NATURWISSENSCHAFTLICHE MONOGRAPHIEN UND LEHRBÜCHER

HERAUSGEGEBEN VON
DER SCHRIFTFÜHRUNG DER „NATURWISSENSCHAFTEN“

NEUNTER BAND
EINFÜHRUNG IN DIE GEOPHYSIK
III
DYNAMISCHE OZEANOGRAPHIE

VON
A. DEFANT

BERLIN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER

1929

EINFÜHRUNG IN DIE GEOPHYSIK

III

DYNAMISCHE OZEANOGRAPHIE

VON

PROFESSOR DR. A. DEFANT

DIREKTOR DES INSTITUTS UND MUSEUMS FÜR MEERESKUNDE • BERLIN

MIT 87 TEXTABBILDUNGEN

BERLIN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER

1929

ISBN 978-3-7091-5649-0 ISBN 978-3-7091-5681-0 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-7091-5681-0

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG
IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN.

COPYRIGHT 1929 BY JULIUS SPRINGER IN BERLIN.

DEN NORWEGISCHEN
UND SCHWEDISCHEN KOLLEGEN
IN FREUNDSCHAFT
GEWIDMET

Vorwort.

Die Entwicklung der Ozeanographie ist dank der Fortschritte meereskundlicher Messungen und der Bearbeitungsmethoden ozeanographischen Beobachtungsmaterials bei jenem wichtigen Wendepunkt angelangt, bei dem von der mehr beschreibenden Betrachtungsweise zu einer strengeren Behandlung gesetzlicher Erscheinungen übergegangen werden kann. Die Ozeanographie folgt in dieser fortschreitenden Entwicklung immer mehr ihrer Schwesterdisziplin, der Meteorologie, die diesen Übergang bei der Behandlung einzelner Probleme schon in vielen Fällen erfolgreich durchgeführt hat. Im vorliegenden Buche habe ich versucht, eine Zusammenstellung unserer Kenntnisse der Bewegungserscheinungen im Meere auf theoretisch-physikalischer Grundlage zu geben. Einige Lücken, die sich hierbei ergeben haben, habe ich versucht, auszufüllen. Die Anfänge zu dieser Arbeit reichen schon in die Zeit zurück, als ich an der Universität Innsbruck im Verbande mit anderen geophysikalischen Themen auch über Physik des Meeres Vorlesungen hielt. Meine Berufung an das Institut und Museum für Meereskunde an der Universität Berlin, und meine Teilnahme an den letzten Profilen der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungsschiff „Meteor“ gaben mir Gelegenheit, mich noch eingehender mit diesen Problemen der Ozeanographie zu befassen. Letzten Endes waren es die Vorträge, die ich für die wissenschaftlichen Teilnehmer und für die Offiziere an Bord des „Meteor“ hielt, die dazu führten, die hydrodynamischen Grundlagen der ozeanischen Bewegungen durcharbeiten und übersichtlich zusammenzustellen. Diese Vorträge gaben so den Grundstock zu dieser „Dynamischen Ozeanographie“. Die Behandlung des Stoffes ist, wo es anging, mathematisch-physikalisch; wo die vorliegenden Untersuchungen es gestatteten, ist aber stets eine Verbindung mit den in der Natur vorgehenden Erscheinungen gesucht und Beispiele aus den tatsächlichen Verhältnissen gegeben worden. Der Hauptteil des Buches befaßt sich mit den eigentlichen Strömungen des Meeres, mit den Kräften, die sie hervorrufen und erhalten, mit den verschiedenen Modifikationen, die sie auf der rotierenden Erde durch Bodenmorphologie und Reibung erfahren und mit den

Methoden, die gestatten, das Stromfeld aus dem Aufbau des Meeres zu ermitteln. Insbesondere das Problem der großen ozeanischen Zirkulation, dem heutzutage das größte Interesse entgegengebracht wird, ist Gegenstand dieses Hauptteils. Die Darstellung der Dynamik periodisch ablaufender Wasserbewegungen, die mit den Wellen und Gezeiten verknüpft sind, wurde kürzer gefaßt, da Zusammenstellungen unserer Kenntnisse darüber schon vorliegen. Hier wurde vor allem das Grundsätzliche gegeben und gleichzeitig versucht, die neuesten Ergebnisse der Forschung in das System der Lehre einzuordnen.

Die Ozeanographie hat bisher bei den deutschen Geophysikern noch recht wenig Beachtung gefunden, und der Grund hierfür mag wohl hauptsächlich darin liegen, daß die Literatur über die ozeanographischen Ergebnisse der verschiedenen Expeditionen außerordentlich zerstreut ist und bisher keine Zusammenstellungen auf dynamischer Grundlage gegeben worden sind. Wenn dieses Buch das Interesse an ozeanographischer Forschung bei den Geophysikern in etwas stärkerem Grade erwecken würde, wäre der Zweck des Buches erfüllt.

Berlin, Ostern 1929.

A. Defant.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	I
1. Aufgabe und Einteilung der dynamischen Ozeanographie . .	1
2. Ausmaße des Meeres, senkrechte Gliederung; Meeresoberfläche	2
I. Der Aufbau des Meeres	4
1. Das Schwerfeld	4
2. Das Druckfeld	7
3. Das Massenfild	10
4. Praktische Methode der dynamischen Verarbeitung ozeano- graphischer Beobachtungen	13
II. Kräfte und hydrodynamische Gleichungen	15
1. Kräfte, die Bewegungen auslösen und erhalten bzw. zu beein- flussen vermögen	15
2. Die hydrodynamischen Gleichungen	18
III. Statik des Meeres	21
1. Bedingungen des statischen Gleichgewichtes	21
2. Das angenäherte statische Gleichgewicht im Meer; die Grund- lage aller ozeanographischen Berechnungen	22
3. Verschiedene Arten des Gleichgewichtes. Gestörtes Gleich- gewicht und Rückkehr zu demselben	23
4. Adiabatische Temperaturänderungen bei vertikalen Verschie- bungen; vertikales Gleichgewicht im Meer; Stabilität	25
IV. Kinematik des Meeres	33
1. Die Darstellung des Bewegungszustandes des Meeres; das Stromfeld	33
2. Die Divergenz des Stromfeldes; Zusammenhang mit der Kon- tinuitätsgleichung	40
3. Der Lehrsatz von M. Knudsen	44
4. Kinematische Wirkungen der Bodenkonfiguration und Küsten- gestaltung	46
V. Allgemeine Dynamik der Meeresströmungen	55
1. Stationäre Strömungen in einem homogenen Meer ohne Reibung	55
2. Einfluß der Änderung der Meerestiefe und der Kugelgestalt der Erde auf stationäre reibungslose Ströme im homogenen Meer	59
3. Oszillierende Strömungen im stationären Zustand	63
4. Allgemeine Betrachtungen über die Wirkung der Reibung bei Meeresströmungen	64
5. Stationäre Ströme im homogenen Meer bei Reibung und Ein- wirkung äußerer Kräfte	67
a) Reine Triftströme	68
b) Triftströmungen und Reibungstiefe nach den Beobachtungen	72
c) Gradientströme	76

	Seite
6. Ekmans Theorie der Meeresströmungen; Elementarstrom. Einfluß der Bodenkonfiguration bei winderzeugten Meeres- strömungen	79
7. Die ungeordnete Bewegung des Wassers in den Meeres- strömungen	89
VI. Stationäre Ströme im geschichteten Ozean	97
1. Stabile Diskontinuitätsflächen im Meer	97
2. Stationäre Ströme im geschichteten Meer	103
3. Wassermassen verschiedenen spezifischen Volumens in stabiler Lagerung	107
a) Ruhende schwerere Wassermasse im bewegten leichteren Wasser	108
b) Ruhende Wassermasse geringerer Dichte eingebettet in be- wegte schwerere Wassermassen	110
c) Stationäre Massenverhältnisse im Ozean bei Wassermassen, die in Rotation begriffen sind	110
VII. Dynamik der Konvektionsströme	116
1. Die Zirkulationstheorie von V. Bjerknes	117
2. Anwendung des Zirkulationsprinzips zur Berechnung der Ge- schwindigkeitsverteilung in stationären Strömen	120
3. Das Gesetz der parallelen Solenoidfelder	123
4. Ekmans Konvektionsströme (mit Berücksichtigung der Reibung) .	125
VIII. Die ozeanische Zirkulation	129
1. Atmosphärische Einflüsse an der Meeresoberfläche und dadurch hervorgerufene Meeresströmungen	129
2. Die ozeanische Troposphäre und die ozeanische Stratosphäre; das Stromsystem eines hydrosphärischen zirkularen Wirbels .	136
3. Die troposphärischen Strömungen der einzelnen Ozeane . . .	142
4. Die stratosphärische Zirkulation im allgemeinen und in den Ozeanen	147
IX. Die Wellenbewegungen im Meere	154
1. Einleitung. Einteilung der Wellen	154
2. Theorie der Meereswellen. Vergleich mit den Beobachtungen	157
3. Entstehung, Umformung und Ausbreitung der Wellen; Bran- dung.	165
4. Stehende Wellen. Theorie und Auftreten derselben	175
5. Interne Wellen	185
X. Die Gezeiten und die Gezeitenströme	190
1. Übersicht über die Theorie der Gezeiten	190
2. Die Gezeiten in Buchten und Kanälen (Nebenmeeren)	192
3. Der Einfluß der Erddrehung auf die Gezeiten	197
4. Einfluß der Reibung auf Gezeiten und Gezeitenströme	201
5. Die Gezeiten der Ozeane	208
6. Quantitative Schätzung des Verbrauches an Gezeitenenergie im Weltmeer durch Reibung	213
Namenverzeichnis	217
Sachverzeichnis	219