

Lehrbuch der Allgemeinen Geographie
Band 5, Teil 1

Lehrbuch der Allgemeinen Geographie

Begründet von Erich Obst
Herausgegeben von Josef Schmithüsen

Autoren der bisher erschienenen Einzelbände

J. Blüthgen †, Münster; K. Fischer, Augsburg;
H. G. Gierloff-Emden, München; Ed. Imhof, Zürich;
H. Louis, München; E. Obst, Göttingen; J. Schmithüsen, Saarbrücken;
S. Schneider, Bad Godesberg; G. Schwarz, Freiburg i. Br.;
M. Schwind, Hannover; W. Weischet, Freiburg i. Br.; F. Wilhelm, München



Walter de Gruyter · Berlin · New York 1980

Geographie des Meeres Ozeane und Küsten

von

H. G. Gierloff-Emden

Teil 1



Walter de Gruyter · Berlin · New York 1980

Autor

Prof. Dr. rer. nat. Hans-Günter Gierloff-Emden
Lehrstuhl für Geographie und
Geographische Fernerkundung
Institut für Geographie der
Ludwig-Maximilians-Universität München
Luisenstraße 37
8000 München 2

Der Teil 1 enthält 324 Abbildungen und 1 Ausschlagtafel

Der Teil 2 enthält 290 Abbildungen und 1 Ausschlagtafel

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Lehrbuch der allgemeinen Geographie / begr. von Erich Obst. Hrsg. von Josef Schmithüsen. Autoren d. bisher erschienenen Einzelbd. J. Blüthgen . . . – Berlin, New York: de Gruyter.

NE: Obst, Erich [Begr.]; Schmithüsen, Josef [Hrsg.]; Blüthgen, Joachim [Mitarb.] Bd. 5. – Gierloff-Emden, Hans-Günter: Geographie des Meeres.

Gierloff-Emden, Hans-Günter:

Geographie des Meeres: Ozeane u. Küsten / von Hans-Günter Gierloff-Emden. – Berlin, New York: de Gruyter. Teil 2. – 1979.

(Lehrbuch der allgemeinen Geographie; Bd. 5)
ISBN 3-11-007911-9

© Copyright 1979 by Walter de Gruyter & Co., vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung, Georg Reimer, Karl J. Trübner, Veit & Comp., Berlin 30. Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Photokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Printed in Germany. Satz und Druck: Kupijai & Prochnow, Berlin. – Bindearbeiten: Mikolai, Berlin.

Vorwort

Das Meer als Raum des Planeten Erde

Die Erde ist der einzige „Wasserplanet“ unseres Sonnensystems. Das Meer bedeckt rund sieben Zehntel der Erdoberfläche. Als eine verhältnismäßig dünne Haut hat das Meer eine sehr große Reaktionsfläche und ist damit von größter Bedeutung für das Klima und das biogene Geschehen der Erde. Der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre wird durch die Sauerstoffproduktion der Algen des Meeres in bedeutendem Maße stabilisiert.

Das Meer als Umwelt ist — wie zum Beispiel Inlandeis, Wüsten, Hochgebirge, tropische Urwälder — einer der letzten großen Naturräume des Planeten Erde, die in unserer Zeit, im 20. Jahrhundert, vom Menschen beeinflusst, verändert, vernichtet werden. Das Meer steht mit Veränderungen auf den Kontinenten wie Desertifikation über Wasserhaushalt und Klima in einem engen Wirkungszusammenhang. Dieser Wasser-, der Wärme- und der Sedimenthaushalt werden durch anthropogene Maßnahmen wie Aufstau (Nil) oder Umlenkung (Dwina — Wolga) verändert; klimatische Veränderungen, wie sie auf der Weltklima-Konferenz 1979 diskutiert wurden, sind die Folgewirkungen.

Zum Thema „Geographie des Meeres“

Die Geographie des Meeres befaßt sich mit dem Weltmeer, d. h. mit den Ozeanen und den Küsten als Umwelt. Es werden die allgemeinen Erscheinungen und Prozesse im Raum und die Eigenart besonderer Räume, wie die Küsten, behandelt. Bei der Untersuchung zum Beispiel der Gezeiten steht hier nicht die physikalische Theorie im Vordergrund, sondern die durch die Gezeiten bedingte Landschaft: das Watt. Ebenso steht bei der Abhandlung der Wellen nicht ihre Hydrodynamik im Mittelpunkt des Interesses, sondern ihre Bedeutung für die Gestaltung der Küsten und für die Schifffahrt. Den Begriff „marine Landschaftskunde“ hat G. Böhnecke [1962] eingeführt. Marine Landschaftskunde bedeutet die umfassende Betrachtung der Meeresräume, die neben den naturwissenschaftlichen Sachverhalten auch die anthropogeographischen Fakten einbezieht.

Die „Geographie des Meeres“ ist eine Darstellung eigener Art, die neben den Lehrbüchern der „Allgemeinen Meereskunde“ zu nutzen ist. Dem Fach Geographie kommt in der Lehre die Aufgabe des Transfers von Sachverhalten der Erdwissenschaften zu. Die Meereskunde, in ihrer Entwicklung einstmals auf

praktische Belange der Seefahrt ausgerichtet (Maury), ist zu einer komplexen, weitverzweigten Großwissenschaft geworden, die sich in mehrere Richtungen entwickelte, in geophysikalische, chemische und biologische Disziplinen mit speziellen Zweigen wie Technologie und Bionik. In der Gegenwart gehören die anthropogene Beeinflussung von Ozeanen und Küsten als den Räumen der Umwelt des Menschen, die so problematisch geworden ist, und die Wechselwirkung zwischen dieser Beeinflussung und dem Naturraum in den Vordergrund der Betrachtung. Es handelt sich um einen multidisziplinären Gehalt, der unter dem Aspekt der Erscheinungen, Prozesse und Wechselwirkungen in räumlicher Ordnung als ein geographischer besteht. Allgemeine Aspekte räumlicher Forschung und räumlicher Ordnung sind gültig: Formenwandel, regionale Einheiten, Milieus; Physiotope und Ökotope wie: Watt, Ästuar, Felsufer, Auftriebswasserregion.

Noch in der Zeit von 1900 bis 1940 gehörte die Behandlung des Meeresraumes zum Selbstverständnis der Geographie, vertreten mit Arbeiten deutscher Geographen wie O. Krümmel, E. v. Drygalski, W. Meinardus, L. Mecking, R. Lütgens, E. Fels, Th. Stocks, F. Nusser, J. Büdel. In engem Kontakt zur Wissenschaft der Geographie standen die Ozeanographen: A. Defant, G. Wüst, G. Böhnecke, G. Dietrich. Diese Verbindung besteht heute leider nicht mehr. K. H. Paffen [1964]: „Maritime Geographie“ weist in seiner Arbeit darauf hin, daß sich die Geographie als Wissenschaft nur des Festlandes entwickelt hat und die „Geographie des Meeres“ in Forschung und Lehre kaum behandelt wurde; das ist auch die Ursache dafür, daß der Bestand an Büchern, Meeresatlanten und Zeitschriften in den Bibliotheken Geographischer Institute zu diesem Thema zumeist so gering ist.

Das Meer und die Küste als Forschungsgegenstand

Die Meereskunde hat sich in Grundlagenforschung und anwendungsbezogenen technischen Fachrichtungen zu einer weit verzweigten interdisziplinären Wissenschaft entwickelt. (Eine solche Entwicklung hat auch die Geographie erfahren.) Die Entwicklung der Meeresforschung darzustellen, ist zum Verständnis des Stoffes der Geographie des Meeres unbedingt erforderlich (Kap. 4).

Die moderne Meeresforschung ist rund 100 Jahre alt. Ihr Beginn wird allgemein in das Jahr 1872 datiert, in dem das Schiff „Challenger“ seine Forschungsreise um die Erde antrat. Mit dem Tiefseebohrschiff „Glomar Challenger“, das um 1970 seine Tätigkeit aufnahm, begann die intensive Erforschung der tieferen Schichten des Ozeanbodens. Das globale System der Mittelozeanischen Rücken wurde entdeckt. Als revolutionäre Neuerungen in der Erforschung der Ozeane wirkten sich die Nachrichtentechnik und die Weltraumfahrt mit Fernerkundungsmethoden mit Satelliten aus. Damit konnten synoptische Aufnahmen, z. B. der Packeisregion der Polarzone, gewonnen werden. Die Fernerkundungsmethode und ihre Ergebnisse für die Ozeane und die Küsten wurden in diesem Buch verwendet (Kap. 6—11).

Das Meer ist vergleichbar mit einem Patienten auf der Intensivstation: Es liegt an zahlreichen Kabeln und Schläuchen, von denen meßbare Parameter zur Datenbank geliefert werden. Aus ihnen lassen sich Erkenntnisse gewinnen; ein Gesamtbild der Krankheit und des „Meßobjektes“ liefern sie jedoch nicht. Aus einer Modellrechnung auf so gehobener Ebene werden Prognosen möglich, als Entscheidungshilfen für wirtschaftliche und politische Maßnahmen werden so gewonnene „Scenarios“ erstellt.

Die im Meer ablaufenden Prozesse sind vielgestaltig, die Wechselwirkungen zu einem großen Teil nicht linear, zu einem großen Teil irreversibel. Da anthropogene Wechselwirkungen in bezug auf diese Kategorien bestehen und die Verhältnisse auch regional-spezifischen Charakter haben, sollte auch die Geographie ihren Beitrag zur Forschung leisten. Die Meeresforschung ist aufwendig; sie erfordert einen großen Einsatz an Personal, Material und an finanziellen Mitteln. Sie ist nur in einigen Bereichen spezieller Forschungszweige quantifizierbar wie in der Korrelation zu marktfähigen Gütern wie Erdöl, Minerale (Kap. 6—8, 11). Der hohe Aufwand der Meeresforschung an kollektiven Gütern wie Schadensverhütung, Küstenschutz, Wettervorhersage ist nicht quantifizierbar.

Es ist dringend an der Zeit, die mit hohem Aufwand gewonnenen Erkenntnisse über das Meer als Lebensraum konsequenter als das bis jetzt der Fall war, zu seiner Erhaltung anzuwenden, und das heißt in erster Linie, das erreichte Wissen hinreichend bekannt zu machen. Die vorliegende Veröffentlichung soll der Information über das Weltmeer, seinen Ozeanen und seinen Küsten als Lebensraum dienen und hofft, einen breiten Kreis von Interessenten anzusprechen.

Ozeane und Küsten als Wirtschafts- und als Freizeitraum

Die Bedeutung des Meeres als Umwelt hat in den letzten Jahren ständig zugenommen und wird in der Zukunft noch weiter zunehmen: als Träger eines riesigen Vorrats an Mineralien und Energievorkommen, als Erholungsraum und als Verkehrsträger. Die seit jeher bestehende Funktion des Meeres als Verkehrsweg wird weiter ausgebaut werden; einige Verkehrswege des Meeres haben schon jetzt eine den Autostraßen vergleichbare Verkehrsdichte. Mit dem Seeverkehr werden 90 % des globalen Frachtaufkommens bewältigt, von der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1978 144 Mio. t. Diese muß, um ihre gegenwärtige Lebenshaltung aufrecht zu erhalten, täglich mit mehr als 300 000 Tonnen Gütern versorgt werden, die über die Ozeane herangeschafft werden. Das Thema „Meer“ ist dementsprechend von großer Aktualität. Das drückt sich schon in der Tagespresse aus: Es vergeht kaum ein Tag, an dem nicht über mindestens einen Aspekt des Meeres berichtet wird. Die Meldungen berühren Fragen der Schifffahrt, Fischerei-Konflikte, die Ausrottung ganzer Arten von Meerestieren wie Robben und Wale sowie die Dezimierung einiger Fischarten

in bestimmten Fanggründen, Rohstoffgewinnung (Minerale, Erdöl), Süßwassergewinnung, Energieerzeugung, Beeinflussung des Klimas (Eiszeit- oder Warmzeittrend?), Rechtsverhältnisse, Meeresforschung, Freizeit und Erholung, Verunreinigung und Verseuchung des Meeres durch gefährliche, schwer abbaubare Pflanzenschutzmittel, durch Industriegifte, Ölpest und radioaktive Abfälle, die ins Meer versenkt werden (Kap. 7), Katastrophen wie Erdbeben, Seebeben, Tsunamis (Kap. 6), Stürme (Kap. 7), Vereisung (Kap. 8), wie im schweren Eiswinter 1979 in der Ostsee. Und schließlich steht das Meer im Streitfeld wirtschaftlicher und militärischer Interessen; zwei Weltkriege sind auf den Ozeanen ausgetragen worden.

Die Rolle des Meeres für Freizeit und Tourismus ist evident. 45 Millionen Touristen suchen alljährlich die Küsten des westlichen Mittelmeeres auf. Selbst entlegene Inseln und Meeresräume wie Grönland, Spitzbergen und die Antarktis sind davon nicht ausgenommen. Dieser „Massentourismus“ hat bereits zu ernsthaften Beeinträchtigungen im Küstenraum geführt: Die durch „Landschaftsverbrauch“ für Freizeit-Nutzung entstandene Konfliktsituation ist offensichtlich (Kap. 11).

Die Ballungsräume der Bevölkerung nehmen vor allem an den Küsten zu. Die Küsten werden über lange Strecken hinweg urbanisiert und industrialisiert.

Das Meer als Nahrungs-, Rohstoff- und Abfallraum

Für die Vorräte lebenswichtiger Rohstoffe auf den Kontinenten ist voraussehbar, wann diese natürlichen Ressourcen erschöpft sein werden. Auch die Nahrungsproduktion für die rapide wachsende Weltbevölkerung – 1930 waren es 2 Milliarden, 1960 3 Milliarden, 1975 4 Milliarden, und die Prognose für das Jahr 2000 bewegt sich zwischen 6 und 7 Milliarden Menschen bei weiterer exponentieller Wachstumsrate — kann nicht beliebig gesteigert werden. Diese bedrohliche Situation — die ungünstige Rohstoff- und Nahrungsentwicklung auf der einen, die rasante Bevölkerungszunahme auf der anderen Seite — ist ein globales Problem unserer Zeit und stellt die Wissenschaft vor die Aufgabe, neue Möglichkeiten und neue Kapazitäten zu erschließen. Aufgrund dieser Tatsachen ist die steigende Bedeutung des Meeres als des größten Lebensraumes der Erde evident.

Mit der Entwicklung der Technologie zur Gewinnung von Erdöl und Erdgas auf den Schelfen sind einige Schelfregionen zu Industrieseen geworden. Auf Bohrungsplattformen offshore und Zubringern finden 40 000 Menschen Arbeit, allein in der Nordsee 5000 Beschäftigte auf 40 Bohrplattformen.

Prognosen des Club of Rome besagen, daß, wenn die Menschheit weiterhin Raubbau an den natürlichen Ressourcen betreibt und wenn dem bisherigen Trend nicht ernstlich Einhalt geboten wird, mit dem Eintritt einer katastrophalen Situation zu rechnen ist. Die Modelle von Prognosen, dargestellt in Zeitabschnitten, „Scenarios“, werden diskutiert. Die Biosphäre der Ozeane

und Küsten wird durch die Technosphäre verändert und zum Teil irreversibel geschädigt. Ozeane und Küsten unterliegen einem komplexen Wirkungsgefüge. Wassermassen, Strömungen und Wellen, Meereis und biologischer Stoffwechsel bedingen mit Energietransport und Wärmeumsatz unsere gesamte Umwelt mit.

Marine Ökosysteme werden zerstört, weil Ökonomie vor Ökologie Vorrang hat. Die Idee vom steigenden Wachstum wird propagiert, ohne das natürliche Wirkungsgefüge auf der Erde, besonders das des Meeres, einzubeziehen.

Die ökonomischen Entscheidungen aber werden in politischen Gremien getroffen, deren Legislatur, Denken und Erfolgswang sich in Zeitabschnitten von zwei bis vier Jahren abspielen. Die Veränderungen der Zustände des Meeres dagegen ereignen sich in Zeitabschnitten von 10, 100, 500 und mehr Jahren. Raubbau in der Gegenwart heißt Zerstörung der Zukunft. Wenn aber heute der Meeresboden als Reservoir für Atommüll und andere Schadstoffe benutzt wird, so werden damit Verantwortungen für 2000 Jahre und länger übernommen. Erkenntnisse über das Gefährdungspotential und Abschätzungen der Risikoakzeptanz klaffen noch weit auseinander. Das zeigt sich besonders deutlich am Beispiel Meer.

Aufteilung des Meeres in Wirtschaftszonen

Der Ertrag aus der Meeresfischerei hat sein Optimum bereits überschritten. Zahlen über die „riesige Biomasse“ im Meer sowie Hoffnungen auf eine ausreichende Eiweißversorgung durch neue Nutzungsformen, zum Beispiel des Krills, der Kriebstierchen in südpolaren Meeresräumen um die Antarktis, können über die realisierbaren Ergänzungsmöglichkeiten hinwegtäuschen. Innerhalb einer Zone von 200 sm um die Kontinente befinden sich 85 Prozent der nutzbaren Fischbestände und 100 Prozent des nutzbaren Erdöls (offshore) (Kap. 6, 7). Um die Besitzrechte dieser wertvollsten Region der Ozeane, der Wirtschaftszone (EEZ — Exclusive Economic Zone) mit den Bodenschätzen und nutzbaren Fischbeständen zu vereinbaren und unter Kontrolle zu bringen, tagen Seerechtskonferenzen (Kap. 12). Probleme bereiten hier die sich verhärtenden gegensätzlichen Auffassungen über die Nutzungsrechte zwischen den Anliegern und den vom Meer abgeschlossenen Nationen sowie zwischen den Industrieländern und den Entwicklungsländern. Bei dieser Aufteilung des Naturraums Meer und Küste ist die Bundesrepublik Deutschland eines der armen Länder.

Bislang bleibt es bei den Kommunikés über Meeresboden und -räume, mit dem Meer als dem gemeinsamen Erbe der Menschheit, der „commune héritage“. Die genaue Kenntnis der Morphologie des Meeresbodens, insbesondere der Schelfregion, ist für die Aufteilung und Nutzung des Meeres unabdingbare Voraussetzung. Vgl. Kap. 6 u. 12.

Stoffumfang und Stoffdarstellung

Der Stoffumfang ist mit diesem Buch zum Thema „Geographie des Meeres, der Küsten und Ozeane“ erstmals in größerem Rahmen abgesteckt worden. Wegen mehrfacher Behandlung des Stoffes anderer geographischer Fachrichtungen in anderen Büchern hat sich inzwischen dort ein „Durchschnitt der Menge“ herausbilden können. Eine solche Diskussion steht zum vorgelegten Thema erst bevor.

Stoffauswahl

Die subjektive Stoffauswahl für dieses Buch entspringt der spezifischen Begegnung des Autors mit dem Sachgebiet der Geographie des Meeres und der Küsten:

1. Aus der wissenschaftlichen Tätigkeit: Aus dem Studium der Geographie, Ozeanographie, Mathematik, Biologie in Hamburg bei L. Mecking, K. Kalle, P. Raethjen, G. Dietrich, W. Hansen, H. Caspers, F. Nusser, K. Brocks; aus der 30jährigen Tätigkeit in Forschung und Lehre im Fach Geographie zur Geographie des Meeres und der Küsten an den Universitäten Hamburg und München, als Gastprofessor in Berkeley, Kalifornien, und Baton Rouge, Louisiana. 2. Aus der Feldforschung: Aus der Teilnahme an Reisen auf Forschungsschiffen und an Arbeitsgruppen, aus der Durchführung von Forschungsreisen an Küsten. 3. Aus der praktischen Tätigkeit: Aus der Praxis der Seefahrt als Marineoffizier, aus der Praxis angewandter Arbeiten (Kartierung und Luftbildauswertung von Küsten und Küstengewässern). 4. Aus der persönlichen Begegnung: Aus der Zusammenarbeit mit Kollegen des Faches und der Seefahrt im In- und Ausland.

Meinem Vater, dem Lt. Ing. des Marineingenieurwesens, Richard Gierloff-Emden, der eine mehr als 25jährige Seefahrtszeit erlebte, verdanke ich es, schon früh mit dem Interessengebiet der Seefahrt vertraut gemacht worden zu sein.

Stoffumfang

Den als Ziel angestrebten Stoffumfang adäquat darzustellen, brachte das Problem der Informationsverarbeitung mit sich. Die generelle Schwierigkeit stellte sich durch die allgemeine „Wissensexplosion“.

Das besondere Problem ist durch die Entwicklung der speziellen Wissenschaftsdisziplin, der Meereskunde, und der mit ihr verbundenen Technologien gegeben. Die Meereskunde zählt zu den Disziplinen, bei denen sich eine Verdoppelung des Wissens in sehr rascher Sequenz vollzogen hat, wie Chemie, Biologie, Raumfahrt, Elektronik: Verdoppelung in Zeitintervallen von 6 Jahren bis zu 3 Jahren. Die „Oceanic Abstracts“ soll jährlich 9000 neue Artikel vorstellen. Ebenso wie diese Wissenschaften hat die Meereskunde in den vergangenen 25 Jahren nicht nur eine Evolution, sondern eine Revolution erlebt.

Als regionalen Beispielen wurde den europäischen Regionen des Meeres und der Küstenräume der Vorzug gegeben.

Wegen der Nähe des Themas zu Tagesereignissen unserer Umwelt, Ozeane und Küsten wurden als Beispiele „aktuelle Fälle“ dargestellt.

Stoffordnung

Der in der vorliegenden Arbeit behandelte Stoff wurde in 12 Hauptkapitel gegliedert:

- Band I Kap. 1 Definition; 2 Größenverhältnisse des Raumes; 3 Entdeckung;
4 Forschung; 5 Karten;
6 Morphologie des Meeresbodens; 7 Der Wasserkörper des Meeres;
- Band II Kap. 8 Meereis (Kaltwasserregion); 9 Eustatische Meeresspiegelschwankungen;
10 Korallen (Warmwasserregion);
11 Die Küsten; 12 Rechtsverhältnisse

Raum	Der Meeresboden „Das Gefäß“	Das Meer „Der Wasserkörper“	Die Küste „Der Randsaum“
Stoff	Boden: Lithosphäre	Hydrosphäre	Lithosphäre Atmosphäre Hydrosphäre
Grenz- flächen	untere Grenzfläche Wasserkörper gegen Boden	obere Grenzfläche Wasserkörper gegen Atmosphäre	– Tripel Interface – zw. Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre

Stoffdarstellung

„Versuche, größere Wissensgebiete und Gemeinsamkeiten zu durchforschen, können niemals den Grad der Perfektion wie enge Spezialforschung erreichen. Aber man kann nicht die Spezialisierung beklagen und andererseits solche Zusammenhänge schelten.“ K. Steinbuch [1965]: Automat und Mensch.

Die Darstellung des Stoffes entspricht keinem Raster mit genormter Größe der Felder für die behandelten Themen: Es wurden Schwerpunkte nach Umfang und Intensität der Behandlung gebildet. Abstraktion und Sachinformation sollen in einem Verhältnis zueinander stehen, das den Forderungen nach Transparenz der Zusammenhänge und der Lesbarkeit entspricht. Eine Redundanz wurde in gewissem Ausmaß bewußt angestrebt, um die gleiche Information bei mehreren Problemen zu geben.

Teilaspekte, die durch Kursivüberschriften gekennzeichnet sind, sind im Inhaltsverzeichnis nicht aufgeführt, sie sind nach ihrem Stichwort in das Sachregister aufgenommen.

Maßsysteme: Während der Zeit der Herstellung dieses Buches wurde im Jahre 1977 ein neues Maßsystem der physikalischen Maße eingeführt. Eine Änderung bisher üblicher Einheiten und ihrer Abkürzungen konnte nicht mehr vorgenommen werden. Es wurden übliche, lesbare Abkürzungen verwendet, nicht ganz einheitlich, so wie es durch die Übernahme aus verschiedenen Publikationen bedingt ist.

Als Problem ist die Entwicklung einer technischen Sprache mit polylingualem Vokabular zu berücksichtigen, wegen der Entwicklung von Raumfahrt, Elektronik und Ozeanographie sind englisch-amerikanische Begriffe geschaffen worden. Diese wurden zum Teil direkt übernommen.

Zu den Abbildungen

Als Abbildungen werden Karten und graphische Darstellungen bezeichnet. Sie sind kapitelweise numeriert und durch Vermerk eines Schlagwortes zum Thema im Stichwortverzeichnis erfaßt. Einzelne Abbildungen erscheinen in mehreren Kapiteln, wenn die Präsenz notwendig ist. Die Abbildungen wurden zum Teil neu entworfen, wenn übernommen, zu einem großen Teil neu gezeichnet. Da zum Teil Abbildungen übernommen werden müssen, in denen Abkürzungen und Zeichen für dieselben Termini unterschiedlich verwendet sind, konnte eine einheitliche Darstellung der Legenden, der Maßstäbe, der Projektion bei Karten und eine einheitliche Darstellung der Meßbezeichnungen nach Maßsystemen und Dimensionen bei graphischen Darstellungen nicht erreicht werden. Einige Darstellungen mit vorwiegend fremdsprachlicher Wortprägung sind auch in der Originalsprache wiedergegeben. Der natürliche visuelle Eindruck vom Meere ist für den Menschen die Farbigkeit des Objektes, die sich in spektraler Vielfalt mit zahlreichen Nuancen ergibt, die einen wesentlichen Teil der Wirklichkeit des Meeres und der Küsten ausmachen. Aus Kostengründen mußte auf Farbphotos verzichtet werden. Kleindruck (Petit) wurde ausgenutzt für: Literatur, Zitate, Zusammenstellungen, Ordnungsschemata.

Es wurde angestrebt, Zusammenhänge in Form von Ordnungsschemata darzustellen. Ordnungsschemata wurden zum Teil vom Autor entworfen, zum Teil übernommen. Damit wurde der Tendenz entsprochen, zusammenhängende Sachverhalte in Form von Wirkungsgefügen auszudrücken (Form kybernetischer Schemata oder Matrix). Wenn es einst hieß, „Seefahrt ist not“, so müßte es heute heißen: Die Verbreitung des Wissens der Umwelt Ozeane und Küsten ist not!

Zur Arbeit an diesem Buch

Den zahlreichen Kollegen, die mir geholfen haben, indem sie mir wissenschaftliches Material und Abbildungen überlassen haben, bin ich zu großem Dank verpflichtet. Herrn Doz. Dr. U. Rust danke ich für Mithilfe bei Durchsicht des Kapitels 6, Morphologie, dem Karthographen, Herrn Ing. J. Bregel, für seine Bemühungen um die graphische Gestaltung der kartographischen Arbeiten, sowie Frau V. Kraus für Repro-Arbeiten. Herrn cand. rer. nat. H. U. Schmitz sage ich Dank für die Ordnung von Bibliographie und Stichwortverzeichnis.

In der Autorenredaktion mit der Vielzahl von Arbeiten wie Manuskriptschreiben und -kontrolle, Satzkorrekturen und Vorbereitung des Layouts arbeitete meine Frau Lilo Gierloff-Emden über viele Jahre. Sie nahm auch an zahlreichen Arbeiten an Küsten teil.

Herrn Prof. Obst und Herrn Prof. Schmithüsen danke ich für die Aufnahme in die LAG-Reihe als Autor. Der Verlag Walter de Gruyter brachte während der langen Herstellungszeit viel Geduld und Verständnis auf. Sachkundige Beratung wurde mir durch Herrn Dr. R. Weber und Herrn G. Anschau zuteil.

München, September 1979

Hans-Günter Gierloff-Emden

Inhalt

Teil 1

1. Wissenschaft vom Meere	1
Definition und Gliederung der Meereskunde	1
Geographische Sachverhalte, Wirkungsgefüge und Probleme als „Geographie des Meeres“	6
Das Meer als Hydrosphäre der Erde und seine Grenzflächen	6
2. Größe und Gliederung der Ozeane	13
Die Gestalt der Erde und der Meeresspiegel	13
Größe des Weltmeeres, der Ozeane und der Meere	17
Horizontale Gliederung des Weltmeeres und der Ozeane	24
Abgrenzung der Ozeane	24
Namen der Ozeane und Meere	29
Vertikale Gliederung des Weltmeeres und der Ozeane	31
Großformen zur vertikalen Gliederung	33
Tiefseegräben und größte Meerestiefen	40
Inseln in den Ozeanen	41
3. Die Einbeziehung der Ozeane als Lebensraum des Menschen	45
Ausbreitung der Besiedelung über ozeanische Räume und frühe Seefahrt	45
Frühe Seefahrt	46
Mittelmeer und Arabischer Raum	47
Andere Räume früher Seefahrt	50
Schiffe der frühen Seefahrt und die Bedeutung der Baumaterialbe- schaffung für die Veränderung der Umwelt	52
Forschungsmethoden zur frühen Seefahrt	54
Schiffswracks als Zeugen früheren Schiffbaues und früherer Schifffahrt	55
Ausbreitung der Besiedelung über große ozeanische Räume	59
Frühe Seefahrt über den offenen Ozean im Raum Melanesien, Mikro- nesien, Polynesien	59
Frühe Seefahrt über den offenen Ozean im polynesischen Raum und Verbreitung von Kulturpflanzen	61
Die Drift Thor Heyerdahls mit dem Floß „Kon-Tiki“ über den Pazifischen Ozean	62

XIV Inhalt

Frühe Seefahrt über den offenen Ozean im polynesischen Raum und seine geographischen Voraussetzungen	63
Die ozeanischen Bedingungen der Seefahrt über den offenen Ozean im polynesischen Raum	69
Polynesische Boote und die Durchführung von Reisen im Pazifischen Ozean	73
Frühe Seefahrt über den offenen Ozean im nordatlantischen Raum zwischen Nordeuropa, Island und Grönland	75
Schiffstypen im atlantischen Europa und Nordeuropa zur Überquerung des offenen Ozeans	77
Seefahrt mit dem Schilfboot über den Atlantischen Ozean	84
Entdeckung der Welt auf dem Seewege vom Abendland aus und die Teilung der Welt	85
Entdeckungsreisen und Entdeckungszeitalter	85
Entdeckungsreisen und Überquerung der drei großen Ozeane	87
Schifffahrt, Schiffbau, Holzwirtschaft und die Veränderung der Umwelt	96
Von den Entdeckungsreisen zu Forschungsreisen auf den Ozeanen	102
Ozeanographische Forschungen im 16. und 17. Jahrhundert	102
Seefahrt und technische Innovation. Navigation und Einführung von Instrumenten	103
Ozeanographische Forschungen im 18. Jahrhundert	108
Zur Geschichte ozeanographischer Arbeiten im 19. Jahrhundert	110
Entwicklung der Erforschung von Ozeanen und Küsten infolge wirtschaftlicher Anforderungen	114
4. Einhundert Jahre Meeresforschung, von der Challenger-Expedition 1872 bis 1876 bis zum Tiefseebohrprogramm der Glomar Challenger 1968 bis 1976	119
Gliederung, Entwicklung und Aufgabenstellung der Meeresforschung ...	119
Entwicklung der modernen Meeresforschung in 4 Phasen	120
Die Expeditionen der „Challenger“ (1. Phase) und die internationale Entwicklung	121
Der deutsche Beitrag zu meereskundlichen Expeditionen und die Entwicklung der deutschen Meeresforschung	123
Entwicklung von Instituten und Diensten zur Meeresforschung (und Küstenforschung) in Deutschland	131
Systematische Erkundung großer Ozeanräume (2. Phase)	
Die deutsche Atlantische Expedition der „Meteor“ 1925 bis 1927	132
Übergang zur wiederholten und zur synoptischen Erforschung von Meeresräumen	141
Ozeanographische Forschungen vom Flugzeug und Luftschiff aus	142
Internationale Unternehmungen bis 1939	143
Spezielle Probleme der Forschungsziele (3. Phase)	144
Synoptische Aufnahme ozeanischer Räume und internationale Programme zur Meeresforschung (4. Phase)	145

	Inhalt	XV
Die moderne Meeresforschung und ihre Aufgaben, Methoden und Geräte		149
Meeresforschung als wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Faktor		153
Forschungsschiffe		157
Die Vorhersage von Zuständen ozeanographischer Phänomene und Prozesse		162
Größenverhältnisse, Modell und Experiment ozeanographischer Objekte und Systeme		164
Meßwerte (Daten) und ihre Bedeutung für die Meereskunde		166
Ozeanographische Geräteträger und ihr Einsatz zur Gewinnung von Daten mit Meßinstrumenten		178
Bemannte Unterwasserfahrzeuge (Submersibles)		186
Menschen tauchen zur Erforschung der Meere		196
Unterwasserphotographie		200
Entwicklung von Meeresforschung und Technologie		203
Bionik in der Meereskunde		204
Tiefbohrungen in den Ozeanböden. Projekt JOIDES mit der Glomar Challenger		205
Weltraumfahrt und Fernerkundung (Remote Sensing) für die Meereskunde		208
5. Aufnahme und Darstellung des Meeres mit seinen Böden und Küsten auf Karten		209
Einführende Bemerkungen zur Aufnahme und Darstellung des Meeres auf Karten		209
Ortsbestimmung und Wege auf See in bezug auf geographische Koordinaten		211
Räumliche Koordinaten der Ortsbestimmung für ozeanographische Daten		211
Methoden und Systeme der Ortsbestimmung auf See		214
Richtung und Geschwindigkeit (Fahrt) eines Schiffes		220
Ortsbestimmung und Vermessung von Meeresbodenformen vom fahrenden Schiff		225
Lotungen. Die punktweise und linienweise Aufnahme der Topographie des Reliefs des Meeresbodens		227
Ortsbestimmung, Echogramme und Profile des Reliefs		234
Vermessung der Morphologie des Meeresbodens: Side-Scan-Sonar		237
Bathymetrische Karten		240
Karten der Meerestiefen in Atlanten		245
Die Internationale Bathymetrische Karte der Ozeane		245
Spezielle bathymetrische Karten der Ozeane		248
Einsatz von Computern zur Herstellung bathymetrischer Karten		252
Seekarten		255
Seezeichen, ihre natur- und kulturgeographische Bedeutung		257
Zur Entwicklung von Seehandbüchern und Seekarten		260
Das deutsche Seekartenwerk		266

Seekartenwerke	269
Darstellung von Tiefenangaben in Seekarten und Zeichen und Abkürzungen	271
Die Genauigkeit der Darstellung der Bodenformen in Seekarten	274
Der Bezugshorizont für Tiefenangaben in Seekarten (Seekartennull) ..	275
Wirtschaftliche Bedeutung und Laufendhaltung der Seekarten	280
Seevermessung	282
Bedeutung von Satellitenaufnahmen für Herstellung und Korrektur von kleinmaßstäbigen Seekarten	284
Maße in Seekarten	288
Netzentwürfe für Karten des Meeres und der Ozeane	289
Karten-Netzentwürfe für Seekarten	289
Großkreiskarten	290
Kartennetze für Weltkartendarstellungen (Planisphären), Karten des Meeres und der Ozeane (große sphärische Flächen) in kleinen Maßstäben	292
Das Weltmeer als Wasserkörper und seine Darstellung auf Karten ...	295
Polyeder-Projektion	299
6. Geomorphologie des Meeresbodens	301
Morphologie der unteren Grenzfläche des Meeres	301
Die Entwicklung der Kenntnis von den Bodenformen der Ozeane ...	301
Die Gliederung der Formen des Meeresbodens	308
Untermeerische Bodenformen von Th. Stocks (1958/59)	311
Die Mittelozeanischen Rücken	314
Die Schelfe	323
Der Kontinentalabhang	347
Submarine Canyons	360
Canyons als Wirtschaftsregionen	372
Submarine Canyons und Deltas in der Problematik der allgemeinen Geomorphologie der Erde	375
Massentransport am Meeresboden durch Turbidity Currents	381
Deep Sea Channels	385
Tiefseebecken (Abyssal Plains und Tiefsee-Ebenen)	387
Tiefseekuppen: Seamounts und Guyots	393
Vulkanismus, Vulkane und vulkanische Inseln in den Ozeanen	402
Tiefseegräben	419
Tsunamis, katastrophale Flutwellen, verursacht durch Erdbeben und Vulkanismus in den Ozeanen	427
Zur Entstehung der Ozeane	431
Die Mittelozeanischen Rücken	433
Bruchzonen mit tiefen Rinnen im Mittelozeanischen Rücken	436
Erdbeben in den Ozeanen, an Rücken und Rändern	443
Die Deutung sichtbarer Phänomene als Sea-Floor-Spreading-Prozeß ..	445
Der Einblick in das Geschehen des Sea Floor Spreading im Golf von Kalifornien in der Region des Rio-Colorado-Deltas	447

Der Einblick in das Geschehen von Grabenbildung (Sea Floor Spreading?) mit Hilfe des Remote Sensing am Beispiel der subaerischen Regionen am Golf von Aden	448
Sea Floor Spreading	452
Sea Floor Spreading und Paläomagnetismus (Altersbestimmung des Ozeanbodens) mit Hilfe magnetischer Messungen	453
Kontinentalverschiebung und Entstehung der Ozeane	458
Kontinentalverschiebungen und die Theorien des Sea Floor Spreading und der Plattentektonik	459
Plattentektonik: Begriff und Modellvorstellungen	463
Das „Deep Sea Drilling Project“ mit dem Bohrschiff „Glomar Challenger“	468
Zur Entstehungsgeschichte des Mittelmeeres nach Tiefseebohrungen: das Mittelmeer als Salzpflanze und Wüste	473
Bau der Ozeane und wirtschaftliche und rechtliche Aspekte	474
Der Meeresboden, untere Grenzfläche und Grenzschicht der Ozeane zwischen Hydrosphäre und Lithosphäre	475
Kleinformen und Substrat: Sedimentation und Erosion	475
Der Tiefseeboden in photographischer Darstellung	477
Zur Erforschung des Tiefseebodens	485
Anthropogene Einflüsse auf die Sedimentation am Meeresboden ...	487
Die Sedimente der Tiefseeböden	488
Bohrkerne als Dokumente der Sedimentation am Meeresboden ...	496
Bedeutung der Sedimente für die Erforschung des Vorzeitklimas ...	498
Materialtransport von den Kontinenten zu den Ozeanen	500
Materialtransport im Durchfrachtungsraum der Küste	500
Materialtransport durch Flüsse	502
Materialtransport in das Meer durch Eis und Eisberge der Gletscher ..	505
Materialtransport in das Meer durch Wind: Sand- und Staubstürme ..	507
Gewinnung von Rohstoffen vom Meeresboden	514
Rohstoffe im Litoral, Schelf und in der Tiefsee	516
Manganknollen	518
Heiße Salzquellen aus dem Meeresboden und Erzschlämme	523
Erdöl und Erdgas in Regionen der Ozeane	524
Tafel zu Kapitel 6 „Tektonisch-Geologische Übersichtskarte der Ozeane der Erde“. Die Karte ist an der Einbanddecke hinten eingelegt.	
7. Der Wasserkörper des Meeres	533
Eigenschaften und Prozesse in der räumlichen Gliederung	533
Zur regionalen Gliederung des Weltmeeres	533
Geographischer Formenwandel der Ozeane und ihrer Wassermassen ..	535
Regionale Gliederung des Weltmeeres: hydrographische Regionen ...	539
Grenzschicht und Wechselwirkung Meer – Atmosphäre	547
Das Spektrum der Größenordnung (Scale) der Prozesse	547
Wechselwirkung Meer – Atmosphäre und atmosphärische Phänomene an und über der Grenzschicht	550

XVIII Inhalt

Nutzung der Energie der Atmosphäre zur Bewegung im Meer: Segeln, die Bewegung in der Grenzschicht	551
Das Wettergeschehen in der Grenzschicht, in seiner Bedeutung für Schiffssicherheit und -routen: Registrierung und Präsentation	556
Starke Wechselwirkungen Meer – Atmosphäre	564
Tropische Wirbelstürme und ihre Interaktion Meer – Atmosphäre ...	565
Tropische Wirbelstürme von den Ozeanen zu den Küsten mit katastrophalen Wirkungen	566
Wellen des Meeres: Seegang und Dünung	571
Die Erscheinungsformen der Wellen und ihre Ordnung nach den Kategorien Form, Größe und Bewegung als Feld der Deformation der Wasseroberfläche	573
Die Entstehung der Wellen und des Seeganges, der Dünung und Zerfall bis zur Brandung	581
Wasserbewegung und Fortbewegung der Wellen	584
Wellen und Dünung an Inseln und Küsten	588
Langperiodische Wellen in den Ozeanen	591
Gezeiten	593
Wellen, Seegang, und ihre Bedeutung für Schiffe und Schifffahrt	594
Energiegewinnung durch Meereswellen	602
Meeresströmungen	603
Beobachtung und Messung von Meeresströmungen	604
Darstellung von Meeresströmungen auf Karten	608
Meeresströmungen, Bewegungsformen und Ursachen	611
Zur Dynamik der Meeresströmungen	614
Die großen Strömungssysteme an der Meeresoberfläche	617
Zum komplexen Aufbau der Meeresströmungen	620
Wassermassentransport und Wasserkörper	627
Geologische und biologische Bedeutung von Meeresströmungen	629
Tiefenzirkulation im Weltmeer	630
Wassermassenaustausch der Ozeane mit Nebenmeeren	635
Auftriebswasser in den Ozeanen	639
Auftriebswasserregionen im Atlantischen und Pazifischen Ozean ...	642
Die Monsunregion im Indischen Ozean: Strömungssystem mit jahreszeitlichem Wechsel der Meeresoberfläche und Auftriebswasser	647
Große Meeresströmungen, ihre Regionen und ihre geographische Bedeutung: Beispiele Humboldtstrom und Golfstrom	651
Der Humboldtstrom (Perustrom) als Beispiel einer Meeresströmung der Passatstromregion (PÄ) und einer geographischen Region von Meer und Küstenlandschaft	651
Der Golfstrom als Beispiel einer Strömung der Freistrahregion (F) ..	665
Das Meerwasser und seine Eigenschaften	679
Das Weltmeer als größte Wassermenge der Erde	679
Wasserverteilung und Wasserhaushalt	679
Salzgehalt des Meerwassers	681

	Inhalt	XIX
Gewinnung von Rohstoffen aus dem Wasser des Weltmeeres		689
Temperaturen des Meerwassers: Verteilung, Wirkung, Bedeutung		691
Wassertemperatur des Meeres und Wärmeaustausch		699
Energiegewinnung aus Temperaturdifferenzen von Wassermassen		703
Dichte und Druck des Meerwassers		703
Das Meerwasser als Transportmedium für Wassertransport		705
Ausbreitung und Verwendung von Schall im Meerwasser		711
Das Licht und seine Wirkung im Meer		713
Nahrung aus dem Meer: Möglichkeiten und Grenzen		716
Fischfang und Ernährung		716
Primärproduktion der Pflanzen und Plankton im Meer		718
Fisch in der Nahrungskette im Meer und Fischfang		724
Versorgung der BRD mit Seefisch		732
Fischfang, Fischerei und geographische Aspekte		734
Nutzung, Dezimierung, Ausrottung von Meerestieren: z. B. Wale ...		736
Verschmutzung des Meeres		740
Schadstoffe und Umwelt		740
Meeresverschmutzung: Forschung, Literatur, Gliederung		741
Ballungsgebiete der Weltbevölkerung an Küsten und „Pollution“ ...		743
Die wichtigsten Verschmutzungskomponenten		744
Physikalisch-chemisches Verhalten von Schmutzstoffen im Meer		746
Langzeitwirkungen von Beeinflussung des Meeres durch Pollution ...		750
Maßnahmen gegen die Verschmutzung des Meeres		752
Verschmutzung des Meeres durch Öl		753
Supertanker, technische Revolution im Seeverkehr und das Risiko der Ölverschmutzung der Meere und Küsten		761
Literatur, Teil 1		1
Sachregister, Teil 1 und Teil 2 gemeinsam		XXV
Errata, Teil 1		XLVIII
 Teil 2		
8. Meereis		767
Phänomene, Genese und Morphologie		767
Zur Erforschung des Meereises		769
Das Meereis als komplexe Erscheinung		771
Das Meereis als Substrat		773
Eisbildung und Gefriervorgänge		774
Eisbildung auf dem Meere und Struktur der Meereisdecke		778
Eisnomenklatur		788
Formen des Meereises und Definitionen (Klassifikation)		790
Eisbildungsphänomene an der oberen Grenzschicht des Meeres		794
Schiffsvereisung, eine Erscheinung der Grenzschicht Hydrosphäre – Atmosphäre (Ozean – Luft)		795

Meereis an Küsten	798
Eisbildung am Strand	800
Eis und Eisbildung auf Watten	802
Eisbildung an Steilküsten	805
Das Meereis des Nordpolarmeeres und seiner Randmeere	807
Zur Erforschung des Nordpolarmeeres und des polaren Meereises ...	811
Nansen's Drift mit der „Fram“ im Nordpolarmeer	813
Die Driftbewegungen des arktischen Meereises des Nordpolarmeeres mit seinen Randmeeren	819
Die Dynamik des Meereises im Nordpolarmeer nach Drifteis-Stationen	823
Die jahreszeitliche Schwankung der Eisbedeckung des Nordpolarmeeres	828
Form des Meeresbodens des Nordpolarmeeres	830
Bilanz und Wassermassenaustausch des Nordpolarmeeres mit dem Atlantischen und Pazifischen Ozean	832
Die Vereisung des Nordpolarmeeres und seiner Randmeere in ihrem Zusammenhang mit dem Wasserhaushalt	833
Anthropogene Eingriffe und Projekte zur Veränderung der polaren Umwelt	835
Eis des Meeres als Hindernis für den Seeverkehr	836
Das Eis als besondere Grenzschicht des Meeres für die Schifffahrt ...	837
Die Nordostpassage, arktischer Seeweg zwischen Atlantischem und Pazifischem Ozean innerhalb des eurasischen Kontinents: der sibi- rische Seeweg	842
Der sibirische Seeweg	843
Die Nordwestpassage – arktische Seeverbinding zwischen Atlanti- schem und Pazifischem Ozean um den nordamerikanischen Kontinent	851
Erdöl in den Randmeeren des Nordpolarmeeres: Transportproblem und Ausbeute	854
Umweltbedingungen und Nutzung der arktischen Region	856
Meereis im Nordatlantischen Ozean und Nebenmeeren	859
Eisberge im Nordatlantischen Ozean und Eis um Grönland	859
Eiserkundung mit Luft- und Satellitenbildern	871
Die Vereisung der Ostsee	872
Zur Vereisung von Nebenmeeren in Nordamerika	882
Das Meereis im Jahreshaushalt	884
Wirkung und Mechanismus von Flußsystemen auf Wasser und Eis des Nordpolarmeeres	886
Eisbedeckung des Nordpolarmeeres und Klimaschwankungen	891
Das Meereis der Antarktis	895
Zur Erforschung des Meereises um die Antarktis	897
Die Eisschelfe: Größe, Form, Entstehung, Haushalt	899
Eisberge der Antarktis	902
Packeis der antarktischen Meeresregionen	904

	Inhalt	XXI
Eisgrenzen und Wassermassen des Südpolarmeeres		906
Das Meereis, besonders der Antarktis, als klimatischer Faktor		908
Die Polkappen der Erde im Satellitenbild		909
9. Meeresspiegelschwankungen		911
Eustatische Meeresspiegelschwankungen		911
Morphologische und geologische Spuren, Wirkungen von Meeresspiegel- schwankungen		917
Terrassen an Küsten		920
Strandwälle, Strandwallebenen, Nehrungen und Meeresspiegelschwan- kungen		927
Submarine Terrassen vor Küsten		929
Isostatische Landhebungen und -senkungen		933
Meeresspiegelschwankungen in prähistorischer und historischer Zeit und ihre Wirkungen		935
Anthropogene Formen im Milieu der Küste als Zeitmarken für Meeresspiegelschwankungen		935
Landsenkung an Küsten		936
Wirkungen von Meeresspiegelschwankungen auf Küsten und Hafenaufbau Säkulare Wasserstandsänderungen des Meeres und Pegelstandsände- rungen		936
Anstieg des Meeresspiegels in historischer Zeit und versunkene Bau- werke (Archäologische Befunde)		937
Meeresspiegelanstieg, Nordseevorstöße, Sturmfluten und Beginn des Einflusses der Kulturbauten an der Nordsee seit 7000 Jahren		941
Veränderungen des Meeresspiegels im Zusammenhang mit Landbrücken und Wassermassenaustausch		946
		952
10. Korallen; Riffe, Inseln, Küsten		955
Zur Biologie und Geologie von Korallen		955
Verbreitung und Formentypen von Korallenriffen und -inseln		958
Geographische und ozeanographische Bedingungen für Korallen		962
Formen der Korallenriffe		967
Theorien zur Entstehung der Korallenriffe und ihre Bedeutung für eustatische Meeresspiegelschwankungen		974
11. Küsten — Grenzraum zwischen Festland und Meer		981
Umwelt am Rande der Ozeane		981
Begriffe		981
Bedeutung der Küsten		983
Darstellung der Küsten auf Karten		984
Die Länge der Küsten		986
Anordnung, Gestaltelemente und Aktionsfelder der Küste		988
Eigenschaften und Gliederung der Küsten		990
Klassifikation von Küsten		994

Gezeiten: Erscheinung und Bedeutung für die Küsten	998
Die Gezeitenerscheinung	998
Zur Entstehung der Gezeiten	1005
Tidenkurve und Gezeitenkurve und Vorhersage	1008
Die Form der Gezeiten nach Tidekurven und Gezeitenkurven	1012
Änderung der Gezeitenerscheinung in geologischen Zeiträumen	1015
Gezeitenströmungen	1015
Bedeutung der Gezeiten für die Schifffahrt	1023
Bedeutung der Gezeiten für historische Ereignisse	1025
Die Bedeutung der Gezeiten für biologische Vorgänge	1026
Ausnutzung der Gezeiten zur Energiewandlung	1028
Nutzung von Gezeitenenergie, Beispiel Gezeitenkraftwerk Rance ...	1033
Gezeitenlandschaften	1037
Zur Morphologie und Hydrographie des Watts	1041
Das Watt als Landschaft	1053
Veränderung des Watts als Lebensraum durch Bauten und Industrie- maßnahmen	1057
Die Morphologie des Watts und ihre Vermessung	1059
Ästuare: gezeitenbedingte Phänomene des Randes der Ozeane an Kontinenten	1061
Mangrovevegetation in Lagunen und Ästuaren	1069
Marschen im Stockwerkbau der Gezeitenlandschaften	1072
Nutzbare Marschen als neues Land aus dem Meer	1075
Salzgewinnung aus Salztorfen in ehemaligen Marschgebieten und Zer- störung der Naturlandschaft des Gezeitenbereiches durch mensch- lichen Eingriff: Veränderung der Umwelt	1083
Die Besiedelung des Grenzraumes der Marsch: Flachsiedlung und Wurten	1086
Deiche und Deichbau	1087
Zerstörung der Marschen durch katastrophale Ereignisse Wirkungen von Sturmfluten auf Deiche und Marschen	1092
Atmosphärische und hydrographische Verhältnisse zu den Sturm- fluten im Nordseeraum	1098
Sturmfluten an Küsten außerhalb der Nordsee	1102
Natur und Technik in der Gezeitenlandschaft von Meer und Land ...	1102
Salzgewinnung aus dem Meer an Küsten im Gezeitenraum	1105
Meersalzgewinnung und Salzgartenlandschaft von Guérande-Croisic .	1106
Muscheln und Muschelkulturen im Gezeitenstockwerk	1112
Dynamik und Formen im engeren Grenzsaum der Küste	1115
Wechselwirkung Wellen-Brandung-Strand und Wind	1115
Der Strand im Prozeßfeld des Meeres: Form und Entstehung	1115
Wechselwirkung von Wellen, Meeresboden und Strand	1118
Materialtransport und Materialhaushalt im Küstenraum	1135
Strandwälle, Haken und Nehrungen	1139
Strand und Brandungszone als Landschaft und Lebensraum	1146
Erosion und Abrasion an Stränden und Küstenschutz	1151

Dünen	1154
Lagunen	1162
Begriff und Verbreitung an Küsten	1162
Zur Entstehung von Lagunen	1164
Biogene Faktoren bei der Bildung von Lagunen	1168
Anthropogene Einflüsse bei der Nutzung von Lagunen und Lagunenlandschaften	1169
Der Wasserkörper der Lagunen und -austausch am Rand des Ozeans	1172
Gezeiten-Lagunen als Räume von Gesteinsbildung	1173
Venedig als Lagunenstadt	1177
Mexcaltitán: Prähistorische Lagunenstadt im Pazifischen Küstenraum Mexicos	1184
Lagunen zur Erweiterung des Lebensraumes am Beispiel Mexicos	1187
Lagunen als Regionen zur Anlage von Häfen	1188
Lagunenstädte in künstlichen Lagunen als Freizeitstädte	1189
Deltas	1190
Deltas als Siedlungs- und Nutzungsraum	1194
Küstenvorfeld und Flachsee: Dynamik und Formen	1195
Sandtransport, Außensände, Sandwellen und Rippeln	1195
Steilküsten und Küstenplattformen	1209
Küstenplattform als Interaktionsfeld von Wellen und Strömungen und Materialtransport im Stockwerk von Gezeiten und Brandung ..	1213
Formung von Küstenplattform und Kliffen an Steilküsten	1215
Bedeutung von Klimavarianz, Tektonovarianz und Petrovarianz bei der Bildung von Steilküsten	1223
Höhlen und Süßwasserquellen an Meeresküsten	1229
Das Brandungs- und Gezeitenstockwerk der Steiluferküsten und Felsplattformen als Biotop und seine Nutzung	1230
Vorkommen und Gewinnung von Meerespflanzen (Algen und Seegras) an der Küste, bedingt durch Gezeitenstockwerke	1233
Transgressionsformen des Meeres zum Land: Rias und Fjorde	1238
Besondere klimatische Erscheinungen im Küstenraum	1248
Die See-Landwindzirkulation	1249
Bedeutung des See-Landwindes für den Lebensraum	1253
Das thermische Verhalten von Luft und Wasser an der Küste und Küstenklima-Klassifikation	1256
Küstenklima als therapeutisches Klima	1256
Die Küste als Wirtschafts-, Erholungs- und Lebensraum	1259
Belastung und Erhaltung der natürlichen Küstenlandschaft	1270
Anthropogene Tätigkeiten und Interdependenz und Wechselwirkungen und Interessenkonflikte im Küstenraum	1272

Rechtsverhältnisse der Küste und des Küstenraumes	1273
Die Küstenlandschaft als Grenzraum: Land- und Seegrenzen	1273
Tafel zu Kapitel 11 „Gezeitenverhältnisse an den Küsten der Ozeane“.	
Die Karte ist an der Einbanddecke hinten eingelegt.	
12. Grenzen und Rechtsverhältnisse von Meeresgebieten und Meeresbodenzonen	1277
Bemerkungen zu Quellen und Entwicklung des Seerechts	1277
Freiheit der Meere und Hohes Meer	1279
Territoriale Gewässer und ihre Begrenzung	1280
Grenzzone zwischen Küste und Hoher See: Territorialgewässer	1282
Basislinie für Territorialgewässer in vertikaler Dimension	1283
Basislinie für Territorialgewässer in horizontaler Dimension	1284
Ausdehnung der Territorialgewässer von 3 sm bis 12 sm und navigatorische Bedingungen	1287
Seestraßen, Meerengen und Verkehrstrennungsgebiete	1288
Meereszonen, Meeresbodenzonen und Rechtsverhältnisse	1291
Kontinentalschelf, Festlandssockel, Wirtschaftszone von 200 sm	1292
Fischerei und Fischereizonen	1299
Pollution, Verschmutzung der Ozeane und Rechtsverhältnisse	1307
Umweltschutz und Rechtsverhältnisse auf See	1308
Seerechtskonferenzen	1309
Bilanz zur Erforschung, Nutzung und dem Schutz der Meere	1310
Literatur, Teil 2	55
Sachregister, Teil 1 und Teil 2 gemeinsam	XXVII
Errata, Teil 2	L

1. Wissenschaft vom Meere

Definition und Gliederung der Meereskunde

Begriffe Meereskunde und Ozeanographie

Die Wissenschaft vom Meere wird, wie die Titel bedeutender Werke zu diesem Thema besagen, im deutschen und fremdsprachlichen Gebrauch etwas unterschiedlich benannt. Nach der historischen Reihenfolge sind solche Werke folgendermaßen betitelt:

M. F. Maury [1856]: *Physical Geography of the Sea*; O. Krümmel [1907 und 1911]: *Handbuch der Ozeanographie*, Bd. I u. II; J. Murray und J. Hjort [1912]: *The Depths of the Ocean*, dort: *The modern Science of Oceanography*; H. U. Sverdrup, M. W. Johnson und R. H. Fleming [1942]: *The Oceans, their Physics, Chemistry and general Biology*; G. Dietrich und K. Kalle [1957 und 1965]: *Allgemeine Meereskunde*, mit dem Untertitel: *Eine Einführung in die Ozeanographie*, 3. Auflage [1975] im Titel gleichlautend.

B. Schulz [1932] überschrieb sein 65 Seiten umfassendes Kapitel zu den Meeren in Klutes „*Handbuch der Allgemeinen Geographie*“ mit „*Allgemeine Meereskunde*“, E. Bruns [1958] benannte sein mehrbändig angelegtes Werk „*Ozeanologie*“; daselbst Bd I, „*Einführung in die Ozeanologie*“, mit dem Untertitel „*Ozeanographie*“. Diese Terminologie ist ähnlich der in der russischen Wissenschaft. „*Ozeanologie*“ ist die entsprechende Bezeichnung für die Gesamtheit der geophysikalisch meßbaren Gesetzmäßigkeiten, neben der Ozeanographie, der allgemeinen Beschreibung des Meeres in der USSR. Die große Anzahl der Werke zu diesem Thema im englischen Sprachbereich enthält zumeist das Wort „*Oceanography*“ – wie z. B.: W. A. Herdmann [1923]: „*Founders of Oceanography and their work, an Introduction to the Science of the Sea*“, A. Defant [1961]: „*Physical Oceanography*“, R. W. Fairbridge [1966]: „*The Encyclopedia of Oceanography*“. Im Französischen ist vielfach das Wort „*oceanographique*“ enthalten, wie z. B. bei A. Guilcher [1975 u. a.]: „*Chronique oceanographique*“.

„*Hydrologie*“ (engl. „*hydrology*“) ist die Wissenschaft vom Wasser des Festlandes. Im Russischen gilt „*Hydrologie*“ als Oberbegriff für die Wissenschaft vom Wasser des Festlandes und des Meeres.

Zur Etymologie des Wortes „*Ozean*“ gibt O. Krümmel [1907, Bd. I] eine Zusammenfassung; danach besteht keine eindeutige Klärung der Ableitung des Wortes.

Das Wort „*Meer*“ bedeutet die Bezeichnung der die Festländer umfassenden Wassermassen. Dem entspricht in der englischen Sprache „*the ocean*“, in der französischen Sprache „*la mer*“. Das Wort „*Meer*“ ist in der deutschen Sprache zur Bildung zusammengesetzter Hauptwörter geeignet. Daher heißen Titel von Büchern oft „*Meereschemie*“ oder „*Meeresgeologie*“. Im englischen

Sprachbereich entspricht dem die Bezeichnung „Marine Chemistry“ und „Marine Geology“. Im englischen Sprachgebrauch wird „Oceanology“ häufig für den Fragenkomplex der Nutzung der Meere verwendet, also für die angewandte Meereskunde, zu der die „Marine Technology“ gehört. Die IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission) bezeichnet das Schrifttum zu ihrem Wissenschaftsbereich in einem Titel zur Bibliographie als „Marine Sciences“, UNESCO [1975]. Das Wort „marin“ wird auch im Deutschen als Zusatzbezeichnung gebraucht. Zusammengesetzte Bezeichnungen sind z. T. wegen der historischen Entwicklung sprachlicher Begriffe nicht streng einheitlich. Seit den 70er Jahren wurde der Terminus „The marine environment“ geläufig. J. Lenihan u. W. W. Fletcher [1977]. H. G. Gierloff-Emden [1977]: *Orbital Remote Sensing of Coastal and Offshore Environments*, Walter de Gruyter. Die Zeitschrift des Institutes für Meereskunde, Berlin, führte die alte, lateinische Bezeichnung „terra marique“.

Forschungsinstitute

Das deutsche Forschungsinstitut zur meereskundlichen Wissenschaft an der Universität in Kiel führt den Namen „Institut für Meereskunde“.

Forschungsinstitute im englischen Sprachbereich heißen Department oder Institute of „Oceanography“, soweit sie Universitäten angehören oder autonome, z. T. private Institute sind. Staatliche Dienststellen der Ministerien (Dienste), zumeist gleichzeitig Forschungsstellen zur Ozeanographie werden „Hydrographic Office“ genannt; dementsprechend in der BRD das „Deutsche Hydrographische Institut“ (DHI).

Wissenschaftsdisziplinen

Die Materie, ob „Meereskunde“ oder „Ozeanographie“ benannt, wird in Lehre und Forschung an deutschen und ausländischen Hochschulen, soweit Physik und Chemie der Ozeane betreffend, im Rahmen der Erdwissenschaften, der „Earth Sciences“ und dort in der Geophysik, die zumeist in die drei Gebiete „Geophysik der festen Erde“, „Geophysik der Atmosphäre“ und „Geophysik der Hydrosphäre“ aufgeteilt ist, betrieben. Damit wird vom Fach her nur ein zahlenmäßig kleiner Teil von Studierenden angesprochen. In der Bundesrepublik Deutschland ist die Ozeanographie als Fach nur an zwei Universitäten, nämlich Kiel und Hamburg vertreten, allerdings mit verschiedenem Umfang der Fachrichtungen in jeweils einem Institut. Da die Geographie als einziges Fach der Erdwissenschaften der Universitäten außerdem Schulfach ist, kommt ihr mit der Aufgabe der Vermittlung von Wissen von der Erde auch eine Mittleraufgabe bezüglich der Meereskunde zu, „Transfer“ von Forschungsergebnissen verschiedener Disziplinen für ein Schulfach. Mit einzelnen Forschungsbereichen der Meereskunde sind zahlreiche Institute und Disziplinen befaßt, wie z. B. der Fachrichtungen Meteorologie, Biologie, Fischerei, Schiffbau u. a. Die Meeresforschung ist in der Gegenwart eines der letzten umfassenden Gebiete der Naturwissenschaften, an der zahlreiche Fächer in inter-

disziplinärer Arbeit zusammenwirken. Meereskunde gilt als umfassenderer Begriff, Ozeanographie als enger gefaßter. Die Ozeanographie war zu Beginn des 20. Jh. noch nicht in Teildisziplinen aufgefächert; und es ist zu bemerken, daß das „Handbuch der Ozeanographie“ von O. Krümmel [1911], 2. Aufl., also einem Professor der Geographie geschrieben wurde und in der „Bibliothek geographischer Handbücher“ erschienen ist. Ausführungen zu diesem Thema gibt A. Defant [1961] in der „Introduction“ von „Physical Oceanography“.

Die Hydrographie umfaßt Aufgaben, die der Schifffahrt und der Fischerei dienen: Vorhersagedienst von Gezeiten, Wasserständen, das Seekartenwesen und Nautische Dienste u. a. Fischerei und Küstenschutz zählen zur Meereskunde, werden jedoch vielfach nicht unter „Ozeanographie“ verstanden.

Definitionen zur Ozeanographie bzw. Meereskunde

G. Dietrich [1959] hat die Ozeanographie wie folgt definiert: „Ozeanographie wird in zweifacher Bedeutung für die Wissenschaft vom Meere benutzt: 1. Ozeanographie im engeren Sinne (auch physische Meereskunde) umfaßt die Erforschung der physikalischen und chemischen Erscheinungen und Vorgänge im Weltmeer sowie die Erkenntnisse der maritimen Meteorologie und der Morphologie des Meeresbodens. 2. Ozeanographie im weiteren Sinne (auch Meereskunde im deutschen, Marine Sciences im englischen und Ozeanologie im russischen Sprachgebrauch) schließt außerdem die Meeresgeologie und die Meeresbiologie ein.“

„Meereskunde, Ozeanographie, Ozeanologie, ist als Wissenschaft vom Meer ein Teilgebiet der Geophysik. Die Meereskunde befaßt sich mit der zeitlichen und räumlichen Verteilung von physikalischen und chemischen Eigenschaften des Meeres (Salzgehalt, Temperatur, Dichte, Leitfähigkeit, akustische und optische Eigenschaften, Zähigkeit, Meereis) und deren Einfluß auf lebende Organismen (Meeresbiologie), sowie der Bodengestalt und der Sedimente, mit dem Wärme- und Stoffhaushalt, den Meeresströmungen, Oberflächen- und internen Wellen, den Gezeiten und der Tiefenzirkulation.“

Dieses sind Definitionen, die von der Auffächerung eines Faches in Teildisziplinen ausgehen. Sie entsprechen in etwa der Organisation eines großen Institutes für Meereskunde in Abteilungen, die jedoch in den einzelnen Instituten unterschiedlich ist.

Teildisziplinen der Ozeanographie sind in diesem Sinne:

Meeresphysik (u. dynam. Oz.)	Maritime Meteorologie	Marine Planktologie
Meereschemie	Meereszoologie	Marine Ökologie
Theoret. Ozeanographie	Meeresbotanik	Marine Geophysik
Regionale Ozeanographie	Marine Mikrobiologie	Marine Geologie
		Marine Paläontologie

Für Abteilungen nach Sachgebieten werden diese Termini (z. T.) aufgeführt in: Institut für Meereskunde an der Universität Kiel, Jahresbericht 1975, wobei die Worte „Meer“, „Ozean“ und „Marin“ verwendet werden.

Zur Einheit des Faches und seiner Stellung im Wissenschaftssystem heißt es bei E. Cordes [1970]:

„Die zusammenfassenden Berichte zum Stand der Meeresforschung, die H. B. Bigelow [1931] und T. W. Vaughan [1937] für die National Academy of Sciences der USA erstatteten, weisen auf die enge Verflechtung der verschiedenen Zweige der Meereskunde hin, so Vaughan in

seinem Vorwort: „Die Meereskunde umfaßt alle Untersuchungen des Meeres und der Wechselwirkungen zwischen dem Meer und den angrenzenden Teilen der Erde...“ „... Deshalb ist sie eine Erdwissenschaft, gehört aber auch zum Gebiet der Biologie“ (Übersetzung v. Verf.). Schließlich heißt es in der Studie des SCOR [1964] zu den Problemen der Meereskunde: „Die Meereskunde ist die wissenschaftliche Erforschung des Teiles der Erde, der mit Meerwasser bedeckt ist.“

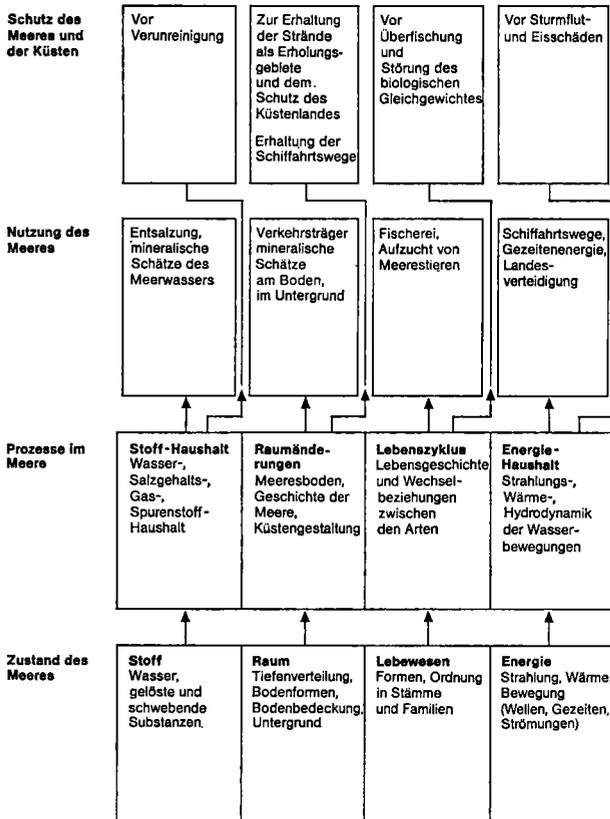


Abb. 1.1
 Inhalt der Meeresforschung
 Nach: G. Dietrich [1970]
 Erforschung des Meeres
 S. 11 Umschau Verlag

Die bibliographische Gliederung der Meereskunde

Die Problematik der bibliographischen Dokumentation des Fachwissens hat zu verschiedenen und z. T. sehr differenzierten Aufteilungen geführt, bei denen bibliothekarisch-dokumentarische Gesichtspunkte von Bedeutung sind.

Beispielsweise:

Forschungsobjekte und Systematik der Meereskunde, entsprechend der Klassifikation der Literatur in der Deutschen Hydrographischen Zeitschrift (DHZ):

(Nach: E. Cordes [1970]: Die Literaturschließung in der Meereskunde. DHZ, Erg.Heft, Reihe A, Nr. 10).

Die Forschungsobjekte der Meereskunde

- Der Wasserkörper
- Die angrenzenden Regionen und ihre Wechselwirkungen mit dem Meer

- Das Leben im Meer
- Die wirtschaftliche Bedeutung des Meeres
- Die Untersuchungsinstrumente

<i>Die Einzelfächer in der Systematik</i>	<i>Das Meerwasser</i>
<i>Maritime Geographie und Hydrographie</i>	Meeresphysik
Allgemeines	Meereschemie
Horizontale Gliederung des Meeres	Nutzung
Vertikale Gliederung des Meeres,	<i>Meeresgeologie</i>
Bodenmorphologie	<i>Maritime Meteorologie</i>
Kartographie	<i>Meeresbiologie</i>
Meereis	Physiologie
Marine Landschaftskunde	Ökologie
<i>Dynamische Ozeanographie</i>	Systematische Meeresbiologie
Aufbau der Wasserkörper	Marine Mikrobiologie
Bewegung der Wassermassen	<i>Fischerei</i>
Bewegung der Wasserteilchen	<i>Seeschifffahrt</i>
Anwendung	

Die von der IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission) der UNESCO herausgegebene Bibliographie zur Meereskunde: „Annotated Bibliography of Textbooks and Reference Materials in Marine Sciences“ [1975] viersprachig, hat folgende Gliederung mit der Bemerkung: For convenience, the references have been grouped in nine categories as follows:

- I. General oceanography
- II. Biological oceanography and fisheries
- III. Physical oceanography
- IV. Chemical oceanography
- V. Marine geology and geophysics
- VI. Ocean engineering and technology
- VII. Pollution and radioactivity
- VIII. Review books
- IX. Popular books on marine sciences, history of oceanography, law of the sea and ocean affairs

Bemerkung: Die umfangreiche Bibliographie, die in den Heften der DHZ unter: „Neue Veröffentlichungen“ gegeben wird (von H. Mädler und G. Heise), ist nach Begriffen der englischen Sprache angeordnet wie z. B.: Tides, Internal Waves, Ice, Coastal Oceanography, Marine Geology, Shelf Geology u. a.

Gliederung der Meereskunde nach der Forschungsförderung

In den Denkschriften der DFG wird der Titel „Meeresforschung“ verwendet. Mit der Problematik der Förderung der Forschung nach Schwerpunkten und der Aufgliederung der Forschungsrichtungen in bezug auf den Begriff „Umwelt“ ist die klassische Meereskunde in altem Sinne durch ihre Teildisziplinen mit fast sämtlichen Sachgebieten solchen modernen Gruppierungen verbunden wie z. B. Information, Wirtschaft, Politik (Recht, Grenzen), Raum (Landschaftsschutz), Ressourcen (Rohstoffe), Energie, Umweltbelastung (Emission), Ökologie.

Geographische Sachverhalte, Wirkungsgefüge und Probleme als „Geographie des Meeres“

In dem hier vorgelegten Buch sollen die besonderen geographischen Sachverhalte und Zusammenhänge dargestellt werden, die als Erscheinungen und in Zusammenhängen von „dem Meer“ bzw. „den Ozeanen“ als Umwelt bestehen, wie als besonderer Raum die Küsten und als besondere Erscheinung des Meeres das Eis. So steht z. B. bei Betrachtung der Gezeitenerscheinungen nicht die physikalische Theorie im Vordergrund, sondern die durch die Gezeiten bedingte Gezeitenlandschaft, das Watt, und bei Betrachtung der Erscheinung der Wellen nicht ihre Hydrodynamik, sondern z. B. ihre Bedeutung für die Gestaltung der Küsten. Die Darstellung kann nicht im Sinne einer „Allgemeinen Ozeanographie“ umfassend sein; sie behandelt geographischen Sachverhalt, Wirkungsgefüge und Probleme schwerpunktartig. Der Begriff „Marine Landschaftskunde“ wird von G. Böhnecke [1962] erwähnt; er beinhaltet eine umfassende Betrachtungsweise der Meeresräume, die neben natürlichen Gegebenheiten auch anthropo- und wirtschaftsgeographische Faktoren mit einbezieht. Zum Methodischen und Historischen zur Meereskunde sei auf den Aufsatz von K. H. Paffen [1964] verwiesen: „Maritime Geographie. Die Stellung der Geographie des Meeres und ihre Aufgaben im Rahmen der Meeresforschung.“ Seit den 70er Jahren wurde mit der Relevanz der Umwelt des Menschen (Nutzung, Verschmutzung, Ökologie) der Terminus „The marine environment“ geläufig. H. G. Gierloff-Emden [1977].

Das Meer als Hydrosphäre der Erde und seine Grenzflächen

Eine begriffliche Erklärung des Meeres als Teil der Erde ist bei Carol [1963] dargestellt, dort „Ozean“ genannt. Demnach ist der Ozean Teil der Hydrosphäre (Wasserhülle) zwischen darunterliegender Lithosphäre (Gesteinshülle) und darüberliegender Atmosphäre (Lufthülle). In geologischer Fassung des Begriffes „Gestein“ werden in weitestem Sinne auch Eis und Wasser als Gestein bezeichnet. Das würde in der hier dargestellten Ordnung zu Verwirrung führen. Die Lithosphäre umfaßt die geologischen Stockwerke der Kruste und des oberen Mantels der Erde mit ihren Gesteinen. Die Lithosphäre kann kategorial unterschiedlich, petrographisch (nach der chemischen Zusammensetzung der Mineralien und der mineralischen Zusammensetzung der Gesteine), bzw. rheologisch (nach der Starrheit der Gesteinsschichten) definiert werden (vgl. Kap. zum Bau des Ozeanbodens).

Die Definition des Begriffes „Weltmeer“ ist in aktualistischem Sinne zu verstehen, auf das Objekt „Meer“ in der Gegenwart bezogen. Wegen der allmählichen Ansammlung des Substrates Wasser während geologischer Zeiten sind paläogeographische Bedingungen hier nicht berücksichtigt. Das Welt-

meer ist begrifflich als ein Teil der gesamten Hydrosphäre, d. h. der festländischen und ozeanischen Gewässer zusammen zu verstehen, nämlich ohne die festländischen Gewässer, und zwar in räumlicher Ausdehnung als auch in stofflicher Erfüllung. Existenz des Wassers der Ozeane und Salzgehalt sind die beiden bedeutenden stofflichen Merkmale des Weltmeeres. Wie aus geochemischen Untersuchungen an Edelgasen hervorgeht, hat sich das Wasser der Ozeane über lange geologische Zeiträume hin angesammelt, und zwar wahrscheinlich ziemlich gleichmäßig mit dieser Zeit. Nach Weyl u. a. war der Salzgehalt der Ozeane während der geologischen Zeiträume ziemlich gleich.

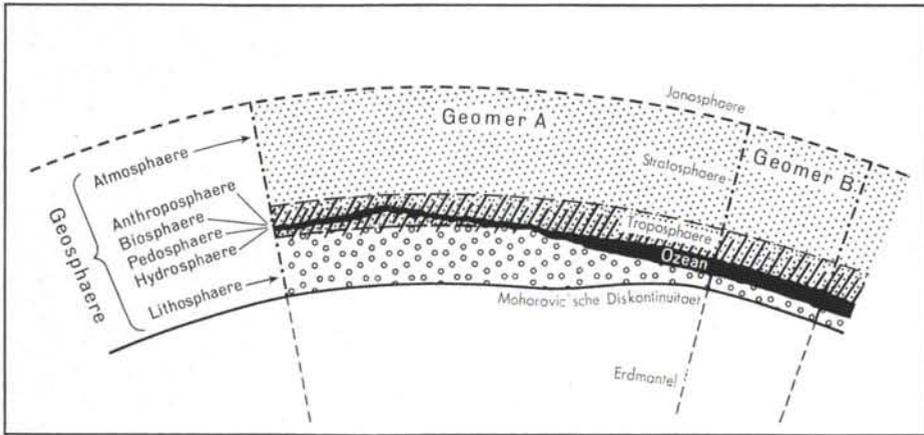


Abb. 1.2

Die Ozeane im System der Geosphäre

Die Geosphäre, von der hier ein Teil dargestellt ist, umfaßt die Lithosphäre als untere und die Atmosphäre als obere Begrenzung. In Schwarz sind Hydro-, Pedo-, Bio- und Anthroposphäre gesamthaft angedeutet. Die Schraffur stellt das Eindringen der Anthroposphäre in die Litho- und Atmosphäre dar (Bergbau, Flugwesen)¹. In zunehmendem Maße wird die Anthroposphäre über die Geosphäre hinaus in den Weltraum ausgeweitet werden².

Geomer A betrifft Grenzräume Kontinent — Ozeane.

Geomer B betrifft Räume der großen Ozeane.

Nach: Carol [1963].

W. Storkebaum [1967] Zum Gegenstand und zur Methode der Geographie S. 413

¹ Das trifft auch auf die Hydrosphäre zu.

² Der Ozean als Teil der Hydrosphäre ist durch obere und untere Grenzfläche als Reaktionsraum von Wechselwirkungen mit Atmosphäre und Lithosphäre in Kontakt

Das Weltmeer hat zwei Grenzflächen und einen Grenzsaum

Die untere Grenzfläche: Wasserkörper des Meeres gegen den Meeresboden, die obere Grenzfläche: Wasserkörper des Meeres (Meeresoberfläche) gegen die Atmosphäre (die Troposphäre ist als Teil der Atmosphäre zu verstehen), den randlichen Grenzsaum: Meer gegen das Festland (Küstenbereich), in dem auch die amphibischen Regionen Strand und Watten vorkommen,

d. h. Wasserkörper gegen Lithosphäre, außerdem Meeresboden periodisch gegen Atmosphäre (Watten).

Die Begriffe Grenzfläche und Grenzsaum sind hier, wie auch die Ausrichtung der Schwerpunktprogramme der modernen Forschung zeigt, als Grenzflächen von Wechselwirkungen anzusehen, denen Grenzschichten als Reaktionsräume für physikalische, chemische und biologische Prozesse dienen, sie stehen im Stoff- und Energieaustausch, z. B. Wind und Wellen an der Grenzfläche zur Troposphäre sowie Strömung und zu Rippeln bewegtes Sediment an der Grenze der Lithosphäre.

Der randliche Grenzsaum der Meere (Küstenbereich) stellt einen Raum eigener Art dar; in diesem verlagert sich die Grenze Hydrosphäre – Lithosphäre in zeitlich unterschiedlichen Intervallen mit den Wasserständen, nämlich jahreszeitlich-periodisch (Sommerstrand, Winterstrand) oder episodisch (Sturmfluten) oder tages-periodisch (Gezeiten). Der Grenzbereich Hydrosphäre–Lithosphäre–Atmosphäre wird auch „triple interface“ genannt.

Im Gezeitenbereich ist ein amphibischer Landschaftssaum vorhanden (intertidal), wo die untere Grenzfläche (Meeresboden) abwechselnd mit der Hydrosphäre und mit der Atmosphäre in Kontakt steht (Wattenregion). Beispiele für diesen Saum mit Stockwerkgliederung sind die Wattenlandschaften der Nordsee und die tropischen Wattenlandschaften der Mangroveformationen.

Der Küstenbereich mit dem Grenzbereich stellt den für das Dasein der Menschen besonders wichtigen Raum dar; er ist der am intensivsten vom Menschen genutzte und beeinflusste.

Die Küsten.

Der Begriff Küste wird mehrdeutig verwendet in allgemeiner Form für den Randsaum des Festlandes zum Meer und hat vielfache Definitionen und Interpretationen erfahren. Eine Übersicht findet sich u. a. bei H. Valentin [1952]: Die Küsten der Erde. Die Länge der Küsten des Weltmeeres beträgt ein mehrfaches des Erdumfangs. Je nach Genauigkeitsgrad der Vermessung und nach Einrechnung mittlerer oder kleiner Meeresbuchten in die Abmessung werden 260 000 km bis zu 500 000 km angegeben. Die Küsten der Erde sind ausführlich beschrieben in den vielbändigen Werken der Seehandbücher für die Seefahrt von den Hydrographischen Diensten der Nationen, wie den Seehandbüchern vom DHI in der BRD und den Pilots der USA und Großbritanniens.

Die genaue Lage der Küstenlinien der Kontinente konnte z. T. erst mit Hilfe von Satellitenaufnahmen festgelegt werden. Hierbei kommen Multispektralaufnahmen mit Infrarotabbildungen zur Anwendung. H. G. Gierloff-Emden [1976]: *Orbital Remote Sensing of Coastal and Offshore Environments, A Manual of Interpretation*, Walter de Gruyter.

Als neuere Angabe sei genannt: Albers et al. [1973]: Küsten der Erde: 370 000 km Länge (ohne Eisküsten des antarktischen Kontinents), davon 50 000 km Kliffküsten (Angaben ohne kleine Inseln).

Die Flachmeerbereiche als besonderer Raum

Diese stellen eine eigene Kategorie der Meeresräume dar, zu den oben genannten drei Grenzflächen eine vierte Einheit. Als Abgrenzung kann der Wirkungsbereich der Wellen gelten, welche, an der oberen Grenzfläche durch Wind generiert, auf den flacheren Meeresböden als wirksames Agens mit dem Prozeß der morphologischen Formung einwirken (Rippelbildung, Sandtransport). Als eine Art Resonanzerscheinung kann die hydrodynamisch bedingte sogenannte Grundsee auf die obere Grenzfläche, die Wasseroberfläche, zurückwirken. (Auf die Decks von Schiffen wird in der Nordsee bei Sturm Material vom Meeresboden gespült.) Wegen der natürlichen, besonderen Dynamik dieses Raumes der Flachmeere und ihrer besonderen Bedeutung hinsichtlich der Nutzung in Schifffahrt, Wasserbau und Fischerei soll dieser Meeresraum als eigene geographische Kategorie Berücksichtigung finden.

Die Begriffe „Flachmeer“ und „Flachsee“ werden oft synonym gebraucht, sowie auch „Flachsee“ und „Schelfmeer“. Während „Schelf“ ein bathymetrischer Begriff ist und „Schelfmeer“ damit bestimmter Begriff wäre, fehlt eine Konvention, um die hier als Flachmeere angegebenen Meeresräume zu kennzeichnen. „Hochsee“ ist eine Bezeichnung für küstenferne Meeresgebiete, die in der Schifffahrt Anwendung findet.

Gebräuchliche Bezeichnungen für horizontale und vertikale Dimensionen von Meeresräumen und Meeresböden

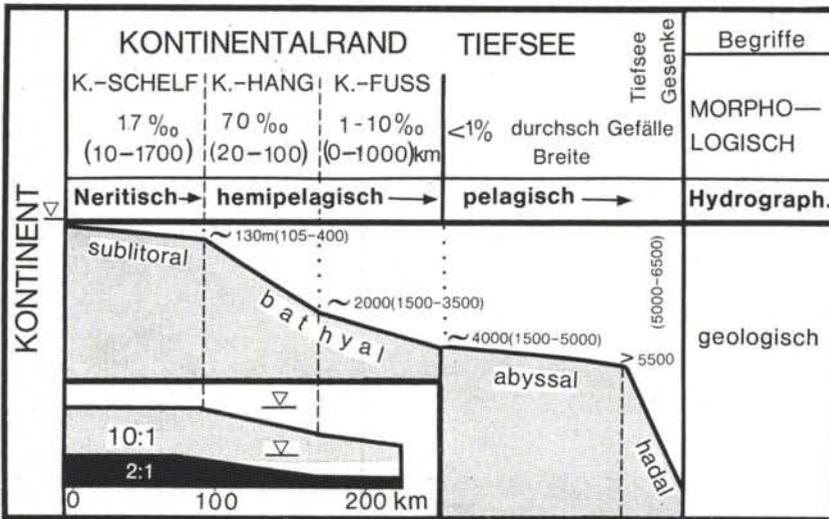


Abb. 1.3

Begriffe zur horizontalen und vertikalen Gliederung von Meeresräumen und Meeresböden
Gez. nach einer Gliederung von E. Seibold [1974] und [1975].

Beispiel zum atlantischen Typ eines Kontinentalrandes, d. h. mit einer Kontinentalfußregion.
Unten links ein Profil genommen durch F. S. „Meteor“ (Fahrt 25) vor der Küste von Westafrika in 10- bzw. 2facher Überhöhung eingezeichnet. Vertikale Gliederung vgl. Abb. 7.3.

Zur Lage von Meeresregionen (Worte aus dem Griechischen) für geologische Bezeichnungen (Sedimente) und für biologische Bezeichnungen (Organismen):

1. Begriffe zur Distanz von der Küste
 - neritisch = festlandsnah, zur Flachsee
 - pelagisch = festlandsfern, zur Tiefsee
2. Begriffe zur Tiefenlage von Meeresregionen:
 - litoral = Uferzone
 - sublitoral = submarine Küstenregion
 - bathyal = tiefe Region
 - abyssal = sehr tiefe Region
 - hadal = tiefste Region, Tiefseegräben

Der Wasserkreislauf Weltmeer – Lithosphäre – Atmosphäre

Durch den Wasserkreislauf steht das Weltmeer in Wechselwirkung mit Lithosphäre und Atmosphäre und ihren Teilbereichen, wie z. B. der Pedosphäre, dem wasserdurchfeuchteten Boden des Festlandes. Biologische Wirkungsgefüge durchdringen in Wirkung und Wechselwirkung ebenfalls die genannten Grenzflächen.

Es besteht Wasseraustausch zwischen Ozean und Festland im Küstenbereich im Grundwasserbereich. Infolge des Eingriffs durch Tätigkeit des Menschen in die natürlichen Wirkungsgefüge an Grenzflächen und am Grenzsaum entstehen Störungen in diesem System, z. B.: Ablagerung von Abfallstoffen am Meeresboden (Veränderung der Morphologie und des Ökotops) und Entnahme von Süßwasser aus dem Boden im Küstenbereich (Nachdringen von Salzwasser).

„In bezug auf den Erdkörper befindet sich das Meer an einer, physikalisch-chemisch betrachtet, außerordentlich begünstigten Stelle. Es nimmt an der Grenzfläche „Fest-gasförmig“ eine infolge seines flüssigen Aggregatzustandes vermittelnde Stellung ein und bildet durch sein Dazwischentreten selbst das wichtigste Glied eines physikalisch-chemischen Systems, und zwar in einem Gebiet, welches die volle Möglichkeit der gegenseitigen Durchdringung des festen, flüssigen und gasförmigen Zustandes gewährleistet. K. Kalle [1945, S. 1]: Der Stoffhaushalt des Meeres.“

Die Grenzfläche wird durch Aufrauung als Reaktionsfläche noch vergrößert, z. B. durch die Wellen: Mit Gischt gelangen Wasser und Salzpartikel in die Atmosphäre und Luft durch Einschlag in das Wasser.

A. Baumgartner u. E. Reichel [1975]: Die Weltwasserbilanz.

Die Wasserkörper der Ozeane bilden zusammenhängend das Weltmeer

Der Wasserkörper der Ozeane als Ganzes ist die stoffliche Erfüllung des Weltmeeres innerhalb seiner Grenzschichten. Es ist von eminenter Bedeutung, daß das Weltmeer als kontinuierlicher Wasserkörper mit relativ freien Austauschmöglichkeiten zwischen den Wassermassen seiner Ozeane besteht. Für den ozeanischen Wassermassenaustausch sind die Verbindungen mit großer Tiefe zwischen den Ozeanen von besonderer Bedeutung. Diese bestehen zwi-

schen den drei Ozeanen: dem Atlantischen Ozean, dem Indischen Ozean, dem Pazifischen Ozean, im zirkumpolaren Meeresgebiet um den antarktischen Kontinent in Form des Südpolarmeeres. In den Ozeanen gibt es Wassermassenaustausch in großem Ausmaß:

Meeresströmungen mit großem Wassermassentransport reichen von der Oberfläche in größere Tiefen als 50 m, also tiefer als der Bereich flacher Barren.

In tieferen Regionen erfolgt Austausch in Form von Gegenströmungen. Starke, windgenerierte Strömungen von beständiger, ganzjähriger Dauer kommen auf der Erde im Ring der 40er bis 60er Breiten im südlichen zirkumpolaren Raum vor.

Im Vergleich dazu ist die Verbindung zwischen den Meeren über die flache Barre der Beringstraße für den Wassermassenaustausch von geringer Bedeutung. Obwohl der Nordteil des Pazifischen Ozeans dem Nordpolarmeer benachbart gelegen ist, handelt es sich hinsichtlich des Wassermassenaustausches zwischen den Ozeanen Pazifischer Ozean und Atlantischer Ozean auf dem Wege über das Nordpolarmeer durch die Beringstraße um eine Verbindung von geringerer Bedeutung. Vgl. Abb. 2.4 u. 7.83.

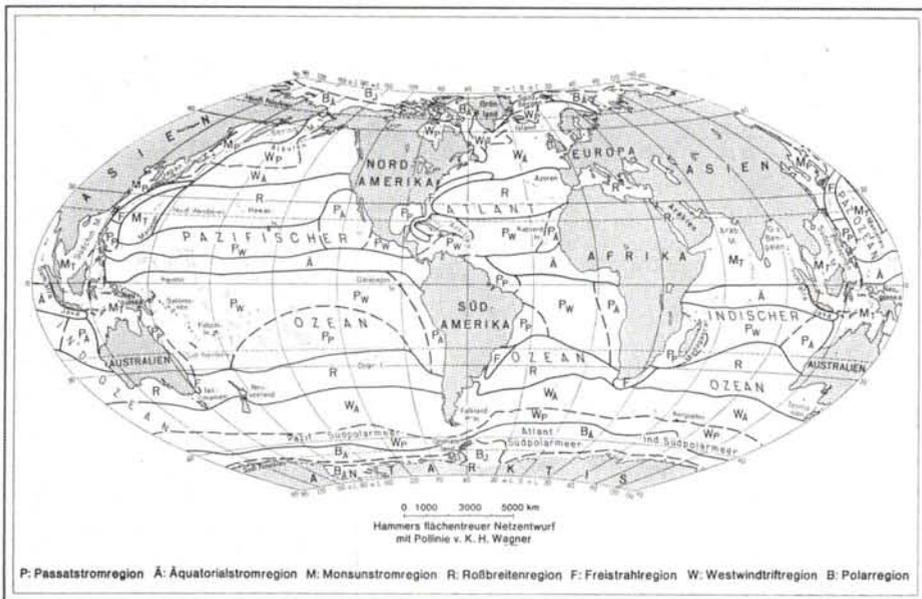


Abb. 1.4

Regionale Gliederung des Weltmeeres nach hydrographischen Regionen

Darstellung der Erde in flächentreuer Projektion mit Repetition des Randbereiches Indischer Ozean – Pazifischer Ozean.

Der Anteil der Windzonen nach der Fläche am Weltmeer beträgt in % für Passatregionen 30, Westwindregionen 24, Roßbreiten 20, äquatoriale Kalmen und für Monsunregionen je 8 %, restliche 10 % verteilen sich auf übrige Regionen. Detaillierte Auflistung der Regionen vgl. Kap. 7, Abb. 7.4.

Gez. nach: G. Dietrich [1956, 1957, 1973].

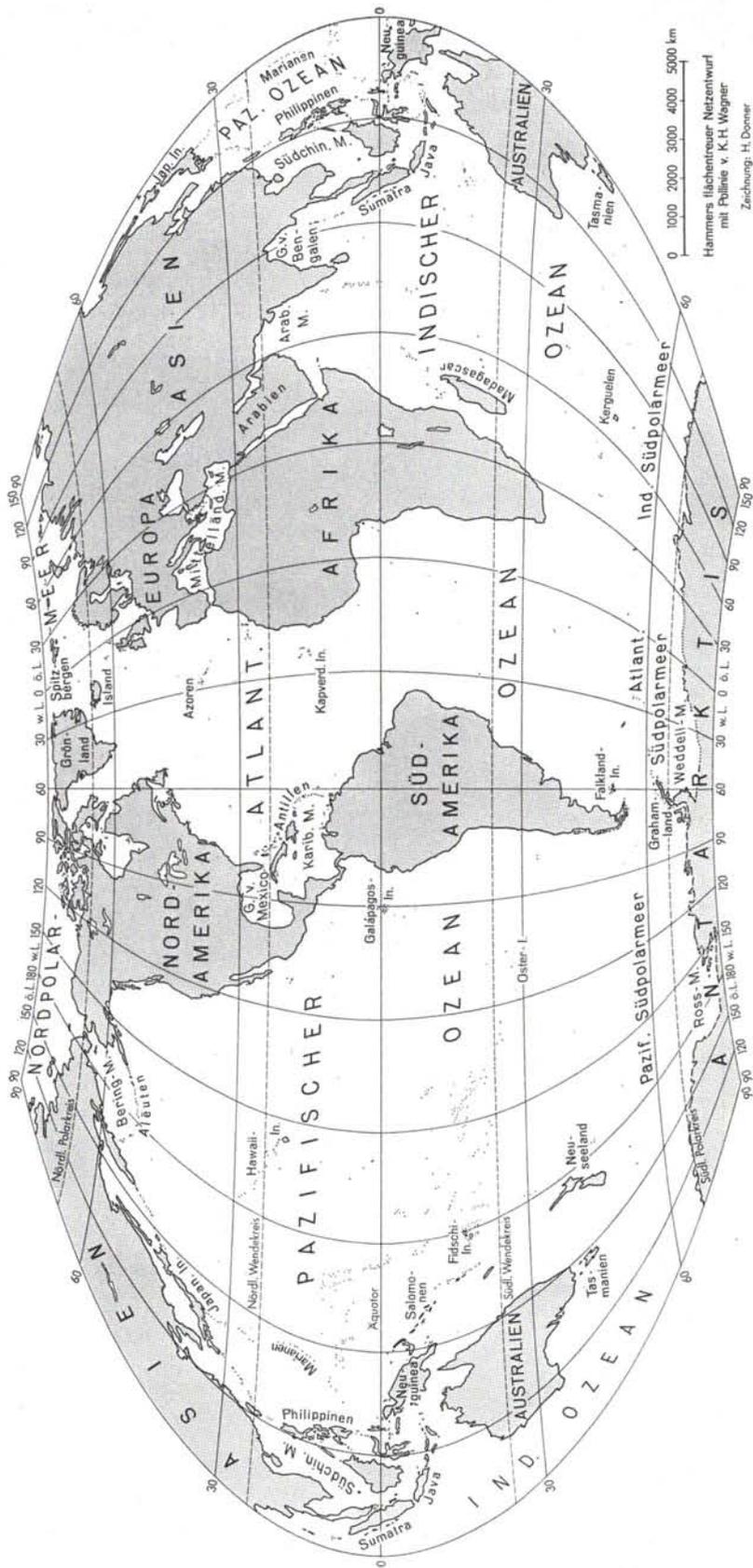


Abb. 2.1
Die Erdoberfläche mit Ozeanen und Kontinenten in flächentreuer Darstellung mit randlicher Repetition.

2. Größe und Gliederung der Ozeane

Die Gestalt der Erde und der Meeresspiegel

Die geometrische Figur

Die Erdoberfläche ist die Grenzfläche Gestein – Luft oder Wasser (bzw. Eis) – Luft. Um die durch die Erdoberfläche gebildete Figur (geophysikalisch: Figur der Erde) vollkommen quantitativ beschreiben zu können, müssten sehr komplizierte mathematische Ausdrücke verwendet werden.

Man versucht, die Figur der Erde durch einfache Figuren anzunähern, die auch mit einfacheren Formeln beschrieben werden können. Für die Mehrzahl ozeanischer Betrachtungen und in der Nautik wird die Erde geometrisch als Kugel angenommen, obwohl eine solche Annahme strenggenommen mathematisch und geophysikalisch nicht korrekt ist. Pythagoras und Aristoteles hatten im 4. Jh. v. Chr. gezeigt, daß die Erde Kugelgestalt hat. Eratosthenes hatte im 3. Jh. v. Chr. die erste exakte Vermessung in Ägypten durchgeführt. Es kann versucht werden, bessere Näherungsfiguren als eine Kugel zu verwenden, und zwar durch kompliziertere geometrische Figuren, die meist Sphäroide genannt werden. Durch das Wort Sphäroide wird gesagt, daß die Figuren zwar keine Kugeln, aber doch Kugel-ähnliche sind.

Für die Figur der Erdoberfläche gibt es als Annäherung geometrische und physikalische (Schwere) Modellfiguren.

In erster Annäherung stellt die Erdfigur geometrisch eine Kugel dar. In zweiter Annäherung stellt die Erdfigur geometrisch ein Rotationsellipsoid dar, d. h. ein zweiachsiges Sphäroid.

Im 17. Jh. stellte Rische [1672] die langsamere Bewegung eines Pendels am Äquator im Vergleich zu höheren Breiten fest. Clairault zeigte 1743 die Zunahme der Pendelbeschleunigung mit dem Quadrat des Sinus der Breite. Huygens und Newton erklärten 1690 das Verhalten des Pendels durch die geringere Entfernung der Pole vom Erdzentrum im Vergleich zum Äquator. Newton zeigte, daß die Erde ein Sphäroid oder ein Rotationsellipsoid ist.

Als Referenzellipsoide wurden die von Bessel [1841], Preußen, und von Clarke [1866], USA, berechneten, lange Zeit verwendet.

Von diesen einfachen geometrischen Figuren gibt es in weiterer Annäherung an die Erdfigur noch einige Abweichungen. Die Erde ist ein dreiachsiges Sphäroid mit meridionaler Asymmetrie, wobei der Äquator kein Kreis, sondern eine Ellipse ist. Außerdem gibt es eine polare Asymmetrie, wobei die Radien zum Nordpol und Südpol differieren. Es bestehen eine Eindellung am Südpol um 26 m und eine Ausbuchtung am Nordpol um 20 m (Kardioid) und eine geringe birnenförmige Ausbuchtung zwischen Äquator und Pol um einige Meter. Diese Unregelmäßigkeit konnte auf Grund der Bahnstörungen und Lasermessungen beim Umlauf von Satelliten berechnet werden. Für

nautische Aufgaben wie für die Sichtweite von Objekten (Schiffe, Leuchfeuer) kann die Oberfläche der Ozeane als Kugelfläche angenommen werden, so daß der Horizont eine Kreisfigur ergibt.

Für geologische, tektonische Probleme ist die Abweichung der Erdgestalt von einer Kugel von Bedeutung.

Die Erdfigur zeigt lokale Abweichungen auch vom Kardiod, denn die feste Erdoberfläche hat ein Relief. Die Erdfigur wird in geometrischer Annäherung von verschiedenen Autoren unterschiedlich beschrieben.

Physikalische Parameter und das Geoid

Die Anwendung von Loten oder Libellen in Meßinstrumenten hat zur Folge, daß in allen geodätischen Messungen die Richtung des Schwerfeldes der Erde enthalten ist. Bei gleicher Verteilung der Schwere des Erdkörpers im Falle der Kugelfigur würde das Lot von jedem Punkte der Oberfläche zum Erdmittelpunkt zeigen. Die Lotrichtung auf einer entsprechenden Sphäroidfigur differiert davon. Diese Messungen erfolgen also über die Kategorie einer physikalischen Eigenschaft, der Schwere, in Anwendung auf eine geometrische Figur. Das Geoid ist durch eine Äquipotentialfläche des Schwerfeldes der Erde bestimmt.

Diejenige Äquipotentialfläche, durch die die Erdoberfläche am besten angenähert wird, heißt Geoid. Sie liegt teilweise über, teilweise unter der Erdoberfläche.

In Regionen des nördlichen Indischen Ozeans liegt die Oberfläche des Geoids bis zu 105 m unter der des Sphäroides, in Regionen des nördlichen Atlantischen Ozeans um 60 m höher als die Oberfläche des Sphäroides, d. h. die Amplitude beträgt 160 m. D. King-Hale [1976].

Diejenige Äquipotentialfläche, die mit der mittleren Oberfläche der Ozeane zusammenfällt, schneidet in der Nähe der Küsten die Erdoberfläche und liegt in den Kontinenten unterhalb der Erdoberfläche. Diese Äquipotentialfläche ist sicherlich eine gute Näherung der Erdoberfläche, da ein großer Teil der Erdoberfläche von der Oberfläche der Ozeane gebildet wird. Bei Veränderungen der Erdfigur würden sich geoidal bedingte Transgressionen des Meeres ergeben. R. W. Fairbridge [1961, 1966]. Definition:

Das Geoid ist die Äquipotentialfläche, die mit der mittleren Oberfläche der Ozeane zusammenfällt. Das ist eine Annäherung eines Schweremodells an ein geometrisches Modell der Erdfigur: Höhen- und Tiefenangaben sind auf das Meeresniveau bezogen.

Als Referenzfigur (Annäherungsmodell) für das Geoid wurde ein Ellipsoid gewählt, das wiederum nur eine Näherung der gemittelten Erdoberfläche ist.

Es gibt verschiedene Berechnungen der Elemente des Rotationsellipsoides. Nach aus Satellitenbeobachtungen gewonnenen Werten ist die Erde etwas weniger abgeplattet als man vorher angenommen hatte. Für das Internationale Erdellipsoid [1924] war die Abplattung $f = 1/297$ (genau) festgesetzt worden (nach Hayford [1909]). Die Schwerebeschleunigung beträgt am Äquator $978,039 \text{ cm/sec}^2$. Die Schwerebeschleunigung beträgt am Pol $983,217 \text{ cm/sec}^2$.

Die Ausmaße des Internationalen Referenzellipsoides wurden festgesetzt: Äquator = Kreis mit dem Radius $a = 6378,388$ km;

Meridian über Pole = Kreis mit dem Radius $b = 6356,912$ km, d. h. 21 km kürzer; Mittlerer Radius von Kugeln, die die gleiche Oberfläche oder das gleiche Volumen wie das Referenzellipsoid haben, ist 6371,2 km;

die Abplattung beträgt $(a - b) : a = 1 : 297$; (die Differenz Große Halbachse minus Kleine Halbachse beträgt 21 km.) Die Abplattung ist von dem Ausmaß, daß bei einem Kreis mit Radius von 297 mm Durchmesser in diesem Maßstab die Querschnittsellipse am Pol nur um 1 mm innerhalb des Kreises verlaufen würde. (In Literatur zur Satellitengeodäsie wird seit 1960 als neuer Abplattungswert $1 : 298$ angegeben).

Auf der Generalversammlung der Internationalen Union für Gewässer und Geophysik (IUGG), 1967, wurden neue Referenzwerte angenommen, die u. a. auf der Satellitenvermessung beruhen.

Die Unterschiede der Oberfläche des Geoids (Schwere-Modell) zu der des Sphäroids (Erdfigurmodell) sind um zwei Zehnerpotenzen kleiner als die polare, sphäroidale Abflachung der Erde von der Kugel.

Die Abstände zwischen Geoid und Referenzellipsoid heißen Geoid-Undulationen und sind von den Undulationen der Erdoberfläche um das Referenzellipsoid wohl zu unterscheiden.

Zahlenangaben nach G. Angenheister (Ed.) [1969]: „Geophysik“. Beratung zum Text z. T. nach mündlichen Mitteilungen von G. Angenheister.

Eine ausführliche Darstellung von Gestalt und Größe der Erde von G. Jensch [1975] gegeben in: „Die Erde und ihre Darstellung im Kartenbild“. W. Kertz [1969]: Einführung in die Geophysik.

Der Meeresspiegel

Als Meeresspiegel wird ein mittlerer Wasserstand aus Messungen statistisch bestimmt.

Die Wasserteilchen der Ozeane bewegen sich frei in Abhängigkeit von der Richtung der Schwerkraft an den verschiedenen Punkten der Erdoberfläche. Ohne Einwirkungen äußerer Kräfte stellt der Meeresspiegel der Ozeane eine Annäherung an das Geoid dar, also eine Schwerefigur mit einer Äquipotentialfläche. Jedoch bewirken Luftdruck, Windstau, Gezeiten, Niederschläge, Abfluß der Flüsse, und Dichteunterschiede im Wasser regional und in der Dimension Zeit kurzfristig (Stunden, Tage) oder langfristig (Monate, Jahreszeiten), Abweichungen hiervon. A. Guilcher [1965]. Dieser Sachverhalt ist von Bedeutung für die Theorie der Meeresströmungen. Für Meeresströmungen sind schon Spiegelgefälle von einigen Dezimetern von Bedeutung. Der mittlere Meeresspiegel, „msl“, d. h. „mean sea level“, genannt, ist auf der Nordhalbkugel 25 cm höher als auf der Südhalbkugel. Der msl ist im Pazifischen Ozean 35 cm höher als im Indischen Ozean. Der msl ist im Pazifischen Ozean etwa 70 cm höher als im Atlantischen Ozean. Das ist z. gr. T. durch Erwärmung und spezifisches Volumen bedingt. Der Meeresspiegel wird u. a. durch Gezeiten und Luftdruck in diesen Ausmaßen über dem freien Ozean beeinflusst. E. Lisitzin [1974]: Sea Level Changes. Es gibt jahreszeitlich alternierend auftretende

Schwankungen des Meeresspiegels: auf der Nordhalbkugel Anstieg im September–Oktober und auf der Südhalbkugel Anstieg im März–April in der Größenordnung von 0,1 m. Diese Erscheinungen wurden durch Messungen von Küstenstationen erkannt. Als Ursachen werden verschiedene angegeben: Wassermassentransport über den Äquator jahreszeitlich, Veränderung der Zirkulationsgeschwindigkeit oder Wassertemperatur und Winde. A. Guilcher [1965]: *Précis d'Hydrologie marin et continental*, S. 91, nach Angaben von E. Lisitzin.

Die *Satellitengeodäsie* hat neue Ergebnisse zur Bestimmung der Erdfigur und des Geoids erbracht, und zwar a) die Bahnbestimmung von Satelliten und b) die Satellitenaltimetrie, bei der Entfernungsmessungen Satellit–Erde und die Laufzeit elektromagnetischer Wellen vorgenommen werden (z. B. Radar oder Laser). Durch diese Methoden konnten Abweichungen des Meeresspiegels vom Modell des Geoids, z. B. eine Depression von 15 m betreffend eine Undulation von 100 km über dem Bereich des Puerto Rico Tiefseegrabens festgestellt werden. R. S. Mather [1974]. D. King-Hale [1976]: *The Shape of the Earth*. R. Sigl (Ed.) [1970].

Mit Messungen von Skylab konnte der Zusammenhang der Topographie der Meeresoberfläche mit der Bodentopographie der Meere gefunden werden. So konnte auch die Position von Seamounts vor Brasilien im Atlantischen Ozean festgestellt werden. G. D. Leitao u. J. T. McGoogan [1974].

Mit solchen Methoden werden auch kleinere Modulationen gemessen wie die Deformation der Meeresoberfläche durch größere Wellen (seastate).

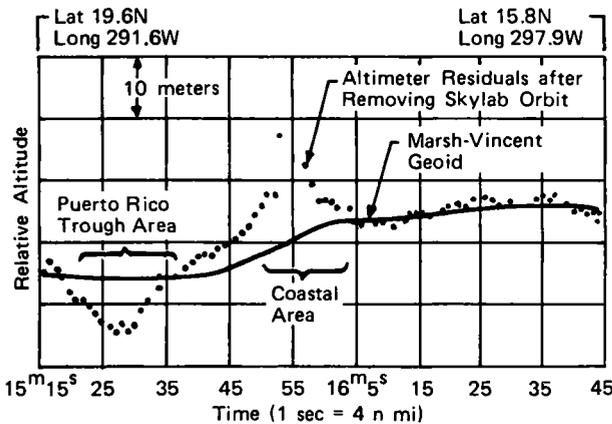


Abb. 2.1 a
Deformationen der Meeresoberfläche in Beziehung zur Meeresbodenform, gemessen vom Satelliten SKYLAB 1973

Die Abbildung zeigt Differenzen zwischen dem Marsh Vincent Geoid und EREP Altimeter Messungen der Meeresoberfläche über der Puerto-Rico-Graben-Region. Der Ozean scheint eine Depression über der Region des Grabens aufzuweisen.

SKYLAB Data Catalog, NASA [1974] S. 133

Historisch ist von Interesse, daß vor dem Bau des Sueskanals die irrige Auffassung verbreitet war, daß der Spiegel des Roten Meeres 10 m über dem des Mittelmeeres läge, obwohl die Mathematiker La Place und Fourier gezeigt

hatten, daß keine solchen Niveauunterschiede vorhanden sein können. F. de Lesseps veranlaßte Messungen, um die Bedenken auszuräumen: Negrelli, 1857. Der Sueskanal hat keine Schleusen. Andere ozeanverbindende Kanäle haben Schleusen wegen der unterschiedlichen Gezeitenverhältnisse der Ozeane, z. B. Kiel-Kanal zwischen Nord- und Ostsee, Panamakanal zwischen Atlantischem und Pazifischem Ozean (dort auch wegen der Hubhöhen zu den Kanalspiegeln über der Landenge).

Bei Änderungen der Wassermassen der Meere während geologischer Zeiträume, z. B. eustatischen Meeresspiegelschwankungen finden weltweite Veränderungen des Meeresspiegels statt. R. W. Fairbridge [1961]: *Eustatic Changes in Sea Level*. Für horizontale Bewegungen der Kontinente und Ozeanböden ist die von einer Kugel verschiedene Gestalt der Erde wegen tektonischer Formung von Bedeutung. R. W. Fairbridge [1978].

Für Karten der Weltozeane in kleinen Maßstäben, z. B. 1 : 40 Mill., wie die Karten von Groll, kommt die Abweichung der wahren Erdfigur von deren Modell der Kugelgestalt graphisch nicht mehr zum Ausdruck. Für eine solche Anwendung kann also z. B. für flächentreue Karten als Bezugsfigur eine Kugelgestalt gewählt werden. M. Groll [1912]: „Tiefenkarten der Ozeane“.

Größe des Weltmeeres, der Ozeane und der Meere

Das Weltmeer als dünne Schicht auf der Erde

Nach seinen horizontalen Dimensionen in der Fläche nimmt das Weltmeer mit sieben Zehnteln von der Gesamtfläche der Erde den größten Teil ein.

Nach seiner vertikalen Dimension in der Mächtigkeit nimmt das Weltmeer vom Erdkörper nur eine dünne Schicht ein.

Das Verhältnis der Fläche von Land zu Meer auf der Erde, welches in neuester Zeit durch Satellitenaufnahmen direkt sichtbar wurde, und welches das Schlagwort „Wir leben auf einem Wasserstern“ entstehen ließ, ist im Planetensystem der Sonne einmalig.

Das Volumen des Weltmeeres beträgt jedoch nur $\frac{1}{790}$ des Volumens der Erde. Die Ozeane sind Gebilde von extremer Flächenhaftigkeit mit enormen Reaktionsflächen. Auf einem Globus von 33,5 cm Durchmesser würde die Wassermenge des Weltmeeres entsprechend der natürlichen Verteilung eine Schicht von nur 0,1 mm einnehmen. Die Flächenhaftigkeit des Welt-Ozeans beträgt 120. Das heißt: „Der Ozean besitzt unter natürlichen Verhältnissen eine Oberfläche, die 120 mal so groß ist, als wenn die gesamte Wassermasse in einer Kugel zusammengefaßt wäre.“ K. Kalle [1945, S. 7].

(Man besitzt keine Anzeichen dafür, daß sich die Gesamtwassermenge der Erde unter Einschluß von Wasser und Eis auf dem Festlande und von Wasserdampf in der Atmosphäre merklich geändert hat, jedenfalls nicht in der jüngeren geologischen Vergangenheit.)

Dieser Sachverhalt ist für die Wechselwirkungs- und Reaktionsprozesse und für das Leben auf der Erde von großer Bedeutung. So kommt z. B. ein relativ

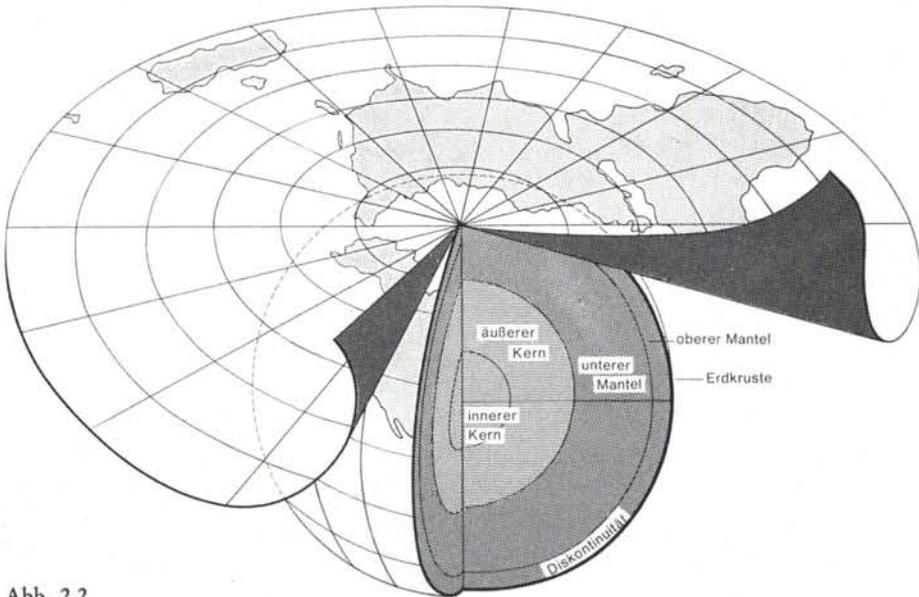


Abb. 2.2

Das Weltmeer als dünne Schicht auf der festen Erde

Die Ozeane sind räumliche Gebilde von extremer Flächenhaftigkeit. Sie würden auf einem Globus von 33,5 cm Durchmesser nur der Dicke von einer Papierschicht entsprechen.

Weltmeer	von 0 bis 11 km	Tiefe
Kruste	von 0 bis 30 bis 60 km	Tiefe
Diskontinuität	von 30 bis 60 km	Tiefe
Oberer Mantel	von 60 bis 950 km	Tiefe
Unterer Mantel	von 950 bis 2900 km	Tiefe
Äußerer Kern	von 2900 bis 5000 km	Tiefe
Innerer Kern	von 5000 bis 6300 km	Tiefe

Die Erdkruste ist die äußere Schale des Erdkörpers. Sie ist seismologisch charakterisiert durch Geschwindigkeiten der Kompressionswellen, die kleiner als 7,8 km/s sind. (Mohorovičić-Diskontinuität).

Die Erdkruste ist vielgestaltig, weder ist sie überall von gleicher Mächtigkeit noch von gleicher Beschaffenheit. In Hochgebirgsregionen sind Mächtigkeiten bis zu 70 km festgestellt worden, unter den Ozeanen dagegen von nur etwa 5 km (Unterschiede in der Abb. nicht berücksichtigt).

Innerhalb des Meeres, der Wasserschicht des Planeten Erde, die im Mittel für die Ozeane etwa 5000 m dick ist, gibt es mehrere Schichten verschiedener Wassermassen, z. B. von etwa 200 m Dicke an der Oberfläche, innerhalb derer sich Zirkulationen ereignen. Das sind Schichten von $\frac{1}{25}$ Dicke der gesamten „Haut“, hier in der Abb. als dünne Cellophanblättchen zu denken.

Erdkern nach: DFG, Denkschrift zur Lage der Physik des Erdkörpers, Wiesbaden [1967]

großer Teil der Meereswassermenge in den Wirkungsbereich des Sonnenlichtes. Diese dünne, lichtdurchdrungene, obere Schicht des Weltmeeres, die photische Schicht, nur ein „Film“ von ca. 100 m Dicke, stellt den Lebensraum für die Primärproduktion pflanzlichen Lebens dar, wo die Photosynthese zur Produktion organischer Stoffe stattfinden kann. Es sind 71 % (genauer 70,8 %)

der Erdoberfläche vom Meere bedeckt und 29 0/0 (genauer 29,2 0/0) von Land. Somit verhält sich die gesamte Landfläche zur gesamten Meeresfläche der Erde wie 1 : 2,43. Nach Kossinna [1921] beträgt das Gesamtvolumen der Wassermassen des Weltozeans 1 370 323 000 km³ oder rund 1/800 des Gesamtvolumens der Erdkugel, nach Smithsonian Meteorological Tables [1951] 1 361 254 000 km³ (nach H. W. Menard u. S. M. Smith [1966] 1 349 930 000 km³). Die geringeren Werte nach Angaben neuen Datums ergaben sich aus der Kenntnis von geringeren Meerestiefen über großen untermeerischen Gebirgen wie Midocean Ridges.

In der Literatur finden sich etwas differierende Größenangaben für die Ozeane. Vorherrschend sind die Größenangaben nach E. Kossina [1933] und H. W. Menard u. S. M. Smith [1966]. Da noch keine endgültigen, detaillierten, geodätisch ermittelten Daten vom Umriss der Kontinente und Ozeane und deren Tiefen vorliegen, werden hier Angaben nach Kossina und Menard direkt oder mittelbar aus Handbüchern übernommen.

Der Rauminhalt des den Meeresspiegel überragenden Landes verhält sich zu dem des Weltmeeres wie 1 : 11. Wäre das Meer gleichmäßig über die Erde verteilt, so würde es eine Wasserschicht von 2 600 m Mächtigkeit ausmachen.

Die horizontale Verteilung von Land und Meer

Die Kenntnis von der richtigen Verteilung von Land und Wasser auf der Erdkugel wurde erst durch Entdeckungsreisen, wie z. B. die Erdumsegelung von Magellan und del Cano, 1519–1522, und die Reisen von Cook, 1768–1779, schrittweise gewonnen.



Abb. 2.3

Verteilung der Flächen von Land und Wasser auf der Erde und Anteile der Ozeane und Nebenmeere: Oberfläche der Erde 510 · 10⁶ km², des Weltmeeres 362 · 10⁶ km².

Die Verteilung von Land und Meer auf der Erdkugel ist in bezug auf Schnittebenen, durch den Äquator und durch die Pole, auf den jeweilig durch die Schnitte gegebenen Halbkugeln ungleich.

Darstellungen von Halbkugeln mit Anteilen der größten Land- oder Wasserfläche zeigen den Mittelpunkt der Erdhälfte mit der größten Landbedeckung

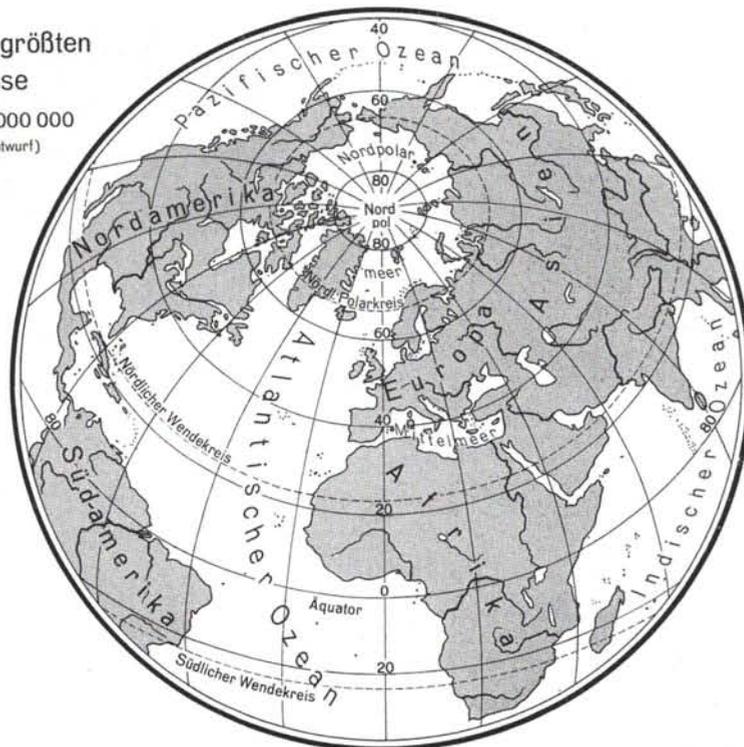
Halbkugel der größten
Wassermasse

Maßstab 1 : 180 000 000
(Flächentreuer Entwurf)



Halbkugel der größten
Landmasse

Maßstab 1 : 180 000 000
(Flächentreuer Entwurf)



an der Küste Frankreichs an der Biscaya, $47^{\circ} 15' N 2^{\circ} 30' W$, und den Mittelpunkt der Erdhälfte mit der größten Wasserfläche bei Neuseeland, $47^{\circ} 15' S 177^{\circ} 30' O$. Auf der sogenannten Landhalbkugel nimmt das Meer noch 53,2 % ein, auf der sogenannten Wasserhalbkugel 88,4 %. Die Begriffe „Land- und Wasserhalbkugel“ wurden nach O. Krümmel [1907, Bd. I] von Ph. Buache eingeführt, dann von K. Ritter vielfach benutzt. In der Darstellung der Halbkugel mit der größten Landmasse wird die zentrale Lage des Nordatlantischen Ozeans und des Nordpolarmeeres zwischen den Kontinenten deutlich.

Die Verteilung von Land und Wasser ist in bezug auf die einzelnen Breitenzonen ungleichmäßig. Das Überwiegen der Meeresbedeckung auf der südlichen Halbkugel gegenüber der nördlichen Halbkugel ist deutlich ausgeprägt:

Meeres- und Landanteile der Halbkugeln der Erde

Nordhalbkugel	$155 \cdot 10^6 \text{ km}^2$	Meeresanteil 61 %	Landanteil 39 %
Südhalbkugel	$207 \cdot 10^6 \text{ km}^2$	Meeresanteil 81 %	Landanteil 19 %

Die Landmassen der Erde sind z. gr. T. verbreitet zwischen $70^{\circ} N$ und $30^{\circ} S$ Breite.

Zwischen 45° und 70° nördlicher Breite überwiegt mit den Kontinentalblöcken Nordamerika und Eurasien der Anteil des Landes. Der Nordpolarkreis verläuft in drei Vierteln seiner Länge über Kontinente, nicht über Ozeane. Zwischen $55^{\circ} S$ und $65^{\circ} S$ umgibt das Weltmeer die Erde als geschlossener Ring. Während die Nordpolarregion nördlich $70^{\circ} N$ im wesentlichen ganz vom Meere bedeckt ist, ist die Südpolarregion südlich $70^{\circ} S$ im Bereich der Antarktis überwiegend von Land und Inlandeis bedeckt. Diese Verteilung von Land- und Wassermassen hat besondere Bedeutung für die Ausbildung der Klimaregionen der Erde.

Eine gute Vorstellung von der Größe der Ozeane und Kontinente (horizontale Verteilung) gibt eine flächentreue Darstellung der Erdteile und der Ozeane in jeweils gleichem Maßstabe von K. H. Wagner im „Atlas zur Ozeanographie“ von Dietrich-Ulrich [1968], B. I. Verlag. Es sind dort drei Ozeane dargestellt: der Atlantische Ozean, der Pazifische Ozean und der Indische Ozean mit ihren Nebenmeeren.

Die Verteilung der Landmassen und Ozeane nach der Breite und ihre Beziehung zu Verteilung von Schelf und Kontinentalabhang sowie zu Bevölkerungsdichte und Erdölproduktion wurde von K. O. Emery [1974] in Form von Computerdiagrammen dargestellt.

Vgl. auch K. Kalle [1949] Die waagerechte Gliederung und die Tiefen des Meeres.

←

Abb. 2.4

Halbkugeln der größten Wasser- bzw. Landbedeckung der Erde

Nach verschiedenen Vorlagen

Die Erdteile und Ozeane im gleichen Maßstab

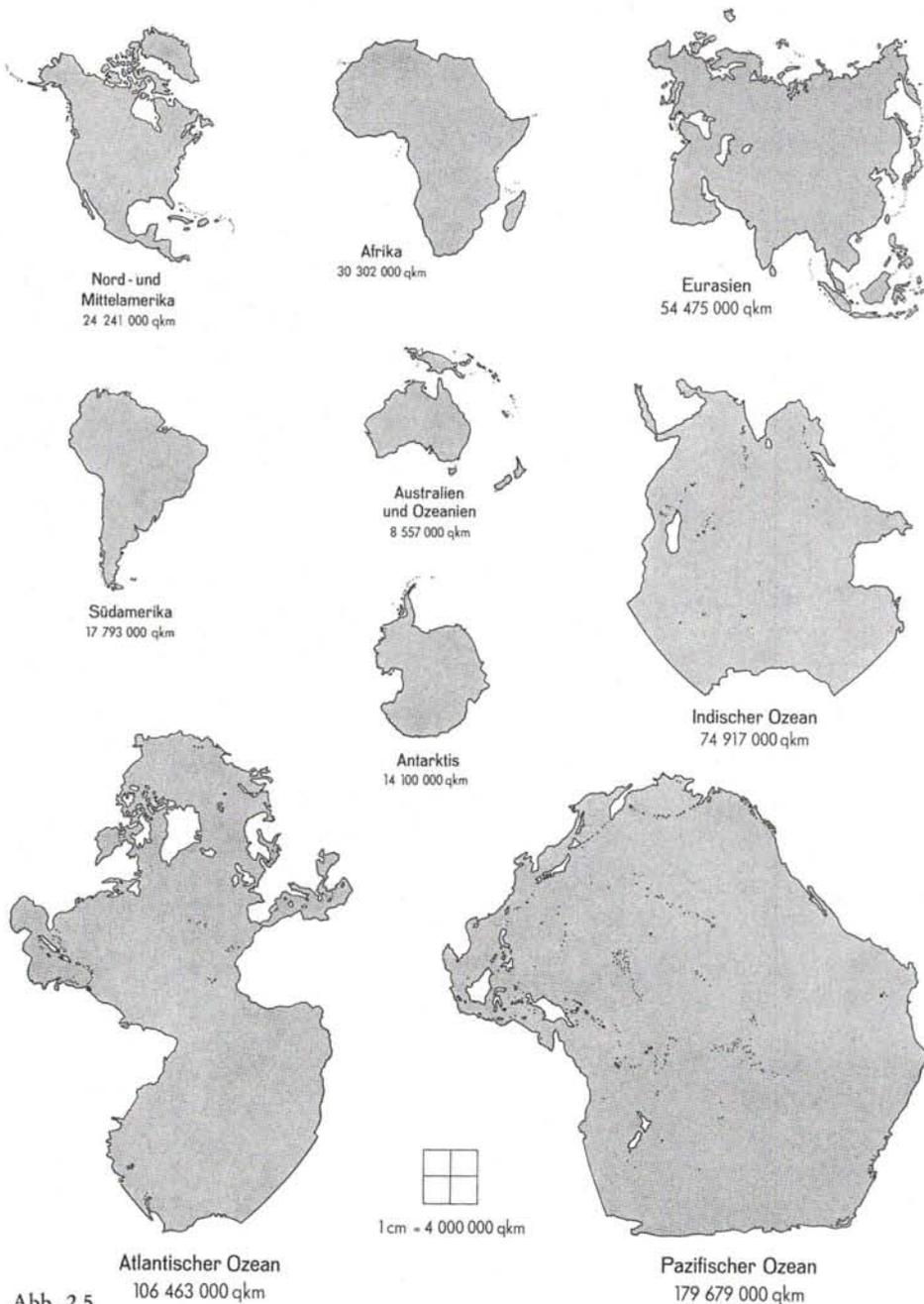


Abb. 2.5

Die Erdteile und Ozeane dargestellt als Flächen in gleichem Maßstab. Die Flächenangaben differieren etwas von der nebenstehenden Tabelle.

Gezeichnet nach: K. H. Wagner [1971] Atlas zur Orographie. B. I. Hochschulatlanten, Mannheim

Fläche, Inhalt, mittlere und größte Tiefe der Ozeane und ihrer Nebenmeere
(Nach G. Dietrich: aus Geophysik [1972], Fischer-Verlag)

Meere	Fläche in Mill. qkm*	Inhalt in Mill. cbkm*	Tiefe	
			Mittel in m*	Maximum in m**
1. Ozeane ohne Nebenmeere				
Pazifischer Ozean	166,24	696,19	4188	11022 ¹
Atlantischer Ozean	84,11	322,98	3844	9219 ²
Indischer Ozean	73,43	284,34	2872	7455 ³
Summe	323,78	1303,51	4026	—
2. Mittelmeere, interkontinental				
Arktisches Meer	12,26	13,70	1117	5449
Australisches Meer	9,08	11,37	1252	7440
Amerikanisches Meer	4,36	9,43	2164	7680
Europäisches Meer ⁵	3,02	4,38	1450	5092
Summe	28,72	38,88	1354	—
3. Mittelmeere, intrakontinental				
Hudson-Bai	1,23	0,16	128	218
Rotes Meer	0,45	0,24	538	2604
Ostsee	0,38	0,04	101	459
Persischer Golf	0,24	0,01	25	170
Summe	2,30	0,45	193	—
4. Randmeere				
Bering-Meer	2,26	3,37	1491	4096
Ochotskisches Meer	1,39	1,35	971	3372
Ostchinesisches Meer	1,20	0,33	275	2719
Japanisches Meer	1,01	1,69	1673	4225
Golf von Kalifornien	0,15	0,11	733	3127
Nordsee	0,58	0,05	93	725 ⁴
St. Lorenz-Golf	0,24	0,03	125	549
Irische See	0,10	0,01	60	272
Übrige	0,30	0,15	470	—
Summe	7,23	7,09	979	—
5. Ozeane mit Nebenmeeren				
Pazifischer Ozean	181,34	714,41	3940	11022 ¹
Atlantischer Ozean	106,57	350,91	3293	9219 ²
Indischer Ozean	74,12	284,61	3840	7455 ³
6. Weltmeer				
	362,03	1349,93	3729	11022 ¹

¹ Vitiáz-Tiefe im Marianengraben Tiefen vgl. Text S. 40 u. 41

² Milwaukee-Tiefe im Puerto-Rico-Graben

³ Planet-Tiefe im Sunda-Graben

⁴ Im Skagerrak gelegen

⁵ Einschließlich Schwarzes Meer

* Nach H. W. Menard und S. M. Smith [1966] } Abkürzungen der Maße nach G. Dietrich
** Nach J. Ulrich [1968]

E. Kossinna [1921]: Die Tiefen des Weltmeeres. H. W. Menard u. S. M. Smith [1966]: Hypsometry of Ocean Basin Provinces.

Horizontale Gliederung des Weltmeeres und der Ozeane

Die Hierarchie der Objekte wird allgemein folgendermaßen verstanden: Oberbegriff: I. das Weltmeer. Es besteht aus den: II. Ozeanen (z. B. Atlantischer Ozean); diese haben als Teilregionen: III. Meere (z. B. Nordpolarmeer); diese haben Teilregionen: IV. Seen (z. B. Kara See).

G. Wüst [1936]: Die Gliederung des Weltmeeres.

Abgrenzungen der Ozeane

Gültige konventionelle Abgrenzungen

Eine Einteilung der Ozeane nach einem Merkmal, das allgemein üblich ist, beruht auf dem Verlauf der Küsten der Landmassen. Damit läßt sich das Weltmeer in drei Ozeane gliedern; die Begrenzung zwischen diesen drei Ozeanen, dem Indischen Ozean, dem Atlantischen Ozean und dem Pazifischen Ozean im Bereich ohne umgrenzende Uferlinien von Kontinenten, also im Bereich der südlichen Breiten des um die Antarktis zirkumpolar vorhandenen Weltmeeres, erfolgt auf Grund von Konventionen.

Es gelten: eine Verbindungslinie etwa vom Kap Agulhas (Nadelkap) in Südafrika – das Kap liegt eine Minute vom 20. Meridian östlicher Länge entfernt – entlang dem 20. Meridian östlicher Länge bis zum antarktischen Kontinent als Grenze zwischen Atlantischem und Indischem Ozean; eine Verbindungslinie von Südostaustralien über Tasmanien (Westküste) und vom Südkap von Tasmanien aus etwa über den 147. Meridian östlicher Länge (genau $146^{\circ} 55'$) bis zum antarktischen Kontinent als Grenze zwischen Indischem und Pazifischen Ozean. Die Grenze zwischen Indischem und Pazifischem Ozean verläuft von der Halbinsel Malakka über Inseln wie Sumatra und Java längs der südlichen Begrenzung nach Kap Talbot an der Nordküste von Australien.

Eine Verbindungslinie auf dem Meridian $67^{\circ} 16' W$ von Kap Hoorn vor dem südamerikanischen Kontinent und der antarktischen Halbinsel Grahamland, früher auch kürzeste Verbindungslinie zwischen Kap Hoorn und der King George Insel der Süd-Shetland Inseln (Deception Insel) nach Grahamland, bildet die Grenze zwischen Pazifischem Ozean und Atlantischem Ozean. Die Verbindungslinie zwischen Kap Deschnew und Kap Prince of Wales über die Beringstraße zwischen Beringmeer im Süden und Tschuktschensee im Norden, wird als nördliche Grenze des Pazifischen Ozeans gegenüber dem Nordpolarmeer betrachtet, weil es die schmalste Stelle der Meerenge der Beringstraße darstellt. Gemäß Konvention liegt jedoch die Grenzlinie einige sm weiter nördlich.

Nach der offiziellen Einteilung gibt es kein einheitliches „Südpolarmeer“, sondern ein Atlantisches, ein Indisches und ein Pazifisches Südpolarmeer, welche

Teilgebiete der entsprechenden Ozeane sind. I. H. B. [1937]. Für die Abgrenzung der Südpolarmeere ist der Breitenkreis 55° S geeignet. Er verläuft entlang des Endes des Festlandes von Südamerika, gibt etwa den Verlauf der Treibeisgrenze während des Südwinters an und die mittlere Lage der südpolaren Konvergenz. Detaillierte Beschreibung und Karte in: „Die Grenzen der Ozeane und ihrer Nebenmeere“ [1939]. Neue Einteilung siehe: Deutsches Hydrographisches Institut [1967], Nr. 2806, Weltkarte, „Namen und nautische Grenzen der Ozeane und Meere“, auch veröffentlicht in DHZ [1970], Erg. H., Reihe A, Nr. 10. Vgl. auch Publikation Nr. 23 des International Hydrographic Bureau (I.H.B.) und A. L. Shalowitz [1962]: Shore and Sea Boundaries. Genaue Angaben der Grenzen der Nebenmeere nach Länge und Breite ebenda.

*Abgrenzungen und Gliederungen des Weltmeeres
nach verschiedenen Prinzipien*

Die Einteilung des Weltmeeres in die drei großen Ozeane und eine weitere Aufgliederung in kleinere Regionen, die als Meere und Seen bezeichnet werden, ist üblich; es gibt jedoch andere Aufgliederungen.

So wird das Nordpolarmeer (häufig als Arktisches Meer bezeichnet) teilweise nicht als Meer des Atlantischen Ozeans, sondern als selbständiger Ozean betrachtet und die zirkumpolare Wasserfläche zwischen antarktischem Kontinent (Antarktis) und südamerikanischem, afrikanischem und australischem Kontinent als Südliches Polarmeer, nordwärts bis zum $55.$, anderen Orts bis zum $60.$ oder $50.$ Breitengrad, nach I. H. B. [1937] den Hydrographic Offices der einzelnen Nationen zur Entscheidung belassen. In den bathymetrischen Karten von G. Schott in „Geographie des Atlantischen Ozeans“ und „Geographie des Indischen und Stillen Ozeans“ sind mehrere Kategorien von horizontaler und vertikaler Gliederung durcheinander verwendet.

Das offizielle USamerikanische Seekartenwerk ist anders, nämlich nach neun „ocean basins“ eingeteilt. Dabei werden Atlantischer Ozean und Pazifischer Ozean durch den Äquator in je einen nördlichen und einen südlichen Teil abgegrenzt, eine Einteilung, die nicht einer Gliederung von Umrahmungen durch Küsten oder einer Gliederung von Becken in morphologischem Sinne entspricht (ähnlich Karte Nr. 2806 des DHI [1967], hier genannt: Nordatlantischer Ozean, Südatlantischer Ozean und Nördlicher Pazifischer Ozean, Südlicher Pazifischer Ozean). Das Nordpolarmeer wird als „Arctic Ocean“ geführt; die Grenze verläuft breitenparallel, etwa südlich vom Nordkap nach Grönland auf 70° N. Mit 60° S wird zirkumpolar der antarktische Bereich abgegrenzt. Das europäische und das amerikanische Mittelmeer werden je als eine eigene Meeresregion gerechnet. Dieser genannten Einteilung des Weltmeeres in neun Bereiche liegt der Gedanke einer regionalen Gliederung der Seekarten nach einer Numerierung in einem Ziffernsystem zugrunde, wobei die jeweils erste Ziffer der Nummer einer Seekarte die Lage in einer der neun

Regionen angibt, so daß die Ordnung der Blätter sich zum Digitalisieren eignet.

Es werden außerdem Namengebungen und Arealeinteilungen für die Ozeane verwendet, die auf Grund der Freibordbestimmungen (Schiffssicherheit) für bestimmte Schiffsklassen Meeresräume abgrenzen, wobei das jahreszeitlich bedingte Vorkommen von meteorologischen Faktoren für die Seefahrt (Eis, Stürme) von Bedeutung ist. Vgl. Tafel „Freibordzonen“ aus DHI Veröffentlichung Nr. 2000 [1971], bzw. „Load Line Zones and Limits of Oceans and Seas“, The World Shipping Scene [1963].

Für Wetterkarten, Eismeldedienst und Fischereiregionen gibt es außerdem zahlreiche Einteilungen von Ozeanen und Meeresräumen nach Namen und Grenzen. Vgl. Abb. 1.4.

Die allgemein übliche Einteilung der Wasserflächen der Erde erfolgt in drei Ozeane. Sie beruht auf internationalen Übereinkünften (International Hydrographic Bureau 1937). (Das IHB wurde zum IHO: International Hydrographic Office, Monaco.)

Eine solche Einteilung hat nichts mit der dem literarischen Bereich angehörigen Bezeichnung der „Sieben Meere“ zu tun, wie sie 1896 von dem englischen Dichter Rudyard Kipling als Titel für einen Gedichtband, „Seven Seas“, gewählt wurde. Es gibt im Altertum und Entdeckungszeitalter Bezeichnungen für die Meere (nach dem jeweiligen Stand der Kenntnisse von den Meeren), die sich nach der Anzahl in sieben aufzählen lassen: Die Aufzählungen entspringen jedoch einer gewissen Willkür. Von Bedeutung scheint zu sein, daß die Zahl 7 im Alten Testament eine besondere Bedeutung hatte: Man zählte sieben Schöpfungstage, sieben Planeten, sieben fette und magere Jahre u. a.

Ältere Einteilung des Weltmeeres in „Sieben Meere“

Altertum	Späteres Entdeckungszeitalter (16. bis 18. Jh.)
1 Europ. Mittelmeer	1 Nördliches Eismeer
2 Persischer Golf	2 Südliches Eismeer
3 Rotes Meer	3 Nordatlantischer Ozean
4 Ostafrikanisches Meer	4 Südatlantischer Ozean
5 Westafrikanisches Meer	5 Indischer Ozean
6 Indischer Ozean	6 Nordpazifischer Ozean
7 Chinesisches Meer	7 Südpazifischer Ozean

Eine weitere Untergliederung der Wasserflächen der Erde im Rahmen der drei Ozeane in Form von „Meeren“, „Randmeeren“ oder „Mittelmeeren“ und „Seen“ ist in der ozeanographischen Literatur vorwiegend nach dem Merkmal der Küsten der Umrandungen, Buchten und Inselketten, also im wesentlichen nach der Topographie erfolgt. Nach A. Schumacher sind beim Stillen Ozean nur 7,5 % seiner Wasserflächen „Meere“. Im Indischen Ozean beträgt dieser Anteil nur 2 %, im reich gegliederten Atlantischen Ozean 22,6 %. Der Anteil der Meere an der gesamten Wasseroberfläche des Weltmeeres beträgt 11,5 %.

Zu den Gliederungsprinzipien

Die Grundsätze zur Gliederung, Abgrenzung und Namengebung von Ozeanräumen sollten auf den Merkmalen topographisch abgrenzbarer und zeitlich nicht schnell verändernder Phänomene (Küsten oder größere Bodenformen), welche nur einen oder zwei metrisch meßbare Parameter des Raumes haben und die die geringste subjektive Interpretation zulassen, beruhen. Sogenannte „Natürliche Regionen“, die nach sich zeitlich verändernden Phänomenen (episodisch oder jahreszeitlich periodisch) herausgearbeitet werden, wie Stromsysteme, Wasserkörper und ökologische Komplexe, die zahlreiche meßbare Parameter verschiedener Kategorien haben, sind für eine allgemein gültige Einteilung und Abgrenzung von Meeresteilen mit Namengebung zum Zwecke allgemeinen Gebrauches und Informationsaustausches ungeeignet. Vgl. G. Schott [1936]: „Die Aufteilung der drei Ozeane in natürliche Regionen“. G. Wüst bemerkt [1936] in „Die Gliederung des Weltmeeres, Versuch einer systematischen geographischen Namengebung:

„Denn indem Schott die Forderung stellt, daß sich „in jeder natürlichen Region der Querschnitt der Eigenschaften und Vorgänge im Wasserkörper, einschließlich der biologischen Tatsachen, und der Querschnitt der entsprechenden Eigenschaften und Vorgänge im Luftpörper, soweit Ozean und Atmosphäre in Wechselwirkung stehen, zu einem geschlossenen Gesamtgebilde vereinigen“ gelangt er naturgemäß bei der Veränderlichkeit all solcher Grenzen und bei der Unmöglichkeit ozeanographische, klimatische und biologische Regionen in volle Deckung zu bringen, zu einer – nach seinen eigenen Worten – „stark subjektiven“ Aufteilung und zu einer mehr oder minder willkürlichen Benennung“. G. Wüst [1936].

Die große Bedeutung einer regionalen Gliederung des Weltmeeres in hydrographische Regionen wie sie z. B. von G. Dietrich [1957] in seinem Buch „Allgemeine Meereskunde“ dargestellt wird, wird durch diese Bemerkungen nicht gemindert (vgl. Abb. Kap. Strömungen).

Die Grundsätze der Einteilung und Namengebung unter Berücksichtigung der historischen Entwicklung wurden ausführlich von O. Krümmel [1907, Bd. I] dargestellt und von G. Wüst präzisiert.

Geographische Gliederung, Namen und Bodengestalt von Ozeanregionen

Bei Verschiedenheit der Kategorien von Umrißformen (Küsten mit Uferlinien) und von Vertikalformen (Schelfmeer und Tiefsee) kommt es zu Benennungen von Ozeanteilen (Meeren), wobei zumeist der Name nach dem Umriß gegeben wurde, obwohl damit meeresmorphologisch ganz verschiedene Meeresregionen erfaßt sind; z. B.:

Der Golf von Biskaya gilt nach dem Umriß als eine Meeresregion. Nach der Bodenform ist er fast diagonal in zwei Regionen gegliedert, den Schelf vor der französischen Küste und das Tiefseebecken (Abyssal Plain) nördlich der Iberischen Halbinsel.

Das Beringmeer ist nach dem Umriß als ein Meer bezeichnet. Nach der Bodenform ist es zu etwa gleichen Flächenanteilen durch einen ausgeprägten

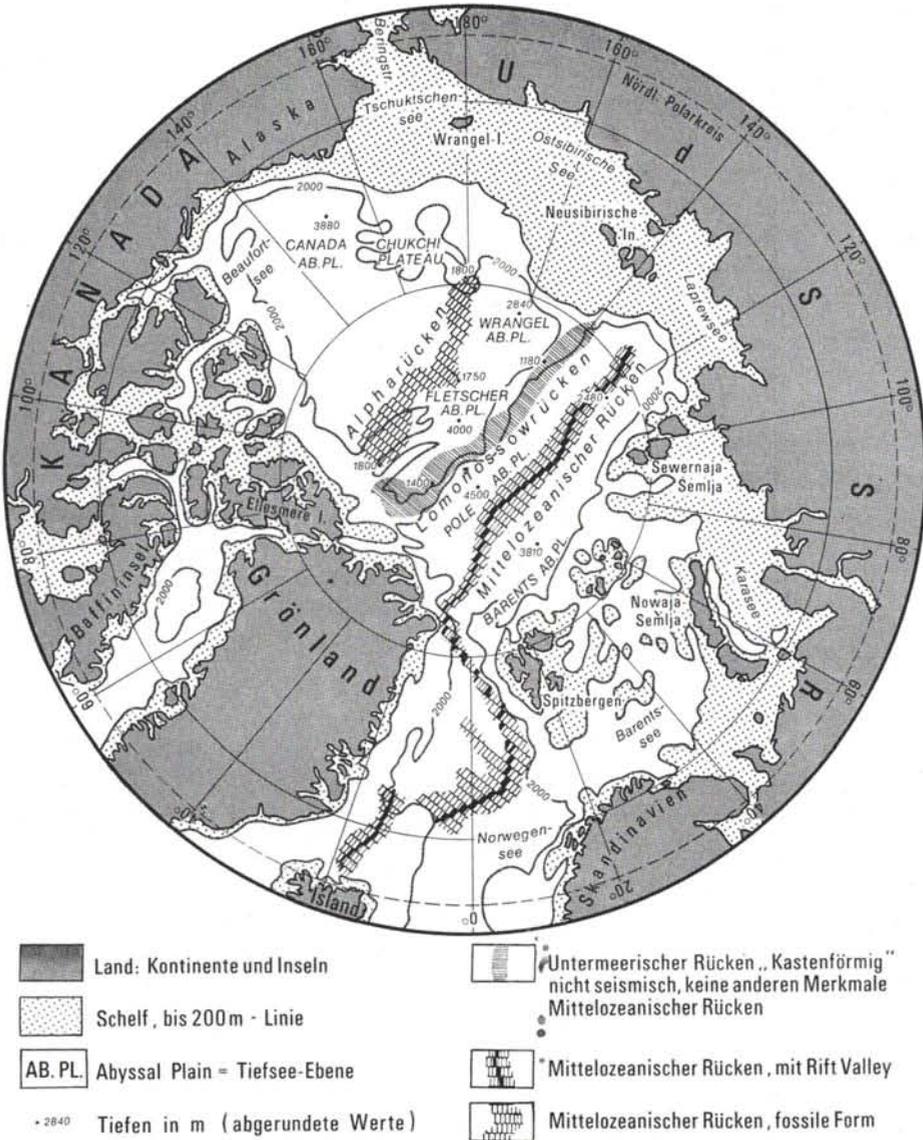


Abb. 2.5 a

Das Nordpolarmeer. Umriss des Meeres mit Teilregionen („Seen“) und Formen des Meeresbodens:

Schelf, Tiefseebecken und untermeerische Rücken. Morphologisch-bathymetrische Darstellung

Die untermeerischen Rücken sind als signifikante Gestaltelemente in morphographischer Form dargestellt, da sie mit bathymetrischer Darstellung innerhalb großer Tiefenstufen nicht in geschlossener Form erfassbar sind.

Entwurf: H. G. Gierloff-Emden [1978] nach versch. Quellen, u. a. N. A. Ostenson [1974] Arctic Ocean Margin, in: C. A. Burk u. C. L. Drake: The Geology of Continental Margins. Kartogr. Bearb.: G. Barth.

Grenzsaum des Kontinentalabhanges getrennt in den Schelf des Beringmeeres und in die Tiefseeregion des Aleuten-Beckens.

Namen der Ozeane und Meere

Da eine entsprechende kartographische Darstellung in Schul- und Handatlanten im Allgemeinen nicht vorhanden ist, soll hier eine Karte mit den Namen der Ozeane und Meere gegeben werden, der eine detaillierte kartographische Darstellung von Bruns [1958] zugrunde liegt. Wegen der Mercator Darstellung sind einige Nebenmeere der Polargebiete hier nicht eingetragen. Eine etwas differierende, tabellarische Aufstellung stammt von Lyman [1960] im McGraw Hill „Yearbook of Science and Technology“. Eine Darstellung über den historischen Werdegang der Namengebung des Weltmeeres, der Ozeane und Meere gab O. Krümmel [1879]: „Versuch einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume.“ S. 8 bis 17.

Die hier gegebene Darstellung nach Bruns differiert etwas von der neueren und noch detaillierteren Weltkarte der „Namen und nautische Grenzen der Ozeane und Meere“ [1967] Karte Nr. 2806 des DHI im Maßstab 1 : 40 Millionen, verkleinerter Abdruck in Erg. H. Nr. 10 der DHZ [1970]. Dort ist z. B. das Europäische Nordmeer noch in „Norwegische See“ und „Grönland See“ unterteilt; die Mittelmeere sind weiter untergliedert. Diese Karte des DHI ist jedoch nicht auf den hier vorliegenden Satzspiegel verkleinerbar.

Für Einteilung und Schreibweise in englischer Sprache vgl. Publ. des I. H. B. [1937] und A. L. Shalowitz [1962].

Für mehr oder minder durch geschlossene Küstenlinien oder Inselketten abgegrenzte Meeresteile gibt es in weiterer Untergliederung die Bezeichnungen Bucht, Golf, Lagune, Fjord, Meerenge, Straße, Kanal u. a., die z. B. als Begriffe in den Seekarten verwendet sind. In älteren Publikationen wurde den Gliederungsprinzipien und Namengebungen breiter Raum gewidmet. So hat O. Krümmel außer den drei großen Ozeanen, unter denen er den Pazifischen Ozean als „Südsee“ aufführte, zwischen den sogenannten – gegenüber den großen Ozeanen – „unselbständigen“ Meeresräumen noch nach Merkmalen wie: „Zahl der offenen Zugänge“ oder „flachere und tiefere Meere“ unterschieden. Daten über Einteilung der Meere, Klassifikation und Morphometrie, Küstenlänge, Zugangsbreiten und Querschnitte auf Grund der damaligen Kenntnisse von den Ozeanböden wurden von O. Krümmel [1879 u. 1907, Bd. I] ausführlich aufgeführt und diskutiert.

Zum Zwecke der Dokumentation, also der Erfassung und Ordnung der meereskundlichen Literatur, wurden andere, verschiedene Klassifikationen entworfen. E. Meynen [1964]: Entwurf einer Regionalgliederung der Ozeane und Meere zur Verwendung in der Dezimalklassifikation (DK).“ E. Cordes [1970]: „Die Literaturschließung in der Meereskunde“.

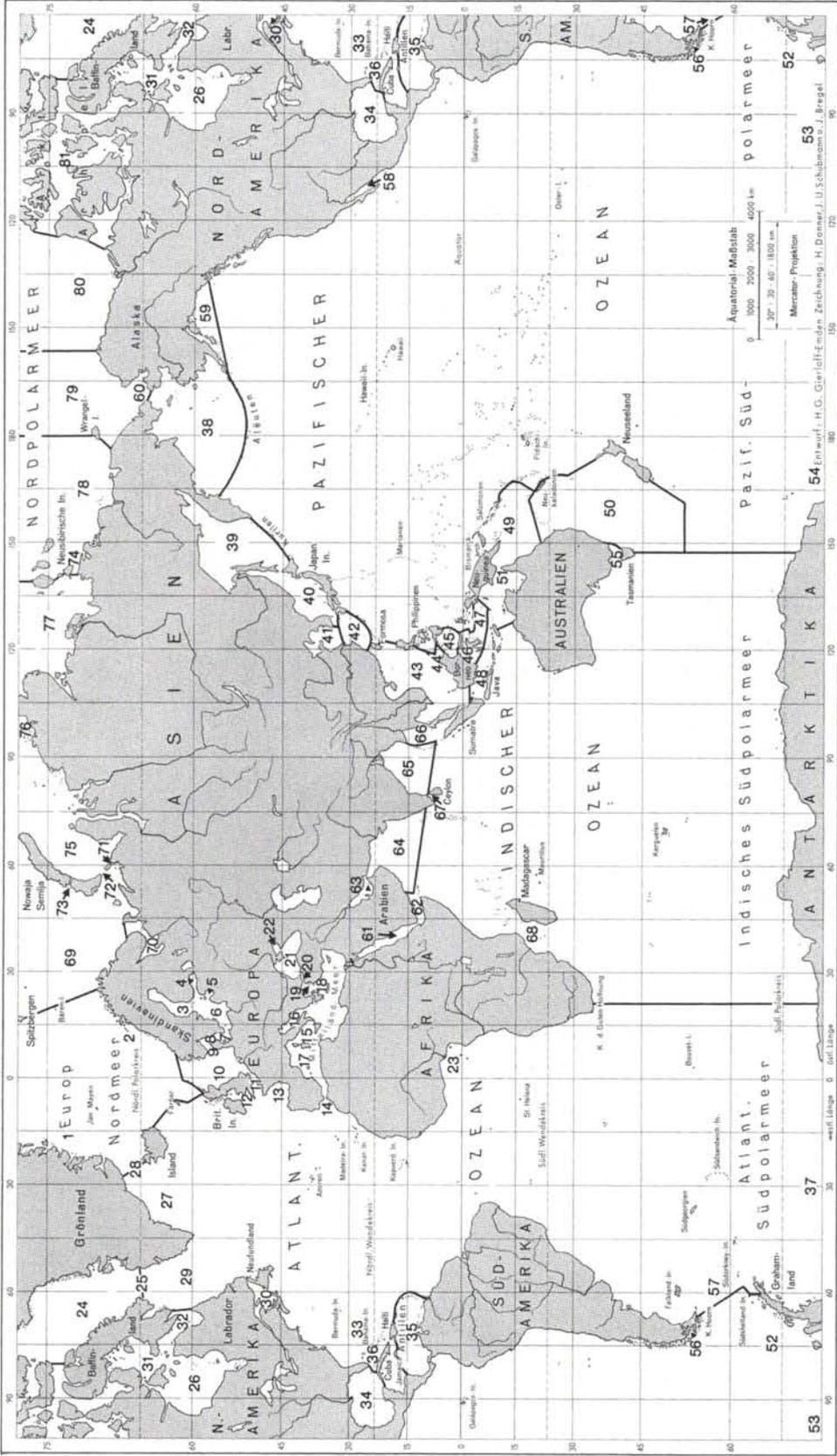


Abb. 2.6 Namen der Ozeane, Meere, Seen und Straßen des Weltmeeres zwischen 75° N und 65° S, Mercator-Projektion. Abb. ohne zentrale Polarregionen, wegen der Darstellung der Ozeane in geschlossener Form mit Repeatingstreifen in O—W-Richtung. Gezeichnet mit der Einteilung von E. Bruns [1966] Ozeanologie, Bd. I, Namen vgl. Tabelle.

Die Meere des Weltozeans

nach E. Bruns [1958] Ozeanologie, Bd. I, Beilagekarte Abb. 4 (etwas gekürzt)

Atlantischer Ozean	30	St.-Lorenz-Bai	56	Magalhães-Straße
1 Grönland-See	31	Foxe-Kanal	57	Drake-Straße
2 Norwegische See	32	Hudson-Straße	58	Golf von Kalifornien
3 Bottnischer Meerbusen	33	Sargasso-See	59	Golf von Alaska
4 Finnischer Meerbusen	34	Golf von Mexico		
5 Rigaer Meerbusen	35	Karibisches Meer	Indischer Ozean	
6 Mittlere Ostsee	36	Straße von Florida	60	Bering-Straße
7 Belte und Sund	37	Weddell-Meer	50	Tasman-See
8 Kattegat			62	Golf von Aden
9 Skagerrak			63	Persischer Golf*)
10 Nordsee	Pazifischer, Stiller oder		64	Arabisches Meer
11 Englischer Kanal	Großer Ozean		65	Golf von Bengalen
12 Irische See	38	Bering-Meer	66	Andamanisches Meer
13 Golf von Biskaya	39	Ochotskisches Meer	67	Palk-Straße
14 Straße von Gibraltar	40	Japanisches Meer	68	Straße von Madagaskar
15 Tyrrhenisches Meer	41	Gelbes Meer		
16 Adriatisches Meer	42	Ostchinesisches Meer	Nordpolarmeer**)	
17 Balearisches Meer	43	Südchinesisches Meer	69	Barents-See
18 Ägäisches Meer	44	Sulu-See	70	Weißes Meer
19 Dardanellen	45	Celebes-See	71	Jugor-Straße
20 Marmara Meer	46	Makassar-Straße	72	Kara-Straße
21 Schwarzes Meer	47	Banda-See	73	Matotschkin-Straße
22 Asowsches Meer	48	Java-See	74	Lapteff-Straße
23 Golf von Guinea	49	Korallen-See	75	Kara-See
24 Baffin-Bai	61	Rotes Meer	76	Westsibirisches Meer
25 Davis-Straße	51	Torres-Straße	77	Lapteff-See
26 Hudson-Bai	52	Bellingshausen-See	78	Ostsibirisches Meer
27 Irminger-See	53	Amundsen-See	79	Tschuktschen-Meer
28 Dänemark-Straße	54	Ross-See	80	Beaufort-See
29 Labrador-See	55	Bass-Straße	81	Kanadische Straßensee

*) Neuere Benennung: Persisch-Arabischer Golf

**) Nordpolarmeer mit Nebenmeeren vgl. Abb. 2.5 a

Vertikale Gliederung des Weltmeeres und der Ozeane

Eine vertikale Gliederung des Meeresbodens kann entweder morphologisch nach den tatsächlich vorhandenen Typen der Großformen oder nach der statistischen Verteilung von Tiefenstufen erfolgen. Die vertikale Gliederung der marinen Umwelt, d. h. des Wasserkörpers nach Biozonen erfolgt in Abhängigkeit von Licht- und Temperaturverhältnissen mit den Zonen der Meerestiefen.

Für die Abgrenzung von Rechtsansprüchen genügte früher ein Randstreifen der Ozeane an den Küsten, also eine horizontale Dimension, die Dreimeilenzone. Mit wachsender Bedeutung von Fischerei und Rohstoffausbeute auf dem Schelf und am Kontinentalabhang werden für neue Abgrenzungen vertikale

Dimensionen, metrische als auch morphologische, in die Überlegungen und Aufteilungen einbezogen, wie z. B. 200-m-Linie und Kontinentalabhang. Die Kontinentalsockelkonvention von 1958 beruht auf einer Abgrenzung der Großformen der Ozeane. (Vgl. Kap. Rechtsverhältnisse am Ende des Buches.)

Die Hypsographische Kurve

Die mittlere Tiefe des Weltmeeres beträgt 3729 m, d. h. $\frac{1}{1700}$ des mittleren Erdradius. Die mittlere Tiefe der Ozeanbecken beträgt 4700 m. H. W. Meinard u. S. M. Smith [1966]. Der Wasserkörper der Ozeane wird in Flachsee (bis zu 200 m Tiefe) und in Tiefsee (mehr als 200 m Tiefe) gegliedert. Erste Berechnungen von „mittleren Meerestiefen“ stammen von O. Peschel [1868]; Darstellung bei O. Krümmel [1879]. Schelf und unterer Gefälleknick der Kontinentalabhänge sind schon in den „Tiefenkarten der Ozeane“ von M. Groll [1912] deutlich markiert.

Die Aufnahme von Tiefenstufen und die Darstellung ihrer statistischen Verteilung führt zur sogenannten „Hypsographischen Kurve“. Die Bezeichnung Hypsographische Kurve gilt für die Darstellung des statistischen Vorkommens der Höhenstufen der gesamten festen Erdoberfläche. Für den submarinen An-

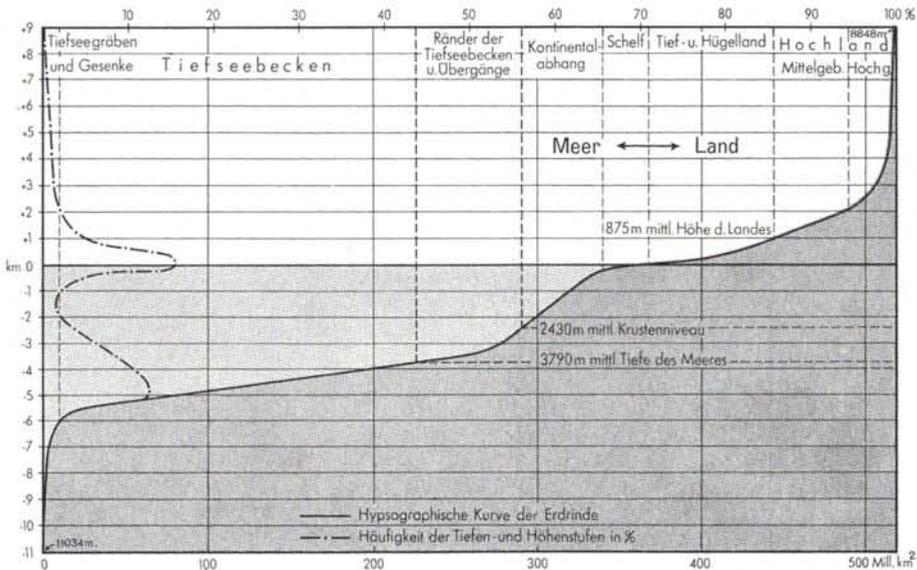


Abb. 2.7

Hypsographische Kurve und Häufigkeit der Höhen- und Tiefenstufen der Erde

Die Hypsographische Kurve zeigt den Anteil der verschiedenen Tiefen- und Höhenlagen der Erdoberfläche. Schelf und Kontinentalabhang sind signifikant. Links ist der prozentuale Anteil der einzelnen Niveaus (nach W. Meinardus [1942]) eingezeichnet. Maximale Anteile zeigen die Niveaus + 100 m und - 5000 m. Diese Darstellung wäre nach den neueren Messungen seit 1960 durch eine neue zu ersetzen. Vgl. Abb. 2.8

Gezeichnet nach: G. Dietrich [1952] in Landolt-Börnstein [1960]

teil, also die Meeresböden, wäre der Ausdruck „Bathygraphische Kurve“ zutreffend. W. Meinardus [1942]. In Ermangelung neuerer Berechnungen bis 1966 sind solche Kurven zumeist Darstellungen nach dem Stande der Aufnahmen der Tiefenverhältnisse der Ozeane aus den 20er und 30er Jahren. E. Kossinna [1921 und 1933]. Dennoch zeigt eine solche Kurve die Häufung der Anteile bestimmter Tiefenstufen in der Weise, daß die Böden von Tiefseeregionen und von Flachseeregionen (Schelfe) mit Tiefen bis zu etwa 200 m charakteristisch ausgeprägte Niveaustufen aufzeigen, wodurch Tiefsee von der Flachsee unterschieden ist. Eine Gesetzmäßigkeit in der Form in der Hypsographischen Kurve für die Ozeane wurde herausgearbeitet: Für den Bereich zwischen 2000 und 5000 m entsprechen danach die Kurven der Anteile der Ozeane den Ästen von Parabeln. Eine neuere Bearbeitung stammt von H. W. Menard u. S. M. Smith [1966]: *Hypsometry of Ocean Basin Provinces*. Die in dieser Arbeit aufgeführten Tabellen sind in das *Handbook of Marine Sciences* [1974] aufgenommen worden. Diese älteren Hypsographischen Kurven werden für geologisch-geophysikalische Erklärungen der vertikalen Veränderungen von Ozeanböden und Kontinentalrändern und ihre Entstehung verwendet.

Großformen zur vertikalen Gliederung

Auf die morphologischen Vorstellungen von tiefen Meeresbecken und dazwischenliegenden Schwellen ausgerichtet, ist dementsprechend die Benennung der einzelnen Niveauflächen erfolgt. Diese Benennung von Großformen in der Reihenfolge Tiefseegräben, Tiefseebecken, Ränder der Tiefseebecken und Übergänge, Kontinentalabhang und Schelf, für die vom Meere bedeckten Areale ist nicht identisch mit einer Gliederung auf Grund der morphologischen Großformen, wie sie gegenwärtig geläufig ist. Diese letztgenannte Gliederung nach Formentypen ist am Beispiel eines typischen Schnittes durch den Nordatlantischen Ozean dargestellt worden. B. C. Heezen [1957].

Die Hypsometrie der Ozeane wurde orientiert an den „Physiographic Provinces“ von B. C. Heezen, M. Tharp u. M. Ewing [1959]: *The Floors of the Oceans*. Tabellen und Karten mit Flächenanteilen absolut und relativ (prozentual) wurden hergestellt von H. W. Menard u. S. M. Smith [1966]: *Hypsometry of Ocean Basin Provinces*, und zusammengestellt von J. Reid [1974]: *Handbook of Marine Science*, Bd. I, Kap. *Physical Oceanography, Topographic Data*. Eine kürzere, übersichtliche Darstellung bei E. Seibold [1974]: *Der Meeresboden*.

Als Großformen erster Ordnung sind vorhanden: Kontinentalränder, Tiefseebecken, Mittelozeanische Rücken (letztere nach der geographischen Lage im Atlantischen Ozean so genannt; als Form und nach Genesis sind die Rücken im Pazifischen und im Indischen Ozean auch in Randlage vorhanden).

Die Kontinentalränder sind zu gliedern in Schelf, Kontinentalabfall, auch Kontinentalabhang genannt, Fußregion; (randliche Tiefseeegräben schließen in einigen Regionen ozeanwärts an). Die Kontinentalränder mit Schelf sind ausführlich behandelt bei C. A. Burk u. C. L. Drake [1974]: *The Geology of Continental Margins* (1009 S.).

Die Tiefseebecken sind zu gliedern in Tiefsee-Ebenen (Abyssal Plains), Tiefseehügel, Tiefseeschwellen und Stufenregionen. Die Morphologie ist im einzelnen komplex. H. S. Menard u. S. M. Smith [1966]: *Hypsometry of Ocean Basin Provinces*.

Die Mittelozeanischen Rücken bilden ein zusammenhängendes, untermeerisches Gebirgssystem von insgesamt etwa 60 000 km Länge und gliedern sich in Zentralgraben (Rift-Valley), Kammregionen und Flankenregionen. (Vgl. Abb. u. Beilagekarte).

Tiefseekuppen (oder Guyots genannt) sind untermeerische, isoliert stehende Berge; sie sind als Sonderform vorhanden. Von solchen isolierten untermeerischen Bergen, zumeist vulkanischer Natur, waren bis zu den 30er Jahren nur einige Hundert bekannt; in den folgenden Jahrzehnten wurden einige Tausend (ca. 8000) aufgenommen.

Vorstehende Gliederung wurde in Anlehnung an die Klassifikation der topographischen Großformen des Meeresbodens in Vereinfachung des Schemas von B. C. Heezen u. L. Wilson [1968] bei G. Dietrich [1975], S. 8, vorgenommen.

Die Schelfe

Als Schelf wird bezeichnet: ein vom Meer bedecktes flaches Randgebiet des Festlandssockels. Die Nordsee ist ein Schelfmeer. Die Ausdehnung der Schelfe wird mit ihrem oberen Rand statistisch bei etwa 200 m angezeigt. Tatsächlich liegt die Begrenzung der flachen Regionen der Ränder der Ozeane zwischen Küsten und Tiefsee mit ihrer Oberkante, dem Schelfrand, in sehr verschiedenen Tiefen zwischen 60 und 500 m. Die in Atlanten durch Tiefenlinien oder Farbstufen angezeigten Schelfränder bei genau 200 m Wassertiefe ergeben sich durch Festlegung der Tiefenstufen nach dekadischem System und sind somit keine morphologisch zu verstehenden Umrißlinien der Schelfregionen.

Als Länge für die Schelfränder der Kontinente werden 210 000 km angegeben. Der Schelfrand konnte mit Messungen von ERTS-1 Satelliten erkannt werden, da interne Wellen der Ozeane am Schelfrand deformiert werden und sich auf der Oberfläche des Meeres abbilden und zwar in zeitlicher Abhängigkeit von der Gezeitenerscheinung.

Die Schelfe haben besondere Bedeutung für naturgeographische Erscheinungen und Prozesse wie eustatische Meeresspiegelschwankungen, Ablagerungsraum für Sedimente von Flüssen der Kontinente, für die der Meeresspiegel Erosionsbasis ist, und für wirtschaftliche und rechtliche Belange wie Aus-

beutung der Bodenschätze und Fischerei. Die Schelfregionen bergen 60 % bis 70 % der Erdölvorräte des Meeres „offshore“.

Die Diskrepanz zwischen statistisch ermittelten Grenzen der Tiefenstufen und regional differenzierter morphologischer Ausprägung des Schelfs birgt Probleme zur Festlegung von Rechtsansprüchen auf submarine Areale, z. B. für Fischerei und Bodenschätze. In diesem Zusammenhang ist auf die Bedeutung des unteren Gefälleknickes des Kontinentalabhangs hinzuweisen, mit dem die Begrenzung des Festlandsockels gegeben ist. Diese Begrenzung ist auf Atlaskarten zumeist nicht markiert. Die Bedeutung dieser Begrenzung wurde schon von M. Groll [1912] für die „Tiefenkarten der Ozeane“ in den Erläuterungen, Kap. Farbenwahl, (S. 66) dargestellt und durch Kolorit berücksichtigt.

Großformen, Tiefenstufen und Karten

Die Verwendung gleichlautender Bezeichnungen in zwei Kategorien der Gliederung ist problematisch. Es kommen die Begriffe Kontinentalrand, Schelf und Schelfabfall sowohl in der Hypsographischen Kurve vor und sind dort für charakteristische Abschnitte der statistischen Verteilungskurve verwendet, als auch für Formentypen der untermeerischen (submarinen) Morphologie. In der Hypsographischen Kurve kommen nicht die Reliefverhältnisse und die Böschungsverhältnisse der untermeerischen Gebirge zum Ausdruck, sondern die statistische Verteilung der Tiefenstufen. Nach der bathymetrischen Gliederung (Hypsographische Kurve) ist das Aleutenbecken des Beringmeeres in gleicher Tiefenstufe zu rechnen wie Areale des Ostpazifischen Rückens, beide mit Wassertiefen von 2500–3000 m. Wenn die Ozeane in Tiefenstufen von 1000 m dargestellt werden, überwiegt das Bild einer Gliederung nach Becken als dominante topographische Erscheinung des Meeresbodens gegenüber den Rücken. Die morphologisch dominanten Mittelozeanischen Rücken treten dann nicht als signifikante Formen hervor, so daß sie nicht als zusammenhängende Form, sondern als Reihen einzelner Massive erscheinen. Ihre Kammlinie ist gezackt und schneidet dekadische Tiefenstufen solcher Karten. Auf diese Weise entsteht ein pseudomorphologisches Bild.

Zur Berechnung und Bewertung der Volumina der Ozeane und zur Morphometrie ihrer Tiefenstufen

Detaillierte Berechnungen der Areale und Volumina und mittleren Tiefen der Ozeane liegen vor, wie sie Th. Stocks [1939] nach dem Stand des damaligen Materials für den Atlantischen Ozean berechnet hatte: Tabelle 2 „Areal, Volumen, mittlere und größte Tiefe der Becken und Mulden des Atlantischen Ozeans und seiner Nebenmeere, unter Berücksichtigung der Erdkrümmung“, aus: „Neues zur Morphometrie des Atlantischen Ozeans“.

Die Berechnung von Volumina von Ozeanregionen ist abhängig von: dem Material der vorhandenen bathymetrischen Karte, der Methode der Auswer-

tung, der Berücksichtigung der Erdkrümmung, der Grenzziehung der Ozeane. Dabei ist die Kategorie der Grenzziehung zu berücksichtigen; die Grenzziehung nach Küstenlinien ist u. U. ungeeigneter für Voluminaberechnungen als die Grenzziehung nach trennenden untermeerischen Schwellen.

Für die Berechnung der Volumina der Ozeane auf Grund der bathymetrischen Karten gibt es verschiedene Methoden, wie graphische, Planimetrieren von Flächen zwischen Tiefenlinien, Profilmethode u. a. Diese werden von Th. Stocks [1939] behandelt.

„Kossinna und alle Bearbeiter vor ihm haben die Erdkrümmung nicht berücksichtigt, haben ihre Volumina und mittleren Tiefen berechnet, als ob es sich bei den Meeresräumen um ebene Gebilde, also etwa um Quader, handele. In Wahrheit nehmen aber mit der Tiefe die Areale der einzelnen Tiefenstufen infolge der Erdkrümmung ab, worauf bereits G. Schott 1922 in seiner Besprechung der Kossinnaschen Arbeit hingewiesen hat.“ „Die größten vorkommenden Differenzen (absolut genommen) zwischen den auf Erdkrümmung reduzierten und den nicht reduzierten Arealen haben die am stärksten beteiligten Tiefen von 4500 m bis 5000 m, prozentual natürlich die extremen Tiefenstufen.“ Th. Stocks [1939].

Aus der Arbeit von Stocks geht hervor, daß mit fortschreitender Ablotung der Ozeane ihre Volumina und damit ihre mittleren Tiefen niedriger ausfallen, als in den früheren Berechnungen. Das wurde mit den jeweils neueren Vermessungen bestätigt, mit denen die Masse untermeerischer Erhebungen als größer erkannt wurde. Damit korrespondiert die Angabe des geringeren Volumens der Wassermasse des Weltmeeres. (In diesem Sinne stellen die immer noch gebräuchlichen älteren Hypsographischen Kurven nur noch Annäherungen dar. Als historisch bedeutende Arbeit ist zu nennen G. Schott [1922]: „Eine Neuberechnung der Tiefen des Weltmeeres nach Kossinna“).

Eine Neuberechnung der Tiefenstufen der Ozeane wurde vorgenommen von H. W. Menard u. S. M. Smith [1966]: *Hypsometry of Ocean Basin Provinces*. Diese Berechnungen wurden als neue Standards allgemein übernommen, z. B. in F. G. Walton Smith [1975]: *Handbook of Marine Science*, Bd. I. In dieser Arbeit werden auch die Tiefenstufen auf die Großformen des Meeresbodens (physiographic provinces) bezogen.

Eine statistische Verteilung der morphologischen Großformen nach ihrem prozentualen Anteil ihrer Gesamtfläche an den Ozeanen gibt K. O. Emery: Schelf und Schelfabhang 15 %, Fußregion der Schelfe 5 %, Tiefsee-Ebenen einschließlich Tiefseehügelregionen 42 %, Mittelozeanische Rücken mit Fußregionen 33 %, Tiefseegräben 2 %, vulkanische Rücken und untermeerische Vulkanberge 3 %. F. Shepard [1948] gab in seinem Werk „*Submarine Geology*“ als Gesamtfläche der Schelfe 28,5 Mio. km² an, was 7,8 % der Meeresfläche, also fast 20 % der gesamten Festlandsfläche entspricht. Der Berechnung liegt die Ausdehnung des morphologischen Schelfes auch mit den unterhalb der 200-m-Linie gelegenen Anteilen zugrunde. Die durchschnittliche Tiefe der Schelfregion beträgt danach 132 m, die durchschnittliche Breite 68 km. Auf die Bedeutung, die der Schelf mit seinem Rand am Kontinentalblock als Festlandsockel in jüngster Zeit als Kriterium für Rechtsansprüche für die Aufteilung der

Tiefenstufen im Weltmeer nach km in Prozent der Oberfläche jedes Meeres

Meere	0-0,2	0,2-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	Anteil am Weltmeer
Pazifischer Ozean a)	1,6	2,5	3,2	6,8	21,7	34,9	26,8	1,74	0,18	0,06	0,02	0,001	45,91
Australasiatisches Mittelmeer b)	51,9	9,2	10,4	12,1	6,6	7,7	1,6	0,07	0,05	0	0	0	2,50
Beringmeer	46,4	5,9	7,6	10,3	29,6	0	0	0	0	0	0	0	0,62
Odnotskisches Meer	26,4	39,4	22,3	3,4	8,2	0	0	0	0	0	0	0	0,38
Oschinesisches Meer c)	81,3	11,4	5,9	1,2	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0,33
Japanisches Meer	23,4	15,1	19,6	20,0	21,5	0,0	0	0	0	0	0	0	0,28
Golf v. Kalifornien	46,7	20,8	25,8	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04
Atlantischer Ozean a)	7,0	5,1	4,2	8,5	19,3	32,4	22,3	0,73	0,06	0,01	0	0	23,90
Arktisches Mittelmeer d)	47,0	17,4	9,3	11,1	12,8	2,1	0	0	0	0	0	0	3,38
Amerikanisches Mittelmeer	23,4	10,6	13,5	15,3	20,7	13,4	2,5	0,19	0,05	0	0	0	1,20
Europäisches Mittelmeer e)	22,8	20,8	18,3	30,3	7,4	20,2	0	0	0	0	0	0	0,83
Ostsee	99,8	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10
Indischer Ozean a)	3,5	2,6	3,5	10,0	25,2	36,6	16,9	1,24	0,00	0	0	0	20,28
Rotes Meer	41,4	43,0	14,9	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12
Persischer Golf	100,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06
Weltmeer, gesamt	7,4	4,4	4,3	8,4	20,9	31,6	21,2	1,23	0,10	0,03	0,00	0,001	100,00

a) Ohne Nebenmeere

b) Einschließlich Andamanensee

c) Einschließlich Gelbes Meer

d) Bestehend aus Nordpolarmeer, Barentssee, Kanadische Straßensee, Baffinmeer und Hudsonsbai

e) Einschließlich Schwarzes Meer

Nach: H. W. Menard u. S. M. Smith [1966] Hypsometry of Ocean Basin Provinces, und Handbook of Marine Science, Bd. I [1974] Tab. 2.1-3. Übersetzung und geringe Veränderung der Namen aus G. Dietrich et al. [1975] Allgemeine Meereskunde, Tab. 1.02. Prozentzahlen von drei Dezimalstellen gekürzt auf eine bzw. zwei.

Schelfregionen zur Nutzung der Bodenschätze des Meeresbodens und der Fischbestände gewonnen hat, sei hier hingewiesen. (Vgl. Kap. Rechtsverhältnisse). Bei der Darstellung der Tiefenverhältnisse der einzelnen Ozeane in Form von bathymetrischen Kurven würde das Nordpolarmeer, wenn als Ozean gerechnet

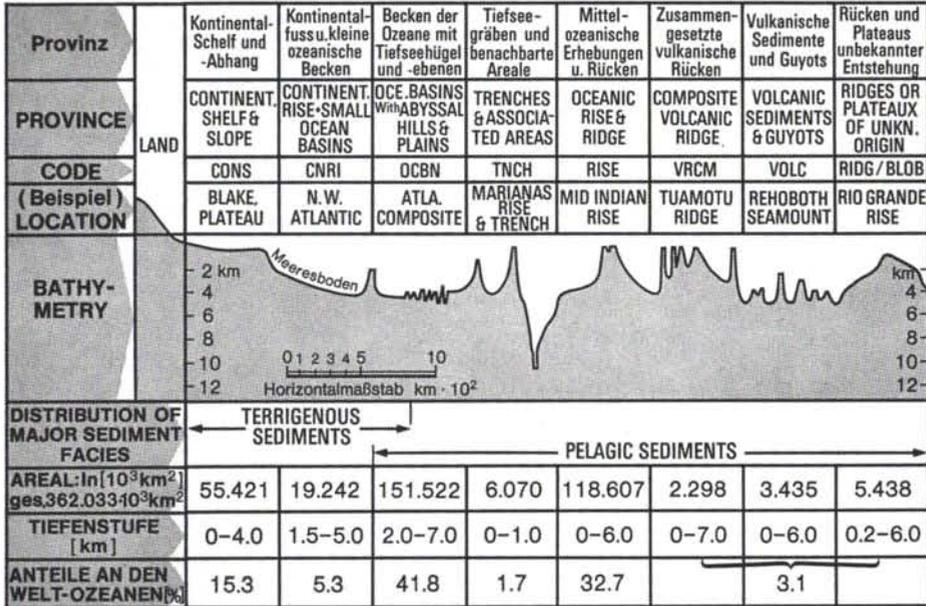


Abb. 2.8

Die physiographischen Provinzen der Welt-Ozeane und Meere mit ihren Ausmaßen nach Fläche, Tiefenstufe und prozentalem Flächenanteil und der Verlauf einer Kurve des Meeresbodens entsprechend der morphologisch-bathymetrischen Charakteristik der physiographischen Provinzen

1. Obere vier Kastenreihen: submarine Topographie und Morphologie
2. Mittlerer, breiter Kasten: Bathymetrie, nach morphologischen Merkmalen (nicht statistisch)
3. Untere drei Kastenreihen: Statistik, nach morphologischen Merkmalen

Wegen der im englischen Sprachbereich üblichen Verwendung der Abkürzungen (code) der Typen der physiographischen Provinzen wurden die Originalbezeichnungen und Codezeichen in englischer Sprache übernommen.

Übersetzung der Begriffe der Provinces von H. G. Gierloff-Emden.

Eine bei M. J. Cruickshank vorhandene Statistik der Werte von einzelnen Ozeanen wurde nicht übernommen.

Neu gezeichnet nach Quellen: Physiographische Provinzen, Anordnung, Begriffe (engl.) und Zahlenangaben nach: M. J. Cruickshank [1974]: Mineral Resources Potential of Continental Margins. Aus: C. A. Burk u. C. L. Drake [1974]: The Geology of Continental Margins, S. 967. Diese genannte Darstellung beruht auf:

- a) Code: Menard u. Smith [1966] Hypsometry of Ocean Basin Provinces. J. Geophys. Res. 71, 4305.
- b) Bathymetrie: Hydrographic Office [1961].
- c) Strukturform des Ozeanbodens: B. C. Heezen et al. [1969].

Wissenschaftl. Bearbeitung: H. G. Gierloff-Emden, kartograph. Bearbeitung: J. Bregel.

und nicht als Nebenmeer des Atlantischen Ozeans, wegen der großflächigen Schelfregion vor dem asiatischen Kontinent sich wesentlich von der bathymetrischen Kurve des Weltmeeres unterscheiden.

Th. Stocks [1950 und 1938]. Eine Darstellung bathymetrischer Kurven der einzelnen Ozeane wurde von W. Meinardus [1942] erarbeitet und auf Grund der neueren Berechnungen von H. W. Menard u. S. M. Smith [1966]: *Hypsometry of Ocean Basin Provinces*, veröffentlicht auch im Handbuch of Marine Science, Bd. I [1974].

Zur Namengebung von regionalen Objekten der Topographie des Meeresbodens

In der historischen Entwicklung wurde die Namengebung mit der Entdeckung regionaler Bodenformen verbunden. Petermann und Maury waren Befürworter dieses Verfahrens. G. Neumayer [1882] sprach sich für eine geographische Namengebung mit nicht an Personen gebundenen Namen aus, wie es im „Atlas des Atlantischen Ozeans“ [1882] der Deutschen Seewarte durchgeführt wurde. Dieses Prinzip setzte sich bei den späteren internationalen Konferenzen durch. Inwieweit sich die Beurteilung solcher Prinzipien mit der Entwicklung der Forschung ändern können, läßt sich an folgendem Beispiel zeigen: O. Krümmel [1907] schrieb in Bd. 1 seines Handbuches der Ozeanographie (S. 103), daß er die Namengebung von Vertiefungen (Deeps) mit Eigennamen, wie von Maury verfahren (und von J. Murray berichtet) nicht für richtig und sachgemäß hielt:

„Ganz abgesehen davon, daß die von der 3000 Faden-Linie umschriebenen Vertiefungen (Deeps) vielfach von den Karten verschwinden müssen, sobald man metrische Maße verwendet, was den Namensträgern nicht immer angenehm sein könnte, hat Sir John Murray den grundsätzlichen Fehler begangen, wie A. Supan ihm mit vollem Recht vorhalten konnte, daß er irdische Reliefformen nach absoluten Dimensionen erfassen wollte, während für sie nur die relativen gelten können.“

In der heutigen Zeit, wo die Echolotschreibstreifen direkt in den Computer zur Auszeichnung von Tiefenlinien gegeben werden, ist man an eine metrische Auswertung gebunden, und die bathymetrischen Karten, die automatisch hergestellt werden, haben metrisch, nicht morphologisch ermittelte Bodenformen zum Ergebnis.

Tiefseebecken

Eine Aufteilung der Tiefseebecken des „Offenen Weltmeeres“ – zusammen 42 – wird in einer Tabelle gegeben, die G. Wüst [1936] auf Grund der bis zum Jahre 1935 vorhandenen Karten und Aufzählungen erarbeitet hat.

L. M. Hunt und R. G. Groves [1965] kommen in: „Glossary of Ocean Science Technology“ zu einer Aufteilung von 57 Becken der Ozeane, wobei auch Becken der Nebenmeere (wie des Mittelmeeres) und „Tiefs“ aus der Kategorie der Tiefseeergräben enthalten sind. Je nach Auffassung werden in den Gliederungen zwischen 40 und 65 Ozeanbecken unterschieden. Bei A. C. Duxbury

[1971] sind es 46 Becken. Die Namenbezeichnungen regional identischer Becken stimmen bei den verschiedenen Gliederungen teilweise nicht überein. Diese „Tiefseebecken“ entsprechen nicht den von B. C. Heezen und A. S. Laughton [1963] definierten „Abyssal Plains“. Vgl. Kap. 6, Abb. 6.2.

Tiefseegräben und größte Meerestiefen

Die größten Meerestiefen liegen z. T. verhältnismäßig nahe zu sehr hohen Gebirgserhebungen auf dem Festland, z. B. Byrd-Tiefe von 8660 m im Atacama-Graben in 300 km Entfernung vom Gipfel des Llullaillaco mit 6 723 m Höhe in den Anden. Die extremen Reliefunterschiede der Erdoberfläche betragen 1 : 324 des Erdradius. Dieser Wert ist nur etwas geringer als der Wert der Abplattung der Erde mit 1 : 297.

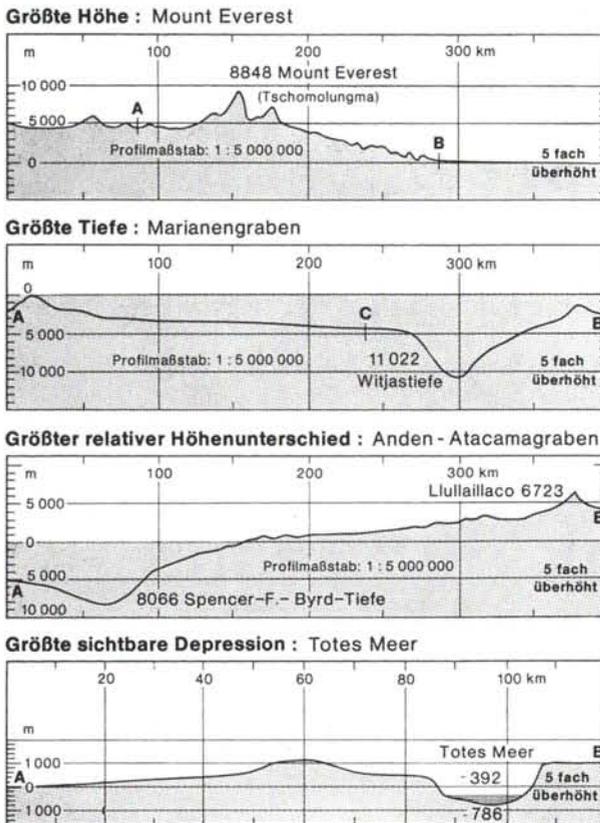


Abb. 2.9

Größte Massenerhebungen und größte Eintiefungen im Relief der Erde

Obere Profile in 1 : 5 000 000; untere Profile in 1 : 1 500 000

Gezeichnet nach: K. H. Wagner [1971] Atlas zur Orographie, B. I. Hochschulatlanten, Mannheim

Die metrische Erfassung der größten Meerestiefen, hinsichtlich der Rangordnung von Rekordtiefen, ist eigentlich kein bedeutender Forschungsgegenstand der Meereskunde. Die Frage nach den größten Meerestiefen wird jedoch oft gestellt. Eine Aufstellung der größten Meerestiefen, jeweils auf dem gegenwärtigen Stand der Lotungen, kann auch in Zukunft im Detail wieder andere Daten ausweisen. Ursache dafür können eine neue Lotung an anderer Stelle in den Ozeanen oder eine Verbesserung der Lotungs- und Standortbestimmungstechnik sein, bis identische Lotungsstandorte gesichert sind. G. Wüst [1950/51], G. B. Udinzeff [1959], Th. Stocks [1962], und Handbook of Marine Science, Bd. I [1974].

Zu der Aufstellung von J. Ulrich [1962/63]: Die Maximaltiefen der Ozeane und ihrer Nebenmeere, bemerkt dieser:

„Die nachstehende Tabelle der größten Meerestiefen, die als Fortführung und Ergänzung der bereits im Geographischen Taschenbuch 1956/57 von G. Wüst aufgestellten Statistik der Maximaltiefen der Ozeane gedacht ist, soll jedoch nicht dazu verführen, die Jagd nach Rekordtiefen mitzumachen und den unkritischen Glauben an den Absolutwert von Tiefenzahlen weiter zu stärken.“

Da Lotungen grundsätzlich mit Ungenauigkeiten behaftet sind (Apparatur, Schallgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Wasserdichte, genaue Richtung der Schallkeule), ist eine solche Tiefenzahl maximaler gemessener Tiefe als Indexzahl zu verstehen. Bei Schall-Lotungen liegt die Fehlergrenze bei der Messung von Wassertiefen von 10 000 m in der Größenordnung von ± 50 m, bei älteren Lotungen um 100 m. Die Tiefenzahlen dienen dementsprechend mit ihren Ziffern der Dezimalangaben als Identifizierung dieser speziellen Lotung unter anderen Lotungen (Indexbedeutung). Es sei bemerkt, daß die im Januar 1960 mit der Tauchkugel des Bathyskaphs „Trieste“ von Jaques Piccard und Don Walsh erreichte Tiefe nach Korrektur der Messungen die bisher geloteten Tiefen um 10 900 m im Marianen-Graben nicht überschritten hat.

Die genaue Lage der Meerestiefen ist wegen der Abhängigkeit der Standortbestimmung auf See von der Genauigkeit der astronomischen Navigation im Umkreis von der Position von ± 2 sm zu verstehen, ein Wert, der erst seit wenigen Jahren, nämlich seit Einführung der Satellitennavigation, auf ca. 100 m verbessert werden konnte.

Einige Angaben über Meerestiefen vgl. Tabelle S. 23.

Inseln in den Ozeanen

Statistische Auflistung der Inseln

In den Atlanten zur physischen Geographie, wie im 19. Jh. bei Berghaus und in unserer Zeit im „Atlas zur physischen Geographie“ (B. I. Hochschulatlanten) sind Statistiken über die Inseln in den Ozeanen aufgeführt. Da eine Auf-

zählung sämtlicher vorhandener Inseln, auch kleinster Eilande, tabellarisch zu sehr umfangreichen Aufstellungen führt, werden nur die größeren Inseln bis etwa 10 000 km² oder 5000 km² Flächengröße aufgeführt, oft unter Einbeziehung kleinerer, sehr bekannter Inseln. In einer Größenklassifikation wird die Sonderstellung Grönlands mit über 2 Mio. km² und großem Abstand vor Inseln wie Neuguinea, Borneo, Madagaskar, Baffin-Land, Sumatra mit etwa 500 000 km² bis 700 000 km² deutlich, denen dann Inseln von der Größe Großbritanniens mit 200 000 km² und kleinerer Größenklassen folgen. Es wird eine Zusammenstellung der Inseln im Geogr. Taschenbuch 1951/52, S. 182 gegeben. Es gibt etwa 100 Inseln, jeweils größer als 2500 km², die zusammen 9,3 Mio. km² Fläche einnehmen; die kleineren Inseln nehmen zusammen eine Fläche von 0,8 Mio. km² ein.

Betrachtungen zur Anzahl von Inseln pro Ozean und ihrer mittleren Entfernung von Kontinenten nehmen in älteren Darstellungen zur Geographie breiteren Raum ein.

Ausführliche Beschreibungen der Inseln und ihrer ozeanographischen Verhältnisse (Klima, Gezeiten, Strömungen) finden sich in den Seehandbüchern und Pilots; kürzere Darstellungen in den Werken von G. Schott: „Geographie des Atlantischen Ozeans“ [1944] und „Geographie des Indischen und Stillen Ozeans“ [1935]. Für die Inseln im Pazifischen Ozean: „Pacific Island Year Book.“

Inseln in ihrer Bedeutung als Touristenziele

Mit der Entwicklung des Tourismus und der „Freizeit“ als Wirtschaftsfaktor gewinnen Inseln der Ozeane zunehmende Bedeutung, und zwar nicht nur Inseln vor den Küsten, sondern auch Inseln in den Weiten der Ozeane für den „Ferntourismus“.

Inseln in ihrer Problematik für die Forschung

Für die meereskundliche Forschung bieten die Inseln in den Ozeanen Probleme mit folgenden Schwerpunkten:

Zur Geologie:

geologisch-paläontologische Beschaffenheit der Insel in bezug auf Entstehung aus dem Ozean oder Abtrennung von Kontinent,
geophysikalische Beschaffenheit des Inselunterbaues (Sockels) in bezug auf Entstehung der Ozeanböden. (Vgl. Kap. Untermeerische Kuppen, Seamounts u. vulkanische Inseln).

Zur Ökologie und Paläoökologie der Inseln

Arten und Zusammensetzung der marinen Fauna auf dem Schelf und Schelfabfall der Insel zur Tiefsee im Vergleich zu Schelf und Kontinentalabhang der Festländer,

Arten und Zusammensetzung der subaerischen Flora am Strand der Inseln und Kontinente und im Bereich des Litorals und Sublitorals, Neubesiedlung einer (durch vulkanische Tätigkeit) neuentstandenen Insel durch Pflanzen und Tiere (Beispiel: Surtsey Insel), der Genese des Ökosystems, Einfluß des Eingriffes durch den Menschen nach Entdeckung und Besiedelung auf die Ökologie durch Siedlung, Nutzung (Hölzer, Pflanzen, Tiere, Meerestiere) und Einbringung neuer Pflanzen und Tiere. Inseln als Refugium seltener, z. T. aussterbender Pflanzenarten, wie z. B. Juan Fernandez im östlichen Pazifischen Ozean.

Meteor Forschungsberichte [1969]: Atlantische Kuppenfahrt 1967, G. Schwabe [1973]: Vulkaninsel Surtsey, F. R. Fosberg [1963]: The Island Ecosystem. St. Fridriksson [1975]: Surtsey, Evolution of Life on a volcanic Island.

Die Klassifikation der Inseln nach Lage und Entstehung

Die Inseln in den Meeren sind (bedingt) zu unterscheiden nach den Kategorien ihrer Entstehung (die kontinentferne Lage ist eine nicht damit identische Eigenschaft). Anwendung findet die Klassifikation: Ozeanische Inseln und kontinentale Inseln, die sich zum Teil danach gliedert, ob die Insel auf einem Kontinentschelf liegt (z. B. Neuguinea) oder nicht (z. B. Madagaskar).

Genetisch betrachtet sind ozeanische Inseln solche, die auch nicht in früherer Zeit Teile von Kontinenten waren, bzw. mit kontinentalen Landmassen verbunden waren: z. B. Hawaii, Juan Fernandez, Fidschi, Nördl. Marianen, Karolinen, Marshall, Gesellschaftsgruppe, Bonin, die Azoren, Tristan da Cunha. Da bisher der Gesteinsaufbau des Sockels solcher Inseln nicht in jedem Falle bekannt ist, kann eine streng durchgeführte Entscheidung nach solchen Merkmalen nicht erfolgen. Die Inseln sind zum größten Teil rein vulkanischer Entstehung; es können auch Teile von ehemaligen Ozeanböden gehoben worden sein oder Reste einer kontinentalen Kruste sein, wie z. B. der St. Pauls Felsen oder der Rockal-Felsen, beide im Atlantischen Ozean.

Genetisch betrachtet sind kontinentale Inseln solche, die in früherer geologischer Zeit Teile von Kontinenten waren und mit kontinentalen Landmassen verbunden waren oder sind: z. B. Grönland, Japan, Formosa, Neu-Guinea; Ceylon, Britische Inseln. Dabei ist der Begriff „frühere“ geologische Zeit nicht klar abgrenzbar, denn er enthält relative und auch absolute Zeitmaße. Eine bindende Konvention gibt es nicht. Es soll vielmehr die nicht eigene Entstehung aus dem Ozeanboden bedeuten. Die Problematik einer solchen Einteilung wird deutlich am Beispiel der Insel Helgoland. Dieser Buntsandsteinfels ist infolge Salzauftrieb gehoben worden, ist also eigener Entstehung. Das Gestein der Insel besteht jedoch aus kontinentaler Kruste, und die Insel ist auf dem kontinentalen Schelf entstanden.

Die Identifikation von Inseln nach diesem paläogeographischem Merkmal kann außerdem nur mit Hilfe von geologischen und geophysikalischen Befunden getroffen werden. Es gibt Gebilde, in geographischem Sinne „Inseln“,

die zu beiden Gruppen gehören, z. B. die westindische Insel Guadalupe, deren westliche, gebirgige Teilinsel Basse-Terre vulkanisch, deren östliche, flache Teilinsel Grande Terre aus gehobenem Kalksteinmaterial aufgebaut ist: Der Begriff „Insel“ ist in geographischer und geologischer Hinsicht nicht notwendig identisch.

Die Lage von Inseln in den Ozeanen, die räumliche Anordnung von Inseln in Gruppen, gewinnt im Zeitalter der Aufteilung der Ozeane mit neuen Rechtsverhältnissen, wo Ansprüche bis zu 200 sm geltend gemacht werden, neue Aspekte und Bedeutung. Vgl. Kap. Rechtsverhältnisse. I. R. V. Prescott [1975]: *The political Geography of the Ocean*.

Inseln als Singularitäten im dynamischen Geschehen der Ozeane

Inselkörper können in bezug auf hydrographische (z. B. Strömungen, Wellen) und auf atmosphärische Verhältnisse Singularitäten darstellen. Eine Unterscheidung nach dem Merkmal „hoher“ und „flacher“ Inseln (high islands and low islands) ist insofern sinnvoll, als hohe Inseln nicht nur vom Ozeanboden aus (Inselsockel) die Grenzschicht Hydrosphäre – Atmosphäre (Wasser – Lufthülle) durchragen wie flache Inseln, sondern auch mehrere Stockwerke der Atmosphäre durchragen; je nach ihrer Lage in geographisch-klimatischen Zonen sind hohe Inseln dann in entsprechenden Klimaregionen „Niederschlagsfänger“, dagegen sind flache Inseln entweder trockene Inseln oder von ihrer Umgebung in Meeresspiegelhöhe in dieser Hinsicht nicht sehr unterschiedlich, d. h. sie stellen insofern klimatisch keine Singularitäten dar, häufiger jedoch in bezug auf Wolkenbildung (Sichtbarkeitsschirm einer Insel im Ozean, vgl. Kap. Entdeckung).

Bemerkenswert sind die Wirbelstraßen in Wolkendecken im Lee hoher Inseln (Karman-Wirbel), welche durch Satellitenphotos sichtbar wurden, engl. „Karman vortex trail“ genannt.

In bezug auf die ozeanographischen Verhältnisse stellen Inseln mit ihren Sockeln Singularitäten dar, an ihren Küsten gibt es z. T. submarin morphologisch bedingte Auftriebswässer; in der Grenzfläche Ozean-Atmosphäre stellen diese Inseln bezüglich Wellen – Brandung Singularitäten im umgebenden Ozean dar. Die Inseln stellen mit ihren Sockeln auch bezüglich der Gezeitenerscheinung im Weltmeer Singularitäten dar. (Vgl. Kap. „Seamount“ und „Vulkanische Inseln“ und „Obere Grenzfläche“). Meteor Forschungsberichte.

Bei der Ausbreitung von Tsunami-Wellen (seismisch verursachten Wellen im Wasserkörper des Meeres), erfahren diese Verformungen bei der Annäherung und Passage von Sockeln der Inseln. Vgl. Abb. 6.58, 7.5, 7.17.

3. Die Einbeziehung der Ozeane als Lebensraum des Menschen

Ausbreitung der Besiedelung über ozeanische Räume und frühe Seefahrt

Zwischen der Zeit der frühesten Seefahrt, über welche die Forschung noch nicht abgeschlossen ist, und der Zeit des Beginns des sogenannten Entdeckungszeitalters im 15. Jh. mit der Umsegelung Afrikas, der Entdeckung Amerikas und der ersten Weltumsegelung von Magellan und Del Cano, 1519 bis 1522, also einer Entdeckung der Ozeane von Europa, dem Abendland aus, liegt eine Zeit von Jahrtausenden, während der schon Menschen, den verschiedensten Kulturkreisen angehörig, zur See fuhren, Meeresregionen kannten und Kenntnisse vom Meer erwarben und weitergaben. Der Mensch nutzte als Fischer das Nahrungsangebot aus dem Meer vor der Kultivierung der Pflanzen, und „Seefahrt“, wenn auch in einfacher Form und in küstennahen Regionen ist sicherlich so alt wie der Anbau von Nutzpflanzen und war an vielen Küsten schon vor der Seefahrt über ozeanische Areale vorhanden. Mit den Fahrten über ozeanische Gewässer wurden nutzbare Pflanzen zwischen den Kontinenten und Inseln ausgetauscht.

C. O. Sauer [1952]: *Agricultural Origins and Dispersals*. Th. Detwyler [1962]: *The Spread of Organisms by man, in: Man's Impact of Environment*. J. D. Sauer [1971]: *A Reevaluation of the Coconut as an Indicator of human Dispersal*.

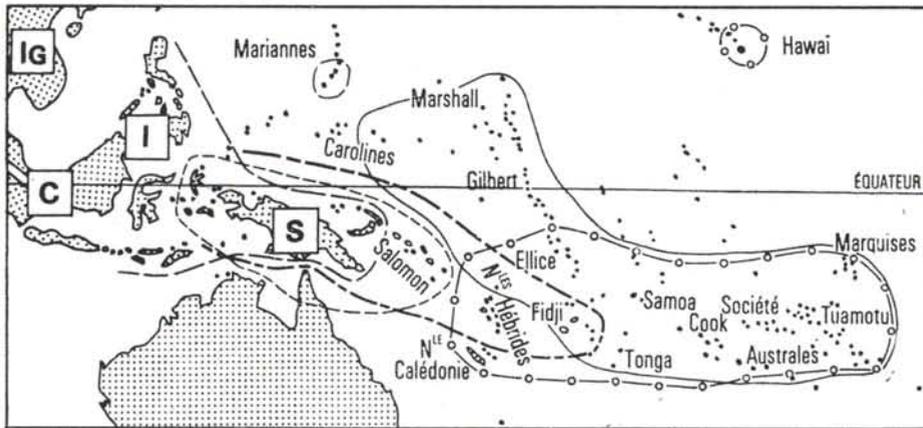


Abb. 3.1

Regionen von Nutzpflanzen in Ozeanien
 Herkunftszentren
 C Taro (colocasia)
 IG große Yamswurzel
 I Yamswurzel
 S Zuckerrohr

Verbreitung, Pflanze: von Linie umschlossen
 5 Palmen (z. B. Sago) dicke L., gerissen
 6 Brotbaum, wild dünne L., gerissen
 7 Brotbaum, kultiviert einfache L.
 8 Bananen, wild dünne L., gestrichelt
 9 Bananen, kultiviert L. Strich-Kreis

Nach J. Barrau [1962] *Les Plantes alimentaires de l'Océanie, origines, distribution et usages*. Ann. Musée Col. Marseille, aus: A. Guilcher [1969] *L'Océanie*, S. 59, Fig. 8.

Die Ausbreitung von Bevölkerungsgruppen über ozeanische Räume

Wanderungen über Landbrücken, ältere Meereshochstände während Eiszeiten	Pleistozän	Asien — Amerika Asien — Australien
Wanderung über Landbrücken während Zeiten eustatischer Meeresspiegelsenkung; nach dem Höhepunkt der Wisconsin-Vereisung vor 20 000 Jahren war der Meeresspiegel 95 m tiefer als gegenwärtig (vor 125 000 Jahren 135 m tiefer). Angaben nach verschiedenen Quellen differieren.	13000 bis 8000 v. Chr.	Von Asien über die Bering-Straße nach Nordamerika bis zur Barriere des Inlandeises. Von Asien über Südkinesisches Meer und Seegebiete Malaysias nach Indonesien. (Zwischen der Cap York-Halbinsel Australiens und Neuguineas ist die Schelfsee in der Gegenwart nur 18 m tief).
Über ozeanische Gewässer (Schiffahrt)	4400 v. Chr. 4000 v. Chr. bis 400 n. Chr.	Erste Überfahrt zur Aleuteninsel Umnak mit Booten.* Von Asien über den Indischen Ozean nach Madagaskar. Von Neuguinea zu den benachbarten Inseln. Von südostasiatischen Inseln über Randbereiche des Pazifischen Ozeans nach Melanesien. Von Melanesien über den Pazifischen Ozean nach Polynesien; von Polynesien nach Micronesien, nach Hawaii, nach Neuseeland, von Afrika nach Indien, vom Festland Mittel- und Südamerikas über das Karibische Meer nach Westindien. Von Alaska bis Grönland.
Über ozeanische Gewässer (Schiffahrt)	9. Jh. 14.-16. Jh.	Wikinger im Nordatlantischen Ozean bis Grönland. Entdeckungsreisen und Besetzung der Küsten Amerikas, Afrikas, Australiens und Asiens über Atlantischen, Indischen und Pazifischen Ozean.

* R. F. Black [1974]: Late Quaternary Sea Level Changes, Umnak Islands, Aleutians.

Frühe Seefahrt

In diesem Kapitel sollen vor allem die Anfänge und frühe Entwicklung der Seefahrt in verschiedenen Regionen nach einigen geographischen Aspekten erwähnt werden. Für historische Details gibt es eine umfangreiche Literatur.

Im Bereich des Mittelmeeres, das viele „Inselbrücken“ besitzt, fast ohne Gezeiten ist, in dem aber ganzjährig rasch wechselnde Windverhältnisse auftreten – ein Gefahrenmoment; dort vorwiegend als Seefahrt entlang der Küsten und unter Ausnützung von Strömungen an den Küsten und der jahreszeitlichen Windsysteme;

im Bereich des schmalen Roten Meeres mit nahen, aber Einödküsten, mit gefährlichen Korallenriffen und Sandstürmen (vgl. Satellitenbild, Kap. Sedimente) und jahreszeitlich bedingten Winden (Etesien);

im Bereich des Persischen Golfes mit den Landwinden des Schemal;

im Bereich des Westwindwetters vor Südsandinavien, wo Gezeiten, Strömungen und Stürme vorkommen; als küstennahe Seefahrt;

im Bereich des Monsuns im nordwestlichen Indischen Ozean mit jahreszeitlich sperrenden oder günstigen Winden und Strömungen, dort lange Zeit als Seefahrt an Küsten von Arabien, erst später den Nordrand des Indischen Ozeans überquerend;

im Bereich tropischer, relativ beständiger Wind- und Strömungsverhältnisse im westlichen Pazifischen Ozean, in dem es jedoch Gürtel von Strömungen und windstillen Zonen gibt;

im Bereich der ozeanischen Gewässer um China, dort zumeist als Küstenschifffahrt.

Es ist sicher, daß Seefahrt schon vor 6000 Jahren bzw. früher betrieben wurde. Das ist eine Zeit, innerhalb der merkliche eustatische Meeresspiegelschwankungen stattgefunden haben. So sind z. B. der größte Teil der Nehrungen und Lagunen an Meeresküsten in heutiger Ausdehnung jüngerer Entstehung. Leider konnten bisher diesbezüglich keine besonderen Aussagen von der Zeit der frühen Seefahrt in bezug auf dieses meereskundlich relevante Phänomen gewonnen werden. G. F. Bass (Ed.) [1975]: A History of Seafaring. B. Tavernier [1971]: Seewege, Schicksalsstraßen der Menschheit. A. D. Couper [1972]: The Geography of Sea Transport. A. Köster [1923/69]: Das antike Seewesen.

Mittelmeer und Arabischer Raum

Im Mittelmeer fand die frühe Seefahrt v. Chr. nur entlang der Küsten statt. Eine Überquerung von Meeren, z. B. des Mittelmeeres, wurde über die Verbindung von Inseln aufgenommen. Der Seehandel wurde über lokal begrenzte Seeverkehrsstrecken mit regional tätigen Seeleuten und Schiffen abgewickelt, so daß es zahlreiche Umschlagplätze gab. Erst die Phönizier richteten durchgehenden Langstreckenverkehr über das Mittelmeer ein.

Die Geschichte der frühen Seefahrt im Mittelmeerraum ist eng verbunden mit der Geschichte des frühen Städtebaues. Seit der Zeit von 5000 bis 4500 v. Chr. datieren Siedlungen im Raume zwischen Ägypten und Mesopotamien, im Bereich des „fruchtbaren Halbmondes“. E. Egli [1970]. Seit 3500 v. Chr. gab es städtische Siedlungen in Palästina. Die Phönizier gründeten Handels- und Hafenstädte u. a. im Küstenstreifen südlich von Haifa, z. B. Byblos, heute Dschubail im Libanon, Stadt und Hafen von 4500 bis 2800 v. Chr. Von der Zeit von 1100 v. Chr. an wichen die Phönizier nach Angriffen der Assyrer in den mittleren und westlichen Mittelmeerraum aus und bildeten Kolonien,

z. B. Karthago. Die Phönizier erreichten die Region von Sierra Leone in Westafrika durch die Straße von Gibraltar und erreichten Westeuropa (Zinnhandel). W. Richter [1975].

Seit dem 3. Jahrtausend v. Chr. gab es Handelswege entlang der Küsten und über das Mittelmeer auf der Route der Inseln Cypern, Kreta, im östlichen Mittelmeerraum. Über den Seeweg wurden Handelsgüter zwischen Mesopotamien und Indien (Elfenbein, Küstenfahrt durch den Persischen Golf) transportiert und im östlichen Mittelmeerraum verteilt. Schiffe von Ur in Mesopotamien waren für Handel über die Insel Bahrein als Umschlagplatz im Seeverkehr eingesetzt, wohin Schiffe von Oman Kupfer und Holz brachten, von Indien Keramik, Gold und Elfenbein.

Über die frühe Seefahrt der Völker seit der Zeit von 3000 v. Chr. wie Ägypter, Phönizier, Karthager, Kreter (Kykladen-Inseln) und später Griechen, Römer, gibt es umfangreiche Literatur. Vgl. entsprechende Kapitel in: H. Berger [1903] Nachdruck bei de Gruyter [1967]: „Geschichte der wissenschaftlichen Erdkunde der Griechen“. Ruinen von Hafenplätzen und Hafenstädten zeugen von dieser Zeit und sind heute Gegenstand von Forschungen zur eustatischen Meeresspiegelschwankung. D. Hafemann [1965].

Die ägyptische Schifffahrt und der ägyptische Schiffbau können als die ältesten und als frühzeitig entwickeltesten, auf hohem technischen Stand gebrachten genannt werden. Die ägyptische Seeschifffahrt wurde aus der noch älteren Floßschifffahrt auf dem Nil entwickelt; diese ist älter als 4000 v. Chr., d. h. an 6000 Jahre. Auf ägyptischen Schiffen wurden Lasten bis zu den riesigen Steinmonumenten der Obeliskten verfrachtet. Der einzigartige Fund des ältesten Schiffes der Welt solcher Größe und Technik wurde 1954 gemacht, nämlich das Boot des Königs Cheops nahe bei den Pyramiden von Gizeh. Das Boot wurde als Grabbeigabe eingemauert. Es ist 43 m lang, 6 m breit und hat 40 t Wasserverdrängung. Es ist aus Zedernholz vom Libanon erbaut worden und zwar sind die Planken gebunden.

B. Landström [1970] hat mit seinem prachtvollen Buch in „Architectura Navalis“, „Die Schiffe der Pharaonen“, altägyptische Schiffbaukunst von 4000 bis 600 v. Chr., ein Werk geschaffen, auf das hier in erster Linie verwiesen werden muß, und in dem außer der Schiffbaukunst auch die Verwendung der Schiffe auf See, Ruder, Segel, ihre Reisen und Transportleistungen beschrieben werden.

Historische Forschungen weisen auf Handelsverbindungen zwischen Ägypten und Griechenland und Mesopotamien, Arabien und Ostafrika um die Zeit 1000 v. Chr. und früher hin. Der Persische Golf reichte zu dieser Zeit weiter ins Land Mesopotamien hinein als heute; das Delta hat sich meerwärts vergrößert. Schifffahrts-Umschlagplatz am Mittelmeer war Byblos (Libanon), wo Papyrus-Schilf vom Euphratdelta für Ägypten umgeschlagen wurde. Man hat Kenntnis von langen Küstenfahrten im Persischen Golf im 3. Jahrtausend v. Chr. und davon, daß der Pharao Snofri (2684–2560 v. Chr.) vierzig

Schiffe von Ägypten nach Byblos entlang der Mittelmeerküste sandte, um Zedern vom Libanon als Holz für den Schiffbau zu holen. Die Schiffe waren von der Nilmündung bis zum Libanon etwa vier Tage unterwegs.

Bis 1467 v. Chr. waren minoische Seeleute von Kreta an diesem Holzhandel beteiligt. Die Reisen wurden ausgehend von Ägypten mit Routen nahe der Küste gefahren, um die nordgehende Strömung (Wirkung des Levantewindes, der von Osten weht. Seine Wirkung auf das Meer ist eine Meeresströmung, die etwa 30° nach rechts versetzt ist, d. h. nach NNO bis NO gerichtet ist), auszunutzen, während die Rückreisen mit den Etesien-Winden, von Norden im Sommer, mehr seewärts erfolgten. Die mykänischen Griechen übernahmen den minoischen Handel, zunächst durch Charter von minoischen Schiffen! Sie entwickelten den Handel im Schwarzen Meer.

Ein Verkehrsweg der Ägypter führte zu Schiff den Nil aufwärts bis etwa 20° und 25° Breite, dann über Land zum Roten Meer (Hafen Bernice und Kosseir). Der Umweg war durch das Etesien-Windsystem im Roten Meer bedingt (Konvergenzzonen in der Mitte des Roten Meeres). Vor etwa 2000 Jahren wurde von Theben aus ein Kanal vom Nil zum Roten Meer benutzt (Wadi Tumilat).

Es gibt Darstellungen, nach denen Gold und Antimon von Ägyptern in Südafrika um 2700 v. Chr. abgebaut wurden und wonach Schiffahrt von Sambesi entlang der afrikanischen Küste betrieben worden ist, d. h. zum Land Punt. Nach B. Landström [1970] ist mit Punt die Region der Straße von Bab el Mandeb anzusehen. Von dort wurde Weihrauch und Myrrhe für Ägyptens Kultstätten geholt. Dorthin waren komplexe Windsysteme zu nutzen. Auch die Kanarischen Inseln sollen bekannt gewesen sein.

Über die weitere Entwicklung der Seefahrt im Mittelmeer seit der Zeit der späteren griechischen und römischen Seefahrt und die spätere Entwicklung bis ins Mittelalter wie byzantinische Seefahrt und venezianische Seefahrt soll hier nicht berichtet werden, sondern auf historische Literatur verwiesen werden, da es sich nicht um die „frühe Seefahrt“ und ihre Entwicklung handelt. E. Eickhoff [1966].

Frühe Seefahrt im arabischen Raum

Eine direkte Überquerung eines Teiles der Weltozeane nach Ausbreitung der Seefahrt in den arabischen Meeren (Rotes Meer, Golf von Aden, Arabisches Meer) ist über den Nordwestteil des Indischen Ozeans (Arabisches Meer) im Wirkungsfeld der Monsunwinde erst später nach einer Zeit der Küstenschiffahrt erfolgt. Die Schiffahrt ging dann, jahreszeitlich bedingt, im Frühjahr von Arabien aus. Eine Überquerung des Golfes von Bengalen ist wahrscheinlich erst später erfolgt. Um 100 v. Chr. sollen griechische Seeleute mit ihren großen, festen Schiffen den Sommermonsun für den direkten Weg nach Indien genutzt haben; die Rückreise erfolgte mit dem Wintermonsun. Damit waren

sie nicht den Seeräubern an den Küsten Arabiens ausgesetzt. Nach Strabo sollen jährlich 100 Schiffe gesegelt sein.

Die Araber brachten von der Küste Afrikas zwischen Rufiji und Sambesi und von Indien Mangroveholz. Diese krumm gewachsenen Stämme aus hartem Holz eigneten sich vorzüglich für die spantenähnliche Auskleidung der Planken-Außenhaut ihrer Boote. Diese Bauart mit diesem Material ist noch heute üblich. In der arabischen Schifffahrt wurde das Lateinische Segel übernommen, das den lateralen Winddruck in Vorwärtsfahrt umsetzen konnte. G. R. Tibbetts [1961]: Arab Navigation in the Red Sea.

Die Reise mit dem Schilfboot von Mesopotamien über den Indischen Ozean nach Karatschi und zurück zum Roten Meer gelang Thor Heyerdahl im Jahre 1978 mit seinem Nachbau „Tigris“.

Andere Räume früher Seefahrt

China

Bei der chinesischen Seefahrt zur Zeit der griechischen und römischen Reiche v. Chr. handelt es sich vorwiegend nur um Küstenschifffahrt. Nach einigen Berichten soll Japan während der Zeit der Han-Dynastie (207 v. Chr. bis 220 n. Chr.) erreicht worden sein. Bis zum 13. Jh. (Marco Polo) waren an Chinas Küsten die seetüchtigen, hochseefähigen Dschunken entwickelt. Um 50 n. Chr. sollen erste Verbindungen durch arabische Seeleute bestanden haben. Der Fund von chinesischen Waren und Münzen aus der Zeit von 900 n. Chr., der im Jahre 1976 vor der Küste von Südkorea gemacht wurde, deutet auf rege Handelstätigkeit zwischen China und Japan hin.

Die heute noch gebauten Dschunken scheinen in Form, Rigg und Material unverändert. Nach der Konstruktion ist die Dschunke ein durch die Seitenwände erhöhtes und an den Enden hochgebogenes Floß. Sie ist ein Schiff mit der geringsten dem Wasser ausgesetzten Fläche im Vergleich zur Segelfläche. Sie durchschneidet das Wasser nicht, sondern gleitet darüber.

Atlantisches Europa

Im atlantischen Europa war Schifffahrt ebenfalls im 4. Jahrtausend v. Chr. entwickelt. Von einer küstennahen Seefahrt im südkandinavischen „Bohuslän“-Bereich (Belte, Kattegat, Skagerrak) 4000 v. Chr. oder früher geben Felsgravierungen der Jäger- und Fischerbevölkerung Zeugnis. W. Schäfer [1962]: Aktuo-Paläontologie. Im nordnorwegischen Bereich Torselv (Narvik) zeigen Felsgravierungen einen Mann im Fellboot. Aus der Zeit um 3000 v. Chr. sind hölzerne Paddel gefunden worden. Um 2500 v. Chr. bestanden Verbindungen nach England. Die neolithische Einwanderung nach den britannischen Inseln um 2500 v. Chr. erfolgte über Meeresgebiete. W. Kirk [1957]. In der Zeit von 2500 v. Chr. bis 1500 v. Chr. gab es Seefahrt an den Küsten im

Zusammenhang mit der Megalith-Kultur. In der Zeit um 1900 v. Chr. gab es Handel mit Rohstoffen und Artikeln bronzemetallurgischer Techniken in dieser Region bis dahin steinzeitlicher Kultur. Es sind einige Schiffstypen dieser Zeit bekannt geworden: der Einbaum, das Fellboot „Curragh“ und ein Plankenbootstyp. Wahrscheinlich früher als 1000 v. Chr. wurde Cornwall als Zinnlieferant vom Mittelmeerraum aus erreicht. J. G. D. Clark [1965]: Prehistoric Europe.

Der Transport wurde über Umschlagplätze bewältigt, wie Ile d'Oléron, Noirmoutier an der französischen Küste und auch um die Iberische Halbinsel nach den Plätzen, um 2000 v. Chr., Tartessos (berichtet, keine archäologischen Funde) am Guadalquivir und seit 1100 v. Chr. über Gadis, dem heutigen Cadix. A. D. Couper [1971]. Auf der Insel Alsen (Als) wurde 1921 ein Boot aus dem Moor ausgegraben. Aus dem 4. bis 3. Jahrhundert v. Chr. stammend, gilt es als ältestes bekanntes, skandinavisches Plankenboot (für 20 Mann Besatzung). Es wird angenommen, daß diese Form des Bootsbaues schon ein bis zwei Jahrtausende älter ist. Die größeren und festen Schiffe der Kelten wurden von Caesar 56 v. Chr. beschrieben. Sie waren aus Eiche und hatten Segel aus Häuten. Um diese Zeit war der Anschluß der Seefahrt aus dem Mittelmeer bis zur Nordsee hergestellt. Es wurden feste Seezeichen an den Küsten erbaut. Der römische Kaiser Caligula ließ um 40 n. Chr. den Leuchtturm von Boulogne sur Mer an der französischen Kanalküste erbauen, der bis ins Mittelalter genutzt wurde und 1644 durch die Unterspülung der Felsen zusammenstürzte. A. Köster [1923/1969].

Astronomische Kenntnisse waren im nord- und westeuropäischen Raum zur Steinzeit bekannt, wie die Bauten der Megalith-Kulturen zeigen. R. Müller [1970]: Der Himmel über dem Menschen in der Steinzeit.

Amerika

In Amerika gab es Schifffahrt entlang der Küsten einiger Bereiche des Kontinents: im Karibischen Meer, an den Küsten von Chile, Peru und Kalifornien und in der nördlichen Region die Küstenfahrt der Eskimos. G. Friederici [1907]: Die Schifffahrt der Indianer, Nachdruck [1974]. Die Schifffahrt war regional mit verschiedenen Fahrzeugen entwickelt: Flöße aus Binsen oder Balsaholz, z. T. mit Segeln, Kanus aus Rinde, Plankenboote in Südkhile, Fellboote, Einbäume, „canoa“, aus Zedern von Jamaica mit bis zu 70 Mann Besatzung gelangten bis zu den Bahamas, Einbäume ebenfalls ohne Segel an der Westküste Nordamerikas nördlich Kap Mendocino, Einbäume mit aufgesetzten Planken, „piragua“, in der Karibischen See, mit Pech kalfatert.

Raum des Pazifischen Ozeans (Melanesien, Mikronesien, Polynesien)

Über diese Seefahrt als ein geographisches Beispiel siehe Kap. S. 59.

Schiffe der frühen Seefahrt und die Bedeutung der Baumaterialbeschaffung für die Veränderung der Umwelt

Zeichnungen von Schiffen, von denen auf die derzeitige Kenntnis von den Phänomenen des Meeres (Wind, Wellen, Brandung, Strömung) geschlossen werden könnte, sind reichlich vorhanden; diese sind jedoch sehr kritisch zu beurteilen.

Es gibt umfangreiche Literatur zu diesem Themenkreis, auf die verwiesen werden kann. In diesem Buch zur „Geographie der Ozeane“ sollen nur zwei Schiffstypen der frühen Seefahrt kurz behandelt werden, welche im Rahmen geographischer Bedingungen zur frühen Seefahrt über offene Ozeane von Bedeutung sind: die der mikronesisch-polynesischen Seefahrt im Pazifischen Ozean und die der europäischen Seefahrt im Nordatlantischen Ozean (Wikinger).

Als älteste Form zur Bewegung auf dem Wasser mögen einzelne Baumstämme, dann Flöße gedient haben. Schilfrollen als Schwimmgürtel oder als Pontons und aufgeblasene Tierhäute als Auftriebskörper wurden zu Flößen verarbeitet; diese stellten die frühesten Transportmittel auf dem Wasser dar. Geflochtene, runde Körbe, mit Pech abgedichtet, wie sie heute noch in Mesopotamien und anderen Regionen verwendet werden, fanden ebenfalls in früherer Zeit Verwendung zur Bewegung und zum Transport auf dem Wasser, „kouffas“ genannt. Zum Boot oder bootsähnlichen Fahrzeug mit bilateraler Symmetrie und Bug und Heck führte die Nutzung ausgehöhlter Baumstämme sowie zusammengerollter Schilfrollen. Es ist festzustellen, daß bestimmte Floß- und Bootarten nach Bauweise und Material in z. T. weit voneinander entfernten Regionen ohne eine Verbindung, verbreitet waren. An den Küsten von Brasilien werden noch heute Segelflöße jeweils aus einigen Stämmen des Jaganda-Holzes hergestellt, um damit bis auf tiefes Wasser zum Fischfang zu segeln. Diese stellen sowohl eine archaische Form des „Schiffbaus“ dar, als auch eine der modernen Windsurfing-Gleitern. Sie haben auch versetzbare Maststellungen wie moderne Starboote. H. Suder [1930]. Und: Meteor-Werk.

A. Jal [1840]: Archéologie navale. H. Suder [1930]: Vom Einbaum und Floß zum Schiff, 420 Titel Bibliographie, J. Hornell [1946 u. 1970]: Water Transport; Origins and Early Evolution.

Als geographische Probleme zu solchem frühen Schiff- bzw. Bootsbau ergeben sich die Materialbeschaffung (Schilf, Häute, Holz) und der Einfluß auf das ökologische Gleichgewicht von Vegetation, Anbau und Böden jener Zeit, d. h. eine Einflußnahme des Menschen durch Raubbau oder planmäßigen Anbau. Der Bedarf an geeignetem Schilf für den Schiffbau der Ägypter war groß. Es wurde Material (Papyrus) über See von Mesopotamien beschafft; für den Schiffbau wurde Zedernholz aus dem Libanon beschafft. Im Einzugsbereich der arabischen Seefahrt wurde Holz von Indien und Ostafrika beschafft: Mangroveholz für die Spanten, in späterer Zeit Teakholz aus Indien und

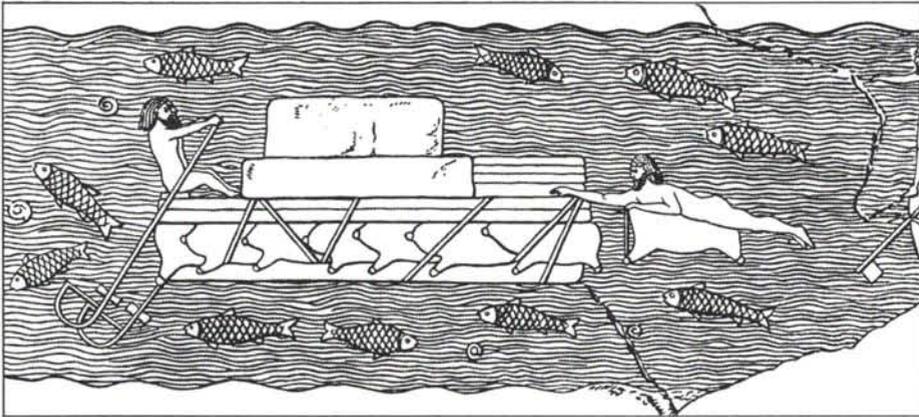


Abb. 3.1 a

Floß (Kelek) aus dem alten Assyrien

Die Arbeits- und Transportplattform (Deck) ist auf den Auftriebselementen der luftgefüllten Tierhäute befestigt. Das Fahrzeug trägt als Decksladung gestapeltes Holz, darauf wahrscheinlich verpacktes Getreide. Am Floß ein Schwimmer auf luftgefüllter Tierhaut als Auftriebselement, wie es in der Gegenwart von Badetouristen auf den Luftmatratzen praktiziert wird. Von Interesse ist die Perspektive der Darstellung: das Fahrzeug im Profil, das Wasser in Aufsicht und Durchsicht.

Nach: Salonen [1939]: Die Wasserfahrzeuge in Babylonien.

Ceylon. (Diese Hölzer werden noch gegenwärtig zu den Küsten Arabiens transportiert und im Schiffbau verwendet.) Im salzhaltigen Wasser des Roten Meeres und des Persischen Golfes und der dort herrschenden Sonnenstrahlung und den hohen Temperaturen sind Holzschiffe widerstandsfähiger als Schiffe aus Eisen. Holzschiffe gelten dort als „pflegeleicht“. Reparaturen sind billig in kleinen Häfen durchzuführen. (Der Name Dau bzw. Dhau, ein afrikanisches Wort, ist eine Bezeichnung der Europäer, welche als Sammelbezeichnung für verschiedene Schiffstypen im arabischen Raum angewendet wird).

Die Entwaldung des Mittelmeerraumes, welche Änderung von Vegetation, Klima und Böden zur Folge hatte, steht in engem Zusammenhang mit dem Schiffbau früherer Zeiten. R. Tomaselli [1977]: Degradation of the Mediterranean Maquis.

Abschätzungen zum Umfang des Schiffbaus ergeben folgende Werte:

Wenn für 400 Häfen im Mittelmeer pro Hafen mit je 40 Schiffen gerechnet wird, bedeutet das, daß 16 000 Schiffe jeweils vorhanden waren; bei einem Lebensalter von 30 bis 50 (hohe Schätzung) Jahren waren 10 000 bis 20 000 Schiffe im Jahrhundert zu bauen, d. h. 100 000 bis 200 000 im Jahrtausend.

Es gab keine Holzkonservierungsmittel gegen den Bohrwurm; im 6. Jh. v. Chr. wurden Schiffe zum Schutze mit Blei beschlagen. Außerdem mußte der hohe Anteil von Schiffsverlusten ersetzt werden. Bei einer Verlustrate von

20 %, welche angenommen werden kann, werden also i. d. Zeit vor 1000 v. Chr. 15 bis 20 000 Schiffe im Jahrtausend zusätzlich zu ersetzen gewesen sein. Für die Küsten Afrikas und Amerikas waren für den Bau der Einbäume nur bestimmte Baumarten geeignet. Das Lebensalter solcher Einbäume ist, nach Beobachtungen in der Gegenwart in Liberia und an der Westküste Mittelamerikas, auf 5 bis 10 Jahre zu bemessen. So ist zu erklären, daß in den Küstenbereichen der Zonen tropischen Regenwaldes bestimmte Baumarten, z. B. Kapokbaum (*Ceiba*) und Balsa, in Küstennähe nicht mehr oder kaum mehr zu finden sind. Th. Heyerdahl [1949]: *Kon-Tiki*.

Als Beispiel zu diesem Thema sind die Verhältnisse aus der Zeit der Wikinger und aus der Zeit des Schiffbaus zwischen 1500 und 1800 kurz behandelt. (Vgl. d. Kap.). J. Hornell [1946/1970]. P. Lächler u. H. Wirz [1962]: *Die Schiffe der Völker*. B. Landström [1961]: *Das Schiff*. D. Phillips-Birt [1972]: *Sie fuhren hinaus auf See, 5000 Jahre Schiffbau, Schifffahrt, Seemannschaft*. Savant [1966]: *Geschichte der Seefahrer*. H. Suder [1930].

Forschungsmethoden zur frühen Seefahrt

Die Forschung zur Kenntnis von der frühen Seefahrt kann sich stützen

1. auf Abbildungen (Felsbilder, Abbildungen auf Keramik, Vasen, symbolisierte Abbildungen bei Bilderschriften, „Piktographien“, Abbildungen auf Siegeln und Münzen), z. B. Mesopotamien, Schiffsmodelle, z. B. Ägypten.
2. auf Funde von Schiffen oder Schiffsresten, Wracks. Mit der Entwicklung der Technologie zur Unterwasserforschung in der Ozeanographie, Ortung, Tauchtechnik, Unterwasserphotographie während der letzten Jahrzehnte, wurde die Unterwasserarchäologie rasch vorangetrieben und hat bedeutende Ergebnisse hervorgebracht.
3. Aus der Zeit der Seefahrt des klassischen Altertums liegen Berichte vor, so daß die historische Wissenschaft schon früh eine umfangreiche Literatur zu diesem Themenkreis hervorgebracht hat. A. Brandt [1967]. H. Ewe [1972]. G. F. Bass (Ed.) [1972]: *A History of Seafaring, based on Underwater Archaeology*.

Zur historischen Forschung über frühe Seefahrt im Mittelmeerraum

Da bis zur Gegenwart ungeklärte historische Streitfragen bestehen, sollen hier nur einige geographische Sachverhalte erwähnt werden. Die Unklarheit und Mehrdeutigkeit der historischen Berichte wurde von H. Berger [1903/1967] in seiner „Geschichte der wissenschaftlichen Erdkunde der Griechen“ herausgearbeitet. Das Bild der Welt wird von den Griechen auf den von ihnen hergestellten und überlieferten Karten als ein vom „Okeanos“ oder von Flüssen umflossenes Festland gezeigt. Der Ausdruck „Okeanos“ soll aus dem

Semitischen oder Phönizischen übernommen sein. Nach O. Krümmel [1907] ist die Herkunft des Wortes nicht geklärt. Das im Mittelmeer nicht vorkommende Phänomen der Gezeiten wurde von Alexander dem Großen im Indischen Ozean beobachtet und von Pytheas um 330 v. Chr. vom Atlantischen Ozean von der Küste Großbritanniens berichtet. A. Köster [1923, 1969]. Von der Reise des Pytheas sind neue astronomische und ozeanographische Erkenntnisse überliefert, obwohl kein Originalbericht von der Reise vorhanden ist: das Phänomen des längsten Tages in nördlichen Breiten und die Gezeiten. Pytheas war von Massilia (Marseille) aus in die Seegebiete von England und im Nordseeraum vorgedrungen bis zu den Ursprungsregionen von Zinn- und Bernsteinhandel. Er berichtet über Eis auf dem Meere.

Die Segelschiffe im Mittelmeer erreichten Geschwindigkeiten von 4 bis 6 kn. Der Seeweg von Rhodos nach Tyrus konnte in 3 bis 4 Tagen bewältigt werden, von Karthago zur Straße von Gibraltar in 7 Tagen, von Sizilien nach Alexandrien in 7 Tagen. Eine Umfahrt um Sizilien dauerte 5 bis 8 Tage.

A. Köster [1923 und 1969]: *Das antike Seewesen*. L. Casson [1959]: *The Ancient Mariners* [1971]: *Ships and Seamanship in the Ancient World*.

Für die historischen Arbeiten ist von Bedeutung, daß das Seeversicherungswesen schon sehr alt ist, wie die Berichte zur Schifffahrt vor 2500 Jahren zeigen.

Den Ursprung des Versicherungsgedankens muß man in der Antike suchen. In Ägypten, Griechenland und Rom gab es Vereine, die bei Sterbefällen den Hinterbliebenen Unterstützung und den Toten Begräbnisse gaben. Wie weit dabei Religion und Mitleid eine Rolle spielten, ist unklar. Man weiß jedoch, daß die Leistungen nicht nach kaufmännischen Gesichtspunkten gegeben wurden.

Im 3. Jh. v. Chr. kannte man in Rhodos die Abmachung, daß zur Rettung aus Seenot Ladegut über Bord geworfen werden durfte. Den entstandenen Schaden trugen Eigner des geretteten Schiffes und der geretteten Ladungsgüter gemeinsam. Diese Regelung wurde als „*lex Rhodia de iactu*“ von Rom übernommen und findet sich noch heute im HGB als „Große Haverei“ (§§ 700—733). Aus dieser Zeit stammt auch das Seedarlehen, bei dem der Geldgeber eine Seereise finanzierte.

G. Hohler [1973]: *Die Versicherung eines Seeschiffes mit besonderer Berücksichtigung der Küstenschiffsgilden*.

Schiffswracks als Zeugen früheren Schiffbaues und früherer Schifffahrt

Zahl der Schiffbauten und Wracks

Die Zahl vorhandener und auch die Zahl verlorengangener Schiffe war während der vergangenen vier bis fünf Jahrtausende sehr groß. Schätzungen nach W. Bascom [1971] ergaben für das Mittelmeer folgende Zahlen: Bei einer Verlustrate von 20 % würden etwa in der Zeit v. Chr. Geburt 15 000 bis

20 000 Schiffe im Mittelmeer verloren gegangen sein. Die Zahl der gebauten Kriegsschiffe bis zu Chr. Geb. wird für das Mittelmeer auf 25 000 geschätzt, von denen mindestens 5000 verloren gingen. J. Mordal [1963]. G. F. Bass [1972].

Abgesehen von Einbettung durch Sedimentation und Zerstörung infolge Zerbrechens der Wracks werden sicher wegen der zerstörenden Tätigkeit von Organismen (Bohrwürmer, „Teredon“, bis 200 m Wassertiefe, andere bis zu 2000 m Tiefe) zahlreiche der Holzwracks zerstört worden sein. Im Flachwasser warmer Meeresregionen werden durch Korallen Wracks schnell überwachsen. Am haltbarsten im Seewasser sind Keramik-, Glas- und Bronze- und Goldmünzen. Von den Schiffen der spanischen Silberflotten sind viele gesunken, da sie vom Bohrwurm befallen, von Bewuchs in der Geschwindigkeit beeinträchtigt, also in schlechtem Zustand waren, überladen wurden, schwer zu manövrieren waren, und da Navigation und Seekarten nicht auf einem hohen Stand waren. So mögen in den von Korallen überwucherten Wracks dieser Konvoischiffe noch Gold- und Silberschätze ruhen. J. Y. Cousteau u. Ph. Diolé [1972].

Ein umfangreiches Material zu Schiffsuntergängen der Entdecker- und Kolonialzeit liegt in den Berichten zu den Tragödien von Schiffbrüchigen, „Naufragios“, vor, welche u. a. in Portugal publiziert wurden.

Gomez de Brito [1735–36]: „Historia tragico maritima“, F. Termer [1963].

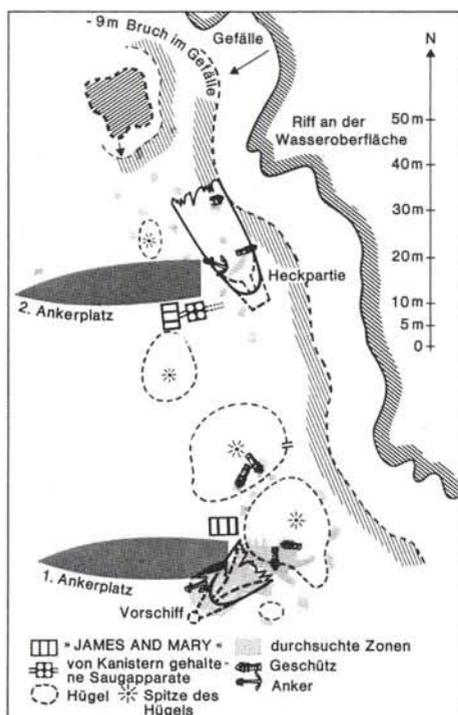


Abb. 3.2

Wracksuche und submarine Archäologie (Schatzsuche auf dem Meeresgrund)

Arbeiten von J. Y. Cousteau und Ph. Diolé mit dem Schiff „Calypso“ im Golf von Mexiko zur Suche nach einer spanischen Galeone.

Die Bug- und Heckpartie liegen etwa 90 m weit auseinander. Die Ankerplätze der „Calypso“ sind angegeben.

Gezeichnet nach: J. Y. Cousteau u. Ph. Diolé [1972] Silberschiffe

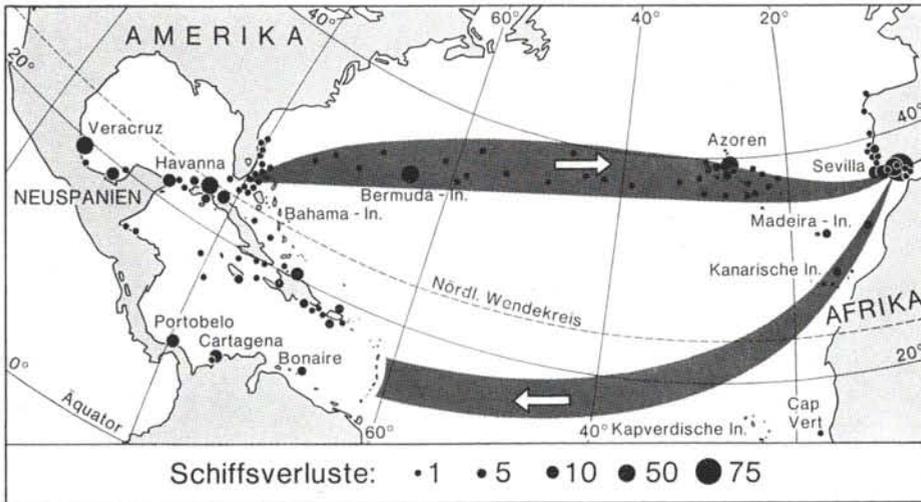


Abb. 3.3

Verluste spanischer Schiffe auf dem Konvoi-Weg

Schiffsverluste für das Zeitintervall von 100 Jahren zwischen 1550—1650 n. Chr.

Die Schiffsgrößen der Galeeren betrug zu Anfang der Zeit 80 t, zum Ende der Zeit 400 t.

Es erreichten Spanien: von 1565—1600 14 Konvois mit 84 Schiffen

von 1600—1700 104 Konvois mit 624 Schiffen

Dunkelgrau in der Zeichnung: Route der Konvois zwischen Westindien und Spanien.

Routenwahl nach Winden und Meeresströmungen. Vgl. Kap. Strömungen. Häfen transkontinentalen Verkehrs waren Veracruz und Portobello.

Gezeichnet nach: R. Vaissière [1969] *L'homme et le monde sous-marin*, nach: R. Lalue

Jahreszahlenangaben nach: J. N. Parry [1966] *The Spanish Seaborne Empire*, in: J. H. Plumb (Ed.) *The History of Human Society*

In ihrem Buch „Millionen auf dem Meeresgrund, moderne Schatzsucher vor Florida“ [1968], beschreiben K. Wagner u. L. B. Taylor die Geschichte der Entdeckung, Vorbereitung und erfolgreichen Bergung von Goldmünzen, Silberbarren, wertvollem Gerät, chinesischem Porzellan u. a. aus den Wracks der im Jahre 1715 gesunkenen Schiffe aus einer spanischen Silberflotte. Aus diesem Konvoi waren 10 von 11 Schiffen im Sturm vor der Küste von Florida gesunken. Die Wracks liegen z. T. zerstört nicht weit vor dem Strand, in einigen 100 m entfernt, zerschlagen und über 500 m mit ihren Einzelteilen verstreut, von Sand bedeckt, auf flachem Wasser zwischen den Sandriffen der Küste. Diese Funde erregten großes Aufsehen, da Schätze im Werte von mehreren Millionen \$ geborgen werden konnten. Daher sind die komplizierten Rechtsverhältnisse der Bergung von großem Interesse, welche in dem Bericht ausführlich behandelt werden.

Während des vergangenen Jahrzehnts wurden Reste von Schiffen, wie Planen, Anker oder z. T. erhaltene Schiffe im Mittelmeer gefunden, die aus der Zeit der alten griechischen Staaten oder des frühen römischen Reiches stammen. Häufig wurden die im Wasser haltbaren Transportbehälter aus Ton

(Amphoren) gefunden. Im Jahre 1972 wurden vor der Küste Israels aus einer Schiffsladung Terrakotta-Statuetten der karthagischen Stadt-Göttin gefunden, die aus dem 5. Jh. v. Chr. stammen.

Nahe der Mittelmeerinsel Grand Conglé in der Nähe von Marseille haben die Taucher der „Calypso“ Bergungsarbeiten an einem mit Amphoren und Töpferwaren beladenen römischen Schiffswrack, das in 40 m Tiefe liegt, vorgenommen (1952–1957). Die Aktion wurde von Kapitän Cousteau geleitet. Das gesunkene Schiff hatte einem gewissen Marcus Sestius gehört, der in der zweiten Hälfte des 3. Jh. v. Chr. auf Delos lebte. Ph. Tailliez [1970].

Die Bergung von Schätzen und Metall (Kanonen) von Wracks wurde schon im 17. Jh. mit Hilfe von Taucherglocken durchgeführt: W. Phips barg 1695 in englischen Diensten des Königs Karl II. Gold und Silber aus einem versunkenen spanischen Schiff bei den Bahamas mit Hilfe der „Katalanischen Glocke“. Der Schwede A. v. Treibleben barg 1665 aus dem Wrack der „Wasa“ vor Stockholm Kanonen, die nach Deutschland verkauft wurden. Die vollständige Bergung des Schiffes „Wasa“, gesunken 1628 nahe Stockholm, gelang 1960. Die Bergung gelang aus 32 m Tiefe. Das Schiff ist beim seehistorischen Museum in Stockholm ausgestellt. Im Nord- und Ostseeraum wurden zahlreiche Schiffswracks gefunden. Detaillierte Darstellungen finden sich bei D. Ellmers [1972]: Frühmittelalterliche Handelsschiffahrt in Mittel- und Nordeuropa. Im niederländischen Raum sind zahlreiche Funde auf dem ehemaligen Meeresboden der Zuider See nach der Trockenlegung gemacht worden. G. D. v. d. Heide [1961]. Für den norddeutschen Raum ist der Fund der Bremer Kogge (gebaut 1380) zu erwähnen, die 1962 in der Weser gefunden wurde und im Deutschen Schiffahrtsmuseum in Bremerhaven restauriert wird. W. Fuchs [1963]. P. Throckmorton [1970]: Shipwrecks and Archaeology. G. Bass (Ed.) [1972]. R. Vaissière [1969].

Wissenschaftliche Arbeiten bei Wrackbergung

In der UNESCO wurde eine Kommission beauftragt, Maßnahmen zum Schutze von Schiffswracks wegen ihrer Bedeutung als „Cultural Heritage“ einzuleiten und die Belange auf den internationalen Seerechtskonferenzen vorzutragen. In den USA gibt es den Council of Nautical Archaeology, welcher der International Association angeschlossen ist.

Bedeutend in der Datenverarbeitung und in der praktischen Arbeit ist das American Institute of Nautical Archaeology.

Die moderne Wracksuche für die Unterwasser-Archäologie wird zukünftig manche noch offenen Fragen über die frühe Seefahrt klären helfen.

Es wird mit modernsten Methoden gearbeitet, wozu die Luftbilderkundung gehört. Tauchergruppen werden, in Arealen mit durchsichtigem Wasser, von stationären Ballons aus dirigiert.

Mit den Funden können Methoden der absoluten Altersbestimmung angewendet werden (C 14), sowie an Holzteilen die Dendrochronologie.

Ein Spezialschiff, die „Alcoa Seaprobe“, wurde mit Such- und Hebeeinrichtungen ausgerüstet, um systematisch Wracksuche zu betreiben. Von der Universität Pennsylvanias wurde das Forschungs-U-Boot „Asherash“ für submarine Archäologie gebaut. Es hat zwei Mann Besatzung und 180 m Einsatztiefe.

Hafenanlagen der frühen Seefahrt

Zur modernen Unterwasserarchäologie gehört die Erfassung von alten Häfen und Anlagen zur Schifffahrt. Zu diesem Themenkreis wurde sehr viel im Mittelmeerraum gearbeitet. Da zu diesem Themenkreis das Problem der eustatischen Meeresspiegelschwankungen für geographische Belange von besonderem Interesse ist, erfolgen dort Ausführungen. Für die Forschungen zur frühen Seefahrt ist von Bedeutung, daß prähistorische und auch historische Landungsplätze gegenwärtig vom Meer überflutet sind oder gehoben und trockengefallen sind wie in Skandinavien.

Bereits in der ersten Hälfte des 19. Jh. spürte G. di Fazio mit Hilfe von Schwammtauchern die versunkenen Hafenanlagen von Puteoli und die römische Flottenbasis Misenum auf. In den 30er Jahren erforschte A. Poidebard die versunkenen Hafenanlagen Tyrus.

Taylor J., du Plat [1966]: Ports, Harbours and other Submerged Sites.

E. Pongratz [1972]. K. Lehmann-Hartleben [1923]: Die antiken Hafenanlagen des Mittelmeeres.

Ausbreitung der Besiedelung über große ozeanische Räume

Frühe Seefahrt über den offenen Ozean im Raum Melanesien, Mikronesien, Polynesien

Das Problem der Ausbreitung von Bevölkerung über die Inselwelt im Pazifischen Ozean ist vielschichtig und hat zahlreiche Aspekte.

Die mikronesisch-polynesisch Inselwelt hat Ausmaße von 6600 sm in Ost-West-Richtung (mit Distanz nach Osten bis zur Oster-Insel) und von 3600 sm zwischen den Breiten von Neuseeland und Hawaii. Die Entdeckung der Inseln und die Ausbreitung der Bevölkerung erfolgten durch Reisen über eine Fläche von der doppelten Größe des Kontinentes Afrika!

Zur Zeit der Entdeckungen der Europäer im Pazifischen Ozean, also der Reise Magellans um 1521 war die Inselwelt des Pazifischen Ozeans von den dort lebenden Menschen längst entdeckt und bevölkert. Ausbreitung und Entdeckung sind dabei zweierlei: sicherlich wurden zahlreiche Inseln auch mehrfach entdeckt, d. h. von unterschiedlichen Unternehmungen polynesischer Gruppen; d. h. es waren die entdeckten Inseln schon z. T. besetzt. Die Erstentdeckung wird kaum zu klären sein.

Die Frage nach dem Verlauf dieser Inbesitznahme kann mit Forschungen zur geistigen Kultur der Eingeborenen zu historischen Berichten (mündliche Überlieferung der Eingeborenen), zur Verteilung der Sprache und Dialekte und mit Forschungen zur materiellen Kultur als da sind Geräte, Töpferwaren, archäologische Funde, Schiffbau, Kunsthandwerk, Nahrungsmittel, Pflanzen und Haustiere, Anbauformen, und zur Seefahrt, d. h. Navigation und Schiffbau analysiert werden. H. R. Friis [1967].

Theorien zur Ausbreitung sind mehrfach nur mit den Aspekten einer Wissenschaftsdisziplin aufgestellt worden. Übersichten und Zusammenfassungen, die sämtliche Aspekte berücksichtigen, sind selten und erfuhren erst in neuester Zeit durch die Forschungen zur Seefahrt der Polynesier und zur absoluten Altersbestimmung archäologischer Funde neue Impulse.

Die Ausbreitung der Bevölkerung im mittleren Pazifischen Ozean erfolgte nach Zeit und Raum in zwei Abschnitten:

zunächst von der Inselwelt nördlich Neuguinea (Melanesien) um 3600 sm nach Osten zu den Tuamotu- und Marquesas-Inseln in der Mitte des Pazifischen Ozeans, dann von diesem Zentrum in dem großen pazifischen Insele Dreieck Oster-Insel im Südosten, Neuseeland im Südwesten, Hawaii-Inseln im Norden. Dieses Dreieck hat Ausmaße der Seitenlängen zwischen 3500 sm und 4000 sm. Dieses Dreieck ist mit seinem Zentrum, wie gesagt, um 3600 sm vom östlichen Rand des Pazifischen Ozeans entfernt. Es entspricht nach seinen Ausmaßen einem Dreieck zwischen Portugal, Kuba, Brasilien (südlich Rio de Janeiro) im Raum des Atlantischen Ozeans (wegen der markanten genannten Eckpunkte hier mit der Spitze nach Süden orientiert). World Ocean Atlas, Vol. 1, Pacific Ocean [1976].

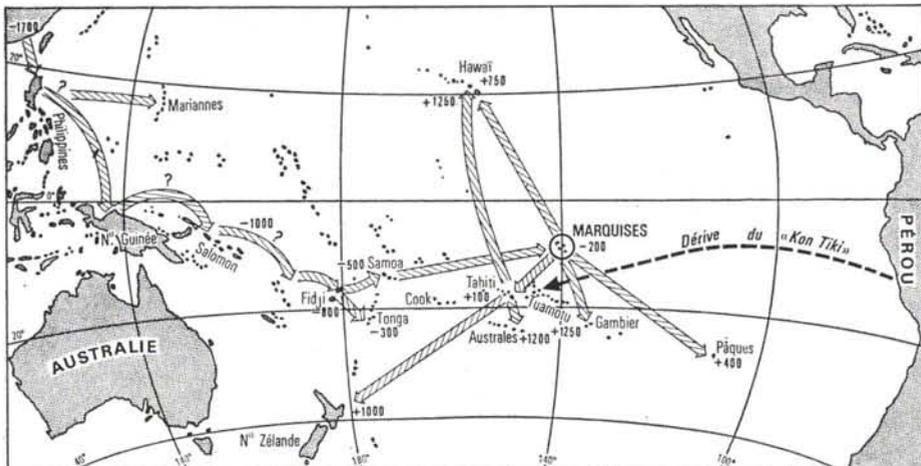


Abb. 3.3 a

Wanderung der Polynesier. Ausbreitungszentrum der Marquesas-Inseln (hohe Vulkanberge)

Daten (–) = vor und (+) = nach Chr. Geb.

Gestrichelt: Drift des Floßes „Kon Tiki“ mit Thor Heyerdahl 1947.

Nach: A. Guilcher [1969] L'Océanie, in: Magellan, la géographie et ses problèmes

Nach den gegenwärtig vorliegenden Forschungen zur Ausbreitung der Bevölkerung im Pazifischen Ozean kann folgende Zusammenstellung gelten:

Angaben zur Ausbreitung der Bevölkerung im Raum des Pazifischen Ozeans

erreicht	von (Weg)	Zeit
1. Neuguinea, dann Melanesien, große Ins.	von Südostasien erreicht (Wanderung)	2500 v. Chr.
2. Neubritannien, Samoa, Tonga	„Lapita“ Töpferei Fund (Vorfahren der Polynesier) frühe Seefahrt über Ozean	3000–2000 v. Chr.
3. Mikronesien	von Philippinen, Indonesien, Ins. vor Neuguinea erreicht	
4. Polynesien, Tonga, Samoa	von Polynesien	1000 v. Chr.
5. Marquesas Ins., Tokelau Ins., Ellice Ins.	von Samoa u. Tonga Ins.	1000 v. Chr. andere Angaben 150 v. Chr.
6. Tahiti, Oster Ins.	von Marquesas Ins.	vor 500 n. Chr.
7. Hawaii Ins.	von Marquesas Ins.	um 500 n. Chr.
8. Hawaii Ins., Cook Ins., Tuamotu Ins.	von Raiatea (Gesellsch. Ins.) beeinflusst	um 1000 n. Chr.
9. Neuseeland	von Marquesas Ins., Tuamotu Ins., Gesellsch. Ins.	1100—1500 n. Chr.
10. isoliert liegende Ins. wie Nukuoro (Karo- linen), Nukumanu	von Samoa u. Ellice Ins.	seit 1000 n. Chr.

Frühe Seefahrt über den offenen Ozean im polynesischen Raum und Verbreitung von Kulturpflanzen

Um Zeit und Wanderwege der Polynesier im Bereich des Pazifischen Ozeans aufzuzeigen, wurden Studien zur Übertragung der Nutzpflanzen von Asien auf die Inseln durchgeführt. A. Kolb [1941]: Tarokultur, Naßbau und künstliche Feldterrassen.

A. Kolb [1954]: Die Wanderungen der Polynesier und die Tarokultur. „Denn Volksgruppen, die neue Wohngebiete aufsuchen, werden stets versuchen, die für ihren Lebensunterhalt notwendigen altgewohnten Pflanzen mitzunehmen. Es ist daher von hohem Interesse, von dieser Seite her die altpolynesische Landwirtschaft zu analysieren.“

Die Taropflanze (*colocasia*) bietet mit ihren Knollen vor allem Stärke als Nahrungsmittel. Der Anbau findet in Trocken- oder Naßkulturen statt. Nach 9 bis 12 Monaten nach dem Pflanzen kann geerntet werden. Taro war frühzeitig weit verbreitet (190 n. Chr.).

A. Kolb untersuchte die Anbauformen der wichtigsten Feldpflanzen der Polynesier, der Knollenpflanze Taro (*Colocasia esculenta*). Die Haltbarkeit dieser Pflanze bei Überführungen über See ist für die Dauer solcher Reisen gegeben. Danach sind Standorte und Anbauformen des Taros von der wahrscheinlichen botanischen Heimat dieser Pflanzen, jedenfalls dieser speziellen

Art, von Südostasien aus mit den Polynesiern auf die Inseln übernommen worden. Dies betrifft besonders die Anbauform des Taro-Naßfeldes.

„Verschiedene Methoden lassen sich unterscheiden. Auf Inseln, die nicht über ausreichende Niederschläge oder Flüsse verfügen, so vor allem auf niedrigen Koralleninseln, werden unter beträchtlichem Arbeitsaufwand sogenannte Pflanzgruben angelegt.

Auf Nukulailai und Funafuti (Ellice-Inseln) erreichen die Taro-gruben 180 m Länge und 3 1/2 m Tiefe. Auch auf den Marshallinseln und den Tuamotu-Inseln sowie auf der Oster-Insel sind derartige Pflanzgruben vorhanden.

In Mikronesien ist der Taroanbau auf fast allen Inseln bekannt.“ A. Kolb [1954].

Nicht alle Inseln, die von den Polynesiern besetzt wurden, haben Küstenebenen oder Täler, wo die Kultivierung von Taro in der beschriebenen Form möglich ist, z. B. nicht die Marquesas-Inseln.

Da angenommen werden muß, daß die Polynesier bei ihrer Auswanderung aus Asien in den ozeanischen Inselraum die zu ihrer Zeit bedeutendste und bestgeeignete Nutzpflanze mitgenommen haben, nämlich den Taro und nicht den Reis, wird eine relative Altersdatierung der Wanderungen der Polynesier postuliert, die in ihrem Raum erfolgte, als der Reis noch nicht die vorherrschende Bedeutung hatte, d. h. nach Kulturstufen, also relativ in der Zeitrechnung. Spätestens zu Anfang der Eisenzeit ist die rückwärtige Verbindung mit den asiatischen Herkunftsgebieten verlorengegangen. Die absolute Datierung wird noch diskutiert. Auch die Arbeiten über die Ausbreitung der Taro-Kultur sind nur ein Aspekt in den Überlegungen zur Ausbreitung der Polynesier; sie können nicht allein als Beweis dienen. R. Heine-Geldern [1952]: *Some Problems of Migration in the Pacific*. H. Tischner [1958]: *Kulturen der Südsee*. A. Guilcher [1969]: *L'Océanie*.

Die Drift Thor Heyerdahls mit dem Floß „Kon-Tiki“ über den Pazifischen Ozean

Das Problem der Besiedlung der Inseln im Pazifischen Ozean birgt noch ungelöste Fragen. Kontakt und Besiedlung von Südamerika aus wurden mehrfach diskutiert. G. Friederici [1928] u. a. G. Friederici stellte Theorien über die frühe Verbindung über See von Ozeanien aus nach Osten, nach Südamerika, auf. Die Verbreitung der sogenannten Megalith-Kultur der großen, steinernen Köpfe konnte nicht bindend erklärt werden. Diese Kultur ist verbreitet zwischen Marquesas-Inseln im Norden, Pitcair-Inseln im Süden, Raivavae im Westen und Oster-Insel im Osten. Eine solche Megalith-Kultur kommt auch in Peru vor. Diese und andere Probleme, botanische, ethnographische, veranlaßten Thor Heyerdahl ([1941]: *Did Polynesian Culture originate in America?*) den Fragen nachzugehen und ein Experiment zu planen, nämlich, die Möglichkeit der Reise von Südamerika über den Pazifischen Ozean nach Westen in die polynesischen Inselwelt mit einem Floß nachzuweisen. Th. Heyerdahl gelang es 1947 von Callao, Peru, aus, diese 4300 sm lange Distanz über den offenen Pazifischen Ozean bis zu den Tuamotu-Inseln

mit fünf Begleitern mit seinem Floß zu bewältigen. Th. Heyerdahl [1949]: Kon-Tiki.

Die Reise dauerte vom 28. April bis zum 27. August 1947, für 4300 sm also 101 Tage. Die Reisegeschwindigkeiten betragen je nach Strömung, Wind- und Wellenverhältnissen zwischen 40 und 70 sm pro Tag. Der Reiseweg wurde während der Monate der Nordwärtsverlegung der innertropischen Front durchgeführt und unter Ausnutzung des Humboldtstromes nach NW und des Südäquatorialstromes nach W und im wesentlichen der Passatwinde (Generalrichtung von Osten) auf südlichen Breiten zurückgelegt: Reisebeginn von Callao 12° 30' S. Ende der Reise auf Raroia 16° S, nördliche Tuamotugruppe. Das Floß „Kon-Tiki“ wurde beim Landungsversuch am Raroia-Riff in der Brandung zerschlagen. Die Landung wurde zur Strandung.

Das Floß „Kon-Tiki“ war von Th. Heyerdahl nach seinen Forschungen über alte Vorbilder von seegehenden Flößen mit Segel gebaut. Es wurden Balsaholzstämmen aus den Wäldern Ecuadors geholt und zum Floß gebunden. Die Stämme hatten 60 cm Durchmesser; das Floß war in der Mitte 15 m lang, an den Seiten 10 m lang. Balsaholz hat wegen seines geringen spezifischen Gewichtes von 0,13 in trockenem Zustand, auch nach Wasseraufnahme, noch einen beträchtlichen Auftriebswert. Das Floß konnte 6 t Ladung tragen. Als Mast wurde Mangroveholz, als Segel wurden Matten verwendet. Auf dem Floß war eine Schutzhütte aus Bambus errichtet.

Die Reise erbrachte neue seemännische, navigatorische, ozeanographische und meteorologische Erkenntnisse. Das Experiment von Th. Heyerdahl war glücklich. Die Folgerungen daraus zur Besiedlung von Polynisien blieben weiterhin umstritten. Nach Heyerdahl soll eine solche Reise von den Eingeborenen im Jahre 500 n. Chr. von Südamerika aus möglich gewesen sein. Th. Heyerdahl [1950]: *The Voyage of the Raft Kon-Tiki*.

Das wiederhergestellte Floß „Kon-Tiki“ ist in Oslo neben der „Fram“ von F. Nansen ausgestellt.

Außerdem wurden andere Floßfahrten, bzw. Einhandsegelreisen auf dieser Route unternommen, z. B. die von W. Willis mit dem Floß „Cantata“, 1955–56.

Frühe Seefahrt über den offenen Ozean im polynesischen Raum und seine geographischen Voraussetzungen

Theorien zur Ausbreitung der Bevölkerung in Mikronesien und Polynisien

Zur Ausbreitung der Bevölkerung in der Inselwelt des Pazifischen Ozeans gibt es in bezug auf die geographischen, klimatologischen und hydrographischen Bedingungen drei Kategorien von Theorien:

1. Ausbreitung durch Zufallereignisse (im Engl. „migration by chance“ genannt, d. h. „accidental or blown away“); vertreten von Andrew Sharp.
2. Ausbreitung durch Drift vorherrschender Winde oder Strömungen (vorherrschend im Sinne von prevailing, nicht in statistischem Sinne von average). Die Ausbreitung mit der Drift ist eine beabsichtigte; vertreten von Thor Heyerdahl.

3. Die geplante Wanderung, d. h. die geplante Entdeckungsreise mit folgenden Reisen zur Besiedelung; vertreten durch z. B. Edward Dodd u. a.

Für eine Ausbreitung über See durch Flucht bei Hungersnot stellt die Verproviantierung zumindest für längere Reisen kaum überwindbare Schwierigkeiten auf.

Im System politischer Abhängigkeiten erfolgten „Tribut-Reisen“, während denen es vielfach zu unfreiwilligen Driften kam, z. B. von den Carolinen bis nach den Philippinen (Mindanao).

Es ist zu bedenken, daß die Ausbreitung der Bevölkerung der Inselwelt des Pazifischen Ozeans ein Prozeß war, der sich über einen großen Zeitraum abspielte. Es kann daher Ausbreitung von der Ursache her nach den drei verschiedenen genannten Formen vorgekommen sein. Die Besetzung der gesamten pazifischen Inselwelt kann auf keinen Fall ohne die geplante Entdeckung und Besetzung erfolgt sein. Wenn möglich, wurden weite Reisen über den Ozean innerhalb der Inselwelt in Etappen durchgeführt. R. Hennig [1924]: Unfreiwillige Seefahrten in ihrer Bedeutung für die Kenntnis und Besiedelung des Erdballs. E. Dodd [1972]: Polynesian Seafaring. G. S. Parsons [1963]. A. Sharp [1956]. J. G. Nelson [1961]: Pre-European Trade between Australia, Indonesia and the Asiatic Mainland.

Die Möglichkeit, daß es auch früher nicht sesshafte Bevölkerungsgruppen gegeben hat, die nicht ständig auf einer Insel lebten, kann nicht ausgeschlossen werden. Solche Gruppen sind im malaiischen Raum seit Jahrhunderten bekannt. D. E. Sopher [1965]: The Sea Nomads. A Study based on the Literature of the Maritime Boat People of Southeast Asia.

Simulationsmodelle zur Ausbreitung der Bevölkerung über die Inselwelt Polynesiens

Es wurden Versuche unternommen, die Besiedelung der Polynesischen Inseln im Pazifischen Ozean mit Hilfe von Simulationsmodellen zu demonstrieren. Mit Hilfe stochastischer Modelle zur Diffusionstheorie, wie sie von der geographischen Schule von T. Hägerstrand 1968 angewendet wurde, sind die möglichen Fälle von 100 000 imaginären Driftreisen und von 8000 imaginären geplanten Bootsreisen der seefahrenden Bevölkerung im polynesischen Raum durchgespielt worden, um eine Vorstellung von der Entdeckung und Besiedelung der Inseln und von Ozeanüberquerungen zu gewinnen, ein interessanter Aspekt zur Theorie ozeanischer Reisen. Bei Würdigung der neuen Möglichkeiten, die mit dieser Arbeit vorgestellt werden, muß sich ein wirklichkeitsfremder Trend dieser Arbeitsrichtung dann offenbaren, wenn geschlossen wird, daß mit solcher Rechnung das Experiment einer Reise wie von Heyerdahl ersetzt werden kann. Mit den Modellrechnungen konnten verschiedene Regionen mit ihren spezifischen Reichweiten für Reisen innerhalb der Überlebenschancen (environmental boundaries) herausgesondert werden. Diese koinzidieren z. T. mit Grenze und Rasse zwischen Mikronesien und Polynesien, Gilbert-Inseln und Ellice-Inseln, z. T. mit linguistischen Grenzen. M. Le-