Küstenmeere im Wandel

Forschungsbedarf der deutschen Küsten- und Randmeerforschung

KDM

Konsortium Deutsche Meeresforschung

Küstenmeere im Wandel

In einer sich permanent wandelnden Welt unterliegen die Küstenmeere, in denen sowohl atmosphärische und marine als auch terrestrische Einflüsse wirksam werden, einer besonders starken Veränderlichkeit. Küstenmeere verbinden nicht nur Land und Ozeane sondern sind als vielschichtige Übergangszonen globale Bestandteile des Erdsystems mit diversen Lebensräumen und reichhaltigen Ressourcen. Aus diesem Grund wählen die Menschen seit Jahrtausenden Küstenräume trotz ihrer Risiken als bevorzugtes Siedlungsgebiet und nutzen von hier aus die großen Chancen, die Meere den Menschen bieten.

Es gilt als gesichert, dass das Ausmaß dieser Nutzung beträchtlich zunehmen und sich so der Druck auf die marine Umwelt auch auf Grund neu hinzukommender Nutzungsformen weiter erhöhen wird. Gleichzeitig scheint der anthropogen beeinflusste Klimawandel sich stärker, mit vielfältigen Folgen und großen Risiken in Küstenräumen und Flachmeeren zu manifestieren.

Die Küstenmeerforschung strebt daher zunehmend neben dem reinen Erkenntnisgewinn an, Daten und Informationen zu generieren, die ein wissenschaftlich fundiertes Verständnis des Wandels in den Küstenmeeren schaffen und realistische Abschätzungen von Entwicklungsmöglichkeiten und Gefährdungspotenzialen menschlicher Aktivitäten ermöglichen.

Das KDM möchte auf die wesentlichen Wissenslücken hinweisen, die es zu schließen gilt. Werden Veränderungen und ihre Folgen erkannt, kann ihnen mit adäquaten Strategien begegnet werden.

Inhalt

4 **Die Herausforderungen**

Klimawandel

Verdichtung der Nutzung

Gesellschaftlicher Wandel

10 **Die Entwicklungstendenzen**

Veränderungen in Hydro-und Sedimentdynamik

Wechselwirkung der Küstenmeere mit dem Ozean

Langfristige Küstenentwicklung

Georisiken

Eingriffe in die Sedimentdynamik

Stoffkreisläufe und ihre Änderungen

Eutrophierung und biogeochemische Kreisläufe

Neue Stoffe

Sanierung von Küstengewässern

Biologischer Wandel

Artenwechsel in den Lebensgemeinschaften

Veränderungen im Nahrungsnetz

Biologische Ressourcen

18 **Analyse, Überwachung und Vorhersage**

Effiziente und kostengünstige Beobachtungssysteme

Regionale Systemmodelle

Verschränkung von Beobachtungen und Modellen

Abkürzungen

Beteiligte Einrichtungen

Impressum

Herausforderungen

Küstenräume verhalten sich außerordentlich variabel, da sie stark schwankenden, oft extremen Einflüssen von Meer, Atmosphäre und Land ausgesetzt sind. Vor diesem Hintergrund der großen Veränderlichkeit auf unterschiedlichen Raum- wie Zeitskalen stellt sich für die Küstenforschung die Aufgabe, Auswirkungen langsam wirkender Trends externer Einflussfaktoren und Steuervariablen frühzeitig zu erkennen und die Notwendigkeit, Machbarkeit und Effizienz eventueller Gegenmaßnahmen zu beurteilen.

Zur Diskussion stehen dabei einerseits regionale Auswirkungen eines möglichen globalen Klimawandels sowie andererseits Änderungen des im Küstenraum besonders ausgeprägten menschlichen Nutzungsdrucks. Eine korrekte Unterscheidung dieser beiden Einflussfaktoren ist wegen ihrer unterschiedlichen Steuerbarkeit für Planungen von Maßnahmen im Küstenraum von ausschlaggebender Bedeutung und zieht sich daher als roter Faden durch alle in dieser Schrift angesprochenen spezielleren Inhalte der Küstenforschung.

Klimawandel

Schon heute wird ein von Menschen hervorgerufener Klimawandel in einigen Aspekten sichtbar. Der anthropogene Trend ist allerdings überlagert von natürlichen, niederfrequenten Klimaschwankungen, welche seine sichere Analyse erschweren. Mit großem methodischem Aufwand wird deshalb gegenwärtig die Entwicklung der letzten Jahrzehnte anhand langer Beobachtungsreihen und modellgestützter Analysen von Klimavariablen und Größen, die von solchen abhängen, analysiert. Es wird gefragt, inwieweit in der jüngeren Vergangenheit a) systematische Veränderungen auftraten („Feststellung“ oder „Detektion“), die b) mit dem anthropogenen Klimawandel in Verbindung stehen („kausale Zuweisung“ oder „Attribution“). In Bezug auf geophysikalische Daten, wie etwa Wetter, Seegang, Wasserstand oder Zuflüsse aus den Binnengewässern gibt es im europäischen Raum detaillierte und weitgehend homogene Zeitreihen für die vergangenen 50 oder teilweise auch mehr Jahre. Bedeutend schlechter ist die Datenlage z. B. im Hinblick auf Küstenökosysteme oder Morphodynamik. Für viele gleichwohl signifikante Veränderungen bleibt hier der Zusammenhang mit einem Klimawandel unklar, etwa weil anthropogene Einflussfaktoren (z.B. Eutrophierung, Fischerei, wasserbauliche Eingriffe, usw.) starke Veränderungen zeigten.

In den nächsten Jahrzehnten wird sich der anthropogene Klimawandel mit Auswirkungen auf wirtschaftliche Nutzungen des Küstenraums, auf Küstenschutz und auf die Ökosysteme vermutlich deutlicher entfalten. Der erwartete Klimawandel, seine Ausprägung und seine Geschwindigkeit werden in „Szenarien“ beschrieben.

Regionaler Klimawandel

Die präzise Diagnose des Klimawandels auf regionaler Ebene ist vor dem Hintergrund natürlicher Variabilität und lokaler Besonderheiten außerordentlich schwierig. Für die Ostsee-Region liegt eine erste Zusammenstellung aktueller wissenschaftlicher Analysen vor: Der beobachtete regionale Temperaturanstieg von 0,7°C im letzten Jahrhundert übersteigt den globalen Mittelwert von 0,5°C und geht mit konsistenten Veränderungen etwa der Eisdicke auf Flüssen und Seen (Verringerung) oder der winterlicher Abflüsse (Anstieg) einher. Diese klar erkennbaren und signifikanten Trends können wegen ihrer Konsistenz mit Vorhersagen der Klimamodelle plausibel mit einem Klimawandel in Verbindung gebracht werden.

In den meisten Fällen bleibt aber auch eine Veränderung im Rahmen natürlicher Variabilität eine plausible Erklärung. Unsicherheiten bei der Interpretation von Trends sind für biologische Variablen besonders ausgeprägt, weil hier neben der natürlichen Variabilität nichtklimatische Einflussfaktoren wie Eutrophierung, Fischerei oder Verschmutzung großen Einfluss haben. Eine gesicherte Entscheidung zwischen möglichen Erklärungsvarianten ist jedoch Voraussetzung dafür, dass die Wirksamkeiten verschiedener Handlungsoptionen gegeneinander abgewogen werden können. Es bleibt als große Herausforderung bestehen, den Zusammenhang zwischen beobachteten Veränderungen und Klimawandel oder Nutzungsdruck auf regionaler Ebene besser zu belegen.

Szenarien

Die weltwirtschaftliche Entwicklung und die daraus erwachsenen Klimabelastungen sind nur bedingt vorhersagbar. Aus diesem Grunde wird ein zu erwartender Klimawandel in der Form von „Szenarien“ beschrieben. Szenarien sind keine Prognosen, sondern konsistente Darstellungen plausibler Zukünfte. Deren Eintritt ist nicht notwendigerweise wahrscheinlich, jedoch zumindest möglich.

Konsistente Szenarien des Klimawandels werden in mehreren Schritten erarbeitet. Ausgangspunkt sind Szenarien der weltwirtschaftlichen Entwicklung. Mit diesen verbundene Emissionen von Treibhausgasen und industriellen Aerosolen werden sodann in globale Klimamodelle eingespeist. Die resultierenden globalen Klimaänderungen, dargestellt auf einem relativ groben Raster (Maschenweite heute etwa 200 km), werden anschließend für Küstengebiete mit regionalen Modellen höherer räumlicher Auflösung (derzeitige Maschenweite etwa 20-50 km) nachprozessiert, um relevante regionale Details herauszuarbeiten. Für spezielle Anwendungen werden die Klimaszenarien schließlich noch mithilfe dynamischer Modelle auf die Impaktebene heruntergebrochen, etwa im Hinblick auf Seegang oder Sturmfluten.

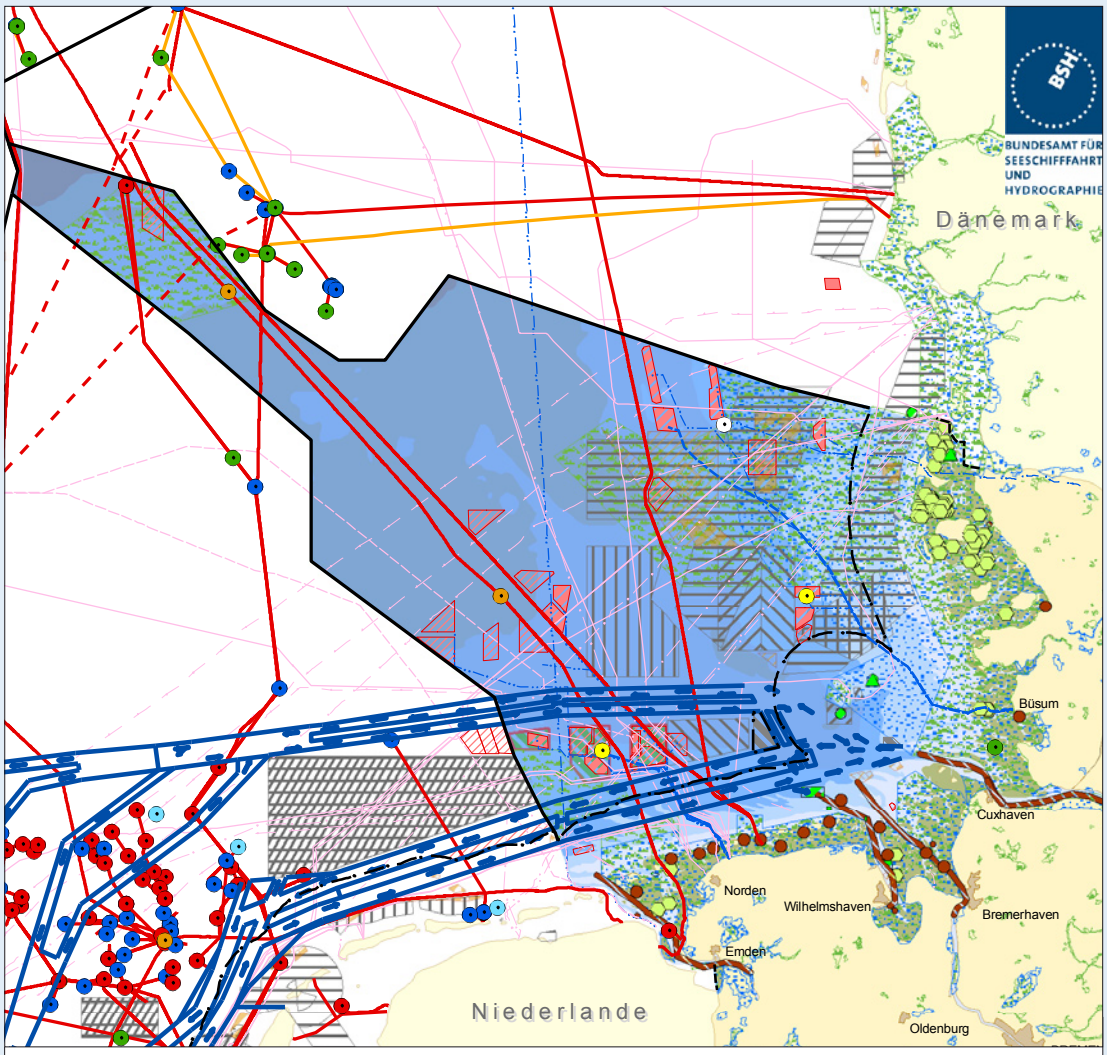
Maßnahmen der Anpassung an sich verändernde regionale Bedingungen werden allenthalben erforderlich sein, wobei zwischen klimatischen und nichtklimatischen Einflüssen auf die Küstensysteme zu unterscheiden ist. Wegen der Langfristigkeit von Investitionen und Planungen, insbesondere im Bereich des Küstenschutzes, ist es Aufgabe der Küstenforschung das erforderliche Wissen hierfür sowie für eine mögliche Abwehr unwillkommener Entwicklungen rechtzeitig bereit zu stellen.

Auch im Zusammenhang mit Hafenwirtschaft und Offshore-Industrie werden Investitionen im Hinblick auf Nutzungen über mehrere Jahrzehnte getätigt, so dass Planungen schon heute die Möglichkeiten erhöhter Wasserstände und verstärkter Sturmtätigkeit berücksichtigen sollten. Wegen bestehender Unsicherheiten ist dabei generell flexiblen Strategien der Vorzug zu geben.

Verdichtung der Nutzung

Neben dem Klimawandel und (an den deutschen Küsten in untergeordnetem Maße) endogenen Prozessen wie Krustenbewegungen ist der Druck auf die Küstenökosysteme, der durch die menschliche Nutzung entsteht, die zweite Komponente, die für Veränderungen der Küstenmeere verantwortlich ist. Allein die Schifffahrt, eine der maritimen Urformen menschlichen Handelns, hat in den letzten Jahrzehnten eine Dynamik entwickelt, die die unterschiedlichsten Auswirkungen mit sich bringt: Durch den immer größeren Tiefgang der Schiffe werden vermehrt Ausbaggerungen der Seestraßen und Häfen erforderlich. Durch schnellere Schiffstypen steigern sich die Überlebenschancen von Organismen im Ballastwasser und vergrößert sich der Druck auf die heimischen Ökosysteme durch einwandernde Arten. Durch die zunehmende Verkehrsdichte auf den Seefahrtsstraßen erhöht sich das Risiko von Schiffsunfällen mit umweltschädigenden Folgen. Zusätzlich gewinnen andere Formen der Nutzung der Meere, wie zum Beispiel die Energie- und Rohstoffgewinnung, an Bedeutung. Weiterhin erlauben die enormen technischen Fortschritte im Deich, Brücken- und Pipelinebau in zunehmendem Maße die trennenden Aspekte der Meere zu überwinden und den Schutz vor Überschwemmungen zu optimieren.

Neben den Eingriffen, die sich als „bauliche Maßnahmen“ beschreiben lassen, sind es nach wie vor die Einleitungen von Schad- und Nährstoffen, die die Küstenmeere verändern. Legislativen Maßnahmen zur Kontrolle und Reduzierung dieser Einleitungen



Grenzen
- Festlandsockel/AWZ
- 12-Seemeilenzone/Küstenmeer
- Internationale Grenze

Schifffahrt
- Verkehrstrennungsgebiet
- Tiefwasserweg
- Vorsichtsgebiet
- Küstenverkehrszone
- Schifffahrtsweg (empfohlen)
- Schifffahrtsweg (nicht klassifiziert)
- Sperrgebiet
- Reede

Plattformen
- Erdöl-Förderplattform (in Betrieb)
- Erdöl-Förderplattform (rückgebaut)
- Erdgas-Förderplattform (in Betrieb)
- Erdgas-Verdichterplattform (in Betrieb)
- Messplattform (in Betrieb)
- Messplattform (geplant)
- Nicht klassifiziert (in Betrieb)
- Nicht klassifiziert (genehmigt)
- Nicht klassifiziert (außer Betrieb)

Rohrleitungen
- Erdgas (in Betrieb)
- Erdgas (geplant)
- Kohlenwasserstoffe (in Betrieb)

Datenkabel
- in Betrieb
- geplant
- außer Betrieb
- Betrieb unklar

Energiekabel
- in Betrieb
- genehmigt
- geplant

Offshore Windparks
- in Betrieb
- genehmigt
- geplant

Sedimentgewinnung
- Abbau
- Planfeststellung
- Bewilligung

Einbringungsgebiete
- Baggergut
- ehemalige Munitionsversenkung
- Baggergut
- Baggergut (aufgegeben)
- ehemalige Munitionsversenkung

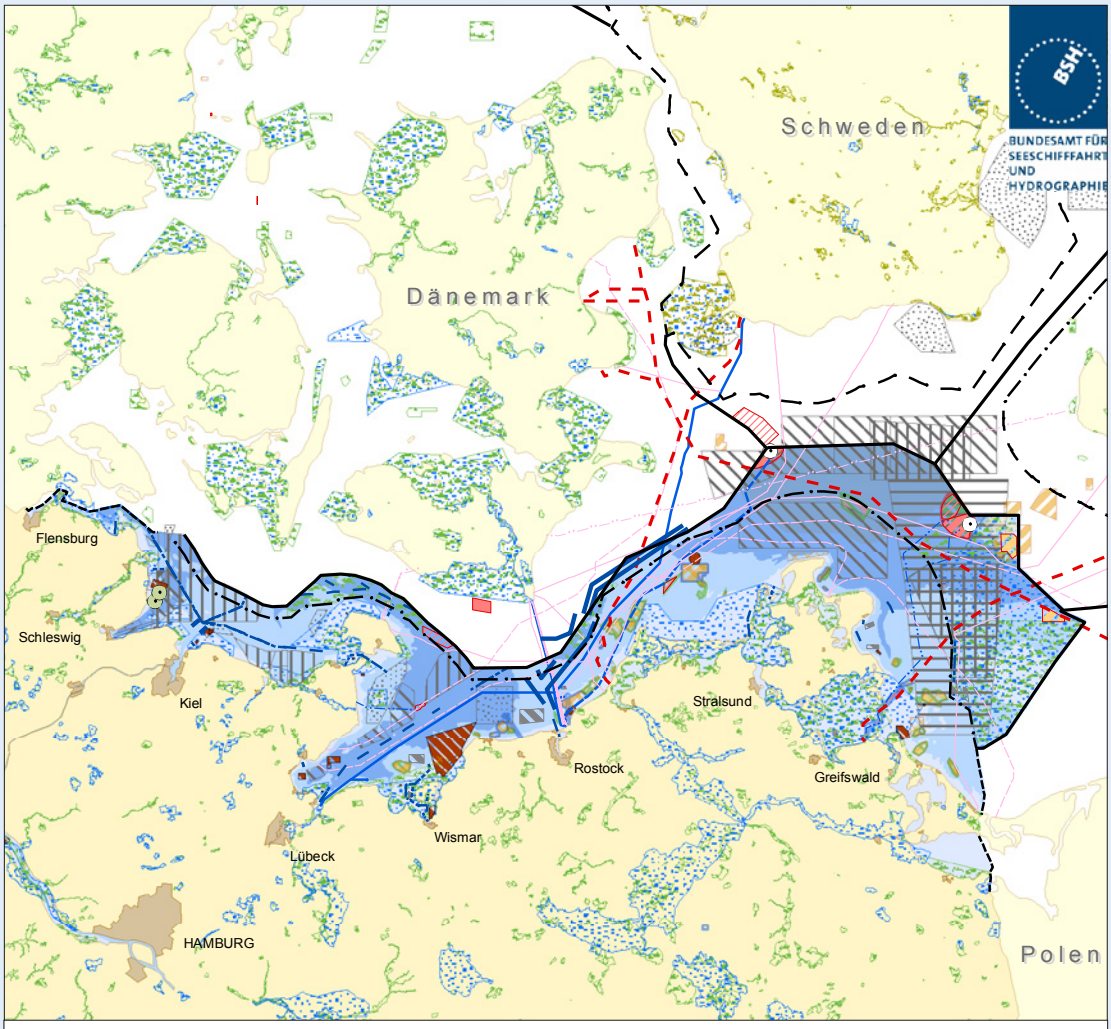
Militärische Übungsgebiete
- Sperrgebiet
- Torpedo-Übungsgebiet
- U-Boot-Tauchgebiet
- Schiess-Übungsgebiet
- Minenjagd-Übungsgebiet
- Flugübungsgebiet
- Nicht klassifiziert

Marikultur
- Kulturfläche

Naturschutzgebiete
- Natura2000 SPA
- Natura2000 SAC

Besondere Eignungsgebiete
- zur Nutzung von Offshore Windenergie

Nutzungen und Schutzgebiete der Nordsee: Ob Schifffahrt, Rohstoff- oder Energiegewinnung – die Nutzungsansprüche in den Küstenmeeren überlappen sich auf engstem Raum.



Grenzen
- Festlandsockel/AWZ
- 12-Seemeilenzone/Küstenmeer
- Internationale Grenze

Schifffahrt
- Verkehrstrennungsgebiet
- Empfohlene Schifffahrtsroute (IMO)
- Schifffahrtsweg
- Sperrgebiet
- Reede

Plattformen
- Messplattform (in Betrieb)
- Messplattform (geplant)
- Erdöl-Förderplattform (rückgebaut)

Rohrleitungen
- Erdgas (in Betrieb)
- Erdgas (geplant)

Datenkabel
- in Betrieb
- geplant
- außer Betrieb
- Betrieb unklar

Energiekabel
- in Betrieb
- genehmigt
- geplant

Offshore Windparks
- geplant
- genehmigt
- in Betrieb
- nicht genehmigt

Sedimentgewinnung
- Abbau
- z.Zt. kein Abbau
- Planfeststellung
- Bewilligung

Einbringungsgebiete
- Baggergut
- ehemalige Munitionsversenkung
- Baggergut
- Baggergut (aufgegeben)
- ehemalige Munitionsversenkung

Militärische Übungsgebiete
- Sperrgebiet
- Torpedo-Übungsgebiet
- U-Boot-Tauchgebiet
- Schiess-Übungsgebiet
- Minenjagd-Übunsgebiet
- Flugübungsgebiet
- Nicht klassifiziert

Naturschutzgebiete
- Natura2000 SPA
- Natura2000 SAC
- Natura2000 SCI

Besondere Eignungsgebiete
- zur Nutzung von Offshore Windenergie

Vorranggebiete
- Sedimentgewinnung
- Windenergie

Vorbehaltsgebiete
- Rohrleitungen
- Sedimentgewinnung
- Seekabel

Nutzungen und Schutzgebiete der Ostsee: Die Karte zeigt die derzeitige Nutzungsdichte im Offshore-Bereich und verdeutlicht dabei gleichzeitig das Konfliktpotential.

steht eine dynamische Entwicklung neuer Chemikalien gegenüber, mit deren Tempo die Erforschung ihrer Folgen in marinen Systemen nicht Schritt halten kann.

Logische Konsequenz der Überfischung der deutschen Gewässer ist das Bestreben, mit Hilfe von Marikultur und „Sea Ranching" der heimischen Fischereiindustrie ein neues Fundament zu schaffen. Durch die Weiterentwicklung und den verstärkten Flächenbedarf dieser in den heimischen Seegebieten noch selten betriebenen Wirtschaftsform wird dieses Nutzungssegment Raum in unseren Meeren beanspruchen.

Gesellschaftlicher Wandel

Bisher gingen Forscher in ihren Szenarien zumeist von einer auch künftig mehr oder weniger unveränderten Wahrnehmung und Nutzung des Küstenraumes aus. Dies mag im Hinblick auf den Küstenschutz und seine Stellung im Rechtssystem ein sinnvoller Ansatz sein, obwohl auch hier ein gesellschaftlicher Wandel veränderte Ansichten bezüglich Schützenswertem und möglicher Schutzstrategien mit sich bringt. Bei Tourismus, Fischerei, Landwirtschaft und Naturschutz erfordern Studien über Anpassungsstrategien auf jeden Fall die Konzeption detaillierter Szenarien bzgl. künftiger Technologien, Umweltbelastungen, öffentlicher Wahrnehmungen und genereller sozialer Entwicklungen.

Es ist zu erwarten, dass Forschung in zunehmendem Maße eine gesellschaftliche Rolle bei dem Bemühen zukommen wird, eventuelle Konflikte zwischen Mensch und Natur zu lösen und die jeweiligen Ansprüche zu berücksichtigen. Eventuelle durch einen Klimawandel forcierte Änderungen bisheriger Nutzungsformen des Küstenraums sind gesellschaftliche Prozesse, die nur langsam umgesetzt werden können. Dies gilt auch für einen evtl. veränderten Umgang mit Naturgefahren. Hier ist ein erheblicher Wissensbedarf bezogen auf Risikowahrnehmung, Risikoakzeptanz und die gesellschaftliche Einstellung gegenüber Veränderungen erkennbar.

Forschung für die Gesellschaft

Wichtige gesellschaftliche Transferleistungen der Küstenmeerforschung sind Beiträge zum Erkennen einzelner und kombinierter Effekte von natürlichen und anthropogenen Einflüssen auf das System sowie die Erarbeitung entsprechender Vorhersageszenarien.

Dadurch werden ermöglicht:

1. Verbesserung der Sicherheit und Effizienz von maritimen Aktivitäten
2. Kontrolle und Milderung der Folgen natürlicher Risiken
3. Verbesserung der öffentlichen Gesundheit
4. Beiträge zum Schutz, zur Wiederherstellung und zum Erhalt von Habitaten und lebenden marinen Ressourcen.

Darüber hinaus spielen der Transfer von Knowhow und der Aufbau wissenschaftlich/technologischer Kapazitäten in Entwicklungs- oder Schwellenländern eine herausragende Rolle.

Die Entwicklungstendenzen

Auf der Basis des heutigen Wissenstandes zeigen sich in den Küstenmeeren die Folgen von Klimawandel und erhöhtem Nutzungsdruck in drei wesentlichen Entwicklungstendenzen, die im Folgenden erläutert werden. Alle drei tragen das Potenzial gravierender gesellschaftlicher Folgen in sich. Um den weiteren Verlauf und die Konsequenzen einschätzen und Optionen regulierender Maßnahmen bewerten zu können, sind erkannte Wissenslücken umgehend zu schließen.

Eine sektorenübergreifende Untersuchung der genannten Entwicklungstendenzen, ihrer Folgen und eventueller Handlungsoptionen erfordert den kombinierten Einsatz moderner Beobachtungs- und Modelliertechniken. Anstrengungen im Regionalbereich sind eng verzahnt mit zahlreichen Projekten im globalen Maßstab und bilden damit auch die Voraussetzung für eine aktive Rolle der deutschen Küsten- und Randmeerforschung an vorderster Front der internationalen Erdsystemforschung.

Änderungen in Hydro- und Sedimentdynamik

Die Konsequenzen eines Meeresspiegelanstieges oder veränderter Sturmintensitäten für intensiv genutzte Küsten und Meere müssen beurteilt werden.

Wechselwirkungen der Küstenmeere mit dem Ozean

Klimaschwankungen können zu deutlichen Veränderungen in den hydrodynamischen und thermischen Eigenschaften sowohl der Nord- als auch der Ostsee führen, obwohl sich beide Meere in ihrem hydrodynamischen Regime und als Ökosystem erheblich unterscheiden. In der Nordsee, einem offenen System mit Nährsalzeinträgen aus dem Atlantik sowie durch Fluss- und Grundwasser und der Einmischung Baltischen Wassers im Skagerak, beeinflussen sie u.a. die Intensität ihrer mittleren Zirkulation und somit den Einstrom von Ozeanwasser und den Abfluss in den Norwegischen Küstenstrom. In der Ostsee, einem relativ abgeschlossenen Randmeer mit einer nur eingeschränkten Verbindung mit dem Ozean, wirken sie sich dagegen auf die Häufigkeit und Intensität der für die Belüftung der Ostsee notwendigen Salzwassereinbrüche, auf die Intensität der Wassermassentransformationen und damit auf die vertikale Schichtung bzw. vertikale Durchmischung aus.

Langfristige Küstenentwicklungen

Veränderungen in den hydrodynamischen Prozessen wirken sich auf den Sedimenttransport aus. Wegen begrenzt verfügbarer Messgrößen der relevanten Naturvorgänge sowie auch des immer noch lückenhaften hydrodynamischen Verständnisses einiger relevanter Prozesse in der seegangsbeeinflussten Bodengrenzschicht bleibt die Vorhersagbarkeit morphodynamischer Veränderungen mit Hilfe mathematischer Modelle bislang noch eingeschränkt. Aussagen über mögliche künftige Entwicklungen des Küstenvorfeldes, des Wattenmeeres und der Küstenlinie unter Berücksichtigung des Klimawandels und/oder langfristiger Krustenbewegungen stellen eine große Herausforderung für die gegenwärtige Forschung dar, zumal sie insbesondere im Hinblick auf den linien- und flächenhaften Küstenschutz von überaus großer Bedeutung sind.

HYDRO- UND SEDIMENTDYNAMIK: Forschungs- und Entwicklungsbedarf

1. Erarbeitung homogener und repräsentativer Datensätze zur Erkennung des Einflusses eines sich ändernden Klimas
2. Vergleichende Bewertung von klimatischen und nicht-klimatischen Einflüssen auf die Küstensysteme
3. Dokumentation und Analyse raum-zeitlicher Veränderungen in Küstenmeeren, insbesondere für Nord- und Ostsee
4. Entwicklung von Modellen und integrativen Szenarien im Hinblick auf die erfassten Veränderungen
5. Identifizierung von Quellen, Transportwegen und Senken sowie Quantifizierung der für den Sedimenthaushalt relevanten Prozesse
6. Quantifizierung des turbulenten Transports und der Transformationsprozesse
7. Untersuchungen zu einzelnen und kumulativen Effekten von Baumaßnahmen auf Sedimenthaushalt und Schichtung des Wasserkörpers im küstennahen und –fernen Bereich

Georisiken: Meeresspiegelanstieg, Seegang, Sturmfluten

Meeresspiegelanstieg, Stürme, extremer Seegang und Sturmfluten stellen relevante Georisiken für den Küstenraum und die hier stattfindenden Aktivitäten dar. Die Häufigkeit und Intensität solcher Ereignisse schwanken beträchtlich von Jahr zu Jahr und von Jahrzehnt zu Jahrzehnt. Lange und homogene Zeitreihen aus Messungen und Computersimulationen sind daher notwendig, um eindeutig zu klären, inwieweit es sich bei den beobachteten Veränderungen um langfristige Schwankungen, oder um anhaltende, gegebenenfalls anthropogen beeinflusste Veränderungen handelt.

Zu den weitgehend gesicherten Facetten eines schon jetzt beobachtbaren anthropogenen Klimawandels gehört ein Anstieg des globalen Meeresspiegels, dessen regionale Auswirkungen allerdings unsicher sind. Dagegen existieren derzeit kaum verlässliche Aussagen über mögliche zukünftige Entwicklungen von Stürmen. Es besteht die Möglichkeit, dass die Häufigkeit und Intensität von Stürmen im Laufe des Jahrhunderts zunehmen wird. Analog sind plausible Szenarien für Sturmfluten im Ansatz erarbeitet worden.

Für Seegang gibt es entsprechende Abschätzungen bisher nur eingeschränkt. Gegenstand künftiger Untersuchungen muss es daher sein, basierend auf einer Regionalisierung globaler Klimaänderungsszenarien das volle Spektrum möglicher Entwicklungen (Szenarien, vgl. Kasten) unter Einschluss aller für den Küstenraum relevanten Risiken zu betrachten.

Eingriffe in die Sedimentdynamik: Küstenschutz, Vertiefungen, Bauwerke im Offshore-Bereich

Durch bauliche Maßnahmen – sei es zum Küstenschutz, zur Vertiefung von Häfen und Schifffahrtsrouten, zur Energienutzung oder Rohstoffgewinnung sowie zur Verbesserung des Schienen- und Straßenverkehrs greift der Mensch in den Sedimenthaushalt und die Hydro- und Morphodynamik der Küstenregion ein.

Die Folgen solcher Maßnahmen müssen bereits zu einem frühen Zeitpunkt der Planung bekannt sein – eine Vorgabe, die beim heutigen Stand der Entwicklung sedimentdynamischer Modelle nicht immer erfüllt werden kann, insbesondere hinsichtlich der Betrachtung kumulativer Effekte. Mit einer möglichen zunehmenden Verdichtung der Nutzung des Küstenbereichs erhöht sich hier der Forschungsbedarf.

Kooperation mit Sozial- und Wirtschaftswissenschaften erforderlich: Abschätzung der Wirkung eines sich wandelndes Klimas auf dynamische soziale Systeme (z.B. Tourismus und Fischerei, Umweltpolitik, gesellschaftliche Akzeptanz von Anpassungsmaßnahmen).

Stoffkreisläufe und ihre Änderungen

Veränderungen in der Landwirtschaft, Staudammprojekte oder Einleitungen von in ihrer Wirkung unbekannten Stoffen sind Beispiele für Eingriffe in die marinen Stoffkreisläufe.

Eutrophierung und biogeochemische Kreisläufe

Die deutschen Küstengewässer bleiben trotz erheblicher Reduzierung der kontrollierbaren Einleitungen von Land mit hohen Nährstofffrachten belastet und die Eutrophierung ist weiterhin eines der ökologischen wie volkswirtschaftlichen Schlüsselprobleme des marinen Umweltmanagements. Während punktuelle und diffuse (mit Ausnahme atmosphärischer) Nährstoffeinleitungen inzwischen gut erfasst sind, sind die internen biogeochemischen Kreisläufe und Transportwege von Nährstoffen wie Stickstoff bzw. Phosphat sowie anderer Elemente in den Küstenmeeren unter Einschluss der Sedimente erst wenig verstanden. Um die dekadische Entwicklung der Nährstoffbudgets und -zyklen in Küstenmeeren realitätsnah modellieren zu können, ist daher die Beantwortung der Frage nach der Rolle der Prozesse in den Sedimenten, nach ihrer Quantifizierung und ihrer Veränderlichkeit bei geänderten externen Antrieben wesentlich.

Neue Stoffe

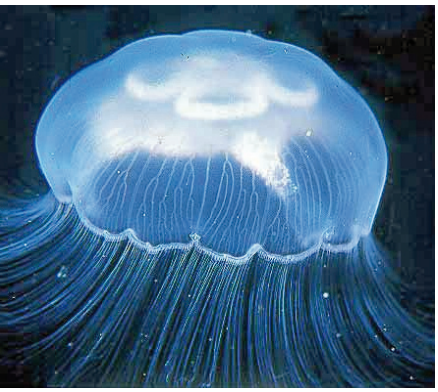
Neben Nährstoffen und Schwermetallen, deren Eintrag deutlich zurückgegangen ist, befinden sich etwa 100.000 chemische Substanzen im täglichen Gebrauch, deren Wirkung auf die Umwelt in vielen Fällen noch ungeklärt ist. Besonders problematisch für die Meeresumwelt sind die persistenten, bioakkumulierenden und toxischen Stoffe (PBT-Stoffe) sowie hormonell wirkende organische Verbindungen (endokrine Wirkstoffe). Die PBT-Stoffe sind aufgrund ihrer langen Lebensdauer und geringen Abbaubarkeit noch Jahre nach ihrem Einsatz nachzuweisen. Die Konzentrationen dieser Schadstoffe können auch dann noch im Bereich toxikologischer Wirkgrenzen liegen. Belastungsschwerpunkte sind in der Regel die Flussmündungen, Verklappungsareale und Gebiete in der Nähe von Industrieansiedlungen an der Küste.
Eine künftige Forschungsaufgabe werden die neuen, häufig polaren Stoffe wie z.B. Antibiotika, Körperpflegemittel oder Pharmazeutika mit ihren Folgen für die marine Umwelt sein. In einigen Fällen ist festgestellt worden, dass die Konzentrationen dieser „neuen“ Schadstoffe die der „klassischen“ (PCB, HCH) z.B. im Wattenmeerbereich deutlich übersteigen können.

Sanierung von Küstengewässern

Nachdem mit der verbindlichen Einführung der Wasserrahmenrichtlinie durch das europäische Parlament (EU-WRRL) eine Rechtsgrundlage für die Wiederherstellung bzw. Gewährleistung eines „guten ökologischen Zustandes“ der Gewässer bis zum Jahre 2015 gegeben wurde, besteht für die Küstengewässer ein unmittelbarer Handlungsbedarf. Wie sich schon jetzt ersehen lässt, ist es notwendig, in mehrere Küstenökosysteme aktiv einzugreifen, um die geforderte Wiederherstellung oder zumindest einen bestmöglichen ökologischen Zustand zu erreichen. Laut Zeitplanung der EU-WRRL sollen bereits im Jahr 2009 hierzu Programme für konkrete Maßnahmen vorliegen. Dafür bedarf es jedoch dringend der Entwicklung neuer, effizienter und kostengünstiger Überwachungs- und Sanierungsmethoden, bzw. der Weiterentwicklung der teilweise bereits getesteten Sanierungsverfahren aus der Seenforschung. Um die Auswirkung solcher Maßnahmen abschätzen zu können, ist darüber hinaus ein bestmögliches Verständnis des jeweiligen Ökosystems Voraussetzung. Hierzu sind einerseits noch einige Prozesse besser zu quantifizieren, insbesondere solche Prozesse, die den Partikel- bzw. Sedimenttransport und Export aus den Vorflutern in die Küstenmeere bestimmen. Andererseits müssen Modelle entwickelt werden, mit deren Hilfe die punktuellen biogeochemischen, sedimentologischen und ökologischen Daten integriert und für den jeweils zu betrachtenden Wasserkörper bilanziert werden.

STOFFKREISLÄUFE: Forschungs- und Entwicklungsbedarf

1. Integrierte Analyse der Folgen von quantitativen und qualitativen Veränderungen der Nährsalzfrachten vom Einzugsgebiet zu den Senken im Küstenmeer
2. Rekonstruktionen naturnaher Bedingungen aus Ablagerungen im Sediment, historischen Daten, Langzeitmessungen und Ökosystemmodellen
3. Weiterentwicklung der analytischen Voraussetzungen zur Erfassung bislang nicht beobachteter und neuer Substanzen
4. Entwicklung von biologischen Testsystemen für klassische und neue Schadstoffe
5. Entwicklung von Bewertungskriterien für biochemische Indikatoren zur Erfassung des Gesundheitszustandes mariner Nahrungsnetze
6. Entwicklung effizienter und kostengünstiger Überwachungs- und Sanierungsmethoden unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Seenforschung
7. Entwicklung von Modellen zur Simulation der biogeochemischen Veränderungen im Ökosystem auf den jeweils relevanten Raum- und Zeitskalen



Biologischer Wandel

Heimische marine Lebensgemeinschaften und Nahrungsnetze stehen unter dem Einfluss eingeschleppter Arten und einer mit dem Klimawandel einhergehenden Temperaturerhöhung.

Artenwechsel in den Lebensgemeinschaften

Das biologische Inventar einer Küstenregion ist nicht konstant. Es unterliegt evolutiven Neuerungen und folgt geologischen und klimatischen Änderungen durch Zu- und Abwanderungen. Diese eher langsamen Entwicklungen wurden in Nord- und Ostsee schon früh durch Übernutzung großer (z.B. Grauwal, Stör) und spezialisierter (z.B. Auster) Tiere forciert. Doch erst durch den immer umfangreicher und schneller werdenden Schiffsverkehr mit seinem Artentransport (Ballastwasser, Rumpf-Aufwuchs) quer über die Ozeane sowie durch die weltweite Verteilung von Organismen über Aquakulturen hat der biologische Strukturwandel eine revolutionäre Dimension angenommen. In wenigen Jahrzehnten wurde so in Umfang und Tempo der natürliche Wandel von Jahrtausenden in den Schatten gestellt. Die gegenwärtige Erwärmung bewirkt zudem einen Zustrom von Arten aus benachbarten Meeren. Eutrophierung, Schadstoffe und künstliche Hartsubstrate in sedimentärer Umgebung führen ebenfalls zu neuen Lebensgemeinschaften oder Verschiebungen in der Dominanz von Arten. Das Resultat sind zufällige Artenkombinationen mit noch völlig unbekannten Eigenschaften und ökologischen Leistungen.

Veränderungen im Nahrungsnetz

Nahrungsnetze sind der wichtigste Integrationsfaktor im Ökosystem. In den Küstenmeeren hat der Mensch einerseits Nahrungsketten durch Schwächung der Top-Predatoren verkürzt und andererseits die Produktionsbasis durch Nährstoffeinträge erweitert. Das führte unter anderem zu Massenvermehrungen und zu Sauerstoffzehrungen am Boden der Gewässer. Zu Veränderungen in der Struktur des Nahrungsnetzes kommt es auch dann, wenn etwa klimatische Trends der Temperatur unterschiedliche Auswirkungen auf verschiedene Glieder der Nahrungskette haben. Die Folge können Verschiebungen quantitativer Relationen und Sukzessionen sein („regime shifts“). In Kombination mit einem rasanten Artenwechsel ergeben sich neue Verknüpfungen im Nahrungsnetz und veränderte Stoffkreisläufe. Dadurch liefert das Ökosystem veränderte Leistungen und Werte.

Biologische Ressourcen (inkl. Marikultur)

Von Klimaschwankungen ausgelöste Bestands- und Verbreitungsänderungen nutzbarer Meeresorganismen haben sich mit den Überkapazitäten europäischer Fischereiflotten ungünstig gekreuzt. Dauerhaft nachhaltige Nutzungen unter Berücksichtigung des ökosystemaren Zusammenhanges sind nur in Einzelfällen möglich. Die jährlichen Anlandungen von Fisch in Nord- und Ostsee sind seit 1930 auf das 10fache angestiegen. Dieses ist vor allem auf Flottenexpansion und Verbesserung der Fangmethoden zurückzuführen. Möglicherweise hat auch die Eutrophierung zu höheren Fangerträgen beigetragen. Das Resultat sind heute sehr veränderliche Fischbestände mit einem hohen Anteil von Kleinfischen und kurzlebigen Arten.

Vor diesem Hintergrund wird weltweit in immer größerem Umfang Aquakultur als wirtschaftliche Alternative angesehen. Deutschland hinkt dieser Entwicklung weit hinterher; nicht nur, weil es wenig wirtschaftliche Aktivität auf dem Sektor der marinen Aquakultur gibt, sondern auch, weil diese nicht durch entsprechende Anstrengungen in der Forschung und der Forschungsförderung unterstützt wird.

BIOLOGISCHER WANDEL: Forschungs- und Entwicklungsbedarf

1. Analyse von Einflussfaktoren auf Schlüsselarten und Nahrungsqualität im Hinblick auf ökologische „Regime-Shifts“
2. Erforschung von Mechanismen der Einwanderung und Anpassung neuer Arten sowie deren Einfluss auf Stoffkreisläufe und Nahrungsnetze, mit besonderer Berücksichtigung potenziell toxischer Arten
3. Aufklärung der Beziehungen zwischen Artenvielfalt und ökologischen Leistungen
4. Einbettung verschiedener Einarten- und Mehrartenmodelle auf der Basis vertiefter Kenntnisse über Lebenszyklen, Anpassungen und trophischer Beziehungen bis zu den Fischen in Ökosystemmodelle
5. Untersuchung der Bedeutung der küstennahen Gewässer für die Rekrutierung und Produktion von Fisch-, Schalentier- und Krebspopulationen
6. Erarbeitung eines Gesamtkonzeptes zur Erholung der Bestände sowohl von Nutzfischen als auch der von Fangmethoden geschädigten Fischarten
7. Bewertung des Potenzials und des Risikos mariner Aquakultur

Kooperation mit Sozial- und Wirtschaftswissenschaften erforderlich:
Forschung zu alternativen volkswirtschaftlichen Steuerungsinstrumenten für die Nutzung von Allmendegütern wie Fischbeständen sowie zur optimalen Kombination von Fangquoten und ganz für die Fischerei gesperrten Seegebieten.

Analyse, Überwachung und Vorhersage

Ziel von Küstenforschung ist es, die Entwicklung des Systems „Küstenmeer“ bzw. seiner miteinander wechselwirkenden Teilsysteme zuverlässig zu überwachen, gefährliche Entwicklungen rechtzeitig zu analysieren und künftige Entwicklungen unter sich ändernden Randbedingungen nach Maßgabe bestimmter Szenarien oder Handlungsoptionen zu prognostizieren. Dies kann nur dann erreicht werden, wenn moderne, innovative Methoden der Beobachtung und ausgereifte numerische Modelle eingesetzt und über fortgeschrittene mathematisch-statistische Verfahren miteinander verknüpft werden.

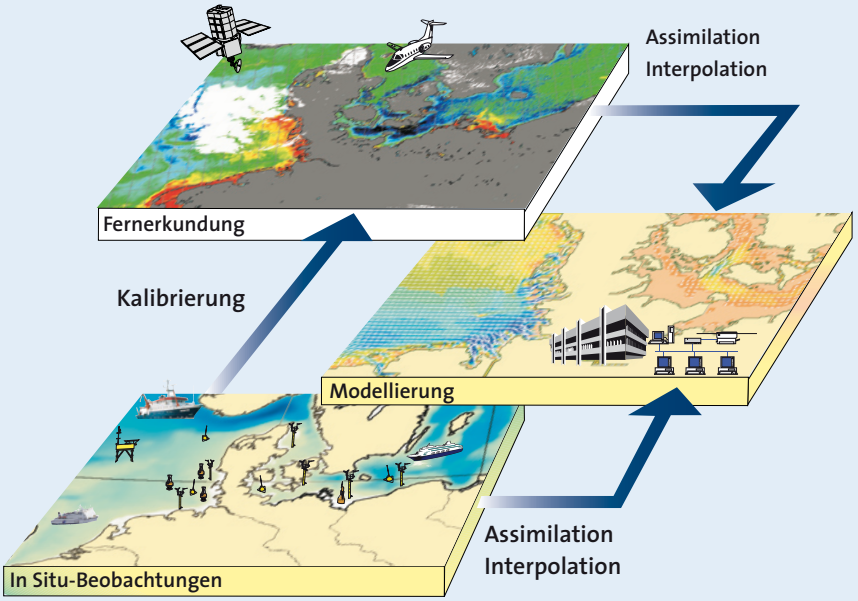
Wesentliche Querschnittsaufgaben, deren Lösung für nahezu alle in dieser Schrift angesprochenen Bereiche relevant ist, sind demnach:

1. Entwicklung und Einsatz effizienter und kostengünstiger Beobachtungssysteme für Schlüsselvariablen in Küstenmeeren unter verstärktem Einsatz autonomer in-situ Beobachtungssysteme sowie Satelliten.
2. Entwicklung und Einsatz adäquater regionaler Systemmodelle mit verbesserter räumlicher Auflösung unter Einschluss bisher vernachlässigter oder ungenügend berücksichtigter Systemkomponenten.
3. Kombination von Beobachtungen und Modellsimulationen mit dem Ziel a) räumlich gut aufgelöste synoptische Analysen als Basis für ein effizientes Überwachungssystem zu schaffen und b) langfristige Veränderungen im System und ihre eventuellen Ursachen zuverlässig zu identifizieren.

Effiziente und kostengünstige Beobachtungssysteme

Autonome Messstationen befinden sich seit etwa 15 Jahren an mehreren Orten in Nord- und Ostsee im Dauereinsatz. Diese Stationen sollten in einem ersten Schritt dringend vermehrt und weiter zu Zeitserienstationen ausgebaut werden, indem ihre räumliche (vertikale) und zeitliche Auflösung sowie die Anzahl der gemessenen Parameter erhöht werden. Ergänzend bedarf es gezielter, zeitlich begrenzter meist schiffsgestützer Beobachtungen, um bestimmte Ereignisse oder Prozesse genauer untersuchen zu können. Langzeitbeobachtungen sind in der Meereskunde essentiell für das Identifizieren und Unterscheiden von Variabilität und langfristigen Veränderungen mariner Ökosysteme. Ein adäquates Erfassen der Funktionsweise der meist hochkomplexen Ökosysteme wird jedoch nach wie vor stark durch eine zu geringe Dichte von Beobachtungsdaten oder fehlende Beobachtungsmethoden eingeschränkt. In diesem Zusammenhang besteht ein großer Forschungsbedarf bezüglich der Entwicklung moderner, operationell einsetzbarer Sensorik zum Einsatz auf automatischen Messstationen.

Wünschenswert und geplant ist deswegen ein operationell betriebenes, vernetztes Beobachtungssystem für die deutschen Küstenmeere, auf welches von verschiedensten Nutzern per Internet in Echtzeit zugegriffen werden kann. Die Entwicklung eines solchen vernetzten „Observatoriums“ setzt Kooperationen über nationale Grenzen hinaus voraus und stellt damit einen bedeutenden deutschen Beitrag zu internationalen Programmen wie Coastal GOOS, GEOSS, GEOHAB und GMES dar. Weil die Küste für viele Fragestellungen gemeinsam mit ihrem Hinterland



Systemanalyse / Monitoring: Vision eines integrierten Küstenobservatoriums für die deutschen Küstenmeere. Eine intelligente Verknüpfung von Fernerkundung und Beobachtungen vor Ort mit ausgereiften Modellen: Die wesentliche Basis für Analyse, Überwachung und Vorhersage.

betrachtet werden muss, gibt es auch Bestrebungen, Coastal GOOS mit einem terrestrischen Beobachtungssystem zu verknüpfen (GTOS). Mehrere internationale Organisationen (IOC/GOOS, ICES, GEOSS) bemühen sich diese Entwicklungen voran zu treiben.

Aus den Anforderungen und Implementierungsplänen der genannten Programme, speziell Coastal GOOS, geht hervor, dass Deutschland insbesondere in zwei Bereichen eine wichtige Rolle übernehmen kann: beim internationalen „Capacity Building“ (z.B. im Rahmen des IOC Projektes TEMA), und bei der Implementierung der sogenannten „Common Variables“ für das Küstenbeobachtungssystem. Diese Variablen umfassen zunächst einen Basissatz geophysikalischer, chemischer und biologischer Größen. Zusätzlich zu diesen generellen, flächendeckend beobachteten Variablen wird es gebietsabhängig und problembezogen weitere spezifische Variablen geben, deren Beobachtung im Rahmen des Küsten-Netzwerkes von Interesse ist. Nicht zuletzt bietet ein „Observatorium“ der skizzierten Art der mittelständischen Industrie die Möglichkeit innovative Systeme für das Monitoring der ausgewählten Größen und für das anschließende Informationsmanagement zu entwickeln und im Hinblick auf Einsätze auch in entfernteren Meeresgebieten, z.B. Arktis oder Tropen, zu erproben.

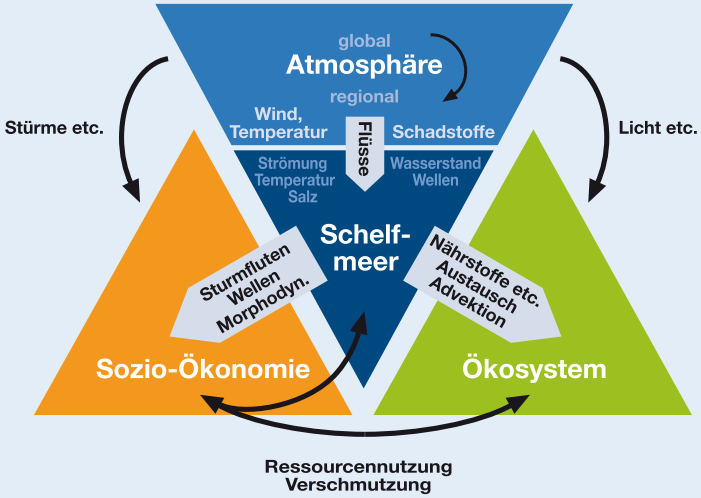
Regionale Systemmodelle

Mathematische Modelle sind unerlässlich für eine adäquate Beschreibung der Wechselbeziehungen zwischen physikalischen, chemischen, biologischen und geodynamischen Komponenten des Systems „Küstenmeer“ einschließlich ihrer möglichen Beeinflussung durch externe (z. B. klimatische und/oder anthropogene) Faktoren. Modelle dienen der Dokumentation, Überprüfung, Fortentwicklung und quantitativen Anwendung des aktuellen Verständnisses aller relevanten Prozesse. Sie werden operationell zur Erstellung kurzfristiger Prognosen oder für Simulationen über lange Zeiträume (Dekaden) eingesetzt, um die Variabilität des Systems auf unterschiedlichen Zeitskalen in konsistenter Art und Weise zu beschreiben. Schließlich werden Modelle bei der Konstruktion von Szenarien eingesetzt um mögliche zukünftige Entwicklungen auf Grund erwarteter oder angenommener Veränderungen externer Faktoren abzuschätzen.

Numerische Modelle zur Beschreibung der dynamischen Abläufe in Atmosphäre und Ozean haben bereits einen beachtlichen Qualitätsstandard erreicht. Dennoch sind Weiterentwicklungen dieser Modelle erforderlich, vor allem, um bei der Kopplung an komplexe marine Ökosystemmodelle zuverlässige quantitative Aussagen machen zu können. Die Modellierung chemischer, biologischer, morphodynamischer und sozio-ökonomischer Komponenten sowie ihrer Wechselwirkungen steht dagegen eher am Anfang der Möglichkeiten. Die großen Schwierigkeiten bei der Modellentwicklung rühren teils von einem noch unvollständigen Systemverständnis her,

Modellierung und Rechnerbedarf

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird der Bedarf an Rechnerleistung in der Küstenmeerforschung durch kleinere Rechner in den Instituten, aber auch durch den Norddeutschen Hochleistungsrechner sowie – im Hinblick auf Klimaaspekte – vom Deutschen Klimarechenzentrum gedeckt. Ein deutlich erhöhter Rechenbedarf wird sich künftig ergeben, wenn die physikalischen Modelle von Atmosphäre und Küstenmeer für Klimasimulationen und Szenarien auf deutlich engmaschigeren Netzen betrieben werden, um so relevante kleinskalige Informationen über Veränderungen und Anpassungsbedarf zu liefern. Auch wird mit der Reifung von Modellen zur Beschreibung von Stoffkreisläufen, Ökosystemen und Morphodynamik die Zahl der Anwendungen im Rahmen von Analysen (Datenassimilation), Simulationen, Szenarien und Vorhersagen deutlich anwachsen. In Erwartung einer Neuordnung der europäischen Höchstleistungszentren erscheint eine zweigleisige Strategie sinnvoll. Wesentliche Klimastudien sollten beim DKRZ verbleiben, weil dort die einschlägigen Modellsysteme vorgehalten werden und eine Anbindung an die globalen Klimaszenarien leicht möglich ist. Der Erdsystemknoten beim AWI (als Erdsystem thematic node im Rahmen des Helmholtz Supercomputing Verbundes mit nationalem HLR am NIC/ FZJ (Jülich) für nichtklimatische Fragen vorgesehen) und das thematisch passende europäische HLR System sollten demgegenüber für Anforderungen der höchsten Leistungsklasse in der Küstenforschung (Stoffkreisläufe, Ökosysteme, Morphodynamik) genutzt werden.



Modell des Küstensystems: Ein ideales regionales Systemmodell sollte auch das Wechselspiel zwischen physikalischen Komponenten, belebter Natur und menschlichen Aktivitäten beschreiben.

teils von der großen Spanne der relevanten Raum- (wenige Meter bis Hunderte von Kilometern) und Zeitskalen (Minuten bis Jahrzehnte) der zu modellierenden Prozesse. Im Konsortium Deutsche Meeresforschung ist die Expertise vereinigt, die erforderlich ist, um wesentliche Fortschritte bei der Erstellung eines umfassenden regionalen Modells des Küstensystems insbesondere in folgenden Bereichen zu erzielen:

1. Entwicklung realitätsnaher Modelle für die Komponenten Ökosystem (einschließlich der Populationsdynamik von Organismen), Meereschemie und Morphodynamik im System Küstenmeer.
1. Bereitstellung und Weiterentwicklung von Modellen der Physik des Küstenmeeres und der Küstenatmosphäre sowie des Transports von Substanzen auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen, einschließlich der Entwicklung und Bereitstellung skalenabhängiger Parametrisierungen.
3. Entwicklung gekoppelter Umwelt-Ökonomie-Modelle, insbesondere zu den Themen Klima, Landnutzung, Wasserressourcen und marine Ressourcen.

Obenstehende Abbildung skizziert die grundsätzliche Struktur eines vollständigen Systemmodells „Küstenmeer“. Das Modell sollte modular aufgebaut sein, um einerseits eine flexible Kopplung der Systemkomponenten zu gewährleisten und andererseits Modellvielfalt (z.B. strukturierte vs. unstrukturierte Gitter, geopotentiale vs. bodenfolgende Koordinaten, individuen- vs. konzentrationsbasierte Planktonmodelle) zu erlauben. Zur besseren Reproduzierbarkeit und effizienteren Entwicklung sollten diese Systemkomponenten Open-Source-Modelle sein, deren Quellkode allgemein verfügbar ist.

Verschränkung von Beobachtungen und Modellen

Eine enge Verknüpfung von Beobachtungssystemen und Modellen ist von ausschlaggebender Bedeutung für das Erreichen der angestrebten Ziele. Im Bereich der operationellen Wettervorhersage werden Analysen des atmosphärischen Zustands mit guter raum-zeitlicher Auflösung bereits heute routinemäßig und quasi in Echtzeit erstellt. Diese Analysen werden produziert durch eine optimale Verschränkung von aktuellen Beobachtungen mit modellbasierten Inter- und Extrapolationen sowie Fortschreibungen zeitlicher Entwicklungen (Datenassimilation). In der Klimaforschung sind ferner effiziente Methoden zum Erkennen und Quantifizieren anthropogener Einflüsse entwickelt worden, die ebenfalls auf einer effizienten Verbindung von Beobachtungsdaten und Modellinterpretationen beruhen (Detection und Attribution).

Methoden der Datenassimilation werden teilweise auch in der Küstenforschung bereits eingesetzt, sie sollten in wenigen Jahren aber zum Routineinstrumentarium gehören. Gleiches gilt für „Detection und Attribution"-Methoden zur Bewertung und ursächlichen Zuordnung beobachteter langfristiger Veränderungen. Wesentlich ehrgeizigere Anstrengungen sollten insbesondere auch im Bereich der nicht-physikalischen Systemkomponenten unternommen werden. Demonstrationsprojekte wie EuroROSE müssen initiiert werden, um Anwendern das Potential der Modell-Daten-Kopplung zu demonstrieren. Ein konsequentes Verfolgen dieses Ansatzes wird nicht zuletzt auch äußerst befruchtend auf die kontinuierliche Verbesserung von Beobachtungs- und Simulationsmethoden wirken und damit auch entscheidend zu einem verbesserten Prozessverständnis beitragen.

Forschungsschiffe

Neben den mittelgroßen und großen Forschungsschiffen wie Alkor, Heincke, Poseidon, Meteor und Maria S. Merian ist die Küstenmeerforschung insbesondere auf kleinere Forschungsschiffe angewiesen. Dies sind meist Ein- oder Zweiwachen-Schiffe mit Arbeitsmöglichkeiten für 6 bis 10 Wissenschaftler, Einsatztiefen bis 500m, Reichweiten von 500 – 1500 Seemeilen und Standzeiten in See von wenigen Tagen bis 2 Wochen. Diese Schiffe dienen spezifischen Aufgaben im Nahfeld der jeweiligen meereskundlichen Einrichtungen: Einsätze bei natürlichen oder anthropogen bedingten Katastrophen (Hochwässer, Schiffsunfälle, Leckagen), Erfassung von Algenblüten und zeitliche Auflösung der saisonalen Unterschiede, Bedienung von Zeitserienstationen, Überwachungsaufgaben in der marinen Umwelt, begleitende Forschung zum kontinuierlich steigenden Nutzungsdruck im marinen Raum (Windkraft, Baggergut, Verkehr), Wartung von autonomen Meßsystemen, Einsätze in Flachgewässern, Taucharbeiten und Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

Dieses Arbeitsspektrum der kleineren Schiffe erfordert einen stark durch Ereignisse geprägten operationellen Einsatz. Lange im Voraus festgelegte Einsatzpläne wie bei den größeren Schiffen sind nicht zweckdienlich. Während die Flotte der größeren Schiffe zurzeit erneuert wird, ist die Flotte der kleineren Schiffe stark überaltert. Es besteht dringender Ersatzbedarf, um den hohen Standard der deutschen Küstenmeerforschung und ihre hochflexible Arbeitsweise aufrecht zu erhalten.

Das Zusammenspiel von Land und See

Holistische Küstenforschung in der globalen Erdsystempartnerschaft – LOICZ

Moderne Forschung im Küstenozean muss sich heute auch den landseitigen Einflussgrößen widmen. Dazu zählen Klimaeinflüsse und sich verändernde Stoffströme ebenso wie Mechanismen der gesellschaftlichen Adaptation, der Entscheidungsfindung und die Rolle regelgebender Institutionen im lokalen, nationalen und regionalen Maßstab.

Prägnante Beispiele für diese Interaktionen sind Erosionsprobleme dicht besiedelter Deltaregionen durch den Rückgang der Sedimentfrachten der Flüsse, die Veränderungen der Wasserbilanzen durch landseitige Umnutzung von Grund- und Flusswasser sowie die (im Falle des Schwarzen Meeres belegte) Verbesserung des Eutrophierungsgrads von Küstenmeeren als Folge soziopolitischer Umbrüche.

Innerhalb der Erdsystemwissenschaften spiegelt sich dieser Paradigmenwechsel in einer Neuorientierung des seit 1993 global operierenden Küstenforschungsprojektes Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ) wider. Nach einer ersten vorwiegend auf biogeochemischen Untersuchungen im Küstenmeer gegründeten Synthese hat LOICZ seit 2003 sein Forschungsgebiet um die Politik- und Sozialwissenschaften erweitert. Globale Modelle werden dabei ebenso weiterentwickelt wie auch Untersuchungen zur Rolle integrierten Managements des sozioökologischen Gesamtsystems Küste.

LOICZ ist Teil des International Human Dimensions Programme on Global Enviromental Change (IHDP) und des International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). Neben den wissenschaftlichen Schwerpunktthemen ist LOICZ weltweit mit Querschnittsaufgaben befasst, die u.a. Modellierung und Klassifizierung von Küstensystemen (Typologie) mit umfassenden Datenbasen sowie Training und Weiterbildung beinhalten. Es hat Schnittstellen zu den Monitoringaktivitäten der IGOS – Partnerschaft und ist beteiligt an der Formulierung von Forschungs- und Implementierungsplänen zugehöriger Partner land- und seeseitig (z.B. GOOS, GTOS). Es arbeitet u. a. eng mit den natur- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen in den marinen und landseitigen Projekten der Erdsystempartnerschaft (ESSP) sowie einer Vielzahl nationaler und internationaler Partner zusammen. Seit 2006 ist das Internationale LOICZ-Büro in Deutschland angesiedelt.

Abkürzungen

Coastal GOOS: Coastal Module of GOOS
EuroROSE: European Radar Ocean Sensing
GEOHAB: Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms
GEOSS: Global Earth Observation System of Systems
GMES: Global Monitoring for Environment and Security
GOOS: Global Ocean Observing System
GTOS: Global Terrestrial Observation System
ICES: International Council for the Exploration of the Sea
IGOS: Integrated Global Observing Strategy
IOC: Intergovernmental Oceanographic Commission

Beteiligte Einrichtungen

AWI – Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven
http://www.awi.de

BSH – Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrografie Hamburg
http://www.bsh.de

GKSS – Forschungszentrum Geesthacht
http://www.gkss.de

IfM-Geomar – Leibniz-Institut für Meereswissenschaften Kiel
http://www.ifm-geomar.de

IOW – Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde
http://www.io-warnemuende.de

RCOM – DFG-Forschungszentrum Ozeanränder Bremen
http://www.rcom.marum.de

Senckenberg am Meer Wilhelmshaven
http://www.senckenberg.de

Forschungszentrum Terramare Wilhelmshaven
http://www.terramare.de

Uni Oldenburg, Institut für Chemie und Biologie des Meeres
http://www.icbm.de

Uni Rostock, Institut für Biowissenschaften
http://www.biologie.uni-rostock.de

ZMAW – Zentrum für Marine und Atmosphärische Wissenschaften Hamburg
http://www.zmaw.de

Impressum

Autoren:
Bodo v. Bodungen (IOW), Michael Böttcher (IOW),
Hans-Jürgen Brumsack (Uni Oldenburg), Hans Burchard (IOW),
Franziscus Colijn (GKSS), Stephan Dick (BSH),
Ralf Ebinghaus (GKSS), Kay-Christian Emeis (ZMAW),
Wolfgang Fennel (IOW), Burghard Flemming (Senckenberg),
Gabriele Gönnert (HPA), Gerhard Graf (Uni Rostock),
Dierk Hebbeln (RCOM), Hartwig Kremer (LOICZ),
Siegfried Krüger (IOW), Gerd Liebezeit (TERRAMARE),
Karsten Reise (AWI), Detlef Schaller (ALR),
Doris Schiedek (IOW), Heike Schlünzen (ZMAW),
Friedhelm Schroeder (GKSS), Detlef Schulz-Bull (IOW),
Uli Sommer (IfM-Geomar), Hans v. Storch (GKSS),
Axel Temming (ZMAW), Michael Türkay (Senckenberg),
Martin Wahl (IfM-Geomar), Kai Wirtz (GKSS)

Bildnachweis:
Titelbild: Michael Schulz, S. 7: BSH, S. 8: BSH, S. 11: Rolf Reinicke,
S. 14: FIMR, S. 16 Erling Svensen, S. 20: GKSS, S. 22: GKSS

Endredaktion:
Ulrich Callies (GKSS), Barbara Hentzsch (IOW)

Gestaltung:
Claudia Haagen, www.haagendesign.de

Frühling 2007

Konsortium Deutsche Meeresforschung
Markgrafenstraße 37, 10117 Berlin
www. deutsche-meeresforschung.de

KDM
Konsortium Deutsche Meeresforschung