausgeber und Autoren (siehe Modul 5). Im Laufe des Jahres 2014 wird zudem ein **KLIMZUG-Wissensarchiv** eingerichtet und auf dem Internetportal www.klimanavigator.de etabliert. Die unterschiedlichen Publikationen der KLIMZUG-Verbünde werden dort per Volltextsuche recherchierbar sein.

¹ Siehe www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland und www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-regional-sektoral.

RADOST-Netzwerk

Das RADOST-Netzwerk wurde über die gesamte Projektlaufzeit kontinuierlich weiterentwickelt. Zum Projektende umfasst es rund 150 Institutionen aus der öffentlichen Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Bildung sowie Nichtregierungsorganisationen.

Öffentliche Verwaltung

- Amt Hüttener Berge*
- Amt Dänischenhagen*
- Amt Klützer Winkel
- Amt Probstei*
- Amt Schlei-Ostsee*
- Amt Schrevenborn*
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
- Gemeinde Altenhof*
- Gemeinde Altenholz*
- Gemeinde Behrendorf*
- Gemeinde Blekendorf*
- Gemeinde Heikendorf*
- Gemeinde Hohenfelde*
- Gemeinde Hohwacht*
- Gemeinde Laboe*
- Gemeinde Mönkeberg*
- Gemeinde Noer*
- Gemeinde Ostseebad Strande*
- Gemeinde Scharbeutz
- Gemeinde Schönberg*
- Gemeinde Schwedeneck*
- Gemeinde Stakendorf*
- Gemeinde Stein*
- Gemeinde Timmendorfer Strand
- Gemeinde Wendtorf*
- Gemeinde Wisch/Heidkate*
- Hansestadt Lübeck
- Hansestadt Rostock, Amt für Umweltschutz
- Innenministerium Schleswig-Holstein
- Kreis Plön*
- Kurbetrieb Kellenhusen
- Kurverwaltung Ostseebad Göhren
- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) Mecklenburg-Vorpommern
- Landeshauptstadt Kiel*
- Landesumweltamt Brandenburg
- Landkreis Bad Doberan
- Landkreis Nordvorpommern
- Landkreis Rügen
- Lübeck Port Authority

Öffentliche Verwaltung

- Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern
- Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern
- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Technologie Schleswig-Holstein
- Nationalparkamt Vorpommern
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
- Ortsbeirat Markgrafenheide
- Regionaler Planungsverband Mittleres Mecklenburg/Rostock
- Regionaler Planungsverband Westmecklenburg
- Regionaler Planungsverband Vorpommern
- Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg (StALU WM)
- Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern (StALU VP)
- Stadt Eckernförde*
- Stadt Kappeln*
- Umweltbundesamt
- Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) Lübeck
- Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) Stralsund

Wirtschaft

- 50 Hertz Transmission GmbH
- Amrumbank West GmbH
- AQUAZOSTA MB Marine Plant Technology
- Bäderverband Mecklenburg-Vorpommern e.V.
- BIOPARK e.V.
- b&o Ingenieure
- Bundesverband BioEnergie e.V. (BBE)
- CPL Competence in Ports and Logistics Wenzel, Heine & Kollegen GbR
- EGOH Entwicklungsgesellschaft Ostholstein mbH
- EURAWASSER Nord
- European Cargo Logistics ECL Lübeck
- Flensburger Schiffbau-Gesellschaft mbH & Co. KG
- Fresemann Projektleitung*
- Gebr. Friedrich GmbH Schiffswerft Kiel
- Hafen-Entwicklungsgesellschaft Rostock
- Hanseatische Umwelt GmbH
- Haus Lilienthal, Hohwacht*
- Heinrich Hirdes GmbH
- Hohwachter Bucht Touristik GmbH *
- Holzhandel Lehmann UG & Co.KG
- Industrie- und Handelskammer zu Kiel *

Wirtschaft

- Industrie- und Handelskammer zu Rostock
- Ingenieurbüro Mohn Kiel/Husum
- Invest in Mecklenburg-Vorpommern GmbH
- Kreishandwerkerschaft Rügen
- KuFra Werft Lübeck
- Kurbetrieb Ostseebad Laboe*
- Küsten-Kontor / Prognos AG
- Land & Bau Kommunalgeräte GmbH
- Lübecker Hafen-Gesellschaft mbH
- MariLim – Gewässeruntersuchung und Forschung
- Maritimes Cluster Schleswig-Holstein
- movelo Repräsentanz Mecklenburg-Vorpommern
- Naue Fasertechnik GmbH
- oceanBASIS GmbH
- Ostseebad Eckernförde*
- Ostseebad Heikendorf e. V.*
- Ostsee Holstein Tourismus e. V.*
- Seehafen Kiel GmbH & Co. KG
- Seehafen Rostock Umschlagsgesellschaft
- Stadtwerke Kiel AG
- Stadtwerke Lübeck GmbH
- Steigenberger Hotelgruppe
- STRABAG AG
- style-KÜSTE
- Tourismusagentur Schleswig-Holstein (TASH)*
- Tourismusverband Mecklenburg-Vorpommern e.V.
- Tourismusverband Schleswig-Holstein e.V. (TVSH) *
- Tourist-Info Behrendorf*
- Tourist-Info Stein*
- Tourist-Info Wendtorf*
- Tourismusservice Fehmarn*
- Tourist-Service Ostseebad Schönberg*
- Tourismusverband Probstei e. V.*
- UmweltPlan GmbH Stralsund
- utility competence berlin GmbH
- VMO – Verband Mecklenburgischer Ostseebäder e.V.
- Wasser- und Bodenverband Warnow/Beke
- Wastra-Plan Rostock
- Wind Energy Network Rostock e.V.
- Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH (WTSH)
- wdp offshore solutions GmbH

Wissenschaft und Bildung

- Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI), Bremerhaven
- Bildungszentrum für Natur, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
- Deutscher Wetterdienst
- Deutsches Meeresmuseum
- FH Flensburg*
- Forschungsinstitut Senckenberg, Deutsches Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung, Wilhelmshaven
- HafenCity Universität Hamburg
- GEOMAR | Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
- Institut für Tourismus- und Bäderforschung in Nordeuropa GmbH*
- Institut Raum und Energie *
- Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI)
- Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
- Meeresbiologische Station Laboe*
- Museumshafen Probstei Freunde alter Schiffe Wendtorf e.V.*
- Ostsee Info-Center
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Forschungsbereich II – Klimawirkung und Vulnerabilität
- UAG Umweltplanung und Regionalentwicklung GmbH*
- Universität Leuphana*
- Universität Rostock, Professur Ressourcenschutz und Bodenphysik

Nichtregierungsorganisationen

- AktivRegion Ostseeküste e. V.*
- Bioenergieregion Rügen
- Biosphärenreservat Südost-Rügen
- BUND Landesverband Schleswig-Holstein*
- Bürgerinitiative "Gegen Deichrückbau im Inselnorden e.V."
- Klimabüro Küstenpower (Heinrich-Böll-Stiftung Schleswig-Holstein)*
- LAG AktivRegion Hügelland am Ostseestrand e. V.*
- Landesnaturschutzverband*
- Lighthouse Foundation Stiftung für die Meere und Ozeane
- Solar Initiative Mecklenburg-Vorpommern e.V.
- Stiftung Deutscher Küstenschutz
- Stiftung Naturschutz SH*
- Umweltbildungsstätte „Naturfreundehaus Kalifornien“*
- Verbraucherzentrale Schleswig-Holstein*
- WWF-Projektbüro Ostsee

* Netzwerkpartner über das KlimaBündnis Kieler Bucht – KBKB

RADOST-Veranstaltungen

Seit Projektbeginn wurden durch die RADOST-Verbundpartner jährlich zwischen zehn und 20 Informations- und Diskussionsveranstaltungen sowohl themenspezifisch als auch themenübergreifend für relevante Zielgruppen angeboten. Besondere Höhepunkte bildeten die durch

den Gesamtverbund organisierten Konferenzen und die RADOST-Tour, die sich neben dem Fachpublikum auch an eine breite Öffentlichkeit richteten. Tabelle 1 enthält eine Übersicht der wichtigsten Veranstaltungen mit Schwerpunkt auf dem letzten Projektjahr.

Tabelle 1: Ausgewählte themenübergreifende Veranstaltungen des RADOST-Projektes sowie mit RADOST-Beteiligung

Termin/Ort	Veranstaltung	Zielsetzung
23.7.2009 Bonn	KLIMZUG-Auftaktkonferenz	Vorstellung der Fördermaßnahme „KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“ durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
6.10.2009 Rostock – Warnemünde	RADOST-Auftaktveranstaltung im Rahmen der Konferenz „Küstenmanagement & Klimawandel: Status Quo“	Vorstellung des Projekts RADOST. Erstes Projekttreffen und Konstituierung der RADOST-Arbeitsstrukturen
24.–25.3.2010 Schwerin	RADOST-Jahreskonferenz 2010	Informationsaustausch mit rund hundert Akteuren aus Praxis, Öffentlichkeit und Wissenschaft. Netzwerkerweiterung und Konstituierung des RADOST-Beirates
31.3.2011 Hamburg	1. Regionalkonferenz „Klimaanpassung Küstenregion“ des Bundes und der norddeutschen Küstenländer	RADOST: Durchführung eines Szenarioworkshops „Küstentourismus“. Diskussion regionaler Klimaauswirkungen und Ableitung möglicher Szenarien im Dialog mit Tourismusakteuren
18.–19.5.2011 Travemünde	RADOST-Jahreskonferenz 2011	Wissenschafts-Praxis-Dialog zu Zwischenergebnissen aus RADOST
2.–3. 11. 2011 Berlin	KLIMZUG-Statuskonferenz	Austausch der KLIMZUG-Verbünde und anderer Anpassungsprojekte
10.–20.9.2012 Dt. Ostseeküste	RADOST-Tour 2012 entlang der deutschen Ostseeküste	Kommunikation und Diskussion von RADOST-Ergebnissen bei zehn Expertengesprächen und sechs öffentlichen Abendveranstaltungen
9.–10.11.2012 Bremerhaven	2. Regionalkonferenz „Klimaanpassung Küstenregion“ des Bundes und der norddeutschen Küstenländer	Vermittlung aktueller Informationen zu Klimawandel, Anpassungspraxis und Fördermöglichkeiten mit Schwerpunkt auf Kommunen
4.–6.3.2013 Hamburg	Dialog zur Küstenforschung, Küstennutzung und Küstenschutz	Wissensaustausch u. a. zu Windenergienutzung und Interessenkonflikten im Küstenraum; Mitveranstalter HZG und TUHH, Fachbeiträge weiterer RADOST-Partner
9.9.2013 Wieck a. Darß	RADOST-Diskussionsveranstaltung „Anpassung an den Klimawandel: Von der Forschung zur Praxis“	Öffentliche Abendveranstaltung: Präsentation von RADOST-Forschungsergebnissen und Beispielen aus der Praxis
19.–21.9.2013 Stralsund	28. BWK-Bundeskongress „Nix bliwwt bin ollen – Chancen und Risiken für den Küstenraum“	Fachtagung zu wasserwirtschaftlichen und umwelttechnischen Fragestellungen; Mitorganisation durch das StALU MM, Vorträge und Ausstellungsbeiträge weiterer RADOST-Partner
30.9.2013 Kiel	5. Klima- und Energiekonferenz des Schleswig-Holsteinischen Gemeindetages: „Klimafolgen in unseren Gemeinden: Anpassungsstrategien für Schleswig-Holstein“	Diskussion von RADOST-Forschungsergebnissen und Anpassungsoptionen mit Gemeindevertretern im Rahmen von Vorträgen und Workshop-Sessions
26.–27.11.2013 Berlin	KLIMZUG-Abschlusskonferenz „Wege zur Klimaanpassung – mit regionalen Netzwerken zum Erfolg“	Öffentlichkeitswirksame Präsentation und Diskussion von Ergebnissen der KLIMZUG-Verbünde; Vorträge, Diskussions- und Ausstellungsbeiträge zahlreicher RADOST-Partner
1.–2.4.2014 Rostock	RADOST-Abschlusskonferenz	Vorstellung und Diskussion der Projektaktivitäten und -ergebnisse aus 5 Jahren RADOST-Forschung

Eine Übersicht über Vernetzungstreffen und fachspezifische Veranstaltungen, an denen sich RADOST im letzten Berichtszeitraum beteiligte, finden Sie in Tabelle 2 (S. 11).

Externe Veranstaltungen, an denen sich RADOST-Wissenschaftler als externe Sprecher oder mit Informationsständen beteiligten, sind in Tabelle 11 in Modul 5 (S. 154) aufgelistet.

Tabelle 2: Weitere Veranstaltungen und Vernetzungstreffen mit anderen Akteuren im Zeitraum Februar 2013–Januar 2014

Termin/Ort	Veranstaltung	Zielsetzung
5.–6.2.2013 Warnemünde	HELCOM climate change workshop am IOW	Vorstellung und Diskussion von Ergebnissen
13.3.2013 Kiel	EU-WRRL-Workshop	Begutachtung angewandter Bewertungsverfahren und Monitorings für Küsten- und Übergangsgewässer sowie Diskussion zur Gesamtbewertung aus den vorliegenden Datensätzen (Leitlinien) Teilnahme und Beitrag IfAÖ
19.3.2013 Flintbek	Marines Monitoring in Schleswig-Holstein 2013 (Minisymposium), LLUR	Präsentation der Ergebnisse der RADOST-Auftragsvergaben vor Fachpublikum (Vortragsblock zum Themenkomplex Naturschutz, Blasentang und Klima)
26.3.2013 Hamburg	Ad-hoc-AG „Nährstoffreduktionsziele und Eutrophierung Ostsee“ – 2. Sitzung, BSH	Diskussion des Modellierungsansatzes
9.4.2013 Lauterbach/ Rügen	BiKliTour-Workshop (IÖR in Kooperation mit RADOST und Baltadapt)	Diskussion mit regionalen Entscheidungsträgern über mögliche Tourismusentwicklungen unter den Vorzeichen des Klimawandels und die damit verbundenen Herausforderungen für das Biosphärenreservat Südost-Rügen
16.4.2013 Altentreptow	Sitzung des Ausschusses für Wirtschafts- und Strukturförderung, öffentliche Einrichtungen, Energie und Umwelt des Städte- und Gemeindetags Mecklenburg-Vorpommern	Projektvorstellung RADOST, sondierung von Möglichkeiten für gemeinsame Veranstaltungen mit dem Städte- und Gemeindetag MV
23.–24.3.2013 Hamburg	RADOST-Teamtreffen	Projektinterner Informationsaustausch
3.5.2013 Hamburg	Arbeitstreffen mit Förderverein für Meeresforschung und Umweltjournalismus e.V.	Planung der Beteiligung (RADOST Wissenschaftspate) zur Aktion „SailingLab Artenvielfalt“ auf der Aldebaran
11.6.2013 Hamburg	23. Meeresumwelt-Symposium des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie	IfAÖ: Abstimmung über künftige gemeinsame Projekte des UBA zum Programmpunkt Meeresmüll, u. a. zum Vorkommen von Mikroplastik in Organismen
16.6.2013 Flintbek	1. Treffen „Runder Tisch Seegraswiese“	Zusammenarbeit und Abstimmung mit Vertretern aus Forschung, Behörden und Auftragsbüros zum Thema Seegraswiesen und Beeinträchtigungen
24.6.2013 Schwerin	Ressortübergreifende Abstimmung zu weiteren Aktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel in M-V beim Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung	Bekanntmachung des RADOST-Projektes bei Vertretern unterschiedlicher Landesministerien
25.6.2013 Kiel	Treffen UAG „Runder Tisch Seegraswiese“	Abstimmung, Austausch und Diskussion über Datengrundlagen und weiteres Vorgehen
5. 7.2013 Kiel	Treffen UAG „Runder Tisch Seegraswiese“	Ergänzungen und Kriterien für Kartierungsschlüssel zusammenstellen und entwickeln
9.7.2013 Warnemünde	Workshop im Rahmen Ad-hoc-AG „Nährstoffreduktionsziele und Eutrophierung Ostsee“, 3. Sitzung, IOW	Diskussion des Modellierungsansatzes und erster Ergebnisse
28.8.2013 Kiel	Veranstaltung Klimabündnis Kieler Bucht (KBKB): „Kommunale Klimaanpassungsstrategie“	Auftaktveranstaltung des KBKB zur neuen Förderperiode, Netzwerktreffen mit Beteiligten aus dem Bündnis und Vorträgen (u.a. HZG zum Klimawandel)
10.10.2013 Dessau	Workshop des UBA zu Meeresmüll	Erarbeitung von Konzepten/Methoden für das Monitoring von Meeresmüll im Rahmen der MSRL. IfAÖ: Mitwirkung in Arbeitsgruppen zur Entwicklung von Empfehlungen für das Monitoring von Strandmüll, treibenden Müll, Mikroplastik etc.
10.10.2013 Graal-Müritz	Kurdirektorentalk „Gut geflaggt ist halb gewonnen“	Vorträge und Diskussion zur Anwendung von Nachhaltigkeitslabels im Tourismus (EUCC-D und Bäderverband Mecklenburg Vorpommern)
14.10.2013 Dessau	Workshop am UBA	Vorstellung der Ergebnisse der MONERIS-Szenarien
16.10.2013 Köln	KLIMZUG-Workshop „Klimaanpassung im internationalen Kontext: Erfahrungen, Netzwerke und Potenziale“	Erfahrungsaustausch der KLIMZUG-Verbünde zur internationalen Zusammenarbeit
28.10.2013 Güstrow	Ad-hoc-AG „Nährstoffreduktionsziele und Eutrophierung Ostsee“ - 4. Sitzung, LUNG M-V	Ergebnisdiskussion
28.11.2013 Berlin	KLIMZUG-Audit	Evaluierung der Fördermaßnahme KLIMZUG
15.1.2014 Kiel	2. Treffen „Runder Tisch Seegraswiese“	Klärung und Abstimmung behördlicher Erfordernisse sowie wissenschaftlicher und methodischer Standards
24.1.2014 Hamburg	Koordinationsstreffen KLIMZUG-Wissensarchiv, CSC	Absprache über die Einrichtung eines KLIMZUG-Wissensarchiv am CSC

Im letzten Projektjahr sind folgende Veranstaltungen besonders hervorzuheben:

„Anpassung an den Klimawandel – Von der Forschung zur Praxis“

Am 9. September 2013 präsentierte sich das RADOST-Projekt in der Darßer Arche, dem Nationalparkzentrum in Wieck auf der Ostseehalbinsel Darß, der interessierten Öffentlichkeit. Einen Schwerpunkt bildeten die regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf den Küstenschutz. Zu den weiteren Themen der Veranstaltung zählten die Rolle und Gefährdung von Seegraswiesen als „Ökosystemdienstleister“ sowie die Auswirkungen von Klimawandel und Offshore-Windenergie auf den Vogelzug über der Ostsee. Ebenso wurden Ergebnisse der sozio-ökonomischen Analysen zum Wirtschaftsfaktor Tourismus und des Anwendungsprojektes zu Küstenschutz und Geothermie vorgestellt.

„Klimafolgen in unseren Gemeinden: Anpassungsstrategien für Schleswig-Holstein“

Am 30. September 2013 trat RADOST als Mitveranstalter der 5. Klima- und Energiekonferenz des Schleswig-Holsteinischen Gemeindetages auf. Die Veranstaltung unter dem Titel „Klimafolgen in unseren Gemeinden: Anpassungsstrategien für Schleswig-Holstein“ fand im Wissenschaftszentrum Kiel statt. Eröffnet wurde die Veranstaltung von dem schleswig-holsteinischen Minister für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Robert Habeck. Unter Anwesenheit von rund 80 Teilnehmenden aus Kommunen, Wirtschaft, Forschungs- und Beratungseinrichtungen wurden insbesondere die Themen Klimaanpassung in Küstenregionen sowie Anpassung in Land- und Wasserwirtschaft auf zwei Foren näher beleuchtet.

Die Konferenz spannte einen breiten Bogen auch über die RADOST-Themen hinaus: Zum einen wurde über die Erfahrungen der neun Modellkommunen aus sieben deutschen Bundesländern in dem Vorhaben „Urbane Strategien zum Klimawandel: Kommunale Strategien und Potenziale“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung berichtet; zum anderen erläuterte das Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz beim Deutschen Institut für Urbanistik Fördermöglichkeiten für Anpassungsmaßnahmen von Kommunen.



1.1 > Minister Robert Habeck bei der Eröffnung der Konferenz „Klimafolgen in unseren Gemeinden“

28. BWK-Bundeskongress „Nix bliwwt bin ollen – Chancen und Risiken für den Küstenraum“

Von besonderer Bedeutung für die Netzwerkbildung in RADOST war der vom Landesverband Mecklenburg-Vorpommern des Bundes der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK) organisierte 28. BWK-Bundeskongress vom 19.–21. September 2013 in der Hansestadt Stralsund. Durch aktive Beteiligung des RADOST-Partners StALU MM wurde gemeinsam mit dem Verband eine umfangreiche Fachtagung unter dem Leitthema „Chancen und Risiken im Küstenraum“ entwickelt. In den drei Fachforen „Risiko und Anpassung im Küstenraum“, „Innovative Technologien im Ingenieurwesen“ und „Der Küstenraum als maritimer Wirtschaftsstandort“ wurden jeweils RADOST-Themen vorgestellt. Als Teil des internationalen Austauschprogramms von RADOST besuchte eine Delegation der Universität Maryland den Kongress (siehe auch „Internationaler Austausch mit den USA“ in Modul 4, S. 145). Unter der Schirmherrschaft des Umweltministers Dr. Till Backhaus zählte der Kongress etwa 250 Teilnehmer aus ganz Deutschland.

„Wege zur Klimaanpassung – Mit regionalen Netzwerken zum Erfolg“

Auf der KLIMZUG-Abschlusskonferenz präsentierte sich RADOST am 26. und 27. November 2013 in Berlin zusammen mit den anderen sechs KLIMZUG-Verbänden. Im Vordergrund standen Forschungsergebnisse aus den Bereichen Logistik und Hafenwirtschaft, Energie sowie Küsten- und Hochwasserschutz. Als Praxispartner aus der RADOST-Region kamen der Leiter des Staatlichen Amtes für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg (StALU MM), Hans-Joachim Meier, sowie der Klimaschutzbeauftragte der Stadt Kiel, Jens-Peter Koopmann, zu Wort.

RADOST-Abschlusskonferenz

Auf einer Abschlusskonferenz mit 115 Teilnehmern zog das RADOST-Projekt am 1. und 2. April 2014 im Rostocker Rathaus eine Bilanz aus fünf Jahren Forschungs- und Netzwerkarbeit. Sowohl an RADOST beteiligte Wissenschaftler als auch Praxispartner waren eingeladen, ihre Erfahrungen aus dem Vorhaben und ihre Einschätzung der wichtigsten Herausforderungen und Erfolge mit dem Publikum zu teilen. In parallelen Workshops wurden Forschungsergebnisse aus den RADOST-Fokusthemen zur Diskussion gestellt. Ein Workshop mit Gästen aus den USA befasste sich zudem mit den internationalen RADOST-Aktivitäten, ein weiterer mit der sozioökonomischen Analyse in RADOST.

Eröffnet wurde die Veranstaltung durch den Rostocker Umweltsenator Holger Matthäus. Mit weiteren Redebeiträgen waren Vertreter von Landesministerien sowie Leiter von Fachbehörden aus Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein an der Konferenz beteiligt, ebenso wie Praxispartner aus der Hafen- und Tourismuswirtschaft sowie der Schiffbauindustrie. Wissenschaftler wie Praxisvertreter würdigten den umsetzungs- und dialogorientierten Ansatz des Vorhabens und waren sich einig, dass RADOST einen wichtigen Beitrag dazu geleistet hat, das regionale Bewusstsein für die Auswirkungen des Klimawandels zu schärfen.

Eine begleitende Ausstellung zeigte neben Postern auch Anschauungsmaterial aus RADOST-Anwendungsprojekten. Eigens nach Rostock transferiert wurde das vom Hamburger Miniatur Wunderland gefertigte Küstenmodell aus dem Schönberger Klimapavillon (siehe S. 47). Eine Exkursion veranschaulichte Möglichkeiten des hochwasserangepassten Bauens am Beispiel der Neugestaltung des Rostocker Petriviertels.

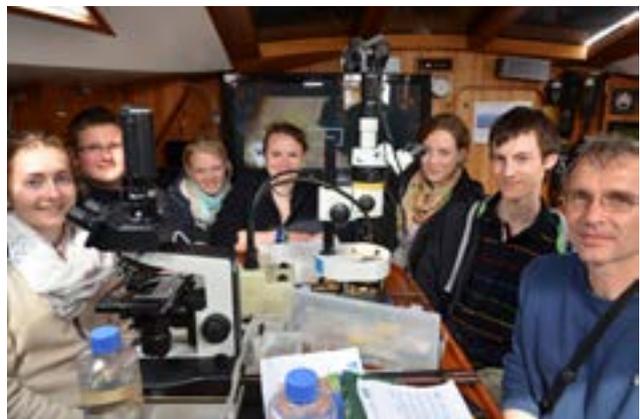


1.2 > Stadtekursion zu Beispielen hochwasserangepassten Bauens

Weitere Informationen zu RADOST-Veranstaltungen sind zu finden unter: <http://klimzug-radost.de/veranstaltungen/radost>

Beteiligung an weiteren regionalen Veranstaltungen

Am 2. Juni 2013 unterstützte RADOST im Rahmen der Lübecker Aktionstage „Artenvielfalt erleben“ die Aktion „SailingLab Artenvielfalt“ in Travemünde. Drei Schülerteams untersuchten an Bord des Forschungs- und Medienschiffes ALDEBARAN die Lebensgemeinschaften entlang der Trave und in der Lübecker Bucht. Die Ausfahrt sollte auf die durch den Klimawandel bedrohte biologische Vielfalt aufmerksam machen und die jungen Nachwuchsforscher für diese Problematik sensibilisieren.



1.3 > SailingLab Artenvielfalt: RADOST-Wissenschaftspate Ivo Bobsien (LLUR) mit Schülergruppe auf der Aldebaran

Mit einem Klima-Info-Stand war RADOST beim Open Ship auf dem Mess- und Laborschiff Haithabu des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein am 28. Juni 2013 auf der Kieler Woche vertreten. Neben einem reichen Angebot an Info-Material zum Klimawandel bestand die Gelegenheit, das Projekt RADOST genauer kennen zu lernen sowie mit Vertretern des Landesamtes über regionale Anpassungen an den Klimawandel im Bereich Küstenschutz und Naturschutz zu diskutieren.

Auf der Tour „Forschung vor Anker 2013“ vom 7. bis 11. Juli informierten Wissenschaftler des Helmholtz-Zentrums Geesthacht die Öffentlichkeit über ihre Forschungsarbeiten. Einen Schwerpunkt bildete dabei der Klimawandel in der Ostseeregion. In den Häfen von Flensburg, Kappeln, Schleswig und Eckernförde präsentierten RADOST-Vertreter Ergebnisse aus dem Projekt. Im Mittelpunkt des Interesses standen die Arbeiten zum Thema Naturschutz mit den möglichen klimabedingten Änderungen der Seegrass- und Blasentangbestände in der Ostsee. Die „Forschung vor Anker“-Tour fand zum dritten Mal in Kooperation mit RADOST statt.



Kontakt:

Technische Universität Hamburg-Harburg,
Institut für Wasserbau

Prof. Dr. Peter Fröhle: froehle@tuhh.de

Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt
Mittleres Mecklenburg (StALU MM)

Knut Sommermeier / Ulrich Floth:

knut.sommermeier@stalumm.mv-regierung.de

Die Ostseeküstenabschnitte unterliegen auf ca. 70 % (Mecklenburg-Vorpommern, MV) bzw. rund 30 % (Schleswig-Holstein, SH) ihrer Länge dauerhaft der Erosion von Sedimenten und damit direkt verbunden dem Rückgang der Küste. Der Schutz der Küste, d.h. der Schutz des Hinterlandes vor Überflutung sowie die Stabilisierung der

Uferlinie, erfordert bereits derzeit jährlich erhebliche Investitionsmittel. Vor dem Hintergrund des prognostizierten Klimawandels mit steigenden Wasserständen ist zu erwarten, dass die Aufwendungen für den Küstenschutz bei gleich bleibender Sicherheit der geschützten Bereiche weiter steigen werden.

Aufbauend auf einer Bestandsdokumentation sowie Untersuchungen der Wirksamkeit und Leistungsfähigkeit typischer Küstenschutzanlagen wurden gemeinsam von den RADOST-Verbundpartnern vor dem Hintergrund veränderter hydrodynamischer Belastungen der Bauwerke, Strategien und Optionen für die Anpassung typischer Küstenschutzbauwerke an der deutschen Ostseeküste erarbeitet. Die Strategien und Optionen wurden der Öffentlichkeit sowie einem Fachpublikum in einer Vielzahl von internen und externen Veranstaltungen präsentiert und eine mögliche Bewertung lokaler Anpassungsoptionen in den Fokusgebieten gemeinsam mit den Küstenschutzbehörden vorgenommen.

Ein weiterer wesentlicher Schwerpunkt war die Integration der Messstrecke Warnemünde für das Monitoring der Umweltbedingungen im Küstenvorfeld in das bestehende Messkonzept der Küstenschutzbehörde StALU MM, um langfristig zu erwartende Änderungen der hydrodynamischen Belastungen (Wasserstände, Wellen und Strömungen) und der morphodynamischen Bedingungen (Sedimenttransporte, Erosion und Akkumulation) bereits frühzeitig erkennen zu können.

In Anwendungsprojekten wurden weitere küstenwasserbauliche Fragestellungen untersucht:

1. Vorarbeiten für eine Fachplanung zum Schutz sandiger Küsten 2050
2. Innovative Ansätze zur Kombination der Unterhaltung von Schifffahrtswegen mit Aufgaben des Küstenschutzes
3. Hansestadt Rostock: Trinkwasserversorgung und Hochwasserschutz im sich änderndem Klima
4. Innovative Technologien im Küstenschutz
5. Innovative Verfahren zur Klimaanpassung im Küstenschutz – Fokusgebiet Kieler Förde

Zudem wurden Fallstudien in Teilregionen der Fokusgebiete durchgeführt, die sich beispielsweise mit der Veränderung der Wirksamkeit von Küstenschutzsystemen und der Hochwassergefährdung infolge des Klimawandels, sowie zukünftiger Entwicklungen von Stränden und Steilufern beschäftigen.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse tragen dazu bei, den lokalen Akteuren (z. B. Küstenschutzbehörden, Gemeinden und Städten) Empfehlungen für die langfristige Planung zukünftiger Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen auf lokaler Ebene zu geben. Gleichzeitig werden Prioritäten sowie der Handlungsbedarf für Küsten- bzw. Hochwasserschutzmaßnahmen vor dem Hintergrund des Klimawandels aufgezeigt.

Wirksamkeit und Leistungsfähigkeit typischer Küstenschutzanlagen

Zur Beantwortung der Frage, in welchem Umfang der Klimawandel die Sicherheit und Wirksamkeit bestehender Küstenschutzbauwerke und -konzepte beeinflussen kann, wurden auf der Grundlage einer Bestandsaufnahme der gegenwärtigen Küstenschutzanlagen an der Ostseeküste, Sensitivitätsanalysen sowie grundsätzliche Untersuchungen zu den Auswirkungen der in RADOST gewählten Klimawandelszenarien mit mittleren Meeresspiegelanstiegen von 30,

60 und 90 cm auf bewährte und an der Ostseeküste eingesetzte Küsten- und Hochwasserschutzbauwerke durchgeführt. Erwartungsgemäß zeigte sich, dass die Belastungen auf die Küstenschutzbauwerke generell mit dem Meeresspiegelanstieg zunehmen und dass ohne geeignete Anpassungsmaßnahmen mit einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit von Schäden an den Konstruktionen sowie einer Abnahme der Wirksamkeit von Küstenschutzmaßnahmen zu rechnen ist.

Im Rahmen der Bestandsdokumentation aktueller Küstenschutzanlagen in SH und MV wurden neben den Bauwerksdaten teilweise auch morphologische sowie ergänzende hydrodynamische Grundlagendaten durch die Küstenschutzbehörden zur Verfügung gestellt. Informationen zu den Küstenschutzanlagen in MV werden durch das Geoinformationssystem „GIS Küste“ des StALU MM, Dezernat Küste, visualisiert. Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Dünen unter aktuellen Bemessungsereignissen sind Informationen im teilautomatisierten Dünenkataster MV verfügbar.

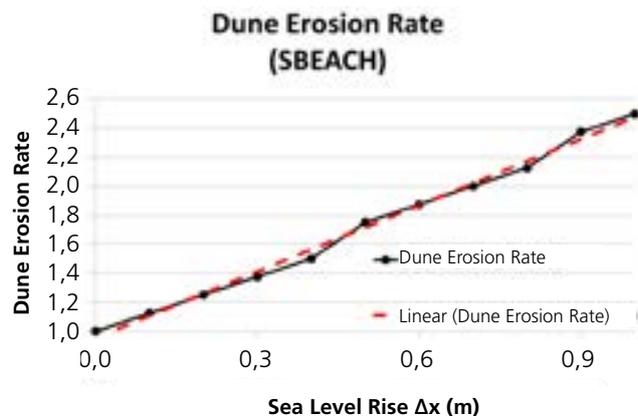
Unter Berücksichtigung der im Projekt abgeleiteten Szenarien zum regionalen Meeresspiegelanstieg an der Ostseeküste wurde in Sensitivitätsanalysen die mittel- bis langfristige Anwendbarkeit und Wirksamkeit von Küstenschutzbauwerken untersucht. Folgende typische Küstenschutzbauwerke und Verfahren wurden hierbei betrachtet:

- Dünen: Beurteilung der Dünenerosion in Simulationen
- Deiche: Beurteilung der mittleren Wellenüberlaufhöhe
- Deckwerke: Beurteilung des erforderlichen Steingewichts und des Zerstörungsgrades der Deckwerkschicht
- Ufermauern: Beurteilung der mittleren Wellenüberlaufhöhe.²

Die Veränderung der Wirksamkeit wurde für die oben genannten Bauwerke ausgehend vom derzeitigen Bemessungshochwasserstand sowie für einen um 30, 60 und 90 cm erhöhten Wasserstand untersucht und wird nachfolgend für Dünen und Deiche, als zwei wesentliche Elemente des Hochwasserschutzes an der Ostsee in MV und SH vorgestellt.

Beispiel Dünen:

Berechnungen der Dünenerosionsrate einer Vollschutzdüne bezogen auf die für den aktuellen Zustand ermittelten Bedingungen (Erosionsrate=1) ergaben einen vereinfacht als linear anzusehenden Zusammenhang zwischen der Erosion der Dünenkronenbreite und dem Anstieg des Meeresspiegels (siehe Abb. 1.4, rote Linie). Während die Erosion bei einem angenommenen moderaten Anstieg des Sturmflutwasserstands von 30 cm um ca. 40 % zunimmt, führt ein Anstieg des Wasserstands von 70 cm zu einer Verdopplung der Dünenerosionsrate im Vergleich zu den aktuellen Bedingungen. Dies führt entsprechend zu einer signifikanten Reduzierung der Sicherheit der Hochwasserschutzdünen gegen Sturmfluten.



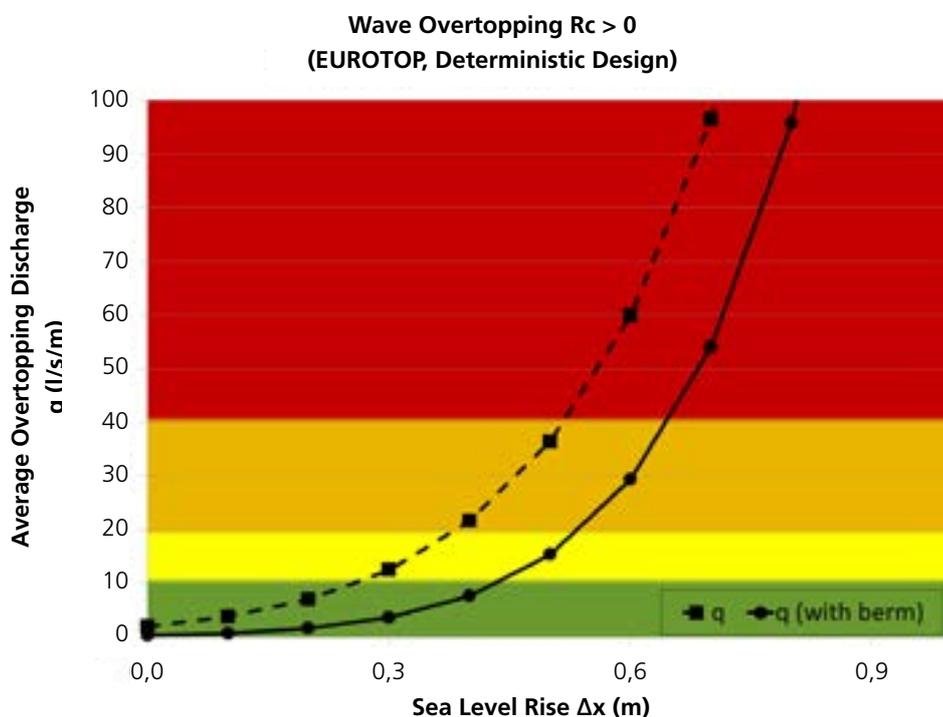
1.4 > Relative Veränderung der Dünenkronenbreite in Abhängigkeit vom Meeresspiegelanstieg

² Für die Verfahren der Analyse vgl. Larson, M. & Kraus, N.C. (1989): SBEACH. Numerical Model for Simulating Storm-induced Beach Change; Report 1. Empirical Foundation and Model Development. Technical Report CERC-89-9, Vicksburg, Mississippi: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, 267p; Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (2007): Die Küste – EurOtop: Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual, Bd. 73, Boyens Medien GmbH & Co. KG, Heide i. Holstein.; Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (2002): Die Küste – EAK 2002: Empfehlungen für die Ausführung von Küstenschutzwerken, Korrigierte Ausgabe 2007, Bd. 65, Westholsteinische Verlagsanstalt Boyens und Co., Heide i. Holstein.

Beispiel Deiche:

Die Sicherheit von Deichkonstruktionen wird auf der Grundlage der Überlaufwassermenge bewertet. Hierbei wird davon ausgegangen, dass Deiche bis zu einer Überlaufwassermenge von $10 \text{ l/(s}\cdot\text{m)}$ sicher sind. Vergleichend wurden im Folgenden die zukünftigen Sicherheiten für einfach geneigte Deiche sowie für Deiche mit wellenauflaufreduzierenden Bermen bewertet. Bei einem einfach geneigten Deich werden die schadfrei tolerierbaren mittleren Überlaufmengen bereits ab einem Meeresspiegelanstieg von 30 cm überschritten, während für

einen Deich mit wellenauflaufreduzierender Berme die Überlaufmengen bis zu einem Anstieg des Wasserstands bis 50 cm als mehr oder weniger unkritisch zu bewerten sind. Ein weiterer Anstieg des Wasserstands über diese Werte hinaus führt zu einer exponentiellen Zunahme der mittleren Wellenüberlaufmenge bzw. zu einer stark absinkenden Wirksamkeit für die betrachteten Deichkonstruktionen und somit zu einer Zunahme des Gefährdungspotentials (siehe Abb. 1.5, oranger bis roter Bereich).



1.5 > Mittlere Wellenüberlaufmengen bei einfach geneigtem Deich sowie Deich mit Berme in Abhängigkeit vom Meeresspiegelanstieg

Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Küstenschutzanlagen:

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die betrachteten Küstenschutzbauwerke für die aktuellen Bemessungsereignisse (Bemessungswasserstand und -seegang) ausgelegt und dementsprechend für die aktuell zu erwartenden Bedingungen wirksam sowie sicher sind.

Bei einem moderaten Anstieg des Wasserstands von bis zu etwa 30 cm ist die Leistungsfähigkeit der untersuchten Konstruktionen in der Regel noch nicht signifikant beeinträchtigt, jedoch hat ein deutlicherer Anstieg des Wasserstands von beispielsweise 60 cm bereits weitreichende Konsequenzen für die Konstruktionen, wie z. B. stark zunehmende Überlaufmengen an Deichen bzw. Ufermauern. In diesem Fall sinkt die Leistungsfähigkeit der Küstenschutzanlagen deutlich und es kommt, ohne geeignete Maßnahmen zur Verstärkung der Konstruktionen, zu einer Zunahme von Schäden, z. B. an der

Binnenböschung von Deichen oder an Deckwerksschichten. Auf der Grundlage der Untersuchungen ist eine Priorisierung bei der Bewertung der zukünftigen Sicherheit von Küstenschutzanlagen möglich. Demzufolge sind Bereiche, die durch Hochwasserschutzdünen geschützt sind, empfindlicher gegen einen Meeresspiegelanstieg als Bereiche, die durch Deiche geschützt werden. Unter konstruktiven Gesichtspunkten sind Deckwerke im Bereich der Wasserwechselzone besonders anfällig gegen klimawandelbedingte Veränderungen der hydrodynamischen Bedingungen.

Die Leistungsfähigkeit von Küstenschutzanlagen muss für einen hohen Anstieg des mittleren Wasserspiegels von beispielsweise 90 cm in Frage gestellt werden. Maßnahmen zur Verstärkung der Konstruktion oder generell andere Ausführungen der Konstruktionen sind in diesem Fall erforderlich.

Strategien und Optionen der Küstenschutzplanung für die deutsche Ostseeküste

Zur Anpassung von Küsten- und Hochwasserschutzanlagen und -konzepten an mögliche Folgen des Klimawandels (wie z.B. dargestellt in Fröhle et al., 2011; Fröhle, 2012), wurden in regelmäßigen Arbeitsgruppentreffen zwischen den Küstenschutzbehörden StALU MM sowie LKN-SH, der TUHH sowie der Universität Rostock in Anlehnung an Veröffentlichungen

des IPCC (Dronkers et al., 1990) Anpassungsstrategien entwickelt und auf typische Küstenschutzanlagen wie z.B. Landesküstenschutzdünen, Deiche, Deckwerke und Ufermauern angewendet sowie eine qualitative Bewertung der Anpassungsoptionen basierend auf verschiedenen Kriterien der Küstenschutzplanung vorgenommen.

Es wurden folgende Anpassungsstrategien für Küsten- und Hochwasserschutzbauwerke betrachtet:

- „Do nothing“ (Zulassen der natürlichen Küstenveränderung)
- „Linie halten“ (Aufrechterhalten der derzeitigen Küstenschutzstrategie und Erhalt der aktuellen Küstenlinie)
- „Linie seewärts vorverlegen“ (seeseitige Anpassung der Küstenschutzanlagen)
- „Beschränktes Eingreifen“ (lokal erhöhte Aufwendungen an Küstenschutzanlagen)
- „Linie landwärts zurückverlegen“ (ggf. Rückzug aus gefährdeten Gebieten)

Die Integration der Strategie „Rückzug“ in einem Gesamtkonzept für den zukünftigen Küsten- und Hochwasserschutz ist als schwierig zu bewerten. Gründe hierfür sind beispielsweise mangelnde Platzverhältnisse und die Beeinträchtigung sämtlicher, insbesondere auch der touristischen Nutzungen und Infrastruktureinrichtungen sowie der naturschutzrechtliche Ausgleich. In Teilgebieten (z.B. extensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen) kann diese Strategie in Kombination mit der Strategie „Do nothing“ jedoch näher untersucht werden (Bsp. Sturmflutschutz Renaturierung Ostzingst im Fokusgebiet Fischland-Darß-Zingst).

Bei der Betrachtung der Anpassungsstrategie „Linie halten“, nach der die derzeitige Küstenlinie gehalten wird, sind verschiedene Argumente zu berücksichtigen. Versucht man die Kubatur des Bauwerks möglichst nicht oder nur geringfügig zu erweitern (Variante „Linie halten – Sicherung“), ist eine erhebliche Stabilisierung der seeseitigen Böschungen durch massive Siche-

rungsmaßnahmen wie Längsbauwerke (z.B. Deckwerke) oder Querbauwerke (z.B. Bühnen) notwendig, was zu einer „Verfelsung“ der Küste führen könnte (vgl. Abb. 1.6, Bsp. Deckwerk). Dies hätte erhebliche Auswirkungen sowohl auf die touristische Nutzung des Strandes, als auch auf den natürlichen Lebensraum für eine Vielzahl von Arten.

Umfangreiche Strandersatzmaßnahmen und Erhöhungen des Strandvorfelds sowie der Küstenschutzbauwerke kommen bei der Strategie „Linie halten – Erhöhung“ zum Einsatz (vgl. Abb. 1.6, Bsp. Düne). Bei dieser Strategie wird das komplette Querprofil des Systems um das Maß des Meeresspiegelanstiegs erhöht. Infolge dessen bleibt der Status quo für den Strand erhalten, jedoch unter Einsatz erheblicher Sedimentmengen (vgl. Factbox Marine Sande). Die langfristige Verfügbarkeit mariner Sande für die Umsetzung dieser Strategie ist in Abhängigkeit von dem Maß der Erhöhung der Querprofils und den damit verbundenen ökologischen und ökonomischen Aspekten zu überprüfen.

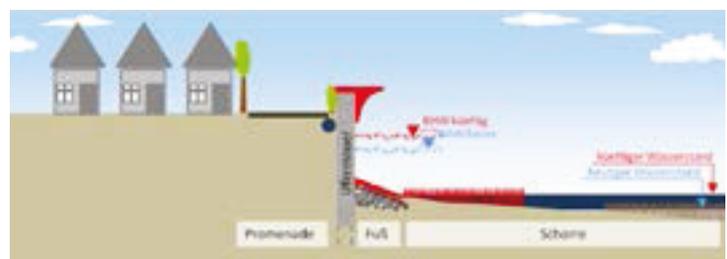
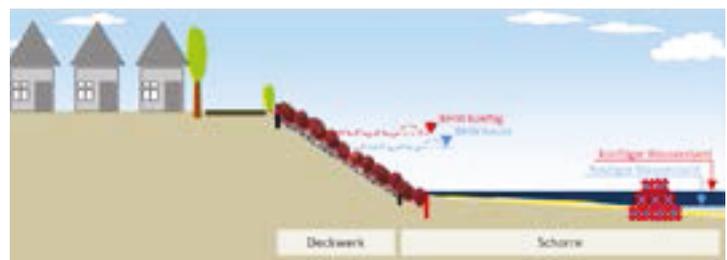
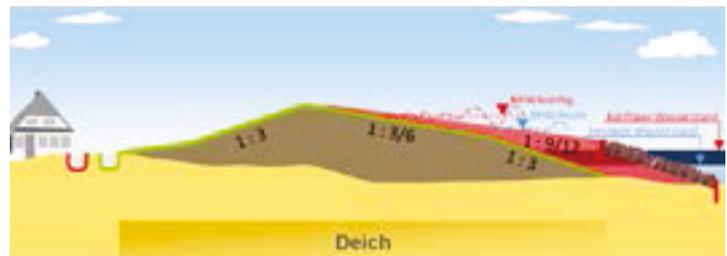
Maßnahmen im Küstenvorfeld von Küstenschutzanlagen mit dem Ziel, den Seegang am Bauwerk zu reduzieren, können ein wirksames Element zukünftiger Hochwasserschutzkonzepte sein (Bsp. Strategie „Beschränktes Eingreifen“). Durch die Reduktion des Wellenaufbaus kann die Küstenschutzanlage prinzipiell in ihrer derzeitigen Form erhalten bleiben. Bei der Umsetzung von Maßnahmen im Küstenvorfeld sind jedoch weitere Bauwerkseffekte wie z.B. die Beeinflussung des küstenparallelen Sedimenttransports sowie die Lee-Erosion zu untersuchen, um großräumige, nachteilige Entwicklungen für benachbarte Küstenabschnitte zu minimieren.

Fokusthema 1: Küstenschutz

Küstenschutzbauwerk



Beispiel für Anpassungsstrategie und -maßnahmen



1.6 > Strategien und Optionen für den zukünftigen Küsten- und Hochwasserschutz. Von oben nach unten: Strategie „Linie halten – Erhöhung“ am Bsp. einer Vollschutzdüne; Strategie „Linie seawärts vorverlegen (Vorwärtsverteidigung)“ am Bsp. eines scharfliegendes Deiches; Strategie „Linie halten – Sicherung“ in Kombination mit Strategie „Beschränktes Eingreifen“ am Bsp. eines Deckwerkes; Strategie „Linie halten“ mit beschränkter Wirksamkeit am Bsp. einer Ufermauer. Die Anpassungsmaßnahmen sind jeweils in rot dargestellt

Großes Potenzial liegt in der landschaftsplanerisch geschickten Eingliederung von Küsten- und Hochwasserschutzanlagen in die vorhandenen Strukturen, wie es am Beispiel der Gemeinde Scharbeutz (SH) erfolgreich umgesetzt wurde. Unter aktiver Bürgerbeteiligung und mit einem Ideenwettbewerb ausgewählter Planungsbüros wurde ein integriertes Küstenschutzkonzept durch sämtliche Beteiligte entwickelt und umgesetzt.

Für die Anpassung des Küsten- und Hochwasserschutzes an die Folgen des Klimawandels wird die Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie der EU (EU HWRM-RL) als geeignetes Instrument betrachtet, welches ganz klar Handlungsbedarfe aufzeigt und die Bewusstseinsbildung fördert.

Abschätzung der benötigten Sandmengen für die Umsetzung der Strategie Linie halten (Erhöhung) für den zukünftigen Küstenschutz mit Dünen in MV bis zum Jahr 2100:

- 1) Gewährleistung Hochwasserschutz: Einmalig benötigte Menge Sand zur Kehrung des Meeresspiegelanstiegs von 50 cm: ca. 20 Mio. m³
 - 2) Gewährleistung Erosionsschutz:
 - 2a) Insgesamt benötigte Menge Sand bei einem durchschnittlichen Küstenrückgang von 35 cm/Jahr: ca. 28 Mio. m³
 - 2b) Insgesamt benötigte Menge Sand zum Ausgleich von Sturmflutschäden: ca. 28 Mio. m³
- Derzeit nutzbare Menge mariner Sande (erkundeter geologischer Vorrat): ca. 50 Mio. m³.

Monitoring der Umweltbedingungen im Küstenvorfeld

Seit Mai 2011 wird in der Ostsee vor Warnemünde ein umfangreiches Monitoring der Seegangs- und Strömungsverhältnisse im Küstenvorfeld durchgeführt. Es soll zusätzliche Erkenntnisse zu Seegang, Strömungen und Wasserständen an sandigen Küsten liefern.

Messstandort & Geräte

An der 10 m-Wassertiefenlinie werden mit der Waveriderboje (Firma Datawell) die Seegangsverhältnisse mit Hilfe von GPS-Positionsmessungen erfasst. Im Übergangsbereich zwischen Tiefwasser und Flachwasser werden mit vier akustischen AWAC-Sonden (Firma Nortek) Seegangs- sowie Strömungsverhältnisse gemessen. Die Messgeräte sind mit dem Ziel der permanenten Datenlieferung installiert worden. Abbildungen 1.7 bis 1.9 zeigen die im Jahr 2013 erfassten Messwerte mit Hinblick auf Wellenhöhe und -periode.

Probleme während des Monitorings bereitete vor allem die Versandungsgefahr für die Messgeräte. Hiervon war vor allem AWAC 1 bereits nach weniger als einem Jahr Laufzeit betroffen – trotz erhabener Positionierung auf einem Metallpfosten. Ähnliche Probleme griffen gegen Ende der Projektlaufzeit ebenfalls auf AWAC 2 über. Der intensive Bewuchs mit Hartsubstratbenthos in Form von Seepocken, Miesmuscheln und Algen machte eine regelmäßige Reinigung der Gerätschaften durch Taucher nötig. Die Wellenreiterboje war außerdem zeitweise von Vereisung und Kollision mit Wasserfahrzeugen betroffen. Die Datenverfügbarkeit der einzelnen Bojen im Jahr 2013 lag zwischen 0 (AWAC 1) und 61 % (Waveriderboje).

Mit Hinblick auf die Häufigkeitsverteilung von Wellenhöhe und Welleneinlaufrichtung wird ersichtlich dass Wellen aus südli-

chen Richtungen nur vergleichsweise selten auftreten und in diesem Fall wegen der geringen Windangriffslänge (Fetch) auch nur schwach ausgeprägt sind. Die größten Wellenhöhen sind für Wellen aus nordwestlicher Richtung zu erwarten. Dies ist bedingt durch die deutlich höheren Windgeschwindigkeiten aus ebendieser Richtung. Generell liegen hierfür auch deutlich höhere Häufigkeiten vor. Deutlich vorherrschend sind jedoch Wellen mit einer Höhe zwischen 0,25m und 0,5m aus NNO. Für diese Windrichtung liegen auch die größten Fetchlängen vor.

An Hand der Messergebnisse wird der Einfluss der Refraktion als Shoaling-Effekt beim Einlaufen der Wellen sehr gut herausgearbeitet. So beträgt die Bandbreite der prominentesten Welleneinlaufrichtungen bei der Waveriderboje noch über 100° wird aber zusehends schmaler und beträgt bei AWAC 4 nur noch gut 90° und bei AWAC 2 gar nur 45°. Ebenfalls sehr gut lassen sich die Shoaling-Effekte durch die Veränderung der Wellenhöhen von Station zu Station feststellen. Eine Vergleich von im Rahmen von RADOST gewonnenen Messdaten und Modellrechnungen wies dabei jedoch auf eine grundlegende Abweichung von erhobenen Datensätzen und modellierten Daten hin. Die größten Wellenhöhen konnten während des Sturmtiefs Xaver im Dezember 2013 aufgezeichnet werden. So betrug bspw. die maximale signifikante Wellenhöhe H_{m0} bei AWAC 4 2,60m und die maximale Wellenhöhe H_{max} 4,30m.



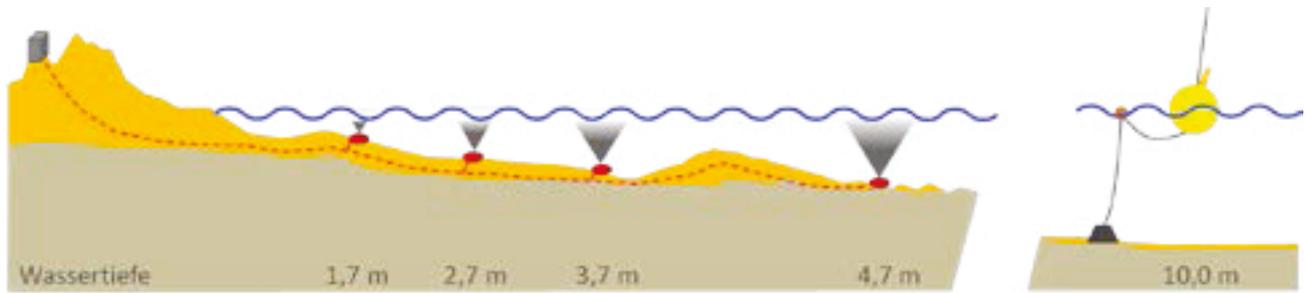
1.7 > Standort der Messkette



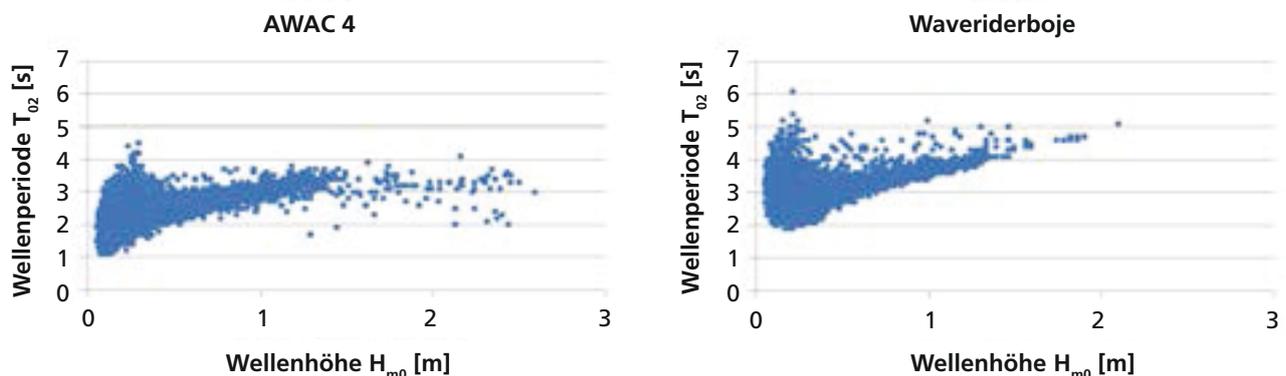
1.8 > AWAC-Messgerät



1.9 > Waveriderboje



1. 10 > Unterwassermorphologie und Standorte der RADOST-Messkette



1.11 > Messergebnisse mit Hinblick auf Wellenhöhe und -periode von AWAC 4 und der Waveriderboje

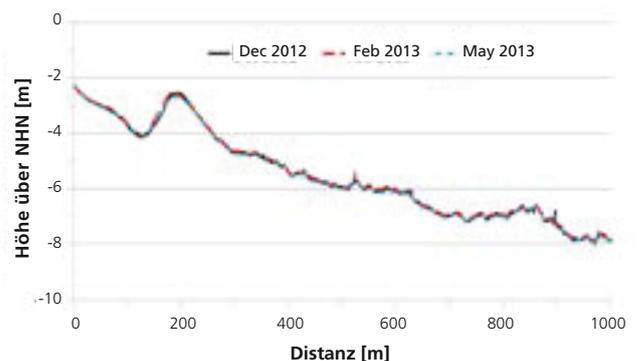
Vermessungen des Meeresbodens

Entlang der Messkette erfolgen weiterhin regelmäßige Vermessungen der Bathymetrie (Gestalt des Meeresbodens). Das Vermessungsgebiet erstreckt sich senkrecht zur Küstenlinie über eine Länge von ca. 1,7 km und bis in eine Tiefe von ca. 10 m u. NHN. In den flachen Bereichen lässt sich eine Sandlage über eiszeitlichem Mergel ausmachen. Besonders im Bereich eines Sandriffes kann diese eine Mächtigkeit von 2 m erreichen. Ab 5 m Tiefe ist die sandige Auflage jedoch nur gering ausgebildet oder fehlt ganz, so dass der Mergel an die Oberfläche tritt. Die Erfassung der Dynamik dieser mobilen Sedimente war Ziel des Vorhabens.

Ab 2011 wurden im Arbeitsgebiet 14 Vermessungen des Meeresbodens mittels Fächerecholot durchgeführt. Die gewonnenen Daten liegen mit einer räumlichen Auflösung von 1 m vor. Anhand dieser können mittelfristige Veränderungen der Unterwassermorphologie aufgezeigt werden. Das Umfeld der RADOST-Messkette kann für den aufgenommenen Projektzeitraum als Teil eines dynamisch-stabilen Systems angesehen werden. Zwar erfolgen beständig Umlagerungsprozesse sowohl parallel als auch senkrecht zur Küstenlinie, doch ist die kleinmaßstäbige Morphologie über die Jahre hinweg recht konstant geblieben. Am besten ist dies am Beispiel des großen Sandriffes (ca. 350 m vom Strand entfernt) zu verdeutlichen. Dieses blieb über den Beobachtungszeitraum lagertreu und variierte lediglich in Mächtigkeit und Position seines Grates. Vergleiche mit älteren Vermessungsdaten entlang des benachbarten Küstenkilometers

KKM F145 bezeugen, dass besagtes Riff sich um 1970 entwickelt hat und seitdem beständig geringen und nicht weitgreifenden morphologischen Veränderungen unterliegt.

Die Ergebnisse der Vermessungen des Meeresbodens entlang der RADOST-Messkette vor Warnemünde verdeutlichen die hohe Dynamik seiner Sedimentauflage. Sie sind vor allem im Vergleich mit den erhobenen Daten von hydrographischen Parametern (Seegang, Strömung) von Bedeutung und dienen als Grundlage zur Erforschung der Wechselwirkungen von Morphologie und Hydrodynamik. Besondere Bedeutung entfalten beide Messvorhaben durch ihre hohe zeitliche und räumliche Auflösung.



1.12 > Veränderungen der Unterwassermorphologie entlang der RADOST-Messkette von Mai 2011 bis Mai 2013 im Küstenquerprofil

Fallstudien aus den Fokusgebieten

<p>Fragestellungen zu den zukünftigen Veränderungen des Küsten- und Hochwasserschutzes als Folge der aus dem Klimawandel resultierenden veränderten Bedingungen im Küstenraum wurden in Teilregionen der Fokusgebiete Rostock-Markgrafenheide, Fischland-Darß-Zingst sowie der Lübecker Bucht und Eckernförder Bucht, gemeinsam mit den Küstenschutzbehörden StALU MM und LKN-SH im Rahmen des Anwendungsprojekts 1 „Vorarbeiten für Fachplanungen zum Schutz sandiger</p>	<p>Küsten“ in Fallstudien untersucht. Nachfolgend sind hierzu exemplarisch Ergebnisse für zwei Fokusgebiete zusammengefasst.</p> <p>Grundlage der Untersuchungen bilden die aus Erkenntnissen des Moduls 2: Seegang und Strömung, abgeleiteten Szenarien zur Veränderung des Meeresspiegelanstiegs sowie mittlerer und extremer Seegangereignisse (vgl. Tab. 3).</p>
--	--

Tabelle 3: Im Mittel zu erwartende Veränderungen von Wasserstand, Wellenhöhen und mittlere Wellenanlafrichtungen im Tiefwasser und zum Ende des 21. Jahrhunderts (ortsabhängig können sich andere Werte ergeben)

Szenario	Meeresspiegelanstieg	30-Jahresmittel der signifikanten Wellenhöhe $\emptyset H_{m0}$ sowie mittleren Wellenanlafrichtung $\emptyset \Theta_m$	Extreme Wellenhöhen $H_{m0,200}$ (200 Jahre Wiederkehrintervall)
„moderat“	+0,3 m	keine signifikanten Veränderungen	keine signifikanten Veränderungen
„mittel“	+0,6 m	$\emptyset H_{m0}$ +2 % geringe Änderungen der mittleren Wellenanlafrichtungen $\emptyset \Theta_m$ (Wellen +2 % häufiger aus W – NW, sowie -2 % seltener aus N – NE)	$H_{m0,200}$ +10 %
„hoch“	+0,9 m	$\emptyset H_{m0}$ +5 % signifikante Änderungen der Wellenanlafrichtungen $\emptyset \Theta_m$ (Wellen +4 % häufiger aus W – NW, sowie -4 % seltener aus N – NE)	$H_{m0,200}$ +15 %

Fallstudie im Fokusgebiet Rostock-Markgrafenheide

Schwerpunkt der Untersuchungen in den mecklenburg-vorpommerschen Fokusgebieten war die szenarienbasierte Bewertung der Wirksamkeit und Durchbruchssicherheit von Küstenschutzdünen an den Küstenabschnitten Rostock-Markgrafenheide sowie Wustrow (vgl. Abb. 2.13) und Dierhagen auf Grundlage der aktuellen Bemessungskonzepte für Landesküstenschutzdünen in MV. U.a. im Rahmen einer Projektarbeit an der TUHH³ wurde die Erosion der Dünen am Standort Rostock-Markgrafenheide (siehe Abb. 1.14) unter Berücksichtigung verschiedener, statistisch ermittelter Sturmflutganglinien mit einer kombinierten Eintrittswahrscheinlichkeit aus Wasserstand und Fülle von im statistischen Mittel einmal in zweihundert Jahren in numerischen Simulationen mit dem Programm SBEACH⁴ bewertet. Hierbei wurden die Auswirkungen veränderter mittlerer Wasserstände nicht berücksichtigt. Es zeigte sich, dass die Dünen für die derzeitigen Bemessungsereignisse

sicher sind. Daneben zeigte sich, dass auch für die betrachteten Klimawandelszenarien die Durchbruchssicherheit (in Bezug auf die vorhandene Restdünenkronenbreite) für die untersuchten Profile der Vollschutzdünen im Wesentlichen gewährleistet bleibt und nur für das Szenario „hoch“ beeinträchtigt ist. Lediglich südlich der geschützten Ortslage (bei einer Dünenkronenbreite von ca. 34m) ergab sich bereits für die Szenarien „moderat“ und „mittel“ sowie natürlich auch für das Szenario „hoch“ eine signifikante Beeinträchtigung der Sicherheit. Die vorhandene Restdünenkronenbreite betrug jedoch in jedem der untersuchten Fälle mehr als die Hälfte der Dünenkronenbreite vor der Einwirkung von Wasserstand, Seegang und Wind, sodass Hochwasserschutzdünen grundsätzlich auch zukünftig ein geeignetes Element Küsten- und Hochwasserschutzes in MV sind.

3) Vgl. TUHH (2014): Analyse der Wirksamkeit von Küstenschutzdünen an der mecklenburg-vorpommerschen Ostseeküste auf Basis regionaler Klimaszenarien. Projektarbeit am Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg-Harburg, Verfasser: Marc Stapelfeldt, 2014. Veröffentlichung auf der RADOST-Website geplant.

4) Vgl. Larson, M. & Kraus, N.C. (1989): SBEACH. Numerical Model for Simulating Storm-induced Beach Change; Report 1. Empirical Foundation and Model Development. Technical Report CERC-89-9, Vicksburg, Mississippi: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, 267p.

Fokusthema 1: Küstenschutz



1.13 > Landesküstenschutzdüne südlich von Wustrow



1.14 > Untersuchungsprofile der Landesküstenschutzdünen (rot) am Küstenabschnitt Rostock-Markgrafenheide

Fallstudie im Fokusgebiet Eckernförder Bucht

In den Fokusgebieten der Lübecker Bucht sowie der Eckernförder Bucht wurden die Veränderungen der Überflutungsgefährdung als Folge veränderter klimatischer Bedingungen für die Teilregionen Altstadt Travemünde, Neustadt-Pelzerhaken sowie der Altstadt Eckernförde untersucht sowie Vorschläge für Anpassungsmaßnahmen für einen zukünftigen Küsten- und Hochwasserschutz gegeben. Die Untersuchungen wurden u.a. auch im Rahmen einer im Rahmen einer Masterarbeit⁵ an der TUHH durchgeführt.

Die Veränderung der Hochwassergefährdung der Altstadt Eckernförde (siehe rot markiertes Gebiet in Abb. 1.15) wurde unter Verwendung der RADOST-Szenarien zum regiona-

len Meeresspiegelanstieg am Ende des 21. Jahrhunderts (vgl. Tab.3) ausgehend von einem statistisch ermittelten Hochwasserstand mit einem mittleren Wiederkehrintervall von zweihundert Jahren (HW200) auf Grundlage digitaler Geländemodell- und Bauwerksinformationen analysiert.

Bei Eintritt des Sturmflutwasserstands HW200 = +2,45m ü. NN wird etwas mehr als die Hälfte der betrachteten Fläche (siehe Abb. 1.15, rechts) überflutet und es stellen sich unterschiedliche Einstauhöhen ein. Die Einstauhöhen wurden durch statische Verschneidung des ruhenden Wasserspiegels mit den Höhen des digitalen Geländemodells ermittelt und beinhalten keine Effekte durch Wellenaufbau bzw. Wellenüberlauf.



1.15 > Potenziell signifikantes Überflutungsgebiet (LKN-SH) sowie Abgrenzung des Untersuchungsraumes (links); Einstauhöhen bei einem Sturmflutwasserstand von HW₂₀₀ = +2,45m ü. NN (rechts) für die Eckernförder Altstadt

⁵ Vgl. TUHH (2014): Vergleichende Bewertung des Hochwasserschutzes an ausgewählten Standorten der schleswig-holsteinischen Ostseeküste unter Nutzung aktueller Szenarien zum klimawandelbedingten, regionalen Meeresspiegelanstieg. Masterarbeit am Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg-Harburg, Verfasser: Christian Brunsendorf, 2014. Veröffentlichung auf der RADOST-Website geplant.

Wie aus Abbildung 1.6 ersichtlich, besteht im Bereich des Hafens erhöhter Anpassungsbedarf. Weiterhin stellt der Stadthafen in Verbindung mit dem an das Stadtgebiet angrenzenden Binnensee „Windebyer Noor“ eine potentielle Schwachstelle für die Überflutungsausbreitung dar, da im Bereich des Stadthafens kaum markante Geländehöhen vorhanden sind, die einen Durchbruch von Außenwasserständen in das Windebyer Noor verhindern.

Im höchsten Szenario ($HW_{200}+90\text{cm}$) steigt der Anteil der insgesamt überfluteten Fläche an der Gesamtfläche im betrachteten Bereich der Eckernförder Altstadt von 50 % in der Ausgangsvariante auf ca. 90 % an. In diesem Szenario verdoppelt sich der Anteil der Flächen mit einer Einstauhöhe zwischen 81–120cm über Gelände, einem Bereich in dem weitreichende Schäden an der Bausubstanz und dem Inventar zu erwarten sind. In dem Bereich ab dem ein Totalschaden droht und die Statik des Gebäudes gefährdet sein kann (Einstauhöhe $\geq 1,21\text{m}$ über Gelände) nimmt die betroffene Fläche um fast die Hälfte zu.

Fragenstellungen hinsichtlich der morphologischen Entwicklungen in den Fokusgebieten

Weitere Untersuchungen im Rahmen des Anwendungsprojekts 1 beschäftigten sich mit möglichen zukünftigen Trends der Entwicklung des Küsten- und Steiluferrückgangs an den schleswig-holsteinischen Küstenabschnitten Jellenbek und Eckernholm (Surendorf) (vgl. Abb. 1.16) sowie der Entwicklung von Strandbreiten im Bereich Scharbeutz-Timmendorfer Strand. Zur Beantwortung dieser Fragestellungen wird derzeit im Modul 2.II – Sedimenttransport und Morphologie, die zukünftige Veränderung des küstenparallelen Sedimenttransports in den Fokusgebieten auf Grundlage der Projektionen der Seegangsverhältnisse analysiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen deuten darauf hin, dass es in Abhängigkeit von der Exposition eines Küstenabschnitts sowohl zu signifikanten Zunahmen als auch zu geringfügigen Abnahmen der Sedimenttransportraten kommen kann. Hierdurch kommt es dann entsprechend zu einer Verstärkung der Erosions- sowie Akkumulationsprozesse als Folge des Klimawandels.



1.16 > Private Bebauung am Steiluferabschnitt Jellenbek-Eckernholm (Surendorf)

Anwendungsprojekt Beratung der Hansestadt Rostock: Trinkwasserversorgung und Hochwas- serschutz im sich ändernden Klima

Kontakt:

Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres
Mecklenburg (StALU MM)

Ulrich Floth: Ulrich.Floth@stalumm.mv-regierung.de

Mit Hinblick auf potenzielle Hochwasserereignisse teilt sich das Stadtgebiet von Rostock in mehrere Schutzabschnitte auf für die unterschiedliche Bemessungshochwasserstände (BHW) veranschlagt werden. Um diesen Hochwasserereignissen begegnen zu können wurden in den letzten Jahren in mehreren Schutzabschnitten Anpassungsmaßnahmen durchgeführt.

In weiteren befinden sich diese noch im Umsetzungs- bzw. Planungsstadium. Hochwasser stellen jedoch nicht nur für das eigentliche Stadtgebiet eine Bedrohung dar, sondern auch für dessen Trinkwasserversorgung aus Oberflächenwasser, was als Besonderheit betrachtet werden muss.

Allgemeines⁶

Die Hansestadt Rostock liegt etwa 20 km südlich von der Ostseeküste an der Warnow. Die Ostseewasserstände beeinflussen den Wasserstand in der Warnow maßgeblich. Eine Fläche von 45 km² des Stadtgebietes ist potenziell überflutungsgefährdet, das bedeutet, dass diese Fläche bei nicht vorhandenen bzw. versagenden Anlagen des Küsten- und Hochwasserschutzes betroffen ist.

Hochwasser im Gebiet der Hansestadt Rostock sind i. d. R. durch das Auftreten von Sturmfluten bedingt. Ein solches Ereignis ist für den Fall definiert, dass der Wasserspiegel 1 m über dem des NMW (Normalmittelwasser) liegt. Sollte er über 1,5m liegen spricht man von einer schweren Sturmflut. In den vergangenen zwanzig Jahren haben sich insgesamt drei davon ereignet (1995, 2002, 2006). Die Wasserstände während des Orkantiefs Xaver im Dezember 2013 erreichten nur näherungsweise die einer leichten Sturmflut.

Um bestehende und neue Küsten- und Hochwasserschutzanlagen adäquat entwerfen und bemessen zu können werden zwei Bezugsgrößen herangezogen:

- Der Referenzhochwasserstand (RHW) dient der Überprüfung bestehender Küstenschutzbauwerke und wird aus dem Hochwasserstand ermittelt, der statistisch einmal in zweihundert Jahren auftritt und setzt sich aus einem beobachteten sowie extrapoliertem Meeresspiegelanstieg zusammen.

- Der Bemessungshochwasserstand (BHW) dient dem Entwurf und der Bemessung von neuen Küstenschutzanlagen. Er setzt sich aus dem RHW sowie aus einem Klimazuschlag von 0,5m zusammen.

Für das Gebiet der Hansestadt Rostock sind verschiedene BHW festgelegt. So beträgt dieser entlang der Außenküste, im Bereich von Warnemünde und Hohe Düne sowie im Umfeld des Breitlings und des Überseehafen bis zur Mündung des Schmarler Bachs in die Unterwarnow 2,80m ü. NHN. Entlang des Westufers bis zum Werftdreieck sowie entlang des Ostufers bis zum Gewerbegebiet Dierkow bzw. Osthafen beläuft sich der BHW auf 2,90m ü. NHN. Der höchste BHW von 3,00m ü. NHN gilt für die Stadtbereiche von der Mündung der Oberwarnow über den Stadthafen bis zum Werftdreieck.



Schutzabschnitte der Hansestadt Rostock

Das Hochwasserschutzsystem Rostock ist mit seinen bestehenden Bauwerken, derzeit geplanten Bauvorhaben und Maßnahmen, sowie kurzfristig geplanten Bauwerken und Maßnahmen der Hochwasserschutzanlagen erfasst und verbleibende Defizite in Teilbereichen des Stadtgebietes sind größtenteils identifiziert. Das Gebiet der Hansestadt Rostock weist mehrere Schutzabschnitte auf. Ausgenommen davon ist im Nordosten des Stadtgebietes die Ortschaft Markgrafeneheide. Hier wurde bis 2006 ein Buhnensystem errichtet bzw. verlängert. Seeseitig ist der Ort durch eine Vollschutzdüne und ein Deckwerk gesichert. Zudem wurden ca. 1,1 Mio. m³ Sand zur Verstärkung der Düne und der Schorre aufgespült. Landseitig schließt sich inklusive zwei Spundwandabschnitten ein Ringdeich mit 2,5 km Länge an.

Der Schutzabschnitt 1 beinhaltet die Ortschaft Hohe Düne. Ebenfalls bis 2006 wurde hier ein Buhnensystem errichtet sowie Schorre und Düne durch Aufspülungen verstärkt. Ein verklammertes Deckwerk befindet sich entlang des Ostufers des Seekanals. Zusätzlich sichert ein Deich die Ortschaft vor Überflutungen von Süden und Osten her. Komplettiert wird der Sturmflutschutz in diesem Ort von zwei Flutoren für die Durchgangsstraße am Fähranleger und am nördlichen Deichende.

Warnowaufwärts des Überseehafens befindet sich der Schutzabschnitt 2 von Langenort bis zur Deponie Dierkow, der auch die Ortschaft Gehlsdorf umfasst. Hier sind vor allem die Niederungen zwischen Toitenwinkel, Dierkow und Gehlsdorf betroffen. Die Analyse des Gefährdungspotenzials, vor allem hinsichtlich der Deponie Dierkow, ist auf Grund der Dringlichkeit anderer Schutzabschnitte noch nicht abgeschlossen.

Südlich daran anschließend befindet sich der Schutzabschnitt 3: Osthafen, der vor allem von mittelständischem Gewerbe geprägt ist, aber auch Wohnflächen beinhaltet. Zusätzlich zur Überflutungsgefahr von der Warnowseite ist hier der Rückstau in die Carback zu berücksichtigen.

Im Übergangsbereich von Oberwarnow zu Unterwarnow befindet sich der Schutzabschnitt 4: Weißes Kreuz-Mühlendamm. Hier bildet momentan die Staustufe des Mühlendamm den wesentlichen Teil des Sturmflut- und Hochwasserschutzes.

Entlang des westlichen Warnowufers liegt mit dem Petrivierteil der Schutzabschnitt 5. Dieses Gebiet ist momentan von starker Bauaktivität geprägt und im Falle von Hochwasserereignissen auf Grund seiner geringen Höhenlage früh betroffen. Ebenfalls zu diesem Schutzabschnitt zählt die Holzhalbinsel. Hier wurden

in den letzten Jahren Gewerbe- und Wohngebäude errichtet, die im Hinblick auf Hochwasserrisiken mit angepassten Gründungen Uferbefestigungen und Fußbodenhöhen der bewohnter Areale realisiert wurden.

Zwischen den beiden Teilbereichen des Schutzabschnittes 5 beginnt mit Ende des Petridammes und der Vorpommernbrücke der Schutzabschnitt 6 des Stadthafens. Dieser gestaltet sich in Hinblick auf den Hochwasserschutz schwierig, was in seiner Länger von 2,6 km und der dichten Bebauung begründet ist. Zudem sind im Bereich des Stadthafens mehrere Regenwasserentwässerungsleitungen vorhanden, die in den meisten Fällen nicht über Hochwasserschutzeinrichtungen verfügen und somit Überflutungen im Stadtbereich begünstigen. Größtenteils wird hier auf die Errichtung von Sandsackbarrieren vertraut.

Südlich und westlich der Mündung des Scharlar Baches befinden sich Schutzabschnitte 7 und 8 mit den Ortsteilen Lütten Klein, Groß Klein und Scharlar. Hier wurden bis 2008 an besagtem Fließgewässer ein Sperrwerk und eine Hochwasserschutzmauer errichtet. Weiterhin wurden an zwei Stellen Geländeerhöhungen mit einer Gesamtlänge von 420 m vorgenommen. Als schützenswerter Punkt ist hier weiterhin das Fernwärmerwerk der Stadtwerke Rostock anzuführen.



1. 17 > Bemessungshochwasserstände (rot, orange, gelb) und Schutzabschnitte (blau) im Bereich der Hansestadt Rostock

Für den Ort Warnemünde besteht sowohl von See als auch von der Warnow die Gefahr der großräumigen Überflutung im Falle eines BHW. Bedingt durch die Länge des hier zu errichtenden Sturmflutsystems wurden die ursprünglich veranschlagten zwei Schutzabschnitte in vier Teilbereiche untergliedert. Im seeseitig gewandten Bereich von Warnemünde wurden bis 2006 ein Buhnsystem installiert sowie Dünenverstärkungen vorgenommen. Wo räumlich bedingt eine Vergrößerung des Querschnittes nicht möglich war wurde die Vollschutzdüne durch Dämme aus Geotextilcontainern und Deckwerke ergänzt.

Entlang des Alten Stromes (Teil A) befindet sich bereits eine Ufermauer, die jedoch lediglich über eine Höhe von 2,70 m ü. NHN verfügt aber die Sicherheitsprüfung aus statisch konstruktiver Sicht nicht besteht. Teil B befindet sich im Anschluss an die Ufermauer des alten Stroms und behandelt den Bereich der Mittelmole. Die nach Süden hin anknüpfenden Teile C und D umfassen die Straßen Am Passagierkai und Werftallee Warnemünde. Im Süden von Teil D verläuft der Laakkanal, der im Hochwasserfall für die Überflutung Warnemündes mitverantwortlich ist.

Geplante Hochwasserschutzmaßnahmen im Gebiet der Hansestadt Rostock

Für die Schutzabschnitte Markgrafenheide und 1: Hohe Düne liegen bis auf Wiederholungsaufspülungen auf 2 km Küstenlänge mittelfristig keine Planungen für weiterführende Maßnahmen im Bereich des Hochwasserschutzes vor.

Für den Schutzabschnitt 2 gilt es momentan zu ergründen in wie weit in diesem Gebiet Gefährdungspotenzial im Hochwasserfall vorliegt und in welchem Maße die hier befindliche Depone eine zusätzliche Gefahrenquelle darstellt.

Im Schutzabschnitt 3: Osthafen sind prinzipiell zwei Schutztrassen denkbar, die beide sowohl Rücksicht auf mögliche Überflutungsszenarien, sowohl von Seiten der Warnow, als auch von Seiten der Carback nehmen. Hierbei schließt eine Trasse die gewerblich genutzten Grundstücke in direkter Warnownähe mit ein, die andere begrenzt sich auf die bewohnten Areale. Als Entscheidungskriterium für die Auswahl einer Trasse wird eine Kosten-Nutzen-Analyse in Betracht gezogen. Als Alternative zu einer umfassenden Hochwasserschutzmaßnahme sind Inselösungen denkbar.

Für den Schutzabschnitt 4 im Bereich Weißes Kreuz ist die Errichtung von Spundwänden (320m) sowie Straßendämmen und Geländeerhöhungen (ca. 500m) vorgesehen. Weiterhin ist im Bebauungsplan festgelegt, dass die Mindesthöhe für Fußböden von Wohnraum mindestens 20cm über dem BHW zu liegen hat. Die vorhandenen Anlagen am Mühlendamm gilt es zu modernisieren und in Einklang mit den Bedürfnissen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, des Hochwasserschutzes und des Trinkwasserschutzes zu bringen. Geplant ist eine Straßenerhöhung im Bereich zwischen Wehr und Schleusenbrücke sowie eine Hochwasserschutzwand mit mobilen Elementen und Einbeziehung von Neubauten vom Wehr bis zur Straßenbahntrasse.

Im Schutzabschnitt 5 wurden im Bereich der Holzhalbinsel mittlerweile alle wesentlichen Bauvorhaben abgeschlossen. Im Bereich des Petriviertels steht dies noch aus. Hochwasserschutzmaßnahmen werden entsprechend den Festsetzungen in den jeweiligen Bebauungsplänen umgesetzt.

Für den Schutzabschnitt 6 entlang des Stadthafens sind vor allem Schutztrassen entlang der Hauptverkehrslinie Am Strande denkbar, die jedoch selbst möglichst wenig beeinträchtigt werden sollte. Hauptproblem in diesem Bereich ist das geringe Raumdargebot. Alternativ zu einer umfassenden Schutztrasse sind Quartierlösungen denkbar.

Bis auf die Sicherung der Anlagen der Stadtwerke in Eigenverantwortung sind im Schutzabschnitt 7 die Vorhaben abgeschlossen. Gleiches gilt für Schutzabschnitt 8.

Für den Bereich von Warnemünde und damit für die Schutzabschnitte 9 und 10 stehen Baumaßnahmen zur Vervollständigung des Sturmflutschutzsystems an. So ist geplant entlang der Werftallee (TVD) über 1 km Straßenerhöhungen und 750m Geländeerhöhungen vorzunehmen. Auf der Mittelmole sollen weitere Straßenerhöhungen und Hochwasserschutzwände Hochwassersicherheit schaffen.

Für die Bereiche entlang des Alten Stromes ist die Errichtung einer neuen auf den BHW konzipierten Ufermauer mit zusätzlichen 20cm Freibord vorgesehen. Auf einer Länge von ca. 500m werden im Sinne der Anpassungsstrategie für die Gesamtnutzungsdauer von achtzig Jahren verschiedene Ausbaustufen vorgesehen, die erste für die nächsten vierzig Jahre.

Trinkwasserversorgung der Hansestadt Rostock

Der Träger der Wasserversorgung und die abwasserbeseitigungspflichtige Körperschaft für das Gebiet der Hansestadt Rostock und der Gemeinden des Zweckverbandes Wasser-Abwasser Rostock-Land ist der Warnow-Wasser- und Abwasserverband (WWAV). Ihm obliegt es u. a. Trinkwasser zu beschaffen und bereitzustellen. Die Durchführung der Aufgaben wurde dabei der Eurawasser Nord GmbH als Erfüllungsgehilfen anvertraut, die das Wasserwerk Rostock betreibt.

Das Trinkwasser für die Hansestadt Rostock wurde traditionell aus umgebungsnahen Oberflächenwasser gewonnen. So wurden deren Bürger bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts über Freileiten versorgt, die erst 1867 vom ersten städtischen Wasserwerk abgelöst wurden. Eine Versorgung mit Trinkwasser aus Grundwasser, wie vielerorts üblich, war in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, vor allem vor dem Hintergrund der Gewährleistung der Trinkwasserqualität, projektiert, wurde aber durch die Erweiterung des Wasserwerks Rostock in den 1990er Jahren nicht umgesetzt.



1. 18 > Lage der Wasserentnahmestelle des Wasserwerk Rostock und des Mühlendamms (Quelle: Google – GeoBasis-DE/BKG (©2009), AeroWest, DigitalGlobe, GeoBasis-DE/BKG, GeoContent)

Heute werden aus der Warnow durchschnittlich 32.000m³ Wasser täglich gefördert. Diese verfügt über ein Einzugsgebiet von ca. 3.200 km² von denen mehr als die Hälfte als Trinkwasserschutzgebiet ausgewiesen sind. Die Entnahmestelle befindet sich oberhalb des Mühlendamms und ist über einen Zuleitungsgraben mit der Warnow verbunden. Entlang des Mühlendamms befindet sich eine Schleuse und ein Wehr als Staustufe, die Ende des 19. Jahrhunderts errichtet wurde. Ursprünglich zur Bewirtschaftung des Schifffahrtsweges konzipiert, dient sie heute vor allem dem Hochwasser- und Trinkwasserschutz, da mit ihr der Einstrom von Brackwasser der Unterwarnow behindert werden kann. Sowohl Schleuse als auch Wehr unterliegen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes.

Die Reinigung des Warnowwassers im Wasserwerk Rostock erfolgt über eine siebenstufige Anlage über die Grobteile, Schwebstoffe, Keime und gelöste Stoffe mittels mechanischer Verfahren, Ozonung und Aktivkohlefilter herausgesondert werden. Über ein 980km langes Netz aus Hauptleitungen werden die Hansestadt Rostock sowie weitere 17 Gemeinden und somit ca. 230.000 Einwohner mit Trinkwasser versorgt.

Schlussbemerkung

Gemeinsame Bedürfnisse von Hochwasserschutz und Trinkwasserschutz konzentrieren sich im Bereich der Hansestadt Rostock räumlich auf wenige Bereiche um den Mühlendamm.

Bei der gegenwärtigen Strategie der Trinkwassergewinnung aus dem Oberflächenwasser der Warnow ist eine Aufrechterhaltung der Wehr- und Schleusenanlagen oder einer gleichwertigen Anlage am Mühlendamm erforderlich aus der sich ebenfalls Synergieeffekte mit dem Hochwasserschutz ableiten lassen.

Anwendungsprojekt: Innovative Technologien im Küstenwasserbau

Kontakt:

Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres
Mecklenburg (StALU MM)

Ulrich Floth: Ulrich.Floth@stalumm.mv-regierung.de

Innovationen im Küstenwasserbau und damit auch im Küstenschutz bauen vor allem auf bereits bestehenden und teilweise über lange Zeiträume eingesetzten technischen Lösungen auf oder versuchen diese durch alternative Ansätze zu ersetzen. Verhältnismäßig junge Technologien, wie beispielsweise der Einsatz von Geotextilien, haben

sich bereits etabliert und können nicht mehr zwingend als innovativ angesehen werden. In jüngster Zeit sind v.a. Lösungen im Gespräch, die auch auf Synergieeffekte mit u.a. Tourismus und Umweltschutz abzielen. Nicht selten ist ein Einsatz von innovativen Technologien durch rechtliche Rahmenbedingungen eingeschränkt.

Grundsätze

Die Anwendung von unterschiedlichen Technologien im Küstenschutz unterliegt im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern (MV) einer Reihe von Vorbedingungen. Neben sowohl land- als auch seeseitigen naturräumlichen Gegebenheiten schränken die raumplanerischen Ziele der Entscheidungsträger bereits existierende Anlagen zum Küstenschutz als auch der zur Verfügung stehende finanzielle Rahmen die Wahl der möglichen technischen Lösungen für existierende Herausforderungen im Küstenschutz ein.

Daneben bestehen rechtliche Vorgaben, aus denen sich Begrenzungen in der Wahl der technischen Mittel ableiten lassen. Neben übergeordnetem Europa- und Bundesrecht begrenzen vor allem das Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz des Landes MV und Naturschutzgesetz des Landes MV Wahl und Größenordnung von anwendbaren Technologien die grundsätzlich als Instrumente des Küstenschutzes zur Verfügung stehen. Weiterhin sind denkmalrechtliche und strom- und schiffahrtspolizeiliche Regelungen zu berücksichtigen.

Stand der Technik

Landesküstenschutzdünen bildeten über viele Jahre hinweg das effektivste Instrument in der Sicherung des Hinterlandes bei Sturmflutereignissen. Nach ihrer Aufgabenstellung hin können diese Sandkörper in Systemdünen, die in Kombination mit anderen Küstenschutzelementen wirken und Vollschutzdünen, die die Schutzfunktionen alleine übernehmen, unterschieden werden. Da letztere zu einem nicht unerheblichen Teil aus einem seeseitigem Verschleißkörper bestehen, sind v.a. nach normalen Sturmflutereignissen Erneuerungsmaßnahmen erforderlich, die im Regelfall durch Sandaufspülungen unter Verwendung mariner Sande vonstattengehen. Ein ingenieurbioologischer Aspekt

Eine zusätzliche bedeutsame Einschränkung erwächst aus der Empfehlung 16-3 der Helsinki-Kommission (HELCOM) aus dem Jahre 1995. Diese enthält die Vorgabe eine natürliche Küstendynamik möglichst zu erhalten. Dies geht einher mit dem Bestandsschutz von aktiven Kliffen als Sedimentlieferant sowie von küstennahen Überflutungsflächen. Somit sollen neuangelegte Küstenschutzmaßnahmen örtlich auf besonders schützenswerte, besiedelte Areale begrenzt bleiben. Der methodisch weitaus relevanteste Teil ist die Maßgabe dass, wann immer möglich, natürliche Baustoffe wie Steine, Sand, Erde oder Holz den Vorzug gegenüber künstlichen Materialien wie Beton oder Kunststoffen erhalten sollen.

Hierdurch wird verdeutlicht, dass sich eine Reihe von Faktoren auf die Wahl von Art und Dimension von Küstenschutzmaßnahmen auswirken, wodurch nicht nur die Anwendbarkeit von Technologien, die dem derzeitigen Stand der Technik entsprechen eine Limitierung erfährt, sondern auch Innovationen in der Methodik des Küstenschutzes auf ihre Realisierbarkeit hin überprüft werden müssen.

der Dünensicherung ist die Bepflanzung mit Vegetation (z. B. Strandhafer *Ammophila arenaria*) zum Zwecke des Sandfanges.

Landseitig der Küstenschutzdünen befinden sich nicht selten Küstenschutzwälder, die im Versagensfall der Dünen zur Aufgabe haben, den Wellen weiter Energie zu entziehen und somit die Belastungen auf eventuell anschließende Landesküstenschutzdeiche zu mildern. Letztere stellen als vom Menschen aufgeschüttete Dämme aus Erdreich, bestehend aus einem Deichkern und Abdeckschichten ein bedeutendes Instrument zum Schutz von besiedelten Gebieten vor Sturmflutereignissen dar.

Als seawärts gerichtete Querbauwerke dienen Buhnen dazu den ufernahen Küstenlängstransport von Sedimenten zu bremsen und die Akkumulation von Lockermaterial zu fördern. Entlang der deutschen Ostseeküste werden Buhnen vor allem in MV als einfache gestreckte Körper in Holzbauweise verwendet, wohingegen in Schleswig-Holstein Buhnen in Schüttsteinbauweise vorherrschen, die auch T-förmig ausgebildet sein können. International finden sich vielfältige Variationen an Baumaterial (Stahlpundwand, Betonpfeiler etc.) oder Formgebung.

Uferparallele Längswerke haben zum Ziel die Erosion der Küstenlinie zu verhindern oder zu verzögern. Sie dienen dazu, bei einem begrenzten räumlichen Dargebot, welches dahingehend anspruchsvollere Bauwerke nicht zulässt, die Sicherheit für schützenswerte Objekte zu gewährleisten. Längswerke sind oftmals als Deckwerke, also als Schutzschichten aus groben Steinlagen auf Uferböschungen mit möglichst hoher Oberflächenrauigkeit, als Geröllwälle oder Steinwälle ausgebildet. Eine weitere Bauform sind Ufermauern, die Uferabbrüche und Überflutungen verhin-

dern sollen und i.d.R. aus Stein, Beton oder Stahlpundwand errichtet werden. Seit einigen Jahren besteht aber auch die Möglichkeit diese durch mobile Elemente ergänzen zu können.

Steinwällen, in der Bauweise nicht unähnlich, sind steinerne Wellenbrecher, die die Energie der einlaufenden Wellen dämpfen und somit für den Schutz des leeseitigen Küstenabschnitts sorgen oder, je nach Bemessung, gar eine Akkumulation von Sediment in Ihrem Hinterland verursachen.

An Standorten mit unterdimensionierten Küstenschutzdünen an denen eine landwärtige Verbreiterung nicht möglich ist können diese durch Geotextilien in Container- oder Lamellenbauweise verstärkt werden, wodurch sich die Durchbruchssicherheit für diese Dünenkörper erhöht. Der Einsatz von Geotextilien im Küstenwasserbau ist zwar eine noch vergleichsweise junge Technologie, erfährt aber bereits weltweit eine breite Anwendung, so dass er generell nicht mehr als innovativ sondern bereits als etabliert betrachtet werden kann.

Innovative Technologien für den Küstenschutz und ihre Vereinbarkeit mit HELCOM Recommendation 16-3

Als zusätzlicher Schutz von Küstenschutzdünen zu den bereits genannten Anpflanzungen dienen bereits in vielen Ländern (z.B. USA, Niederlande, Frankreich) Windzäune, die eine ähnliche Wirkung entfalten sollen wie die o.g. Dünenvegetation. Diese Zäune werden z. B. palisaden- oder schachbrettartig angeordnet und bestehen aus Holz, Gräsern oder Kunststoff. Zur Sicherung des Dünenfußes bieten sich

beispielsweise gefüllte geotextile Container oder Säcke aus Kokosfaser an. Eine weitere Option hierzu ist die Stabilisierung des seeseitigen Dünenendes mit Hilfe von Flechtwerk welches durch Holzpfähle verankert ist. Zur Sicherung des Dünenfußes können ebenfalls Faschinen aus Reisig eingesetzt werden, deren Wirksamkeit jedoch an eine gewisse Strandbreite gebunden ist.



1.19 > Faschinen zur Dünensicherung

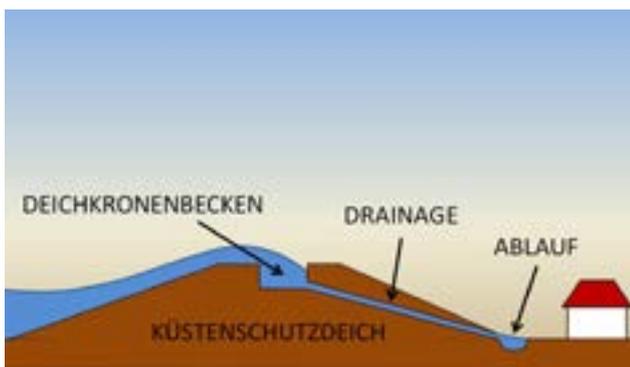


1.20 > Sandfangzäune zur Dünensicherung

Diese Instrumente sind generell in Einklang mit HELCOM Rec. 16-3 exklusiv von künstlichen Geotextilien oder Kunststofffangzäunen, außer für den Fall, dass hierfür keine natürlichen Baustoffe Alternativen darstellen. Inwieweit diese Techniken als innovativ bezeichnet werden können, ist allerdings fraglich. Zwar finden sie entlang der deutschen Ostseeküste keine weitflächige und generelle Verbreitung, ihre Verwendung entlang anderer Küsten seit mehreren Jahren ist jedoch unstrittig. Der Umstand, dass bereits im Mittelalter und der frühen Neuzeit entlang der deutschen Ostseeküste Anpflanzungen und Zäune zum Sandfang eingesetzt wurden, lässt einen innovativen Charakter dieser Maßnahmen sicherlich als zweifelhaft erscheinen.

Als Ersatz- oder Ergänzungsmaßnahme für Strandaufspülungen und Dünenwiederherstellung wurde in den Niederlanden durch Rijkswaterstaat und BAM Civiel ein System erfolgreich erprobt (Ecobeach), welches mit Hilfe von senkrechten Drainagerohren eine Erosion von Lockermaterial entlang sandiger Küsten verringert oder gar zu einer Akkumulation führt. Pilotprojekte zu Ecobeach gibt es weiterhin in Dänemark, Ghana, Malaysia und Australien.

Um die Standfestigkeit von Deichen zu erhöhen, ist es sinnvoll sie widerstandsfähiger gegenüber Overtopping zu machen. Dies kann erreicht werden indem man den Winkel der landseitigen Flanke verringert. Hierdurch wird einerseits mehr Fläche verbraucht, andererseits ergibt sich eine größere Deichmächtigkeit.



1.21 > Funktionsweise eines Crest Drainage Dike

Es wird als schwierig erachtet Konstruktionen wie Stilling Wave Basins oder Crest Drainage Dikes in Übereinstimmung mit HELCOM Rec. 16-3 zu bringen, da Erstere vorzüglich in Betonbauweise zu errichten sind und bei Letzteren das Deichkronenbecken mit Beton oder Spundwand gefasst werden muss. Wo Küstenlängswerke wie Deckwerke oder Geröllwälle vonnöten sind um besonderen Schutz zu gewährleisten, kommen gelegentlich Verklammerungstechniken zu Einsatz.

Eine weitere Methode dem Problem von Overtopping zu begegnen ist der Einsatz von erosionsverhindernden Geotextilien. Seeseitig kann man der Overtoppinggefahr ebenfalls durch eine Verbreiterung des Deichquerschnittes oder der gezielten Erhöhung der Oberflächenrauigkeit begegnen.

Eine Strategie kann sein, Überläufe in gewissen Maßen einzukalkulieren und zuzulassen. In diesem Fall müssen die Deichoberfläche und der landseitige Abfluss jedoch entsprechend angepasst werden.

Als konstruktive Innovationen hierzu sind derzeit Deiche mit einem Kronenbecken (Crest Drainage Dike) und einer integrierten Drainage in der Erprobung. Durch das Becken soll das Wasser des Wellenaufbaus abgeführt werden können bevor es die Binnenböschung erreichen kann.

Als Mittel um die Wellenenergie schon vor dem Auftreffen auf Deiche oder Küstenlängswerke zu verringern eignen sich sog. Stilling Wave Basins, die sich aus zwei Reihen von Wänden zusammen setzen, wobei die landseitige durchgehend ist und Wellen möglichst aufhalten soll und die seeseitige geschlitzt ist um Wellenenergie zu verringern und ein Abfließen des im Becken befindlichen Wassers zu gewährleisten. Diese Lösung wurde beispielsweise für die Sicherung der Hafeneinfahrt von Oostende in Betracht gezogen.



1.22 > Schema eines Stilling Wave Basins

Bislang wurden hierfür Beton oder Asphalt verwendet. Alternativ zu diesen Baustoffen kommt seit wenigen Jahren in einigen Pilotprojekten (z.B. Elastocoast von BASF) auch Polyurethan (PUR) als Bindemittel zum Einsatz. Eine Übereinstimmung mit HELCOM Rec. 16-3 ist hierbei ebenso wenig ersichtlich wie bei den herkömmlichen Verklammerungsmitteln.

Fokusthema 1: Küstenschutz

Um die Energie von Wellen bereits abzdämpfen bevor diese auf Küstenschutzdünen oder -deiche auftreffen, gibt es bereits Ansätze herkömmliche Wellenbrecher in Schuttsteinbauweise zu ersetzen. Eine Alternative dazu stellen sog. Floating Breakwaters da, welche z. B. aus Kunststoffelementen oder aus Betonpontons aufgebaut sein können und an der Oberfläche schwimmen. Letztere verdanken ihre wellenenergiedämpfende Wirkung vor allem ihrer Massenträgheit.

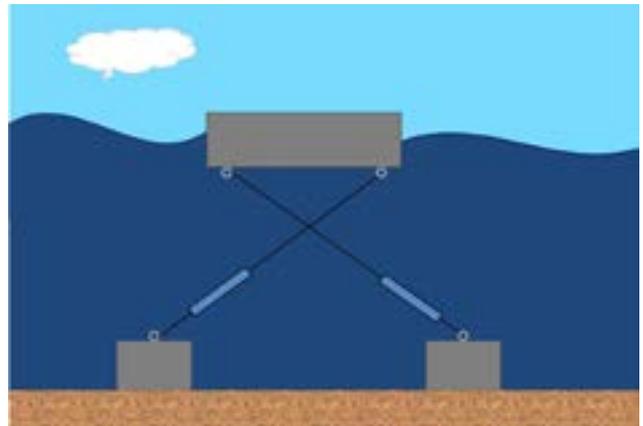
Sie sind über Ketten oder Kabel fest am Boden verankert und können somit ähnliche Aufgaben wahrnehmen wie konventionelle Wellenbrecher. Ihre Vorteile bestehen darin, dass sie vergleichsweise schnell und kostengünstig installiert und wieder beräumt werden können. Daneben kann ihr Standort leicht gewechselt werden und sie weisen eine große Anpassungsfähigkeit gegenüber wechselnden Wasserspiegeln auf. Es bleibt allerdings zu betonen, dass Floating Breakwaters nicht dasselbe Maß an Abschirmung schützenswerter Küstenabschnitte bieten können, wie dies konventionelle Wellenbrecher vermögen.



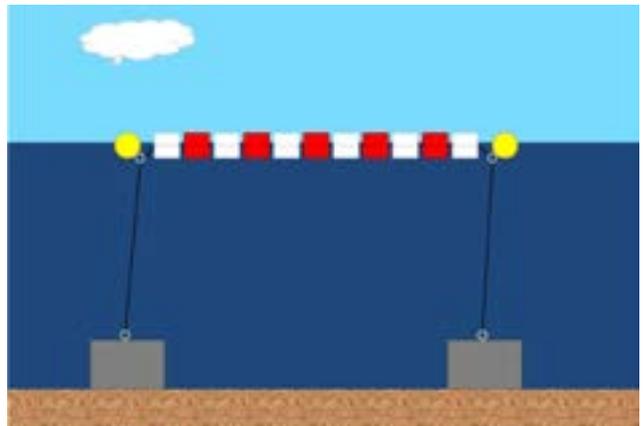
1.23 > Riffkegel



1.24 > Tetrapode



1.25 > Schwimmender Ponton-Wellenbrecher
(Quelle: Inland & Coastal Marina Systems Ltd.)



1.26 > Schwimmendes Wellenbrecher-System, Texas
(Quelle: Wave Eater)

Als Alternative zu Wellenbrechern sind zunehmend künstliche Riffe im Gespräch. Diese werden bereits seit mehreren Jahren als sandbefüllte geotextile Container oder Röhren errichtet. Sonstige Konstruktionsmöglichkeiten bietet eine Vielzahl an unterschiedlich geformter Tetrapodenvariationen (Accropode, Core-Loc, Xbloc etc.), Dolosse oder sog. Bioblocks aus Beton oder Waschbeton die zusätzlich eine Besiedlung von hartsubstratbesiedelnden Organismen fördern sollen.

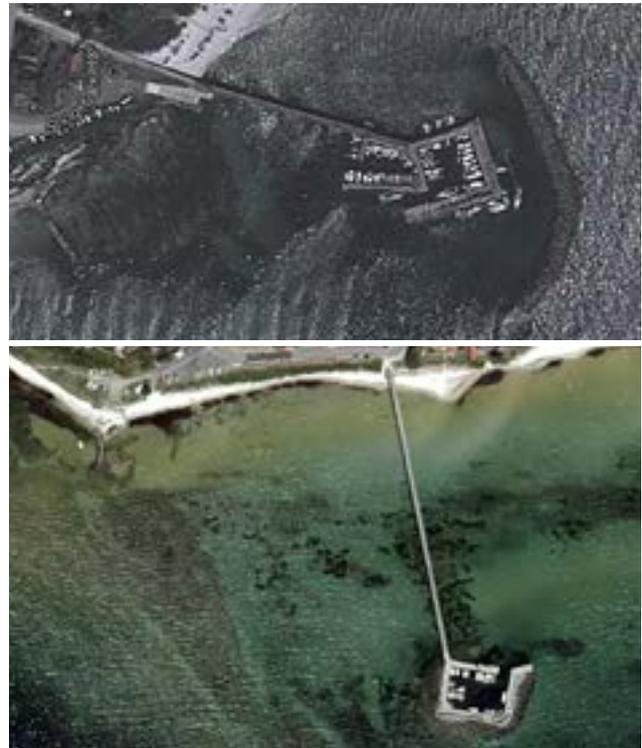
Einige künstliche Riffe entstanden gar durch das gezielte Versenken von Schiffen oder Landfahrzeugen. In diesen Fällen tritt die Küstenschutzfunktion aber deutlich in den Hintergrund bzw. ist nicht beabsichtigt. Hier liegt der Fokus vielmehr in der Erhöhung der Biodiversität, kann aber auch als Ziel der Freizeitgestaltung angelegt sein. Eine Kombination aus Küstenschutzbauwerk und touristischer Attraktion können künstlich angelegte Surfriffe (Artificial Surfing Reefs, ARF), zumeist in geotextiler Containerbauweise errichtet, darstellen.

Sowohl für Floating Breakwaters als auch für künstliche Riffe sind Konflikte mit HELCOM Rec. 16-3 ersichtlich, da es sich bei den Baustoffen i.d.R. um künstliche Erzeugnisse handelt. Ob es natürliche Alternativen dazu gibt bleibt zu prüfen.

Offshore/Nearshore-Häfen bzw. Inselhäfen wie sie bereits auf Bornholm (Dänemark) existieren können dazu dienen die Seegansbelastungen an den Ihnen nachgelagerten Küstenabschnitten zu verringern. Sie sind insofern als innovativ zu betrachten, dass ihre grundlegende Idee zwar schon länger existiert, diese jedoch erst an wenigen Standorten umgesetzt wurde. Dies ist vor allem in der Besorgnis um eine mangelnde Landanbindung zu begründen. Da diese Bauwerke in erster Linie nicht als Küstenschutzanlagen gedacht sind, sind Widersprüche zu HELCOM Rec. 16-3 fraglich.

Seit den 1970er Jahren werden zunehmend Projekte verfolgt Wellenenergie in Elektrizität umzuwandeln (Wave Energy Converter WEC). Diese können dem Küstenschutz dienlich sein wenn sie in der Lage sind Wellenenergie deutlich zu minimieren. Entscheidend ist hierbei jedoch, dass sie Ihre Funktionsfähigkeit auch dann noch beibehalten wenn, wie z.B. im Falle einer Sturmflut, hohe Belastungen auf sie einwirken, da sie andernfalls auch zur Gefahrenquelle werden könnten. Weil sie nicht primär als Mittel zum Küstenschutz konzipiert sind, ist es fraglich ob Konfliktpotenzial mit HELCOM Rec. 16-3 besteht.

Ein recht junges Fach, das auch Fragestellungen des Küstenschutzes thematisiert, ist das sog. Ecological Engineering. Die Hauptmotivation dieser Disziplin bildet der Anspruch, nachhaltige innovative und kostengünstige Lösungen für Probleme des Küstenschutzes zu entwickeln, die aber zeitgleich den menschlichen Einfluss auf Ökosysteme minimieren oder für diese gar



1.27 > Beispiele für Nearshore-Häfen
(Snogebaek, Bornholm; Arnager, Bornholm; Quelle: oben: © 2014 Google · Aerodata International Surveys, DigitalGlobe, Scankort · Aufnahme vom: 26.07.2012; unten: © 2014 Google · Aerodata International Surveys, DigitalGlobe, Scankort · Aufnahme vom: Juni 2011)

förderlich sein sollen. Die Bandbreite der Arbeitsfelder im Ecological Engineering ist dementsprechend groß und reicht von dem Design bewuchsfreundlicher Oberflächen, über die Förderung biogener Riffe bis zur Bewirtschaftung von küstennahen Feuchtgebieten oder Küstenschutzwäldern.



1.28 > Beispiel für Wave Energy Converter

Die hier vorgestellten technischen Konstruktionsvorschläge stellen weitestgehend Erweiterungen dar und basieren auf bereits etablierten Techniken. Dies gilt etwa für den Entwurf und Sicherung von Küstenschutzdeichen. Wirkliche Innovationen sind vor allem in den Bereichen absehbar wo Wellenbrecher ersetzt oder ergänzt werden können. Dies ist weiterhin gültig für beschriebene Techniken die nicht vorrangig den Küstenschutz im Fokus haben, sich aber potenziell durchaus positiv daraus auswirken.

Für viele der vorgestellten Technologien ist festzustellen, dass eine Vereinbarkeit mit HELCOM Rec. 16-3 als problematisch angesehen wird, da ihrer Implementierung die Verwendung von nicht-natürlichen Baustoffen zu Grunde liegt. Demzufolge erscheint eine generelle Anwendbarkeit entlang der deutschen Ostseeküste als fraglich.

Anwendungsprojekt: Unterhaltung von Schifffahrtswegen und Küstenschutz: Nutzung von Synergien

Kontakt:

Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres
Mecklenburg (StALU MM)

Ulrich Floth: Ulrich.Floth@stalumm.mv-regierung.de

In diesem Anwendungsprojekt lag als ein Arbeitsschwerpunkt die Entwicklung von Anpassungsstrategien für die nachhaltige Nutzung mariner Ressourcen im Kontext des Klimawandels. Ziel dieses Anwendungsprojektes war

Schaffung und Förderung von Synergien in der Nutzung der im Geschäftsbereich der Wasser- und Schifffahrtsämter (WSÄ) anfallenden Sande aus Baggerungen und dem benötigten Sand für den Küstenschutz.

Die Notwendigkeit der Zusammenarbeit ergibt sich vor allem aus dem hohen Bedarf an Aufspülmaterial für die Küsten Mecklenburg-Vorpommerns (MV). So wird die Küstenschutzfunktion in diesem Bundesland über eine Länge von ca. 100 km von Landesküstenschutzdünen erfüllt, die somit das prominenteste Instrument der Sicherung vor Sturmfluten darstellen. U. a. zu deren Erhalt werden jährlich durchschnittlich 500.000 m³ Sand benötigt was sich in jährlichen durchschnittlichen Kosten von ca. 5 Mio. € niederschlägt. Besonders große Mengen an Aufspülmaterial werden in den Bereichen zwischen Rostock und der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst, sowie um den Streckelsberg auf der Insel Usedom benötigt.

Für die Gewinnung notwendiger mariner Sande steht vor der Küste MVs prinzipiell eine Fläche von rund 400 km² zur Verfügung, deren Vorräte theoretisch für die nächsten siebenzig Jahre genügen würden. De facto sind diese jedoch nur eingeschränkt nutzbar. Dieser Umstand ist vor allem dadurch bedingt, dass sich ca. 60 % der Bewilligungsflächen in Schutzgebieten befinden, was deren Nutzung erschwert. Weitere Hemmnisse stellen beispielsweise die Belastung der Sedimente mit Munitionsresten dar.

Gleichzeitig ist es nötig Schifffahrtswege wie etwa Hafeneinfahrten regelmäßig von eingetragenen oder nachrutschenden Sedimenten freizuhalten um eine beabsichtigte Tiefe und Ausdehnung zu gewährleisten. Bislang wurde das dabei ausgebagerte Lockermaterial auf Deponien an Land oder zu marinen Klappstellen verbracht.

Die WSÄ diese für die Ablagerung von Sedimenten aus Bau- und Unterhaltungsbaggerungen an Wasserstraßen. In den Klappstellen lagern je nach Zusammensetzung des verklappten Materials, Schlick, Gemische aus Sand und Geschiebemergel sowie reine Sande. Letztere sind für den Einsatz im Küstenschutz denkbar. Derzeit gibt es drei Klappstellen des WSA Stralsund, in denen im Zeitraum von 1991 bis 2012 insgesamt knapp 1,5 Mio. m³ Sande aus Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen untergebracht wurden (siehe Abb. 1.29 grün markiert). Dies entspricht einem Zehntel der für den Küstenschutz erforderlichen Mengen über die vergangenen 21 Jahre.



1.29 > Einbaumengen Aufspülmaterial für den Küstenschutz & verklappte Sande aus Maßnahmen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung in MV über 21 Jahre

Praktische Beispiele für die Zusammenarbeit der Staatlichen Ämter für Landwirtschaft und Umwelt (StÄLU) und der Wasser- und Schifffahrtsämter (WSÄ)

Die Zufahrt des Hafens Timmendorf auf der Insel Poel nördlich von Wismar wird regelmäßig etwa alle zwei Jahre ausgebaggert. Das hier zuständige Wasser- und Schifffahrtsamt Lübeck muss in 2012 etwa 5000 m³ Sediment entnehmen, um die Fahrrinne frei zu halten. Das Material wird gewöhnlich auf eigenen Klappstellen des WSA untergebracht. Die hier anfallenden marinen Sande sind relativ feinkörnig und grundsätzlich für Vorhaben des Küstenschutzes geeignet. So bot das WSA an, diese Sande im Sinne des Nachhaltigkeitsgrundsatzes in das für den Küstenschutz genutzte Bewilligungsfeld Wismarbucht zu verklappen, damit sie für die weitere Verwendung für Küstenschutzvorhaben des Landes nutzbar sind.

Für dieses Vorhaben wurde geprüft ob eine Deponierung der ausgebaggerten Sedimente im Bereich des Bewilligungsfeldes der Wismarer Bucht in Frage kommt. Hier lagern große Mengen hochqualitativer aufspülfähiger Sande. Mit einer örtlichen Verklappung kann eine Verbesserung der Lagerstätte erzielt werden. Außerdem befindet sich das Bewilligungsfeld in dieser Lagerstätte außerhalb von Schutzgebieten. Eine negative Beeinflussung des benachbarten FFH-Gebietes kann somit ausgeschlossen werden, da der minimale Abstand 2.300m beträgt.

Von der Umsetzung der Deponierung auf der Bewilligungsfläche wurde jedoch abgesehen und die ausgebaggerten Sedimente stattdessen als direkte Küstenschutzmaßnahmen in den küstennahen Bereich vor Boltenhagen am Weststrand der Wismarbucht verbracht. Trotz der vergleichsweise geringen betroffenen umgelagerten Sedimentmenge kann dieses Vorhaben jedoch als exemplarischer Kooperationserfolg zwischen den WSÄ und StÄLU betrachtet werden.



Das Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) Stralsund ist für die Unterhaltung des Seekanals Rostock zuständig. Mit einer Regelmäßigkeit von etwa 5–10 Jahren werden sowohl die zugehörige Sandfalle geleert als auch die Untiefen in der Bundeswasserstraße beseitigt. Notwendig sind diese Unterhaltungsmaßnahmen, weil die vorrangig ostwärts gerichtete küstenparallele Strömung unmittelbar im Bereich der Westmole unterbrochen ist und der mitgeführte Sand nicht weiter transportiert wird. Im November 2013 wurden mit einem Baggerschiff ca. 30.000 m³ Sand aus der Sandfalle und ca. 27.000 m³ Sand aus dem Seekanal gebaggert. Das Baggergut wird in der Regel auf die eigens dafür vorgesehenen Klappstellen weit vor der Küste verbracht, kann aber auch für gewerbliche Bauvorhaben oder für Küstenschutzmaßnahmen verwendet werden.

Das Staatliche Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg (StÄLU MM) ist für den Küstenschutz im Bereich der Hansestadt und des Landkreises Rostock verantwortlich. Eine wesentliche Aufgabe ist der Schutz sandiger Rückgangsküsten sowie die Erhaltung der dort befindlichen Küstenschutzanlagen. In Warnemünde, Hohe Düne und Markgrafenheide übernehmen Düne, Strand und Schorre die Funktion des Hochwasserschutzes, während die Bühnen der Küstensicherung dienen.

Durch die Wirkung der Westmole entsteht in Warnemünde ein Überschuss an Sand. Im Bereich von Hohe Düne und Markgrafenheide kann der vorhandene Sand aufgrund des fehlenden natürlichen Nachschubs sowie der Leewirkung der Hafentmolen langfristig nicht gehalten werden.

Mit annähernd gleicher Regelmäßigkeit der Unterhaltungsbaggerungen im Seekanal sind auf der Ostseite der Hafentmolen Wiederholungsaufspülungen gegen die Sedimentverluste auf Düne, Strand und Schorre erforderlich. Durch die Aufspülung im küstennahen Bereich vor Hohe Düne wird der Sand der küstenparallelen Strömung wieder zugeführt. Die dafür benötigten Sandmengen werden im Allgemeinen kostenaufwendig aus festgelegten Sandlagerstätten in der Ostsee entnommen.

Die gemeinsame Durchführung der Unterhaltungsbaggerung seitens des WSA Stralsund und der Aufspülung seitens des StALU MM ist beispielhaft für ein effizientes Zusammenwirken einer Bundesbehörde und einer Landesbehörde in MV. Die Maßnahme stellt insgesamt eine Küstenschutzmaßnahme dar, die mit geringstmöglichen Störungen der Umwelt und Ressourcenverbrauch verbunden ist.

Durch die Nutzung des unmittelbar an der Einbaustelle vorhandenen überschüssigen Sandes aus der Sandfalle vor Warnemünde werden sowohl Sandlagerstätten der Ostsee, als auch die Sandklappstelle der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung geschont. Die baubedingten Beunruhigungen werden durch kurze Transportwege minimiert. Durch natürlichen Sedimenttransport in Richtung Osten können auch Wiederholungsaufspülungen vor Markgrafenheide mengenmäßig bzw. in der Anzahl der Wiederholungsaufspülungen reduziert werden.

Im Rahmen eines nachhaltigen Küstenzonenmanagements sollen künftig weitere gemeinsame Vorhaben folgen.



1.30 > Gemeinschaftsvorhaben WSA – StALU MM im Gebiet Markgrafenheide-Hohe Düne (Grundlage: © 2014 Google · GeoBasis-DE/BKG (©2009), AeroWest, DigitalGlobe, GeoBasis-DE/BKG, GeoContent, Landsat · Aufnahme vom: 06.06.2013)



Durch eine Nutzung mariner Sande aus Sandfallen oder Ausbaggerungsvorhaben ergibt sich prinzipiell das Potenzial einerseits bestehende Lagerstätten zu schonen und nicht in die am Meeresboden vorkommenden Lebensgemeinschaften einzugreifen als auch andererseits durch verkürzte Transportwege sowie durch Synergieeffekte bei gleichzeitiger Durchführung von Ausbaggerungs- und Aufspülmaßnahmen finanzielle Mittel einzusparen.

Anwendungsprojekt: Innovative Verfahren zur Klimaanpassung im Küstenschutz – Fokusgebiet Kieler Förde

Kontakt:

Büro für Umwelt und Küste, Kiel

Dr. Kai Ahrendt: ahrendt@iczm.de

Der Küstenschutz stellt eine der großen Herausforderungen der Klimafolgenanpassung an der deutschen Ostseeküste dar. Bisherige Küstenschutzmaßnahmen wurden meist ohne Berücksichtigung der Auswirkungen auf Nachbarbereiche konzipiert. Im Rahmen des Anwendungsprojekts wurden künstliche Riffe als

Küstenschutzmaßnahme und gleichzeitig hoch attraktive Tauchreviere untersucht. Sie lassen den Tourismus in doppelter Hinsicht vom Küstenschutz profitieren: einerseits durch den langfristigen Schutz von touristischer Infrastruktur, andererseits durch neue Anziehungspunkte für den Tourismus.

Für einen konkreten Küstenabschnitt in der Kieler Förde sollte ein Riffdesign nach wasserbaulichen Aspekten entworfen und anschließend so überarbeitet werden, dass das betrachtete Areal auch als attraktives Tauchrevier ausgebildet werden kann. Dabei sollten die Auswirkungen auf andere Küstenabschnitte berücksichtigt und negative Auswirkungen an andere Küstenorte vermieden werden.

Zunächst wurde eine Land-See übergreifende Topographie für die Küste der Probstei erstellt und in einem digitalen Geländemodell mit einem Gitterabstand von 10x10 m abgebildet. Küstennormale Profile wurden extrahiert und Sedimenttransportkapazitäten ermittelt. Gleichzeitig erfolgte eine Erfassung und Beschreibung der Tauchreviere.

Als Grundlage für eine integrierte Planung untersuchte eine Masterarbeit in RADOST zehn unterschiedliche Alternativen für Unterwasser-Küstenschutzbauwerke. Die untersuchten Optionen umfassen Surf-Riffe, küstenparallele Wellenbrecher und Wellenbrecher aus Reef Balls. Mit Hilfe unterschiedlicher numerischer Modelle wurden hydrodynamische Prozesse untersucht, die Effizienz der Riffstruktur in Bezug auf Wellenabschwächung und Surfbedingungen bewertet sowie die durch die Wellenbrecher beeinflussten Sedimenttransporte ermittelt. Auf Grundlage der Modellierungsergebnisse wurden für die einzelnen Orte unterschiedliche Alternativen vorgeschlagen, die deutlich machen, dass jeweils ortsspezifische Lösungen für den Umgang mit dem Klimawandel gefunden werden müssen.

Aufbauend auf den Ergebnissen wurde eine weitere Machbarkeitsstudie durchgeführt, die eine Bewertung ausgewählter Optionen in Bezug auf morphodynamisch-sedimentologische Auswirkungen vornimmt.

Ergebnisse

Die Studien zeigen, dass es nur bedingt möglich ist, die angestrebten Nutzeffekte in einer Planung zu vereinen. Nur die neu in die zweite Untersuchung aufgenommene Option – eine Kombination von Geotextilien und Reef Balls vor der Küste von Kalifornien/Schleswig-Holstein – erwies sich aufgrund der Modellsimulationen als hinreichend wirksam für den Küstenschutz und schafft gleichzeitig einen neuen marinen Lebensraum, der auch als Tauchrevier genutzt werden kann. Die übrigen Alternativen bieten zwar günstige Bedingungen für den Tauchtourismus, jedoch einen zu schwachen Nutzen für den Küstenschutz, so dass die Kosten der Anlage gerechtfertigt wären. Hieraus folgt, dass für andere Bereiche Detailanalysen notwendig sind, die hier bisher nicht durchgeführt worden.



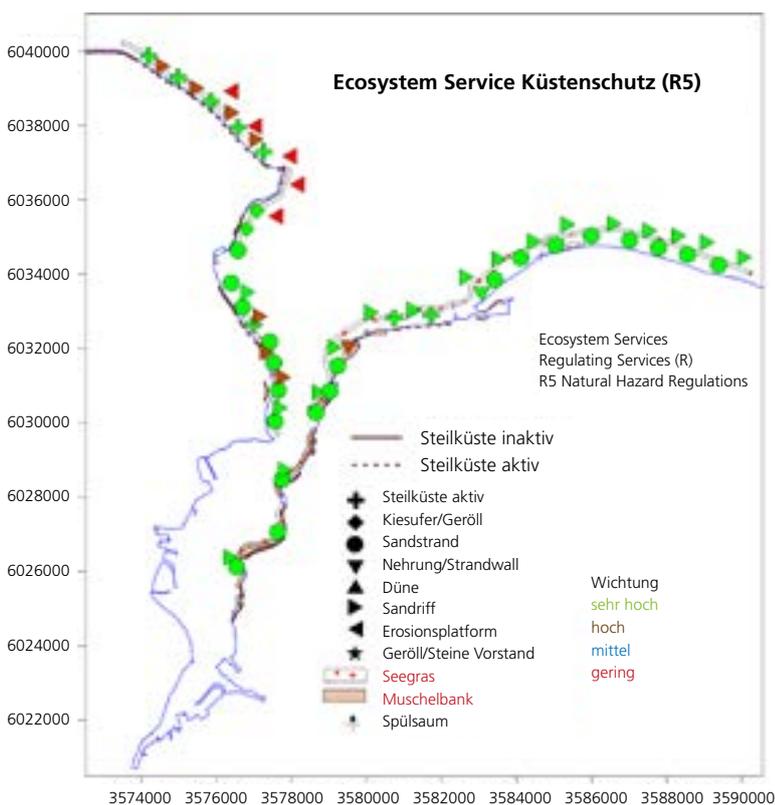
Erweiterung des Untersuchungsgebiets und Analyse von Ökosystemleistungen

Als weiterer Schritt des Anwendungsprojektes wurde im letzten Berichtszeitraum ein Verbundsystem für den Bereich Schwedeneck bis Probstei ausgearbeitet. Es fanden wiederum eine Ermittlung der Sedimenttransporte und die Beschreibung der zugehörigen Tauchreviere statt. Mögliche zusätzliche Baumaßnahmen in den Tauchrevieren wurden in Bezug auf Küstenschutz und Habitatverbesserung bewertet. Ein neu aufgebautes Küstenkataster für den Bereich von Schwedeneck bis Probstei stellt sämtliche anthropogene Bauten wie Hafenanlagen, Spundwände, Deckwerke, Molen, Siele, Deiche, Buhnen, Querwerke usw. dar. Zusätzlich wurden die Uferarten mit aufgenommen. Hierzu gehören u.a. Sandstrand, aktives/inaktives Kliff, Nehrungen, Dünen, Geröllstrand ebenso wie Muschelbänke, Seegraswiesen usw. des Vorstrandes.

Im Laufe des Projektes zeigte sich, dass von den betroffenen Akteuren meist eine sehr sektorale Sichtweise in Bezug auf touristische sowie küstenschutztechnische Anforderungen

besteht. Deshalb entstand die Idee den „Ecosystem-Service-Ansatz“ (ESS) für die Küstenregion in Umsetzung zu bringen. Ökosystemleistungen wurden entsprechend des ESS für den Küstenschutz (vgl. Abb. 1.31) und den Tourismus ermittelt und unter Berücksichtigung einer Klimaänderung bis zum Jahre 2050 gewichtet. Mögliche Ökosystemleistungen beinhalten dabei Produkte, die direkt vom Ökosystem zur Verfügung gestellt werden, Vorteile, die durch die Regulierung von Ökosystemprozessen entstehen sowie kulturelle Leistungen.

In weiteren Schritten werden diese Informationen im Rahmen des Projektes „Klimabündnis Kieler Bucht“ (vgl. S. 46) zu einem „Planungsatlas“ für die Kieler Bucht weiter ausgebaut, der auch die Auswirkungen der Klimaänderung berücksichtigt. Klimaanpassungsstrategien sollten neben den Änderungen im Klima auch mögliche Verschiebungen der Bedeutung der Ökosystemleistungen im Klimawandel berücksichtigen.



1.31 > Beispiel des Ecosystem-Service-Ansatzes für den Küstenschutz



Fokusthema 2: Tourismus und Strandmanagement

Kontakt:

Die Küsten Union Deutschland (EUCC-D), Warnemünde
Nardine Stybel: stybel@eucc-d.de

Tourismus ist für die deutsche Ostseeküste der prägendste Wirtschaftsfaktor der Küstenzone und wichtiger Arbeitgeber in der Region. Ziel des Fokusthemas Tourismus & Strandmanagement war es, die ökosystemaren und sozioökonomischen Auswirkungen des Klimawandels und ihr Zusammenspiel zu analysieren und akteursgerecht zu kommunizieren um konkrete Anpassungsmaßnahmen und eine Verbesserung von Marketingstrategien und Standortplanung zu unterstützen.

Neben der Analyse von Klimafolgen und deren Wahrnehmung durch Urlauber und Branchenvertreter brachte RADOST relevante private und öffentliche Akteure des Küstentourismus zusammen, um gemeinsam Strategien für die Anpassung zu erarbeiten.

Neue Netzwerke entstanden, wie das Klimabündnis Kieler Bucht oder die Kooperation mit dem Bäderverband Mecklenburg-Vorpommern.

Vor Projektbeginn waren Anpassungsstrategien im Tourismussektor erst seit relativ kurzer Zeit ein Thema innerhalb der Diskussion um angemessene Reaktionen auf den Klimawandel. Trotz zahlreicher Ansätze fehlte den Akteuren jedoch die Handlungsbasis: Es mangelte an detaillierten und zugleich akteursgerecht aufbereiteten Informationen zu den regionalen Folgen des Klimawandels, zu den Unsicherheiten der Projektionen und zu Abhängigkeiten innerhalb der Auswirkungen. Viele dieser Lücken konnten im Rahmen von RADOST geschlossen werden.

Vielfältige Techniken und Methoden zur akteursgerechten Verbreitung und Kommunikation der RADOST-Projektergebnisse wurden erprobt und haben sich in der Projektarbeit als Mix bewährt. Beispielhaft können hier Printmedien für Touristen

und Touristiker in deutscher und englischer Sprache, Internetpräsentationen, Datenbanken, ein Lehrmodul, Newsletter, Workshops, Seminare und die Adressierung von Massenmedien über Pressemeldungen genannt werden (vgl. auch Modul 5).

Im letzten Projektjahr lag der Schwerpunkt auf dem Thema (Bewusstseins-) Bildung – einerseits von touristischen Nachwuchskräften und Lehrpersonal, andererseits von Akteuren und Verantwortlichen im Tourismus. Als Werkzeuge hierfür wurde ein von EUCC-D konzipiertes Planspiel eingesetzt sowie die Anwendung von Nachhaltigkeitsindikatoren und Labeln diskutiert. Dafür wurden die vorhandenen Netzwerke zu Tourismusverbänden genutzt und neue Kooperationen mit Lehranstalten aufgebaut (vgl. Anwendungsprojekt S. 44).



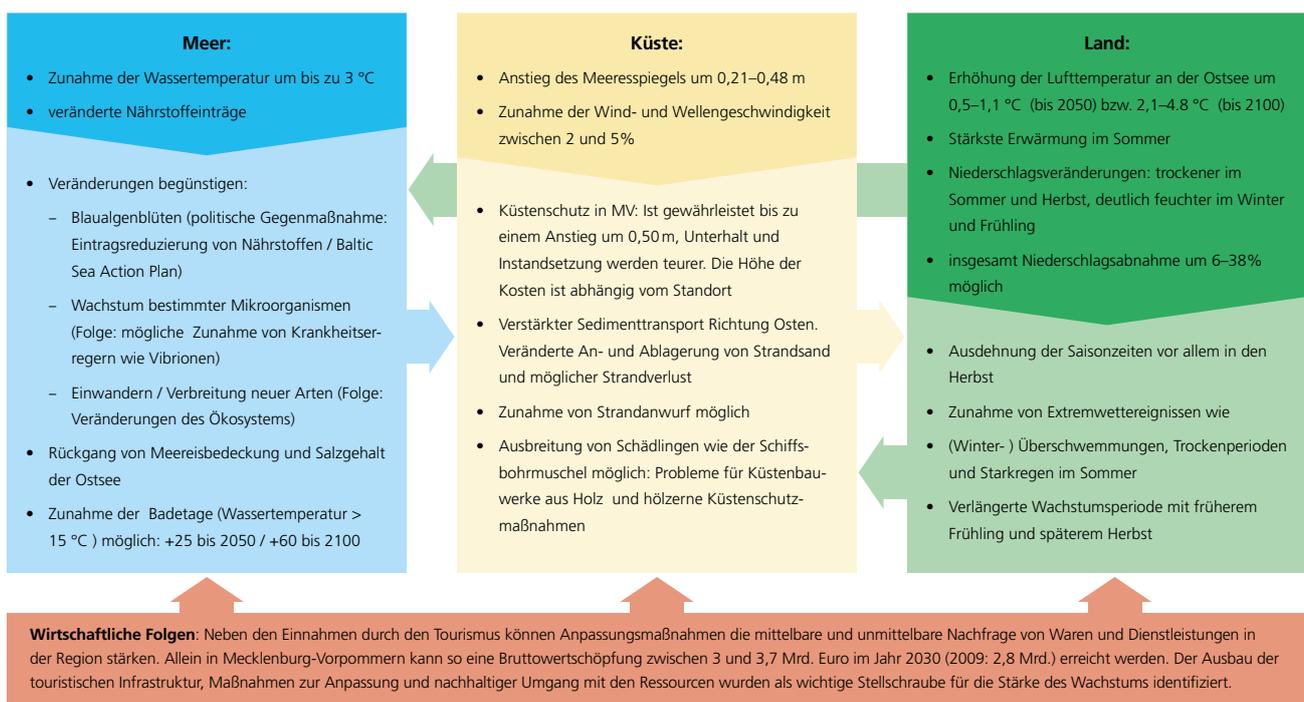
Klimafolgenanalyse

Projizierte Klimaveränderungen entlang der deutschen Ostseeküste können sich mittelbar und unmittelbar auf Strände und Badegewässer in der Region auswirken. Ziel der Klimafolgenanalyse im Rahmen von RADOST

war es darzustellen, welche Klimaveränderungen dabei von Relevanz für die deutsche Ostseeküste sind, wie sich diese auf den Tourismus auswirken und welche Abhängigkeiten bestehen.

Es wurde untersucht, wie sich unterschiedliche Klimafolgen auf den Tourismus in der Region auswirken können. Grundlage waren Prognosen des IPCC⁷, des Norddeutschen Klimabüros und Ergebnisse aus anderen RADOST-Fokusthemen, wie Gewässer-

management, Küstenschutz und Maritime Wirtschaft. Die Ergebnisse wurden unter anderem bei verschiedenen Veranstaltungen präsentiert und mit Akteuren der Tourismuswirtschaft anhand von unterschiedlichen Zukunftsszenarien diskutiert.



1.33 > Mögliche Klimafolgen für den Ostseetourismus bis 2100 (gemäß IPCC-Szenarien A1B, B1) © EUCC

Aufgrund des Informationsmangels und Sensibilisierungsbedarfes im touristischen Sektor wurden vielfältige Informationsmaterialien erarbeitet (z.B. ein Factsheet zu „Risiko und Potenzial - Küstentourismus an der Ostsee zwischen Klimawandel, Wachstum und Nachhaltigkeit“, vgl. Modul 5).

Der Fokus der Aufbereitung lag auf einer leicht verständlichen Informationsweise. Auch die Entwicklung eines Planspiels sowie der Einsatz von Indikatoren zur Erfassung des Status quo einzel-

ner Destinationen und deren zukünftiger Entwicklungsmöglichkeiten wurden als zielgruppengerechte Werkzeuge entwickelt und eingesetzt, um das aktuelle wissenschaftliche Wissen zu kommunizieren und in zukünftige Entscheidungen der Touristiker einfließen zu lassen.

Neben der direkten Arbeit mit Touristikern wurden Informationen für Touristen beispielsweise in Form von Factsheets oder des Magazins ‚Meer und Küste‘ bereitgestellt und verbreitet (vgl. Modul 5).

Fokusthema 2: Tourismus und Strandmanagement

Wahrnehmung von Klimawandeleinflüssen an Küste und Strand

Für mögliche Weichenstellungen im Tourismussektor und im Strandmanagement wurde im Rahmen von RADOST neben der Analyse physikalischer Auswirkungen des Klimawandels auch die Wahrnehmung von küstenrelevanten Veränderungen verschiedener

Akteursgruppen untersucht. Dies sollte Hinweise für die Entwicklung geeigneter Anpassungsstrategien geben. In den Jahren 2010 und 2011 wurden sowohl Strand- und Badetouristen als auch Experten der regionalen Tourismusbranche befragt.

Die Auswertung der Befragung von über 70 Strand- und Badetouristen im Sommer 2010 zeigte deutlich, dass Veränderungen im Küstenbereich, wie Temperatur und Niederschlag, Strandanwurf, die Häufigkeit von Quallen, sowie Aktivitäten und Maßnahmen, die dem Küstenschutz dienen, von Besuchern sehr selektiv und vor allem subjektiv wahrgenommen werden. Dies erschwerte allgemeine Aussagen und Schlussfolgerungen.

Viele Besucher fühlten sich nicht ausreichend informiert, um zu beurteilen, ob die vor Ort wahrgenommenen Erscheinungen und Veränderungen auf den Wandel des globalen Klimas zurückzuführen sind.



1.34 > Befragung von Strandtouristen

Experten der regionalen Tourismusbranche wurden dazu befragt, inwieweit sie durch den Klimawandel bedingte Veränderungen in ihre strategischen Überlegungen einbinden und entsprechende Anpassungsstrategien in ihren Planungen berücksichtigen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Einschätzung zukünftiger Anpassungserfordernisse insbesondere durch die Tatsache erschwert wird, dass die strategischen touristischen Planungshorizonte in der Regel wesentlich kürzer sind als die notwendigen Planungshorizonte für Klimaanpassung.

Obwohl der Klimawandel von den befragten Experten als potenzielle Herausforderung für den Küstentourismus eingeschätzt wurden, waren vorausschauende Ansätze, die regionalen Klimafolgen Beachtung schenken, nur in Ansätzen in der Branche vorhanden. Eine Bereitschaft zur Netzwerkarbeit ist generell vorhanden.

Die ausführlichen Ergebnisse beider Befragungen und die abgeleiteten Handlungsempfehlungen wurden in der Online-Schriftenreihe Coastline WEB publiziert. Sie stehen auf der RADOST-Website zum Download zur Verfügung.



Entwicklung von Anpassungsstrategien

Klimawandelanpassung an der Küste hatte bisher in erster Linie den Küstenschutz zum Ziel, für den Tourismussektor ist der Handlungsspielraum begrenzt. Die Maßnahmen die im Tourismussektor umgesetzt wurden, dienten in erster Linie dem Klimaschutz. Klimawandelanpassung hat bei den Akteuren eher eine geringere Priorität, nicht zuletzt wegen der hohen Ungewissheit.

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, bereits existierende direkte und indirekte Anpassungsstrategien an den Klimawandel zusammenzutragen und zu untersuchen, welche davon als Vorhaben und welche als bereits umgesetzt anzusehen sind. Darüber hinaus sollten gemeinsam mit Akteuren neue Anpassungsstrategien entwickelt und auf ihre Umsetzbarkeit und Akzeptanz geprüft werden.

In den ersten vier Projektjahren wurden verschiedene Anpassungsoptionen, als Basis für die Entwicklung konkreter lokaler Strategien, mit den touristischen Partnern zusammengestellt und diskutiert:

Kurzfristige (akute) Maßnahmen:

- Strandsperrungen (z. B. bei Blaualgenblüte)
- Besucherüberhang innerhalb von Tourismusregionen verteilen
- Individuelle Einzellösungen (z. B. Verteilung von Regenschirmen bei Starkregen)

Mittelfristige Risikovorsorge:

- Bewerbung der Nebensaison mit attraktiven Produkten / Angeboten
- Ausbau der Informationsquellen (z. B. Infoblatt Blaualgen, Mitarbeiterschulungen)
- Sandaufspülungen (z. B. nach Sturmfluten)

Langfristige Strategien:

- Finanzierungskonzepte für Strandschutzmaßnahmen
- Flexiblere und optimierte Ausnutzung von Vor- und Nachsaison
- Sektorübergreifende Kooperationen (z. B. Wissenschaft und Tourismus)



1.35 > Ein Blick in die Zukunft: Praxisakteure diskutieren gemeinsam über mögliche Anpassungsstrategien

Fokusthema 2: Tourismus und Strandmanagement



Ein weiteres Beispiel für eine Anpassungsstrategie ist das angepasste Management im Umgang mit Strandanwurf. Dieses Thema hat für die Touristiker große Bedeutung, da das Reinigen der Strände mit hohen Kosten verbunden ist. Hierzu wurden Experteninterviews zum aktuellen Strandmanagement und zur Bereitschaft zur Anpassung durchgeführt sowie Monitoring der Anspülungen von Strandanwurf.

Die Entwicklung neuer Anpassungsstrategien wurde auch im letzten RADOST-Projektjahr fortgesetzt. In Kooperation mit dem Klimawandelanpassungsprojekt BiKliTour (Tourismusregionen als Modellregionen zur Entwicklung von Anpassungsstrategien im Kontext Biologische Vielfalt, Tourismus und Klimawandel) des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung (IÖR) wurde im April 2013 im Biosphärenreservat Südost-Rügen ein Workshop mit Akteuren aus Tourismus und Naturschutz durchgeführt. Mithilfe von Szenarien zu unterschiedlichen touristischen und klimatischen Entwicklungen wurden mögliche Anpassungsstrategien und -maßnahmen für den Tourismussektor diskutiert.

Für die Mehrzahl der Workshopteilnehmer stand fest, dass sich die touristische Entwicklung von Rügen in Richtung Wellness und Erholung ausrichtet und Familien sowie ältere Gäste die primäre Zielgruppe sein werden, im Gegensatz zu jungen Gästen, die Aktivurlaub suchen. Wenn es also um die Entwicklung von neuen Strategien geht, muss auch die touristische Ausrichtung der Region berücksichtigt werden. Großen Zuspruch fanden Lösungen, die unterschiedliche Bereiche verknüpfen und dabei den Nachhaltigkeitsaspekt und den Gedanken des Naturschutzes in den Fokus rücken, beispielsweise eine touristische Nut-

zung von Flächen, die auch der Landwirtschaft oder der Erzeugung regenerativer Energien dienen. Auch die thematische Verknüpfung der Anpassung an den demographischen Wandel und den Klimawandel spielt bei neuen touristischen Angeboten eine wichtige Rolle.

Ein notwendiger Schritt, um derartige Anpassung zu ermöglichen, ist die vorherige Analyse der Vulnerabilität einer Gemeinde oder Region in Bezug auf den Klimawandel. So können mögliche Klimawandelfolgen und ein entsprechender Anpassungsbedarf einer Region ermittelt werden. Dies wird derzeit für zwei Beispielgemeinden durchgeführt, um Anpassungsbedarf und -möglichkeiten auf lokaler Ebene aufzeigen zu können.

Eine Übersicht von bereits angewandten Anpassungsstrategien und möglichen Strategien wurde in RADOST-Factsheets zusammengefasst. In der RADOST-Sonderreihe des englischsprachigen Magazins Coastal & Marine erscheinen 2014 zwei Ausgaben zu den Themen Strand- und Gewässermanagement sowie Biodiversität und Naturschutz (siehe „Publikationen“ unter Modul 5).

Ausblick

Um geeignete Maßnahmen zur Anpassung im Tourismussektor zu finden, ist eine ortsspezifische Analyse notwendig. Aufbauend auf den noch zu entwickelnden Ergebnissen von Beispielgemeinden sollen im Rahmen eines neuen Projektes mit dem Verband Mecklenburgischer Osteseebäder weitere Regionen einbezogen werden. Die Arbeit mit Tourismusverbänden als Multiplikatoren sorgt für das Weitertragen der Ergebnisse.

Anwendungsprojekt: Anpassung durch (Bewusstseins-)Bildung

Touristische Nachwuchskräfte müssen sich frühzeitig mit dem Thema Klimawandel und dessen Folgen auseinandersetzen, denn sie werden in ihrer beruflichen Laufbahn mit Ereignissen und Problemen konfrontiert werden, die durch den Klimawandel hervorgerufen wurden.

Um diese Zielgruppe anzusprechen, wurde im Rahmen von RADOST ein Planspiel entwickelt, welches Berufsschüler auf spielerische Weise und möglichst praxisbezogen an das Thema Klimawandel heranführt.

Unter der Überschrift „Klima, Küste und Tourismus“ widmeten sich Auszubildende der Beruflichen Schule des Kreises Ostholstein in Malente der nachhaltigen Entwicklung von touristisch genutzten Küstenregionen im Zeichen aktueller und noch bevorstehender Klimaveränderungen. Im Rahmen des Planspiels „Klimamanager“ diskutierten die zukünftigen Kauffrauen und -männer für Tourismus und Freizeit mögliche Anpassungsstrategien für betroffene Küstenregionen. Das Planspiel ist so konzipiert, dass Schüler gruppenweise fiktive Gemeinden durch die kommenden Jahrzehnte führen müssen, in denen sie mit unterschiedlichen, durch den Klimawandel hervorgerufenen Herausforderungen konfrontiert werden. Die Anpassungsmaßnahmen, die sich die Schüler ausdenken, werden von einer Jury, bestehend aus EUCC-D Mitarbeitern und Praxisakteuren bewertet. Die vergebenen Punkte bilden die Grundlage für neue Anpassungsmaßnahmen in der nächsten Runde.

Die Schüler zeigten großes Interesse an dem Themenkomplex und viel Kreativität in der Entwicklung von Anpassungsideen. Zum Beispiel erdachten sie Netze, die die Strände vor Quallen schützen, kostenlose Busse zum Strand, um den Verkehr zu reduzieren, Indooraktivitäten und vieles mehr. Das Planspiel wird in Zukunft weiterentwickelt, sodass es auch in Schulen mit anderer inhaltlicher Ausrichtung und weiteren Altersklassen durchgeführt werden kann. Neben der Veranstaltungsdokumentation wird ein ausführliches Konzept zur Durchführung des Planspiels erstellt, in das auch die Erfahrungen aus der Berufsschule Bad Malente mit einfließen werden.

Um auch andere Berufsgruppen anzusprechen, steht EUCC-D in Kontakt zu Ausbildern im erzieherischen Bereich. Auf einem Kennenlern-Workshop in Kooperation mit dem Klimabündnis Kieler Bucht wurde deutlich, dass ein Bedarf besteht, klimawandelrelevante Themen in die Ausbildung mit aufzunehmen.

Ausgebildete Erzieher stellen wichtige Multiplikatoren dar, die bei der Bewusstseinsbildung von Kindern eine wichtige Rolle spielen können.

Die Weiterbildung von Lehrpersonal wurde im Jahr 2013 ebenfalls fortgesetzt. Unter dem Titel „Wie kommt die Ostsee in die Schule“ bot EUCC-D in Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde im Februar 2013 einen Workshop an. Hierbei wurde den teilnehmenden Lehrkräften die Thematik „Meer und Küste“ mit dem Schwerpunkt Ostsee nähergebracht. Anhand von Vorträgen, praktischen Arbeitsaufträgen, Experimenten und Kartenarbeit wurden die hydrographischen und ozeanographischen Besonderheiten der Ostsee sowie ausgewählte Schwerpunktthemen wie Klimawandel, Eutrophierung und Verschmutzung der Meere vorgestellt und erörtert.



1.36 > Unterrichtstag mit Berufsschülern zum Thema Klimawandel (Januar 2014)

Fokusthema 2: Tourismus und Strandmanagement

Anwendungsprojekt: Qualitätslabel im Strandmanagement

Mit Flaggen und Auszeichnungen werden Qualitätsmerkmale von Destinationen an den Gast kommuniziert. Dies trägt zur Attraktivität von Urlaubszielen und damit zur Entscheidung über die Wahl des Urlaubsortes bei. Ob und wie auch Veränderungen in einer Gemeinde/Region, wie z.B. durch die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen, mithilfe von Indikatorensets dargestellt werden können, wurde wissenschaftlich untersucht.

Neben der Außenwirkung, die ein Label auf Touristen hat, liegt bei dessen Anwendung der Schwerpunkt auf der gemeindeinternen Auseinandersetzung mit dem Thema Nachhaltigkeit. EUCC-D steht auch weiterhin als Ansprechpartner für Gemeinden zur Verfügung.

Unter der Überschrift „Gut geflaggt ist halb gewonnen?“ wurden Flaggen und Auszeichnungen als Qualitätsmerkmale von Urlaubszielen im Rahmen eines Kurdirektorentalks in Kooperation zwischen EUCC-D und dem Bäderverband Mecklenburg-Vorpommern im Sommer 2013 in Graal-Müritz diskutiert.

Im Bereich Strandmanagement spielen Qualitätslabel für den Gast als Signal regelmäßiger Überprüfung/Kontrolluntersuchungen eine große Rolle, wie beispielsweise die Blaue Flagge in puncto Wasserqualität. Neuartige Auszeichnungen setzen auf eine ganzheitliche Bewertung, die nicht nur einen Strand oder ein Hotel auszeichnen, sondern helfen, die Nachhaltigkeit einer ganzen Destination zu bewerten. Ein Beispiel hierfür ist das Label „QualityCoast“, das, in den Niederlanden entwickelt, mittlerweile europaweit Anwendung findet.

Es kann im Sinne eines anwendungsorientierten Planungswerkzeugs genutzt werden, indem einer Gemeinde die Datenaufnahme und anschließende Analyse selbst überlassen werden. So können Probleme erkannt und selbstständig bewältigt werden, etwa durch Änderungen in Managementplänen. Die Indikatoren decken dabei die Bereiche Ökonomie, Ökologie, Soziales sowie Politik ab und berücksichtigen erstmalig auch den Teilaspekt der Anpassung an den Klimawandel.

Der Workshop hat deutlich gezeigt, dass großer Bedarf besteht, die Kommunikation zwischen Akteuren wie Kurverwaltungen und Ämtern zu verbessern, um insbesondere in Notfallsituationen besser handeln zu können. Das angesprochene Indikatorinstrument kann zur Identifikation derartiger Probleme (mangelnde Kommunikation) und möglicher Lösungen dienen. Daher wird dieser Ansatz einer ganzheitlichen Betrachtung über das Projektende hinaus mit dem Kooperationspartner Verband Mecklenburgischer Ostseebäder weiter verfolgt werden.

In dem Anwendungsprojekt wurde ein Indikatorset (basierend auf dem Label QualityCoast sowie den Indikatoren, die im Rahmen des europäischen Interreg-IVC-Projektes SUSTAIN entwickelt wurden) beispielhaft in den Gemeinden Zingst, Kühlunsborn sowie Markgrafenheide angewandt, um mögliche Veränderungen, die durch Anpassungsmaßnahmen hervorgerufen wurden oder geplant sind, abzubilden. Die Ergebnisse werden in der Schriftreihe Coastline Reports unter dem Titel „Adapting to Changes in the Baltic Sea Region“, neben weiteren studentischen Abschlussarbeiten, im Sommer 2014 veröffentlicht.



1.37 > Die „Blaue Flagge“ wird als Auszeichnung verliehen, wenn bestimmte Anforderungen bezüglich des Umweltmanagements und der Umweltkommunikation erfüllt sind

Anwendungsprojekt: Klimabündnis Kieler Bucht

Kontakt:

Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)

Prof. Dr. Horst Sterr: sterr@geographie.uni-kiel.de

Sandra Enderwitz: enderwitz@geographie.uni-kiel.de

www.klimabuendnis-kieler-bucht.de

Ökonomisch gesehen ist der Küstentourismus der Wirtschaft- und Jobmotor Nummer eins entlang der Küste der Kieler Bucht. In Hinblick auf das touristische Potenzial der Region kooperieren Küstenkommunen einerseits als Partner in einer überregionalen touristischen Struktur, andererseits gibt es weit reichende Konkurrenz beim Werben um Gäste auf lokaler Ebene. In jüngerer Zeit gibt es jedoch Ansätze und Bestrebungen zur Entwicklung einer gemeinsamen Interessensabstimmung bzw. einer „Corporate Identity“ im regionalen Tourismus.

Gleichzeit wächst das Bewusstsein, dass Anpassung an den Klimawandel sowohl Notwendigkeit als auch Chance ist. Ziel des Anwendungsprojekts war es, die unterschiedlichen Akteure zu vernetzen und die Herausforderungen durch den Klimawandel gemeinsam anzugehen.



Im Oktober 2009 initiierte das Geographische Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ein lokales Klimanetzwerk mit zunächst zwölf Gemeinden entlang der Kieler Förde, mit dem Ziel, dem Klimawandel gemeinsam zu begegnen. Der Fokus lag und liegt auf Anpassungsmaßnahmen im Tourismus und Küstenschutz. Weitere Gemeinden baten um Zusammenarbeit, so dass sich das Bündnis schnell auf die Küste entlang der Kieler Bucht ausdehnte. In einer Vielzahl von Workshops wurden Kommunalvertreter und weitere Fachleute sensibilisiert für mögliche künftige Auswirkungen des Klimawandels. Besonders am Herzen liegen den Gemeinden Fragen zur Stranderosion und der Zunahme organischen Anwurfs wie Seegrass und Algen entlang des Küstensaumes.

Sowohl inhaltlich als auch in der geographischen Ausdehnung ist das KBKB weiter im Wachstum begriffen und steht dabei im engen Austausch mit RADOST. Ziel ist es, die KBKB-Region zu einer Klimaanpassungs-Modellregion in Norddeutschland zu entwickeln, gemäß dem Motto: „Hemmnisse aus dem Klimawandel in Chancen verwandeln“. So werden aktuell gemeinsam mit der Landeshauptstadt Kiel eine kommunale Anpassungsstrategie entwickelt und in einer Veranstaltungsreihe Konzepte für klimabewusstes Reisen entlang der Kieler Bucht vorgestellt. Um den Klimawandel stärker ins Licht der Öffentlichkeit zu rücken, veranstaltet das Klimabündnis 2014 erstmals die „KLIMALE – küste klima kunst.“, auf der Künstler, Wissenschaftler, Studierende und Unternehmen attraktive Veranstaltungen rund ums Klima für Schüler, Touristen und Küstenbewohner schaffen.

Das Klimabündnis Kieler Bucht (KBKB) umfasst derzeit 20 Partnergemeinden von Kappeln bis Hohwacht sowie eine Vielzahl an Natur- und Verbraucherverbänden, Pädagogen, Tourismusorganisationen sowie Unternehmen und befindet sich weiter im Aufbau. Zahlreiche Berichte und studentische Abschlussarbeiten und Projekte wurden während der Projektlaufzeit verfasst und sind auf der Homepage des KBKB veröffentlicht. Im Mittelpunkt stehen Sensibilisierungsmaßnahmen wie der Klimapavillon (s. nächste Seite).

Den Erfolg des KBKB unterstreicht die Bewilligung einer Anschlussfinanzierung von 2013–2016 durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.



Fokusthema 2: Tourismus und Strandmanagement

Anwendungsprojekt: Klimapavillon Schönberger Strand

Der als RADOST-Anwendungsprojekt initiierte Klimapavillon Schönberg wurde durch das Klimabündnis Kieler Bucht in Kooperation mit der Gemeinde Schönberg und der Universität Kiel in einer dreijährigen Planungs- und Einrichtungsphase umgesetzt (vgl. RADOST-Jahresberichte 1–4). Die Einweihung des Klimapavillons erfolgte im September 2012. Highlight der kleinen Ausstellung ist ein etwa 6 m² großes, an die Küstenlandschaft der Probstei angelehntes Modell, das von der Miniatur Wunderland Hamburg GmbH realisiert wurde. Es veranschaulicht die Auswirkungen eines veränderten Klimas und entsprechende Anpassungsmaßnahmen auf eindrucksvolle, leicht zugängliche Art.



1.38 > Der Klimapavillon

Evaluierung des Klimapavillons im Ostseebad Schönberg

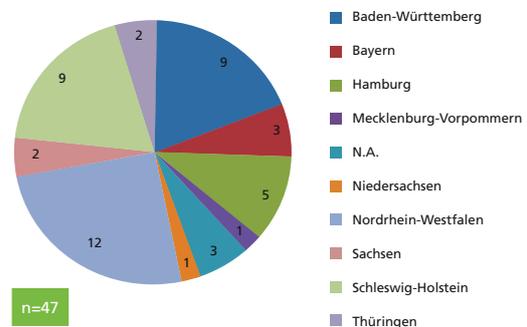
In der Saison 2013 wurde die reguläre Ausstellung durch Kurzvorträge an Einzelterminen im Juli und August ergänzt. Im Rahmen dieser Aktion wurde der Klimapavillon erstmalig anhand von Fragebögen evaluiert.

Die Spanne der Herkunftsbundesländer der Pavillonbesucher ist recht weit. Neben Besuchern aus Nordrhein-Westfalen stellen Touristen aus Baden-Württemberg die größte Gruppe (Abb. 1.39). Durch seinen Standort in dem Ferienort Kalifornien erreicht und sensibilisiert der Pavillon Personen, die in ihrer Heimat in gewissem Maße als Klimabotschafter wirken können. Der überwiegende Teil der Befragten (34 von 47 Personen) hat den Klimapavillon besucht, weil sie zufällig vorbeikamen. Hinzu kamen Personen, die aus der Zeitung, dem Radio oder dem Fernsehen von dem Pavillon erfahren hatten. Hier besteht noch Potenzial, durch verstärkte Medienarbeit die Besucherzahl weiter zu erhöhen.

Optimierung könnten in dieser Hinsicht auch Änderungen an der Außengestaltung bringen, indem beispielsweise Aufsteller und Hinweistafeln rund um den Pavillon zu einem Besuch einladen. Sämtliche inhaltliche Bestandteile haben von den Besuchern Höchstnoten erhalten. An der Spitze liegt das Modell des Miniatur Wunderlands.

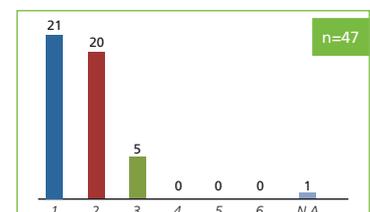
Dass die Besucher den Klimapavillon zu schätzen wissen, zeigt sich insbesondere in der abschließenden Bewertung, die mit einer durchschnittlichen Gesamtnote von 1,5 bewertet wurde (Abb. 1.40). Mit diesem Ergebnis kann das Pilotprojekt des Klimapavillons als Erfolg mit geringem Verbesserungsbedarf bewertet werden.

Aktuell erarbeitet das Klimabündnis mit Studierenden eine Erweiterung des Angebots, wie etwa die Verknüpfung mit einem Audioguide, Klimamottotouren und Vorträgen im Rahmen der 2014 erstmalig stattfindenden Mottotage *KunstKlima*.



1.39 > Aufteilung der Befragten nach Herkunftsbundesländern (N.A. = keine Angabe)

1.40 > Bewertung des Klimapavillons Frage: „Alles zusammen genommen: welche Gesamtnote geben sie dem Klimapavillon?“ (Skala: 1=sehr empfehlenswert, 6=nicht empfehlenswert, N.A.=keine Angabe)





Fokusthema 3: Gewässermanagement und Landwirtschaft

Kontakt:

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)

Dr. habil. Gerald Schernewski:
gerald.schernewski@io-warnemuende.de

Dr. Rene Friedland: rene.friedland@io-warnemuende.de

Die Verbesserung der Qualität von Flüssen, Küstengewässern und der Ostsee sind zentrale Ziele nationaler und internationaler Gesetze und Vereinbarungen. Dies erfordert ein großräumiges, optimiertes Management von Nährstoffen, die durch die Landwirtschaft in die Gewässer eingetragen werden und die Eutrophierung der Ostsee verstärken. Der Klimawandel hat durch Temperatur- und Meeresspiegelanstieg direkte Auswirkungen auf die Gewässer. Durch veränderte Niederschlagsmengen und -verteilungen in den Flusseinzugsgebieten ergeben sich zudem indirekte Konsequenzen speziell in der Landwirtschaft. Die Landwirtschaft ist zudem durch die Globalisierung, die verstärkte Nachfrage nach Biomasse und Nahrungsmittel einem Wandel unterworfen,

der sich zukünftig negativ auf die Nährstoffausträge in der Landschaft auswirken kann.

Im Rahmen des Fokusthema „Gewässermanagement und Landwirtschaft“ wurden regionale Informationen sowie konkrete Empfehlungen für die Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in den Oberflächen- und Küstengewässern vor dem Hintergrund des klimatischen und regionalen Wandels bereitgestellt. Gemeinsam mit den verschiedenen Akteuren wurden Strategien zur Anpassung an den globalen Wandel und zur Optimierung der Stoffmanagements erarbeitet und verschiedene Aspekte in Anwendungsprojekten getestet und umgesetzt.

Angepasste Gewässerqualitätsziele

Zuverlässige und realistische Qualitätsziele in allen Oberflächengewässern sind die Grundvoraussetzung für die Ableitung von Managementmaßnahmen zu deren Erreichung. Im Laufe der Kooperation mit den Praxispartnern wurde deutlich, dass die bestehenden Gewässerqualitätsziele in Küstengewässern und Ostsee vielfach ungeeignet und unzureichend räumlich differenziert sind. Es wurde zudem deutlich,

dass die Konsequenzen des Klimawandels für die Qualitätsziele, vor dem Hintergrund der bestehenden Unsicherheiten, vernachlässigbar sind. Unter Einbeziehung aller Entscheidungsträger wurde deshalb eine vollständige Überarbeitung der Gewässerqualitätsziele vorgenommen. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für die Revision der Oberflächengewässerverordnung.

„BLANO“ - Gemeinsam für den Gewässerschutz

Ende 2012 wurde eine Ad-hoc-Unterarbeitsgruppe „Nährstoffreduktionsziele und Eutrophierung Ostsee“ des Bund-Länderausschusses Nord-Ostsee (BLANO) einberufen. Die Arbeitsgruppe setzt sich aus Vertretern des Umweltbundesamtes (UBA), des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) sowie der Landesämter und Ministerien Schleswig-Holsteins und Mecklenburg-Vorpommerns zusammen. Damit wurde eine Struktur geschaffen, die alle wesentlichen Akteure und Multiplikatoren umfasst und ei-

nen geeigneten Rahmen bildet, um Projektergebnisse zu diskutieren, einer breiten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen und sie in politische Prozesse sowie die Umsetzung europäischer Richtlinien einfließen zu lassen.

Die erfolgreiche Zusammenarbeit mit den Praxispartnern wird in verschiedenen Folgeprojekten fortgesetzt. Zudem sind zu anderen Themenfeldern bilaterale Kooperationen mit Ämtern und Behörden aufgebaut worden.

Konsequenzen des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen für Küstengewässer

Wesentliches Ziel im Rahmen von RADOST war eine systematische Zusammenschau und Visualisierung der Auswirkungen des regionalen Klimawandels, der überlagernden Effekte durch den regionalen sozioökonomischen Wandel sowie der wesentlichen, durch den Klimawandel betroffenen Interaktionen in Küstengewässern und deutscher Ostsee.

Dazu wurden eigene Modellsimulationen und eine systematische Literaturstudie durchgeführt. Die komplexen Zusammenhänge und Anhängigkeiten wurden themenspezifisch analysiert und in einem Buch dokumentiert.⁸ Wichtige Themen werden im Folgenden kurz erläutert.

Einfluss des Klimawandels und andere Einflussgrößen

Die Modellsimulationen (vgl. Modul 2) haben gezeigt, dass es in naher Zukunft (bis 2020) nur geringe bis keine Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässerqualität der Küstengewässer der Ostsee geben wird.⁹ Einen wesentlich größeren Einfluss werden in diesem Zeitraum Landnutzungsänderungen und Veränderungen der Nährstoffeinträge durch politische Reduktionsstrategien wie dem Baltic Sea Action Plan (BSAP) und der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) haben.

Bei der Untersuchung, wie sich die veränderte Landwirtschaftspolitik mit zunehmendem Anbau von Biomasse (Ausweitung der Maisanbauflächen) auswirken wird¹⁰, wurde zum Beispiel deutlich, dass sich eine Ausweitung der Viehhaltung deutlich stärker auf Nährstoffeinträge auswirken würde als die Zunahme des Maisanbaus.



1.41 > Auswirkungen des Klimawandels auf die Ostsee

Anpassungsmaßnahmen zur Nährstoffreduktion und Verbesserung der Wasserqualität können zum einen im Einzugsgebiet realisiert werden (siehe z.B. Anwendungsprojekt „Steuerung von Nährstoffeinträgen durch Retentionsbecken“), aber auch durch sogenannte interne Maßnahmen in den Küstengewässern selbst. Dazu gehört z.B. die Möglichkeit durch Muschelfarmen die Wassertransparenz zu erhöhen (siehe Anwendungsprojekt „Zukunftsstrategien für die Aquakultur“).

Im Detail kann der Klimawandel jedoch erhebliche Auswirkungen haben. Folgende Themenfelder wurden aufgegriffen, bearbeitet und mit Praxisakteuren diskutiert:

- Zunehmende Risiken für die Badegewässerqualität durch Mikroorganismen;
- Auftreten, Transport und räumliche Risikoanalysen bezüglich human-pathogener Vibrionen;
- Möglicherweise vermehrtes Auftreten von Quallen;
- Eine möglicherweise zunehmende Verbreitung und zusätzliche Kosten durch die Schiffsbohnmuschel;
- Auswirkungen des Klimawandels auf Strandanwurf;
- Partizipation bei Küstenschutz-Anpassungsmaßnahmen;
- neue Perspektiven für Muschelfarmen;
- Messung nachhaltiger Küstenentwicklung und von Anpassung an Klimawandel.¹¹

8) Schernewski, G., Hofstede, J. & Neumann, T. (eds.) (2011): Global Change and Baltic Coastal Zones. Springer Dordrecht, The Netherlands. Series: Coastal Systems and Continental Margins, Vol. 1, 296p. Weitere Ergebnisse sind im Buch von Schmidt-Thome & Klein (2013) publiziert.

9) Vgl. u.a. Neumann und Neumann, T. & Friedland, R. (2011): Climate change impacts on the Baltic Sea. In: Schernewski, G., Hofstede, J. & Neumann, T. (eds.) Global Change and Baltic Coastal Zones. Springer Dordrecht, The Netherlands. Series: Coastal Systems and Continental Margins; ISSN: 1384-6434: 23-32.

10) Vgl. Krämer, I., Hürdler, J., Hirschfeld, J., Venrohr, M. & Schernewski, G. (2011): Nutrient fluxes from land to sea: consequences of future scenarios on the Oder river basin – lagoon – coastal sea system. International Review of Hydrobiology 96, 5, 520-540.

11) Zu jedem dieser Punkte wurden Publikationen im Rahmen von RADOST erstellt; vgl. Modul 5: Publikationen.

Simulations- und Managementsystem für Badegewässerqualität

Ein Beispiel für eine Anpassung stellt das Simulations- und Managementsystem für Badegewässerqualität dar. Während sich erhöhte Luft- und Wassertemperaturen kaum auf die Badegewässerqualität auswirken, bildet eine mögliche Zunahme von Überschwemmungen und Flusshochwässern ein erhebliches Risiko. Insbesondere an Flussmündungen können dadurch human-pathogene Keime weit in die Küstengewässer eingetragen werden und die Badewasserqualität gefährden.

Im Rahmen des EU-Projektes GENESIS wurde ein erstes Simulationssystem für Badewasserqualität erarbeitet. Auf diese Arbeiten wurde in RADOST aufgebaut und das System getestet und weiterentwickelt.¹² Mittlerweile steht ein internet-basiertes System zur Verfügung, welches es Behörden ermöglicht, räumlich differenziert Risiken für die Gewässerqualität als Folge von Unfällen oder extremen Witterungsverhältnissen zu simulieren. Dieses System ermöglicht es, gezielt Badeurlauber zu informieren und die Notwendigkeit und Dauer von Strandschließungen abzuschätzen (Abb. 1.42).

Anwendung der Ergebnisse

Die durch RADOST generierten Ergebnisse werden auf unterschiedliche Art genutzt. Die Ergebnisse zur Auftretens-Wahrscheinlichkeit von Quallen in einem zukünftigen Klima haben zur Entwicklung von Flyern geführt, die über Tourismusbüros an Touristen verteilt werden und durch Umweltbildung die Akzeptanz der in der Ostsee harmlosen Tiere erhöhen sollen. Im Falle der Muschelfarmen ist ein konkretes Projekt beantragt, welches die Umsetzung sowie die juristischen und sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen hierfür ergänzend prüfen soll. Für das Badewasser-Simulationssystem konnte aufgrund der Vorarbeiten ein konkretes nutzbares Planungs-Produkt entwickelt werden. In einigen Fällen wurde weiterer Forschungsbedarf erkennbar, bevor eine Nutzung erfolgen kann.



1.42 > Die Internet-Oberfläche des Badewasser-Simulationssystems für das Stettiner Haff¹⁴

12) Vgl. Schippmann, B.; Schernewski, G. & Grawe, U. (2013): Escherichia coli pollution in a Baltic Sea lagoon: A model-based source and spatial risk assessment. International Journal of Hygiene and Environmental Health 216,4: 408-420. und Schippmann, B., G. Schernewski, U. Graewe, H. Burchard, T. Walczykiewicz (2013): A model tool for bathing water quality management: A case study on Salmonella occurrence at the southern Baltic coast. Ocean & Coastal Management 82: 71-84, DOI 10.1016/j.ocecoaman.2013.05.006.

13) Aus: Schernewski, G., B. Schippmann, T. Walczykiewicz (accepted): Coastal bathing water quality and climate change – a new information and simulation system for new challenges. Ocean & Coastal Management.

14) Ebd.

Referenzwerte und guter Zustand der Gewässer in Gegenwart und Zukunft

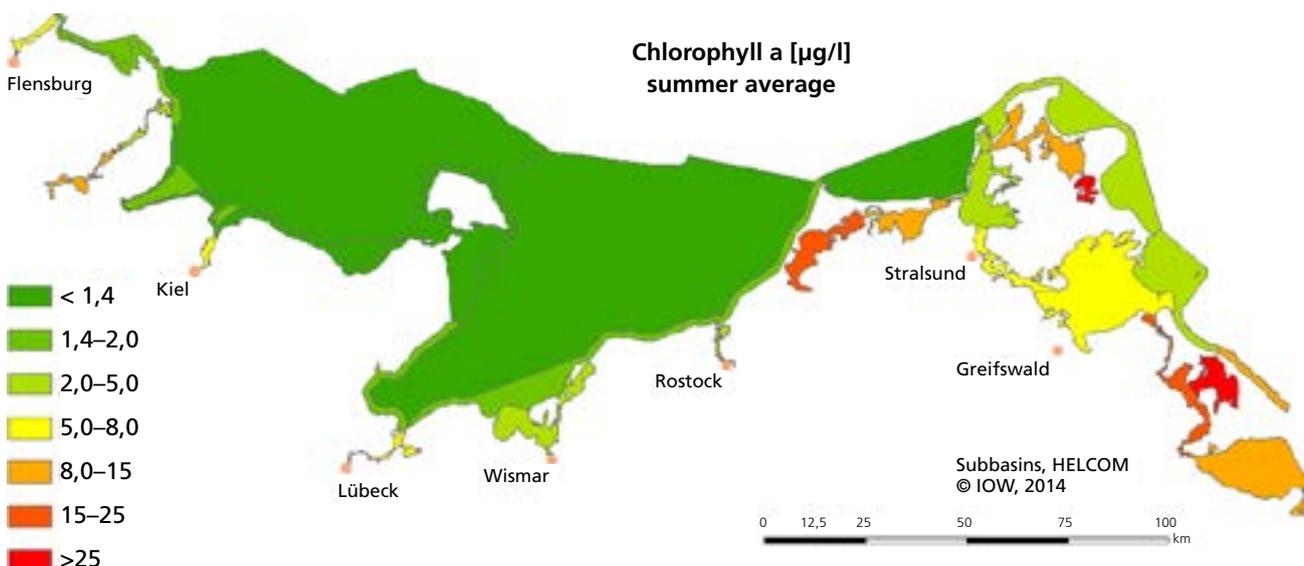
Ein „guter Zustand“ von Gewässern, wie in der EG-Wasserrahmenrichtlinie beschrieben, ist an die Definition von Referenzbedingungen geknüpft. Die Referenzwerte als auch der gute Zustand in Flüssen, Küstengewässern und der Ostsee wurden Anfang der 2000er Jahre unabhängig voneinander erstellt und waren teilweise unrealistisch bzw. widersprüchlich.

Keine der Analysen bezog die durch den Klimawandel veränderten Rahmenbedingungen mit ein. Unter Nutzung eines integrierten Modellansatzes sollten diese Probleme gelöst werden, Referenzwerte überarbeitet und realistische Zielzustände für eine gute Gewässerqualität in Flüssen, Küstengewässern und Ostsee erarbeitet werden.

Im Rahmen von RADOST wurden zwei Simulationen mit dem ostseeweiten Ökosystemmodell ERGOM-MOM¹⁵ durchgeführt, um die relative Änderung zwischen der historischen und der heutigen Situation zu berechnen. Aus den räumlich differenzierten Referenzwerten wurde durch einen Aufschlag von 50 % der Zielwert abgeleitet.¹⁶

Als ein Referenzwert wurde Chlorophyll-a (Chl-a) betrachtet. Seine Konzentration bildet die Biomasse von Phytoplankton¹⁷ ab und wird deshalb als ein wichtiger Indikator für die Gewässerqualität angesehen. Ausgehend von dem berechneten Zielwert für die mittlere Chlorophyll-Konzentration

wurde mit einem vereinfachten Ansatz die maximal zulässige deutsche Stickstofffracht in die Ostsee berechnet, die es ermöglicht den Zielwert und somit den guten ökologische Zustand zu erreichen. Die Ergebnisse wurden im Jahresbericht 2014 ausführlich dargelegt. Abbildung 1.43 zeigt exemplarisch die neuen Zielwerte für die sommerlichen Chlorophyll-a-Konzentration in den Küstengewässern der deutschen Ostsee. Die Werte befinden sich aktuell in der länderübergreifenden Abstimmung und sollen Bestandteil der Oberflächengewässer-Verordnungen werden. Der Klimawandel spielte bei der Neuberechnung allerdings, anders als zunächst erwartet, nur eine untergeordnete Rolle.



1.43 > Zielwerte für die sommerlichen Chlorophyll-a-Konzentration für die Küstengewässer der deutschen Ostsee¹⁸

15) Die in RADOST verwendeten Modelle und ihre Funktion werden in Modul 2 beschrieben.

16) Eine genaue Darstellung der Methodik findet sich in Schernewski, G.; Friedland, R.; Carstens, M.; Hirt, U.; Leujak, W.; Nausch, G.; Neumann, T.; Petenati, T.; Sagert, S.; Wasmund, N. & von Weber, M. (submitted): Implementation of European marine policy: New water quality targets for German Baltic waters. Marine Policy.

17) Phytoplankton – pflanzliche im Wasser treibende, nicht zum Schwimmen gegen die Strömung fähige Lebewesen, z.B. viele Algenarten.

18) Friedland et al. (unveröffentlicht).

Fokusthema 3: Gewässermanagement und Landwirtschaft

Aus Sicht der Praxisakteure sowie Landes- und Bundesämter sind die maximal erlaubten Frachten an Stickstoff von zentraler Bedeutung, da ihre Erreichung wesentlich nur durch Nährstoffeintrags-Reduktionsmaßnahmen in den Einzugsgebieten möglich ist. Das erfordert eine Anpassung landwirtschaftlicher Praxis und Politik und ist mit erheblichen Kosten verbunden. Tabelle 4 zeigt die aktuellen maximal erlaubten Stickstoff-Frachten bei Berücksichtigung verschiedener Annahmen zur atmosphärischen Deposition.¹⁹

Die Ergebnisse sind auf die Landes- und Bundesämter als Nutzer zugeschnitten, werden Eingang in Verordnungen finden und für die Umsetzung europäischer Umweltpolitik genutzt, wie Ostseeaktionsplan (BSAP), Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL).



Tabelle 4: Maximal erlaubten Stickstoff-Frachten bei Berücksichtigung verschiedener Annahmen zur atmosphärischen Deposition

	Stickstofffracht [t TN/a]			Konz. in Flüssen [mg TN/l]	Phosphorfracht [t TP/a]	berechnete Chlorophyll-Konz. [mg/m ³]
	gesamt	atmosphärischer Eintrag	flussgebunden			
Referenzsituation 1880	9,027	3,900	5,127	1,2	227	2,4
Mittelwert 1997–2003 (PLC 5.5)	32,697	13,007	19,690	4,7	526	4,5
Reduktion nur der wassergebundenen Einträge	21,477	13,007	8,470	2	526	3,6
Reduktion entsprechend Göteborg-Protokoll (20 %)	21,477	10,406	11,072	2,6	526	3,6
Reduktion gleichmäßig um 34 %	21,477	8,544	12,934	3,1	526	3,6
Reduktion atmosphärische Deposition um 50 %	21,477	6,504	14,974	3,6	526	3,6

Um den Chlorophyll-Zielwert aus der WRRL zu erreichen, ist eine Reduktion der deutschen Nährstofffrachten um 34 % notwendig. Dabei gibt es verschiedene Optionen, wie die Reduktion zwischen flussgebundener und atmosphärischer Deposition aufgeteilt werden kann, entsprechend der Reduktion der Flussfrachten ändert sich die maximal erlaubte Konzentration (bei einem Abfluss von 121,8 m³/s).

¹⁹ Schernewski, G.; Friedland, R.; Carstens, M.; Hirt, U.; Leujak, W.; Nausch, G.; Neumann, T.; Petenati, T.; Sagert, S.; Wasmund, N. & von Weber, M. (submitted): Implementation of European marine policy: New water quality targets for German Baltic waters. Marine Policy.

Anpassungsempfehlungen bezüglich Nährstoffmanagement im Einzugsgebiet

Kontakt:

Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin (IGB)

Dr. Markus Venohr: m.venohr@igb-berlin.de

Judith Mahnkopf: j.mahnkopf@igb-berlin.de

Die insbesondere in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts intensiv ausgeweitete Entwässerung (Dränagen) und die verstärkte Düngung von landwirtschaftlich genutzten Flächen führte zu starken Erhöhungen der Stickstoffeinträge in die Binnen- und Küstengewässer der Ostsee. Verschiedene Faktoren könnten auch in der Zukunft zu erhöhten Nährstoffeinträgen führen. Neben der Veränderung des regionalen Klimas

sind hier die zu erwartenden Veränderungen der landwirtschaftlichen Produktion zu nennen.

Gleichzeitig hat sich Deutschland zu Reduktionszielen für die Nährstoffeinträge verpflichtet, um die Gewässerqualität der Ostsee zu sichern. Im Rahmen von RADOST wurde untersucht, wie diese Reduktionsziele erreicht werden können.

Ausgehend von den Reduktionszielen des Baltic Sea Action Plan (BSAP, 2007)²⁰ und der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) wurde der Reduktionsbedarf der Frachten in die Ostsee für die Bundesländer Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern ermittelt. Auf Basis des Reduktionsbedarfs für die Frachten wurde die nötige Reduktion der Einträge und (anteilig) der Stickstoff-Bilanzüberschüsse ermittelt.

Die Einträge eines Analysegebietes unterliegen während des Transports bis zur Küste immer einer Retention. Die gesamte Retention vom Ort des Eintrags bis zur Küste wird akkumulative Retention genannt. Diese wurde für jedes Analysegebiet individuell ermittelt. Unter Berücksichtigung der akkumulativen Retention kann der Anteil der Einträge aus einem Analysegebiet an den Frachten am Übergabepunkt zur Küste (Mündungsfracht) berechnet werden. Der Anteil eines Analysegebietes an der Mündungsfracht wird somit durch die Höhe der Einträge, das Wasserdargebot und der akkumulativen Retention bestimmt.

Zur Ermittlung der Analysegebiete mit einem überdurchschnittlich hohen Anteil an der Mündungsfracht wurde die Nährstoffkonzentration in den Nebengewässern eines Analysegebietes zu Grunde gelegt. Die Zielwertkonzentration beschreibt die Konzentration in den Nebengewässern, die nicht überschritten werden dürfen, um unter Berücksichtigung der akkumulativen Retention und des Transports in einem Flusssystem das Reduktionsziel der Mündungsfracht zu erreichen.

Insgesamt wurde für sechs verschiedene Datensätze eine solche Zielwertanalyse und daraus resultierend der Reduktionsbedarf berechnet. Tabelle 5 gibt für die Datensätze die wichtigsten Eingangsparameter wieder. Datensatz 3.a beinhaltet die Umsetzung der Düngemittelverordnung als grundlegende Maßnahme zur Reduzierung der Stickstoffüberschüsse. Durch diese Maßnahme wird eine Reduktion der Stickstoffüberschüsse sowohl in MV als auch in SH im Vergleich zu Datensatz 3.b (ohne Umsetzung der DÜV) erreicht.

Tabelle 5: Eingangsdaten zur Zielwertanalyse / Reduktionsbedarf

Datensatz	Einträge	Stickstoffüberschüsse	Hydrologie (Niederschlag und Abfluss)
1	1997–2003	1997–2003	1997–2003
2	2007	2007	1983–2005
3.a	2021	2021 mit DÜV	Klimaszenario A1B (Mittel der Jahre 2011–2020)
3.b	2021	2021 ohne DÜV	Klimaszenario A1B (Mittel der Jahre 2011–2020)
4	2021	2021 mit DÜV	Klimaszenario B1 (Mittel der Jahre 2011–2020)
5	2100	2100 mit DÜV	Klimaszenario A1B (Mittel der Jahre 2091–2100)
6	2100	2100 mit DÜV	Klimaszenario B1 (Mittel der Jahre 2091–2100)

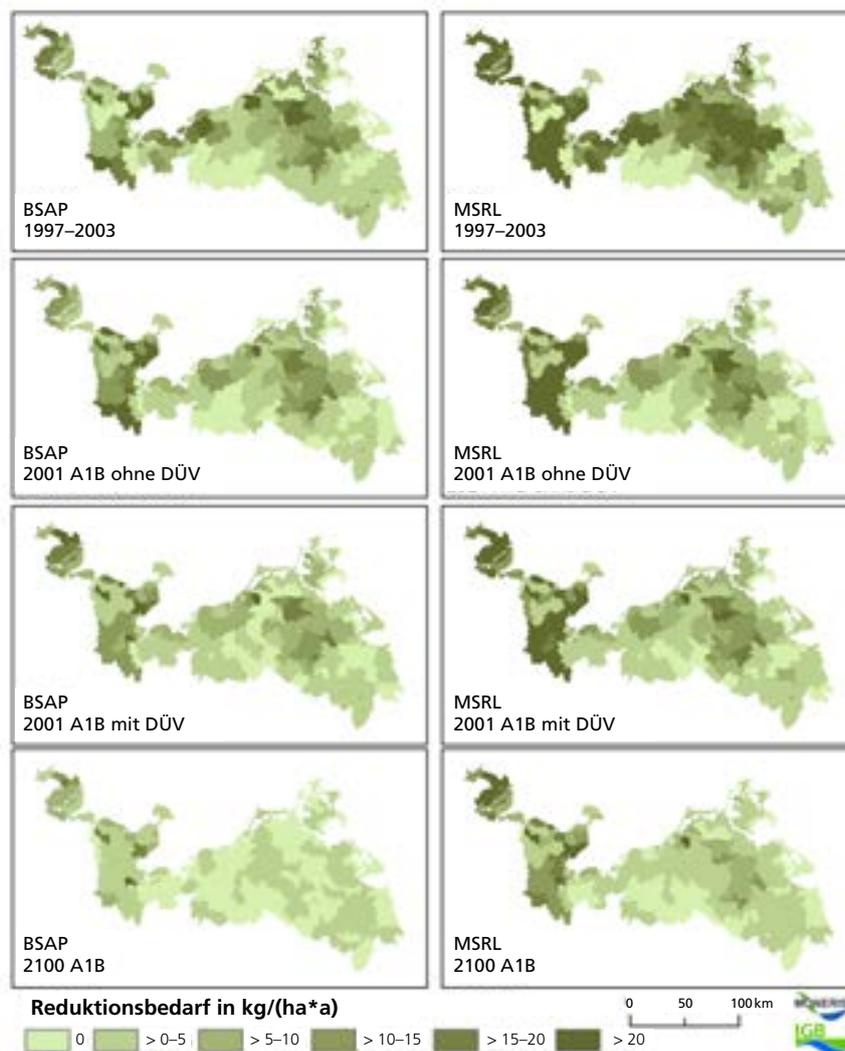
Fokusthema 3: Gewässermanagement und Landwirtschaft

Tabelle 6: Spezifischer Reduktionsbedarf (gerundet in kg/(ha*a)) für die Ziele nach BSAP und MSRL für die gesamten deutschen Ostsee-einzugsgebiete und die beiden Bundesländer einzeln (die Nummerierung der Datensätze entspricht denen in Tabelle 5, DOG = deutsche Ostsee-einzugsgebiete)

Datensatz	BSAP							MSRL						
	1	2	3.a	3.b	4	5	6	1	2	3.a	3.b	4	5	6
DOG	7	13	5	6	2	1	1	13	16	7	9	7	4	4
MV	6	15	3	4	0	0	0	10	15	4	5	4	2	2
SH	11	7	10	13	6	4	3	24	17	17	21	16	11	13

Tabelle 6 zeigt für alle deutschen Ostsee-einzugsgebiete (DOG) und unterschieden nach Bundesland (MV und SH) den spezifischen Reduktionsbedarf für die sechs berechneten Datensätze, nach Vorgaben des BSAP und der MSRL.

Abbildung 1.44 zeigt hierzu die räumliche Verteilung auf Analysegebietsebene für die kompletten deutschen Ostsee-einzugsgebiete. Dabei sind die Datensätze 1, 3.b und 3.a sowie 5 jeweils nach Vorgaben des BSAP und der MSRL dargestellt.



1.44 > Räumliche Verteilung des Reduktionsbedarfs nach BSAP und MSRL für die Datensätze 1, 3b und 3a sowie 5 (Modellergebnisse MONERIS)

Anwendungsprojekt: Steuerung von Nährstoffeinträgen durch Retentionsbecken

Kontakt:

Leibniz-Institut für Agrarlandschaftsforschung e. V.

Dr.-Ing. Jörg Steidl: jsteidl@zalf.de

Dr. rer. nat. Thomas Kalettka: tkalettka@zalf.de

Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin (IGB)

Dr. Markus Venohr: m.venohr@igb-berlin.de

Judith Mahnkopf: j.mahnkopf@igb-berlin.de

Die Entwicklung der Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft hat einen erheblichen Einfluss auf die Gewässerqualität der Ostsee und der Oberflächengewässer im Ostseeinzugsgebiet. Einen Großteil des Nährstoffeintrags verursachen unterirdische Dränagesysteme (künstliche Einrichtungen zur gezielten Entwässerung), die auf den grundwassernahen Acker- und Grünlandstandorten besonders häufig zum Einsatz kommen.

Mögliche Anpassungsmaßnahmen müssen sich deshalb auf diesen Eintragspfad konzentrieren.

Im Rahmen eines RADOST-Anwendungsprojekts wurde im Jahr 2010 ein Dränsystem unter Ackerflächen ausgewählt, um dort ein Retentionsbecken für Mecklenburg-Vorpommern zu installieren und dessen Wirksamkeit zu untersuchen.

Anfang des Jahres 2010 wurde ein Dränsystem unter Ackerflächen in Mecklenburg-Vorpommern ausgewählt, um dort einen Drän-teich als RADOST-Anwendungsprojekt zu installieren. Ein Drän-teich ist ein Retentionsbecken, das zwischen einer Dränanlage und dem Gewässer, das dieser Anlage als Vorflut dient, möglichst landschaftsadäquat angeordnet wird. Das Wasser aus dem Dränabfluss soll mit einer möglichst langen Verweildauer im Teich zurückgehalten werden, um Prozesse der Sedimentation, der Nährstoffakkumulation in der Biomasse sowie der biogeochemischen Stoffumsetzungen für die Nährstoffaufnahme bzw. die Nährstoffentnahme aus den Dränwässern nutzen und fördern zu können.

Die Einrichtung des Retentionsbeckens wurde mit dem Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg Vorpommerns (LUNG), Abteilung Wasser und dem Wasser- und dem Bodenverband Warnow-Beke, dem Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei und dem Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V. (ZALF) vorbereitet. Die Organisation dieser Vorbereitung sowie die Planung selbst oblag dem Ingenieurbüro LAWA Güstrow. Die Umsetzung erfolgte mit Fördermitteln des Landes Mecklenburg-Vorpommern und des RADOST-Projektes bis zum Sommer 2013.

Das Dränsystem wurde Ende der 1980er Jahre installiert. Das Retentionsbecken wurde mit einer Wiederoffenlegung und Erweiterung eines Teils des im Dränsystem unterirdisch verlegten Baches ermöglicht. Dieser Bach entwässert inzwischen als Rohrleitung eine 92 ha große Dränfläche und hat ein Einzugsgebiet von etwa 130 ha.

Neben dem Bau des Retentionsbeckens ging es ebenfalls um die Installation eines Messsystems, das Untersuchungen zur Entwicklung und zur Wirksamkeit des Retentionsbeckens ermöglichen sollte. Im Juli 2013 wurden die Untersuchungen begonnen. Dabei werden Messungen durchgeführt, die eine Analyse der ankommenden und abgehenden Nährstofffrachten ermöglichen sollen. Aber auch ausgewählte teichinterne Prozesse werden beobachtet, um diese hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Nährstoffhaushalt des Teiches bewerten zu können. Daraus lassen sich später auch Empfehlungen für die Bewirtschaftung des Teiches ableiten.

Am Retentionsbecken werden noch bis 2015 insgesamt 19 physikalische Größen, wie z.B. Wasserstand, Temperatur und Niederschlag erfasst und in einem Messcontainer vor Ort automatisch registriert. Die ermittelten Durchflüsse am Teichzulauf und Teichablauf werden zur Steuerung von zwei automatischen Wasserprobensammlern genutzt, die jeweils tägliche Mischproben aus dem Drän- und Teichabfluss herstellen. Im Folgenden werden einige vorläufige Analyseergebnisse vorgestellt:

Stickstoff

Es ist bereits eine enge Korrelation zwischen Stickstoffkonzentration und Abfluss erkennbar. Durch die geringen Dränabflüsse waren lange Aufenthaltszeiten des Dränwassers im Teich möglich, wobei mit den Wassertemperaturen von deutlich über 15°C gute Bedingungen für die Entwicklung der Teichvegetation und damit für den Stickstoffverbrauch durch die Pflanzen und die Denitrifikation sowie für die Sedimentation stickstoffhaltiger Schwebstoffe gegeben waren.

Fokusthema 3: Gewässermanagement und Landwirtschaft

Phosphor

Die Phosphorkonzentrationen im Teichabfluss lagen ebenso wie die des Stickstoffs unter denen im Dränabfluss, was ebenfalls mit der Aufnahme des Phosphors durch die Teichpflanzen und der Sedimentation phosphorhaltiger Schwebstoffe im Teich erklärt werden kann.

Abfiltrierbare Stoffe

Wie zu erwarten, trat nach Fertigstellung des Retentionsbeckens eine Trübung des Wassers durch suspendierte Partikel auf. Der daran gebundene Phosphor rief eine Algenblüte hervor. Diese als abfiltrierbare Stoffe gemessene Trübung ging schnell zurück. Zwischenzeitlich zeigten sich mittlere bis starke Erhöhungen der Konzentration von abfiltrierbaren Stoffen und Phosphor im Zu- und Ablauf des Teiches. Diese gingen mit einer Erhöhung der Durchflüsse einher. Überwiegend waren jedoch die Konzentrationen im Abfluss des Teiches geringer als im Zufluss.



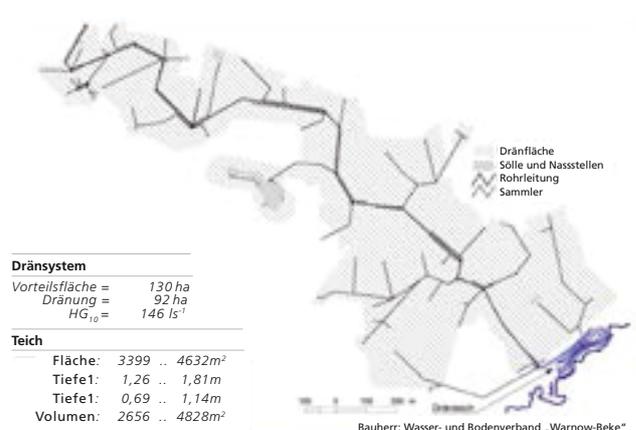
1.45 > Entwicklung der gepflanzten aquatischen Vegetation

Makrophyten-Vegetation²¹

Zu den zwei Terminen der Kartierung der Makrophyten im August und November 2013 wurden 16 Arten erfasst. Die Anzahl der erfassten Arten war zu beiden Terminen fast identisch. Bis zur Kartierung des Ausgangsstatus im August hatte sich die gepflanzte aquatische Makrophyten-Vegetation im vorderen, tieferen Teil des Retentionsbeckens bereits sehr gut entwickelt (Abb. 1.45). Das Einsetzen von Schilf aus einem Torfstich zur Etablierung einer Schilfzone im hinteren, flacheren Teil des Retentionsbeckens war dagegen nicht erfolgreich. Bis zum zweiten Kartierungstermin im November entwickelten sich bereits deutliche flächenhafte Bestände. Hierbei stieg der gesamte Deckungsgrad der Makrophyten von 4,16 % auf 26,59 %.



1.46 > Blick auf das Retentionsbecken Jürgenshagen. Im Vordergrund ist eine von mehreren Pfahlreihen zu erkennen, die zur Verlängerung der Aufenthaltsdauer des Dränwassers dienen.



1.47 > Schematischer Lageplan der Dränanlage mit verrohrtem Gewässer und dem Retentionsbecken Jürgenshagen²²

²¹ Makrophyten: mit bloßem Auge sichtbare Wasserpflanzen.

²² Steidl, J.; Kalettka, Th.; Ehler, V.; Augustin, J.; Zander, P. & Saltzmann, J. E. (2013): Zur Wirkung und Effizienz von Dränenteichen auf die Reduktion von Nährstoffeinträgen aus landwirtschaftlichen Dränanlagen in Gewässern an Beispielen aus Brandenburg und Vorstellung des Retentionsbeckens Jürgenshagen. Vortrag: 18. Gewässersymposium Landwirtschaft und Gewässerschutz. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern. Güstrow.

Anwendungsprojekt: Steuerung von Nährstoffeinträgen durch Kontrollierte Dränung

Kontakt:

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der
Universität Rostock, Professur für Bodenphysik und
Ressourcenschutz

Prof. Dr. Bernd Lennartz: bernd.lennartz@uni-rostock.de
Dr. agr. Petra Kahle: petra.kahle@uni-rostock.de

Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnen-
fischerei, Berlin (IGB)

Dr. Markus Venohr: m.venohr@igb-berlin.de
Judith Mahnkopf: j.mahnkopf@igb-berlin.de

Die aktive Regulierung des Durchflusses an Dränausläufen wird als „Kontrollierte Dränung“ („Controlled Drainage“) bezeichnet. Die Durchfluss- und damit Wasserstandsregulierung zielt darauf ab, Wasser in der Fläche zu halten, um bei längeren Trockenperioden dem Pflanzenbestand ausreichend Wasser darzubieten.

Darüber hinaus wird mit der Reduktion des freien Auslaufes des Dränwassers versucht, höhere Bodenwassergerhalte unterhalb des Wurzelbereiches einzustellen, um reduktive Verhältnisse im Boden zu erzeugen und dadurch letztlich den Nitratabbau zu elementarem Stickstoff zu befördern.²³

In dem zweiten von RADOST kofinanzierten Pilotprojekt beschäftigte sich seit 2010 ein Team der Universität Rostock mit einem „Controlled Drainage System“, das durch Wasserstandsregulierung nur in Zeiten der Befahrung des Ackers eine Entwässerung zulässt und somit einen effektiven Rückhalt von Nährstoffen ermöglicht.

In Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) Mecklenburg-Vorpommern und einem mittelständischen Betrieb (Fränkische Rohrwerke) wurden Systeme zur kontrollierten Dränung untersucht, die stau-nasse Ackerflächen nur noch soweit entwässern, wie es für die Pflanzen oder die Befahrbarkeit der Flächen im Frühjahr und Herbst notwendig ist.

In Trockenperioden kann die reduzierte Entwässerung dem Pflanzenwachstum zugute kommen. Gegenüber herkömmli-

chen Dränanlagen könnten damit auch die Nährstoffausträge reduziert werden. Durch Daten eines automatischen Probenehmers soll die Reduktion der Nährstoffe quantifiziert werden.

Für das Demonstrationsvorhaben wurden am Standort Dummerstorf (Mecklenburg-Vorpommern) zwei annähernd gleich große Teileinzugsflächen (4,15 ha bzw. 4,67 ha) eines Acker-schlages mit vergleichbaren Bedingungen hinsichtlich Meteorologie, Boden und Dränung sowie Bewirtschaftung ausgewählt. Am Dränauslass der controlled drainage Fläche wurde die Regulierungseinheit installiert, während der Dränabfluss der uncontrolled drainage Fläche im Freigefälle abfloss.²⁴

Die Ergebnisse dieser Testmaßnahmen bilden die Basis für weitergehende Analysen zum großräumigen Nährstoffrückhalt sowie Kosten- und Nutzenrechnungen und auch Modellierungen dieser Maßnahmen.



1.48 > Kontrollierte Dränung zum Rückhalt von Wasser und Nährstoffen auf landwirtschaftlichen Flächen. (Quelle: Inga Krämer (IOW))



1.49 > Regelungseinheit Typ „Rostock“ vor dem Einbau

22) Vgl. DWA-Themenheft (2012): Reduktion der Stoffeinträge durch Maßnahmen im Drän- und Gewässersystem sowie durch Feuchtgebiete. Hennef.

24) Vgl. Kahle, P.; Bothe, A. & Lennartz, B. (2012): Controlled Drainage zur Minderung des Nährstoffaustrages aus dränierten landwirtschaftlich genutzten Flächen. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 31.12, 343–344.

Implikationen des Klimawandels für die ökonomischen Analysen unter der Wasserrahmenrichtlinie

Kontakt:

Ecologic Institut, Berlin

Jenny Tröltzsch: jenny.troeltzsch@ecologic.eu

Ulf Stein: ulf.stein@ecologic.eu

Ein Ziel von RADOST war die Entwicklung konkreter Empfehlungen für die Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) vor dem Hintergrund des klimatischen und sozioökonomischen Wandels. Für die Auswahl geeigneter, kosteneffizienter Maßnahmen bieten ökonomische Analysen eine wesentliche Unterstützung. Sie richten sich jedoch derzeit hauptsächlich

auf Maßnahmenentscheidungen mit Blick auf die Gegenwart, die sich in Zukunft als wenig wirksam und zudem kosteneffektiv erweisen könnten.

Eine im Rahmen von RADOST erstellte Studie analysierte, wie die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels in die ökonomischen Analysen integriert werden können.

Mögliche Maßnahmen unter Berücksichtigung des Klimawandels

No-regret / Low-regret-Maßnahmen –

Anpassungsmaßnahmen, bei denen bereits unter heutigen klimatischen Bedingungen der erwartete Nutzen der Maßnahme die anfallenden Kosten (no-regret) übersteigt oder nahezu ausgleicht (low-regret).

Robuste Maßnahmen –

Anpassungsmaßnahmen, die gegenüber einer Bandbreite zukünftig möglicher klimatischer Veränderungen am wenigsten anfällig und möglichst effektiv sind.

Win-win-Maßnahmen –

Anpassungsmaßnahmen, die zu Synergieeffekten mit anderen Zielen führen, z. B. mit Zielen der Wasserrahmenrichtlinie, und dadurch kosteneffizienter sind, da sie weitere Nutzenaspekte mit sich bringen.

Flexible Maßnahmen –

Anpassungsmaßnahmen, die ein adaptives Reagieren auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse zum Klimawandel erlauben und im Gegensatz zu weniger flexiblen oder irreversiblen Anpassungslösungen (z.B. Deichbau) bei geringeren Kosten verändert werden können.

Der vom Menschen verursachte Klimawandel wird die Gewässerumwelt deutlich verändern. Ob und in welcher Weise der Klimawandel in ökonomische Analysen integriert wird, wurde anhand von 18 deutschen und europäischen Bewirtschaftungsplänen untersucht.

Aus der Fallstudienanalyse geht hervor, dass in sämtlichen Flussgebietseinheiten Klimawandel-Auswirkungen prognostiziert werden, diese jedoch nur in etwa der Hälfte der untersuchten Fälle über Klima-Checks indirekt in die ökonomischen Analysen einbezogen werden. Durch diese Checks sollen Maßnahmen identifiziert werden, die möglichst robust und kosteneffektiv sind.

Folgende Empfehlungen an die umsetzenden Akteure kommen in Betracht:

1. die flächendeckend verpflichtende Durchführung der Klima-Checks in allen Flussgebietseinheiten inklusive stärkerer Integration der Ergebnisse in die ökonomischen Abwägungen,
2. die Verbesserung der Informationslage und Modellaussagen zum Klimawandel inklusive Anwendung partizipativer Szenarienentwicklung,
3. die Berücksichtigung der politischen Wahrnehmung und Priorisierung des Themas Klimawandel in Verbindung mit Aufklärung und Information.

Der vollständige Bericht wurde im Rahmen der RADOST-Berichtsreihe (Nr. 17) veröffentlicht und den zuständigen Behörden vorgestellt.

Anwendungsprojekt: Qualitätskomponenten zur Wasserrahmenrichtlinie: Bestandsunterstützung Seegras und Blasentang

Kontakt:

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und
ländliche Räume

Dr. Ivo Bobsien: ivo.bobsien@lur.landsh.de

Das Vorkommen und die Verbreitung von Seegras (*Zostera marina*) und Blasentang (*Fucus vesiculosus*) in der Ostsee sind wichtige Qualitätskomponenten für die Bewertung der Küstengewässer nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Im Rahmen von RADOST wurden die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf diese Makrophyten untersucht. Die Folgen der Eutrophierung werden durch den Klimawandel verstärkt und beeinträchtigen weiterhin die Makrophyten. Da trotz abnehmender Nährstoffbelastungen die Blasentangbestände²⁵ an der

deutschen Ostseeküste weiter abgenommen haben, sind bestandsunterstützende Maßnahmen notwendig. Steinfelder bilden die Basis für erfolgreiche Wiederbesiedlungen und eine natürliche Ausbreitung.

Ansiedlungen von Blasentangkeimlingen könnten die noch bestehenden Bestände stärken. Dabei müssen vielfältige Standortfaktoren beachtet werden. Reduzierungen der Nährstoffbelastungen könnten die Lebensbedingungen für Makrophyten langfristig verbessern.

Bestandsituation, Bestandsstützung und Wiederansiedlung des Blasentang

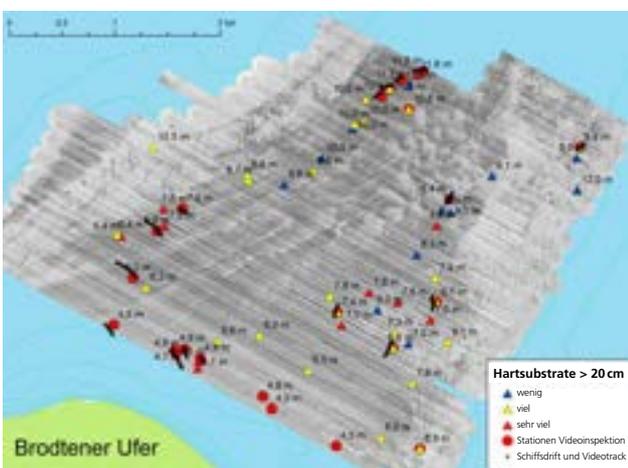
Der Schwerpunkt der Untersuchungen wurde auf das RADOST-Fokusgebiet Lübecker Bucht ausgerichtet. Historische Nachweise aus der Lübecker Bucht existieren insbesondere vom Steinriff vor dem Brodtener Steilufer. Hier kam der Blasentang in den 50er Jahren noch bis etwa 10m Wassertiefe vor (vgl. 2. RADOST-Jahresbericht). Im Zuge der Steinfischerei wurden jedoch große Mengen Hartsubstrate aus der Lübecker Bucht entnommen. Deshalb war nicht bekannt, ob hier noch immer ausreichende Dichten geeigneter Siedlungssubstrate für den Blasentang vorhanden sind.

Kartierung der Pflanzenbestände in der südlichen Lübecker Bucht

Bei den im Rahmen von RADOST durchgeführten Flachwasserkartierungen bis etwa 3m Wassertiefe wurden ausgedehnte küstenparallele Seegraswiesen und verschiedene Makroalgen gefunden. Blasentange konnten jedoch nicht nachgewiesen werden, obwohl ausreichend geeignete Siedlungssubstrate in günstigen Wassertiefen vorkamen.²⁶

Seitensicht-Sonarkartierung

Anschließende Untersuchungen der Sediment-Beschaffenheit mit einem Seitensicht-Sonar zeigten, dass in der Lübecker Bucht an vielen Küstenabschnitten auch bis 12m Wassertiefe Geröll- und Blockfelder (Abstand der Steine <10m) in unterschiedlichen Dichten und Größen vorkommen. Besonders umfangreiche Ansammlungen erstrecken sich küstenparallel und entlang den Rändern der Abrasionsplattform vor dem Brodtener Steilufer bis in 12m Wassertiefe.²⁷



1.50 > Seitensichtsonaraufnahme der Sedimentbeschaffenheit vor dem Brodtener Ufer in der Lübecker Bucht. Die dunkleren Bereiche repräsentieren festere, die helleren Bereiche weichere Sedimente. Die Positionen und Häufigkeitsangaben von Hartsubstraten (Blöcke) sind durch Dreiecke gekennzeichnet.

25) Ausführungen zu Seegras finden Sie auf Seite 121 ff sowie im RADOST-Bericht 24.

26) Vgl. Wilken, H. & Meyer, T. (2011): Kartierung mariner Pflanzenbestände im Flachwasser der Lübecker Bucht. RADOST-Berichtsreihe Nr. 7.

27) Vgl. RADOST-Veröffentlichung, Schwarzer, K. & Feldens, P. (2010): Seitensichtsonar-Kartierung der Abrasionsplattform seewärts des Brodtener Ufers (Lübecker Bucht).

Fokusthema 3: Gewässermanagement und Landwirtschaft

Videoaufzeichnungen mit einem Tauchroboter bestätigten die Vorkommen umfangreicher, dicht liegender Geröll- und Blockfelder auf dem Steinriff. Mächtige Blöcke bis 70 cm Durchmesser kamen regelmäßig vor. Blasentange konnten jedoch an keiner der untersuchten Stationen nachgewiesen werden (Abb.1.50). Zwischen 1 und 12 m Wassertiefe konnten mehrere geeignete Steinfeldern für initiiierende Anpflanzungen des Blasentangs identifiziert werden.

Dazwischen schränken oft ausgedehnte Sandflächen eine natürliche Ausbreitung über weite Distanzen ein. Gezielte Einbringungen von Steinen z.B. als Ausgleichsmaßnahmen, könnten Trittsteine zu weiter entfernten Steinfeldern bilden. Die ufernahen Bereiche kommen primär für eine Wiederansiedlung in Frage, weil hier dichte Steinfeldern vorhanden sind und günstige Lichtverhältnisse für gute Wachstumsbedingungen vorherrschen.

Auswirkungen klimarelevanter Umweltfaktoren auf die Keimlinge des Blasentangs

Da die Nährstoffbelastungen in den Küstengewässern der Ostsee seit den 1990er Jahren abgenommen haben, lassen sich die aktuellen Bestandsrückgänge des Blasentangs und die ausbleibende Wiederbesiedlung nicht allein mit den Folgen der Überdüngung erklären. Auswirkungen singulärer und sequentieller Stressfaktoren auf Blasentangkeimlinge wurden deshalb in Freiland- und Laborexperimenten untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass hohe Wassertemperaturen die Sommerreproduktion der Blasentange beeinträchtigt, weil die Keimungsraten abnehmen und die Mortalität der frühen Keimlinge zunimmt. Die Temperaturtoleranz der Keimlinge steigt jedoch mit zunehmendem Alter. Eine zweite, nachfolgende Hitzewelle veränderte dagegen nicht die Temperatursensitivität der Überlebenden einer vorangehenden Hitzewelle.²⁸ Da Blasentange sich auch im Frühjahr und Herbst fortpflanzen, sind keine gravierenden Auswirkungen auf die Reproduktion allein durch hohe Wassertemperaturen im Sommer zu erwarten.

In Präferenzexperimenten wurde getestet, ob Fraß bei den Keimlingen eine chemische Abwehrreaktion gegenüber Fressfeinden (Meerasseln) induziert und hohe Wassertemperaturen diese Abwehr schwächen. Die Asseln wählten bevorzugt erwachsene Blasentange als Nahrung und verschmähten meist die angebotenen Blasentangkeimlinge. Weder alleiniger Temperaturstress noch der sequentiell kombinierte Stress (Temperatur und Fraß) hatte bedeutenden Einfluss auf die Nahrungspräferenz der Meerasseln.²⁹

Entgegen den Erwartungen scheinen die Keimlinge eine generelle Abwehr gegen den Fraß der Meerassel zu besitzen. Um die Interaktionen zwischen dem Fraß der Meerasseln und den frühen Entwicklungsstadien des Blasentangs zu klären, bedarf es weiterer Untersuchungen.

Bedeutung der genetischen Diversität für die Wiederansiedlung des Blasentangs

Freilandbeobachtungen wurden an Keimlingen des Blasentangs in unterschiedlichen Wassertiefen durchgeführt. Dabei wurden das Wachstum und das Überleben genetisch verschiedener Geschwisterpaare (Genotypen) verglichen. In einem Meter Wassertiefe wuchsen die Keimlinge am besten (Abb. 1.51). Auch war die physiologische Kondition dieser Keimlinge deutlich besser als in 3 oder 5 m Wassertiefe. Die Überlebensrate unterschied sich signifikant zwischen den Geschwistergruppen. Die Ergebnisse lassen den Rückschluss zu, dass die genetische Ausstattung die Überlebenschancen der Individuen durch Anpassungen an die vorherrschenden Umweltbedingungen in den unterschiedlichen Wassertiefen bestimmt.³⁰ Bei bestandsunterstützenden Maßnahmen erscheint es daher sinnvoll, die Keimzellen möglichst vieler Elternpflanzen bei der künstlichen Vermehrung zu kombinieren.



1.51 > Einige der künstlich vermehrten Blasentange entwickelten sich besonders gut in einem Meter Wassertiefe

28) Vgl. Maczassek und Wahl (2012): The meaning of genetic diversity on the example of the bladder wrack *Fucus vesiculosus* L.. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) (Hrsg.), Flintbek.

29) Vgl. Maczassek, Kerstin (2014): Effects of sequential stressors on survival of young life stages of the bladder wrack *Fucus vesiculosus* L.. Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel GEOMAR. RADOST-Berichtreihe, Bericht Nr. 25.

30) Vgl. Maczassek, K. (2013): The meaning of genetic diversity on the example of the bladder wrack *Fucus vesiculosus* L. Part II. Development of different fucoid genotypes in different water depth. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) (Hrsg.), Flintbek.

Maßnahmen zur Wiederbesiedlung des Blasentangs in der Lübecker Bucht

Aufgrund der bedeutenden ökologischen und ökonomischen Funktionen sind Maßnahmen zur Wiederansiedlung des Blasentangs wünschenswert. Künstliche Ansiedlungen können initiale Populationen und damit Keimzellen für eine natürliche Ausbreitung schaffen. Im Rahmen des RADOST-Projektes wurden deshalb Versetzungen mit erwachsenen Blasentangen sowie Ansiedlungsversuche mit künstlich reproduzierten Blasentangkeimlingen in der Kieler Förde und der Lübecker Bucht vorgenommen. Die Standorte unterschieden sich hauptsächlich in der Wellenexposition, bezüglich der Eutrophierung und der Wassertemperatur sowie im Vorhandensein natürlicher Blasentange.

Ziel war es, das Potenzial der verschiedenen Entwicklungsstadien für eine Wiederansiedlung an unterschiedlichen Standorten zu testen und den für die Bestandsrückgänge ursächlichen Umweltfaktoren auf die Spur zu kommen. Gleichzeitig sollten praktikable Methoden der künstlichen Vermehrung und der Verpflanzung etabliert werden. Die Versetzung in das erwärmte Kühlwasser des Kieler Kraftwerks sollte zudem klären, welchen Erfolg künstliche Ansiedlungen in Zukunft unter Wirkung der globalen Erwärmung haben werden.

Fraß, Aufwuchs, Sedimentation und Sandmobilität bestimmen im Wesentlichen das Wachstum und das Überleben der Blasentange. Dies gilt sowohl für erwachsene Blasentange als auch für ihre Keimlinge. Die Intensität der Faktoren variierte sowohl lokal als auch saisonal sowie zwischen den Jahren. In der Lübecker Bucht verhindern vornehmlich eine hohe Sedimentdynamik sowie Fraß die Ansiedlung und natürliche Reproduktion. In den geschützten Bereichen der Kieler Förde beschränken dagegen Aufwuchsorganismen und Sedimentation die Überlebenschancen. Die zur offenen Ostsee abnehmenden Nährstoff- und Temperaturgradienten in der Kieler Förde erklären die graduell abnehmende Tendenz wachstumshemmender Faktoren in Richtung Außenförde.

Wiederbesiedlung mit Keimlingen oder erwachsenen Pflanzen

Eine Wiederansiedlung kann generell mit erwachsenen Individuen oder mit künstlich erzeugten Nachkommen erfolgen. Erwachsene Individuen müssen zusammen mit ihren Siedlungssubstraten aus bestehenden Beständen entnommen werden. Im Vergleich mit erwachsenen Blasentangen eignen sich die künstlich erzeugten Keimlinge besser für bestandsunterstützende Maßnahmen. Sie zeichnen sich durch gutes Wachstum und höhere Überlebensraten aus.³¹ Zudem können sie relativ einfach in großer Anzahl reproduziert werden. Um die bestehenden Populationen nicht zu beeinträchtigen sollten bevorzugt künstlich erzeugte Keimlinge für Wiederansiedlungen genutzt werden.



1.52 > Ansiedlung von Blasentangen auf Backsteinen in einer Seegrasswiese

Der Erfolg einer Maßnahme ist von den Standortfaktoren abhängig. Da vielfältige Umwelteinflüsse die Wiederansiedlung erschweren oder verhindern, sollten bei der Auswahl eines Standortes verschiedene Voraussetzungen geprüft und auch saisonale Aspekte berücksichtigt werden.

Eine unentbehrliche Voraussetzung ist geeignetes Siedlungssubstrat, z.B. die Vorkommen natürlicher glazialer Geschiebe mit inhomogenen, rauen Oberflächen oder auch künstliche harte Oberflächen von Bühnen, Hafenmolen oder Wellenbrechern.

Günstige Voraussetzungen und Standortkriterien

Substrat:

- Äquivalentdurchmesser an wenig exponierten Küsten >300 mm, an stärker exponierten Küsten >500 mm
- Möglichst dichtliegend, Abstand <10 m, vom Spülsaum bis in mehrere Meter Wassertiefe

Wellenexposition:

- Gering bis mäßig-starker Wellengang

Ansiedlungstiefe:

- Wenig wellenexponiert 0,5–1,5 m
- Mäßig bis stark wellenexponiert 1–2 m

Weitere Faktoren, die sich zum Teil gegenseitig beeinflussen:

- Regelmäßiger Wasseraustausch
- Geringe Nährstoffbelastung

³¹) Vgl. Sandow, V. & Krost, P. (2014): Versetzungsexperimente mit Blasentang (*Fucus vesiculosus*) in der Kieler- und Lübecker Bucht.



1.53 > Fertiler Blasentang mit angeschwollenen Fruchtkörpern

Ungünstige Umweltfaktoren

Fraß

In der westlichen Ostsee fressen Meerasseln, Strandschnecken und Flohkrebse am Blasentang. Diese Tiere reduzieren aber auch den Aufwuchs auf den Blasentangen und fördern dadurch sein Wachstum. Die chemische Verteidigung gegen Fraß kann durch Stressfaktoren wie hohe Wassertemperaturen oder Lichtmangel herabgesetzt sein. Die Dichte von Fressfeinden ist saisonal aber auch regional sehr unterschiedlich.

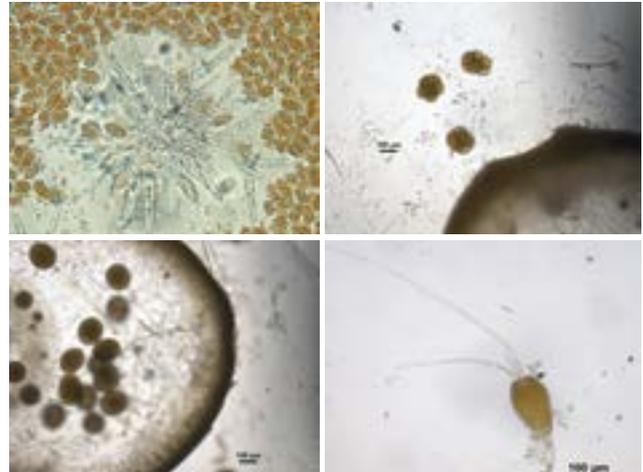
Aufwuchs und Dirftalgen

Bakterien, Pilze, Algen und Tiere siedeln auf dem Blasentang. Lichtmangel ist die Folge. Überdüngung und hohe Wassertemperaturen fördern den Aufwuchs. Temperatur- und Lichtstress können die Abwehr gegenüber Aufwuchs hemmen. Treibende Algenmatten können die Pflanzen überdecken.

Sedimentation und Sandtransport

Mäßig bis stärker exponierte Standorte mit dichten Hartsubstratvorkommen bieten grundsätzlich günstige Voraussetzungen für bestandsunterstützende Initiativen. An gering exponierten, nährstoffreichen Standorten können feine Partikel die Algenkörper bedecken und die Lichtverfügbarkeit für die Pflanzen sowie Stoffaustauschprozesse mindern.

Außerdem wird die natürliche Besiedlung der Substrate durch Sedimentauflagen eingeschränkt. An stark windexponierten Küsten mit hohem Sandtransport besteht die Gefahr, dass die Pflanzen mit Sand zugedeckt werden oder trübes Wasser den Lichteinfall schmälert. Keimlinge und Jungpflanzen reagieren darauf sehr sensibel.³²



1.54 > Mikroskopische Aufnahmen der noch nicht freigesetzten männlichen Schwärmer (oben links, Rand) und der weiblichen Eiknospen mit je acht Eizellen (oben rechts). Unreife weibliche Eiknospen in Einsenkungen der Fruchtkörper (unten links) und zwei Wochen alter Blasentangkeimlinge (unten rechts)

Reproduktion und Substrat

Keimlinge können aus abgetrennten Fruchtkörpern reproduziert werden. Dazu werden von fertilen Blasentangen möglichst viele männliche und weibliche Fruchtkörper gesammelt, mit Süßwasser gespült und fünf Tage feucht und dunkel gelagert. Durch Querschnitte können die Geschlechter unter dem Mikroskop differenziert werden (Abb. 1.54). Dann werden die Fruchtkörper im Sieb in eine mit frischem Ostseewasser gefüllten Wanne mit geeignetem Siedlungssubstrat eingehängt und unter natürlichen Lichtbedingungen fünf Stunden stehen gelassen. Die weiblichen Eizellen und die männlichen Geschlechtszellen werden dann freigesetzt.³³

Nach der Befruchtung siedeln die befruchteten Eizellen auf den bereitgestellten Substraten. Bereits nach 24 Stunden können Siedlungssubstrate mit den mit bloßem Auge nicht sichtbaren Embryonen an ausgesuchte Standorte transferiert werden. Gute Voraussetzungen für Befruchtung und Keimung sind bei einer Wassertemperatur um 15°C und einem Salzgehalt von 17 psu (Ostseewasser vom Standort) gegeben. Als Siedlungssubstrat eignen sich natürliche Gesteine (Granit) aber auch künstliche Substrate z. B. Backsteine.

Saisonale Aspekte

Ansiedlungen im Spätsommer oder Herbst erhöhen die Überlebenschancen von Blasentangen, weil pflanzlicher als auch tierischer Aufwuchs zum Winter hin abnehmen. Zu diesem Zeitpunkt kann jedoch der Fraß durch Konsumenten besonders hoch sein. Aufgrund zunehmender Winde nimmt in den Wintermonaten die Gefahr des Versandens zu.³⁴

32) Vgl. Bobsien, I., (2014): Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Blasentang (*Fucus vesiculosus*) und das Gewöhnliche Seegras (*Zostera marina*) in der Ostsee. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein. RADOST-Berichtsreihe, Bericht Nr. 24.

33) Vgl. Maczassek und Wahl (2012): The meaning of genetic diversity on the example of the bladder wrack *Fucus vesiculosus* L. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) (Hrsg.), Flintbek.

34) Vgl. Sandow, V. & Krost, P. (2014): Versetzungsexperimente mit Blasentang (*Fucus vesiculosus*) in der Kieler- und Lübecker Bucht.

Anwendungsprojekt: Entwicklung alternativer Energie- pflanzenkulturen

Kontakt:

Thünen-Institut für Ländliche Räume (TI-LR)

Andrea Wagner: andrea.wagner@ti.bund.de

Dr. Claudia Heidecke: claudia.heidecke@ti.bund.de

Der Klimawandel wird unter den bestehenden Rahmenbedingungen voraussichtlich einen negativen Einfluss auf die landwirtschaftliche Produktion haben. Bei der Sortenwahl findet bereits heute eine Anpassung an veränderte Niederschläge sowie Temperaturen statt. Um weiterhin eine ausreichende Ertragsicherheit zu erzielen, ist ein an den Klimawandel angepasstes Sorten- und Kulturspektrum notwendig, auf das

dafür zurückgegriffen werden kann. Zusätzlich wirken politische und ökonomische Rahmenbedingungen auf den Ackerbau. Bereits heute zeigen nachwachsende Rohstoffe und neue Kulturen Flächenzuwächse und neue Anbaupotenziale. Sie prägen sowohl aktuell, als auch zukünftig das landwirtschaftliche Anbauspektrum und die Nährstoffeinträge in die Gewässer.

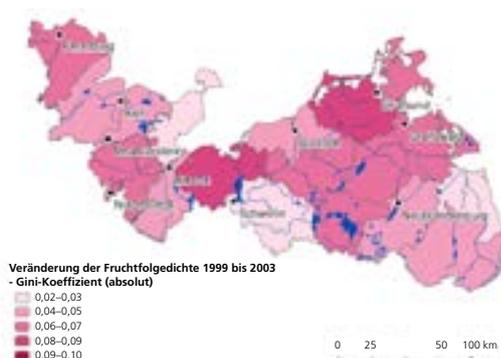
Entwicklung der Anbaustrukturen

Im Rahmen des Anwendungsprojektes wurden die derzeitigen Anbaustrukturen im Ostseeinzugsgebiet hinsichtlich ihrer Entwicklung und Vielfalt untersucht. Im Zeitraum 1999 bis 2003 wurde, in zahlreichen Regionen eine Verengung der Fruchtfolge, und somit eine Reduktion der Vielfalt der angebauten Kulturen beobachtet. Getreide und Ölsaaten wurden aufgrund eines hohen Preisniveaus und ökonomischer Vorteile bevorzugt angebaut. Diese Entwicklung zeigt die Abbildung 1.55. Als statistisches Maß ist der Gini-Koeffizient zur Darstellung von Ungleichverteilungen abgebildet. Ein Wert von 0 zeigt an, dass alle Ackerkulturen vergleichbare Flächenanteile haben. Steigt der Wert auf 1, geht damit ein zunehmender Anteil einzelner Kulturen einher, bis hin zum Anbau einer Monokultur.

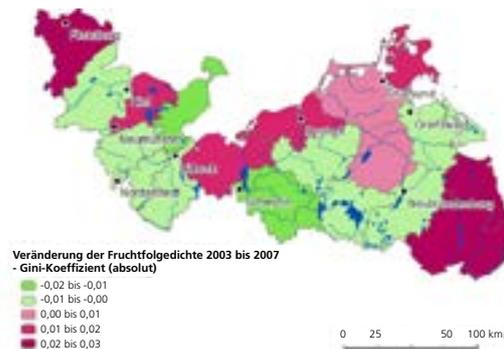
Die Bundesregierung fördert durch die Erneuerbare-Energien-Gesetze (EEG) seit 2000 den Anbau von Biomasse zur Produktion erneuerbarer Energien. Insbesondere der Anbau von Mais zur Herstellung von Biogas hat seitdem zugenommen. Energie-

mais ist für den Anbau im Ostseeraum geeignet, bringt hohe Erträge und zeichnet sich durch eine sehr gute Biogasausbeute aus. Die resultierenden Effekte auf das Anbauspektrum der Ackerkulturen müssen regional differenziert betrachtet werden, wie die Abbildung 1.56 zeigt.

In Regionen in denen traditionell Silomais, als Futter für die Tierproduktion, angebaut wird, führt der zunehmende Anbau von Energiemais für die Biogaserzeugung zu einer abnehmenden Vielfalt der angebauten Früchte und kann negative ökologische Effekte bedingen. In Regionen mit intensivem Getreideanbau hingegen kann der Energiemaisanbau das Anbauspektrum erweitern. Dies zeigt die Abnahme der Gini-Koeffizienten in den Regionen Ostholstein und Schwerin. Wie die Analysen zeigen, ist das Anbauspektrum durch eine regionalspezifische Dynamik geprägt. Die Ackerkulturen werden entsprechend der regionalen Bedingungen ausgewählt und die Fruchtfolgen gewinnoptimiert angepasst.



1.55 > Veränderung der Fruchtfolgedichte bzw. -Diversität von 1999 bis 2003, dargestellt als Gini-Koeffizient. (Quelle: Destatis, RAUMIS Berechnungen)



1.56 > Veränderung der Fruchtfolgedichte bzw. -Diversität von 2003 bis 2007 dargestellt als Gini-Koeffizient. (Quelle: Destatis, RAUMIS Berechnungen)

Anpassung durch alternative Pflanzenkulturen

Als Folge der zunehmenden Intensivierung des Ackerbaus und den damit einhergehenden negativen ökologischen Effekten werden zunehmend Alternativen zum Energiemais gefordert. Als Alternativkulturen zum Energiemais gelten aktuell unter anderem die Durchwachsene Silphie (*Silphie*) und das Riesenweizengras (*Szarvas*). Sie zeichnen sich durch hohe Biomasseerträge und eine gute Methanausbeute in der Biogasgewinnung aus (vgl. Tabelle 7). Beide Kulturen sind für den Anbau im Ostseeraum geeignet und zeigen ein hohes Anpassungspotenzial an den Klimawandel. Sie können weitgehend mit etablierten Verfahren angebaut und geerntet werden. Darüber hinaus weisen sie, als mehrjährige Dauerkulturen, vergleichsweise niedrige Emissionen auf und können so zum Klima- und Gewässerschutz beitragen.

Durch hohe Nährstoffaufnahmepotenziale sind sie darüber hinaus zukünftig für den Anbau auf ökologischen Vorrangflächen, Gewässerrandstreifen und Trinkwasserschutzgebieten mit in Betracht zu ziehen. Sie können auf diesen Flächen eine effiziente umweltfreundliche Biomasseproduktion ermöglichen. Zu berücksichtigen ist dabei jedoch, dass sie als Dauerkulturen eine langjährige Flächenbindung mit sich bringen. Aktuell sind vergleichsweise hohe Etablierungskosten aufzubringen, die sich langfristig rentieren. Dies hemmt die Flexibilität und kurzfristige Gewinnaussichten und wirkt daher negativ auf die Akzeptanz der Flächeneigentümer und -Nutzer. Durch weitere Forschung sollen diese Hemmnisse zukünftig reduziert werden. Bereits heute werden unterschiedliche Projekte zur Entwicklung des Saatgutes und effizienter Anbauverfahren erfolgreich gefördert.

Neben der durchwachsenden Silphie und dem Riesenweizengras wurden Kurzumtriebsplantagen (KUPs) und Paludikulturen (u. a. Schilf, Rohrglanzgras) in die Analysen einbezogen. Diese Kulturen bieten alternative Nutzungsoptionen zur Brennstoffgewinnung auf trockenen oder feuchten Standorten. Sie zeichnen sich zudem durch sehr hohe Klima- und Naturschutzpotenziale aus.



1.57 > Durchwachsene Silphie, Blüte im Sommer (oben) und Wiederaustrieb im Frühjahr (unten)

Standortansprüche, Anbauverfahren und die mögliche Ertragsbildung der Alternativkulturen wurden zusammengestellt. Anhand dieser Informationen und der erwarteten landwirtschaftlichen Produktionskosten können für das Jahr 2021 die Anbauflächenpotenziale sowie ökonomische und ökologische Effekte ermittelt werden.

Tabelle 7: Ertragspotenziale von Energiemais und Silphie im Vergleich

Ertragspotenzial	Energiemais			Silphie		
	niedrig	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch
Biomasseertrag (t FM/ha)	38	48	58	43	48	58
Methanertrag (m ³ /ha)	3 956	4 945	5 934	2 871	3 509	3 832
Stromertrag (kWh/ha)	14 593	18 241	22 890	10 622	12 982	14 163
Wärmeertrag (kWh/ha)	19 129	23 911	28 693	13 923	17 018	18 565

Datenquelle: KTBL-Datensammlung Energiepflanzen 2012³⁵

35) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (Hrsg.) (2012): Energiepflanzen – Daten für die Planung des Energiepflanzenbaus, KTBL-Datensammlung, 2. Auflage, Darmstadt.

Anwendungsprojekt: Zukunftsstrategien für die Aquakultur

Kontakt:

CRM Coastal Research & Management (CRM)

Dr. Peter Krost: peter.krost@crm-online.de

Die Ostsee ist ein einzigartiger Lebensraum, der besondere Herausforderungen an die Physiologie der dort lebenden Arten stellt. Für die Aquakultur sind folgende Aspekte des Klimawandels von besonderer Bedeutung:

- Temperaturzunahme, vor allem für Arten am klimatischen Rand ihres Verbreitungsgebietes
- Meeresspiegelanstieg
- Niedrigerer pH-Wert, vor allem für kalkbildenden Organismen
- Durch zunehmenden Niederschlag und verstärkte Erosion eingebrachte Nährstoffe
- Verringerung des Salzgehaltes, vor allem für marine Arten, die sich am Rande ihres natürlichen Verbreitungsgebietes befinden
- Heftigere Stürme, Sturmfluten und Hochwasser
- Im Rahmen von RADOST wurden die Klimawandelfolgen für marine Organismen untersucht und die Eignung neuer Spezies für die Marikultur und die Fischerei bewertet (vgl. auch 2. und 3. RADOST-Jahresbericht).

Veränderungen der Artenzusammensetzung und der Nahrungsbeziehungen in der Ostsee

Die klimatischen Veränderungen führen zu Veränderungen des ökologischen Gefüges der Ostsee. Dies betrifft die Verschiebung des Artenspektrums, sowie Veränderungen der Nahrungsbeziehungen. Eingewanderte Arten mit besonderer Bedeutung für die Aquakultur im Ostseeraum sind der Besentang (*Gracilaria vermiculophylla*), der im Jahr 2005 erstmalig in der Kieler Förde gefunden wurde und Bestände des heimischen Blasentangs überwächst, die Rippenqualle (*Mnemiopsis leydii*), die Ostasiatische Seescheide (*Styela clava*) die in dänischen Muschelfarmen erhebliche Schäden verursacht hat, die Zebramuschel (oder Wandermuschel, *Dreissena ploymorpha*) mit ihrem Potenzial als „Biofilter“ sowie die als Aquakulturart eingebürgerte Pazifische Auster (*Crassostrea gigas*), die Schäden an Miesmuschelkulturen im Wattenmeer hervorruft.

Die Klimaänderungen führen auch zu Veränderungen der Algenzusammensetzung in der Ostsee. Es gibt Hinweise darauf, dass gerade solche Algenarten, die giftige „Algenblüten“ hervorrufen können, von den veränderten Umweltbedingungen in besonderem Maße profitieren – auf Kosten anderer Arten. Experimentell wurde gezeigt, dass erhöhte Temperaturen zu einer viel früheren Entwicklung von Ruderfußkrebse geführt hat, die die viele Algenarten bereits zu Beginn des Jahres dezimierten³⁶ und dadurch auch die Zooplankton-Populationen kollabieren lässt.

Arten für die Aquakultur in der westlichen Ostsee

Für die Aquakultur kann die Klimaänderung neben Risiken auch Chancen bieten, die sich gezielt zur Erweiterung des Artenspektrums und zur Produktivitätssteigerung der kultivierten Arten nutzen lassen. Allerdings müssen die zukunftsfähigen Arten einen Temperaturbereich von -2 bis über +20°C, einen schwankenden und tendenziell abnehmenden Salzgehalt sowie zunehmend saureres Wasser verkraften. Selbstverständlich ist auch das Marktpotenzial für die Auswahl von Organismen für die Aquakultur ausschlaggebend.



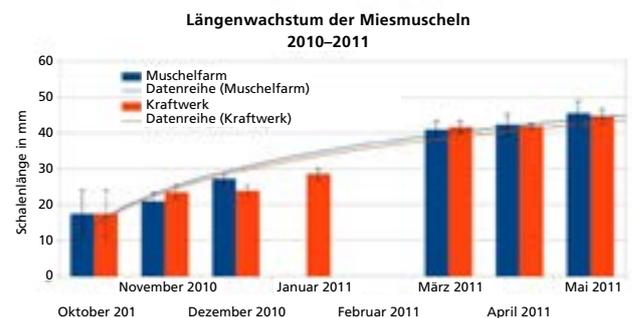
1.58 > Algenkultur in der Kieler Förde

Fokusthema 3: Gewässermanagement und Landwirtschaft

Derzeit werden nur wenige Arten in der Ostsee kultiviert: Zuckertang (*Saccharina latissima*), Miesmuschel (*Mytilus edulis*), Regenbogenforelle (*Onkorhynchus mykiss*), sowie – im Experimentalstadium – Meerampfer (*Delesseria sanguinea*). In Zukunft könnten möglicherweise auch Blasentang (*Fucus vesiculosus*), Besentang (*Gracilaria vermiculophylla*) und Meeräsche (*Chelon labrosus*) in Kultur genommen werden. Steigende Temperaturen und sinkender Salzgehalt werden eine Kultur des Zuckertangs erschweren. Miesmuscheln hingegen haben sich im Experiment als robust erwiesen sowohl gegenüber steigenden Wassertemperaturen und schwankender Salinität³⁷ als auch gegenüber sinkendem pH-Wert.³⁸

In einer fernerer Zukunft können weitere Arten in Augenschein genommen werden, wie der Brotkrumenschwamm (*Halichondria panicea*) mit seinen medizinisch interessanten Inhaltsstoffen, die Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*), die sich als eingewanderte Art bei uns verbreitet hat und nicht nur in der ostasiatischen Community gerne gegessen wird, der Gemeine Seeestern (*Asterias rubens*) dank seiner interessanten Fettsäuren oder die Schlauchseescheide (*Ciona intestinalis*), die ebenfalls in

Medizin oder Kosmetik Verwendung finden könnte. Die Mittelmeerfischarten Wolfsbarsch (*Dicentrarchus labrax*) und Dorade (*Sparus aurata*) kommen mit den derzeitigen Wintertemperaturen der Ostsee nicht zurecht. Bei weiter ansteigenden Temperaturen können sie vielleicht, evtl. unter Nutzung von Kühlwasserleitungen o.ä., auch bei uns kultiviert werden.



1.59 > Annähernd identisches Längenwachstum der Miesmuscheln an den Standorten Muschelfarm und Kraftwerk in der Kieler Förde von Oktober 2010 bis Mai 2011. Die Temperaturen am Kraftwerk sind gegenüber denen an der Muschelfarm um 1,5–2°C erhöht

Integrierte, multitrophische Aquakultur (IMTA) in der Kieler Förde

Eine klimaangepasste Aquafarm sollte nach dem Konzept der integrierten multitrophischen Aquakultur (IMTA) ausgelegt sein, Organismen verschiedener Nahrungsstufen nutzen und ohne Nährstoffemissionen auskommen. Dieses Konzept ist teilweise bereits in der Kieler Förde realisiert. Dort existiert derzeit eine Netzkäfiganlage, in der Regenbogenforellen und (im Versuchsstadium) Meeräschen gezogen werden. Die Produktion liegt derzeit bei ca. 12 t/Jahr. Zusätzlich werden in einer Langleinenkultur ca. 100 kg Algen und ca. 20 t Miesmuscheln pro Jahr produziert.

Zur Entlastung natürlicher Fischbestände und zur Verringerung der Nährstoffemissionen können herbivore Fische sowie Futtermittel aus regionaler Produktion eingesetzt werden. So kann Fischmehl durch Muschelmehl ersetzt werden.

Das zukünftige Potenzial in der marinen Aquakultur sollte durch eine nährstoffneutrale und nachhaltige Kombination von kultivierten Organismen gestaltet sein, in hoher (Bio-)Qualität und regionaler Vermarktung. Eine Massenproduktion mit all ihren aus der Landwirtschaft bekannten negativen ökologischen Folgen muss vermieden werden.



1.60 > Muschelkultur in der Kieler Förde

37) Vgl. Brenko, M. H. & Calabrese, A. (1969): The combined effects of salinity and temperature on larvae of the mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 4: 224–226.
38) Vgl. Thomsen, J.; Casties, I.; Pansch, C. & Melzner, F. (2013): Food availability outweighs ocean acidification effects in juvenile *Mytilus edulis*: laboratory and field experiments. *Global Change Biology* 19: 1017–1027.



Fokusthema 4: Häfen und maritime Wirtschaft

Kontakt:

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin (IÖW)

Dr. Jesko Hirschfeld: jesko.hirschfeld@ioew.de

André Schröder: andre.schroeder@ioew.de

Die zu erwartenden Veränderungen durch den Klimawandel werden für die Seehäfen der deutschen Ostseeküste Anpassungsbedarfe hinsichtlich der Auslegung der Hafenanlagen, des Hochwasserschutzes sowie der Sicherheitspläne mit sich bringen. Die Wirtschaftlichkeit von Schiffrouten und die technischen Anforderungen des Schiffbaus werden durch Veränderungen von Seegang und Strömung beeinflusst werden. Weitere indirekte Effekte z.B. durch eine Veränderung der Güter- und Passagierströme sind möglich. Der Wirtschaftsbereich weist zudem zahlreiche Vernetzungen in der regionalen Gesamtwirtschaft auf und ist ein bedeutender Arbeitgeber.

Das Fokusthema hatte zum Ziel, mittel- bis langfristige Investitionen in Hafen- und Infrastrukturanlagen und in den Schiffbau „klimafest“ zu machen. RADOST-Wissenschaftler analysierten zu erwartende Auswirkungen auf der Grundlage von sozioökonomischen Zukunftsszenarien. Gemeinsam mit den regionalen Wirtschaftsakteuren wurden Anpassungsstrategien für verschiedene Bereiche der Hafenplanung und des Managements formuliert und in zwei Anwendungsprojekten umgesetzt.

Um die im Fokusthema angestrebten Ziele zu erreichen, wurde in den vorangegangenen Projektjahren ein Netzwerk aus interessierten Akteuren der maritimen Wirtschaft, der Verwaltung und der Wissenschaft aufgebaut. Über eigene und externe Fachveranstaltungen erhielten die Netzwerkpartner für sie aufbereitete aktuelle Informationen zu den bisherigen und erwarteten Veränderungen des Klimas im Ostseeraum.

Vor allem in bilateralen Gesprächen mit Vertretern von Hafenbehörden und der Hafenwirtschaft wurden spezifische Herausforderungen, denen sich die Hafenstandorte stellen, erörtert.

Mit dem Abschluss des RADOST-Projekts umfasst das Netzwerk im Fokusthema rund 40 Vertreterinnen und Vertreter von Hafenbehörden, Wasser- und Schifffahrtsämtern, Umschlagsunternehmen, Werften und weiteren in den deutschen Ostseehäfen ansässigen Unternehmen. Die Verwaltungs- und Betriebsstandorte der Netzwerkpartner verteilen sich von Kiel bis Stralsund entlang der gesamten deutschen Ostseeküste.

Durch die weitere Vernetzung mit den beiden KLIMZUG-Projekten „nordwest2050“ und „KLIMZUG-NORD“ konnten auch Erfahrungen von Häfen in anderen Küstenregionen mit einbezogen werden.



Anpassungskonzepte für Häfen und Infrastruktur

Der Klimawandel wird vielfältige Auswirkungen auf die deutschen Ostseehäfen und die Seeschifffahrt haben. Für die maritime Wirtschaft von wesentlicher Bedeutung ist der sich beschleunigende Meeresspiegelanstieg. Aber auch die mögliche Zunahme extremer Starkregen- und Windereignisse, Sturmhochwasser, höhere Scheitelwasserstände, mehr heiße Tage und weniger Eistage sowie eine Verschiebung der saisonalen Niederschlagsmengen werden Häfen und Schifffahrt beeinträchtigen.

Im Folgenden werden Aussagen über potenzielle Anpassungsbedarfe in den deutschen Ostseehäfen getroffen. Daran anschließend wird der idealtypische Ablauf einer Strategieentwicklung beschrieben und Kriterien für die Entwicklung klimaangepasster Hafenstandorte an der deutschen Ostseeküste vorgestellt.³⁹

Anpassungsbedarfe in den deutschen Ostseehäfen

Für die deutschen Ostseehäfen bergen die potenziellen Änderungen des Klimas eine Vielzahl von Risiken aber auch von Chancen. Im Folgenden wird auf einige Auswirkungen eingegangen.

Struktur und Volumen der Seegüter:

Die Art und der Umfang des Güterumschlags in den deutschen Ostseehäfen sind stark von der Struktur und dem Volumen des Handels zwischen den Staaten des Ostseeraumes abhängig. Änderungen an der Art und dem Volumen der gehandelten Güter zwischen diesen Staaten führen sehr wahrscheinlich auch zu Änderungen des Güterumschlags. Der Klimawandel könnte sich in den Staaten des Ostseeraumes auf die Produktion, vor allem im land-, forst- und fischereiwirtschaftlichen Sektor auswirken. Nachfrageseitig könnte der Klimawandel unter anderem die Energiewirtschaft und die ihr vorgelagerten Wirtschaftsbereiche beeinflussen. So könnten zum Beispiel heißere Sommer den Energiebedarf für Kühlung und Klimatisierung erhöhen, wärmere Winter jedoch die Nachfrage nach Mineralölzeugnissen reduzieren.⁴⁰

Darüber hinaus ist ein Einfluss des Klimawandels auf die Bevölkerungsbewegung zu erwarten. Kommt es zu einer Verschlechterung der klimatischen Lebensbedingungen in einer Region, ist damit zu rechnen, dass diese Region zunehmend Einwohner und Kaufkraft verliert. Die Bedeutung der Region, auch als Absatzmarkt für Seegüter, könnte in der Folge sinken.⁴¹

Für die Hafenstandorte ergibt sich somit ein Anpassungsbedarf hinsichtlich Herkunft, Struktur und Volumen der umzuschlagenden Güter.

Navigation und Anlegen von Schiffen:

Änderungen des Klimas können mit ihren Folgen das Navigieren von Schiffen beeinflussen. Positiv könnte sich der Meeresspiegelanstieg auf den zulässigen Tiefgang der Schiffe auswirken, denn allein dadurch ist es denkbar, dass zukünftig Schiffe mit einem größeren Tiefgang die deutschen Ostseehäfen anlaufen können.⁴² Einschränkungen durch den zunehmenden Meeresspiegelanstieg sind jedoch hinsichtlich der Passierbarkeit von Brücken zu erwarten⁴³ Darüber hinaus kann die potenzielle Zunahme von Stürmen und schwerem Seegang das Navigieren sowie das Anlegen der Schiffe erschweren. Um eine Zunahme von Havarien und Verzögerungen im Betriebsablauf zu vermeiden, könnten sowohl organisatorische als auch bauliche Maßnahmen in den Häfen sowie auf ihren seeseitigen Zufahrten erforderlich werden.

39) Der hier aufgeführte Beitrag zu den potenziellen Anpassungsbedarfen in den deutschen Ostseehäfen, dem idealtypischen Ablauf einer Strategieentwicklung und den Kriterien für die Entwicklung klimaangepasster Hafenstandorte an der deutschen Ostseeküste wird in leicht abgeänderter Form auch veröffentlicht in: Schröder, A. & Hirschfeld, J. (in Vorbereitung): Anpassungsbedarfe und Strategien in der Hafenvirtschaft an der deutschen Ostseeküste. In: Mahammadzadeh et al. (Hrsg.), Anpassung an den Klimawandel von Unternehmen – Theoretische Zugänge und empirische Befunde.

40) Vgl. Stenek, V.; Amado, J.-C.; Wright, S.; Washington, R.; Sherwin, H.; Andrade, C. & Arias, P. (2011): Climate Risk and Business Port – Terminal Marítimo Muelles el Bosque Cartagena, Colombia. S. 16.

41) Vgl. Bailey, K. (2008): Planning for Climate Change Impacts at U.S. Ports. White Paper. S. 6.

42) Vgl. Stenek, V.; Amado, J.-C.; Wright, S.; Washington, R.; Sherwin, H.; Andrade, C. & Arias, P. (2011): Climate Risk and Business Port – Terminal Marítimo Muelles el Bosque Cartagena, Colombia. S. 17.

43) USCCSP (U.S. Climate Change Science Program) (2009): Coastal Sensitivity to Sea-Level Rise: A Focus on the Mid-Atlantic Region – Synthesis and Assessment Product 4.1. S. 115.

Fokusthema 4: Häfen und maritime Wirtschaft



Umschlag und Lagerung von Gütern:

Der Güterumschlag könnte von der Reduktion der Frost- und Eistage sowie der sommerlichen Regentage positiv beeinflusst werden. Zudem kann sich die tendenziell sinkende Eis- und Schneelast auf den Dächern von Lagerhallen und auf den Freilagerflächen positiv auf den Hafenbetrieb auswirken. Zu bedenken sind dahingegen Laderampen, die durch den Meeresspiegelanstieg außerhalb ihres zulässigen Anstellwinkels geraten sowie tiefgelegene Kaianlagen, die dauerhaft überschwemmt und damit unbenutzbar werden können. Bei Zunahme der winterlichen Niederschlagsmenge und von Starkregenereignissen kann es insbesondere bei der Verladung von nicht wasserresistenten Gütern, wie zum Beispiel von Papiererzeugnissen, zu Behinderungen kommen.⁴⁴ Ein Anstieg der Temperaturen kann zu einem schnelleren Verderben von Lebensmitteln führen und erfordert daher einen steigenden Kühlbedarf.

Zudem ist eine Erhöhung der Schwelbrandgefahr durch wärmere und trockenere Sommermonate bei der Verladung und Lagerung von Kohle und anderen Schüttgütern denkbar.⁴⁵ Die potenzielle Zunahme von starken Winden könnte die Einsetzbarkeit von Kränen und Verladebrücken einschränken.⁴⁶ Darüber hinaus droht die Zunahme von Schäden an Gütern sowie Infra- und Suprastrukturen.

Menschliche Gesundheit:

In den Häfen können vor allem Personen, die körperlich schwere Tätigkeiten ausführen, durch die voraussichtlich steigende Zahl heißer Tage einem erhöhten Gesundheitsrisiko ausgesetzt sein. Insgesamt ist anzunehmen, dass die Arbeitsproduktivität während der heißen Tage sinkt. Hieraus könnte sich ein zunehmender Verschattungs- und Klimatisierungsbedarf von Arbeitsplätzen in den Häfen ergeben.

Der mögliche Rückgang der sommerlichen Niederschläge kann die Feinstaubbelastung in den Häfen zukünftig erhöhen.⁴⁷ Ein weiteres erhebliches Gesundheitsrisiko für die in den Häfen tätigen Personen stellen starke Winde und Niederschläge dar. Die Vielzahl der Risikofaktoren für die menschliche Gesundheit machen die Anpassung von Sicherheitsmaßnahmen für die Beschäftigten in den Hafengebieten erforderlich.

44) Wenzel, H. & Treptow, N. (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel für die zukünftige Entwicklung der öffentlichen Lübecker Häfen – Teil 1: Zukunftsszenarien und Klima-risiken. RADOST-Berichtsreihe. S. 34.

45) Vgl. Stenek, V.; Amado, J.-C.; Wright, S.; Washington, R.; Sherwin, H.; Andrade, C. & Arias, P. (2011): Climate Risk and Business Port – Terminal Marítimo Muelles el Bosque Cartagena, Colombia. S. 20–21.

46) Chhetri, P.; Corcoran, J.; Gekara, V.; Corbitt, B.; Wickramasinghe, N.; Jayatilleke, G.; Basic, F.; Scott, H.; Manzoni, A. & Maddox, C. (2013): Functional resilience of port environs in a changing climate – assets and operations. S. 54.

47) Vgl. Stenek, V.; Amado, J.-C.; Wright, S.; Washington, R.; Sherwin, H.; Andrade, C. & Arias, P. (2011): Climate Risk and Business Port – Terminal Marítimo Muelles el Bosque Cartagena, Colombia. S. 20ff.

Umwelt:

Die Eintrittswahrscheinlichkeit von Schiffshavarien sowie Zerstörungen und Verlusten an Land erhöht sich durch die mögliche Zunahme von starken Winden und Sturmhochwassern. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass bei solchen Ereignissen neben den damit verbundenen Sachschäden auch Schadstoffe in die Umwelt gelangen können.

Kontaminierte Böden können durch den Meeresspiegelanstieg mit Wasser in Kontakt kommen, mit der Gefahr, dass Schadstoffe in das Oberflächen- und Grundwasser gelangen. Eine ähnliche Gefahr geht von potenziell zunehmenden Starkregenereignissen aus. Auch diese können Bodenverunreinigungen schneller und stärker aus den Böden waschen. Zudem können intensive Niederschläge die Abwassersysteme überlasten, mit der Folge, dass Filteranlagen überlaufen und/oder versagen.

Versicherungen:

Nimmt die Verwundbarkeit von Infra- und Suprastrukturen sowie Betriebsabläufen in den Häfen bedingt durch den Klimawandel zu, können Versicherungsprämien steigen oder Risiken aus dem Versicherungsschutz ausgeschlossen werden. Beides senkt die Attraktivität des Hafenstandortes für seine Nutzer. Gelingt es einem Hafenstandort jedoch seine klimawandelbedingte Verwundbarkeit besser zu managen als seine Wettbewerber, können ihm daraus konkrete ökonomische Vorteile entstehen.



Hinterlandverkehr:

Der Hinterlandverkehr umfasst die Beförderung von Gütern zu und den Abtransport von Gütern von den Seehäfen per Straße, Schiene und Binnenwasserstraße. Störungen in diesem Bereich wirken sich unmittelbar auf die Betriebsabläufe im jeweiligen Hafen aus.

Eine Folge des Klimawandels, die sich positiv auf diesen Aspekt auswirken könnte, besteht im möglichen Rückgang von Frost- und Eistagen, so dass Hinterlandtransporte in den Wintermonaten künftig zuverlässiger werden. Andererseits sind vermehrt auftretende Sturm-, Hochwasser-, Niedrigwasser- und Starkregenereignisse sowie Böschungsbrände und Oberleitungsschäden infolge häufiger auftretender Hitze- und Trockenperioden denkbar, die die Zuverlässigkeit der Hinterlandverkehre wiederum reduzieren.⁴⁸

Reputation:

Einen zentralen Faktor für die zukünftige Entwicklung eines Hafenstandortes stellt seine Reputation aus Sicht von Reedereien, Logistikunternehmen, im Hafen produzierenden Unternehmen, Behörden und Verbänden sowie Anwohnern dar. Inwiefern die Reputation eines Hafens positiv oder negativ beeinflusst wird, hängt im Wesentlichen vom Umgang der verantwortlichen Hafenakteure mit den Herausforderungen des Klimawandels ab. Die frühzeitige und gründliche Analyse der sich einstellenden Klimarisiken und -chancen sowie ein angemessenes und nachvollziehbares Handeln können die Reputation und die Entwicklung eines Hafens dabei nachhaltig verbessern.

Fokusthema 4: Häfen und maritime Wirtschaft

Strategieentwicklung für die Anpassung der deutschen Ostseehäfen

Da es das Ziel ist, aus den oben vorgestellten potenziellen Anpassungsbedarfen konkrete und angemessene Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen, bedarf es einer umsetzungsorientierten Strategie. Nachfolgend wird der idealtypische Ablauf einer Strategieentwicklung in acht Phasen beschrieben:

Phase 1 – Akteursanalyse:

Den Auftakt der Strategieentwicklung bildet zunächst eine grundlegende Akteursanalyse, mit deren Hilfe zentrale Akteure identifiziert werden, die in den Prozess einzubeziehen sind. Ziel dieser Analyse sollte es sein, herauszuarbeiten, in welchen Beziehungen diese Akteure bislang stehen und wie sich diese sinnvoll auf die Entwicklung einer gemeinsamen Anpassungsstrategie ausweiten lassen. Konflikte zwischen den Akteuren, unterschiedliche Ziele, Bedenken und Vorbehalte gegenüber der Entwicklung einer Anpassungsstrategie müssen dabei berücksichtigt werden.

Phase 2 – Klimafolgenanalyse:

Die zweite Phase beinhaltet die Sammlung und Aufbereitung von verfügbaren Daten zur Änderung des Klimas in der Region und den damit verbundenen Folgen. Fehlende Daten müssen, soweit möglich, nacherhoben werden.

Phase 3 – Stärken-Schwächen-Analyse:

Ziel ist es, die Kernkompetenzen, Vorteile und Defizite des eigenen Standortes im Vergleich zu den Wettbewerbshäfen authentisch herauszuarbeiten. Eine Analyse der Robustheit der Supra- und Infrastrukturen gegenüber klimatischen Einflüssen sollte dabei, neben den herkömmlichen Aspekten wie Kapitalausstattung, Kosten, Qualifikation der Mitarbeiter etc., berücksichtigt werden.

Befragung der deutschen Ostseehäfen

Um einen systematischen Überblick über die bisherige und die erwartete Betroffenheit der deutschen Ostseehäfen durch extreme Wetterereignisse sowie über bereits umgesetzte und geplante Anpassungsmaßnahmen in den Häfen zu erhalten, führte das IÖW, unterstützt vom Landesverband Hafenwirtschaft Mecklenburg-Vorpommern e.V. (LHMV), von Juli bis September 2012 unter 21 Hafenbehörden und 244 in den deutschen Ostseehäfen ansässigen Betrieben eine Befragung durch.

Die Ergebnisse der Befragung wurden im Rahmen der RADOST-Berichtsreihe (Bericht Nr. 23) veröffentlicht.

Phase 4 – Chancen-Risiken-Analyse:

In dieser Phase sollten die Akteure auf der Grundlage der aufbereiteten regionalen Klimadaten Chancen und Risiken durch mögliche Klimaänderungen identifizieren und bewerten. Dazu sollte zunächst geprüft werden, wie hoch die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Chancen und Risiken sind. Anschließend ist eine Abschätzung sinnvoll, wie hoch der Schaden bzw. der Nutzen bei Eintreten des Risikos bzw. der Chance ist. Auf diese Weise ergibt sich aus der Verbindung von Eintrittswahrscheinlichkeit mit dem Schadens- bzw. Nutzenpotenzial für jedes bewertete Risiko und jede bewertete Chance ein individuelles Risiko-/Chancen-Level.





Phase 5 – Leitbildentwicklung:

Unter Berücksichtigung des Klimawandels soll eine für alle Beteiligten passende, gemeinsame Vision von der zukünftigen Entwicklung des Hafens geschaffen werden. Dabei ist es empfehlenswert, den Fokus der Leitbildentwicklung trotz vielfältiger Wirkungsebenen auf den Umgang mit Auswirkungen des Klimawandels zu legen.

Phase 6 – Bestimmung von Handlungsfeldern und Zielen:

Zunächst werden in dieser Phase, basierend auf dem Leitbild, die Handlungsfelder identifiziert, denen sich die Anpassungsstrategie vertieft widmen soll. Im Anschluss folgt für jedes Handlungsfeld die Definition von Zielen, welche spezifisch (eindeutig), messbar, attraktiv, realistisch (umsetzbar) und terminiert (Terminvorgabe) sein sollten.

Phase 7 – Entwicklung und Bewertung von Maßnahmen:

Aus den in Phase 6 identifizierten Zielen werden nun Maßnahmen entwickelt. Dabei ist es ratsam, spätestens zu diesem Zeitpunkt alle für die Umsetzung der Maßnahmen zuständigen Entscheidungsträger einzubinden. Zudem sollten die Maßnahmen anschließend bewertet, priorisiert und terminiert werden. Des Weiteren ist es empfehlenswert Methoden, Instrumente und Verfahren konkret zu benennen, mit denen die Maßnahmen umgesetzt werden sollen.

Phase 8 – Erfolgskontrolle:

Diese abschließende Phase dient der Überprüfung der Umsetzbarkeit der geplanten Maßnahmen sowie der Realisierung der anvisierten Ziele.

Im Laufe der Strategieentwicklung wird es zwischen den einzelnen Phasen immer wieder zu Rückkopplungen kommen. Neu hinzugewonnene Akteure und Erkenntnisse sollten in den laufenden Prozess einbezogen und einzelne Ziele oder auch das Leitbild bei Änderung der Rahmenbedingungen neu formuliert werden.

Kriterien für die Anpassung von Hafenstandorten

Ausgehend von Kriterien für die Gestaltung resilienter urbaner Systeme und Infrastrukturen⁴⁹ werden im Folgenden Kriterien für die Gestaltung klimaangepasster Hafenstandorte formuliert.

Vorausschauend planen:

Anpassungen sollten langfristig vorgenommen werden, da sie auf diese Weise ihre Wirkung entfalten können und ihre frühzeitige Umsetzung kostengünstiger ist. Ohnehin anstehende Instandhaltungs- und Neubaumaßnahmen sollten genutzt werden, um Anpassungen kostengünstig umzusetzen. Vorausschauende Planung beinhaltet zudem den Verzicht auf Entwicklungen in besonders vulnerablen Bereichen des Hafengeländes.

Exposition reduzieren:

Die Exposition lässt sich durch Verlagerung von Nutzungen und Infrastrukturen aus besonders gefährdeten Bereichen eines Hafens in weniger gefährdete Bereiche verringern. Dadurch entstehen jedoch oftmals Kosten- und Akzeptanzprobleme sowie Flächennutzungskonkurrenzen.

Regional und sektoral diversifizieren:

Ein auf wenige Regionen und oder Gütergruppen spezialisierter Hafen trägt ein besonders hohes Risiko für die Reduzierung seiner Wettbewerbsfähigkeit. Räumliche Diversifikation setzt auf die Ausbalancierung von Infrastrukturen, Umschlags- und Lagerplätzen. Ein dezentral gegliederter Hafen mit mehreren möglichst eigenständigen Raumeinheiten trägt ein geringeres Risiko als ein zentral ausgerichteter Hafen.

Redundanzen aufbauen:

Einen weiteren Aspekt zur Reduktion von Abhängigkeiten stellt neben der Diversifikation der Aufbau redundanter Systeme dar. Das bedeutet, dass mehrere funktional vergleichbare Elemente eine Störung eher untereinander ausgleichen und damit die Funktion aufrechterhalten. Dies ist jedoch sehr ressourcenintensiv und widerspricht somit den Grundsätzen des effizienten Ressourceneinsatzes. Hier bedarf es, wie auch bei anderen sich widersprechenden Kriterien einer fallbezogenen Abwägung.

Fokusthema 4: Häfen und maritime Wirtschaft

Robustheit herstellen:

Davon ausgehend, dass vom Menschen geschaffenen Strukturen grundsätzlich robuster und damit weniger anfällig gegenüber dem Klimawandel gemacht werden können, lassen sich Schäden an Supra- und Infrastrukturen durch veränderte Bauweise und intelligente Anordnung eher vermeiden. Ein Beispiel hierfür sind schwimmende oder angehobene Gebäude.

Ressourcen effizient einsetzen:

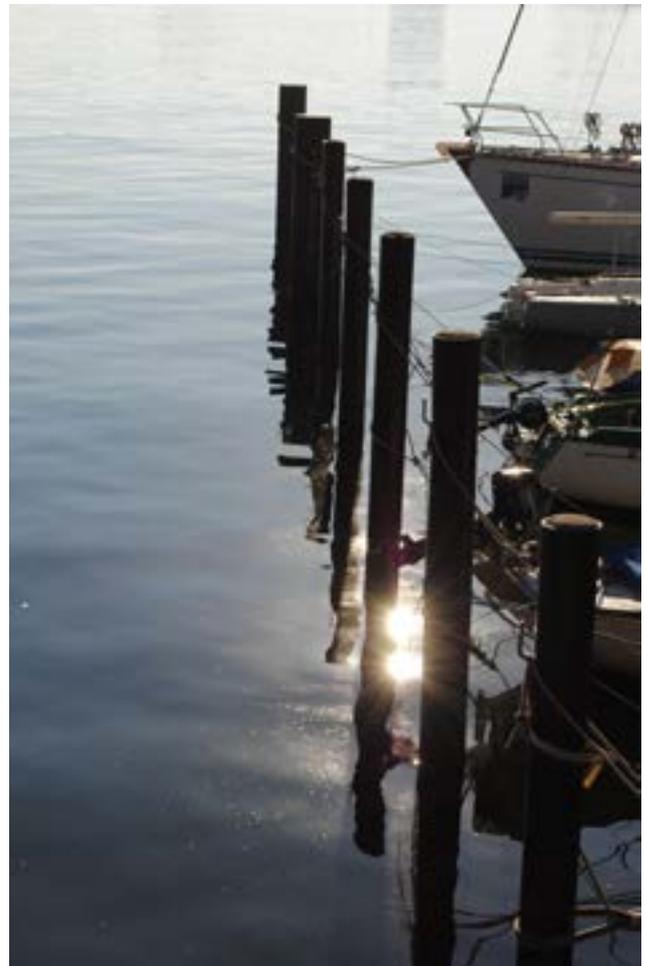
Der ökonomische Vorteil des minimalen Mitteleinsatzes besteht darin, dass der Hafenstandort auf diese Weise Ressourcen für das Erreichen weiterer Ziele oder für die Reaktion auf plötzlich auftretende Schadensereignisse zur Verfügung hat. Zudem reduziert ein sparsamer Umgang mit Ressourcen die Umweltbelastungen.

Synergien nutzen:

Die Wirtschaftlichkeit und der Nutzen von Anpassungsmaßnahmen lassen sich unter anderem erhöhen, indem die Maßnahme für weitere Funktionen eingesetzt werden kann. Dachbegrünungen beispielsweise übernehmen eine Kühlfunktion, die in besonders warmen Perioden die Kosten für die Raumklimatisierung reduzieren kann. In niederschlagsreichen Perioden werden wiederum der Abfluss des Niederschlags verzögert und Abflussspitzen in der Regenwasserkanalisation gedämpft.

Flexibilität bewahren:

Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten in Hinblick auf die künftige Klimaentwicklung sowie die ökonomischen, politischen und weiteren Rahmenbedingungen, bietet es sich an, ein flexibles System zu bewahren, denn im Vergleich zu Sys-



temen mit starren Strukturen ist ein flexibles System deutlich besser in der Lage, auf bislang unbekannte Entwicklungen zu reagieren. Durchzuführende Maßnahmen sollten somit umkehrbar sein und nicht selbst zu Problemen werden.

Fazit und Ausblick

Die dargestellten potenziellen Anpassungsbedarfe machen deutlich, wie breit das Spektrum der Handlungsmöglichkeiten und Handlungsnotwendigkeiten in den deutschen Ostseehäfen im Verlauf dieses Jahrhunderts werden kann. Von einfachen Anpassungen der Betriebsabläufe bis hin zu kostenintensiven Investitionsmaßnahmen ist vieles denkbar. Jedoch werden die Anpassungsbedarfe nicht in allen Häfen im selben Umfang entstehen. Es ist daher zwingend notwendig, die individuelle Verwundbarkeit eines jeden Hafens zu überprüfen und eine standortspezifische Anpassungsstrategie zu entwickeln.

Der vorgestellte Ablauf einer Strategieentwicklung für die deutschen Ostseehäfen und die Kriterien für die Gestaltung klimaangepasster Hafenstrukturen sollen mit Vertretern von Infra- und Suprastrukturbetreibern in den deutschen Ostseehäfen diskutiert und konkretisiert werden. Anschließend sollen Bausteine einer Anpassungsstrategie konzipiert werden, die der unterschiedlichen Betroffenheit und den unterschiedlichen Ausgangssituationen in den deutschen Ostseehäfen Rechnung tragen.

Anwendungsprojekt: Anpassungsstrategie Seehafen Lübeck

Kontakt:

Competence in Ports and Logistics (CPL)

Heiko Wenzel: wenzel@c-pl.de

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin (IÖW)

André Schröder: andre.schroeder@ioew.de

In Zusammenarbeit mit dem IÖW erarbeitete das Consultingunternehmen Competence in Ports and Logistics (CPL) gemeinsam mit der Lübeck Port Authority (LPA) und der Lübecker Hafengesellschaft mbH (LHG) eine Anpassungsstrategie für die öffentlichen Lübecker Häfen.

Eine Analyse zur Entwicklung der Güterumschlagsmengen und der Passagierzahlen in den öffentlichen Lübecker Häfen sowie zum identifizierten Handlungsbedarf durch zusätzliche Naturrisiken aufgrund des Klimawandels steht im Rahmen der RADOST-Berichtsreihe (Bericht Nr. 20) zur Verfügung.

Darin wurden folgende Klimatrends mit prägnanten Einflüssen auf die öffentlichen Lübecker Häfen identifiziert:

- Anstieg der mittleren Temperaturen
- Rückgang von Eisbildung
- Veränderung der Niederschlagsmuster
- Anstieg des Meeresspiegels
- Erhöhung der mittleren Windgeschwindigkeit
- Zunahme schwerer und sehr schwerer Sturmhochwasser

Diese dienen als Grundlage für die abschließende monetäre Bewertung der Anpassungsbedarfe.

Klimatrends und potenzielle Auswirkungen auf die öffentlichen Lübecker Häfen

Für die Erhöhung der Windgeschwindigkeiten weisen die Terminals des öffentlichen Lübecker Hafens zwar momentan eine gute Anpassung auf. Die Stürme des Jahres 2013 hinterließen nur unbedeutende Schäden an Luken und Hallentoren, lassen vor dem Hintergrund der weiter ansteigenden Windgeschwindigkeit und Sturmintensität eine vorsorgliche

Überprüfung einzelner Elemente dennoch ratsam erscheinen. Der Anstieg des Meeresspiegels kann für einige Bereiche der öffentlichen Lübecker Häfen negative Folgen haben. Für die drei Terminals Skandinavienkai, Vorwerker Hafen und Schlutupkai II wurden anhand von Höhenplänen die Anfälligkeiten gegenüber einem Meeresspiegelanstieg identifiziert.



1.61 > Höhenangaben des Terminals Vorwerker Hafen

Fokusthema 4: Häfen und maritime Wirtschaft

Anpassungsbedarfe und monetäre Bewertung

Als Bemessungsgrundlage für die Terminals in den öffentlichen Lübecker Häfen dient die Definition einer Sturmflut, die für den Bereich Lübeck auf eine Höhe von 1,7m festgelegt wurde. Zusätzlich sind Wellenhöhen von bis zu 60cm zu berücksichtigen. Die notwendige Mindesthöhe von Hafenterminals sollte somit bei 2,3m über NN liegen.

Am Terminal Schlutupkai II ist eine durchgängige Höhe von über 3m festzustellen, somit kann das Terminal als sicher gegenüber Hochwassergefahren der nächsten Jahrzehnte angesehen werden. Der Skandinavienkai weist eine durchschnittliche Höhe der Kaimauern von 2,5m auf. Eine momentane Hochwassersicherheit ist gegeben. Je nach der Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs sind zukünftige Anpassungen erforderlich.

Als kritisch ist hingegen die Situation des Terminals Vorwerker Hafen einzuschätzen. In Abbildung 1.61 ist ersichtlich, dass sich einige Hallen auf einer Höhe von 2,3m befinden und die Verkehrswege zum Teil nur 2,1m über NN aufweisen. Unter der Annahme eines Meeresspiegelanstiegs um 20 cm bis zum Jahr 2050 müssten allein am Terminal Vorwerker Hafen zwischen 17,6 und 26,1 Mio. Euro in die Anpassung von Verkehrsflächen und Hallen, insbesondere in die Erhöhung der Hallenböden, investiert werden.

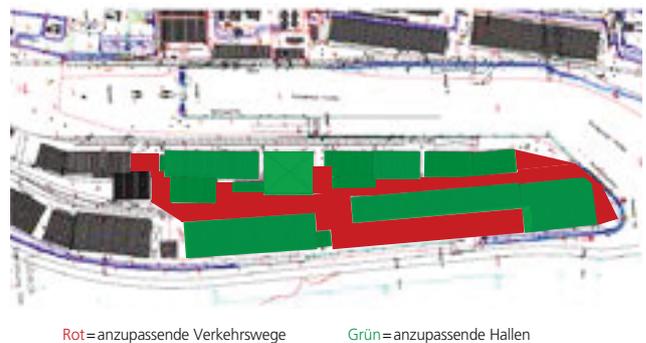
Abbildung 1.62 zeigt die Bereiche, wo solche Anpassungen erforderlich werden. Die Spanne der Investitionssumme ergibt sich aus der Kombination von möglichen Hallenbodensanierungen und notwendigen Hallenneubauten. Allein durch einen Anstieg des Meeresspiegels um weitere 10 cm bis zum Jahr 2050 wären am Vorwerker Hafen bereits zwischen 41,7 und 55,1 Mio. Euro für die Anpassung des Terminals notwendig. Abbildung 1.63 zeigt die Bereiche des Terminals Vorwerker Hafen, welche in diesem Fall betroffen sind.

Auch Teilflächen auf dem Terminal Skandinavienkai müssten mit einem Investitionsumfang von ca. 17,9 Mio. Euro angepasst werden, um bei einem Meeresspiegelanstieg von 30 cm eine Hochwassersicherheit weiterhin zu gewährleisten.

Die notwendigen Gesamtinvestitionen der öffentlichen Lübecker Hafenterminals würden bei einem Meeresspiegelanstieg um 30 cm somit bereits bei 59,5 bis 73 Mio. Euro liegen.

In Gesprächen mit den Terminalbetreibern konnte festgestellt werden, dass die vorliegenden Kenntnisse über die Klimaentwicklungen am Standort Lübeck bei den zukünftigen Investitionen Beachtung finden sollen, Anpassungen jedoch weiterhin vorwiegend im Rahmen lebenszyklischer Erneuerungsarbeiten erfolgen können. Der monetäre Anteil der Klimaanpassung bei den Investitionen der Hafenterminals kann schwer bewertet werden, da bei turnusmäßigen Erneuerungen nur ein kleiner Teil der Bausumme aus einer verbesserten Hochwassersicherheit herrührt.

Insgesamt sind die öffentlichen Lübecker Häfen aufgrund der Art ihrer Geschäftstätigkeit schon gut an den Klimawandel angepasst, wogegen umliegende natürliche Küstenbereiche deutlich eher mit den Folgen der Klimaänderungen in Berührung kommen werden.



1.62 > Notwendige Anpassungsbereiche bei 20 cm Meeresspiegelanstieg



1.63 > Notwendige Anpassungsbereiche bei 30 cm Meeresspiegelanstieg

Anwendungsprojekt: Integration von Umweltdaten der Ostsee in die routenspezifische Optimierung von Schiffsentwürfen

Kontakt:

Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)

Dr. Ralf Weisse: ralf.weisse@hzg.de

Flensburger Schiffbau Gesellschaft (FSG)

Katja Wöckner-Kluwe: wkluwe@fsg-ship.de

Schiffe sind entsprechend ihrem Einsatzgebiet verschiedenen Umwelteinflüssen ausgesetzt. Diese sich ändernden Umwelteinflüsse über die gesamte Nutzungsdauer der Schiffe stärker in das Entwurfskonzept einzubinden, stellt einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil dar. An der Flensburger Schiffbau-Gesellschaft (FSG) wurde dazu ein innovatives Konzept entwickelt und mithilfe von Umweltdaten des HZG für die Nordsee getestet und umgesetzt.

Ein analoger Ansatz wurde nun in RADOST basierend auf den Seegangs- und Strömungsrechnungen für die Ostsee entwickelt und in das operationelle Schiffsentwurfssystem der FSG übernommen. Im Folgenden wird beispielhaft der Einsatz des Systems für den Entwurf einer Fähre auf der Strecke Stockholm-Riga (Abb. 1.66) vorgestellt.

Bewertung der Seegangseigenschaften während der Entwurfsphase

Die im Fahrtgebiet eines Schiffes vorherrschenden Umgebungsbedingungen können einen großen Einfluss auf den Betrieb und die Wirtschaftlichkeit eines Schiffes haben. Durch Seegang kommt es zu Schiffsbewegungen, die im Extremfall für die Sicherheit des Schiffes kritisch werden können. Aber auch kleinere Bewegungen können für die Wirtschaftlichkeit des Schiffes bedeutsam werden. Durch Wind und Seegang kommt es zu einer Erhöhung des Schiffswiderstands gegenüber dem Fall in Glattwasser. Dadurch sinkt die erreichbare Schiffsgeschwindigkeit, wodurch der Fahrplan möglicherweise nicht mehr eingehalten werden kann und der Brennstoffverbrauch steigt. Aus

diesen Gründen ist es wichtig, die zu erwartenden Umwelteinflüsse beim Schiffsentwurf zu berücksichtigen.

Neben der zu erwartenden Fahrplanteure spielt das Komfortempfinden der Passagiere beim Entwurf eines Fährschiffes eine entscheidende Rolle. Hierbei werden beispielsweise das Rollen (Bewegung des Schiffes um seine Längsachse) und Stampfen (Bewegung des Schiffes um die Querachse) des Schiffes im Seegang als unangenehm empfunden. Gewisse Grenzwerte für Roll- und Stampfwinkel sollten deshalb möglichst nicht überschritten werden.

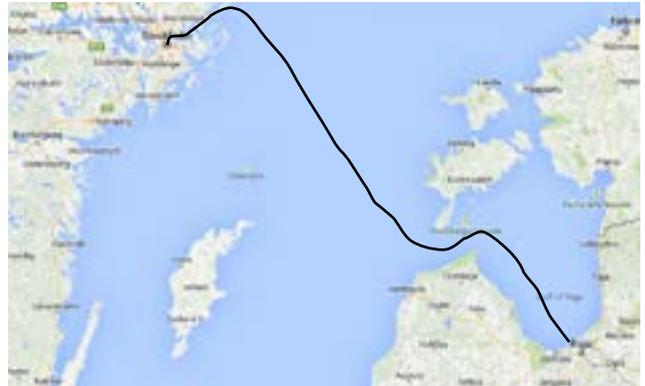


1.64 > Visualisierung des Schiffsrumpfes im Seegangsfeld

Fokusthema 4: Häfen und maritime Wirtschaft



1.65 > Fähren könnten schon beim Entwurf auf zukünftige Wetter- und Seegangsbedingungen angepasst werden



1.66 > Mögliche Route der im Rahmen von RADOST untersuchten Fähre zwischen Stockholm und Riga (Quelle: ©2014 Google)

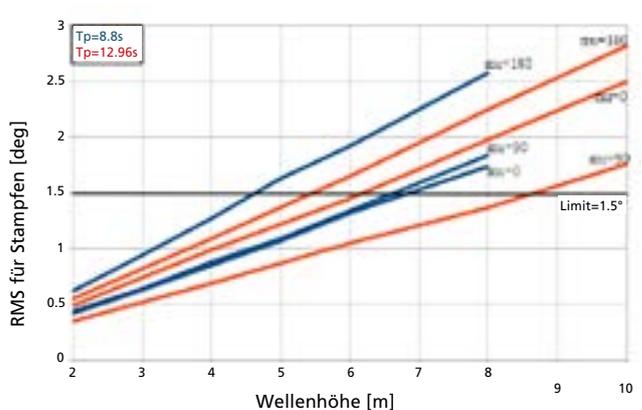
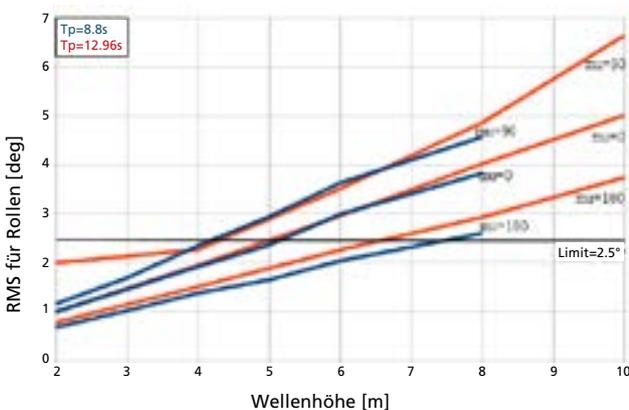
Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Mit Hilfe der in das Entwurfssystem übernommenen Seegangsdaten aus RADOST werden die zu erwartenden Roll- und Stampfwinkel in Abhängigkeit von Wellenhöhe, Periode und Begegnungswinkel mittels numerischer Simulationen bestimmt (Abb. 1.67). Mithilfe der Statistik der Seegangsdaten und der Simulationsergebnisse kann ermittelt werden, dass die Komfortkriterien für die Passagiere im Großteil der Zeit eingehalten werden, jedoch bei stürmischen Bedingungen überschritten werden. Dies wird von der überwiegenden Zahl der Passagiere als unangenehm empfunden.

Zur Reduzierung der Rollbewegungen in schwerem Seegang wird deshalb vorgeschlagen, das Schiff mit Stabilisierungsflossen auszustatten. Mit Hilfe der Flossen lassen sich die Bewegungsamplituden des Schiffes im Seegang deutlich reduzieren. Somit ist es möglich das Komfortkriterium

um hinsichtlich Rollen auch in stürmischer See einzuhalten. Da die Flossen den Widerstand des Schiffes deutlich erhöhen, sollten sie als einschwenkbare Flossen ausgeführt werden, damit sie nur bei entsprechenden Wetterbedingungen genutzt werden. Dieses Beispiel zeigt, dass die Kenntnis der zu erwartenden Seegangsbedingungen während der Entwurfsphase ein wichtiges Kriterium ist um das Schiff an sein Einsatzprofil anzupassen.

Da die zu erwartende Lebensdauer eines Schiffes wesentlich geringer ist als die Zeitskalen zu erwartender Klimaänderungen infolge der anthropogenen Erwärmung, werden derzeit ausschließlich heutige klimatische Bedingungen betrachtet. Ändern sich die klimatischen Bedingungen langfristig, besteht eine Anpassungsmaßnahme darin, neue Schiffe gemäß den dann zu erwartenden Bedingungen zu konstruieren.



1.67 > Abhängigkeit des Rollwinkels (links) und des Stampfwinkels (rechts) in Grad in Abhängigkeit von der Wellenhöhe, der Periode (blau, orange) und dem Begegnungswinkel ($\mu=180, 90, 0$ Grad) entsprechend vorderlichem, seitlichem und achterlichem Seegang. Die Komfortlimits sind als schwarze waagerechte Linie eingezeichnet. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Fähre auf entsprechende Umweltbedingungen entlang ihrer Route trifft, kann mit Hilfe der großräumigen Seegangsdaten aus Modul 2 bestimmt werden.



Fokusthema 5: Naturschutz und Nutzungen

Kontakt:

Institut für Angewandte Ökosystemforschung,
Neu Broderstorf (IfAÖ)

Timothy Coppack: coppack@ifaoe.de

Claudia Möller: moeller@ifaoe.de

Das Fokusthema „Naturschutz und Nutzungen“ befasste sich mit den vielfältigen Nutzungen des Naturraums und -haushalts durch den Menschen im Kontext des Klimawandels.

Im Rahmen von RADOST wurden die naturschutzfachlichen Aspekte insbesondere im Fokusgebiet Adlergrund, Greifswalder Bodden und Pommersche Bucht östlich der Insel Rügen vor dem Hintergrund des Klimawandels

und der Klimaanpassung beleuchtet. Die bestehenden und geplanten Nutzungen wurden identifiziert und eine umfangreiche Aufarbeitung auch im Blick auf die administrativen Zuständigkeiten und Gesetzgebungen vorgenommen.

Konkrete Empfehlungen und Schlussfolgerungen wurden abgeleitet.

Lokales Netzwerk Adlergrund/Lubmin

Bei der Untersuchung der vielfältigen Nutzungen im Fokusgebiet und der Analyse ihrer naturschutzfachlichen Aspekte spielte die enge Zusammenarbeit mit den beteiligten Akteuren vor Ort eine entscheidende Rolle. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von RADOST nahmen im Laufe der Projekts an vielfältigen themenbezogenen Workshops und Tagungen teil und initiierten eigene Veranstaltungen, wo Vertreter verschiedener Interessensgruppen sich im Hinblick auf den Klimawandel über die verschiedenen Nutzungskonflikte in der Region austauschten.



Wissensportal: RADOST-Wiki

Das RADOST-Wiki als lebendiges Wissensportal mit Informationen zu Aktivitäten und Forschungsergebnissen des IfAÖ wird auch über den RADOST-Zeitraum öffentlich zugänglich sein. Ergänzungen werden weiterhin vorgenommen, wobei großer Wert auf die Kooperation mit Fachleuten des RADOST-Teams und weiteren Partnern aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Forschung, Lehre und der Öffentlichkeit gelegt wird, um so das über die RADOST-Jahre aufgebaute Netzwerk erhalten und festigen sowie ein aktuelles Wissensportal anbieten zu können.

Derzeit wird weiterhin ein „Atlas“ mit Fakten und Informationen zum Fokusthema erstellt. Der Atlas wird „Factsheets“ und dazugehörige Kartendarstellungen zu den Themen Naturschutz, Nutzungen und Konflikte im Fokusgebiet enthalten.

Das RADOST-Wiki finden Sie unter:

<http://platform-z.ifaoe.de/mediawiki/index.php?title=Radost-Wiki:Portal>

Ökologische Untersuchungen möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf Flora und Fauna der Ostsee

Es ist anzunehmen, dass sich in den nächsten 100 Jahren die abiotischen (nicht-belebten) Bedingungen der Ostsee, wie z.B. Temperatur und Salzgehalt aufgrund des Klimawandels ändern werden. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Frage, ob und in welche Richtung sich das Ökosystem der Ostsee verändern wird.

Im Rahmen von RADOST wurde der Schwerpunkt auf zwei Indikatoren für Klimaveränderungen gelegt, die ein Beispiel der ökologischen Abhängigkeit repräsentieren:

1. Muschelarten, die in direkter Abhängigkeit zu Salz- und Sauerstoffgehalt stehen.
2. Die Eisente als in der Ostsee überwinternde Art, die sich von den genannten Muscheln ernährt.

Es wird erwartet, dass insbesondere die klimabedingten Veränderungen der abiotischen Bedingungen einen direkten Einfluss auf die Muschel-Populationen und somit wahrscheinlich auch auf die Population der Eisente in der Ostsee haben wird (vgl. 4. Jahresbericht).

Entwicklung neuer Instrumente und Analyseverfahren

Zu Beginn der RADOST-Projektlaufzeit wurde intensiv nach Gestaltungsmöglichkeiten gesucht, Daten aus bestehenden Klimaprojektionen für Abschätzungen und Entwicklungen des Ökosystems in der Region Adlergrund, Greifswalder Bodden und Pommersche Bucht zu nutzen.

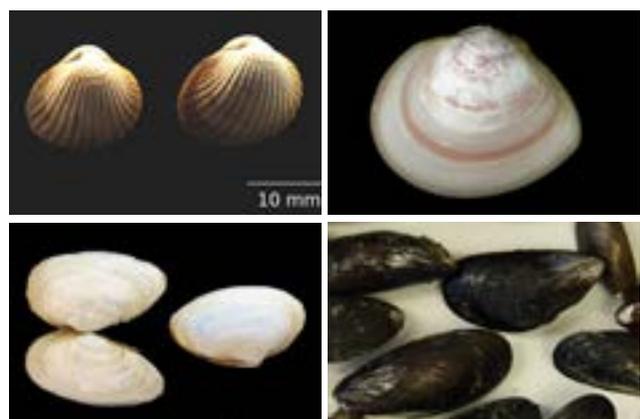
Die Benthos-Datenbank, die Daten über die in Bodenzonen von Gewässern vorkommenden Lebewesen enthält, wurde mit Klimaprojektionen der Modelle im RADOST-Projekt kombiniert.

Das Methodenspektrum zur weiteren Analyse ökologischer Gemeinschaften unter dem Einfluss des Klimawandels wurde kontinuierlich erweitert und besser justiert.

Der Kenntnisstand zu den durchgeführten Untersuchungen wird in Modul 2.4 „Ökologie und biologische Vielfalt“ ausführlicher dargestellt (vgl. S. 122f.).



1.68 > Von der Eiderente (*Somateria mollissima*) werden Windparks in der Regel umflogen (oben). Muscheln als Nahrungsgrundlage der Eisente (rechts)



Ausblick

Bislang können die ökologischen Beziehungen noch nicht hinreichend mit Daten belegt werden. Weitere Untersuchungsergebnisse zur Verteilung von benthischen Organismen (insbesondere Muschelarten) in Abhängigkeit von abiotischen Faktoren sind erforderlich und in Beziehung zu anthropogenen Einflüssen (Kies-, Sandgewinnung und Windkraft) und Veränderungen des

Klimas zu setzen. Darauf aufbauend ist der Einfluss der benthischen Verteilung auf das Vorkommen der Eisente weiter zu untersuchen. Die Verschneidung der biologischen Ergebnisse mit Modelldaten zur Klimaentwicklung dienen hierbei der Veranschaulichung der ökologischen Beziehungen im Kontext des Klimawandels.

Fokusthema 5: Naturschutz und Nutzungen

Naturschutzfachliche Aspekte und Nutzungen

Für die Ostsee existiert eine Vielzahl bestehender und geplanter Nutzungen (z.B. Wasserstraßen, Offshore-Windenergieanlagen, Netzanbindungen, Fischerei, Rohstoffwirtschaft, Tourismus, militärische Nutzung, Sedimentabbau usw.). Diese wurden zu Projektbeginn insbesondere für das Fokusgebiet Adlergrund, Greifswalder Bodden und Pommersche Bucht umfassend aufgearbeitet und im Blick auf die administrativen Zuständigkeiten und Gesetzgebungen analysiert. Für die einzelnen Nutzungskategorien wurde ein Faktenkatalog erarbeitet (vgl. 2. Jahresbericht).

Im dritten Projektjahr lag ein besonderer Schwerpunkt auf den naturschutzfachlichen Aspekten (u. a. FFH-Gebiete, Avifauna, marine Säugetiere) im Zusammenhang mit der Windenergienutzung (vgl. 3. Jahresbericht).

Im Rahmen von RADOST konnte die Entwicklung der aufgezeigten naturschutzfachlichen Aspekte und verschiedenen Nutzungen über einen Zeitraum von vier-einhalb Jahren verfolgt werden. Dabei bestätigte sich insbesondere die Relevanz der folgenden beiden Nutzungskategorien:

- Offshore-Windenergienutzung (als Klimaschutzmaßnahme)
- Mariner Sand- und Kiesabbau (für den Küstenschutz als Klimaanpassungsmaßnahme).

Diese Nutzungen und ihre Konkurrenz zu Zielen des Naturschutzes werden im Folgenden noch einmal umfassend dargestellt und bewertet.

Meeresnaturschutz vor dem Hintergrund von Maßnahmen zu Klimaschutz und -anpassung

Sand- und Kiesabbau für den Küstenschutz

Erdöl, Erdgas, Sand und Kies werden seit ca. 40 Jahren in der Ostsee gewonnen.⁵⁰ Zwischen 1991 und 2012 wurden jährlich zwischen 500.000 und 4 Mio. Tonnen Kies und Sand abgebaut.⁵¹ Für gewerbliche Nutzungen dieser Rohstoffe stehen bis jetzt 14 Bewilligungsfelder (fünf davon genehmigt) in der Ostsee zum Abbau zur Verfügung.⁵²

Weiterhin werden Bewilligungsfelder für den Küstenschutz mit der Begründung zum Schutz vor Abrasion und zur Bewahrung menschlich besiedelten Bodens im Zuge des Klimawandels benötigt. Derzeit gibt es für den Bereich der Ostsee 15 Bewilligungsfelder für den Küstenschutz, von denen bis jetzt noch keine Fläche zugelassen wurde.⁵³

In der Vergangenheit wurde für Aufspülungen für den Küstenschutz auch Sand und Kies aus Schutzgebieten abgebaut, wie vor den Inseln Föhr und Sylt.

Der Kies- und Sandabbau beeinflusst die natürlichen Gegebenheiten vor Ort stark. Es wurde nachgewiesen, dass die Methode des Saugbaggerns die betroffenen Meeresgebiete beeinträchtigt, auch wenn zunächst nur kleinräumig. Eine englische Untersuchung belegt, dass Gebiete, die 25 Jahre lang für Sandabbau genutzt wurden, etwa 6 Jahre brauchen, um vollständig wiederbesiedelt zu werden.⁵⁴ Nach kurzfristiger oder einmaliger Baggerung stellen sich die ursprünglichen Verhältnisse bereits nach ein bis zwei Jahren wieder ein. Weiterhin wird die Zusammensetzung des Sediments nach dem Abbau verändert. Werden Kies oder Grobsand abgebaut, füllen sich die vertieften Flächenbereiche häufig mit feinerem Sand, der durch die Strömung heran treibt.

50) Vgl. Reith, T. (2001): Rohstoffgewinnung in der Ostsee – Studienarbeit, Mittelseminar „Die Ostsee: Schutz und Nutzung“, Geographisches Institut der Universität Kiel, Pkt. 1 Einleitung. <http://books.google.de/books?id=cQyu6cU0cNEC&printsec=frontcover&hl=de#v=onepage&q&f=false>

51) Festbroschüre zu „20 Jahre Bergamt Stralsund, 1990 bis 2010“, Hrsg. Bergamt Stralsund und Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus, Mecklenburg-Vorpommern, 2010.

52) Vgl. Polzin, H. (2012): mündliche Aussage, RADOST-Tour 2012, Ozeaneum Stralsund.

53) Ebd.

54) WOR 3 (2014): World Ocean Review (Teil 3) - mit den Meeren leben, Rohstoffe aus dem Meer – Chancen und Risiken, Zusatzinfo: Sand, Kies und Phosphat aus dem Meer, Hrsg. maribus in Kooperation mit Ozean der Zukunft, die Kieler Meereswissenschaften, mare und International Ocean Institute <http://worldoceanreview.com/wor-3-uebersicht/mineralische-rohstoffe/vorkommen-und-maerkte/sand-kies-und-phosphat-aus-dem-meer/>

Auch das beim Abbau inzwischen ebenfalls angewandte Stechkopfverfahren führt zu einer Veränderung des Bodensubstrats. In feinkörnigen Arealen leben andere Meeresbewohner als in grobkörnigen. Die Veränderungen können, auch wenn nur auf lokaler Ebene, über Jahre anhalten und somit Lebensgemeinschaften und einzelne Arten verdrängen.⁵⁵ Betroffen davon sind u. a. Muscheln. Einerseits sind sie durch die Saugbaggerung selbst gefährdet, wie z. B. die Sandklaffmuschel, die eingegraben im Substrat lebt. Werden die Muscheln rausgespült bzw. ihr Habitat abgetragen, überleben sie dies nicht.

Andere Muscheln leben auf dem Substrat und verlieren u. a. durch den Abbau von Grobsand und Kies ihren Lebensraum. Schließlich besteht die Möglichkeit, dass mit einer Erweiterung des Kies- und Sandabbaus die Nahrungsquelle in Form der Muscheln für Vogelarten wie die Eisente abnimmt und somit auch diese Art ihre jedes Jahr aufgesuchten Nahrungsgebiete verliert und letztlich zumindest vorübergehend in andere Gebiete verdrängt wird. Da die Eisente auf bestimmte Nahrungsgebiete spezialisiert ist, kann aufgrund der Verdrängung auch ein Populationseffekt nicht ausgeschlossen werden.⁵⁶

Die Sand- und Kiesentnahme kann zudem negative Folgen für Fischbestände haben, denn mit der Entnahme von Sand und Kies und den damit veränderten Habitaten, gehen möglicherweise Nahrungsgrundlagen für Fische und geschützte Bereiche für Jungfische (u. a. für Sandaale) verloren.

Im 4. RADOST-Jahresbericht wurde der Sand- und Kiesabbau für den Küstenschutz hinsichtlich seines großen Bedarfs und seiner Folgen für die Umwelt betrachtet. Dazu gehörte die Darstellung der bestehenden rechtlichen Regelungen zum Abbau und die direkten Maßnahmen zum Schutz der Habitats für die Riff- und Weichbodenfauna, als Leitlinie für die Planung und Durchführung des Abbaus von Kiesen und Sanden.



55) Vgl. BUND S-H (2009): Stellungnahme des BUND Schleswig-Holstein e.V. zur Antwort auf die große Anfrage der Fraktion der SPD zur „Bilanz und Zukunft des Küstenschutzes in Schleswig-Holstein an Nord- und Ostsee (Drucksache 16/ 2403).

http://www.bund-sh.de/uploads/media/09_04_bund_stellungnahme_Bilanz_Kuestenschutz_SH.pdf und:

WOR 3 (2014): World Ocean Review (Teil 3) - mit den Meeren leben, Rohstoffe aus dem Meer – Chancen und Risiken, Zusatzinfo: Sand, Kies und Phosphat aus dem Meer, Hrsg. maribus in Kooperation mit Ozean der Zukunft, die Kieler Meereswissenschaften, mare und International Ocean Institute.

<http://worldoceanreview.com/wor-3-uebersicht/mineralische-rohstoffe/vorkommen-und-maerkte/sand-kies-und-phosphat-aus-dem-meer/>

56) Vgl. Sonntag, N. & Garthe, S. (2011): Seevögel der Ostsee – Lebensansprüche und Bedrohung; Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Universität Kiel, Büsum; Beitrag zum Seminar „Die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie MSRL - noch 10 Jahre bis zu einem guten Zustand der Ostsee“, 23.11.2011 im Konferenzzentrum der Technologiepark Warnemünde GmbH. http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/lfs_vortrag_11_11_23_sonntag.pdf

Fokusthema 5: Naturschutz und Nutzungen

Offshore Windenergie-Nutzung

Das Ziel, die fossilen, in absehbarer Zeit endlichen und in ihrer Nutzung umwelt- bzw. gesundheitsschädlichen Energie-ressourcen durch regenerative Energien schnellstmöglich zu ersetzen, erfordert u. a. auch eine Erweiterung der Offshore-Windenergie. Die verhältnismäßig kleine Meeresfläche der deutschen Ostsee (ca. 15.475 km²) verfügt über einen überwiegend recht schmalen „Streifen“ der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ-Fläche ca. 4.452 km²), sodass zukünftigen Offshore-Windpark-Planungen im Küstenmeer eine besondere Bedeutung zukommt. Dies zeigt auch die derzeit laufende Fortschreibung des Landesraumentwicklungsprogramms Mecklenburg-Vorpommern (LEP MV), der als Entwurf im Februar 2014 vom Kabinett des Ministeriums für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung MV für die erste Stufe eines offenen Beteiligungsverfahrens freigegeben wurde.

Der Windenergie kommt darin unter energie- und klimapolitischen, wirtschaftlichen und räumlichen Gesichtspunkten eine besondere Bedeutung zu. Ihr Anteil soll deutlich erhöht werden. Vor dem Hintergrund, dass andere Nutzungen oder naturschutzfachliche Anforderungen die Errichtung von Windenergieanlagen (WEA) in bestimmten Gebieten ausschließen, erfolgt die Festlegung mariner Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Windenergieanlagen (siehe Abb. 1.69) anhand bestimmter Kriterien (z.B. Ausschluss in Gebieten gemeinschaftlicher Bedeutung und EU-Vogelschutzgebieten).

Im 4. RADOST-Jahresbericht wurde die Förderung, der Ausbau der Offshore-Windenergie mit Hintergrundinformationen zur Historie, zum Ist-Stand der Planungen und Genehmigungen, zu rechtlichen Regelungen im Zusammenhang mit der Umweltverträglichkeit sowie zu zukünftigen Offshore-Windparks in der Ostsee betrachtet.



1.69 > Marine Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für Windenergieanlagen (Quelle: Kartenauszug aus dem ersten Entwurf des LEP MV, vgl. http://www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/vm/Themen/Landes-_und_Regionalentwicklung/Fortschreibung_Landesraumentwicklungsprogramm/index.jsp)

Während in dem LEP MV aus dem Jahr 2005 zwei marine Eignungsgebiete für WEA raumordnerisch festgelegt sind, weist dessen Fortschreibung im Entwurf acht marine Vorrang- und vier Vorbehaltsgebietes für Windenergieanlagen aus. Die ausgewiesenen Flächen liegen westlich des RADOST-Fokusgebietes Adlergrund, Greifswalder Bodden und Pommersche Bucht.

Die Planung weiterer Offshore-Windparks (OWP) ist in relativ kurzer Zeit möglich, ihre Genehmigung dagegen ist, wie die letzten Jahre gezeigt haben, ein recht langwieriger Prozess. So steht im RADOST- Gebiet derzeit eine größere Anzahl von in Planung befindlichen Offshore-Windparks einer sehr geringen Anzahl an genehmigten Windparks gegenüber. Die rasante Entwicklung der Windenergie und die großen Windparks erzeugen eine hohe Aufmerksamkeit und werden von vielen Akteuren kritisch betrachtet (siehe auch nicht genehmigte OWP im Bereich Adlergrund). Die Kenntnisse und Forschung im marinen Bereich sind deshalb weiter zu vertiefen sind.

Es bestehen noch viele fachspezifische Fragen bezogen auf ökologische Veränderungen im Rahmen des Klimawandels einschließlich der ökologischen und naturschutzrelevanten Auswirkungen, die vom Bau und Betrieb der Offshore-Windenergieanlagen ausgehen. Die inzwischen vorliegenden Monitoringdaten der errichteten bzw. in Betrieb befindlichen OWP liefern erste Hinweise, die in den kommenden Jahren im Blick auf das Zutreffen der prognostizierten Auswirkungen weiter zu verfolgen sind.

Bezogen auf die im RADOST-Projekt betrachteten Arten stellt sich z. B. die Frage, wie sich die vielen Anlagenfundamente auf das Ökosystem Meer langfristig auswirken. Einerseits bieten die Fundamente neue Habitate für Muscheln, die Hartsubstrat bevorzugen, andererseits führt eine zu große Population, die sich in Windparks auch großflächig verteilt, zu einer erhöhten Biomasseproduktion, womit das ökologische Gleichgewicht gestört werden kann. Es ist nicht bekannt, wie gut das marine Ökosystem „Ostsee“ solche Veränderungen, zusätzlich zu den klimatischen Veränderungen „abpuffern“ kann. Generell ist das Binnenmeer Ostsee

aufgrund der nur sehr kleinen Verbindung zur Nordsee und mit nur sehr geringem Austausch zwischen den beiden Meeren wenig tolerant gegenüber Veränderungen.⁵⁷

Es ist nicht hinreichend untersucht, wie groß der Verlust an Zug- und Rastvögeln sein wird, wenn flächendeckend große Offshore-Windparks in der Nähe von Zug- oder Rastgebieten errichtet werden. Die Erfassung von Rast- und Zugvögeln im Bereich der Ostsee ist grundsätzlich kein abgeschlossener Prozess, sie erfolgt für Teilgebiete im Rahmen von Genehmigungsverfahren und mit Hilfe von kontinuierlichen Radaraufnahmen auf der Forschungsplattform FINO 2.



1.70 > Offshore Windturbinen

⁵⁷) Vgl. Hupfer, P. (2010): Die Ostsee - kleines Meer mit großen Problemen, eine allgemein-verständliche Einführung. 5. Auflage.

Interpretation und Folgenabschätzungen

Das Ökosystem der Ostsee wird sowohl durch Offshore-Windanlagen wie auch durch den Sand- und Kiesabbau für gewerbliche Zwecke und den Küstenschutz beeinträchtigt. Nutzungskonflikte werden sich durch den fortschreitenden Klimawandel weiter verschärfen.

Im Rahmen von RADOST wurden konkrete Maßnahmen vorgeschlagen und ein Dialog mit den verantwortlichen Akteuren initiiert.

Aus den kritischen Betrachtungen der beiden auf den Vorseiten beschriebenen Nutzungsformen mit den wesentlichsten Einflüssen auf Natur und Umwelt ergeben eine Reihe an Empfehlungen und Schlussfolgerungen. Bereits im vergangenen Jahresbericht (2013) wurden u.a. folgende Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung von Eingriffen durch den Kies- und Sandabbau vorgeschlagen:

- Begrenzung der Abgrabungstiefe (auch im Blick auf die Wassertiefe im Bereich der Lagerstätte und dem Vorkommen tauchender Enten)
- Schutz vor Trübungsfahnen
- Erhalt von min. 25 % des Abbaubereiches (streifenförmiger Abbau)
- Rücksichtnahme auf Vögel und Meeressäuger (Rast-, Nahrungsgebiete) mittels Lärmschutz
- Abbaubegrenzung
- Rückgabe größerer Steine in die Nähe des Entnahmeortes
- Begrenzung von Nähr- und Schadstoffeinträgen

Zusätzlich sollte grundsätzlich – wie bei anderen Nutzungsformen auch – eine möglichst umweltverträgliche Nutzung der natürlichen Ressourcen (marine Sedimente) angestrebt werden. Im Blick auf die diesbezügliche Entwicklung in den letzten Jahren ist hervorzuheben, dass gewerbliche und Küstenschutz-Lagerstätten mittlerweile dem gleichen Genehmigungsprozedere unterliegen und es hier keine Unterscheidungen mehr nach dem Zweck des Abbaus gibt. In Ergänzung zu den o. g. Maßnahmen sind weiterhin Abbaubegrenzungen während für Rastvögel oder Meeressäuger (z. B. Schweinswal) sensibler Zeiten denkbar. Darüber hinaus könnte grundsätzlich überlegt werden, wie der Bedarf reduziert oder das benötigte Material anderweitig beschafft werden kann (z. B. aus Fahrwasservertiefungen).

Einige bisher gewonnene Erkenntnisse und Erfahrungen in der Planung von Offshore-Windparks, z. B. zu Vogelzugkorridoren, wichtigen Vogelzugrouten, Auswirkungen von Rammschall auf Meeressäuger und auch Auswirkungen auf die Fischerei, wurden dem Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung MV gegenüber angesprochen und wichtige Hinweise und Anregungen für die Fortschreibung des Landesraumentwicklungsprogramms gegeben (ausführlich im Jahresbericht 2013).

Der aktuelle, naturschutzfachliche Diskurs soll dazu beitragen, dass bei der Fortschreibung des Landesraumentwicklungsprogramms neben Nutzungen wie Fischerei, Schifffahrt und Militär oder dem Bau und Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen auch die wesentlichen Beeinflussungen von Schutzgütern (beispielsweise geschützte Biotoptypen, Rastgebiete, Vogelzugkorridore) berücksichtigt werden. Konflikte und die Gefährdung des Ökosystems Ostsee können so bereits im Vorfeld vermieden werden.



1.71 > Auf Stellnetzstangen sitzende Kormorane



Fokusthema 6: Erneuerbare Energien

Kontakt:

GICON – Großmann Ingenieur Consult GmbH –
Niederlassung Rostock

Cindy Dengler: C.Dengler@gicon.de

Der Ausbau erneuerbarer Energien spielt für die Profilierung der Küstenländer Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein eine wichtige Rolle. Durch den Klimawandel bedingte Änderungen in den Umweltbedingungen können die Produktion und Nutzung

der verschiedenen Formen erneuerbarer Energien beeinflussen. Im Rahmen von RADOST wurden die Potenziale und Perspektiven von vier Energieformen analysiert und die Ergebnisse in relevanten Netzwerken kommuniziert.

Das Fokusthema „Erneuerbare Energien“ befasst sich mit der Potenzialanalyse sowie dem Einfluss des Klimawandels auf die Potenziale der erneuerbaren Energiequellen Geothermie, Photovoltaik, Windenergie sowie Biogas. Denn obwohl viele erneuerbare Energien nach menschlichen Maßstäben unerschöpfliche Energiequellen darstellen, können von ihrem natürlichen Angebot bisher nur wenige Promille (Solarstrahlung, Wind) bis Prozente (Biomasse, Erdwärme) tatsächlich in Form von Strom und Wärme genutzt werden.

Im ersten Projektjahr wurden die Parameter ermittelt, die einen Einfluss auf die Nutzung der erneuerbaren Energien ausüben. Auf dieser Grundlage erfolgte die genauere Analyse und Prognose der Potenziale und Perspektiven geothermischer Energienutzungen, der Photovoltaik sowie der Windenergie an der deutschen Ostseeküste unter dem Einfluss des Klimawandels. Im fünften Projektjahr stand die Betrachtung der erneuerbaren Energieform Biogas im Vordergrund.

Relevante Umweltparameter und durch den Klimawandel hervorgerufene Entwicklungen

Als Grundlage für die Untersuchung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die zukünftige Nutzung von erneuerbaren Energien diente eine ausführliche Erfassung der zu betrachtenden Parameter im ersten Projektjahr. Parameter, die einen Einfluss auf Planung, Installation und Nutzung der Energieformen haben, wurden thematisch in vier Kategorien eingeteilt und im Hinblick auf mögliche durch den Klimawandel verursachte Veränderungen betrachtet :

- Natur: nimmt einen direkten Einfluss auf die Nutzung von erneuerbaren Energiequellen und ist stark vom Klima abhängig.
- Technik: nimmt direkten Einfluss auf die Entwicklung erneuerbarer Energien und wird vom Klima indirekt betroffen.

- Recht: Einfluss auf erneuerbare Energien und Einfluss durch Klima sind indirekt.
- Wirtschaft: Einfluss auf erneuerbare Energien und Einfluss durch Klima sind indirekt.

Die Analyse der einzelnen Parameter in den vier Kategorien wurden übersichtlich in einer Matrix zusammengestellt. Daraus kann der Betrachter den Einfluss auf Geothermie, Photovoltaik, Windkraft und Biogas ableiten, der nach Art der Einflussnahme und Bedeutung für die Nutzung unterschieden wird.

Die Matrix wurde im 1. RADOST-Jahresbericht veröffentlicht.

Analyse und Prognose der Entwicklung von Geothermie

Das Potenzial der oberflächennahen Geothermie wird vor allem durch das Temperaturangebot im Untergrund und die Eignung des Untergrundes, ihm die Wärme zu entziehen, beeinflusst. Sowohl die Temperaturen bis ca. 20 m Tiefe als auch der Wasserhaushalt werden stark vom Klima beeinflusst.

Die Veränderung der Parameter lassen folgende Aussagen zur Entwicklung der oberflächennahen Geothermie zu:

A. Wenn sich die mittlere Jahreslufttemperatur erhöht, wird sich auch das Temperaturregime in bis zu 20 m Tiefe entsprechend erhöhen.

B. Wenn sich die jährliche Niederschlagsmenge erhöht, werden sich die Bedingungen zur thermischen Nutzung des oberflächennahen Untergrundes verbessern.

Für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie bedeutet diese Entwicklung eine bessere Wirtschaftlichkeit von erdgekoppelten Wärmepumpenanlagen, die sich vor allem aufgrund einer effektiveren Heizleistung in den Wintermonaten ergeben wird.

Siehe 2. RADOST-Jahresbericht

Analyse und Prognose der Entwicklung von Photovoltaik

Die Entwicklung der Photovoltaik hängt zum einen von der Entwicklung der Strahlungsenergie der Sonne ab, zum anderen aber auch von der Anpassung der Photovoltaik-Technologie an veränderte Umweltverhältnisse, der Entwicklung von Anlageneffizienz und Wirtschaftlichkeit sowie von genehmigungsrechtlichen Verfahren.

Der Klimawandel wird die genannten Faktoren direkt und indirekt beeinflussen. So ist beispielsweise vor allem in den Wintermonaten mit einer Abnahme der Globalstrahlung zu rechnen.

Insgesamt wird der Klimawandel jedoch nach bisherigem Forschungsstand keine gravierenden Auswirkungen auf die photovoltaische Energieerzeugung haben. Bis auf die Erwärmung der Lufttemperaturen sind prognostizierte Änderungen der Klimaparameter mit Einfluss auf die photovoltaische Energieerzeugung minimal. Mögliche Veränderungen der technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Randbedingungen durch den Einfluss des Klimawandels bleiben in einem handhabbaren Rahmen.

Siehe 3. RADOST-Jahresbericht

Analyse und Prognose der Entwicklung von Windenergie

Auf dem derzeitigen Stand der Technik birgt der Klimawandel mit seinen Folgen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts ein erhöhtes Risiko für das technische Potenzial der Windenergienutzung. Zunehmende Extremwetterereignisse und Stürme onshore wie auch offshore erhöhen das Schadensrisiko für Windenergieanlagen, was zu langen Stillstandzeiten, aufwendigen Sanierungen bis hin zur Stilllegung führen kann.

Vereinzelt verändern sich Umweltbedingungen zugunsten der Windenergienutzung. So ist zukünftig beispielsweise mit weniger Frost- und Eistagen und dadurch mit geringeren Schäden durch Eis und Frost zu rechnen.

Neben den potenziell erhöhten Betriebskosten können auch zukünftige Investitionskosten durch die veränderten Umweltbedingungen steigen. Zukünftige Windenergieanlagen müssen in ihrer Standfestigkeit verstärkt werden, um stärkeren Windbelastungen standhalten zu können. Erhöhte Windgeschwindigkeiten sowie Wellenhöhen erschweren den Aufbau sowie auch die Wartung von Offshore-Windenergieanlagen.

Siehe 4. RADOST-Jahresbericht

Analyse und Prognose der Entwicklung von Bioenergie

Die Landwirtschaft als wesentliche Grundlage für die Biogasproduktion ist wie kaum ein anderer Wirtschaftszweig von Wetter und Klima abhängig und damit unmittelbar vom Klimawandel betroffen.

Temperaturerhöhung, Veränderung der Niederschlagsverhältnisse und zunehmende extreme Wetterereignisse werden bei fehlender Anpassung zu verminderten Ernteerträgen sowie zu Schäden an technischen Anlagen führen.

Eine erhöhte atmosphärische CO₂-Konzentration und mildere Winter können jedoch auch einen positiven Einfluss auf das Pflanzenwachstum haben.

Anpassungsmaßnahmen können den Anbau angepasster Sorten und neuer Fruchtarten sowie die Anpassung der Anbauverfahren beinhalten. In Verbindung mit der technischen Weiterentwicklung und der Optimierung der Anlageneffizienz wird die Biogasproduktion auch angesichts des Klimawandels eine vielversprechende Option zur Nutzung erneuerbarer Energien darstellen.

Natürliches Potenzial

Wesentliche Grundlage für die Biogasproduktion ist derzeit die Landwirtschaft als ein Lieferant von Ausgangssubstraten. Für die Kultivierung von Energiepflanzen wurden bereits 2012 mit 2,1 Mio. ha rund 12,6% aller landwirtschaftlich genutzten Flächen Deutschlands (16,7 Mio. ha) genutzt.⁵⁷ In Deutschland werden hauptsächlich Raps, Mais und andere Getreide als Energiepflanzen angebaut. Für die Produktion von Biogas wird hauptsächlich Mais als Substrat verwendet. Daneben kommen auch Getreide- und Grassilagen sowie Gülle zum Einsatz.

Die Ertragsleistung der Landwirtschaft und damit auch das natürliche Potenzial der Energieform Biogas werden im Wesentlichen durch die natürliche Ertragsfunktion bestimmt. Diese wiederum ist abhängig von Faktoren wie Bodenfruchtbarkeit, Wasserdargebot und klimatische Bedingungen. Die Landwirtschaft und auch Forstwirtschaft ist wie kaum ein anderer Wirtschaftszweig vom Wetter und Klima abhängig und damit unmittelbar vom Klimawandel betroffen.

Die Auswirkungen des Klimawandels in diesem Bereich sind vielfältig. Temperaturerhöhung, Veränderung der Niederschlagsverhältnisse und zunehmende extreme Wetterereignisse bergen die Gefahr von zunehmenden Bodenerosionen, Überflutungen und Waldbränden, um nur einige zu nennen.

Temperaturerhöhungen führen zu Hitzestress und damit zu Ertragsausfällen bei Pflanzen und Tieren, die gemäßigtere Standortbedingungen gewohnt sind. In Verbindung mit abnehmenden sommerlichen Niederschlägen besteht die

erhöhte Gefahr von Dürren, welche ebenfalls Ertragseinbußen zur Folge haben können. Nährstoffe sind bei geringer Bodenfeuchte schlechter verfügbar und die Anfälligkeit gegenüber Winderosion nimmt zu. Im Winter dagegen führen die zunehmenden Niederschläge zur Auswaschung von Nährstoffen und zu einer erhöhten Erosion durch Wasser. Zudem beeinträchtigen zunehmend (stau-)nasse Böden die Bearbeitung durch landwirtschaftliches Gerät. Obwohl in den Küstenregionen der Nord- und Ostsee aufgrund der Nähe zum Meer und des relativ ausgeglichenen und gemäßigten Küstenklimas ein vergleichsweise geringer Temperaturanstieg zu erwarten ist, wird bei fehlender Anpassung auch hier mit verminderten Ernteerträgen zu rechnen sein.

Andererseits scheint der Klimawandel auch Chancen für die Landwirtschaft zu bieten. Voraussichtlich mildere Winter und weniger Frosttage führen im Frühjahr zu einer Verlängerung der Vegetationsperioden. Bei einem moderaten Temperaturanstieg und ausreichender Wasserversorgung würde dies sogar ein höheres Ertragspotenzial für viele Pflanzensorten bedeuten. Als Beispiel ist hier Schleswig-Holstein zu nennen, wo sich im Gegensatz zu Brandenburg durch die hohen Temperaturen im Jahr 2003 Ertragssteigerungen in Höhe von 8 % ergeben haben.⁵⁹ Eine erhöhte atmosphärische CO₂-Konzentration kann einen positiven Einfluss auf das Pflanzenwachstum haben, da CO₂ als Dünger wirkt, der die Photosynthese anregt und damit die Biomassebildung steigert. Dieser CO₂-Düngeeffekt kommt jedoch vorwiegend bei wärmeliebenden Pflanzen wie z.B. Mais zum Tragen.

58) Agentur für Erneuerbare Energien e. V., Anbau von Energiepflanzen Umweltauswirkungen, Nutzungskonkurrenzen und Potenziale (April 2013), ISSN 2190-35812.
59) Umweltbundesamt, Anpassung an Klimaänderung in Deutschland, Themenblatt Landwirtschaft (Dez. 2008).



1.72 > Beispiel für den Aufbau einer Biogasanlage mit Fahrsilo, Fermentern und Gärbehältern

Technisches Potenzial: Entwicklung von Störfaktoren

Der erreichbare Wirkungsgrad einer Biogasanlage hängt zum einen vom Stand der Technik ab. Zum anderen ist zur Erreichung des bestmöglichen Wirkungsgrades ein optimierter und störungsfreier Betriebsablauf die Voraussetzung. Neben der Funktion aller technischen Anlagenteile ist bei der Biogasproduktion der biochemische Prozess der Vergärung der Substrate entscheidend. Dieser Prozess reagiert sehr empfindlich auf Störungen der Milieubedingungen (Schwankungen von Sauerstoff, Temperatur, pH-Wert etc.) und wird daher weitgehend von Umwelteinflüssen abgeschottet und technisch überwacht. Eine Störung dieser Prozesse ist möglich durch die Störung des technischen Betriebsablaufs. Das vermehrte Auftreten von Extremwetterereignissen stellt hier ein erhöhtes Risiko für Schäden an der Biogasanlage sowie dem damit einhergehenden Biogasertragsverlust dar.

Zunehmende Extremwetterereignisse erhöhen das Schadenspotenzial für die technischen Anlagen. Sie können weiterhin zu Ertragsausfällen in der Landwirtschaft und damit zu einer unzureichenden Versorgung der Biogasanlagen mit Biogassubstraten führen.

Technisches Potenzial: Rechtliche Parameter

Sowohl bei der Planung als auch beim Betrieb von Biogasanlagen sind eine Menge rechtliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Baurechtliche sowie naturschutzrechtliche Aspekte begrenzen die potenziellen Bauflächen für Biogasanlagen. So ist die Errichtung einer Biogasanlage innerhalb von Wasser- oder Naturschutzgebieten ausgeschlossen bzw. stark reglementiert. Klimawandelbedingt könnten sich die Grenzen solcher Schutzgebiete verändern und damit neue Baugebiete für BGA eröffnen oder aber auch potenzielle Flächen wegfallen.

Die rechtlichen Möglichkeiten für die Errichtung von Biogasanlagen könnten durch den Klimawandel sowohl eingeschränkt als auch erweitert werden.

Wirtschaftliches Potenzial

Auch aus ökonomischer Sicht ist bei der Standortauswahl auf einige Faktoren zu achten. Von besonderer Bedeutung ist hier eine möglichst vorhandene und gut ausgebaute Infrastruktur. Eine gute Straßenanbindung wird für die regelmäßige Anlieferung der Substrate sowie für den Abtransport der Gärreste benötigt. Die Substratlieferanten sowie auch die Abnehmer der Gärreste und des Biogases bzw. der aus dem Biogas mittels BHKW produzierten Wärme und Elektroenergie sollten im näheren regionalen Umfeld der Biogasanlage angesiedelt sein. Kurze Wege wirken sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage aus.

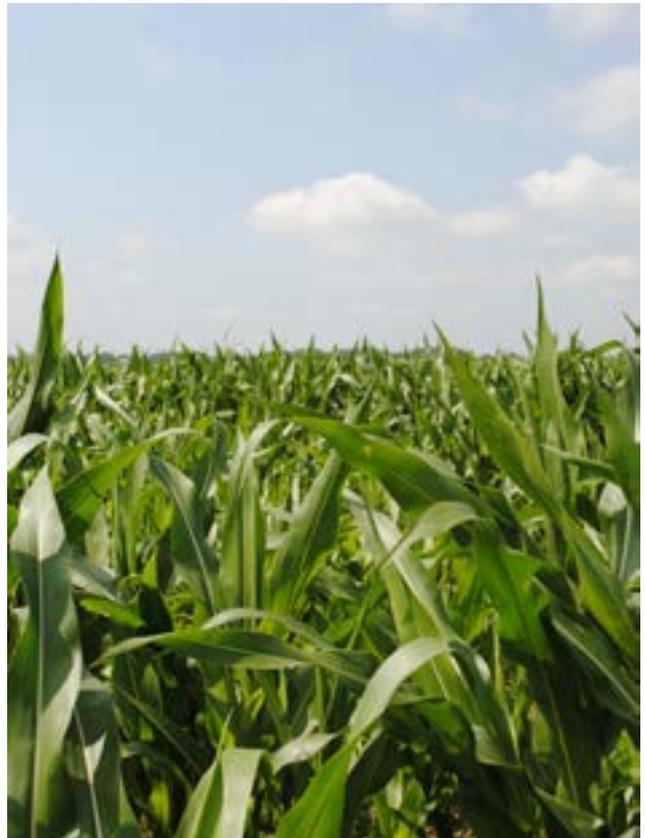
Ein zunehmendes Problem für Biogasanlagenbetreiber werden die steigenden Preise für die nachwachsenden Rohstoffe. Die wachsende Nachfrage nach Energiepflanzen, aber auch nach Nahrungsmitteln lässt den Bedarf an Agrarflächen steigen. Eine Konkurrenz um die nur begrenzt zur Verfügung stehenden Anbauflächen besteht nicht nur zwischen der Bioenergie und dem Nahrungsmittelsektor. Auch Aspekte des Naturschutzes müssen weiterhin betrachtet werden. Die bereits jetzt angespannte Situation wird durch die Folgen des Klimawandels voraussichtlich noch verschärft. Knapper werdende verfügbare Anbauflächen sowie verminderte landwirtschaftliche Erträge infolge der Erderwärmung sowie durch zunehmende Extremwetterereignisse werden die Preise für die nachwachsenden Rohstoffe stark in die Höhe treiben und damit die Wirtschaftlichkeit der Biogasproduktion stark beeinträchtigen.

Fokusthema 6: Erneuerbare Energien

Der Klimawandel wird voraussichtlich zu Beeinträchtigungen des wirtschaftlichen Potenzials von Biogas führen.

Im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien wie die oberflächennahe Geothermie, die Photovoltaik oder der Windenergie, wird die Biogasproduktion am empfindlichsten auf die Folgen des Klimawandels reagieren. Insbesondere durch die potenziellen Ertragsverluste in der Landwirtschaft haben die Potenziale des Biogases zu leiden. Hoffnung besteht in den Anpassungsmaßnahmen der Landwirte wie zum Beispiel den Anbau angepasster Pflanzen. Sinnvoll wäre auch die Erweiterung des Spektrums der Ausgangssubstrate (Durchwachsende Silphie, Riesenweizengras) bzw. die intensivere Nutzung von Bioabfällen und industriellen sowie landwirtschaftlichen Reststoffen.

Dem erhöhten Schadensrisiko durch zunehmende Extremwetterereignisse sollte mit der entsprechenden Anpassung von Standfestigkeitsparametern, Sicherheitsstandards, etc. entgegengewirkt werden. In Verbindung mit der technischen Weiterentwicklung und damit der Optimierung der Anlageneffizienz wird die Biogasproduktion auch angesichts des Klimawandels eine vielversprechende Option zur Nutzung erneuerbarer Energien darstellen.



1.73 > Silomais ist die wichtigste Kulturpflanze zur Erzeugung von Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen

Tabelle 8: Parameter mit Einfluss auf die Potenziale von Biogas

Potenzial	Parameter
Natürliches	Ertragsleistung der Biogas-Substrat-Quellen NaWaRo (Sorte, Standortansprüche ↔ Standortbedingungen (Temperaturen, Niederschläge, Boden) Reststoffe aus landwirtschaftlicher Produktion (Gülle etc.)
Technisches	Anlagenplanung: Leistungsfähigkeit der technischen Anlagen (Anlagenart, -dimension, Verfahrenstechnik etc.) Restriktionen: Standort – Transportradius, Entfernung der Substraterzeuger Baugesetze (BauGB, LBauG usw, Immissionsschutzgesetz (BImSchG), Naturschutzgesetze (BNatSchG, LNatSchG usw.), Biomasseverordnung, etc. Betriebsbedingungen: Witterungsverhältnisse (Sturm, Temperaturschwankungen, Blitz usw.)
Wirtschaftliches	Kosten (Investitions-, Nebenkosten (z.B. Reparatur, Versicherung usw.) Ertrag (Fördertarife, Energieverkauf, Eigenverbrauch)

Anwendungsprojekt: Küstenschutz und Geothermie

Kontakt:

H.S.W. Ingenieurbüro, Rostock
Björn Oldorf: info@hsw-rostock.de

Im Rahmen des Anwendungsprojektes wurden technische Möglichkeiten zur Gewinnung von Wärme oder Kälte aus dem Küstenbereich durch die thermische Nutzung von „Strandwasser“ (einem Gemisch aus Grund- und Meerwasser) oder Meerwasser betrachtet. Es wird gezeigt, wie diese Form der Energiegewinnung bei der Errichtung von Küstenschutzmaßnahmen wie Dünen, Deichen, Wellenbrechern oder Buhnen bereits planerisch integriert werden kann.

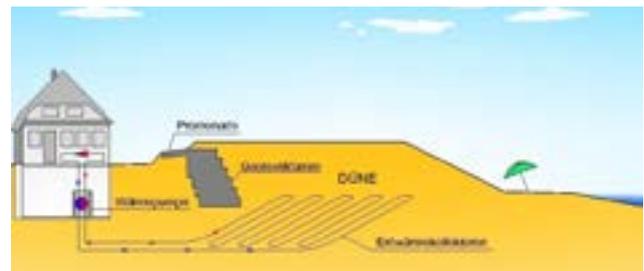
Speziell touristische Einrichtungen können durch eine nachhaltige Energiekostenreduzierung und entsprechendes Marketing Wettbewerbsvorteile erlangen bzw. negative Folgen des Klimawandels kompensieren.

Amortisationszeiten von unter zehn Jahren zeigen die sehr hohe Effektivität und Wirtschaftlichkeit der Anlagen.

Die erforderlichen Grundlagendaten für eine Beurteilung des thermischen Potenzials im Küstenbereich bzw. des Meerwassers wurden über einen Zeitraum von 26 Monaten durch eine eigens dafür von H.S.W. eingerichtete Messstrecke vor Warnemünde ermittelt (Abb. 1.76 und 1.77, vergleiche RADOST-Jahresberichte 2 bis 4). Die Messergebnisse zeigen einige weitestgehend nur theoretisch bekannte Interaktionen von Meer- und Grundwasser sowie die jahreszeitlich schwankenden Umwelteinflüsse in unterschiedlicher Tiefe.

2013 erfolgte die Auswertung der Daten und die Modellierung der betrachteten geothermische Quellensysteme (Abb. 1.75, horizontale Erdreichkollektoren, vertikale Spiralwärmetauscher und Horizontalbrunnen). Darauf aufbauend wurden Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchgeführt und Vorzugsvarianten für die Umsetzung identifiziert.

Insbesondere für die vergleichsweise kostengünstig herzustellenden horizontal verlegten Erdreichkollektoren wird gemäß der Modellberechnungen ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis prognostiziert. Tabelle 9 zeigt die prognostizierte Amortisationszeit und die jährlich bereitgestellte Energiemenge exemplarisch für einen 2.500 m² großen horizontalen Erdreichkollektor.

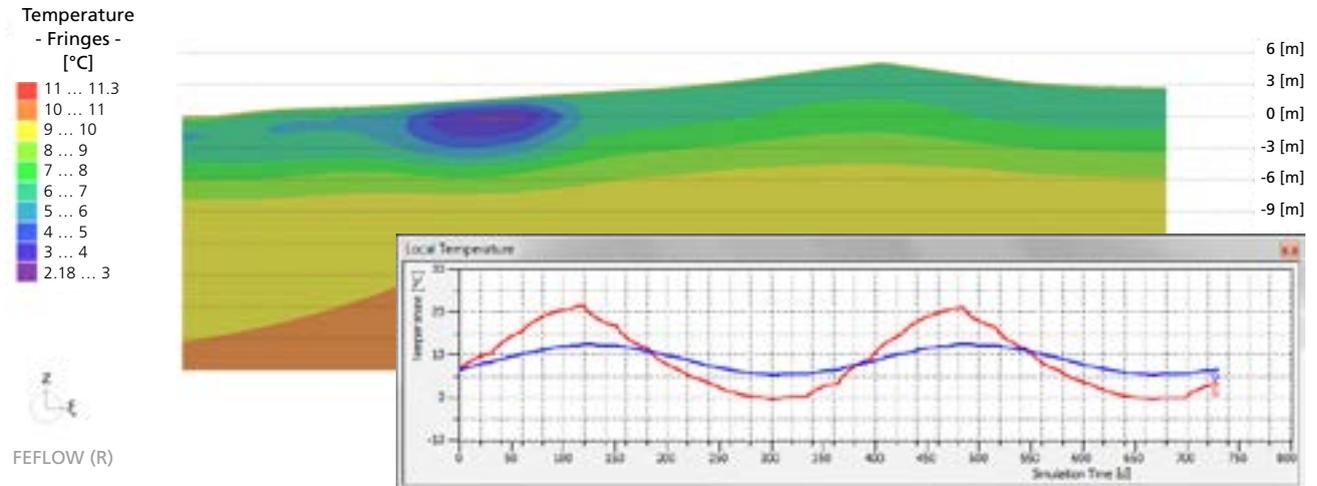


1.74 > Mögliche Kombination einer Düne mit Erdwärmekollektor
(Quelle: GICON GmbH)

Tabelle 9: Prognose der jährlich bereitgestellten Energiemenge und Amortisationszeit für einen 2.500 m² großen horizontalen Erdreichkollektor

Variante		Prognose	
Lage des Wärmetauschers	Betriebsweise	Jahresertrag [MWh]	Statische Amortisation [ca. 65.000 € Netto-Investitionskosten]
Düne (ca. 4,0–4,5 m unter Gelände)	nur Heizen	70–80	ca. 19–24 Jahre
	Heizen + Kühlen	280–320	ca. 5–6 Jahre
Strand (ca. 1,5–2,0 m unter Gelände)	nur Heizen	130–140	ca. 11–13 Jahre
	Heizen + Kühlen	260–280	ca. 6–7 Jahre

Fokusthema 6: Erneuerbare Energien



1.75 > Simulationsergebnisse für einen horizontalen Erdreichkollektor ca. 2 m unterhalb des Strandes. Die Farben charakterisieren die prognostizierten Untergrundtemperaturen zum Jahresende (Heizbetrieb/Wärmeentnahme). Die dargestellten Temperaturverläufe zeigen die saisonale Schwankungsbreite mit (rot) und ohne Kollektor (blau).

Die Untersuchungsergebnisse zeigen ein großes Potenzial für die thermische Nutzung von Strand- bzw. Meerwasser zum Heizen/ Kühlen von küstennaher Bebauung (u.a. Wohnhäuser, Büros, Hotels, Gastronomie, Freizeitanlagen). Speziell touristische Einrichtungen können durch eine nachhaltige Energiekostenreduzierung und entsprechendes Marketing (z.B. „Green Building“-Zertifizierung oder „Plusenergiehotel“) Wettbewerbsvorteile erlangen bzw. negative Folgen des Klimawandels kompensieren (u.a. erhöhter Kühlbedarf).

Bei der Planung von Wärmetauschern in Küstenschutzbauwerken (u.a. Dünen, Deiche, Strandabschnitte) sind insbesondere die küstendynamischen Vorgänge und die technischen Regelwerke zu berücksichtigen (u.a. Verankerung der Kunststoffrohre, Vermeidung von bauwerkparallelen Leitungen). Erste positive Betriebserfahrungen mit einem 60m langen Horizontalbrunnen im Strandbereich von Warnemünde liegen vor und belegen generell die Machbarkeit einer oberflächennahen Geothermienutzung im Strandbereich.

Eine grundsätzliche Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse ist für vergleichbare Küstenregionen gegeben (hier: Ausgleichs- oder Auftragsküsten). Für spezielle Küstenschutzmaßnahmen wie z.B. Absperrbauwerke können bereits verfügbare technische Speziallösungen wie „thermisch aktivierte Spundwände“ zur Energiegewinnung eingesetzt werden.

Unter Berücksichtigung genehmigungsrechtlicher und baukonstruktiver Anforderungen wird derzeit die Herstellung von horizontalen Erdreichkollektoren (geschlossenes System) im Bereich von Strandabschnitten favorisiert. Bei der Planung von horizontal verlegten Brunnen (offenes System) im Bereich von Küstenschutzbauwerken ist u.a. die regelmäßig durchzuführende Reinigung des Filterbereiches zu beachten.

Im Projektanschluss wird die Durchführung eines Pilotprojektes und die Publikation praktischer Erfahrungen angestrebt.



1.76 > Messstellenerichtung



1.77 > Auslesung der Datenlogger

Modul 2

Natur- und ingenieurwissenschaftliche Forschung

Kontakt:

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)

Dr. habil. Gerald Schernewski:

gerald.schernewski@io-warnemuende.de

Im Rahmen von Modul 2 wurden Grundlagendaten zum Klimawandel bereitgestellt und Veränderungen der westlichen Ostsee sowie der inneren und äußeren deutschen Ostseeküstengewässer infolge des Klimawandels erfasst. Die Kopplung der in RADOST verwendeten Strömungs- und Ökosystemmodelle mit

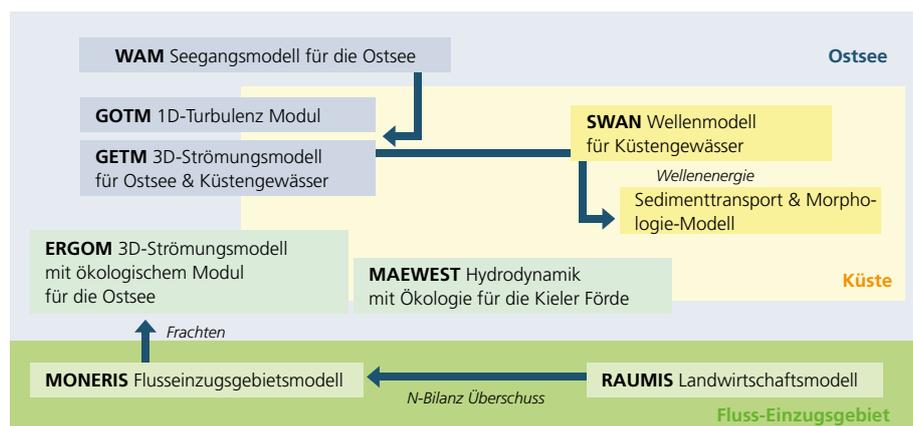
hochaufgelösten regionalen Klimamodellen ermöglichte es, Informationen über mögliche Klimawandelfolgen zu erhalten. Diese lieferten Grundlagen für die Bearbeitung anwendungsbezogener Fragestellungen in den einzelnen Fokusthemen (siehe Modul 1).

Klimawandelforschung mit Hilfe von Simulationsmodellen

Für die Bereitstellung von Grundlagendaten zum Klimawandel sowie zur Erfassung der Struktur- und Funktionsänderungen der westlichen Ostsee sowie der inneren und äußeren deutschen Ostseeküstengewässer spielen Simulationsmodelle eine zentrale Rolle. Mit ihrer Hilfe besteht die Möglichkeit, zukünftige Entwicklungen abzuschätzen und damit Grundlagen für mögliche Anpassungen zu schaffen.

Im Rahmen von RADOST wurde zwischen zwei zusammenwirkenden Modellsystemen unterschieden (Abb. 2.1):

- räumlich hochaufgelöste physikalische Modelle (WAM, GETM, GOTM, SWAN) sowie
- gekoppelte Stoffflussmodelle (RAUMIS, MONERIS, ERGOM-MOM).



2.1 > Übersicht über die in RADOST verwendeten Modelle und deren Zusammenwirken

Mithilfe dieser Modelle konnten folgende Größen auf regionaler Ebene untersucht werden:

- Wasserstände
- Großräumige Seegangs- und Strömungsveränderungen
- Strömung und Seegang in kleinräumigen Küstenbereichen
- Sedimenttransport und Morphologie
- Gewässerqualität in Flüssen und in inneren und äußeren Küstengewässern und Ostsee

- Stofffluss-Interaktionen zwischen Fluss-Küste-Meer
- Mögliche klimabedingte Änderungen von Flora und Fauna sowie
- Klimainduzierte ökosystemare Interaktionen

Die durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln von Modul 2 vorgestellt.



I - Klimadatenbedarf und -analyse (Klimadatenmanagement)

Kontakt:

Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)

Dr. Insa Meinke: insa.meinke@hzg.de

Der Bedarf an Informationen zum derzeitigen und zukünftigen Klimawandel wurde in fünf Jahren RADOST-Forschung immer wieder innerhalb und außerhalb des Netzwerkes betont. Während jedoch Wissenschaftler nach detaillierten Informationen aus ausgewählten Klimaszenarien und ihren spezifischen Randbedingungen interessiert sind, suchen Entscheidungsträger und die allgemeine Öffentlichkeit meist nach leicht verständlichen und übersichtlich aufbereiteten Aussagen mit möglichst präzisen Informationen für ihr jeweiliges lokales Umfeld.

Im Rahmen von RADOST wurde deshalb eine Reihe von unterschiedlichen Medien zur Darstellung von Klimadaten erarbeitet und zur Verfügung gestellt. Zudem wurden Projektpartner über methodische Aspekte der Datenverwendung, -auswertung und -interpretation im Hinblick auf die Möglichkeiten und Grenzen von Klimaszenarien informiert.

Klimaszenarien und Klimamodelle

Die zukünftige Entwicklung unserer Gesellschaft lässt sich nicht wie das Wetter von morgen vorhersagen. Informationen über den möglichen zukünftigen anthropogenen Klimawandel können wir nur ableiten, indem wir testen, wie das Klimasystem auf verschiedene Treibhausgaskonzentrationen reagiert. Zur Modellierung von Klimaszenarien werden die Treibhausgasszenarien des UN-Ausschusses zur Untersuchung von Klimaveränderungen (IPCC)⁶⁰ in numerische Klimamodelle eingespeist und für bestimmte Regionen und Zeiträume berechnet.

Die Ergebnisse dieser Klimaszenarien werden mit dem aktuellen Klima verglichen. Unterschiede zwischen beiden Datensätzen deuten auf mögliche zukünftige Änderungen des Klimasystems aufgrund veränderter Treibhauskonzentrationen hin. Weil aufgrund des hohen Rechenzeitbedarfs nur wenige der vom Weltklimarat IPCC vorgeschlagenen Emissionsszenarien für die regionalen Klimafolgenstudien des Projektes RADOST zu Grunde gelegt werden können, wurde die einheitliche Verwendung von zwei regionalen Klimaszenarien vereinbart.

Diese basieren jeweils auf unterschiedlichen gesellschaftlichen Entwicklungen, die aus heutiger Sicht plausibel erscheinen. Ein Szenario führt bis Ende des Jahrhunderts zu einem relativ starken Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen (Szenario A1B), das andere beschreibt im selben Zeitraum eine geringere Zunahme der Treibhausgaskonzentration (Szenario

B1). Beide Klimaszenarien wurden mit dem Regionalmodell COSMO_CLM berechnet. COSMO_CLM ist das gemeinschaftliche regionale Klimarechenmodell von über 30 internationalen Forschungseinrichtungen. Die Beschränkung auf nur zwei von insgesamt über 40 plausiblen IPCC Emissionsszenarien führt jedoch dazu, dass auch die im Projekt durchgeführten Klimafolgenstudien nur einen Ausschnitt künftiger möglicher Entwicklungen aufzeigen können.

Ein wesentliches Instrument des Klimadatenmanagements bildet daher der Norddeutsche Klimaatlas (siehe folgende Seite).



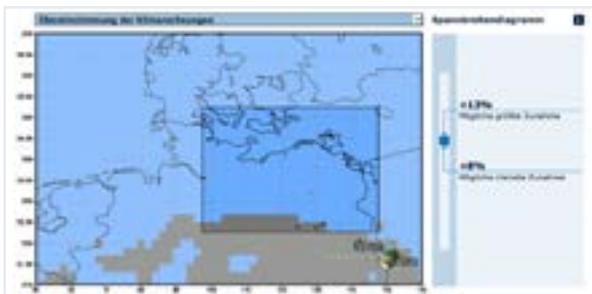
2.2 > Norddeutscher Klimaatlas

60 IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2000): IPCC Special Report Emissions Scenarios (SRES).

Norddeutscher Klimaatlas

Mit dem Norddeutschen Klimaatlas (www.norddeutscher-klimaatlas.de) hat das Norddeutsche Klimabüro zu Projektbeginn eine interaktive Website geschaffen, auf der sich Netzwerkpartner und andere Entscheidungsträger über mögliche zukünftige Klimaänderungen und deren Spannweite im Projektgebiet informieren können. Viele Planungsprozesse sind auf eine definierte Zahl, einen bestimmten Schwellenwert oder ein Jahrhundertereignis ausgelegt. Weil jedoch alle Szenarien aus heutiger Sicht plausibel, aber unsicher sind und kein Szenario wahrscheinlicher ist als ein anderes, erfordern Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel Planungen, die auf ein größeres Spektrum unterschiedlicher Klimaentwicklungen ausgelegt sind.

Für solche Planungen zeigt der Norddeutsche Klimaatlas, worin alle zu Grunde liegenden Klimaszenarien übereinstimmen und für welche Größen in welchen Regionen die Aussagen unklar sind. Für Entscheidungsträger wird somit deutlich, ob eine Aussage eines einzelnen Szenarios für ein bestimmtes Zeitfenster robust ist, wann die Aussage robust wird oder ob sie unklar bleibt.



2.3 > Der Norddeutsche Klimaatlas ist verfügbar unter: www.norddeutscher-klimaatlas.de

Dossier „Klimawandel in Norddeutschland“

Auf der Webplattform „www.klimanavigator.de“ hat das Norddeutsche Klimabüro zusammen mit dem Alfred-Wegener Institut, dem Internationalen BALTEX-Sekretariat am HZG und der EUCC-D Forschungsergebnisse zum bisherigen und zukünftigen Klimawandel in Norddeutschland und dessen Auswirkungen auf Ökosysteme, Landwirtschaft und Tourismus in einem Dossier zusammengefasst. Einen räumlichen Schwerpunkt des Dossiers bildet die deutsche Ostseeküste mit Ergebnissen des RADOST-Projektes. Anhand der Beispiele Tourismus und Ökosysteme werden Auswirkungen des Klimawandels auf die Ostseeküste dargestellt.

Das Dossier Klimawandel in Norddeutschland wird fortlaufend aktualisiert und um weitere Aspekte des regionalen Klimawandels erweitert. Der Klimanavigator ist eine von deutschen Forschungseinrichtungen gemeinsam gestaltete Website, die Erkenntnisse zum Klimawandel bündelt.

Norddeutscher Klimamonitor

Der Norddeutsche Klimamonitor (www.norddeutscher-klimamonitor.de) informiert über den aktuellen Forschungsstand zum Klima und bisherigen Klimawandel in Norddeutschland. Dazu wurden Stationsmessungen des Messnetzes des Deutschen Wetterdienstes und messbasierte Flächendatensätze sowie Reanalysen aus dem coastDat-Datensatz für Norddeutschland ausgewertet und auf einer Website grafisch veranschaulicht. Innerhalb der letzten 60 Jahre weisen alle Datensätze auf eine Erwärmung von etwa 1,2°C an der deutschen Ostseeküste hin. Zudem ist die beobachtete Erwärmung der letzten 30 Jahre als exemplarisch für die künftig zu erwartende Erwärmung einzustufen.

Mit dem Klimamonitor wird dem häufig geäußerten Wunsch nach einer Art Beweis für den Klimawandel Rechnung getragen, um bewerten zu können, wie sich der Klimawandel tatsächlich auf ein Bundesland ausprägt und ob avisierte Anpassungsmaßnahmen erfolgsversprechend und ausreichend sind.



2.4 > Der Norddeutsche Klimamonitor ist verfügbar unter: www.norddeutscher-klimamonitor.de



2.5 > Das Dossier ist abrufbar unter: www.klimanavigator.de/klimawandel-norddeutschland

I - Klimadatenbedarf und -analyse (Klimadatenmanagement)

Handbuch: „Ostseeküste im Klimawandel“

Um dem Bedarf an wissenschaftlich fundierten und verständlich aufbereiteten Informationen zum Klimawandel an der Ostseeküste unter Entscheidungsträgern und der allgemeinen Öffentlichkeit entgegenzukommen wurde eine verständliche Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstandes zum Thema Ostseeküste im Klimawandel in Form eines 60 Seiten umfassenden Handbuchs erarbeitet. Dieses kann kostenfrei beim Norddeutschen Klimabüro sowie auf der RADOST-Website bestellt und heruntergeladen werden.



„Regionale Klimaszenarien in der Praxis – Beispiel deutsche Ostseeküste“

Das vom Norddeutschen Klimabüro des HZG erstellte Infoheft „Regionale Klimaszenarien in der Praxis – Beispiel deutsche Ostseeküste“ stellt den Einsatz regionaler Klimaszenarien in der Praxis dar. Im Rahmen von RADOST- und anderen Veranstaltungen wurde deutlich, dass bei vielen Akteuren noch Unsicherheiten im Umgang mit Klimaszenarien bestehen. Insbesondere die Bewertung einzelner Szenarien entspricht oft nicht oder nur zum Teil den Vorgaben des IPCC, der mit dem im Jahr 2000 veröffentlichten Special Report Emissions Scenarios die Basis für die verwendeten regionalen Klimaszenarien liefert. Das Factsheet erklärt die wesentlichen Unterschiede zwischen Szenarien und Vorhersagen und gibt wesentliche Hinweise für die Bewertung von Szenarien und deren Einsatz für Planungszwecke.

Das Infoheft steht auf der RADOST-Website zum Download zur Verfügung unter: <http://klimzug-radost.de/publikationen/regionale-klimaszenarien>.



Website zum Küstenschutzbedarf an der deutschen Ostseeküste

Neben den atmosphärischen Größen sind an der deutschen Ostseeküste vor allem auch Wasserstände und deren Wechselwirkungen mit den zu erwartenden Klimaänderungen von Bedeutung. In Zeiten des Klimawandels ist es besonders wichtig, das Bewusstsein für Ostseesturmfluten wach zu halten und auf mögliche Änderungen hinzuweisen.

Im Rahmen von RADOST wurde daher die interaktive Website www.kuestenschutzbedarf.de entwickelt (Abb. 2.6). Politiker, Planer und Bewohner können auf der Website unter Angabe einer Postleitzahl erfahren, ob am jeweiligen Ort bereits heute Küstenschutzbedarf besteht oder ob dies künftig der Fall sein könnte. Unter der Annahme, dass der Meeresspiegelanstieg an der deutschen Ostseeküste auch weiterhin etwa dem globalen mittleren Durchschnitt entspricht, könnte sich das vor Sturmfluten zu schützende Gebiet an der deutschen Ostseeküste bis Ende des 21. Jahrhunderts um etwa 25 % vergrößern.



2.6 > Website www.kuestenschutzbedarf.de, Region Rostock-Warnemünde (Norddeutsches Klimabüro 2012)



Großräumige Seegangsveränderungen

Kontakt:

Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)

Dr. Ralf Weisse: ralf.weisse@hzg.de

Extreme Hochwasserstände, wie sie etwa im Zuge von Sturmereignissen an der deutschen Ostseeküste auftreten können, stellen ein beträchtliches Gefährdungspotenzial für die Küstenregionen dar. Eine zentrale Rolle spielen dabei die vom Wind induzierten Wellen an der Meeresoberfläche (Seegang). Neben lokalen Faktoren wie Wassertiefe oder Beckengeometrie wird der küstennahe Seegang durch das großräumige Seegangsklima in der Ostsee bestimmt.

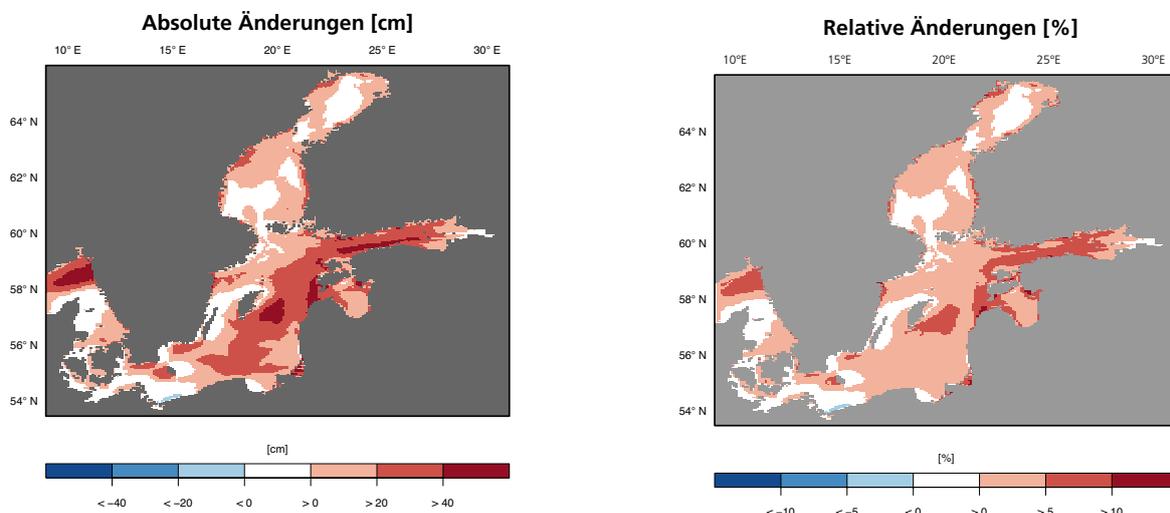
Ziel der Arbeiten von RADOST war deshalb die Abschätzung möglicher Änderungen des großräumigen Seegangsklimas infolge des globalen Klimawandels, um daraus anschließend Aussagen für Änderungen im küstennahen Bereich abzuleiten, wie sie für die Planung von Küstenschutzmaßnahmen benötigt werden.

Mit Hilfe des numerischen Seegangsmodells WAM wurden in RADOST großräumige Seegangsveränderungen unter unterschiedlichen Klimaszenarien berechnet, auf denen Modellierungen des Seegangs im küstennahen Bereich aufbauen konnten. Ausgehend von den Simulationsläufen mit dem regionalen Klimamodell COSMO-CLM erfolgte die Berechnung der Seegangbedingungen für jeweils zwei Realisationen der Klimaszenarien A1B und B1.

Die Analyse der Windfelder zeigt eine Zunahme der mittleren und extremen Windgeschwindigkeiten im gesamten Ostseeraum – gemessen in Form des 99. Perzentils, d. h. des Wertes, der nur in einem Prozent der Zeit überschritten wird. Dabei sind Unterschiede (sowohl in der räumlichen Verteilung der

Änderungen als auch in ihrer Stärke) zwischen den einzelnen Realisationen sowie zwischen unterschiedlichen Zeitperioden erkennbar. Demgegenüber lassen sich Veränderungen der Windrichtungen hin zu mehr westlichen Winden in stärkerem Maße als einheitliche Tendenz in allen verwendeten Szenarien und Zeitperioden feststellen.

Der aus dem veränderten Windklima resultierende Seegang zeigt in fast allen Gebieten der Ostsee konsistent eine Zunahme der signifikanten Wellenhöhe (siehe Abb. 2.7). Diese Zunahme ist besonders stark ausgeprägt im Bereich der östlichen Ostsee und im Finnischen Meerbusen, während die modellierten Änderungen in der südwestlichen Ostsee innerhalb der untersuchten Simulationen nicht konsistent sind.



2.7 > Konsistenz der zu erwartenden Änderungen der jährlichen maximalen Wellenhöhe zum Ende des Jahrhunderts in den untersuchten Szenarienrechnungen. In den rot schraffierten Bereichen sind die zu erwartenden Änderungen konsistent in allen Rechnungen und betragen einheitlich in allen Simulationen je nach Farbe etwa 0–20cm (0–5%), 20–40 (5–10%) oder mehr als 40cm (>10%). In den weiß dargestellten Gebieten liefern die Rechnungen kein konsistentes Ergebnis. Die Simulationsergebnisse aller berechneter Zeiträume und der Kontrollsimulationen wurden im 4. RADOST-Jahresbericht veröffentlicht

Großräumige Strömungsveränderungen

Kontakt:

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)

Dr. Ulf Gräwe: Ulf.Graewe@io-warnemuende.de

Mit Änderungen bei den Wasserständen, der Seegangaktivität, und der Wetterbedingungen im Klimawandel sind auch veränderte Temperatur- und Salzgehaltsverteilungen sowie Strömungsmuster zu erwarten. Ziel der

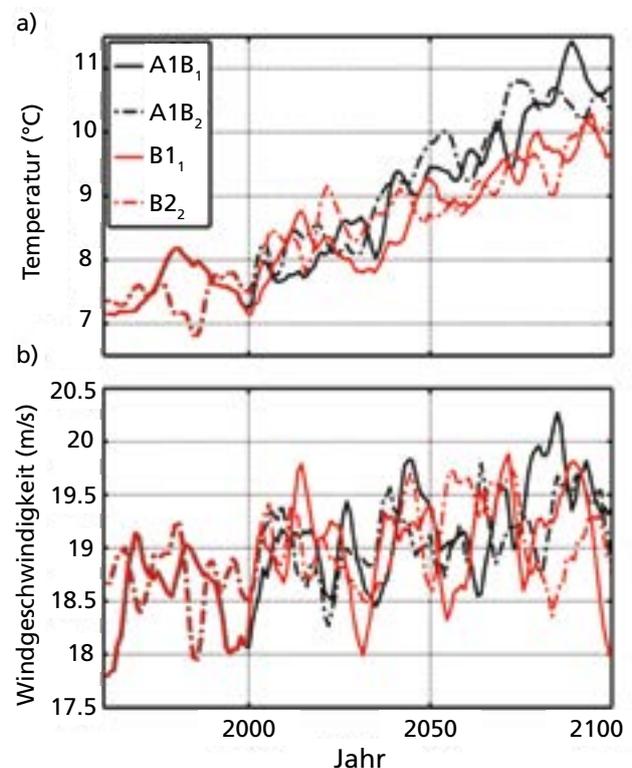
durchgeführten Untersuchungen war es, diese Veränderungen für die westliche Ostsee und die küstennahen Gewässer abzubilden und damit Grundlagen für das gesamte Projekt zu schaffen.

Der derzeitige Zustand (2002–2010) von Strömungen in der westlichen Ostsee konnte im Rahmen von hochaufgelösten (600m Gitter) Hindcast-Simulationen mit dem Modell GETM/GOTM beschrieben werden. Küstennahe Strömungen werden dabei abgebildet und Austauschprozesse in den Bodden und Haffen sowie deren Wasseraustausch mit der Ostsee genau modelliert.

Die Klimasimulationen für die Zukunft wurden mit einem lokalen Modell mit einer räumlichen Auflösung von ca. 1 km für die westliche Ostsee durchgeführt. Die Atmosphärendaten für die Ostsee wurden durch das COSMO_CLM-Klimamodell bereitgestellt.⁶¹ Genutzt wurden drei Klimadatensätze mit je zwei Realisierungen. Diese umfassen zwei Simulationen für den Zeitraum 1960–2000, zwei Simulationen für das Klimaszenario A1B für die Jahre 2001–2100, sowie zwei Simulationen für das Klimaszenario B1, ebenfalls für die Jahre 2001–2100.

Klimaszenarien für die westliche Ostsee 1960–2100:

Die Veränderungen in der Hydro- und Thermodynamik der Westlichen Ostsee werden vor allem durch die Atmosphäre angetrieben. Der Temperaturanstieg beträgt in beiden A1B Realisierungen etwa +3 K bis zum Ende des Jahrhunderts. Für die beiden B1 Realisierungen fällt der Temperaturanstieg mit +2K etwas geringer aus (vgl. Abb. 2.8 a). Dies entspricht der Tatsache, dass das A1B-Szenario von einem höheren Anstieg der CO₂-Konzentration, während das B1-Szenario von einem geringeren Anstieg ausgeht. In Abbildung 2.8 b) ist die Veränderung der Windgeschwindigkeit dargestellt. Hierfür wurde die 99-jährliche Perzentile der Windgeschwindigkeit genutzt. Sie ist ein Maß für Starkwinde. Diese Windgeschwindigkeit tritt an maximal vier Tagen im Jahr auf. Veränderungen in Starkwindereignissen haben zum Beispiel Einfluss auf die Höhe von Sturmfluten und die Intensität der Mischung in der Wassersäule. Die Analyse der Atmosphärendaten zeigt einen Anstieg von ca. 3–5 % für die Windgeschwindigkeiten von Starkwindereignissen.



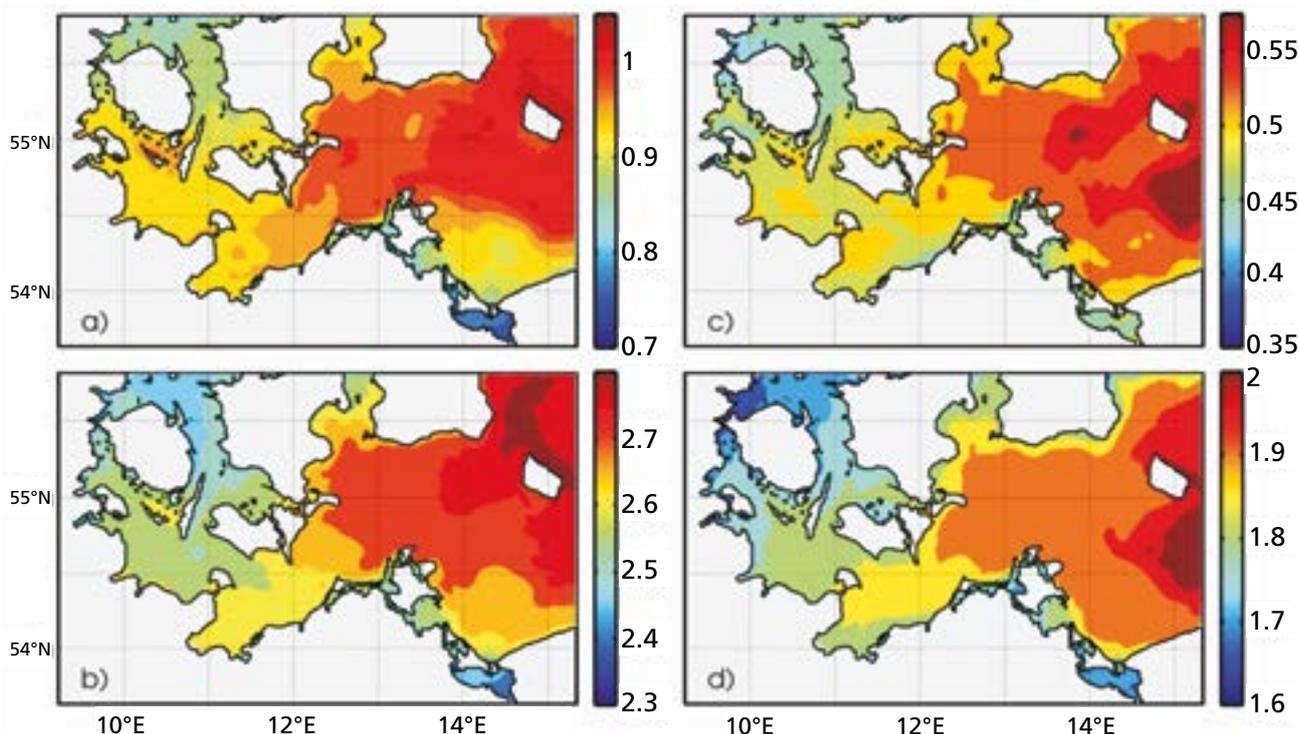
2.8 > a) Veränderung der 2 m Lufttemperatur und b) der 99-Perzentile der Windgeschwindigkeit für den Zeitraum 1960–2100⁶²

II - Wasserstände, Seegang, Strömungen und Sedimenttransporte

Veränderungen in den Oberflächentemperaturen:

Abbildung 2.9 zeigt die Veränderungen der Oberflächentemperaturen, bezogen auf den Jetzt-Zustand (1971–2000). Beide Szenarien weisen einen Anstieg in den Oberflächentemperaturen auf. Hierbei zeigt das A1B-Szenario mit bis zu +3K (2071–2100) die größten Veränderungen. Die Veränderungen im B1-

Szenario sind mit +2K etwas geringer. Deutlich zu erkennen ist der Ost-West-Gradient in der Oberflächenerwärmung. Beide Szenarien weisen die größten Veränderungen im Arkona- und Bornholm-Becken auf, die geringsten Veränderungen im Großen Belt und Kattegat.

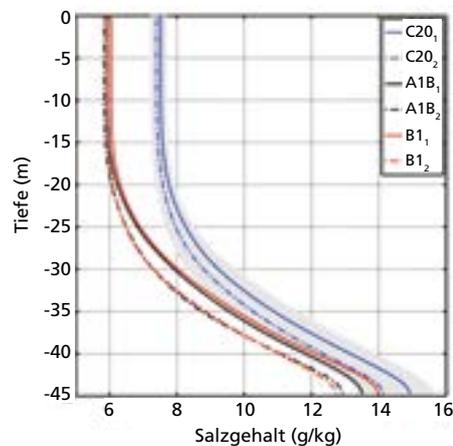


2.9 > Veränderung in den Oberflächentemperaturen bezogen auf den Zeitraum 1971–2000, a) A1B 2021–2050, b) A1B 2071–2100, c) B1 2021–2050, und d) B1 2071–2100. Dargestellt ist das Mittel aus beiden Realisierungen. Die Farbskalen unterscheiden sich zwischen der Abbildungen⁶³

Veränderungen im Salzgehalt:

Abbildung 2.10 zeigt die Veränderungen im Salzgehalt im Arkona-Becken. Besonders im Oberflächensalzgehalt ist eine deutliche Abnahme um 1.5g/kg zu sehen. Eine ähnliche Abnahme ist auch in den Bodensalzgehalten zu sehen. Diese wird aber von der höheren Variabilität überlagert.

Die Ursachen für die Veränderungen im Salzgehalt sind einerseits die erhöhten Niederschläge über Nord- und Osteuropa und damit höhere Flusseinträge, andererseits die erhöhten Windgeschwindigkeiten. Letztere verändern die Mischung von Wassermassen in den Belten und über der Darsser Schwelle und zudem die Häufigkeit von Einstromereignissen von der Nordsee in die Ostsee. Alle Ergebnisse wurden ausführlich dokumentiert und veröffentlicht.⁶⁵



2.10 > Mittleres Salzprofil im Arkona Becken. Die Profile für C20 sind das Mittel für 1971–2000. Die Profile für A1B und B1, für 2071–2100. Die grau schraffierte Fläche um die C20 Profile repräsentiert die Standardabweichung⁶⁴

63) Aus: Gräwe, U. & Burchard, H., (2011): Storm surges in the Western Baltic Sea: the present and a possible future, *Climate Dynamics*, Vol. 39(1–2), 165–183.

64) Ebd.

65) Vgl.ebd.; Gräwe et al. (2011) – Gräwe, U.; Friedland, R. & Burchard, H. (2013): The future of the western Baltic Sea: two possible scenarios, *Ocean Dynamics*, Volume 63 (8), 901–921 sowie Gräwe, U. & Burchard H. (2011): Regionalisation of climate scenarios for the western Baltic Sea. In: Schernewski, G., Hofstede, J. & Neumann, T. (eds.) *Global Change and Baltic Coastal Zones*. Springer Dordrecht, The Netherlands. Series: Coastal Systems and Continental Margins; ISSN: 1384-6434: 3-22.

Strömung und Seegang in kleinräumigen Küstenbereichen

Kontakt:

Technische Universität Hamburg-Harburg,
Institut für Wasserbau
Norman Dreier: norman.dreier@tuhh.de

Universität Rostock, Fachgebiet Küstenwasserbau (URCE)
Christian Schlamkow: christian.schlamkow@uni-rostock.de

Ausgelöst durch den Klimawandel wird es zu mehr oder weniger stark ausgeprägten Veränderungen der hydrodynamischen Bedingungen (Wasserstände, Seegang und Strömungen) an den Küsten kommen, welche resultierend Auswirkungen auf Küsten- und Hochwasserschutzanlagen haben werden. In diesem Zusammenhang sind beispielsweise die Zunahme von Belastungen von Deichen durch höheren Wellenaufbau bzw. größere Wellenüberlaufmengen oder die Veränderung von Sedimenttransportmenge und -richtungen entlang einzelner Küstenabschnitte und resultieren die geänderte morphologische Entwicklung dieser Küstenabschnitte relevant. Zur Abschätzung

möglicher Veränderungen wurden mit ausgewählten Verfahren der Seegangsvorhersage Projektionen des Seegangs auf Grundlage regionaler Klimamodelldaten bis zum Ende des 21. Jh. erstellt und die Bandbreite der Änderungen von mittleren und extremen Seegangseignissen quantifiziert. Signifikante Änderungen der Häufigkeiten und Mittelwerte von Wellenhöhen und Wellenanlaufrichtungen sind insbesondere an westlich exponierten Küstenabschnitten, mit einer hohen dekadischen und jahreszeitlichen Variabilität zu erwarten. Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung extremer Wellenhöhen konnte kein eindeutiges Signal festgestellt werden.

Veränderungen des Seegangs für mittlere Verhältnisse

Als Grundlage für die Ermittlung der Veränderung der Seegangsverhältnisse in Küstengebieten der deutschen Ostsee, wurden instationäre, räumlich hoch aufgelöste Seegangssimulationen durchgeführt. Dazu wurde mit Hilfe des numerischen Seegangssmodells SWAN⁶⁶ ein Seegangmodell für die südwestliche Ostsee „WBSSC“ (Western Baltic Sea State Climate Conditions) erstellt. Als meteorologische Randbedingungen des erstellten Modells werden Winddaten des regionalen Klimamodells Cosmo_CLM⁶⁷ in 10 m Höhe über dem Boden verwendet. Ausgehend von den Cosmo-CLM Simulationsläufen erfolgt die Berechnung der Seegangsbedingungen für die Gegenwart (1961–2000) sowie die Zukunft (2001–2100) auf Basis der SRES-Emissionsszenarien A1B und B1⁶⁸, für jeweils zwei Realisationen.

In den kleinräumigen Seegangssimulationen werden Seegangsbedingungen am östlichen und nördlichen Modellrand berücksichtigt, welche in räumlich gröberer Auflösung in großräumigen Seegangssimulationen für die gesamte Ostsee durch die HZG berechnet wurden (siehe „Großräumige Seegangsveränderungen“, S. 103). Das Modellgebiet für die großräumigen Seegangsberechnungen entspricht in etwa dem in Abbildung 2.11 dargestellten Gesamtgebiet. Das Modellgebiet des WBSSC-Modells ist in Abbildung 2.11 rot umrandet.

Die Simulationen erfolgten für einen mittleren Wasserstand auf Basis einer Bathymetrie (digitale Topografie des Meeresbodens) für die südwestliche Ostsee mit einer räumlichen Auflösung von einem Kilometer. Zusätzlich wurden Sensitivitätsanalysen zur Abschätzung der Auswirkungen möglicher zukünftiger Meeresspiegelanstiege für um 30, 60 und 90 cm erhöhte Wasserstände (RADOST-Szenarien) durchgeführt mit dem Ergebnis, dass sich der Seegang im Tiefwasser bei erhöhten Wasserständen nur geringfügig ändert und es für die Bestimmung des Tiefwasserseegangs somit ausreichend ist, die Simulationen ohne Berücksichtigung eines zukünftigen Meeresspiegelanstiegs durchzuführen.

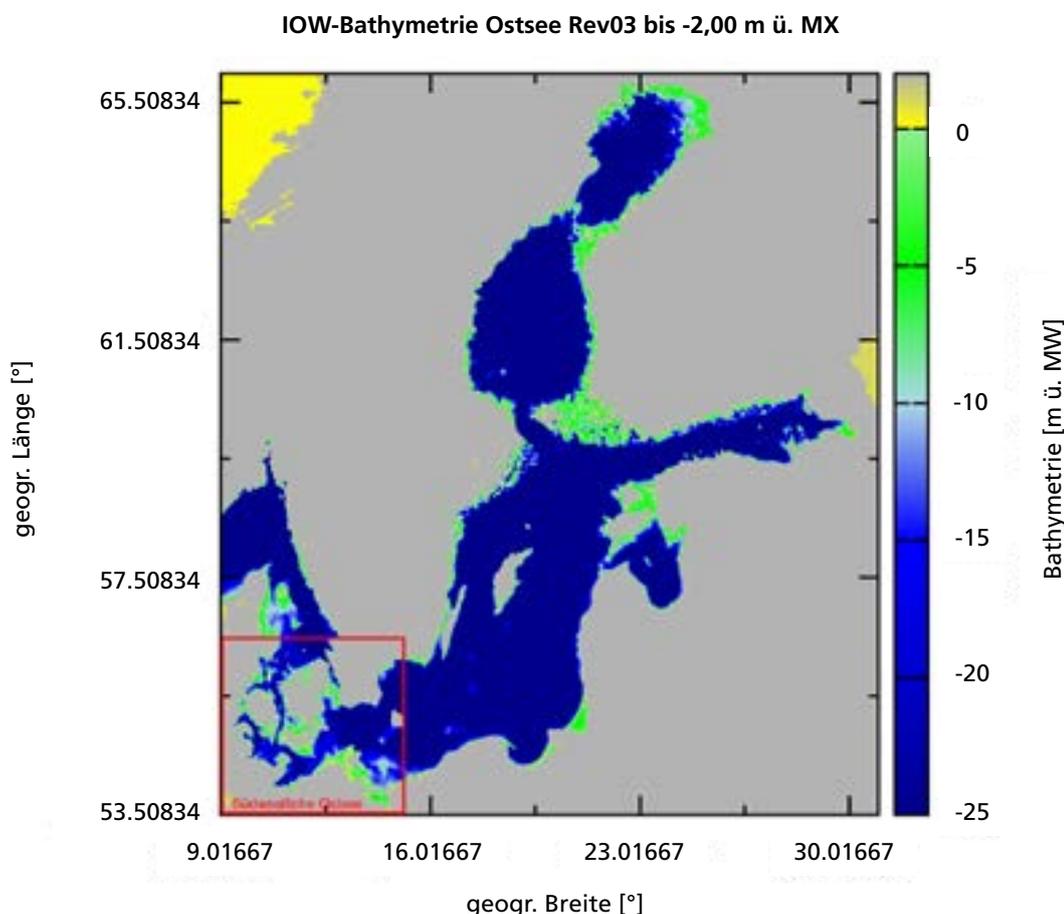
Realisationen sind Simulationsläufe des regionalen Klimamodells, die dasselbe antreibende globale Klimamodell als Randbedingung verwenden, aber mit leicht unterschiedlichen Anfangsbedingungen gestartet wurden. Anhand der Realisationen erfolgt die Berücksichtigung der stochastischen Variabilität des Klimas in den Klimamodellen.

66) Booij, N.; Holthuijsen, L.H. & Ris, R.C. (1996): The „SWAN“ wave model for shallow water. Proc. 25th Int. Conf. Coastal Engineering, Orlando, 668–676.

67) Lautenschlager, M.; Keuler, K.; Wunram, C.; Keup-Thiel, E.; Schubert, M.; Will, A.; Rockel, B. & Boehm, U. (2009): Climate Simulation with CLM, Climate of the 20th Century run no.1-3, Scenario A1B run no.1-2, Scenario B1 run no.1-2, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate.

68) Nakićenović, N.; Alcamo, J.; Davis, G.; de Vries, B.; Fenhann, J.; Gaffin, S.; Gregory, K.; Grübler, A.; Jung, T.Y.; Kram, T.; La Rovere, E.L.; Michaelis, L.; Mori, S.; Morita, T.; Pepper, W.; Pitcher, H.; Price, L.; Raihi, K.; Roehrl, A.; Rogner, H.-H.; Sankovski, A.; Schlesinger, M.; Shukla, P.; Smith, S.; Swart, R.; van Rooijen, S.; Victor, N. & Dadi, Z. (2000): Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York, 599pp.

II - Wasserstände, Seegang, Strömungen und Sedimenttransporte



2.11 > Modellgebiet großräumige und kleinräumige Seegangssimulationen

Da die Rechenzeit der hochaufgelösten Simulationsrechnungen vergleichsweise hoch ist, erfolgte die Durchführung der Simulationen auf Hochleistungsrechnern (Multiprozessorsystemen) parallel an den Rechenzentren der TUHH sowie der Uni Rostock.

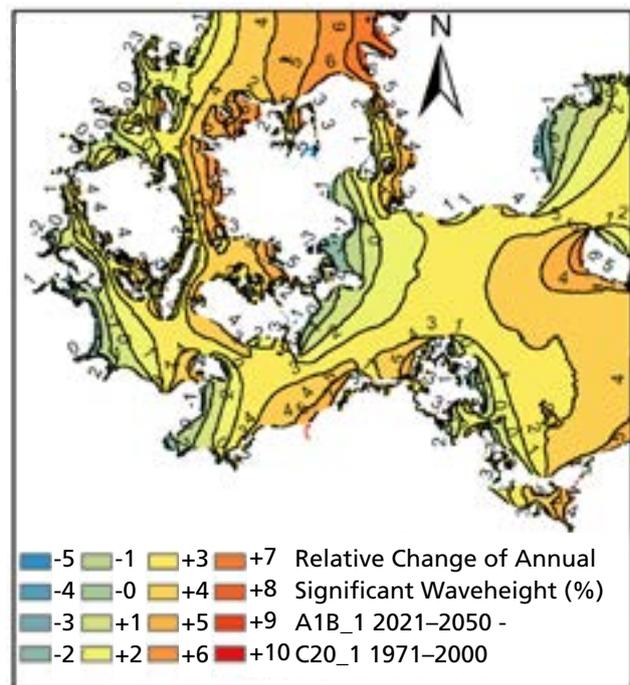
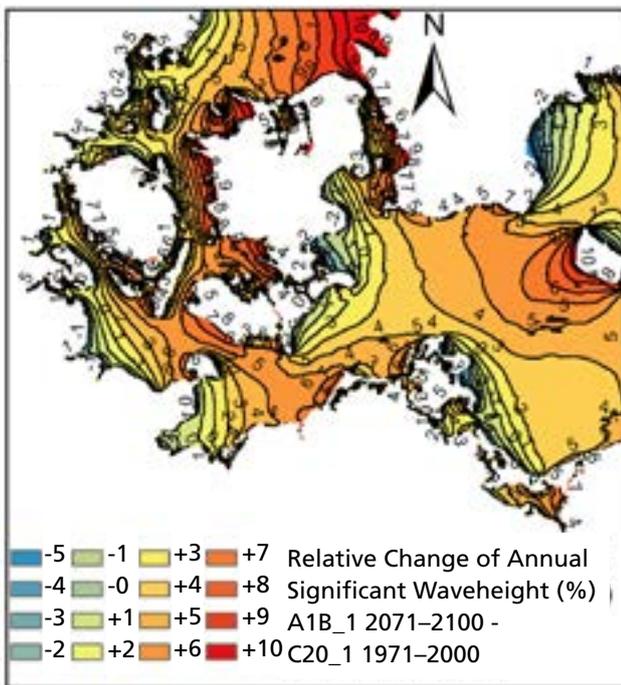
Die im Modell flächenhaft verfügbaren Seegangsinformationen werden zur Ermittlung von Veränderungen des Seegangsklimas wie beispielsweise für Aussagen zur veränderten räumlichen Verteilung der Wellenanlaufrichtungen sowie zu den Veränderungen der signifikanten Wellenhöhen innerhalb des Modellgebiets herangezogen. Diese werden auf der Grundlage ausgewählter statistischer Kenngrößen wie Mittelwerte und Perzentile der Verteilung der signifikanten Wellenhöhen berechnet.

Im Bereich der südwestlichen Ostsee sind höhere mittleren Wellenhöhen (Mittelwerte der signifikanten Wellenhöhe über 30 Jahre) an West- bzw. Nordwest-exponierten Küstenabschnitten zu erwarten⁶⁹. Die Veränderungen der Mittelwerte betragen an diesen Küstenabschnitten je nach Vergleichszeitraum bis zu +10%.

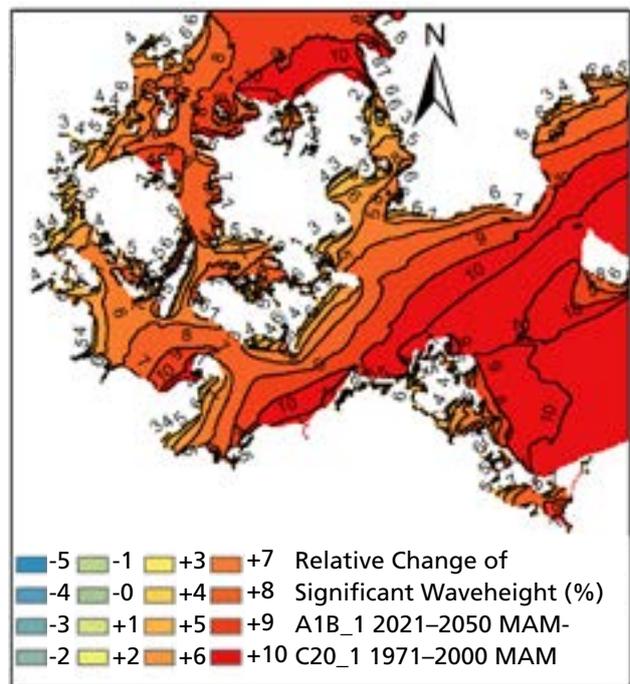
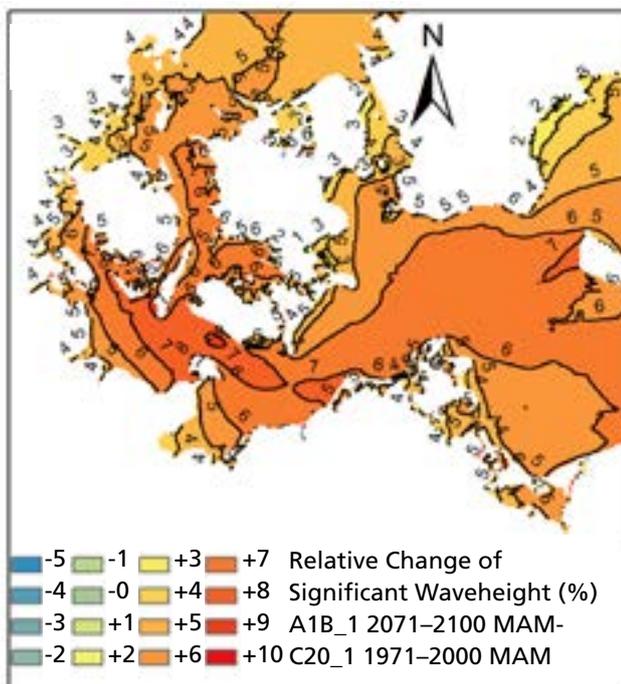
An Ost- bzw. Nordost-exponierten Küstenabschnitten sind dagegen keine signifikanten Veränderungen der mittleren Wellenhöhen bzw. geringfügig geringere Mittelwerte zu erwarten.

Zusätzlich zu der räumlichen Variabilität der Veränderungen sind die Veränderungen dekadisch und auch saisonal teilweise sehr unterschiedlich. Letzteres zeigt sich beispielsweise darin, dass die größten Veränderungen nicht zwangsläufig am Ende des 21. Jahrhunderts und während der Herbst- bzw. Wintersturmzeit auftreten. Nach den Simulationsergebnissen treten die höchsten Zunahmen der jährlichen mittleren Wellenhöhen beim Vergleich der beiden Szenarien 2100 (2071–2100) und 2050 (2021–2050) in der ersten Realisation des Emissionsszenarios A1B und für das Szenario 2100 auf (vergleiche Abb. 2.12). Die höchste Zunahme der saisonalen mittleren Wellenhöhen an den West- bzw. Nordwest-orientierten Küstenabschnitten tritt dagegen im Frühling (MAM – März, April, Mai) und für das Szenario 2050 (2021–2050) auf (vgl. Abb. 2.13).

⁶⁹ Dreier, N.; Fröhle, P.; Salecker, D.; Schlankow, C. & Xu, Z. (in press): The use of a regional climate- and wave model for the assessment of changes of the future wave climate in the Western Baltic Sea. Proceedings of the 34th International Conference on Coastal Engineering (ICCE2014), Seoul, Korea, June 15–20, 2014.



2.12 > Relative Veränderung der jährlichen mittleren signifikanten Wellenhöhen für die erste Realisation des Emissionsszenarios A1B im Vergleich zum Referenzlauf (1971–2000). Links: Szenario 2100 (2071–2100), Rechts: Szenario 2050 (2021–2050)



2.13 > Relative Veränderung der saisonalen mittleren signifikanten Wellenhöhen im Frühjahr (MAM) für die erste Realisation des Emissionsszenarios A1B im Vergleich zum Referenzlauf (1971–2000). Links: Szenario 2100 (2071–2100), Rechts: Szenario 2050 (2021–2050)

Als Folge des zukünftig häufigeren Auftretens westlicher Windrichtungen (Ergebnisse der Klimamodelle), kommt der Seegang insbesondere an westlich exponierten Küstenabschnitten ebenfalls häufiger aus westlichen Richtungen. An diesen Küstenabschnitten wurden Veränderungen der Häufig-

keiten der mittleren Wellenanaufrichtungen des Seegangs um bis zu +4% zum Ende des 21. Jh. festgestellt, infolge derer sich die 30-jährigen Mittelwerte bis zu 8° hin zu mehr westlichen Richtungen verändern können⁷⁰.

70) Dreier, N.; Schlammkow, C.; Fröhle, P. & Salecker, D. (2013): Changes of 21st Century's average and extreme wave conditions at the German Baltic Sea Coast due to global climate change. In: Conley, D.C.; Masselink, G.; Russell, P.E. & O'Hare, T.J. (eds.), Proceedings 12th International Coastal Symposium (Plymouth, England), Journal of Coastal Research, Special Issue No. 65, pp. 1921–1926.

II - Wasserstände, Seegang, Strömungen und Sedimenttransporte

Veränderungen des Seegangs für extreme Einzelereignisse

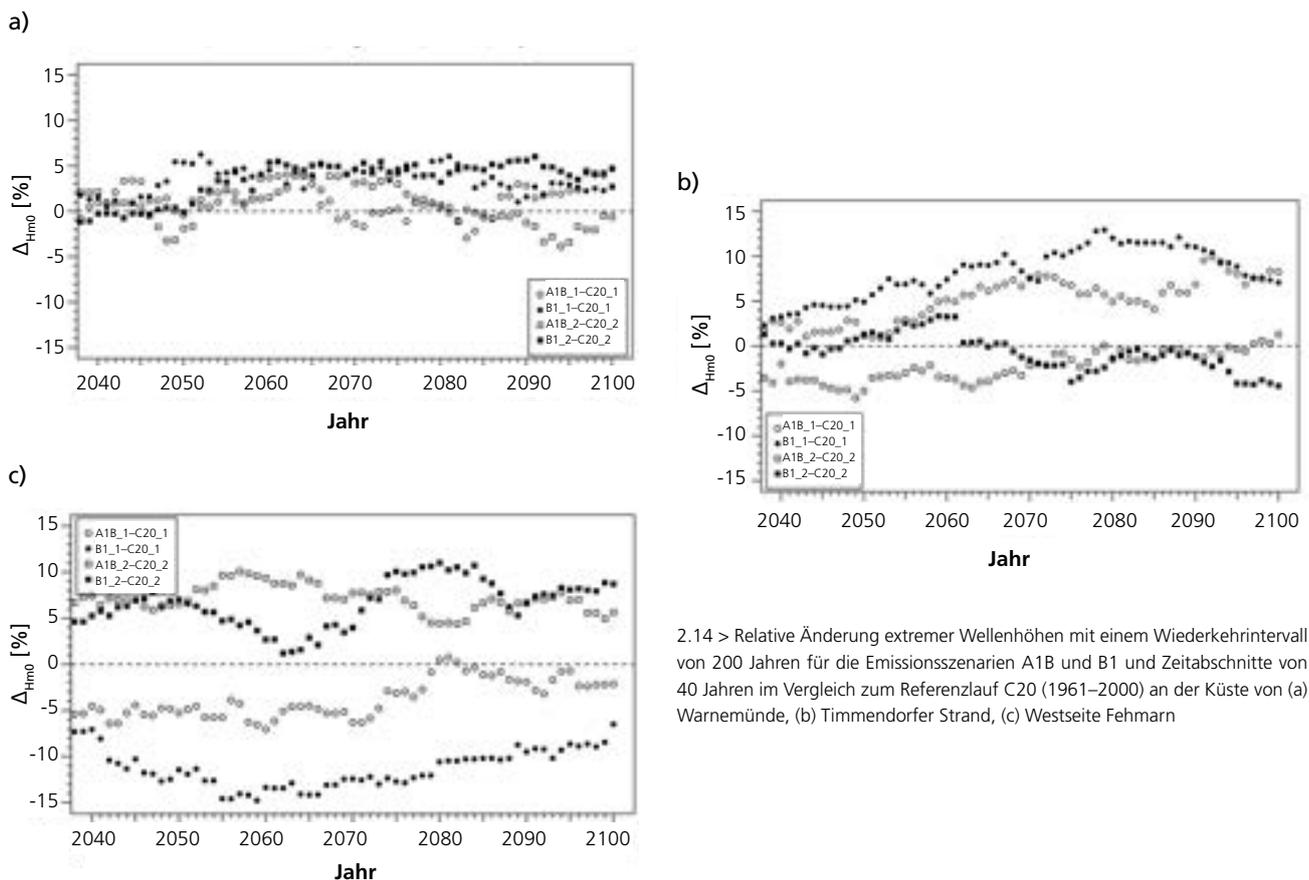
Veränderung des Seegangs für extreme Einzelereignisse

Die Beurteilung der Veränderung von hohen bzw. extremen Wellenhöhen an ausgewählten Lokationen erfolgte zunächst auf Grundlage von Zeitserien der signifikanten Wellenhöhen, die aus statistischen Zusammenhängen zwischen Wind und Wellen abgeleitet wurden und mit Hilfe von Verfahren der Extremwertstatistik ausgewertet wurden.

Zur Erzeugung der benötigten Zeitreihen der Wellenhöhen wurde ein kombinierter statistisch-numerischer Ansatz (sog. Hybridverfahren) entwickelt. Als extremes Ereignis wurde im Rahmen dieser Untersuchung eine durch extremwertstatisti-

sche Methoden ermittelte signifikante Wellenhöhe mit einem mittleren Wiederkehrintervall von 200 Jahren (Eintrittswahrscheinlichkeit $p=0,05/a$) betrachtet.

Zur Ermittlung der relativen Veränderungen extremer Wellenhöhen wurden diese für einen gleitenden Auswertungszeitraum von vierzig Jahren innerhalb des 21. Jahrhunderts (2001–2100) bestimmt und jeweils mit der berechneten extremen Wellenhöhe für den Referenzzeitraum (1961–2000) für vier Zeitreihen (aus der Kombination der Emissionsszenarien A1B und B1 sowie jeweils zwei Realisationen) verglichen (siehe Abb. 2.14).



2.14 > Relative Änderung extremer Wellenhöhen mit einem Wiederkehrintervall von 200 Jahren für die Emissionsszenarien A1B und B1 und Zeitabschnitte von 40 Jahren im Vergleich zum Referenzlauf C20 (1961–2000) an der Küste von (a) Warnemünde, (b) Timmendorfer Strand, (c) Westseite Fehmarn

Die Bandbreite der Veränderungen (Differenz zwischen maximaler und minimaler Veränderung) der extremen Wellenhöhen ist für die betrachteten Stationen unterschiedlich und kann je nach verwendetem Emissionsszenario und Vergleichszeitraum zwischen +15% und -15% betragen.

Weiterhin resultiert nicht für alle Stationen ein eindeutiges Signal für die Veränderungen der extremen Wellenhöhen. Am

deutlichsten sind die Veränderungen an der Küste vor Warnemünde (vgl. Abb. 2.14 a) wo drei von vier Zeitserien einen (schwachen) positiven Trend für eine Zunahme der extremen Wellenhöhen zeigen. Für die anderen betrachteten Küstenabschnitte wie Timmendorfer Strand und Westmarkelsdorf (Westseite Fehmarns, Abb. 2.14 b bzw. c) zeigen jeweils nur zwei von vier Zeitreihen eine eindeutige Zunahme der extremen Wellenhöhen.

Sedimenttransport und Morphologie

Der Transport von Sedimenten entlang der deutschen Ostseeküste wird im Wesentlichen durch die vorherrschenden Seegangsbedingungen bestimmt. Durch die klimawandelinduzierten Veränderungen der Seegangsbedingungen können demnach auch Auswirkungen auf den Sedimenttransport erwartet werden. Um diese Auswirkungen zu Quantifizieren wurden die „Sedimenttransportkapazitäten“ an der deutschen Ostseeküste berechnet. Sedimenttransportkapazitäten beschreiben das Transportvermögen der Wellen entlang der Küste und geben für viele Küstenabschnitte einen guten Eindruck von der tatsächlich transportierten Sedimentmenge im Laufe eines Jahre.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse hinsichtlich möglicher, zukünftiger Entwicklungen der Sedimenttransporte an der deutschen Ostseeküste als Folge des Klimawandels sind für beispielsweise für langfristige Planungen der Küstenschutzbehörden von Interesse. Gleichzeitig können anhand der Ergebnisse langfristige Entwicklungstendenzen für die morphologische Entwicklung sandiger Küsten abgeleitet werden. Zudem wurden Abschätzungen des Küstenrückgangs als Folge des zu erwartenden Meeresspiegelanstiegs durchgeführt mit dem Ergebnis, dass bereits moderate Veränderungen zu teilweise erheblichen Küstenrückgängen führen.

Einfluss des Klimawandels auf den Küstenlängstransport und Küstenrückgang

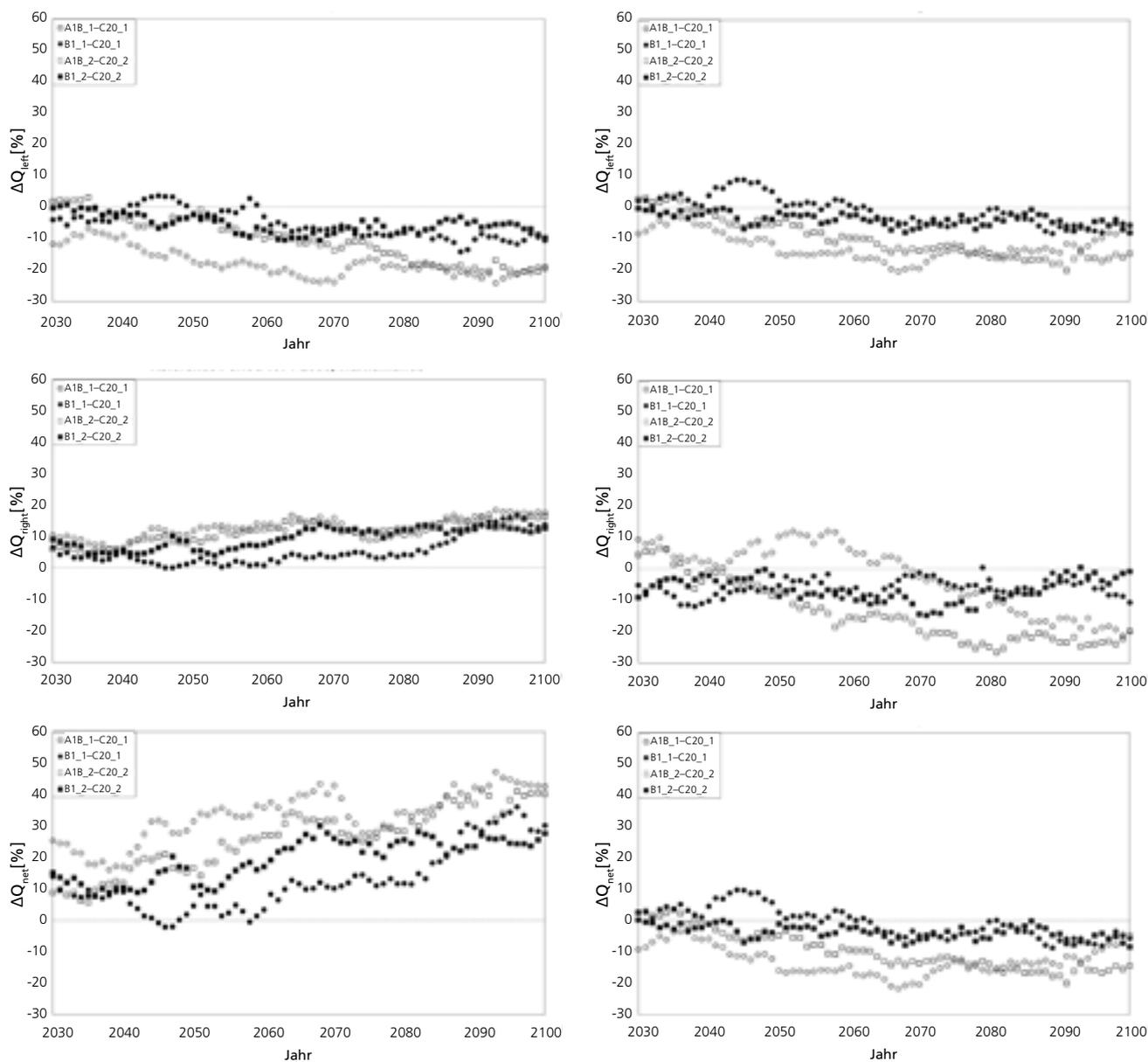
Die gerichteten- sowie die Netto-Sedimenttransportkapazitäten wurden für einen Auswertzeitraum von 2030 bis 2100 als gleitendes Mittel jeweils über einen Zeitraum von dreißig Jahren berechnet und mit dem entsprechenden Mittelwert für den Referenzzeitraum (1971–2000) verglichen und sind exemplarisch für die Küstenabschnitte Warnemünde und Timmendorfer Strand in Abbildung 2.15 dargestellt.

An der Küste von Warnemünde nehmen die nach Westen gerichteten Sedimenttransportkapazitäten (Qleft, Abb. 2.15 a) ab, während die nach Osten gerichteten Sedimenttransportkapazitäten (Qright, Abb. 2.15 b) zunehmen. Insgesamt wurde im Modell eine Intensivierung des nach Osten gerichteten Netto-Sedimenttransports (Qnet, Abb. 2.15 c) für alle betrachteten Emissionsszenarien in einer Größenordnung zwischen 28% und 43% zum Ende des 21. Jahrhunderts (2071–2100) ermittelt. Durch die Zunahme des potentiellen Sedimenttransports nach Osten werden sich Bauwerkseffekte wie z. B. die Luv-Akkumulation von Sedimenten an der Westmole von Warnemünde oder der Sedimenteintrag in den Seekanal Rostock zukünftig verstärken.

An der Küste von Timmendorfer Strand werden sowohl die nach NW (Qleft, Abb. 2.15 d) als auch die nach SE (Qright, Abb. 2.15 e) gerichteten Sedimenttransportkapazitäten geringer. Insgesamt kommt es an diesem Küstenabschnitt zu einer Reduzierung des nach NW gerichteten Netto-Sedimenttransports (Qnet, Abb. 2.15 f), für alle betrachteten Emissionsszenarien in einer Größenordnung von 5% bis 14% bis zum Ende des 21. Jahrhunderts (2071–2100). Auch dies wird natürlich Auswirkungen auf die Küstenschutzanlagen haben.



II - Wasserstände, Seegang, Strömungen und Sedimenttransporte



2.15 > Veränderung der gerichteten (ΔQ_{left} , oben bzw. ΔQ_{right} , mittig) und Netto-Sedimenttransportkapazitäten (ΔQ_{net} , unten) über Zeitabschnitte von 30 Jahren, für die Emissionsszenarien A1B und B1, bezogen auf den Referenzzeitraum C20 (1971–2000) in der Nähe von Warnemünde (links) und Timmendorfer Strand (rechts)

Neben den küstenparallelen Sedimenttransporten wurden im Vorhaben ebenfalls die Auswirkungen von Meeresspiegeländerungen auf den Küstenrückgang ermittelt. Hierzu wurde unter der Annahme von mittleren dynamisch stabilen Gleichgewichtsprofilen der Küste Berechnungen des Küstenrückgangs

durchgeführt. Es zeigte sich, dass bereits für moderate Meeresspiegelanstiegsszenarien mit teilweise erheblichem Küstenrückgang zu rechnen ist. Beispielsweise wurde für einen Meeresspiegelanstieg von 30 cm für einzelne Küstenabschnitte ein Rückgang von 30 m errechnet⁷¹.

71) Vgl. z.B. Fröhle, P. (2012): To the effectiveness of coastal and flood protection structures under terms of changing climate conditions. In: Patrick Lynett and Jane McKee Smith (eds.), Proceedings of 33rd Conference on Coastal Engineering, Santander, Spain, July 1-6th 2012.



III - Fluss-Küste-Meer Gewässerqualität und Klimawandel

Kontakt:

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)

Dr. habil. Gerald Schernewski:

gerald.schernewski@io-warnemuende.de

Die Gewässerqualität in den Flusseinzugsgebieten, den Küstengewässern und der deutschen Ostsee wird entscheidend durch die Landwirtschaft beeinflusst, die für einen Großteil der hohen Nährstofffrachten in den Gewässern verantwortlich ist. Durch den Klimawandel werden sich die Nährstoffeinträge in die Gewässer langfristig verändern.

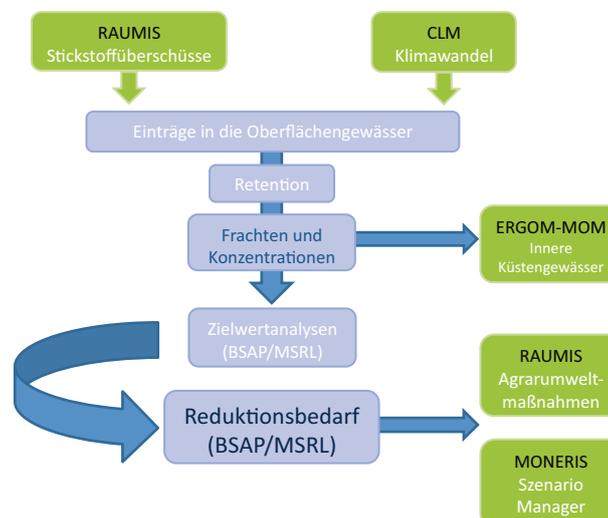
Ergebnisse der RADOST-Simulationsstudien haben gezeigt, dass zumindest in den kommenden Jahrzehnten dieser Prozess maßgeblich durch landwirtschaftliche

Nutzungsänderungen überlagert wird. Die zukünftig zu erwartenden diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft hängen entscheidend von den Entwicklungen auf den Weltmärkten für Agrarprodukte, der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU, und der Energiepolitik vor allem im Bereich der Förderung nachwachsender Rohstoffe ab. Politische Reduktionsstrategien wie der Baltic Sea Action Plan (BSAP), die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) spielen dabei eine entscheidende Rolle.

Zentrales Ziel von RADOST war es, die sich überlagernden Einflüsse auf die Gewässer differenziert zu beschreiben und ihre Konsequenzen zu analysieren. Da es bisher an konsistenten und realistischen Grenzwerten für den guten Zustand von Flüssen, Küstengewässern und Ostsee fehlte, sollten diese im Hinblick auf die Reduktionsstrategie des BSAP abgeleitet sowie mit den Vorgaben aus der WRRL verglichen werden.

Durch die Kopplung von Agrar-, Flusseinzugsgebiets- und Küstengewässer- / Ostseemodell entstand ein leistungsfähiges gekoppeltes Modellsystem. Es ist nicht nur in der Lage, die Auswirkungen des Klimawandels zu erfassen, sondern gleichzeitig

auch die Konsequenzen von Landnutzungsänderungen und Maßnahmen im Einzugsgebiet zu quantifizieren. Mit diesem Modellsystem können die ersten Umsetzungsschritte der Wasserrahmenrichtlinie (Referenzzustände, Definition des guten Zustands) evaluiert und zukünftige Szenarien simuliert werden. Das Modell RAUMIS errechnet Stickstoffbilanzveränderungen für verschiedene Szenarien, die als Input für das Stoffflussmodell MONERIS dienen. MONERIS berechnet Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer und ermittelt anschließend die Retention und den Transport durch das Flusssystem und die resultierenden Frachten und Konzentrationen, die dem Ostseemodell ERGOM-MOM als Eingangsdaten dienen.



Gewässerqualität in Flüssen

Kontakt:

Leibniz-Institut für Gewässerökologie und
Binnenfischerei, Berlin (IGB)

Dr. Markus Venohr: m.venohr@igb-berlin.de

Judith Mahnkopf: j.mahnkopf@igb-berlin.de

Um die Gewässerqualität in den Flüssen der deutschen Ostseeinzugsgebiete für Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft abbilden zu können – und daraus Schlüsse für die Gewässerqualität der Ostsee ziehen zu können – wurde das Stoffeintragsmodell MONERIS angewendet.

Nachdem in vergangenen Berichtszeiträumen bereits Nährstoffeinträge und -frachten für 1880 und die Gegenwart berechnet wurden, liegen nun auch modellierte Daten für das Jahr 2021 und den Zeitraum 2010–2100 in monatlicher Auflösung vor.

Modellierung von Gewässerqualität in Flüssen mit MONERIS

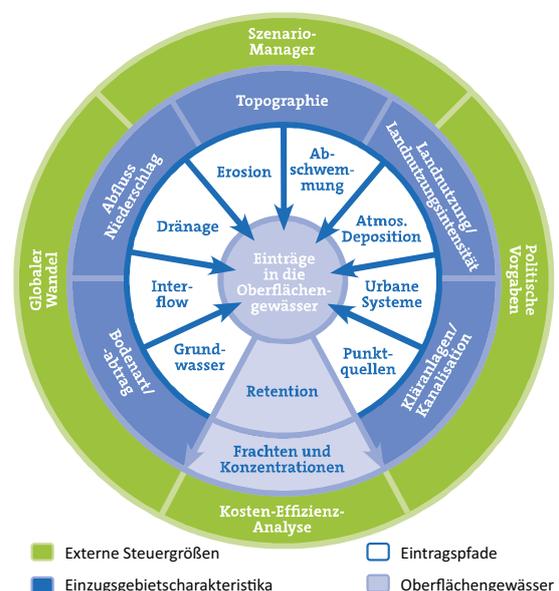
MONERIS ist ein semi-empirisches, konzeptionelles Modell zur Quantifizierung von Stoffströmen in großen Flusseinzugsgebieten. MONERIS berechnet Nährstoffeinträge aus dem Einzugsgebiet für sowohl punktuelle als auch diffuse Eintragspfade (Abb. 2.17) und ermittelt anschließend die Retention und den Transport durch das Flusssystem. Für insgesamt sieben Eintragspfade werden die Wasserkomponente und die dazugehörigen Nährstoffkonzentrationen quantifiziert. Während die punktuellen Einträge aus kommunalen Kläranlagen und von industriellen Einleitern direkt in die Flüsse gelangen, ergeben sich die diffusen Einträge von Nährstoffen in die Oberflächengewässer aus der Summe verschiedener Eintragspfade, die über die einzelnen Komponenten des Abflusses realisiert werden.

Der im Modellsystem integrierte Szenario-Manager ermöglicht die Berechnung der Auswirkungen von verschiedenen Maßnahmen auf den Nährstoffeintrag für unterschiedliche Eintragspfade und räumliche Einheiten.

Für die Berechnungen mit dem Modell MONERIS innerhalb von RADOST wurden verschiedene regionalspezifische Anpassungen getroffen. Nährstoffeinträge und -frachten und die Retention im Flusslauf wurde sowohl für Stickstoff (Total Nitrogen=TN) als auch Phosphor (Total Phosphorus=TP) auf Analysegebietsebene berechnet. Der Modellierungszeitraum im Rahmen von RADOST besteht aus vier verschiedenen Zeiträumen und umfasst:

- 1880: Referenzbedingungen
- 1983–2007: Gegenwart mit dem BSAP
- 2021: Zukunft → Zieljahr für WRRL und MSRL
- 2010–2100: Einfluss des Klimawandels auf Einträge und Frachten in der Zukunft.

Für die Referenzbedingungen von 1880 wurden jährliche Einträge und Frachten modelliert, für alle anderen Zeiträume monatliche Einträge und Frachten. Die Ergebnisse liegen für 171 Analysegebiete einzeln, aber auch aggregiert z.B. nach Flussgebiet, Planungseinheit oder Bundesland vor.



2.17 > Die Struktur des Modells MONERIS

III - Fluss-Küste-Meer Gewässerqualität und Klimawandel

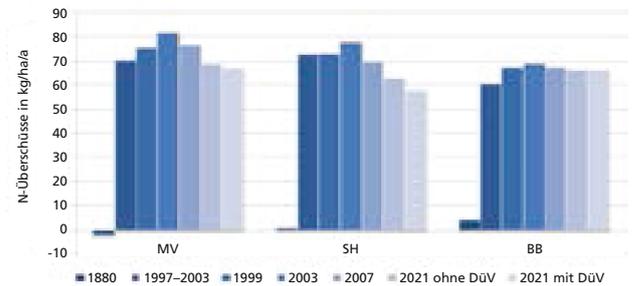
Ergebnisse

Ein wichtiger Eingangsdatensatz sind die Stickstoffüberschüsse auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Diese wurden im Rahmen des RADOST-Projektes vom Thünen Institut mit dem Modell RAUMIS berechnet. Abbildung 2.18 zeigt auf Bundeslandebene die mittleren Stickstoffüberschüsse für die einzelnen Bezugsjahre.

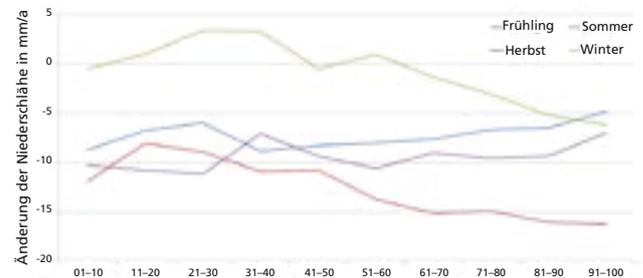
Um die zukünftige Entwicklung der Nährstoffeinträge und -frachten unter veränderten Bedingungen durch den Klimawandel abbilden zu können, wurden die Niederschläge aus dem regionalen Klimamodell COSMO_CLM verwendet mit den Szenarien A1B und B1 (vgl. S. 99).

Die Niederschlagsdaten wurden als 10-Jahres-Mittel von 2010 bis 2100 für die Verwendung in MONERIS aufbereitet. Für Schleswig-Holstein ergibt sich insgesamt eine leichte Abnahme der Niederschlagssummen um ~23 mm, für Mecklenburg-Vorpommern um ~9 mm. Anhand der Niederschlags-Abflussverhältnisse der Jahre 1983 bis 2005, wurden für diese Zeiträume die Abflüsse berechnet. Außerdem wurde die Änderung der Lufttemperatur anhand der COSMO_CLM Daten proportional auf die Änderung der Wassertemperatur übertragen. Es ergibt sich für Szenario A1B eine durchschnittliche Änderung von +0,03K pro Jahr, für Szenario B1 eine durchschnittliche Änderung von +0,02K pro Jahr für die Wassertemperaturen.

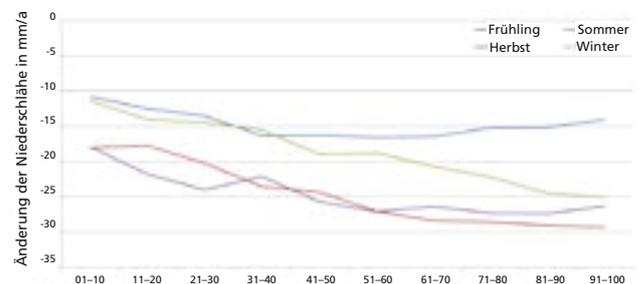
Abbildung 2.21 zeigt für die vier Modellierungszeiträume sowohl die Stickstoff- (obere Reihe), als auch die Phosphoreinträge (untere Reihe) in Oberflächengewässer unterschieden nach Eintragspfaden für die deutschen Ostsee-einzugsgebiete. Der aktuell und auch zukünftig dominierende Eintragspfad sind die Dränagen.



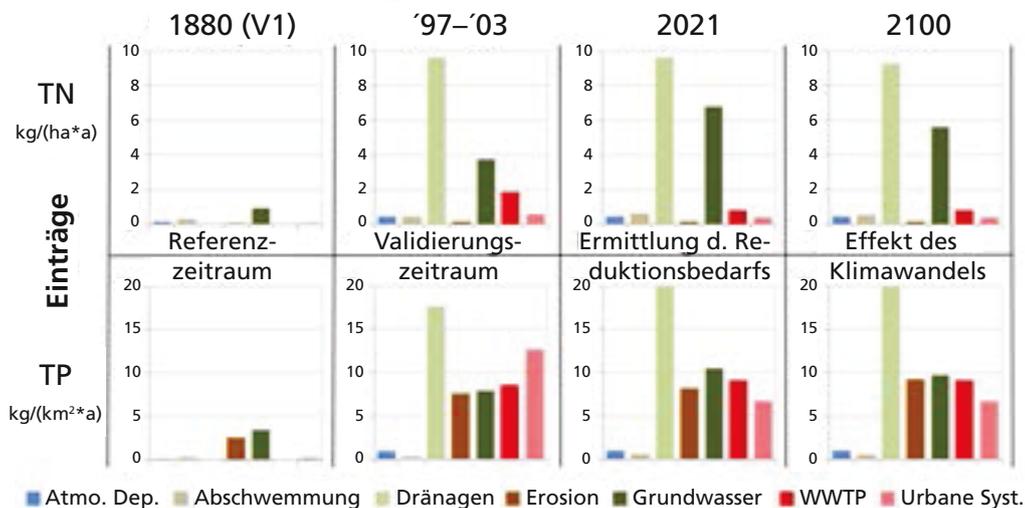
2.18 > Mittlere Stickstoff-Überschüsse für Bezugsjahre in Mecklenburg-Vorpommern (MV), Schleswig-Holstein (SH) und Berlin-Brandenburg (BB) (Daten nach: Bach, OECD und TI)



2.19 > Änderung der Niederschläge für SH – Szenario A1B



2.20 > Änderung der Niederschläge für MV – Szenario A1B



2.21 > Spezifische Stickstoff- (obere Reihe, in kg/ha und Jahr) und Phosphoreinträge (untere Reihe, in kg/km² und Jahr) der deutschen Ostsee-einzugsgebiete für die vier Modellierungszeiträume

Gewässerqualität in inneren und äußeren Küstengewässern und Ostsee

Kontakt:

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)

Dr. habil. Gerald Schernewski:

gerald.schernewski@io-warnemuende.de

Dr. René Friedland: René.friedland@io-warnemuende.de

Die RADOST-Untersuchungen zu Gewässerqualität und Klimawandel beschäftigten sich mit der Frage, welchen Einfluss klimatische Veränderungen auf die Nährstoffbelastung der Ostseegewässer und deren ökologische Auswirkungen haben könnten. Dabei wurden nicht nur unterschiedliche Klimaszenarien, sondern auch mögliche Veränderungen der Nährstoffeinträge berücksichtigt, die durch Landnutzungsänderungen aufgrund der Agrarmarktentwicklung und politischer Vorgaben bedingt sein können.

Gleichzeitig war es erforderlich, die unterschiedlichen Bestandteile des Gewässersystems – Flusseinzugsgebiete, Küstengewässer und Ostsee – im Zusammenhang zu betrachten.

Die Simulationsergebnisse haben insgesamt gezeigt, dass landnutzungsbedingte Veränderungen der Nährstoffeinträge in absehbarer Zukunft einen wesentlich größeren Einfluss auf die Gewässerqualität haben werden als der Klimawandel.

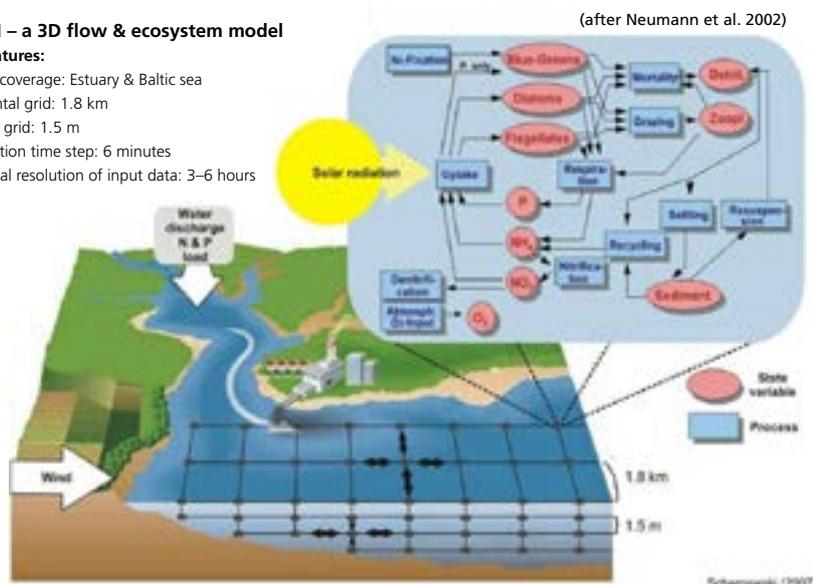
Es wurden eine Reihe von Simulationen der kompletten Ostsee mit dem bio-geo-chemischen Modell ERGOM-MOM (vgl. Abb. 2.22) durchgeführt, das eine horizontale Auflösung von jeweils drei Seemeilen und vertikal von 2 bis zu 6 Metern aufweist. Simuliert wurden dabei zum einen die Jahre 1960 bis 2000 zur Validierung des Modells, sowie das komplette 21. Jahrhundert, um Vorhersagen über die Entwicklung der westlichen Ostsee treffen zu können. Neben dem veränderten Klima wurde die Auswirkung einer vollständigen Umsetzung des Ostseeaktionsplans (Baltic Sea Action Plan – BSPA) simuliert.

Für die Simulationen zur historischen (1880) und zur gegenwärtigen Situation wurde das Osteemodell räumlich auf 1 Seemeile verfeinert und in alle äußeren und die meisten inneren Küstengewässer ausgeweitet. Durch diese Ausweitung war eine separate Betrachtung von inneren und äußeren Küstengewässern nicht mehr erforderlich.

ERGOM – a 3D flow & ecosystem model

Basis Features:

- Spatial coverage: Estuary & Baltic sea
- Horizontal grid: 1.8 km
- Vertical grid: 1.5 m
- Calculation time step: 6 minutes
- Temporal resolution of input data: 3–6 hours



2.22 > Das Osteemodell ERGOM-MOM

III - Fluss-Küste-Meer

Gewässerqualität und Klimawandel

Gewässerqualität im Klimawandel

Die Modellierungsergebnisse lassen auf folgende Veränderungen schließen:

- Anstieg der Wassertemperatur um 2 (Szenario B1) bis 3 Kelvin (Szenario A1B) in der westlichen Ostsee bis zum Ende des 21. Jahrhunderts,
- Rückgang der Eisbedeckung: im RADOST-Gebiet wird nach 2040 höchstens noch ein Winter mit Eisbildung pro Dekade auftreten,
- Rückgang des Salzgehalts,
- Verringerung der Sauerstoffkonzentrationen.

Der Anstieg der Wassertemperatur um 3K führt dazu, dass etwa 8% weniger Sauerstoff gelöst wird. Dadurch ist davon auszugehen, dass sich die anoxischen (sauerstofffreien) Zonen, insbesondere in der Mecklenburger Bucht, weiter ausdehnen werden. Außerdem kommt es zu einer früheren und stärkeren Blüte von Blaualgen (20 Tage früher am Ende des Jahrhunderts, Anstieg der maximalen Konzentration um 10%).

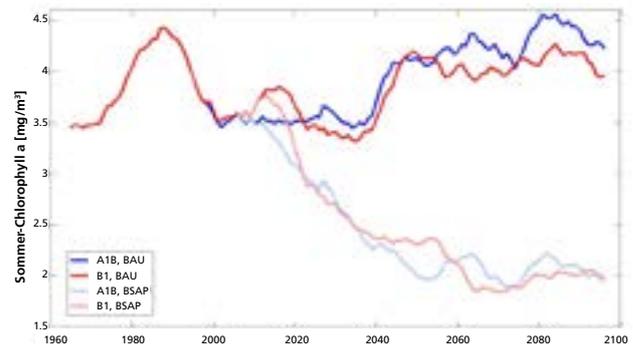
Neben der Klimavariabilität ist der Nährstoffhaushalt die bedeutendste Steuergröße bei Aussagen zum zukünftigen Status der Ostsee. Verstärkte Niederschläge in der nördlichen und östlichen Ostsee können zu erhöhten Nährstoffeinträgen und verstärkter Eutrophierung bis zum Ende des 20. Jahrhunderts führen. Bei Annahme der Umsetzung des Ostseeaktionsplans kommt es allerdings zu einer deutlichen Verringerung der Nährstoffeinträge in die Ostsee gegenüber der aktuellen Situation. Die Ergebnisse zeigen, dass auch langfristig die Veränderungen der Nährstoffzufuhren einen größeren Einfluss auf das Ökosystem Ostsee ausüben als der Klimawandel.

Parameter	Klimawandel (Szenario A1B)	Klimawandel und Baltic Sea Action Plan
Wassertemperatur	↑↑	↑↑
Eisbedeckung	↓↓	↓↓
Wassertransparenz	↓	↑
Sauerstoff	↓	↔
Salzgehalt	↓↓	↓↓
Stickstoff (DIN, Winter)	↔	↔
Stickstoff (DIN, Sommer)	↔	↑↑
Phosphor (DIN, Winter)	↔	↓↓
Phosphor (DIN, Sommer)	↔	↓↓
Stickstofffixierer	↑	↓↓
Frühjahrsblüte der Kieselalgen	↔	↔
Chlorophyll a (Sommer)	↑	↓↓
Totes organisches Material	↓	↓↓
Zooplanktonbiomasse	↑	↓
Dentrifikation	↑	↓↓
N-Fixierung	↑	↓↓

starker Anstieg ↑↑	leichter Anstieg ↑	keine signifikante Änderung ↔
starker Rückgang ↓↓	leichter Rückgang ↓	

Einfluss politischer Richtlinien

Im Falle der Umsetzung der Nährstoffreduktion gemäß Ostseeaktionsplan würde zukünftig das Algenwachstum nicht mehr durch die Menge des Stickstoffs sondern durch Phosphor als limitierenden Nährstoff großräumig bestimmt werden. Als Konsequenz würde sich das Ökosystem deutlich umstellen und ab 2050 würden sich die problematischen Blaualgenblüten deutlich reduzieren. Insgesamt würde eine Umsetzung des Ostseeaktionsplans zu einer deutlichen Abnahme der Chlorophyll-a-Konzentration um etwa 50% im Sommer und einen deutlichen Anstieg der Sichttiefe bis zu einem Meter führen. Dadurch würde sich die Gewässerqualität wesentlich verbessern. Zusätzlich verringerten sich auch die Konzentrationen von Zooplankton und von abgestorbenen organischen Material, was sich erhöhend auf die Sauerstoffkonzentrationen auswirken würde, aber den temperaturbedingten Abfall nicht ausgleichen könnte.⁷²



2.23 > Entwicklung der Chl-a-Werte im Sommer in den verschiedenen Klimaszenarien (A1B-blau, B1-rot) ohne (dunkle Linien) und mit Einfluss (helle Linien) des Ostseeaktionsplans (BSAP) auf die Nährstoffeinträge



2.24 > Zusammenstellung der Ergebnisse der Modellsimulationen

72) Vgl. Neumann, T. & Friedland, R. (2011): Climate change impacts on the Baltic Sea. In: Schernewski, G., Hofstede, J. & Neumann, T. (eds.) Global Change and Baltic Coastal Zones. Springer Dordrecht, The Netherlands. Series: Coastal Systems and Continental Margins; Friedland, R.; Neumann, T. & Schernewski, G. (2012): Climate Change and the Baltic Sea Action Plan: Model simulations on the future of the western Baltic Sea. J Marine Systems 105–108: 175–186.

Stofffluss-Interaktionen zwischen Fluss-Küste-Meer

Kontakt:

Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin (IGB)

Dr. Markus Venohr: m.venohr@igb-berlin.de

Judith Mahnkopf: j.mahnkopf@igb-berlin.de

Die Stofffluss-Interaktion zwischen Flüssen, Küste und der Ostsee – unter Berücksichtigung der zahlreichen kleineren Ostseezuflüsse – wurde in verschiedenen gekoppelten Fluss-Küste-Meer Modell-Simulationen untersucht und mit Vertretern der betroffenen Bundesländer diskutiert.

Schwerpunkte der Betrachtung waren die Stofffrachten in die Küstengewässer vor dem Hintergrund von Klimawandel und politischen Richtlinien, die Effektivität von Maßnahmen zur Erreichung der Frachten und die Möglichkeit der Quantifizierung von seeseitigen Einträgen von Nährstoffen sowie die erwartbaren Änderungen.

Wirkungsanalysen zu Nährstoffreduktionsmaßnahmen

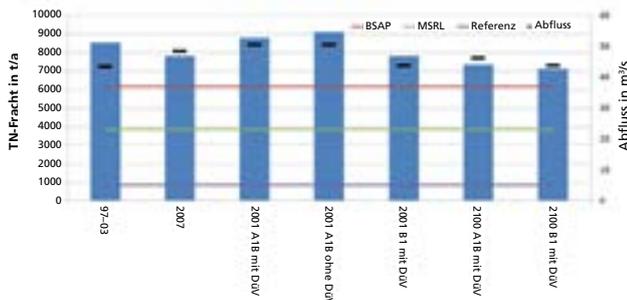
Verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung von Stoffausträgen wurden im Rahmen von RADOST untersucht. Dazu zählen z. B.:

- Erfüllung der EG-Abwasserrichtlinie
- Umsetzung der Düngeverordnung (DÜV 2009)
- Einrichtung von Retentionsbecken
- das Anlegen von Gewässerrandstreifen
- bodenkonservierende Bodenbearbeitung

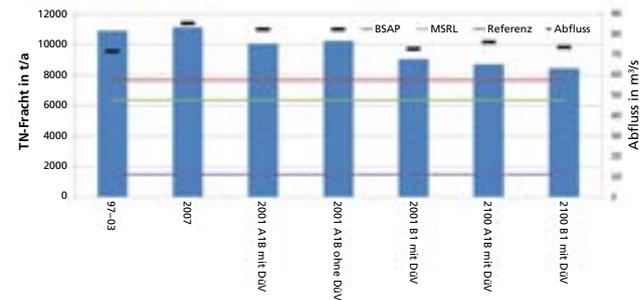
Für die Reduzierung von Stickstoff (TN) scheint die Anlage von Retentionsbecken, für Phosphor (TP) hingegen Maßnahmen zum Erosionsschutz die größten Erfolge zu versprechen. Die Maßnahmen müssen aber in jedem Fall mit weiteren Maßnahmen kombiniert werden (vgl. 4. RADOST-Jahresbericht). Verschiedenste Maßnahmen wurden in einer Studie vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V. (ZALF) katalogartig zusammengestellt.⁷³ Die Zusammenstellung wurde mit

bestehenden Maßnahmenkatalogen kombiniert und in eine Datenbank überführt, die über die MONERIS-Website zur Verfügung steht.

Das Modell MONERIS liefert für die Zeiträume 1880 (Referenzbedingungen), 1983–2007 (Gegenwart mit dem Baltic Sea Action Plan – BSAP), 2021 (Zieljahr für Wasserrahmenrichtlinien – WRRL und Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie – MSRL) und 2010–2100 (Einfluss des Klimawandels auf Einträge und Frachten in der Zukunft) sowohl für TN- als auch TP-Frachten für den gesamten Bereich der deutschen Ostseeküste. Abbildungen 2.25 und 2.26 zeigen für die Zeiträume die modellierten TN-Frachten für die beiden Bundesländer. Sowohl in Mecklenburg-Vorpommern als auch in Schleswig-Holstein werden die Ziele nach BSAP und/oder MSRL in Zukunft nicht erreicht.



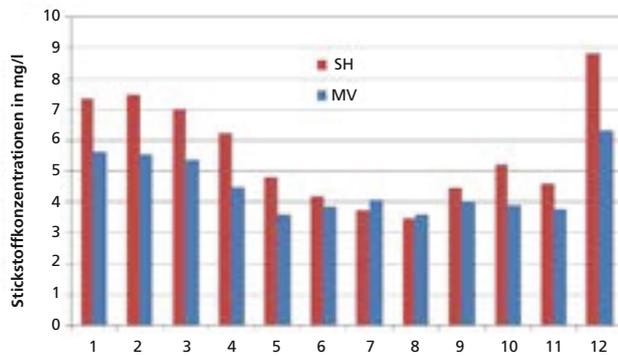
2.25 > TN-Frachten für Schleswig-Holstein für alle modellierten Zeiträume (blaue Balken) und dazugehöriger Abfluss, die Zielwerte nach BSAP, MSRL und Referenzbedingungen



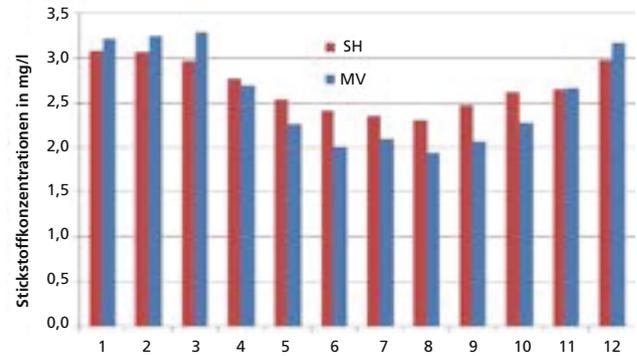
2.26 > TN-Frachten für Mecklenburg-Vorpommern für alle modellierten Zeiträume (blaue Balken) und dazugehöriger Abfluss, die Zielwerte nach BSAP, MSRL und Referenzbedingungen

III - Fluss-Küste-Meer

Gewässerqualität und Klimawandel



2.27 > Mittlere monatliche Stickstoffkonzentrationen in den deutschen Ostseeküstenabschnitten der Bundesländer Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern in den Jahren 1997–2003



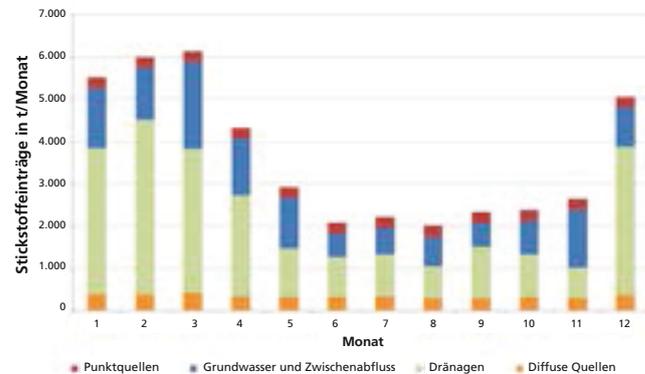
2.28 > Mittlere monatliche Stickstoffkonzentrationen in den deutschen Ostseeküstenabschnitten der Bundesländer Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern in den Jahren 1997–2003 bei vollständiger Umsetzung der MSRL

Für den Referenzzeitraum 1997–2003 ergeben sich für die deutschen Ostseeküstenabschnitte der Bundesländer Stickstoffkonzentrationen von knapp unter 4 mg/l bis teilweise über 7 mg/l (Abb. 2.27). Aufgrund der Abflussverteilung ergeben sich somit die höchsten Frachten in den Wintermonaten.

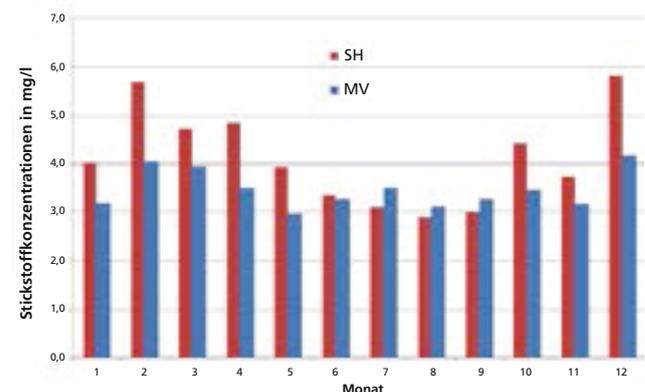
Nach der oben beschriebenen Zielwertanalyse ergeben sich bei Erreichen einer mittleren jährlichen Stickstoffkonzentration von 2,8 mg/l (MSRL) die in Abbildung 2.28 beschriebenen Stickstoffkonzentrationen. Wie sich zeigt liegen die sommerlichen Konzentrationen deutlich unter der 2,8 mg/l Marke, während sich in den abflussstarken Wintermonaten immer noch Konzentrationen von über 3 mg/l ergeben. Ein wichtiger Ansatzpunkt ergibt sich daher in der Reduktion der Einträge in der Winterperiode. Diese ergeben sich vor allem durch Einträge über Drainagen (Abb. 2.30).⁷⁴

Exemplarisch für die im Maßnahmenkatalog dargestellten Maßnahmen wird hier der Effekt von Drainteichen zur Reduktion der Stickstoffeinträge abgeschätzt. Für diese Szenariorechnung wurde angenommen, dass für 50 % der drainierten landwirtschaftlich genutzten Fläche Drainteiche mit einer Größe von 150 m² je ha drainierter Fläche eingerichtet werden.

Die Umsetzung dieser Maßnahme würde zu einer mittleren Reduktion der Einträge um rund 25% führen, jedoch auch einen unrealistisch hohen Flächeneinsatz voraussetzen. Zusammenfassend ist die Maßnahme jedoch neben der eigentlichen Reduktion der Stickstoffüberschüsse als sehr effektiv einzuschätzen. Alternativ oder ergänzend sind Maßnahmen wie Controlled-drainage oder organische Drainfilter als sehr effektiv einzustufen und würden weniger flächenintensiv sein.



2.29 > Mittlere monatliche Stickstoffeinträge im deutschen Ostsee Einzugsgebiet für die Jahre 1997–2003



2.30 > Stickstoffkonzentrationen in mg/l je Bundesland im Jahresverlauf bei Umsetzung der Maßnahme Dränteich (siehe Text)

74) Vgl. „Anpassungsempfehlungen bezüglich Nährstoffmanagement im Einzugsgebiet“ in Modul 1 (S. 54).



IV - Ökologie und biologische Vielfalt

Kontakt:

Institut für Angewandte Ökosystemforschung,
Neu Broderstorf (IfAÖ)

Timothy Coppack: coppack@ifaoe.de

Claudia Möller: moeller@ifaoe.de

In der Ökologie bilden Lebensraummodelle das Wechselspiel zwischen biotischen und abiotischen Faktoren ab, um Schlüsse über vergangene oder künftige Entwicklungen in Lebensräumen (Habitate) und deren Verteilung treffen zu können.

Im Teilmodul „Ökologie und biologische Vielfalt“ wurde der Fokus auf die möglichen Auswirkungen

des Klimawandels auf die Flora und Fauna der Ostsee sowie ihre Interaktionen im deutschen Ostseeraum gelegt. Betrachtet wurden ausgewählte Makrophyten, wie Seegras und Blasentang, die vielerorts die Lebens- und Lebensgrundlage für das Makrozoobenthos und Fische darstellen sowie Muscheln als wesentliche Nahrungsgrundlage für eine Vielzahl von Seevögeln.

Mögliche klimabedingte Änderungen von Makrophyten

Im 4. RADOST-Jahresbericht wurden die möglichen klimabedingten Änderungen von Makrophyten in der Ostsee beleuchtet. Die Eutrophierung der Ostsee wurde darin als die größte Bedrohung für Blasentang- und Seegrasbestände identifiziert. Auch Meeresspiegelanstieg, Küstenerosion und die steigende Wassertemperatur werden für die Pflanzen eine besondere Belastung darstellen.

Eine ausführliche Analyse der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Blasentang und das gewöhnliche Seegras in der Ostsee wurde im RADOST Bericht Nr. 24 veröffentlicht.

Weitere Informationen zur Entwicklung von Blasentang im Klimawandel finden sie im Anwendungsprojekt auf Seite 60ff. Klimainduzierte ökosystemare Interaktionen werden auf Seiten 126 und 127 beschrieben.

Makrophyten:

mit bloßem Auge sichtbare Wasserpflanzen. Im Rahmen von RADOST wurden der Blasentang (*Fucus vesiculosus*) und das gewöhnliche Seegras (*Zostera marina*) untersucht.

Kontakt:

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR)

Dr. Ivo Bobsien: Ivo.Bobsien@llur.landsh.de



2.31 > Baltische Meerassel auf Seegras



2.32 > Strandschnecken auf Blasentang

Mögliche klimabedingte Änderungen des Makrozoobenthos

Kontakt:

Institut für Angewandte Ökosystemforschung,
Neu Broderstorf (IfaÖ)

Timothy Coppack: coppack@ifaoe.de

Sabine Nestler: nestler@ifaoe.de

Im Rahmen von RADOST wurde ein Schwerpunkt auf die Entwicklung der benthischen (bodenlebenden) Artengemeinschaften in der Ostsee unter den Veränderungen des Klimawandels gelegt.

In den nächsten hundert Jahren wird der Salzgehalt in der deutschen Ostsee wahrscheinlich klimabedingt abnehmen. Da sich das Makrozoobenthos der deutschen Ostsee überwiegend aus Arten zusammensetzt,

die einen großen Toleranzbereich in Bezug auf den Salzgehalt besitzen, werden voraussichtlich nur wenige Gemeinschaften ernsthaft durch diese Änderung gefährdet.

Insgesamt ist jedoch mit einer Verringerung der Gesamtbiomasse zu rechnen, da ein geringerer Salzgehalt zu erhöhtem physiologischen Stress und somit langsamem Wachstum führen kann.

Zu Projektbeginn wurde zunächst der Ist-Zustand der Umweltbedingungen und der Artengemeinschaften des Makrozoobenthos beschrieben. Mit Hilfe bekannter Klimaszenarien, die die Veränderungen abiotischer Parameter in Zukunft beschreiben (projiziert auf die Jahre 2050 und 2100), kann auf mögliche Veränderungen der Artengemeinschaften in der Ostsee geschlossen werden.

Dazu wurde zunächst eine Bestandsaufnahme der zur Verfügung stehenden Daten zum Makrozoobenthos in der Ostsee zwischen 1993 und 2010 durchgeführt. Neben der Präsenz, Häufigkeit und Biomasse der einzelnen Arten wurden bei den Probenahmen auch sedimentbeschreibende (Korngröße, Schluffgehalt, organischer Gehalt) und hydrologische Parameter (Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoffkonzentration) aufgenommen. Da die so gewonnenen

Makrozoobenthos:

bodenlebende tierische Organismen von mehr als 1 mm Größe

hydrologischen Daten lediglich eine Momentaufnahme der vorherrschenden Bedingungen darstellen und geringe Aussagekraft hinsichtlich langfristiger Entwicklungstrends besitzen, wurden die Probandaten mit Modelldaten aus RADOST gekoppelt und den einzelnen Funden in der Benthos-Datenbank jeweils ein Datensatz mit hydrologischen Parametern am Gewässergrund zugeordnet. Die anschließenden statistischen Analysen berücksichtigen nur Arten, die im Zeitraum zwischen 1993 und 2010 mindestens 36-mal gefunden wurden. Dieser Artenpool umfasst ca. 130 Arten.



2.33 > Islandmuschel (*Arctica islandica*)



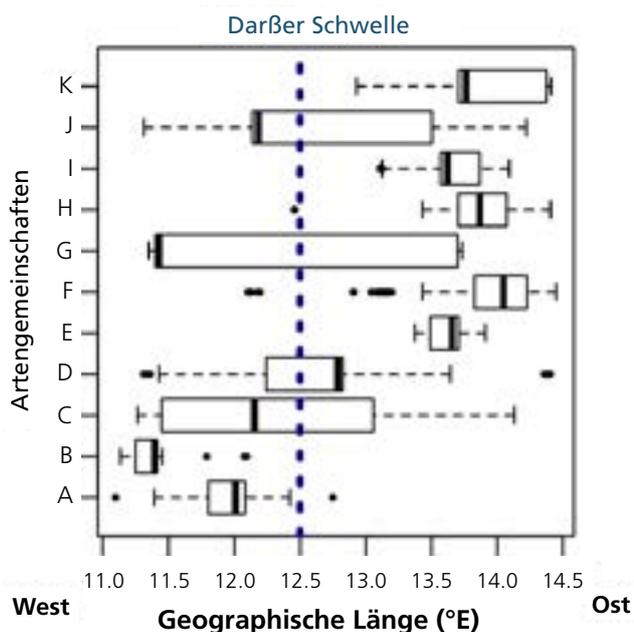
2.34 > Baltische Plattmuschel (*Macoma balthica*)

IV - Ökologie und biologische Vielfalt

Arten und Artengemeinschaften im Klimawandel

Die Verteilung der Arten in Relation zu den hydrologischen Parametern Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoffgehalt sowie in Abhängigkeit von Sedimentparametern, wie Korngröße, Schluffgehalt und organischer Gehalt wurde zunächst mit Hilfe von univariaten statistischen Verfahren dargestellt. Auf dieser Grundlage konnten erste Informationen über den Grad der Toleranz bzw. der Sensitivität der einzelnen Arten gegenüber der Umweltvariation gewonnen werden. In einer anschließenden, multivariaten Analyse wurde zusätzlich die Umweltabhängigkeit der Artenverteilung als Gesamtübersicht in einem MDS-Plot dargestellt (siehe 3. RADOST-Jahresbericht).

In einer Clusteranalyse wurden verschiedene Artengemeinschaften in der Ostsee identifiziert und jeweils der abiotischen Ausstattung ihres Lebensraums zugeordnet. Die kartografische Darstellung dieser modellhaften Verteilung von Benthosgemeinschaften dient als Grundlage für weitere Habitatmodelle, die tauchende Vogelarten (z. B. Eisente) einschließen, die sich von benthischen Organismen ernähren.



2.35 > Verteilung der untersuchten Artengemeinschaften entlang der geographischen Länge. Die blaue Linie markiert die ungefähre Position der Darßer Schwelle.

Die Verteilung der Artengemeinschaften spiegelt häufig die unterschiedlichen hydromorphologischen Bedingungen der Ostsee wieder. So bildet die Darßer Schwelle mit einer maximalen Wassertiefe von 18 m eine natürliche Barriere, die den Wasseraustausch zwischen dem westlichen (salzhaltigeren) und dem östlichen Teil der deutschen Ostsee einschränkt (Abb. 2.35).

Dementsprechend wurden zwei Artengemeinschaften („A“ und „B“) nur an Stationen westlich der Darßer Schwelle in der Mecklenburger Bucht beobachtet (Abb. 2.35, links). Die Artengemeinschaft „B“ kommt auf schlickigen Sedimenten in Wassertiefen zwischen 20 und 25 m vor und ist durch das Auftreten von Sauerstoffmangelsituationen gekennzeichnet. Gemeinschaft „A“ besiedelt Fein- und Mittelsande überwiegend in 15 bis 20 m Tiefe und dringt bis zur Darßer Schwelle vor. Eine charakteristische Art beider Gemeinschaften ist u. a. die sehr langlebige Islandmuschel (*Arctica islandica*) (Abb. 2.33). Demgegenüber stehen Gemeinschaften, die nur östlich der Darßer Schwelle gefunden wurden, wie z. B. die Gemeinschaft „I“, die im Arkonabecken in Wassertiefen > 30 m auf überwiegend schlickigen Sedimenten auftritt und von der Baltischen Plattmuschel (*Macoma balthica*) (Abb. 2.34) dominiert wird. Andere Artengemeinschaften treten sowohl westlich als auch östlich der Darßer Schwelle auf. Dazu gehört die Gemeinschaft „G“, die typischerweise in den inneren Küstengewässern, wie z. B. der inneren Wismarbucht und im Kubitzer Bodden, vorkommt.

In den nächsten hundert Jahren wird der Salzgehalt in der deutschen Ostsee klimabedingt abnehmen (siehe 3. RADOST-Jahresbericht). Das Makrozoobenthos der deutschen Ostsee setzt sich überwiegend aus Arten zusammen, die einen großen Toleranzbereich in Bezug auf den Salzgehalt besitzen. Es ist noch nicht genau vorhersehbar, inwieweit sich die Artenzusammensetzung bei einer klimabedingten Abnahme des Salzgehaltes ändern wird, aber es ist mit einer Verringerung der Gesamtbio-masse zu rechnen, da ein geringerer Salzgehalt zu erhöhtem physiologischen Stress führen kann und die meisten Organismen somit langsamer wachsen würden. Es wurden jedoch auch Artengemeinschaften, wie die Gemeinschaft „K“ (Vorkommen u. a. am Adlergrund) mit einem relativ schmalen Toleranzbereich bezüglich Salzgehalt identifiziert. Diese Gemeinschaften werden voraussichtlich deutlich sensibler auf die klimabedingte Abnahme des Salzgehaltes reagieren.

Mögliche klimabedingte Wirkungen auf Seevögel

Seevögel werden durch die möglichen Auswirkungen des globalen Klimawandels auf verschiedenen Ebenen betroffen sein. Dazu zählen räumliche und zeitliche Verschiebungen zwischen dem Vorkommen der Vögel und ihrer Beute, die Verschiebung von Brutgebieten und die Veränderung der Meeresnutzung durch den Menschen (z.B. durch Offshore-Windparks) (vgl. RADOST-Jahresberichte 1–4).

Ziel der Analysen im Rahmen von RADOST war die Projektion von Klimaszenarien für die Jahre 2050 und 2100 auf Vorkommen und Verbreitung von Seevögeln in der westlichen Ostsee.

Für die Eisente ist beispielsweise durch den Rückgang des Eises mit einem Gewinn an Lebensraum in der südwestlichen Ostsee zu rechnen.

Die Eisente (*Clangula hyemalis*) als Indikator des Umweltzustandes der Ostsee

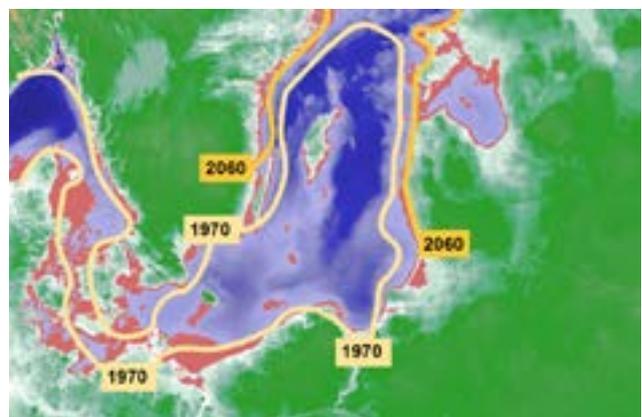
Überwinternde Meerestenten, wie die weltweit verbreitete Eisente (*Clangula hyemalis*), sind in ihrer Nahrungswahl hoch spezialisiert und ernähren sich zu einem hohen Anteil von benthischen (bodenlebenden) Organismen. Ändert sich die marine Umwelt und die Zusammensetzung des Benthos im Zuge des globalen Klimawandels, können sich Räuber-Beute-Beziehungen ändern, wodurch Brut- und Überwinterungsbestände von Seevögeln nachhaltig beeinflusst werden würden. Darüber hinaus führt der globale Wandel zu Verschiebungen in der marinen Nutzungslandschaft.

Im Projektverlauf wurden zunächst die abiotischen (nicht-belebten) Faktoren im Lebensraum der Eisente analysiert. Wassertiefe (bis etwa 20 m) und Eisbedeckung setzen die Grenzen der möglichen Eisentenverteilung in der westlichen Ostsee. Wie Modellrechnungen zeigten, wird im Zuge der Klimaerwärmung der Eisbedeckungsgrad in der Ostsee drastisch abnehmen. Auf der Grundlage von Klimaszenarien für den gesamten Wasserkörper der Ostsee zeigte sich, dass potenzielle Nahrungsgründe der Eisente im Zuge der Klimaerwärmung für überwinternde Eisenten zunehmend verfügbar werden. Die Prognose bis zum Jahr 2100 ergab eine Abnahme der Eisdicke um durchschnittlich 17,5 cm, was mit einem drastischen Rückzug der geschlossenen Eisdecke einhergeht. Diese Entwicklung wird bereits in den nächsten Jahrzehnten deutlich zutage treten.

Gemessen an den heute zur Verfügung stehenden Überwinterungsgebieten wäre der Lebensraumgewinn durch den Rückgang des Eises hauptsächlich in der südwestlichen Ostsee zu erwarten (siehe Abb. 2.37).



2.36 > Eisente (*Clangula hyemalis*)



2.37 > Modellierter Rückzug der Eiskante in der Ostsee für das Jahr 2060 ausgehend von den Verhältnissen um 1970. Dargestellt sind Eisprofile für den Monat März. Rote Bereiche geben Gebiete mit Wassertiefen bis 20 Meter an, die für Eisenten als Nahrungsgebiete potenziell zur Verfügung stehen; nicht berücksichtigt ist die biotische Ausstattung dieser Flächen.

IV - Ökologie und biologische Vielfalt

Im nächsten Schritt erfolgte die Analyse der Lebensraumsansprüche der Eisente. Denn neben den abiotischen Rahmenbedingungen spielt die belebte Umwelt, d.h. das Nahrungsangebot für Eisenten, eine zentrale Rolle für ihre Ausbreitung. Hierzu wurden die Ergebnisse aus der Makrozoobenthos-Modellierung integriert (vgl. S. 122). Zusätzliche Berücksichtigung fanden die Längsverteilungen von Muscheln. Die Muscheln müssen groß genug sein, um energetisch profitabel zu sein. Gleichzeitig muss der Muskelmagen der Eisente in der Lage sein, die Muscheln zu knacken. Die von Eisenten bevorzugten Größenklassen richten sich dementsprechend nach Art und Beschaffenheit der jeweiligen Muschel.

Generell lässt sich festhalten, dass mit Ausnahme von zwei Benthos-Gemeinschaften alle Artengemeinschaften zumindest teilweise in Wassertiefen unter 20 m vorkommen, d.h. im bevorzugten Tauchtiefenbereich der Eisente. Die für Eisenten relevanten Artengemeinschaften, in denen geeignete Muschelarten in hohen Anteilen vorkommen (C, E, H und insbesondere J, vgl. Abb. 2.35 auf S. 123), können bestimmten Gebieten der westlichen Ostsee zugeordnet werden. Die Artengemeinschaft „C“ ist dabei am weitesten verbreitet und deckt einen breiten Wassertiefenbereich ab; „E“ beschränkt sich auf den Greifswalder Bodden; die Artengemeinschaft „H“ ist entlang der Küste Rügens und Usedom sowie in der Pommerschen Bucht zu finden; „J“ ist in Küstenzonen im gesamten Betrachtungsraum zu finden.

Neben diesen korrelativen Analysen müssen begleitend neue methodische Ansätze verfolgt werden, um Vorhersagen aus Habitatmodellen überprüfen zu können. Die geographische Präzision bisheriger benthischer und avifaunistischer (in der Region vorkommenden Vogelarten betreffende) Erfassungsmethoden sind grundsätzlich unterschiedlicher Natur: Benthosdaten zu Artenzusammensetzung und Biomasse werden an vordefinierten, festen Stationen wiederholt durch bestimmte Greifer mit hoher Präzision bei geringer räumlicher Abdeckung erhoben; die Verteilungsmuster von Eisenten werden durch großräumige Befliegungen, also geringe Präzision bei hoher räumlicher Abdeckung, ermittelt. Die Verschneidung dieser Geodaten ist daher problematisch. Eine Möglichkeit, die geographische Genauigkeit der Vogelerfassungen zu erhöhen ist die Verwendung hoch aufgelöster, georeferenzierter Digitalfotografien.

Im Rahmen von RADOST wurden erste Pilotstudien zur Erfassung von Eisenten mithilfe digitaler Methoden in der Pommerschen Bucht und über anderen „Hot-Spots der Biodiversität“ durchgeführt (Abb. 2.38). Mit der Einführung digitaler Methoden, lassen sich künftig bestimmte Fokusgebiete gezielt anfliegen, um mit erhöhter Präzision die Abundanz und Verteilung von Seevögeln in Abhängigkeit definierter Habitatbedingungen zu erfassen.

Die Effekte von Offshore-Windturbinen auf Vögel wurden im 4. RADOST-Jahresbericht ausführlich dargestellt.

Eine Darstellung der möglichen Veränderung der Brutgebiete der Eisente findet sich im 2. RADOST-Jahresbericht.



2.38 > Sitzende (links) und fliegende (rechts) Eisenten aufgenommen mit digitaler Luftbildtechnik aus einer Höhe von 420 m in der Pommerschen Bucht

Klimainduzierte ökosystemare Interaktionen

Im Rahmen des Arbeitspaketes wurden klimainduzierte ökosystemare Interaktionen für Makrophyten, Makrozoobenthos und Seevögel betrachtet.

Kontakt:

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR)
Dr. Ivo Bobsien: Ivo.Bobsien@llur.landsh.de

Makrophyten

Hohe Schwankungen oder extreme Ausprägungen physikalischer Umweltfaktoren, wie sie aufgrund des Klimawandels erwartet werden, stellen für Organismen physiologische Stress-Situationen dar. Neben direkten Auswirkungen können auch indirekt die Wechselwirkungen innerhalb der Seegras- und Blasentanglebengemeinschaften gestört und damit wichtige ökologische Regulationsmechanismen außer Kraft gesetzt werden. Die folgenden Beispiele zeigen, dass Änderungen abiotischer Umweltfaktoren sogar zu Verhaltensänderungen von Tieren führen können, was sich dann rückwirkend über die Nahrungsnetzbeziehungen auf das gesamte Ökosystem auswirkt.⁷⁵ Zudem wird deutlich wie sich die verschiedenen Einflussfaktoren gegenseitig beeinflussen, rückkoppeln und verstärken können. In vielen Fällen sind die resultierenden Effekte nicht vorhersehbar. Außerdem sind große regionale Unterschiede zu erwarten.

Blasentang

Strandschnecken (*Littorina littorea*) sind in der Lage, den Aufwuchs auf erwachsenen Blasentangen abzuweiden, sodass ausreichend Licht für eine positive Photosynthese zur Verfügung steht. Wird diese Weidegänger-Aufwuchs-Wechselbeziehung gestört, kann sich dies nachteilig auf die Blasentangbestände auswirken. Strandschnecken bilden in Anwesenheit von Räubern wie der Strandkrabbe (*Carcinus maenas*) dickere Schalen. Niedrige pH-Werte stören jedoch die Schalenbildung und die Schnecken werden anfälliger gegenüber Fressfeinden. Die Strandschnecken scheinen den Nachteil dünnerer Gehäuse durch Verhaltensänderungen zu kompensieren. Sie halten sich häufiger an für Strandkrabben nicht erreichbaren Orten auf. Diese Räuber-Vermeidungsstrategie führt jedoch dazu, dass sie weniger Zeit für die Nahrungsaufnahme aufwenden und ihre regulierende Funktion als Weidegänger eingeschränkt wird. Bedeutende Auswirkungen niedriger pH-Werte auf die Räuber-Beute-Beziehungen zwischen Strandkrabben und Strandschnecken konnten bisher für die Ostsee nicht nachgewiesen werden.

Auch Baltische Meerassel (*Idotea baltica*) können wie die Strandschnecken den Aufwuchs auf Blasentangen effektiv entfernen, was sich positiv auf das Wachstum der Alge auswirkt. Andererseits fressen sie bei Nahrungsmangel das Gewebe des Blasentangs und können dadurch die Bestände nachhaltig schädigen. Eine starke Vermehrung der Meerassel durch veränderte Umweltfaktoren (z.B. hohe Wassertemperaturen) kann den Fraßdruck auf den Blasentang selbst erhöhen. Erhöhte Wassertemperaturen wirken sich jedoch in Abhängigkeit von anderen Faktoren regional unterschiedlich aus. Zum einen kann die Lebensspanne der Asseln verkürzt werden und die Anfälligkeit gegenüber pathogenen Keimen zunehmen. Auf der anderen Seite dehnen milde Winter die Brutperiode aus und führen zu mehr Nachkommen pro Jahr. Zudem fördern hohe Wassertemperaturen das Wachstum der Aufwuchsalgen. Zusätzlich können hohe Wassertemperaturen und Lichtlimitation durch Eutrophierung die Abwehrbereitschaft des Blasentangs gegenüber Fressfeinden noch herabsetzen.



2.39 > Strandkrabbe (*Carcinus maenas*)

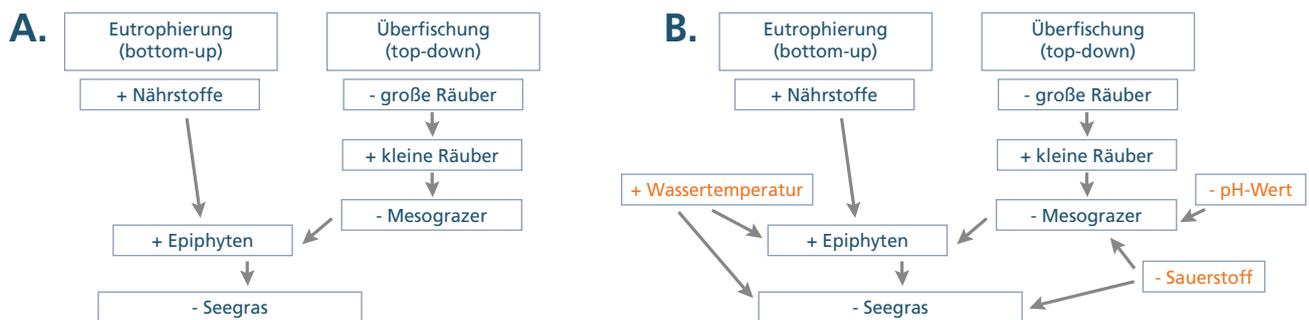
IV - Ökologie und biologische Vielfalt

Seegras

Klimatische Veränderungen können die Wechselbeziehungen zwischen den Organismen beeinflussen und sich damit direkt auf Seegraswiesen auswirken. Das „mutualistic mesograzers model“ im Seegrasnahrungsnetz beschreibt die bedeutende regulatorische Funktion kleiner Krebstiere und Schnecken (Meso-Grazer), die den pflanzlichen Aufwuchs auf den Seegrasblättern abweiden und so ein Überwuchern mit schneller wachsenden Algen verhindern. In einem vereinfachten Nahrungsnetz lassen sich Veränderungen der Nahrungsbeziehungen unter dem Einfluss anthropogener Faktoren beispielhaft erläutern (Abb. 2.40 A). Fressen beispielsweise kleine Fische vermehrt die wirbellosen Meso-Grazer, weil sie selbst aufgrund der Überfischung nicht von größeren Räubern erbeutet werden, können Aufwuchsalgen die Seegraspflanzen überwachsen und negativ beeinträchtigen (Top-down-Effekt, trophische Kaskade).

Die Eutrophierung verstärkt das Wachstum der Aufwuchsalgen (Bottom-up-Effekt). Werden die regulierenden Algen-Grazer aufgrund klimatisch bedingter Veränderungen reduziert oder das Wachstum der Epiphyten (Aufwuchspflanzen) intensiviert, können die negativen Auswirkungen auf das Seegras verstärkt werden (Abb. 2.40 B).

Hohe Wassertemperaturen können einerseits direkt Seegras und Epiphyten beeinträchtigen, aber auch indirekt wirken, weil dann das Wachstum der Algen stärker ansteigt als die Konsumptionsraten der Meso-Grazer. Gleichzeitig sinkt die Sauerstoffsättigung im Wasser. Eine hohe Artenvielfalt der Krebstier-Grazergemeinschaft stärkt dagegen die Resilienz des Seegrasökosystems gegenüber den negativen Effekten der Eutrophierung und erhöhter Wassertemperaturen.



2.40 > Vereinfachte Darstellung, wie sich Überfischung und Eutrophierung auf Seegraswiesen auswirken können (A). Die Pfeile kennzeichnen die Richtung, die Plus- und Minuszeichen die positiven und negativen Effekte. Erhöhte Wassertemperaturen, sinkende pH-Werte und Sauerstoffmangel können direkt das Seegras schädigen, aber auch die Auswirkungen von Eutrophierung und Überfischung indirekt verstärken (B)

Makrozoobenthos und Seevögel im Brennpunkt der Meeresnutzung

Auch nach der Projektlaufzeit von RADOST besteht großer Forschungsbedarf zu den Interaktionen von Makrozoobenthos und Seevögeln im Klimawandel. Die nachgewiesenen Artengemeinschaften müssen genauer charakterisiert werden, damit sie mit Ergebnissen bisheriger Untersuchungen verglichen sowie zu etablierten Habitat-Klassifikations-Systemen in Beziehung gesetzt werden können.⁷⁶ Um über abiotische Parameter auch auf Artengemeinschaften in Bereichen ohne Datengrundlage besser schließen zu können, und somit eine möglichst flächendeckende Karte der Biotop- und Lebensraumtypen der deutschen Ostsee zu erstellen, sind weitere Analysen erforderlich.

Darüber hinaus kann mit Hilfe von Klimamodellen die zukünftigen Veränderungen der Makrozoobenthos-Gemeinschaften in der deutschen Ostsee räumlich und zeitlich genauer prognostiziert werden. Dabei werden mögliche Änderungen des Schutzgebietsstatus eine Rolle spielen. Abschließend sollen Empfehlungen für Entscheidungsträger gegeben werden.

Ökosystemare Auswirkungen des Klimawandels unter Einbezug des anthropogenen Einflusses

Neben Veränderungen von ökologischen Zusammenhängen muss die zunehmende Intensivierung der Meeresnutzung (Windkraft, Kiesabbau) berücksichtigt werden. Flachgründe in Bereichen unter 20 Meter Wassertiefe werden zunehmend im Brennpunkt von Konflikten zwischen den Belangen des Naturschutzes und Nutzung durch den Menschen stehen, denn die erreichbare Muschelnahrung für Tauchenten befindet sich hauptsächlich auf diesen „Kuppen“. Der Ausbau der Offshore-Windenergienutzung ist zwar als Klimaschutzstrategie nicht zuletzt umweltpolitisch motiviert, steht aber im potenziellen Konflikt zu den Lebensraumansprüchen von Seevögeln. In Kombination mit Schifffahrt, Fischerei und Kiesabbau würden in bestimmten Gebieten störungsfreie Überwinterungsgebiete immer seltener werden. Es bleibt daher eine wichtige naturschutzfachliche Aufgabe, die Konsequenzen des anthropogenen Klimawandels integrativ zu betrachten, um ökologische Gesamtbilanzen des globalen Wandels ziehen zu können.

76) Die am IfAÖ identifizierten Artengemeinschaften decken sich größtenteils mit den Ergebnissen einer kürzlich erschienenen Studie des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung (IOW), vgl. Schiele, K. S.; Darr, A. & Zettler, M. L. (2014): Verifying a biotope classification using benthic communities – An analysis towards the implementation of the European Marine Strategy Framework Directive. Marine Pollution Bulletin 78 (1–2): 181–189.

Modul 3:

Sozio-ökonomische Analyse

Kontakt:

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin (IÖW)

Dr. Jesko Hirschfeld: Jesko.Hirschfeld@ioew.de

Die sozioökonomische Analyse im Rahmen von RADOST sollte zum einen klären, in welcher Weise und welchem Ausmaß die Wirtschaft und die Menschen in der deutschen Ostseeregion von den Folgen des Klimawandels betroffen sein werden. Zum anderen stellte sie Methoden dafür bereit, die im Rahmen von RADOST entwickelten Anpassungsstrategien im Hinblick auf ihre wirtschaftlichen und sozialen Effekte zu bewerten.

In der Anfangsphase des Projektes wurde zunächst eine regionalwirtschaftliche Analyse, eine Akteursanalyse sowie Zukunftsszenarien für zentrale Wirtschaftsbereiche

erarbeitet. Aufgrund des Ausmaßes des durch die weltweite Banken- und Wirtschaftskrise ausgelösten Konjunkturerinbruchs, der sich auch in der Ostseeregion deutlich bemerkbar machte, wurde die im ersten Projektjahr erstellte regionalwirtschaftliche Bestandsaufnahme noch einmal aktualisiert und überarbeitet. Darauf aufbauend wurden die Input-Output-Modellierung, die agrarökonomische Modellierung sowie die Kosten-Nutzen-Analyse vorangetrieben.

Die finalen Arbeiten an diesen Arbeitspaketen werden Ende 2014 abgeschlossen und publiziert.

Akteursanalyse

Im Rahmen einer Akteursnetzwerkanalyse wurden zu Projektbeginn relevante Akteursgruppen identifiziert und hinsichtlich ihrer Wahrnehmungen, Wertvorstellungen, Ziele und Präferenzen befragt. Dabei wurden sowohl die Sichten der einzelnen Akteursgruppen als auch ihre Haltung gegenüber den Positionen anderer Akteurs- bzw. Nutzergruppen erfragt. Die Akteursanalyse hatte darüber hinaus das Ziel, die Netzwerkbildung im Projekt zu unterstützen und die Akzeptanz möglicher Anpassungsmaßnahmen zu erfassen.

Die Interviews mit den Akteuren aus Politik, Verwaltung, Unternehmen und der Zivilgesellschaft zeigen, dass die Akteure vor allem mögliche negative Folgen des Klimawandels wahrnehmen, wie den steigenden Meeresspiegel oder vermehrten Starkregen. Dies deckt sich weitgehend mit dem aktuellen Stand der Wissenschaft. Große Unsicherheit herrscht jedoch darüber, welche Ausmaße diese Auswirkungen auf regionaler bzw. lokaler Ebene konkret haben werden und welche Region wie vulnerabel ist. Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel wurden zum Zeitpunkt der Befragung wenig wahrgenommen.

Die Ergebnisse der Akteursanalyse wurden im Rahmen der RADOST-Berichtsreihe (Berichte 8 und 9) veröffentlicht.

Sektorale und gesamtwirtschaftliche Basisszenarien

Anpassungsstrategien an den Klimawandel sind in die Zukunft gerichtet, das heißt, sie greifen in laufende Entwicklungen ein und verändern diese. Die Wirkungen von Managementmaßnahmen sind daher immer im Unterschied zu einem Basisszenario (baseline scenario) zu betrachten, welches diejenige Entwicklung nachzeichnet, die sich ohne den zusätzlichen Managementeingriff ergeben hätte.

Für die Erstellung sektoraler und gesamtwirtschaftlicher Basisszenarien für die in der Küstenregion besonders bedeutsamen Sektoren Tourismus und Hafenwirtschaft wurden zunächst Vergangenheitsdaten in Zeitreihen zusammengetragen und im nächsten Schritt für Hochrechnungen von Trends genutzt.

Als zentrale Einflussgrößen auf die Entwicklung dieser Sektoren wurden gesellschaftliche, ökonomische, ökologische und politische Einflussfaktoren sowie der Einflussfaktor „Klimawandel“ hinsichtlich ihrer möglichen Zukunftsentwicklung und auf ihre Wechselwirkungen untereinander untersucht. Auf dieser Grundlage wurden jeweils verschiedene Szenarien entwickelt und mit Akteuren der Tourismus- und Hafenwirtschaft diskutiert.

Ziel der Diskussionen war die Entwicklung von möglichst zukunftsrobusten Strategien, die mit verschiedenen möglichen Zukünften zurechtkommen (vgl. Ausführungen in den Fokusthemen 1 und 4).

Regionalwirtschaftliche Analyse

Die regionalwirtschaftliche Analyse ist eine wichtige Voraussetzung zur Identifikation der in der Region maßgeblichen wirtschaftlichen Nutzungen des Küstenraumes und gibt Hinweise auf Konfliktlinien zwischen verschiedenen Nutzungen in der Region. Es wurden u. a. die Entwicklung und Struktur der Bevölkerung, die Flächennutzung, der Ausbildungsstand, die Erwerbstätigkeit sowie die wirtschaftliche Entwicklung und Struktur in der Projektregion untersucht. Darüber hinaus wurden mit der Landwirtschaft, der Fischerei, der Bauwirtschaft, der Tourismuswirtschaft und der Maritimen Wirtschaft fünf für die Projektregion bedeuten-

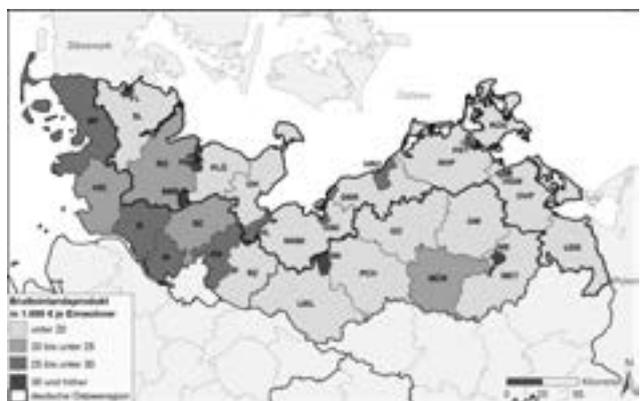
de Wirtschaftsbereiche hinsichtlich ihrer Struktur und Entwicklung detailliert analysiert.

Darüber hinaus wurde die Lage der kommunalen Finanzhaushalte in der Ostseeregion betrachtet. Die finanzielle Handlungsfähigkeit einer Kommune ist Grundlage für die Wahrnehmung freiwilliger Aufgaben, zu denen bislang im größeren Umfang auch die Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zählt. Wesentliche Ergebnisse der regionalwirtschaftlichen Analyse werden im Folgenden vorgestellt.

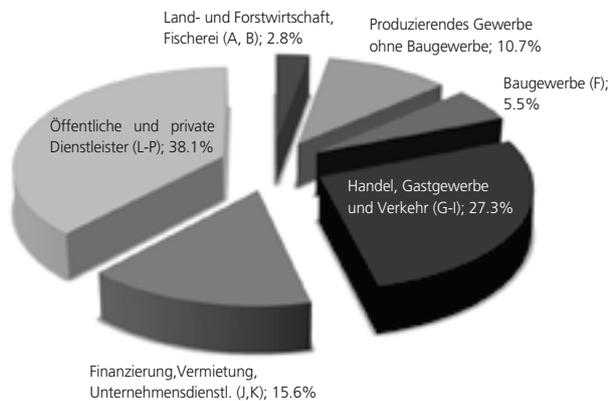
Wirtschaftliche Entwicklung

Die wirtschaftliche Entwicklung der beiden Küstenbundesländer Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein verlief seit der Wiedervereinigung sehr unterschiedlich. Zwar liegt Schleswig-Holstein hinsichtlich des Bruttoinlandsproduktes (BIP) pro Kopf immer noch deutlich vor Mecklenburg-Vorpommern, doch während das ostdeutsche Bundesland seit 1990 eine rasante Aufholjagd im Vergleich zur bundesdeutschen Gesamtentwicklung hingelegt hat, ist Schleswig-Holstein relativ zum Bundesdurchschnitt zurückgefallen.

Sollten sich diese Trends fortsetzen, wäre in den nächsten Jahrzehnten in den beiden Ländern mit einer Konvergenz des BIP pro Kopf zu rechnen. Die Betrachtung der deutschen Ostseeregion zeigt, dass diese mit einem BIP von 23,9 Tsd. Euro je Einwohner nur unterdurchschnittlich (2,3 %) zum gesamtdeutschen BIP in 2009 beitrug. Ein Blick auf die Kreisebene zeigt zudem ein deutliches Stadt-Land-Gefälle bei der Wirtschaftsleistung (siehe Abb. 3.1). Am deutlichsten wird dieses in Mecklenburg-Vorpommern. Hier belegten im Jahr 2009 beim BIP je Einwohner die sechs kreisfreien Städte, angeführt von Neubrandenburg mit 32,4 Tsd. Euro, die vordersten Plätze.



3.1 > Bruttoinlandsprodukt je Einwohner auf Kreisebene in 2009



3.2 > Erwerbstätige der Ostseeregion nach Wirtschaftsbereichen in 2009

Von den sechs Ostseelandkreisen Mecklenburg-Vorpommerns befinden sich dagegen drei unter den fünf wirtschaftlich schwächsten Kreisen des Landes. In Schleswig-Holstein befanden sich 2009 alle vier kreisfreien Städte in der Spitzengruppe der besten Fünf des Landes. Als einziger der elf Landkreise Schleswig-Holsteins schaffte es Stormarn in die Spitzengruppe des Landes. Die vier Ostseelandkreise Schleswig-Holsteins gehörten mit einem BIP zwischen 16,0 und 22,7 Tsd. Euro je Einwohner 2009 hingegen zu den sechs wirtschaftlich schwächsten Kreisen des Landes.

Die Zahl der Erwerbstätigen stieg in der deutschen Ostseeregion zwischen 1996 und 2009 um 2,4 % auf 1,06 Mio. erwerbstätige Menschen an. Damit entwickelte sich die Zahl der Erwerbstätigen in der Ostseeregion seit 1996 schwächer als der Bundesdurchschnitt.

Die beschäftigungsintensivsten Wirtschaftsbereiche waren in der deutschen Ostseeregion im Jahr 2009 die Bereiche Öffentliche und private Dienstleistungen (38,1 %), Handel, Gastgewerbe und Verkehr (27,3 %) sowie Finanzierung, Vermietung und Unternehmensdienstleistungen (15,6 %) (siehe Abb. 3.2). Diese Bereiche stellten 81 % aller Erwerbstätigen. Im Jahr 1996 war ihr Anteil noch um zirka acht Prozent geringer, sodass es im Zeitverlauf zu einer Konzentration der Erwerbstätigen auf diese drei

Bereiche gekommen ist. Alle anderen Bereiche verloren an Bedeutung, am stärksten das Baugewerbe. Auch in der Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei nahm der Anteil der Erwerbstätigen ab, lag mit 2,8 % aber immer noch deutlich über dem deutschen Durchschnitt.

Eine vergleichende Analyse der wirtschaftlichen Dynamik in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein für den Zeitraum 2000–2009 ergab ein sehr differenziertes Bild sowohl zwischen den beiden Bundesländern als auch zwischen einzelnen Sektoren. So entwickelte sich die Wirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern wesentlich dynamischer als in Schleswig-Holstein. Dessen Wirtschaftsentwicklung und -struktur entsprach vielmehr dem bundesdeutschen Durchschnitt, wohingegen sich die Wirtschaft von Mecklenburg-Vorpommern noch immer, von einem niedrigeren Niveau kommend, in einem Aufholprozess befindet. So zeigten in Mecklenburg-Vorpommern die meisten Sektoren ein im Bundesvergleich überdurchschnittliches Wachstum. Während sich beispielsweise der Tourismussektor in Mecklenburg-Vorpommern nicht nur in den 1990er Jahren unmittelbar nach dem Strukturbruch des politischen und wirtschaftlichen Systemwechsels, sondern weiterhin auch in den 2000er Jahren mit großer Dynamik entwickelt hat, stagniert dieser Sektor in Schleswig-Holstein bereits seit den 1980er Jahren. In keinem anderen Bundesland trägt der Tourismus mit fast sechs Prozent einen so hohen Teil zum Volkseinkommen bei wie in Mecklenburg-Vorpommern. Schleswig-Holstein nimmt nach Berlin im Ländervergleich den dritten Platz ein, allerdings mit einem weniger als halb so hohen Anteil.

Ein ebenfalls strukturprägender Sektor in beiden Bundesländern ist die maritime Wirtschaft. Bis 2008 befanden sich die Teilsektoren Seeverkehr, Seehäfen, Schiffbau und Meerestechnik in einer rasanten Wachstumsphase. Die Auswirkungen der anschließenden globalen Finanz- und Wirtschaftskrise waren in dem stark vom Export abhängigen Sektor jedoch deutlich zu spüren. Seitdem sinkt die Beschäftigung im Schiffbau kontinuierlich, wohingegen die Schiffbauzulieferbetriebe eine immer wichtigere Rolle im Produktionsprozess einnehmen.

Das produzierende Gewerbe ist in beiden Bundesländern im Vergleich zum Bundesdurchschnitt jedoch deutlich unterrepräsentiert.

Kommunale Finanzen

Die Kommunen⁷⁷ nehmen in Deutschland ergänzend zum Bund und den Bundesländern wichtige öffentliche Aufgaben wahr. Als Trägerinnen der kommunalen Selbstverwaltung sind sie dem öffentlichen Wohl verpflichtet. Neben zahlreichen gesetzlich auferlegten Pflichtaufgaben übernimmt die Kommune auch freiwillige Aufgaben, unter anderem in den Bereichen Wirtschaft (z. B. Wirtschaftsförderung, Verkehrsladepplätze), Kultur (z. B. Bibliotheken, Sportstätten) und Soziales (z. B. Altenpflege, Krankenhäuser). In welchem Umfang die Kommune freiwillige Aufgaben wahrnimmt, hängt von ihrer finanziellen Leistungsfähigkeit und den Anliegen der örtlichen Politik ab. Im Folgenden soll ein Überblick über die finanzielle Leistungsfähigkeit der Kommunen in der deutschen Ostseeregion gegeben werden.

In dem untersuchten Zeitraum von 1999 bis 2009 wuchsen die kommunalen Einnahmen⁷⁸ deutlich, die Ausgaben der Kommunen wuchsen im selben Zeitraum jedoch noch stärker. Die Bruttoausgaben der Kommunen in der Ostseeregion überstiegen deren Bruttoeinnahmen in 2009 um rund 500 Millionen Euro. Im selben Jahr belief sich die Verschuldung der Kommunen in der Ostseeregion auf insgesamt 2,6 Milliarden Euro. Dies entspricht einer Pro-Kopf-Verschuldung der kommunalen Haushalte in der Ostseeregion von 1.134€. Gegenüber dem Jahr 1999 ist dies ein Rückgang der Pro-Kopf-Verschuldung der kommunalen Kernhaushalte um 3,1%. Bundesweit sank die Pro-Kopf-Verschuldung der kommunalen Kernhaushalte im selben Zeitraum sogar um 8,2% auf 987€ pro Einwohner.

Besorgniserregend ist jedoch die vermehrte Auslagerung kommunaler Schulden auf Unternehmungen der öffentlichen Hand und die verstärkte Aufnahme von Kassenkrediten, welche nicht in der hier verwendeten amtlichen Schuldenstatistik enthalten sind. Kassenkredite dienen nicht der Finanzierung konkreter Investitionsvorhaben und werden in der Regel von der Kommunalaufsicht nicht geprüft. Ursprünglich dienten sie dem Ausgleich unterjähriger Zahlungsschwankungen. Jedoch setzen die Kommunen Kassenkredite zunehmend für die dauerhafte Finanzierung von Finanzierungslücken der Verwaltungshaushalte ein.⁷⁹ So hat sich die Inanspruchnahme von Kassenkrediten durch die Kommunen zwischen 1998 und 2011 in etwa versechsfacht.⁸⁰



Nach den Berechnungen des DIW Berlin betrug der Anteil der Kassenkredite an den kommunalen Schulden in Deutschland in 2011 32%.⁸¹ Die kommunale Verschuldung lag in 2009 einschließlich der Kassenkredite in Mecklenburg-Vorpommern bei 1.536€ pro Kopf (davon Kassenkredite: 293 € pro Kopf) und in Schleswig-Holstein bei 1.113€ pro Kopf (davon Kassenkredite: 183€ pro Kopf). Gegenüber dem Jahr 1999 ist die kommunale Pro-Kopf-Verschuldung unter Berücksichtigung der Kassenkredite in Mecklenburg-Vorpommern um 24 % und in Schleswig-Holstein um 10% gestiegen. Von diesen Relationen ausgehend, lag die kommunale Pro-Kopf-Verschuldung in der Ostseeregion einschließlich der Kassenkredite in 2009 bei rund 1.400 €.

Bezogen auf ihre Bruttoeinnahmen betrug der durchschnittliche Verschuldungsgrad der Kommunen in der Ostseeregion in 2009 zirka 51 %. Damit waren die Kommunen in der Ostseeregion gemessen an ihren Bruttoeinnahmen etwas geringer verschuldet als der Durchschnitt der deutschen Kommunen (53 %).

Die insgesamt steigende Verschuldung der Kommunen führt jedoch zwangsläufig zu einer Ausgabenkürzung bei den freiwilligen Aufgaben, zu denen bislang auch die Anpassung an den Klimawandel zählt. Sie droht somit den Sparzwängen der Kommunen zum Opfer zu fallen.

77) Die unterste Ebene des föderalen Systems bilden in Deutschland 2013 rund 11.000 Gemeinden. Sie sind in rund 450 Landkreisen organisiert. 110 größere deutsche Städte sind gegenwärtig kreisfrei, darunter vier in Schleswig-Holstein und seit der Kreisgebietsreform vom 4.9.2011 noch zwei in Mecklenburg-Vorpommern. Im Folgenden werden unter Kommunen sowohl Gemeinden und Landkreise als auch kreisfreie Städte zusammengefasst.

78) Einnahmen der Kommunen stammen unter anderem aus Steuern und steuerähnlichen Einnahmen der Gemeinden, aus Gebühren, Abgaben und Beiträgen sowie Zuweisungen von Bund und Ländern, Krediten und inneren Darlehen.

79) Freier, R. & Grass, V. (2013): Kommunale Verschuldung in Deutschland: Struktur verstehen – Risiken abschätzen. DIW Wochenbericht Nr. 16.2013. http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.419356.de/13-16-3.pdf

80) Ebd.

81) Ebd.

Touristische Nachfrage im Klimawandel und daraus resultierende regionalwirtschaftliche Effekte (Input-Output-Modellierung)

Kontakt:

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin (IÖW)

André Schröder: andre.schroeder@ioew.de

Die in den sechs RADOST-Fokusthemen zu erarbeitenden Anpassungsstrategien werden mit ihrer Umsetzung unterschiedliche Wirkungen auf die regionale Wirtschaft entfalten. Inhalt dieses Arbeitspaketes war es, basierend auf einem „Input-Output-Ansatz“, die Wirkungen der Anpassungsstrategien auf die Zielgrößen Bruttowertschöpfung, Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der Projektregion bis in das Jahr 2030 abzuschätzen. Von Interesse waren dabei neben den Anstoßeffekten (direkte Effekte) auch alle Mitzieheffekte (indirekte Effekte) sowie Rückkopplungseffekte

(induzierte Effekte), die im Zuge der Umsetzung und der Fortführung von Anpassungsmaßnahmen von der Nachfrage nach Waren und Dienstleistungen ausgehen und in der Untersuchungsregion auf die drei Zielgrößen wirken.

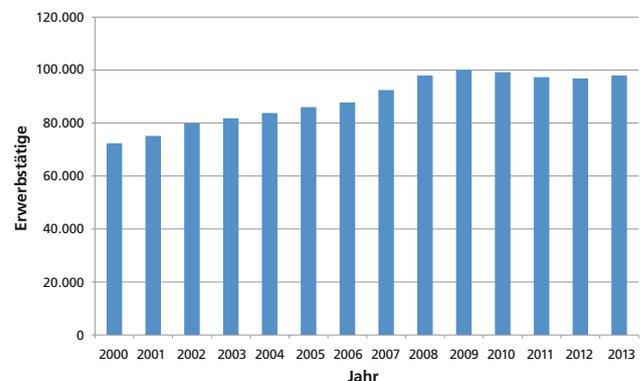
Die Modellierungen zu den regionalökonomischen Effekten touristischer Nachfrage unter Berücksichtigung klimatischer Veränderungen zeigen je nach beschriebenen Szenario einen leichten bis deutlichen Anstieg der touristisch induzierte Bruttowertschöpfung bis 2030 auf.

Die im Rahmen von RADOST durchgeführte Wirkungsanalyse diente dem Ziel, die regionalwirtschaftlichen Wirkungen von touristischer Nachfrage in der Ostseeregion (bestehend aus den direkt an die Ostsee angrenzenden Kreisen und kreisfreien Städten in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern) unter sich ändernden Rahmenbedingungen und der besonderen Berücksichtigung des Klimawandels abzuschätzen.

Untersucht wurde der Zeitraum von 2000 bis 2030. Für die Untersuchung wurde ein dynamisches regionales Input-Output-Modell angewendet.⁸² Die Analyse beruht auf der Entwicklung der Tages- und Übernachtungsgäste und deren Nachfrage nach Waren und Dienstleistungen in der Ostseeregion.⁸³ Die touristische Nachfrage ab dem Jahr 2012 fließt szenarien-gestützt in die Analyse ein. Die Grundlage bilden drei Szenarien zur Entwicklung der Anzahl der Tages- und Übernachtungsgäste in Mecklenburg-Vorpommern unter besonderer Berücksichtigung des Klimawandels, die im Rahmen von RADOST erstellt wurden (siehe auch 2. RADOST-Jahresbericht).

Die Ergebnisse der Input-Output-Analyse weisen auf die hohe regionalwirtschaftliche Bedeutung des Tourismus für die Ostseeregion hin. So waren im Jahr 2000 in der deutschen Ostseeregion 72 Tsd. erwerbstätige Personen von der direkten, indirekten und kapazitätsinduzierten Bereitstellung von Waren und Gütern für den Tourismus in der Ostseeregion abhängig

(siehe Abb. 3.3). Dies entsprach einem Anteil an den insgesamt in der Region Erwerbstätigen von knapp 7%. Nach einem vorläufigen Höhepunkt mit 100 Tsd. Erwerbstätigen im Jahr 2009 und einem leichten Rückgang in den beiden Folgejahren nahm die Zahl der Erwerbstätigen im Jahr 2013 wieder zu und erreichte einen Wert von knapp 98 Tsd. Damit erhöhte sich in 2011 auch der Anteil der vom Tourismus abhängigen Erwerbstätigen an den insgesamt in der Region erwerbstätigen Personen auf knapp 9%. Eine ähnliche Entwicklung ist auch bei der touristisch induzierten Bruttowertschöpfung in der Region zu erkennen. Ihr Anteil an der gesamten Bruttowertschöpfung nahm von 5% (2,2 Mrd. €) im Jahr 2000 auf 6% (3,2 Mrd. €) im Jahr 2011 ebenfalls zu.



3.3 > Von touristischer Nachfrage in der Ostseeregion abhängige Erwerbstätige 2000–2013. (Quelle: Eigene Berechnung)

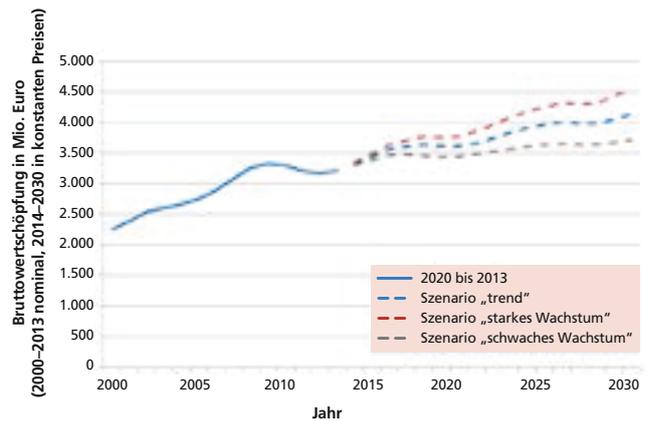
82) Eine detaillierte Darstellung des verwendeten Modells und weiterer Modellierungsergebnisse findet sich in: Zimmermann, K.; Schroder, A. & Hirschfeld, J. (2013): A Regional Dynamic Input-Output Model of Tourism Development in the Light of Climate Change. In: Neuere Anwendungsfelder der Input-Output-Analyse- Tagungsband. Beiträge zum Halleschen Input-Output-Workshop 2012.

83) Angaben zur Anzahl der Übernachtungen in der Ostseeregion bis 2012 stammen von den Statistischen Ämtern der Bundesländer MV und SH/Hamburg. Angaben zur Höhe und Struktur der Ausgaben von Übernachtungsgästen in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern stammen aus: Harrer, B & Scherr, S. (2002): Ausgaben der Übernachtungsgäste in Deutschland. Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehr. Sowie: Harrer, B. & Scherr, S. (2010): Ausgaben der Übernachtungsgäste in Deutschland. Hg. v. Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehr e.V. an der Universität München.

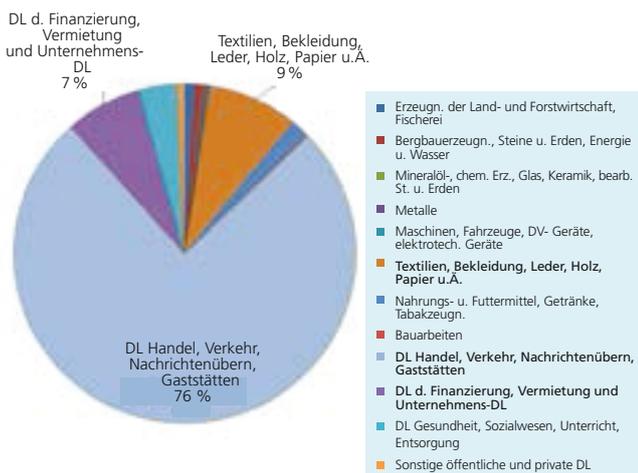
Sie wurden ergänzt um Angaben zur Anzahl und zu Ausgaben der Tagesreisenden in MV und SH in: Maschke, J. (2005): Tagesreisen der Deutschen. Hg. v. Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehr e.V. an der Universität München. Und: Maschke, J. (2007): Tagesreisen der Deutschen. Hg. v. Deutsches Wirtschaftswissenschaftliches Institut für Fremdenverkehr e.V. an der Universität München.

Beginnend mit dem Jahr 2014 zeichnet die szenarien-basierte Fortschreibung der tourismusinduzierten Bruttowertschöpfung und Erwerbstätigkeit über alle drei Szenarien hinweg eine positive Entwicklung dieser beiden regionalökonomischen Größen. So könnte bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes im Jahr 2030 im Szenario „business as usual“, welches von einer gleichbleibenden touristischen Attraktivität der deutschen Ostseeregion ausgeht, die tourismusinduzierte Bruttowertschöpfung einen Umfang von gut 4,1 Mrd. € erreichen (siehe Abbildung 3.4).

Nimmt, vor allem klimatisch bedingt, die touristische Attraktivität des Mittelmeerraums ab und gelingt es gleichzeitig die Umweltqualität in der Ostseeregion zu bewahren sowie die touristische Infrastruktur verstärkt auszubauen (Szenario „starkes Wachstum“), könnte in 2030 allein die durch den Tourismus generierte Bruttowertschöpfung rund 4,5 Mrd. € betragen. Im Falle ausbleibender Investitionen und einer sinkenden Umweltqualität (Szenario „schwaches Wachstum“) würde die touristisch induzierte Bruttowertschöpfung deutlich langsamer anwachsen und im Jahr 2030 3,7 Mrd. € betragen.



3.4 > Touristisch induzierte Bruttowertschöpfung in der deutschen Ostseeregion 2000–2030, 3 Szenarien. (Quelle: Eigene Berechnung)



3.5 > Touristisch induzierte Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen in der deutschen Ostseeregion 2013. (Quelle: Eigene Berechnung)

Abbildung 3.5 stellt die Verteilung der im Jahr 2013 touristisch induzierten Bruttowertschöpfung in der deutschen Ostseeregion nach Wirtschaftsbereichen dar. Es zeigt sich, dass das Beherbergungs- und Gaststättengewerbe sowie Handels- und Verkehrsdienstleister mit einem Anteil an der tourismusinduzierten Wertschöpfung von zusammen 76 % am weitaus stärksten vom Tourismus profitierten. Ebenfalls stark an der touristisch induzierten Bruttowertschöpfung partizipierten der Textil- und Bekleidungssektor (9 %) und der Sektor Finanzierung, Vermietung und Unternehmensdienstleistungen (7 %).

Die Zahl der touristisch induzierten Erwerbstätigen könnte im Jahr 2030 abhängig vom jeweiligen Szenario zwischen 113 und 138 Tsd. betragen.

Regionalwirtschaftliche Effekte des Küstenschutzes (Input-Output-Modellierung)

Der fortschreitende Klimawandel hat maßgeblichen Einfluss auf den Meeresspiegel. So bewirken das Abschmelzen von Festlandeis und die mit ihrer Erwärmung einhergehende Ausdehnung der Wassermassen einen kontinuierlichen Anstieg des Meeresspiegels, der sich im Laufe dieses Jahrhunderts zunehmend beschleunigen könnte. Der Küstenschutz reagiert seit jeher auf diesen Meeresspiegelanstieg mit der Erhöhung und Verstärkung von Deichen und anderen Elementen des Küstenschutzes.

Das unbestrittene primäre Ziel des Küstenschutzes ist es, Leben und Sachwerte vor schweren Küstenhochwassern zu schützen. Ohne diese Schutzwirkung wäre die Siedlungsentwicklung in den betreffenden Gebieten vermutlich von einer deutlich geringeren Dynamik geprägt. Der Küstenschutz entfaltet somit indirekt eine positive Wirkung auf die Region, einschließlich ihrer Wirtschaftsleistung.

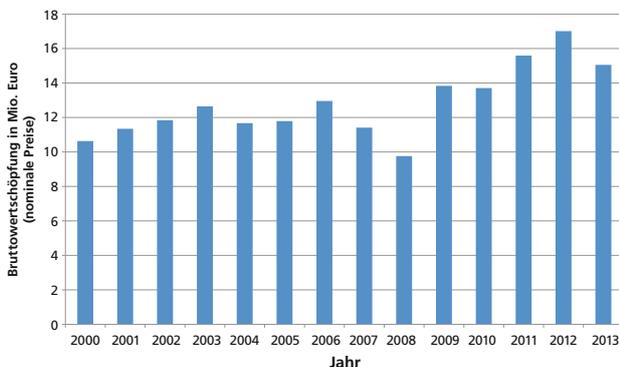
Der Küstenschutz beeinflusst darüber hinaus auch auf direktem Wege die Regionalwirtschaft, denn für Planung, Bau, Instandhaltung und Verstärkung von Küstenschutzanlagen fragen die Küstenbundesländer jährlich Güter im Wert von rund 150 Mio. Euro nach. Davon wird etwa 1/5 in Schutzmaßnahmen entlang der deutschen Ostseeküste investiert. Ein Teil dieser Ausgaben fließt an in der Region ansässige Unternehmen, die Waren und Dienstleistungen für den Küstenschutz bereitstellen. Auf diesem Wege entstehen in der Region Einkommen und Beschäftigung. Damit entfaltet der Küstenschutz auch direkt eine regionalwirtschaftliche Wirkung. Der Umfang dieser jährlichen Effekte wur-

de mit Hilfe des zuvor beschriebenen Input-Output-Modells für den Zeitraum 2000 bis 2013 abgeschätzt. In diesem Zeitraum schwankte die direkte, indirekte und kapazitätsinduzierte regionale Bruttowertschöpfung zwischen 9,8 und 17,0 Mio. Euro (siehe Abb. 3.6). Daran partizipierten in 2013 vor allem Unternehmen aus dem Baugewerbe (36 %) und Unternehmen aus dem Bereich Finanzierung, Vermietung und unternehmensbezogene Dienstleistungen (24 %) (siehe Abb. 3.7).

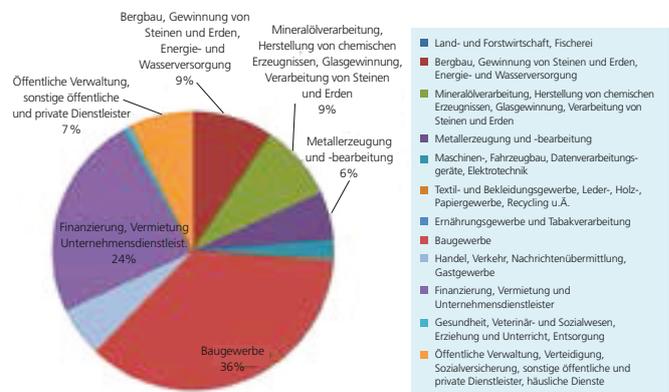
Im Verhältnis zu seiner indirekten Wirkung, dem Schutz der Region, sind die direkten Wirkungen des Küstenschutzes auf die regionale Wirtschaft von sehr geringer Bedeutung. Jedoch bewirkt die Ko-Finanzierung der Küstenschutzmaßnahmen über Bundes- und EU-Mittel, dass im Zeitraum von 2000 bis 2013 aus jedem eingesetzten Euro an Landesmitteln eine regionale Bruttowertschöpfung von durchschnittlich 1,3 Euro generiert wurden. Damit ist der Küstenschutz aus Sicht der Bundesländer ebenfalls ein sehr effizientes Instrument zur regionalen Wirtschaftsförderung. Gleichwohl sollte dies weder ein Argument für noch gegen die Durchführung von Küstenschutzmaßnahmen sein.

Ausblick

Bis zum Ende der Projektlaufzeit werden weitere regionalwirtschaftliche Fragestellungen in den Bereichen Küstenschutz, Hafenwirtschaft und Tourismus mit Hilfe der Input-Output-Analyse untersucht. Die Ergebnisse aus diesen Arbeiten werden zeitnah als separate Berichte veröffentlicht.



3.6 > Durch Küstenschutzmaßnahmen in der Ostseeregion induzierte Bruttowertschöpfung 2000–2013 (in Mio. €). (Quelle: Eigene Berechnung)



3.7 > Durch Küstenschutzmaßnahmen in der Ostseeregion induzierte Bruttowertschöpfung 2013 nach Wirtschaftsbereichen. (Quelle: Eigene Berechnung)

Die Entwicklung der Landwirtschaft im Klimawandel (Agrarsektormodellierung)

Kontakt:

Thünen-Institut für Ländliche Räume (TI-LR)

Andrea Wagner: andrea.wagner@ti.bund.de

Dr. Claudia Heidecke: claudia.heidecke@ti.bund.de

Im Rahmen von RADOST wurden die Landnutzung und die Tierhaltung im Ostseeraum hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel und negativer Umwelteffekte untersucht. Ihre Entwicklung ist eine wesentliche Einflussgröße für die Nährstoffeinträge in die Ostsee. So wird aktuell ein Großteil des gewässerrelevanten Stickstoffs aus landwirtschaftlich genutzten Flächen über das Grundwasser und die Oberflächengewässer in die Ostsee eingetragen.

Auf Analysen des Basisjahres 2007 aufbauend wurde die erwartbare Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion und Bodennutzung im Jahr 2021 mit dem Modell RAUMIS prognostiziert. Die Prognosen wurden im Projektverlauf anhand der Entwicklungen der Agrarmärkte sowie der Agrarpolitik aktualisiert, wobei bislang die erwarteten Trends und Entwicklungen bestätigt werden konnten.

Entwicklung der landwirtschaftlichen Nährstoffeinträge

Die Prognose zeigt, dass sich der bisherige deutschlandweite Trend abnehmender landwirtschaftlicher Nährstoffüberschüsse und -einträge im Ostseeraum auch in der Periode 2007 bis 2021 fortsetzen wird. Wichtige Faktoren sind hierbei die marktwirtschaftliche Entwicklung und Anpassungsprozesse sowie agrarpolitische Minderungsmaßnahmen, wie beispielsweise die Düngeverordnung und die Agrarumweltprogramme. Es ist jedoch davon auszugehen, dass diese Reduktionen nicht in allen Regionen ausreichen, um die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und der Meerestategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) im Jahr 2021 zu erreichen. Es sind darüber hinaus weitere Anstrengungen notwendig.

Entwicklungen der Milchproduktion und des Getreide- und Maisanbaus in MV und SH sowie die daraus resultierenden Stickstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft wurden ausführlicher in den ersten vier RADOST-Jahresberichten dargestellt.

Umweltqualitätsziele und Minderungsbedarf

Im Rahmen von RADOST wurde ein interdisziplinärer Modellverbund eingesetzt, mit dem die landwirtschaftliche Bodennutzung und die resultierenden Nährstoffüberschüsse sowie der Einfluss des Klimawandels auf die Nährstoffeinträge in die Gewässer und die Eutrophierung abgebildet werden. Als Grundlage für die landwirtschaftlichen Entwicklungstrends bis 2021 wird das Jahr 2007 verwendet. Für die Prognose des Jahres 2021 wurden die daraus resultierenden Nährstoffeinträge und -konzentrationen im Jahr 2021 simuliert und in Relation zu den gesetzten Umweltqualitätszielen der WRRL und MRSRL gesetzt. Die sich daraus ergebenden Defizite zeigen den über die bisherigen Maßnahmen hinaus bestehenden regionalen Reduktionsbedarf an.

Um abzuschätzen, ob und wie diese Reduktionsanforderungen erfüllt werden könnten, sollen beispielhaft, unter Berücksichtigung der regionalen Landnutzungsstrukturen, regionsspezifische Handlungsoptionen in Form von Agrarumweltmaßnahmen ermittelt werden.



3.8 > Extensiv genutztes Grünland am Gewässerrand



3.9 > Weißklee eignet sich sehr gut als Untersaat

Maßnahmen und Handlungsoptionen zur Eintragsminderung

Für Agrarumweltmaßnahmen werden seit 2000 finanzielle Mittel im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU bereitgestellt, um die Umsetzung umweltpolitischer Ziele zu fördern. Ein Teil dieser Maßnahmen ist auf den Gewässerschutz ausgerichtet, wie beispielsweise die Reduktion des Einsatzes von Mineraldüngern, der Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten sowie die umweltfreundliche Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. Wichtige Einflussfaktoren für die Effizienz dieser Maßnahmen sind neben der potenziellen Wirkung auf die Gewässer, die maßnahmenspezifischen Fördersummen, die Einsatzkriterien sowie ihre Umsetzbarkeit und Akzeptanz durch die landwirtschaftlichen Betriebe.

Es wurden Agrarumweltmaßnahmen untersucht die in den Programmen der Länder MV und SH angeboten werden und effizient zur Reduktion der landwirtschaftlichen Nährstoffüberschüsse und der Verbesserung der Wasserqualität beitragen können. Die betreffenden Maßnahmen sind inklusive der jeweiligen Kriterien, der erwarteten Wirkung und mittleren Fördersummen in Tabelle 10 aufgelistet.

Ist der Handlungsbedarf für die Erreichung der Ziele der WRRL und MSRL im Ostseeraum 2021 durch das IGB ermittelt, werden unter Anwendung der aufgeführten Maßnahmen die regionalen Einsatz- und Wirkungspotenziale der Maßnahmen zur Nährstoffreduktion analysiert. Anhand dieser werden zudem die regionalen Handlungspotenziale und die Zielerreichung betrachtet.

Die Inanspruchnahme und Umsetzung der Maßnahmen ist für die landwirtschaftlichen Betriebe freiwillig. Zusätzlich reglementieren Agrarumweltmaßnahmen meist die Flächennutzung und schränken somit die Flexibilität der landwirtschaftlichen Betriebe sowie deren Gewinnaussichten ein. Der Förderumfang der jeweiligen Maßnahme und der Managementaufwand sind daher entscheidend für die Anwendung der Maßnahme und müssen im Kontext der Agrarpreisentwicklung und der Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus sowie der aktuell stattfindenden Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion betrachtet werden.

Wie in vorangegangenen Berichten dargelegt, wurde aufgrund der Förderung erneuerbarer Energien der Silomaisanbau im Ostseeraum deutlich ausgedehnt, ein großer Teil des Maises wird zur Vergärung und Energiegewinnung eingesetzt. Die anfallenden Gärreste werden auf die landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht und tragen häufig zu regional ansteigenden Nährstoffüberschüssen bei, die nach Niederschlagsereignissen in das Grundwasser und die Oberflächengewässer eingetragen werden können. In diesen und anderen Fällen können Agrarumweltmaßnahmen positive Reduktionseffekte zeigen. Ist dies nicht möglich, sind alternative Handlungsoptionen notwendig. Daher werden aufbauend auf dem Anwendungsprojekt „Entwicklung angepasster Pflanzensorten“ auch die Anbau- und Wirkungspotenziale alternativer Energiepflanzenkulturen untersucht.

Tabelle 10: Agrarumweltmaßnahmen zur Reduktion landwirtschaftlicher Stickstoffüberschüsse

Maßnahme	Beschreibung	Wirkung (kg N/ha)	Kosten (€/ha)
Keine Wirtschaftsdüngerausbringung nach Ernte (M34)	Keine Ausbringung von Wirtschaftsdünger nach der Ernte der Hauptfrucht	15	15
Zwischenfruchtanbau (M1/M2)	Einsaat einer leguminosefreien Zwischenfrucht bis 1.9.; Umbruch ab dem 15. 1./15. 2.	20	80
Anbau von Untersaaten (M5)	Anbau von Früchten mit geringer Stickstoffdüngung: Winterbraugerste, Keksweizen, Öllein, etc.	7.5	70
Förderung von Extensivkulturen (M14)	Anbau von Früchten mit geringer Stickstoffdüngung: Winterbraugerste, Keksweizen, Öllein, etc.	40	70
Grünlandextensivierung (M21)	Durchschnittlicher jährliche unter 1,4 Rauhuttergroßvieheinheiten je Hektar Futterfläche; keine mineralische Stickstoffdüngung	30	100
Reduzierte Mineraldüngung in Getreide (M24)	Sollwert-Düngung minus 10 bzw. 20%; keine Spätgabe in Getreide	30	80
Grundwasser schonende Ausbringungstechnik Gülle und Festmist (M32/M33)	Schleppschlauch-, Schleppschuh-, oder Schlitztechnik bzw. Exaktstreutechnik; Wirtschaftsdüngeruntersuchung	15	30
Brache (M6 bis M8)	Einsaat oder Erhalt leguminosefreier, winterharter Gräser, keine Beweidung und Stickstoffdüngung	60	127

Quelle: Auszüge aus Osterburg und Runge (2007)⁸⁴

⁸⁴ Osterburg, B. & Runge, T. (Hrsg.) (2007): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, In: Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 305.

Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse von Anpassungsstrategien

Kontakt:

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin (IÖW)

Dr. Jesko Hirschfeld: Jesko.Hirschfeld@ioew.de

Julian Sagebiel: Julian.Sagebiel@ioew.de

Zwischen dem Klimawandel und den in RADOST zu erarbeitenden Anpassungsstrategien an der deutschen Ostseeküste bestehen Wechselwirkungen mit Ökosystemleistungen der natürlichen Systeme an der Küste.

Ökosystemleistungen sind Leistungen oder Güter, die dem Menschen direkt oder indirekt durch die Ökosysteme erbracht werden, seine Lebensgrundlage erhalten, ihm Vorteile verschaffen oder zum Wohlbefinden beitragen. Leistungen dieser Art, die sich auf Küstenökosysteme und Meere beziehen, werden als Marine und

Küsten-Ökosystemleistungen (marine and coastal ecosystem services) klassifiziert. Das Konzept der Ökosystemleistungen bietet einen Rahmen, in dem die Effekte von Klimawandel und Anpassungsstrategien an der deutschen Ostseeküste für den Menschen sowie die ökologischen und ökonomischen Wechselwirkungen im RADOST-Projekt abgebildet und analysiert werden können.

Die ökonomische Bewertung der Marinen und Küsten-Ökosystemleistungen fließen in die erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse der Anpassungsstrategien ein.

Bereitstellende Ökosystemleistungen

- Fisch
- Schalentiere
- Biomasse (z. B. Algen)
- Sand

Regulierende Ökosystemleistungen

- Nährstoffregulation
- Kohlenstoffregulation
- Sedimentierung von Schadstoffen

Kulturelle Ökosystemleistungen

- Landschaftsbild
- Erholungsnutzen
- Naturerlebnis
- Inspiration

Unterstützende Ökosystemleistungen

- Habitate
- Biochemische Kreisläufe
- Biodiversität
- Resilienz

3.10 > Schematische Übersicht zu Ökosystemleistungen von Meeren und Küstenregionen (mit Beispielen)

Meeres- und Küstenökosysteme erbringen vielfältige Leistungen, die von Fischern, Küstenbewohnern und Feriengästen gerne genutzt werden. Der Klimawandel beeinflusst diese Ökosystemleistungen teilweise in positive, teilweise in negative Richtungen. Mit Anpassungsmaßnahmen können diese positiven und negativen Konsequenzen in gewissem Umfang gesteuert werden, sodass Klimaschäden möglichst vermindert und Chancen genutzt werden.

Ein wichtiges Beispiel hierfür ist der Küstenschutz, der auf den klimabedingten Anstieg des Meeresspiegels reagieren muss. Um die Flächennutzungen u. a. durch Siedlungen, touristischen Einrichtungen, Hafen- und Industrieanlagen langfristig zu sichern, müssen die Investitionen in Küstenschutzanlagen verstärkt werden. Diesen Kosten stehen Nutzen in Form verminderter Schäden und längerfristig gesicherter wirtschaftlicher Entwicklungsmöglichkeiten im unmittelbaren Küstenstreifen gegenüber. Zugleich werden Küstenschutzbauwerke von Feriengästen unter Umständen als störende Eingriffe in das Landschaftsbild wahrgenommen, wenn sie nicht in naturnaher Weise (z. B. durch die Aufschüttung von Dünen und Sandaufspülungen), sondern in Form technischer Bauwerke (wie Flutschutzmauern oder Spundwänden) vorgenommen werden.

Ein weiteres Beispiel ist der Gewässerschutz. Mit dem Klimawandel steigen die Wassertemperaturen der Küstengewässer. Die gegenwärtige Belastung der küstennahen Gewässer mit Nährstoffen insbesondere aus der Landwirtschaft könnte dazu führen, dass die Badewasserqualität entlang der Ostseeküste sich zukünftig verschlechtert. Um die regulierende Ökosystemleistung „Nährstoffregulation“ nicht zu überlasten, müssen daher Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft ergriffen werden. Andernfalls könnte die ansonsten positive Entwicklung des Tourismus in der Küstenregion gefährdet werden.

Die intensive Flächennutzung durch die Landwirtschaft, aber auch durch die Siedlungs- und Gewerbeflächenentwicklung beeinflusst außerdem die Biodiversität in der Küstenregion. Das Naturerlebnis, u. a. das Beobachten von Küstenvögeln und das Erleben küstentypischer Landschaftsformen im Rahmen von Spaziergängen gehört für viele Besucher neben den Strandbesuchen zu den wichtigen Faktoren, die einen Besuch der Ostseeregion attraktiv machen.

Neben der direkten Bewertung bereitstellender Ökosystemleistungen durch Marktwerte und der Bewertung regulierender Leistungen über Vermeidungskosten wird die Bewertung kultureller Ökosystemleistungen in der hier durchgeführten erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse im Rahmen einer deutschlandweiten Befragungsstudie umgesetzt. Zentrales Element ist dabei ein Choice-Experiment, bei dem den Befragten unterschiedliche Qualitätszustände von Ökosystemleistungen der Ostseeküste zur Bewertung angeboten und die Wertschätzung für diese erhoben wird.

Im Oktober 2013 fanden acht Fokusgruppen-Diskussionen an verschiedenen Urlaubsorten zwischen Warnemünde und Rügen statt und ca. 100 Interviews wurden durchgeführt. Die Studie umfasst damit sowohl qualitative als auch quantitative Daten zu Präferenzen von Urlaubern und Bewohnern zu verschiedenen Anpassungsmaßnahmen an der deutschen Ostseeküste. Darüber hinaus wurde eine ausführliche Literaturrecherche zu bereits durchgeführten Studien zur Bewertung von relevanten Attributen für Ostseeurlauber durchgeführt. Diskussionen mit Partnern und Stakeholdern zur Auswahl von relevanten Anpassungsmaßnahmen fanden statt, um die Effekte systematisch in einem Choice-Experiment darzustellen.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Tourismus- und Bäderforschung in Nordeuropa (NIT) wurde hierzu ein Fragebogen entwickelt, mit dem in einer repräsentativen Online-Befragung über 2.000 Personen in ganz Deutschland befragt werden. In der Befragung werden neben Einstellungen zum Klimawandel und Reiseverhalten mit einem Choice-Experiment Zahlungsbereitschaften für die Effekte von Anpassungsmaßnahmen erfragt.

Als vorläufige Ergebnisse der Gesamtbewertung deutet sich an, dass zusätzliche Küstenschutzmaßnahmen ein deutlich positives Nutzen-Kosten-Verhältnis bieten – insbesondere, wenn sie in einer Weise ausgeführt werden, die das Landschaftsbild möglichst wenig beeinträchtigt und möglichst zugleich dem Badetourismus zugute kommt. Ebenso positiv sind Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffbelastung einzuschätzen.

Die Gesamtbewertung wird im Herbst 2014 abgeschlossen und das Ergebnis in einem RADOST-Forschungsbericht veröffentlicht.

Modul 4:

Nationaler und europäischer
Politikrahmen/nationaler
und internationaler Austausch

Modul 4: Nationaler und europäischer Politikrahmen / nationaler und internationaler Austausch

Kontakt:

Ecologic Institut, Berlin

Dr. Grit Martinez: grit.martinez@ecologic.eu

Ein wichtiger Bestandteil von RADOST war die Verknüpfung regionaler Anpassungsstrategien mit thematisch verwandten Aktivitäten, die über die Projektregion hinaus in Deutschland und international stattfinden. Dieses Ziel wurde in zwei Hauptrichtungen verfolgt: Zum einen wurde die regionale Strategieentwicklung mit der politischen Rahmensetzung auf nationaler und internationaler (vor allem europäischer) Ebene abgeglichen.

Zum anderen fand ein kontinuierlicher Erfahrungs- und Informationsaustausch mit Akteurs- und Wissenschaftlergruppen anderer Regionen statt, die mit ähnlichen Fragestellungen wie RADOST befasst sind, der durch ein Forschungsvorhaben mit dem marinen Laboratorium der Duke Universität in Beaufort ergänzt wurde. Dies erhöhte Effizienz und Sichtbarkeit der in RADOST geleisteten Arbeiten.

Der internationale Austausch zu Klimaanpassungsstrategien und -maßnahmen – vor allem mit der Partnerregion an der Ostseeküste der USA – wurde auch im letzten Projektjahr fortgeführt. Eine Reihe von Veranstaltungen im Ostseeraum und den USA ermöglichten diesen Prozess sowie die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern der Geistes- und Sozialwissenschaften von der Duke Universität, dem Ecologic Institute und der Humboldt Universität.

Ergebnisse des Austauschs wurden in einem KLIMZUG-Sammelband mit dem Titel „Social dynamics in adaptation to a changing climate in coastal regions – An interdisciplinary perspective on findings from the KLIMZUG-Projects“ (vgl. Modul 5) veröffentlicht. Desweiteren wurden die Untersuchungsergebnisse auf dem Dupont Summit am 6. Dezember 2013 von Dr. Grit Martinez und Prof. Mike Orbach in einer Kooperationsveranstaltung mit der Maryland Universität in Washington D.C. vorgestellt.

Nationaler und europäischer Politikhintergrund

Um regionale Anpassungsstrategien und -aktivitäten in den übergeordneten gesetzlichen Rahmen einzupassen, wurden die für RADOST relevanten politischen Vorgaben und Entwicklungen auf europäischer und nationaler Ebene ausgewertet und beobachtet.

Dabei spielten nicht nur Politikansätze eine Rolle, die explizit der Anpassung an den Klimawandel dienen, wie beispielsweise die Aktivitäten auf Basis der Deutschen Anpassungsstrategie. Von Bedeutung waren auch eine Vielzahl weiterer Vorgaben und Strategien, wie das integrierte Küstenzonenmanagement, die Wasserrahmenrichtlinie, die Europäische Meeresstrategie oder der 2007 verabschiedete „Baltic Sea Action Plan“ der Helsinki-Kommission (HELCOM).

Handbook

Die Ergebnisse aus der Analyse zur europäischen Rahmensetzung mit Schwerpunkt auf Küsten- und Meeresregionen zusammen mit den Ergebnissen der Analyse von Anpassungsstrategien in den Ostseeanrainerstaaten wurden in einem englischsprachigen Handbuch „Climate Change Adaptation Strategies in the Baltic Sea Region“ (RADOST-Bericht Nr. 10) zusammengefasst. Das Handbuch richtet sich an lokale Akteure und möchte ihnen einen Überblick zur europäischen Rahmensetzung sowie Einblicke in andere nationale und lokale Ansätze liefern.

Factsheets

Die für RADOST relevanten politischen Vorgaben und Entwicklungen in Deutschland und der EU wurden in Form von Factsheets veröffentlicht.

Das Handbuch und die Factsheets sind auf der RADOST-Website abrufbar.

Bestandsaufnahme und Auswertung regionaler Anpassungsprojekte und -maßnahmen in Deutschland und Europa

Im Rahmen von RADOST wurde eine umfassende Bestandsaufnahme regionaler Anpassungsprojekte und -maßnahmen mit Schwerpunkt auf Küstengebieten vorgenommen.

Dabei wurden Aktivitäten in Deutschland ebenso berücksichtigt wie Erfahrungen aus dem Ausland, insbesondere in anderen europäischen Regionen. Die Ergebnisse sollten RADOST-Forscher sowie Akteure aus Wirtschaft und Verwaltung in die Lage versetzen, aus der Erfahrung anderer zu lernen und Fehler zu vermeiden.

Während der gesamten Projektlaufzeit von RADOST wurde kontinuierlich nach aktuellen erfolgreichen Anpassungsbeispielen recherchiert. Unterstützend wurde hierzu eine Reihe von Interviews mit Akteuren der deutschen Ostseeküstenregion aus unterschiedlichen Verwaltungsebenen durchgeführt. Die Ergebnisse der Befragung wurden als RADOST-Bericht Nr. 13 „Anpassungsmaßnahmen an der deutschen Ostseeküste – Auswertung einer qualitativen Befragung von Akteuren auf unterschiedlichen Verwaltungsebenen“ veröffentlicht.

Die Befragungen zeigten den Bedarf an Informationen zu Best-Practice-Beispielen. Mit dem RADOST-Bericht Nr. 19 wurde daraufhin ein Leitfaden zu guten Beispielen der Klimaanpassung veröffentlicht. Entlang den sechs RADOST-Fokusthemen, ergänzt um die Themen Planung und Partizipation, werden jeweils drei Anpassungsbeispiele präsentiert. Insgesamt werden 24 Beispiele aus Ländern wie Dänemark, Schweden, Großbritannien, USA oder Japan vorgestellt.

Dabei wird zwischen Anpassungsprozessen und Anpassungsmaßnahmen unterschieden. Zu den Anpassungsmaßnahmen können Beispiele wie eine Deichöffnung in Großbritannien oder Forschungsaktivitäten zur Nutzung von Wellenenergie in Litauen gezählt werden. Anpassungsprozesse werden dagegen beispielhaft anhand einer Kommune in Neuseeland oder der Erarbeitung einer Anpassungsstrategie für den Hafen von San Diego, USA, dargestellt. Anhand von acht Kriterien wurden diese Anpassungsbeispiele ausgewählt und bewertet. Mit dem in dieser Broschüre beschriebenen Spektrum von Anpassungsmöglichkeiten soll als Anregung für Akteure an der Ostsee aufgezeigt werden, wie in anderen Regionen mit Klimawandel, Klimaanpassung und verwandten Themen umgegangen wird.

Der Bericht ist über die RADOST-Website verfügbar. Eine Zusammenfassung des Berichts wird in der KLIMZUG-Publikation „Klimaanpassung in der Stadt- und Regionalplanung“ veröffentlicht.



4.1 > RADOST-Bericht zu 'Best-practice'-Beispielen der Anpassung an den Klimawandel



4.2 > Während der Workshop-Reihe „Circum Mare Balticum – Regionale Verfügbarkeit von Klimadaten in den Ostseeanrainerstaaten“ in Polen, Litauen und Lettland wurden Interviews und Workshop-Ergebnisse filmisch dokumentiert. Aus diesem Material wurden acht Kurz-Statements und ein Kurzfilm angefertigt (www.klimazug-radost.de/cmb)

Bestandsaufnahme und Auswertung regionaler Anpassungsprojekte und -maßnahmen in Deutschland und Europa

Austausch auf nationaler und internationaler Ebene

Ein besonderes Anliegen von RADOST war die Pflege und Ausweitung internationaler Kontakte, um die Entwicklung regionaler Anpassungsstrategien in den internationalen Kontext einzubinden, Wissen und Erfahrungen aus anderen Regionen für RADOST nutzbar zu machen und umgekehrt regionale Erfahrungen aus der Ostseeregion in die internationale Diskussion einzuspeisen.

Besonders intensiv hat sich die Zusammenarbeit mit Partnern in den USA entwickelt, die durch verschiedene Veranstaltungen auch im letzten Projektjahr fortgeführt wurde. Im dritten und vierten Projektjahr fand ein intensiver Austausch mit weiteren Ostseeanrainerstaaten statt.

Die Zusammenarbeit mit weiteren deutschen Anpassungsprojekten und -akteuren, wird in Modul 1 dargestellt.

Austausch mit Ostseeanrainerstaaten

Eine Kooperation von RADOST mit den Projekten Baltadapt (Baltic Sea Region Climate Change Adaptation Strategy) und „Circum Mare Balticum – Regionale Verfügbarkeit von Klimadaten in den Ostseeanrainerstaaten“ ermöglichte in den Jahren 2011 und 2012 einen intensiven Austausch von Akteuren auf Workshops in Deutschland, Polen und dem Baltikum. Der Fokus lag dabei auf der Diskussion von Nutzen und Potenzial bestehender Informationsangebote zu Klimadaten aus Anwendersicht und Möglichkeiten für konzeptionelle Verbesserungen sowie die internationale Ausweitung bestehender Angebote.

Ein dreitägiger internationaler Workshop im Juni 2011 in Berlin und Timmendorfer Strand diente dem Austausch zu bestehenden Portalen zur Kommunikation von Klimadaten in unterschiedlichen Ostseeländern. Ein Teilergebnis war das Konzept für vier Workshops zur Verfügbarkeit von Klimadaten für Anwender in den betreffenden Ländern, die vom 24.–27. Oktober 2011 in Lettland, Litauen und Polen stattfanden.

Im Mittelpunkt dieser Veranstaltungen in Stettin, Danzig, Klaipeda und Riga stand die Fragestellung, wie die Themen Klimawandel und Klimaanpassung von unterschiedlichen Interessensvertretern wahrgenommen werden. In den Diskussionen wurde deutlich, dass dem Thema auf politischer Ebene bis dahin nur eine geringe Priorität zugeordnet wurde und die Finanzierung von Anpassungskonzepten und Maßnahmen von entscheidender Bedeutung ist.

Weitere Veranstaltungen zum internationalen Austausch in der Ostseeregion in den ersten vier Projektjahren wurden in den Vorjahresberichten beschrieben.

Anfang Februar 2013 fand in Warnemünde am IOW ein Workshop mit rund fünfzig Teilnehmern statt, um auf Einladung der Helsinki-Kommission (HELCOM) und des Forschungsprogramms „Baltic Sea Experiment“ (BALTEX) über dringend notwendige Anpassungen des Baltic Sea Action Plan zu beraten. RADOST-Projektleiterin Grit Martinez betonte in ihrem Beitrag, dass auf der lokalen und regionalen Ebene die Verortung des Handelns aus dem lokal-spezifischen Umfeld heraus zu betrachten ist. Im Ergebnis des Workshops einigten sich die Teilnehmer auf ein Positionspapier mit Handlungsempfehlungen zur Vorlage an die Umweltminister der Ostseestaaten.

Im Rahmen des Projektes Soils2Sea (Reduzierung von landwirtschaftlichen Nährstoffeinträgen in Grundwasser und Wasserläufen im Einzugsgebiet der Ostsee, Start Januar 2014, www.soils2sea.eu) wird sich das Ecologic Institut auch nach Ablauf von RADOST weiterhin zur Problematik von Nährstoffeinträgen in der Ostseeregion engagieren. In Soils2Sea wird sich das Ecologic Institut auf die Entwicklung und Validierung neuer Governance-Konzepte konzentrieren, mit denen regionale und lokale Akteure, die bei Nährstoffeinträgen maßgeblich beteiligt sind, angesprochen werden sollen. Wie schon in RADOST werden die Untersuchungen sich auf das bessere Verständnis der lokalen, kulturellen, historischen und sozialen Voraussetzungen für die Implementierung von Anpassungsmaßnahmen konzentrieren. Fallbeispielregionen befinden sich in Schweden, Danemark, Polen und Russland.

Internationaler Austausch mit den USA

Mit der Ostküste der USA bestand seit Projektbeginn ein intensiver Austausch, der sich über fünf Jahre kontinuierlich vertiefte. Besonderes Augenmerk lag dabei auf der Chesapeake Bay, der „kleinen Schwester“ der Ostsee, wo die naturräumlichen Ähnlichkeiten gute Vergleichsmöglichkeiten zulassen. Im Laufe der Zusammenarbeit stellte sich jedoch immer klarer heraus, wie stark vor allem politische und kulturgeschichtliche Aspekte die jeweils lokale und regionale Anpassung an den Klimawandel beeinflussen.

RADOST-Projektleiterin Dr. Grit Martinez trat im Februar 2012 einen ersten Gastaufenthalt an der zur Duke University gehörenden Nicholas School of the Environment and Earth Sciences in North Carolina an und wurde dort zum Adjunct Associate Professor ernannt.

Zwischen Schleswig-Holstein und dem US-Bundesstaat Maryland haben die Ähnlichkeiten in den naturräumlich-geographischen Gegebenheiten und umweltpolitischen Ansätzen bereits im Jahr 2002 zur Vereinbarung einer Umweltpartnerschaft geführt. Das RADOST-Projekt trat als Partner auf, um die Ziele der regionalen Kooperation in Bezug auf das Thema Klimaanpassung und damit zusammenhängende Bereiche zu unterstützen. Prof. Donald Boesch, Präsident des Zentrums für Umweltwissenschaften der Universität Maryland (UMCES) und Mitglied des „National Academies Committee on America's Climate Choices“ begleitete als Mitglied im RADOST-Projektbeirat den wissenschaftlichen Austausch aus der Partnerregion in den USA.

In den ersten vier Projektjahren fanden zahlreiche Veranstaltungen in den USA und Deutschland unter Beteiligung von Wissenschaftlern, Küstenplanern und lokalen Entscheidungsträgern statt. Der Austausch wurde durch virtuelle Treffen und Diskussionen via Videokonferenzen ergänzt (vgl. RADOST-Jahresberichte 3 und 4).

2013 fand ein transatlantischer Dialog zu Anpassung in Gebirgs- und Küstenregionen statt. Vier unterschiedliche Regionen standen dabei im Blickpunkt. Neben der RADOST-Region umfasst dieser Austausch auch den schweizerischen Grindelwald, den Skiort Aspen in Colorado (USA) sowie Küstenregionen in North Carolina und an der Chesapeake Bay in Maryland.

Der erste Workshop dieses Dialoges fand im April 2013 am Climate Service Center (CSC) in Hamburg statt. Aus RADOST wurden die Beispiele Klimabündnis Kieler Bucht, Timmendorfer Strand und Ummanz bei Rügen vorgestellt.



4.3 > Freiwillige errichten ein Austernriff auf Jones Island

Neben den offensichtlichen Unterschieden zwischen Gebirgs- und Küstenregionen wurden auf dem Dialog auch Gemeinsamkeiten deutlich. In beiden Fällen handelt es sich um touristisch geprägte Regionen, die bereits heute von Herausforderungen betroffen sind, die sich im Zuge des Klimawandels voraussichtlich verstärken werden. Entwicklungen wie eine Abnahme des Schneefalls oder die zunehmende Erosion von Sandstränden stellen ein großes Risiko für das wirtschaftliche Potenzial der Regionen dar. Die jeweiligen Gemeinden sind darauf angewiesen, Antworten auf diese Veränderungen zu finden; so werden beispielsweise technische Maßnahmen wie Sandvorspülungen oder Schneekanonen eingesetzt. Teil des Workshops war eine Exkursion nach Timmendorfer Strand, wo die Teilnehmenden ausführliche Einblicke in die Planung und Umsetzung des als vorbildlich geltenden Küstenschutzkonzeptes erhielten.

Die Fortsetzung des Dialogs fand im August 2013 am Global Change Institute in Aspen, Colorado statt. Mitveranstalter der Reihe waren das Ecologic Institut und die Duke University im Rahmen des internationalen Austauschprogramms des RADOST-Projektes. Wiederum waren lokale Akteure aus Gemeinden, Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft aus verschiedenen geographischen und kulturellen Regionen beim Dialog anwesend. Dabei wurden Anpassungsmaßnahmen aus den unterschiedlichen beteiligten Regionen vorgestellt und bezüglich ihrer Erfolgsfaktoren und möglicher Übertragbarkeit in die jeweils andere Region erörtert. Auf einer Exkursion besuchten die rund 40 Teilnehmer das „Roaring Fork Valley“ in Colorado und diskutierten mit Experten darüber, wie sich der Skitourismus auf zukünftig veränderte Schneeverhältnisse einstellen kann.

Veranstaltungen in Kooperation mit der US-Botschaft Berlin
Ergebnisse der gemeinsam mit der Duke University durchgeführten Untersuchungen über kulturelle Wahrnehmung von Klimawandel und Anpassungsstrategien in Küstenregionen wurden am 22. April 2013 bei einem Mittagsseminar in der Botschaft der Vereinigten Staaten in Berlin vorgestellt. Die Sprecher betonten, dass bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien die Bedeutung von historischen und kulturellen Werten gegenüber den geophysikalischen Eigenschaften eines Ortes von besonderer Wichtigkeit sein kann. Im Anschluss an die Präsentationen diskutierten die Teilnehmenden, welche Rolle Heimat, Wahrnehmung und Politik in den unterschiedlichen Küstenschutzansätzen der Regionen in den USA und Deutschland spielen und was beide Regionen voneinander lernen. Weitere Informationen sind unter <http://www.ecologic.eu/node/8334> erhältlich.

Vom 18. bis 22. September 2013 fand ein transatlantischer Austausch zum Thema Klimaanpassungsstrategien mit Stationen in Berlin, Stralsund und auf der Insel Ummanz statt, der von der US-amerikanischen Botschaft in Berlin gefördert wurde. Im Rahmen des Besuchsprogramms konnten Forscher der Universität Maryland deutsche Klimaanpassungsstrategien im nationalen, lokalen und internationalen Kontext kennenlernen. Teil des Programms waren eine Besichtigung der Insel Ummanz, bei der Treffen mit ansässigen Fischern, Bauern und der Ortschronistin stattfanden, sowie der Besuch des 28. BWK-Bundeskongresses in Stralsund (siehe „RADOST-Veranstaltungen“ in Modul 1, S. 9).

Weitere Veranstaltungen zum Austausch auf nationaler und internationaler Ebene

In den ersten vier Projektjahren fanden zahlreiche weitere Vernetzungstreffen und internationale Veranstaltungen unter der Beteiligung von RADOST statt. So war RADOST u.a. bei der „Green Week“ 2012 in Brüssel oder in Kopenhagen (2009) und dem Klimagipfel im mexikanischen Cancún 2010 vertreten (siehe Vorjahresberichte).

Im März 2013 fand die erste European Adaptation Conference (ECCA) in Hamburg statt. Mit dem übergreifenden Thema „Integrating Climate into Action“ hatte die Konferenz zum Ziel, mögliche Handlungsoptionen zur Anpassung an den Klimawandel auszutauschen und zu diskutieren. Für RADOST präsentierte Projektleiterin Grit Martinez einen Beitrag zu der Frage, wie sich

Veröffentlichung „Contested Values and Practices in Coastal Adaptation to Climate Change“

Eine Masterarbeit, die im Kontext des RADOST-Projektes entstanden ist und vom Ecologic Institut mitbetreut wurde, untersuchte die sozio-kulturelle Konstruktion von Werten und Praktiken, die Risikowahrnehmung und Handlungsbereitschaft in Bezug auf Küstenschutz und Anpassung an den Klimawandel beeinflussen, am Beispiel von drei US-Staaten entlang der Atlantikküste.

Die Ergebnisse zeigen, dass es in der Diskussion um Klimawandel und Küstenmanagement vier große Bereiche gibt, in denen unterschiedliche Auffassungen aufeinandertreffen: die Wahrnehmung von Risiken, das Wissen über den Klimawandel, das Vertrauen in Wissenschaft und Politik sowie Wertvorstellungen. Diese Auseinandersetzungen werden lokal auf unterschiedliche Weise geführt. Insgesamt wird im Ergebnis der Studie allerdings festgestellt, dass derzeit dominierende Werte und Praktiken die Umsetzung von Strategien zur Anpassung an den Klimawandel im Untersuchungsgebiet verhindern. Wenngleich in der Bevölkerung auch Einstellungen vorhanden sind, die der Anpassung an den Klimawandel förderlich sein können, finden diese im bestehenden Planungssystem kaum Beachtung.

Die Studie wurde als Band 18 der RADOST-Berichtsreihe veröffentlicht.

lokal unterschiedliche Herangehensweisen und Einstellungen im Umgang mit dem Klimawandel in zwei Ostseegemeinden in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern herausbilden.

Ebenfalls im März 2013 fand ein Dialog zur Küstenforschung, Küstennutzung und Küstenschutz in Hamburg statt, der von den RADOST-Partnern Helmholtz-Zentrum Geesthacht und Technische Universität Hamburg-Harburg zusammen mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung veranstaltet wurde. Thematische Schwerpunkte bildeten die zukünftige Windenergienutzung in den küstennahen Meeren, Interessenskonflikte im Küstenraum sowie die Anpassung an den Klimawandel.

Modul 5: Kommunikation und Verbreitung der Ergebnisse

Kontakt:

Ecologic Institut, Berlin

Karin Beese: karin.beese@ecologic.eu

Nur wenn es gelingt, die zukünftigen Klimaveränderungen und ihre möglichen Folgen zu kommunizieren, kann eine rechtzeitige Anpassung umgesetzt werden.

Im Rahmen von RADOST wurden vielfältige Formate eingesetzt, um einerseits RADOST-Forschungsergebnisse zu verbreiten und um andererseits diese durch den Austausch mit den betroffenen Akteuren in Wissenschaft,

Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Nichtregierungsorganisationen und der Öffentlichkeit weiterzuentwickeln.

Im Zentrum standen neben der RADOST-Website und dem RADOST-Newsletter eine Vielzahl an weiteren Publikationen, Veranstaltungen und eine fokussierte Medienarbeit.

Buchveröffentlichung: Anpassung an regionale Klimafolgen kommunizieren

Was sind die Besonderheiten bei der Kommunikation zur Klimafolgenanpassung? Welche Kommunikationsmethoden eignen sich für welche Zielgruppen? Rütteln uns Schreckensszenarien wirklich wach? Und wie können Jugendliche für das Zusammenspiel von Klimaschutz und Anpassung sensibilisiert werden?

Ein Sammelband stellt die Erfahrungen aus RADOST und den anderen Projekten der Fördermaßnahme „KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“ im Bereich Anpassungskommunikation dar. Insgesamt 50 Autorinnen und Autoren stellen neben Theorieansätzen und Praxisberichten erprobte Formate zur Umsetzung vor – von online-gestützten Datenbanken über innovative Veranstaltungsformate, Filme

und spielerische Vermittlungsformen bis hin zu Kunst- und Kulturprojekten. Aus dem RADOST-Projekt enthält der Band eine zusammenfassende Auswertung der Akteursbefragungen zur Wahrnehmung des Klimawandels, eine vergleichende Untersuchung zweier Küstengemeinden sowie eine Auswertung der im Herbst 2012 durchgeführten „RADOST-Tour“ in Hinblick auf die Kommunikationseffekte.

Das Buch ist beim oekom-Verlag oder als E-Book über www.ciano.com erhältlich.



Medienarbeit

Fünf Jahre lang informierte RADOST lokale, regionale und nationale Medien gezielt über besondere Projektfortschritte und Veranstaltungen. Dies führte zu einer guten Resonanz und das Projekt RADOST und seine Ergebnisse wurden umfangreich in Print- und Online-Medien sowie in Hörfunk und Fernsehen einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt.

Im letzten Projektjahr bekam RADOST besondere überregionale Aufmerksamkeit durch eine Verlagsbeilage „Spitzenforschung“ der Wochenzeitung „Die Zeit“, die RADOST als ein beispielhaftes Projekt vorgestellten.⁸⁵

Alle Pressemitteilungen, Pressefotos und einen Pressespiegel sind im umfangreichen Pressebereich der RADOST-Website unter www.klimzug-radost.de/presse zu finden.

5.1 > Beese, Karin; Fekkak, Miriam; Katz, Christine; Körner, Claudia; Molitor, Heike (Hg.) 2014: Anpassung an regionale Klimafolgen kommunizieren. Konzepte, Herausforderungen und Perspektiven. [KLIMZUG-Reihe: Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten 2]: oekom Verlag

85) Ausgabe vom 17. Oktober 2013 – online unter: www.tempuscorporate.zeitverlag.de/referenz/spitzenforschung

Die RADOST-Website: <http://klimzug-radost.de>

Auf der RADOST-Website wurden seit Projektbeginn Projekthalte, Veranstaltungen, Publikationen und Informationen für die Presse aktuell in deutscher und englischer Sprache präsentiert.

Seit 2012 stehen zudem Forschungsergebnisse, Informationen zum politischen Rahmen der Klimaanpassung und zu anderen Forschungsprojekten anschaulich aufbereitet zur Verfügung. Eine Linksammlung zu weiteren Veröffentlichungen zum Thema Anpassung und zu bestehenden Netzwerken machen die Website zu einem guten Ausgangspunkt für weitere Recherchen.

Die RADOST-Website steht auch nach Projektende mit dem Status quo von Juni 2014 zur Verfügung.



5.2 > Darstellung von RADOST-Ergebnissen auf der Projektwebsite

Newsletter

Der RADOST-Newsletter berichtete von März 2010 bis Juni 2014 in knapper, allgemeinverständlicher Form über aktuelle Forschungsarbeiten und Netzwerkaktivitäten des Projektes. Er erschien dreimal jährlich in deutscher und englischer Sprache. Alle 17 Ausgaben stehen als pdf-Datei zum Herunterladen auf der RADOST-Website zur Verfügung.

Weiterhin aktuelle Informationen bieten u.a. folgende Newsletter:

- KBKB-Newsletter (Neuigkeiten vom Klimabündnis Kieler Bucht):
http://www.klimabuendnis-kieler-bucht.de/index.php?cat=30_Medien&page=09_Newsletter
- Küsten Newsletter der EUCC-D (Überblick über Küsten- und Meeresforschung sowie Küstenmanagement):
<http://www.eucc-d.de/newsletter.html>
- KomPass-Newsletter (aktuelle Entwicklungen im Zusammenhang mit der Deutschen Anpassungsstrategie):
<http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/kompass/kompass-newsletter>
- CSC-News-Scan (News-Überblick zu Klimawandel und Folgen):
http://www.climate-service-center.de/011607/index_0011607.html.de
- BASE-Newsletter (EU-Anpassungsprojekt)
<http://base-adaptation.eu/contact>



5.3 > Ausgewählte Ausgaben des RADOST-Newsletters

Geografisches Informationssystem

Kontakt:

GICON – Großmann Ingenieur Consult GmbH –
Niederlassung Rostock

Cindy Dengler: C.Dengler@gicon.de

Mit dem internetgestützten Geografischen Informationssystem (GIS) als Bestandteil der Projektwebsite wurde ein Werkzeug für die Abbildung und Auswertung raumbezogener Ergebnisse des Gesamtprojektes RADOST zur Verfügung gestellt.

Das RADOST-GIS ist im Internet über die RADOST-Seite zu erreichen: <http://klimzug-radost.de/fakten/daten/karten>

Neben den topografischen Grundlagendaten sind in dem internetbasierten Geographischen Informationssystem (GIS) bisher Daten aus dem Anwendungsprojekt „Qualitätskomponenten zur Wasserrahmenrichtlinie: Bestandsunterstützung Seegras und Blasentang“ verfügbar.

Um die Datenerweiterung, -pflege und eine weitere Nutzung auch nach Projektende zu gewährleisten, soll das RADOST-GIS in ein bestehendes, kontinuierlich weitergeführtes Web-Portal überführt werden. Noch wird geprüft, unter welchen Bedingungen eine Einbindung der RADOST-Daten in weitere Web-GIS von RADOST-Projekt- und Netzwerkpartnern möglich und zielführend ist.



5.4 > RADOST-GIS zur Darstellung des Projektgebietes sowie von Projektergebnissen

Publikationen

Die Projektergebnisse von RADOST wurden kontinuierlich für verschiedene Zielgruppen in ansprechenden Formaten aufbereitet. Neben der Veröffentlichung wissenschaftlicher Ergebnisse in Fachzeitschriften und Büchern, wurden eigene Formate, wie die RADOST-Berichtsreihe, Factsheets oder Zeitschriften mit speziellem Schwerpunkt auf Anpassung an den Klimawandel konzipiert.

Die Publikationen sind über die RADOST-Website (<http://klimzug-radost.de/publikationen>) zugänglich. Sie sollen nach Projektende zusätzlich über das KLIMZUG-Wissensarchiv auf dem Internetportal www.klimanavigator.de zur Verfügung gestellt werden.

RADOST-Berichtsreihe

Seit der Beginn der Herausgabe der RADOST-Berichtsreihe im Februar 2011 wurden unter der dazugehörigen ISSN-Nummer 2192-3140 regelmäßig Projektergebnisse aus RADOST in einem einheitlichen Design online vorgestellt. Folgende Berichte sind im Rahmen der RADOST-Berichtsreihe erschienen:

RADOST-Verbund (2011): 1. RADOST-Jahresbericht. Ecologic Institut, Berlin (Hrsg.). Bericht Nr. 1.

Dengler, C. (2010): Umweltparameter Erneuerbarer Energien. GICON – Großmann Ingenieur Consult GmbH. Rostock. Bericht Nr. 2.

RADOST-Verbund (2011): 2. RADOST-Jahresbericht. Ecologic Institut, Berlin (Hrsg.). Bericht Nr. 3.

Martinez, G. & Bray, D. (2011): Befragung politischer Entscheidungsträger zur Wahrnehmung des Klimawandels und zur Anpassung an den Klimawandel an der deutschen Ostseeküste. Ecologic Institut, Berlin & Helmholtz-Zentrum Geesthacht. Bericht Nr. 4.

Klucinkaitė, L. & Ahrendt, K. (2011): Modelling different artificial reefs in the coastline of Probstei. Institute for the Conservation of Natural Resources, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel & Büro für Umwelt und Küste. Bericht Nr. 5.

Ahrendt, K. (2012): ZUKUNFTSMANAGEMENT STRAND – Ko-Nutzung von Küstenschutz, Tauchpfaden und Habitatverbesserung durch Baumaßnahmen im Vorstrandbereich. Büro für Umwelt und Küste. Bericht Nr. 6.

Wilken, H. & Meyer, T. (2012): Kartierung mariner Pflanzenbestände im Flachwasser der Lübecker Bucht. MARILIM Gesellschaft für Gewässeruntersuchung mbH. Bericht Nr. 7.

Hirschfeld, J.; Krampe, L. & Winkler, C. (2012): RADOST Akteursanalyse – Teil 1: Konzept und methodische Grundlagen der Befragung und Auswertung. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung. Bericht Nr. 8.

Knoblauch, D.; Kiresiewa, Z.; Stuke, F. & von Raggamby, A. (2012): RADOST Akteursanalyse – Teil 2: Auswertung der Befragung von Akteuren aus Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft. Interessen, Nutzungsansprüche, Ziele und Konflikte relevanter Akteure der deutschen Ostseeküste vor dem Hintergrund des Klimawandels. Ecologic Institut, Berlin. Bericht Nr. 9.

Reid, A. & Stuke, F. (2012): Climate Change Adaptation Strategies in the Baltic Sea Region. Ecologic Institute, Berlin. Bericht Nr. 10.

Dengler, C. (2012): Geothermie im (Klima-) Wandel – Betrachtung der Potenziale und Perspektiven geothermischer Energienutzung an der deutschen Ostsee-Küste unter dem Einfluss des Klimawandels. GICON – Großmann Ingenieur Consult GmbH. Bericht Nr. 11.

Koerth, R. & Sterr, H. (2012): Ostseegemeinden im Klimawandel – Interviews mit Gemeindevertretern im Klimabündnis Kieler Bucht. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Bericht Nr. 12.

Stelljes, N. (2012): Anpassungsmaßnahmen an der deutschen Ostseeküste – Auswertung einer qualitativen Befragung von Akteuren auf unterschiedlichen Verwaltungsebenen. Ecologic Institut, Berlin. Bericht Nr. 13.

RADOST-Verbund (2012): 3. RADOST Jahresbericht. Ecologic Institut, Berlin (Hrsg.). Bericht Nr. 14.

Dengler, C. (2012): Photovoltaik im (Klima-) Wandel – Betrachtung der Potenziale und Perspektiven solarer Stromerzeugung an der deutschen Ostseeküste unter dem Einfluss des Klimawandels. GICON – Großmann Ingenieur Consult GmbH. Bericht Nr. 15.

Ecologic Institut (2013): Ostseeküste 2100 – auf dem Weg zu regionaler Klimaanpassung. Ergebnisse der RADOST-Tour 2012. Bericht Nr. 16.

Hirschnitz-Garbers, M.; Möller-Gulland, J.; Stein, U.; Tröltzsch, J. & von Toggenburg J. (2013): Integration des Klimawandels in die ökonomischen Analysen nach europäischer Wasserrahmenrichtlinie. Literaturrecherche und Analyse der Bewirtschaftungspläne von 18 deutschen und europäischen Flussgebiets-einheiten. Ecologic Institut, Berlin. Bericht Nr. 17.

Frick, F. (2013): Contested Values and Practices in Coastal Adaptation to Climate Change. Bericht Nr. 18.

Stelljes, N. & Martinez, G. (2013): Internationale Beispiele der Klimaanpassung. Ecologic Institut. Bericht Nr. 19.

Wenzel, H. & Treptow, N. (2013): Anpassungsstrategie an den Klimawandel für die zukünftige Entwicklung der öffentlichen Lübecker Häfen – Teil 1: Zukunftsszenarien und Klimarisiken. CPL Competence in Ports and Logistics. Bericht Nr. 20.

RADOST-Verbund (2013): 4. RADOST Jahresbericht. Ecologic Institut, Berlin (Hrsg.). Bericht Nr. 21.

Neumann, T. & Ahrendt, K. (2013): Comparing the “Bathtub Method” with MIKE 21 HD Flow Model for Modelling Storm Surge Indundation. Case Study Kiel Fjord. Geographisches Institut der Universität Kiel. Bericht Nr. 22.

Schröder, A.; Hirschfeld, J. & Fritz, S. (2013): Auswirkungen des Klimawandels auf die deutschen Ostseehäfen. Ergebnisse einer Befragung der Hafenbehörden. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung. Bericht Nr. 23.

Bobsien, I. (2014): Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Blasentang (*Fucus Vesiculosus*) und das Gewöhnliche Seegras (*Zostera Marina*) in der Ostsee. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein. Bericht Nr. 24.

Maczassek, K. (2014): Effects of sequential stressors on survival of young life stages of the bladder wrack *Fucus vesiculosus* L.. Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel GEOMAR. Bericht Nr. 25.

Krost, P. & Mühl, M. (2014): Aquakultur und Klima-Wandel in der Ostsee. Coastal Research & Management CRM. Bericht Nr. 26.

RADOST-Verbund (2014): RADOST-Abschlussbericht. Ecologic Institut, Berlin (Hrsg.). Bericht Nr. 27.

Alle Berichte sind zum Download verfügbar unter www.klimzugradost.de/publikationen/berichtsreihe.

Weiterhin sind folgende Berichte aus dem Projekt RADOST in anderen Schriftreihen und Formaten erschienen:

- Hallermeier, L. (2011): Küsten und Klimawandel in den Augen von Touristen - Eine Wahrnehmungsanalyse an der deutschen Ostsee. EUCC-Die Küsten Union Deutschland e.V. (Hrsg.), Coastline Web 2011-1.
- Ehlert, V.; Steidl, J. (2011): Studie zu Möglichkeiten der Verringerung von Nährstoffausträgen aus Dränanlagen als Grundlage für die Berücksichtigung von Managementmaßnahmen auf Flussgebietsebene im Nährstoffeintrags- und -frachtmodell MONERIS. Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. (Hrsg.), Müncheberg.
- Wilken, Henrike; Meyer, Thomas (2011): Kartierung mariner Pflanzenbestände im Flachwasser der Lübecker Bucht (2010). MariLim - Gesellschaft für Gewässeruntersuchungen mbH, Schönkirchen.
- Schwarzer, Klaus; Feldens, Peter (2011): Seitensichtsonar-Kartierung der Abbrasionsplattform seewärts des Brodtener Ufers (Lübecker Bucht). Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Filies, C. (2012): Klimawandel an der deutschen Ostseeküste: Reaktion und Wahrnehmung touristischer Leistungsträger und Destinationen. EUCC-Die Küsten Union Deutschland e.V. (Hrsg.), Coastline Web 2012-2.
- Maczassek, Kerstin; Wahl, Martin (2012): Die Bedeutung genetischer Diversität am Beispiel des Blasenfangs *Fucus vesiculosus* L. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) (Hrsg.), Flintbek.
- Maczassek, Kerstin (2012): Die Bedeutung der genetischen Diversität am Beispiel des Blasenfangs *Fucus vesiculosus* L., Teil II: Entwicklung verschiedener *Fucus* Genotypen in unterschiedlichen Wassertiefen. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) (Hrsg.), Flintbek.
- Katja Wöckner-Kluwe; Jörn Langheinrich; Thomas Stoye (2013): Anwendungsprojekt 15: Integration von Umweltdaten der Ostsee in die routenspezifische Optimierung von Schiffsentwürfen. Flensburger Schiffbau-Gesellschaft. Flensburg.

Die Berichte sind zum Download verfügbar unter www.klimzug-radost.de/publikationen/radost.

KLIMZUG-Reihe

In einer Reihe von Sammelbänden werden KLIMZUG-übergreifend Ergebnisse aus den Forschungsprojekten veröffentlicht.⁸⁶ An zwei der Sammelbände wirkten RADOST-Mitarbeiter als Herausgeber mit (vgl. Kommunikationsband auf S. 147).

Der KLIMZUG-Sammelband „Social dynamics in adaptation to a changing climate in coastal regions – An interdisciplinary perspective on findings from the KLIMZUG-Projects“ wird von RADOST zusammen mit KLIMZUG-NORD herausgegeben. In dem einzigen englischsprachigen Sammelband der Reihe mit ca. 16 Beiträgen wird neben technisch-administrativen und raumplanerischen Fragestellungen insbesondere auch die Bedeutung von sozioökonomischen Entwicklungspfaden und kulturellen Werten für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen erörtert. Die Veröffentlichung des Bandes ist für Sommer 2014 geplant.

⁸⁶ Vgl. <http://www.klimzug.de/de/1426.php>.

RADOST-Factsheets

RADOST-Factsheets präsentieren RADOST-Ergebnisse allgemeinverständlich auf 2–4 Seiten. Folgend Factsheets sind über die RADOST-Website (<http://klimzug-radost.de/publikationen/factsheets>) verfügbar:

- Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) (2014): Das Große Seegras – *Zostera marina*. Flintbek.
- EUCC-D (2013): Risiko und Potential – Küstentourismus an der Ostsee zwischen Klimawandel, Wachstum und Nachhaltigkeit.
- IGB-Berlin (2012): Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft – Neue Maßnahmen sind gefragt!
- Universität Rostock & TU Hamburg-Harburg (2012): Veränderung des lokalen Seegangs in der Ostsee.
- Ecologic Institut (2012): RADOST Akteursanalyse – Teil 2: Auswertung der Befragung von Akteuren aus Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft.
- Ecologic Institute (2012): Klimaanpassung in Schweden.
- Ecologic Institut (2012): Klimaanpassung in Polen und den baltischen Staaten.
- Ecologic Institut (2012): Klimaanpassung in Finnland.
- Ecologic Institut (2012): Klimaanpassung in Dänemark.
- Ecologic Institut (2011): Kooperationen im Ostseeraum.
- Ecologic Institut (2011): Klimaanpassung in Deutschland.
- Ecologic Institut (2011): Klimaanpassung in der EU.
- Ecologic Institut (2011): Richtlinien und Strategien zur Klimaanpassung von Küsten- und Meeresgebieten in Europa.

Weitere Buchveröffentlichungen

In fünf Jahren RADOST entstanden weitere Bücher und Sammelwerke, von denen hier stellvertretend zwei nochmals genannt werden sollen:

2011 erschien als erster Band der Serie Coastal Research Library im Verlag Springer in Dordrecht das Buch *Global Change and Baltic Coastal Zones*, in dem unter anderen Arbeits- und Forschungsergebnisse aus RADOST eingeflossen sind:

- Schernewski, G.; Hofstede, J. & Neumann, T. (eds.) (2011): *Global Change and Baltic Coastal Zones*. Springer Dordrecht/Heidelberg/ London/New York. Series: Coastal Research Library, Vol. 1. ISBN 978-94-007-0399-5.

Im Mai 2013 erschien das Buch „Climate Change Adaptation in Practice“, das mehrere Beiträge aus dem RADOST-Projekt enthält (Auflistung siehe 4. Jahresbericht):

- Schmidt-Thomé, P. & Klein, J. (2013): *Climate Change Adaptation in Practice: From Strategy Development to Implementation*. Wiley-Blackwell, ISBN 978-0-470-97700-2.

Eine Auflistung aller weiteren Buchbeiträge finden Sie in den RADOST-Jahresberichten 1–4.

Magazin : „Meer und Küste“

Im Juni 2010 erschien eine Ausgabe des von EUCC-D herausgegebenen Magazins „Meer & Küste“ zum Thema Klimawandel im Ostseeraum mit Beiträgen zu aktuellen Themen rund um den Klimawandel mit einer Auflage von 25.000 Stück.

Eine weitere Ausgabe 2012 mit einer Auflage von 50.000 Stück beschrieb den möglichen Einfluss des Klimawandels auf die Küstenregion und potenzielle Anpassungsstrategien.

Neben Artikeln externer Fachautoren wurden jeweils zahlreiche Beiträge von RADOST-Projektpartnern veröffentlicht. Zielgruppe sind vor allem Gäste und Anwohner der Küste.

Die Verteilung erfolgt entlang der gesamten deutschen Ostseeküste. Durch die Kooperation mit den ansässigen Tourist-Informationen und weiteren relevanten öffentlichen Einrichtungen (z. B. Museen), in denen das Heft kostenlos ausgegeben wird, wird eine hohe und geographisch weit gestreute Verbreitung der Informationen gewährleistet. Zunehmend wird das Heft auch in Schulen eingesetzt.

Magazin: „Coastal & Marine“

Das englischsprachige Magazin COASTAL & MARINE informiert regelmäßig über aktuelle Entwicklungen im Küsten- und Meeresmanagement. Herausgeber der Sonderreihe ist der Projektpartner EUCC-D gemeinsam mit seiner internationalen Dachorganisation Coastal & Marine Union. Das erste Heft der RADOST-Ausgabenserie zu Klimaanpassung in dieser Reihe behandelte regionale Fallstudien und Aspekte des Küstenschutzes aus Deutschland, Dänemark, Litauen, Finnland und weiteren Ostseeanrainerstaaten.

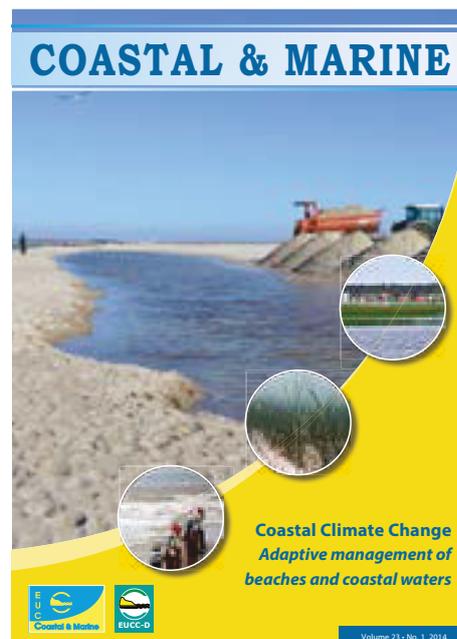
Herausforderungen durch den Klimawandel für Häfen und die Entwicklung Erneuerbarer Energien bildeten den Schwerpunkt der zweiten Ausgabe der „Coastal & Marine“-Sonderreihe zur Klimaanpassung. Beiträge aus RADOST wurden ergänzt durch Beiträge aus weiteren KLIMZUG-Projekten sowie internationalen Projekten im Ostseeraum.

Eine dritte Ausgabe von Anfang 2014 widmet sich dem Anpassungsmanagement von Stränden und Küstengewässern. Eine weitere Ausgaben mit dem Schwerpunkt Biodiversität und Naturschutz soll im Laufe des Jahres 2014 erscheinen.

Umweltreport Mecklenburg-Vorpommern

2014 präsentiert sich RADOST zum dritten Mal in dem jährlich erscheinenden „Umweltreport Mecklenburg-Vorpommern“. Eine Doppelseite informiert über die Themen „Strategien für den zukünftigen Küsten- und Hochwasserschutz“, „Anpassung in der Landwirtschaft“ und „Nutzung von Erdwärme im Klimawandel“.

Der Umweltreport Mecklenburg-Vorpommern informiert seit dem Jahr 2000 über Unternehmen und Projekte aus Mecklenburg-Vorpommern und wird kostenfrei über die Landesregierung, Umweltämter, Informationsstände in Stadt- und Kreisverwaltungen, Kurverwaltungen und in der Landesvertretung in Berlin angeboten.



Alle Hefte sind online verfügbar unter:
<http://www.eucc.net/coastalandmarine/index.htm>.

Liste von weiteren Publikationen im Rahmen von RADOST im 5. Projektjahr (inkl. Publikationen im Druck oder in Begutachtung)

Buchbeiträge

- Dreier, N.; Schlamkow, C.; Fröhle, P. & Salecker, D. (2013): Changes of 21st Century's average and extreme wave conditions at the German Baltic Sea Coast due to global climate change. In: Conley, D.C., Masselink, G., Russell, P.E. and O'Hare, T.J. (eds.), Proceedings 12th International Coastal Symposium (Plymouth, England), Journal of Coastal Research, Special Issue No. 65, pp. 1921–1926.
- Dreier, N.; Schlamkow, C.; Fröhle, P. & Salecker, D. (2013): Climate Change and Corresponding Changes of Wave Conditions at the German Baltic Sea Coast. In: Wang Zhaoyin, Joseph Hun-wei Lee, Gao Jizhang & Cao Shuyou (eds.), Proceedings of 2013 IAHR World Congress (Chengdu, China), Volume 6: Maritime Hydraulics and Coastal Engineering, Tsinghua University Press, Beijing, Sept. 2013.
- Hennemuth, B.; Bender, S.; Bülow, K.; Dreier, N.; Keup-Thiel, E.; Krüger, O.; Mudersbach, C.; Rademacher, C. & Schoetter, R. (2013): Statistische Verfahren zur Auswertung von Klimadaten aus Modell und Beobachtung, eingesetzt in Projekten und Institutionen, die sich mit Klimafolgen und Anpassung befassen, CSC Report 13, Climate Service Center, Germany.
- Hirt, U.; Mahnkopf, J.; Venohr, M.; Kreins, P.; Heidecke, C. & Schernewski, G. (2012): How can German river basins contribute to reach the nutrient emission targets of the Baltic Sea Action Plan? In: G.A. Sorial & J. Hong (eds.): Environmental Science and Technology (II). American Science Press: 421–427.
- Schröder, A. & Hirschfeld, J. (in Begutachtung): Anpassungsbedarf und Strategien in der Hafenwirtschaft an der deutschen Ostseeküste. In: Hammadzadeh et al. (Hrsg.), Anpassung an den Klimawandel von Unternehmen – Theoretische Zugänge und empirische Befunde.
- Zimmermann, K.; Schröder, A. & Hirschfeld, J. (2013): A Regional Dynamic Input-Output Model of Tourism Development in the Light of Climate Change. In: Neuere Anwendungsfelder der Input-Output-Analyse- Tagungsband. Beiträge zum Halleschen Input-Output-Workshop 2012.

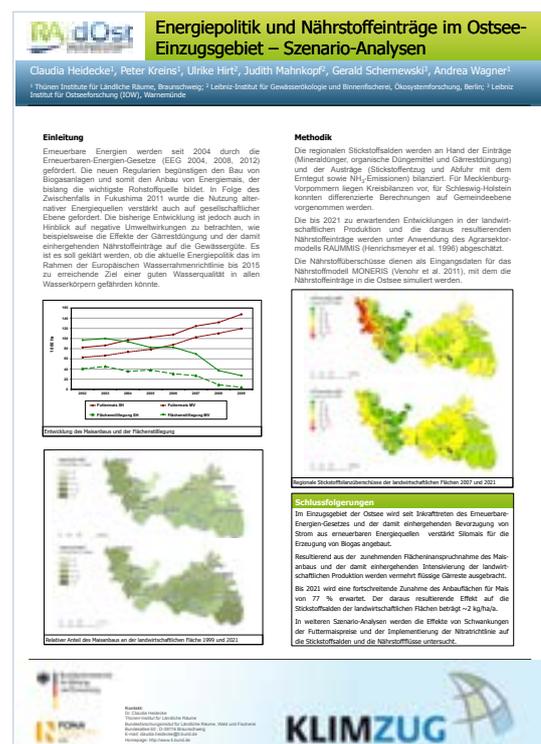
Zeitschriftenbeiträge

- Gräwe, U.; Friedland, R. & Burchard, H. (2013): The future of the western Baltic Sea: two possible scenarios, Ocean Dynamics, Volume 63 (8), 901–921, DOI 10.1007/s10236-013-0634-0.
- Hirt, U.; Mahnkopf, J.; Gadegast, M.; Czudowski, L.; Mischke, U.; Heidecke, C.; Schernewski, G. & Venohr, M. (2013): Reference conditions for rivers of the German Baltic Sea catchment: reconstructing nutrient regimes using the Model MONERIS. Reg Environ Change DOI 10.1007/s10113-013-0559-7.
- McFadden, L. & Schernewski, G. (2013): Critical reflections on a systems approach application in practice: a Baltic lagoon case study. Regional Environmental Change DOI 10.1007/s10113-012-0337-y.
- Newton, A.; Icely, J.; Cristina, S.; Brito, A.; Cardoso, A.C.; Colijn, F.; Dalla Riva, S.; Gertz, F.; Hansen, J.; Holmer, M.; Ivanova, K.; Leppäkoski, E.; Melaku Canu, D.; Mocennim, C.; Mudge, S.; Murray, N.; Pejrup, M.; Razinkovas, A.; Reizopoulou, S.; Pérez-Ruzafa, A.; Schernewski, G.; Schubert, H.; Seeramu, L.; Solidoro, C.; Viaroli, P. & Zaldivar, J.-M. (2013): An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters. Estuarine, Coastal and Shelf Science: 1–28.
- Schernewski G.; Friedland, R.; Carstens, M.; Hirt, U.; Leujak, W.; Nausch, G.;

- Neumann, T.; Petenati, T.; Sagert, S.; Wasmund, N. & von Weber, M. (submitted): Implementation of European marine policy: New water quality targets for German Baltic waters. Marine Policy.
- Schippmann, B.; Schernewski, G. & Gräwe, U. (2013): Escherichia coli pollution in a Baltic Sea lagoon: A model-based source and spatial risk assessment. International Journal of Hygiene and Environmental Health 216,4: 408-420.
- Schippmann, B.; Schernewski, G.; Graewe, U.; Burchard, H. & Walczykiewicz, T. (2013): A model tool for bathing water quality management: A case study on Salmonella occurrence at the southern Baltic coast. Ocean & Coastal Management 82: 71–84, DOI 10.1016/j.ocecoaman.2013.05.006.
- Weisner, E. & Schernewski, G. (2013): Adaptation to climate change: A combined coastal protection and re-alignment scheme in a southern Baltic tourism region. Journal of Coastal Research, SI 65: 1963–1968.

Poster und Conference Proceedings

RADOST-Forschungsinhalte wurden während der gesamten Projektlaufzeit auf zahlreichen Fachpostern bei Veranstaltungen und in Conference Proceedings präsentiert. Im letzten Projektjahr sind insbesondere Posterpräsentationen beim BWK-Bundeskongress im September 2013 in Stralsund und bei der KLIMZUG-Abschlusskonferenz im November 2013 in Berlin zu nennen.



Vorträge und Veranstaltungen

Neben den zahlreichen RADOST-Veranstaltungen und Vernetzungstreffen (vgl. Modul 1) präsentierten die Wissenschaftler des RADOST-Verbundes über die gesamte Projektlaufzeit aktuelle Erkenntnisse und Projektergebnisse zu Klimawandel und -anpassung bei weiteren themenrelevanten Veranstaltungen. In den ersten vier Projektjahren beteiligten sich RADOST-Partner an über 110 Veranstaltungen in Deutschland

und an über fünfzig Veranstaltungen im Ausland. So wurden RADOST-Ergebnisse in 16 europäischen Ländern sowie in China, Indien, Taiwan, Brasilien, Kanada und den USA vorgestellt.

Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl der Veranstaltungen, an denen sich RADOST-Mitarbeiter im letzten Projektjahr beteiligt haben.

Tabelle 11: Beiträge von RADOST-Partnern bei externen Veranstaltungen

Termin / Ort	Veranstaltung	RADOST-Beitrag
19.3.2013 Hamburg	European Climate Change Adaptation Conference (ECCA-Conference)	Ecologic Institut: Vortrag „The influence of local cultural values on the governance of adaptation. A comparison between two coastal communities at the German Baltic Sea“
21.3.2013 Hamburg	Veranstaltung beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrografie (BSH) zur Vorstellung der Auswertungen von Winddaten regionaler Klimamodelle im Rahmen von RADOST und KLIWAS	TUHH/URCE: Vortrag „Stationsbezogene Untersuchungen zu möglichen Veränderungen der Wind- und Seegangsverhältnisse im Bereich der südwestlichen deutschen Ostseeküste auf Grundlage von Klimadaten des regionalen Klimamodells CLM“
8.–11.4.2013 Plymouth, Großbritannien	International Coastal Symposium	IOW: Vortrag „Climate change and coastal realignment: Public participation in a Baltic scheme“ TUHH/URCE: Vortrag „Changes of 21st Century’s average and extreme wave conditions at the German Baltic Sea Coast due to global climate change“
29.–30. 4. 2013 Hamburg	Kickoff-Meeting Küstenmeeresforschung in Nord- und Ostsee (KÜNO)	IOW: Vortrag „Einsatz von Modellen in der Praxis: Beispiele und Herausforderungen“
2. 5. 2013 Hamburg	RAVE Workshop Operationelle Seegangsmessungen: Stand, Anwendungen und Perspektiven 2013, BSH	StALUMM/URCE/TUHH: Vortrag „Monitoring der Umweltbedingungen an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns“
16. 5. 2013 Warnemünde	Symposium WissenschaftsCampus „Rostocker Phosphorforschung“ am IOW	IOW: Vortrag „Phosphorflüsse zwischen Land und Meer: Relevanz und Management“
17.5.2013 Flintbek	Hydrologisches Gespräch beim LLUR	TUHH/URCE/StALUMM: Vortrag „Hydrologische Untersuchungen an der Ostseeküste im Rahmen des Projektes RADOST“
2.6.2013 Travemünde	Lübecker Aktionstage „Artenvielfalt erleben“	LLUR: Unterstützung der Aktion „SailingLab Artenvielfalt“
10.–14.6.2013 Borgholm, Schweden	7th Study Conference on BALTEX	TUHH/URCE: Posterpräsentation „The Influence of Regional Climate Change on the Local Wave Climate and the Longshore Sediment Transport at the German Baltic Sea Coast“
17.6.2013 Lüneburg	Ringvorlesung „Mensch braucht Meer – Nachhaltige Nutzung oder Raubbau“; Leuphana Universität Lüneburg	HZG: Vortrag „Konsequenzen des Klimawandels für die Ostsee und ihre Küsten“
20.6.2013 Kiel	Vorstandssitzung Tourismusverband Schleswig-Holstein	HZG: Vortrag „Klimawandel in Schleswig-Holstein – bisherige Entwicklungen und mögliche Änderungen in naher und fernerer Zukunft“
28.6.2013 Kiel	Kieler Woche: Open Ship der Haithabu	Klima-Info-Stand: Präsentation von RADOST (Poster, Broschüren, Info-Material zum Klimawandel und zur Klimaanpassung)

Termin / Ort	Veranstaltung	Vorträge von Verbundpartnern
3.–7.7.2013 Koblenz	6th International Conference on Water Resources and Environment Research „Water and Environmental Dynamics“	IOW: Vorträge „Consequences of Climate Change on Bathing Water Quality in the Baltic“ und „Integrated modelling and management of river basin – coastal sea systems: A southern Baltic Sea case study“
7.–11.7.2013 Flensburg / Kappeln / Schleswig / Eckernförde	„Forschung vor Anker 2013“ Open ship der Ludwig Prandtl	Ausstellung von RADOST-Postern, RADOST-Broschüren und Präsentation des LLUR-ROV und des Norddeutschen Klimabüros
10.–14.8.2013 Borgholm, Schweden	7th Study Conference on BALTEX	IOW: Vortrag „Simulations of eutrophication scenarios with an improved version of ERGOM“
26.–30.8.2013 Klaipeda, Litauen	Baltic Sea Science Conference	IOW/IGB/TI: Vorträge „EU policy implementation in Germany: Baltic Sea water quality“, „Water quality management in coastal lagoons: Future challenges“ und „New Simulations of eutrophication scenarios using an improved version of ERGOM“
2.9.2013 Bad Malente	Bildungsurlaubsseminar „Alles im Fluss – Ökonomie, Ökologie und Kultur einer Region mit dem Kanu erfahren“ der Gustav Heine-mann Bildungsstätte	HZG: Vortrag „Klimawandel in Norddeutschland und Auswirkungen auf den Tourismus“
3.–4.9.2013 Riga, Lettland	Baltadapt-Abschlusskonferenz	HZG/CAU: Vorträge „Klimawandel in Schleswig-Holstein“ und „Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in der Kieler Bucht“
5.–7.9.2013 Nanjing, China	4th Research Sim.COAST Seminar, Hohai University	TUHH/URCE: Vortrag „Assessment of the effectiveness of coastal and flood protection structures at the German Baltic Sea coast under climate change“
18.9.2013 Flintbek	Seminar „Klimawandel im Tourismus“ am LLUR	HZG: Vortrag „Klimawandel in Schleswig-Holstein – Entwicklungen und mögliche Änderungen“
7.–8.10.2013 Warnemünde	Workshop „Ecosystem Services“	IOW/EUCC-D: Vortrag „Regulating Ecosystem Services: Developments and Applications in the Baltic“
8.10.2013 Lissabon, Portugal	BASE-Konferenz „Too Much, Too Little – The Role of Water in Adaptation to Climate Change“	Ecologic Institut: Vortrag „Storm Surges and Coastal Erosion and Their Social-cultural Dimension. A Perspective from Coastal Regions in Germany“
25.10.2013 Tianjin, China	Austausch zum Thema Klimawandelfolgen beim Tianjin Research Institute of Water Transport Engineering of Ministry of Transport, China	TUHH/URCE/StALUMM: Vortrag „Selected Aspects of Climate Change Research in the field of River and Coastal Engineering in Germany“
1.11.2103 Nanjing, China	Vorstellung aktueller Forschungsarbeiten an der Hohai University, Nanjing	TUHH/URCE: Vortrag „Effects of Climate Change on the Wave Conditions at the German Baltic Sea Coast“
3.12.2013 Greifswald	Vortrag im Rahmen der Vortragsreihe „Technik. Umwelt. Klima“ der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald und dem Alfried Krupp Wissenschaftskolleg Greifswald	HZG: Rezent und erwarteter Klimawandel im Ostseebereich – was wissen wir, was wissen wir nicht? Vorstellung der Prozesse und Ergebnisse des Ostseeforschungsprogramm BALTEX
11.–12.12.2013 Hamburg	13. Forum Katastrophenvorsorge, Haus der Patriotischen Gesellschaft Hamburg	URCE/TUHH/StALUMM: Vortrag „Küsten- und Hochwasserschutz unter veränderten klimatischen Bedingungen“
16.–19.12.2013 Lecce, Italien	VI EUROLAG Conference	IOW/IGB/EUCC-D: Vorträge „Integrated modelling and management of river basin-lagoon-sea systems“ und „Internal measures to manage eutrophication in lagoons: Mussel farming“
18.5.2014 Bremen	Europäischer Tag der Meere - Bürgerfest	Ecologic Institut/EUCC-D: Informationsstand zum Projekt RADOST, zum Klimawandel und zur Klimaanpassung
5.6.2014 Lübeck	Klimaanpassung Küstenregion – 3. Regionalkonferenz des Bundes und der norddeutschen Küstenländer	Ecologic Institut/EUCC-D: Informationsstand zum Projekt RADOST, zum Klimawandel und zur Klimaanpassung

Danksagung

Ohne das Zusammenwirken und die Unterstützung einer Vielzahl von Beteiligten wäre ein Vorhaben wie das RADOST-Projekt nicht möglich. Ohne eine auch nur annähernd vollständige Aufzählung der Beteiligten und ihrer Beiträge versuchen zu wollen, möchten die RADOST-Projektpartner an dieser Stelle dennoch auf eine Reihe von Unterstützungsleistungen hinweisen, die stellvertretend für viele weitere zu verstehen sind.

Wir danken:

- dem Projektträger im DLR, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung und damit letztlich der Gesamtheit der Steuerzahler für die Förderung des RADOST-Projektes aus Bundesmitteln,
- den Mitgliedern des Projektbeirats für die wohlwollende Begleitung,
- allen Netzwerkpartnern, die sich an RADOST-Anwendungsprojekten oder anderen Forschungsarbeiten im Projekt beteiligt haben,
- allen Personen und Institutionen, die sich an RADOST-Veranstaltungen beteiligt haben, für RADOST-Veranstaltungen Räume und andere Sachleistungen zur Verfügung gestellt haben oder die Beteiligung von RADOST an ihren Veranstaltungen ermöglicht haben,
- allen, die dem RADOST-Projekt Informationen und Beratung zur Verfügung gestellt haben und die sich an Befragungen beteiligt haben, die im Rahmen von RADOST durchgeführt wurden,
- allen, die dazu beigetragen haben, RADOST-Informationen zu verbreiten,
- allen (Hobby-)Fotografen, deren großartige Bilder der Ostseeküste und der Lebenswelt der Ostsee wir in unseren Publikationen kostenlos verwenden durften,
- dem Norddeutschen Verbund für Hoch- und Höchstleistungsrechnen (HLRN) für die zur Verfügung gestellte Rechenzeit auf den Supercomputern des HLRN im Wert von mehreren Hunderttausend Euro.

Fotos

Titel, oben rechts: © autofocus67/Fotolia.com; Titel, Mitte links: © Jearu/Fotolia.com; Titel, Mitte rechts: © Thomas Berg/Fotolia.com; Titel, unten links: © motorradcbr/Fotolia.com; S. 2, 48, 53, 81, 87, 117: © Annegret Holjewilken; S. 9, 43: © Ecologic Institut; S. 10 links: © Daniel Blobel; S. 10 rechts: © ALDEBARAN Marine Research Broadcast; S. 12, 38, 42, 80, 98, 112: © Birgit Hünicke; S. 17 von oben nach unten: © C. Kaehler, URCE; © N. Dreier, TUHH; © StALU MM, Dezernat Küste; © N. Dreier, TUHH; S. 18 beide: © StaLU MM; S. 21: © N. Dreier, TUHH; S. 23: © LKN-SH; S. 24: © Rico K./Fotolia.com; S. 29 links: © Christian Albrecht, Universität Kiel; S. 29 rechts: © Safe Harbor; S. 31 beide, 36: © Gerd Niedzwiedz; S. 32: © AW-Energy Oy (Own work) [CC-BY-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)], via Wikimedia Commons; S. 34: © Harald Hoyer from Schwerin, Germany [CC-BY-SA-2.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>)], via Wikimedia Commons; S. 35, 41: © Franziska Stoll; S. 39, 42, 44: © EUCC-D; S. 45: © Aspa from Athens, Greece (Blue Flag Beach 2009 Uploaded by Smooth_O) [CC-BY-2.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>)], via Wikimedia Commons; S. 47: © Sandra Enderwitz; S. 57 alle: © T. Kalettka; S. 58: © Hartwig; S. 61: © Maczassek; S. 62, S. 63 rechts: ©

Bock; S. 63 links: © Bobsien; S. 65 oben: © Dauber TI-BD, S. 65 unten: © Wagner TI-LF; S. 68: © osbourne28/Fotolia.com; S. 69: © Matthias Jahr; S. 71 links, 72 beide, 93, 102: © Karin Beese; S. 71, 75, 132: © Nico Stelljes; S. 73: © Lübecker Hafen-Gesellschaft mbH, Karl-Erhard Vögele; S. 74: © Lübecker Hafen-Gesellschaft mbH, Rolf Klein; S. 79: © Ricardo Alvarez from Stockholm, Sweden [CC-BY-2.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>)], via Wikimedia Commons; S. 82: © Andreas Trepte (Own work) [CC-BY-2.5 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>)], via Wikimedia Commons; S. 73, rechts, 120, 122 beide, 125 beide: © IfAÖ; S. 84: © Rieke Scholz; S. 86: © Kanstinger; S. 88: © Otmar Smit/Fotolia.com; S. 92: © Martina Nolte (Own work) [CC-BY-SA-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/legalcode/>)], via Wikimedia Commons; S. 95 beide: © H.S.W; S. 110: © N. Dreier, TUHH; S. 121 beide: © U. Kunz; S. 124: © Mdf (Own work) [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], via Wikimedia Commons; S. 126 © D. Hazerli (Own work) [CC0 (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.en>)], via Wikimedia Commons; S. 130 © Gordito1869 (Own work) [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], via Wikimedia Commons; S. 136 beide: © Wagner TI-LR; S. 144: © Bland

Übersicht der RADOST-Arbeitspakete

Modul 1: **Netzwerkbildung und Dialog zur Entwicklung von Anpassungsstrategien**

Netzwerkaufbau und Veranstaltungsorganisation

- Arbeitspaket 1.1.1: Koordination und wissenschaftliche Begleitung des Netzwerk- und Dialogprozesses
- Arbeitspaket 1.1.2: Workshopreihen
- Arbeitspaket 1.1.3: Konferenzen

Fokusthema 1: Küstenschutz

- Arbeitspaket 1.2.1: Strategien und Optionen der Küstenschutzplanung für die deutsche Ostseeküste
- Arbeitspaket 1.2.2: Monitoring der Umweltbedingungen im Küstenvorfeld
- Arbeitspaket 1.2.3: Bearbeitung von Fallstudien in den Fokusgebieten
- Anwendungsprojekt 1: Vorarbeiten für eine Fachplanung zum Schutz sandiger Küsten
- Anwendungsprojekt 2: Beratung der Hansestadt Rostock: Hochwasserschutz im sich ändernden Klima
- Anwendungsprojekt 3: Innovative Technologien für den Küstenschutz: Einsatz von Geokunststoffen
- Anwendungsprojekt 4: Unterhaltung von Schifffahrtswegen und Küstenschutz: Nutzung von Synergien
- Anwendungsprojekt 5: Innovative Verfahren zur Klimaanpassung im Küstenschutz – Fokusgebiet Kieler Förde

Fokusthema 2: Tourismus und Strandmanagement

- Arbeitspaket 1.3.1: Klimafolgenanalyse
- Arbeitspaket 1.3.2: Untersuchung der Wahrnehmung von Küstengewässern
- Arbeitspaket 1.3.3: Strandmanagement und räumliche Dynamik
- Arbeitspaket 1.3.4: Anpassungsstrategien
- Anwendungsprojekt 6: Infopavillon Schönberger Strand
- Anwendungsprojekt 7: Tourismus im Klimawandel – Regionale Anpassungsstrategien
- Anwendungsprojekt 8: Standortplanung im Klimawandel
- Anwendungsprojekt 9: Klimabündnis Kieler Bucht

Fokusthema 3: Gewässermanagement und Landwirtschaft

- Arbeitspaket 1.4.1: Interaktionsmodell Klima-/regionaler Wandel und Gewässerqualität
- Arbeitspaket 1.4.2: Konsequenzen des Klimawandels und Anpassungsmaßnahmen für Küstengewässer
- Arbeitspaket 1.4.3: Referenzwerte und guter Zustand der Gewässer in Gegenwart und Zukunft
- Arbeitspaket 1.4.4: Anpassungsempfehlungen bezüglich Nährstoffmanagement im Einzugsgebiet
- Arbeitspaket 1.4.5: Implikationen des Klimawandels für die ökonomischen Analysen unter der Wasserrahmenrichtlinie
- Anwendungsprojekt 10: Entwicklung angepasster Pflanzensorten
- Anwendungsprojekt 11: Qualitätskomponenten zur Wasserrahmenrichtlinie: Bestandsunterstützung Seegras und Blasentang
- Anwendungsprojekt 12: Zukunftsstrategien für die Aquakultur – Fokusgebiet Kieler Förde
- Anwendungsprojekt 13: Steuerung von Nährstoffeinträgen durch Retentionsbecken

Fokusthema 4: Häfen und maritime Wirtschaft

- Arbeitspaket 1.5: Koordination der Erarbeitung von Anpassungskonzepten für Häfen und Infrastruktur
- Anwendungsprojekt 14: Anpassungsstrategie Seehafen Lübeck
- Anwendungsprojekt 15: Integration von Umweltdaten der Ostsee in die routenspezifische Optimierung von Schifffahrtswegen

Fokusthema 5: Naturschutz und Nutzungen

- Arbeitspaket 1.6.1: Runde Tische/lokales Netzwerk: Adlergrund/Lubmin
- Arbeitspaket 1.6.2: Ökologische Untersuchungen
- Arbeitspaket 1.6.3: Naturschutzfachliche Aspekte und Nutzungen
- Arbeitspaket 1.6.4: Interpretation, Folgenabschätzungen

Fokusthema 6: Erneuerbare Energien

- Arbeitspaket 1.7.1: Ermittlung relevanter Umweltparameter in Abhängigkeit der Erneuerbaren Energien und durch den Klimawandel hervorgerufene Entwicklungen

Übersicht Arbeitspakete

Arbeitspaket 1.7.2: Matrixerstellung Parameter / Erneuerbare Energieform
Arbeitspaket 1.7.3: Analyse und Prognose der Entwicklung von Geothermie, Photovoltaik, Windenergie und Biogas
Arbeitspaket 1.7.4: Ableitung von Empfehlungen
Anwendungsprojekt 16: Küstenschutz und Geothermie

Modul 2: Natur- und ingenieurwissenschaftliche Forschung

Teilmodul 2.1: Klimadatenbedarf und Analyse (Klimadatenmanagement)

Teilmodul 2.2: Wasserstände, Seegang, Strömungen und Sedimenttransporte

Arbeitspaket 2.2.1: Großräumige Seegangsveränderungen

Arbeitspaket 2.2.2: Großräumige Strömungsveränderungen

Arbeitspaket 2.2.3: Strömung und Seegang in kleinräumigen Küstenbereichen

Arbeitspaket 2.2.4: Sedimenttransport und Morphologie

Teilmodul 2.3: Fluss-Küste-Meer: Gewässerqualität und Klimawandel

Arbeitspaket 2.3.1: Gewässerqualität in Flüssen

Arbeitspaket 2.3.2: Gewässerqualität in äußeren Küstengewässern und Ostsee

Arbeitspaket 2.3.3: Gewässerqualität in inneren Küstengewässern

Arbeitspaket 2.3.4: Stofffluss-Interaktionen zwischen Fluss-Küste-Meer

Teilmodul 2.4: Ökologie und biologische Vielfalt

Arbeitspaket 2.4.1: Mögliche klimabedingte Änderungen von Makrophyten und Makrozoobenthos

Arbeitspaket 2.4.2: Mögliche klimabedingte Wirkungen auf Seevögel

Arbeitspaket 2.4.3: Klimainduzierte ökosystemare Interaktionen

Modul 3: Sozio-ökonomische Analyse

Arbeitspaket 3.1: Regionalwirtschaftliche Analyse

Arbeitspaket 3.2: Akteursanalyse

Arbeitspaket 3.3: Sektorale und gesamtwirtschaftliche Basisszenarien

Arbeitspaket 3.4: Agrarsektormodellierung

Arbeitspaket 3.5: Input-Output-Modellierung

Arbeitspaket 3.6: Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse

Modul 4: Nationaler und europäischer Politikrahmen / nationaler und internationaler Austausch

Arbeitspaket 4.1: Nationaler und europäischer Politik hintergrund

Arbeitspaket 4.2: Bestandsaufnahme und Auswertung regionaler Anpassungsprojekte und -maßnahmen in Deutschland und Europa

Arbeitspaket 4.3: Austausch auf nationaler und internationaler Ebene

Modul 5: Kommunikation und Verbreitung der Ergebnisse

Arbeitspaket 5.1: Website und Newsletter

Arbeitspaket 5.2: Publikationen

Arbeitspaket 5.3: Vorträge

Arbeitspaket 5.4: Medienarbeit

Arbeitspaket 5.5: Geografisches Informationssystem

RADOST Fokusthemen und Fokusgebiete

Forschung, Dialog und Anwendungen konzentrieren sich geographisch auf sechs Fokusgebiete:

Kieler Bucht, Lübecker Bucht, Rostock, Fischland, Adlergrund/Lubmin, Oderästuar



Impressum

Redaktion

Karin Beese, Daniel Blobel (Ecologic Institut)

Beiträge

Büro für Umwelt und Küste, Kiel
Coastal Research & Management, Kiel
Ecologic Institut, Berlin
EUCC – Die Küsten Union Deutschland, Warnemünde
Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
GICON – Großmann Ingenieur Consult GmbH – Niederlassung Rostock
Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung
H.S.W. Ingenieurbüro Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH, Rostock
Institut für Angewandte Ökosystemforschung, Neu Brodersdorf
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig
Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein
Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin
Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde
Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg
Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Wasserbau
Universität Rostock, Fachgebiet Küstenwasserbau

Kontakt

Ecologic Institut gemeinnützige GmbH
Pfalzburger Straße 43-44
10717 Berlin
www.ecologic.eu

Web

www.klimzug-radost.de
Stand: Juni 2014

ISSN: 2192-3140

ClimatePartner
**klimaneutral
gedruckt**





GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

