

MARINE BIODIVERSITÄT – Vielfalt des Lebens



„Das Problem, dessen Lösung ich suchen soll, läuft auf ein Dilemma hinaus. Entweder wir kennen alle Spielarten von Lebewesen, die unseren Planeten bevölkern, oder wir kennen sie nicht. Wenn wir sie aber nicht alle kennen, wenn die Natur, was ihren Reichtum an Fischarten betrifft, noch Geheimnisse für uns bereithält, was liegt dann näher als die Annahme, dass es noch neue Arten oder Gattungen von Fischen oder Walen geben muss, die in tiefen, keiner Sonde zugänglichen Regionen unterhalb der Wasseroberfläche leben und die in ihren Eigenschaften in besonderer Weise den dort vorherrschenden extremen Umweltbedingungen angepasst sind?“



Professor Aronnax, in Jules Verne – 20 000 Meilen unter dem Meer (1869)

GRUSSWORT



„Die zunehmende Nutzung der Weltmeere als letzte globale Ressource sowie die Auswirkung des globalen Wandels auf die Ökosysteme und damit auf essentielle Funktionen des Ozeans machen die Meeresforschung zu einem unverzichtbaren

Teil der Daseinsvorsorge unserer Gesellschaft. Die Biodiversitätsforschung beantwortet dabei wichtige Fragen zur Zusammensetzung, Vielfalt und Funktion der Meeresbewohner, sie hat einen festen Platz auf unseren Forschungsschiffen. Die moderne Biodiversitätsforschung wird im Zusammenhang mit ökologischen, geologischen und klimatologischen Untersuchungen eine zunehmende Bedeutung bekommen. Wir berücksichtigen diese Entwicklung bei den Planungen von Infrastruktur, Forschungsplattformen und Förderungsschwerpunkten.“

Prof. Dr. Karin Lochte, Biologische Ozeanographin
Vorsitzende der Senatskommission für Ozeanographie der DFG



„Auch nach 40 Jahren Meeresforschung bin ich jedes Mal aufs Neue fasziniert, wenn unsere Tauchroboter Bilder vom Meeresboden übertragen. Diese Vielfalt von Leben in allen Tiefen der Meere ist aber nicht nur einfach wunderbar anzuschauen, sondern auf ihr

beruhen wichtige Funktionen des Ozeans. Die Kopplung zwischen Geo-, Hydro- und Biosphäre in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Erde zu verstehen, ist eine Aufgabe, an der sich alle deutschen Meeresforschungsinstitutionen beteiligen. Ein besonderes Anliegen ist uns dabei die Verbesserung der Langzeitbeobachtung mit modernen Technologien wie Unterwasserobservatorien und intelligenten Messnetzen.“

Prof. Dr. Gerold Wefer, Geowissenschaftler
Vorsitzender des Konsortiums Deutsche Meeresforschung

Im Meer finden sich mehr Stämme des Tierreichs und Abteilungen des Pflanzenreichs als an Land. Schon die ersten Naturforscher staunten über die enorme Vielfalt des Lebens im Meer und fragten nach ihrem Grund. Diese Frage bildet weiterhin den Kern moderner Biodiversitätsforschung. Der Begriff Biodiversität umfasst die Vielfalt der Arten und ihrer Gene sowie die Vielfalt von Lebensgemeinschaften und Ökosystemen. Marine Biodiversitätsforscher arbeiten vor allem an folgenden Leitfragen: Wie entsteht Vielfalt und was erklärt die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Arten? Was reguliert die Verbreitung von Arten und welche Faktoren bestimmen die Biodiversität in verschiedenen Ökosystemen des Meeres? Welchen Effekt haben menschliche Einflüsse auf die Biodiversität und welche Konsequenzen haben diese Veränderungen für die Funktion mariner Ökosysteme und den Planeten Erde? Auf den folgenden Seiten nehmen Meeresforscher Stellung zu den Wundern und Funktionen, aber auch zu den Bedrohungen für die Lebensvielfalt im Meer.



WIE VIELE ARTEN GIBT ES IM MEER?

Die Frage nach der Anzahl der Arten im Meer ist noch immer nicht zu beantworten. Sie wird auf mehrere Millionen geschätzt. In den Datenbanken mariner Biodiversitätsforscher befinden sich derzeit Einträge von über 200 000 Tierarten von über 20 Millionen Fundorten. Generell nimmt unser Wissen über die marine Biodiversität mit zunehmender Tiefe in den Weltmeeren Bruchteil der Weltmeere erforscht, in etwa die Größe eines Fußballstadions auch jede weitere Biodiversitätsexpedition eine unglaubliche Zahl neuer Arten Südpolarmeeres wurden in nur 40 Bodenproben mehr als 1 400 Arten von Wissenschaft, in einigen Tiergruppen über 90 %. Durch die molekulare erheblich gestiegen. So beinhalten ein Kubikmeter Wasser oder ein von Mikroorganismen, von denen weniger als 1 % bekannt sind.

ab. Im Abyssal (3 500 - 6 000 m) hat der Mensch erst einen im Vergleich zur Kontinentalfläche der Erde. So erbringt – besonders der Kleinstlebewesen. In der Tiefsee des Wirbellosen identifiziert, davon waren 50 % neu für die Ökologie ist die Schätzung der Artenvielfalt im Meer Gramm Meeresboden mehrere Tausende Gruppen



STEUERGRÖSSEN DER VIELFALT IM MEER

In der Erdgeschichte haben globale Veränderungen des Klimas und der Ozeanzirkulation wiederholt zu drastischen Verlusten der Vielfalt von Arten und Ökosystemen geführt. Paläontologischen Befunden zufolge dauert eine Regenerierungsphase mariner Biodiversität nach solchem Massenaussterben 1 bis 10 Millionen Jahre und ist verbunden mit der Evolution neuer Arten und Ökosysteme. Die menschlichen Eingriffe in marine Ökosysteme und ihre Folgen ereignen sich auf viel schnelleren Zeitskalen – die Regeneration der Biodiversität aber nicht. So hat das Abfischen ganzer Wal- und Fischbestände bereits im letzten Jahrhundert die Nahrungsnetze in den Weltmeeren verändert und führte zum unersetzlichen Verlust von Arten. Nun droht neben der anthropogenen Erhöhung von Temperatur und Meeresspiegel eine Versauerung der Ozeane noch in diesem Jahrhundert, als eine Folge der CO₂-Emissionen in die Atmosphäre und damit in die Weltmeere.



WIE ARBEITEN MARINE BIODIVERSITÄTSFORSCHER?

Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen des Meeres sind nicht einfach zu sammeln – Forschungsschiffe sind eine wichtige Voraussetzung. Tiefseelebewesen aus mehreren tausend Metern Tiefe, von heißen Quellen, aber auch die große Vielfalt gallertartiger Tiere können nur mit speziellen Technologien geborgen werden. Unterwasserroboter sammeln und fotografieren Lebewesen in ihrer natürlichen Umwelt. Viele Meerestiere verbreiten sich über ihre Larven, diese sind aber kaum optisch zu unterscheiden. Zur Artbestimmung werden Eigenschaften in Körperbau, Physiologie, Verhalten und immer häufiger in genetischen Merkmalen herangezogen. Die wenigsten Meeresbewohner können im Labor gehalten werden – Meeresbiologen bedienen sich daher aufwändiger Probenahmen und Feldexperimente, um die Vielfalt der Funktionen und Interaktionen mariner Organismen und ihre Reaktion auf Umweltänderungen zu erforschen. Der globale Wandel wird nicht nur in physikalischen Änderungen, sondern besonders durch die Verschiebung von Artenvorkommen dokumentiert. Dazu nutzen die Forscher vielfältige Umweltbeobachtungen und komplexe Datenbanken.

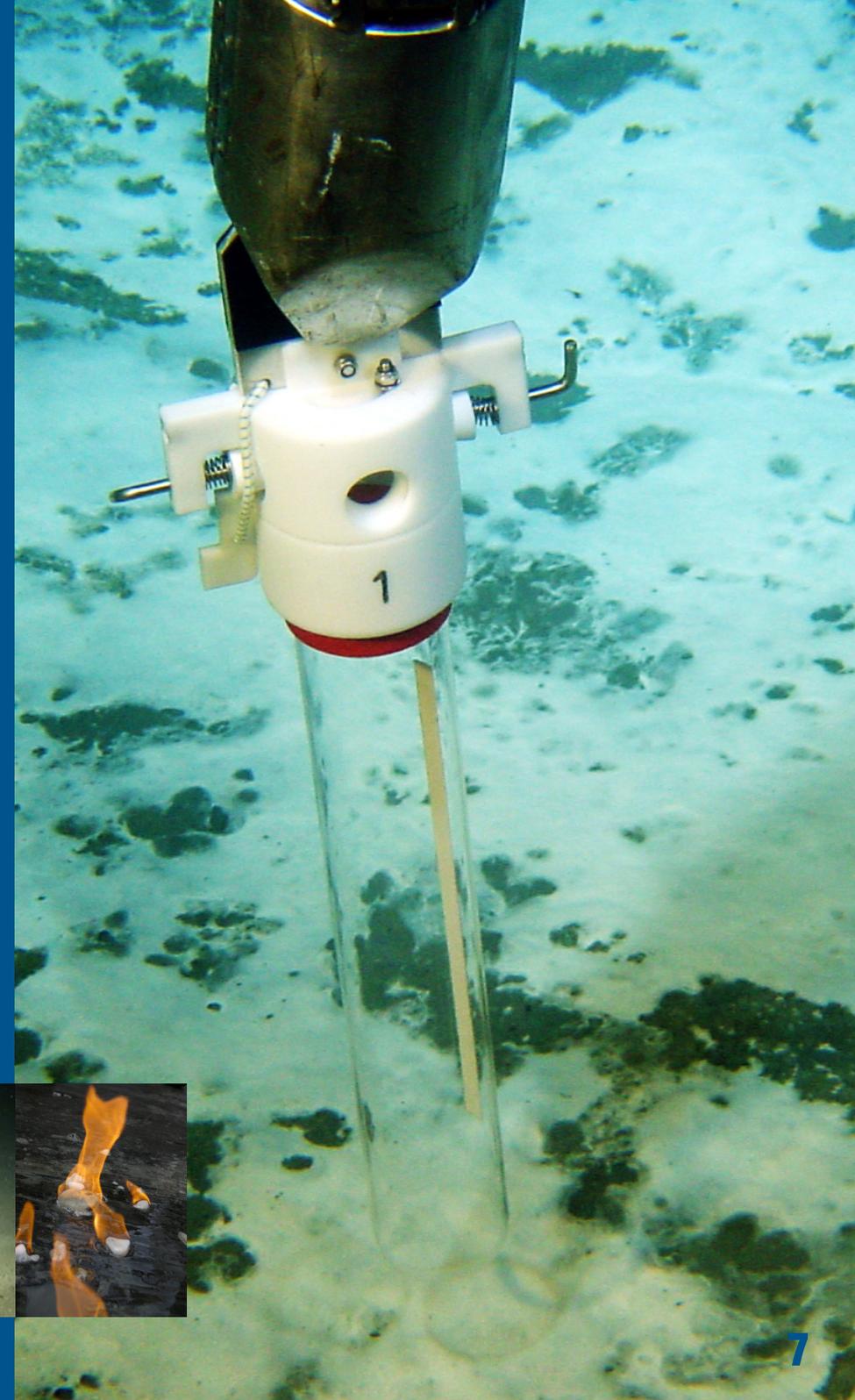


Zur Kryptozoologie, der Erforschung versteckter Arten, gehört seit Jahrhunderten die Suche nach dem Tiefseehai, dem Riesenkraken und anderen mythischen Wesen. Viel öfter geht es aber heute um sehr häufige, aber unauffällige Lebensformen: Durch den Einsatz molekular-genetischer Methoden zur Erforschung der Vielfalt des Lebens im Meer folgte die erstaunliche Entdeckung, dass viele Arten ihr Leben als geheime Doppelgänger führen. Solche Zwillingarten – auch kryptische Arten genannt – wurden in allen marinen Lebensformen entdeckt, in einzelligen Algen sowie in Fischen. Heute wissen wir, dass viele Zwillingarten, die ein nahezu identisches Erscheinungsbild besitzen, unterschiedliche Lebensräume besiedeln und ganz verschiedene Funktionen im Ökosystem erfüllen können. Die Erforschung dieser versteckten Artenvielfalt bereitet damit die Grundlage für das Verständnis der Komplexität mariner Ökosysteme und der Möglichkeiten, sie zu nutzen und zu schützen.



THEMA ENTDECKUNG - EXTREME LEBENSRÄUME

Seit jeher fasziniert uns die Frage nach den Grenzen des Lebens. Es gibt noch viele extreme Umwelten im Meer zu erforschen, wie zum Beispiel schwarze Raucher, aus denen sulfidisches, 400 °C heißes Wasser sprudelt, sauerstofffreie Becken, untermeerische Salzseen, Felder von gefrorenem Methan, Tiefseegräben in 11 km Wassertiefe, den nahrungsverarmten südpazifischen Ozeanwirbel und die „Tiefe Biosphäre“ weit unter dem Meeresboden. Eine besondere Anpassung an extrem schwefel- oder methanreiche Lebensräume ist die Symbiose zwischen Tieren und Bakterien – hier bietet das Wirtstier den Bakterien in seinem Körper Schutz, um dafür Nährstoffe aus ihrem Umsatz der chemischen Energie zu erhalten. Aber auch das Wattenmeer ist ein extremer Lebensraum – dort schwanken die Temperaturen im Jahresgang von eisig (-2 °C) bis warm (30 °C) und der Salzgehalt von 0 % bei Regen bis 30 %, wenn die Sonne Meerwasserpflützen eintrocknet. In solch extremen Umwelten finden wir besondere Lebensgemeinschaften, deren genetische Kapazitäten, Verhalten und Lebenszyklen auf interessanten Anpassungsmechanismen beruhen.



GLOBALER WANDEL - ZUKUNFT DER KORALLENRIFFE

Tropische Korallenriffe nehmen weltweit eine Fläche von 285 000 km² ein. Das entspricht 1,2% der globalen Schelfe und nur 0,1% des gesamten Weltmeeres. Hinzu kommen die bisher nicht bilanzierten Anteile der Kaltwasser-Korallenriffe entlang der Kontinentalränder, die erst im letzten Jahrzehnt entdeckt wurden. Korallenriffe sind Weltmeister in der Speicherung von Kohlenstoff in Kalk, aber auch „hot spots“ der Lebensvielfalt im Meer. Nicht zuletzt deshalb sind Korallenriffe touristisch höchst attraktive Ziele, mit zunehmend negativen Folgen für das Ökosystem. Regional deutlich erhöhte Wassertemperaturen induzieren die für die Korallen letale „Korallenbleiche“, bei der die Endosymbionten ihren Korallenwirt verlassen. Das Wachstum der Korallenriffe sinkt weltweit durch die Versauerung der Weltmeere infolge des zunehmenden CO₂-Gehalts der Atmosphäre. Die Tiefseefischerei und andere Formen der Nutzung stellen eine Gefährdung für Kaltwasserkorallen dar. Weltweit ist daher zu befürchten, dass das artenreichste Ökosystem noch in diesem Jahrhundert in seiner Existenz bedroht ist.



GLOBALER WANDEL - ZUKUNFT DER POLARREGIONEN

Die Tier- und Pflanzenwelt der Polargebiete ist durch die globale Erwärmung besonders gefährdet. Es schwinden nämlich die für diese Organismen so wichtigen, sehr kalten, Rückzugsgebiete. In der Arktis ist der Eisbär ein prominenter Vertreter für ökologisch ebenso wertvolle, aber unscheinbarere Arten, deren Überleben unsicher ist. Wenn sie durch die globale Erwärmung aussterben, wird sich der arktische Lebensraum vielleicht in ein Ökosystem verwandeln, wie wir es von unseren heimischen Küsten kennen. In der Antarktis sind die Krillbestände durch den regionalen Rückgang des Meereises drastisch geschrumpft. Sie sind aber eine unverzichtbare Nahrungsgrundlage für Pinguine, die sich bereits zurückziehen, und für Wale, deren Bestand sich noch lange vom Walfang vergangener Jahrhunderte erholen muss. Solange die Antarktis aber durch ihren gewaltigen Eispanzer gekühlt wird, besteht keine Gefahr für das gesamte Ökosystem. Eine Erwärmung des Südlichen Ozeans kann allerdings die vielen, an die eiskalten Bedingungen angepassten Arten verschwinden lassen, in seinen Randgebieten wandern bereits fremde Arten ein. In der Arktis haben die Erwärmung und der Rückgang des mehrjährigen Meereises jetzt schon eine Veränderung der Biodiversität mit noch unbekanntem Konsequenzen für die Funktion der marinen Ökosysteme herbeigeführt.



VOR UNSERER HAUSTÜR - INVASIVE ARTEN UND IHRE FOLGEN



Arten breiten sich aus und erreichen neue Systeme. Dieser natürliche Vorgang gerät mehr und mehr in den Fokus mariner Biodiversitätsforschung, da sich die Anzahl neu eintreffender Arten durch menschliche Einflüsse stark erhöht hat. Diese sogenannten Bioinvasionen werden vor allem durch den globalen Warentransport (Ballastwasser) und klimatische Veränderungen begünstigt. Ein Beispiel ist das massenhafte Auftreten der Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi* in Ost- und Nordsee. Diese Art stammt von der US-Atlantikküste und hat über das Schwarze Meer inzwischen die Ostsee erreicht. Es wird befürchtet, dass sie nun durch den Fraß von Fischlarven Nahrungsnetze verändert. Während die Einwanderung von invasiven Arten und ihre Dynamik in unseren Meeren durch Langzeitbeobachtung immer besser verstanden werden, wissen wir wenig über ihre Wirkung auf die bestehende Lebensgemeinschaft. Verdrängen invasive Arten lokale Arten und reduzieren damit die native Biodiversität – oder verändern sie sogar wesentliche Funktionen des Systems?

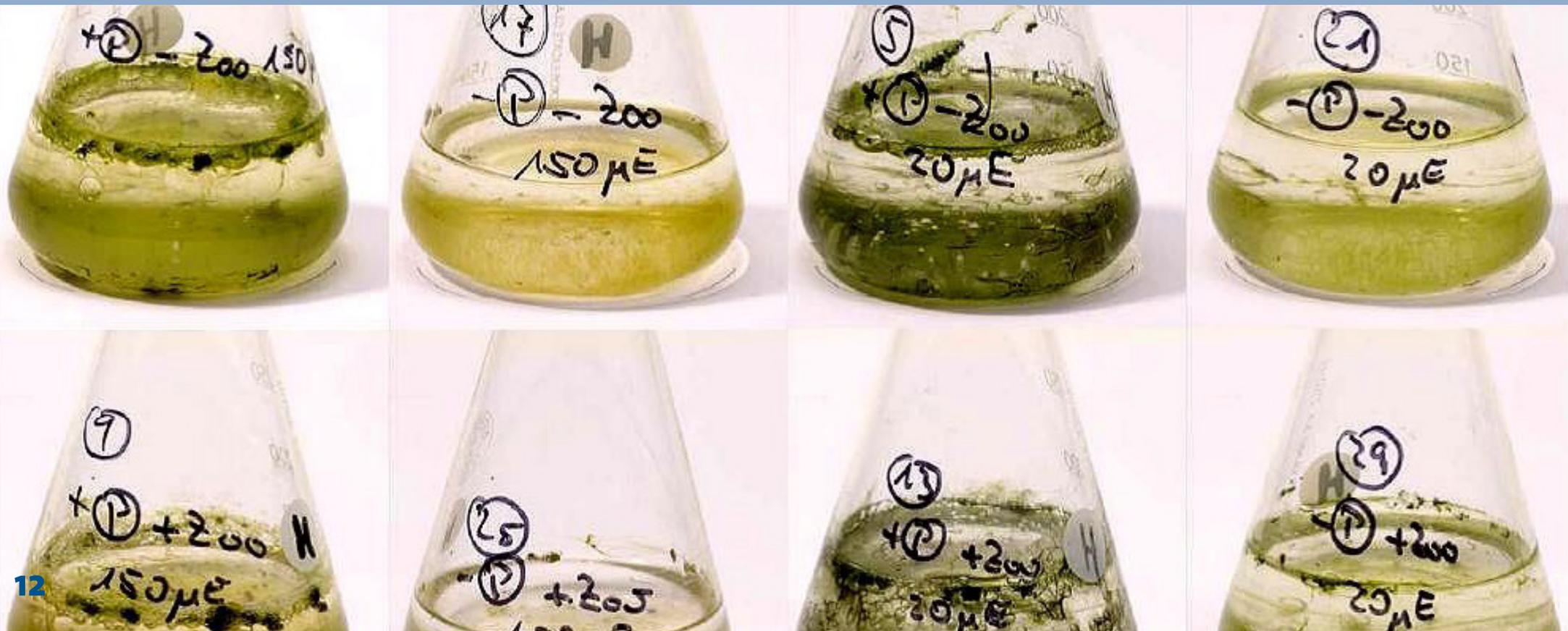


VOR UNSERER HAUSTÜR – AUSWIRKUNGEN DER FISCHEREI AUF BIODIVERSITÄT

Der Fraßdruck von großen Raubfischen oder Säugetieren, wie Wal und Robbe, wirkt auf die Struktur der Nahrungsgefüge mariner Ökosysteme. Seit jeher sind die großen Räuber der Meere aber auch eine wertvolle Beute des Menschen. Der hohe Fischereidruck mit modernen Fischtrawlern und riesigen Netzen hat im letzten Jahrhundert weltweit zu einem Niedergang der Anzahl großer Fische und Säugetiere geführt. In vielen Meereszonen werden dadurch trophische Kaskaden verursacht. Weil ihre Räuber dezimiert sind, reduzieren kleinere Fischarten oder Quallen vorübergehend durch erhöhten Fraßdruck die Biomasse von Algen, Krebschen und anderen Herbivoren. Im Nordatlantik und der Nordsee hat nicht nur die Fischerei die Nahrungsnetze verändert, auch der Klimawandel verursacht eine Verschiebung der Diversität von Fischen und ihrer Beute. Die Erwärmung hat eine Verschiebung der Frühjahrsblüte zufolge, dies verändert die Bedingungen für Fisch- und Krebslarven dramatisch und hat damit Auswirkungen auf die Fischbestände. Die starke Abnahme des Kabeljaubestandes wird auf solche komplexen Zusammenhänge zurückgeführt.

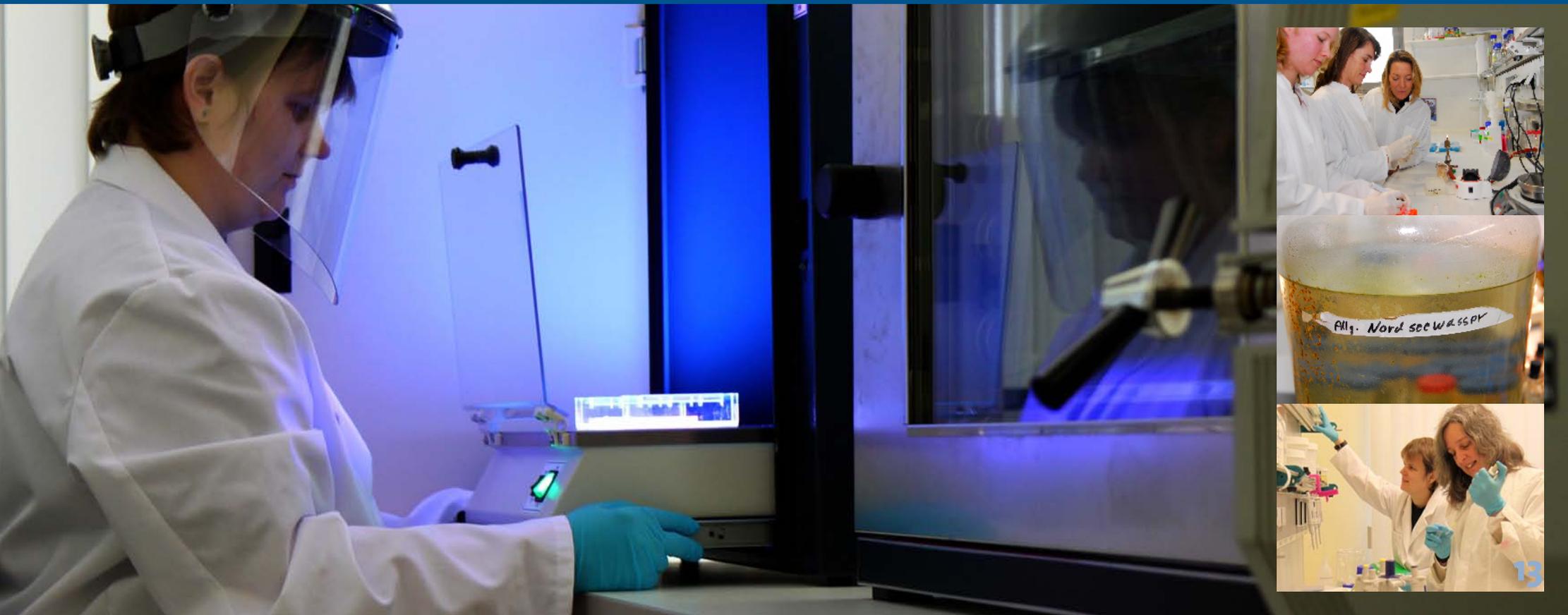


Veränderungen der Biodiversität mariner Ökosysteme werden weltweit beobachtet. Aber führt dies auch zu Konsequenzen für die Funktion des Ökosystems? Unter Funktion versteht man vor allem Prozesse wie die Produktivität von Algen, die Effizienz des Transfers innerhalb von Nahrungsnetzen oder den Stofffluss zwischen dem Sediment und dem Freiwasser. Die Frage nach der Bedeutung der Biodiversität hat sich zu einem der dynamischsten Forschungsfelder in der Ökologie entwickelt und beschäftigt inzwischen auch Sozial- und Wirtschaftswissenschaften. Modelle und Experimente in marinen Ökosystemen zeigen eine Verminderung wichtiger Prozessraten durch eine reduzierte Biodiversität. Eine verringerte Algenvielfalt führt zu reduzierter Primärproduktion, die Biodiversität in Seegrasgemeinschaften bestimmt das Wachstum und die Erholungsfähigkeit von Seegraswiesen. Solche Prozesse sind Grundlage für die direkte menschliche Nutzung von Ökosystemen (z.B. Fischerei) wie auch für indirekte „Dienstleistungen“ (z.B. Reduktion von CO₂ durch Algenphotosynthese).



NUTZEN FÜR DIE GESELLSCHAFT - GENETISCHE RESSOURCEN

Biodiversität steht nicht nur für die Anpassungsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit von Lebensgemeinschaften oder für deren funktionelle Dienstleistungen, sondern auch für die Schönheit und den kulturellen Wert von Ökosystemen. Ein weiterer, immer häufiger zitierter Grund für die Notwendigkeit von Naturschutz und Bewahrung der Vielfalt, sind die sich verringernden genetischen Ressourcen. Die Genome von Lebewesen sind Bibliotheken ihrer Herkunft, ihrer biologischen Funktionen und Anpassungen an die Umwelt. Genome von Mikroorganismen bergen die größte biochemische Vielfalt und enthalten Gene, deren Grundbeschaffenheit so alt ist wie das Leben selbst – fast 4 Milliarden Jahre. Ihre Anpassungen an extreme Umweltbedingungen bergen attraktive biotechnologische Anwendungen. Mit Bioengineering an Algenen wird nach Lösungen für den zunehmenden CO₂-Gehalt der Atmosphäre, Energie- und Nahrungsmangel gesucht. Gene der Meerestiere bergen wichtige Informationen für die Evolution und Regulierung des Immunsystems, der Fortpflanzung und der biologischen Komplexität. Für Landpflanzen und Landtiere gibt es inzwischen Samenbanken, Genomarchive und Dokumentationen in Museen. Die Bewahrung genetischer und anderer biologischer Informationen über die Meeresbewohner ist durch die unglaubliche Vielfalt, Größe und eingeschränkte Zugänglichkeit ihrer Habitate noch viel schwieriger. Wenn uns nicht in kurzer Zeit große Erkenntnisfortschritte gelingen, werden viele Arten und ihre genetische Information verschwinden, bevor wir sie erforschen konnten.

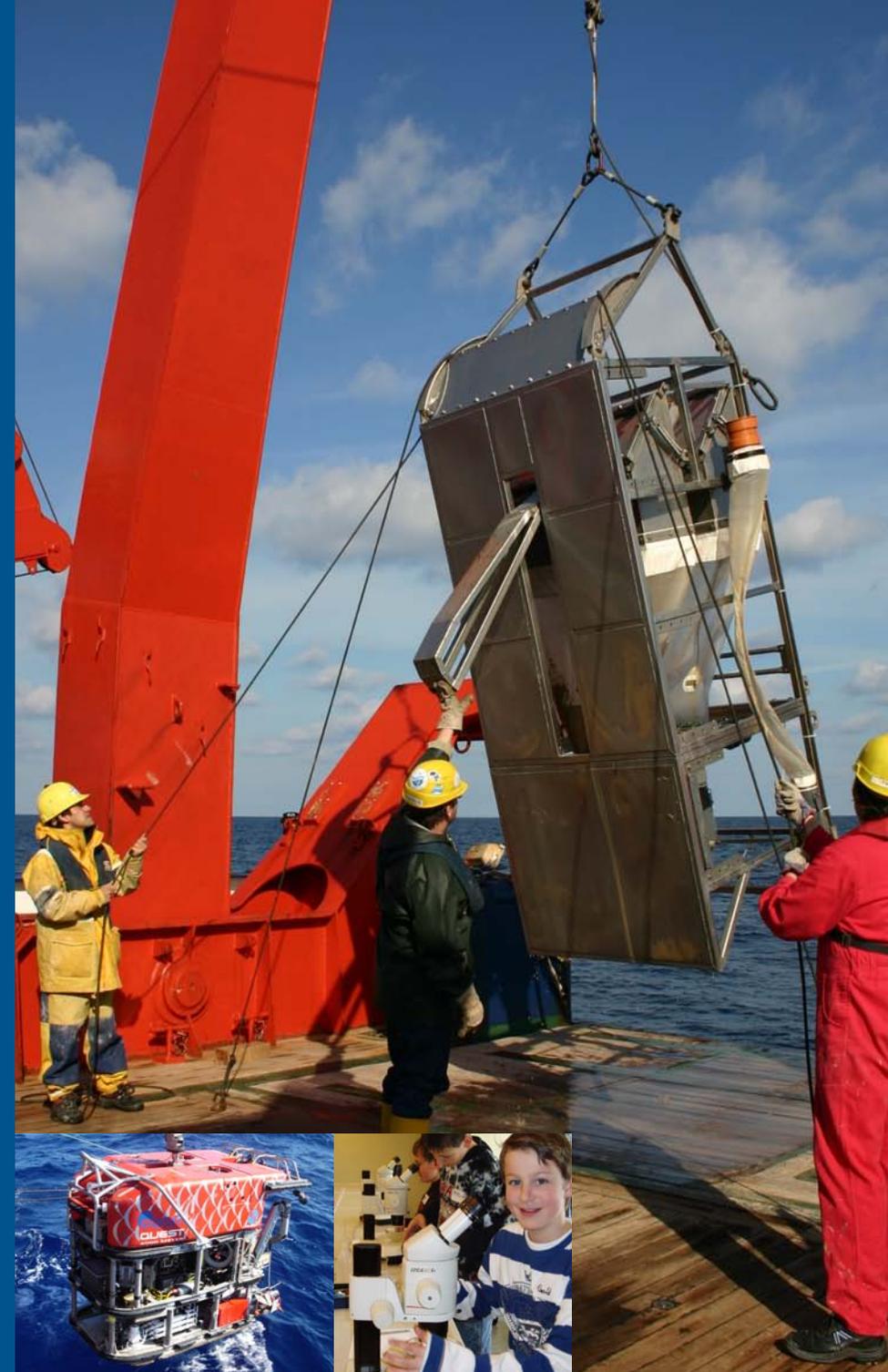


WAS BRAUCHT DIE MARINE BIODIVERSITÄTSFORSCHUNG?

Diese Broschüre beleuchtet wichtige Fragen zur Zukunft der Meere, denen sich nicht nur die Meeresforscher, sondern alle Teile der Gesellschaft stellen müssen. Die marine Biodiversitätsforschung hat sich angesichts der rapiden Veränderungen zu einem der dynamischsten Felder der Umweltforschung entwickelt. In diesem Forschungszweig fließen moderne Methoden der Natur- und Geowissenschaften und neuerdings auch der Gesellschaftswissenschaften ein. Marine Biodiversitätsforscher arbeiten an aktuellen Fragen zum globalen Wandel ebenso wie Physiker, Meteorologen, und Geowissenschaftler. Sie beschäftigen sich nicht nur mit den Lebensformen selbst, sondern auch mit ihrer Herkunft, Umwelt und Zukunft auf der Erde.



Die Biodiversitätsforschung ist ein Teil der Erdbeobachtung geworden und braucht daher eine ebenso aufwändige Infrastruktur: – von Forschungsschiffen und Tauchrobotern über gut ausgerüstete Experimentieranlagen bis zur Satellitenfernerkundung, von Klimaarchiven, Ozeanmodellen bis zu modernen Laboren für molekulare, mikroskopische, strukturelle und chemische Analysen. Das Bild des einsamen Krebsbeinchenzählers im staubigen Museum ist längst überholt – dennoch fehlt es der marinen Biodiversitätsforschung an taxonomisch, biologisch und ökologisch gut ausgebildetem Nachwuchs. Das Meer und seine geheimnisvollen Bewohner faszinieren jedes Kind und jeden Studenten, dafür ist es erstaunlich spärlich in den Kurrikula von Schulen und Universitäten vertreten. Gemessen an der Dringlichkeit des Themas müssen die Vernetzung und die Ressourcen der marinen Biodiversitätsforschung in den deutschen und europäischen Forschungslandschaften und Förderungsprogrammen verbessert werden. Aus historischen Gründen gibt es zu wenig Zusammenarbeit zwischen terrestrischer und mariner Biodiversitätsforschung. Zwar gibt es Forschungsgruppen in allen Bundesländern, an Universitäten, außeruniversitären Institutionen und Museen – aber nicht alle haben die kritische Größe, Infrastruktur oder Nachhaltigkeit. Es fehlt an Langzeitbeobachtung in den eigenen Küstenzonen und Meeresgebieten. Gleichzeitig ist aber auch die Dringlichkeit von Forschung und Kapazitätsbildung in tropischen Ländern und den Polarregionen sehr hoch. Vorhersagen über die zukünftigen Artenzusammensetzungen in den Weltmeeren und entsprechende Auswirkungen auf die für den Menschen wichtigen Ökosystemfunktionen, wie z.B. CO₂-Senke oder Fischereierträge, stecken noch in den Kinderschuhen, werden aber mehr denn je benötigt. Der Transfer des Wissens über die Biodiversität der Meere in den Naturschutz, in gesellschaftliche Informationen und politische Entscheidungen ist angesichts der wachsenden Probleme viel zu langsam. Wir marinen Biodiversitätsforscher sind uns der großen Aufgaben unseres Forschungsfeldes bewusst und hoffen auf Ihre Unterstützung.



**SIE MÖCHTEN MEHR ÜBER DAS LEBEN
IM MEER WISSEN?**

**SIE WOLLEN MIT EINEM MARINEN
BIODIVERSITÄTSFORSCHER SPRECHEN?**

**FRAGEN
SIE UNS.**

KONTAKT

DFG Senatskommission für Ozeanographie
Tel. +49 (0)471 - 4831 1812
sekom.ozean@awi.de

Konsortium Deutsche Meeresforschung
Tel.+49 (0)30 - 200 747 90
peinert@deutsche-meeresforschung.de



**MARINE BIODIVERSITÄTSCENTREN AN
UNIVERSITÄTEN UND INSTITUTEN**

IMPRESSUM

■ Herausgeber:

DFG Senatskommission für Ozeanographie
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
Am Handelshafen 12, D-27570 Bremerhaven
www.dfg-ozean.de

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

■ Layout:

V. Siegler, Senckenberg am Meer

■ Textbeiträge:

A. Boetius, A. Brandt, A. Freiwald, J. Gutt,
H. Hillebrand, M. Kucera, P. Martínez Arbizu,
M. St. John

BILDQUELLEN

(in alphabetischer Reihenfolge)

■ Büntzow, Marco und Corgosinho, Paulo - Senckenberg am Meer: U1 (4. Piktogramm) ■ DZMB - Senckenberg am Meer: S5 (3. Piktogramm), S15 (Hintergrund) ■ Freiwald, André - Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg: S8 (links) ■ George, Kai Horst - Senckenberg am Meer: S4 (1. Piktogramm) ■ Glatzel, Thomas - Universität Oldenburg: U1 (2. Piktogramm), S3 (6. Piktogramm), S4 (Hintergrund), S5 (5. Piktogramm), S8 (1. bis 5. Piktogramm), U4 (2., 5. Piktogramm) ■ Grobe, Hannes - AWI: S9 (Hintergrund) ■ Heusinger von Waldegge, Tim: U1 (1. Piktogramm) ■ Hillebrand, Helmut - ICBM - Terramare: S3 (5. Piktogramm), S12 ■ Janssen, Kapitän HO: S4 (2. Piktogramm), S11 ■ Markert, Alexandra - Senckenberg am Meer: S10 (1., 3. Piktogramm) ■ MARUM - Universität Bremen: S3 (Hintergrund) und (2. Piktogramm), S7 (2., 3., 4. Piktogramm), S15 (1. Piktogramm), U3 ■ Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie: S3 (3. Piktogramm), S4 (3. Piktogramm), S7 (rechts) ■ Niedzwiedz, Gerd - Universität Rostock: S10 (2. Piktogramm) ■ Querbach, Jürgen - DFG: S2, S13 (1., 2. Piktogramm) ■ Riehl, Torben - Universität Hamburg: U1 (Hintergrund), U4 (1., 3. Piktogramm) ■ Rose, Armin - Senckenberg am Meer: S5 (rechts), S7 (1. Piktogramm), S14 (Hintergrund), S16 (Hintergrund) ■ Siegler, Viola - Senckenberg am Meer: S5 (2., 4. Piktogramm), S13 (Hintergrund) und (3. Piktogramm), S15 (2. Piktogramm), S16 (Karte) ■ Sokolov, Vasily: U1 (5. Piktogramm), S3 (1., 4. Piktogramm), S10 (Hintergrund) ■ Urgorri, Victoriano: S5 (1. Piktogramm) ■ Veit-Köhler, Gritta - Senckenberg am Meer: U1 (3. Piktogramm), S6, U4 (4. Piktogramm) ■ Yun-Chih Liao, Leon: U2 (links)



