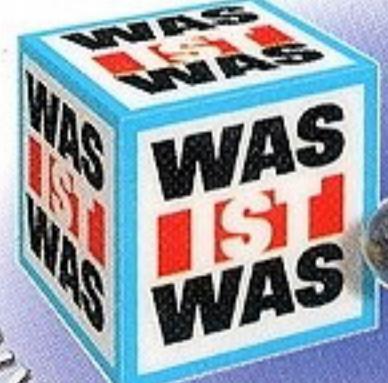


**WAS
IST
WAS**

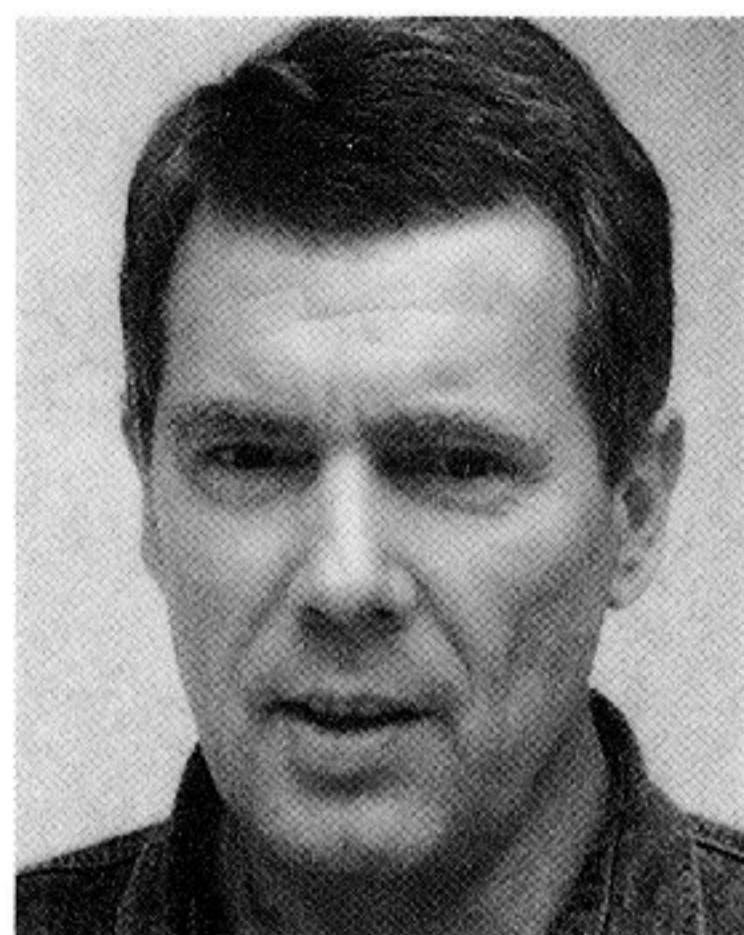
Meereskunde

BAND 32



www.WASISTWAS.de

Tessloff



Was sind Unterwasserlaboratorien? Wie tief ist das Weltmeer? Warum ist Meerwasser salzig? Was ist ein Tsunami? Wem gehört das Meer? Gibt es kranke Meere? Diese und weitere fünfundvierzig interessante Fragen zum Meer, seiner Tier- und Pflanzenwelt sowie zur Geschichte, den Aufgaben, Methoden und zu den neusten Ergebnissen der Meeresforschung beantwortet der Wissenschaftsjournalist **Rainer Crummenerl**, Teilnehmer mehrerer meereskundlicher Expeditionen, mit großer Sachkenntnis in diesem WAS IST WAS-Buch. Darüber hinaus weist er eindringlich auf die Gefahren hin, die dem Meer und seinen Bewohnern durch den Menschen drohen, und fordert zum Umdenken und zu umweltfreundlichem Verhalten auf.

In dieser Reihe sind bisher erschienen:

- Band 1 Unsere Erde
- Band 2 Der Mensch
- Band 3 Atomenergie
- Band 4 Chemie
- Band 5 Entdecker
- Band 6 Die Sterne
- Band 7 Das Wetter
- Band 8 Das Mikroskop
- Band 9 Der Urmensch
- Band 10 Fliegerei und Luftfahrt
- Band 11 Hunde
- Band 12 Mathematik
- Band 13 Wilde Tiere
- Band 14 Versunkene Städte
- Band 15 Dinosaurier
- Band 16 Planeten und Raumfahrt
- Band 17 Licht und Farbe
- Band 18 Der Wilde Westen
- Band 19 Bienen und Ameisen
- Band 20 Reptilien und Amphibien
- Band 21 Der Mond
- Band 22 Die Zeit
- Band 23 Von der Höhle bis zum Wolkenkratzer
- Band 24 Elektrizität
- Band 25 Vom Einbaum zum Atomschiff
- Band 26 Wilde Blumen
- Band 27 Pferde
- Band 28 Die Welt des Schalls
- Band 29 Berühmte Wissenschaftler
- Band 30 Insekten
- Band 31 Bäume

- Band 32 Meereskunde
- Band 33 Pilze, Moose und Farne
- Band 34 Wüsten
- Band 35 Erfindungen
- Band 36 Polargebiete
- Band 37 Computer und Roboter
- Band 38 Prähistorische Säugetiere
- Band 39 Magnetismus
- Band 40 Vögel
- Band 41 Fische
- Band 42 Indianer
- Band 43 Schmetterlinge
- Band 44 Das Alte Testament
- Band 45 Mineralien und Gesteine
- Band 46 Mechanik
- Band 47 Elektronik
- Band 48 Luft und Wasser
- Band 49 Leichtathletik
- Band 50 Unser Körper
- Band 51 Muscheln und Schnecken
- Band 52 Briefmarken
- Band 53 Das Auto
- Band 54 Die Eisenbahn
- Band 55 Das Alte Rom
- Band 56 Ausgestorbene Tiere
- Band 57 Vulkane
- Band 58 Die Wikinger
- Band 59 Katzen
- Band 60 Die Kreuzzüge
- Band 61 Pyramiden
- Band 62 Die Germanen
- Band 63 Foto und Film
- Band 64 Die Alten Griechen

- Band 65 Die Eiszeit
- Band 66 Berühmte Ärzte
- Band 67 Die Völkerwanderung
- Band 68 Natur
- Band 69 Fossilien
- Band 70 Das Alte Ägypten
- Band 71 Seeräuber
- Band 72 Heimtiere
- Band 73 Spinnen
- Band 74 Naturkatastrophen
- Band 75 Fahnen und Flaggen
- Band 76 Die Sonne
- Band 77 Tierwanderungen
- Band 78 Münzen und Geld
- Band 79 Moderne Physik
- Band 80 Tiere - wie sie sehen, hören und fühlen
- Band 81 Die Sieben Weltwunder
- Band 82 Gladiatoren
- Band 83 Höhlen
- Band 84 Mumien
- Band 85 Wale und Delphine
- Band 86 Elefanten
- Band 87 Türme
- Band 88 Ritter
- Band 89 Menschenaffen
- Band 90 Der Regenwald
- Band 91 Brücken
- Band 92 Papageien und Sittiche
- Band 93 Olympia
- Band 94 Samurai
- Band 95 Haie und Rochen
- Band 96 Schatzsuche

Tessloff **Verlag**



Ein **WAS
IST
WAS** Buch

Meereskunde

Von Rainer Crummenerl

Illustriert von Rainer Fischer
und Marta Hofmann



Tessloff Verlag

Vorwort

Die schier endlose Weite des Meeres und seine nahezu unergründliche Tiefe haben den Menschen seit alters magisch angezogen. Unerstrockene Seefahrer wagten sich immer weiter hinaus. Als erste überquerten wohl die Wikinger den Atlantik. Doch die systematische Erkundung des Weltmeeres begann erst im 15. Jahrhundert, als Spanier und Portugiesen einen Seeweg nach Indien suchten. Mit jeder kühnen Reise in die noch unentdeckte Welt gaben die Meere und Ozeane ein wenig Preis von ihren Geheimnissen. Schon lange gehört das Zeitalter der großen geographischen Entdeckungen der Vergangenheit an. Vom einst so verehrten, aber auch gefürchteten Meer wissen wir heute unglaublich mehr als damals: Seine größten Tiefen kennen wir nun, die Beschaffenheit des Meeresgrundes und seiner Bewohner, auch die Entstehung von Ebbe und Flut. Und uns ist bekannt, daß im Meerwasser Gold, Uran und noch wertvollere Schätze enthalten sind. Darüber und über viele andere Ergebnisse und Aufgaben der Meeresforschung berichtet dieses WAS IST WAS-Buch. Für die Meereskundler, die Ozeanographen, ist das Zeitalter der Entdeckungen



Mit Tiefseetauchbooten wie diesem amerikanischen Bathyskaph erkunden Meeresforscher die noch immer geheimnisvolle Welt der Ozeane.

nämlich noch lange nicht vorüber. Nach wie vor bergen die Tiefen der Meere und Ozeane Unerforschtes und Unbekanntes, gibt es Fragen ohne Antworten. Auch tragen wir Menschen nicht wenig dazu bei, daß unser Wissen vom Meer kein endgültiges, sondern ein fließendes ist: Wer kann heute schon sagen, wie das scheinbar grenzenlose Weltmeer morgen reagiert, wenn wir es weiterhin überfischen, mit Abwässern oder durch auslaufendes Öl verschmutzen und das Ozonloch immer größer wird. Die Meere und Ozeane sind in Gefahr – und damit auch unsere Zukunft.

WAS IST WAS, Band 32

■ Dieses Buch ist auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Bildquellenachweis:

Fotos: Archiv für Kunst und Geschichte, Berlin; S. 5 (4 Abb.), S. 6 I, S. 6 r; Bilderberg, Hamburg: S. 46 u von Hans-Jürgen Burkard, S. 17, S. 41 I, S. 42 o und S. 42 u von Klaus-D. Francke, S. 46 o von Eberhard Grames, S. 20 o/l von Milan Horacek, S. 19 von Wolfgang Volz, S. 43 von Gert Wagner; Bernd Brügge, Neumünster: S. 27; Steve Dawson/WWF-Bildarchiv, Hamburg: S. 45 r; Deutsche Presse-Agentur, Frankfurt am Main: S. 47 o; Dorreboom/Greenpeace, Hamburg: S. 45 l; Forschungszentrum Geesthacht GMBH, Geesthacht: S. 11 o; Jean Guichard/GLMR: S. 24; Internationales Bildarchiv Horst von Irmer, München: S. 35; Martin Kaiser, Berlin: S. 22 o; Don King/The Image Bank, Hamburg: S. 23; Dr. Bruno P. Kremer, Wachtberg-Pech: S. 25; Harald Lange, Leipzig: S. 16; Andreas Lehmann, Kiel: S. 11 u; Walter Mayr, Großenrade: S. 31, Luftaufnahme freigegeben durch das Wirtschafts- und Verkehrsministerium Schleswig-Holstein, Kiel, unter der Nr. 862/10; P. Miller/NAS/OKAPIA, Frankfurt am Main: S. 41 r; NASA/PR Science Source/OKAPIA, Frankfurt am Main: S. 1; H. Rappi/WWF-Bildarchiv, Hamburg: S. 7 o; R. Rinaldi/WWF-Bildarchiv, Hamburg: S. 47 u; Ullstein Bilderdienst, Berlin: S. 9; Dr. Erika Vauk-Hentzelt, Schneverdingen-Wintermoor: S. 26; Vennemann/Greenpeace, Hamburg: S. 48 u; VISUM, Hamburg/Michael Lange: S. 48 o; W. Wisniewski/OKAPIA, Frankfurt am Main: S. 22 u; ZEFA, Düsseldorf/Damm: S. 20 o/r.

Einbandfotos: Tony Stone, München.

Illustrationen: Einband: Manfred Kostka, Hamburg; Innenteil: Rainer Fischer, Berlin; S. 4, 10, 29 von Marta Hofmann, Berlin.

Copyright © 1993 Tessloff Verlag, Nürnberg

Die Verbreitung dieses Buches oder von Teilen daraus durch Film, Funk oder Fernsehen, der Nachdruck oder die fotomechanische Wiedergabe sind nur mit Genehmigung des Tessloff Verlages gestattet.

ISBN 3-7886-0272-4

Inhalt

Lockendes Weltmeer

Wieviel Wasser gibt es auf der Erde?	4
Wann wurde das Weltmeer „entdeckt“?	4
Wann begann die Erforschung der Ozeane?	6
Was interessiert Meeresforscher heute?	7

Hilfsmittel der Meeresforscher

Wie ist ein Forschungsschiff ausgerüstet?	8
Was können Forschungstauchboote?	9
Was sind Unterwasserlaboratorien?	10
Wie helfen Satelliten dem Meeresforscher?	10

Der Meeresraum

Was unterscheidet Ozeane von Nebenmeeren?	12
Wie tief ist das Weltmeer?	13
Was ist ein Schelfmeer?	14
Wie sieht der Kontinentalabhang aus?	15
Woraus besteht der Meeresboden?	15
Wie kann man die Sedimente erforschen?	16
Gibt es im Meer Berge und Täler?	17

Das Meerwasser

Woher kam das Wasser der Erde?	19
Warum ist Meerwasser salzig?	19
Welche Elemente kommen im Meerwasser häufig vor?	20
Welche Farbe hat das Meer?	20
Wie warm ist das Meer?	21
Kann Meerwasser zu Eis gefrieren?	22

Das ruhelose Meer

Wie entstehen Wellen?	23
Was versteht man unter Dünung?	24
Was ist eine Brandung?	25
Was sind Gezeiten?	25
Wie entsteht eine Springflut?	26
Was sind Gezeitenströme?	26
Wie entstehen Meereströmungen?	27
Wie kann man Meereströmungen messen?	27
Welches sind die mächtigsten Meereströmungen?	28

Das entfesselte Meer

Was ist ein Tsunami?	29
Wie gefährlich ist eine Sturmflut?	30
Wie kann man die Küsten schützen?	30

Wettermacher Meer

Was versteht man unter dem Kreislauf des Wassers?	31
Wie beeinflusst das Weltmeer das Klima der Erde?	32

Der Lebensraum Meer

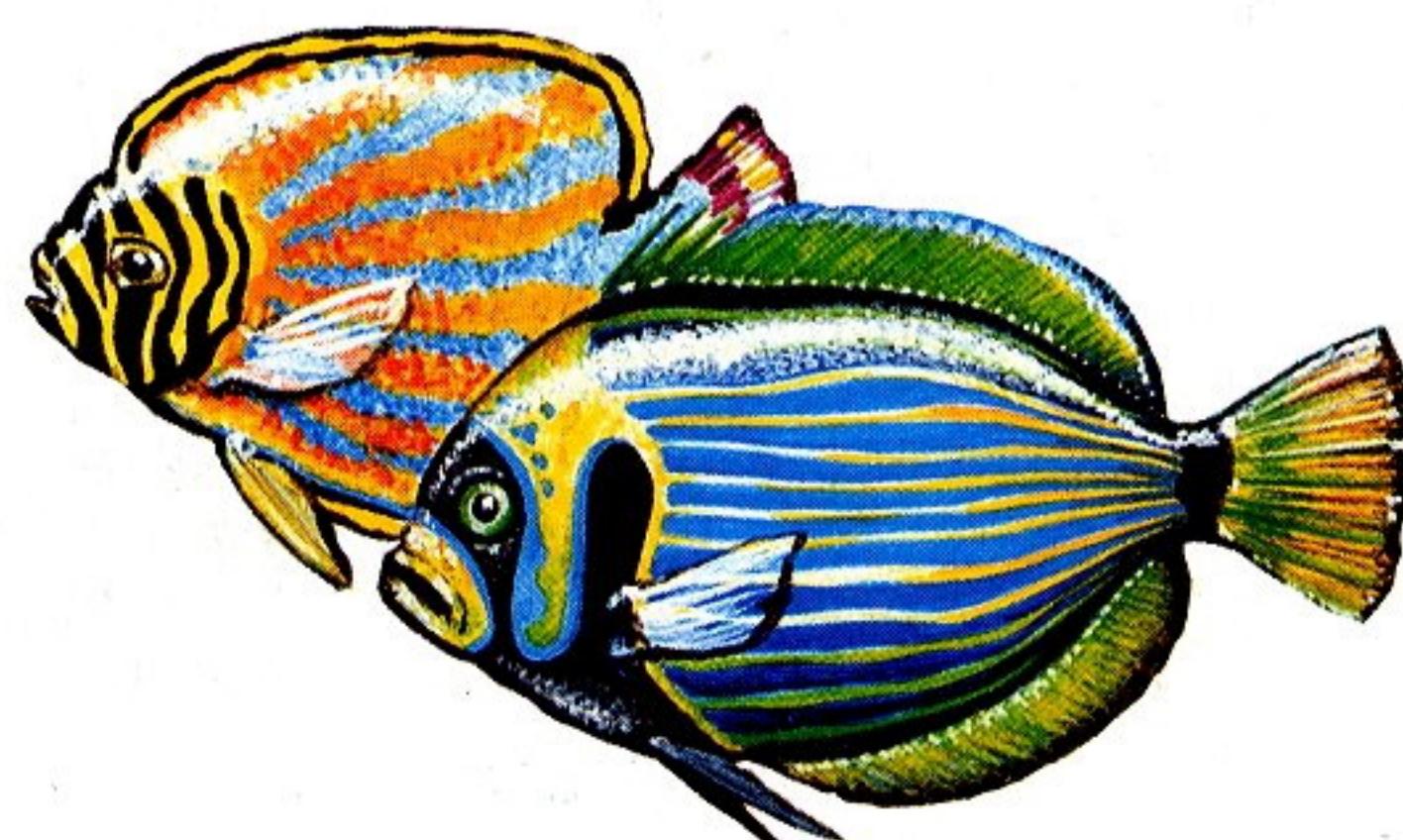
Welche Lebensformen gibt es im Meer?	33
Was ist eine Nahrungskette?	34
Warum sind die Küstengewässer am artenreichsten?	35
Welche Tiere leben im offenen Meer?	35
Wie haben sich die Tiefseetiere ihrem Lebensraum angepaßt?	37

Das Meer und der Mensch

Wem gehört das Meer?	38
Welche Nahrung gibt uns das Meer?	39
Was ist eine Fischfarm?	40
Kann man das Meerwasser nutzen?	42
Was sind Manganknollen?	42
Wie gewinnt man Öl und Gas aus dem Meer?	43
Läßt sich Energie aus dem Meer gewinnen?	44

Schutz des Meeres

Sind die Fischgründe unerschöpflich?	45
Was ist eine Ölpest?	46
Gibt es kranke Meere?	47
Wie können wir dem Meer helfen?	48



Lockendes Weltmeer

Fast drei Viertel der Oberfläche unseres

Wieviel Wasser gibt es auf der Erde?

Planeten sind von Wasser bedeckt, nur etwas mehr als ein Viertel ist Land. Deshalb sieht die Erde auf Fotos aus dem

Weltall wie ein blauer Planet aus (s. S. 1). Nahezu 97 Prozent des Wassers sind in den Ozeanen gesammelt, der Rest ist in Eis und Schnee, in Flüssen und Seen, aber auch versteckt in der Erde gespeichert. Allein der vom Weltmeer, also der Gesamtheit aller Meere und Ozeane, eingenommene Raum umfaßt unvorstellbare 1,375 Milliarden Kubikkilometer. Wenn unser Planet ganz eben wäre, dann würde er ringsherum von einer über 2500 Meter hohen Wasserschicht bedeckt sein.

Meereskundler teilen das Meer in drei mächtige und einen kleineren Ozean auf. Es sind der Stille oder der Pazifische, der Atlantische, der Indische und der Arktische Ozean. Auf dem Globus kann man sehen, daß fast die gesamte Südhalbkugel unserer Erde von einem einzigen Ozean, dem

Wagemutige Seefahrer waren die Wikinger. Mit ihren seetüchtigen Langschiffen, den Drachenbooten, erreichten sie schon vor fast tausend Jahren die Küste Nordamerikas.

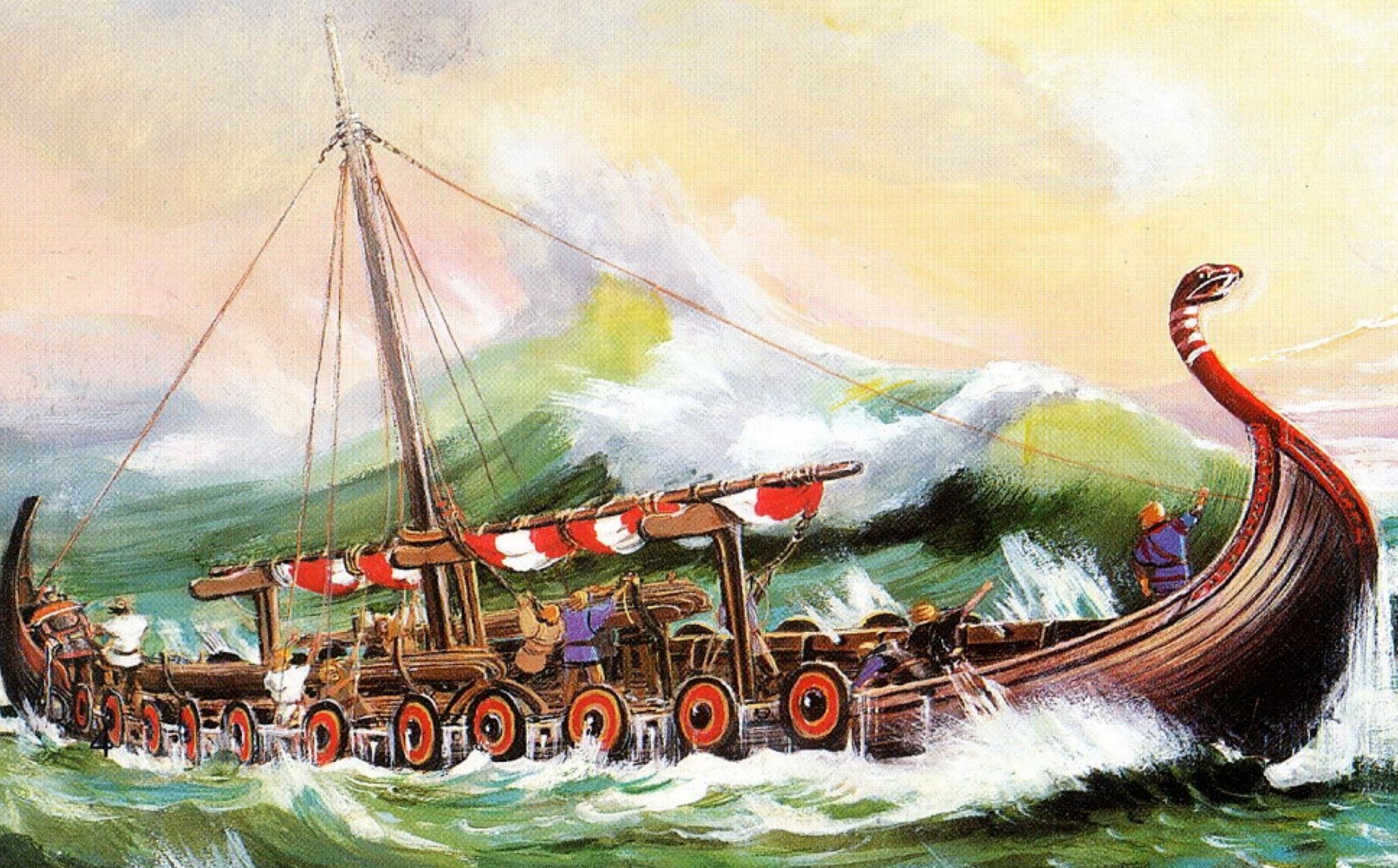
Pazifischen, beherrscht wird. Hier nimmt das Meer neun Zehntel der Fläche ein. Weil wir in Wirklichkeit auf Inseln eines Wasserplaneten leben, müßte die Erde eigentlich „Meer“ heißen. Doch all das wußten die Menschen noch nicht, als sie den lateinischen Ausdruck „terra“ für unseren Himmelskörper prägten. „Terra“ bedeutet soviel wie „Erde“.

Lange Zeit sahen die Menschen das Meer

Wann wurde das Weltmeer „entdeckt“?

als einen ruhig dahinströmenden und tiefen Fluß an. Auf einer über 2500 Jahre alten Weltkarte umfließt er die Erdscheibe, für die man unseren Planeten einst hielt, von allen Seiten. Obwohl sich schon damals kühne Seefahrer weit auf das unbekannte Meer hinauswagten, veränderten ihre Erkenntnisse das Weltbild nur sehr langsam (s. S. 6).

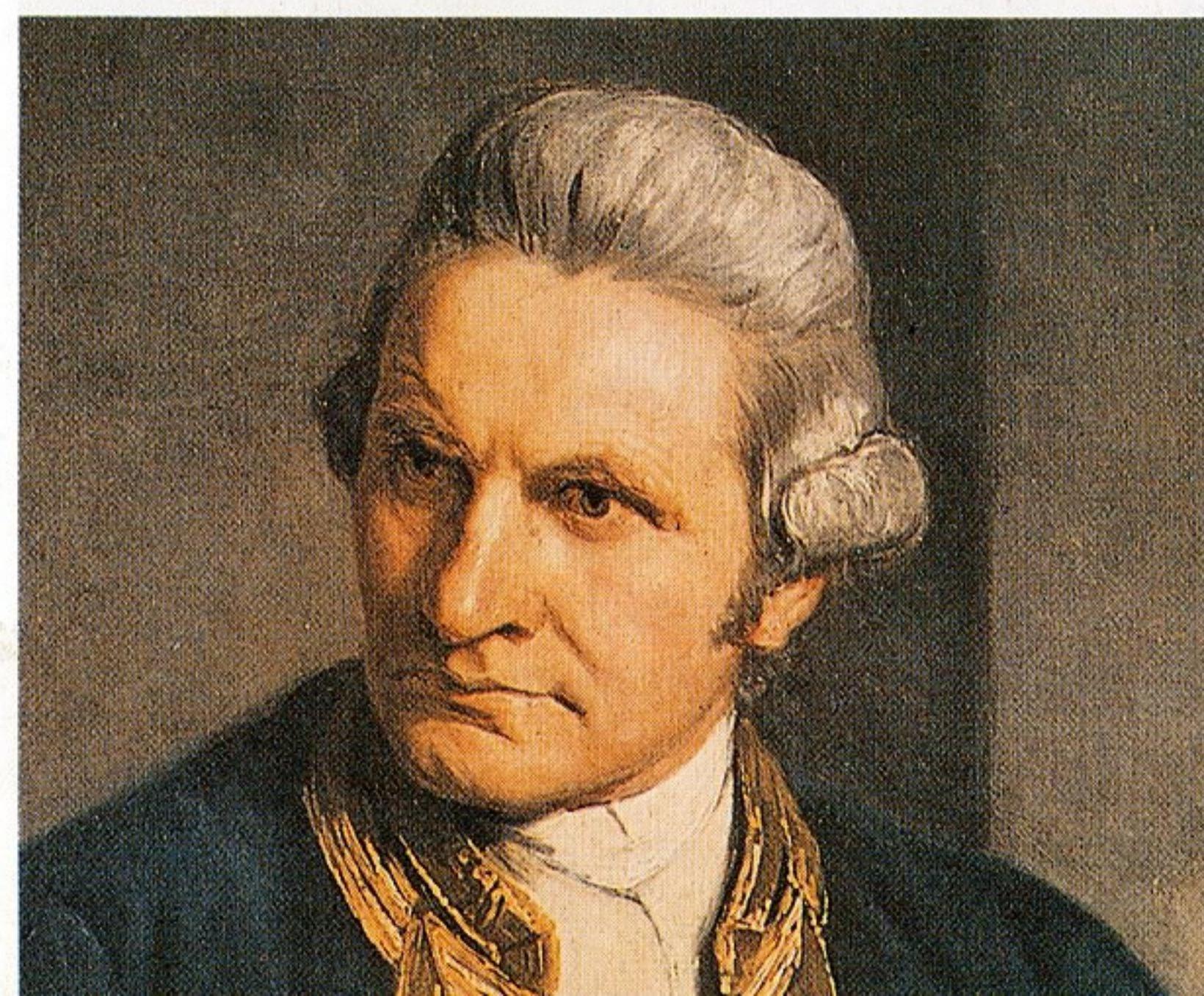
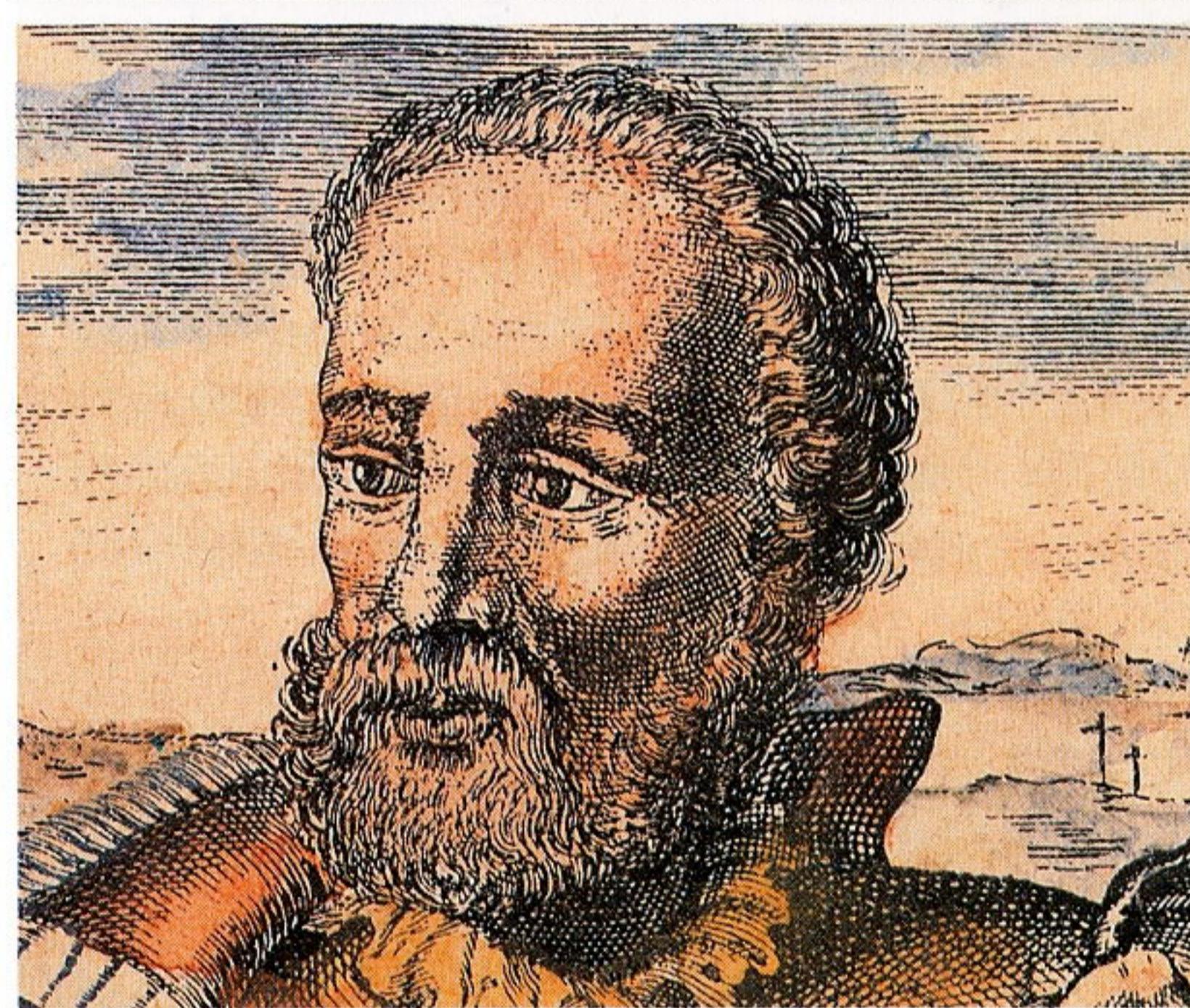
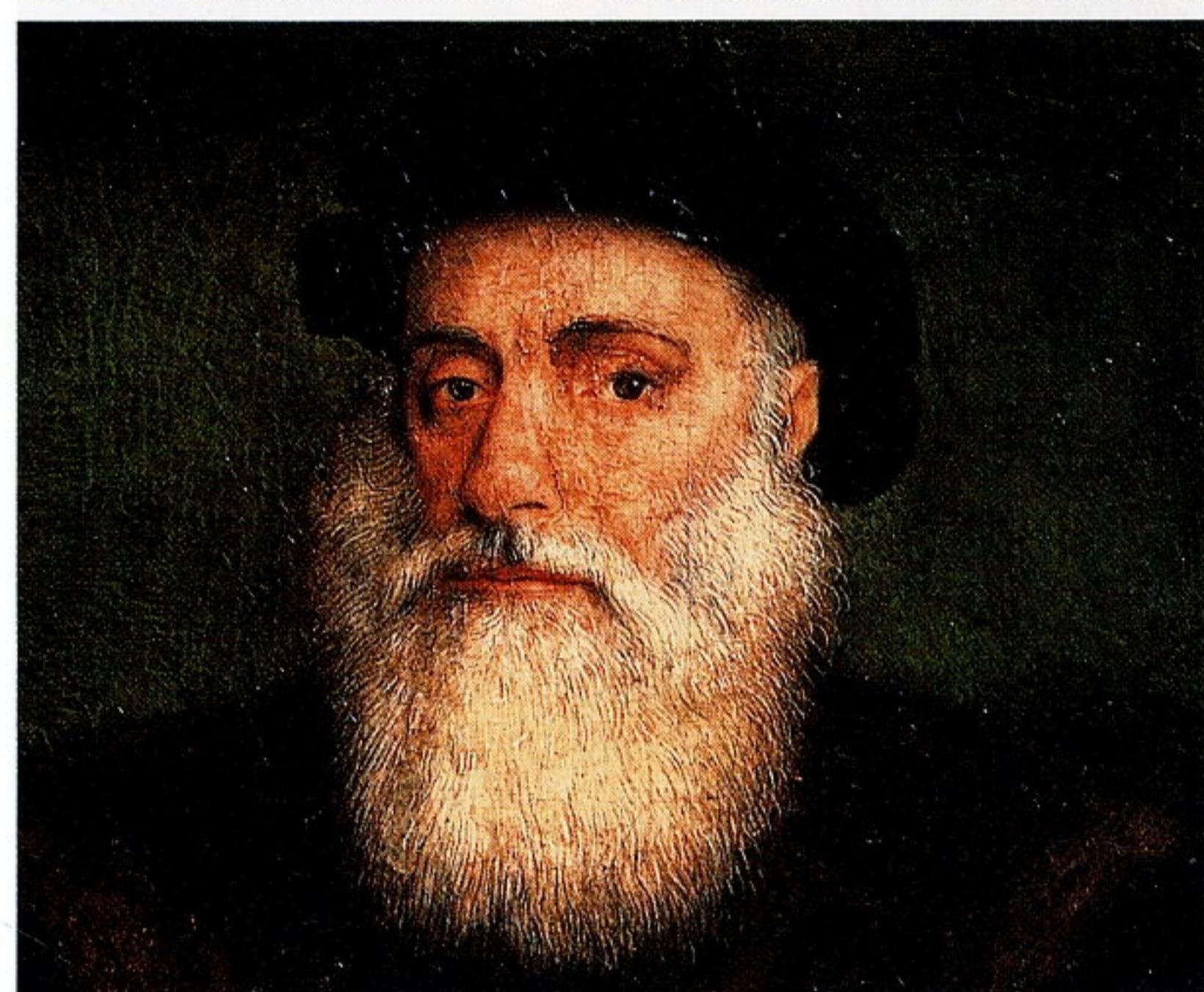
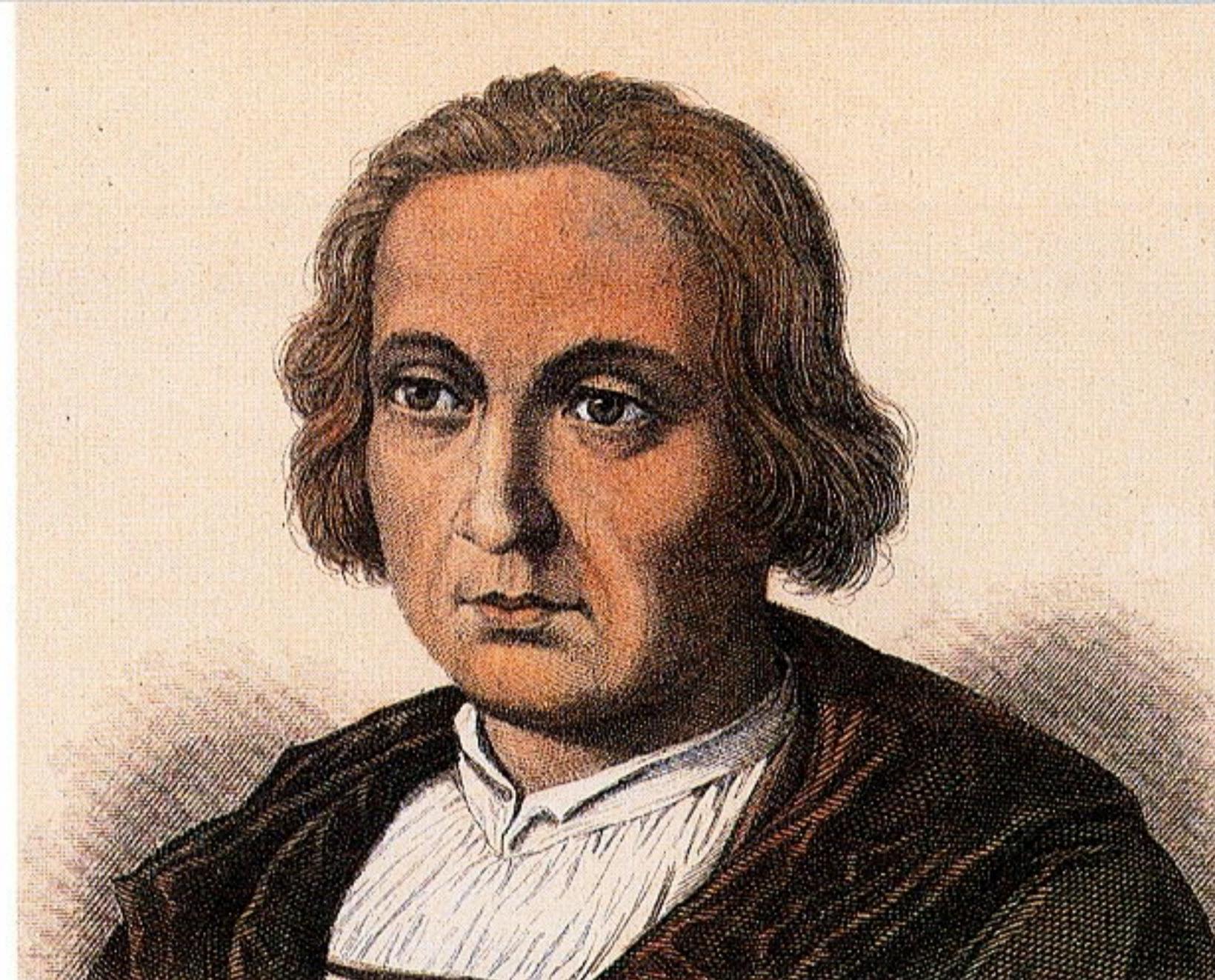
Entscheidende geographische Entdeckungen gelangen erst gegen Ende des 15. und Anfang des 16. Jahrhunderts, als europäische Kaufleute und Seefahrer einen Seeweg nach Indien und China suchten. Begehrte Gewürze, wie Zimt, Pfeffer und Nelken, wollten sie von dort

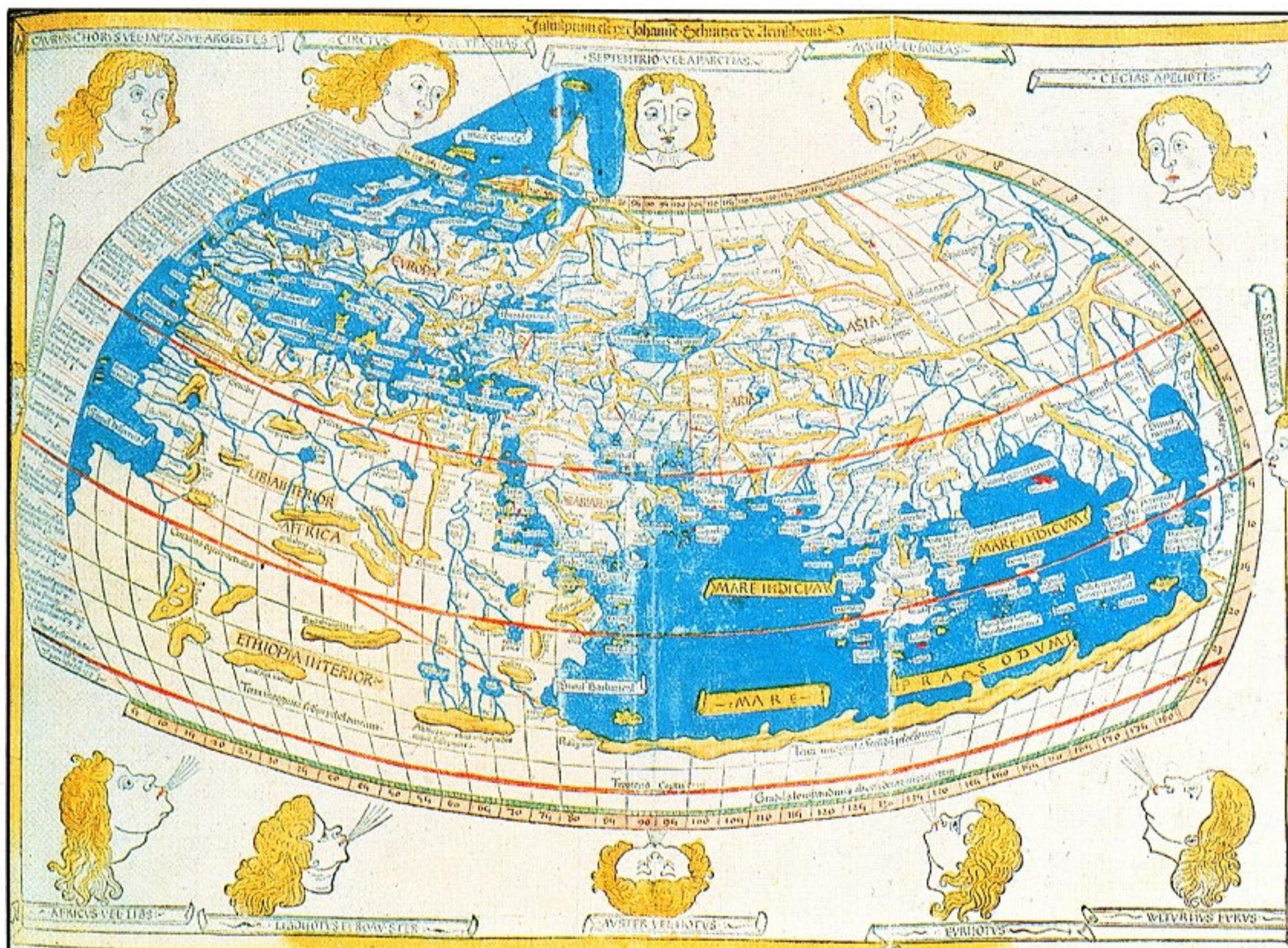


holen, aber auch Gold, Edelsteine und Seide. Gefördert wurde die Entdeckerlust vor allem durch ein Buch des Venezianers Marco Polo (1254 bis 1324). In ihm berichtet der Kaufmannssohn von seinen phantastischen Erlebnissen während seiner Chinareise und den sagenhaften Reichtümern dieses Landes.

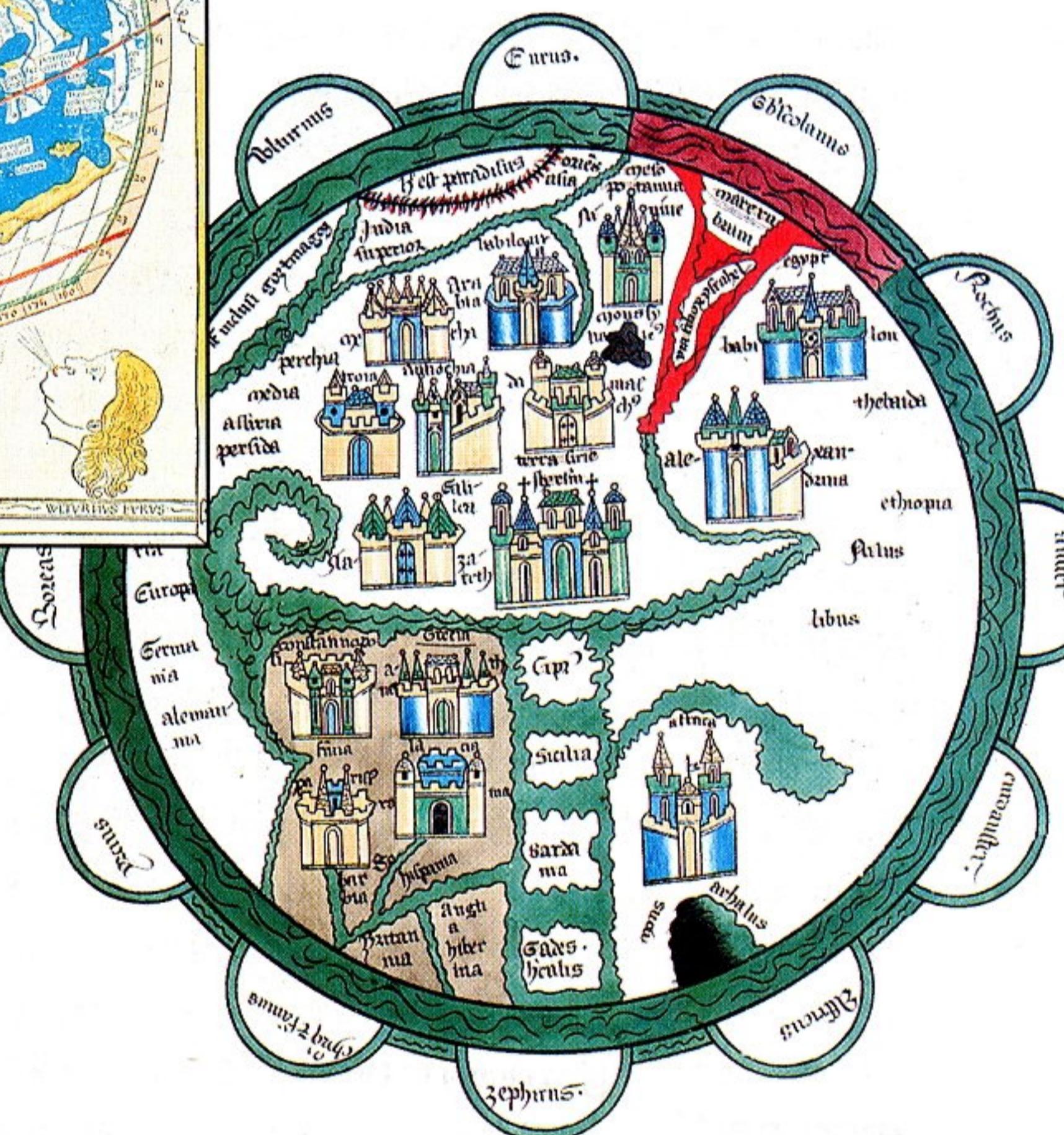
Eine der erfolgreichsten Expeditionen begann am 20. September 1519 von der spanischen Hafenstadt San Lucar aus. Ihr Kommandant war Fernão de Magalhães, bekannt als Magellan. Der in spanischen Diensten stehende Portugiese wollte einen westlichen Seeweg zu den im Stillen Ozean liegenden Gewürzinseln, den Molukken, finden. Weder Stürme noch Krankheiten, weder Hunger noch Meuterei konnten ihn von seinem Vorhaben abbringen. Magellan überquerte mit seinen fünf Schiffen den Atlantik, folgte der südamerikanischen Küste weit nach Süden, entdeckte tatsächlich die ersehnte Durchfahrt – die Magellanstraße – in das andere große Meer und segelte weit in den Pazifik hinein. Später, auf den Philippinen, fand Magellan in einer bewaffneten Auseinandersetzung mit Einheimischen den Tod. Eines seiner Schiffe unter der Führung des Steuermanns Elcano jedoch kehrte am 6. September 1522 nach San Lucar zurück. Die erste Weltumsegelung war vollbracht. In westlicher Richtung hatte das Schiff die spanische Küste verlassen, von Osten her erreichte es wieder die heimatlichen Gestade. Magellans Waghalsigkeit ist es zu danken, daß man das Weltmeer nunmehr als ein einheitliches, untrennbares Ganzes erkannte. Endlich war der Beweis für die Kugelgestalt der Erde erbracht. Zahlreiche Gelehrte hatten diese Ansicht in den Jahrhunderten zuvor mit dem Tode bezahlen müssen.

Als Pfadfinder der Meere sind diese Kapitäne in die Geschichte eingegangen. Von oben nach unten: Christoph Kolumbus (1451 bis 1506), Vasco da Gama (1468/9 bis 1524), Magellan (1480 bis 1521), James Cook (1728 bis 1779).





Auf dieser Weltkarte (links) faßte der griechische Naturforscher Ptolemäus um 150 n. Chr. das damalige Wissen über die Erde zusammen. Noch älter ist die Karte unten. Auf ihr erscheint die Erde als vom Weltozean umflossene Scheibe.



Schon die ersten Seefahrer beobachteten

Wann begann die Erforschung der Ozeane?

das Meer aufmerksam und begannen, Seekarten anzufertigen und ihre Erfahrungen über Strömungen, vorherr-

schende Winde, Eis und Nebel zu sammeln. Weil es sich aber um zufällig zusammengetragenes Wissen handelte, war es den Seefahrern nicht allzu nützlich. Erst Mitte des 19. Jahrhunderts, als der amerikanische Marineoffizier Matthew Fontaine Maury die Beobachtungen zahlreicher Schiffsbesatzungen ausgewertet und sie zu Wind- und Strömungskarten zusammengestellt hatte, bekamen die Seeleute brauchbare Hilfsmittel in die Hand. Maury gelang es 1853 sogar, die zehn wichtigsten seefahrenden Staaten zur Gründung eines einheitlichen Beobachtungsdienstes auf See zu bewegen. Wesentliche Anstöße erhielt die Meeresforschung von der Frage nach dem Leben in der Tiefsee. Noch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts glaubte man, daß unterhalb von 750 Meter Tiefe weder pflanzliches noch tierliches Leben möglich sei. Als 1869 der britische Biologe Wyville Thomson während einer Reise des Schiffes „Porcupine“ jedoch Lebewesen aus 4 600 Meter Tiefe heraufholte, war dies

der Anlaß zu einer sorgfältig geplanten Meeresexpedition rund um die Erde mit der Dampfkorvette „Challenger“. Sie stand unter Wyville Thomsens Leitung und begann am 21. Dezember 1872. Dreieinhalb Jahre später lief das umgebaute Kriegsschiff wieder in Portsmouth ein, voll gepackt mit Tausenden Pflanzen, Tieren und vielen Meßwerten. Zu den Ergebnissen der überaus erfolgreichen Forschungsreise gehörten erste wissenschaftliche Erkenntnisse über Meereströmungen und der endgültige Beweis, daß es selbst in den tiefsten Tiefen der Ozeane noch Leben gibt.

Der Expeditionsbericht der „Challenger“ füllt zweiunddreißig dicke Bände. Verfaßt wurde er von zahlreichen Biologen und Geographen, von Chemikern, Physikern und Geologen. Sie haben damit einen neuen Wissenschaftszweig begründet, die Ozeanographie.

Wir kennen heute die größten Tiefen der Ozeane, wir wissen, wie der Meeresgrund beschaffen ist und woher das Salz des Meeres kommt. Auch die Ursachen von

Was interessiert Meeresforscher heute?

Ebbe und Flut sind uns bekannt (s. S. 25). Aber noch zahlreiche Fragen sind offen, und an die Stelle der bereits beantworteten treten häufig neue: Welche Kräfte verursachen die Bewegungen der Erdteile? Wie und in welchem Zeitraum erneuert sich das Bodenwasser der Ozeane? Wird der Meeresspiegel in naher Zukunft steigen oder fallen? Weil das Weltmeer seit einigen Jahrzehnten immer mehr als Raum genutzt wird, aus dem Nahrung und Rohstoffe gewonnen werden können, müssen die Meeresforscher aber auch sehr praktische Fragen beantworten: Was kann man tun, daß der einstige Reichtum der Meere an Speisefischen wiedergewonnen wird? Wird es möglich sein, die unter dem Tiefseeboden lagernden gewaltigen Vorkommen an Kohle, Erzen und Schwefel abbauen? Wird es überhaupt notwendig sein? Welche Folgen hat die Ausbeutung

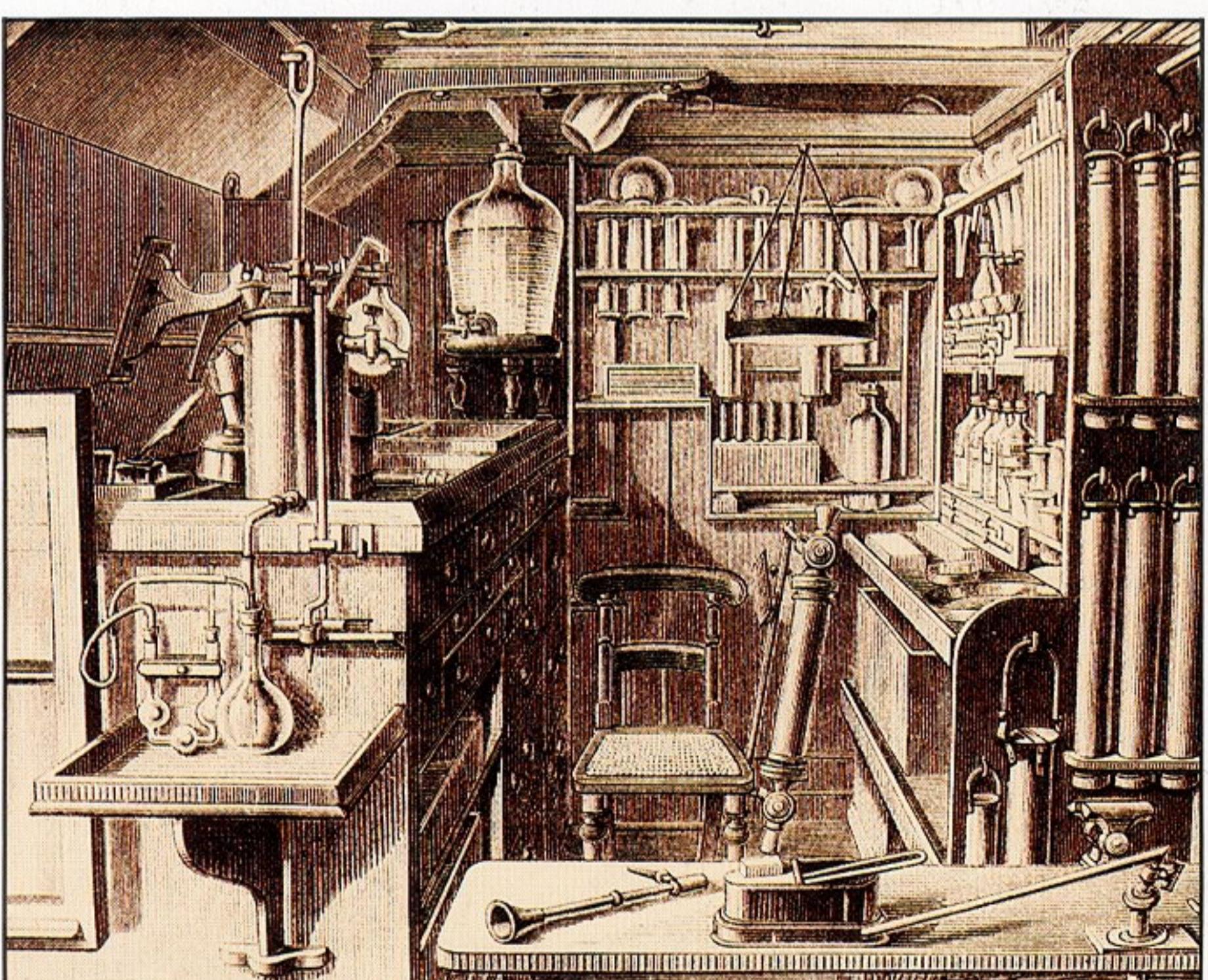
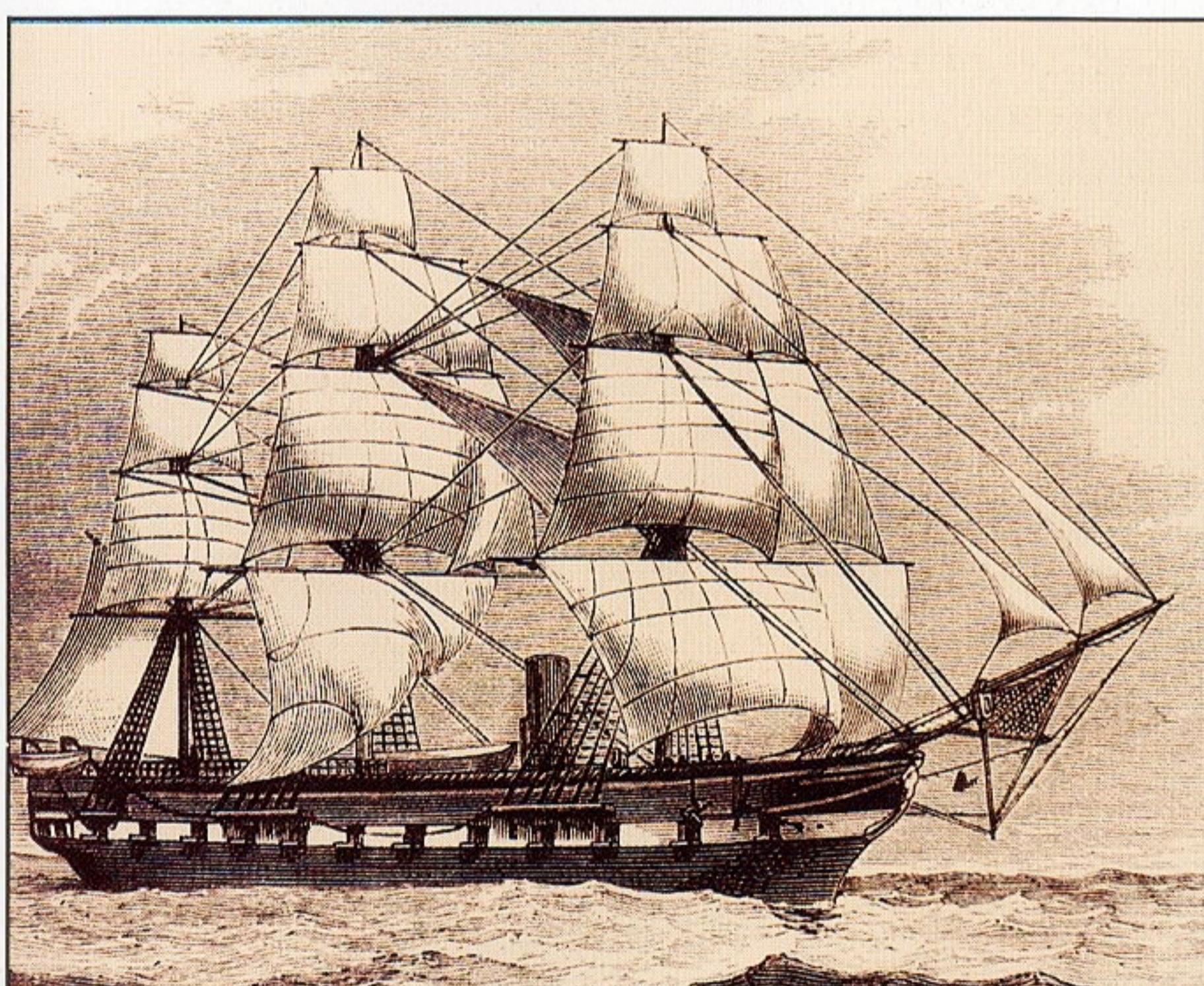
Die „Challenger“ während ihrer Erdumsegelung, die 1872 begann. Mit dieser Forschungsreise wurde die Ozeanographie begründet. Rechts ein Blick in das Laboratorium der „Challenger“.



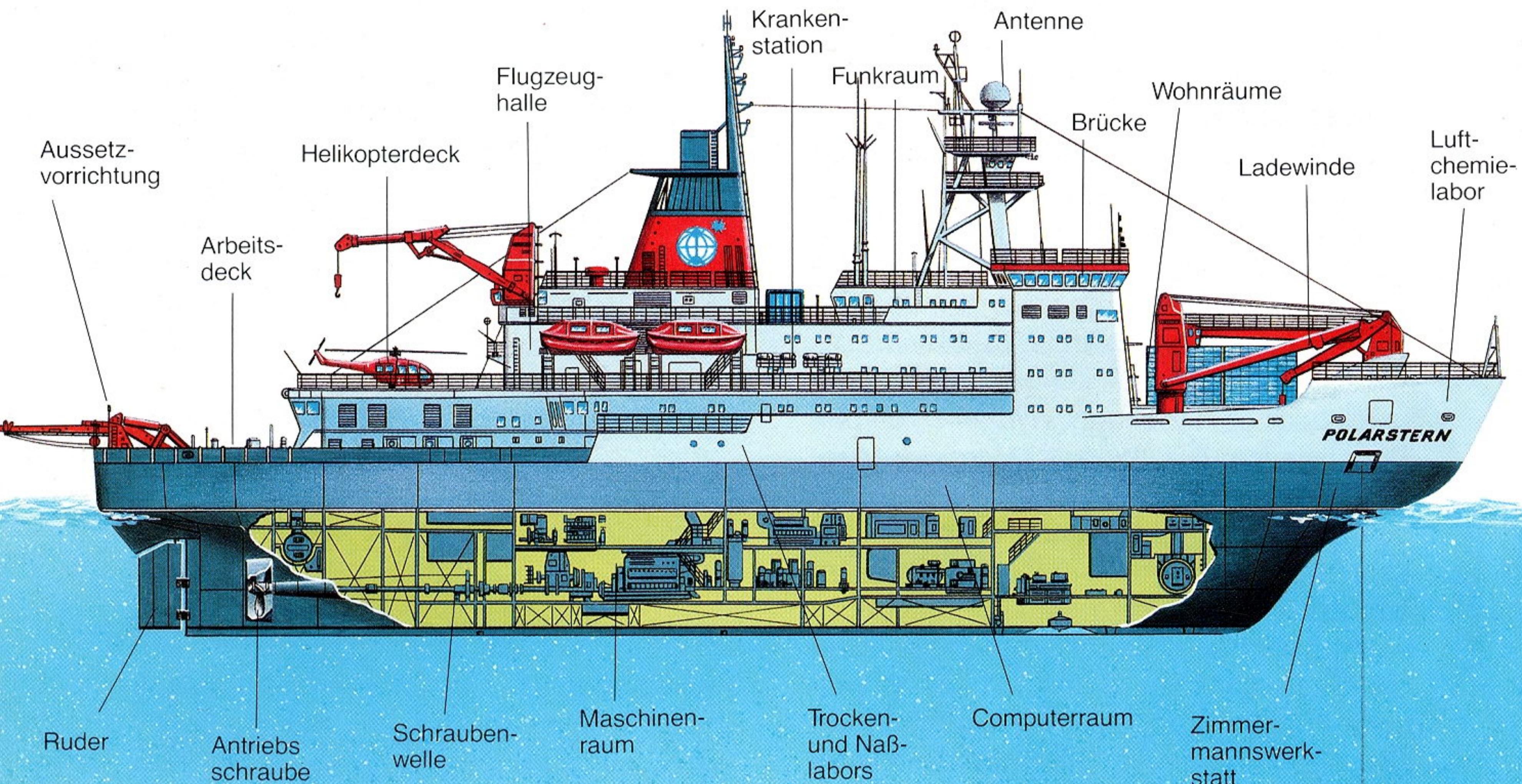
Das deutsche Forschungsschiff „Polarstern“ beim Entladen in einem natürlichen Eishafen in der Antarktis.

der Meeresschätze für die Lebensgemeinschaften der Tiefsee?

Intensiv befassen sich die Ozeanographen auch mit der durch den Menschen verursachten und ständig zunehmenden Verunreinigung der Meere. Viele von ihnen betrachten den Schutz des Meeres als ihre wichtigste Aufgabe.



Hilfsmittel der Meeresforscher



Wichtigstes Hilfsmittel der Ozeanographen

Wie ist ein Forschungsschiff ausgerüstet?

die Meereskundler häufig Frachtdampfer oder Fischereischiffe für ihre Arbeit anmieten. Gelegentlich fuhren Wissenschaftler auch als forschende Passagiere auf Handelsschiffen mit.

Weltweit gibt es heute etwa tausend reine Forschungsschiffe. Dazu gehören: Mehrzweckforschungsschiffe, Wetterforschungsschiffe, Fischereiforschungsschiffe, Polarforschungsschiffe und Schiffe zur Erkundung von Rohstoffen. Trotz unterschiedlichster Aufgaben haben die Forschungsschiffe eines gemeinsam: Sie fahren nicht nach einem bestimmten Plan von Hafen zu Hafen, sondern kreuzen oft monatelang in Meeresgebieten mit schwierigen Umweltbedingungen. Deshalb müssen For-

Schnitt durch das größte deutsche Forschungsschiff, die 118 Meter lange und 50 Meter breite „Polarstern“. Das Schiff ist mit seiner Besatzung 300 Tage pro Jahr im Einsatz.

schungsschiffe besonders seetüchtig und manövrierfähig sein.

Typisch für Forschungsschiffe sind Geräte zum Absenken und Heben von Untersuchungsausrüstungen sowie geeignete Aussetz- und Schleppvorrichtungen. Unentbehrlich ist auch eine Tiefseeankerwinde. Geräte zum Messen der Meerestiefe, meteorologische Beobachtungsanlagen, Satelliten-Empfangssysteme, Werkstätten und Hubschrauberplattformen vervollständigen die Ausrüstung.

Moderne Forschungsschiffe verfügen über schwingungssarme und gut schallisolierte Laboratorien. Werden sie wie Container austauschbar gestaltet, lässt sich das Schiff sehr vielseitig einsetzen. Die meisten Forschungsschiffe werten heute ihre Messungen und Beobachtungen mit Hilfe von leistungsfähigen Computern aus.

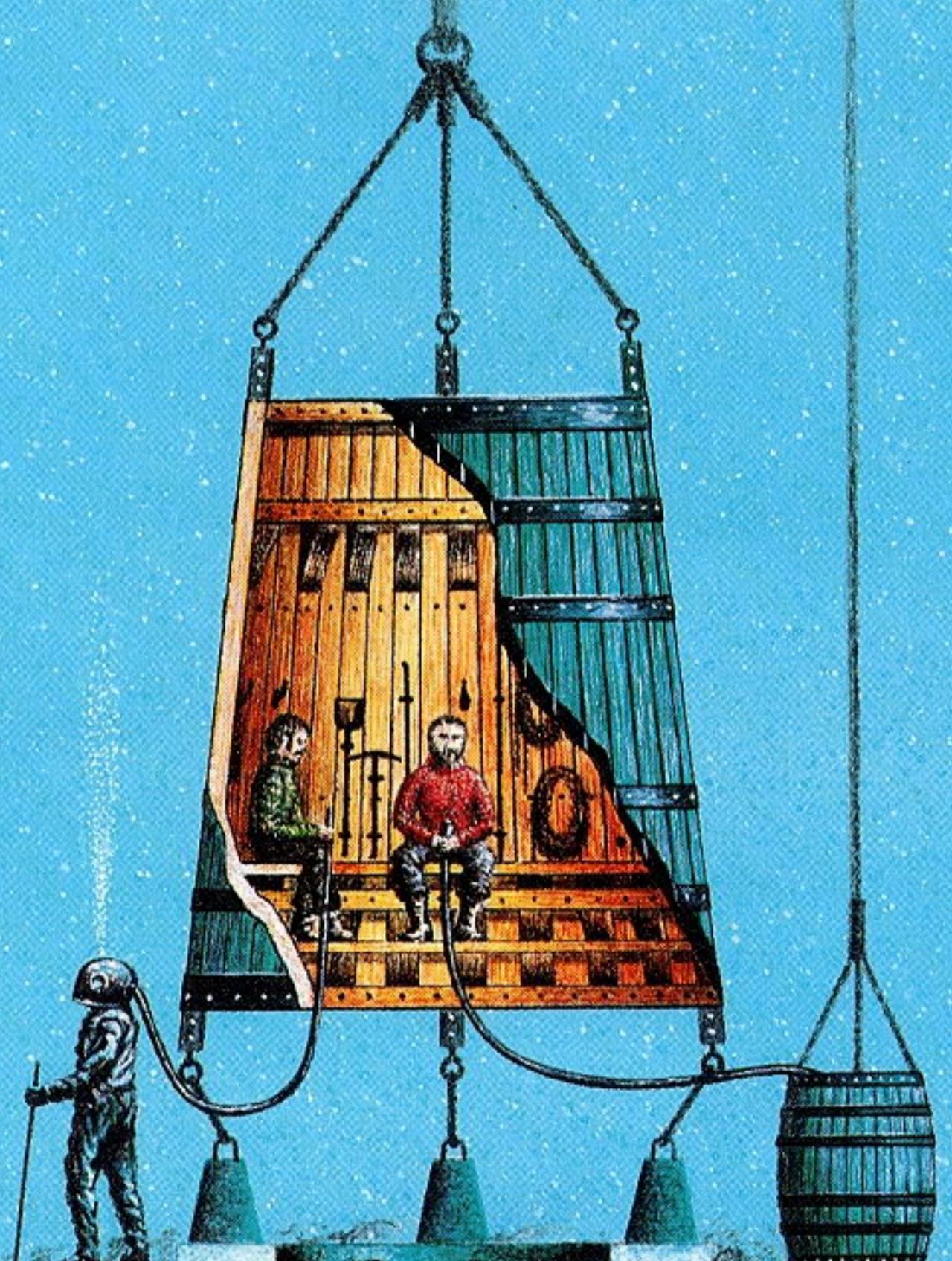
Von den Tiefen der Ozeane wußten wir bis

Was können Forschungs- tauchboote?

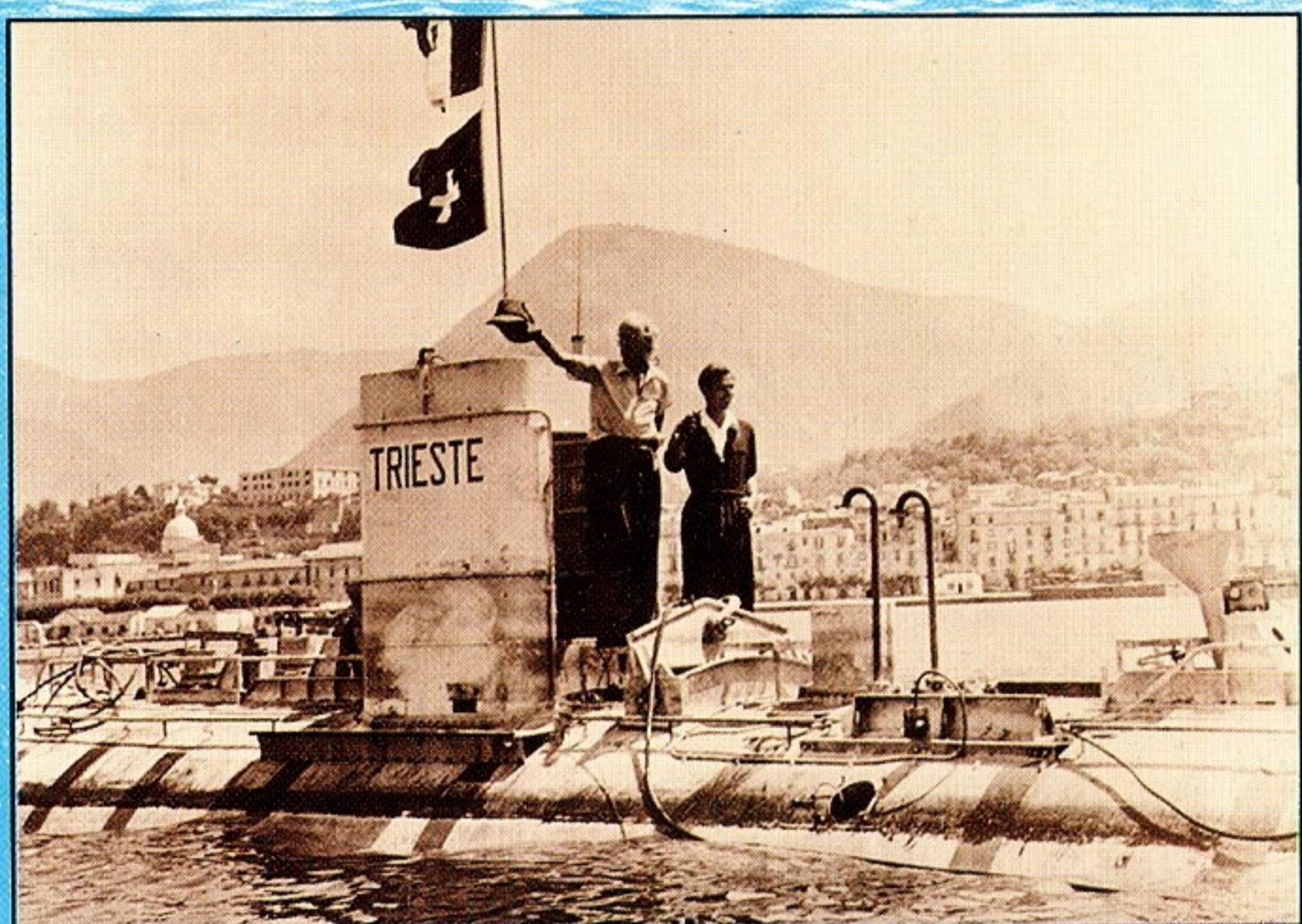
vor einigen Jahren noch sehr wenig. Erst als die Amerikaner William Beebe und Otis Barton 1934 südlich der Bermudas mit ihrer berühmt gewordenen Bathysphere 923 Meter tief tauchten, öffnete sich den Forschern die geheimnisvolle Welt der Tiefsee. Solche und größere Tiefen kann man nur in besonderen Tauchapparaten, die dem hohen Druck standhalten, erreichen: in der Tiefseekugel, im Bathyskaph oder im Tauchboot.

Die Bathysphere von Beebe und Barton war eine stählerne Beobachtungskugel. Sie hatte einen Innendurchmesser von 1,37 Metern, war mehr als 4 Tonnen schwer und wurde von einem Begleitschiff aus an einer Stahltrosse in die Tiefe hinabgelassen. Zusammengekauert hockten die Forscher in ihrer engen Kammer. Ein Scheinwerfer leuchtete durch die dicken Quarzfenster hinaus in die unbekannte Unterwasserwelt.

Edmond Halley's Taucherglocke von 1716. Frischluft wurde aus Fässern zugeführt. Später erfand der Astronom eine Taucherkrappe. Ein langer Schlauch verband sie mit der Glocke.



Frei beweglich ist der Bathyskaph. Von Schiffsschrauben und Elektromotoren angetrieben, dringt er in ungeheure Meerestiefen vor. Das U-Boot der Tiefsee besteht aus einer kleinen, druckfesten Kabine für die Besatzung und aus einem großen Auftriebskörper. Er ist zum Teil mit Leichtbenzin gefüllt und enthält außerdem als Ballast eine größere Menge von Eisenkugeln (-barren), die dazu führen, daß der Bathyskaph in große Tiefen sinkt. Wird der Eisenballast abgeworfen, steigt das U-Boot wieder nach oben, denn Benzin ist leichter als Wasser.



Der Schweizer Wissenschaftler Auguste Piccard (1884 bis 1962) konstruierte das Tiefseetauchboot „Trieste“.

Entwickelt wurde das leistungsfähige Tiefenboot von dem Schweizer Physiker Auguste Piccard. Sein Sohn Jacques und der Amerikaner Don Walsh erreichten am 23. Januar 1960 mit dem Bathyskaph „Trieste II“ im Marianengraben (Südsee) in 10 916 Meter Tiefe den Meeresboden. In eine größere Meerestiefe ist bislang kein Mensch vorgedrungen.

Geeignet für die Meeresforschung sind auch kleine, wendige Tauchboote. Viele von ihnen haben nicht nur Scheinwerfer, Bullaugen und Tiefenmeßgeräte, sondern auch Manipulatoren, das sind stählerne Greifarme, mit denen Proben vom Meeresboden aufgenommen werden können.

Neben Unterwasserfahrzeugen nutzen die Meeresforscher heute auch feststehende Anlagen für ihre Arbeit. Das erste Unterwasser„haus“ wurde

1962 in der Nähe von Marseille auf dem Meeresgrund gebaut. Zwei Forscher lebten in 10 Meter Tiefe eine Woche lang darin. Der Konstrukteur der kleinen Stahlzylinderstation war der bekannte Meeresforscher Jean-Jacques Cousteau. Sein zweites Haus wurde im Roten Meer errichtet. Es hatte fünf Räume und stand in einer Tiefe von 14 Metern. Einer riesigen Kugel glich Cousteaus drittes Haus. Man setzte es in 100 Meter Tiefe auf den Grund des Mittelmeeres.

Auch Wissenschaftler anderer Länder errichteten Unterwasserlaboratorien. Die Behälter aus Stahl oder Plast enthalten Wohn- und Schlafräume, Küche, Duschen, Toiletten, Werkräume und Laboratorien. Lebensnotwendige Einrichtungen, wie Anlagen für Atemgas, Heizung, Licht sowie Funk- und Fernsecheinrichtun-

gen, ermöglichen den Aquanauten (aqua = Wasser), mehrere Wochen auf dem Meeresgrund zu leben und zu arbeiten. Von ihren Unterwasserhäusern können die Forscher mit Tauchgeräten zu Ausflügen in die Umgebung starten.

In einigen Ländern haben sich die Wissenschaftler das Meer sogar ans Land geholt. Das gelingt in Unterwasser-Simulationsanlagen. Simulieren heißt nachahmen. In den Tauchkammern dieser Anlagen werden solche Druckverhältnisse erzeugt, wie sie in großen Tiefen herrschen. Einfacher als im Meer lassen sich in ihnen neue Tiefseegeräte erproben und Forschungsaufgaben lösen. Über eine der größten und modernsten Unterwasser-Simulationsanlagen verfügen die deutschen Meeresforscher. Sie arbeitet in Geesthacht bei Hamburg.

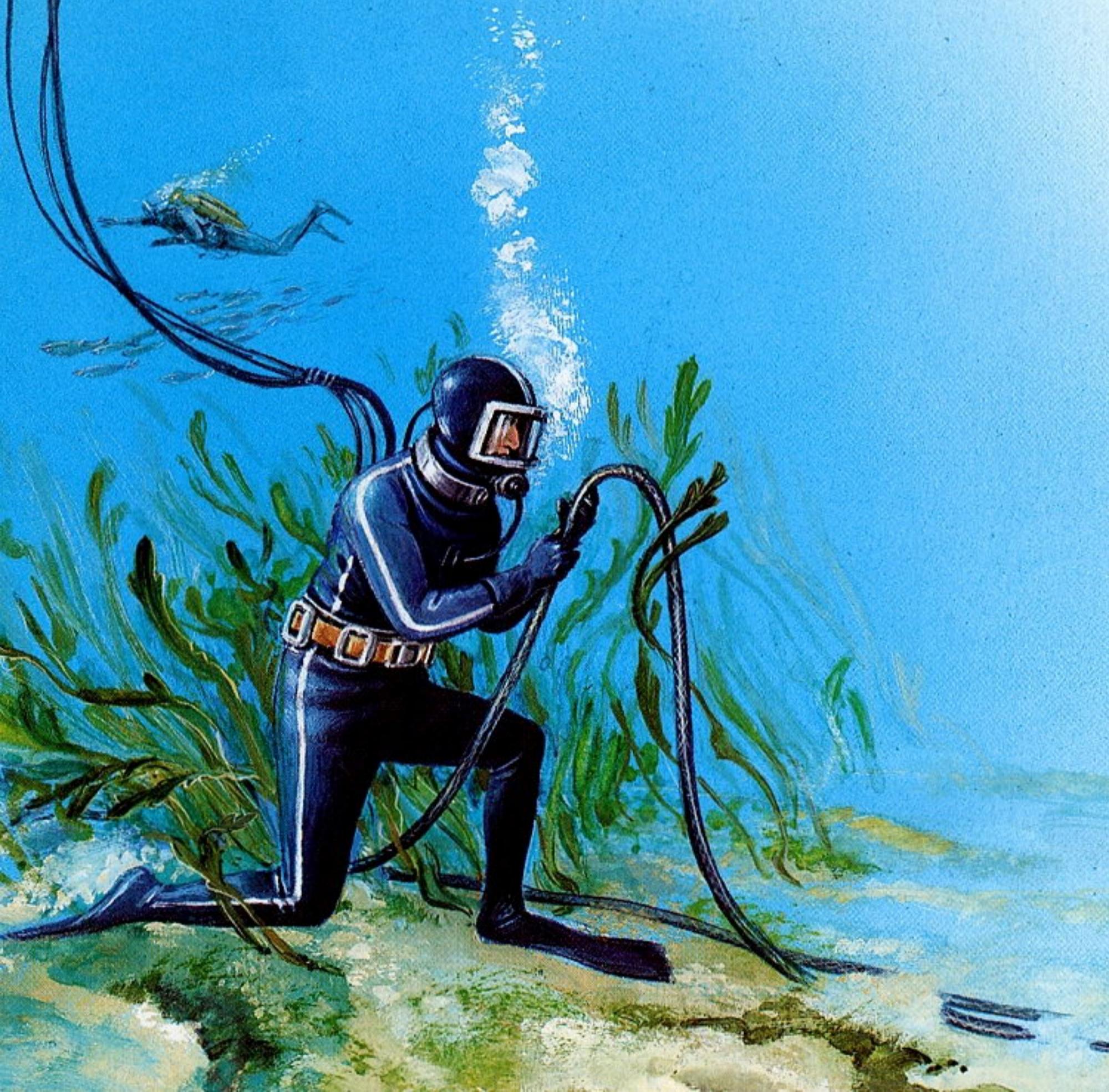
Ständig sammeln Forschungsschiffe und Meßstationen rund um den Erdball ozeanographische Informationen. All diese Messungen sind aber angesichts der Größe des Weltmeeres nicht mehr als winzige Stichproben. Erst der Einsatz von künstlichen Erdsatelliten ermöglichte den Forschern, riesige Gebiete der Meere und Ozeane gleichzeitig zu beobachten.

Am 26. Juni 1978 startete in Kalifornien der erste ozeanographische Erdsatellit. Innerhalb von 36 Stunden hatte er 95 Prozent der Fläche des Weltmeeres abgetastet. Die Ergebnisse seiner Fernmessungen funkte er zur Erde zurück. SEASAT 1 war es gelungen, aus 790 Kilometer Höhe die Oberflächentemperatur der Meere zu messen, ihre Eisbedeckung aufzuzeichnen und die Höhe und Richtung von Wel-

Gebundener Taucher bei der Arbeit. Seine Ausstattung besteht aus einem leichten Helm, dem Bleigürtel und einem wasserdichten Anzug. Über einen Schlauch wird der Taucher mit Atemluft von der Oberfläche versorgt.

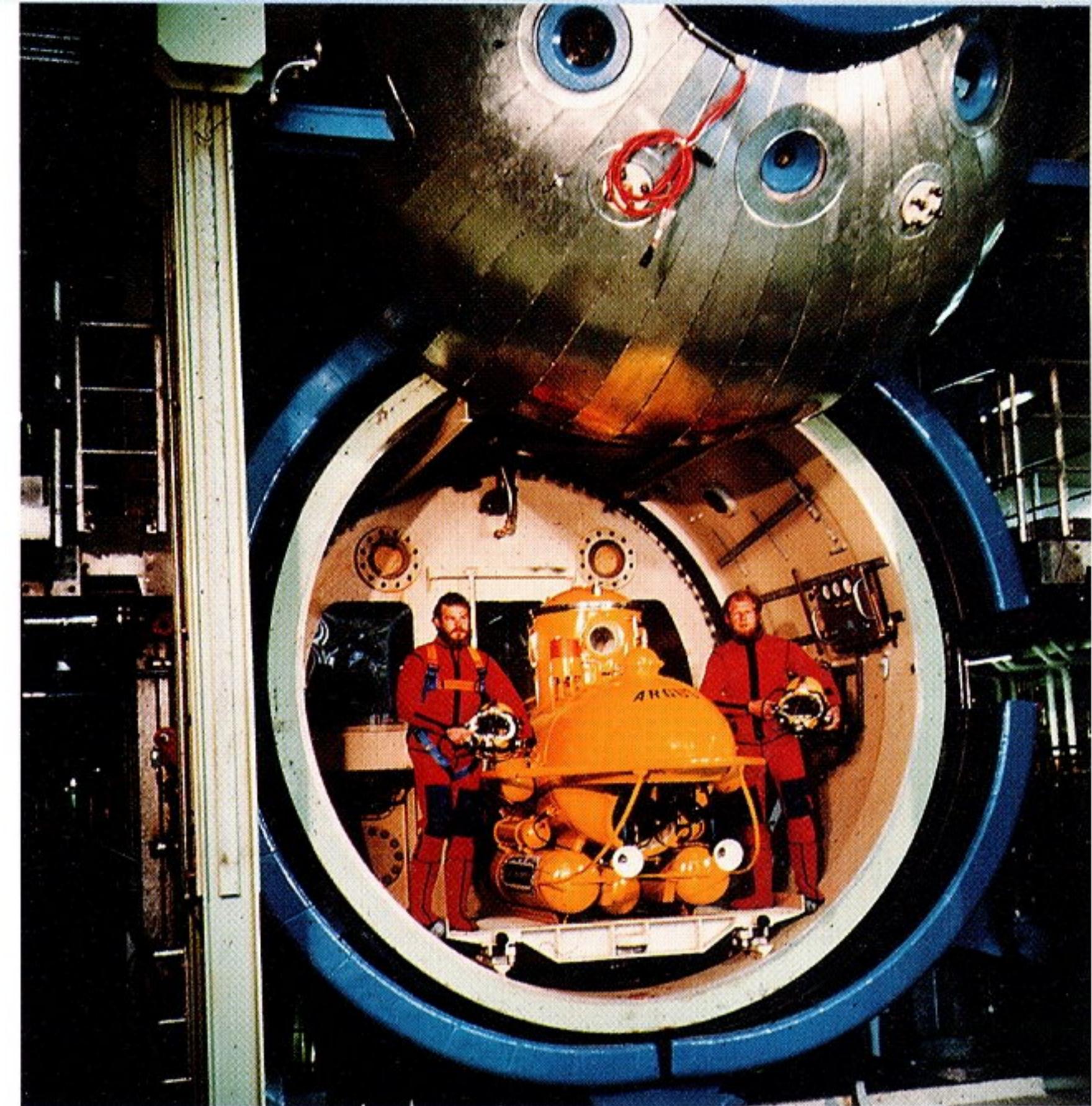
Was sind Unterwasserlaboratorien?

Wie helfen Satelliten dem Meeresforscher?



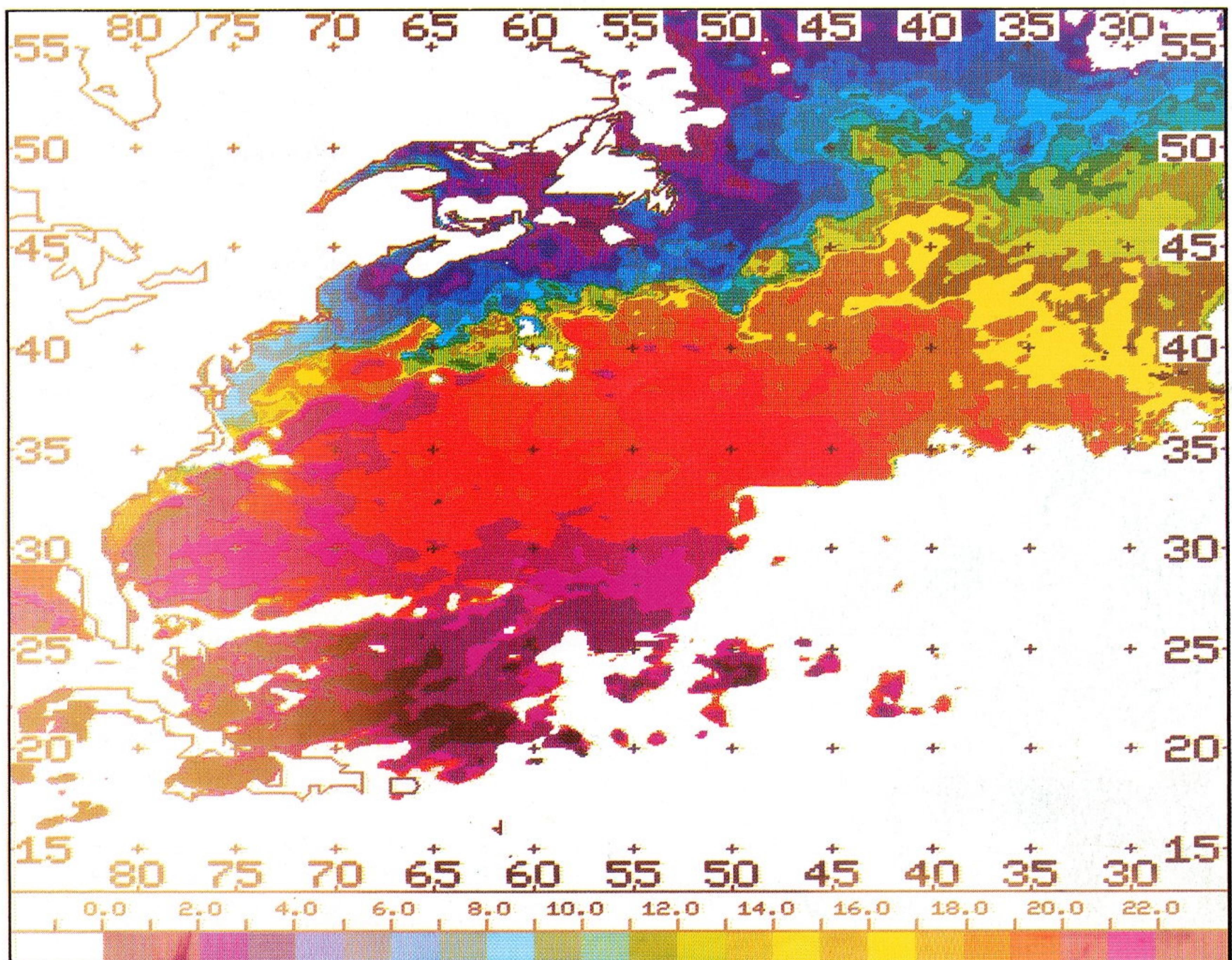
len festzustellen. Aus dem Farnton des fotografierten Wassers konnten Meeresbiologen ihre Erkenntnisse über die Lebewesen in unterschiedlichen Meeresgebieten erweitern. Erstmals wurden aus dem All mit Hilfe eines Radar-Höhenmessers auch Karten des Meeresbodenreliefs angefertigt. Eine noch größere Hilfe ist den Meeresforschern der 1991 gestartete westeuropäische Erdbeobachtungssatellit ERS 1. Er hat das Meer sogar trotz Wolken und Dunkelheit im „Blick“.

Bei der Gewinnung wichtiger Daten, wie Windgeschwindigkeit, Seegang, Wassertemperatur und Eisbedeckung, kann ein Satellit eine ganze Flotte von Forschungsschiffen ersetzen. Am aufschlußreichsten ist die Fernüberwachung der Meere jedoch, wenn man sie mit Schiffs- und Bojenmessungen kombiniert.



Die geöffnete Druckkammer der Unterwasser-Simulationsanlage in Geesthacht. Sogar Tauchboote können in ihr getestet werden.

Aus Satellitenmessungen entstandene Karte der Oberflächentemperatur des Nordatlantiks. Warme Wasserflächen erscheinen rot, kühle blau.



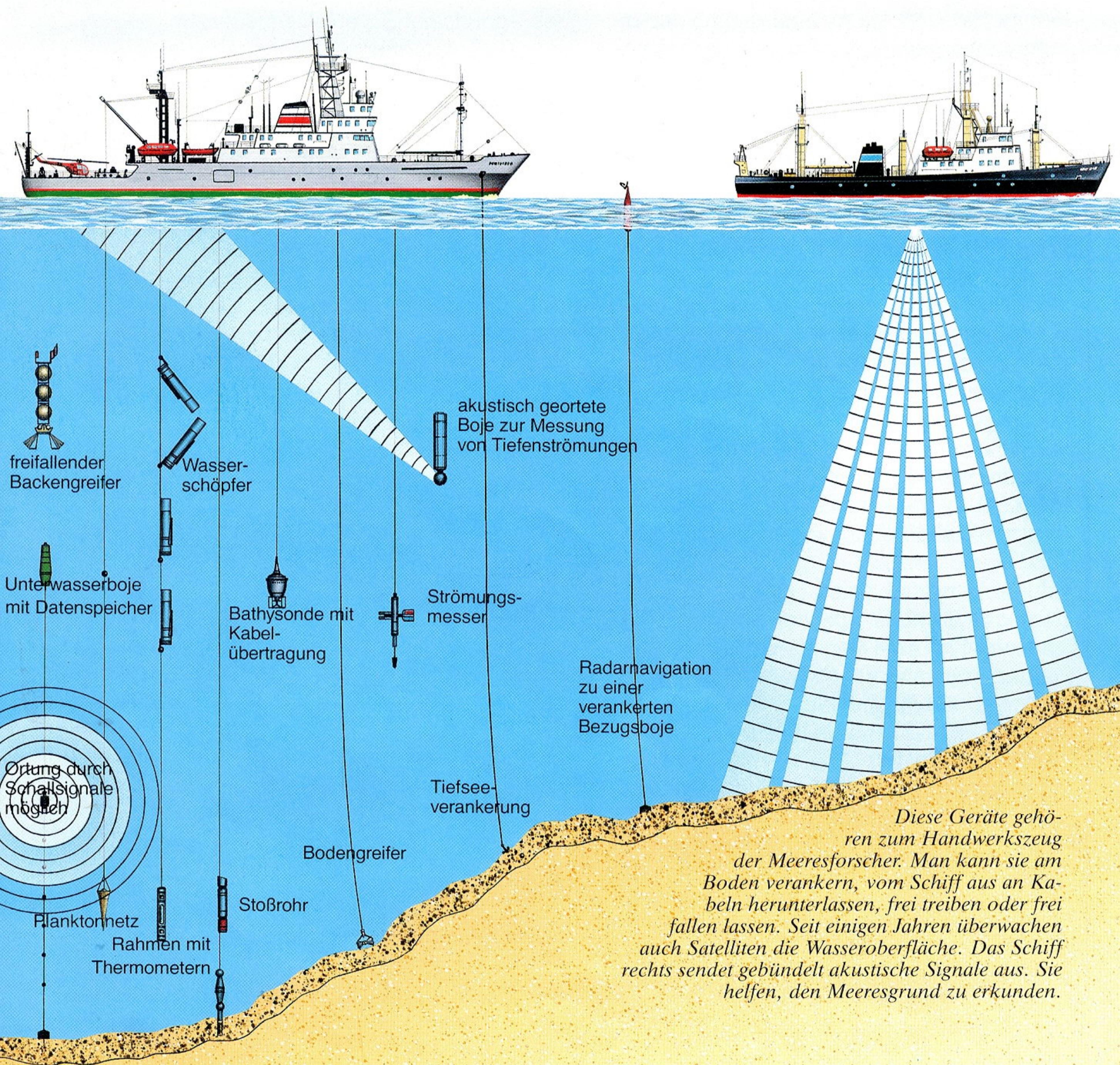
Der Meeresraum

Von den Landmassen der Erde werden die

Was unterscheidet Ozeane von Nebenmeeren?

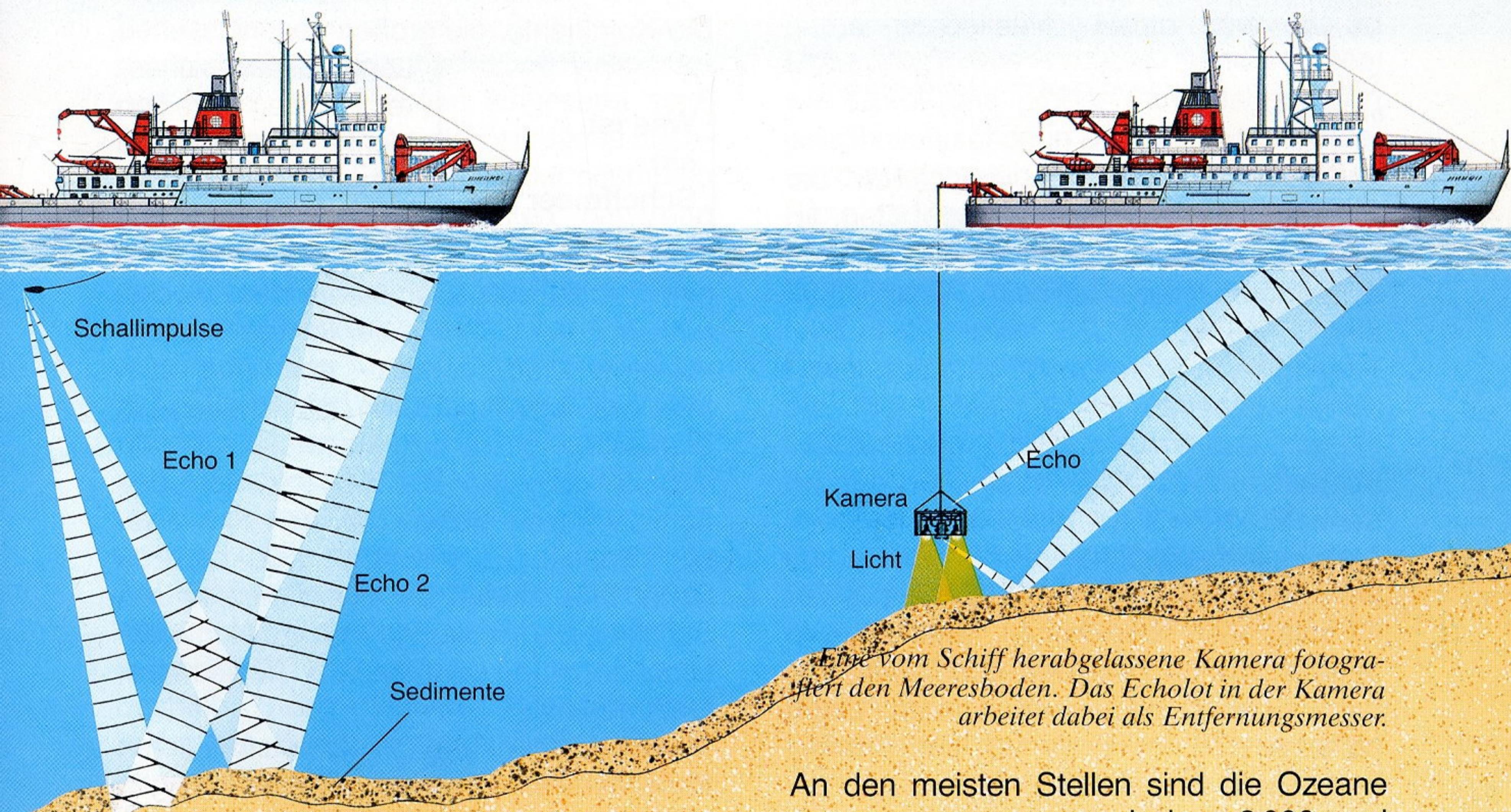
Wassermassen des Weltmeeres in drei große und einen kleineren Ozean gegliedert – in den Pazifischen, den Atlantischen, den Indischen und den Arktischen Ozean. Darüber hinaus betrachten man-

che Ozeanographen den Wassergürtel, zu dem sich die großen Ozeane im Süden der Erde vereinigen, als fünften Ozean. Es ist der Antarktische Ozean (s. S. 14). Größter der vier Ozeane ist der Pazifik oder Stille Ozean. Er dehnt sich zwischen Amerika, Asien, Australien und Antarktika aus und bedeckt etwa ein Drittel der Erdoberfläche. Zweitgrößtes Gewässer der Erde



ist der Atlantik, der sich zwischen den Westküsten Europas und Afrikas sowie der Ostküste Amerikas erstreckt. Etwas kleiner ist der Indik oder Indische Ozean. Er liegt zwischen Südostasien im Norden und Antarktika im Süden; im Westen reicht er bis an die Küsten Ostafrikas, im Osten bis an die Westaustralien. Zu zwei Dritteln von Eis bedeckt ist der Arktische Ozean. Er umschließt den Nordpol und berührt Europa, Asien und Nordamerika. Weil ihn breite und tiefe Wasserstraßen vor allem

mit den Ozeanen verbunden. Zu den bekanntesten Mittelmeeren in Europa gehören das Mittelmeer, auch Mittelländisches Meer genannt, und die Ostsee. Die meisten Nebenmeere sind jedoch Randmeere. Oft werden sie durch bogenförmige Inselketten vom offenen Ozean abgeschirmt. Auf dem Globus kann man zahlreiche typische Randmeere erkennen: das Beringmeer zwischen Alaska und Sibirien beispielsweise, das Karibische Meer oder die Nordsee.



Auch mit Druckluft wird der Meeresboden erforscht. Die unterschiedlichen Laufzeiten der Schallsignale geben die Dicke der Sedimente an.

mit dem Atlantik verbinden, wird er auch den Nebenmeeren dieses Ozeans zugezählt.

Als Nebenmeere bezeichnen Ozeanographen all jene Teile des Weltmeeres, die durch Inseln und Halbinseln vom offenen Ozean abgetrennt sind. Dabei unterscheidet man Mittelmeere und Randmeere. Mittelmeere sind durch enge Wasserstraßen

An den meisten Stellen sind die Ozeane zwischen 3 000 und 4 000 Meter tief. Aber im Meeresboden öffnen sich auch steil abfallende Schluchten und Spalten, die Tiefseegräben.

Den ersten Tiefseegraben mit einer Tiefe von 8 513 Metern entdeckten 1874 die Seeleute des amerikanischen Vermessungsschiffes „Tuscarora“ nordöstlich von Japan. Heute trägt dieser Meeresteil die Bezeichnung Kurilengraben. Am tiefsten

**Wie tief
ist das
Weltmeer?**



Die Unterteilung des Weltmeeres, wie sie von vielen Geographen und Ozeanographen vorgenommen wird. Größter der vier Ozeane ist der Pazifik oder Stille Ozean. Er bedeckt etwa ein Drittel der Erdoberfläche.

aber ist das Weltmeer südöstlich der Marianen im Pazifischen Ozean. Dort, im Marianengraben, stellten die Meßgeräte des sowjetischen Schiffes „Witjas“ 1957 eine Tiefe von 11 022 Metern fest. Zum Vergleich: die Nordsee ist durchschnittlich nur 94 Meter tief.

Früher bestimmte man die Meerestiefen mit dem Handlot. Das ist eine Schnur, an deren Ende sich ein Bleigewicht befindet. Läßt man das Lot ins Meer hinab, signalisiert das Nachlassen der Zugkraft, daß der Meeresboden erreicht ist. Seit einigen Jahrzehnten wird die Tiefe des Meeres mit dem Echolot gemessen. Dieses Gerät befindet sich im Bodenteil der meisten Schiffe und sendet Schallwellen zum Meeresgrund, die als Echo zurückgeworfen und von einem Empfänger aufgenommen werden. Um die Tiefe bestimmen zu können, muß man allerdings die Geschwindigkeit kennen, mit der sich Schall im Wasser ausbreitet. Echolate arbeiten mit vom Menschen nicht hörbarem Schall. Die sogenannten Ultraschallwellen (ultra = jenseits) pflanzen sich im Wasser mit einer Geschwindigkeit von 1 500 Metern in der Sekunde fort. Aus ihrer Laufzeit vom Schiff zum Meeresboden und zurück ermittelt das Echolot die Meerestiefe sehr genau.

Die Kontinente, die großen geschlossenen Landmassen unserer Erde, steigen nicht als schroffe Mauern aus den Tiefen der Ozeane auf. Sie werden von ei-

nem bis zu 200 Kilometer breiten Sockel gesäumt, der während der letzten Eiszeit – vor etwa 10 000 Jahren – noch über dem Meeresspiegel lag. Durch das Abtauen der Eismassen stieg der Meeresspiegel allmählich an, und die Außenkanten des Festlandes, die Schelfe, wurden vom Wasser bedeckt. Es entstanden 60 bis 200 Meter tiefe Meere, die Schelfmeere. Den Schelfmeeren schließen sich die Kontinenttalhänge und dann erst der Tiefseemeeresboden an.

In den flachen und oft lichtdurchfluteten Schelfmeeren entwickelt sich ein üppiges pflanzliches und tierliches Leben. Hier, wo die Algen riesige Unterwasserwiesen bilden, finden die Fische reichlich Nahrung; deshalb zählen die Schelfgebiete zu den wertvollsten Fischgründen.

Die bedeutendsten Schelfe der Erde erstrecken sich vor Neufundland, Sibirien, Nordwesteuropa, Westaustralien und den Sundainseln. Auch die Nordsee und die Ostsee sind reine Schelfmeere. Dagegen wird Afrika ebenso wie die Westseite Amerikas von keinen oder nur schmalen Schelfen gesäumt.

Was ist ein Schelfmeer?

In einer Tiefe von etwa 200 Metern fällt der

Wie sieht der Kontinental- abhang aus?

Kontinentalabhang, so nennt man diesen Rand der „Schüssel“ Ozean, senkt sich gewöhnlich 3 000 bis 4 000 Meter in die Tiefe. Dort, wo der Hang in die unmittelbare Nachbarschaft eines Tiefseegrabens hinabführt, erreicht er sogar eine Höhe von 10 000 Metern!

Seit langem wissen wir, daß in die Kontinentalhänge gigantische, oft viele hundert Meter tiefe Furchen eingekerbt sind. Ihr Gefälle erinnert an die Wildbäche unserer Gebirge. Die Entstehung der schmalen und gewundenen Schluchten hat man noch nicht restlos klären können. Einige der unterseeischen Cañons bilden offenbar die Fortsetzung großer Flüßäler, beispielsweise von Kongo, Hudson und Ganges. Die meisten anderen aber haben sich weitab von jeglichen Flußmündungen in den Abhang gegraben. Man vermutet, daß unterseeische Geröllawinen an ihrer Auschüpfung beteiligt waren.

Am Kontinentalabhang hat das Meer ganz andere Lebensformen als im Schelf hervorgebracht. Hier gibt es kein Licht und deshalb auch keinen Pflanzenwuchs mehr; die Böschungen sind die Lebensräume räuberischer und auch seltsamer Tiere (siehe: Wie haben sich die Tiefseetiere ihrem Lebensraum angepaßt?).

Schelf plötzlich steil bis zum Grund der Tiefsee ab. Erst hier beginnt der wirkliche Meeresboden. Der Schelf- oder Konti-

Einer der wasserreichsten Flüsse unseres

Woraus besteht der Meeres- boden?

Planeten ist der Hwangho in China. Wenn heftige Regenfälle seine Wassermassen anschwellen lassen, dann schwemmt er Tausende von Tonnen gelben Löß, eine lehmige Erdart, ins Meer. Hwangho bedeutet Gelber Fluß, und das Meer, das sich von seinen Lößströmen trübt, heißt Gelbes Meer.

Aber auch andere Flüsse und Ströme transportieren unablässig Schlamm, Sand und sogar Steine ins Meer – mehr als 20 Milliarden Tonnen im Jahr. Schwere Teile, wie Geröll und grober Sand, lagern sich gewöhnlich schon in den Mündungsgebieten der Flüsse ab. Den feinen und leichten Sand dagegen spült die Strömung weit ins Meer hinaus. Er setzt sich auf dem Grund des Schelfes ab. Die feinsten und leichtesten Teilchen aber schweben am längsten. Sie sinken mitunter erst in der Tiefsee, am Fuß des Kontinentalabhangs, zu Boden. Sedimente, so nennt man die Stoffe, die sich auf dem felsigen Meeresboden abgelagert (sedimentare = ablagern) haben, sind aber auch Wüstenstaub und Vulkanasche. Sie werden vom Wind auf das Meer hinausgeweht. Selbst Staubpartikelchen aus dem Weltraum und von Eisbergen

Schnitt durch einen Ozean. Die Erforschung der Meerestiefen hat viel Neues gebracht. Wir wissen nun, daß sich in der ewigen Nacht der Tiefsee eine gegliederte Landschaft aus Ebenen, Gebirgen, Vulkanen und gewaltigen Gräben befindet.

Kontinentalabhang

Guyots

Schelf

Sedimente

Tiefseebecken

Tiefseegraben

Schwelle

Insel

Vulkaninsel



Die Kreidefelsen von Rügen sind das Wahrzeichen der Ostseeinsel. Das weiße Gestein ist aus den Resten winziger Meerestiere entstanden.

mitgeführte Steine bedecken den Meeresboden.

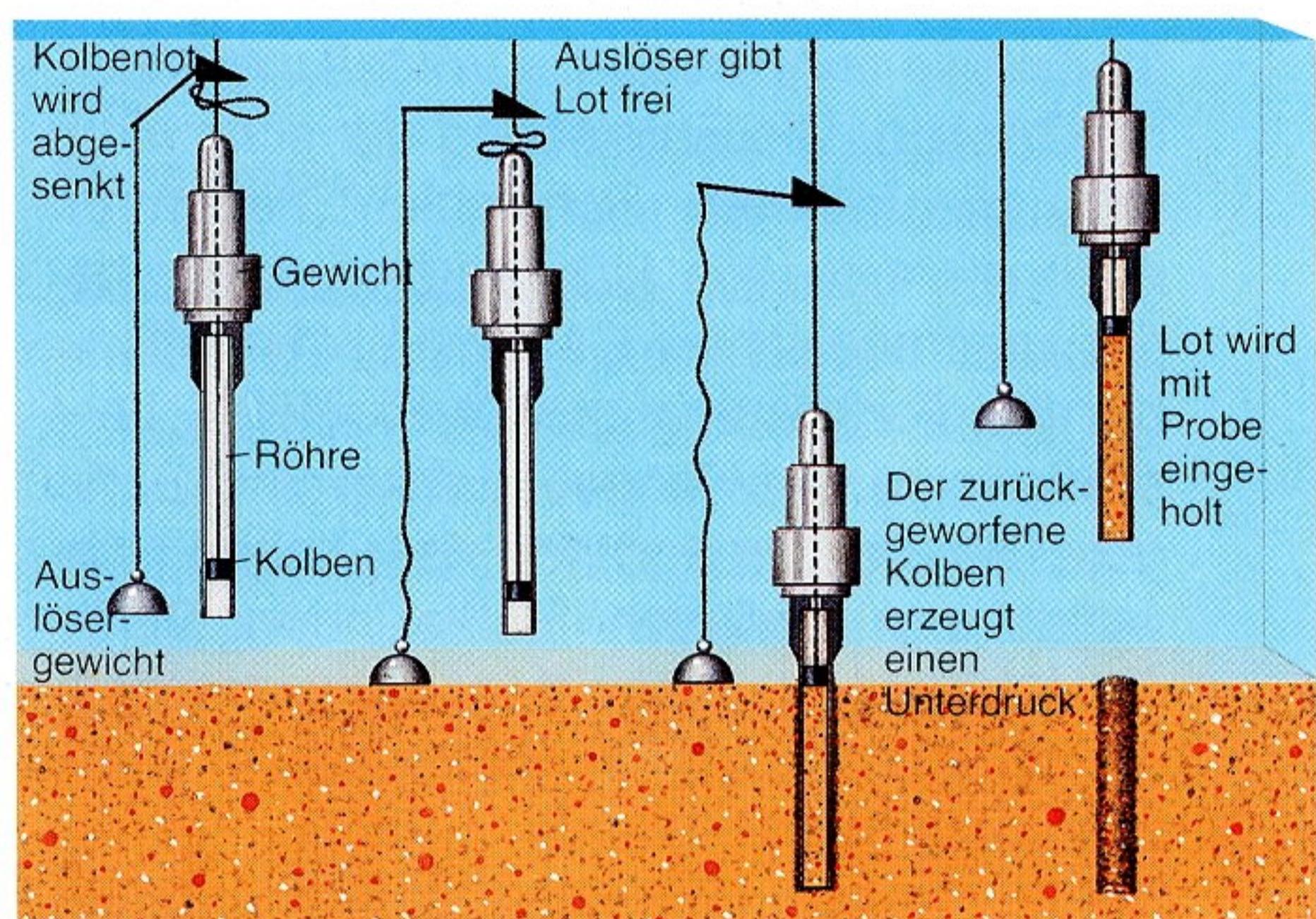
In tiefen Ozeanbecken allerdings besteht die Sedimentschicht vor allem aus den Überresten winziger, abgestorbener Lebewesen: Tag und Nacht sinken ihre Schalen und Skelette auf den Grund des Meeres. Manche von ihnen, die der größeren und schwereren Strahlentierchen beispielsweise, erreichen schon nach wenigen Tagen den Meeresboden. Andere, wie die zarten Kalkschalenreste, aus denen der Rote Tiefseeton besteht, benötigen dafür bis zu hundert Jahre.

Die pausenlos herabsinkenden Gehäuse ließen im Laufe der Zeit gewaltige Sedimentschichten anwachsen. Viele von ihnen sind Hunderte, manche auch Tausende von Metern dick. Sedimentablagerungen kann man sogar auf dem Festland bestaunen. Am auffälligsten sind sie an der Ostseeküste – die Kreidefelsen von Rügen. Das weiße, uns allen als Schulkreide bekannte Gestein ist vor Jahrtausenden, als große Teile der heutigen Landflächen vom Meer bedeckt waren, aus den Überresten mikroskopisch kleiner Kammerlinge (Foraminiferen) und aus zerriebenen Muschelschalen entstanden. Auch die Muschelkalkfelsen in Thüringen sind Ablagerungen von Meerestieren.

Zur Erforschung der Sedimente am Meeresboden senken die Geologen an einem Drahtseil das Sedimentrohr oder Kolbenlot in die Tiefe. Es

Wie kann man die Sedimente erforschen?

besteht aus einer langen Stahlröhre, dem Stechrohr, und großen Gewichten, die das Rohr tief in den Meeresboden stoßen. Gleichzeitig saugt ein Kolben Bodenproben an. Weil sich die Bodenschichten in ihrer ursprünglichen Aufeinanderfolge als Bohrkern im Rohr „stapeln“, können die Forscher feststellen, wann und in welchem Zeitraum die einzelnen Sedimentschichten entstanden sind.



Gewichte stoßen das Kolbenlot tief in den Meeresboden; es entnimmt ihm lange Sedimentkerne.

Manche Stechrohre werden auch durch das Zünden einer kleinen Pulverladung in den Boden gerammt, andere rüttelt ein Vibrator in den Meeresgrund. Solche Kolbenlote liefern bis zu 30 Meter lange Bohrkerne.

Sedimentproben aus größeren Tiefen lassen sich nur durch Bohrungen gewinnen. Moderne Bohrschiffe werden von computergesteuerten Schiffsschrauben senkrecht über dem Bohrloch gehalten. Sie können noch bei 6000 Meter Wassertiefe arbeiten und Bohrkerne aus 2000 Meter Tiefe unter dem Meeresboden holen.

Noch vor gar nicht langer Zeit nahmen die

Gibt es im Meer Berge und Täler?

Forscher an, der Tiefseeboden sei eben wie ein Tisch. Die Ablagerungen, so glaubten sie, müßten ihn im Laufe

der Jahrtausende eingeebnet haben. Durch Echolotungen wissen wir aber, daß die Unterwasserlandschaft nicht nur aus Ebenen und Hügeln, sondern auch aus Bergen, Tälern, Schluchten und sogar Gebirgszügen besteht.

Im mittleren Teil des Atlantiks zum Beispiel erhebt sich ein mächtiger Gebirgsrücken, der den Ozean in zwei Hälften teilt, der Mittelatlantische Rücken. Diese unterseeische, in ewige Finsternis getauchte Kette von Felsen, spitzen Graten und tiefen Schluchten erstreckt sich von Süden nach Norden über nahezu 18 000 Kilometer. Ihr höchster Gipfel ragt fast 9 000 Meter vom Meeresgrund auf, 2 345 Meter davon befinden sich über dem Meeresspiegel. Es ist die Azoreninsel Pico Alto. Auch die meisten anderen Inseln der Meere und Ozeane sind die Spitzen unterseeischer Gebirge.

Der Mittelatlantische Rücken setzt sich unter dem Indik und Südostpazifik bis zum Golf von Kalifornien fort. Die ozeanischen Rücken sind 500, mitunter sogar 1 000 Kilometer breit und durchschnittlich 3 000 Meter hoch. Ihre Gesamtlänge beträgt mehr als 60 000 Kilometer.

Den Kamm eines jeden ozeanischen Rückens durchziehen etwa 30 Kilometer breite und 2 Kilometer tiefe Risse, die Rifttäler. An diesen Stellen drücken gewaltige Kräfte den Ozeanboden langsam auseinander.

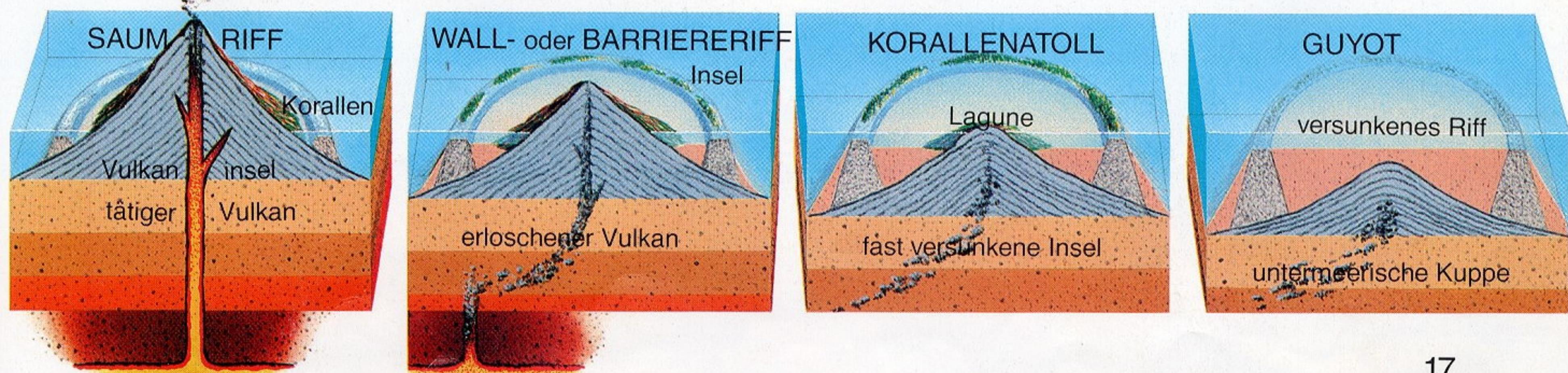


Der Vulkan Alto de Pico ist der höchste Gipfel der Azoreninseln. Er ragt fast 9 000 Meter vom Meeresgrund auf.

Tauchbootbesatzungen haben in den siebziger Jahren unseres Jahrhunderts in einigen Rifttälern offene Spalten und riesige Kissen aus frischer erstarrter Lava entdeckt. Seitdem wissen wir, daß hier das tief aus der Erde quellende Gestein neuen Meeresboden bildet.

Auch Einzelberge kommen in den Ozeanen vor. Sie steigen steil aus den Ebenen der Tiefsee auf. Viele ihrer flachen Gipfel scheinen wie mit dem Messer abgeschnitten. Bei diesen Unterwasserbergen, die nach dem Schweizer Naturforscher Arnold Guyot als Guyots bezeichnet werden, handelt es sich um längst erloschene Vulkane. Vermutlich ragten sie einst über den Meeresspiegel hinaus. Im Laufe der Jahrtausende flachte die Brandung ihre Gipfel ab.

So entsteht ein Guyot: Korallen besiedeln die Ufer einer Vulkaninsel und bauen ein Saumriff aus Kalk auf. Während die Insel durch das Gewicht der Korallentiere absinkt, wachsen die Kalkbauten weiter. Sie bilden ein Wallriff, später ein Atoll mit Lagune. Zuletzt versinkt auch das Riff.



Später sanken sie mit dem Meeresboden in die Tiefe. Guyots sind vor allem aus dem Pazifik bekannt. Es gibt sie aber auch in anderen Ozeanen.

Weitab von allen unterseeischen Gebirgen, am Rande der Kontinente, haben sich in 3000 oder 4000 Meter Tiefe V-förmige Rinnen in den Meeresboden gesenkt, die Tiefseegräben. Oft sind sie über 1000 Kilometer lang und bis zu 60 Kilometer

breit und so tief, daß beispielsweise die 2963 Meter hohe Zugspitze der Bayerischen Alpen in ihnen verschwinden würde. Die meisten Tiefseegräben, mehr als zwanzig, liegen im Pazifik, nur drei im Atlantik und lediglich einer im Indik. Viele von ihnen erreichen Tiefen zwischen 8000 und 11000 Metern. Die Tiefseegräben sind durch großräumige Bewegungen der Erdkruste entstanden.

Korallenriffe – Entstehung siehe Seite 17 – sind die artenreichsten Lebensgemeinschaften der Meere.
Blumenkohlqualle (1), Papageifisch (2), Schmetterlingsfisch (3), Blauhai (4), Bohrmuschel (5), Roter Zackenbarsch (6), Kalmar (7), Soldatenfisch (8), Doktorfisch (9), Zehnfüßiger Krebs (10), Korallen (11), Meeresnacktschnecke (12), Seeigel (13), Rochen (14), Gauklerfisch (15), Mördermuschel (16), Seeanemone (17), Geweihkoralle (18), Korallen (19), Engelbarsch (20), Muräne (21), Jungfern fisch (22), Hirnkoralle (23), Seestern (24), Rasenkoralle (25), Meersenf (26), Seedahlie (27).

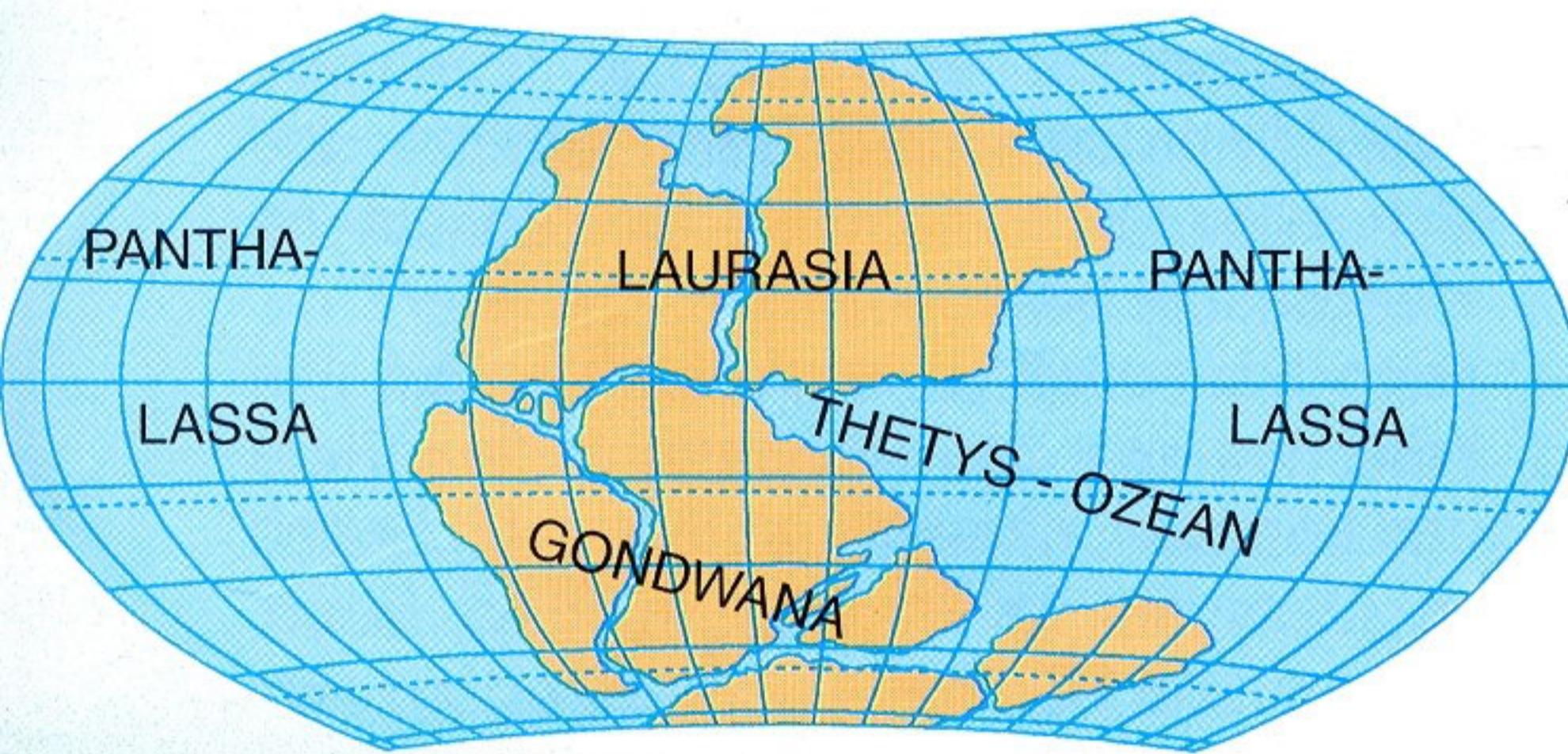


Das Meerwasser

Vor 4 oder 5 Milliarden Jahren war unser

Woher kam das Wasser der Erde?

Planet noch ein rotglühender Ball aus flüssigem Gestein. Während er sich allmählich abkühlte, stieg heißer Wasserdampf auf und bildete eine dichte Wolken schicht. Nach Jahrmillionen, als die riesige Feuerkugel viel Wärme verloren hatte, erstarrte ihre Oberfläche langsam zu einer steinernen Kruste. Dies geschah jedoch so ungleichmäßig, daß die bereits festen und dichten Gesteinsschichten in die noch flüssigen einsanken. Ausgedehnte Vertiefungen bildeten sich – die späteren Tiefseebecken.



So sah die Erde vor 200 Millionen Jahren aus. Panthalassa, ein gewaltiger Ozean, umgab den Superkontinent Pangäa. Zwischen den nördlichen Teil dieses Kontinents, Laurasia, und den südlichen, Gondwana, schob sich der Thetys-Ozean.

Als sich die Erde weiter abgekühlt hatte, fielen aus der dichten Wolkenschicht die ersten Wassertropfen. Von nun an regnete es Tage, Wochen, Monate, Jahre, Jahrhunderte, Jahrtausende – ununterbrochen. Während das Wasser anfangs auf den heißen Gesteinen verzischte und als Dampf wieder aufstieg, sammelte es sich später, als die Temperatur auf der Erde weiter gefallen war, in den riesigen Tiefseebecken. Das Weltmeer ist wahrscheinlich aus den Wolken geregnet.

Planet noch ein rotglühender Ball aus flüssigem Gestein. Während er sich allmählich abkühlte, stieg heißer Wasserdampf auf und bildete eine dichte Wolken schicht. Nach Jahrmillionen, als die riesige Feuerkugel viel Wärme verloren hatte, erstarrte ihre Oberfläche langsam zu einer steinernen Kruste. Dies geschah jedoch so ungleichmäßig, daß die bereits festen und dichten Gesteinsschichten in die noch flüssigen einsanken. Ausgedehnte Vertiefungen bildeten sich – die späteren Tiefseebecken.

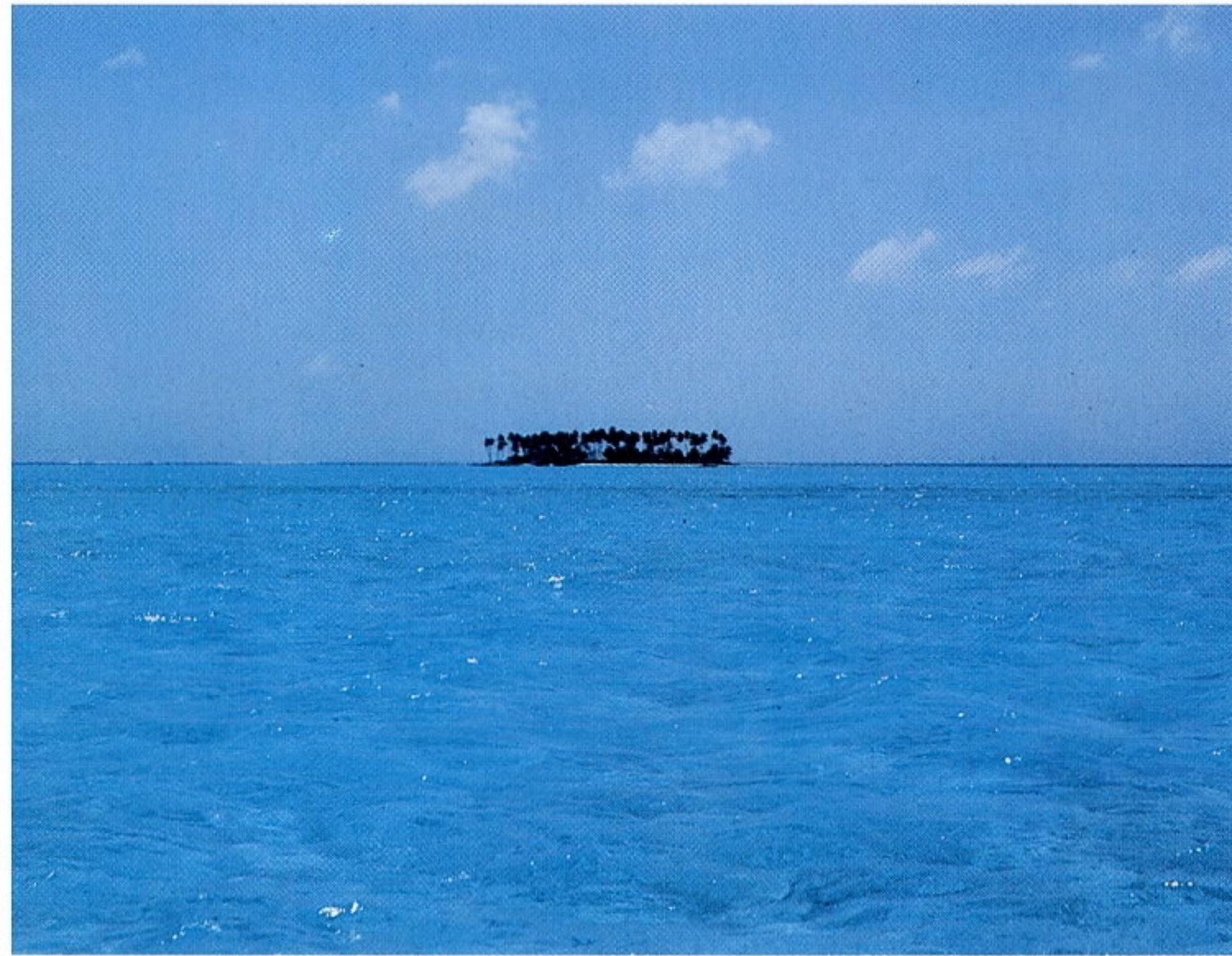


Wasser ist nicht immer flüssig, sondern fest. Alle Eisberge in den Meeren und die Gletscher der Gebirge sind gefrorenes Wasser.

Als der Jahrtausende währende Regen die Erde in einen Wasserplaneten verwandelte, füllte er nicht nur die Becken und Senken zu Ozeanen. Seine Wassermassen lösten auch ungeheure Mengen von Salzen aus dem Gestein der Erdkruste. Sturzbäche und Ströme spülten sie ins Meer. Da aus dem Weltmeer jährlich eine Wasserschicht von über einem Meter Dicke zu Wolken verdampft, das Salz jedoch zurückbleibt, speicherten die Ozeane im Laufe der Zeit 48 000 000 Milliarden (48 Billionen) Tonnen Salz! Anders gesagt: Jeder Liter Ozeanwasser enthält 3,5 Prozent Salz; das sind 35 Gramm oder 3 Eßlöffel voll.

Sehr unterschiedlich dagegen ist der Salzgehalt des Wassers der Nebenmeere. Am höchsten ist er dort, wo die Meere von Wüsten umgeben sind und infolge der hohen Temperatur ständig große Mengen

Warum ist Meerwasser salzig?



Wasser verdunsten. Einen besonders hohen Salzgehalt hat daher das Wasser des Toten Meeres. Er beträgt mehr als 20 Prozent. In kalten Nebenmeeren, denen Flüsse darüber hinaus noch reichlich Süßwasser zuführen, liegt der Salzgehalt sehr viel niedriger. Im Finnischen Meerbusen der Ostsee enthält das Wasser nur noch wenig über 0,02 Prozent Salz. Man kann es kaum noch schmecken.

Bis heute konnten die Chemiker im Meer-

Welche Elemente kommen im Meerwasser häufig vor?

Salze sind Natriumchlorid, unser gewöhnliches Kochsalz. Aber auch Verbindungen von Magnesium, Schwefel, Kalzium und Kalium finden sich reichlich im Meerwasser. Zusammen mit Natriumchlorid machen sie 99 Prozent des Meersalzes aus.

Auch Aluminium, Jod, Kupfer, Zink, Blei, Zinn, Uran, Quecksilber, Radium und Gold kommen im Meerwasser vor. Die meisten dieser Elemente sind aber nur in Konzentrationen von weniger als einem Milligramm je Liter Wasser enthalten. Dennoch

wasser über 70 von den bislang 107 bekannten chemischen Elementen nachweisen. Etwa drei Viertel der in ihm gelösten

Klares, nährstoffarmes Oberflächenwasser der tropischen Meere erscheint blau. Die grüne Farbe des Wassers ist dagegen ein Zeichen für hohen Nährstoffgehalt.

beträgt ihre Gesamtmenge im Weltmeer viele Milliarden Tonnen. Man schätzt, daß sich allein 6 Millionen Tonnen Gold im Meerwasser befinden!

Auch Sauerstoff ist im Wasser gelöst. Ihn brauchen die hier vorkommenden Tiere und Pflanzen, ohne ihn gäbe es kein Leben im Meer; es fehlte aber auch in Seen, Teichen und Flüssen.

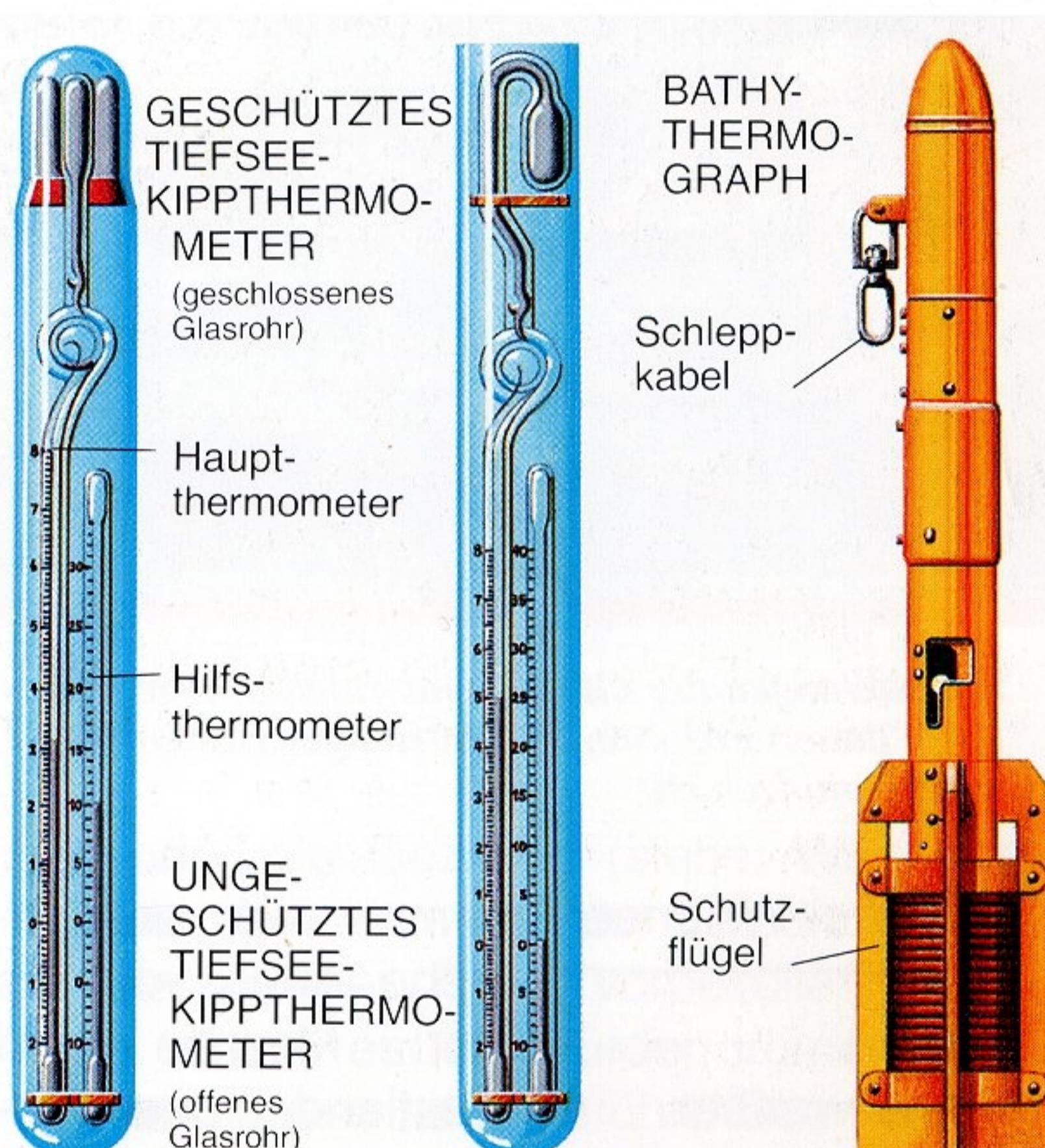
Wasser ist farblos. Warum erscheinen uns dann aber manche Meere blau, andere wieder grün, gelblich oder auch grau? Zum einen beeinflußt die Widerspiegelung

des Himmels das Aussehen der Wasseroberfläche: Ein blauer Himmel „färbt“ auch das Meer blau. Die Hauptursache aber ist eine andere: Meerwasser hat die Eigenschaft, eindringendes Sonnenlicht zu „verschlucken“ und in Wärme umzuwandeln. Wie wir wissen, setzt sich Sonnenlicht aus den Farben des Regenbogens zusammen. Jede dieser Farben hat eine eigene Wellenlänge. Nun dringt Licht verschiede-

ner Wellenlänge unterschiedlich tief in das Wasser ein, am geringsten der rote und am tiefsten der blaue Farbanteil des Sonnenlichts. Weil beispielsweise schon in 10 Meter Tiefe der rote Anteil des Lichtes nicht mehr vorhanden ist, erscheint einem Taucher ein roter Fisch nicht mehr rot, sondern bräunlich.

Je klarer das Wasser ist, desto tiefer können die Sonnenstrahlen eindringen. Man hat herausgefunden, daß ein kleiner Teil dieses Lichts von feinsten Schwebeteilchen (meist winzigen Tieren und Algen) reflektiert, das heißt an die Wasseroberfläche zurückgeworfen wird. Sind die oberen Wasserschichten arm an solchen Schwebeteilchen, wird nur noch das blaue Licht in größerer Tiefe mit weniger klarem Wasser reflektiert. Das Meer erscheint daher blau. Dort, wo das Blau des Meeres am kräftigsten leuchtet, ist das Wasser also sehr klar. Hier sind die Reste toter Pflanzen und Tiere in die Tiefe abgesunken. In solchen Meeresgebieten herrscht Nährstoffarmut im Oberflächenwasser. Deshalb bezeichnet man sie auch als Wüsten der Ozeane. Das gilt besonders für die „blauen“ tropischen Meere, deren immer warmes und daher auch leichteres Oberflächenwasser das ganze Jahr hindurch auf dem kälteren, schweren Wasser der Tiefe „schwimmt“. Eine Durchmischung kommt hier nicht zustande, die einmal auf den Meeresgrund abgesunkenen Nährstoffe bleiben daher für Lebewesen unerreichbar. Dort aber, wo Meeresströmungen oder jahreszeitliche Temperaturänderungen das Wasser umwälzen und Nährstoffe aus den tieferen Stockwerken der Ozeane an die Oberfläche spülen, entwickelt sich das Leben viel reicher. Hier gedeiht das Plankton (siehe: Welche Lebensformen gibt es im Meer?), die Nahrungsgrundlage aller Meerestiere, so üppig, daß es das Wasser grün, gelblich oder bräunlich färbt. Solche Meeresgebiete locken mit ihrem überreichen Nahrungsangebot viele Fische an, aber auch die Fischfangflotten.

Das wärmste Wasser wird an der Oberfläche des Meeres gemessen. Nahe dem Äquator beträgt seine Temperatur während des ganzen Jahres etwa 25 Grad Celsius. Unter dieser von der Sonne gut erwärmten Wasserschicht liegt eine Zwischenschicht, die Temperatursprungschicht. In ihr fällt die Temperatur des Wassers mit zunehmender Tiefe stark ab.



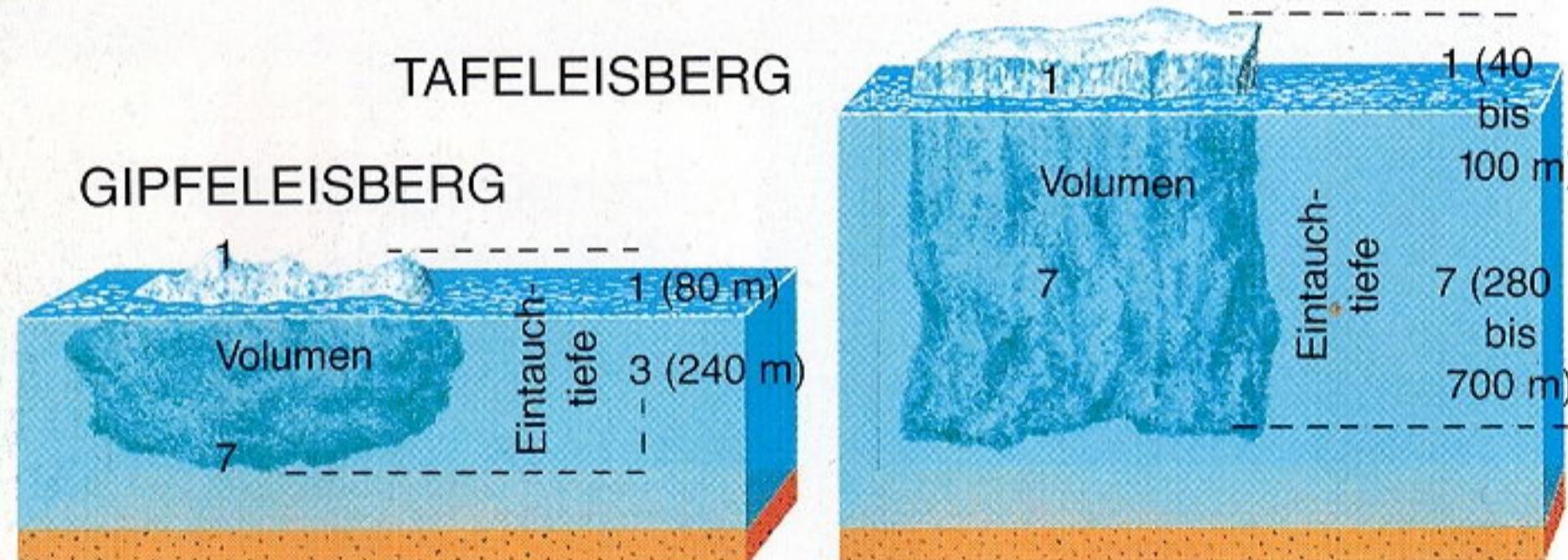
Das Kippthermometer mißt die Tiefentemperatur. Dann wird es „umgekippt“, wobei sein Quecksilberfaden abreißt und die gemessene Temperatur festhält. Der Bathythermograph dagegen zeichnet die Temperaturveränderungen auf.

Unter der Sprungschicht, in 300 bis 800 Meter Tiefe, zeigt das Thermometer nur noch etwa 4 Grad Celsius an. Lediglich 1 bis 2 Grad kälter ist das Wasser am Meeresgrund. Ähnliche Temperaturabstufungen, nur mit weniger warmem Oberflächenwasser, gibt es auch in den subtropischen und gemäßigten Regionen der Erde.

Da kaltes Wasser dichter und damit schwerer als warmes ist, schwimmt die warme Wasserschicht stets auf der kalten.

Deshalb können warme Oberflächenströmungen nie in kaltes Tiefenwasser eindringen. In den polaren Gebieten dagegen ist das Wasser weniger geschichtet. Dort kühlen die von den Gletschern kommenden Winde das Oberflächenwasser stark ab. Das kalte Wasser fließt den Kontinentalabhang hinunter und gelangt durch Strömungen in die südlichen Ozeanbecken. Auf diese Weise wird das Weltmeer ständig mit neuem Kaltwasser versorgt.

Die durchschnittliche Wassertemperatur der Meere und Ozeane beträgt 3,8 Grad Celsius.



Eintauchtiefen der Gipfel- und Tafeleisberge. Meist dauert es Jahre, bis ein riesiger Eisberg abgeschmolzen ist.

Auf dem Weltmeer kommen zwei verschiedene Arten von Eis vor: Meereis und Festland- oder Inlandeis. Meereis bildet sich, wenn das salzhaltige Wasser

Kann Meerwasser zu Eis gefrieren?

des Meeres gefriert. Das geschieht aber erst bei einer Wassertemperatur von minus 1,9 Grad Celsius (Süßwasser



Wind und Wellen verdichten Eisbrei aus Meerwasser allmählich zu „Pfannkuchen“-Schollen.

gefriert bei einer Wassertemperatur von 0 Grad Celsius zu Eis). Bei bewegter See entsteht zunächst ein lockerer Eisbrei, der sich schnell zu flachen Scheiben, dem Pfannkuchen- oder Tellereis, verdichtet. Die „Eispfannkuchen“ backen schließlich zu festen, im Meer treibenden Schollen zusammen. Heftiger Wind oder starke Strömungen turmen solche Treibeisfelder zu Packeis auf. Packeiswälle können an den Küsten des Nordpolarmeeres bis zu 20 Meter hoch werden.

Noch größer werden die Eisberge. Sie sind zu Eis gewordenes Süßwasser des Festlandes von Grönland und Antarktika. Die meisten arktischen Eisberge, über fünftausend im Jahr, entstehen an der grönländischen Westküste. Es sind Abbruchstücke mächtiger Gletscherströme. Wegen ihrer bizarre Form heißen sie Gipfeleisberge. Auf den antarktischen Gewässern ist das Eis dagegen flach wie eine Tafel. Hier wachsen die Eisberge aus der Dauereisdecke des Kontinents Antarktika. An der Küste gleiten sie langsam aufs Meer hinaus und brechen als riesige Eistafeln ab. Es sind die Tafeleisberge. Seit 1986 treibt solch ein Tafeleisberg von der Größe der Insel Zypern im Süd pazifik. Der fast 70 Meter aus dem Wasser ragende Riese ist vom Filchner-Schelfeis im Weddellmeer abgebrochen.

Großartige Anblicke bieten die riesigen Tafeleisberge der Antarktis.

Das ruhelose Meer

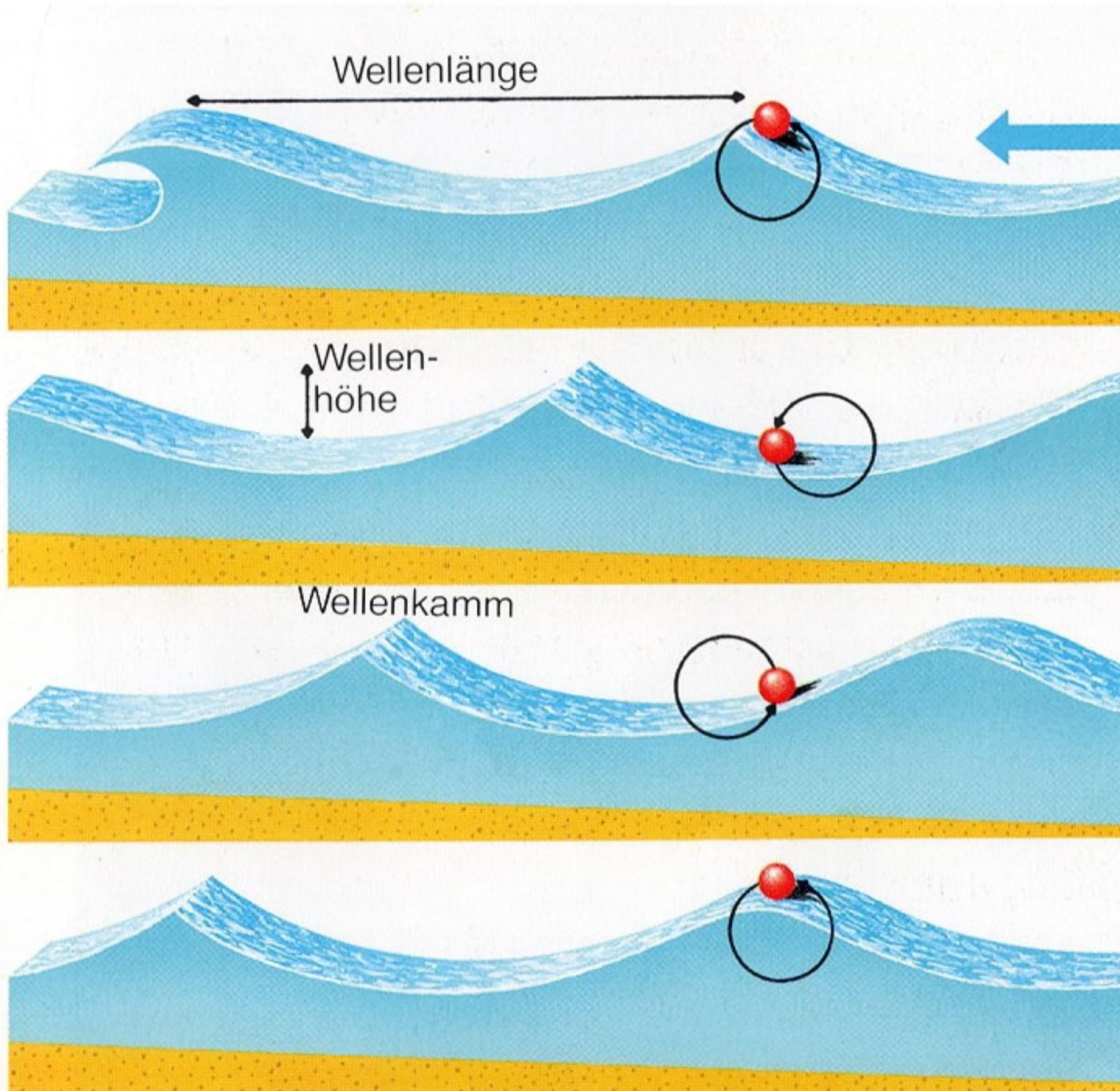
Nur selten erscheint uns das Meer ruhig

Wie entstehen Wellen?

und glatt. Fast immer wiegt sich seine Oberfläche im Rhythmus der Wellen. „Katzenpfötchen“ nennt der Seemann die kleinsten, die leise aufkommender Wind in die spiegelglatte See drückt. „Kaventsmänner“ (Prachtkerle) sagt er respektvoll zu den größten, die starke Stürme zu mächtigen Wasserbergen auftürmen.

Wellen werden meist vom Wind erzeugt. Je größer die Freifläche des Meeres ist und je weniger Hindernisse den Wind bremsen, desto gewaltigere Wellen können entstehen. Aber es gibt auch Wellenbewegungen, die andere „Motoren“ als den Wind haben. Sie entstehen durch unterseeische Vulkanausbrüche, starke Erdbe-

Die Wasserteilchen einer Welle bewegen sich stets im Kreis. Jeder Gegenstand im Wasser, auch dieser Ball, macht die Kreisbewegung mit. Wenn die Welle vorüber ist, befindet sich der Ball fast immer noch dort, wo er vorher war.



Wenn sich die Wellen des Pazifiks tosend an den Südseeinseln brechen, entstehen gewaltige Wasserwände. Hier ist das Paradies der Wellenreiter.

ben oder die Gezeiten (siehe: Was sind Gezeiten?). Wenn man auf See die Wellen in unablässiger Folge vorbeirollen sieht, dann scheint es, als würden immer neue Wassermassen herangeführt. Doch dieser Eindruck täuscht. Schon Leonardo da Vinci (1452 bis 1519) – er war der genialste Künstler, Naturwissenschaftler und -beobachter seiner Zeit – hat die Meereswelle mit einem vom Winde gekämmten Kornfeld verglichen: „Während die Wellenbewegung über das gesamte Feld eilt, bleiben die Halme an ihrem ursprünglichen Ort stehen“, formulierte er. Zu einer ähnlichen Erkenntnis gelangt, wer einen auf den Meereswellen treibenden Ball beobachtet: Der Ball tanzt zwar auf und ab, wenn die Wellen unter ihm hindurchlaufen, wandert dabei aber kaum vom Fleck. In Wirklichkeit bleibt das Wasser also auf der gleichen Stelle, und nur die Welle selbst pflanzt sich über die Meeresoberfläche fort. Während der Wind die Welle ähnlich einem Segel-

schiff vorantreibt, bewegen sich ihre Wasserteilchen lediglich im Kreis. Mit zunehmender Wassertiefe werden die Kreise rasch kleiner, bis sie schließlich in größerer Tiefe ganz verschwinden; dort hört die Wellenbewegung auf. Winderzeugte Wellen haben die unterschiedlichsten Formen und Größen. Jede aber besteht aus einem Wellenberg mit einem Wellenkamm und dem darauffolgenden Wellental (siehe auch Illustration Seite 23).

Die Höhe der Wellen wird auch von Seeleuten häufig überschätzt. Sie ist abhängig von der Stärke, der Dauer und der Anlauflänge des Windes. Während die meisten Wellen 4 Meter Höhe nicht überschreiten, können in den orkanreichen Regionen zwischen Neuseeland, Kap Hoorn und Antarktika 25 Meter hohe Wellen auftreten. Aber auch in der mittleren Nordsee wurden schon Wellenhöhen von über 15 Metern gemessen.

Läßt der Sturm nach, dann glättet sich das aufgewühlte Meer noch lange nicht. Die kurzen und steilen Wellen gehen nun in eine lange, sanfte Dünung über. Dünungswellen können tage-, mitunter sogar wochenlang nach dem Aufhören eines Sturmes fortbestehen und weit aus ihrem Ursprungsgebiet herauswandern. Daher wirken sie um so überraschender auf den Beobachter, je tiefer sie in windarme, ruhige Meereszonen vordringen.

Dünungswellen sind 250 bis 900 Meter lang. Sie können Geschwindigkeiten von 70 bis 135 Kilometer pro Stunde erreichen und riesige Entferungen überwinden, ohne spürbar nachzulassen.

Mit ungeheurer Kraft donnert die Brandung an den Leuchtturm von Le Four vor der französischen Atlantikküste.



**Was
versteht
man unter
Dünung?**

Gelangen Wellen in flaches Wasser, werden sie vom Meeresboden gebremst. Die einzelnen Wasser teilchen können ihre Kreisbahn nun nicht mehr vollenden; die

Was ist eine Brandung?

Welle wird kürzer, dabei aber steiler und höher. Schließlich bricht sie vornüber und zerschellt auf dem Strand.

Das Überbrechen oder Branden der Wellen gehört zu den eindrucksvollsten Erscheinungen an den Meeresküsten. Die in langen Zügen heranrollenden, sich steil aufbäumenden und donnernd überschlagenden Wogen lassen auch eine Ahnung von ihrer ungeheuren Kraft aufkommen. Besonders gewaltige Brandungswellen entstehen dort, wo Dünung aus großen Sturmzentren auf die Küste trifft.

An der marokkanischen Atlantikküste oder vor den Inseln des Pazifiks sind Brandungshöhen von 3 bis 6 Metern alltäglich. Bei Sturm peitschen sogar bis zu 11 Meter hohe Wellen gegen die Küste.

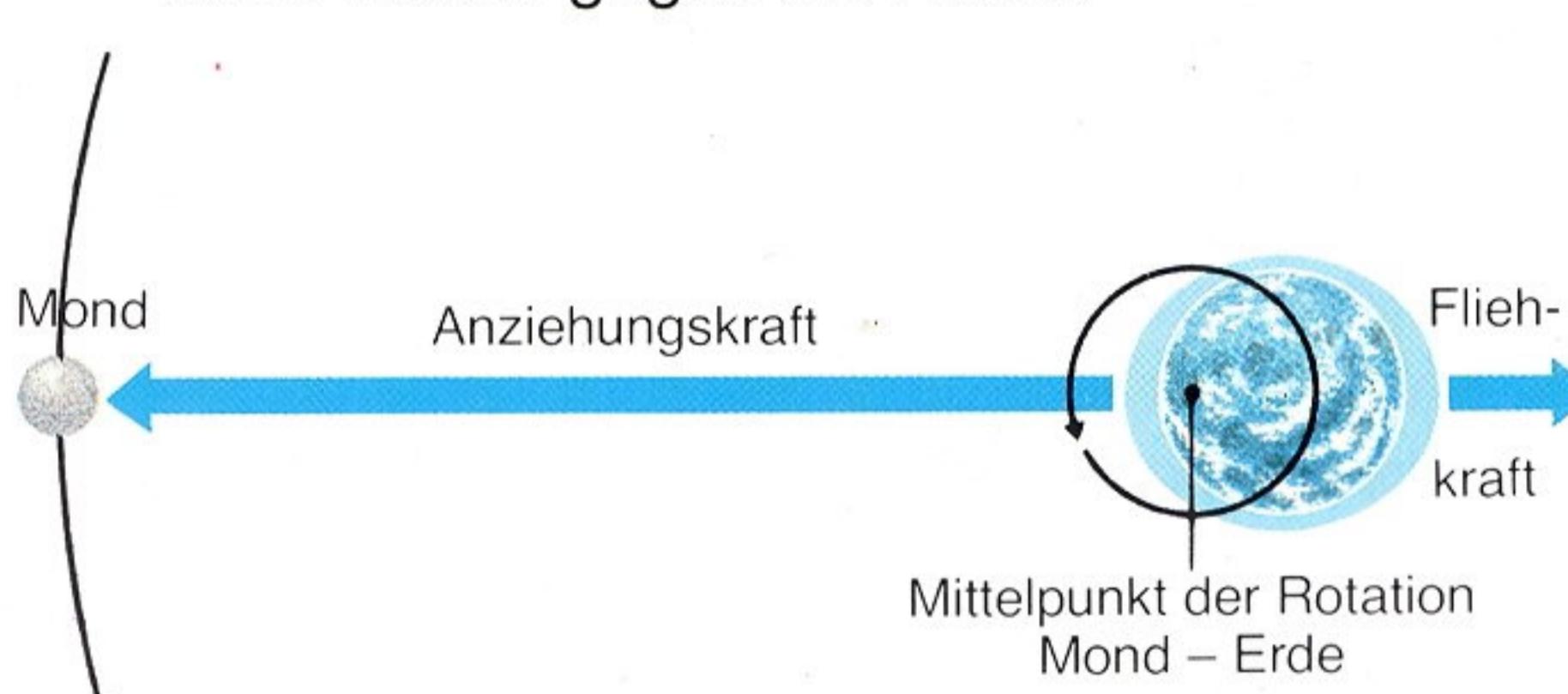


Ebbe an der Helgoländer Westküste. Braunalgen tauchen aus dem ablaufenden Wasser auf – das Watt entsteht.

Meeresspiegel, zweimal fällt er. Das steigende Wasser heißt Flut, das fallende Ebbe; den höchsten Wasserstand nennt man Hochwasser, den niedrigsten Niedrigwasser. Wo die Küste flach ist, wird der Strand während der Flut überschwemmt. Tritt das Meer bei Ebbe wieder zurück, gibt es einen breiten Streifen Kies, Sand oder Schlamm frei, das Watt.

Der Pulsschlag des Meeres, so bezeichnet man die Gezeiten von alters her, wird durch die Anziehungskraft von Mond und Sonne sowie durch die Erddrehung ausgelöst. Die Anziehungskraft des Mondes hebt das Ozeanwasser an der dem Mond zugewandten Stelle so stark an, daß ein Flutberg entsteht. Ein zweiter bildet sich auf der entgegengesetzten Seite der Erde. Sein Entstehen ist der Fliehkraft zu verdanken. Weil sich die Erde dreht, jagen die beiden Flutberge als Gezeitenwellen um den Erdball.

Auch die Sonne übt eine Anziehungskraft auf die Erde aus. Obwohl ihre Masse die des Mondes dreißigmillionenmal übertrifft, ist die fluterzeugende Kraft des riesigen Gestirns weniger als halb so groß wie die des Mondes. Der Grund: Die Sonne ist dreihundertneunzigmal weiter von der Erde entfernt als der Mond.



Aufgrund der Anziehungskraft des Mondes läuft unter ihm ein Flutberg um die Erde. Eine zweite Gezeitenwelle entsteht auf der dem Mond abgewandten Seite.

Neben dem vom Wind erzeugten Seegang

Was sind Gezeiten?

gibt es eine weitere, nicht weniger eindrucksvolle Bewegungsform des Weltmeeres – die Gezeiten oder Tiden, wie man im Niederdeutschen sagt. Jeder Besucher der Nordseeküste kann sie beobachten: Zweimal täglich steigt der



Sturmflut an der Westküste Helgolands. Der heftig wehende Wind lässt die Brandung unablässig an der Westklippe nagen. Eine Betonmauer bricht die Kraft des Meeres und schützt den roten Buntsandsteinfelsen.

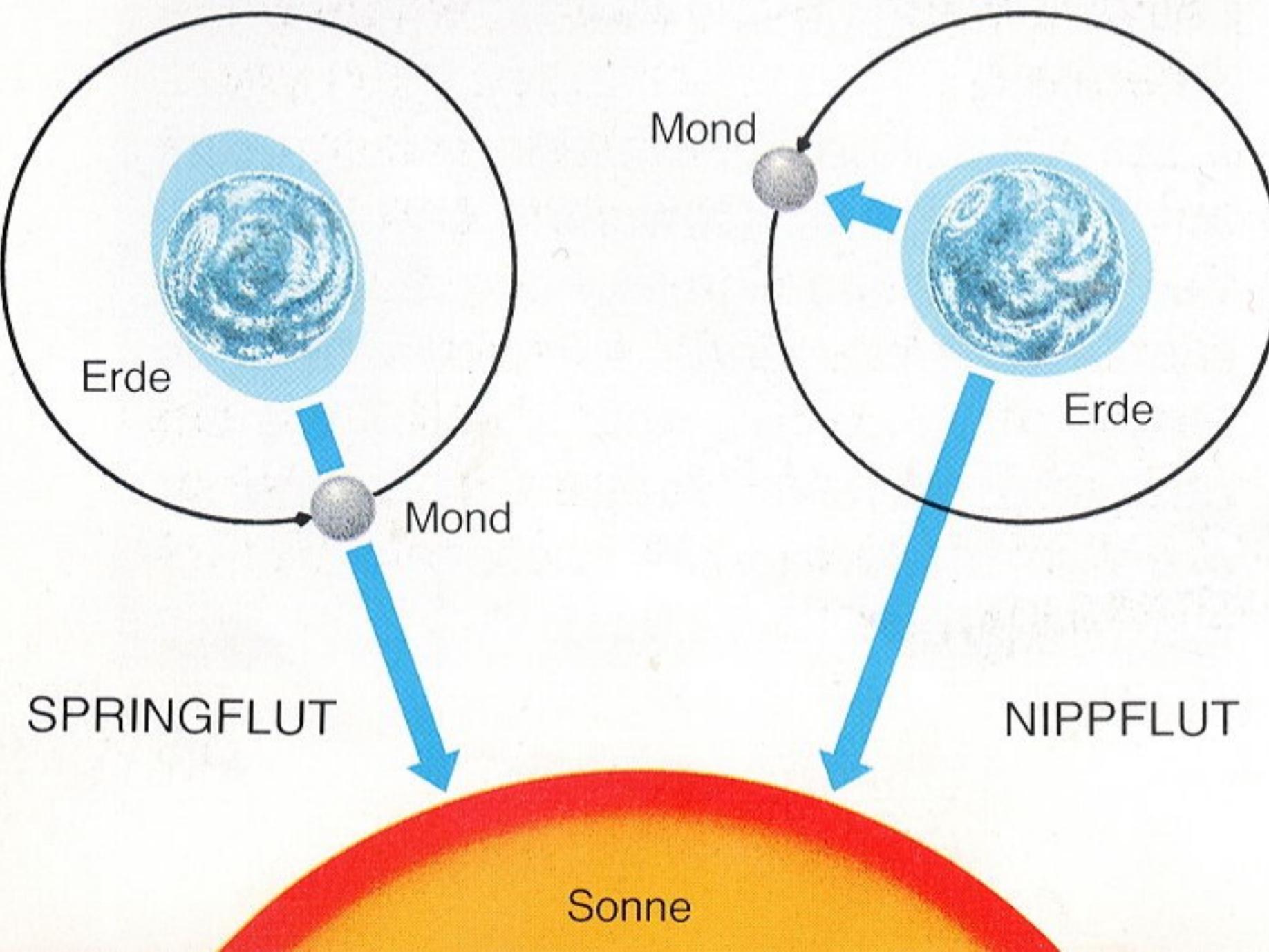
Alle vierzehn Tage, wenn Mond und Sonne

Wie entsteht eine Springflut?

bei Vollmond und bei Neumond in einer Linie mit der Erde stehen, wirken die fluterzeugenden Kräfte beider Gestirne in die

gleiche Richtung. Dann erreichen die Gezeitenbewegungen ihre größte Stärke. Bei den Springfluten oder Springtiden läuft das Hochwasser besonders hoch auf. Entsprechend tief fällt das Niedrigwasser ab. Sieben Tage nach Voll- oder Neumond dagegen, wenn Sonne, Erde und Mond

Wenn Sonne und Mond mit der Erde in einer Linie stehen, summieren sich ihre fluterzeugenden Kräfte; es gibt eine Springflut. Bilden Sonne, Erde und Mond einen rechten Winkel, entsteht eine Nippflut.



einen rechten Winkel bilden, heben sich ihre Anziehungskräfte zum Teil auf. Dann ist die Stärke der Gezeiten am geringsten; es entsteht eine niedrige Flut, die Nippflut. Wie eine Uhr verkündet die Stellung des Mondes zur Erde, ob und wie das Wasser steigt oder fällt.

Gewöhnlich beträgt der Tidenhub, die Differenz zwischen der höchsten und der niedrigsten Tide, auf dem offenen Ozean kaum mehr als 0,5 Meter. An den Küsten dagegen ist er meist sehr viel größer. Dort erreicht er durchschnittlich 3 Meter, stellenweise jedoch bis zu 16 Meter. Dies ist damit zu erklären, daß die Gezeitenwelle im flachen Wasser wächst, weil sie – wie jede andere Welle auch – gebremst und dabei aufgestaut wird.

Die Gezeiten verursachen nicht nur ein Steigen und Fallen des Wasserstandes:

Was sind Gezeitenströme?

Während sich das Meer hebt und senkt, fließt das Wasser zwangsläufig auch in horizontaler Richtung. Auf der offenen See ist davon nur sehr wenig zu spüren. Wo

aber die Bewegung der Wassermassen eingeengt ist, erzeugt der Wechsel von Ebbe und Flut Strömungen, die Gezeitenströme. Sie sind vor allem in Meerengen und Buchten zu beobachten.

Im offenen Ozean ist die Geschwindigkeit der Gezeitenströme kaum größer als 1 Kilometer pro Stunde (km/h). In schmalen Meeresstraßen aber kann sie mitunter 15 bis 20 km/h erreichen.

Großartige Naturschauspiele sind auch die Boren genannten Flutbrandungen in einigen Flussmündungen. Sie entstehen, wenn flache und breite Trichtermündungen die Gezeitenflut so stauen, daß sie sich sammelt und urplötzlich in den Fluss ergießt. Im Amazonas stürmt die Flutbrandung als bis zu 5 Meter hohe Wasserwand 300 Kilometer stromaufwärts. Pororocá, krachendes Wasser, haben die Indianer diese Erscheinung genannt.

Im Meer fließen gewaltige Ströme. Kein

Wie entstehen Meeresströmungen?

Fluß des Festlandes kann sich mit ihnen messen. Bis vor wenigen Jahren waren nur die Strömungen an der Oberfläche des Meeres bekannt. Aber auch in den dunklen Tiefen gleiten mächtige Ströme dahin, die Tiefenströmungen.

Oberflächenströmungen werden von der Schubkraft beständig wehender Winde erzeugt. Hauptmotor der gigantischen Wasserzüge sind die Passatwinde. Sie nehmen am Äquator ihren Anfang, wo unablässig von der hochstehenden Sonne erwärmte und somit leichter gewordene Luft aufsteigt. Um sie zu ersetzen, dringen von Norden und Süden Ströme gemäßigt warmer Luft vor – die Passatwinde. Infolge der Erdrotation werden diese jedoch nach Westen abgelenkt. So weht auf der nördlichen Halbkugel der Nordostpassat, auf der südlichen der Südostpassat.

Die Passatwinde wehen so beständig und stark, daß sie das Wasser der Ozeane

beiderseits des Äquators in zwei mächtigen Strömungen, den Äquatorialströmungen, nach Westen treiben. Dort aber stehen ihnen die Ostküsten der Erdteile im Wege. Die Wasserströme schwenken nach Norden und Süden, geraten in andere Windsysteme und teilen sich nach und nach in kleinere auf. Oberflächenströmungen reichen meist nur bis zu 300 Meter Tiefe.

Andere Antriebskräfte haben die Strömungen in den Tiefen der Ozeane. Gewöhnlich sind es die Unterschiede in der Wasserdichte, denn kälteres Wasser ist schwerer als wärmeres, salzreiches schwerer als salzarmes. Tiefenströmungen fließen sehr viel langsamer als Oberflächenströmungen, und sie können auch auf- und abwärts gerichtet sein.

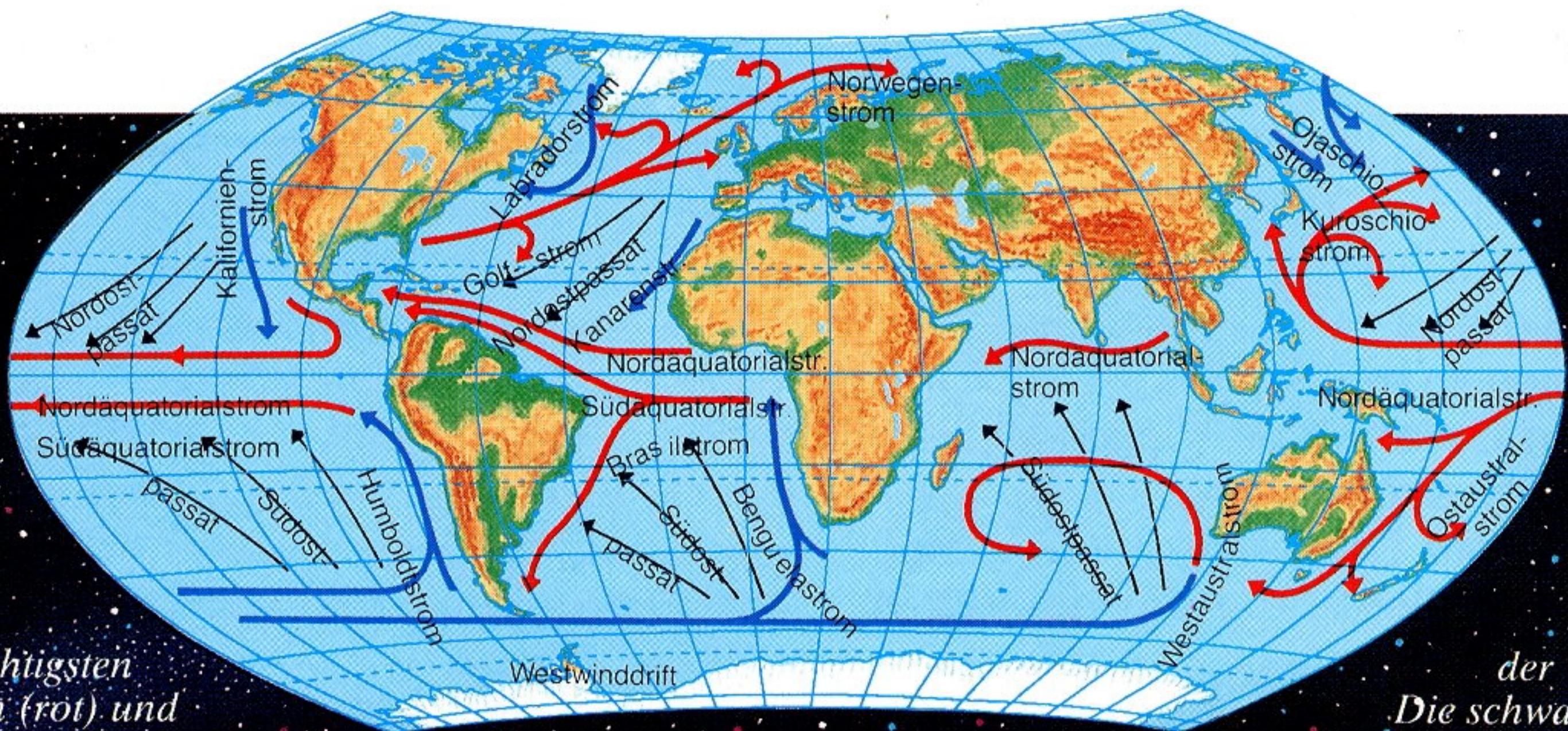


Eine Driftboje, die dem Weg des warmen Golfstromes folgt.

Schon den ersten Seefahrern war bekannt, daß es im Meer starke Strömungen gibt. Hinweise über ihre Richtung und Geschwindigkeit erhielten sie

anfänglich von Segelschiffen und Booten, die trotz Windstille von ihrem Kurs abwichen. Treibende Schiffswracks und Eisberge sowie von fernen Ufern an die Strände gespülte Baumstämme ließen ebenfalls Rückschlüsse auf den Verlauf von Strömungen zu.

Wie kann man Meeresströmungen messen?



Die wissenschaftliche Erforschung der Meeresströmungen begann im 19. Jahrhundert. Nach einem genauen Plan warfen die Forscher fest verkorkte Flaschen mit darin enthaltenen Postkarten ins Meer. Der Finder einer solchen Flaschenpost sollte die Karte unter Angabe des Ortes, an dem er sie gefunden hatte, an den Absender zurückschicken. Allerdings gingen die meisten der ausgesetzten Flaschen in den Weiten der Ozeane verloren.

Drift- oder Treibkörper haben noch heute ihren Platz in der Meeresforschung. Nur benutzt man keine Flaschen mehr, sondern in Plastikbehälter eingeschweißte fluoreszierende (selbstleuchtende) Kärtchen mit einigen Fragen in vier Sprachen. Driftkörper eignen sich auch, um Tiefenströmungen zu erforschen. Dann sind sie mit Ballast so beschwert, daß sie in eine vorbestimmte Wassertiefe sinken. Solche Driftkörper senden Schallsignale aus, die von Schiffen über weite Entfernung hin verfolgt werden können, während die „Flaschenpost“ mit der Tiefenströmung treibt. Auch festliegende Strömungsmesser gibt es. Sie sind meist an verankerten Schiffen oder an Bojen befestigt. In großen Tiefen eingesetzte Strömungsmesser werden gewöhnlich am Meeresboden verankert. Hier messen und zeichnen sie monatelang Temperaturen sowie Strömungsrichtungen und -geschwindigkeiten auf, bis Funkbefehle sie wieder an die Meeresoberfläche rufen.

In den großen Meeren der Erde gibt es fünf Strömungsringe.

Welches sind die mächtigsten Meeresströmungen?

Vom Wind angetrieben, drehen sie sich auf der Nordhalbkugel im Uhrzeigersinn, auf der südlichen entgegengesetzt. Lediglich im Indik wird diese Kreisbewegung durch die Monsune, das sind jahreszeitlich die Richtung wechselnde Winde, beeinflußt. Meeresströmungen, die vom Äquator kommen und polwärts fließen, befördern warmes Wasser. Entgegengesetzte Strömungen sind kalt. Beide beeinflussen das Klima der Erde erheblich.

Eine der mächtigsten Meeresströmungen ist der Golfstrom. Er entsteht im Golf von Mexiko aus dem Nordäquatorialstrom und transportiert warmes Wasser bis in den Norden Europas. Seine letzten Ausläufer erreichen als Norwegenstrom Spitzbergen und sogar die Halbinsel Kola. In Norwegen mildert der Golfstrom die Wintertemperaturen derart, daß die Häfen bis zum 71. Breitengrad eisfrei bleiben.

Der Golfstrom ist über 100 Kilometer breit und durchschnittlich 150 bis 300 Meter tief. Er strömt schneller als die größten Festlandsflüsse.

Große kalte Meeresströmungen sind der Labradorstrom im Nordatlantik und der Benguelastrom im Südatlantik sowie der Kalifornienstrom im Nordpazifik und der Humboldtstrom im Südpazifik.

Das entfesselte Meer

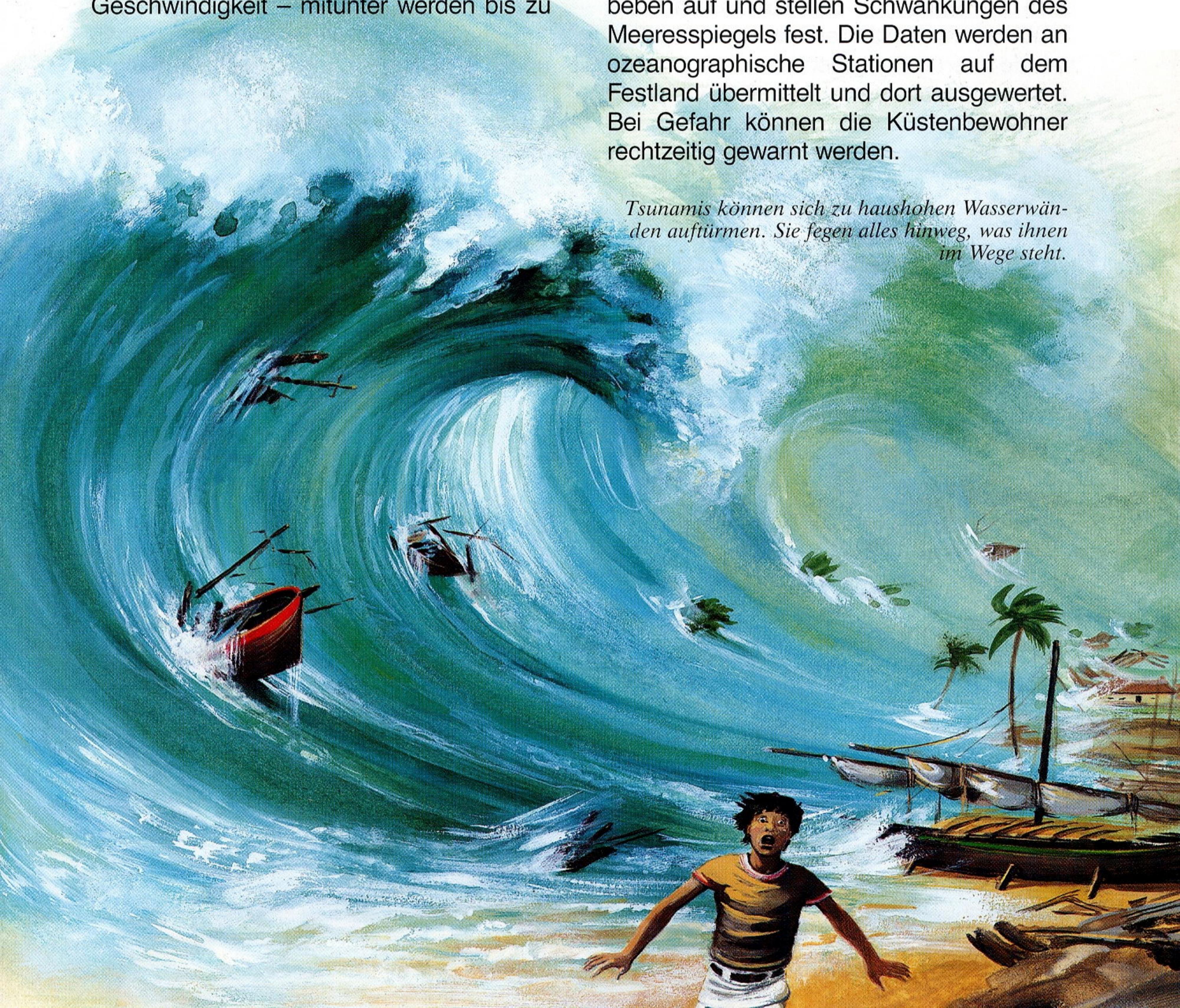
„Tsunami“ ist ein Schreckensruf japanischer Küstenbewohner. Er bedeutet so viel wie „hohe Wellen im Hafen“. Tsunamis sind gefährliche Flutwellen. Sie entstehen durch unterseeische Vulkanausbrüche und unterseeische Erdbeben vor allem im Pazifik und gefährden die Küsten Japans und Alaskas, der Hawaii-Inseln sowie Chiles und Perus.

Tsunamis durchlaufen häufig einen gesamten Ozean mit einer ungeheuren Geschwindigkeit – mitunter werden bis zu

800 Kilometer in der Stunde erreicht. Im offenen Meer sind die Wellen zwischen 100 und 300 Kilometer lang und kaum mehr als meterhoch. Gelangt ein Tsunami jedoch in flaches Wasser, dann wird er vom Meeresboden gebremst und türmt sich zu einer riesigen Wasserwand auf. Sie bricht mit vernichtender Wucht in das Festland ein.

Früher waren die Bewohner der betroffenen Küsten den zerstörerischen Wellen hilflos ausgeliefert. Heute gibt es an bestimmten Stellen rings um den Pazifik Meßstationen. Ihre Geräte zeichnen Seeböen auf und stellen Schwankungen des Meeresspiegels fest. Die Daten werden an ozeanographische Stationen auf dem Festland übermittelt und dort ausgewertet. Bei Gefahr können die Küstenbewohner rechtzeitig gewarnt werden.

Tsunamis können sich zu haushohen Wasserwänden auftürmen. Sie fegen alles hinweg, was ihnen im Wege steht.



Was ist ein Tsunami?

Verheerende Schäden kann das Meer auch an der Ostseeküste anrichten.

Wie gefährlich ist eine Sturmflut?

Noch gefährdeter aber ist die Nordseeküste. Sie gilt als das europäische Meeresgebiet mit den schwersten Sturmfluten. Sturmfluten sind ungewöhnlich hohe Wasserstände an den Küsten von Gezeitenmeeren. Sie entstehen meist dann, wenn eine Springflut von anhaltend starken Stürmen gegen das Land gedrückt wird. An gezeitenarmen Meeren, wie der Ostsee, verursachen solche Stürme Sturmhochwasser.

Eine der schwersten Sturmfluten ereignete sich im Mittelalter. Sie suchte 1287 die holländische Küste heim und forderte Tausende von Menschenleben. Auch die große „Manndrenke“ von 1362 erlangte

Dieses Sturmflutwehr wurde im Südwesten der Niederlande errichtet und ist seit 1986 in Betrieb. Es riegelt bei Sturm den Meeresarm der Oosterschelde vom offenen Meer ab. Das Sturmflutwehr ist etwa 3 Kilometer lang. Es besteht aus 65 bis zu 38 Meter hohen Betonpfeilern. Zwischen ihnen hängen Stahlplatten, die Schütze. Sie werden – wie auf dem Bild – bei hohem Wasserstand abgesenkt und bei Niedrigwasser wieder hochgezogen.

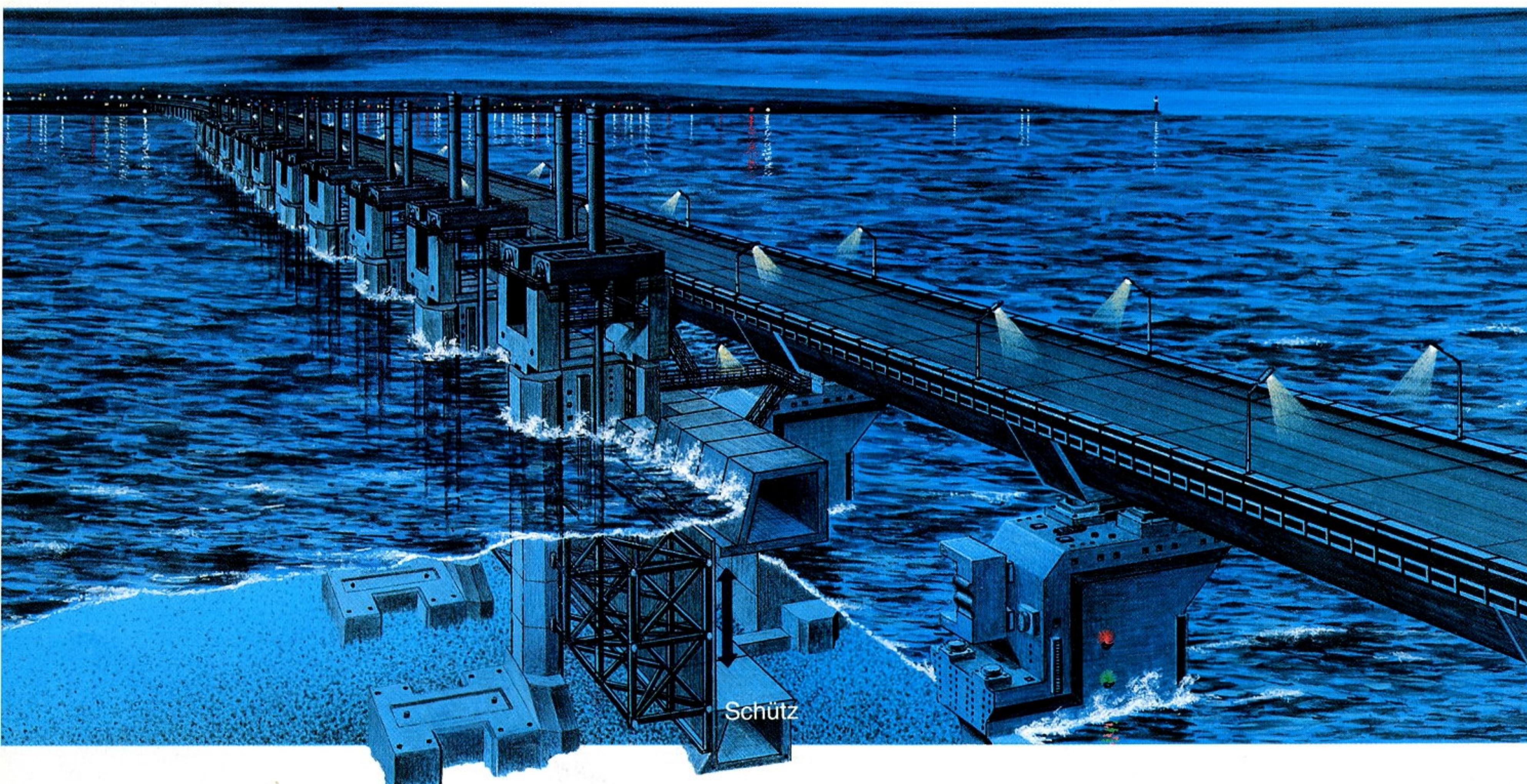
eine traurige Berühmtheit. Bei dieser Sturmflut kamen ebenfalls Tausende von Menschen um, und ein breiter Küstenstreifen Ostfrieslands ging verloren.

Die größte Sturmflutkatastrophe der neuen Zeit ereignete sich 1953, als das durch Sturm und Springflut aufgepeitschte Meer weite Teile der holländischen Küste überflutete. Mehr als 1 800 Menschen starben, und über 140 000 verloren Haus und Hof.

Um die Fluten des Meeres fernzuhalten,

Wie kann man die Küsten schützen?

errichten die Menschen seit Jahrhunderten an besonders gefährdeten Küstenabschnitten Deiche. Die Schutzwälle aus Erde hatten um 1600 Höhen zwischen 2,5 und 3,5 Metern und eine steile Außenböschung. Heute sind Deichhöhen von 6 Metern über dem mittleren Hochwasserstand und flache Außenböschungen üblich. An ihnen können die Wellen besser auslaufen, ohne Schaden anzurichten. Vor allem in den Niederlanden erwies sich der Schutz von Deichen oftmals aber als nicht ausreichend – etwa ein Viertel der Fläche dieses Landes liegt tiefer als der

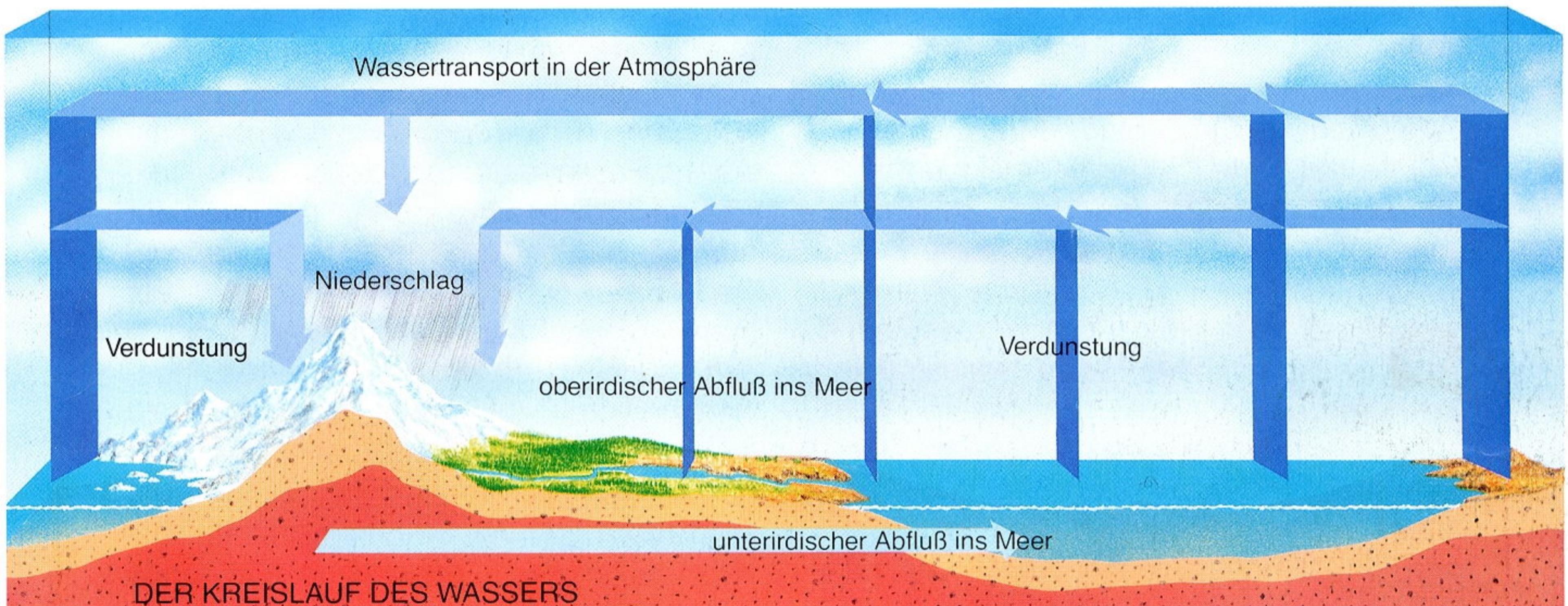




Im Mündungsbereich der Eider (Schleswig-Holstein) entstand dieses Sperrwerk. Es schützt das tiefliegende Land vor den Sturmfluten der Nordsee.

Meeresspiegel. Um die gefährdeten Landesteile ein für allemal vor der See zu schützen, begann man nach der Sturmflutkatastrophe von 1953, die Meeresarme der großen Flüsse Rhein, Maas und Schelde abzuriegeln. Mächtige Dämme aus Beton und ein fast 3 Kilometer langes Sturmflutwehr entstanden. Weil es nur bei Hochwasser geschlossen wird, bleiben in diesem Meeresarm die Gezeiten und damit die ursprüngliche Natur erhalten. Wirksame Küstenschutzbauten gibt es auch an der Ostsee. An Steilufern sind es vor allem festgefügte, sichere Stein-dämme. Flachküsten werden durch Buhnen, breite Sandstrände, Dünen, Waldstreifen und Deiche geschützt.

Wettermacher Meer



Das Weltmeer ist das „Wasserwerk“ der

**Was versteht
man unter dem
Kreislauf des
Wassers?**

An der Oberfläche des Weltmeeres verdunstet ständig Wasser. Unsichtbar steigt

es als Wasserdampf auf, gelangt in kühlere Luft und verdichtet sich zu Wolken. Der größte Teil des Wasserdampfes fällt als Niederschlag wieder in das Meer zurück. Ein kleinerer Teil der Wolken aber wird von den Winden weit über das Festland getrieben. Dort kühlen sie ab und gehen ebenfalls als Regen, Schnee, Hagel oder Nebel nieder. Gemeinsam mit den Niederschlä-

gen, die aus der Verdunstung von der Oberfläche des Festlandes stammen, füllt das Wasser die Seen, speist es die Bäche und Flüsse, lässt es die Gletscher wachsen und den Grundwasserspiegel steigen. Ebensoviel Wasser, wie das Festland vom Meer erhält, strömt schließlich wieder ins Meer zurück.

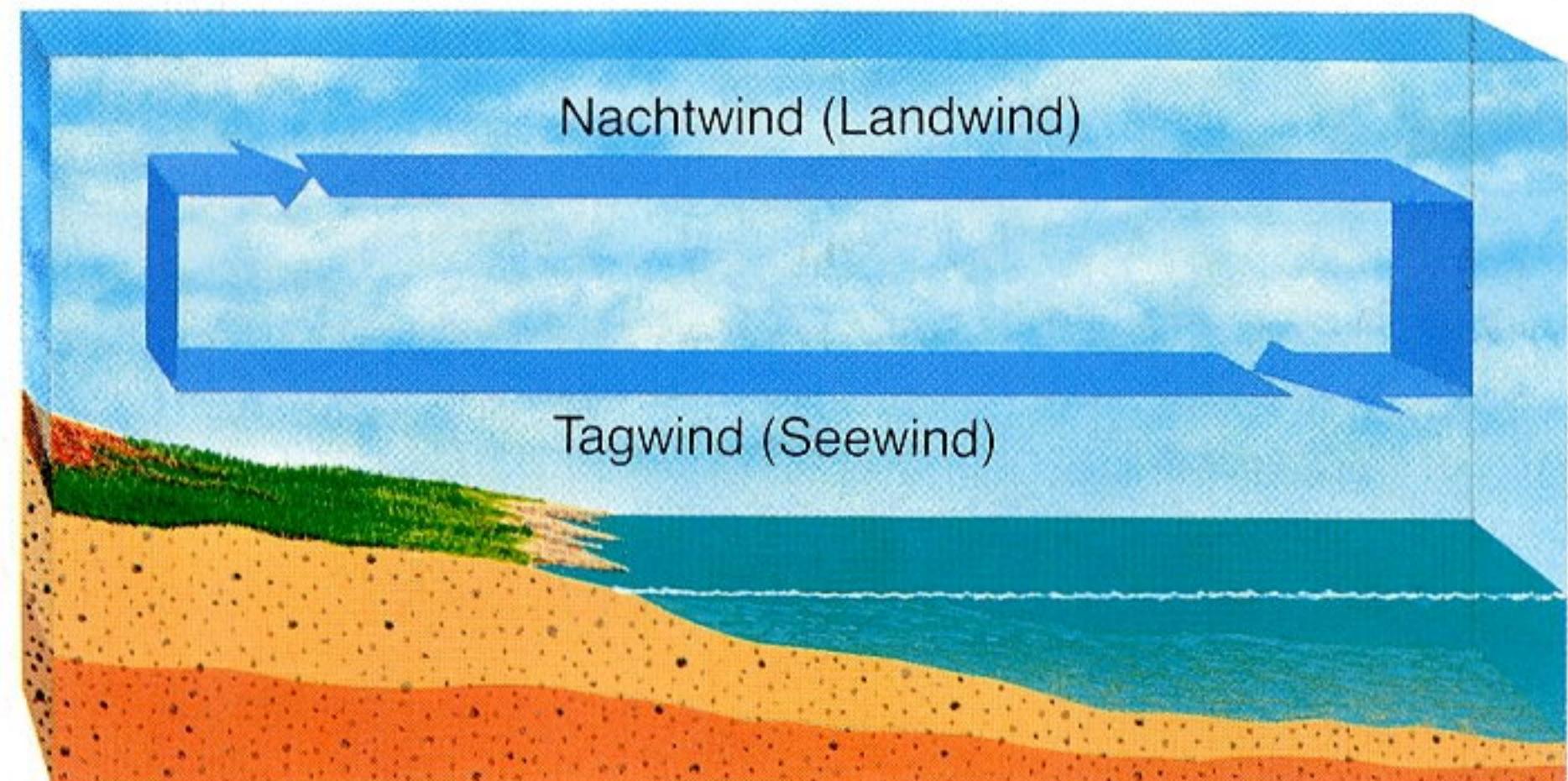
Jahr für Jahr verdunsten rund 400 000 Gigatonnen Meerwasser; 1 Gigatonne entspricht 1 Milliarde Tonnen. Hinzu kommen weitere 60 000 Gigatonnen. Sie verdunsten auf dem Festland. Würde das Wasser im ewigen Kreislauf nicht immer wieder durch Niederschläge und Flüsse nachströmen, wäre das Weltmeer nach 4 000 Jahren ausgetrocknet. Das Wasser macht das Festland erst bewohnbar, denn nur wo Wasser vorhanden ist, können Pflanzen und Tiere leben.

Wasser besitzt eine ungewöhnliche Eigen-

Wie beeinflusst das Weltmeer das Klima der Erde?

schaft: Es kann mehr Wärme speichern als jeder andere Stoff. Aus langjährigen Messungen wissen wir, daß die obersten 3 Meter der Wassermassen des Weltmeeres etwa die gleiche Wärmemenge enthalten wie die gesamte darüberliegende Atmosphäre. Diese eingestrahlte Sonnenwärme geben die Meere und Ozeane nur sehr langsam wieder ab. Deshalb bleibt die Luft über dem Meer im Winter wärmer als die Luft über dem Festland. Im Sommer dagegen, wenn sich die Meeresoberfläche erwärmt, ist es umgekehrt. Dann verdunsten gewaltige Wassermengen. Dabei wird sehr viel Wärme verbraucht. Einen weiteren Teil der Sonnenwärme speichert das Meer; die Luftmassen über dem Wasser bleiben kühl.

Das Klima, so nennt man den allgemeinen, durchschnittlichen Ablauf des Wettergeschehens, wird am Meer also von milden Wintern und nicht zu heißen Sommern bestimmt. Sein ausgleichender Einfluß läßt



Nachts weht der Wind meist seewärts, denn der Erdboden kühlt schneller als das Wasser ab.

sich auch so verdeutlichen: Je weiter ein Ort vom Meer entfernt liegt, desto ausgeprägter sind die Temperaturunterschiede zwischen den Jahreszeiten. Gäbe es aber kein Meer, dann wäre es auf der Erde im Sommer glühend heiß und im Winter eisig kalt. Ähnlich wie die Meere und Ozeane wirken im kleinen auch Seen und Teiche ausgleichend auf das Klima.

Die unterschiedlich starke Erwärmung von Wasser und Land durch die Sonne hat aber noch weitere Folgen: Die Luft über dem Wasser bleibt tagsüber kühler als die Luft über dem Land. Während sich die warme Festlandluft ausdehnt, leichter wird und nach oben steigt, bleibt die Luft über dem Meer dicht und demzufolge schwer. Dadurch ist der Luftdruck über dem Meer höher als über dem Land. Zum Ausgleich des Druckunterschieds erfolgt eine Luftbewegung vom Gebiet mit höherem Druck zu dem mit tieferem Druck. Diese Luftbewegungen kennen wir als Wind. Er weht am Tage meist von der See ins Land. Nachts weht er seewärts, denn ohne wärmende Sonne kühlt der Boden schneller ab als das Wasser. Natürlich wirken auch die Winde ausgleichend auf das Klima, denn warme und kalte Luftströmungen werden ständig durchmischt. Ähnlichen Einfluß haben die Meeresströmungen. Sie verfrachten riesige Wärmemengen aus heißen Zonen der Erde in kältere und sorgen dort für ein mildes Klima. Umgekehrt transportieren sie kühles Wasser in heiße Regionen.

Der Lebensraum Meer

Auch das Meer ist, so wie das Festland, von Pflanzen und Tieren bewohnt. Aber obwohl der Lebensraum Meer hundertmal größer als der Lebensraum des Festlandes ist, beherbergt er lediglich ein Achtel der uns bekannten Arten von Tieren und Pflanzen – etwa 250 000. Auch sind viele Meerestiere einfacher gebaut als die Tiere des Landes, und sie unterscheiden sich weniger voneinander. Ähnlich ist es bei den Meerespflanzen.

Die Lebensbedingungen des Meeres sind gleichförmiger und beständiger als die des Festlandes, wo äußerst gegensätzliche Umweltbedingungen herrschen. Denken wir nur an die Hitze der Tropen und die Kälte der Arktis, an sonnendurchglühte Wüsten, an endlose Sümpfe und an

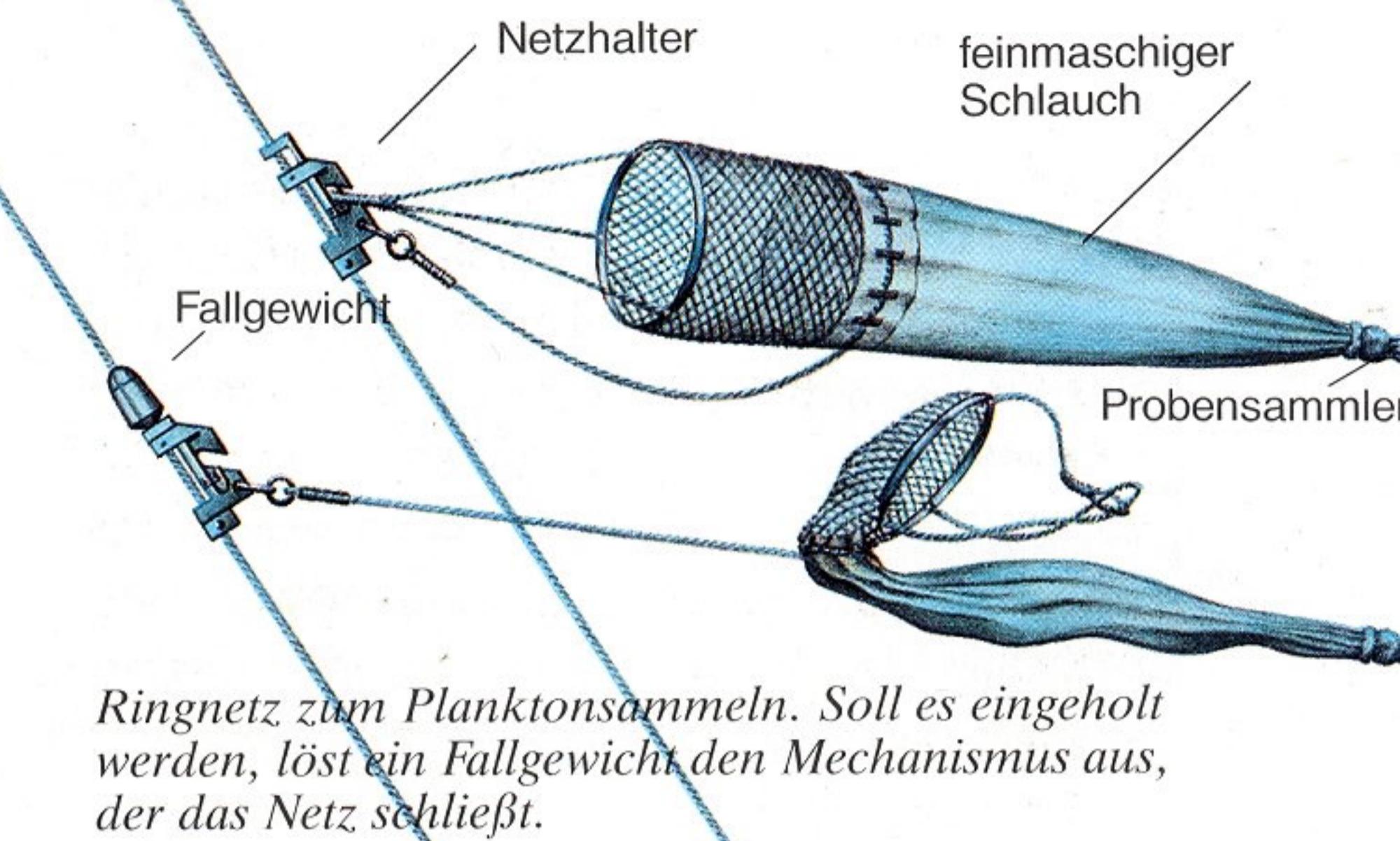
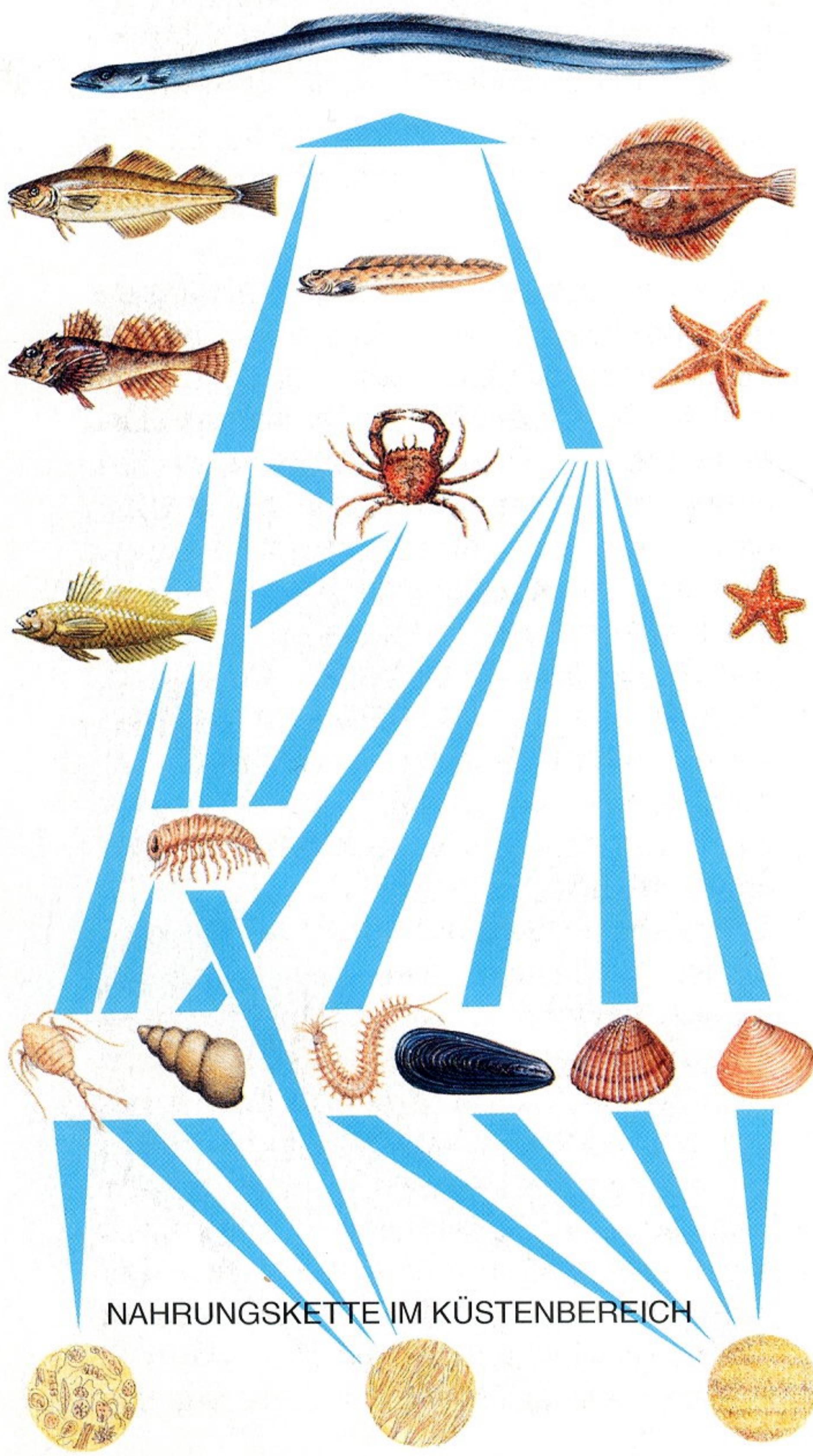
undurchdringliche Regenwälder. Hinzu kommen die täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen der Temperatur. Solchen Umweltbedingungen mußten sich die Wasserbewohner nicht anpassen.

Und doch gibt es im Meer sehr unterschiedliche Lebewesen. Die winzigsten, die Bakterien, sind kleiner als ein tausendstel Millimeter. Die mächtigsten, die Blauwale, können eine Masse von 150 Tonnen erreichen. Und die größte Meerespflanze, der Riesentang, kann bis zu 50 Meter lang werden. Gewaltig ist auch die durchschnittliche Individuenanzahl der im Meer lebenden Fischarten – sie liegt bei rund 10 Milliarden Tieren.

Wissenschaftler unterteilen die Meeresbewohner in drei große Gruppen. Die erste



lebt auf oder unmittelbar über dem Meeresboden; sie wird als Benthos bezeichnet. Benthosvertreter sind festsitzende Meerestiere (Tange und Seegras), Muscheln, Schnecken, Krebse und Würmer. Die zweite Gruppe gehört dem Nekton an. Das sind die höheren Tiere des Meeres, wie Fische, Kopffüßer (Tintenfische) und Meeressäugetiere – Wale und Robben. Sie können sich ihren Platz im Meer selbst aussuchen und gegen Strömungen anschwimmen. Die dritte Gruppe, das Plankton, lebt ebenfalls im offenen Meer. Zu ihr gehören all jene winzigen



Ringnetz zum Plankton sammeln. Soll es eingeholt werden, löst ein Fallgewicht den Mechanismus aus, der das Netz schließt.

Pflanzen und Tiere, die so leicht sind, daß sie im Wasser schweben. Sie sind das „Umhergetriebene“.

Nie auf dem Festland, so sind auch im Wasser Pflanzen die Grundlage allen tierlichen Lebens. Das pflanzliche Plankton oder Phytoplankton

(phyto – pflanzlich) gilt als die „Weide des Meeres“. Es sind kleinste, einzellige Algen, die für ihre Ernährung ausreichend Energie und Nährsalze brauchen. Die Energie gewinnen die Algen aus dem Sonnenlicht; die Nährsalze entnehmen sie dem Meerwasser.

Vom pflanzlichen Plankton lebt das tierliche Plankton. Zum Zooplankton (zoo = tier...) gehören vor allem winzige Krebse. Sie sind die Nahrung aller kleineren Fleischfresser des Meeres. Diese wiederum fallen den größeren Raubfischen zum Opfer. So bilden sich unterschiedlich lange Nahrungsketten. Ihr Prinzip ist, daß die jeweils kleineren und schwächeren Lebewesen von den größeren und stärkeren gefressen werden. Am Ende dieser Kette steht häufig der Mensch.

Nicht alle Tiere aber werden gefressen oder gefangen. Viele sterben, weil sie alt oder krank sind, und sinken in die Tiefe. Bakterien zersetzen ihre Körper. Dabei werden Nährsalze frei. Strömungen tragen sie meist wieder an die Oberfläche, wo sie wiederum vom Plankton aufgebraucht werden. Der Kreislauf beginnt von neuem.

In den Gewässern am Rande der meisten

Warum sind die Küstengewässer am artenreichsten?

Sonnenlicht oft bis zum flachen Grund hinunter und fördert gemeinsam mit den aufgewirbelten Nährsalzen das schnelle Wachstum des Phytoplanktons. Die Schelfmeere, zu denen auch die Nord- und die Ostsee gehören, sind aber nicht nur außerordentlich nährstoffreich. Es wachsen hier auch ausgedehnte Tangwälder und Seegraswiesen, in denen zahlreiche Fischarten ruhige Laichplätze, Brut und Jungfische später auch Schutz vor Feinden finden. Mannigfaltig ist das Tierleben schon am Grund der flachen Meere, in den sich Würmer, Muscheln und Plattfische eingegraben haben. Ihnen stellen räuberische Seeigel und Seesterne, Schnecken und Krebse nach. Viele und verschiedenartige Tiere, wie Seepferdchen, Seegurken, Wellhornschnellen und kleine Fische, verstecken sich in den Dickichten der Braunalgenwälder. Aber auch Haie, Delphine und andere große Räuber gibt es an den Küsten. Häufig jagen sie Thunfischen und Makrelen nach, die ihrerseits den Laichschwärmen der Heringe folgen.

An die Schelfmeere schließt sich die Hochsee an. Sie ist meist mit Nährstoffen nicht so gut versorgt wie die Küstengewässer. Deshalb kommen hier viel weniger

Welche Tiere leben im offenen Meer?

Tierarten vor. Es sind Quallen, Tintenfische, Krebse, Schildkröten und vor allem Fische, aber auch einige große Säugetiere: Delphine, Wale und Robben.

Die weitaus meisten Fische der Hochsee leben dort, wo Strömungen und Auftriebe nährstoffreiches Tiefenwasser in die sonnen durchlichtete obere Wasserschicht, die

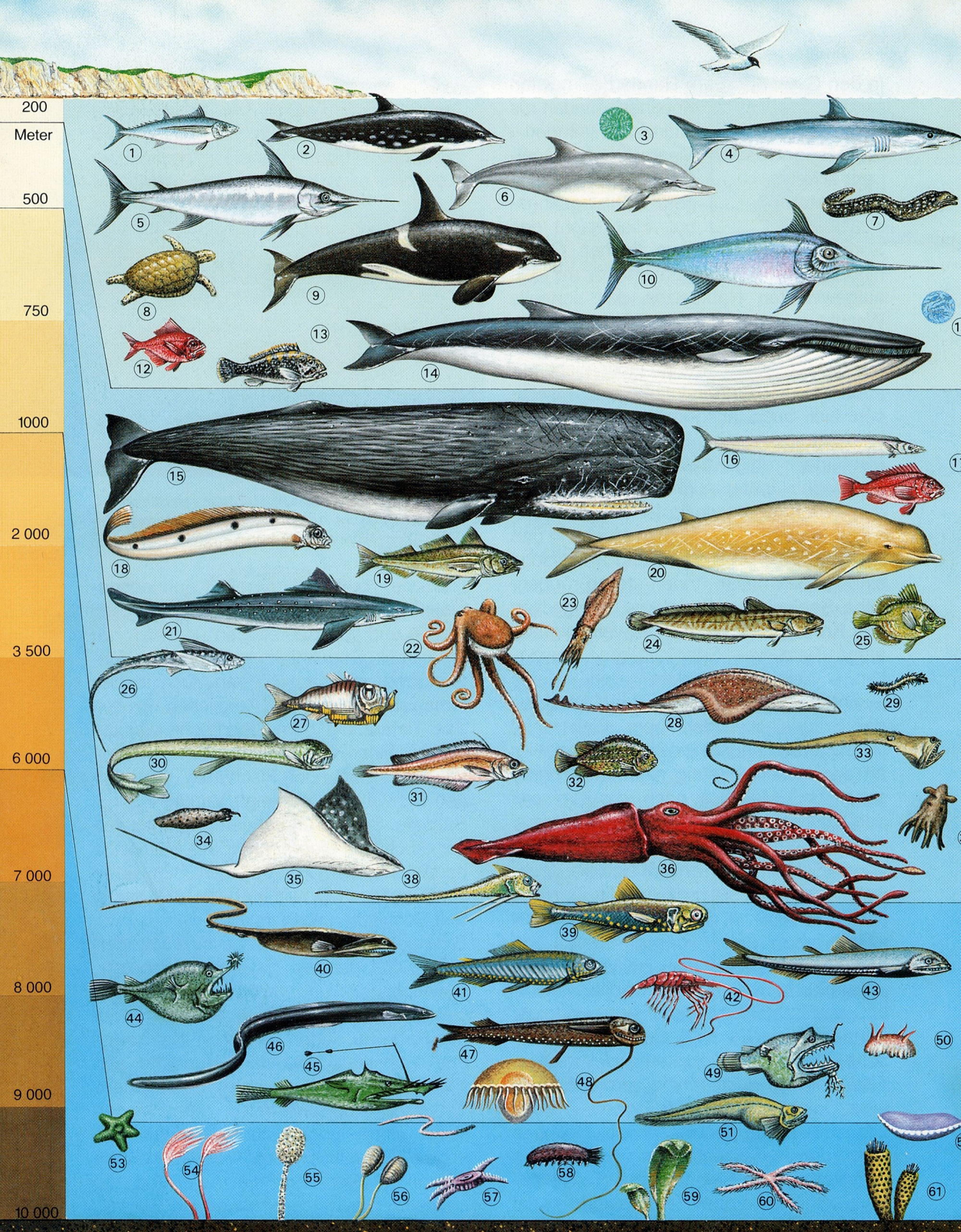
Kontinente finden die pflanzenfressenden Meerestiere ein besonders reichhaltiges Nahrungsangebot. Hier reicht das



Südamerikanische Seebären auf der geschützten Isla des Lobos im Atlantik. Die Tiere erbeuten im freien Wasser vor allem Fische.

Hellzone, befördert. Große Auftriebsgebiete befinden sich vor Peru und Chile im Pazifik und vor Mauretanien und Namibia im Atlantik. Regelmäßig, während der Winterstürme, durchmischt sich auch in den hohen nördlichen und südlichen Breiten das Tiefen- mit dem Oberflächenwasser. Solche Meeresgebiete sind die „Weiden“ frei umherziehender Fischarten. Zu riesigen Schwärmen vereinigt, streifen Hering, Sardelle, Sprotte und andere Planktonfresser durch das Meer, immer auf der Suche nach den besten Futterplätzen. Schwärme von Raubfischen, wie Kabeljau, Seelachs und Seehecht, folgen ihnen.

Zahlreiche Freiwasserfische sind Wanderfische: Sie pendeln zwischen Laichplatz, Aufwuchsplatz und verschiedenen Futterplätzen. Einige Arten, wie der Hering oder der Kabeljau, legen zwischen Nahrungs- und Laichplatz alljährlich Hunderte von Kilometern zurück. Andere, der schnelle Thunfisch beispielsweise, überwinden sogar Entfernungen von mehreren tausend Kilometern. Die ausdauerndsten Wanderer aber sind die Aale und die Lachse. Aale werden im warmen Sargas-



someer, einem Abschnitt des Atlantischen Ozeans, geboren. Der Golfstrom trägt die Larven an die Küsten von Nordamerika und Europa, wo die Jungtiere, die Glas-aale, die Flüsse aufwärts ziehen. Als erwachsene Aale kehren sie später zum Sargassomeer zurück, um ihre Eier abzulegen. Umgekehrt wandern die Lachse. Sie verlassen die Meere, um in Flüssen und Strömen zu laichen.

Die Tiefen der Ozeane sind keineswegs

**Wie haben sich
die Tiefseetiere
ihrem
Lebensraum
angepaßt?**

kannten im Weltmeer lebenden Tierarten mindestens 600 bis 700 in einer Tiefe von 6 000 Metern und selbst in den Tiefseegräben noch 120 Arten anzutreffen sind. Das ist nicht wenig. Immerhin finden die Bewohner der Tiefsee in der ewigen Fin-

ohne Leben, wie For-
 scher noch vor gar
 nicht langer Zeit an-
 nahmen. Heute weiß
 man, daß von den
 rund 140 000 be-

Unterschiedlichste Lebewesen bevölkern die Meere. Die kleineren, das Phyto- und das Zooplankton, haben wir bereits auf Seite 33 kennengelernt. Diese Abbildung zeigt eine Auswahl der größeren und größten Lebewesen in den Stockwerken des Meeres:

Weißer Thun (1), Delphin (2), Phytoplankton (3), Makrelenhai (4), Schwertfisch (5), Tümmler (6), Muräne (7), Schildkröte (8), Mörderwal (9), Marlin (10), Zooplankton (11), Zehnfinger-Schleimkopf (12), Brauner Zackenbarsch (13), Finnwal (14), Pottwal (15), Strumpfbandfisch (16), Großer Rotbarsch (17), Spannfisch (18), Dorsch (19), Nördlicher Entenwal (20), Gemeiner Dornhai (21), Krake (22), Tintenfisch (23), Leng (24), Eberfisch (25), Seeratte (26), Beifisch (27), Sternrochen (28), Borstenwurm (29), Viperfisch (30), Tiefseedorsch (31), Seehase (32), Tiefseedornaal (33), Seewalze (34), Rochen (35), Riesenkrake (36), Vampirkrake (37), Rattenschwanzfisch (38), Laternenfisch (39), Schlinger (40), Tiefsee-Elritze (41), Tiefsee-Garnele (42), Borstenmaul (43), Anglerfisch (44; 45), Tiefseeaal (46), Melanostomia-tide (47), Tiefseemeduse (48), Tiefseeteufel (49), Seegurke (50), Scheibenbauch (51), Seewalze (52), Seestern (53), Gestielte Seelilie (54), Kiesel-schwamm (55), Armfüßer (56), Seestern (57), See-gurke (58), Seefeder (59), Schlangenstern (60), Venuskörbchen (61).

sternis, in der es keine grünen Pflanzen geben kann, nur spärlich Nahrung. Auch ist das Wasser kalt und der Druck gewaltig. Als die ersten Menschen mit ihren stählernen Tauchgeräten in das Dunkel der Tiefsee vordrangen, waren sie sehr überrascht, im Licht der Scheinwerfer Flohkrebse, Schnecken, Seesterne, Korallen, zarte Ringelwürmer und sogar kleine Fische zu entdecken. Für diese Tiere ist jedoch der hohe Druck – in einer Tiefe von 10 000 Metern drückt 1 Tonne auf 1 Quadratzentimeter – nicht gefährlich. In ihren Körpern herrscht der gleiche Druck wie außerhalb ihrer Körper!

In der finsternen Tiefsee flackern hier und dort geisterhafte Lichter auf. Ursache dafür sind Leuchttorgane mancher Tiefseetiere. Beim Beifisch und beim Laternenfisch ziehen sich die Lichtbänder beiderseits des Körpers hin. Anderen, wie dem Anglerfisch, hängen die Laternchen aus kaltem Licht wie Köder an einer Angel vor dem gierigen Maul. Mit ihren Leuchttorganen locken die Tiefseefische nicht nur Beutetiere an. Während der Fortpflanzungszeit nutzen Männchen und Weibchen der gleichen Art die Leuchtsignale, um einander leichter zu finden.

Viele Tiefseefische, vor allem die Teleskopfische, haben große, vorquellende Augen, sogenannte Teleskopaugen. Mit ihnen können sie selbst schwache Lichtpunkte wahrnehmen. Bei manchen Fischen der Finsternis ist die Sehkraft fünfzehn- bis dreißigmal stärker als die des Menschen.

Die Bewohner der Tiefe haben sich an eine räuberische Lebensweise angepaßt. Fast nur aus Kopf und Maul bestehen der Viperfisch, der Pelikan-Aal und der Beifisch. Bauch und Magenwand sind gummiartig dehnbar, so daß sie riesige Beutestücke verschlingen können.

Infolge der niedrigen Temperaturen und des knappen Nahrungsangebots wachsen die Tiere der Tiefsee nur langsam. Dafür werden manche sehr alt.

Das Meer und der Mensch

Als die „Challenger“ vor über 100 Jahren die Anker zu ihrer berühmt gewordenen Expeditionsreise lichtete, mußte der Kapitän keine Genehmigungen einholen, um vor den Küsten anderer Staaten forschen zu können. Heute wäre das undenkbar.

Wem gehört das Meer?

Aber selbst damals hatten sich die Küstenländer schon längst das ihren Küsten vorgelagerte „Streifchen“ Meer angeeignet, meist waren es 3 Seemeilen (5,5 km). Inzwischen ist das Meer nicht mehr nur für Schiffahrt und Fischfang wichtig. Selbst der Meeresboden wurde interessant: Geologen entdeckten gewaltige Lagerstätten wertvoller Rohstoffe, und Ingenieure entwickelten Technologien, um diese abbauen. Wem aber gehören die Schätze des Meeres, und wer darf über sie verfügen? Seit mehr als 30 Jahren beschäftigen sich die Vereinten Nationen mit diesem Problem. Endgültige Lösungen wurden noch nicht gefunden. Heute haben die meisten Küstenländer ihr Hoheitsgebiet auf 12 Seemeilen (22 km) ausgedehnt. Auch stimmen sie darin überein, daß ihnen eine 200 Seemeilen (370 km) breite Wirtschaftszone zusteht. In ihr entscheiden nur sie, wer dort forschen, fischen, Öl fördern oder Bergbau betreiben darf.

Lediglich der fischarme offene Ozean gehört allen Ländern gleichermaßen. Über die Nutzung seines rohstoffreichen Meeresbodens aber sind sich die Fachleute noch immer nicht einig.



Jährlich werden mehr als 90 Millionen Tonnen Fisch – die meisten davon in den Meeren und Ozeanen – gefangen.

Welche Nahrung gibt uns das Meer?

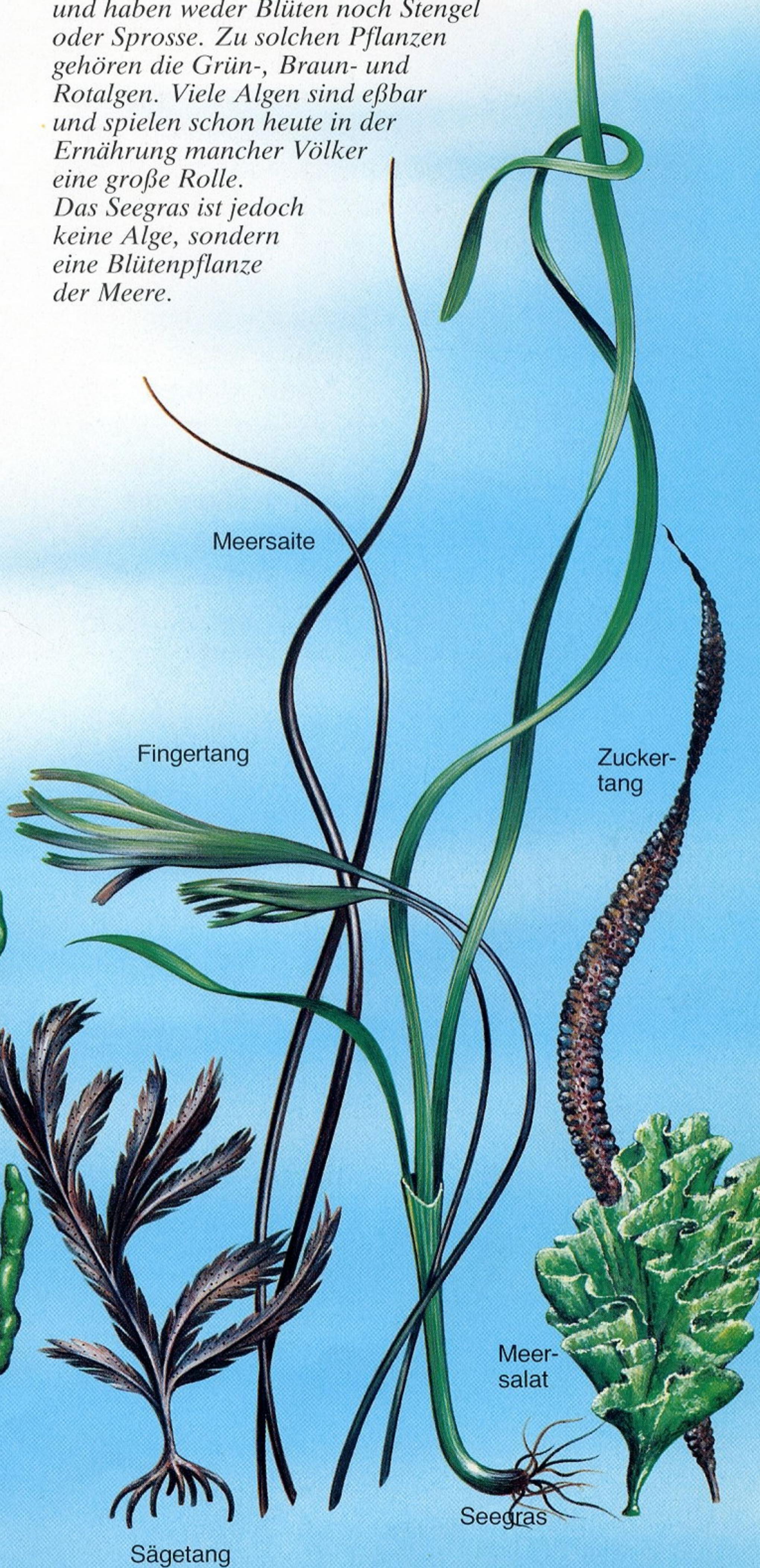
Trotzdem liefert die Fischerei nur 15 Prozent des Bedarfs der Menschen an tierischem Eiweiß. Es wird also im überwiegenden Maße Fleisch von Rindern, Schweinen, Schafen und Geflügel gegessen, obwohl Fisch „fleisch“ einen ebenso hohen Nährwert hat.

Fischer sind Jäger des Wassers. Von den weit über zehntausend im Meer vorkommenden Fischarten interessieren sie aber nur recht wenige: Fischfang lohnt sich nur dort, wo die Fische in großen, geschlossenen Schwärmen leben und massenhaft in die Netze gehen. Solche Fische sind der Hering, die Sardine, der Rotbarsch, die Makrele, der Kabeljau, der Seehecht und die Flunder.

Zur Fischerei gehört auch der Fang von Weichtieren und Krebsen. Besonders schmackhafte Weichtiere sind Muscheln, wie Austern und Miesmuscheln, sowie

Kopffüßer, Kalmarre beispielsweise. Unter den Krebsen zählen der Hummer und die Garnele zu den begehrtesten.

Einige Meerespflanzen können sehr groß werden. Sie wachsen am Meeresboden und haben weder Blüten noch Stengel oder Sprosse. Zu solchen Pflanzen gehören die Grün-, Braun- und Rotalgen. Viele Algen sind essbar und spielen schon heute in der Ernährung mancher Völker eine große Rolle. Das Seegras ist jedoch keine Alge, sondern eine Blütenpflanze der Meere.



Flügeltang

Blasentang

Darmtang

Sägetang

Meersalat

Seegras

Gaben des Meeres sind auch die Algen und Tange, siebzig der etwa zweitausend Arten sollen eßbar sein. Viele von ihnen werden schon seit Jahrhunderten an den Küsten aller drei Ozeane wirtschaftlich genutzt. Für Japan mit seiner durch zahlreiche Buchten und Halbinseln gegliederten Küste ist die Ernte von Tagen sogar von erheblicher Bedeutung. Sie liefern neben Nahrungsmitteln auch den Rohstoff für Agar (eine Gelatine), Jod und Alkohol. Die Rückstände kommen als Dünger auf die Felder.

Ähnlich wie die Haustiere auf dem Fest-

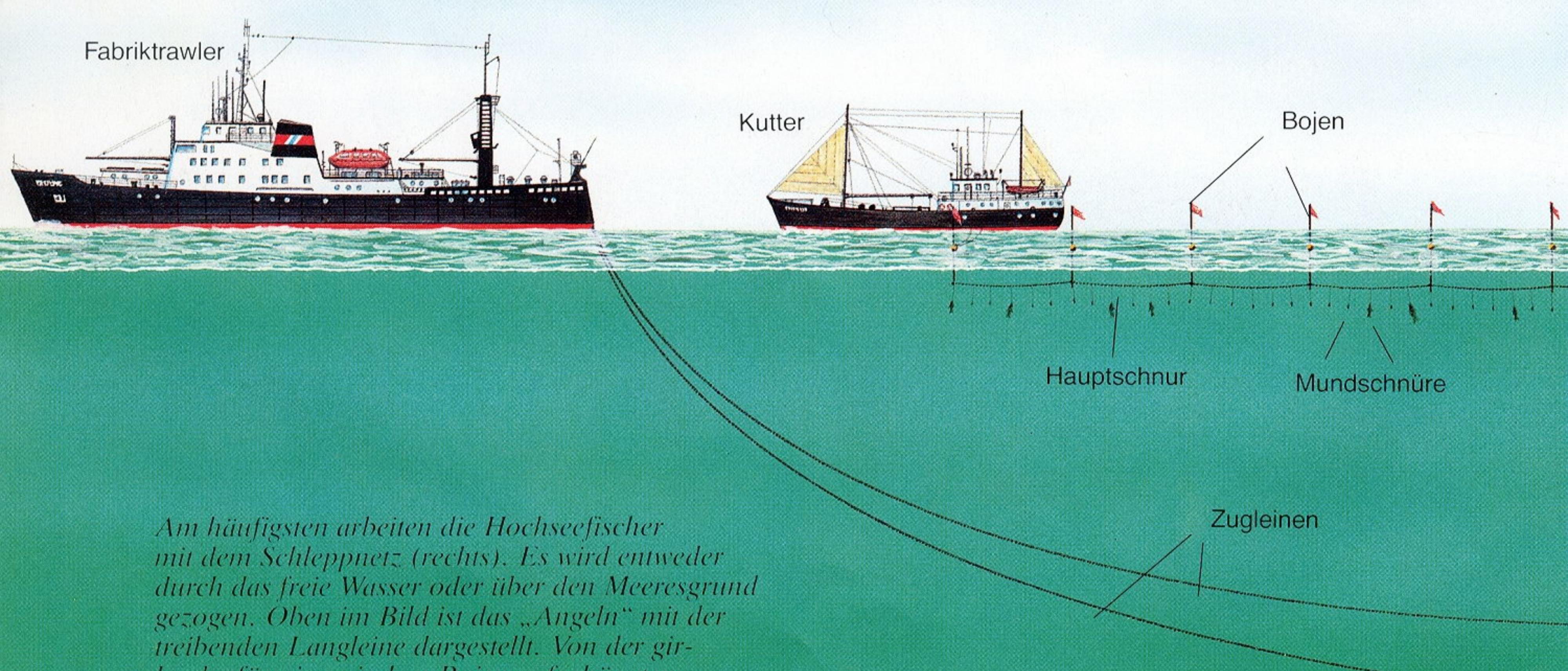
Was ist eine Fischfarm?

land werden seit wenigen Jahren Meerestiere im Wasser gehalten. Marikulturen heißen die Farmen des Meeres.

Muscheln und Krebse züchtet man in ihnen, vor allem aber begehrte Fische, wie Lachse und Regenbogenforellen.

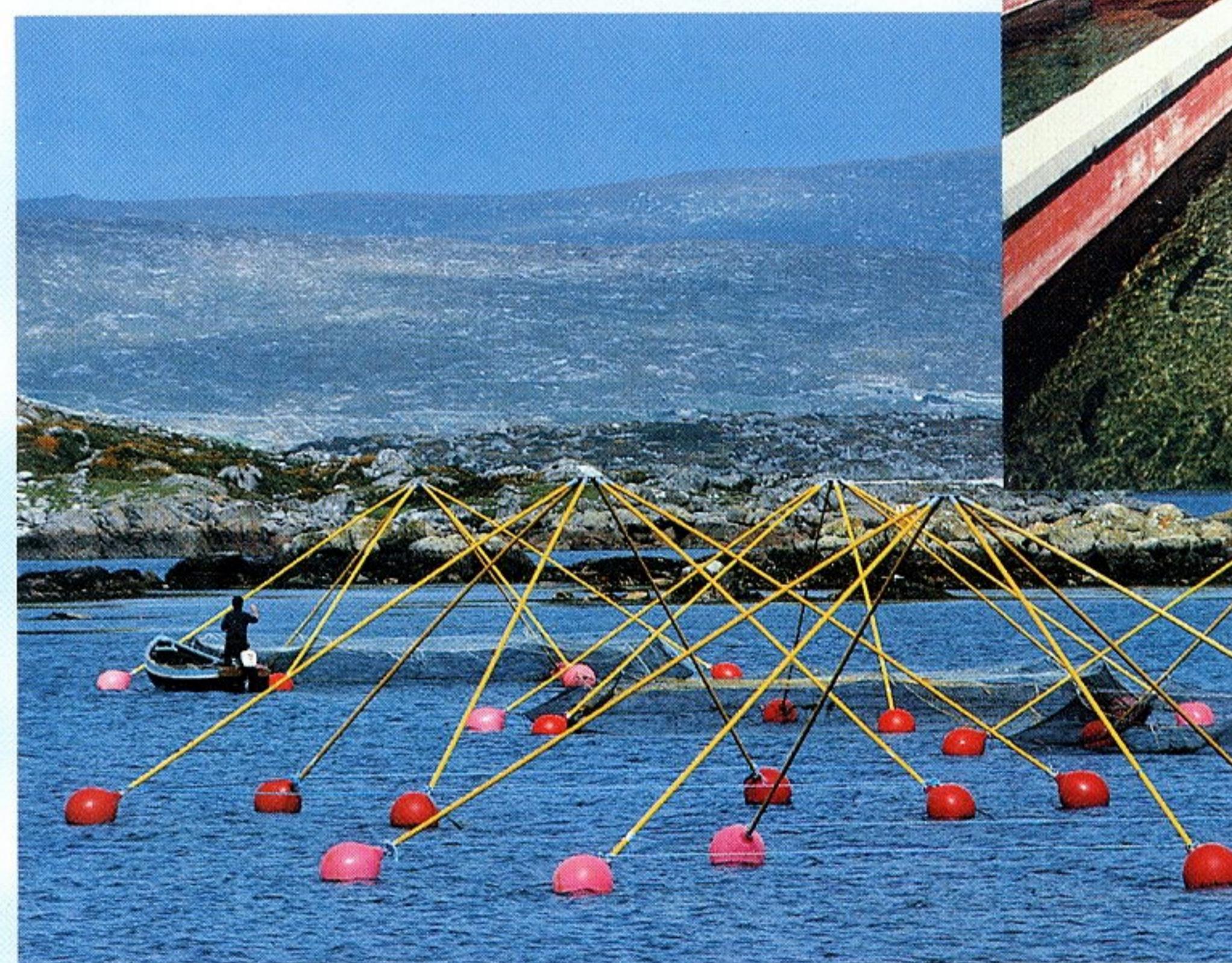
Meeresfischfarmen werden meistens in ruhigen Meereshäfen angelegt. Sie bestehen aus schwimmenden Netzgehegen, in denen in Laichbassins geschlüpfte Jungfische kontrolliert heranwachsen. Während die Meeresfarmer an der deutschen Ostseeküste vor allem Regenbogenforellen mästen, bevorzugt man in Südostasien Milchfische und in Norwegen Lachse. Erfolgreiche Versuche mit Schollen und Seezungen gibt es in Großbritannien. Einige Fischarten, wie Lachse und Stinte, werden nach der Aufzucht mitunter auch ins Meer entlassen, um dort den natürlichen Bestand zu vermehren.

Neuartige Fischfarmen arbeiten in Japan. Dort setzt man in Laichbecken herangezogene Jungfische in Meeresgebieten aus, die mit eßbarem Tang „aufgeforstet“ wurden. Damit die Fische nicht ins offene Meer gelangen können, schließen Schallschranken die Buchten. Auch mit abschirmenden „Vorhängen“ aus Luftblasen, Licht und elektrischen Feldern wird experimentiert.

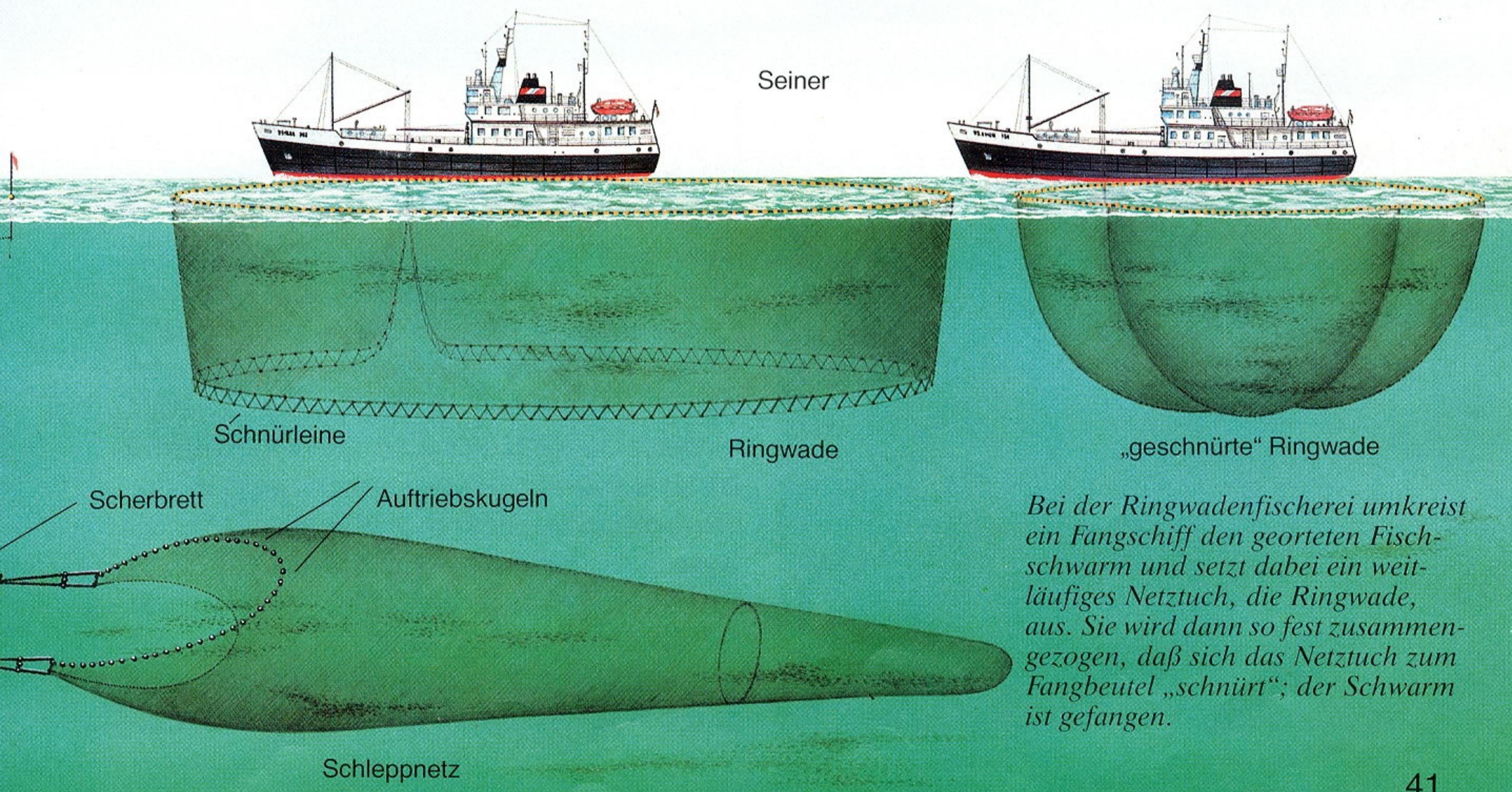


Am häufigsten arbeiten die Hochseefischer mit dem Schleppnetz (rechts). Es wird entweder durch das freie Wasser oder über den Meeresgrund gezogen. Oben im Bild ist das „Angeln“ mit der treibenden Langleine dargestellt. Von der girlandenförmig zwischen Bojen aufgehängten Hauptschnur zweigen die Mundschnüre mit den köderbestückten Haken ab. Die Langleinenfischerei dient in erster Linie dem Thunfischfang.

*Aufzucht von Lachsforellen in einer Fischfarm.
Meist werden die herangewachsenen Fische ins Meer
entlassen, um dort den Bestand zu vermehren.*



In schwimmenden Netzgehegen werden in einer Küstenbucht von Connemara in Irland Lachse gezüchtet.

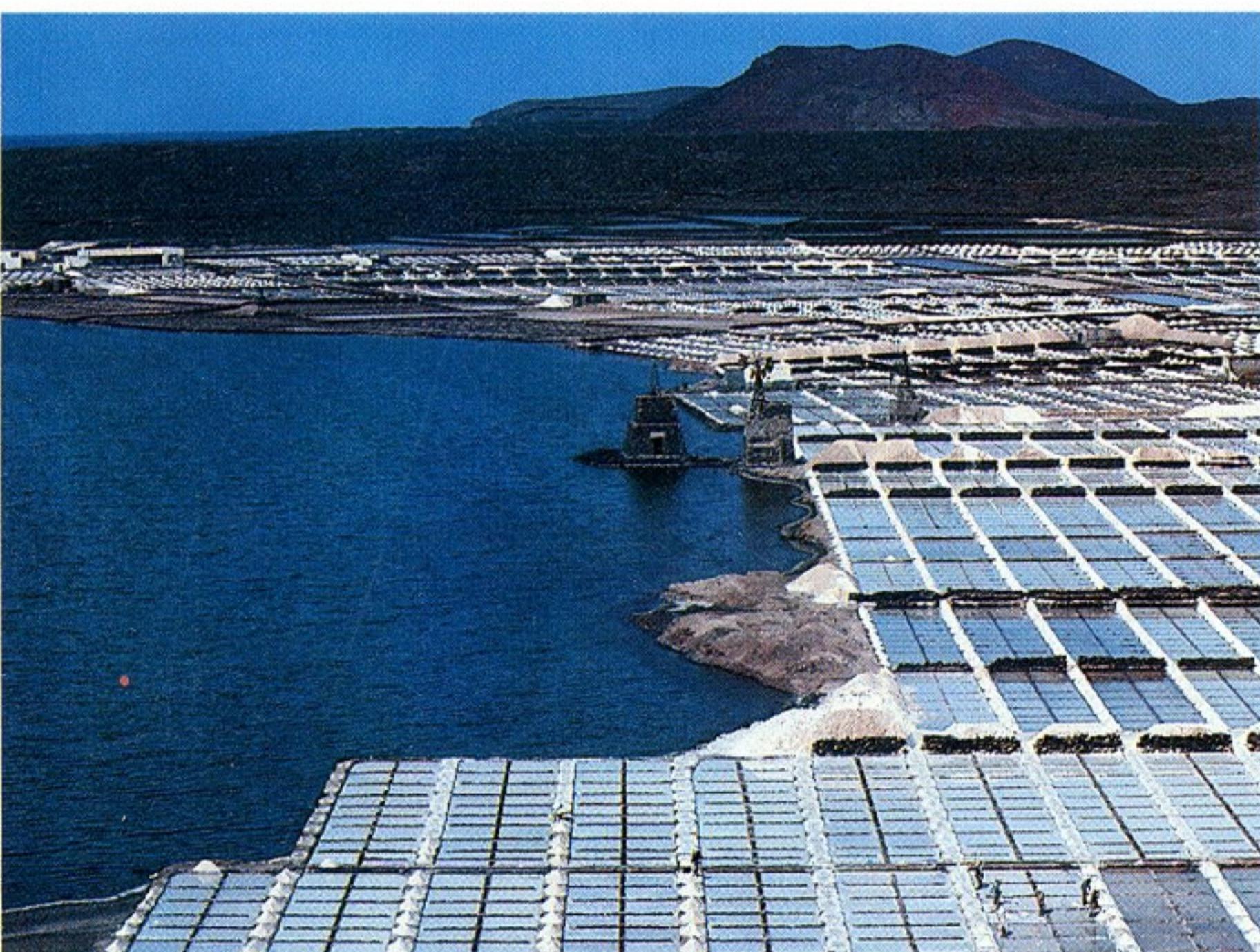


Außer Kochsalz, Magnesium und Brom nimmt sich der Mensch gegenwärtig nur wenig von den im Meerwasser enthaltenen Rohstoffen – der Aufwand entspricht noch nicht dem Nutzen.

Am einfachsten ist die Kochsalzgewinnung. Schon vor Jahrtausenden ließ man vor allem am sonnenreichen Mittelmeer Meerwasser in flachen künstlichen Becken, den Salzgärten, verdunsten. Die zurückbleibenden dünnen Salzschichten wurden mit hölzernen Rechen zusammen gescharrt und in großen Haufen für den Verkauf gespeichert. Beschwerlich war der Transport des Salzes. Auf unwegsamen Pfaden und Straßen – den sogenannten Salzstraßen – legten die Karawanen der Salzhändler oft Tausende von Kilometern zurück.

Noch heute wird vor allem in den arabischen Ländern auf diese Weise Salz gewonnen und dadurch ein Drittel des gesamten Salzbedarfs der Erde gedeckt. Zunehmend entzieht man dem Meerwasser aber auch das Salz, um Trinkwasser zu erhalten. Auch hier ist das älteste Verfahren das gebräuchlichste: Meerwasser wird

„Salzbeete“ einer Meersalzgewinnungsanlage auf der Kanareninsel Lanzarote. In die „Beete“ gepumptes Meerwasser verdunstet in der Sonne.



42

Kann man das Meerwasser nutzen?



Auf Loren wird das bei Valencia (Spanien) gewonnene Meersalz aus der Saline transportiert. Salzteiche am Meer gab es schon im Altertum.

verdampft, wobei sich salzfreies Kondenswasser – also Süßwasser – niederschlägt. Weil man dazu aber beträchtliche Mengen Energie benötigt, ist die Gewinnung von Süßwasser aus dem Meer noch sehr teuer. Und die meisten Länder Afrikas und Arabiens, in denen diese Trinkwassergewinnung notwendig wäre, sind zu arm.

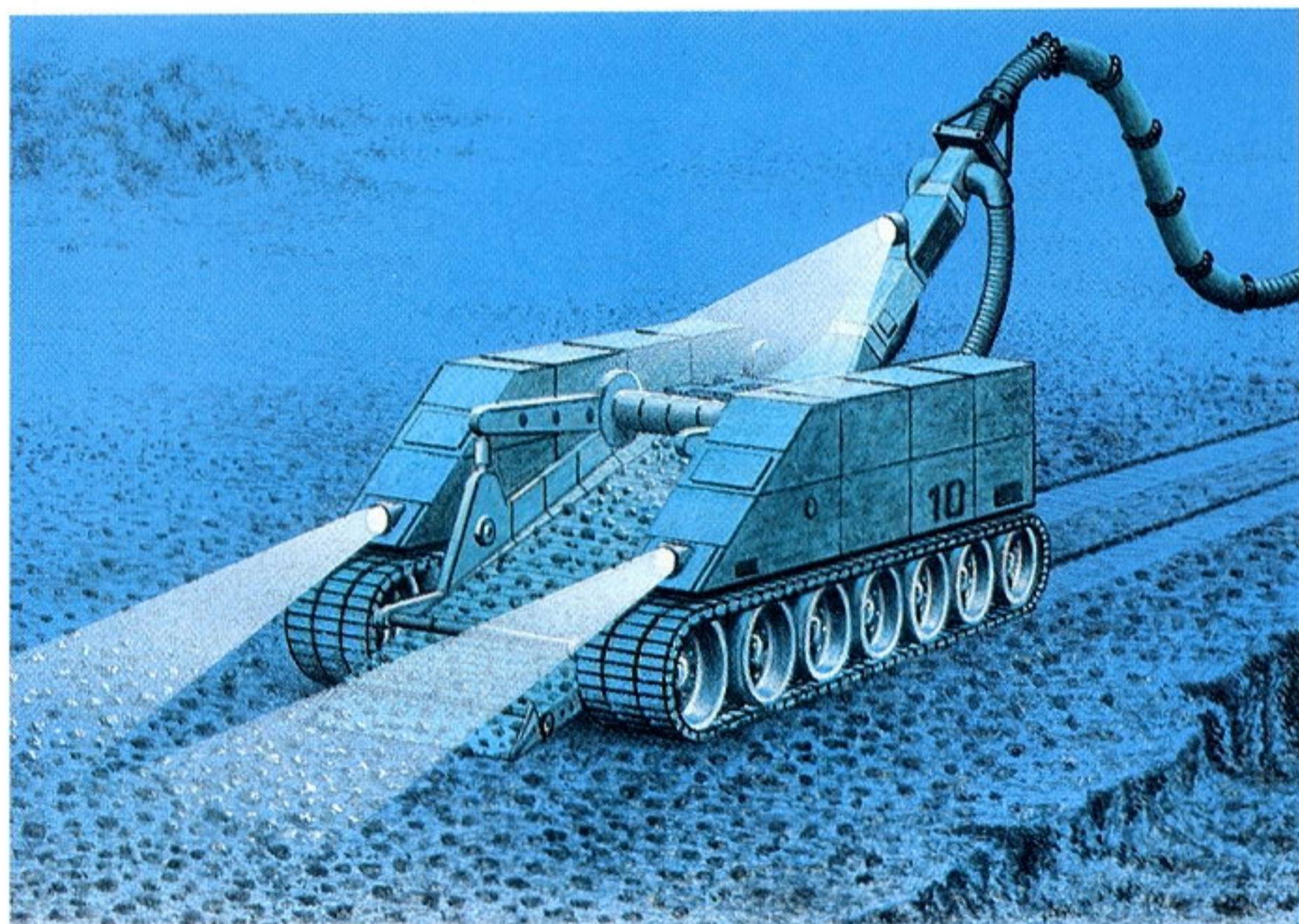
Unermeßliche Schätze breiten sich auch auf dem Meeresboden aus. Am bekanntesten sind die Manganknollen – dunkelbraune bis schwarze, kartoffelähnliche Gebilde. Sie enthalten das für die Stahlveredlung wichtige Mangan, außerdem Eisen, Nickel, Titan und andere Elemente.

Die wertvollsten Knollenvorkommen lagern in landfernen Bereichen des Pazifiks in Wassertiefen zwischen 4 000 und 5 000 Metern. Für ihren schwierigen, aber möglichen Abbau hat man mehrere Verfahren entwickelt. Bei einem dieser Verfahren verbindet ein mit einer mächtigen Pumpe versehener Rohrstrang das Förderschiff mit einem Raupenfahrzeug auf dem Meeresgrund. Der „Erntewagen“ nimmt die Man-

Was sind Manganknollen?

ganknollen zusammen mit Sedimenten und Schlamm auf, sortiert die Knollen aus und pumpt sie über die Rohrleitung zum Schiff. Andere Pläne sehen vor, die Knollen mit geschleppten Schlitten vom Meeresboden abzukehren oder in Grundsleppnetzen aufzusammeln. Auch ein Eimerkettenystem können sich die Konstrukteure vorstellen. Es soll vom Schiff bis zum Meeresgrund reichen.

Das Problem aller Sammel- und Fördersysteme ist der gewaltige Wasserdruck in diesen Meerestiefen. Er führt häufig zu technischen Störungen.



Manganknollenernte auf dem Meeresgrund. Das Raupenfahrzeug nimmt die Knollen auf und trennt sie von Schlamm und Sedimenten. Über eine Rohrleitung gelangen sie zum Schiff.

Der zur Zeit am meisten genutzte Rohstoff

Wie gewinnt man Öl und Gas aus dem Meer?

des Meeres liegt meistens tief unter dem Meeresboden: Erdöl. Entstanden ist es vor Jahrtausenden aus den Resten toter Kleinstlebewesen, die auf den Meeresböden sanken und von Sedimenten luftdicht umschlossen wurden. Bakterien, steigender Druck und Wärme wandelten sie allmählich in Öl um.

Überall, wo unterseeische Erdölvorkommen vermutet werden, wird der Meeresboden sorgfältig untersucht. Dafür benutzt

man Druckwellen: Erkundungsschiffe kreuzen in einem solchen Gebiet und lassen im Wasser Sprengkörper explodieren. Ihr Druck löst am Meeresboden Erdbebenwellen aus. Die Wellen dringen tief in den Untergrund ein und werden zunächst von der Schlamm- und Sandschicht, danach von den folgenden Gesteinsschichten zurückgeworfen. Hochempfindliche Unterwassermikrofone, die Hydrophone, fangen sie auf. Aus den Echos der Druckwellen können die Geologen die Abfolge und den Verlauf der Gesteinsschichten unter dem Meeresboden und sogar Öllagerstätten erkennen. Weil die von den Sprengköpfen erzeugten Schallwellen viele Meeresbewohner gefährden, arbeitet man zunehmend mit Luftdruckstößen. Fachleute sind davon überzeugt, unter dem Meer noch gewaltige Mengen an Öl und Gas zu finden – mehr als auf dem Festland. Ihre Erschließung wird jedoch immer aufwendiger.

Während die ersten Bohrungen im Meer auf seichte Gewässer beschränkt blieben, sind Bohrschiffe heute bereits in Tiefen von mehr als 2000 Metern erfolgreich.

Im Meer gefördertes Öl wird entweder über Rohre an Land gepumpt oder, wenn die Küste weit entfernt ist, mit Tankschiffen abtransportiert.

Bohrinsel in der Nordsee. Gegenwärtig wird vor den Küsten von mehr als sechzig Ländern der Erde Erdöl gesucht.





Neben dem erschöpflichen Erdöl verfügt

**Läßt sich
Energie
aus dem Meer
gewinnen?**

das Meer auch über eine unerschöpfliche Energiereserve. Sie steckt in der gewaltigen Kraft seiner Wellen, Strömungen und Gezeiten. Allein aus dem ständigen Wechsel von Ebbe und Flut ließen sich weltweit 8 Billionen Kilowatt Elektrizität erzeugen. Das ist hundertmal mehr als die gegenwärtige Leistung aller Wasserkraftwerke. Leider eignen sich nur wenige Küsten, um Meeresenergie in Strom umzuwandeln. Das erste große Gezeitenkraftwerk arbei-

Schnitt durch ein Gezeitenkraftwerk. Im Vordergrund eine der zahlreichen, unter der Wasserlinie angebrachten Turbinen. Bewegt von den Strömungen der Ebbe und Flut, treiben die Turbinen Generatoren an.

tet seit 1966 an der französischen Kanalküste. Ein Staudamm riegelt hier die Mündung des Flüßchens Rance vom Meer ab. Der Damm wird von mehreren Röhren durchbrochen. Sie verlaufen unterhalb der Wasserlinie und enthalten je eine Turbine. Das auf- und ablaufende Wasser des Gezeitenstroms treibt diese Turbinen an. Gezeitenkraftwerke sind nur bei extremem Tidenhub sinnvoll. In der Rance-Mündung beträgt er zwischen 8 und 13 Metern. Am höchsten steigt das Wasser in der kanadischen Fundy Bay. Dort ist ein sehr leistungsfähiges Gezeitenkraftwerk vorgesehen.

Auch Versuche, die Energie von Wellen für die Stromerzeugung zu nutzen, gibt es. Dabei wird in einer Betonkammer Luft durch die Auf- und Abbewegung des Seeganges so in Schwingung versetzt, daß sie eine Turbine antreibt. Damit die Wellenkraftwerke auch starken Brandungen widerstehen können, müssen sie sehr fest gebaut sein. Noch schwieriger ist es, die Energie von Meereströmungen oder das 22 Grad Celsius betragende Temperaturgefälle zwischen bodennahem und Oberflächenwasser in tropischen Meeren in Elektrizität umzusetzen. Doch auch mit solchen Problemen befassen sich die Fachleute.

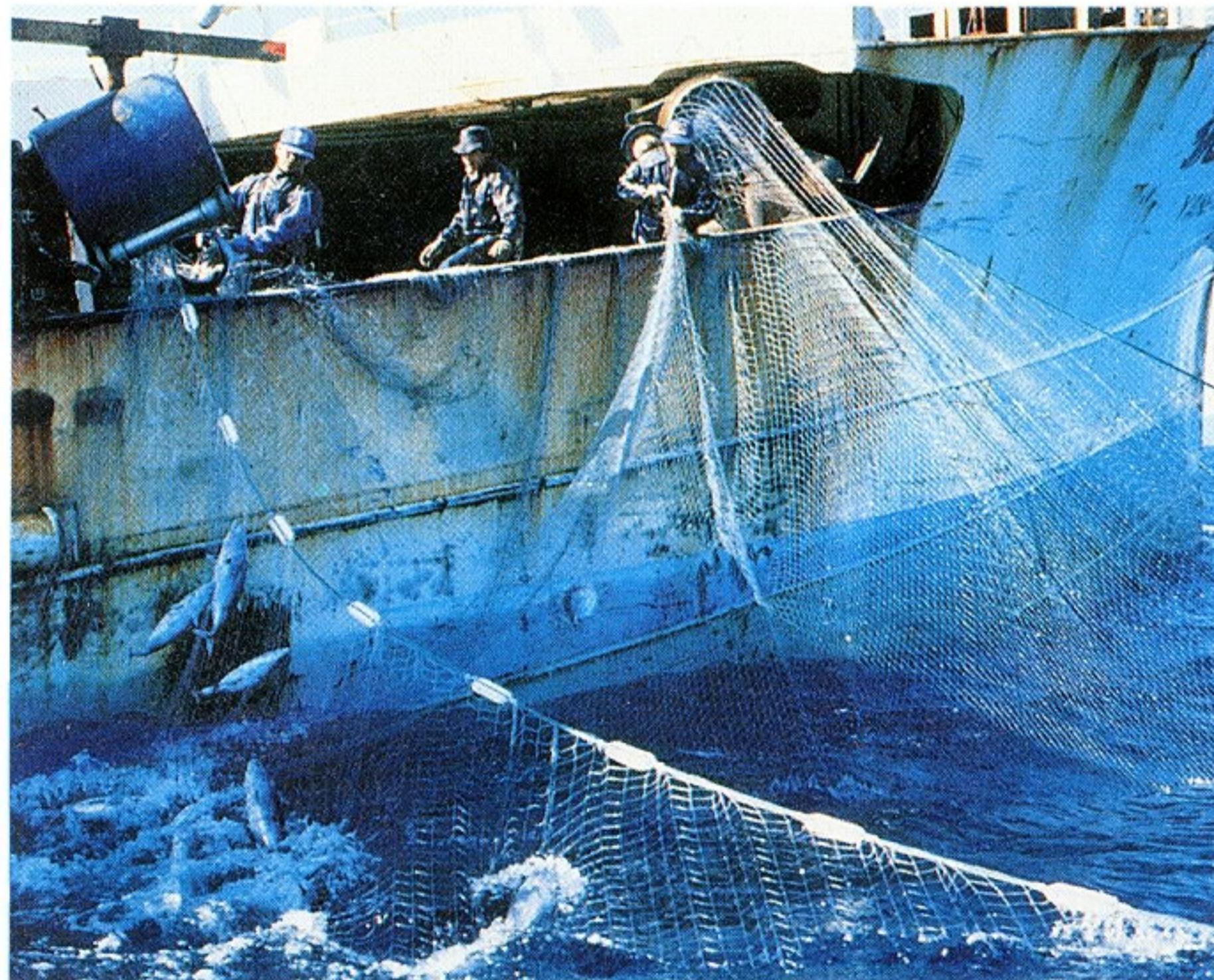
Schutz des Meeres

Unendlich groß erscheinen uns die Ozeane und unerschöpflich ihr wertvollster Schatz, die Fische. Diese Behauptung stimmt – wenn der Mensch

dem Meer stets nur so viel Fische entnimmt, wie im gleichen Zeitraum wieder heranwachsen. Mit immer größeren Schiffen und raffinierteren Fangtechniken wird diese Grundregel aber zunehmend verletzt. Im Nordatlantik führte die jahrelange, zügellose Jagd auf den Hering sogar zu einem Zusammenbruch der Fischerei. Ähnliches ist im Nordpazifik zu erwarten. Dort gefährden Raubfischer mit kilometerlangen Treibnetzen die letzten Thunfischbestände.

Nur wenn es gelingt, den Fischfang weltweit zu steuern, können die Meere und Ozeane vor einem weiteren Überfischen geschützt werden. Deshalb wurden für fast alle Meeresgebiete internationale Fischereikommissionen gebildet. Sie sollen hel-

Ein Treibnetz wird eingezogen. Häufig ist es eine Todesfalle nicht nur für die begehrten Fische, sondern auch für andere Tiere – zum Beispiel diesen Delphin. Er ertrank im Netz.



UNO für Verbot von Treibnetzen ab 1993

New York. AFP/eb

Die UN-Vollversammlung hat am Freitag zum Abschluß ihrer 46. Sitzung einstimmig eine Resolution verabschiedet, die die Mitgliedsstaaten auffordert, den Fischfang mit großen Treibnetzen bis 1993 einzustellen. Mit Ausnahme von Japan, Korea und Taiwan hatten sich alle anderen Staaten bereits früher darauf verständigt, die Treibnetzfischer einzuschränken. In der Resolution werden alle Fischfangflotten aufgefordert, bis zum 30. Juni 1992 den Einsatz der Treibnetze um 50 Prozent zu reduzieren. Vom 1. Januar 1993 an soll ein Moratorium auf allen Meeren gültig werden.

Nur ein weltweites Verbot des Einsatzes von Treibnetzen kann die Raubfischer stoppen.

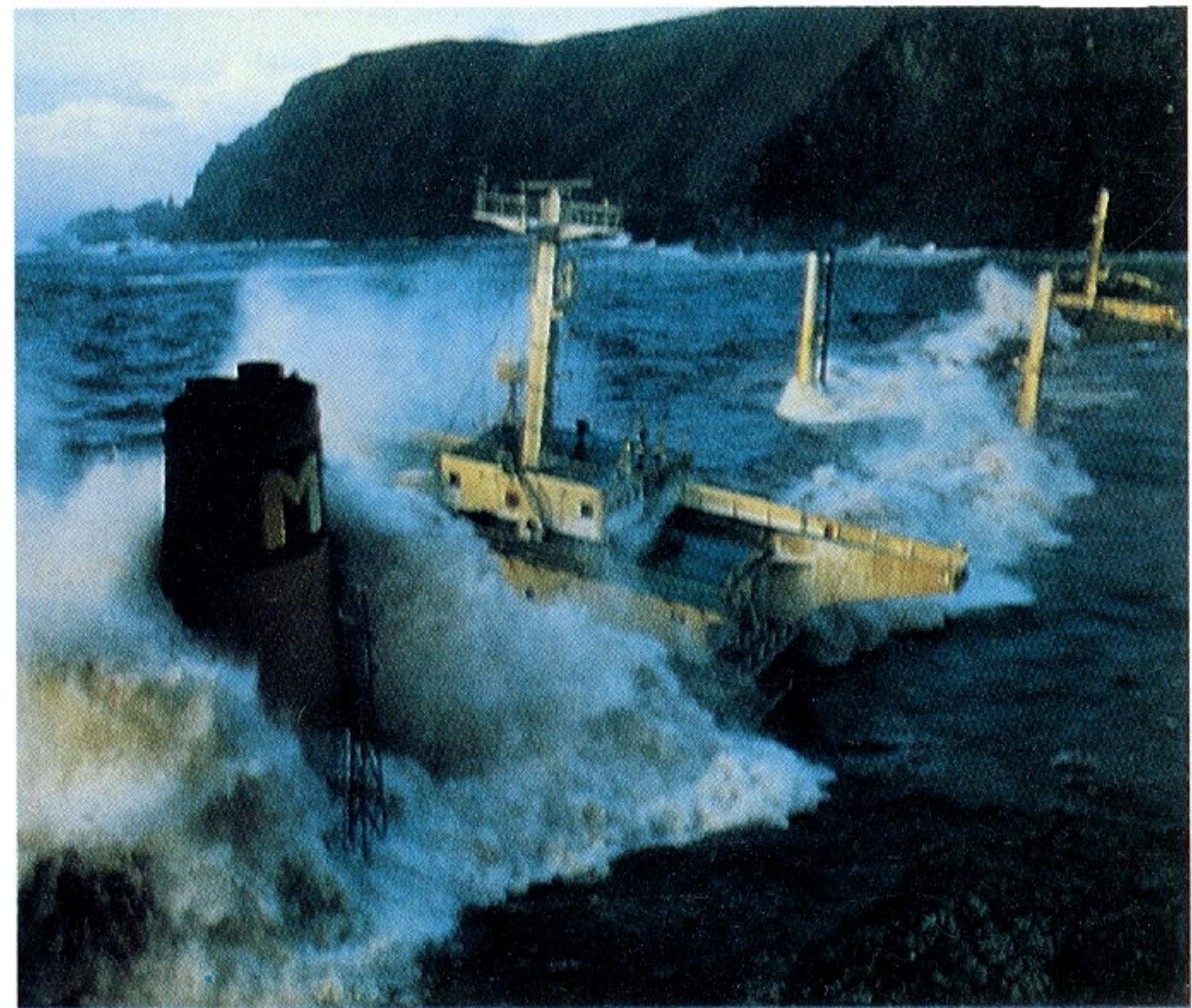
fen, die Fischbestände sinnvoll zu bewirtschaften. Dazu gehört, für die jeweilige Fischart Gesamtfangmengen, Schonzeiten und auch die Maschengrößen der Netze festzulegen. Fischereiinspektoren kontrollieren, ob die Vereinbarungen eingehalten werden.



Eine große Gefahr für das Meer ist das

Was ist eine Ölpest?

vom Menschen geförderte Erdöl. Tausende von Tankschiffen transportieren es kreuz und quer über die Ozeane. Immer dann, wenn eines von ihnen verunglückt, droht vor allem den nahe gelegenen Küstengebieten eine Katastrophe. Das auslaufende Öl wird von Wind und Strömungen an die Küsten getrieben, vernichtet die Fanggründe der Fischer, erstikkt das Tier- und Pflanzenleben und verschmutzt die Strände. Viele Jahre kann es dauern, bis die Spuren einer solchen Katastrophe beseitigt sind und die Natur sich wieder erholt hat. Deshalb versucht man, das ausgelaufene Öl so schnell wie möglich mit Spezialschiffen abzusaugen. Barrieren aus schwimmenden Schläuchen sollen Fanggründe, Badestrände und Anlagen zur Süßwassergewinnung schützen. Möglich ist auch, das Öl auf See zu verbrennen oder mit chemischen Mitteln zu bekämpfen. Beides schadet der Meeressumwelt mitunter jedoch noch mehr als das Öl. Ungeduldig verfolgen Fachleute



An den Klippen vor den Shetland-Inseln brach im Januar 1993 der Tanker „Braer“ auseinander. Das auslaufende Öl verursachte erhebliche Schäden.

deshalb Versuche, „ölfressende“ Bakterien zu züchten, um diese dann bei Tankerunfällen einsetzen zu können.

Eine große Umweltgefahr sind auch die Havarrien auf den zahlreichen Bohrinseln und die schleichende Verseuchung der Meere durch das Ausspülen von Schiffstanks auf hoher See.



Mit heißem Druckwasser wird versucht, die ölverschmutzte Küste am Prince William Sound in Alaska nach dem Unfall des Supertankers „Exxon Valdez“ 1989 zu reinigen.

Alljährlich verschmutzen 3 bis 4 Millionen

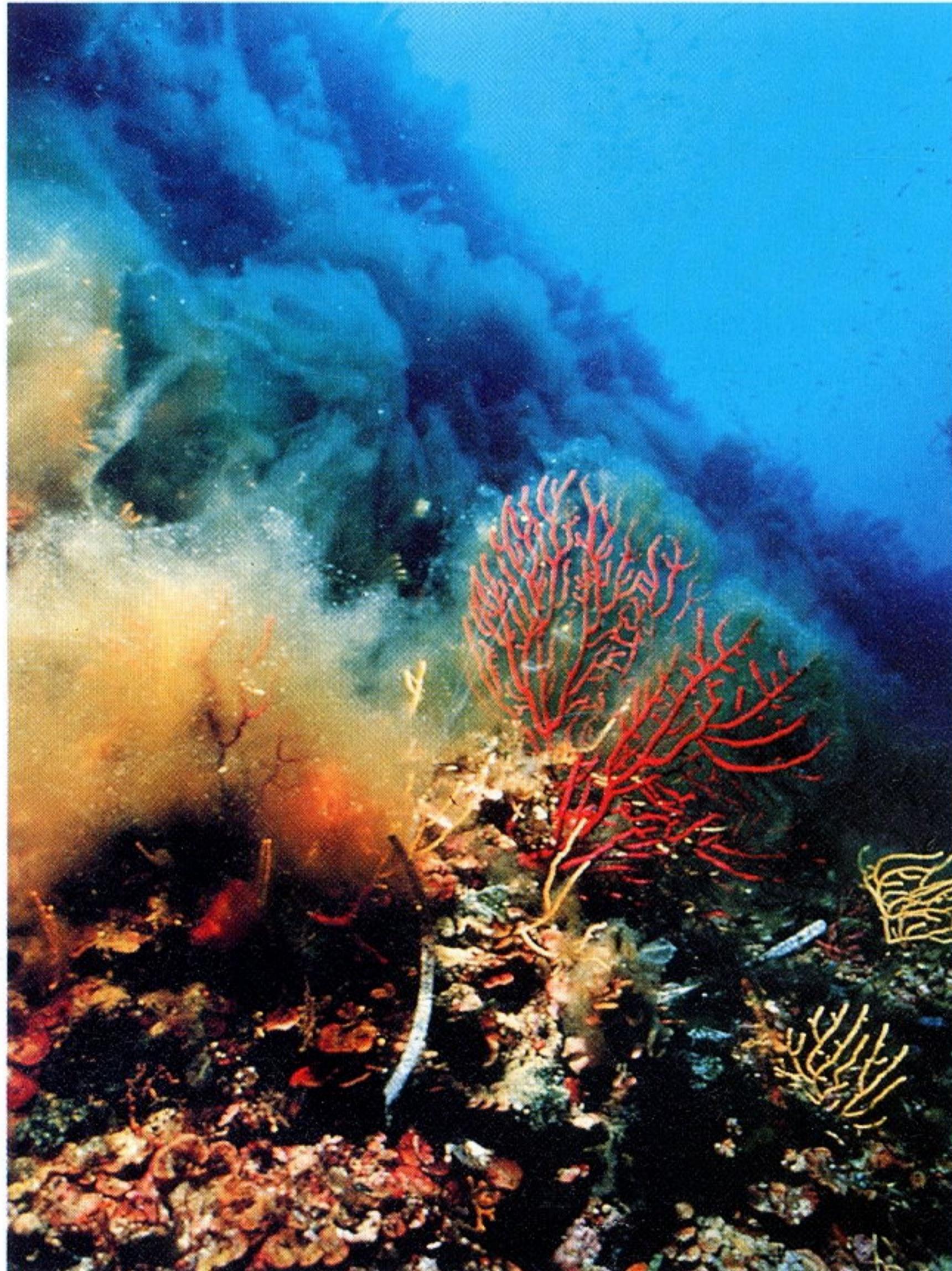
Gibt es kranke Meere?

Tonnen Öl die Meere und Ozeane. Diese Menge genügt, um 20 riesige Tankschiffe zu füllen. Allein 10 Prozent davon, über

300 000 Tonnen, gelangen in das kleine Mittelmeer. Doch das zähe und klebrige Öl ist bei weitem nicht die einzige Belastung dieses Gewässers.

Die französische Hafenstadt Marseille beispielsweise spült täglich mehr als 200 000 Kubikmeter Küchen- und Toilettenabfälle ins Mittelmeer. Aber Marseille ist lediglich eine der Millionenstädte an der Küste. Rom, Athen, Istanbul, Algier und Barcelona sowie weitere 120 Großstädte verfahren ähnlich: Tag und Nacht sprudeln die Abwässer ihrer Bewohner und zahlreicher Touristen zumeist ungereinigt ins Meer.

Algenpest im Mittelmeer. Fadenalgen ersticken jedliches Leben rund um die Korallen. Schuld ist die anhaltende Meeresverschmutzung.



Hier macht das Baden keine Freude mehr. So sieht es aus, wenn das Wasser eines Strandes unter der Algenplage zu leiden hat.

Zusammen mit den schädlichen Industrierückständen vergiften sie die Tier- und Pflanzenwelt und entziehen ihr den lebensnotwendigen Sauerstoff. Weil es in dem verschmutzten Wasser von gefährlichen Krankheitserregern nur so wimmelt, darf an manchen Stränden nicht mehr gebadet werden.

Das Mittelmeer (siehe Seite 12/13) ist nur durch eine schmale Meerenge mit dem Atlantischen Ozean verbunden. Deshalb dauert es sehr lange, bis sich sein Wasser einmal erneuert hat. Meeresbiologen sprechen von 80 bis 100 Jahren, so lange können die Giftstoffe also in ihm wirken. Die schweren Verunreinigungen haben das Mittelmeer schon heute zu einem kranken Gewässer gemacht.

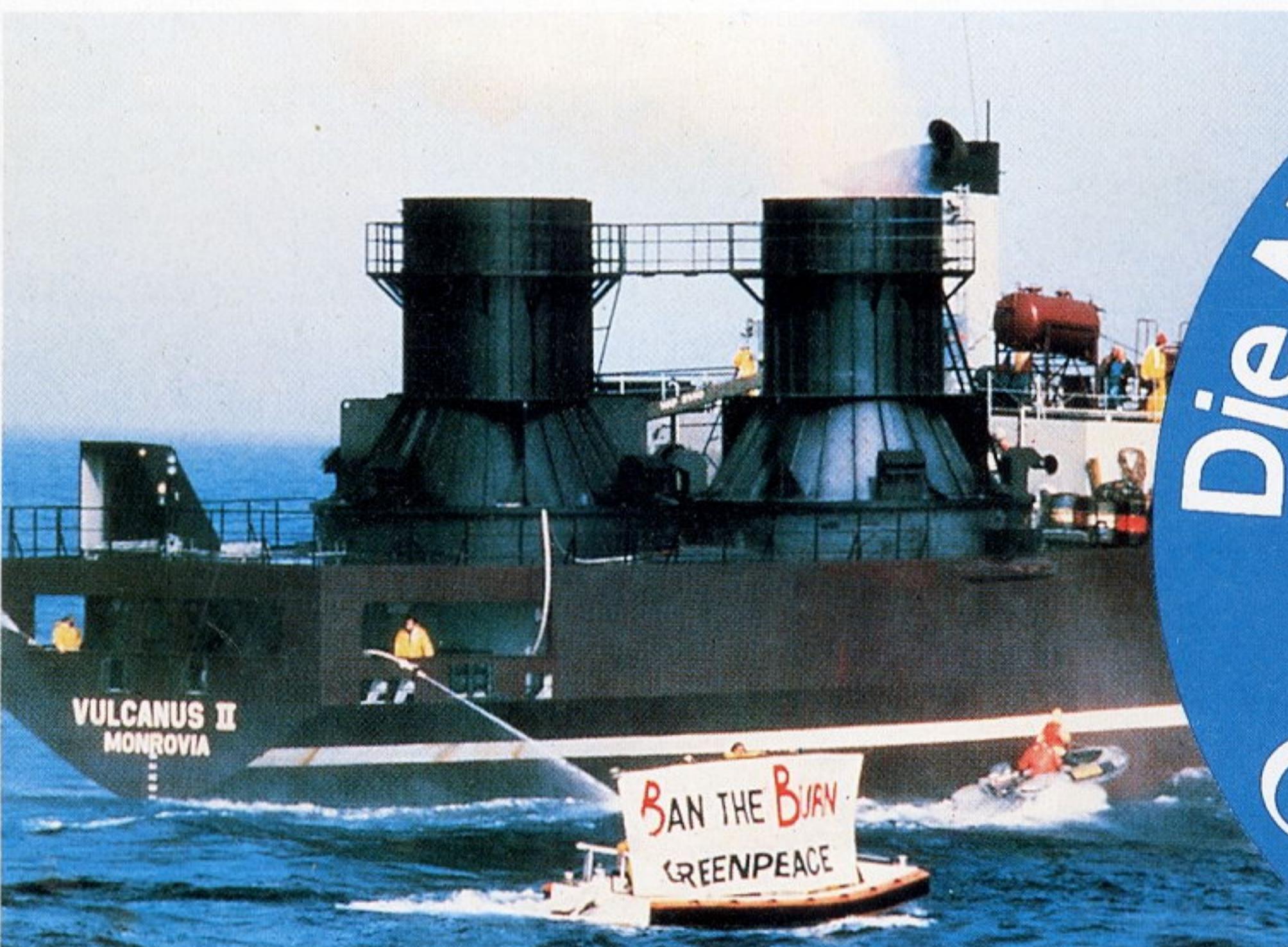
Ähnlich gefährdet ist die Ostsee. Auch sie wird von ihren Anliegerländern rücksichtslos als Abwasserbecken missbraucht. Dabei lässt sich Abwasser so weit reinigen, bis es wieder kristallklar wird!

Theoretisch ist das recht einfach: Jeder, der Raubfischerei betreibt, eine Ölpest verursacht oder das Meer verschmutzt, müßte streng bestraft werden. Aber die Interessen der einzelnen Küstenländer sind zu unterschiedlich. So wird es wohl noch lange Jahre dauern, bis die Politiker für alle Staaten der Erde gleichermaßen geltende Gesetze und Verträge zum Schutz des Meeres geschaffen haben und für deren Einhaltung sorgen können.

Weit wichtiger als sämtliche staatlichen Übereinkommen aber ist dies: Wir alle müssen schnellstens das Weltmeer als weder unendlich noch unverwüstlich, sondern als sehr empfindlich und störungsanfällig begreifen. Oft ist es dann nur eine kleine Mühe, sich auch entsprechend zu verhalten. Dem Meer hilft nämlich schon sehr, wer sein Leben ein klein wenig ändert, wer phosphatfrei wäscht und umweltschonend heizt, wer Sondermüll trennt, kein Einweggeschirr verwendet und Lebensmittel möglichst aus kontrolliertem Anbau kauft ...

Wer möchte, kann sich auch einem

Mutige Aktion von Greenpeace gegen die Verbrennung von Müll auf einem Spezialschiff über der offenen Nordsee.



Dünnsäure aus der Farbstoffproduktion wird häufig noch in die Nordsee verklappt. Diese billige Entsorgung kann uns alle teuer zu stehen kommen.

„Greenteam“ anschließen. Diese Umweltgruppen für Kinder und Jugendliche gibt es in Deutschland seit 1990. Sie arbeiten eng mit der internationalen Umweltschutzorganisation Greenpeace zusammen. Greenpeace kämpft mutig auch für das Meer und seine Bewohner. Sicher hat jeder schon von solchen Greenpeace-Aktionen, wie „Die Nordsee muß leben“, gehört. Auch andere Organisationen sind hier aktiv, beispielsweise die Gesellschaft zum Schutz der Meeressäugetiere mit ihrer Aktion „Rettet die Wale“. Noch viele weitere werden folgen müssen, um dem Meer und somit auch uns zu helfen!

