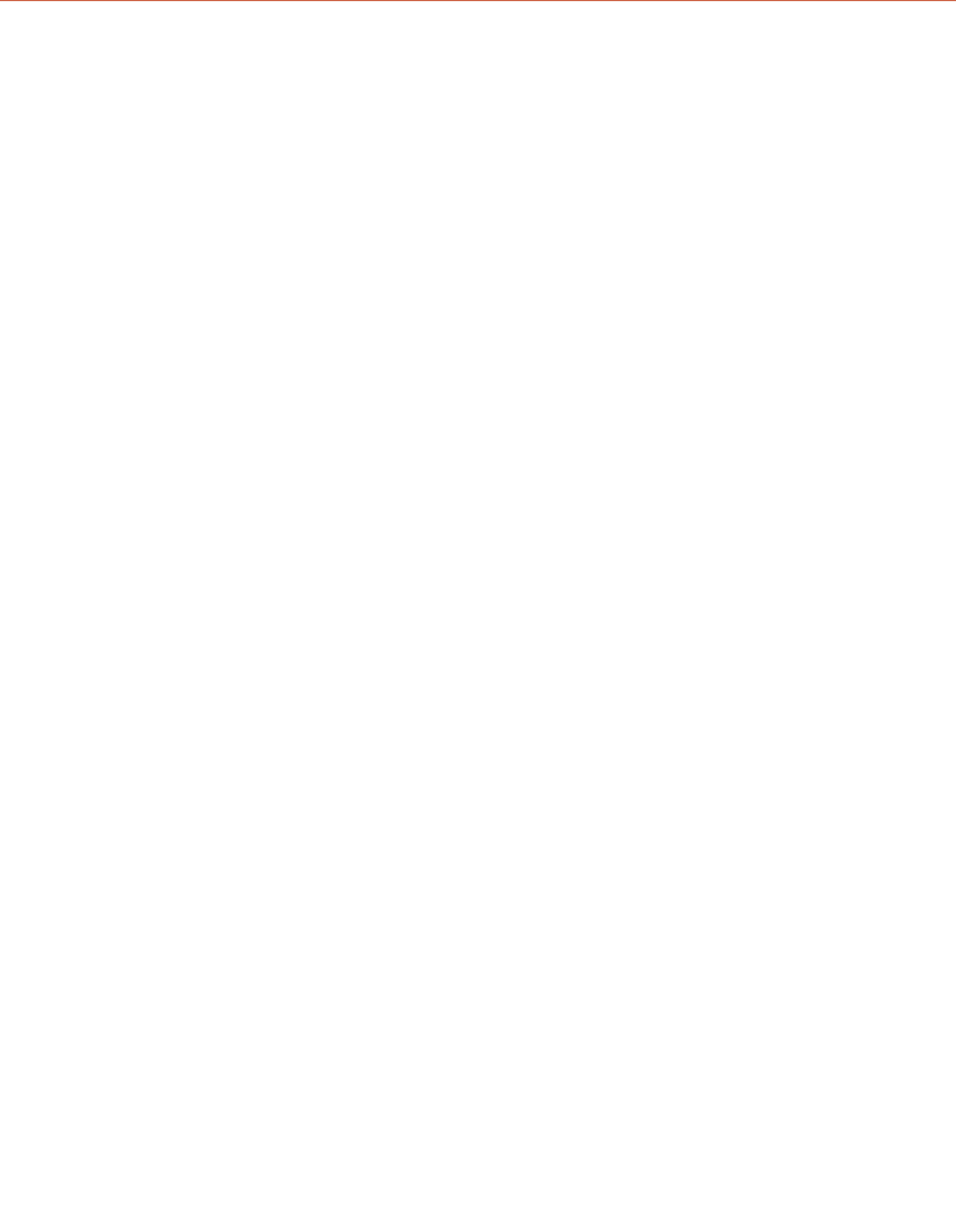


# KÜSTE IM WANDEL

Forschungsbedarfe in der Küstenmeerforschung Nordsee und Ostsee –  
Ergebnisse des Konsultationsprozesses, Berlin 2018





## INHALT

<b>EINLEITUNG</b>	<b>4</b>
<b>FORSCHUNGSFELDER</b>	<b>6</b>
1. Klima und Küstendynamik	6
2. Vom Einzugsgebiet zur Küste	7
3. Ökosystembasierter Küstenschutz	8
4. Biodiversität und Nahrungsnetze	9
5. Meeresbodennutzung	10
6. Mensch und Küste	11
<b>QUERSCHNITTSTHEMEN</b>	<b>12</b>
A. Beobachtungen, Modelle und Daten	12
B. Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses	13



Küstenmeere wie Nord- und Ostsee sind Bindeglieder zwischen Land, Atmosphäre und Ozean. Ihre Grenzen lassen sich nicht pauschal definieren. Sie stellen ein Kontinuum dar, das von Einzugsbereichen an Land über Flussmündungen, Übergangsgewässern nahe der direkten Küstenlinie bis zum offenen Ozean reicht. Ihre vielfältigen Küstenlandschaften mit Dünenfeldern, Sandstränden Steilküsten oder Wattflächen bilden gemeinsam mit den angrenzenden Schelfmeeren einzigartige Ökosysteme. Küstenmeere haben eine enorme Bedeutung als Natur-, Lebens-, und Wirtschaftsraum. Sie sind Hotspot von Biodiversität, Ressourcengewinnung und Ökosystemleistungen und gleichzeitig Ballungsräume, in denen sich menschliche Siedlungen, Erholungs- und Wirtschaftsräume überschneiden. Ihr Schutz und ihre nachhaltige Bewirtschaftung sind von gesamtgesellschaftlicher Bedeutung und Ziel nationaler und internationaler Umweltgesetzgebung und Umweltüberwachung.

Küstenmeere sind sehr komplexe und dynamische Systeme, die sich in einem stetigen natürlichen Wandel befinden. Durch Wellen und Meeresströmungen werden Sedimente bewegt, was fortlaufende geomorphologische und ökologische Veränderungen zur Folge hat. Dabei nehmen Umlagerungen der Sedimente Einfluss auf die biologische Besiedlung, die ihrerseits wiederum den Sedimenttransport beeinflusst.

Der Mensch greift substanziell in diese natürlichen Prozesse ein und forciert die Dynamik der Küstenmeere durch Küstenschutzbaumaßnahmen und einen steigenden Druck vielfältiger Nutzungen sowie durch anthropogen bedingte Klimaveränderungen.

Klimatische Veränderungen führen zum Anstieg des Meeresspiegels und der Häufung von Extremereignissen, wie Stürmen, Sturmfluten und extremem Seegang. In welchem Umfang mit solchen Veränderungen zukünftig zu rechnen ist, kann derzeit nur grob abgeschätzt werden und bleibt Gegenstand von Forschung zu Klima und Küstendynamik. Eng verbunden mit den Veränderungen in Klima und Meeresspiegel sind wachsende Risiken und der gesellschaftliche Umgang mit ihnen. Küstenschutz bedeutet heute nicht nur den Menschen vor dem Meer zu schützen, sondern auch die Küste und die Küstenmeere für den Menschen zu bewahren. Bei Baumaßnahmen für den Küstenschutz und anderen Infrastrukturen muss in zunehmendem Maß der Schutz des Ökosystems und der Erhalt von Ökosystemleistungen gewährleistet werden. Dies erfordert einen Schulterschluss zwischen naturwissenschaftlichen, ingenieurwissenschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Disziplinen sowie den zuständigen Behörden.

Klimatische Veränderungen beeinflussen auch die Biodiversität. Zum Beispiel können aufgrund steigender Wassertemperaturen wärmeliebende, teils invasive Arten in die Gebiete der deutschen Küsten einwandern und heimische kälteliebende Arten aus der Region abwandern oder verdrängt werden. Änderungen in der Biodiversität können zu einer Kaskade von Folgewirkungen im Ökosystem in Form von Änderungen in Nahrungsnetzen und Stoffflüssen führen, die sich wiederum auf die Verfügbarkeit von Ressourcen und andere Ökosystemdienstleistungen auswirken.

Auch der Nutzungsdruck auf die Küstenmeere steigt zunehmend. Sie sind Entwicklungsbereiche für vielfältige divergierende und teilweise konkurrierende menschliche Aktivitäten. Über die Flüsse gelangen Nährstoffe, Schadstoffe (z. B. Pestizide, Pharmaka, Schwermetalle) und Müll (u. a. Plastik) in die Küstenmeere. Sie dienen der Fischerei, dem Transport (Container-, Fähr- und Kreuzschifffahrt, Verlegung von Gaspipelines), der Energie- und Rohstoffgewinnung (Offshore-Windparks, Sand- und Kiesabbau) oder dem Tourismus. Küstenmeere entwickeln sich so zu Industrie- und Erholungsparks. Die Auswirkungen, wie zum Beispiel Eutrophierung, Überfischung oder Vermüllung, sind bereits heute vielfach sichtbar. Das gesamte Ausmaß der Folgen menschlicher Nutzung auf das Ökosystem Küstenmeer – seine Biodiversität, Stoffflüsse und Ökosystemdienstleistungen – und seine weitere Entwicklung können derzeit nicht ausreichend abgeschätzt werden.

Besonders die bisher nur unvollständig verstandenen synergistischen Wirkungen von Klimawandel und Nutzung erzeugen Forschungsbedarfe. Dabei gilt es, die Wirkung multipler Stressoren auf Küstenmeere und ihre Wechselwirkung mit den wirtschaftlichen und sozialen Faktoren aufzuklären. Hierzu müssen messtechnische Methoden und Modellierungsansätze ausgebaut werden, die zum Verständnis der Küstenmeere und ihrer weiteren Entwicklung unter dem Einfluss von Klimaveränderungen und diversen Nutzungen beitragen.

Für die Zukunft ist mit weitreichenden klimatischen Veränderungen und einem wachsenden Nutzungsdruck zu rechnen. Wandelnde gesellschaftliche Ansprüche resultieren aus sehr dynamischen sozialökonomischen Veränderungen. Die Entwicklung der Intensivierung und Diversifizierung der Nutzung der Küstenmeere gilt es, in sozialwissenschaftlichen, im Besonderen in ökonomischen Studien abzuschätzen. Die Sichtweisen von Anwohnern und Nutzern der Küstenmeere sollten hierbei z. B. in Partizipationsprozessen einbezogen werden. So können im Dialog mit Akteuren aus der Küstenmeerbewirtschaftung und der Politik Instrumente für nachhaltige Schutz- und Nutzungsprozesse gestaltet werden.

Die Herausforderungen an die Forschung und das Management zum Schutz sowie zur Nutzung der Küstenmeere sind aufgrund des Klimawandels und des steigenden Nutzungsdrucks enorm. Sie zu bewältigen bedarf es gemeinsamer Anstrengungen aller Akteure aus Küstenmeerforschung und -management. In künftigen Aktivitäten müssen Kooperationen von Naturwissenschaftlern, Ingenieuren und Sozialwissenschaftlern weiter ausgebaut werden. Zudem müssen verstärkt Anwender- und Nutzerkreise in die Konzeption und Durchführung von Forschungsverbänden einbezogen werden. Eine bedeutende Gemeinschaftsaufgabe ist zudem das „Capacity building“. Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses durch ein hohes Niveau der Ausbildungsqualität, attraktive Karrierestrukturen und berufliche Perspektiven ist ein Hauptziel.

Um diese Herausforderungen gemeinsam zu meistern, hat das Konsortium Deutsche Meeresforschung (KDM) mit der Strategieguppe Küste 2015 einen Konsultationsprozess zu Forschungsbedarfen in der Küstenmeerforschung

initiiert. In der Altonaer Erklärung, als Ergebnis dieses Prozesses, wurden gemeinsame prioritäre nationale und internationale Forschungs- und Entwicklungsziele für die nächsten Dekaden definiert. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat mit dem Rahmenprogramm MARE:N diesen Ansatz aufgegriffen.

Unter dem Motto „Küste im Wandel“ veranstaltete das KDM im Rahmen des Agendaprozesses „MARE:N – Küstenregionen“ das 2. Symposium „Küstenmeerforschung“ vom 28. Februar bis zum 2. März 2018 in Berlin. Im Diskurs mit den Anspruchsgruppen für die Küstenmeerforschung in Nordsee und Ostsee wurden aktuelle Forschungsbedarfe zu den in der Altonaer Erklärung und MARE:N definierten Forschungsfeldern für die kommende Förderperiode konkretisiert.

Der zukünftige Forschungsbedarf wurde in sechs Forschungsfeldern zusammengefasst. Darüber hinaus wurden zwei Querschnittsthemen definiert (Abbildung 1).

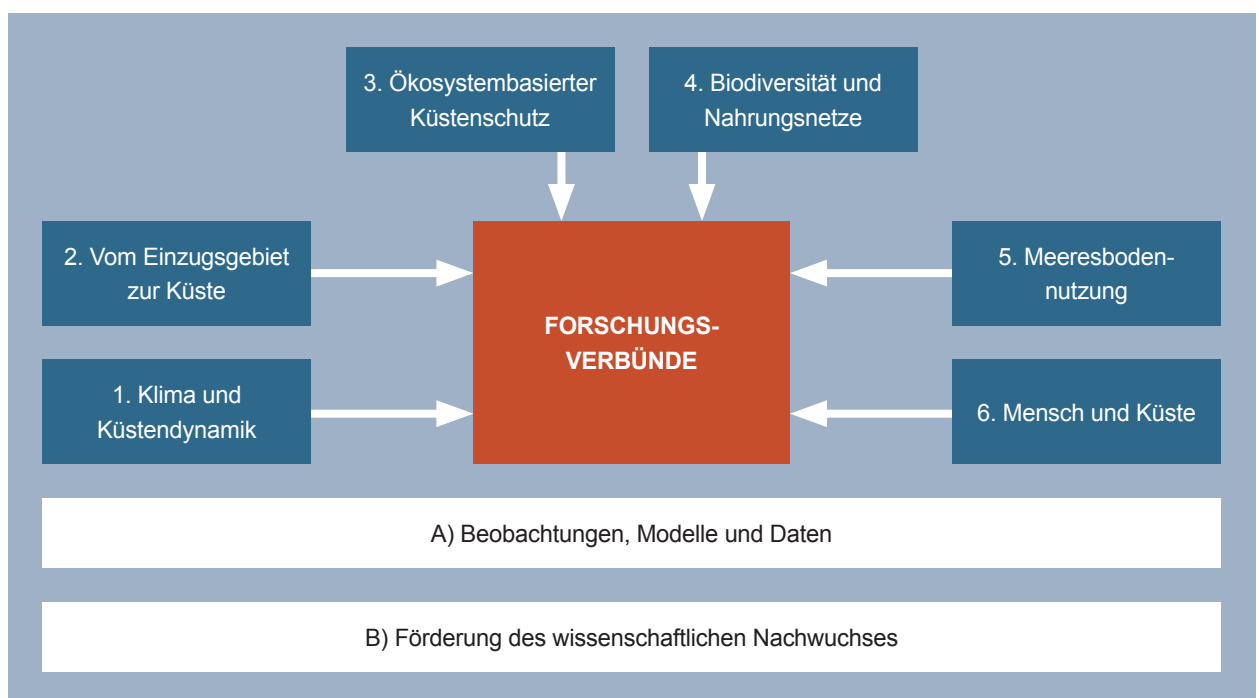


Abbildung 1: Forschungsbedarfe gegliedert nach Forschungsfeldern und Querschnittsthemen.

## 1. KLIMA UND KÜSTENDYNAMIK

Küstenmeere umfassen eine Vielfalt geomorphologischer Einheiten, wie Flussmündungen, Wattenmeere, Barriereinseln, Strandsysteme, Steilküsten sowie flache Schelfmeerbereiche mit ihren jeweils charakteristischen morphologischen, biogeochemischen und ökosystemaren Eigenschaften. Diese Systeme stehen in enger Verbindung, reagieren jedoch sehr individuell auf Veränderungen in den Randbedingungen, wie Meeresspiegel, Gezeiten, Wind, Temperatur etc. Infolge des Klimawandels muss mit Änderungen in der Häufigkeit, Dauer und Stärke von Sturmereignissen und hydrologischen Extremen gerechnet werden, deren Auswirkungen auf die Morphologie, Sedimentologie und Besiedlung verschiedener Küstensysteme derzeit nicht bekannt sind und erfasst werden müssen. Auch der Meeresspiegelanstieg und die Änderungen von Temperatur werden weitere, sich überlagernde Folgen auf Transportpfade und Umlagerungsprozesse haben. Die komplexen Prozesse zwischen biogeochemischen Systemen und Ökosystemen und deren Interaktion mit sozioökonomischen Interessen erfordern ein vertieftes Prozessverständnis durch gezielte Naturmessungen, die Auswertung von existenten Daten und Zeitreihen mit neuen Ansätzen und Modellbildung unterschiedlicher Komplexität (siehe auch Querschnittsthema A). Für die Zukunft ist vordringlich, belastbare Prognosen zur Entwicklung des regionalen Klimas und der Reaktion der verschiedenen Küstenmeerkompartimente auf veränderte Randbedingungen zu erarbeiten.

### Forschungsbedarfe:

- a) Weitere Aufklärung der Änderungen in den klimatologischen Randbedingungen der Küstensysteme durch Analyse vergangener und Prognose zukünftiger Muster in der Häufigkeit und Saisonalität meteorologischer Extreme und quasi-periodischer Wetteränderungen. Modellgestützte Abbildung der Entwicklung klimatologischer Veränderungen,
- b) Regionale Analyse der Reaktion verschiedener Küstenkompartimente auf einen stetigen oder beschleunigten Meeresspiegelanstieg in der Vergangenheit und Prognose der weiteren Entwicklung,
- c) Identifizierung von Prozessen und Strukturen, welche die Erosion von Küsten dominieren bzw. modifizieren. Analyse von geomorphologischen Transportprozessen und deren Auswirkung auf, bzw. Wechselwirkung mit der Ökologie verschiedener regionaler Küstenkompartimente. Ermittlung der Raum- und Zeitskalen, auf denen diese Prozesse stattfinden,
- d) Identifizierung von „Hotspots“ der Veränderung im Küstenraum durch den Klimawandel und Nutzungsdruck. Analyse der Auswirkungen auf regionale Ökosysteme.

## 2. VOM EINZUGSGEBIET ZUR KÜSTE

Flusseinzugsgebiete, Übergangsgewässer und Küstenmeere registrieren Änderungen aller drei Pole des natürlichen Systems Meer-Land-Atmosphäre als Folge regional differenzierten Klima- und Umweltwandels. Für diese naturräumlichen Kontinua sind weder Wechselwirkungen zwischen einzelnen Kompartimenten, noch das Adaptionspotenzial einzelner Kompartimente oder des gesamten Kontinuums an den natürlichen und anthropogenen Wandel wissenschaftlich hinreichend betrachtet. Dies trifft besonders für Quellen, Umsätze und Verbleib problematischer Stoffe zu, die entlang dieses Kontinuums eingetragen und modifiziert werden und im Küstenmeer akkumulieren. Verschmutzung durch organische und anorganische Schadstoffe und Eutrophierung gehören zu den wichtigsten der multiplen Stressoren für Küstenökosysteme und sind prägnante Kriterien für die Definition ihres Umweltzustands. In Land-Meer-Übergangssystemen gibt es spezifische Hotspots, in denen Kombinationen von Veränderungen natürlicher Prozesse (beispielsweise Salzgradienten, Änderungen des Abflussverhaltens der Flüsse, der Saisonalität und der Temperaturen, Sedimentdynamik) mit menschlichen Aktivitäten (beispielsweise Wasserbau, Industrialisierung, Landnutzungsänderungen) interferieren und komplexe, nicht-lineare Folgen hervorrufen. Dies trifft besonders für Übergangsgewässer wie Ästuare und angrenzende Küstenzonen mit ausgesprochen intensiven Stoffumsätzen zu. Sie werden von physikalischen Zuständen und Transporten entlang des Land-Meer-Kontinuums – einschließlich der Wechselwirkung zwischen Meer und Aquiferen – in unterschiedlichen Zeit- und Raumskalen beeinflusst.

### Forschungsbedarfe:

- a) Ermittlung einzugsgebiets-spezifischer Muster von organischen und anorganischen (Schad)Stoffen, einschließlich Nährstoffen, Plastik, Antibiotika, Resistomen und von organischem Material, Erstellung von integrierten Bilanzen für gelöste, partikuläre und gasförmige klimarelevante Elemente und Stoffe auf der Skala von regionalen Fluss-Meer-Systemen,
- b) Analyse der Auswirkungen von Klima-, Landnutzungswandel, Gesetzgebung und wasserbaulicher Maßnahmen (Küstenschutzmaßnahmen, Flussbaumaßnahmen, Stauhaltungen und veränderte Landnutzung in den Ober- und Mittelläufen der Flüsse) auf die Stoffflussmuster und deren zeitliche und räumliche Variabilität,
- c) Analyse von Remobilisationsprozessen und -potenzialen, Verteilungswegen und des Potenzials für natürliche Abschwächung der Menge und Wirkung von problematischen Substanzen in Übergangsgewässern und im Küstenmeer,
- d) Analyse der Wirkung von Nähr- und Schadstoffen, einzeln oder in Kombination mit anderen Stressoren, auf Organismen und Ökosysteme,
- e) Analyse der Wirkung veränderter Randbedingungen in Regionalklima, Hydrologie und menschlichen Aktivitäten auf hydrodynamische Prozesse und stoffliche Umsätze im Ästuar und angrenzenden Küstengewässern (Partikelbildung, Remineralisation organischen Materials, Sauerstoffhaushalt, Übergang P- zu N-Limitierung von Plankton, benthisch-pelagische Kopplung),
- f) Analyse der Auswirkungen erhöhter Meeresspiegel und veränderter hydrodynamischer Bedingungen im Küstenraum auf stoffliche Prozesse in Binnengewässern, Auen/Niederungen sowie im Hinblick auf das Grundwasser der Küstenzone.

## 3. ÖKOSYSTEMBASIERTER KÜSTENSCHUTZ

Das übergeordnete Ziel von Küstenschutz besteht darin, den Menschen vor dem Meer zu schützen. Heute und in Zukunft gilt es für die Küsteningenieure darüber hinaus auch die natürlichen Ressourcen und Funktionalitäten der Küstenökosysteme zu schützen. Dauerhafte Baumaßnahmen für den Küstenschutz und andere Infrastrukturen erfordern deshalb ebenso den Schutz des Ökosystems Küstenmeer und damit den Erhalt seiner Ökosystemleistungen.

Dies stellt in Anbetracht klimatischer Veränderungen, dem wachsenden ökonomischen Nutzungsdruck sowie steigender gesellschaftlicher Erwartungen an den Erholungsraum Küste eine große Herausforderung dar. Insbesondere im urbanen Raum steht der Küstenschutz in direkter Flächenkonkurrenz zu vielfältigen Nutzungsansprüchen, beispielsweise in der Aufrechterhaltung der Sicherheit und Leichtigkeit der Seeschifffahrt in den Ästuaren oder dem Betrieb und Ablauf logistischer Prozesse in Häfen.

Viele Küstenschutzanlagen müssen in den nächsten Jahren erneuert, bzw. verstärkt werden, aufgrund von Degradierungserscheinungen oder inkrementellen Anpassungen an den Klimawandel. Auch der weitere Ausbau und die langfristige Nutzung von Infrastrukturen in Küstenmeeren, wie Offshore-Windanlagen oder von Gaspipelines, stehen an.

In naher Zukunft muss daher ein zukunftsorientiertes und nachhaltiges Konzept für Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen des Küstenschutzes erstellt werden, das vom Bauen in der Natur zum Bauen mit der Natur führt.

### Forschungsbedarfe:

- a) Verbesserung des Prozess- und Wirkungsverständnisses von ökosystembasierten und multifunktionalen Küstenschutzmaßnahmen in unterschiedlichen Zeit- und Raumskalen,
- b) Planung und Bewertung von ökohydraulisch aufgewerteten Küstenschutzmaßnahmen sowie Erfassung und Abwägung der bereitstellenden und regulierenden ökosystembasierten Maßnahmen autark und in Wechselwirkung mit bestehenden Infrastrukturen in Modellen (Parametrisierung) und im Feld,
- c) Entwicklung eines besseren Verständnisses ökosystembasierter Schutzwirkungen und Entwicklungsszenarien durch Erfassungsoptionen zur Aufstellung von Anpassungspfaden an Umweltveränderungen und Projektion der damit einhergehenden Verlängerung der Lebenszeit von Küstenschutzwerken,
- d) Analyse und Projektion der gesellschaftlichen Akzeptanz eines ökosystembasierten Küstenschutzes in Abwägungs- und Entscheidungsprozessen mit Stakeholdern (Nutzungs- oder Schutzhoheit, Zivilgesellschaft),
- e) Analyse und Projektion von sozioökonomisch verankerten Vorstellungen und dem Sicherheitsbedürfnis an eine „gute Küste“ sowie Einbettung in partizipative Planungsprozesse,
- f) Entwicklung raumbezogener Bewertungssysteme eines ökosystembasierten Küstenschutzes und Aufstellen von Empfehlungen und Regelwerken,
- g) Optimierung von Küstenschutzmaßnahmen mit dem Ziel, die Auswirkungen auf Küstenbiotope und -arten zu vermeiden oder weitgehend zu minimieren.



## 4. BIODIVERSITÄT UND NAHRUNGSNETZE

Während auf globaler Ebene Artenverlust und Bestandsrückgänge im Vordergrund stehen, sehen wir in regionalen marinen Systemen vor allem einen schnellen und umfassenden Austausch von Arten („Turnover“) auf allen trophischen Ebenen. Dieser Austausch reflektiert zum einen die Anpassung der Lebensgemeinschaften an geänderte Umweltbedingungen (wie Temperatur, Salz, Licht- und Nährstoffverfügbarkeiten) und zum anderen die Auswirkungen von Nutzungsveränderungen der marinen Ökosysteme. Dadurch bedingte Dominanzveränderungen innerhalb heimischer Artengemeinschaften oder das Abwandern von heimischen Arten und Einwandern von nicht heimischen Arten oder Neobiota führen zu Veränderungen in den Verbreitungsgebieten von Arten. Dieser Prozess wird sich bei steigenden Wassertemperaturen verstärken. Felddaten und Modellergebnisse zeigen zum Beispiel das Abwandern heimischer Arten nach Norden. In der Ostsee bedingt der Klimawandel dagegen eine Aussüßung, einhergehend mit der Verschiebung von artspezifischen Verbreitungsgrenzen. Entsprechende Auswirkungen weiter steigender anthropogener Belastungen und Nutzungen sowie deren kumulative Wirkungen auf verschiedenen trophischen Ebenen, gilt es zu analysieren.

Änderungen in der Artenzusammensetzung der Gemeinschaften und Abundanzen einzelner Schlüsselarten können durch das gesamte Nahrungsnetz kaskadieren, von Top-Prädatoren (z. B. Kabeljau und Kegelrobben) bis zu mikrobiellen Lebensgemeinschaften des Benthos, und damit „bottom-up“ oder „top-down“ gesteuerte Änderungen in der Nahrungsnetzstruktur, und somit in zahlreichen Ökosystemprozessen, hervorrufen. Aktuell hat beispielsweise nachlassender Fischereidruck auf intensiv genutzte Raubfischarten das Potenzial, die durch Überfischung ausgelösten und top-down gesteuerten trophischen Kaskaden umzukehren und sich positiv auf Ökosystemfunktionen und -leistungen auszuwirken. Zusätzlich können kumulative Auswirkungen multipler Stressoren zu einem Wandel trophischer Interaktionen führen und somit zur Entstehung neuer Nahrungsnetze.

Änderungen in Biodiversität und in Nahrungsnetzen führen auch zu Veränderungen in den Ökosystemfunktionen, die durch die Biologie der Arten und ihre Wechselwirkungen angetrieben werden. Hierzu gehören beispielsweise Primärproduktion und Bioturbation, die wesentlichen Einfluss auf Stoffflüsse in der Wassersäule, im Sediment und in der bodennahen Grenzschicht ausüben. Veränderungen in Biodiversitätsmustern und in Nahrungsnetzen führen zudem zu Veränderungen in Schadstoffvektoren, wenn

zum Beispiel das Potenzial, Substanzen in den Meeresboden einzugraben, verändert wird. Änderungen der Lebensräume, z. B. durch Zerstörung, Verschmutzung, Verlärmung oder Verbauung, wirken indirekt auf die Biodiversitätsmuster und Nahrungsnetze, indem sie Lebensräume ändern oder neue schaffen (z. B. Offshore-Windenergie, Grundschleppnetzfisherei, Sand- und Kiesabbau). Viele durch äußere Faktoren angetriebene Prozesse, insbesondere die kumulativen Auswirkungen multipler Treiber, sind bisher nur unzureichend verstanden.

### Forschungsbedarfe:

- a) Quantifizierung der strukturellen und funktionellen Biodiversitätsänderungen im Küstenraum auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen,
- b) Unterscheidung der Auswirkungen von anthropogenen und natürlichen Stressoren auf Biodiversitätsänderungen und Nahrungsnetze (Experimente und Prozessstudien),
- c) Projektionen zukünftiger Biodiversitätsmuster und Nahrungsnetze unter Berücksichtigung prognostizierter Umweltveränderungen und einwandernder Arten und Neobiota,
- d) Projektionen zukünftiger Biodiversitätsmuster im Zusammenhang mit Naturschutzmaßnahmen und neuen maritimen Infrastrukturen,
- e) Auswirkungen von Änderungen in der funktionellen Biodiversität und Nahrungsnetzen auf Stoffflüsse,
- f) Konsequenzen der Rückkehr von Top-Prädatoren (marine Säugetiere, Raubfische) auf die Struktur, Funktionen und Leistungen von Ökosystemen,
- g) Auswirkungen von Biodiversitätsänderungen auf Schadstoffvektoren,
- h) Auswirkungen von anthropogen bedingten Änderungen in Lebensräumen (z. B. Offshore-Energiegewinnung, Schutzgebiete) auf Artenvorkommen und Stoffflüsse,
- i) Anwendung und Weiterentwicklung von Biodiversitäts- und Nahrungsnetzanalysen zur Ableitung von Indikatoren für die Umsetzung der EU-Richtlinien und internationalen Meeres-Konventionen.

## 5. MEERESBODENNUTZUNG

Die Belastung des Meeresbodens durch anthropogene Nutzung ist vielfältig. Sie beginnt unmittelbar im Übergangsbereich vom Land zur Küste durch Küstenschutzanlagen, Aufspülmaßnahmen und Pipelines, die sich von Offshore kommend an Land fortsetzen, und erstreckt sich bis weit auf den Schelf durch intensive Fischerei, Trassen von Kabeln und Versorgungsleitungen, Reeden für Schiffe, Verklappung von Material sowie die Entnahme mineralischer Ressourcen. Die Belastung reicht von einer lokalen, rasch regenerierbaren Störung bis hin zu einer großflächigen, vollständigen Strukturveränderung der Meeresbodenoberfläche durch massive Eingriffe wie Sedimententnahmen und Infrastrukturen wie Windparks. Letztere können jedoch auch neue Besiedlungsflächen bilden und die Biodiversität in Teilbereichen erhöhen. Historisch gewachsene Nutzungen des Meeresbodens wie die Fischerei, die, seit Menschen an der Küste siedeln, existiert, oder der Küstenschutz, der seit ca. 1000 Jahren betrieben wird, konkurrieren mit neuen Nutzungen wie Windparks, Kabeltrassen, Pipelines oder Materialentnahmen. Durch die Implementierung von Naturschutz-Richtlinien wie die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und die Vogelschutz-Richtlinie oder die sehr komplexe Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie soll gewährleistet werden, dass die Gesamtbelastung des Meeresbodens auf ein Maß beschränkt bleibt, das mit der Erreichung bzw. Erhaltung eines guten Umweltzustandes vereinbar ist. Dazu ist es erforderlich, eine umfassende Datenbasis aufzubauen sowie Messverfahren und Werkzeuge, u. a. für die Modellierung, zu entwickeln, die eine Analyse, Bewertung und Prognose des Umweltzustands und seiner Veränderungen ermöglichen.

### Forschungsbedarfe:

- a) Erfassung der Auswirkungen verschiedener Fischereipraktiken auf das Sediment und seine biologische Besiedlung sowie Analyse der Regenerationszeit des Meeresbodens in Abhängigkeit von Sediment und Hydrodynamik,
- b) Ermittlung der Auswirkung grundberührende Fischerei auf Stoffflüsse sowie Identifizierung und Quantifizierung freigesetzter Stoffe.
- c) Analyse der Entwicklung von Regionen, in denen Material einmalig oder wiederholt entnommen, bzw. verklappt wurde. Dabei gilt es zu klären, ob, wie und auf welchen Raum- und Zeitskalen sich der ursprüngliche Zustand wieder einstellt und ob neue Habitate mit neuen Lebensgemeinschaften und möglicherweise opportunistischen Arten entstehen. Erarbeitung von Modellansätzen für die Identifikation relevanter Umlagerungsprozesse.
- d) Ermittlung des Einflusses von Windparks und Kabeltrassen und ähnlicher Infrastrukturen auf Sedimentumlagerungen und Sedimentverteilungsmuster sowie auf die biologische Artenvielfalt innerhalb der bebauten Regionen. Analyse der räumlichen Ausdehnung, in der diese Anlagen zu Sedimentumlagerungen in angrenzenden Flächen führen. Analyse des Einflusses von eingebrachten Hartsubstraten (z. B. Pylone, Jackets, Steinschüttungen) für den Bau und Bestand der Infrastrukturen auf die biologische Besiedlung.

## 6. MENSCH UND KÜSTE

Die Küste ist Kristallisationspunkt heutiger, sehr dynamischer sozialökologischer Veränderungen. Durch die in vielen Regionen immer intensivere und diversere Nutzung des Küstenraums sind neue Regulierungen notwendig, die sowohl dem gesteigerten Druck als auch den sich verändernden gesellschaftlichen Ansprüchen der Küste Rechnung tragen. Verschmutzung der Küsten und Küstengewässer in ihren vielfältigen Facetten (Nährstoffe, Plastik, pathogene Keime, Pharmazeutika u. v. m.) müssen durch Regelungen und Strategien auf verschiedenen Skalen und Ebenen eingedämmt werden. Die bislang getrennte Regulierung von Land- und Meer sollte dabei überwunden werden. Entsprechende Maßnahmen und Instrumente müssen im engen Dialog mit den spezifischen sozialen, ökonomischen und politischen Kontexten und Akteuren entwickelt werden, um nachhaltig Veränderungsprozesse zu gestalten und akzeptabel umzusetzen. Auch in der Nahrungsmittelproduktion müssen Regelungsmechanismen weiterentwickelt werden, die für neue Produktionsformen (z. B. Aquakultur) sozial und ökologisch sinnvoll sind. Soziale und institutionelle Innovationen können die Transformation divergierender Nutzungsformen und Verhaltensweisen hin zu nachhaltigen Ansätzen fördern und so gemeinsam mit politischen, gesellschaftlichen und privatwirtschaftlichen Akteuren bestehende Nutzungs-, Ressourcen- und Schutzkonflikte angehen. Umwelt- und Klimawandel sind weitere Faktoren, die unsere gesellschaftlichen Naturverhältnisse verändern und durch wissenschaftlich basierte, soziale und politische Transformationsprozesse begleitet werden müssen. Ein Verständnis der vielfältigen kulturellen, sozialen, ökonomischen und politischen Bedingungen, vor deren Hintergrund Transformation und Anpassung an Umweltveränderungen, die auch Migration impliziert, erfolgreich sein kann, ist unabdingbar. Voraussetzung hierfür ist die empirische, global vergleichende Erhebung und Analyse von Governance-, Interpretations- und Handlungsstrukturen, die Bedeutungszuschreibungen und menschliches Handeln in Bezug auf Küstenräume und ihre Ressourcen leiten.

### Forschungsbedarfe:

- a) Erforschung des Wandels von Küstengesellschaften (Gentrifizierung, demographischer Wandel, (ökonomische) Nutzungsformen, verschiedene küsten- und meeresbezogene Weltansichten, Diskurse und Narrative), um menschliches Verhalten bei sich stark ändernden Bedingungen (Klima, Verschmutzung, Biodiversität, Nutzung, Ansprüche) zu verstehen,
- b) Analyse der gesellschaftlichen Anpassungen an die multiplen Veränderungen (s. o.) unter vielfältigen gesellschaftlichen Bedingungen (Küstenschutz, Migration, Anpassungs-, Klimagerechtigkeits- und Verteilungsfragen),
- c) Vergleichende Untersuchung und Weiterentwicklung von „Governancekonzepten“ (z. B. Marine Schutzgebiete, Marine Raumordnung, Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie und Wasserrahmenrichtlinie), die dem gestiegenen Druck (Verschmutzung, Blue (R)evolution), den multiplen Ansprüchen und der engeren Verknüpfung der interagierenden sozialökologischen Systeme (i. e. Land/Meer; Tourismus/Fischerei/Windenergie) Rechnung tragen.

## A. BEOBACHTUNGEN, MODELLE UND DATEN

Die Erfassung des Zustands der Küstenmeere – die Bestimmung von Trends und Variabilität durch Beobachtungen – bildet eine essenzielle Grundlage für das Systemverständnis und die Modellbildung. Robuste Beobachtungsmethoden und Analysewerkzeuge für viele physikalische Parameter liegen vor, dennoch sind noch vielfältige technische Herausforderungen zu lösen. Für viele biologische und geochemische Parameter fehlen automatisierbare Messverfahren, vor allem unter extremen Bedingungen (z. B. bei Stürmen, im Flüssigschlick etc.) und langen Betriebsdauern.

Numerische Modelle erlauben Parameterstudien und Szenarienrechnungen, beispielsweise um gestützt durch Beobachtungen Konsequenzen von anthropogenen Eingriffen und Klimaveränderungen zu untersuchen. Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht in den Bereichen Ökosystem- und Schadstoffmodellierung vor allem bei den Prozessbeschreibungen und der Interaktion der Modelle untereinander, dem Austausch zwischen Sediment und Wassersäule sowie der Kopplung hydro- und morphodynamischer Modelle. Eine weitere wichtige Herausforderung ist die Erweiterung multiskaliger Kapazitäten der Modelle (variable Gitter- und Zeitschrittweiten), um Wechselwirkungen zwischen dem Küstenbereich und den angrenzenden Ästuaren und Schelfmeeren sowie zwischen verschiedenen Zeitskalen abzubilden. Zur Untersuchung von multiplen Stressoren auf Ökosysteme kommen datengetriebene Modelle zum Einsatz, die die Komplexität der gegenseitigen Beziehungen holistisch abbilden. Diese spiegeln Momentaufnahmen wider, die nur bedingt prognosefähig sind und daher Szenarien bedürfen, die wiederum auf empirischem Datenmaterial fußen. Eine Kombination von solchen, in der Regel statischen mit dynamischen Modellen ist eine notwendige Zukunftsaufgabe.

Es ist weiterhin eine ungelöste Herausforderung, Daten und Metadaten aus Beobachtungen und numerischen Modellen umfassend, vereinheitlicht, übersichtlich und qualitätskontrolliert in Datenbanken abzulegen, vorzuhalten und verfügbar zu machen. Es bedarf einer breiten nationalen Anstrengung, um klare Strukturen für das Datenmanagement und Hilfestellungen für Erheber und Nutzer zu schaffen. Auch für die Verfügbarmachung qualitätskontrollierter Referenz-Modellsimulationen müssen einheitliche Rahmenbedingungen und Standards geschaffen werden.

Bei Beobachtungsmethoden und numerischen Modellen besteht ein erheblicher und dauerhafter Entwicklungsbedarf,

der durch eine zeitlich begrenzte Projektentwicklung alleine nicht gedeckt werden kann. Darüber hinaus sollten Modellansätze sowie deren Ergebnisse und Beobachtungsdaten für die Weiterentwicklung und Ermittlung geeigneter Zustands- und Belastungsindikatoren nutzbar sein.

### Forschungs- und Entwicklungsbedarfe:

- a) Verbesserung von Langzeitmessungen, um auch im automatischen Betrieb und unter extremen Bedingungen (z. B. bei Stürmen, im Flüssigschlick) zuverlässige Daten zu liefern,
- b) Entwicklung neuer automatisierter Messmethoden für biologische und geochemische Parameter,
- c) Weiterentwicklung der physikalischen, biogeochemischen, biologischen Prozessbeschreibungen und Integration von neuem Prozessverständnis in numerische Modelle des Küstenozeans,
- d) Kopplung von hydro- und morphodynamischen mit biogeochemischen Modellen und Kombination von datenbasierten und generischen Ansätzen zur Steigerung der Ökosystem-Prognosefähigkeit,
- e) Erweiterung und Kopplung sozioökonomischer Datenerfassung und Modellierungen mit ingenieur- und naturwissenschaftlichen Methoden.
- f) Erweiterung von multiskaligen und kompartimentübergreifenden Modellkapazitäten auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen,
- g) Entwicklung von Strategien, um Daten aus Beobachtungen und Modellen umfassend, vereinheitlicht, vernetzt, übersichtlich und qualitätskontrolliert in Datenbanken abzulegen, vorzuhalten und verfügbar zu machen,
- h) Fortbestand, Erneuerung, Verfügbarkeit und bedarfsgerechter Ausbau von kleinen und mittleren Forschungsschiffen sowie anderen Messplattformen, um dem wachsenden Umfang von Forschungsaufgaben in der Küstenforschung gerecht zu werden,
- i) Bereitstellung existenter Datenarchive durch Aufarbeiten relevanter Bestände und deren Freigabe.

## B. FÖRDERUNG DES WISSENSCHAFTLICHEN NACHWUCHSES

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist essenziell, um langfristig durch hochqualifizierte Wissenschaftlerinnen und -wissenschaftler den nationalen und internationalen Herausforderungen des Küstenzonenmanagements und der Küstenmeerforschung gewachsen zu sein. Gleichzeitig gilt es, international Experten für globale Küstenmanagementfragen auszubilden und die Konkurrenzfähigkeit und Exzellenz des Wissenschaftsstandortes Deutschland in der weltweiten Forschung zu festigen. Hierzu muss die Küstenmeerforschung mit all ihren Facetten und Disziplinen stärker in Lehr- und Ausbildungsprogramme integriert werden. Zudem sind ein hohes Niveau der Qualität der Ausbildung, attraktive Karrierestrukturen und berufliche Perspektiven wichtig. Um dies zu gewährleisten, bedarf es einer engen Kooperation zwischen Universitäten, die den überwiegenden Anteil der Lehre übernehmen, und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, die durch ihre moderne Ausstattung die Qualifikation von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern unterstützen.

In der Küstenmeerforschung muss die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses derzeit in allen Bereichen von Forschung über Monitoring bis zum Management ausgebaut, verbessert und modernisiert werden. Es fehlt besonders an Praxiserfahrung von Jungwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern. Auch die Karriereförderung gilt es zu verbessern, insbesondere für Frauen, die in Leitungspositionen in der Wissenschaft nach wie vor unterrepräsentiert sind. Schließlich gilt es, auch die Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern über alle Forschungsinstitutionen hinaus zu koordinieren und ein internationales Nachwuchs-Netzwerk zu etablieren. Hoch qualifizierte und gut vernetzte Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sichern die Zukunft der Küstenmeerforschung.

### Forschungsbedarfe:

- a) Erstellung eines „Capacity Building“ Internet-Portals für alle Lehrangebote von allen Akteuren der Küstenmeerforschung, die sich in die Ausbildung einbringen: Universitäten, außeruniversitäre Forschungsinstitutionen, ausbildende Behörden, Ämter und Unternehmen in Deutschland und weltweit.
- b) Auf- und Ausbau von „Coastal Research School(s)“, die dazu beitragen, die Ausbildungsqualität zu steigern, durch:
  - Vermittlung aktueller nationaler und internationaler Forschungsfragen und Einbindung in laufende Forschungsprojekte. Dabei sollen auch Einblicke in die nationale und internationale Forschungsgemeinschaft gegeben werden, um eine frühzeitige Vernetzung von Jungwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern untereinander sowie mit Senior Scientists zu fördern.
  - Ausbau der Praxiserfahrung durch neue Kursangebote: Feld- und Laborkurse, Expeditionen, „Shipboard-Training“ sowie frühzeitige Integration neuer Technologien und Ansätze in die Ausbildung.
- c) Klare Perspektiven für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler:
  - Welche Aussichten haben Jungwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler in der Wissenschaft? Können hier Anreize geschaffen werden, zum Beispiel durch Profilierungs-/ Motivierungs-Modelle („Punktesystem“ für eingebrachte Lehre und Ideen)?
  - Vermittlung außeruniversitärer Berufsfelder, die auch den behördlichen oder privatwirtschaftlichen Arbeitsmarkt berücksichtigen.
- d) Hilfestellung bei der Karriereplanung durch:
  - Findungsprozesse (z. B. „Kreativ-Werkstatt-Ansätze“)
  - Nationale und internationale themenbezogene Doktorandentage
- e) Unterstützung der Karriere durch unkomplizierte, kurzfristige finanzielle Förderung (Stipendien, max. 12 Monate) zur Verlängerung der PhD-Phase.





## **Impressum**

### **Herausgeber:**

Konsortium Deutsche Meeresforschung,  
Strategiegruppe Küstenforschung

### **Autorinnen und Autoren und Redaktion:**

Prof. Dr. Ulrich Bathmann (Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde)

Prof. Dr. Hans Burchard (Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde)

Prof. Dr. Kay-Christian Emeis (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)

Dr. Jacobus Hofstede (Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft,  
Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein)

Prof. Dr. Silja Klepp (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

Dr. Gerd Kraus (Thünen-Institut für Seefischerei, Hamburg)

Prof. Dr. Ingrid Kröncke (Senckenberg am Meer Wilhelmshaven, Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg)

Prof. Dr. Achim Schlüter (Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung, Bremen)

Dr. Klaus Schwarzer (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

Prof. Dr. Torsten Schlurmann (Leibniz Universität Hannover)

Prof. Dr. Karen Helen Wiltshire (Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung)

Dr. Claudia Wiedner (Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde)

Prof. Dr. Christian Winter (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

Anmerkung: Die Autoren haben die Ergebnisse zu den Forschungsbedarfen Küstenmeere, die auf dem Symposium „Küste im Wandel“ 2018 in Berlin identifiziert wurden, zusammengefasst und in Arbeitsgruppen, die sich auf dem Symposium gebildet haben, weiter abgestimmt. Ihr Entwurf zu den Ergebnissen dieses Konsultationsprozesses wurde mit allen Teilnehmer des Symposiums abgestimmt.

### **Satz:**

Projekträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH

### **Bildnachweis:**

Foto Titelseite: Dr. Claudia Wiedner

### **Druck:**

Grafische Medien | Forschungszentrum Jülich GmbH

### **Stand:**

November 2018

