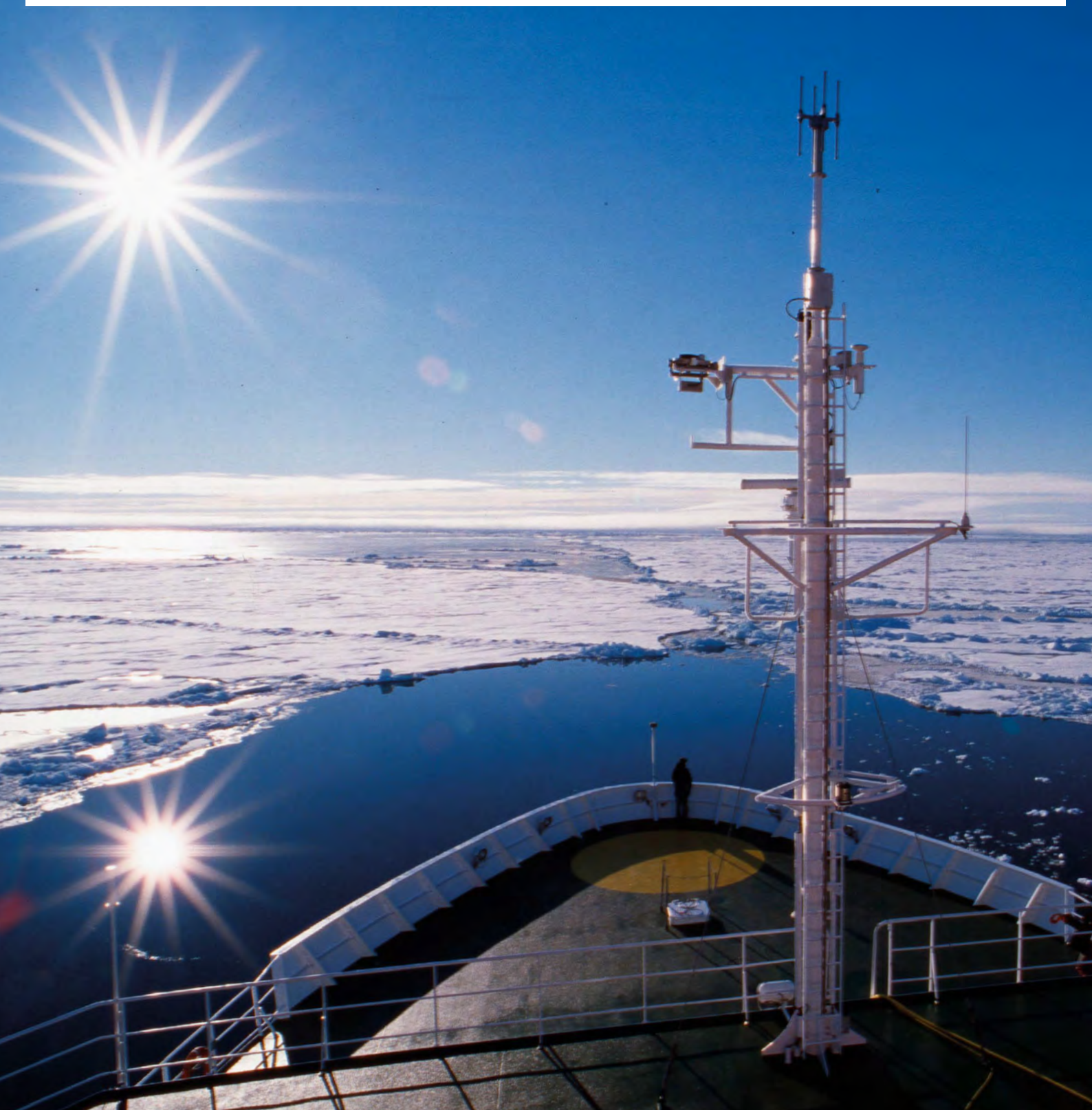




Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

MARE:N – Küsten-, Meeres- und Polarforschung für Nachhaltigkeit

Forschungsprogramm der Bundesregierung



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
<hr/>	
1. Einführung	3
<hr/>	
2. Herausforderungen an die Küsten-, Meeres- und Polarforschung	4
<hr/>	
3. Politischer und programmatischer Rahmen	6
<hr/>	
4. Internationale Einbindung der Küsten-, Meeres- und Polarforschung	8
<hr/>	
5. Agendaprozesse in der Küsten-, Meeres- und Polarforschung	10
<hr/>	
6. Programmstruktur	12
<hr/>	
7. Wissenschaftliches Programm	14
<hr/>	
7.1 Globaler Wandel und Klimageschehen	14
7.2 Ökosystemfunktion und Biodiversität.....	15
7.3 Globale Stoffkreisläufe und Energieflüsse.....	17
7.4 Umgang mit Naturgefahren.....	19
7.5 Nachhaltige Ressourcennutzung	21
7.6 Governance und Partizipation	24
<hr/>	
8. Forschungsinfrastrukturen	28
<hr/>	
8.1 Forschungsflotte und Großgeräte	28
8.2 Mess- und Beobachtungstechnik	31
8.3 Daten- und Informationsinfrastrukturen	32
8.4 Modellierungsinfrastruktur	33
<hr/>	
9. Innovative Technologien	34
<hr/>	
10. Umsetzung des Forschungsprogramms	35
<hr/>	
10.1 Zuwendungsgeber, Projektstruktur und Förderhöhe.....	35
10.2 Auswahlverfahren und Förderbestimmungen	36
10.3 Evaluation.....	37
<hr/>	
11. Weitere Informationen und Ansprechpartner	38
<hr/>	
Impressum	39
<hr/>	

Vorwort

Meere und Ozeane bedecken über zwei Drittel der Erdoberfläche. Sie stellen die größten zusammenhängenden Ökosysteme auf unserem Planeten dar und spielen – neben der Atmosphäre – die treibende Rolle im Klimageschehen und im Stoffhaushalt der Erde. Daher ist der Schutz der Ozeane eine der wichtigsten Aufgaben überhaupt. Die Zukunft der Menschheit hängt davon ab, wie verantwortungsvoll wir mit unserer Umwelt und ihren natürlichen Ressourcen umgehen.

Wir wissen noch zu wenig über die biologischen, chemischen und physikalischen Wechselwirkungen in den Ozeanen. Einer der Pioniere der Meeresforschung, Jacques-Yves Cousteau, sagte einst: „Die Voraussetzung für Wissen ist die Neugier“. Erst durch eine von großem Forscherdrang angetriebene multidisziplinäre Forschung können die Veränderungsprozesse in Küsten-, Meeres- und Polarregionen besser verstanden und bewertet werden. Diese wissenschaftlichen Erkenntnisse bilden die Grundlage für politische Entscheidungen, die uns alle betreffen – zum Beispiel bei der Erarbeitung von umweltschonenden und nachhaltigen Nutzungskonzepten.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt die wissenschaftliche Arbeit mit einer langfristigen und verlässlichen Förderung. So verfügt Deutschland heute über eine der weltweit modernsten Forschungsflotten sowie über exzellente Forschungsinfrastrukturen. Zudem bringt es sich mit viel Expertise in internationale Wissenschaftskooperationen ein. Denn das Meer kennt keine Ländergrenzen – hier ist eine enge zwischenstaatliche Zusammenarbeit erforderlich.

Unter dem Dach des Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)“ hat die Bundesregierung mit dem Fachprogramm MARE:N neue Ziele für die Küsten-, Meeres- und Polarforschung formuliert. MARE:N wird durch eine enge ressortübergreifende Zusammenarbeit getragen und bezieht Stakeholder aus Wissenschaft, Gesellschaft, Politik und Wirtschaft ein. Wichtige inhaltliche Impulse liefern die Deutsche Allianz Meeresforschung (DAM) und die multilaterale Initiative „Healthy and Productive Seas and Oceans“ (JPI Oceans). Darüber hinaus stellt MARE:N einen deutschen Beitrag zur UN-Dekade der Ozeanforschung dar.

Diese abgestimmte Förderpolitik sowie eine Vernetzung über Disziplinen und Ländergrenzen hinweg ermöglichen exzellente Forschungsarbeit und schaffen Handlungswissen für die Zukunftsvorsorge. Mit diesem Wissen können die Ozeane wirksam geschützt und ihre Nutzung nachhaltiger gestaltet werden.

Ihr Bundesministerium für Bildung und Forschung



1. Einführung

Nach Schätzungen der Vereinten Nationen leben heute mehr als 40 Prozent der Weltbevölkerung, rund 2,8 Milliarden Menschen, in einer Entfernung von maximal 100 Kilometern zur Küste. 95 Prozent des internationalen Warenaustausches laufen über den Seeweg, außerdem sind die Weltmeere eine wichtige Quelle für Nahrung, Roh- oder Wirkstoffe. So liefert Seefisch fast drei Milliarden Menschen weltweit mehr als ein Fünftel ihres täglichen Eiweißes. Damit die Menschheit die Küsten-, Meeres- und Polarregionen auch in Zukunft nutzen kann, muss sie ihren Umgang mit deren Leistungen und Ressourcen nachhaltig gestalten. Der Forschung fällt es zu, gemeinsam mit Gesellschaft, Politik und Wirtschaft die dafür notwendige Wissens- und Entscheidungsbasis zu schaffen, mögliche Zukunftsszenarien zu entwerfen und die wissenschaftlichen Grundlagen für nachhaltige technologische und soziale Innovationen zu erarbeiten.

Als Teil des „Rahmenprogramms für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA) richtet die Bundesregierung deshalb das Forschungsprogramm MARE:N – Küsten-, Meeres- und Polarforschung für Nachhaltigkeit ein. Es ist auf die spezifischen Themenbereiche der Küsten-, Meeres- und Polarregionen zugeschnitten und versteht sich als offener und lernender Handlungsrahmen, in dem die Förderaktivitäten bedarfsgerecht an aktuelle forschungspolitische und gesellschaftliche Entwicklungen und Fragestellungen angepasst werden. Um die Küsten-, Meeres- und Polarregionen wirksam zu schützen, nationale und internationale Politiken und Abkommen umzusetzen und nachhaltige Nutzungskonzepte zu entwickeln, müssen die Akteure aus Gesellschaft, Wissenschaft, Politik und Wirtschaft eng zusammenarbeiten. Eine kohärente Forschungspolitik und eine gute Verzahnung der verschiedenen Förderinstrumente sind dafür unerlässlich.

Eine enge Abstimmung und der kontinuierliche Dialog der verschiedenen Bundesressorts, der Länder und der Wissenschaft sind für die anwendungsorientierte Forschung besonders wichtig. Partizipative Agendaprozesse sind deshalb zentral für die Umsetzung und Fortschreibung des Forschungsprogramms MARE:N. Unter Federführung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wird dafür ein Ressortkreis der Bundesministerien für Wirtschaft und Energie (BMWi), für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) sowie für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) eingerichtet. Er soll die kontinuierliche Begleitung und Weiterentwicklung des Programms unter Wahrung der jeweiligen Ressortzuständigkeiten abstimmen. Die Länder, die Wissenschaft und weitere Nutzer der Forschung werden durch das „Forum Marine Forschung“ und die zu etablierenden Agendaplattformen beteiligt.



2. Herausforderungen an die Küsten-, Meeres- und Polarforschung

Die Weltmeere bedecken rund 70 Prozent der Erdoberfläche und sind damit das größte Ökosystem der Erde. In den oberen Schichten unserer Ozeane erzeugen mikroskopisch kleine Algen und Bakterien genauso viel Sauerstoff und binden dabei genauso viel Kohlenstoff wie sämtliche Landpflanzen. Seit Beginn der Industriellen Revolution haben die Ozeane etwa 30 Prozent allen Kohlendioxids aufgenommen, das Menschen in die Atmosphäre entlassen haben. Zugleich sind die Ozeane globale Wärmepuffer, die extreme Temperaturschwankungen verhindern und mithilfe von Meeresströmungen und atmosphärischer Zirkulation für einen Wärmeausgleich zwischen den niedrigen und hohen Breiten sorgen.

Der Mensch greift zunehmend an entscheidenden Stellen in die Funktionsweise des Erdsystems ein. Die anfangs kaum wahrnehmbaren Auswirkungen des menschlichen Handelns sind in den Weltmeeren heute deutlich mess- und sichtbar.

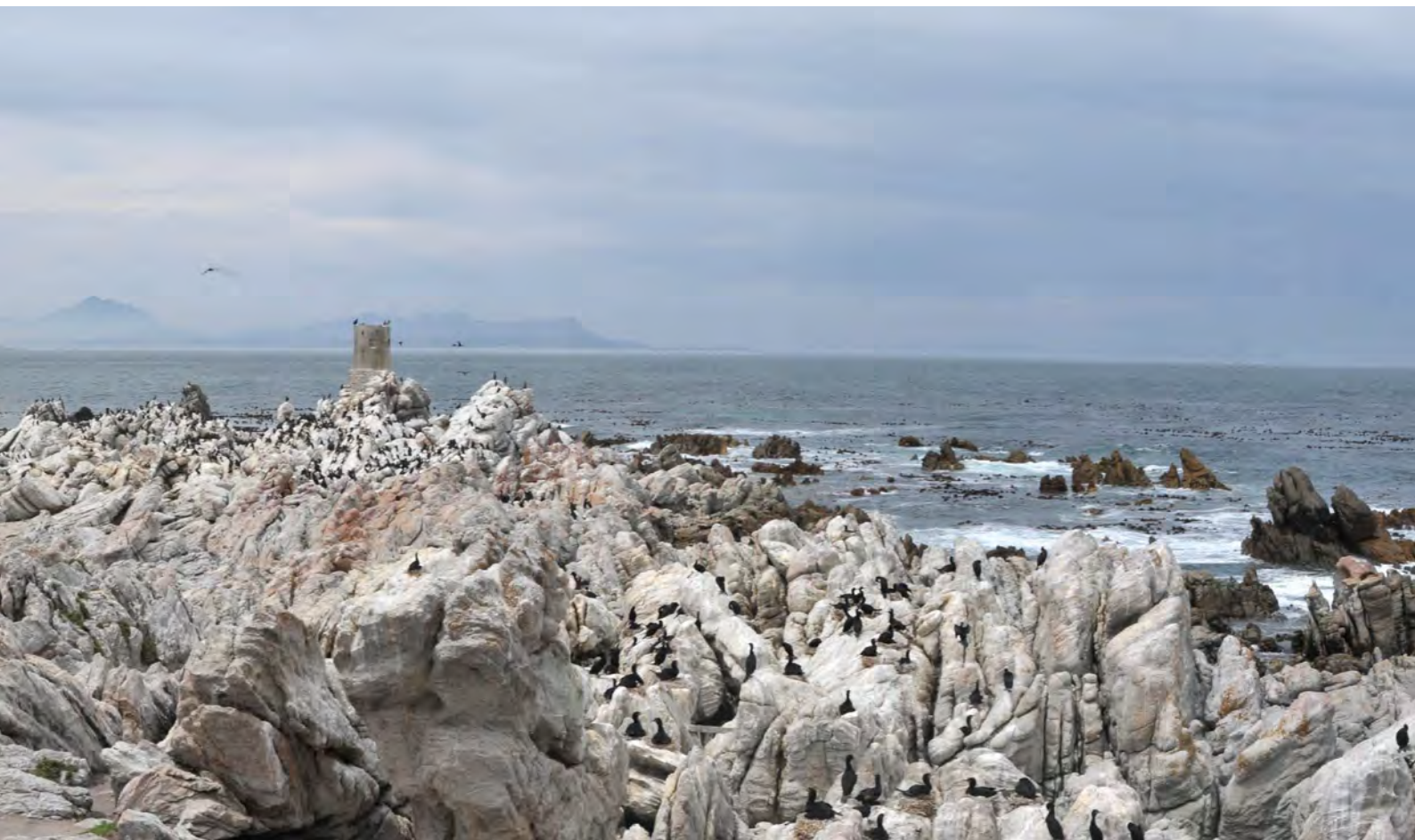
Der menschengemachte Kohlendioxidausstoß und seine Folgen wie Klimawandel, Ozeanerwärmung, Meeresspiegelanstieg, Ozeanversauerung, Sauerstoffarmut und der Rückgang des polaren Meereises bedrohen die Ökosysteme genauso wie der unkontrollierte Umgang mit biologischen und geologischen Ressourcen oder der zunehmende Eintrag von Fremd-, Schad- und Nährstoffen.

Doch der Mensch ist auf die Ökosystemleistungen der Meere und Küsten angewiesen, deshalb liegt die generationsübergreifende Erhaltung der marinen Leistungen und Ressourcen sowohl im wirtschaftlichen als auch im sozialen Interesse. Die Nutzung durch die Menschen darf die natürliche Lebensgrundlage für Flora und Fauna in den Meeren nicht gefährden. Eine Balance zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Gesichtspunkten zu finden, gehört folglich zu den großen Herausforderungen.

Von noch fundamentalerer Bedeutung für unser Leben sind die klimaregulierenden Wirkungen der Ozeane und die in ihnen stattfindenden biogeochemischen Prozesse, die vielfach mit den globalen Stoff- und Energieflüssen rückgekoppelt sind. Der prognostizierte Meeresspiegelanstieg, die Zunahme von extremen Sturmfluten und die Küstenerosion gefährden schon heute etwa ein Drittel der gesamten Weltbevölkerung. Daher sind Strategien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels und zur nachhaltigen Nutzung der Küstenregionen unentbehrlich.

Die Forschung spielt im Prozess der Transformation zu einer umweltverträglichen und nachhaltig wirtschaftenden Gesellschaft eine unverzichtbare Rolle: Sie stellt das Grundlagen- und Entscheidungswissen für Gesellschaft, Politik und Wirtschaft zur Verfügung, beschreibt mögliche Entwicklungs- und Handlungsszenarien und erarbeitet technologische Innovationen

für die nachhaltige Küsten- und Meeresnutzung. Zukünftig kann sie nur dann erfolgreich sein, wenn sie sich an den globalen Herausforderungen orientiert, gesellschaftliche Erfordernisse in ihren Zielsetzungen aufgreift und ressortübergreifend sowie international abgestimmt vorgeht. Die Küsten-, Meeres- und Polarforschung muss aufgrund ihrer globalen Bedeutung sowie ihrer wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Komplexität in einem breiten regionalen, nationalen und internationalen Kontext umgesetzt werden. Sie kann darüber hinaus nur gelingen, wenn die Disziplinen untereinander eng kooperieren, wenn die Kapazitäten aus institutioneller, ressortgebundener und universitärer Forschung und Projektförderung gemeinsam genutzt werden und wenn die Wissenschaft mit Zivilgesellschaft, Politik und Wirtschaft zusammenarbeitet. Das Forschungsprogramm MARE:N bietet als Forschungsprogramm der Bundesregierung den Rahmen für die zukünftige Küsten-, Meeres- und Polarforschung.



Die nährstoffreichen Gewässer des Benguelastroms (Südliches Afrika) sind fischreich. Zahlreiche Vogelarten wie Kormorane, Pelikane und Flamingos finden hier ihre Nahrung.



3. Politischer und programmatischer Rahmen

Die Küsten-, Meeres- und Polarforschung ist ein durchgängig trans- und interdisziplinäres Themenfeld. Die Herausforderungen der Zukunft erfordern eine enorm breite Beteiligung von gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Akteuren. Das gilt für den schonenden Umgang mit biologischen und geologischen Ressourcen ebenso wie für die nachhaltige Nutzung mariner Energiequellen, für den Schutz der Meeresumwelt und die Reduktion von Schadstoffeinträgen. Weitere gesellschaftspolitische Herausforderungen stellen die Anpassung an den Klimawandel, die Sicherung des gesellschaftlichen Wohlstandes, der Lebensqualität und der wirtschaftlichen Entwicklung dar. Die Vielfältigkeit der damit einhergehenden Aufgaben spiegelt sich in der Beteiligung verschiedener Bundesressorts an der Umsetzung nationaler und internationaler Politiken und Abkommen wider. Unabhängig von der jeweiligen Schwerpunktsetzung der Ressorts liefert die Wissenschaft eine der wichtigsten Grundlagen für politische und gesellschaftliche Handlungskompetenz (Abb. 1).

Die deutsche Küsten-, Meeres- und Polarforschung ist im internationalen Vergleich gut aufgestellt. Ihre unverzichtbare Basis stellen die institutionellen und die ressortgebundenen Forschungseinrichtungen mit ihren Großgeräten, den komplexen Infrastrukturen und ihrer exzellenten nationalen und internationalen Vernetzung dar. Auf dieses Fundament setzt die programmatische Projektförderung als flexibles strategisches Steuerungsinstrument auf.

MARE:N zielt als abgestimmtes Forschungsprogramm der Bundesregierung auf eine enge Verzahnung unterschiedlicher Förderinstrumente und aller Beteiligten aus Wissenschaft, Gesellschaft, Politik und Wirtschaft ab. Die entstehenden Synergieeffekte werden genutzt, um den Erfordernissen einer zukunftsweisenden Küsten-, Meeres- und Polarforschung gerecht zu werden.



Abb. 1: Politischer und programmatrischer Rahmen der deutschen Küsten-, Meeres- und Polarforschung.



4. Internationale Einbindung der Küsten-, Meeres- und Polarforschung

Komplexe Zusammenhänge und Rückkopplungsmechanismen beeinflussen das Erdsystem auf globalen Ebenen und können gleichzeitig regionale und lokale Wirkungskaskaden auslösen. Die Küsten-, Meeres- und Polarforschung muss den globalen Zusammenhängen Rechnung tragen und ist daher mit ihren nationalen Aktivitäten schon seit Jahrzehnten in internationale Programme und Kooperationen eingebunden. Die Bundesregierung bekennt sich zu den bestehenden multilateralen Abkommen und Vereinbarungen zum Schutz der Küsten, Meere und Polarregionen. Von besonderer Relevanz sind hier das UN-Seerechtsübereinkommen, die UN-Biodiversitätskonvention, die UN-Klimarahmenkonvention, internationale Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung (z. B. MARPOL und London-Protokoll) und das Antarktische Vertragssystem. Darüber hinaus existieren regionale Übereinkommen wie zum Beispiel das Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt im Nordostatlantik (OSPAR), das Übereinkommen zum Schutz der Ostsee (HELCOM) und die Trilaterale Wattenmeer-Zusammenarbeit.

Die Forschungsaktivitäten innerhalb von MARE:N sind eingebunden in die internationalen Programme der UN und der EU. Sie tragen zur Erarbeitung von internationalen Strategien für den Schutz und die nachhaltige Entwicklung der Küsten-, Meeres- und Polargebiete bei, die die Umsetzung sowohl der europäischen Richtlinien (siehe Abb. 1), als auch der UN-Entwicklungsagenda 2030 unterstützen können (insbesondere Entwicklungsziel 14: „Die Ozeane, Meere und marinen Ressourcen im Sinne nachhaltiger Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen“).

Die Bundesregierung strebt eine starke internationale Abstimmung der Forschungsaktivitäten an, um im Bereich der Vorsorgeforschung globales Wissen zum Erhalt der Gemeinschaftsgüter zu generieren. In Abstimmung mit anderen Ressorts haben sich in der Meeresforschung bereits verschiedene internationale Kooperationen erfolgreich etabliert, die entsprechend den Anforderungen der zukünftigen Forschung weiter ausgebaut werden sollen. So vertritt das Bundesforschungsministerium die Bundesrepublik Deutschland in der

gemeinsamen Programminitiative „Healthy and Productive Seas and Oceans“ (JPI Oceans). Dabei handelt es sich um eine multilaterale Initiative, die auf die Harmonisierung der nationalen Aktivitäten im Bereich der marinen und maritimen Forschung zielt. Ferner beteiligt sich das BMBF an Förderinstrumenten, die einen gemeinsamen europäischen Forschungsraum schaffen und den direkten Wissenstransfer zur Umsetzung gemeinsamer Meerespolitiken unterstützen (zum Beispiel Artikel 185, EraNet, CSA).

Die deutsche Meeresforschung liefert darüber hinaus maßgebliche Beiträge zum Weltklimabericht der Vereinten Nationen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) und ist eng in die internationalen Forschungsprogramme zum globalen Wandel wie zum Beispiel Future Earth Research for Global Sustainability

oder das World Climate Research Programme (WCRP) eingebunden. Weiterhin kommt Deutschland als Mitglied der Zwischenstaatlichen Ozeanografischen Kommission (IOC) der UNESCO und des Internationalen Rates für Meeresforschung (ICES) auch zukünftig eine wichtige Rolle bei der Koordination und Förderung der Ozeanforschung und -beobachtung zu.

Unter dem Dach von MARE:N soll die förderstrategische Abstimmung sowohl auf nationaler Ebene zwischen den Ressorts als auch auf internationaler Ebene weiter intensiviert werden. Deutschland als eine der führenden Wirtschaftsnationen ist sich seiner internationalen Verantwortung im Bereich der Meeresforschung und der Meerespolitiken bewusst und stellt mit MARE:N die hierfür erforderliche Infrastruktur sowie die forschungspolitische Basis zur Verfügung.



Diskussionsrunde zu den Herausforderungen an eine moderne Klimaforschung bei der 21. Weltklimakonferenz (COP 21) in Paris.



5. Agendaprozesse in der Küsten-, Meeres- und Polarforschung

Die Küsten-, Meeres- und Polarforschung integriert zahlreiche wissenschaftliche Fachgebiete und knüpft mit ihren Fragestellungen in besonderem Maße an die großen gesellschaftlichen Herausforderungen des Klimawandels an. Die verschiedenen Disziplinen müssen in den kommenden Jahren noch enger zusammenarbeiten, um das notwendige Entscheidungswissen zur Funktion der Meere im Erdsystem, zum Einfluss des menschlichen Handelns auf marine Ökosysteme und zu den Rückwirkungen mariner und globaler Veränderungen auf die menschliche Gesellschaft zu erarbeiten. Die Schwerpunkte der Forschung können nur im Dialog der Kompetenzträger aus Wissenschaft, Gesellschaft, Politik und Wirtschaft bedarfsgerecht gesetzt werden.

Damit die Meeresforschung in Deutschland diesen Anforderungen gerecht werden kann, ist eine kohärente, komplementäre und international abgestimmte Forschungspolitik für die Küsten-, Meeres- und Polargebiete zu entwickeln, damit alle vorhandenen Kapazitäten und Ressourcen effizient genutzt werden können. Das Forschungsprogramm der Bundesregierung MARE:N bildet unter dem Dach des Forschungsprogramms für Nachhaltige Entwicklung (FONA) die Basis zu dieser Strategie. Seine Umsetzung wird durch einen Ressortkreis der beteiligten Bundesministerien begleitet, so dass der Transfer von Forschungsergebnissen in die gesellschaftlichen und politischen Entscheidungsprozesse gesichert ist.

Darüber hinaus haben die Länder in Zusammenarbeit mit dem BMBF und der Deutschen Forschungsgemeinschaft das „Forum Marine Forschung“ etabliert, um zukünftig die Forschungsaktivitäten besser zu koordinieren. Die Beteiligung der Wissenschaft und zukünftiger Anwenderinnen und Anwender der Forschungsergebnisse wird über die Agendaplattformen sichergestellt (Abb. 2).

Basierend auf diesen Strukturen versteht sich das Forschungsprogramm MARE:N als offener, lernender Handlungsrahmen. Die im Lauf der Zeit sich ändernden Herausforderungen und die dadurch bestimmten Themenfelder in der Küsten-, Meeres- und Polarforschung zu identifizieren, ist die Aufgabe der Agendaprozesse. Dafür werden mit Experten aus Wissenschaft, Politik und Gesellschaft drei trans- und interdisziplinäre Plattformen gebildet, in denen die Fördermaßnahmen dem tatsächlichen Bedarf und Entwicklungsstand angepasst werden. Die so identifizierten Themen der Projektförderung werden in der Regel in Form von abgestimmten Bekanntmachungen veröffentlicht und wettbewerblich vergeben. Damit kann das Programm flexibel auf aktuelle forschungspolitische und gesellschaftliche Entwicklungen reagieren und stellt ein strategisches

Steuerungsinstrument dar, das insbesondere auf kurz- bis mittelfristige Forschungsfragen ausgelegt ist.

Eine besondere Rolle kommt dem Programm MARE:N in der Kooperation zwischen universitärer und außeruniversitärer Forschung zu. Indem die spezifischen Stärken der jeweiligen Organisationen und ihre programmatischen Forschungsinhalte enger verzahnt werden, sollen Kompetenzen weiterentwickelt und Ressourcen gebündelt werden. Außerdem soll so das Zusammenspiel von Vorsorgeforschung und anwendungsorientierter Forschung verbessert werden. Dabei hat die universitäre Forschung sowohl für die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses als auch für die strukturelle Umsetzung von interdisziplinären Forschungsansätzen eine besondere Bedeutung.

Um den Transfer der Forschungsergebnisse in die Anwendung zu beschleunigen, soll die Forschung vorrangig in trans- und interdisziplinären Verbänden erfolgen. Die Einbeziehung zukünftiger Anwender und Nutzerkreise während der gesamten Laufzeit und eine moderne Wissenschaftskommunikation sind dabei von entscheidender Bedeutung.

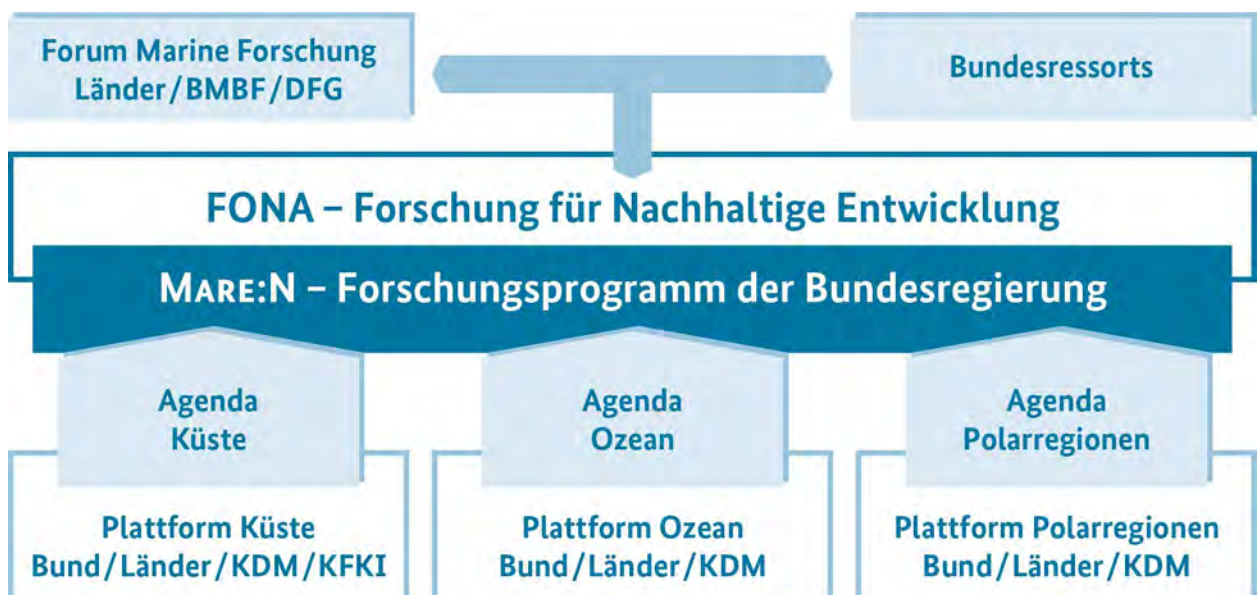


Abb. 2: Agendaprozesse in der Küsten-, Meeres- und Polarforschung.



6. Programmstruktur

Das Programm MARE:N soll der umfassenden Vorsorgeforschung dienen, Entscheidungs- und Handlungskompetenz bereitstellen und zur Entwicklung zukunftsorientierter und innovativer maritimer Technologien beitragen. Das wissenschaftliche Programm besteht aus sechs großen fach- und ressortübergreifenden, gesellschaftsrelevanten Schwerpunktthemen und zwei Querschnittsaktivitäten (Abb. 3).

Der Themenschwerpunkt **Globaler Wandel und Klimageschehen** umfasst die Analyse der langfristigen natürlichen und anthropogenen Veränderungen des Umweltzustandes. Die Komplexität und Bedeutung des Ozeans als Klimamotor kann nur durch einen iterativen Prozess aus Beobachtung und Modellierung umfassend beschrieben werden, der im Ergebnis zu belastbaren Prognosen führen muss.

Ein umfassendes Verständnis der Variabilität sowie der Anpassungsmechanismen auf Art- und Systemebene ist unabdingbar, um die Folgen des globalen Wandels auf die Biodiversität abschätzen zu können. Auf dieser Basis wird MARE:N im Bereich **Ökosystemfunktion und Biodiversität** die Veränderung der Belastungspotenziale und die Widerstandsfähigkeit der Ökosysteme gegenüber den vielfältigen Änderungen und den Folgen wachsender Nutzungsansprüche adressieren.

Die Forschungsaktivitäten im Themenschwerpunkt **Globale Stoff- und Energieflüsse** werden sich auf das Verständnis der Kohlenstoff- und Nährstoffkreisläufe konzentrieren, da diese die Biodiversität und damit die Ökosystemfunktionen beeinflussen. Die Kenntnis über diese teilweise auf kleinsten Skalen ablaufenden Prozesse und die Bilanzierung der Stoffumsätze ist für das Verständnis der regionalen und globalen Stoffkreisläufe essenziell und ermöglicht es, die Auswirkungen auf die marinen Lebensgemeinschaften zu erfassen.

Im Zentrum künftiger Forschungsprojekte im Schwerpunkt **Umgang mit Naturgefahren** steht die Entwicklung neuer und verbesserter Verfahren zur Prognose und Früherkennung von sowie zum Schutz vor Naturgefahren. Das gilt für die Vorhersage meteorologischer Extremereignisse und ihrer Folgen vor dem Hintergrund langfristiger Klimaveränderungen ebenso wie für die Prognose und Früherkennung geologischer Prozesse. Ziel der Forschungsaktivitäten ist die Schadens- und Risikominimierung betroffener Küstenregionen.

Die verbindliche Definition einer nachhaltigen Ressourcennutzung und deren erfolgreiche Umsetzung sowie eine Abschätzung der Bedeutung und Robustheit von Ökosystemleistungen sind die Herausforderungen, die im Themenschwerpunkt **Nachhaltige Ressourcennutzung**

adressiert werden. Dazu gehören im Rahmen einer ökologischen Begleit- und Folgeforschung auch Prozessuntersuchungen der langfristigen und kumulativen Effekte auf die marinen und polaren Ökosysteme.

Die mit Klimawandel und zunehmender Nutzung der marinen Ressourcen einhergehenden Probleme und Konflikte erfordern multilaterale Lösungen und Anpassungsstrategien, die in einem breiten gesellschaftlichen Konsens erarbeitet werden müssen. **Governance und Partizipation** sind deshalb ein immanenter Bestandteil aller Themenfelder von MARE:N.

Zur adäquaten Bearbeitung der genannten Forschungsschwerpunkte ist die Bereitstellung einer modernen **Forschungsinfrastruktur** unabdingbar. Das schließt Mess-, Beobachtungs-, Informations- und Datentechnik ein. Angesichts eines unverändert schnellen technologischen Fortschritts gehört auch die bedarfsgerechte Entwicklung **innovativer Technologien** in ausgewählten marinen Tätigkeitsfeldern zu den Erfordernissen von MARE:N.



Abb. 3: Themenschwerpunkte und Querschnittsthemen des Forschungsprogramms MARE:N.



7. Wissenschaftliches Programm

MARE:N ist als lernendes Programm angelegt, um flexibel auf aktuelle gesellschaftliche und forschungspolitische Entwicklungen reagieren und neue Themenfelder identifizieren zu können. Die nachfolgend dargestellten Programmschwerpunkte werden durch Agendaprozesse fachlich begleitet und weiterentwickelt (vgl. Kapitel 5).

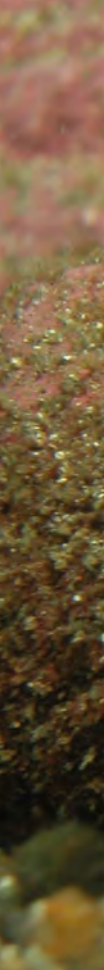
7.1 Globaler Wandel und Klimageschehen

Das Meer spielt eine fundamentale Rolle im globalen Klimawandel, auch für terrestrische Klimazonen: Fast der gesamte Wassergehalt der Atmosphäre und damit der Niederschlag entstehen durch Verdunstung an der Meeresoberfläche. Der atmosphärische Wärmehaushalt wird weitgehend von Meeresströmungen bestimmt. Die ozeanische Zirkulation wirkt wie ein globales Förderband und transportiert oberflächennah warmes Wasser vom Äquator in den Nordatlantik und in tieferen Wasserschichten kaltes Wasser von den Polen zurück bis in den Pazifik. Unsere Weltmeere puffern derzeit mehr als 90 Prozent der globalen Erwärmung. Sie sind eine wichtige Senke für das aus der Verbrennung

fossiler Energieträger stammende Kohlendioxid und nehmen letztlich das gesamte Schmelzwasser der landgebundenen Gletscher auf.

Für die Menschheit haben die Küstenregionen entscheidende Bedeutung. Acht der zehn größten Megastädte der Welt befinden sich in unmittelbarer Meeresnähe. Sowohl kurzzeitige Wettereinflüsse, insbesondere Extremereignisse, als auch die langfristige Klimaentwicklung verändern die Küstenregionen weltweit. Verstärkt wird der Druck durch die zunehmende, zum Teil auch unkontrollierte menschliche Nutzung und den Bau von Infrastrukturen wie Küstenschutz- und Hafenanlagen oder Windparks.

Zu den wichtigsten Forschungsthemen der Gegenwart zählt die verlässliche Erfassung und Modellierung der langfristigen natürlichen und anthropogenen Veränderungen des Umweltzustandes in den Ozeanen und Küstenregionen. Die Untersuchung und Bewertung der langfristigen und kumulativen Auswirkungen menschlicher Eingriffe kann nur durch interdisziplinäre Forschungsansätze erfolgen, bei denen alle Beteiligten



aus Wissenschaft und Gesellschaft zusammenarbeiten. Es gilt auch, innovative und nachhaltige Verfahren im Küsten- und Hochwasserschutz, im Bereich des Seeverkehrs und bei der Planung und Unterhaltung von Offshorebauwerken zu entwickeln.

Im Fokus der zukünftigen marinen Klimaforschung werden die komplexen Wechselwirkungen zwischen Ozean, Kryosphäre, Atmosphäre und Landmasse stehen. Die Entwicklung verlässlicher modellbasierter Szenarien zu den Folgen des Temperaturanstiegs, zu veränderten globalen und regionalen Zirkulationen, zur Ozeanversauerung, zum Meeresspiegelanstieg sowie zur Rolle des Ozeans als Wärmespeicher ist essenziell für die Abschätzung der Auswirkungen auf Ökosysteme, Fischerei, Küstenräume, maritime Wirtschaft und Tourismus, somit auf unsere Gesellschaft insgesamt.

7.2 Ökosystemfunktion und Biodiversität

Das Leben entstand im Meer. Die Anzahl der Baupläne, also die biologische Vielfalt, ist im Meer noch deutlich größer als an Land. Mehr als eine Million Arten sind während der vergangenen zwei Jahrhunderte in den Weltmeeren erfasst worden, eine womöglich weitaus höhere Anzahl, vor allem im Bereich der mikrobiellen Vielfalt, ist noch nicht beschrieben. Biodiversität wirkt zudem bereits unterhalb der Artenebene auf molekularem und genetischem Niveau. Darüber hinaus haben die Organismen im Lebensraum Meer im Lauf der Evolution eine immense funktionelle Diversität entwickelt.



Einsiedlerkrebse, wie *Pagurus comptus*, müssen während ihres Wachstums wiederholt ihr Schneckenhaus wechseln. Häufig sind diese von zahlreichen anderen Organismen bewachsen.

Die Änderungen im Erdsystem haben einen starken Einfluss auf das Leben in unseren Ozeanen. Schon heute kann die Wissenschaft einen rapiden Wandel der marinen Biodiversität sowohl auf lokaler, regionaler als auch auf globaler Ebene feststellen. Zum einen erweitern Arten ihre räumliche Ausbreitung mit sich verändernden Wassertemperaturen und Strömungen, zum anderen werden gebietsfremde Organismen durch das Ballastwasser von Schiffen in Lebensräume eingebracht, die ihnen vorher versperrt waren. Die Konsequenzen sind weitreichend: Räuber-Beute-Beziehungen verändern sich, strukturbildende und langlebige heimische Arten verschwinden. Temperaturzunahme, Versauerung, Schadstoffeintrag, Entnahme und Einbringung biotischer und abiotischer Stoffe, die Einschleppung gebietsfremder Arten, Bautätigkeiten und Schiffsverkehr sind nur einige von zahlreichen weiteren Stressfaktoren. Es muss deshalb verstärkt erforscht werden, wie sich die Lebensgemeinschaften vor dem Hintergrund des Klimawandels und der steigenden Nutzung verändern und wie hoch ihre Anpassungsfähigkeit ist.

Die Biodiversität und die Veränderungen der Systeme aufgrund menschlicher Einflüsse zu erfassen, ist deshalb eine der großen Herausforderungen in der aktuellen Küsten-, Meeres- und Polarforschung. Wir wissen wenig darüber, welche kurz- und langfristigen Wirkungen die verschiedenen Belastungen auf die Ökosysteme und ihre Leistungen haben, solange ihre natürliche Variabilität, ihre funktionellen Wechselwirkungen, ihre Anpassungsfähigkeit und ihre Widerstandsfähigkeit auf Art-, Populations- und Systemebene nicht besser erforscht sind. Darüber hinaus ist es unabdingbar, die funktionelle Rolle der Biodiversität und die Wechselwirkungen mit den Stoff- und Energieflüssen zu verstehen. Dieses Wissen ist grundlegend, um Maßnahmen zur Reduktion der Belastungspotenziale und für die Entwicklung integrativer Nutzungs- und Schutzkonzepte zu ergreifen. Tourismus, Wirkstoffforschung, Materialentwicklung oder Ernährung gehören zu den Bereichen, in denen die Menschheit von einer hohen natürlichen Biodiversität und der Integrität der Ökosysteme profitiert. Das gilt gerade für die marine Biosphäre mit ihrer hohen genetischen Vielfalt.



Der Forschungskatamaran MYA hat sich bei Ebbe im Königshafen von List (Sylt) auf einer Muschelbank trockenfallen lassen.

7.3 Globale Stoffkreisläufe und Energieflüsse

Stoffkreisläufe und Energieflüsse der Küsten-, Meeres- und Polarregionen sind durch eng gekoppelte physikalische, biologische und biogeochemische Wirkungsbeziehungen geprägt. Sie unterliegen natürlichen und anthropogenen Einflüssen, die auf lokaler, regionaler und globaler Skala wirken. Dabei sind insbesondere die Austauschprozesse von Wärme und Energie zwischen Ozean, Atmosphäre und Kryosphäre, aber auch der Austausch unterschiedlichster biologischer und chemischer Stoffe zwischen den Erdsystemkompartimenten von besonderem Interesse, da sie das Klimasystem und die Ökosystemstrukturen der Erde direkt beeinflussen.

Zu den gravierendsten Eingriffen des Menschen in globale Stoffkreisläufe gehört die durch Verbrennung fossiler Energieträger und veränderte Landnutzung weiter zunehmende Kohlendioxidemission. Die daraus resultierende Erwärmung und Ozeanversauerung könnte neben den Korallenriffen auch weitere Meeresökosysteme bedrohen und damit die Nahrungsketten bis hin zum Menschen gefährden. Um Handlungs- und Entscheidungsoptionen abzuleiten, muss man sicher prognostizieren können, wie sich natürliche Variabilität und menschliche Aktivität auf Stoffkreisläufe und Energieflüsse auswirken, und die Unsicherheiten in den existierenden Modellen weiter reduzieren. Dies kann nur gelingen, wenn auch zukünftig die Quantifizierung und Parametrisierung der Stoffkreisläufe und Energieflüsse auf den unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen sowie auf den verschiedenen trophischen Ebenen im Fokus der Forschung steht.

Die Nährstoffkreisläufe haben entscheidenden Einfluss auf die Produktivität von Küsten-, Meeres- und Polarregionen. Der Mensch greift durch Überdüngung und Überfischung stark in diese Kreisläufe ein. Durch den Klimawandel und Änderungen in der ozeanischen Zirkulation werden die Auswirkungen zusätzlich verstärkt. Die Folgen sind die küstennahe Eutrophierung und die Ausbreitung sauerstoffarmer Zonen in den Meeren und Ozeanen sowie daran gekoppelt der Verlust von Arten, Habitaten und ganzen Nahrungsnetzen. Daher ist es von großer Bedeutung, die biogeochemischen Prozesse und die klimatisch gesteuerte Variabilität in sauerstoffarmen Zonen sowie die ökologischen und biogeochemischen Folgen ihrer Ausbreitung zu erforschen.

Das Abschmelzen des Polareises führt zu einem größeren Eintrag von Süßwasser in die Polarmeere. Die resultierenden Veränderungen bei Freisetzung, Aufnahme und Transport von Gasen, Nährstoffen und Spurenmetallen lassen sich nach heutigem Wissensstand nur unzureichend prognostizieren. In Folge dieses Süßwassereintrages und der sich verändernden Eisbedingungen wird eine erhöhte Produktivität in der Freiwasserzone der Polarregionen erwartet. Welche Konsequenzen sich daraus für die Stoff- und Energieflüsse der Polarregionen ergeben und wie diese die marinen Lebensgemeinschaften beeinflussen, ist bisher nur unzureichend erforscht.

Die Küsten bilden mit ihrem Hinterland die ökologische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Schnittstelle zwischen Land und Meer. Sie sind hochproduktive Ökosysteme, die trotz ihrer kleinen Flächen eine große Rolle für die globalen Stoffkreisläufe von Kohlenstoff, Phosphor und Stickstoff spielen. Gerade hier beeinflusst der Mensch die Stoffkreisläufe durch Landwirtschaft, Industrie, Fischerei, mineralische Ressourcennutzung, Tourismus, Schiffsbetrieb, Müllentsorgung oder Verbauung in entscheidendem Maße.

Die systemische Quantifizierung und Bilanzierung der Stoffeinträge, -transporte und -umsätze, aber auch die Entwicklung der notwendigen Beobachtungs-, Modell- und Bewertungssysteme sind unverzichtbare Voraussetzungen für ein nachhaltiges Küstenmanagement.

Die Palette der in die marine Umwelt eingetragenen Stoffe hat sich in den vergangenen Jahrzehnten unter anderem durch die zunehmende Vermüllung der Meere stark erweitert. Sie umfasst sowohl gelöste organische Verbindungen als auch partikuläre Substanzen. Der verstärkte Eintrag von Kunststoffen in die marine Umwelt und der Nachweis von Mikroplastikpartikeln in vielen Organismen verdeutlichen das Ausmaß der Verschmutzung der Meere. Das Wissen über die kurz- und langfristigen Auswirkungen, den Transport, die Transformation und den Verbleib der eingetragenen Stoffe in den marinen Systemen ist noch sehr begrenzt. Ziel der zukünftigen Forschung muss deshalb sowohl die Untersuchung der ökologischen Auswirkungen auf Ökosysteme und Nahrungsnetze als auch die Entwicklung besserer analytischer Messmethoden und Testverfahren sowie die richtige Platzierung der Messstationen sein.

Gesellschaftliches Handeln braucht verlässliche Forschung

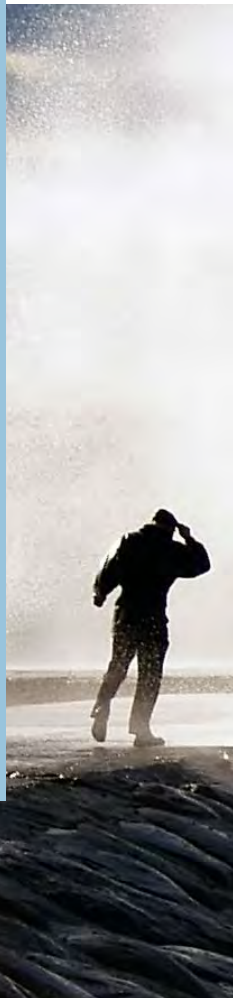
Der 5. IPCC-Sachstandsbericht stellt fest, dass der durch den Menschen verursachte Klimawandel bis zum Jahr 2100 nahezu jede Region der Ozeane erfassen wird. Fast überall werden die Meere wärmer, saurer und sauerstoffärmer. Die zunehmende Ozeanerwärmung kann darüber hinaus die atmosphärische und ozeanische Zirkulation, die Meereisbedeckung und die ozeanischen Kohlenstoffflüsse beeinflussen.



Flügelschnecken, wie *Limacina costulata*, sind nur wenige Millimeter groß, jedoch wichtiger Bestandteil der Nahrungsketten in den Polarmeeren. Bei anhaltender Versauerung des Ozeans könnte sich ihr Schutzpanzer aus Kalk zersetzen.

Seit Beginn der Industrialisierung hat der Ozean etwa 30 Prozent des durch Verbrauch fossiler Brennstoffe produzierten Kohlendioxids aufgenommen. Dieses Kohlendioxid verändert die chemische Zusammensetzung des Wassers und führt zu einer schon heute messbaren Ozeanversauerung. Das Bundesforschungsministerium hat mit dem Verbundprojekt BIOACID eines der weltweit ersten und größten nationalen Forschungsprojekte zur Ozeanversauerung aufgelegt und damit wesentliche Ergebnisse zu den IPCC-Berichten beitragen können. Man weiß heute, dass die Funktion der Ozeane als „Kohlendioxidsenke“, die den Klimawandel abmildert, mit hoher Wahrscheinlichkeit nachlassen und sich der Treibhauseffekt damit weiter verstärken wird. Die Ozeanversauerung schädigt Arten, die Schalen und Skelette aus Kalk aufbauen. Dies betrifft nicht nur Korallenriffe, die als Hotspots der globalen Artenvielfalt gelten, sondern auch winzige Weichtiere wie zum Beispiel die Flügelschnecke, die eine wichtige Nahrungsquelle für Fische darstellt. Andere Arten wie Quallen und kleinste Meeresalgen, die sogenannten Pikoplankter, können vom zusätzlichen Kohlendioxid im Meerwasser profitieren.

Es ist davon auszugehen, dass sich die Zusammensetzung der marinen Ökosysteme gravierend ändern wird und die Artenvielfalt abnimmt. Schon heute sind die nordischen Fisch- und Seevogelbestände durch den Klimawandel gefährdet. In Kombination mit Temperaturanstieg, Sauerstoffmangel, Überdüngung, Überfischung oder Verschmutzung werden die Auswirkungen auf die marinen Nahrungsnetze noch gravierender ausfallen. Die Folgen des Klimawandels – zum Beispiel die Auswirkungen veränderter Ozeanzirkulation und damit einhergehende Veränderungen im Fischereiertrag der Küstenbewohner in den Auftriebsgebieten der großen Weltmeere – können zur Verschärfung von sozialer und wirtschaftlicher Ungleichheit führen und soziale Konflikte, Armut und Hunger zur Folge haben. Deshalb brauchen Politik, Wirtschaft und Gesellschaft auch in Zukunft eine verlässliche Forschung zum Klimawandel. Nur auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse und sicherer Prognosen lassen sich Handlungsziele für Politik und Gesellschaft definieren.



7.4 Umgang mit Naturgefahren

Jedes Jahr fordern Naturkatastrophen Menschenleben und verursachen materielle Schäden in riesigen Ausmaßen. Die vom Meer ausgehenden Naturgefahren (Tsunamis, Sturmfluten und Küstenerosion) werden von geologischen, meteorologischen und hydrologischen Ereignissen verursacht und betreffen vor allem die dicht besiedelten Küstenregionen. So haben starke Erdbeben an aktiven Kontinentalrändern das Potenzial, große Wassermassen in Bewegung zu setzen, die küstennah hohe Flutwellen aufbauen können. Die Folgen dieser Tsunamis sind oft verheerend, wie die Ereignisse 2004 in Südostasien und 2011 in Japan gezeigt haben. Ein weiterer Auslöser für Flutwellen sind unterseeische Hangrutschungen. Seit vermehrt marine Bauwerke und Konstruktionen der Offshore-Industrie in Schelfgebieten und an Kontinentalhängen installiert werden, rückt deshalb auch die Ursachen- und Folgeforschung von Hangrutschungen in den Fokus des Interesses.

Wenn auch die vom Meer ausgehenden Naturgefahren nicht beeinflusst werden können, so kann doch das Ausmaß der Zerstörung verringert werden. Gegenstand

zukünftiger Forschung werden deshalb Fragen zum Prozessverständnis und Verlauf von Naturgefahren, die Entwicklung neuer und verbesserter Verfahren zur Früherkennung und zur Schadensanalyse sowie effektive Informationssysteme für die Frühwarnung sein. In der Vergangenheit sind bereits große Anstrengungen zur Entwicklung von Frühwarnsystemen unternommen worden. Trotzdem gibt es in vielen Regionen der Erde nach wie vor große Defizite beim umfassenden Bevölkerungsschutz. Es besteht deshalb weiterhin Forschungsbedarf zur besseren Prognose von extremen Naturereignissen auch vor dem Hintergrund langfristiger Veränderungen und kaskadierender Effekte.

Fragstellungen der marinen Geoforschung gehen hier Hand in Hand mit den Herausforderungen in der Meeresforschung. Für die Forschungsförderung sind deshalb interdisziplinäre Forschungsansätze von besonderer Bedeutung. Komplementäre Forschungsansätze werden im Fachprogramm „Geoforschung für Nachhaltigkeit“ (GEO:N) des BMBF-Rahmenprogramms FONA aufgegriffen.

Die globalen Veränderungen, insbesondere der Klimawandel und seine Folgen, können weitreichende Auswirkungen auf die Sicherung der küstennahen Lebens- und Wirtschaftsräume haben. Dabei stellt nicht nur der Meeresspiegelanstieg an sich eine Gefahr für die tiefer liegenden Küstenzonen dar. Zu seinen Folgen gehören die Erosion von Küstengebieten, ein höheres Auflaufen von Sturmfluten und die Versalzung von Grundwasser durch eindringendes Meerwasser. Dem verbesserten Umgang mit diesen Risiken und dem nachhaltigen und naturverträglichen Küstenschutz kommt daher weltweit eine immense Bedeutung zu. Die Küstenforschung zielt in Zukunft vor allem darauf ab, hydromorphologische Prozesse besser zu verstehen und zu prognostizieren, nachhaltige Küstenschutzmaßnahmen zu entwickeln und Naturgefahren besser abzuschätzen, damit im Ernstfall rechtzeitig Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung ergriffen werden können. Die Erforschung von Risikowahrnehmung und -kommunikation und die Entwicklung von Szenarien für zukünftiges menschliches Handeln im Küstenraum sind dabei von großer Relevanz.



Vorsorgender Küstenschutz im Kontext internationaler Zusammenarbeit

Im Zuge des Aktionsplans „Internationale Kooperation“ fördert das Bundesforschungsministerium auch außerhalb der deutschen Küstenregionen innovative und nachhaltige Küstenschutzprojekte. So steht zum Beispiel die Zusammenarbeit mit China und Südostasien im Fokus der Küstenforschung. Die chinesische Provinz Shandong mit ihrer 3000 Kilometer langen Küste ist in den vergangenen Jahrzehnten wegen reicher Bodenschätze zu einer der wohlhabendsten Provinzen des Landes geworden. Die Besiedlung entlang des Küstenstreifens hat enorm zugenommen und somit auch der Stellenwert des Küstenschutzes. Gemeinsam mit chinesischen Wissenschaftszentren haben deutsche Forscherinnen und Forscher Strömungsdaten sowie Wellenhöhen an gefährdeten Küstenabschnitten aufgezeichnet und unterschiedliche Szenarien zur Küstenentwicklung berechnet. Die Szenarien wurden in ein Entscheidungsunterstützungssystem integriert. Es soll zukünftig helfen, die Schäden erheblich zu reduzieren, mit denen man infolge des prognostizierten Meeresspiegelanstiegs und der zu erwartenden Intensivierung der Sturmereignisse rechnet.



Jahrzehntlang wurden Mangrovenbäume an den Küsten der Tropen unkontrolliert abgeholzt, dabei spielen sie eine zentrale Rolle beim Küstenschutz und werden nun wieder verstärkt aufgeforstet.

Große Erfolge zeigen auch die Forschungsarbeiten in den Mangroven, die in den Gezeitenbereichen an tropischen Küsten wachsen. Mangroven stellen ein außergewöhnliches Ökosystem dar, das nicht nur Lebensraum für viele Tierarten ist, sondern auch einen natürlichen Schutz für Küsten bildet. Die tief verwurzelten Mangrovenbäume bremsen die Wucht der anrollenden Wellen und bewahren so das Hinterland vor größeren Schäden. Dieser natürliche Küstenschutz ist in den vergangenen Jahrzehnten in Südostasien erheblich geschrumpft – die Bäume wurden als Brennholz verwendet oder gerodet, um die Flächen für Aquakulturanlagen zu nutzen. Inzwischen zeigen gemeinsam erarbeitete Managementpläne und die Einbindung der Bevölkerung Wirkung: Mangroven werden vielerorts aufgeforstet und die Einsicht der Küstenbewohner, dass ein weiterer Raubbau verhindert werden muss, ist merklich gestiegen.

7.5 Nachhaltige Ressourcennutzung

Die gesellschaftlichen Nutzungsansprüche auf Ressourcen und Ökosystemleistungen der Küsten und Meere, einschließlich der Tiefsee und der marinen Polargebiete, werden an Umfang und Intensität weiter zunehmen. Damit gehen stets massive Eingriffe in marine Lebensräume einher.

Trotz großer Wissensgewinne über die Funktionsweise mariner Ökosysteme und ihre Reaktionen auf veränderte Einflüsse reichen die bisherigen Kenntnisse nicht aus, um das Ausmaß der Veränderungen in zuverlässigen Zukunftsszenarien darzustellen. Damit ist die Voraussetzung für ein nachhaltiges Management der marinen Umwelt, wie es beispielsweise die integrierte Meerespolitik der EU und die EU-Rahmenrichtlinie über die maritime Raumplanung fordern, nur unvollkommen gegeben.

Der externe Druck auf marine und küstennahe Ökosysteme hat durch den Klimawandel und die massive Nutzung des Küstenraumes sowie der biologischen, energetischen und mineralischen Ressourcen eine Komplexität angenommen, die die Erforschung von



Das Modell eines Wellenkraftwerkes wird im Großen Wellenkanal des Forschungszentrums Küste in Hannover getestet.

Ursache-Wirkungs-Geflechtes stark erschwert. Ebenso lässt sich die nachhaltige Nutzung der endlichen Ressourcen nur schwer abschätzen. Um den Konflikt zwischen den Nutzungsansprüchen und dem Erhalt der Küstenökosysteme zu lösen, muss wissenschaftlich fundiertes Basis- und Entscheidungswissen zu den langfristigen und kumulativen Effekten der Ressourcennutzung auf die Ökosysteme geschaffen werden. Für umfassenden Meeresschutz müssen zum einen nachhaltige und schonende Nutzungsmethoden, zum anderen kostengünstige und innovative Beobachtungs-, Monitoring- und Datenerfassungssysteme zur Überwachung und Dokumentation der Auswirkungen von Küsten- und Meeresnutzungen entwickelt werden. Beides muss zudem nutzerspezifisch bereitgestellt werden. Große Bedeutung hat darüber hinaus die gesamtgesellschaftliche Diskussion über die globale Ressourcennutzung in einer nachhaltigen Gesellschaft. Dies schließt auch den breiten Diskurs über die Definition von nachhaltiger Nutzung unter Einbindung aller Interessengruppen sowie eine Abschätzung der Bedeutung und Robustheit von marinen Ökosystemen und ihrer Leistungen für die Menschheit ein.

Bisher sind aufgrund der komplexen Zusammenhänge nur unzureichende Vorhersagen über die Folgen der Gewinnung und Nutzung mariner Ressourcen möglich. Standen in der Vergangenheit eher küstennahe Flachwasserareale im Fokus des wissenschaftlichen und ökonomischen Interesses, so verlagert sich mit dem technologischen Fortschritt die Erschließung von Ressourcen zunehmend auf den offenen Ozean und in die Tiefsee.

Der Meeresboden und sein Untergrund enthalten mineralische Rohstoffe und Kohlenwasserstoffe, denen langfristig eine erhebliche Bedeutung für die Ressourcensicherung zukommt. Die globale Bestandsaufnahme von Rohstoffvorkommen und -mengen ist daher erforderlich. Durch neue Forschungsansätze müssen die Grundlagen für Risikoabschätzungen eines marinen Bergbaus gelegt werden. Langfristige und kumulative Effekte müssen identifiziert und die Entwicklung multifaktorieller Managementkonzepte vorangetrieben werden. Bis zum Beginn der wirtschaftlichen Nutzung mariner, speziell mineralischer Rohstoffe der Tiefsee, kann die Forschung die Grundlagen erarbeiten, auf denen eine Risikoabschätzung und die Ausarbeitung von rechtlich verbindlichen Vorschriften zum Umweltschutz im marinen Bereich aufbauen können.



Ernte von Miesmuscheln in Süd-Chile. Das traditionelle Sammeln von Miesmuscheln im Gezeitenbereich wird zunehmend durch intensive Zucht der Muscheln in geschützten Buchten mit Langleinen ersetzt.

Dieses gilt in abgewandelter Form auch für Energieressourcen. Erneuerbare Energien im küstennahen und marinen Bereich sind wichtige Zukunftsfelder der nachhaltigen Meeresnutzung. Hier müssen neben den spezifischen ökonomischen und technologischen Fragestellungen ebenfalls die Wechselwirkungen mit konkurrierenden Raumnutzungen untersucht werden. Dies betrifft sowohl den Erhalt der Ökosysteme – vor allem der Lebensräume für Meeressäuger und Vögel – als auch die konkurrierende Nutzung als Fischereigründe, für Schifffahrtsrouten oder zu kulturellen und touristischen Zwecken.

In einer Welt, in der mehr als 800 Millionen Menschen unter chronischer Unterernährung leiden, spielen Fischerei und Aquakultur eine essenzielle Rolle für die Sicherung der Ernährung. Diese Aufgabe beinhaltet aber auch die Wahrung der natürlichen Ressourcen für künftige Generationen und somit den verantwortungsvollen und nachhaltigen Umgang mit ihnen. Die mit der Fischerei und Aquakultur zusammenhängenden Herausforderungen können nur im internationalen Kontext gelöst werden. Die Bedeutung des Klimas für fischreiche Auftriebsgebiete, die Fischerei in subpolaren Zonen mit schwindender Eisbedeckung

sowie das Entwicklungspotenzial von nachhaltigen Aquakulturtechnologien seien nur exemplarisch für die wissenschaftlichen Herausforderungen genannt.

Der internationale Seeverkehr ist von enormer Bedeutung für die Weltwirtschaft. Diese Bedeutung wird vor dem Hintergrund des weltweiten Bevölkerungswachstums weiter steigen. Um die erforderlichen Verkehrsinfrastrukturen sicherzustellen, muss man umfassende Strategien und Maßnahmen für die nachhaltige Nutzung der Küstenmeere entwickeln.

Das Potenzial mariner Organismen an Wert-, Wirk- und Naturstoffen ist noch kaum untersucht. Hier liegt daher eine vergleichsweise wenig genutzte Ressource, die jedoch in Zukunft an Bedeutung gewinnen kann. Die variationsreichen marinen Lebensräume weisen eine wesentlich höhere Biodiversität auf als terrestrische Gebiete und bieten somit eine größere Bandbreite an bioaktiven Substanzen und Stoffwechselwegen. Ziel der marinen Natur- und Wirkstoffforschung ist die Suche, Isolierung und Beschreibung neuer biotischer Stoffe für die Anwendung in Medizin, Pharmazie, Lebensmittel- und Werkstofftechnologien.

Ressourcenschonende Fischerei und Aquakultur

Die nachhaltige Nutzung der biologischen Ressourcen und der Erhalt der biologischen Vielfalt ist seit der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro weltweit Leitlinie für die Ausgestaltung der marinen Umwelt- und Ressourcenpolitik.

Um die natürlichen Fischbestände langfristig zu schützen und nachhaltig zu nutzen, muss das ganze Ökosystem berücksichtigt werden, indem beispielsweise auch der Beifang genau erfasst wird. Nur so sind verlässliche Aussagen über die Auswirkungen der Fischerei auf die Ozeane möglich.

Im Jahr 2013 wurden über 190 Millionen Tonnen Fische, Meeresfrüchte und Algen geerntet. Die klassische marine Ressource ist die Fischerei von Wildbeständen. An die 30 000 Fischarten gibt es weltweit, aber nur ein Bruchteil davon wird kommerziell befishet. Fast 30 Prozent der Fischbestände sind überfischt, mehr als 60 Prozent werden maximal befishet. Erst seit wenigen Jahrzehnten ist die Aquakultur hinzugekommen, dennoch steuert sie bereits über die Hälfte zur Jahresernte bei. Das Management dieser Ressource, durch die nahezu ein Zehntel der Weltbevölkerung Beschäftigung erhält, ist von hoher Priorität und kann nur im internationalen Verbund umgesetzt werden.

Gerade in der Aquakultur besteht Forschungsbedarf: Wie etwa bei Intensivhaltung optimale Ergebnisse erzielt werden können, die mit dem Tierwohl vereinbar sind, wie die Belastung von Gewässern durch den zusätzlichen Nährstoffeintrag verringert werden kann oder wie sich die Zerstörung natürlicher Lebensräume durch Aquakultur verhindern lässt. So ist ein großer Teil der Mangrovenbestände abgeholzt worden, um Platz für Garnelenzuchten zu schaffen. In Deutschland werden über 80 Prozent der Speisefische importiert und Aquakultur hat im internationalen Vergleich nur begrenzte Wachstumsmöglichkeiten. Der Nachhaltigkeitsgedanke darf daher nicht an nationalen Grenzen halt machen.



Die Scholle (*Pleuronectes platessa*) ist der bekannteste und für den Verzehr wichtigste Vertreter der Plattfische in den deutschen Küstengewässern.

7.6 Governance und Partizipation

Der Konflikt zwischen den Prinzipien „mare liberum“ (das Meer gehört allen) und „mare clausum“ (das Meer gehört den Küstenstaaten) kann nur durch verbindliche völkerrechtliche Abkommen und freiwillige Verpflichtungen überwunden werden. Das UN-Seerechtsübereinkommen (SRÜ) ist die wichtigste völkerrechtliche Grundlage für den Schutz und die Nutzung der Meere weltweit und wird auch als „Verfassung der Meere“ bezeichnet. Die Meere werden in weiten Bereichen massiv überfischt, sind stark verschmutzt und werden als letzte große Ressourcenquelle der Erde zunehmend ausgebeutet. Werden keine allgemein gültigen Vereinbarungen zu ihrem Schutz getroffen, sind irreversible Schäden zu erwarten: Die nachhaltige Nutzung der Meere kann nur durch ihren dauerhaften Schutz gewährleistet werden. Die Anwendung von Instrumenten aus Governance und Partizipation spielt hierbei eine wesentliche Rolle.

Die Governance bezeichnet dabei allgemein das Steuerungs- beziehungsweise Regelungssystem in komplexen sozialen Strukturen. In einer Gesellschaft beteiligen sich neben dem Staat auch verschiedene private und öffentliche Akteure (beispielsweise Unternehmen, Interessenvertretungen, Vereine, Verbände) und wirken über formelle und informelle Netzwerke zusammen. Governance umfasst darüber hinaus auch das Zusammenwirken von Staaten bei der Regelung gemeinsamer Belange, wie etwa auf der hohen See oder in der Antarktis. Unter Partizipation wird die Einbeziehung von Bürgern und zivilgesellschaftlichen Organisationen in Entscheidungs- und Willensbildungsprozesse verstanden. Die Forderungen der Bürger nach Partizipation sind gewachsen, was vor allem an der Digitalisierung, dem demographischen Wandel, einer vielfältigeren Gesellschaft und neuen Lebens- und Arbeitsgewohnheiten liegt.



Gesellschaft und Politik sagen dem Müll im Meer den Kampf an

Zunehmend verschmutzen PET-Flaschen, Kunststofffasern oder Fischernetze unsere Weltmeere. Die langlebigen Kunststoffreste reichern sich als Makro- und Mikropartikel in riesigen Müllstrudeln, in den Sedimenten der Tiefsee und an unseren Stränden an – und verbleiben dort mehrere hundert Jahre. Wie groß ist unser „Plastik-Fußabdruck“ in den Ozeanen? Welche Auswirkungen haben die Plastikteilchen für Mensch und Tier? Auf diese Fragen gibt es noch keine umfassenden Antworten.



Jedes Jahr landen Millionen Tonnen Plastikmüll im Meer. Das nachsorgende Sammeln von Müll am Strand in gemeinsamen Aktionen sensibilisiert die Bevölkerung für die Problematik.

Unter deutscher Präsidentschaft haben daher die G7-Wissenschaftsminister im Herbst 2015 vereinbart, sich gemeinsam für internationale Forschungsvorhaben und Aktionen gegen die Meeresvermüllung einzusetzen. Eine zwischenstaatliche Pilotmaßnahme im Programm JPI Oceans unter Federführung des Bundesforschungsministeriums widmet sich den Auswirkungen von Mikroplastik auf die marine Umwelt und entwickelt international einheitliche Messmethoden. National wurde die interdisziplinäre Ausschreibung „Plastik in der Umwelt“ initiiert: Erforscht werden sollen das Konsumverhalten, der Eintrag von Plastik über Land und Flüsse, bis hin zu den Auswirkungen auf Küsten und Meere.

Auch wenn bereits Erfolge gegen die Verschmutzung der Meere erzielt werden konnten – beispielsweise dürfen Schiffe ihren Plastikmüll dank internationaler, rechtsverbindlicher Vorgaben nicht mehr im Meer entsorgen – so verdeutlicht die „Müllkippe Meer“, dass es einer intensiven Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen, Unternehmen, Politik und Gesellschaft bedarf. Gemeinsam müssen Lösungen gefunden werden, um Plastikmüll zu vermeiden, etwa indem gezielt auf den Einsatz von Plastik verzichtet wird, das Recycling verbessert wird und biologisch vollständig abbaubare Kunststoffe entwickelt werden. Aufgabe der Wissenschaft ist es, vorhandenes Wissen im Dialog mit Bürgern zu teilen und das Problembewusstsein in der Gesellschaft zu schärfen, der Politik Handlungsempfehlungen zu unterbreiten und gemeinsam mit der Industrie innovative und nachhaltige Produkte zu entwickeln. Wirksamer Meeresschutz wird nicht allein durch eine breite Informationspolitik erreicht, sondern erfordert die Einbeziehung und das Mitmachen weiter Teile der Bevölkerung. Die Meeresforschung nutzt das große Potenzial einer partizipativen Governance, um die Ozeane als Lebensgrundlage zu erhalten.

Das Meer als gemeinsames Erbe der Menschheit gehört als globales Kollektivgut allen Menschen. Für die internationale Umweltpolitik bedeutet dies, dass die natürlichen Ressourcen der Erde geschützt werden müssen, damit sie auch zukünftigen Generationen zur Verfügung stehen.

Die mit dem Klimawandel und der zunehmenden Nutzung der marinen Ressourcen einhergehenden Konflikte erfordern daher Lösungen auf Basis eines breiten gesellschaftlichen Konsenses. Die Geschäftsmodelle der maritimen Wirtschaft in der Fischerei, Schifffahrt oder dem Abbau von Bodenschätzen sind

oft auf kurzfristigen Nutzen ausgerichtet und müssen sich in Zukunft stärker an Nachhaltigkeitsaspekten orientieren. Die Berücksichtigung und Abwägung der unterschiedlichen Interessen und Zuständigkeiten erfordern inter- und transdisziplinäre Forschungsansätze unter Einbeziehung der Gesellschaftswissenschaften. Steuerungsmechanismen können nur nachhaltig funktionieren, wenn sie durch partizipative Prozesse der beteiligten Akteure legitimiert sind. Daher ist es wichtig, die Bürgerinnen und Bürger aktiv in Partizipationsprozesse einzubinden und sie in geeignete Beobachtungs- und Bewertungsaufgaben mit einzubeziehen. So kann Wissen lokal, regional

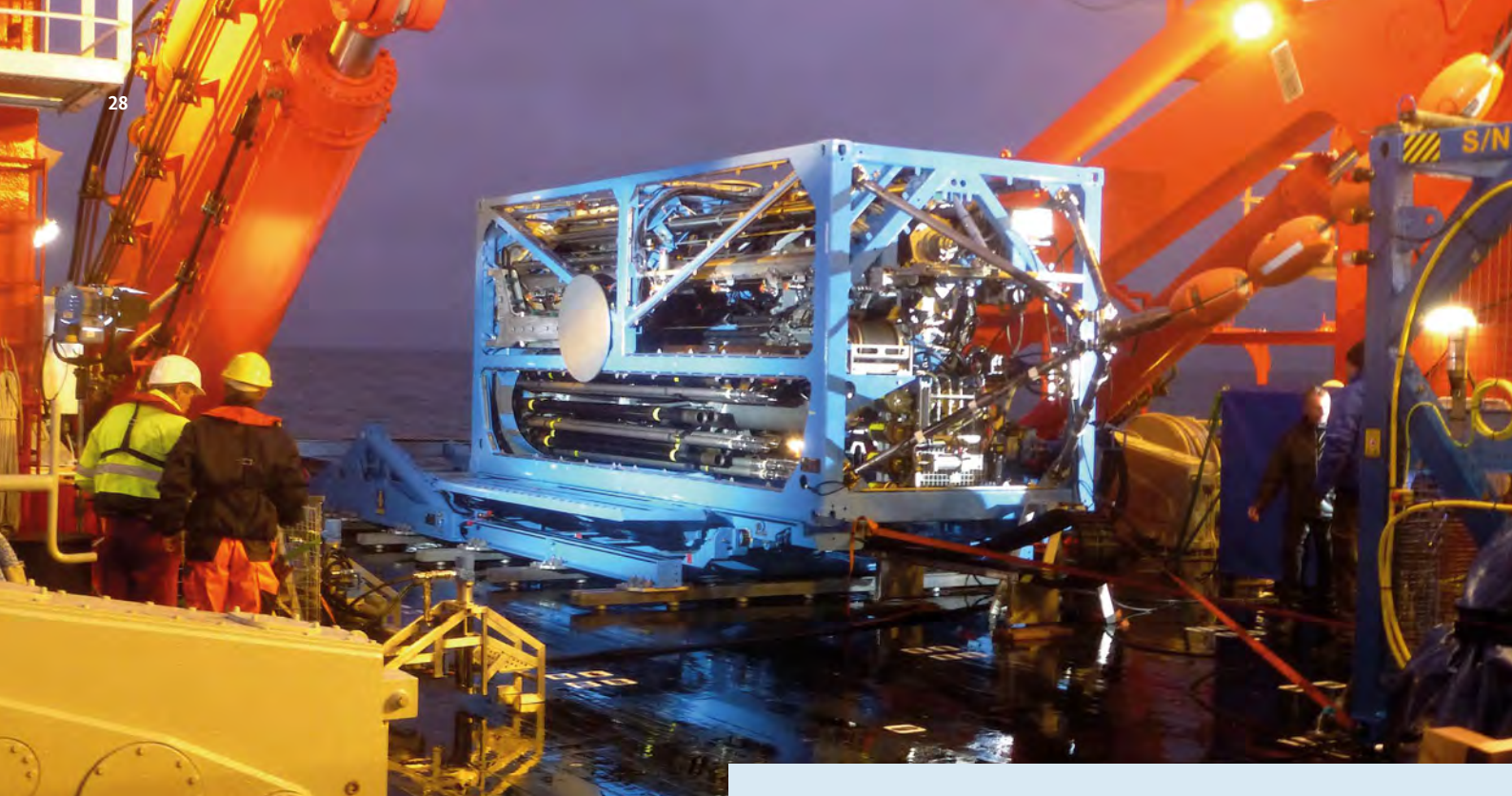


und global gemeinsam entwickelt werden und zur Meinungsbildung beitragen.

Die Küsten-, Meeres- und Polarforschung kann in diesem Kontext wesentliche Beiträge zur Weiterentwicklung der nationalen und internationalen Politiken leisten. Sich verändernde Rahmenbedingungen wie etwa der Zugang zu neuen Ressourcen in der Arktis aufgrund abschmelzender Eismassen können Konflikte aufwerfen, die in den bisherigen Übereinkommen nicht verhandelt wurden.

Ein wichtiges Anliegen von MARE:N ist es, die Prinzipien der Information, Kommunikation und Partizipation bereits bei der Erarbeitung von Förderschwerpunkten zu bedenken und in den Förderaktivitäten konsequent umzusetzen. Folgt man dem systemischen Forschungsansatz, sollten diese Grundsätze daher nicht isoliert, sondern als wichtiger Bestandteil wissenschaftlicher Forschungsarbeit betrachtet werden. Das soll zu einer erhöhten Akzeptanz und Wertschätzung mariner Ökosystemleistungen durch die Gesellschaft, Politik und Wirtschaft beitragen und die Möglichkeiten zu deren Erhaltung und Schutz verbessern.





8. Forschungsinfrastrukturen

Die Erforschung der zeitlich und räumlich hoch variablen Prozesse in den Küstenbereichen, den ozeanischen und den polaren Gebieten, einschließlich ihrer Wechselwirkungen untereinander und mit der Kryo-, Litho- und Atmosphäre, ist eine große logistische Herausforderung und stellt enorme Ansprüche an die Forschungsinfrastruktur.

Voraussetzung für die Erfassung der Prozesse sind hochspezialisierte Messgeräte, getragen von leistungsfähigen Beobachtungsplattformen. Dies können beispielsweise Satelliten zur globalen Beobachtung der Meeresoberfläche sein, moderne Forschungsschiffe, autonom operierende Plattformen oder Geräteträger an der Meeresoberfläche, im Wasserkörper oder am Meeresboden.

Parallel dazu ist die numerische Prozesssimulation ein ebenso unentbehrliches Werkzeug geworden – ihre Grundlage ist eine international vernetzte Recheninfrastruktur. Dazu zählen globale Archivstrukturen der Datenhaltung und Netzstrukturen der Datenverteilung auf modernster technischer Basis. Sie sind die Voraussetzung eines zeitgemäßen Daten- und Informationsaustausches innerhalb der internationalen Wissenschaftsgemeinschaft.

Beide Komponenten, die beobachtende Küsten-, Meeres- und Polarforschung sowie die theoretische Prozesssimulation, sind im iterativen Erkenntnisprozess

nicht voneinander zu trennen. Um auch zukünftig eine leistungsfähige Küsten-, Meeres- und Polarforschung zu erhalten, müssen Infrastrukturen beider Komponenten langfristig zur Verfügung stehen. Angesichts der hohen Entwicklungs- und Betriebskosten gilt es, die Ressourcen zu bündeln und effektiv einzusetzen. Umso mehr Bedeutung kommt der Einrichtung und dem Management nationaler und internationaler Pools von Forschungsschiffen, Unterwasserfahrzeugen und Observatorien zu.

8.1 Forschungsflotte und Großgeräte

Ungeachtet der Fortschritte in der Entwicklung autonomer Messsysteme bleiben Forschungsschiffe auch in Zukunft wichtige Plattformen zur globalen Erforschung und Überwachung der Ozeane und ihrer Randbereiche. Mit weltweit operierenden Forschungsschiffen und dem Forschungseisbrecher POLARSTERN verfügt die deutsche Meeresforschung über leistungsstarke Schiffe, die für vielfältige Forschungsaufgaben ausgerüstet sind. Das Bundesforschungsministerium wird die deutsche Forschungsflotte schrittweise durch den Bau von drei Forschungsschiffen erneuern. Bereits 2014 wurde das Forschungsschiff SONNE als erster der drei Neubauten in Dienst gestellt. Damit ist eines der derzeit leistungsfähigsten Forschungsschiffe der Welt an die Wissenschaft übergeben worden. Folgen werden in den kommenden Jahren die Ersatzbauten für die Forschungsschiffe POLARSTERN und METEOR/POSEIDON.

Neben den Schiffen gibt es eine Reihe weiterer Forschungsinfrastrukturen und Großforschungsgeräte. Dazu zählen beispielsweise die ganzjährig betriebenen Forschungsstationen in der Antarktis Neumayer III, GARS-O'Higgins und Kohlen, die in der Arktis betriebene AWIPEV-Basis auf Spitzbergen und das Ocean Science Center Mindelo auf den Kapverdischen Inseln vor Westafrika. Zunehmend sind neue Satellitengenerationen mit komplexer Sensorbestückung als Forschungsgroßgeräte anzusehen. Aufgrund der Möglichkeit, Daten in hoher zeitlicher Dichte und großer räumlicher Ausdehnung zu erhalten, sind Satelliten mit ihren bodengestützten Infrastrukturen ein fester Bestandteil des globalen Erd- und Ozeanbeobachtungssystems. So ermöglicht beispielsweise die Satellitentechnik in Zusammenarbeit mit der Antarktisstation GARS geodätische Langzeitbeobachtungen.

In Ergänzung zu den satellitengestützten Beobachtungssystemen verfügt die deutsche Küsten-, Meeres- und Polarforschung mit den Forschungsflugzeugen POLAR 5 und POLAR 6 über Plattformen, die mit modernsten Messgeräten speziell für eisbedeckte Gebiete ausgerüstet sind. Die erhobenen Daten dienen vor allem geophysikalischen, glaziologischen und ozeanographischen Untersuchungen.

Zur Erforschung schwer zugänglicher Areale, beispielsweise unter dem Eis oder in der Tiefsee, sind in den vergangenen Jahren zunehmend autonome (AUV – Autonomous Underwater Vehicle) beziehungsweise kabelgebundene (ROV – Remotely Operated Vehicle) Unterwasserfahrzeuge eingesetzt worden. AUVs und ROVs werden darüber hinaus zum Aufbau integrativer Langzeit-Ozeanbeobachtungssysteme genutzt. Eine schnell wachsende Flotte von mobilen Plattformen, beispielsweise die ungefähr 3000 Argo-Treibbojen, fernsteuerbare Gleiter und Flugdrohnen, erweitern die Möglichkeiten von kostengünstigen Langzeitbeobachtungen im offenen Ozean und im Küstenraum.

Die ferngesteuerten tiefseetauglichen Bohrgeräte MeBo70 und MeBo200, die mit BMBF-Unterstützung von der Universität Bremen am MARUM entwickelt wurden, kommen weltweit zum Einsatz. Sie gehören auf Grund ihrer spezifischen Bohrparameter und dem daraus abgeleiteten vielfältigen Einsatzgebiet bei der Gewinnung von unterseeischen Sedimentbohrkernen zur weltweiten Spitzentechnologie.



Das bemannte Unterwasserfahrzeug JAGO kann bis zu 400 Meter tief tauchen. Es wird zur Erkundung und Erforschung aquatischer Systeme und Lebensräume eingesetzt.

Forschungsinfrastrukturen – Einsatz in Schnee und Eis

Im Fokus der Polarforschung stehen die Wechselwirkungen von Kryo-, Hydro- und Atmosphäre, die Klima- und Ökosystemforschung sowie der Erhalt und Schutz der sensiblen Ökosysteme. Die Polargebiete können nur mit Hilfe leistungsfähiger und auf die spezifischen Erfordernisse abgestimmter Plattformen erkundet werden. Das eisbrechende Forschungs- und Versorgungsschiff POLARSTERN erfüllt dabei viele unterschiedliche Funktionen. Es beliefert die Neumayer-Station III in der Antarktis und die Koldewey-Station in der Arktis. 55 Forschende können an Bord in neun wissenschaftlichen Laboren biologische, geologische und geophysikalische, aber auch glaziologische, chemische sowie ozeanographische und meteorologische Fragestellungen bearbeiten. Zwei Helikopter stehen an Bord zur Verfügung.



Für die wissenschaftlichen Arbeiten in den oft unzugänglichen, eisbedeckten Gebieten der Arktis und Antarktis ist der Einsatz von Forschungsflugzeugen unverzichtbar.

Für längere Messkampagnen können die deutschen Flugzeuge POLAR 5 und 6 neun Personen transportieren. Die traditionelle Bauweise der 1942 konstruierten POLAR 5 – sie ist genietet und nicht geklebt – ermöglicht Reparaturen auch im Einsatzgebiet. Umfangreiche Umbauten haben sie mit allen notwendigen Funktionen für den Einsatz unter extremen Umweltbedingungen ausgestattet, seit 2009 ist sie als Forschungsflugzeug im Dienst. Mithilfe eines kombinierten Ski- und Radfahrwerks sind Start und Landung auf Beton-, Schotter- und Schneepisten möglich. Enteisungssysteme, Heizmatten für Batterien und Triebwerke sowie polartaugliche Navigationssysteme runden die Sonderausstattung ab und ermöglichen Landungen bei sehr schwierigen Wetterbedingungen und Extremtemperaturen von bis zu -54 Grad Celsius. Weiterhin befinden sich verschiedenste wissenschaftliche Geräte an Bord, die je nach Zweck des Fluges individuell installiert werden. So kann zum Beispiel eine Eisdickensonde eingesetzt werden, die sonst von einem Hubschrauber geschleppt wird. Die im Vergleich zu Hubschraubern größere Reichweite der Flugzeuge ermöglicht eine umfangreiche Bestandsaufnahme des Eisvolumens, das eine wichtige Rolle im globalen Klimasystem spielt.

8.2 Mess- und Beobachtungstechnik

In Ergänzung zu den Forschungsschiffen gewinnen autonom und auch interaktiv betriebene Messsystem-träger bei der Erfassung physikalischer, geochemischer und biologischer Parameter immer mehr an Bedeutung. Infolge des rasanten technologischen Fortschritts, etwa in der Material- und der Energieforschung, der Datenspeicherung und der Telekommunikation, sind Entwicklung und Betrieb neuer Generationen von Träger- und Messsystemen möglich geworden. Das können fest verankerte oder mobile Plattformen im Meer oder Satellitensysteme im All sein, mit denen langfristig angelegte Beobachtungsprogramme realisiert werden. Für Echtzeitdaten werden Sensorsysteme an Bord von autonom operierenden oder ferngesteuerten Unterwasserfahrzeugen immer wichtiger.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist die von der Bundesregierung initiierte Energiewende eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung. Bei der Nutzung der regenerativen Energien von Wind, Wellen, Strömung und Gezeiten sowie beim Abbau der energetischen Rohstoffe muss man die Risiken für Umwelt und Menschen so gering wie möglich halten. Dazu ist ein bedarfsgerechtes Umweltmonitoring notwendig,

dessen Basis ein technisches System in mittel- und unmittelbarer Nähe der entsprechenden Anlagen ist.

Neue marine Messtechnologien und -systeme müssen in Zukunft vor allem den stetig wachsenden Ansprüchen an Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Standfestigkeit und immer höhere Datendichte Rechnung tragen. Der Einsatz von Satellitentechnik ist dabei von großer Bedeutung. Die von Satellitensystemen bereitgestellten Informationen sind heute eine wichtige Informationsquelle für die Forschung an küstennahen, ozeanischen und atmosphärischen Prozessen. Das Erdbeobachtungsprogramm COPERNICUS der EU mit seinen Diensten zur Überwachung der Meeresumwelt und des Klimawandels ist ein wesentliches Instrumentarium zur globalen hochaufgelösten und flächendeckenden Messung, mit dem das Ziel einer weltumspannenden Erdbeobachtung erreicht werden soll. Die Bundesregierung beabsichtigt, dass dieses Erdbeobachtungsprogramm neben anderen Missionen wie beispielsweise GRACE-FO intensiv in der Küsten-, Meeres- und Polarforschung eingesetzt wird. Die Nutzung von Satelliteninfrastrukturen im Rahmen der Erdsystemforschung ist im BMBF-Fachprogramm „Geoforschung für Nachhaltigkeit“ (GEO:N) detailliert dargestellt.



Ein Kranzwasserschöpfer mit Probenmaterial aus verschiedenen Wassertiefen wird an Bord des Forschungsschiffs SONNE geholt.



Geodäten des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie werden bei einer Messung des Erdschwerefelds im Watt von einem Seehund beobachtet.

8.3 Daten- und Informationsinfrastrukturen

Die rasche Entwicklung der Mess-, Informations- und Speichertechnik in den vergangenen Jahren hat neue Möglichkeiten eröffnet und dazu geführt, dass die Anzahl der Beobachtungen stark zugenommen hat. Das trifft sowohl für kurzzeitige punktuelle Messungen als auch für lange und kontinuierliche Zeitreihen zu, die insbesondere für die Umwelt- und Klimaforschung von wachsender Bedeutung sind. Dank globaler Kommunikationstechnik stehen diese Informationen zum Teil schon heute annähernd in Echtzeit zur Verfügung. Die operationelle Bereitstellung von erhobenen Daten gewinnt für eine Reihe von wissenschaftlichen, behördlichen und wirtschaftlich relevanten Anwendungen immer mehr an Bedeutung. Oft vergehen nur noch wenige Stunden von der Erhebung von Erdbeobachtungsdaten über die Qualitätskontrolle bis zu ihrer operationellen Verarbeitung in vielfältigen Anwendungen.

Neben den Rechenzentren der wissenschaftlichen Einrichtungen werden in Deutschland verschiedene Zentren der Datenhaltung betrieben. Das Datenzentrum

für Erdsystem- und Umweltwissenschaften (PANGAEA) stellt in diesem Zusammenhang aufgrund seiner Bedeutung als Weltdatenzentrum ein zentrales Element der Datenarchivierung und Datenkommunikation mariner Umweltbeobachtungen dar.

Eine der dringenden Aufgaben ist es, die bereits bestehenden Strukturen im Sinne einer nationalen Daten- und Kommunikationsinfrastruktur langfristig und nachhaltig abzusichern und für die wachsende Datenmenge nachzurüsten. Das muss nicht zuletzt vor dem Hintergrund der europäischen und der nationalen Datenpolitik erfolgen, manifestiert in den INSPIRE-Richtlinien (INSPIRE: Infrastructure for Spatial Information) und vor allem in den IMAGI-Beschlüssen (IMAGI: Interministerieller Ausschuss für Geoinformationswesen) zur Anbindung der Wissenschaftsdaten an die nationale Geodateninfrastruktur (GDI-DE). Dadurch wird gesichert, dass diese Daten langfristig für kommende gesellschaftliche, politische und wirtschaftliche Aufgaben zur Verfügung stehen. Die Bundesregierung sieht es als eine wichtige Aufgabe an, auch in der Forschungsförderung sowohl die europäische Datenpolitik als auch die Open-Data-Politik durchzusetzen.

8.4 Modellierungsinfrastruktur

Die moderne marine Forschung wird zunehmend durch einen iterativen Prozess von Beobachtung und Modellierung geprägt, da aufgrund der enormen räumlichen Dimensionen der Weltmeere eine vollständige Erfassung der ablaufenden Prozesse nicht durchgeführt werden kann. Ziel ist es, die beobachteten Verhältnisse in numerischen Modellen abzubilden, diese so gut wie möglich zu analysieren und zu verstehen, um letztlich Vorhersagen zu einzelnen Prozessen oder globalen Zusammenhängen machen zu können. Die fortlaufende Verfeinerung der Modelle, sowohl methodisch als auch numerisch, erfordert deshalb neben der Erarbeitung neuer theoretischer Konzepte und neuer numerischer Lösungsverfahren auch das Verständnis der Defizite bestehender Modelle sowie die Einarbeitung von umfassenden Beobachtungs- und Messdaten.

Auch in Zukunft ist deshalb eine adäquate rechen-technische Infrastruktur von entscheidender Bedeutung für die Forschung. Mit den Höchstleistungsrechnern in Jülich, München, Hamburg, Stuttgart und Berlin/Hannover, stehen derartige Zentren zur Verfügung. Trotz enormer Fortschritte in der Leistungsfähigkeit stellen Großrechner nach wie vor die begrenzte Größe zur Umsetzung komplexer Modelle oder gekoppelter Modellsysteme dar. Um auf diesem Sektor international konkurrenzfähig zu bleiben, braucht die Küsten-, Meeres- und Polarforschung den Zugang zu modernen Rechnerinfrastrukturen auf höchstem technischem Niveau.



Mit „Mistral“ verfügt das Deutsche Klimarechenzentrum in Hamburg über einen der leistungsfähigsten und energieeffizientesten Hochleistungsrechner der Welt.



9. Innovative Technologien

Neben der Relevanz der Ozeane und Pole als Klimafaktoren und der Küstenregionen als Siedlungsräume entwickelt sich der marine Bereich immer mehr zu einem bedeutsamen Wirtschaftsraum und einer wichtigen Ressourcenquelle. Dadurch wird der Schutz von Ozeanen und Randmeeren dringlicher, für den innovative Technologien entwickelt werden müssen. Sie sind nötig für die Messung und Überwachung, für die Ressourcenerkundung und -nutzung, die Energiegewinnung, für nachhaltig betriebene Fischerei, Aqua- und Marikulturen. Wichtig ist, dass sich diese Technologien an den Forderungen eines nachhaltigen Umweltschutzes und an wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Interessen orientieren.

Die Entwicklung von autonomen Sensor- und Datenübertragungssystemen ist ein Trend, der weiter unterstützt werden muss. Auch die Entwicklung von Sensoren zur direkten und selektiven Bestimmung neuer Parameter ist eine Aufgabe zukünftiger Forschung. Weiter verbessert werden müssen Geräteeigenschaften wie stabiles Langzeitverhalten, Zuverlässigkeit, Wartungsfreiheit und Energieeffizienz. Auch neue Speicher mit erheblich größerer Energiedichte sind wünschenswert.

Für die Erforschung der Tiefsee und des Meeresbodens ist es bereits heute in Ansätzen möglich, vernetzte Systeme von autonom arbeitenden Robotern für mannigfaltige Mess-, Probenahme- und Experimentieraufgaben einzusetzen.

Derartige Systeme müssen zukünftig verstärkt ausgebaut werden, da solche Versorgungsknoten neben der Forschung und dem Umweltmonitoring in der Tiefsee ein Entwicklungs- und Erprobungsfeld für industriell und wirtschaftlich genutzte Tiefseetechnik darstellen.

Die Bereitstellung moderner innovativer Mess- und Beobachtungstechnik stellt eine große Herausforderung sowohl für die Wissenschaft als auch die maritime Wirtschaft dar. In der Maritimen Agenda 2025 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie werden die gegenwärtig und zukünftig relevanten Technologiefelder abgesteckt. Nur in enger Abstimmung und Kooperation wird es gelingen, die vorhandenen Ressourcen aller Ministerien effektiv und zielgerichtet einzusetzen.

Wirtschaftsbereiche wie die maritime Mess- und Umwelttechnik, das Küsteningenieurwesen, der Küstenschutz, die Aqua- und Marikultur oder die Ressourcenerkundung werden von einer modernen, leistungsfähigen meereswissenschaftlichen Begleitforschung profitieren. Im Gegenzug können die marinen Wissenschaften nur mit Unterstützung eines leistungsstarken maritimen Wirtschaftssektors agieren. Ziel ist es, die in den vergangenen Jahrzehnten entstandene enge Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen, Behörden sowie kleinen und mittleren Unternehmen weiter zu unterstützen.



10. Umsetzung des Forschungsprogramms

10.1 Zuwendungsgeber, Projektstruktur und Förderhöhe

Das Forschungsprogramm der Bundesregierung richtet sich an universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, sowie Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft.

Zentrales Instrument der Forschungsförderung ist die finanzielle Unterstützung von inter- und transdisziplinären FuE-Projekten.

Forschungseinrichtungen, die gemeinsam von Bund und Ländern grundfinanziert werden, kann nur unter bestimmten Voraussetzungen ergänzend zu ihrer Grundfinanzierung eine Projektförderung für ihren zusätzlichen Aufwand bewilligt werden. Von grundfinanzierten außeruniversitären Forschungseinrichtungen wird eine enge Verzahnung der institutionell geförderten Forschungsaktivitäten mit den Aktivitäten in der Projektförderung erwartet.

Die Arbeiten von Industriepartnern innerhalb von Verbundprojekten müssen dem vorwettbewerblichen Bereich zugeordnet sein und deutlich über einzelwirtschaftliche Interessen hinausgehen. Die Umsetzungsorientierung der Projekte wird bei der Antragstellung durch einen Verwertungsplan dokumentiert, der während der Projektlaufzeit fortgeschrieben wird.

Die Höhe der Förderung richtet sich nach der FuE-Intensität der Arbeiten und wird durch die Definitionen des Unionsrahmens für staatliche Beihilfen zur Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovation der Europäischen Union (Amtsblatt der Europäischen Union C 198/01 vom 27.06.2014) bestimmt.

Bei Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft wird eine angemessene Eigenbeteiligung an den entstehenden zuwendungsfähigen Kosten vorausgesetzt. Darüber hinaus wird erwartet, dass sich Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft im Rahmen industrieller Verbundprojekte entsprechend ihrer Leistungsfähigkeit an den Aufwendungen der Hochschulen und der öffentlich finanzierten Forschungseinrichtungen angemessen beteiligen, sofern letztere als Verbundpartner mitwirken.



Das Forschungsschiff SONNE deckt nahezu das gesamte wissenschaftliche Spektrum der Meeresforschung ab. Ihr Einsatzgebiet liegt im Indischen und Pazifischen Ozean.



10.2 Auswahlverfahren und Förderbestimmungen

In der Regel werden die identifizierten Förderthemen der Projektförderung in Form von Bekanntmachungen im Bundesanzeiger veröffentlicht. Mit der Veröffentlichung werden die Fördermodalitäten und -regularien verbindlich festgelegt.

Vorrangig kommen Antragsverfahren zur Anwendung, die den administrativen Aufwand für Antragsteller begrenzen und den Entscheidungsprozess zeitlich beschleunigen sollen. Die eingereichten Projekte stehen im Wettbewerb. Das BMBF und der Projektträger behalten sich vor, bei der Auswahl der zu fördernden Projektvorschläge themenspezifisch unabhängige nationale und internationale Gutachter und ggf. Gutachtergremien hinzuzuziehen. Die der Bewertung und Auswahl zugrunde gelegten Kriterien werden in den Bekanntmachungen der jeweiligen Fördermaßnahme veröffentlicht.

Für die Förderung gelten die Grundsätze der Projektförderung des Bundesforschungsministeriums. Die Zuwendungsbestimmungen für Zuwendungen auf Ausgabenbasis bzw. auf Kostenbasis sind auf dem Förderportal des Bundes <https://foerderportal.bund.de/> abrufbar.

10.3 Evaluation

Die Ausrichtung des Forschungsprogramms als offener, lernender Handlungsrahmen unterliegt einer stetigen Anpassung und Weiterentwicklung, die durch die in Kapitel 5 beschriebenen Agendaprozesse und die daran beteiligten Akteure gestützt und vorangetrieben wird. Die bedarfsgerechte Ausrichtung der Forschungsinhalte ist daher eng an die Evaluation einzelner Fördermaßnahmen und des Forschungsprogramms geknüpft. Ex-post- und Interim-Evaluationen sollen sowohl der Beurteilung von Auswirkungen und Wirksamkeit der Forschungsförderung dienen als auch die strategische Anpassung der Ziele und Förderbedingungen gewährleisten.



11. Weitere Informationen und Ansprechpartner

Kontakt

Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH
Meeresforschung, Geowissenschaften, Schiffs- und
Meerestechnik
Schweriner Str. 44
18069 Rostock
Susanne Korich
Tel. 0381 20356 -274
E-Mail: s.korich@fz-juelich.de

Weitere Informationen:

bmbf.de/de/kuesten-meeres-und-polarforschung-339.html

fona.de/de/19764

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Meeres-, Küsten- und Polarforschung
53175 Bonn

Bestellungen

schriftlich an
Publikationsversand der Bundesregierung
Postfach 48 10 09
18132 Rostock
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Internet: bmbf.de
oder per
Tel.: 030 18 272 272 1
Fax: 030 18 10 272 272 1

Stand

Mai 2020 (aktualisierter Nachdruck)

Druck

BMBF

Gestaltung

Projektträger Jülich (PtJ), Forschungszentrum Jülich GmbH

Bildnachweise

Titel, S. 3, S. 14: Prof. Dr. Marc Kochzius | S. 4: Jenny Jeschek, IOW |
S. 5, S. 6–7, S. 12, S. 13 rechts, S. 15, S. 18, S. 22, S. 23: Dr. Dirk
Schories, PtJ | S. 7, S. 11, S. 13, Infografik: PtJ | S. 8: Adobe Stock/
Joachim Wendler | S. 9: Hartmut Schug, VDI Technologiezentrum
GmbH | S. 10–11: Prof. Dr. rer. nat. Werner E.G. Müller | S. 13 links:
Forschungsinstitut Wasser und Umwelt, Universität Siegen | S. 13
Mitte, S. 36–37: Thomas Walter | S. 16: Prof. em. Dr. Karsten Reise |
S. 19: Getty Images/Sergei Gontsarenko | S. 20: PD Dr. Tim
Jennerjahn, ZMT | S. 21: Forschungszentrum Küste (FZK) | S. 24:
Ina Frings, HZG | S. 25: Getty Images/Fuse | S. 26–27: Dr. Joachim
Harms, PtJ | S. 28: Dr. Wolfgang Zahn, PtJ | S. 29: JAGO-Team,
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung | S. 30: Julia
Regnery | S. 31: Dr. Thomas Badewien, ICBM, Universität Oldenburg |
S. 32: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie | S. 33: Michael
Böttinger, DKRZ | S. 34: Christian Lott | S. 35: Marie Heidenreich,
PtJ | S. 38: Jan Steffen, GEOMAR

Text

PtJ, BMBF

Diese Publikation wird als Fachinformation des Bundesministeriums für Bildung und Forschung kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

