

Ozean der Zukunft 

Die Ausstellung im Deutschen Museum
in München 2010

The Future Ocean

The exhibition at the German Museum in Munich 2010

Ozean der Zukunft 

Die Ausstellung im Deutschen Museum
in München 2010

The Future Ocean

The exhibition at the German Museum in Munich 2010

Inhalt

Index

1. Letztes Rätsel: Ozean	11	2.2. Die Zukunft der Küste, Verteidigung oder Rückzug?	24
The last mystery: The Ocean		The Future of the Coastal Areas, Defend or Retreat?	
1 ENVISAT – der europäische Umweltsatellit für globale Erdbeobachtung	12	2.3. Globales Problem, regionale Unterschiede	26
ENVISAT – European environmental satellite for global Earth observation		Global Problem, Regional Differences	
3 Globus	13		
Globe			
4 Sedimentkern	14		
Sediment core			
1.1. Die Tiefen der Meere	16	3. Raumschiffe für die Tiefsee	29
The Depths of the Seas		Spaceships for the Deep Sea	
1.2. Kohlendioxid-Werte steigen	16	A Lander	30
Rising Carbon Dioxide Levels		Deep-Sea Landers	
1.3. Bohrkerne aus dem Meeresboden – das Klimaarchiv im Labor	18	7 Kastengreifer	31
Drill Cores from the Ocean Floor – Climate Archive in the Laboratory		Deep sea grab	
		8 Modell: FS Maria S. Merian	32
		Model: RV Maria S. Merian	
		34 Modell: FS Sonne	33
		Model: RV Sonne	
2. Klimawandel und Folgen für die Küsten	21	3.1. Forschungsschiffe: Plattformen der Meereswissenschaft	34
Climate Change and the Consequences for Coast Lines		Research Vessels: Marine Science Platforms	
5 Seitensichtsonar	22		
Side-Scan-Sonar			
6 Modell Meeresspiegelanstieg	23	4. Bizarre Geschöpfe der Tiefsee	36
Model of Ocean Level Rise		Bizarre Creatures of the Deep Sea	
2.1. Wenn der Meeresspiegel steigt	24	9 Bizarre Geschöpfe der Tiefsee	38
When Sea Levels Rise		Bizarre Creatures of the Deep Sea	
		10 Tauchroboter: ROV Super Safir	40
		Offshore Robot: ROV Super Safir	
		11 Hörstation: Tauchfahrt	41
		Auditory station: Diving Cruise	
		4.1. Leben in der Tiefsee	42
		Life in the Deep Sea	

5. Ozeanbeobachtung	45	9. Internationales Seerecht	83	7. Ozeanversauerung	61	11. Kieler Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“	99
Ocean Observatories		International Maritime Law		Ocean Acidification		The Kiel Cluster of Excellence “The Future Ocean”	
14 Messroboter: AUV Gleiter	46	23 Hörstation: Seerecht	84	22 Modell: Mesokosmos, Labor im Meer	62	29 Future Ocean Explorer: Wissen vertiefen	100
Measuring robot: AUV Glider		Auditory station: Law of the sea		Model: Mesocosm, Laboratory in the sea		Future Ocean Explorer: Expanding knowledge	
12 Messroboter: ARGO Float	48	9.1. Zoneneinteilung und Nordpol	86	26 Tauchroboter: AUV Abyss	64	31 Flaschenpost	102
Measuring robot: ARGO Float		Zone Classification and the North Pole		Diving robot: AUV Abyss		Message in a bottle	
15 Verankerung	49	9.2. Rechte und Pflichten auf See	86	20 Kaltwasserkoralle Lophelia	66	30 Über den Exzellenzcluster Ozean der Zukunft	103
Mooring		Rights and Obligations at Sea		Cold water coral Lophelia		About the Cluster of Excellence The Future Ocean	
5.1. Globale Ozeanzirkulation	50	10. Schwindende Fischbestände	89	19 Modell: Phytoplankton	68	33 Lesecke	104
Global Ocean Circulation		Dwindling Fish Stocks		Model: Phytoplankton		Reading area	
5.2. Das globale Ozeanbeobachtungsnetzwerk ARGO	52	24 Spieltisch: Überfischung	90	7.1. Erforschung der Ozeanversauerung	70	32 Kinderkisten	105
The Global Ocean Observation Network ARGO		Game table: Overfishing		Ocean Acidification Research		Kids boxes	
6. Entstehung der Ozeane	55	25 Spieltisch: Fischgrößen	91	7.2. Kohlenstoff im Ozean	70	12. Making of	108
The Origin of the Oceans		Game table: Fish sizes		Carbon in the Ocean		Making of	
16 Tiefseeprobe Schwarze Raucher	56	10.1. Überfischung und Regulierung	92	7.3. Auswirkung auf Meerestiere	72	13. Impressum	111
Deep sea sample Black Smoker		Overfishing and Regulation		Effect on Marine Animals		Imprint	
17 Tiefseeprobe Kissenlava	57	27 Reliefkarte der Erde	94	7.4. Auswirkung auf Lebensgemeinschaften	72	14. Die Exponate der Ausstellung	113
Deep sea sample Pillow Lava		Relief map of earth		Effect on Symbiotic Communities		The exhibits	
6.1. Schwarze Raucher – Oasen an heißen Quellen der Tiefsee	58	28 Seitensichtsonar: scannt den Meeresboden	96	8. Rohstoffe aus der Tiefsee	75		
Black Smoker – Oases at the Hot Springs of the Deep Sea		Sidescan sonar: scans the sea floor		Raw Materials from the Deep Sea			
				18 Rohstoffe aus der Tiefsee	76		
				Raw materials from the deep sea			
				8.1. Manganknollen, Mangankrusten	78		
				Manganese Nodules, Manganese Crusts			
				8.2. Gashydrat	78		
				Gas Hydrates			
				8.3. Was sind Gashydrate?	80		
				What are Gas Hydrates?			
				8.4. Gashydrate, eine Gefahr?	80		
				Gas Hydrates, a Risk?			

Editorial

Editorial

„Den Ozean verstehen heißt die Zukunft gestalten“

Vom 25. März bis zum 30. August 2010 wurde zum ersten Mal eine meereswissenschaftliche Sonderausstellung mit dem Titel „Ozean der Zukunft“ im Deutschen Museum in München gezeigt. Der gleichnamige Kieler Forschungsverbund präsentierte auf rund 300 Quadratmetern im kurz zuvor neu eröffneten Zentrum Neue Technologien wie sich die Weltmeere in Zukunft verändern werden. Insgesamt interessierten sich rund 120.000 Besucher für die Themen der Meeresforscher wie Ozeanversauerung, Meeresspiegelanstieg, Ressourcen aus der Tiefsee oder Überfischung. Die Ausstellung wurde gemeinsam von Wissenschaftlern der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR), des Instituts für Weltwirtschaft (IfW) und den Ausstellungsmachern der Muthesius Kunsthochschule entwickelt und bildete den Höhepunkt aller bisherigen Präsentationen des Exzellenzclusters „Ozean der Zukunft“. Die vorliegende Dokumentation der Münchner Zeit will den Leser erneut mit auf eine Expedition über die Ozeane nehmen, mit ihm in die Tiefen der Meere abtauchen, ihn an die Küsten begleiten und ihn für die Forschungsthemen der Kieler Meereswissenschaften begeistern.

Der Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ dankt dem Generaldirektor des Deutschen Museums, Prof. Dr. Wolfgang M. Heckl, und dem Kurator für Schifffahrt, Dr. Christian Sicka, für ihre Unterstützung bei der Umsetzung der Ausstellung.

“Understanding the ocean sustaining our future”

A marine science special exhibition entitled “The Future Ocean” was held for the first time at the Deutsches Museum in Munich from 25 March to 30 August 2010. In a 300 square meter space in the newly-opened Centre for New Technologies the Kiel collaboration on marine research presented an exhibition on how the world’s oceans will change in the future. In total, some 120,000 attendees came to learn about marine science issues such as ocean acidification, the rise in sea levels, deep sea resources or overfishing. The temporary exhibition was developed jointly by scientists from Kiel University, the Leibniz Institute of Marine Sciences (IFM-GEOMAR), the Kiel Institute for the World Economy (IfW) and the exhibition developers from the Muthesius Academy of Fine Arts and Design. The exhibition represents the highlight of all public presentations organized by the cluster of excellence “The Future Ocean” so far. The following documentation of this special period of time will again take the reader on an expedition to the world’s oceans – a dive into the depths of the seas. This book will accompany him along coastlines and will inspire him to learn more about the issues marine research is confronted with and researched by marine scientists from the Future Ocean in Kiel.

The cluster of excellence “The Future Ocean” would like to thank Professor Wolfgang M. Heckl, Director General of the Deutsches Museum, and Dr. Christian Sicka, curator of the museum responsible for shipping, for their support in staging the exhibition.



Die Ausstellung „Ozean der Zukunft“

The Exhibition „The Future Ocean“

Letztes Rätsel: Ozean

The Last Mystery: The Ocean

Die Ozeane bedecken mehr als 70 Prozent der Oberfläche unseres Planeten und beherbergen das größte zusammenhängende Ökosystem der Erde. Die Bedeutung der Ozeane für den Menschen wird in zunehmendem Maße wahrgenommen.

Unsere Zukunft wird davon abhängen, wie der Klimawandel die Ozeanzirkulation verändert, wie der Meeresspiegel steigt und dadurch Küstenregionen oder Inselgruppen gefährdet und wie durch zunehmende Aufnahme von gelöstem Kohlendioxid (CO₂) die Ozeane versauern. Die Ozeane bergen enorme Vorkommen an Ressourcen, Rohstoffe, die wir langfristig nutzen könnten. Doch schon heute sind die Meere dramatisch überfischt.

Um ein genaues Bild des heutigen und zukünftigen Ozeans mit allen Möglichkeiten der Veränderung zu zeichnen, brauchen Wissenschaftler wie auch die Politik und Gesellschaft Informationen aus allen Bereichen der Ozeanforschung. Bisher sind die „Tiefen der Ozeane“ kaum erforscht und bilden damit eines der letzten Ziele für Entdeckungsreisen auf unserem Planeten.

The oceans cover more than 70 percent of our planet's surface and harbour Earth's largest contiguous ecosystem. The importance of the oceans for human kind is being increasingly recognized.

Our future will depend on the changes in ocean circulation caused by climate change, the rise in sea level and the resulting danger to coastal regions or archipelagos, and the acidification of the oceans due to increasing absorption of carbon dioxide (CO₂). The oceans hold enormous stocks of resources, raw materials we could utilize long-term. However, the oceans are already dramatically overfished.

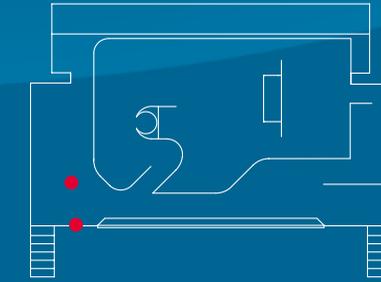
In order to give a more precise idea of the current and future oceans with all possible changes, scientists as well as politics and society require data from all marine research areas. Up until now, the "depths of the oceans" have hardly been investigated and thus form one of the last destinations for expeditions on our planet.



1 ENVISAT – der europäische Umweltsatellit für globale Erdbeobachtung
 ENVISAT – European environmental satellite for global Earth observation



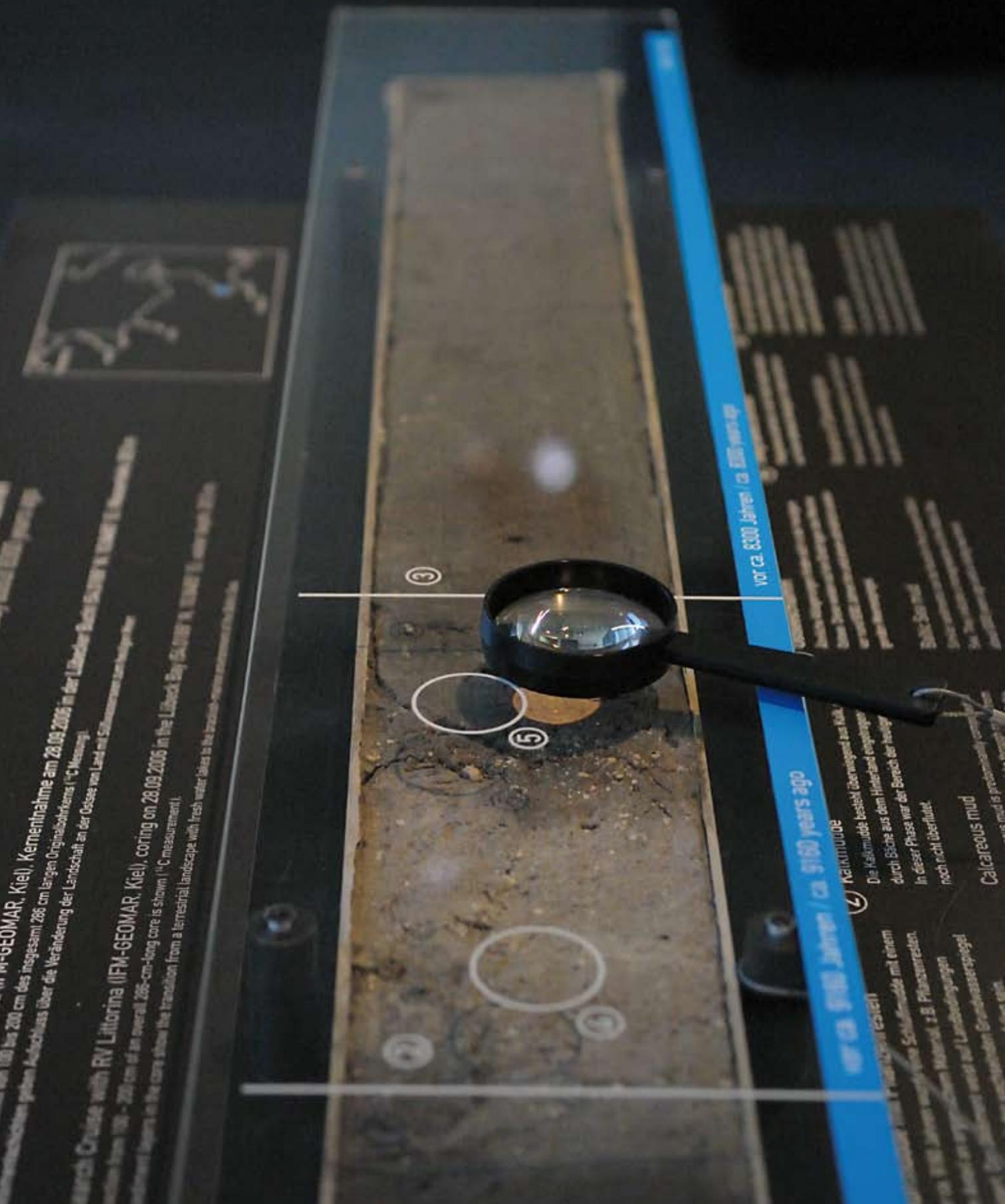
3 Reliefglobus Relief globe



1 ENVISAT ist groß wie ein Sattelschlepper (10,5 x 4 x 4 Meter beim Start, > 26 x 10 x 5 Meter im Orbit), Startgewicht: 8.211 Kilogramm, Flughöhe: 800 Kilometer. Ein Erdumlauf dauert 100 Minuten, alle drei Tage hat er den gesamten Erdball einmal beobachtet und kehrt nach 35 Tagen auf dieselbe Umlaufposition zurück. Lebenserwartung: fünf Jahre, wird jedoch meist erheblich überschritten. Zehn modernste Messinstrumente sammeln Daten zu Meerestemperaturen, -höhen und -strömungen, Wellenhöhen und -richtungen, Windgeschwindigkeiten, Eiskappen, Phytoplanktonmengen, Waldbränden, Umweltverschmutzung sowie zur Chemie der Atmosphäre (CO₂, Methan etc.).

ENVISAT has the size of a semitrailer (10.5 x 4 x 4 meter at the start, > 26 x 10 x 5 meter in Orbit), take-off weight: 8,211 kilogram, altitude: 800 kilometer. An orbit lasts 100 minutes, every three days it has observed the whole earth once, and returns to the same orbital position every 35 days. Life-span: five years, but this is usually significantly exceeded. Ten cutting-edge measuring instruments collect data about the ocean temperature, height and currents, wave heights and directions, wind speed, ice caps, quantities of phytoplankton, forest fires and pollution as well as the chemical composition of the atmosphere (CO₂, methane, etc.).

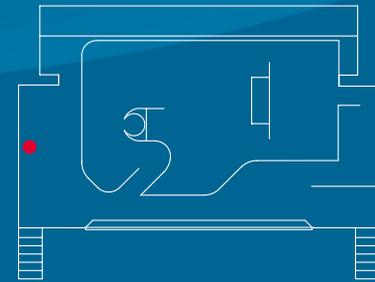
3 Reliefglobus Relief globe



4 Schicht für Schicht geben Sedimentkerne aus dem Meeresboden Auskunft über das Klima vergangener Jahrtausende und Jahrtausende. Die Ablagerungen liefern auch Daten zur Entwicklung des Ozeans.

Layer by layer, the sediment cores from the ocean floor provide information on the climate of the past millenniums and millions of years. The deposits also provide data about the development of the oceans.

4 Bohrkern Drilling core



Die Meerestiefen

Die Fläche des Atlantiks mit 82 Millionen Quadratkilometern entspricht der doppelten Fläche Europas und Asiens. Der Pazifik bedeckt mit 165 Millionen Quadratkilometern Fläche etwa ein Drittel der gesamten Erdoberfläche.

Die durchschnittliche Tiefe des Weltozeans beträgt 3.800 Meter (bezogen auf N.N.), die durchschnittliche Höhe des Festlands liegt bei 840 Metern. Der Weltozean zeigt typische Tiefenbereiche. Die Küsten sind Teil des Schelfbereichs, der die Kontinente wie eine Treppenstufe zwischen Festland und Meer umgibt. Seine Breite variiert bis zu 200 Kilometern, seine Tiefe reicht bis ca. 200 Meter hinab. 92 Prozent der Ozeane sind tiefer als 200 Meter.

Mit einem scharfen Knick im Gefälle schließt sich dem Schelfbereich der Kontinentalhang an, der steil bis in die Tiefseeebenen hinabführt. Die durchschnittliche Wassertiefe der Tiefsee, die in rund 1.000 Metern Tiefe beginnt und nahezu 60 Prozent des Ozeans einnimmt, beträgt 3.000 bis 5.000 Meter. Hier liegen die Mittelozeanischen Rücken in Tiefen um 2.500 bis 3.000 Metern. Tiefseegräben erstrecken sich zwischen 8.000 und 11.000 Metern Tiefe.

Kohlendioxid-Werte steigen

Um Aussagen über die Zukunft zu treffen, ist die Klimaforschung auf Hinweise aus der Vergangenheit angewiesen. Durch Bohrkern aus den Meeren oder von Land lassen sich Klimaprozesse mehrere Millionen Jahre zurück rekonstruieren, in Zeitskalen von etwa 100.000 Jahren.

In den letzten 800.000 Jahren schwankte der Kohlendioxid- (CO_2 -) Anteil in der Atmosphäre zwischen 180 und 280 ppmv (parts per million by volume). Diese Schwankungen sind eng mit so genannten Warm- und Kaltzeiten verknüpft – ein natürliches Wechselspiel mit hohen oder niedrigen CO_2 -Anteilen. Durch die Industrialisierung stieg der CO_2 -Gehalt rapide um fast 40 Prozent (2007: rund 385 ppmv), bis 2100 könnte er gar bei 700 ppmv liegen. Die Folgen sind ein Anstieg der weltweiten Mitteltemperatur, ein Schmelzen von polarem Eis, ein Anstieg des Meeresspiegels und die Häufung von extremen Wetterereignissen; das genaue Ausmaß ist schwer abzuschätzen.

Der Ozean spielt hierbei eine große Rolle: Er nimmt rund 30 Prozent des CO_2 aus der Atmosphäre auf und puffert so den Klimawandel ab. Wie lange noch und wie viel, das ist Gegenstand aktueller Forschung.

The Depths of the Seas

The Atlantic Ocean covers 82 million square kilometres, this is twice the area covered by Europe and Asia together. With 165 million square kilometers, the Pacific Ocean covers about one third of the entire surface of the earth.

The average depth of the world's oceans is 3,800 meters (based on the mean sea level); the average height of the continents is 840 meters. The world's oceans show typical depth ranges. The coasts are part of the shelf, which surrounds continents like a step between mainland and ocean. Its width varies up to 200 kilometers, its depth descends down to app. 200 meters. 92 percent of the oceans are deeper than 200 meters.

Adjacent to a sharp break in the incline, the continental slope follows the shelf area, descending steeply into the deep sea levels. The average water depth of the deep sea, which begins at a depth of 1000 meters and covers nearly 60 percent of the ocean, is 3,000 to 5,000 meters. Here lie the mid ocean ridges at an average depth of 2,500 to 3,000 meters. Deep sea trenches extend down to a depth of 8,000 meters to 11,000 meters.

Rising Carbon Dioxide Levels

To draw conclusions for the future, climate research depends on historical evidences. Climate change over several millions of years can be reconstructed with drill cores from the ocean floor or landmasses.

In the past 800,000 years, carbon dioxide (CO_2) concentrations in the atmosphere fluctuated between 180 and 280 ppmv (parts per million by volume). These fluctuations are tightly connected with so called warm and cold periods – a natural interplay with high and low (CO_2) concentrations. Industrialisation has resulted in a rapid rise in (CO_2) concentration by almost 40 percent (2007: about 385 ppmv); it could even reach 700 ppmv by 2100. The consequences lead to an increase in mean global temperature, possibly polar deglaciation, higher sea levels and an increasing number of extreme weather occurrences; the exact scale is hard to determine.

The ocean plays a crucial role in this process: It absorbs approximately 30 percent of the CO_2 from the atmosphere and thus buffers the climate change. For how long and by how much is the subject of current research.

Bohrkerne aus dem Meeresboden – das Klimaarchiv im Labor

Der Meeresboden stellt das größte Klimaarchiv der Erde dar. Die Sedimentschichten bilden sich über tausende bis Millionen von Jahren aus permanent herabrieselndem Material von Algen, abgestorbenem Leben, Exkrementen und Gesteinen, die über Flüssen ins Meer kommen. Viele dieser Materialien enthalten Informationen über ihre Entstehung: Zum Beispiel lassen Aufbau und Chemie von Kalkschalen Rückschlüsse darauf zu, wann ein Lebewesen gelebt hat oder bei welcher Temperatur die Schalen entstanden sind. Je mehr über die gefundenen Organismen bekannt ist, umso genauer lässt sich rekonstruieren, welche Bedingungen auf der Erde in der Vergangenheit geherrscht haben.

Bohrgeräte und Bohrschiffe können bis zu mehrere Kilometer tief in den Meeresboden und die Erdkruste vordringen. Mit ferngesteuerten Unterwasserfahrzeugen und Tauchbooten lassen sich gezielt Bohrproben aus dem Meeresboden bergen. Am einfachsten sind Schwerelote, Rohre, die mit einem Gewicht von mehreren Tonnen bis zu 50 Meter in weichen Meeresboden gedrückt werden können, um entsprechende Proben zu nehmen.

Sedimentkerne werden oft noch an Bord der Schiffe beprobt. Dazu wird der Bohrkern im Labor der Länge nach mittig geteilt. Eine Hälfte kommt ins Bohrkern-Archiv und ist so auch anderen Forschern weltweit zugänglich. Von der anderen Hälfte wird häufig zunächst eine 3 Millimeter dicke Schicht abgenommen und geröntgt, um die Schichtungsqualität zu erkennen. Dann werden für verschiedene Analysen bestimmte Mengen an Sediment mit Spritzen entnommen. Daraus werden die Sedimentbestandteile, zum Beispiel Mikrofossilien, zur Untersuchung herausgewaschen. Die entstehenden Hohlräume im Bohrkern werden mit Kunststoff verfüllt, damit der Bohrkern seine Struktur behält und spätere Beprobungen noch möglich sind. Die Mikrofossilien werden nach ihrer Spezies bestimmt und liefern Informationen wie über Wassertemperatur oder Salzgehalt.

Aus den gesammelten Daten eines oder mehrerer Bohrkerne kann die Entwicklungsgeschichte eines Ozeanbereichs rekonstruiert werden.

Drill Cores from the Ocean Floor – Climate Archive in the Laboratory

The ocean floor is the largest global climate archive. Sediment layers formed over the course of thousands or millions of years from precipitating algae materials, deceased life, excrement and rocks washed into the ocean from rivers. Quite a few of these materials contain information on their formation: For example, the formation and chemistry of carbonate shells offer information on when this creature existed or at what temperatures the shell was formed. The more is known about the discovered organisms, the more precise the reconstruction of Earth's historical conditions.

Drilling equipment and drilling ships can penetrate several kilometers deep into the ocean floor and earth crust. With remote controlled submersibles and submarine vehicles, specific drill core samples can be taken from the ocean floor. The simplest method is a gravity corer; here, pipes are pressed up to 50 meter into the soft sea bed with static pressures of several tons to take samples.

Sediment cores are usually sampled on board. The drill core is halved lengthwise in the laboratory. One half is stored in the drill core archive and thus is accessible to other researchers

around the world. Often a 3 millimeter thick layer is taken from the other half and subsequently x-rayed to determine the quality of layers. Then, syringes are used to take specific amounts of sediment for various analyses. From this, sediment parts, such as microfossils, are washed out for examination. The resulting holes in the drill core are filled with plastic; thus, the structure of the drill core is preserved and subsequent samplings can be carried out at a later time and date. The microfossils are identified by species and provide information on the water temperature, salt content, and other parameters during their lifetime.

The evolution of a specific ocean area can be reconstructed with the data collected from one or more drill cores.

Klimawandel und Folgen für die Küsten

Climate Change and the Consequences for Coast Lines

Die Klimaerwärmung wird den Meeresspiegel erheblich ansteigen lassen. Dies gilt inzwischen als sicher. So werden in den kommenden Jahrhunderten, wenn das Wasser um mehrere Meter steigt, weltweit viele Küstengebiete verloren gehen.

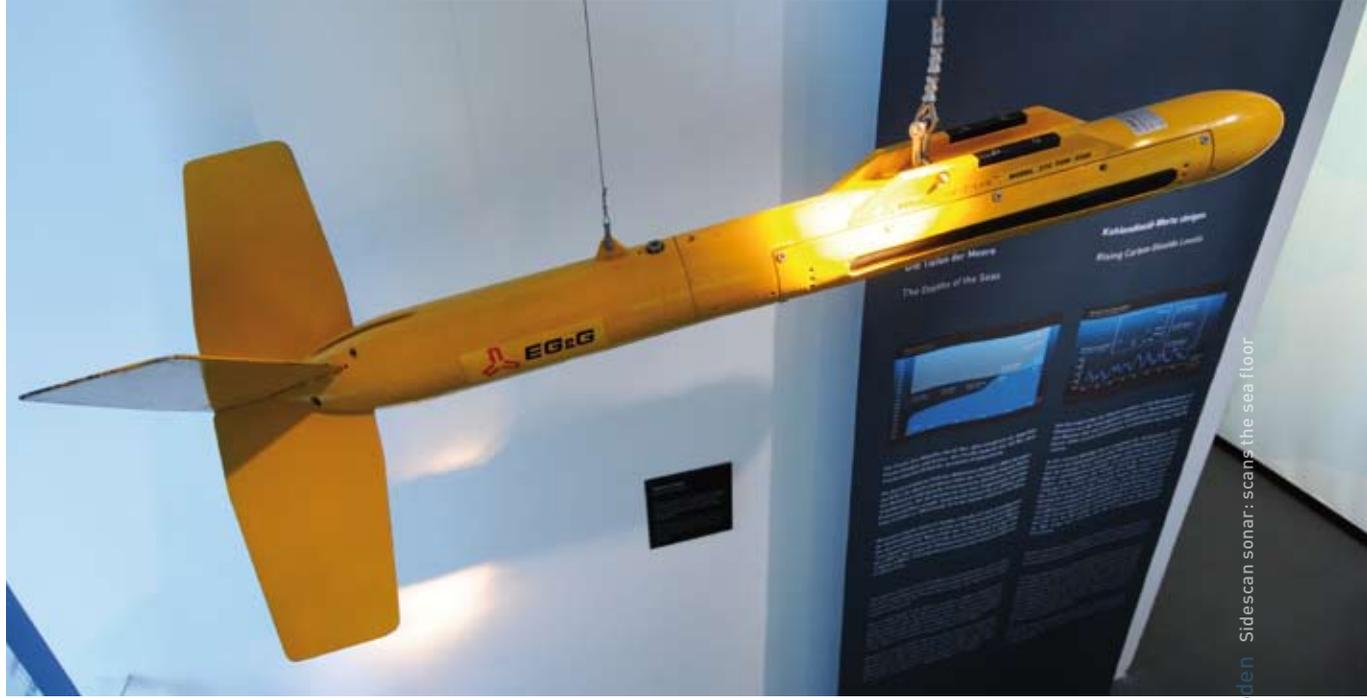
Landwirtschaftliche Flächen und dicht besiedelte Städte prägen seit Jahrtausenden die Küstenregionen der Erde. Im Gegensatz zu armen Ländern werden sich die reichen Industrienationen mit enormem technischem Aufwand zunächst gegen das Vorrücken des Meeres wehren können. Langfristig aber werden sich auch dort viele Menschen zurückziehen müssen.

Meeresspiegelschwankungen hat es im Verlauf der Erdgeschichte aufgrund natürlicher Ursachen oft gegeben. Die heutigen Anstiegsraten werden maßgeblich auf den durch den Menschen verursachten Treibhauseffekt mit den Folgen einer Wärmeausdehnung des Wassers und dem Abschmelzen von Gletschern zurückgeführt. Weltweit versuchen Forscher zu erkennen, wie schnell und wie stark der Klimawandel das Wasser ansteigen lässt.

Climate change will result in rising sea levels. Today, this is considered a certainty. Thus, many coastal areas around the world will be lost in the coming centuries as water levels rise by several metres.

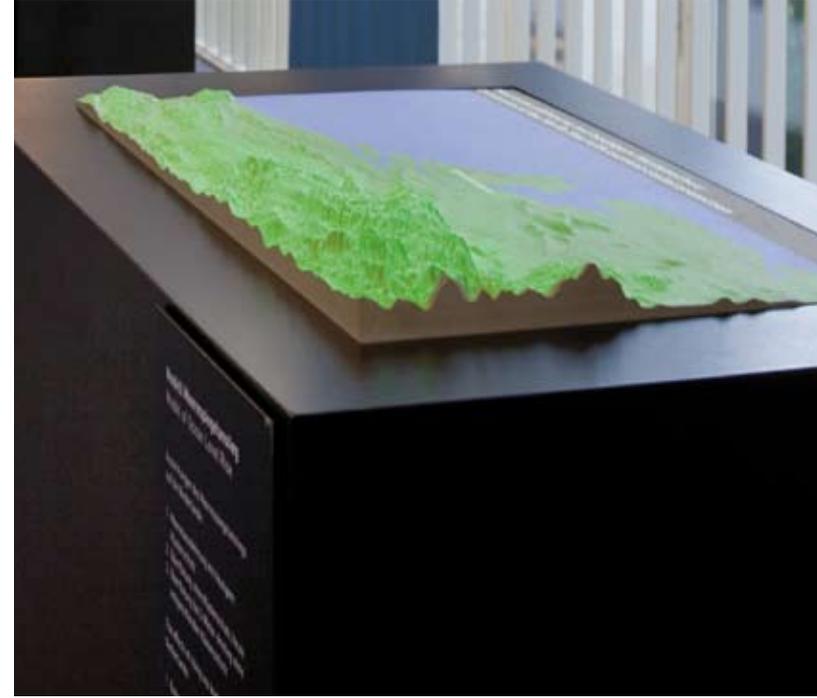
Agricultural areas and densely populated cities have characterised Earth's coastal regions for centuries. In contrast to poor countries, rich industrial nations will initially be able to defend themselves against the advancing seas with an enormous expenditure of effort. On the long term, however, much of the population will have to retreat.

Sea level fluctuations due to natural processes have occurred often during the course of geological history. The rate at which ocean levels are currently rising is mainly attributed to the man-made greenhouse effect, which causes thermal expansion of the waters and deglaciation. Around the world, researchers are trying to gain insight as to how fast and how severely the changes in climate will affect the water levels.



5 Seitensichtsonar: scannt den Meeresboden

Sidescan sonar: scans the sea floor



6 Simulation: Zeigt den Meeresspiegelanstieg

Simulation: Shows the sea level rise

5 Seitensichtsonare werden eingesetzt für Bilder vom Meeresboden, von geologischen Strukturen oder um Wracks zu erforschen. Dabei wird Schall ausgesendet und das reflektierte Signal aufgezeichnet.

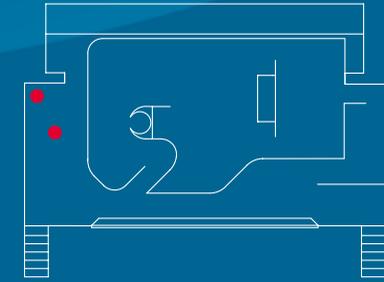
Side-scan sonar is used to produce images of the ocean floor to search for geological structures or to investigate ship wrecks. Sound waves are sent to the sea-floor and the reflected signal is recorded.

6 Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs auf die Niederlande:

1. Meeresausdehnung mit heutigem Küstenschutz
2. Überflutung ohne Küstenschutz, heute
3. Überflutung bei 3-Meter-Anstieg ohne entsprechenden Küstenschutz

The effects of rising sea levels on the Netherlands:

1. Extension of the North Sea with current coastal protection
2. potential extension of the North Sea without any coastal protection
3. Potential extension with a 3 meter sea level rise applied, assuming no coastal protection



Wenn der Meeresspiegel steigt

Nicht nur der Anstieg des Meeresspiegels, sondern auch die Folgeerscheinungen können viele Küsten bedrohen. Hierzu zählen eine landwärts gerichtete Verlagerung der Brandungszone, höhere Sturmflutwasserstände sowie die Grundwasserversalzung durch Eindringen des Meerwasser.

Die Auswirkungen sind von Küstentyp und Küstenform abhängig. Steile Felsküsten mit festem Gestein sind weniger von Überflutung und Erosion bedroht. Flachküsten, die oft aus Sand aufgebaut sind, können hingegen sehr schnell abgetragen werden. Gerade an diesen Flachküsten aber wohnen die meisten Menschen. Viele Großstädte mit oft rasant wachsenden Bevölkerungszahlen liegen in diesen niedrigen Küstenbereichen, etwa Dhaka in Bangladesh und New York in den USA. Unkontrollierbare Veränderungen der Küstenlinie gefährden so viele Küstenansiedlungen.

Die Zukunft der Küste Verteidigung oder Rückzug?

Lange haben die Bewohner der deutschen Nordseeküste Landgewinnung betrieben und neues Land durch Deiche geschützt. Die Deichlinie wurde immer weiter seewärts vorgebaut, das Meer eingeeengt.

Steigende Wasserstände und höher auflaufende Sturmfluten erfordern stärkere und höhere Deiche sowie Sperrwerke. Immer mehr Länder versuchen, dem Meer und den Flüssen ihre natürlichen Überflutungsflächen teilweise zurückzugeben, etwa durch gezieltes Öffnen oder das Zurückverlagern von Deichen. Dafür müsste aber in vielen Fällen Bevölkerung umgesiedelt werden.

Langfristig werden sich viele Menschen zurückziehen oder an das Vorücken des Meeres anpassen müssen. In den Niederlanden werden erste schwimmende Siedlungen errichtet, die, fest vertäut, bei Hochwasser aufschwimmen. Der Mensch lernt, mit dem Wasser zu leben. So wird man vielerorts ähnliche nachhaltige Planungskonzepte entwickeln müssen. Mittelfristig aber gilt es, den Meeresspiegelanstieg durch Klimaschutz so gering wie möglich zu halten.

When Sea Levels Rise

It is not solely the rise in sea levels which may threaten many coastal regions, but the consequences. Among these are changes in the supratidal zones, higher flood levels, as well as the salinization of ground water caused by sea water penetration.

The impact depends on the coastal type and shape. Steep cliff lined coasts with solid rock formations are less threatened by flooding and erosion. Flat coastal areas, oftentimes set on sand, can erode very quickly. However, these flat coastal areas are the most densely populated. Many major cities with oftentimes rapidly growing population are located in these low coastal areas, for example Dhaka in Bangladesh and New York in the United States. Thus, uncontrollable changes to the coast line endanger many coastal settlements.

The Future of the Coastal Areas Defend or Retreat?

For a long time, the inhabitants of Germany's North Sea coast have practiced land reclamation and protected new land with dikes. The dike line moved further and further into the sea, the sea was confined.

Rising water and flood levels require stronger and higher dikes and flood barriers. More and more countries try to reestablish the natural flood areas of sea and rivers, for example by the strategic opening or relocation of dikes. However, in many cases this would also require the relocation of the population.

In the long run, many will have to retreat or adjust to the advance of the oceans. In the Netherlands, the first swimming settlements are being built, which, while securely moored, float with the floods. Man is learning to live with the waters. Thusly, there will be a need to develop sustainable planning concepts in many areas. Medium term, however, it is essential to limit the rising sea levels as much as possible by climate protection.

Globales Problem, regionale Unterschiede

Nicht alle Länder sind gleichermaßen vom Meeresspiegelanstieg betroffen. Küstenbeschaffenheit, wirtschaftliche Situation, Bevölkerungsdichte und -wachstum sind dabei von zentraler Bedeutung. Je reicher ein Land ist, desto eher kann es der Bedrohung durch geeignete Schutzmaßnahmen entgegenwirken. Armen Ländern fehlen die Mittel. Auch wenn die Auswirkungen regional sehr unterschiedlich sein werden, so ist der Meeresspiegelanstieg ein globales Problem.

Die Niederlande haben damit schon seit langem zu tun. Heute liegen 26 Prozent des Landes tiefer als der Meeresspiegel, 70 Prozent wären ohne Küstenschutz überflutet.

Bangladesh mit dem großen Ganges Brahmaputra-Delta ist ein armes Land, das die nötigen Mittel gegen einen steigenden Meeresspiegel kaum aufbringen kann. Zudem würde der weiche Untergrund der gefährdeten Küstenregion schweren Schutzbauten kaum standhalten. Ein Anstieg des Meeresspiegels um circa 1 Meter würde fast ein Fünftel des Landes überfluten und rund 15 Millionen Menschen betreffen.

Inselstaaten wie die Malediven oder Tuvalu, die nur wenige Meter über dem heutigen Meeresspiegel liegen, könnten bei steigendem Wasser komplett untergehen. Anpassungsmaßnahmen würden langfristig nicht helfen.

Der Meeresspiegel steigt zudem nicht in allen Ländern gleich schnell. Im skandinavischen Raum, etwa in Finnland, wirkt die andauernde Hebung der Landmasse dem Anstieg des Meeresspiegels entgegen. Langfristig steigt er aber auch dort.

Deutschlands tiefliegende Küstenregionen an Nord- und Ostsee sind durch Küstenschutzbauwerke vor Überflutungen geschützt. Mächtige Deiche, die an der Nordseeküste bereits heute 8 Meter in der Höhe übersteigen, werden aber auch in Zukunft nicht reichen. Besonders gefährdet sind die großen Flussmündungsregionen.

Der Süden der USA ist stark von Hurrikanen betroffen. Ein Meeresspiegelanstieg verschärft die Überflutungsgefahr und Ausdehnung massiv.

Global Problem, Regional Differences

Not all countries are affected equally by the rise in sea levels. Coastal conditions, economic situation, population density and population growth are of utmost importance here. The more prosperous a country is, the more likely it can counteract the threat with appropriate protective measures. Poor countries lack the funds to do so. Even if the impact differs from region to region, the rise of ocean levels will remain a global problem.

The Netherlands have already dealt with this for a long time. Today, 26 percent of the country is located below the sea level and 70 percent would be flooded without coastal protection.

Bangladesh, with its Ganges Brahmaputra delta, is a poor country which can barely come up with the funds required for protection from the rising sea levels. Additionally, the soft subsoil of the endangered coastal region would hardly support the heavy protective structures. A sea level rise of approximately 1 meter would flood close to a fifth of the country and affect nearly 15 million people.

Island states, such as the Maldives or Tuvalu, which lay just a few metres above the current sea level, could cease to exist with rising sea levels. Adaptation measures would not help in the long run.

Additionally, sea levels don't rise at the same rate in all countries. In Scandinavian countries, for example in Finland, the ongoing upward movement of land masses is counteracting the rise in sea levels. On the long term, however, levels will also rise here.

Germany's low lying coastal areas at the North and Eastern seaboard are protected from flooding by protective structures. However, even the mighty dikes, which already exceed 8 meter in height at the North Sea, will not suffice in the future. Large river delta regions are specifically threatened.

The South of the US is greatly affected by hurricanes. A rise in sea levels massively increases the danger of floods and expansion.

Raumschiffe für die Tiefsee

Spaceships for the Deep Sea

Meeresforschung stellt etwa so hohe technische Anforderungen wie Weltraumforschung. Salzwasser korrodiert hochwertigen Stahl, extremer Druck – in 6.000 Metern Tiefe sechshundert Mal höher als an der Erdoberfläche – erfordert zentimeterdicke Metallgehäuse zum Schutz der Elektronik, mechanische Verbindungen müssen abgedichtet und doch beweglich sein, Kabel zur Datenübermittlung erfordern höchste Qualität. Ohne Hightech geht nichts – ob beim Tiefseeroboter „Kiel 6000“ oder dem autonomen Unterwasserfahrzeug „Abyss“, beide tauchen bis in 6.000 Meter Tiefe.

Autonom arbeitende Geräte ohne Begleitschiff gewinnen an Bedeutung. Tiefseeobservatorien, so genannte Lander zur Beobachtung der Tiefseeökologie und für Forschungsexperimente und Messungen oder das Ozeanbodenseismometer zur Registrierung von Seebeben (Tsunami-Frühwarnsystem) werden am Meeresboden für Zeiträume von Monaten bis Jahre abgesetzt. Danach werden die Geräte von Auftriebskörpern an die Wasseroberfläche getragen und vom Forschungsschiff an Bord genommen.

The technical requirements of ocean research are similar to the technical demands of space research. Salt water corrodes high-quality steel, extreme pressure – at a depth of 6,000 meters it is 600 times higher than the pressure at the earth's surface – requires heavy gauge metal casings to protect the electronics, mechanical connections have to be sealed but flexible, data transmission cables have to be of the highest quality. Nothing works without high-tech – both the remotely controlled deep-sea robot “Kiel 6000” and the autonomous underwater vehicle “Abyss” can dive down to a depth of 6,000 meters.

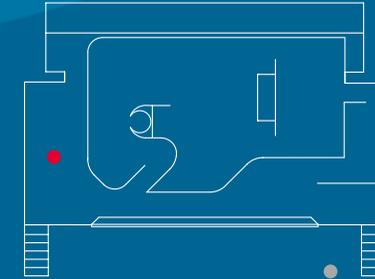
Autonomous devices without escort vessels are becoming more and more important. The so called landers, deep sea observatories, for observing deep sea ecology, research experiments and measurements or ocean bottom seismometer for registering sea quakes (tsunami rapid alert system) are positioned on the ocean floor for months or years. Subsequently, the equipment is carried to the surface by floating aids and collected by the research vessel.



A Lander Deep-Sea Landers



7 Kastengreifer, beprobt den Meeresboden Deep sea grab, samples the sea floor



A Lander sind mobile Labore im Meer. Sie werden in Wassertiefen bis zu 6000 Meter eingesetzt, können Messungen und Experimente selbstständig durchführen und Proben entnehmen.

Deep-sea landers are autonomous carrier systems for long-term observations and experiments on the deep-seafloor. They allow researchers to monitor the sea-floor at depth up to 6000 meters.

4 Mit diesem Gerät werden große Proben von der Oberfläche des Meeresbodens gewonnen. So können zum Beispiel ganze Lebensgemeinschaften erfasst werden.

Big samples from the surface of the sea floor are gathered with deep sea grabs. They allow the retrieval of entire biological communities.



8 Modell: FS Maria S. Merian Modell: RV Maria S. Merian



34 Modell: FS Sonne Modell: RV Sonne

8 Eisrandschiff, Polar Class PC 7

Baujahr: 2006
 Länge: 94,80 Meter
 Breite: 19,20 Meter
 Tiefgang: max. 6,50 Meter
 Geschwindigkeit: max. 15 Knoten
 Eigner: Land Mecklenburg-Vorpommern,
 Institut für Ostseeforschung (IOW),
 Bereederung durch Briese Schifffahrts
 GmbH & Co. KG, Besatzung: 46
 (23 Wissenschaftler)

Ice margin research vessel, polar class PC 7

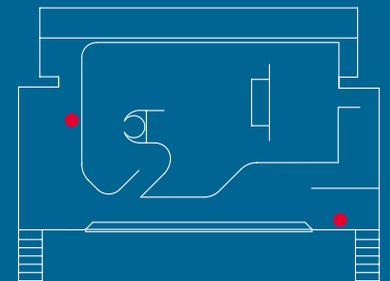
built in: 2006
 Length: 94.80 meter
 width: 19.20 meter
 draught: max. 6.50 meter
 speed: max. 15 knots
 Owner: Land Mecklenburg-Vorpommern,
 Institute for Baltic Sea Research (IOW)
 Operated through Briese Schifffahrts
 GmbH & Co. KG, Crew: 46
 (23 researchers)

34 Modell: FS Sonne

Eigentümer: RF Forschungsschiffahrt
 GmbH Bremen,
 Baujahr: 1969
 Länge: 97,16 Meter
 Breite: 14,20 Meter
 Tiefgang: 6,80 Meter
 Besatzung: 50 (25 Wissenschaftler)

Modell: RV Sonne

Owner: RF Forschungsschiffahrt
 GmbH Bremen
 built: 1969
 Length: 97,16 meter
 width: 14,20 meter
 draught: 6,80 meter
 Crew: 50 (25 researchers)



Forschungsschiffe: Plattformen der Meereswissenschaft

1843 formulierte der schottische Forscher Edward Forbes die Theorie, dass unterhalb von 500 Metern Wassertiefe kein Leben möglich sei. Als 1860 ein Kabel im Mittelmeer aus 1.800 Metern Tiefe eingeholt wurde, war dieses von Organismen eng besiedelt. Dies führte zur weltweit ersten meereswissenschaftlichen Expedition der britischen Korvette „Challenger“ von Dezember 1872 bis Mai 1876 mit der völlig neuen Erkenntnis, dass es überall in der Tiefsee Leben gibt.

Alle Industrienationen rüsteten daraufhin eigene Meeresexpeditionen aus. Deutschland sandte 1872 die „Gazelle“, 1898/99 „Valdivia“ und 1925/27 „Meteor I“ aus. Nach dem Zweiten Weltkrieg beteiligten sich die Bundesrepublik ab 1963 mit „Meteor II“ und die DDR ab 1964 mit „Prof. A. Penck“, ab 1970 mit „Alexander von Humboldt“ wieder an der internationalen Meeresforschung. In den 1970er Jahren setzte weltweit die marine Rohstoffforschung ein: Manganknollen im Pazifik, Erzschlämme im Roten Meer standen im Fokus, und die so genannten Schwarzen Raucher wurden entdeckt, ein bis heute hochaktuelles Forschungsthema.

So folgten mit „Valdivia II“ (1970), „Sonne“ (1977) und „Polarstern“ (1980) drei weitere Forschungsschiffe sowie als Nachfolgeschiffe „Poseidon II“ (1976), „Meteor III“ (1986), „Alkor“ (1990) und „Heincke“ (1990) sowie als Eisrandschiff „Maria S. Merian“ (2005). Aktuell besteht dringender Bedarf, die Leistungsfähigkeit und das Spektrum der deutschen Forschungsflotte durch zeitgemäße Nachfolger der Forschungsschiffe „Sonne“ (2012) und „Poseidon“ (2016) sowie mittelfristig die Forschungsschiffe „Polarstern“ und „Meteor“ zu erhalten. Auf europäischer Ebene gibt es Pläne für ein eisbrechendes Bohrschiff zur Erforschung des zentralen Arktischen Ozeans.

Research Vessels: Marine Science Platforms

In 1843, the Scottish researcher Edward Forbes formed the theory that life could not possibly exist below a water depth of 500 meter. In 1860, when a cable was hoisted from a depth of 1,800 meter in the Mediterranean Sea, it was densely populated by organisms. This led to the world's first marine research expedition by the British corvette “Challenger” from December 1872 until May 1876, which resulted in the new scientific discovery that life exists in the deep sea.

Thereupon, all industrial nations equipped their own ocean expeditions. Germany sent the “Gazelle” in 1872, “Valdivia” in 1898/99, and the “Meteor I” in 1925/27. Following World War II, the Federal Republic of Germany participated in international marine research with the “Meteor II” in 1963 and the German Democratic Republic with the “Prof. A. Penck” in 1964 and the “Alexander von Humboldt” in 1970. In the 70's, the international research of marine resources commenced: The focus was on manganese nodules in the Pacific Ocean and ore sludge in the Red Sea. Also the so called black smokers were discovered, which to this day remain highly topical objects of research.

Thus, the three research vessels “Valdivia II” (1970), “Sonne” (1977), and “Polarstern”(1980) followed, then their replacements “Poseidon II” (1976), “Meteor III” (1986), “Alkor” (1990) and “Heincke” (1990), as well as the ice margin research vessel “Maria S. Merian” (2005). Currently, there is an urgent need to preserve the service capability and spectrum of the German research fleet by replacing the older vessels “Sonne” (2012) and “Poseidon” (2016) with modern research vessels and the mediumterm replacement of the vessels “Polarstern” and “Meteor”. On the European level, there are plans for an ice-breaking drill ship for the exploration of the Central Arctic Ocean.

Bizarre Geschöpfe der Tiefsee

Bizarre Creatures of the Deep Sea

Chauliodus sloani Viperzahnfisch

Beutegreifer der Tiefsee. Auge hochentwickelt, große Linse – kann geringe Lichtmengen registrieren. Leuchtorgane als Scheinwerfer und als Tarnung. Bis 35 cm Länge.

Argyrolepecus hemigymnus Tiefsee-Beilfisch

Mit Teleskopaugen, gut angepasst. Ernähren sich von Plankton, wandern nachts in höhere Wasserschichten. Bis 14 cm Länge.

Cryptoscaras couesii Dreiwarzen-Seeteufel

Schwere Partnerfindung. Weibchen bis 44 cm lang, frei schwimmende Männchen bis 1 cm. Haben sie ein Weibchen gefunden, hängen sie sich an und erreichen 7 cm.

Danaphryne nigrifilis Tiefseeangler

Helle Leuchtorgane an Fortsätzen, die als Köder dienen. Die Angel wird durch Bakterien zum Leuchten gebracht. Lebensweise weitgehend unbekannt.

Malacosteus niger Schwarzer Drachenfisch

Ernährt sich von kleinen Krebsen. Kann als einer der wenigen Tiefseefische rotes Licht aussenden und sehen. Bis 22 cm Länge.

Gonostoma bathyphilum Borstenmaulfisch

Erst planktonisch (Ei, Larve), Leuchtorgane bei 1-2 cm Größe. Erst als Männchen entwickelt, verwandeln sie sich zu Weibchen. Fressen Krebstiere, Fische. Bis 27 cm Länge.

Nemichthys scolopaceus Schnepfenaal

Kann Kiefer nicht vollständig schließen, schwimmt mit offenem Maul, fängt Krebse und kleine Fische, die sich in Widerhaken am Schnabel verfangen. Bis 130 cm Länge.

Histioteuthis Segelkalmar

Überhäuft mit Leuchtorganen. Linkes Auge deutlich größer als rechtes. Wichtige Beute der Pottwale. Mantellänge bis 33 cm.

Atolla Tiefseemeduse

Eine der häufigsten Tiefseequallen; in allen Ozeanen verbreitet. Schirmdurchmesser bis 15 cm.

Alvinocaris muricola

Lebt an Hydrothermalquellen bis dicht an den Austrittsbereichen der heißen Flüssigkeiten. Ernährt sich von schwefeloxidierenden Bakterien. Tritt oft in großen Schwärmen auf.

Leucolepas longa Hydrothermal Entenmuschel

Lebt an kühleren, entfernteren Bereichen von Hydrothermalquellen. Fangarme filtern Partikel aus den heißen Lösungen. Ernährt sich von schwefeloxidierenden Bakterien.

Chauliodus sloani Viperfish

Predators of the Deep Sea. Highly developed eyes, large lenses – can register small amounts of light. Light emitting organs are headlights and camouflage. Length: up to 35 cm.

Argyrolepecus hemigymnus Half-naked hatchetfish

With large telescoping eyes, it's well adapted. Feeds on plankton, migrates at night to higher water levels. Length: up to 14 cm.

Cryptoscaras couesii Triplewart seadevil

Difficulties finding a mate. Females up to 44 cm long, free swimming males up to 1 cm long. Upon finding a female, the male attaches himself and may reach a length of 7 cm.

Danaphryne nigrifilis Deep-sea angler fish

Bright light emitting escas on filaments serve as bait. The lures are illuminated by bacteria. Way of life mostly unknown.

Malacosteus niger Northern stoplight loosejaw

Feeds on small crabs. One of the few deep-sea fish which can send and recognise red light. Length: up to 22 cm.

Gonostoma bathyphilum Bristlemouth fish

First planktonic (eggs, larva), 1-2 cm light emitting organs. As the fish grows, it changes from male to female. Feeds on crustaceans, fish Length: up to 27 cm.

Nemichthys scolopaceus Slender snipe eel

Cannot completely close jaw, swims with an open mouth, catches crabs and small fish, which get caught on barbs on its beak. Length: up to 130 cm.

Histioteuthis Cock-eyed squid

Covered in light emitting organs. Left eye much larger than right. Important prey of the pot whale. Mantel length: up to 33 cm.

Atolla Deep-sea jellyfish

One of the most common deep sea jellyfish; present in all oceans. Bell width up to 15 cm.

Alvinocaris muricola

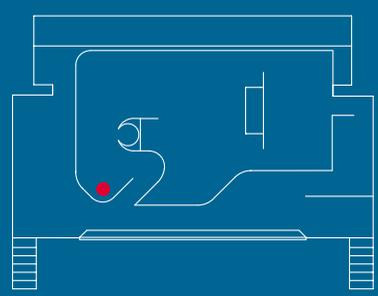
Lives at hydrothermal vents, even near the exit region of hot fluids. Feeds on: sulphur oxidizing bacteria. Often appears in large schools.

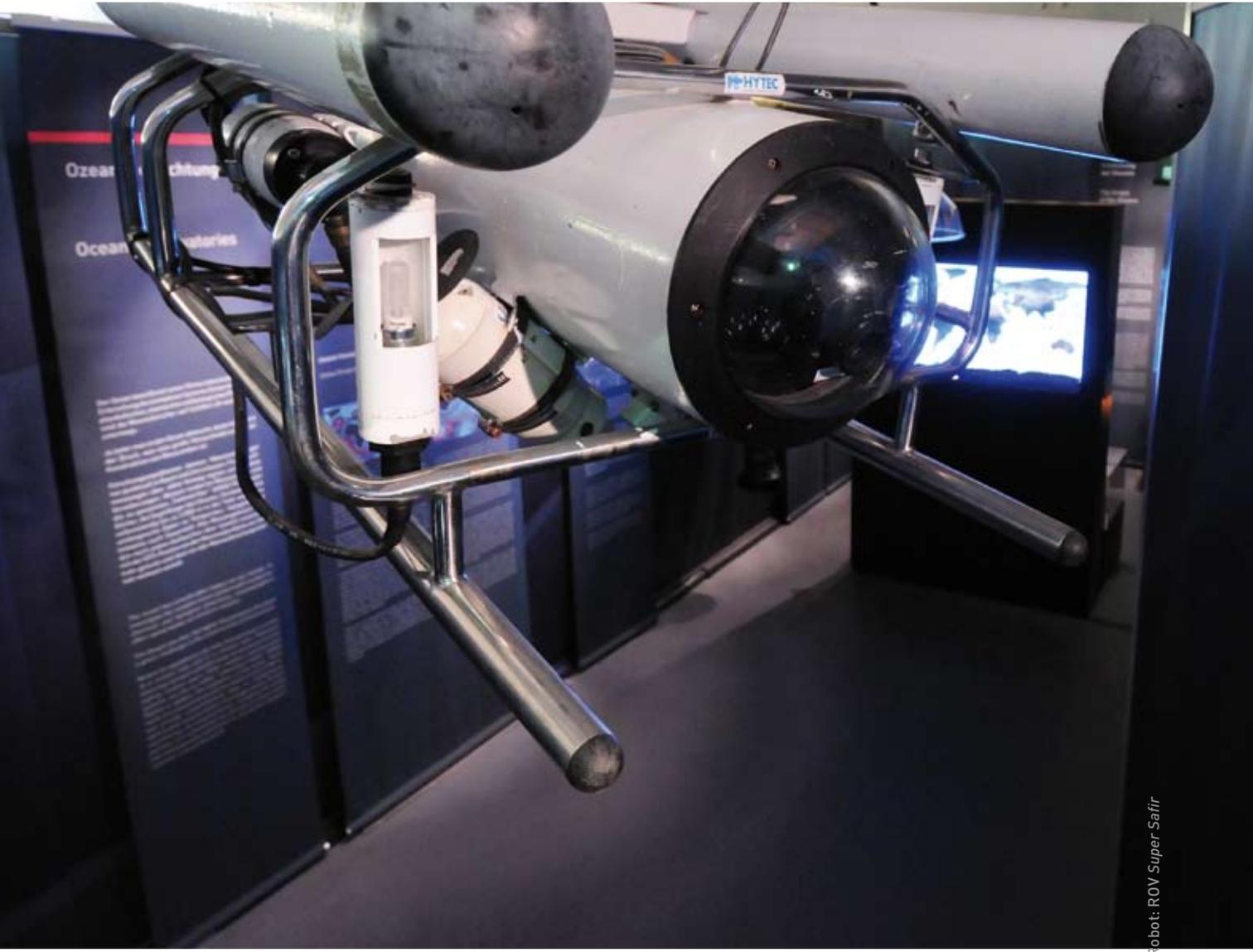
Leucolepas longa Hydrothermal Goose barnacle

Lives in cooler areas, further away from hydrothermal vents. Fringed limbs filter particles from the hot solution. Feeds on: sulphur oxidizing bacteria.



9 Bizarre Geschöpfe der Tiefsee Bizarre creatures of the deep sea

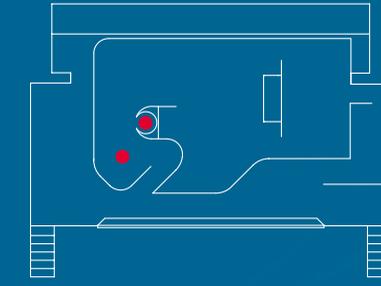




10 Tauchroboter: ROV Super Safir Offshore Robot: ROV Super Safir



11 Hörstation: Tauchfahrt Auditory station: Diving Cruise



10 ROV (Remotely Operated Vehicle = „Ferngesteuertes Fahrzeug“): Der „Super Safir“ ist über Kabel mit dem Schiff verbunden; Einsatz bis 150 Meter Tiefe zur Beobachtung von Flora, Fauna und Sediment im Flachwasser.

ROV (Remotely Operated Vehicle): The “Super Safir” is connected to the ship by a cable; deployment up to a depth of 150 meter for the observation of flora, fauna and sediment in shallow water.

11 Prof. Dr. Colin W. Devey, Meereswissenschaftler am IFM-GEOMAR in Kiel, berichtet von einer Tauchfahrt in die Tiefen des Ozeans.

Prof. Dr. Colin W. Devey, marine scientist at IFM-GEOMAR in Kiel, reports on an underwater expedition in the deep sea.

Leben in der Tiefsee

Die letzte unbekannte Region auf der Erde ist zugleich die größte überhaupt: Der Tiefseeboden unterhalb 1.000 Metern Wassertiefe bedeckt 62 Prozent der Erdoberfläche. Davon sind bis heute nur rund 0,0000016 Prozent mit Forschungsgeräten untersucht.

Leben gibt es überall im Meer, am und im Meeresboden. Die Meere bilden 90 Prozent des Lebensraums auf der Erde. Über 10 Millionen marine Arten werden vermutet – rund 1,5 Millionen Arten sind es an Land. Bisher wurden nur 18.000 Arten registriert.

Unter 200 Metern Wassertiefe gibt es kein Licht, keine Pflanzen, es ist sehr kalt, es herrscht hoher Druck. Das geringe Nahrungsangebot sind abgestorbene Organismen, die aus dem lichten Bereich nach unten sinken. Die meisten Tiefsee-Organismen sind daher mit maximal 30 Zentimetern relativ klein. Viele zeigen transparente oder schwarze Körper zum Schutz vor Feinden, haben oft große Augen, um schwaches Licht oder Lichtblitze phosphorisierender Organismen wahrnehmen zu können oder sind augenlos und nutzen dann Gerüche oder Erschütterungen. Viele Tiefseefische fangen mit langen und scharfen Zähnen ihre Beute.

Life in the Deep Sea

The last unknown region on earth is at the same time the largest of all: Deep sea floor more than 1,000 meters below the surface comprises 62 percent of the earth's surface. Of that, only approx. 0.0000016 percent has been studied with research equipment.

Life is everywhere in the sea, on and in the sea floor. The ocean comprises 90 percent of earth's habitat. It is estimated that there are over 10 million different marine species – there are about 1.5 million on land. Up to now, only 18,000 have been indexed.

Below 200 meters there is no light, no plants, it is very cold, and high pressure dominates. The meagre food supply consists of dead organisms sinking down from above. Therefore, at a maximum of 30 centimeters, most deep sea organisms are relatively small. Many display transparent or black bodies as protection from predators. They often have large eyes to discern the low light or the flashes of phosphorescent organisms or have no eyes and use smell or vibration. Many deep sea fish catch their prey with long and sharp teeth.

Ozeanbeobachtung

Ocean Observatories

Der Ozean beeinflusst unser Klima entscheidend. Zur Erforschung des komplexen Systems Ozean mit seinen physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen sind die Meeresforscher auf Schiffen oft wochenlang unterwegs. Je tiefer man in den Ozean abtaucht, desto höher wird der Druck, was eine große Herausforderung für die Konstruktion von Messsonden ist.

Forschungsexpeditionen können Meeresströmungen nur punktuell in Raum und Zeit erfassen. Für Langzeitmessungen über Jahre hinweg eignen sich ortsfeste Verankerungen. Weitere moderne Messsysteme sind die so genannten „Tiefendrifter“ (ARGO Floats) oder Gleiter, die Segelflieger des Ozeans. Sie bewegen sich selbstständig bis zu 2.000 Meter in die Tiefe und liefern umfangreiche Daten zu Temperatur, Salzgehalt und teilweise auch Sauerstoff. Alle Messergebnisse werden nach jedem Auftauchen über Satellit zusammen mit der GPS-Position von der Meeresoberfläche zur Zentrale gefunkt und dann an alle Meeresforschungsinstitute weltweit verteilt.

The ocean has considerable impact on our climate. To investigate the complex ocean system with its physical, chemical and biological processes, oceanographers often spend weeks on research vessels. The deeper you dive, the higher the pressure; this poses a great challenge in the construction of instruments.

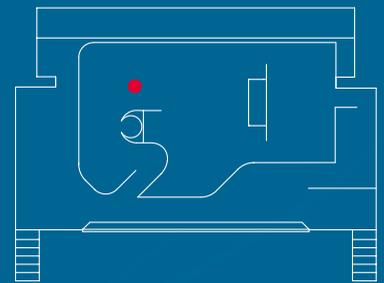
Research expeditions can only record ocean currents at a certain time and in a certain area. Stationary moorings are well suited for long-term measurements lasting several years. Other modern measurement systems are the so called “subsurface floats” (ARGO Floats) or gliders, the sailplanes of the ocean. These move around autonomously at a depth of up to 2,000 meters, and provide comprehensive data on temperature, salinity and, to some extent, also oxygen levels. At each resurfacing, all measurements, including the actual position, are transmitted via satellite to a data centre and subsequently distributed to all marine research institutes around the world.



14 Messroboter: AUV Gleiter Measuring robot: AUV Glider

14 Der steuerbare Gleiter „fliegt“ wie ein Segelflugzeug durch den Ozean, bestückt mit kleinen Flügeln für die horizontale Fortbewegung und Messinstrumenten. Er taucht regelmäßig auf und sendet Daten per Satellit.

The controllable gliders „fly“ through the ocean, equipped with small wings for horizontal propulsion and measuring instruments. They surface regularly and transmit their data to a satellite.





12 Messroboter: ARGO Float Measuring robot: ARGO Float

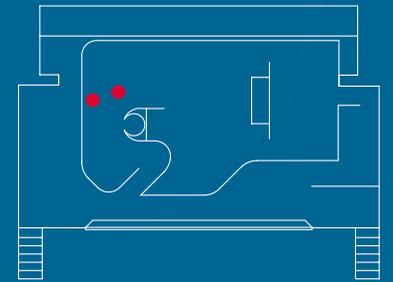
12 Drifter (= Floats) sind autonome Messgeräte, die ohne eigenen Antrieb mit den Meeresströmungen in bis zu 2.000 Meter Tiefe treiben. Sie zeichnen alle zehn Tage ein Temperatur und Salzgehaltsprofil auf.

Drifters (= Floats) are autonomous probes – without propulsion of their own they drift with the ocean currents at a depth of 2,000 meters. Every ten days they surface, recording temperature and salinity profiles on their way up.

15 Die Verankerung besteht von unten nach oben aus einem Grundgewicht, einem akustischen Auslöser, verschiedenen am Draht installierten Messinstrumenten und den Auftriebskörpern in Form von Glaskugeln.

From bottom to top, the mooring is comprised of a base weight, an acoustic trigger, various instruments installed on the wire and floatation units in the form of glass balls.

15 Verankerung Mooring



Globale Ozeanzirkulation

Angetrieben durch Sonne und Wind beeinflussen die Ozeane mit ihren die Meere verbindenden Strömungssystemen das Klima unserer Erde. Die Wassermassen des Ozeans sind ständig in Bewegung: an der Oberfläche, wo der Wellenschlag sichtbar ist, und über alle Tiefen hinweg. Die globale Meeresbewegung besteht aus vielen turbulenten Wirbeln, die sich über große Distanzen zu Meeresströmungen verbinden. Zusammen bilden die Strömungen die Ozeanzirkulation als eine Art weltumspannendes Förderband.

An der Meeresoberfläche fließen warme Wassermassen nach Norden. Sie kühlen sich im Nordatlantik ab, sinken und strömen in Tiefen von zwei bis drei Kilometern wieder nach Süden. Diese Tiefenströmungen werden nicht direkt vom Wind angetrieben, ihre Energie stammt aus Dichteunterschieden. Unterschiede der Temperatur und des Salzgehaltes an der Oberfläche bringen riesige Wassermassen auf ihrem Weg durch die Ozeane.

Im Nordatlantik bildet sich Nordatlantisches Tiefenwasser. Es strömt in der Tiefe durch den Südatlantik und vereinigt sich mit dem arktischen

Zirkumpolarstrom. Dies ist die größte Meeresströmung der Erde, sie umströmt den antarktischen Kontinent. Von dort aus bewegen sich die tiefen Wassermassen nordwärts in den Indischen und Pazifischen Ozean, wo sie langsam wieder aufsteigen und am Ende als warme Oberflächenströmung in den Nordatlantik zurückkommen. Der warme Zweig vereint sich mit dem windgetriebenen Golfstrom, der – auch „Warmwasserheizung“ genannt – zum Teil für das milde Klima Nordeuropas sorgt. Für einen Umlauf braucht das Wasser etwa 1.000 Jahre.

Daten aus der Vergangenheit zeigen, dass die Zirkulation nicht immer so „funktioniert“ hat. Schwankungen der Zirkulation waren immer mit Klimaänderungen verbunden. Dabei ist nicht klar, ob das Klima den Ozean oder der Ozean das Klima bestimmt. Ozeanographen, Mathematiker und Geologen untersuchen dieses komplexe Zusammenspiel in Vergangenheit und Gegenwart, um die zukünftigen Lebensbedingungen auf der Erde besser einschätzen zu können.

Global Ocean Circulation

Driven by the sun and wind, the system of ocean currents, which connect the seas, influences global climate. The water masses of the oceans are constantly moving: At the surface, where the surf is visible, and throughout all depths. The circulation in the oceans consists of many turbulent vortices, which connect over great distances to form the ocean currents. Together the currents form the global ocean circulation as a kind of global conveyor belt.

At the surface, warm water masses move poleward transporting heat from the equatorial regions to the polar regions. There, they sink down due to intensive cooling and move back equatorwards at depths of two to three kilometres. These undercurrents are not directly propelled by the winds, their driving mechanism are differences in density. Thus, variations in temperature and salinity at the surface are able to move huge masses of water on their way through the oceans.

In the sub polar North Atlantic, North Atlantic Deep Water is formed. At greater depths it moves southward all the way through the South Atlantic and then joins the Antarctic

Circumpolar Current. This is Earth's largest ocean current, flowing around the Antarctic continent. From there, the deep water masses move north into the Indian and Pacific oceans, where they return to the surface in equatorial areas and finally return to the North Atlantic as warm surface currents. The warm current blends with the wind driven Gulf stream, which – also called hot water heating – is in part responsible for the mild Northern European climate. It takes the waters approximately 1,000 years for one full circulation.

Data from the past show that this circulation hasn't always worked like this. Changes in the global ocean circulation were always connected to changes in climate. It is not obvious whether the climate affected the ocean or the ocean affected the climate. Oceanographers, mathematicians and geologists are exploring the complex interactions of the past as well as the current conditions, in order to better understand our climate system and to predict future developments.

Das globale Ozeanbeobachtungs- netzwerk ARGO

Der Traum vieler Ozeanographen von einem weltweiten Netzwerk von Messinstrumenten zur Beobachtung der Meere ist heute Realität. Seit dem Jahr 2000 wird das Projekt ARGO betrieben, das inzwischen mit einer Flotte von 3.000 „Floats“, das sind selbstständig operierende Bojen mit modernster Technik, eine Vielzahl von Daten in den eisfreien Ozeanen sammelt. Sie geben Aufschluss über Veränderungen der Meere.

Ein Float sinkt bis auf 2.000 Meter Tiefe, um nach etwa zehn Tagen wieder aufzusteigen mit Messergebnissen von Temperatur, Salzgehalt, Druck und zum Teil auch des Sauerstoffgehalts. Die Daten werden vom Float per Satellit weiter verteilt. Mehr als 30 Staaten sind an ARGO beteiligt, sie setzen die Floats ein und werten die gewonnenen Daten aus.

Klima- und Meeresforscher nutzen die jährlich 100.000 ARGO-Messungen für das Verständnis von Phänomenen wie El Niño oder Wirbelstürmen. Für Nordeuropa und Deutschland sind die Beobachtungen im Nordatlantik wichtig. So können Klimaschwankungen frühzeitig entdeckt werden.

The Global Ocean Observation Network ARGO

The dream of many oceanographers of a world-wide network of oceanic probes has become reality. Since the year 2000, the ARGO project has operated a fleet of “floats”, which now number 3,000. These floats are autonomous buoys packed with modern technology and record a multitude of data in ice-free oceans. They provide information about changes in the oceans.

A float sinks down to approximately 2,000 meter and after ten days surfaces again with measurements of temperature, salinity, pressure and possibly also oxygen concentrations. This information is transmitted to satellites. More than 30 countries take part in the ARGO project. They deploy the floats and evaluate the data.

Climate and ocean researchers use the 100,000 ARGO measurements available every year to understand phenomena such as El Niño or hurricanes. The observations in the North Atlantic are important to Northern Europe and Germany. In this way, climate fluctuations can be discovered early.

Entstehung der Ozeane

The Origin of the Oceans

Nach der Theorie der Kontinentalverschiebung (von 1912) des deutschen Polarforschers Alfred Wegener waren die Kontinente einst eine kompakte Landmasse, die im Laufe der Jahrtausende auseinanderdriftete. Bestätigt wurde dies erst in den 1960er Jahren durch die Entdeckung spiegelsymmetrischer „Streifenmuster“ auf beiden Seiten des Mittelatlantischen Rückens sowie der Konvektionsströme im Mantel. So bewegen sich die bis zu 10 Kilometer dicken festen Platten auf dem zähflüssigen Material. Konvektionsströme verursachen die Plattenbewegung: Aus dem Erdinnern steigt heißes Magma auf, kühlt nahe der Erdoberfläche ab und sinkt zurück.

Kollidiert die spezifisch leichtere Kontinentalplatte mit einer dichteren Ozeanplatte, so schiebt sich die dichtere Platte unter die leichtere – sie wird subduziert. Subduktionszonen sind somit Tiefseegräben, wo Meeresboden verschluckt wird.

Neuer Meeresboden hingegen bildet sich an den über 72.000 Kilometer langen, 200 Meter bis 20 Kilometer breiten Ozeanischen Rücken, wo Magma aufsteigt. Mit zwei bis zehn Zentimeter pro Jahr gleitet hier der Meeresboden seitwärts dieser Rücken davon.

According to the theory of continental drift (of 1912) created by Alfred Wegener, the German polar researcher, the continents used to be one compact landmass, which drifted apart over millions of years. This theory wasn't confirmed until the 1960's with the discovery of symmetrically mirrored "stripe patterns" on both sides of the mid-Atlantic ridge as well as convection currents in the mantle. Thus, solid plates of up to 10 kilometer thickness move on this viscous material. Convection currents cause the movement of the plates: From the Earth's center, hot magma rises, cools as it reaches the surface and sinks back down.

If the specifically less dense continental plate collides with an oceanic plate of higher density, the plate of higher density is pushed under the plate of lower density – it is subducted. Subduction zones form deep sea trenches along continental margins where the sea bed is swallowed up.

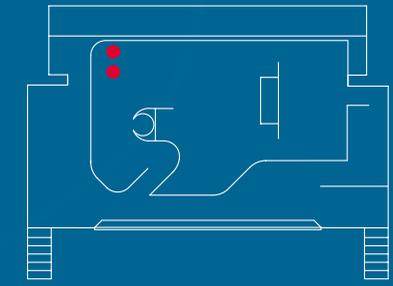
New sea floor, on the other hand, is created at the over 72,000 kilometer long, 200 meter to 20 kilometer wide mid-oceanic ridge where magma rises. The sea floor moves away from either side of this ridge at a rate of 2 to 10 centimeter per year.



16 Tiefseeprobe Schwarze Raucher Deep sea sample Black Smoker



17 Tiefseeprobe Kissenlava Deep sea sample Pillow Lava



16 Eisenreicher Schwarzer Raucher mit Wurmröhren
 Fundort: Ostpazifischer Rücken;
 Wassertiefe: 2.200 Meter

Iron-rich black smoker with worm tubes
 Origin: East Pacific Rise
 water depth: 2,200 meter

17 Lava tritt am Meeresboden aus und erstarrt in kissenförmiger Struktur.
 Fundort: südlich der Galapagos-Inseln;
 Wassertiefe: 2.500 Meter

Lava leaks from the ocean floor and solidifies in bulging, pillow-shaped structures.
 Origin: south of the Galapagos Islands;
 water depth: 2,500 meter

Schwarze Raucher – Oasen an heißen Quellen der Tiefsee

1979 wurden mit dem Forschungs-tauchboot „Alvin“ die „hydrothermalen Schlote“ (engl. „black smoker“) im Pazifischen Ozean in 2600 Metern Tiefe entdeckt. Heute kennen wir über 300 solcher Hydrothermalvorkommen nahe der Mittelozeanischen Rücken. In ihrem Scheitelbereich, wo neuer Ozeanboden entsteht, dringt Meerwasser zwei bis drei Kilometer tief in den Boden ein. In der Nähe der Magmakammern wird es auf ca. 500° Celsius aufgeheizt. Dieses heiße, aus dem Erdinneren wieder aufsteigende Wasser wird durch geochemische Prozesse sauer und sauerstoffarm. Die entstandene chemisch aggressive hydrothermale Lösung greift Minerale in den umgebenden Gesteinen an und laugt dabei Kupfer, Zink, Eisen, Mangan, Schwefel und andere Elemente heraus. Beim Kontakt der heißen Erzlösungen mit dem kalten Meerwasser fallen Sulfide aus, und so bilden sich mächtige rauchende und bis mehrere zehn Meter hohe Schlote aus Metallsulfiden.

Diese Schwarzen Raucher bedecken den Meeresboden über eine Fläche von mehreren hundert Quadratmetern. Sie bergen bis zu mehrere Millionen Tonnen Erz, für die erste Förderrechte vor Papua Neuguinea

vergeben wurden. Die meisten Analysen der weltweit auftretenden marinen Erze auf Gold waren aber eher ernüchternd. Ob solche Lagerstätten jemals in größerem Umfang genutzt werden, hängt primär davon ab, ob sich der sehr hohe Aufwand rechnet. Zugleich gilt es, die komplizierten marinen Ökosysteme nicht zu schädigen.

Die heißen Quellen sind Orte reichen Lebens. Spezielle Bakterien können ihre Energie ausschließlich aus den heißen Fluiden gewinnen und bilden das erste Glied einer unglaublichen Nahrungskette. Denn trotz völliger Dunkelheit, unter hohem Druck, bei hohen Temperaturen und teilweise giftigem Milieu wurden neben diesen Mikro-organismen noch Muscheln, Napfschnecken, Krabben, Würmer, Garnelen und Fische entdeckt. Vielleicht haben sich ähnliche Bakterien an solchen heißen Quellen bereits vor 3,5 Milliarden Jahren gebildet und hängen somit mit der Entstehung des Lebens auf unserem Planeten zusammen?

Black Smoker – Oases at the Hot Springs of the Deep Sea

In 1979, the research submarine “Alvin“ discovered hydrothermal vents called black smokers in the Pacific Ocean at a depth of 2,600 meter. Today, we know of over 300 such hydrothermal occurrences near the mid-ocean ridge. At its apex, where new ocean floor is created, sea water works its way 2 to 3 kilometer deep into the ground. Near the magma chamber, it is heated to approximately 500° Celsius. This hot water turns acidic and depleted of oxygen by geochemical processes as it rises up again. The resulting chemically aggressive hydrothermal solution acts on minerals in surrounding rocks and leaches out copper, zinc, iron, manganese, sulphur and other elements. When the hot solution meets the cold sea water, sulphides precipitate. In this way large smoking chimneys of metal sulphides can form many tens of meters high.

These black smokers cover the sea floor over an area of several hundred square meters. They hold up to several million tons of ore, for which first drilling rights were granted off the coast of Papua New Guinea. However, most analyses of globally present marine ore for gold were rather sobering.

Whether these deposits will ever be exploited to a larger extent, depends primarily on whether the high investments required will pay off. At the same time, it's important not to damage the complex marine ecosystem.

These hot springs are places rich in life. Specialized bacteria can derive their energy entirely from the hot fluids and they form the first link in an unbelievable food chain. Despite total darkness, high pressure, high temperatures and a partially poisonous environment, mussels, limpets, crabs, worms, shrimp, and fish have all been discovered alongside these microorganisms. Perhaps similar bacteria formed at such hot springs 3.5 billion years ago and are linked to the creation of life on our planet?

Ozeanversauerung

Ocean Acidification

Kohlendioxid (CO₂), das zum Beispiel durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Gas und Öl entsteht, wird in der Atmosphäre angereichert und trägt zur globalen Erwärmung bei. Ein Teil dieses CO₂ wird im Ozean gelöst, somit der Atmosphäre wieder entzogen und die globale Erwärmung dadurch verlangsamt.

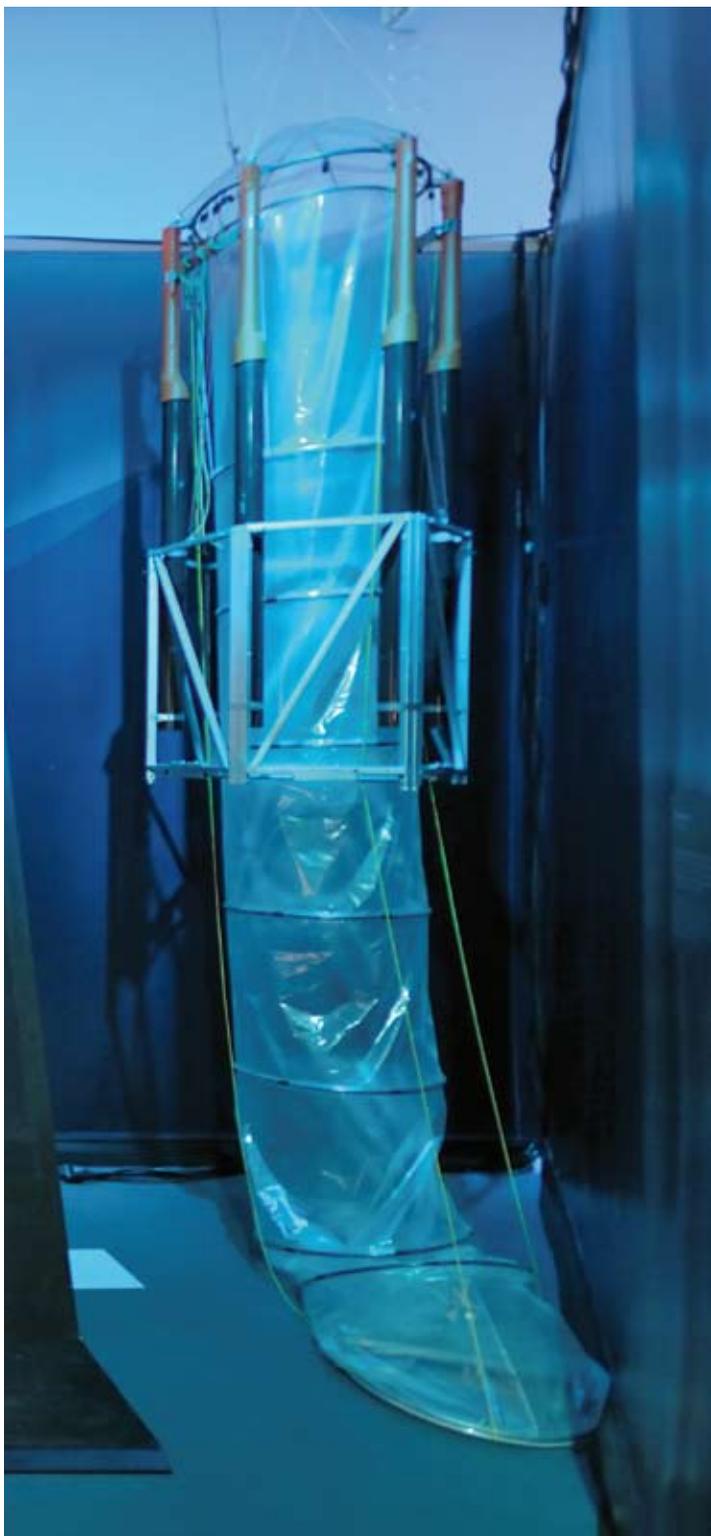
Dies geschieht jedoch auf Kosten einer zunehmenden Versauerung der Meere. Das dort gelöste Kohlendioxid bildet Kohlensäure: Das Meerwasser wird saurer – mit weitreichenden Folgen für seine Ökosysteme.

Viele Meerestiere, ob Fische, Korallen oder Einzeller, bilden Kalk, um sich zum Beispiel mit Schalen oder Gehäusen zu schützen oder auch um ihre Skelette zu bauen. In einem saurer werdenden Ozean wird es für sie zunehmend schwerer, Kalk zu bilden. Außerdem löst sich Kalk leichter – Meerestiere können eine Art „Knochenschwund“ erleiden. Meeresbiologen untersuchen die Auswirkung der Versauerung des Ozeans auf einzelne Arten und ganze Ökosysteme und welche Arten besonders stark geschädigt werden.

Carbon dioxide (CO₂), which for example is created by burning fossil fuels such as gas and oil, collects in the atmosphere and contributes to global warming. A portion of this CO₂ dissolves in the ocean, removing it from the atmosphere and slowing global warming.

This happens at the expense of an increasing acidification of the oceans. When it dissolves in the ocean, carbon dioxide forms carbonic acid: The ocean water becomes acidic, with far reaching consequences for its ecosystems.

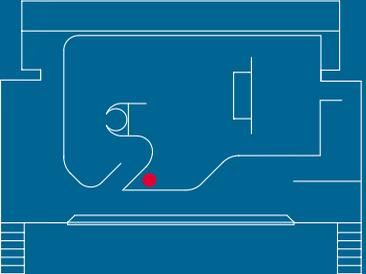
Many marine animals, whether fish, coral or single-celled organism, form calcium carbonate in order to build, for example, shells or coverings for protection, but also to build their skeletons. In an increasingly acidic ocean, it will become more difficult for them to form calcium carbonate. In addition, calcium carbonate is quicker to dissolve – sea creatures may suffer of "carbonate atrophy". Marine biologists are studying the effects of ocean acidification on individual species and the whole ecosystem and which species will be most seriously damaged.



22 Mesokosmen sind Experimentieranlagen, die bis zu 65 Kubikmeter Seewasser mit allen Organismen einschließen. So können zukünftige Umweltbedingungen unter realen Bedingungen im offenen Ozean simuliert werden.

Mesocosms are experiment rigs, which encompass up to 65 cubic meter of sea water with all its organisms. Thus, future environmental conditions can be simulated in the open waters under realistic conditions.

22 Modell: Mesokosmos, Labor im Meer Modell: Mesocosm, Laboratory in the sea

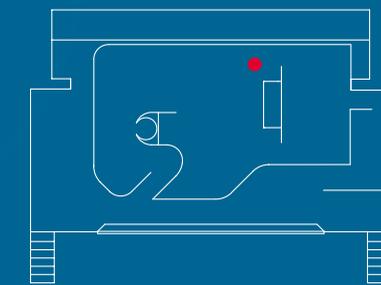




26 Das autonome Unterwasservehikel (AUV) „Abyss“ taucht bis zu 6.000 Meter tief. Mit Hilfe von Echoloten und Sensoren kann es den Meeresboden kartieren oder physikalische Daten aus der Wassersäule sammeln.

The autonomous underwater vehicle (AUV) „Abyss“ can dive down to a depth of 6,000 meter. It can map the ocean floor with echo-sounders and sensors or collect physical data from the water column.

26 Tauchroboter: AUV Abyss Diving robot: AUV Abyss

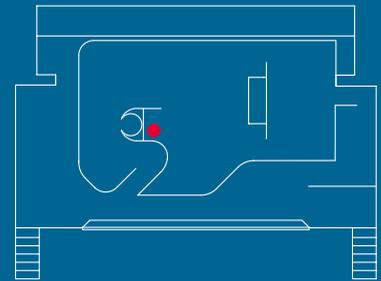




20 Kaltwasserkoralle *Lophelia* Cold water coral *Lophelia*

20 Die Riffe der Kaltwasserkorallen bilden weltweit einen wichtigen Schutz- und Lebensraum für eine reiche Fauna, Fische, Seesterne und Krebstiere. Die *Lophelia pertusa* wächst nur vier bis 25 Millimeter pro Jahr.

Cold-water coral reefs provide essential protection and habitat to an abundant fauna, to fish, starfish and crustaceans. *Lophelia pertusa* only grows four to 25 millimeter per year.

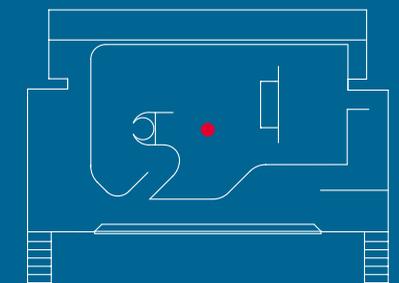




19 Die einzelligen, circa 0,01 Millimeter großen Mikroalgen bilden Kalkplättchen, treiben im lichtdurchfluteten Bereich des Meeres, leben von Photosynthese und führen zu starken, sogar vom Weltraum aus sichtbaren Algenblüten.

The microalgae are approximately 0.01 millimeter in size and form calcium carbonate platelets, drift in the brightly-lit areas of the ocean, live from photosynthesis and cause large algae plumes, which can even be seen from outer space.

19 Modell: Phytoplankton Modell: Phytoplankton



Erforschung der Ozeanversauerung

In Laborversuchen werden einzelne Tiere wie Seeigel oder Tintenfische einer erhöhten CO_2 -Konzentration ausgesetzt. Studiert werden dabei Wachstum, Kalkbildung oder Fortpflanzung sowie Anpassungsstrategien.

Um die Reaktionen von Gemeinschaften zu untersuchen, werden Versuche auf dem offenen Ozean in so genannten Mesokosmen (griech.: mittelgroße Welten) durchgeführt. In diesen räumlich begrenzten Wasserkörpern – ein flexibler Schlauch von zwei Metern Durchmesser und 20 Metern Länge wird im Ozean frei und vertikal treibend ausgesetzt – können zum Beispiel natürliche Planktongemeinschaften unter den aktuellen Umweltbedingungen und denen des Ozeans der Zukunft (veränderte pH-Werte oder Nährstoffversorgung) beobachtet werden.

Auch in Umgebungen mit von Natur aus erhöhten CO_2 -Konzentrationen wie vulkanische Quellen im Mittelmeer oder Pazifik kann die Anpassung von Arten studiert werden, die schon seit Generationen mit der Versauerung leben müssen. Solche Lebensräume lassen Vermutungen über Lebensgemeinschaften in einem zukünftigen saureren Ozean zu.

Kohlenstoff im Ozean

Als Folge der Ozeanversauerung verändert sich die Chemie des Meerwassers: Die pH-Werte sinken, die CO_2 -Konzentrationen steigen, die Karbonatkonzentrationen fallen. Karbonat (CO_3^{2-}) ist der Baustein für alle Kalk bildenden Organismen im Meer. Korallen, Muscheln, Schnecken, auch Plankton wie Kalkalgen, Kammerlinge und Flügelschnecken benötigen ihn, um ihre kalkigen Skelette zu bauen. Die meisten bislang getesteten Kalkbildner reagierten auf die sinkende Karbonatsättigung durch verminderte Kalkbildung.

Kalk kommt bei Meeresorganismen vor allem als Aragonit und Kalzit vor. Korallen werden als Aragonitproduzenten besonders unter der Versauerung leiden, denn diese Kalkform ist besonders leicht löslich bei sinkenden pH-Werten.

Unverminderte CO_2 -Emissionen werden in den Polarregionen der Ozeane bis Ende dieses Jahrhunderts zu einer Karbonatuntersättigung führen – das Meerwasser wird korrosiv für Kalk. Diese Regionen könnten somit für kalkhaltige Lebewesen unbewohnbar werden. So könnten die marinen Nahrungsketten bereits an der Basis geschädigt werden.

Ocean Acidification Research

In laboratory experiments, individual animals, such as sea urchins or squid, are exposed to an elevated concentration of CO_2 . These experiments look for growth, formation of calcium carbonate or reproduction as well as adaptation strategies.

To examine the reactions of communities, studies are carried out in the open ocean in so called mesocosms (Greek: mid-sized worlds). A flexible hose 2 meter wide and 20 meter long is set adrift vertically in the ocean. In this confined area, for example, natural plankton communities can be observed in current and future environmental conditions (changed pH values or nutrient supply).

The adaptation of species, which have already had to cope with acidification for generations can also be observed at sites with naturally occurring increased CO_2 concentrations, such as volcanic vents in the Mediterranean or Pacific. Such habitats can give us an idea of what symbiotic communities will be like in a future, more acidic ocean.

Carbon in the Ocean

Ocean water chemistry is changing as a consequence of ocean acidification. pH values are sinking, the CO_2 concentration is rising and the carbonate concentration is falling. Carbonate (CO_3^{2-}) is the building block for all calcium carbonate forming organisms in the ocean. Corals, mussels, snails and even plankton such as coralline algae, chambered micro organisms and sea butterflies need it to form their calcium carbonate skeletons. The majority of calcium carbonate forming organisms studied, reacted to the sinking carbonate saturation with a reduction in calcium carbonate formation.

Calcium carbonate most often shows up in marine organisms as aragonite and calcite. As an aragonite producer, coral, in particular, will suffer from the acidification, because this form of calcium carbonate is especially easily dissolvable with sinking pH values.

If CO_2 emissions are not reduced, they will lead to carbonate subsaturation in polar regions by the end of this century. Ocean water will be corrosive for calcium carbonate. These regions could become uninhabitable for life forms which use calcium carbonate. Thus, the marine food chain could already be damaged at its base.

Auswirkung auf Meerestiere

Die Versauerung des Ozeans geht schneller voran, als es in der Erdgeschichte nach heutigem Wissen jemals geschah. Ob sich Meerestiere wie Muscheln, Korallen, Seeigel oder Kalk bildende Einzeller daran anpassen können, ist noch unbekannt. Der niedrige pH-Wert beeinträchtigt den Kalkbildungsprozess und wirkt sich auf den Stoffwechsel der Organismen aus. Jede betroffene Tierart wird versuchen, die Veränderungen der natürlichen Umgebung auszugleichen. Aber mit welchem Erfolg? Wachstum, Fortpflanzung und sogar das Überleben einer Art können gefährdet sein.

Wissenschaftler haben den Einfluss der Versauerung bereits bei vielen Arten untersucht, so bei den besonders bedrohten tropischen Korallenriffen. Sie zeigen, dass bereits Mitte dieses Jahrhunderts CO_2 -Konzentrationen im Ozean erreicht sein könnten, unter denen eine erfolgreiche Korallenriffbildung kaum noch möglich ist. Fische, einige Krebstiere und eine Tintenfischart zeigen – zumindest ausgewachsen – eine höhere CO_2 -Toleranz.

Auswirkung auf Lebensgemeinschaften

Ob ein Lebewesen im Experiment tolerant oder sensibel auf Ozeanversauerung reagiert – am Ende ist es für das Überleben der Art von größter Bedeutung, wie sich die gesamte Nahrungskette im Ozean verändert. Auch eine CO_2 -tolerante Art kann nicht überleben, wenn ihre Beute fehlt. Am Anfang vieler mariner Nahrungsketten stehen mikroskopisch kleine Algen, das Phytoplankton in der oberen, lichtdurchfluteten Wasserschicht (ca. 100 bis 200 Meter). Etwa die Hälfte der Pflanzenproduktion auf unserem Planeten geht auf ihr Konto. Mikroalgen benötigen CO_2 bei der Photosynthese. Steigt der CO_2 -Gehalt im Meer, profitieren einzelne Arten, deren CO_2 -Aufnahme vergleichsweise ineffizient ist. Dazu gehört die Gruppe der Blaualgen.

Auf der Verliererseite könnten die Kalkalgen, zum Beispiel Coccolithophoriden, stehen. Experimente zeigen, dass mit steigender CO_2 -Konzentration (also der Versauerung) die filigranen Kalzitplättchen ihrer Kalkpanzer allmählich dünner werden bis hin zu drastischen Deformationen der Kalkstruktur.

Effect on Marine Animals

According to current science, ocean acidification is happening faster than ever before in the history of the planet. It is unknown whether ocean inhabitants such as mussels, coral, sea urchins or calcium carbonate forming single cell organisms can adapt. Low pH levels adversely affect the calcium carbonate formation process and have an impact on the organisms' metabolism. Every affected organism will try to offset the changes to their natural environment. But to what effect? Growth, reproduction and even the very survival of a species could be at risk.

Scientists have already studied the effect of acidification on several species, for example the coral reefs, which are in particular danger. They show that CO_2 concentrations could already be so high by the middle of the century that successful coral reef formation is barely possible. Fish, some crustaceans and one squid species show – leastwise when mature – a higher CO_2 -tolerance.

Effect on Symbiotic Communities

Regardless of whether a life form shows a tolerance or sensitivity to ocean acidification in experiments, for the survival of the species it is of utmost importance how the entire food chain changes. Even a CO_2 -tolerant species can't survive if their prey is missing. Microscopic algae, phytoplankton, which form in the top, light-saturated water layers (approx. 100 to 200 meter), are at the base of many marine food chains. They account for about half of our planet's plant production. Microalgae require CO_2 for photosynthesis. If the CO_2 content rises in the ocean, certain species, which have a comparably inefficient CO_2 consumption, will profit. Among this group is the blue algae.

The losers might be coralline algae such as coccolithophores. Experiments show that with increased CO_2 concentrations (i.e. increased acidification) the delicate calcite platelets of their calcium carbonate shells gradually grow thinner until the shells are drastically deformed.

Rohstoffe aus der Tiefsee

Raw Materials from the Deep Sea

Ab 1.000 Meter Tiefe hält das Meer besondere geologische Ressourcen bereit. Um sie zu gewinnen, bedarf es eines erheblichen Aufwandes angesichts der unwirtlichen Bedingungen: absolute Dunkelheit, Temperaturen von $-1,9$ bis $+500$ °C und hoher Druck. International tätige Bergbaufirmen drängen auf Förderung, doch ist das für die Umwelt verträglich? Antworten muss die Forschung liefern.

Erst etwa hundert Jahre nach der Entdeckung der Manganknollen befassten sich die Industrienationen ab 1970 mit deren Abbau. Dann kam die marine Erdölförderung, zunächst in der flachen Nordsee, heute in bis über 3.000 Meter Tiefe und in den Polargebieten. In den 1960er Jahren wurden Tiefseeschlämme im Roten Meer, in den 1970er Jahren Schwarze Raucher im Pazifik entdeckt, wirtschaftlich interessant wegen ihres Mineralreichtums. Die neuesten Entdeckungen: energierelevantes Gashydrat, das als gefrorenes Methaneis auf Millionen von Quadratkilometern schon ab etwa 500 Meter Meerestiefe im Boden liegt, sowie Rohstoffe aus dem Meer für Medizin und für Pharmazie.

Beyond 1,000 meter depth, the ocean holds special geologic resources. Considerable effort is necessary to extract these resources due to the inhospitable conditions: Absolute darkness, temperatures of -1.9 to $+500$ °C and extreme pressure. International mining companies are striving for extraction, but is it safe for the environment? Research has to provide the answers.

Industrialized nations only started to consider mining manganese nodules in the 70's, about a hundred years after their discovery. Then oil exploration started, first in the shallow North Sea, today at a depth of over 3,000 meter and in the polar regions. During the 60's, deep sea sludge was discovered in the Red Sea, the 70's brought the discovery of black smokers, both of economic interest due to their mineral wealth. The newest discoveries: gas hydrates, which are found in the ocean floor below a depth of 500 meter spread as frozen methane over millions of square miles. Substances from the ocean are exploited for medicine and pharmaceutical use.



18 Erzprobe aus der Tiefsee

Die Erzprobe zeigt den zentralen Fluidkanal. Fundort: Manus Becken (Südwest-Pazifik); Wassertiefe: 1.680 Meter

Sulfidkruste

Massive Sulfidkruste aus Fesulfiden (Pyrit). Fundort: Turtle Pits Hydrothermalfeld, Atlantik; Wassertiefe: 2.998 Meter

Sedimentäre Brekzie

Sedimentäre Brekzie mit fein verteilten Arsensulfiden. Fundort: Neuseeland, Pazifik; Wassertiefe: 195 Meter

Sample of Ore from the Deep Sea

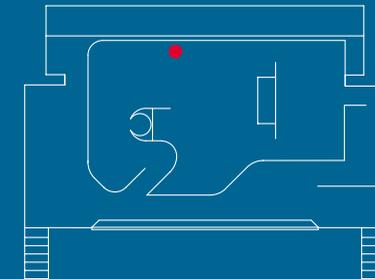
The sample shows the central fluid channel. Origin: Manus Basin (Southwest Pacific); water depth: 1,680 meter

Sulfide Crust

Massive sulfide crust composed of pyrite. Origin: Turtle Pits hydrothermal field, Atlantic; water depth: 2,998 meter

Sedimentary Breccia

Sedimentary breccia with disseminated Arsenic sulfides. Origin: New Zealand, Pacific; water depth: 195 meter



Manganknollen, Mangankrusten

Weltweit finden sich Manganknollen auf den Meeresböden, meist in 4.000 bis 6.000 Metern Tiefe, aber auch in Flachmeeren wie der Ostsee – zwei bis 15 Zentimeter groß, braun-schwarz und relativ leicht, von schaligem Aufbau. Sie wachsen nur wenige Millimeter in einer Million Jahren, größere Knollen sind somit rund 15 Millionen Jahre alt. Sie bestehen vor allem aus Mangan- und Eisenoxiden. Interessant sind die Anteile von Kupfer, Nickel und Kobalt, auch Tellur oder Platin. Aber erste erfolgreiche Abbauprobe waren wirtschaftlich nicht lukrativ. Auch Deutschland hat Optionen auf Explorationsgebiete und führt entsprechende Expeditionen durch.

Mangankrusten kommen nur an den Hängen submariner Vulkane vor. Im NW-Pazifik erreichen sie die wirtschaftlich interessante Mindestdicke von vier Zentimetern. An Abbautechniken wird derzeit geforscht. Größere technische Schwierigkeiten hinsichtlich des Geländes und beim Lösen vom Substrat (im Vergleich zum „Einsammeln“ der Manganknollen) könnte durch den höheren Gehalt an Spurenmetallen ausgeglichen werden.

Gashydrat

Das Methan entsteht im frühen Stadium des Abbaus organischer Materie. Unter hohem Druck und niedriger Temperatur bildet es eine eisähnliche Struktur mit Wassermolekülen, das Methanhydrat. Bei Wassertemperaturen um 2° C bildet sich Methanhydrat ab einer Tiefe von rund 500 Metern. Im kälteren Arktiswasser können sich Gashydrate bereits bei Tiefen um 350 Metern bilden. Aktuell investieren Energiekonzerne kräftig in die Erforschung der Gashydrate, in die Förder- und Abbautechnologie, da der Rohstoff alle bekannten Erdöl- und Erdgasvorräte übertrifft.

Gashydrate sind aber eine klimaktive fossile Energiequelle. Zudem stabilisiert das Gashydrat die Kontinentalhänge. Bei großflächigem Abbau muss daher deren Stabilität gewährleistet werden, da Hangrutschungen Tsunamis auslösen könnten.

Im Umfeld von Gashydrat-Vorkommen nutzen Mikroorganismen am und im Meeresboden die natürlichen Methanaustritte, so genannte „Kalte Quellen“, zur Energiegewinnung. Solche Tiefseeökosysteme existieren zum Beispiel entlang der Pazifikküsten wie vor Japan.

Manganese Nodules, Manganese Crusts

Manganese nodules can be found on ocean floors worldwide, mostly at a depth of 4,000 to 6,000 meters, but also in shallow waters like the Baltic Sea. They are 2 to 15 centimeter big, brownblack and relatively light, conchoidal structures. They only grow a few millimetres per million year, so larger nodules are approximately 15 million years old. Mostly they consist of manganese and ferrous oxides. Of interest are the copper, nickel and cobalt, as well as tellurium, platinum and other rare elements. Initially, however, mining trials were not economically successful. Germany has options on exploration territories and is therefore carrying out expeditions on these areas.

Manganese crusts only appear at the slopes of submarine volcanoes. In the Northwest Pacific, they appear at an economically interesting minimum thickness of 4 centimeter. Mining techniques are currently being researched. Serious technical difficulties due to terrain and when separating the crust from its substrate (in comparison to the “collection” of manganese nodules) could be offset by higher trace metal contents.

Gas Hydrates

Methane forms in the early stages of the decomposition of organic matter. Under high pressure and low temperature, it develops into an ice-like structure incorporating water molecules, methane hydrate. At water temperatures of around 2 °C, methane hydrate develops at depths below approximately 500 meters. Gas hydrates can develop in the cold arctic waters at a depth of about 350 meters. Currently, energy companies are investing heavily in the exploration of gas hydrates, in materials handling and mining technology, since this raw material surpasses all known oil and gas reserves.

However, gas hydrates are a climate-active fossil energy resource. Additionally, gas hydrates stabilize continental slopes. Stability has to be guaranteed during large scale mining since land slides could cause tsunamis.

In the areas surrounding gas hydrate deposits, micro-organisms in and on the ocean floor utilize the natural methane vents, the so called “cold seeps”, to generate energy. Such deep sea ecosystems can be found, for example, along the Pacific coastline off Japan.

Was sind Gashydrate?

Gashydrate sind eisähnliche, brennbare Verbindungen aus Wasser und Gas (vor allem Methan), die unter hohem Druck und niedrigen Temperaturen in großen Mengen in den arktischen Permafrostgebieten und im Meeresboden der Kontinentalhänge auftreten. Zur Bildung von Gashydrat sind neben einer ausreichenden Menge von Gas und Wasser die Druck-Temperatur-Bedingungen entscheidend. Überwiegend tritt Gashydrat ab circa 500 Meter Wassertiefe auf, in Polargebieten auch in deutlich geringeren Tiefen.

Im Ozean stammt das Methan zum Großteil aus dem Abbau organischer Materials. Die bei weitem höchsten Anteile an Methan werden im Bereich der Kontinentalränder gebildet, weil dort für die Gasbildung eine hohe Planktonproduktion und große Mengen an organischem Material im Sediment zur Verfügung stehen. Daher sind Gashydrate an fast allen passiven und aktiven Kontinentalrändern zu finden, aber auch im Kaspischen Meer, im Schwarzen Meer, im Mittelmeer und im Baikalsee.

Gashydrate, eine Gefahr?

Methan ist ein extrem klimawirksames Gas. Gelangt es in die Atmosphäre, so wirkt es, ähnlich wie CO₂, als Treibhausgas – jedoch 23-mal stärker. Bei großflächiger Freisetzung würde es die globale Erwärmung erheblich verstärken.

Im Vergleich organischer Kohlenstoffvorkommen der Erde ist die Menge Kohlenstoff in Gashydraten enorm groß. In der Berechnung gibt es heute noch Unsicherheiten; so wird von einer Größenordnung zwischen 1.000 bis 10.000 Gigatonnen Kohlenstoff, der in Gashydraten gebunden ist, ausgegangen (im Vergleich: der CO₂-Speicher der Atmosphäre ist 760 Gigatonnen groß). Dies übersteigt die Kohlenstoffmenge aller zurzeit bekannten Vorkommen fossiler Brennstoffe bei weitem und stellt somit ein Potenzial für die Zukunft dar, wenn die Energieträger Kohle, Öl und Gas ausgeschöpft sein sollten. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass – unabhängig von der Treibhausproblematik des CO₂ – Fördermethoden entwickelt werden, die einen vor allem umweltschonenden Abbau sowohl im marinen als auch im Permafrostbereich ermöglichen.

What are Gas Hydrates?

Gas hydrates are ice-like, combustible compounds consisting of water and gas (mostly methane), which occur in large amounts in high-pressure and low-temperature areas in the arctic permafrost regions and at the continental slopes at the ocean floors. Pressure-temperature conditions are essential for the formation of gas hydrates, as are sufficient amounts of gas and water. Gas hydrates occur predominantly at water depths below approximately 500 meter, but in polar regions also at significantly shallower depths.

For the most part, methane in the ocean forms during the decay of organic matter. By far the largest concentration of methane is formed around the continental shelves, because the high plankton production and large amounts of organic materials in the sediment needed for gas formation are present there. Thus, gas hydrates can be found at almost all passive and active continental shelves, but also in the Caspian Sea, the Black Sea, the Mediterranean Sea and Lake Baikal.

Gas Hydrates, a Risk?

Methane is a gas that has an extremely important effect on climate. If released into the atmosphere, it functions as a greenhouse gas, similar to CO₂, but its effect is 23 times stronger. A large scale release would increase global warming significantly.

The amount of carbon in gas hydrates most likely makes up an enormous part of the global organic carbon. There are still uncertainties in the calculation; it is estimated that 1,000 to 10,000 Giga tons of carbon are tied up in gas hydrates (compare: the atmosphere's CO₂ store amounts to 760 Giga tons). This by far exceeds the carbon content of all known fossil fuels and constitutes a potential for the future, when other energy resources such as coal, oil and gas have been depleted. There is however the requirement that, independent of the CO₂ greenhouse problems, mining methods are developed which facilitate environmentally friendly excavation in marine and permafrost areas.

Internationales Seerecht

International Maritime Law

Es ist einer der ältesten Bereiche des Völkerrechts: das internationale Seerecht (auch Seevölkerrecht). Alle Rechtsnormen, die das Meer betreffen und zwischen einzelnen Staaten gelten, sind hier zusammengefasst.

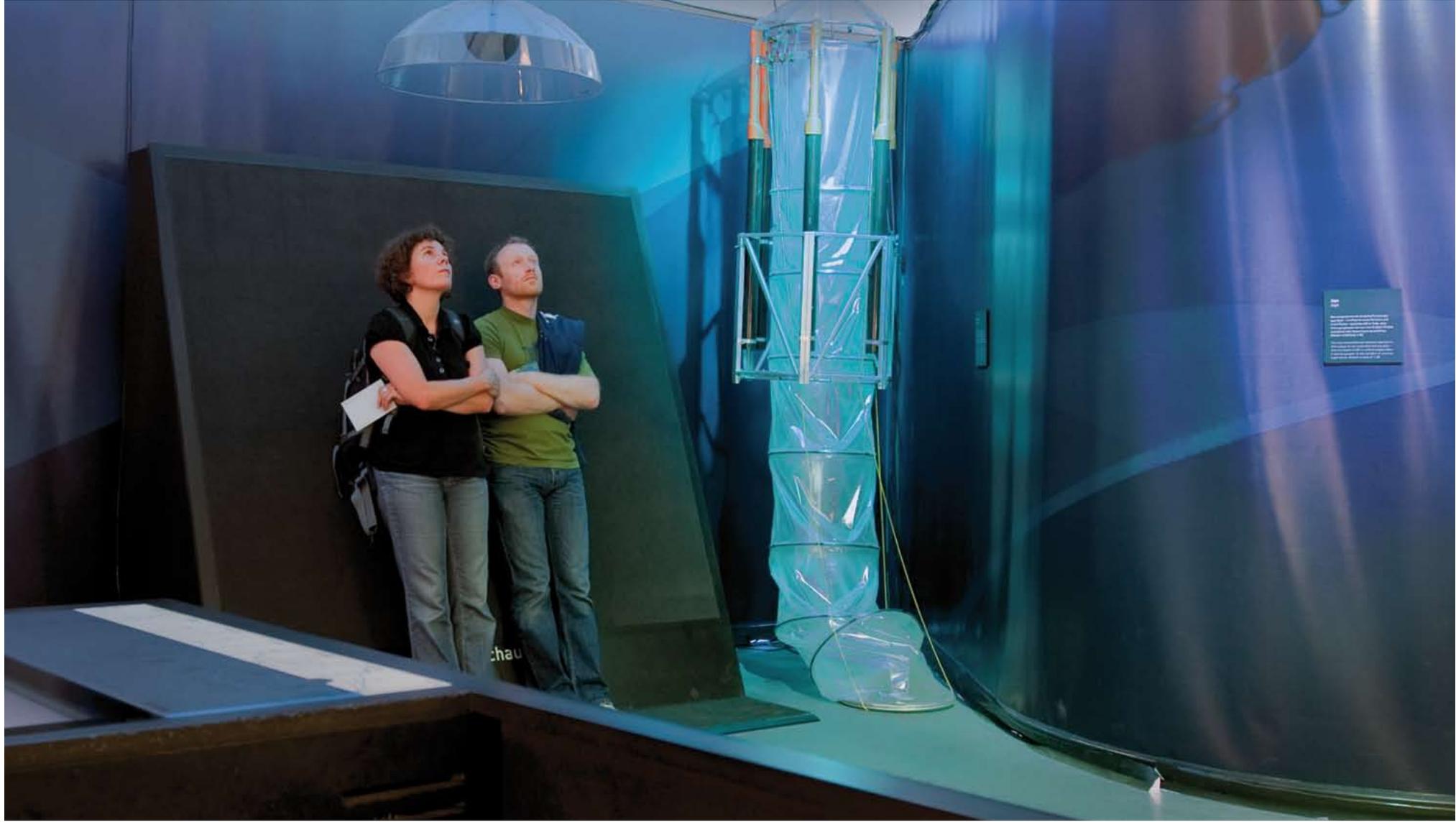
Der weltweite Handel wird überwiegend über Seewege abgewickelt. Unterseekabel sind die Lebensader internationaler Kommunikation. Fischerei sichert durch Nahrungsversorgung einen Großteil des weltweiten Eiweißbedarfs. Die Ozeane spielen eine entscheidende Rolle im globalen Ökosystem, das es zu schützen gilt.

Vor diesem Hintergrund regelt das internationale Seerecht (kodifiziert im UN-Seerechtsübereinkommen von 1982) die friedliche und nachhaltige Nutzung der Ozeane, umfasst Meeresschutz und Meeresforschung. Dabei gilt der Grundsatz der Freiheit der Hohen See, das Recht auf friedliche Durchfahrt durch das Küstenmeer anderer Staaten sowie die Verantwortlichkeit des Flaggenstaates für seine Handels- und Fischereiflotten. Der Internationale Seegerichtshof wurde 1996 in Hamburg errichtet.

It is one of the oldest areas of international law: the international law of the sea. Here, all legal norms referring to the ocean and applicable between individual countries are summarized.

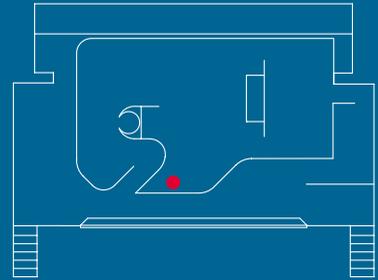
Global trade is mostly carried out via sea transport. Submarine cables are the lifeline of international communication. Fishing provides a large part of global protein requirements. The oceans play an important role in the global ecosystem, which must be protected.

In this respect, international maritime law (codified in the United Nations Convention on the Law of the Sea of 1982) governs the peaceful and sustainable use of the oceans; it includes the protection of the sea and marine research. This includes the convention of the Freedom of the Seas, the right to innocent passage through coastal areas of other countries, as well as the responsibility of flag states for their merchant and fishery fleet. In 1996, the International Tribunal for the Law of the Sea was established in Hamburg.



23 Hörstation: Seerecht
Auditory station: Law of the sea

23 Hörstation: Seerecht Auditory station: Law of the sea



Zoneneinteilung und Nordpol

Das Seerecht regelt die Zuordnung bestimmter Meereszonen zu einzelnen Staaten und gewährleistet die Freiheit der Hohen See und des Tiefseebodens zugunsten der weltweiten Staatengemeinschaft.

Angesichts des durch den Klimawandel verursachten Abschmelzens des Eispanzers und neuer Förder-techniken geraten die Rohstoffvorkommen der Arktis, besonders Öl und Erdgas, in den Fokus wirtschaftlicher Interessen. Angrenzende Staaten haben bereits Expeditionen entsandt, um ihre Ansprüche zu begründen. Die Gebiete überlappen sich teilweise. Hinzu treten der ungelöste Streit über die Durchfahrt durch die im Sommer 2007 erstmals eisfreie Nordwestpassage sowie die Sorge vor einem Kollaps des arktischen Ökosystems. Ob und welcher Staat Meeresgebiete beanspruchen kann, unterliegt dem Seerecht. Nach dem UN-Seerechtsübereinkommen hat jeder Küstenstaat einen 200 Seemeilen breiten Festlandssockel, dessen vorhandene Ressourcen er ausschließlich nutzen kann. Wird mehr beansprucht, muss dieser Anspruch gegenüber der UN-Festlandssockelkommission nachgewiesen werden.

Rechte und Pflichten auf See

Ein Küstenstaat hat in seiner 200-Seemeilen-Zone ein Fischereimonopol und kann allein über die dort vorhandenen Fischbestände verfügen. Er muss eine Höchstfangmenge festlegen, die Bestände nachhaltig bewirtschaften und Maßnahmen zum Schutz vor übermäßiger Ausbeutung ergreifen.

Jenseits dieser Zone gilt für alle Länder zunächst Fischereifreiheit, die jedoch durch regionale Verträge und das Übereinkommen für weitwandernde Fischarten begrenzt wurde. Die Vorschriften sind aber nur für Staaten bindend, die dem Bestandschutz zugestimmt haben.

Der küstenferne Tiefseeboden wird angesichts steigender Energiepreise interessant hinsichtlich der dort lagernden Methanhydrate. Zugleich wird im Bemühen um eine Verringerung der klimarelevanten Treibhausgase daran gearbeitet, CO₂ im Tiefseeboden einzulagern. Diese Nutzung des Tiefseebodens und seiner Rohstoffe stellen die internationale Rechtsordnung vor Herausforderungen.

Zone Classification and the North Pole

Maritime law governs the allocation of specific ocean areas to the individual states and guarantees the Freedom of the Seas and the ocean floor for the benefit of the global community of states.

In light of the deglaciation of the ice crust caused by climate changes, and new materials handling technology, raw material deposits in the Arctic, specifically oil and gas, are becoming the focus of economic interests. Adjacent states have already sent out expeditions to stake their claims. These areas partially overlap. In addition, there is the unresolved dispute over the passage through the Northwest passage, which was free of ice for the first time in 2007, as well as worries about a collapse of the arctic ecosystem. Whether and which state may lay a claim to ocean territories falls under Maritime Law. According to the United Nations Convention on the Law of the Sea, every coastal state has a shelf of a width of 200 sea miles, where the available resources may only be utilized by this specific state. Claims above and beyond this right have to be proven to the UN Commission on the Limits of the Continental Shelf.

Rights and Obligations at Sea

Within its 200 sea mile zone, a coastal state has the monopoly on fishing and has the sole right to utilize the existing fish stock in this area. It has to stipulate the maximum catch levels, manage stocks in a sustainable manner, and take protective measures to prevent excessive exploitation.

Beyond this zone, fishing is permitted for all countries. This, however, is limited by regional contracts and agreements on highly migratory fish stocks. These regulations are only binding for states which have agreed to the protection of resources.

Rising energy prices have made offshore deep-sea floor an item of interest due its stores of methane hydrates. At the same time, efforts are being made to lower climate-affecting greenhouse gases by storing CO₂ in the ocean floor. These new forms of usage for the ocean floor and its resources present a challenge to the international legal system.

Schwindende Fischbestände

Dwindling Fish Stocks

Die einst unerschöpflichen Fischbestände der Ozeane sind längst geschrumpft. Die Fischerei hat darauf einen größeren Einfluss als alle natürlichen Faktoren zusammen. Überfischung im ökonomischen Sinne bedeutet weniger Ertrag, als es bei einem verbesserten Management möglich wäre. Die Weltbank schätzte 2008, dass sich die Gewinne dauerhaft um mehr als die Hälfte erhöhen ließen.

Der Internationale Rat für Meeresforschung (ICES) schätzt den Fang im Mittel der letzten 20 Jahre bei der Scholle auf 33 Prozent, beim Hering auf 45 Prozent und beim Kabeljau auf 59 Prozent des Bestandes an laichenden Fischen. Drei Viertel der Meeresfischbestände sind heute überfischt oder bis an ihre Tragfähigkeitsgrenze voll genutzt.

Zu einer nachhaltigeren Fischerei könnten neben geringeren Fangmengen auch marine Schutzzonen, zum Beispiel geschützte Laichgebiete, beitragen.

The once inexhaustible fish stocks in the oceans have long since dwindled. Fisheries have a larger influence on these stocks than all natural factors together. In an economic sense, overfishing means lower yields than would be possible with better management. In 2008, the World Bank estimated that stable earnings could be increased by more than half.

The International Council for the Exploration of the Sea (ICES) estimated the average catch of spawning stock over the last 20 years at 33 percent for plaice, 45 percent for herring and 59 percent for cod. Today, three quarters of ocean fish stocks are overfished or are being fished at their full capacity.

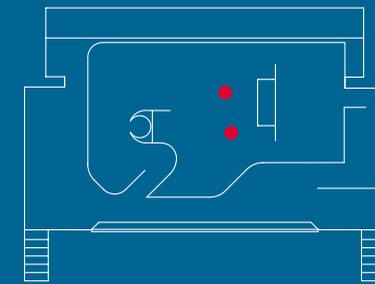
Aside from limiting catches, more sustainable fishing could be achieved by introducing marine protected zoned areas, e.g. protected spawning grounds.



24 Spieltisch: Überfischung Game table: Overfishing



25 Spieltisch: Fischgrößen Game table: Fish sizes



24 Spieltisch: Überfischung
Game table: Overfishing

25 Spieltisch: Fischgrößen
Game table: Fish sizes

Überfischung und Regulierung

Bei Meeresfischbeständen handelt es sich um eine so genannte Gemeinschaftsressource (common pool resource): Ein Fisch im Meer gehört allen, aber ein gefangener Fisch gehört dem Fischer. So hat der einzelne Fischer keinen Anreiz, den Fisch im Meer zu lassen, auch wenn es ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll wäre. Wirtschaftlich gesehen hat es durchaus einen Wert, Fisch im Meer zu lassen: Er kann sich reproduzieren und auch weiter an Gewicht zunehmen. Danach wären höhere Fangerträge möglich.

Einen Fisch zu fangen hat also einen Preis: Die mögliche Wertsteigerung geht verloren. Bei überfischten Beständen, die eine Erholung besonders nötig haben, kann dieser Preis sogar größer sein als der Marktpreis eines gefangenen Fisches. Beim Fisch als Gemeinschaftsressource zahlt aber niemand den wahren volkswirtschaftlichen Preis, und es wird mehr gefangen als ökonomisch sinnvoll ist. Ökonomische Ansätze des Fischereimanagements – etwa der Handel mit individuellen Fangquoten – zielen darauf, dass der Fisch im Meer seinen wahren, volkswirtschaftlichen

Preis bekommt. So würde aus einem überfischten Bestand eine nachhaltig und produktiv genutzte, wertvolle Ressource.

Eine erfolgreiche Fischereipolitik führt dazu, dass die Fischbestände wieder anwachsen und an Wert gewinnen. Der hohe Wert der Fischbestände kann dann leicht dazu verleiten, sich an diesem Vermögen übermäßig oder illegal zu bedienen. Man schätzt, dass etwa ein Drittel der Produkte, die in den Handel gelangen, illegal oder unter Umgehung internationaler Abkommen gefangen wurde. Aber auch die für ein nachhaltiges Management verantwortlichen EU-Fischereiminister neigen dazu, bei ihren jährlichen Beschlüssen der erlaubten Gesamtfangmengen zu großzügig zu sein. Im Schnitt lagen ihre Beschlüsse 48 Prozent über der wissenschaftlichen Empfehlung. Das hat dazu geführt, dass in EU-Gewässern 88 Prozent der Bestände gemessen am „Maximalen Nachhaltigen Ertrag“ überfisch sind.

Overfishing and Regulation

Ocean fish stocks are a so called common pool resource. A fish in the ocean belongs to everyone, but once it is caught, it belongs only to the fisherman. So, the individual fisherman has no incentive to leave the fish in the water, even if this makes ecological and economic sense. From the economical point of view, it certainly makes sense to leave fish in the ocean: It can reproduce and continue to gain weight. Subsequently, larger yields become possible.

So, catching a fish comes at a price: This possible increase in value is lost. In the case of overfished stocks, which are in particular need of recovery, this price can even exceed the fair market value of the caught fish. In the case of fish as a common resource, no one counts the real economic price and more is caught than makes economic sense. Economic approaches to fishery management – for example the buying and selling of individual catch quotas – aim to give fish in the ocean a veritable economic price. Thus, overfished stocks would be transformed into sustainable and productively used resources.

Successful fishery regulations ensure that fish stocks can recover and in-

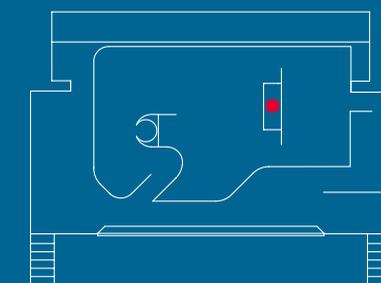
crease in value. The high value of fish stocks can easily tempt someone to excessively or illegally avail himself of this wealth. It is estimated, that approximately one third of all products ending up in shops, were either fished illegally or in circumvention of international treaties. Additionally, EU fishery ministers responsible for sustainable management have the tendency to be too generous in their yearly total catch quota. On an average, their quotas have been 48 percent above the scientific recommendations. The result is, that in EU waters 88 percent of stocks are over-fished when compared to the “maximum sustainable yield”.



27 Das Kieler Weltrelief ist die weltweit genaueste dreidimensionale Abbildung der Kontinente und Weltmeere. Die Daten für die Topografie der Ozeanböden lieferte die „General Bathymetric Chart of the Oceans“ (GEBCO).

The Kiel global contour map is the most exact three-dimensional depiction of the continents and oceans. The „General Bathymetric Chart of the Oceans“ (GEBCO) provided the topographical data.

27 Reliefkarte der Erde Relief map of earth

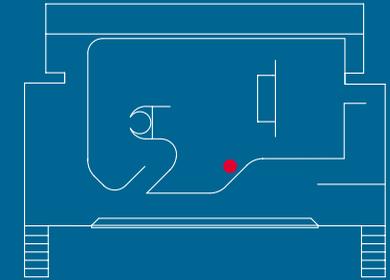




28 Seitensichtsonar: scannt den Meeresboden Sidescan sonar: scans the sea floor

28 Sie werden an Kabeln geführt und liefern aus bis zu tausenden Metern Tiefe hochauflösende Bilder der Meeresboden-Topographie. Diese geben Auskunft über bodennahe Strömungen, ihre Richtung und Geschwindigkeit.

These are cable-guided and supply high-definition pictures of the ocean floor topography up to several thousand meters below. They provide information on ground-level currents, their route and speed.



Kieler Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“

The Kiel Cluster of Excellence „The Future Ocean”

Im Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ hat sich ein Netzwerk von mehr als 250 Wissenschaftlern der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR), des Instituts für Weltwirtschaft (IfW) und der Muthesius Kunsthochschule gebildet, um den Ozeanwandel zu erforschen, die Chancen und Risiken daraus zu bewerten und die Ergebnisse an die Öffentlichkeit zu vermitteln.

Die Entwicklung der Ozeane, ihre Versauerung oder die Veränderung der Ozeanzirkulation stehen ebenso im Mittelpunkt wie die Erforschung mariner Ressourcen. Weitere Ziele sind die Untersuchung von Naturgefahren in Küstenregionen. Der Exzellenzcluster beschäftigt sich mit dem Seerecht und den Möglichkeiten, die Meeresorganismen in der Medizin spielen können. In zukunftsweisender Form werden naturwissenschaftliche, sozioökonomische und rechtliche Aspekte des Ozeans in einem fächerübergreifenden Ansatz erforscht, um zu einem globalen Ozean-Management beizutragen.

In the Cluster of Excellence “The Future Ocean”, more than 250 scientists from the Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, the Leibniz Institute of Marine Sciences (IFM-GEOMAR), the Institute for the World Economy (IfW) and the Muthesius Academy of Fine Arts and Design, have formed a network to explore changes in the oceans, assess the chances and risks arising from these and to convey the results to the public.

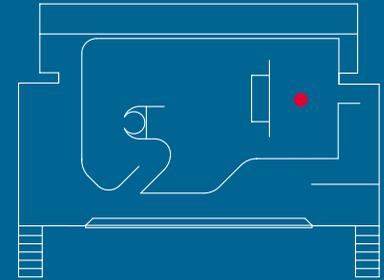
The development of the oceans, their acidification or changes in ocean circulation is just as much a focus as the investigation of marine resources. Other objectives include the research of natural disasters in coastal regions. The Cluster of Excellence also concerns itself with the Law of the Sea and the possibilities of marine organisms in medical applications. To further global ocean management, the scientific, socio-economic and legal aspects of the ocean are researched in a forward-looking and interdisciplinary approach.

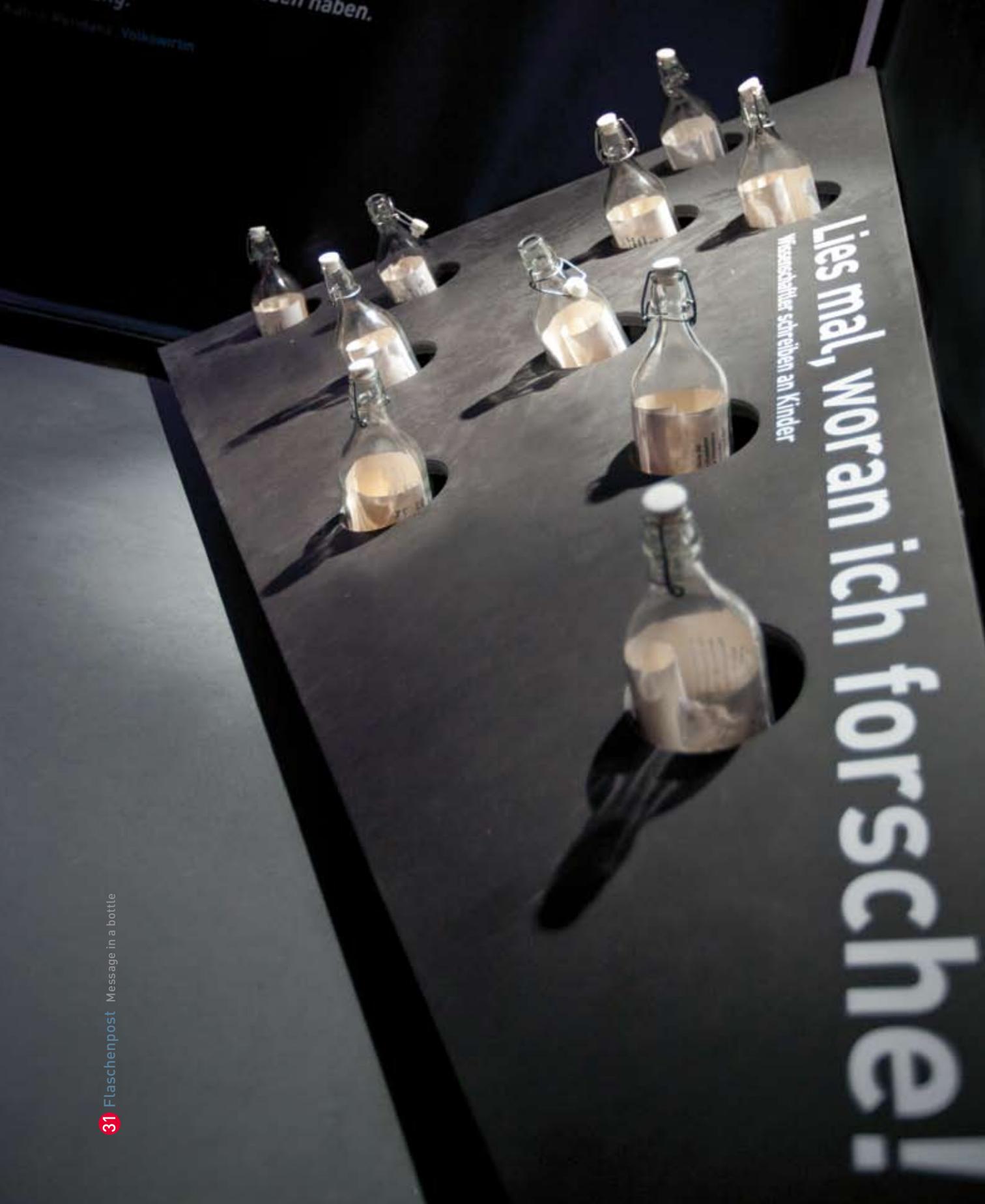


29 Future Ocean Explorer:
Wissen vertiefen

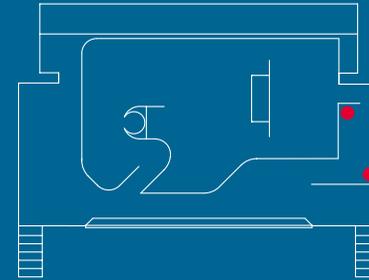
Future Ocean Explorer:
Expanding knowledge

29 Future Ocean Explorer: Wissen vertiefen Future Ocean Explorer: Expanding knowledge





30 Über den Exzellenzcluster Ozean der Zukunft About the Cluster of Excellence The Future Ocean



30 Über den Exzellenzcluster
Ozean der Zukunft
About the Cluster of Excellence
The Future Ocean

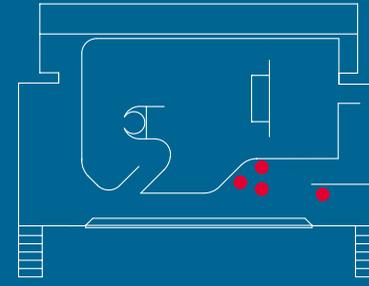
31 Flaschenpost
Message in a bottle



33 Lesecke Reading area



32 Kinderkisten Kids boxes



32 Kinderkisten
Kids boxes

33 Lesecke
Reading area



Making of

Sonderausstellung „Ozean der Zukunft“, Deutsches Museum, München The exhibition „The Future Ocean“, German Museum, Munich

Ausstellungsgestaltung Muthesius Kunsthochschule

Prof. Manfred Schulz Architektur und Design
Prof. Tom Duscher Digitale Medien/Corporate Design
Prof. Stephan Sachs Film
Ana Frotscher Assistenz Prof. Manfred Schulz
Gesa Schmidt-Hohagen Assistenz Bereich Raumstrategien
Maria Röh Assistenz Bereich Raumstrategien
Sina Kähler Assistenz Bereich Raumstrategien
Cristian Costoiu Assistenz Bereich Industriedesign
Michael Gülzow Assistenz Regie
Kristina Mengersen Assistenz Regie
Ulrike Meier Assistenz Regie
Jill Teichgräber Assistenz Regie

Grafik und Interfacedesign

Alexander Brauch gebrauchsgrafikundso
Patrick Müller gebrauchsgrafikundso
Michel Magens Interface- und Screendesign
Christian Engler Interaktive Installationen
Jens Ewald Kommunikationsdesign
Sonja Dierk Kommunikationsdesign

Sounddesign

Sven Lütgen Muthesius Kunsthochschule

Lichtdesign

Martin Witzel Muthesius Kunsthochschule

Softwareprogrammierung und EDV

Dennis Nissen Softwareentwicklung und EDV
Georg Willer Postproduktion

Ausstellungskoordination, PR, Schulprogramme „Ozean der Zukunft“

Friederike Balzereit Leitung Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Daniela Menge Ausstellungskoordination
Annika Wallaschek Ausstellungskoordination
Dr. Katrin Knickmeier Koordination Schulprogramme
Mette Lüning Webadministration
Sonja Dierk Assistenz Öffentlichkeitsarbeit/Gestaltung
Olga Ciesielski Assistenz Koordination Schulprogramme

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit IFM-GEOMAR

Dr. Andreas Villwock Leitung der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Dr. Gerd Hoffmann-Wieck Ausstellungsmanagement
Maika Nicolai Öffentlichkeitsarbeit

3D-Modelling

Nicole Gregoire Raumstrategien

Modellbau

Astrid Schessner Modellbau Muthesius Werkstätten
Benjamin Roloff Modellbau Muthesius Werkstätten
Hendrik Lörper Muthesius Kunsthochschule

Bildmaterial

Solvin Zankl, Daniela Menge, Felix Schönmath,
Gregor Steffens, Madeleine Gulyas, Susanne Paas,
Bernd E. Standke, Thomas Kuhn BGR

Digitaldruck

Johannes Haage Kleinhempel
Monique Klawa trend GmbH

Lektorat / Übersetzung

Dr. Harro Schweizer, Susanne Claussen

Führung

Astrid Haas Meeresbiologie

Wissenschaftliche Beiträge

Fritz Abegg ROV-Team IFM-GEOMAR
Prof. Colin Devey Geologie
Armin Form Biologie
Dr. Rainer Froese Biologie
Dr. Matthias Haeckel Marine Geochemie
Prof. Peter M. Herzig Geologie
Karen Hissmann Tauchboot JAGO-Team
Dr. Johannes Kinzer Meeresbiologie
Prof. Sebastian Krastel Geophysik
Dr. Klas Lackschewitz Geologie
Thomas Lentfer technische Mitarbeit
Dr. Uwe Lenz Leitung TLZ IFM-GEOMAR
Dr. Volker Liebetrau Marine Geochemie
Dr. Peter Linke Biologie
Stefanie Maak Biologie
Heike Munderloh Assistenz wissenschaftliche Beiträge
Ilona Oelrichs technische Mitarbeit
Dr. Sven Petersen Mineralogie
Dr. Olaf Pfannkuche Meeresbiologie
Dr. Uwe Piatkowski Marine Ökologie
Prof. Alexander Proelß Jura
Prof. Martin Quaas Volkswirtschaft
Prof. Till Requate Volkswirtschaft
Prof. Ulf Riebesell Biologie
Dr. Kirsten Schäfer Biologie
Jürgen Schauer Tauchboot JAGO-Team
Dr. Jörn Schmidt Biologie
Prof. Kerstin Schrottke Geologie
Dr. Klaus Schwarzer Küstengeologie
PD. Dr. Ursula Siebert Tiermedizin
Prof. Tina Treude Biologie
Prof. Athanasios Vafeidis Geographie
Prof. Martin Visbeck Ozeanographie
Dr. Rüdiger Voss Biologie
Prof. Klaus Wallmann Geochemie
Dr. Wilhelm Weinrebe Geophysik

Produktion und Ausstellungsaufbau

Thore Schindowski Produktionsleitung
Erik Neubert Aufbauteam
Martina Emiris Aufbauteam
Siegfried Huxol Aufbauteam
Rüdiger Duda Aufbauteam
Alex Weiss Aufbauteam
Ulf Rubach Aufbauteam
Matthias Kaiser Aufbauteam
Marcel Schiffmann Aufbauteam
Rene Lühr Aufbauteam

Produktion Themenmodule

Harald Krischer kwod design GmbH
Kurt Odendahl kwod design GmbH

Wir danken für die großzügige Unterstützung

Fa. Bornhöft Industriegeräte, Kiel
Reederei Briese, Leer
Fa. Columbus
ESA (European Space Agency)
Fachhochschule Kiel
Germanischer Lloyd
Fa. Hubert Helterhoff
Internationales Maritimes Museum Hamburg
Fa. KUM Umwelt- und Meerestechnik, Kiel
Reederei Laeisz, Hamburg
Fa. Oktopus, Meerestechnik, Kiel
Fa. Optimare, Meerestechnik, Bremerhaven
RF Reederei, Bremen
Fa. MBT Torsten Turla, Meerestechnik, Kiel
Zoologisches Museum, Kiel

Referat des Exzellenzclusters „Ozean der Zukunft“

Dr. Emanuel Söding Projektmanagement

Sprecher des Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“

Prof. Martin Visbeck Leibniz-Institut für Meereswissenschaften
(IFM-GEOMAR)
Prof. Ralph Schneider Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Impressum

Imprint



Editing

Friederike Balzereit, Tom Duscher

Layout, Production

Sonja Dierk

Pictures

Thorsten Naeser, Tom Duscher,
Manfred Schulz, Daniela Menge

Printing

Neue Nieswand Druck GmbH
Werftbahnstr. 8
24143 Kiel
info@nndruck.de
www.nndruck.de

Future Ocean Office

The Cluster of Excellence
„The Future Ocean“
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Christian-Albrechts-Platz 4
24118 Kiel, Germany
Tel. ++49 - (0) 431 - 880 16 04
Fax. ++49 - (0) 431 - 880 25 39
info@ozean-der-zukunft.de
www.ozean-der-zukunft.de

**Film zur Ausstellungseröffnung
am 24. März 2010 unter
[http://www.ozean-der-zukunft.de/
ausstellung-und-schule/ausstellung/
2010/deutsches-museum-muenchen/](http://www.ozean-der-zukunft.de/ausstellung-und-schule/ausstellung/2010/deutsches-museum-muenchen/)**

Published September 2010



Die Exponate der Ausstellung

The exhibits

- | | |
|--|---|
| 01 Satellit
Satellite | 19 Modell: Phytoplankton
Model: Phytoplankton |
| 02 Satellitenbilder von Küsten
Satellite images of coasts | 20 Kaltwasserkoralle <i>Lophelia</i>
Cold water coral <i>Lophelia</i> |
| 03 Reliefglobus
Relief globe | 21 Modell: Jago bemanntes Tauchboot
Model: Jago manned submersible |
| 04 Bohrkern
Drilling core | 22 Modell: Mesokosmos Labor im Meer
Model: Mesocosm Laboratory in the sea |
| 05 Seitensichtsonar: scannt den Meeresboden
Sidescan sonar: scans the sea floor | 23 Hörstation: Seerecht
Auditory station: Law of the sea |
| 06 Simulation: Zeigt den Meeresspiegelanstieg
Simulation: Shows the sea level rise | 24 Spieltisch: Überfischung
Game table: Overfishing |
| 07 Kastengreifer beprobt den Meeresboden
Deep sea grab samples the sea floor | 25 Spieltisch: Fischgrößen
Game table: Fish sizes |
| 08 Modell: FS <i>M.S. Merian</i>
Model: RV <i>M.S. Merian</i> | 26 Tauchroboter: AUV <i>Abyss</i>
Diving robot: AUV <i>Abyss</i> |
| 09 Bizarre Geschöpfe der Tiefsee
Bizarre creatures of the deep sea | 27 Reliefkarte der Erde
Relief map of Earth |
| 10 Tauchroboter: ROV <i>Super Safir</i>
Offshore Robot: ROV <i>Super Safir</i> | 28 Seitensichtsonar: scannt den Meeresboden
Sidescan sonar: scans the sea floor |
| 11 Hörstation: Tauchfahrt
Auditory station: Diving Cruise | 29 Future Ocean Explorer Wissen vertiefen
Future Ocean Explorer Expanding knowledge |
| 12 Messroboter: ARGO Float
Measuring robot: ARGO Float | 30 Über den Exzellenzcluster Ozean der Zukunft
About the Cluster of Excellence The Future Ocean |
| 13 Ozeanbeobachtung
Ocean monitoring | 31 Flaschenpost
Message in a bottle |
| 14 Messroboter: AUV Gleiter
Measuring robot: AUV Glider | 32 Kinderkisten
Kids boxes |
| 15 Verankerung
Mooring | 33 Leseecke
Reading area |
| 16 Tiefseeprobe Schwarze Raucher
Deep sea sample Black Smoker | 34 Modell: FS <i>Sonne</i>
Model: RV <i>Sonne</i> |
| 17 Tiefseeprobe Kissenlava
Deep sea sample pillow lava | A Lander
Deep-sea Landers |
| 18 Rohstoffe aus der Tiefsee
Raw materials from the deep sea | |

