

# Meereswissenschaftliche Berichte

## Marine Science Reports



No 118 2021

Aufbau, Entwicklung und Forschungsergebnisse  
der Physikalischen Ozeanographie am  
Forschungsstandort Warnemünde (1950-1991)

Wolfgang Matthäus, Hans-Jürgen Brosin, Wolfgang Fennel, Eberhard Hagen, Manfred Sturm

"Meereswissenschaftliche Berichte" veröffentlichen Monographien und Ergebnisberichte von Mitarbeitern des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung Warnemünde und ihren Kooperationspartnern. Die Hefte erscheinen in unregelmäßiger Folge und in fortlaufender Nummerierung. Für den Inhalt sind allein die Autoren verantwortlich.

"Marine Science Reports" publishes monographs and data reports written by scientists of the Leibniz-Institute for Baltic Sea Research Warnemünde and their co-workers. Volumes are published at irregular intervals and numbered consecutively. The content is entirely in the responsibility of the authors.

Schriftleitung / Editorship: Sandra Kube ([sandra.kube@io-warnemuende.de](mailto:sandra.kube@io-warnemuende.de))

Die elektronische Version ist verfügbar unter / The electronic version is available on:  
<http://www.io-warnemuende.de/meereswissenschaftliche-berichte.html>



© Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Lizenz CC BY-NC-ND 4.0 International. Mit dieser Lizenz sind die Verbreitung und das Teilen erlaubt unter den Bedingungen: Namensnennung - Nichtkommerziell - Keine Bearbeitung.

© This work is distributed under the Creative Commons License which permits to copy and redistribute the material in any medium or format, requiring attribution to the original author, but no derivatives and no commercial use is allowed, see:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

ISSN 2195-657X

---

Wolfgang Matthäus, Hans-Jürgen Brosin, Wolfgang Fennel, Eberhard Hagen, Manfred Sturm: Aufbau, Entwicklung und Forschungsergebnisse der Physikalischen Ozeanographie am Forschungsstandort Warnemünde (1950-1991). Meereswiss. Ber., Warnemünde, 118 (2021), doi:10.12754/msr-2021-0118

Verantwortlicher Autor / Corresponding author:

Wolfgang Matthäus, Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde,  
Seestraße 15, 18119 Rostock, Germany  
[wolfgang.matthaeus@io-warnemuende.de](mailto:wolfgang.matthaeus@io-warnemuende.de)

# Aufbau, Entwicklung und Forschungsergebnisse der Physikalischen Ozeanographie am Forschungsstandort Warnemünde (1950-1991)

WOLFGANG MATTHÄUS

unter Mitwirkung von HANS-JÜRGEN BROSI, WOLFGANG FENNEL, EBERHARD HAGEN  
und MANFRED STURM

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Würdigung	5
Zum Gedenken	6
Kurzfassung	7
Abstract	8
1. Einleitung	9
2. Die Entwicklungsphasen der Physikalischen Ozeanographie	11
2.1 Erste Bemühungen um den Aufbau einer Physikalischen Ozeanographie im Osten Deutschlands (1950-1952)	11
2.2 Die Entwicklung der Physikalischen Ozeanographie im Seehydrographischen Dienst der DDR (1953-1959)	12
2.3 Physikalische Ozeanographie in der Aufbauphase des Instituts für Meereskunde der Deutschen Akademie der Wissenschaften (1960-1972)	14
2.4 Entwicklung der Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie im Institut für Meereskunde der Akademie der Wissenschaften der DDR (1972-1991)	16
3. Die messtechnischen Voraussetzungen	17
4. Forschungen auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie	22
4.1 Methodische Untersuchungen	22
4.2 Arbeiten zur Physikalischen Ozeanographie der Ostsee	24
4.3 Einige Aspekte der Physikalischen Ozeanographie der Nordsee	63
4.4 Untersuchung physikalischer Prozesse im Atlantischen Ozean	67
4.5 Arbeiten zur Physikalischen Ozeanographie des Indischen Ozeans (Kanal von Mozambique)	78
4.6 Arbeiten zur Geschichte der Ozeanographie	79
5. Schlussbemerkungen	80

	<b>Seite</b>
Zusammenfassung	82
Summary	84
Danksagung	86
Literatur	87
Archivmaterial	132



In Erinnerung an den Ozeanographen und Meteorologen

Prof. Dr. habil. Klaus Voigt  
(1. Mai 1934 – 23. April 1995)

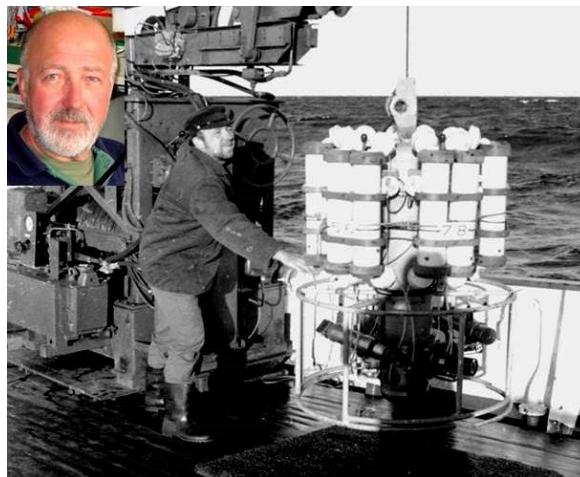
Direktor des Instituts für Meereskunde Warnemünde, der das Institut unter den gesellschaftspolitischen Rahmenbedingungen in der DDR mit großem Einsatz und diplomatischem Geschick von 1965 bis 1989 erfolgreich geleitet hat

## Zum Gedenken

an den Ozeanographie-Techniker WOLFGANG HUB (1935 – 2013) und den Entwicklungsingenieur HENRY WILL (1939 – 2020), die durch ihr Wirken im Institut und auf zahlreichen Expeditionsfahrten wesentlich zum Erfolg der Forschungen auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie beigetragen haben



WOLFGANG HUB hat von 1952 bis 2000 in der Meeresforschung (IfM/IOW) gearbeitet. Er kam über die Abt. Meereskunde des SHD in Berlin und Stralsund im Jahre 1957 ins Ostsee-Observatorium nach Warnemünde. Das Foto zeigt W. HUB beim Auslegen des Serienströmungsmessers LSK-801 von Bord des FS „Professor Otto Krümmel“ im Jahre 1964.



HENRY WILL hat von 1966 bis 2002 als Entwicklungsingenieur in der Meeresforschungstechnik am IfM/IOW an der Unterwasser-Sensorik und den Unterwassersonden mitgewirkt und maßgeblich zur Entwicklung von Präzisionstemperatursensoren, des absenkbaren WILL- Profilströmungsmessers (WPS) sowie der gesamten CTD-Sonden- und Wasserschöpfer-Rosetten-Technologie (OM 75, OM 87) des Instituts für Meereskunde Warnemünde gearbeitet. Das Foto zeigt ihn beim Aussetzen der Ozeanologischen Messkette OM 75 auf FS „Professor Albrecht Penck“.

## Kurzfassung

Es werden Aufbau und Entwicklung der Physikalischen Ozeanographie im Osten Deutschlands und in der DDR nach dem Zweiten Weltkrieg sowie die erzielten Forschungsergebnisse zusammenfassend dargelegt. Erste Bemühungen zum Aufbau einer meeresphysikalischen Forschung begannen Anfang der 1950er Jahre in der Abteilung „Meereskunde“ des Seehydrographischen Dienstes (SHD) der DDR und wurden in den 1950er Jahren im Hydro-Meteorologischen Institut bzw. dem Institut für Meereskunde des SHD fortgesetzt. Erst mit der Überführung des Instituts für Meereskunde in die Deutsche Akademie der Wissenschaften (DAW) im Jahre 1960 begannen intensivere Forschungen auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie, die sich ab den 1970er Jahren vorrangig der Grundlagenforschung im Rahmen der wirtschaftlichen Notwendigkeiten der DDR widmeten.

Schwerpunkt der Arbeiten zur Physikalischen Ozeanographie war die Ostsee. Dort standen Fragen des Wasseraustausches zwischen Nord- und Ostsee, später zwischen Küste und offener See, und die Problematik der Salzwassereinbrüche im Vordergrund. Darüber hinaus rückten Untersuchungen zur Diffusion und Advektion von künstlichen Beimengungen und meeresoptische Untersuchungen in den Fokus. Später wurden Jahresgänge und Langzeittrends ozeanographischer Größen der zentralen Ostsee näher untersucht. Ab 1970 begannen spezielle Forschungen auf den Gebieten der Meeresakustik und der Mikrostruktur der Schichtung. Auch Fragen der theoretischen Ozeanographie wurden in Angriff genommen. Die Entwicklung einfacher ozeanographischer Modelle wurde begonnen und erste Versuche zur Nutzung von Satelliten für die Erforschung physikalischer Prozesse im Meer unternommen.

In der Nordsee wurden nur sporadische Forschungen durchgeführt. Hier lag der Schwerpunkt der Arbeiten in den 1960er und 1970er Jahren und vorrangig auf der Gezeitenforschung und zeitweise auf Untersuchungen in der Norwegischen Rinne.

Schwerpunkt der ozeanischen Forschung bildete der Atlantische Ozean. Dort standen ab Ende der 1950er Jahre die ozeanographischen Hauptregionen und vor allem das äquatoriale Stromsystem und ab 1970 die Kaltwasserauftriebsgebiete von Nordwest- und Südwestafrika im Blickpunkt des Interesses. In den 1980er Jahren wurden auch physikalische Untersuchungen im Kanal von Mozambique im Indischen Ozean durchgeführt.

Eine Tabelle der wissenschaftlichen Mitarbeiter auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie, zahlreiche Abbildungen sowie ein umfangreiches Verzeichnis der Veröffentlichungen und Archivunterlagen runden den Beitrag ab.

## Abstract

Formation, evolution and research results in the field of Physical Oceanography in East Germany and the GDR after World War II are described. First efforts to start marine physical research date back to the beginning of the 1950s in the department "Marine Research" of the Marine Hydrographic Service (SHD) of the Navy. During the 1950s, investigations were continued in the Hydro-Meteorological Institute and the Institute of Marine Research of the SHD, respectively. But, more intensive research in Physical Oceanography started not before the transfer of the Navy's institute into a civil institute of the German Academy of Sciences (DAW) in 1960. During the 1970s, the research focussed primarily on basic physical oceanography according to the economic needs of the GDR.

Core area of research in Physical Oceanography was the Baltic Sea. Water exchange between the North Sea and the Baltic and between coastal area and open sea in front of the GDR coast, respectively, as well as the study of major Baltic inflows obtained first priority. Moreover, investigation focussed on diffusion and advection processes by means of injected tracers and on studies in marine optics. Later on, mean annual variations and long-term trends of oceanographic parameters in the central Baltic Sea were investigated in detail. From 1970 onwards, special investigations into marine acoustics and microstructure of stratification were carried out. Also issues of theoretical oceanography were investigated. The development of simple oceanographic models started and the application of satellites for studying physical processes were carried out.

During the 1960s and 1970s, issues of Physical Oceanography of the North Sea were carried out intermittently. The focal points were investigations of the tides and the marine environmental conditions in the Norwegian Trench.

The main focus in oceanic research was aimed at the Atlantic Ocean. Starting in the late 1950s, the main oceanographic regions and especially the equatorial current system were investigated. From the 1970s onwards, the Institute of Marine Research focussed its hydrographic research activities on the coastal upwelling areas off Northwest- and Southwest Africa. During the 1980s, physical research was also carried out in the Mozambique Channel in the Indian Ocean.

The contribution is completed by a table enclosed all IfM scientists involved in Physical Oceanography, by a lot of figures and by comprehensive lists of both publications and archival documents.



## 1. Einleitung

Mit der Gründung des den Seestreitkräften unterstellten Seehydrographischen Dienstes der DDR (SHD) im Jahre 1950 in Berlin, deren erster Chef ERICH BRUNS (MATTHÄUS, 2019a) war, wurde auch eine Abteilung „Meereskunde“ geschaffen, die in Warnemünde im Juli 1950 ein „Büro für Eis- und Sturmflutdienst“ eingerichtet hat. Im Jahre 1952 wurde im Rahmen der Abt. Meereskunde das „Ostsee-Observatorium Warnemünde“ gegründet. 1953 entstand aus der Abt. Meereskunde das von BRUNS geleitete Hydro-Meteorologische Institut (HMI) des SHD in Berlin, das noch im gleichen Jahr zusammen mit dem gesamten SHD von Berlin nach Stralsund verlagert und 1957 mit dem Ostsee-Observatorium in Warnemünde zusammengeführt wurde. Im Jahre 1958 wurde das HMI in „Institut für Meereskunde“ (IfM) umbenannt und im Jahre 1960 als zivile Einrichtung unter dem Direktor ERICH BRUNS der Deutschen Akademie der Wissenschaften (DAW) zugeordnet (BROSIN, 1996; MATTHÄUS, 2015a, 2019b; vgl. auch Abb. 1).

Einen Schwerpunkt der Arbeiten bildete die Physikalische Ozeanographie. Sie befasst sich mit der Erforschung der physikalischen Prozesse in Meeren und Ozeanen wie z.B. Massenaufbau, Strömungen, Wärmehaushalt, Gezeiten, Turbulenz oder Lichtdurchlässigkeit. Dazu sind umfangreiche, meist von Forschungsschiffen durchgeführte Beobachtungs- und Messprogramme sowie theoretische Studien und Modellrechnungen erforderlich. Voraussetzungen sind geeignete Mess- und Computertechnik. Die für das relativ kleine Institut für Meereskunde breit gefächerten Forschungsaufgaben wurden im Wesentlichen durch die wirtschaftlichen Notwendigkeiten der DDR (Seeverkehr, Fischerei, Ernährung), hoheitliche Aufgaben (Landesverteidigung, Umweltüberwachung), Grundlagenforschung für den wissenschaftlichen Vorlauf sowie die Mitarbeit in internationalen Forschungsprogrammen in der Ostsee und im Atlantik bestimmt.

Die Forschungen auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie wurden in verschiedenen Struktureinheiten der Abt. Meereskunde (1950-1952), des Ostsee-Observatoriums bzw. des Hydro-Meteorologischen Instituts (1952-1957) und des Instituts für Meereskunde (1958-1991) betrieben (s. auch BRUNS, 1970; BROSIN, 1996), anfangs ausschließlich im Rahmen der Ostseeforschung (1952-1957), später auch zur Erforschung der physikalischen Eigenschaften ausgewählter Ozeangebiete. Da der Zugang zu internationalen ozeanographischen Fachzeitschriften schwierig war, wurden die Forschungsergebnisse vorwiegend in Zeitschriften von DDR-Verlagen publiziert. Dazu gehörten vor allem die „Beiträge zur Meereskunde“ vom Akademie-Verlag Berlin (1961-1992) und „Gerlands Beiträge zur Geophysik“ vom Verlag Geest & Portig Leipzig.

In der Nachfolgeeinrichtung des Instituts für Meereskunde, dem Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW), wurden die erzielten Forschungsergebnisse – wie heute allgemein üblich – in Jahresberichten publiziert. Das fehlte weitgehend zu Zeiten des Instituts für Meereskunde. Deshalb sollen in dem folgenden Beitrag die im IfM

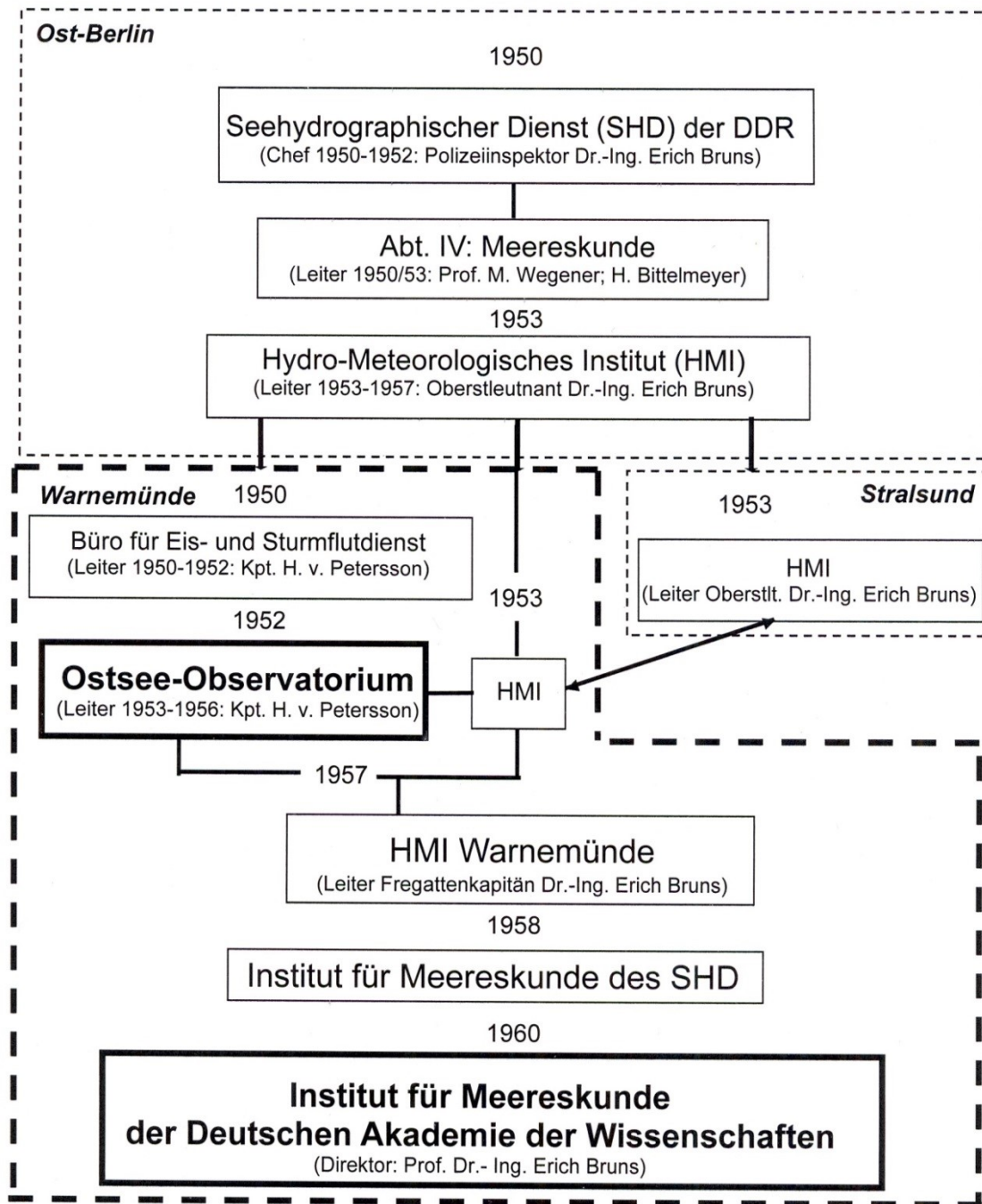


Abb. 1: Die Entwicklung des Meeresforschungsstandortes Warnemünde vom Büro für Eis- und Sturmflutdienst zum Institut für Meereskunde der DAW (Entwurf: W. MATTHÄUS).

Fig. 1: Development of the marine research location Warnemünde from the Office for Ice Information and Storm Surge Service to the Institute of Marine Research of the German Academy of Sciences (Design: W. MATTHÄUS).

durchgeführten Arbeiten zur Physikalischen Ozeanographie zusammenfassend dargestellt werden. Zusammenfassende Übersichten zum Institut für Meereskunde (BROSIN et al., 1980; STRIGGOW, 1983a; BROSIN, 1992) deuten stets nur kurz die Schwerpunkte der physikalisch-ozeanographischen Forschungen an. Auch in einer Publikation von BROSIN, in der er die

Geschichte der Meeresforschung in der DDR ausführlich dargelegt hat (BROSIN, 1996), konnte nur in geringem Umfang auf die Arbeiten in den Teildisziplinen der Meeresforschung eingegangen werden. Dieser Aufgabe widmet sich der vorliegende Beitrag bezüglich der auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie durchgeführten Arbeiten sowohl unter der Ägide der Seestreitkräfte der DDR (1950-1959) als auch unter dem Dach der Deutschen Akademie der Wissenschaften (ab 1972 Akademie der Wissenschaften der DDR) in den Jahren 1960 bis 1991.

## **2. Die Entwicklungsphasen der Physikalischen Ozeanographie**

### **2.1 Erste Bemühungen um den Aufbau einer Physikalischen Ozeanographie im Osten Deutschlands (1950-1952)**

Erste Versuche, im Jahre 1946 in Greifswald ein Ostsee-Observatorium mit einer Abt. Ozeanographie und Hydrologie aufzubauen, scheiterten (BROSIN, 1996). Nach der Schließung des Berliner Instituts für Meereskunde im Jahre 1946 gab es verschiedene Bemühungen, die Gewässer- und Meeresforschung wieder in Berlin zu etablieren (BROSIN, 1995, 1996). Zwischen 1946 und 1948 versuchten ADOLF LUDIN (1879 – 1968) und HANS ERTEL (1904 – 1971) ein entsprechendes Forschungsinstitut unter dem Dach der DAW anzusiedeln, was letztlich 1949 zur Bildung des theoretisch orientierten „Instituts für Physikalische Hydrographie“ führte.

Erst mit der Gründung des SHD und einer Abteilung Meereskunde rückte auch die Physikalische Ozeanographie in den Blickpunkt des Interesses. ERICH BRUNS, der neben den seehydrographischen Abteilungen auch die Meereskunde im SHD verankert hatte (MATTHÄUS, 2015a), hatte für die meereskundliche Forschung „hydrodynamische, hydrophysi[kali]sche, hydrochemische u. meeresmorphologische Erforschungen der Ostsee durch sporadische Messungen in Expeditionen und systematische Messungen im Küstenbereich“ vorgesehen (BSHR 1, S. 185).

In der Abt. Meereskunde befassten sich die Arbeitsgruppen „Physik des Meeres“ (Mitarbeiter HANS-GEROLF MÜLLER), „Dynamik des Meeres“ (Leitung HANS BITTELMEYER, später KURT VOLLBRECHT) und „Gezeiten und Nautisches Jahrbuch“ (Leitung WILHELM OEHMISCH) mit Fragen der Physikalischen Ozeanographie. Dazu kam die Arbeitsgruppe „Erdmagnetische Messungen“ (Leitung BERNHARD ZIMMERMANN). Die Arbeiten der Abteilungen waren vorrangig auf Belange der Seeschifffahrt und der Marine ausgerichtet und konzentrierten sich auf die westliche Ostsee. Ab 1951 wurde der Aufbau eines hydro-meteorologischen Messnetzes an der Ostseeküste der DDR begonnen (IOW 1954). An den Stationen sollten Wassertemperatur,

Salzgehalt, Wasserstand, Eisverhältnisse, Strömung und Wellen bestimmt werden. Mithilfe kleiner Schiffe wurden von Warnemünde und Sassnitz aus Tagesfahrten vorgenommen, auf denen Wassertemperatur, Salzgehalt und Strömung gemessen wurden. Wegbereiter für die Forschungen zur physikalischen Ozeanographie in der Abt. Meereskunde des SHD waren vor allem ERNA HEIN (IOW 1950,1; IOW 1951,1; IOW 1951,2) und KURT VOLLBRECHT (IOW 1952,1; IOW 1952,2).

Des Weiteren wurden in der Anfangsphase Atlanten klimatologischer, geographischer und ozeanographischer Größen des Mittelmeeres (KOCH et al., 1952) sowie der Nordsee und angrenzender Gewässer (BRUNS, 1953a) erstellt. Ein weiterer „Atlas der klimatologischen und ozeanographischen Faktoren der Ostsee“ war 1957 im Manuskript weitgehend fertig gestellt (IOW 1956,1; IOW 1958,1). Auch ein entsprechender Atlas für die Biskaya war in Vorbereitung (BRUNS, 1970).

## **2.2 Die Entwicklung der Physikalischen Ozeanographie im Seehydrographischen Dienst der DDR (1953-1959)**

Mit der Verlagerung des gesamten SHD und somit auch des HMI von Berlin nach Stralsund auf die Insel Dänholm im Juni 1953 blieb ein großer Teil des wissenschaftlichen Personals des HMI in Berlin, darunter auch K. VOLLBRECHT, W. OEHMISCH und H. BITTELMEYER gingen zunächst mit nach Stralsund, wechselten aber später auch wieder nach Berlin. Der Dipl.-Geophysiker HANS-GEROLF MÜLLER, der 1951 seine Arbeit in der Abt. Meereskunde aufgenommen hatte, ging mit nach Stralsund. Hinzu kamen der Dipl.-Meteorologe GERHARD WOLF und der Dipl.-Mathematiker DIETRICH BÖHL, die 1951 bzw. 1953 zur Abt. Meereskunde kamen. Im Jahre 1952 verstärkten der Physiker OTTO MIEHLKE und der Mathematiker GÜNTHER SAGER das wissenschaftliche Team im Ostsee-Observatorium in Warnemünde (s. Tabelle).

Im HMI beschäftigten sich die AG „Dynamik des Meeres“ (Leitung bis 1954 H. BITTELMEYER), „Physik des Meeres“ (Leitung G. WOLF) und „Gezeiten und Nautisches Jahrbuch“ (Leitung bis 1954 W. OEHMISCH) sowie „Wasserstands- und Eisdienst“ (Leitung O. MIEHLKE) mit Fragen der Physikalischen Ozeanographie (s. BRUNS, 1970).

Im Jahre 1954 wurde die Arbeitsgruppe „Gezeiten und Nautisches Jahrbuch“ von Stralsund nach Warnemünde verlegt, die dann von GÜNTHER SAGER geleitet wurde. Im Herbst 1955 wurde das wissenschaftliche Personal im Ostsee-Observatorium in Warnemünde bzw. im HMI in Stralsund durch fünf Absolventen der Meteorologie der Leipziger Universität aufgestockt (s. Tabelle). Davon begannen die Dipl.-Meteorologen PETER HUPFER (Leiter der AG Dynamik von 1955 bis 1957) und KLAUS VOIGT (von 1965 bis 1989 Direktor des IfM; s. auch BROSIN, 2006) sowie der Dipl.-Meteorologe ROLAND HELM (von 1958 bis 1991 Leiter der physikalisch-dynamischen Arbeitsgruppe im IfM) neben den regulären Dienstaufgaben ihre wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie. MIEHLKE wechselte 1957 mit dem von ihm geleiteten Wasserstands- und Eisdienst aus dem Ostsee-Observatorium zum Kommando der Seestreitkräfte.

Tabelle: Wissenschaftliche Mitarbeiter, die sich in der Abt. Meereskunde und im HMI/IfM Warnemünde zwischen 1950 und 1991 mit Problemen der Physikalischen Ozeanographie beschäftigt haben.

Table: Scientific staff members dealt with problems of Physical Oceanography in the Dept. "Meereskunde" and in HMI/IfM Warnemünde between 1950 and 1991.

Name	Lebensdaten	im Institut seit (von-bis)	Promotion	Habilitation
BRUNS, ERICH	1900 – 1978	1950	(1931), 1944 <sup>1)</sup>	1956
HEIN, ERNA		1950-1953	1942	–
BITTELMAYER, HANS	1905 – 1979	1951-1955	–	–
VOLLBRECHT, KURT	1921 - 1990	1951-1953	1950	1964
WOLF, GERHARD	1928 – 2016	1951	–	–
OEHMISCH, WILHELM	1907 – ?	1951-1954	1940	–
ZIMMERMANN, BERNHARD	1925 – ?	1951-1955	–	–
MÜLLER, HANS-GEROLF	1928 – 1956	1951	–	–
TILL, KARL-HERMANN	1930 – 2013	1952	–	–
MIEHLKE, OTTO	1920 – 2008	1952-1957	1960	–
SAGER, GÜNTHER	1923 – 1991	1952	1961 <sup>2)</sup>	1964 <sup>2)</sup>
BÖHL, DIETRICH	1929 - 1991	1953	–	–
HELM, ROLAND	1930 – 1996	1955	–	–
VOIGT, KLAUS	1934 – 1995	1955	1962 <sup>2)</sup>	1975 <sup>2)</sup>
HUPFER, PETER	*1933	1955-1957	1961 <sup>2)</sup>	1967
FRANCKE, EBERHARD	1938 – 1988	1961	–	–
GOHS, LUDWIG	1931 – 2017	1961	1971 <sup>2)</sup>	–
SCHEMAINDA, RUDOLF	1921 – 1987	1961	1955 <sup>2)</sup>	–
STRIGGOW, KLAUS	*1934	1961	1973 <sup>2)</sup>	–
STURM, MANFRED	*1938	1961	1970 <sup>2)</sup>	–
FRANCK, HERBERT	*1933	1962	1982 <sup>2)</sup>	–
MÖCKEL, FRIEDRICH	1919 – 1993	1962	1961 <sup>2)</sup>	–
MATTHÄUS, WOLFGANG	*1937	1955-57, 1963	1969 <sup>2)</sup>	1977 <sup>2)</sup>
BROSIN, HANS-JÜRGEN	*1936	1964	1964 <sup>2)</sup>	1988 <sup>2)</sup>
SCHWABE, REINHARD	1949 – 2008	1966/75	–	–
MÜLLER, GÜNTER	*1940	1969	1982 <sup>2)</sup>	–
HAGEN, EBERHARD	*1944	1971	1975 <sup>2)</sup>	1980 <sup>2)</sup>
KREMSER, ULRICH	*1941	1967-1983	1971 <sup>2)</sup>	1980 <sup>2)</sup>
LASS, HANS ULRICH	*1942	1972	1972 <sup>2)</sup>	1984 <sup>2)</sup>
PRANDKE, HARTMUT	*1950	1973	1977 <sup>2)</sup>	1986 <sup>2)</sup>
MICHELCHEN, NORBERT	*1952	1974	1987 <sup>2)</sup>	–
SIEGEL, HERBERT	*1952	1974	1987 <sup>2)</sup>	–
FENNEL, WOLFGANG	*1947	1976	1973	1980 <sup>2)</sup>
GERTH, MONIKA	*1954	1977	–	–
ZAHN, WOLFGANG	*1953	1979	1989 <sup>2)</sup>	–
STIPS, ADOLF	*1955	1981	1989 <sup>2)</sup>	–
SEIFERT, TORSTEN	*1952	1983	1982	–
NEUMANN, THOMAS	*1960	1985	1990 <sup>2)</sup>	–
SCHMIDT, THOMAS	*1961	1987-1999	1996 <sup>2)</sup>	–
SCHMIDT, MARTIN	*1956	1988	1984	–
FEISTEL, RAINER	*1948	1989	1976	1979

<sup>1)</sup> BRUNS, E., 1951: Berechnung des Wellenstoßes auf Molen und Wellenbrecher. – Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft (1940-1949), Springer, Berlin-Heidelberg, **19**, 92-158 (gedruckte Fassung der Dissertation, Technische Hochschule Berlin, 1944).

<sup>2)</sup> Dissertations- bzw. Habilitationsschriften sind in der Bibliothek des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung vorhanden.

Schwerpunkt der physikalischen Untersuchungen blieb zunächst noch die Erarbeitung von Grundlagen für die Schifffahrt wie Eis- und Wasserstandsvorhersagen. Es wurden so genannte Dekadenfahrten durchgeführt, auf denen Messungen der wichtigsten meteorologischen und ozeanographischen Größen nach Möglichkeit in 10-tägigem Abstand von Warnemünde (IOW 1960) und Sassnitz (IOW 1956,2) aus durchgeführt wurden. Die Messungen waren auf die Schifffahrtsrouten beschränkt, da die Gebiete außerhalb der Zwangswege seinerzeit noch nicht von Minen geräumt waren.

ERICH BRUNS war von Anfang an bemüht, das HMI mit seinem Ostsee-Observatorium auch in die ozeanographischen Forschungen im Rahmen des Internationalen Geophysikalischen Jahres (IGJ) einzubinden. Deshalb unterbreitete er bereits 1955 in Abstimmung mit dem Meteorologischen und Hydrologischen Dienst der DDR, dem Geophysikalischen Institut der Universität Leipzig und dem Institut für Hochseefischerei und Fischverarbeitung (IfH) in Rostock einen Vorschlag an die DDR-Regierung, durch die Entsendung einer Expedition auf einem Trawler in die Labrador- und Barentssee an den ozeanographischen Untersuchungen mitzuwirken (IOW 1955,1). Obwohl diese Seegebiete auch für die Hochseefischerei der DDR von erheblichem Interesse waren, kam die Expedition aus Kostengründen nicht zustande.

Ein wesentlicher Impuls für die physikalische Grundlagenforschung im Hydro-Meteorologischen Institut war die Teilnahme der Warnemünder Meeresforscher an Atlantik-Expeditionen des sowjetischen Forschungsschiffes „Michail Lomonossov“, die zwischen 1957 und 1963 von BRUNS in die Wege geleitet worden war (MATTHÄUS & HUPFER, 2017). Damit war eine begrenzte Mitarbeit im Rahmen des Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957/58 gegeben. Es konnten erste Kontakte zu führenden sowjetischen Ozeanographen geknüpft und wertvolle Erfahrungen auf den acht Atlantik-Expeditionen mit Beteiligung der DDR-Ozeanographen gesammelt werden.

Durch die von BRUNS in der 2. Hälfte der 1950er Jahre initiierte Entwicklung einer Reihe von neuartigen ozeanographischen Messgeräten und der zugehörigen Auslegetechnik (MATTHÄUS, 2009) war das Institut auch in der Lage erste grundlegende Untersuchungen im Atlantischen Ozean in Angriff zu nehmen.

### **2.3 Physikalische Ozeanographie in der Aufbauphase des Instituts für Meereskunde der DAW (1960-1972)**

Zur Überführung des Instituts für Meereskunde in die Deutsche Akademie der Wissenschaften im Jahre 1960 wurde eine Vereinbarung zwischen dem Ministerium für Nationale Verteidigung der DDR und der Akademie abgeschlossen, die eine Reihe von einschränkenden Bestimmungen bezüglich der Arbeitspläne, von Veröffentlichungen von Forschungsergebnissen aus dem Bereich der Ostsee und des Abschlusses von internationalen Vereinbarungen enthielt (BSHR 2). Insgesamt brachte sie jedoch einen positiven Schub in der Forschung, insbesondere für die ozeanographische

Grundlagenforschung, eine leichtere Gewinnung geeigneten Personals und eine weniger eingeschränkte Publikationstätigkeit, vor allem aber die Öffnung für eine nationale und internationale Zusammenarbeit.

In einer Anlage zur Vereinbarung wurden in allgemeiner Form die zu untersuchenden Themen der Grundlagenforschung fixiert (BSHR 3). Was die physikalische Ozeanographie betraf war das die Untersuchung der Strömungsverhältnisse, von Wasserstand, Gezeiten und Wellen, der thermohalinen, optischen und akustischen Eigenschaften in verschiedenen Seegebieten sowie erdmagnetische Untersuchungen.

Nach der Übernahme des Instituts für Meereskunde in die DAW und die neuen Aufgaben wurde das wissenschaftliche Personal deutlich aufgestockt. Zwischen 1961 und 1964 begannen neun Wissenschaftler, vorrangig Meteorologen und Physiker, ihre Tätigkeit (s. Tabelle).

Die Arbeiten zu Problemen der physikalischen Ozeanographie wurden anfangs in den Abteilungen „Dynamik des Meeres“, ab 1966 „Physikalisch-dynamische AG“ (Leitung jeweils R. HELM), „Physik der Struktur des Meeres“ (Leitung G. WOLF), ab 1966 AG „Angewandte Forschung“ (Leitung R. SCHEMAINDA) und „Gezeiten, Nautisches Jahrbuch und Erdmagnetismus“, ab 1966 „Gezeiten und Nautische Ozeanographie“ (Leitung jeweils G. SAGER) durchgeführt.

Das IfM konnte seine internationale, teilweise arbeitsteilige Zusammenarbeit in der Ostsee intensivieren (MATTHÄUS, 2008). Grundlage war die 1957 gegründete Konferenz der Ostsee-Ozeanographen (CBO), die als nichtstaatliche Organisation über die politischen Grenzen hinweg als wissenschaftliches Forum der Ozeanographen der Ostsee-Anrainerstaaten für die Diskussion aller ozeanographischen Probleme von gemeinsamem Interesse diente (MATTHÄUS, 1987a).

Die internationale Zusammenarbeit begann mit der Mitarbeit in der nichtstaatlichen Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG), bei der die DAW bereits 1957 jeweils eine halbe Stimme zusammen mit den westdeutschen Akademien erhalten hatte. In der Internationalen Assoziation für Physikalische Ozeanwissenschaften (IAPSO), einer Unterorganisation der IUGG, arbeiteten KLAUS VOIGT und später KLAUS STRIGGOW als Nationalreporter der DDR.

Auf nationaler Ebene konstituierte sich im Jahre 1962 das „Nationalkomitee für Geodäsie und Geophysik der DDR bei der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin“ (NKG), wobei zunächst BRUNS später VOIGT die Fachgruppe „Physikalische Ozeanographie“ leitete. Das NKG gab die Reihe „Geodätisch und Geophysikalische Veröffentlichungen“ heraus, in deren Reihe IV von den 44 erschienenen Heften (1966-1989) sich 37 mit ozeanographischen Forschungsergebnissen des IfM befassten.

Im Jahre 1964 begann die von BRUNS bei der DAW initiierte Mitarbeit im Wissenschaftlichen Komitee für Ozeanforschung (Scientific Committee on Oceanic Research; SCOR) des

Internationalen Rates Wissenschaftlicher Unionen (International Council of Scientific Unions; ICSU) als nichtstaatlicher Organisation (BROSIN, 1996). BRUNS und VOIGT wurden SCOR-Mitglieder. Die Mitarbeit im SCOR ermöglichte die bessere Planung und Abstimmung der Forschungen des IfM mit internationalen Unternehmungen. Im Jahre 1968 wurde VOIGT zum SCOR-Sekretär und 1972 zu einem der Vizepräsidenten gewählt.

Die auf den „Lomonossov“-Expeditionen gesammelten Erfahrungen, vor allem aber die erste selbständige Expedition des IfM in den Atlantischen Ozean im Jahre 1964 (MATTHÄUS, 2007a) war der Ausgangspunkt für die weitere Zusammenarbeit im Rahmen internationaler ozeanographischer Programme.

Schwerpunkt blieb neben der meeresgeologischen Forschung die physikalische Ozeanographie. In der erwähnten Vereinbarung wurden auch die Themen der Grundlagenforschung festgelegt (BSHR 3).

#### **2.4 Entwicklung der Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie im Institut für Meereskunde der Akademie der Wissenschaften der DDR (1972-1991)**

Mit der diplomatischen Anerkennung der DDR ab Anfang der 1970er Jahre und dem Beitritt der beiden deutschen Staaten zu den Vereinten Nationen (UNO) erfolgte auch der Beitritt der DDR zur Zwischenstaatlichen Ozeanographischen Kommission (IOC) der UNESCO im Jahre 1973 und zum Internationalen Rat für Meeresforschung (ICES) im Jahre 1975. Dadurch erhielten die ozeanographischen Forschungen des Instituts im Atlantischen Ozean neuen Auftrieb. Hinzu kam eine nochmalige Erweiterung des wissenschaftlichen Personalbestandes bis Mitte der 1970er Jahre, wobei für Arbeiten auf dem Gebiet der physikalischen Ozeanographie sieben Hochschulabsolventen – meist Physiker – eingestellt wurden (s. auch Tabelle).

In Auswirkung der Akademiereform zwischen 1968 und 1972 war die Struktur des IfM bereits in zwei wissenschaftliche Bereiche umgebaut worden: Bereich I (Physikalische Ozeanographie der Ostsee; Leitung K. VOIGT) und Bereich II (Ozeanographische Vorläufforschung zur Erschließung mariner Eiweißträger; Leitung R. SCHEMAINDA). Der Bereich II hatte eine AG Physik (Leitung G. WOLF), die sich vorrangig der dynamischen Prozesse in den Kaltwasserauftriebsgebieten widmete. Diese Institutsstruktur bestand im Wesentlichen bis Ende 1991.

Neben der Mitarbeit zahlreicher Ozeanographen des IfM in SCOR-Arbeitsgruppen begann die Teilnahme an den unter der Schirmherrschaft der IOC ausgerichteten internationalen Forschungsprogrammen wie GATE 1974 und FGGE 1979.

In Übereinstimmung mit internationalen Planungen wurden zur Erkundung und Erschließung neuer Fanggebiete Forschungsarbeiten in ozeanischen Kaltwasserauftriebsgebieten vor Nordwest- und Südwestafrika aufgenommen. Neben der Erforschung der chemisch-



biologischen Stoffkreisläufe wurden Untersuchungen zur Auftriebsdynamik zu einem der Schwerpunkte der Arbeiten.

Anfang der 1980er Jahre begannen Untersuchungen der Auftriebsprozesse im Nordteil des Mozambique-Kanals und ihre Auswirkungen auf die Nährstoffbedingungen und Bioproduktivität sowie der Einfluss der Bodentopographie auf das Massen- und Stromfeld. Der Bestand an wissenschaftlichem Personal zur Erforschung der dynamischen Vorgänge im Meer wurde um weitere vier Stellen aufgestockt. Neben der ozeanischen Forschung wurden physikalisch-ozeanographische Untersuchungen in der Ostsee im Interesse der oder mit Unterstützung durch die Volksmarine weitergeführt (MATTHÄUS, 2020).

In Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis Philosophie – Naturwissenschaften der Universität Rostock wurden auch philosophische Aspekte der Physikalischen Ozeanographie betrachtet (z.B. STRIGGOW, 1973).

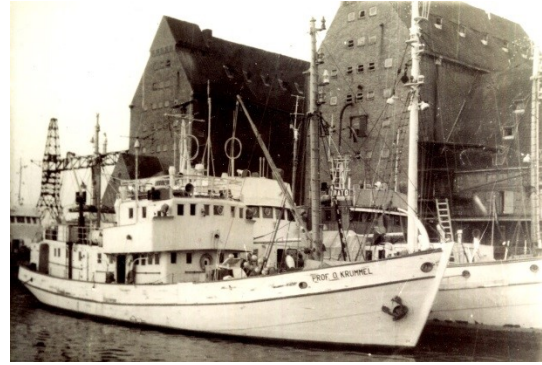
### **3. Die messtechnischen Voraussetzungen**

Voraussetzungen für Arbeiten auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie waren Forschungsschiffe (Abb. 2) sowie geeignete ozeanographische Messgeräte und Rechentechnik.

Während in den 1950er Jahren hauptsächlich das Vermessungsschiff (VS) „Joh. L. Krüger“ (ab 1951) und der Forschungskutter (FK) „Magnetologe“ (ab 1953) des Seehydrographischen Dienstes für die ozeanographischen Untersuchungen im Einsatz waren, waren es im Institut für Meereskunde der DAW der 1961 in „Professor Otto Krümmel“ umbenannte FK



Forschungsschiff „Joh. L. Krüger“ (ab 1961 „Professor Albrecht Penck“) (1951-2010 im Einsatz).



Forschungskutter „Magnetologe“ (ab 1961 „Professor Otto Krümmel“) (1953-1970 im Einsatz für das HMI/IfM).



Forschungsschiff „A. v. Humboldt“ (1970-2004 im Einsatz)..

*Abb. 2: Forschungsschiffe des Hydro-Meteorologischen Instituts (HMI) bzw. des Instituts für Meereskunde (IfM) Warnemünde (Fotos: IOW-Bildarchiv).*

*Fig. 2: Research vessels of the Hydro-Meteorological Institute (HMI) and the Institute of Marine Research (IfM) Warnemünde (Photos: IOW photo archive).*

„Magnetologe“ (bis 1970), das 1961 in „Professor Albrecht Penck“ umbenannte VS „Joh. L. Krüger“ (bis 2010 im Einsatz) und ab 1970 das vom VEB Geophysik Leipzig übernommene und in FS „A. v. Humboldt“ umbenannte ehemalige seegeophysikalische Forschungsschiff „Georgius Agricola“ (bis 2004 im Einsatz).

Eine wesentliche Unterstützung der Forschungsarbeiten erfolgte durch das Engagement der Kapitäne der Forschungsschiffe (Abb. 3). Das waren vor allem WILHELM ALM (1896 – 1961) und WERNER HEIDRICH auf FK „Magnetologe“ bzw. „Professor Otto Krümmel“, GÜNTER HARMS (\*1927) und OTFRIED ALBRECHT (1941 – 2011) auf FS „Joh. L. Krüger“ bzw. „Professor Albrecht Penck“ und GERHARD HERZIG (1944 – 2019) auf FS „A. v. Humboldt“.

**FK „Magnetologe“/FS „Professor Otto Krümmel“**



1954-1959: WILHELM ALM (1896 – 1961) ab 1959: WERNER HEIDRICH

**VS „Joh. L. Krüger“ / FS „Professor Albrecht Penck“**

1951/52: BENITZ

1952-1956: S. WERNEBURG



1958-1981: GÜNTER HARMS (\*1927)

1981-2002: OTFRIED ALBRECHT (1941 – 2011)

**FS „A. v. Humboldt“**



1970-2004: GERHARD HERZIG (1944 – 2019)

*Abb. 3: Kapitäne der Forschungsschiffe des HMI bzw. IfM „Magnetologe“/„Prof. Otto Krümmel“, „Joh. L. Krüger“ / „Professor Albrecht Penck“ und „A. v. Humboldt“ zwischen 1950 und 1991 (Fotos: IOW-Bildarchiv/K. WOITGE).*

*Fig. 3: Masters of the research vessels of the HMI and IfM „Magnetologe“/„Prof. Otto Krümmel“, „Joh. L. Krüger“ / „Professor Albrecht Penck“ and „A. v. Humboldt“ between 1950 and 1991 (Photos: IOW photo archive/K. WOITGE).*

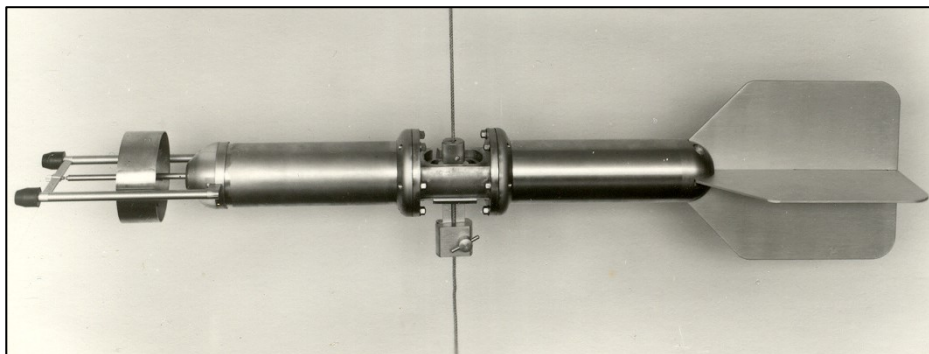
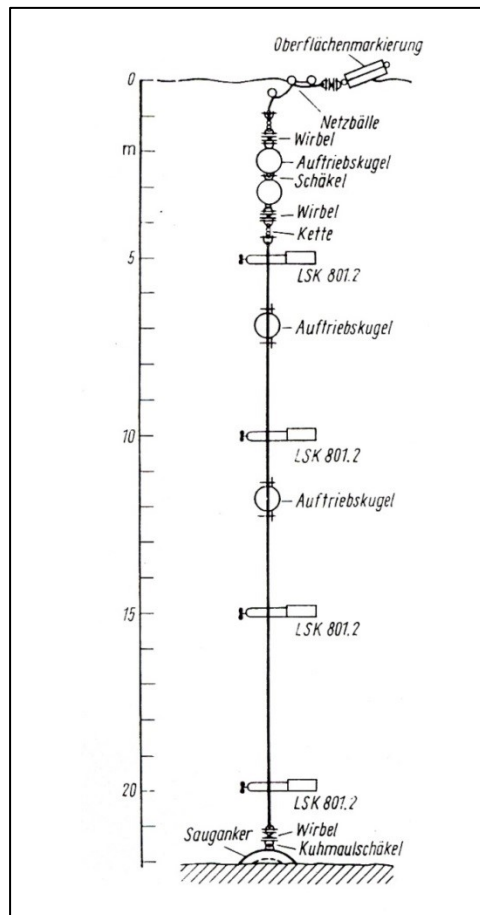
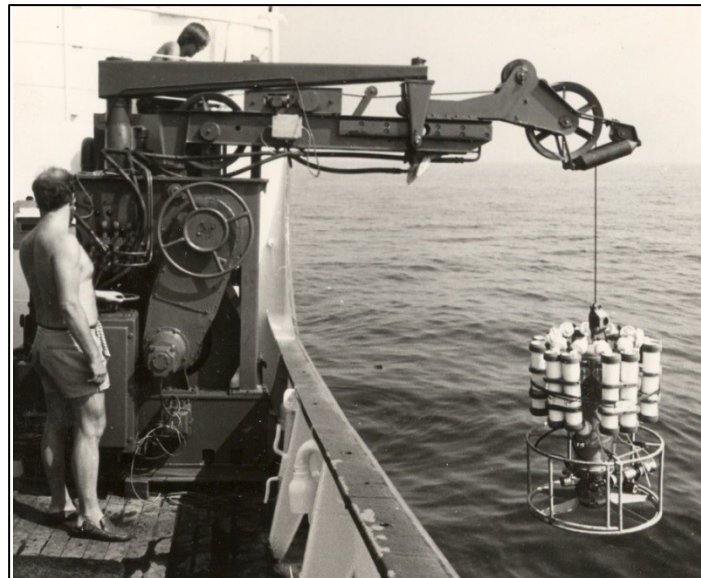
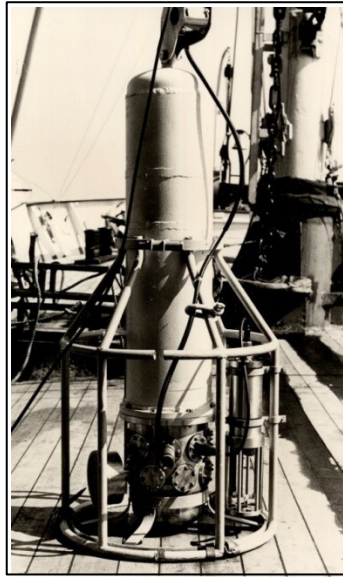


Abb. 4: Bojensystem des IfM für Flachwassergebiete, entwickelt von GÜNTER MÜLLER (oben; aus MÜLLER, 1974), und der Serienströmungsmesser LSK 801 (Foto: IOW-Bildarchiv).

Fig. 4: IfM buoy system used for shallow sea areas and designed by GÜNTER MÜLLER (above; from MÜLLER, 1974) and the mechanic current meter LSK 801 (Photo: IOW photo archive).



*Abb. 5: Die im IfM entwickelten CTD-Sonden: Bathysonde BS 63 (oben) und die Ozeanologische Messkette OM 75 mit Wasserschöpferkranz an der legendären Winde auf FS „Professor Albrecht Penck“ (Fotos: IOW-Bildarchiv).*

*Fig. 5: CTD probes designed by the IfM: Bathysonde BS 63 (above) and Oceanological Measuring System OM 75 with 12 rosette water samplers and the legendary winch aboard r/v “Professor Albrecht Penck” (Photo: IOW photo archive).*

Die Mitte der 1950er Jahre begonnene und bis in die 1990er Jahre fortgesetzte Entwicklung meeresphysikalischer Messtechnik, um die sich FRIEDRICH MÖCKEL (s. MATTHÄUS, 2016) sehr verdient gemacht hat, ist bereits detailliert beschrieben worden (MATTHÄUS, 2009, 2012; MATTHÄUS et al., 2017), so dass hier auf eine Darstellung verzichtet werden kann. Hervorgehoben werden sollen lediglich das im IfM entwickelte Bojensystem für Schelfgebiete (Abb. 4, oben) (MÜLLER, 1974, 1980; FRANCKE, 1982, 1983), die entwickelten CTD-Sonden vom Typ BS 63, OM 75 und OM 87 (Abb. 5) (MÖCKEL, 1980) und das Standard-Strömungsmessgerät vom Typ LSK 801 (Abb. 4, unten) (FRANCKE et al., 1980), die die wesentliche Grundlage für die Forschungen auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie bildeten. Sowohl die CTD-Sonde OM 87 (STRIGGOW, 1989) als auch der Strömungsmesser LSK (UNESCO, 1974, 1975; FRANCKE et al., 1977; GOULD & ZENK, 2020) schnitten im Vergleich mit international eingesetzten, kommerziell entwickelten Geräten verhältnismäßig gut ab.

Die Entwicklung der Rechentechnik im IfM hat BÖHL (1983) beschrieben. Nicht zuletzt durch die Zugehörigkeit zu den Seestreitkräften (1950-1959) und später durch Arbeiten für die Volksmarine (1960-1991) war das Institut im Vergleich zu anderen Instituten der Akademie relativ gut mit den in der DDR verfügbaren, seinerzeit für den Ostblock modernen Rechentechnik ausgestattet.

## **4. Forschungen auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie**

### **4.1 Methodische Untersuchungen**

Im Institut für Meereskunde wurde eine Reihe von Untersuchungen von ausgewählten Methoden zur Anwendung in der ozeanographischen Forschung durchgeführt. Anfang der 1970er Jahre wurden verschiedene Methoden zur Berechnung von Jahresgängen ozeanographischer Größen verglichen und Empfehlungen für die praktische Anwendung bei zeitlich äquidistantem und nicht äquidistantem Datenmaterial gegeben (MATTHÄUS, 1971a; MATTHÄUS et al., 1974; Franck & MATTHÄUS, 1974). SAGER untersuchte Methoden zur Mittelwertbildung von ozeanographischen Daten (SAGER, 1965a, 1971a, 1971b, 1976a). Von ihm gibt es auch zahlreiche Untersuchungen zu methodischen Fragen beim Entwurf von Karten der Elemente des Tidenhubs und der Gezeitenströme (SAGER, 1974a, 1975b, 1975c, 1977).

Es wurden empirische Gleichungen zur Bestimmung der dynamischen Viskosität (MATTHÄUS, 1970a, 1970b, 1972a), der Schallabsorption (MATTHÄUS, 1971b), der akustischen Impedanz (MATTHÄUS, 1971c) sowie des Brechungsindex des Meerwassers (MATTHÄUS, 1974) aus Temperatur, Salzgehalt und Druck bzw. Wellenlänge des Lichtes entwickelt, um diese Größen auch mithilfe von Computern berechnen zu können. FRANCK & SAGER (1974) versuchten die Beziehung zwischen internen Schwingungsvorgängen und unterschiedlichen vertikalen Temperaturschwankungen im Meer zu klären.

LASS befasste sich mit der dynamischen Methode bei zeitlich veränderlichem Massenaufbau im Ozean (LASS, 1972) und untersuchte die Vergleichbarkeit von Theorie und Beobachtung der winderzeugten Strömung im Meer (LASS, 1973, 1976). Später wandte er sich der Genauigkeit bei der Darstellung ozeanographischer Größen in Form von Schnitten und Dauerstationen zu (LASS, 1978). LASS & FENNEL (1980) führten einen neuen Operator zur Filterung bestimmter Frequenzbereiche ozeanographischer Felder ein und diskutierten seine Eigenschaften.

Mit der Entwicklung von CTD-Sonden im Institut in den 1970er und 1980er Jahren (MATTHÄUS, 2009, 2016) wurden auch Methoden und Programme zur automatischen Erkennung und Korrektur von Messfehlern in ozeanographischen Vertikalprofilen entwickelt (LASS, WULFF & SCHWABE, 1983). Eine Methode zur experimentellen Bestimmung mesoskaler Stromlinienmuster (FENNEL & KAYSER, 1983) kam zur Untersuchung von Strömungsmustern in der westlichen Ostsee und im Arkonabecken zur Anwendung (MATTHÄUS et al., 1986; MATTHÄUS & SAMMLER, 1990). STRIGGOW befasste sich mit der Definition der Dichte des Meerwassers und Unklarheiten bei der Anwendung in der Meeresforschung (STRIGGOW, 1983b). HAGEN entwickelte Grundlagen für die Einschätzung der Tiefenlage der lokalen Windmischungsschicht (IOW 1988,1).

Als Grundlage für den Aufbau numerischer Modelle der Ostsee wurde Anfang der 1990er Jahre eine Reliefkarte der Ostsee entworfen (Abb. 6) (SEIFERT & KAYSER, 1995), bei der die Daten des hochaufgelösten Teils zwischen Lübecker Bucht und Bornholm zum Teil auf Spezialkarten der Abt. Meeresgrund des IfM zurückgehen (MATTHÄUS, 2020).

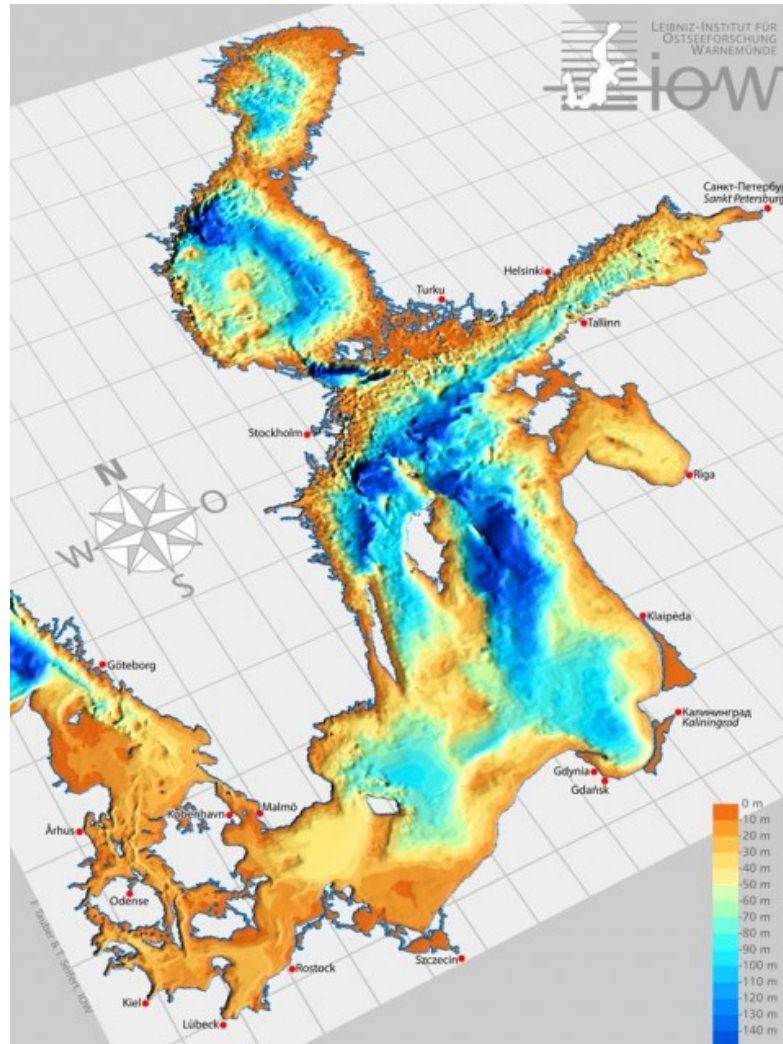


Abb. 6: Topographie der Ostsee (nach SEIFERT & KAYSER, 1995; Foto: IOW).

Fig. 6: Topography of the Baltic Sea (after SEIFERT & KAYSER, 1995; Photo: IOW).

## 4.2 Arbeiten zur Physikalischen Ozeanographie der Ostsee

### Erdmagnetismus

In den 1950er wurden von der Arbeitsgruppe „Erdmagnetische Messungen“ bzw. Anfang der 1960er Jahre vom IfM in der mittleren und westlichen Ostsee Untersuchungen des erdmagnetischen Feldes vorgenommen. Dazu wurde 1953 u. a. der hölzerne Forschungskutter „Magnetologe“ (s. Abb. 2) in Dienst gestellt, auf dem sich aber die magnetischen Verhältnisse als ungünstig erwiesen (ZIMMERMANN, 1956a).

In den Jahren 1951 bis 1955 wurden die magnetische Deklination und die Horizontalintensität im Küstenbereich (ZIMMERMANN, 1956b) und auf der westlichen Ostsee (ZIMMERMANN, 1956a; IOW 1955,2; IOW 1965) ermittelt. In dem Zusammenhang wurden auch



Karten der Isanomalen und Isodynamen der Horizontalintensität (Abb. 7) und der Missweisung des erdmagnetischen Feldes auf der westlichen Ostsee entworfen. Dabei zeigten sich deutliche Störungen auf Rügen sowie im zentralen Arkonabecken.

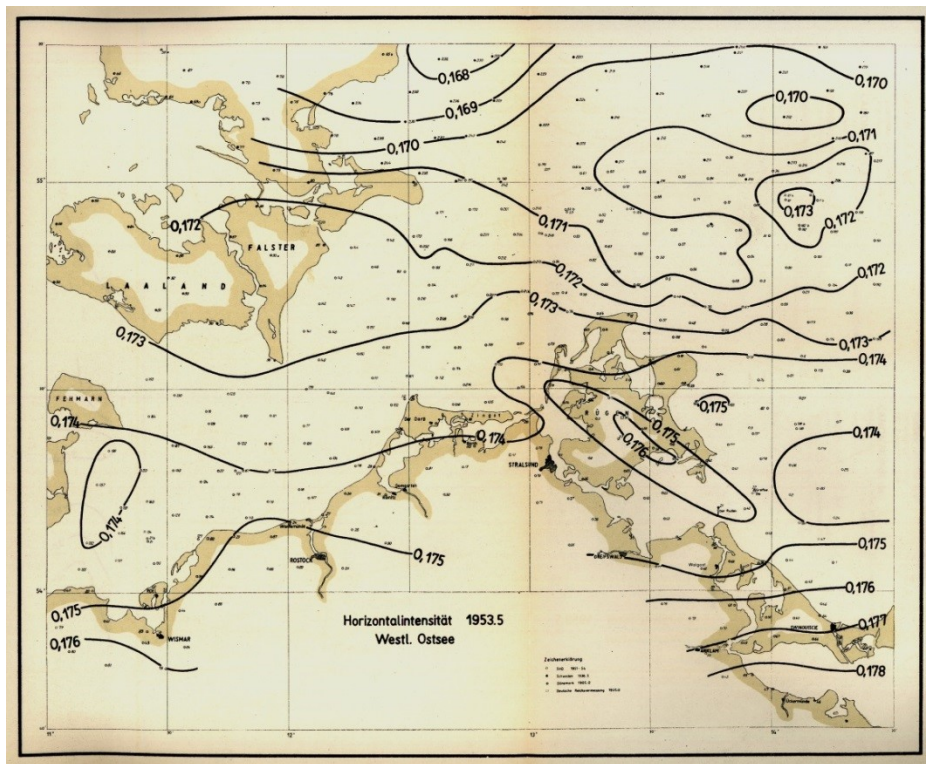


Abb. 7: Karte der Horizontalintensität des erdmagnetischen Feldes auf der westlichen Ostsee, aufgenommen zwischen 1951 und 1954 (aus ZIMMERMANN, 1956a).

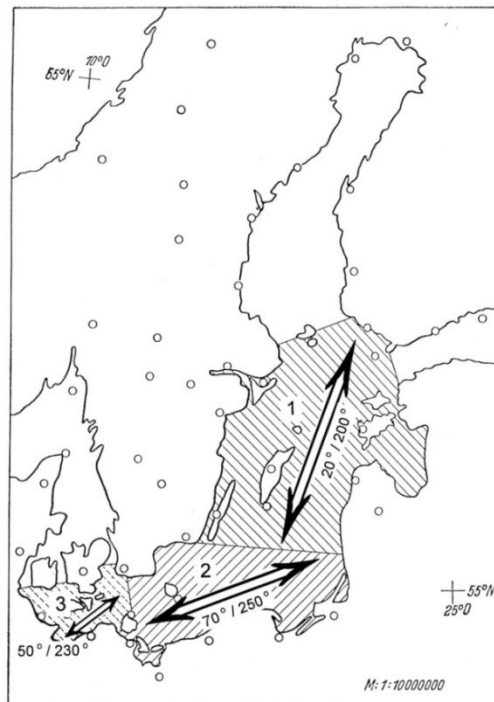
Fig. 7: Map of the horizontal intensity of the geomagnetic field of the western Baltic Sea measured between 1951 and 1954 (from ZIMMERMANN, 1956a).

Anfang der 1960er Jahre wurden mit einem im Auftrag des Instituts entwickelten Seemagnetographen weitere Messungen in der Ostsee durchgeführt (TILL, 1961). Die Untersuchungen kamen aber nicht über die Erprobungsphase des Gerätes hinaus, so dass keine Resultate vorliegen. Die erdmagnetischen Untersuchungen wurden nach 1965 nicht weiter verfolgt sondern sollten im Erdmagnetischen Observatorium Niemeck des Geomagnetischen Instituts der DAW in Potsdam weitergeführt werden.

### Wasserstand und Wasserstandsmessgeräte

Forschungen zur Wasserstandsvorhersage sind lediglich in den 1950er Jahren im Ostsee-Observatorium durchgeführt worden. MIEHLKE und SAGER befassten sich mit den Grundlagen der Wasserstandsvorhersage für die Küste Mecklenburg-Vorpommerns (IOW 1953,1). Sie entwickelten 1955/56 eine empirische Vorhersagemethode für Warnemünde (SAGER & MIEHLKE, 1956; MIEHLKE, 1956a), die auch die Windverhältnisse in der zentralen Ostsee

berücksichtigte und die heute zu den allgemeinen Grundlagen für die Wasserstandsvorhersage an der deutschen Ostseeküste gehört (Abb. 8). VOIGT hat die Methode später auf weitere Orte an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns übertragen (VOIGT, 1962). MIEHLKE hatte sich auch mit der Frage beschäftigt, was ein Schreibpegel wirklich registriert (MIEHLKE, 1956b), sowie mit den Höhennullpunkten der Pegel (MIEHLKE, 1959) und mit Verlauf an und Auswirkungen von Sturmfluten auf die mecklenburgische Küste (MIEHLKE, 1956a; ROGGE & MIEHLKE, 1957).



*Abb. 8: Einteilung der Ostsee in drei Wirkungsräume mit den Hauptwirkungslinien des Windes auf die Wasserstände an der Küste Mecklenburg-Vorpommern (aus SAGER & MIEHLKE, 1956, modifiziert).*

*Fig. 8: Division of the Baltic Sea into three domains representing the main direction of wind impact on the sea level of the coast of Mecklenburg-Vorpommern (from SAGER & MIEHLKE, 1956, modified).*

Mit dem Wechsel von MIEHLKE im Jahre 1957 zunächst zum Kommando der Volksmarine und 1965 zur Wasserwirtschaftsdirection Küste-Warnow-Peene wurden auch die Forschungen zu den Wasserstandverhältnissen an der Küste der DDR dorthin verlagert.

Schon im Ostsee-Observatorium befasste sich SAGER mit den Eigenschaften von Messgeräten für den Wasserstand, den Pegeln (SAGER, 1956a, 1958). 1961 promovierte er mit einer Arbeit über den Einfluss periodischer Wasserstandsstörungen auf Registrierpegel (SAGER, 1961a). Später untersuchte er, teilweise zusammen mit MATTHÄUS, die Auswirkungen periodischer (SAGER & MATTHÄUS, 1967; SAGER et al., 1968) und nichtperiodischer Wasserstandsänderungen (SAGER & MATTHÄUS, 1970) auf Pegel mit normaler und poröser

Durchflussöffnung (MATTHÄUS, 1967a; MATTHÄUS & SAGER, 1968/1969). Mit umfangreichen experimentellen Untersuchungen zur Ermittlung von Durchflusskoeffizienten bei Rohrpegelanlagen fanden die Untersuchungen zu Pegelanlagen im Institut für Meereskunde im Wesentlichen ihren Abschluss (MATTHÄUS, 1969a).

Anfang der 1970er Jahre hat SAGER Windwirkklängen (fetch) in der Nord- (SAGER, 1970) und Ostsee (SAGER, 1972a) bestimmt, die für den Windstau an den Küsten von Bedeutung sind. Er hat den Fetch für 24 Windrichtungen berechnet und für die beiden Seegebiete in Eingradfeldern auf Karten dargestellt. Darüber hinaus hat er sich mit den Windwirkwegen von geradlinig unbeschleunigt wandernden Zyklonen befasst (SAGER, 1971c).

### Untersuchungen zum Meereis

Im Ostsee-Observatorium bzw. im Institut für Meereskunde wurden keine intensiven Forschungen zum Meereis betrieben. Die Studien beschränkten sich im Wesentlichen auf die Analyse der Eiswinter und die Vorhersage der Vereisung an den Küsten der südlichen und mittleren Ostsee.



*Abb. 9: Blick auf die mit Treibeis bedeckte Warnemünder Ostbucht im März 1956, aufgenommen vom Dienstgebäude des SHD in Warnemünde (s. auch v. PETERSSON, 1956c) (Fotos: W. MATTHÄUS).*

*Fig. 9: The eastern Warnemünde Bight covered by drift ice in March 1956. Photo taken from the roof of the SHD-building in Warnemünde (cf. also v. PETERSSON, 1956c) (Photos: W. MATTHÄUS).*

Bereits 1949 hatte sich BRUNS mit dem Meereis beschäftigt (IOW 1949). Von PETERSSON untersuchte die Bildung und Vorhersage der Vereisung an den Küsten der südlichen und mittleren Ostsee anhand von Vereisungswetterlagen (v. PETERSSON, 1954, 1956a, 1956b, 1956c; IOW 1956,3). Später befassten sich KOLP (1954), ERMENTRAUT (IOW 1956,4) und VOIGT (IOW 1956,5; IOW 1957,1) mit den Eiswintern in den Jahren 1952-1957 sowohl an der DDR-

Küste (Abb. 9) als auch in der mittleren Ostsee. Darüber hinaus wurden im Winter 1956/57 Eisbeobachtungen und Eiserkundungsfahrten im Greifswalder Bodden und dem vorgelagerten Seegebiet durchgeführt (IOW 1957,2; IOW 1957,3).

In den 1960er Jahren gab es nur noch sporadische Arbeiten zur Eisbildung vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns. VOIGT beobachtete den Eiswinter 1962/63 vor der Küste der DDR und gab eine Übersicht über Probleme der Vereisung der Küstengewässer (VOIGT, 1967). STURM untersuchte die Auswirkungen des horizontalen Wärmetransportes durch den Fehmarnbelt auf die Eisverhältnisse in der südlichen Ostsee (STURM, 1971b). Im Rahmen des Themas „Erforschung der für die Bildung und Auflösung des Meereises in der Ostsee verantwortlichen Vorgänge als Grundlage für die Methode der Eisvorhersage“ wurden von VOIGT und STURM Formeln und Diagramme zur Prognose der Prozesse der Eisbildung zusammengestellt (s. BRUNS, 1970, S. 89/90). Im Jahre 1972 wurde im Zuge der im IfM aufzubauenden ozeanographischen Anwendungen von Satellitenbeobachtungen eine Arbeit über die Eisverhältnisse in der Ostsee anhand von meteorologischen Satelliten publiziert (BROSIN & NEUMEISTER, 1972); die Thematik wurde aber bezüglich der Eisuntersuchungen auch nicht weiterverfolgt.

### **Programme zur Überwachung der Ostsee**

Das Monitoring gehörte von Anfang an zu den Aufgaben der Warnemünder Ostseeforschung (s. auch MATTHÄUS et al., 2008; MATTHÄUS, 2015a). Die erste kleine Messfahrt vor Warnemünde fand bereits Anfang September 1950 statt (IOW 1950,2) und Mitte September wurde der erste ozeanographische Schnitt gefahren (IOW 1950,3). Neben meteorologischen Größen wurden Wassertemperatur und Salzgehalt aber auch die Strömung an den Ansteuerungstonnen 1 bis 7 vor Warnemünde bestimmt. Darüber hinaus erfolgten bereits Anfang der 1950er Jahre ozeanographische Untersuchungen in ausgewählten Seegebieten der Küste und der inneren Küstengewässer der DDR wie z. B. um Rügen (Greifswalder Bodden, Tromper Wiek) (IOW 1951,3; IOW 1951,4; IOW 1956,6; IOW 1958,2; IOW 1958,3).

Später kamen die so genannten Dekadenfahrten (bis 1959) hinzu, auf denen Messungen der wichtigsten meteorologischen und ozeanographischen Größen nach Möglichkeit in 10-tägigem Abstand ab Oktober 1951 von Warnemünde (IOW 1960) und ab Mitte 1952 von Sassnitz aus (IOW 1956,2) durchgeführt wurden. Die Messungen waren auf die Schifffahrtsrouten beschränkt, da die Gebiete außerhalb der von Minen geräumten Zwangswege erhebliche Gefahren bargen.

Zum Jahreswechsel 1951/52 wurde die erste ozeanographische Messfahrt zwischen der Wismar-Bucht und dem Arkonabecken durchgeführt und die erste Terminfahrt fand im Februar 1952 statt. Ab 1954/55 fanden regelmäßige Terminfahrten bis in die Gotlandsee statt und ab 1957 gab es reguläre Terminfahrten nach Empfehlungen der CBO (s. auch SCHRÖDER, 1988). Einzelne Untersuchungsfahrten mit Längsschnitten durch die Ostsee ergänzten das reguläre Monitoringprogramm (z.B. HUPFER, 1961).

Mit dem Übergang des IfM in die Akademie im Jahre 1960 begann für das Institut die internationale Kooperation bezüglich der Monitoringfahrten mit den Höhepunkten zur Synoptischen Aufnahme der Ostsee im August 1964 und dem Internationalen Ostseejahr 1969/70. Ab 1971 führte das IfM jeweils eine Terminfahrt pro Jahreszeit mit zeitweise bis zu 115 Messstationen und eine Fahrt zusätzlich im Frühjahr im Rahmen internationaler Vereinbarungen teilweise bis in den Finnischen Meerbusen durch (Abb. 10). Ab 1979 beteiligte sich das IfM mit fünf saisonalen Monitoring Untersuchungen am Baltic Monitoring Programmes der HELCOM,

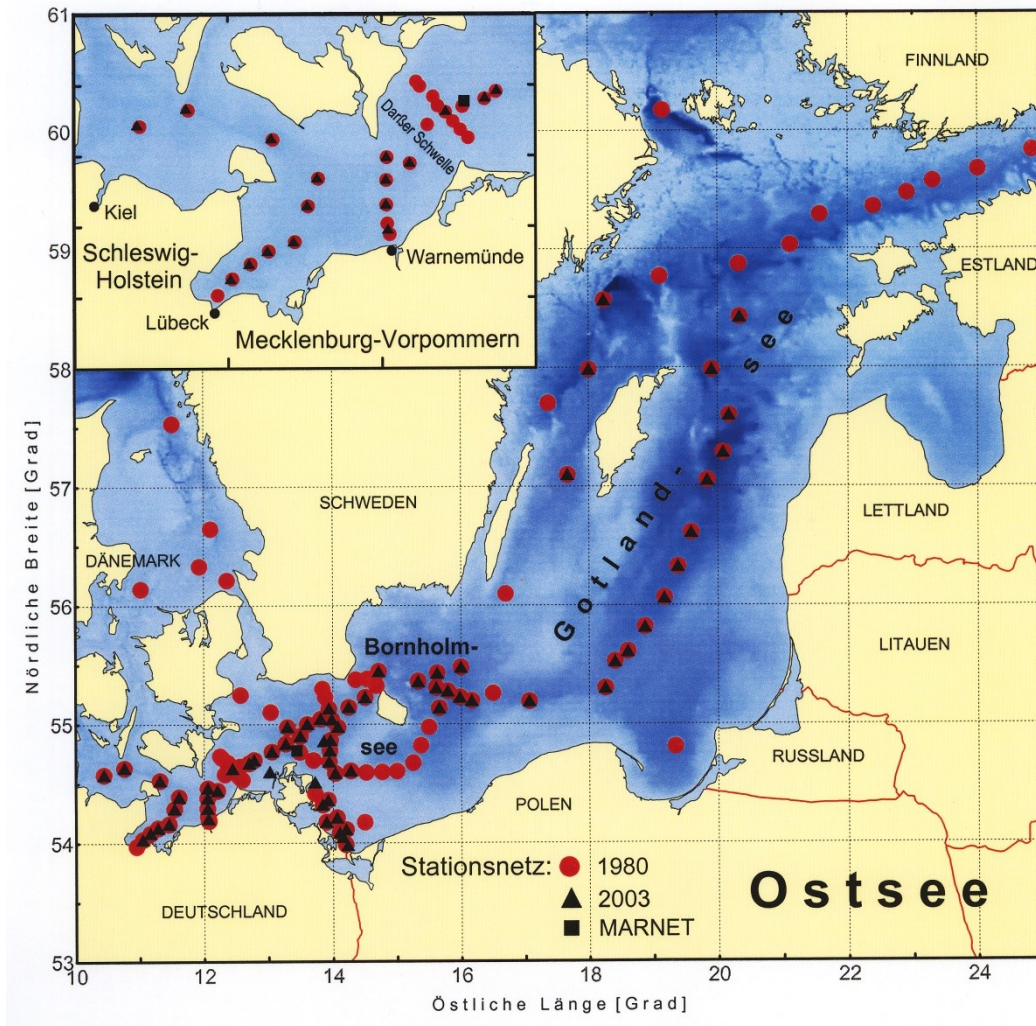


Abb. 10: Monitoringprogramm des Instituts für Meereskunde im Jahre 1980 (rote Punkte) verglichen mit dem IOW-Messprogramm im Jahre 2003 (schwarze Dreiecke) (aus MATTHÄUS, 2004/2005).

Fig. 10: Monitoring programme of the Institute of Marine Research in 1980 (red dots) compared to the IOW monitoring program in 2003 (black triangles) (from MATTHÄUS, 2004/2005).

publizierte die Ergebnisse der Monitoringfahrten aber bereits seit 1971 regelmäßig in ausführlichen Zustandseinschätzungen (NEHRING & FRANCKE, 1971-1988, 1981; NEHRING, 1990a, 1990b, 1991; NEHRING & MATTHÄUS, 1991/92). Es folgten Untersuchungen zur Signifikanz des Langzeit-Monitorings (MATTHÄUS, 1985a, 1986a) sowie eine Übersicht über die historische Entwicklung des internationalen Ostsee-Observatoriumsprogramms unter besonderer Berücksichtigung des IfM-Beitrages (FRANCKE & REICHEL, 1983; FRANCKE & MATTHÄUS, 1984). Das IfM hat, auch was die physikalischen Aspekte betrifft, an vier Zustandseinschätzungen der Meeresumwelt der Ostsee durch die Helsinki Kommission federführend mitgearbeitet (HELCOM, 1981, 1987, 1990, 1996).

Besondere Aufmerksamkeit sowohl im Rahmen des Monitoringprogramms als auch bei speziellen Experimenten wurde dem Arkonabecken gewidmet. Untersuchungen seiner komplizierten Strömungsverhältnisse und komplexen thermohalinen Strukturen wurden u. a. von FRANCK (FRANCK, 1976; MATTHÄUS & FRANCK, 1979), MATTHÄUS (1986b, 1988) und SCHWABE (MATTHÄUS & SCHWABE, 1982; MATTHÄUS et al., 1986) durchgeführt.

In der zweiten Hälfte der 1980er Jahre wurde ein Monitoring auch in der Nordsee durchgeführt, das aber nach fünf Fahrten wieder beendet wurde (s. Abschnitt 4.3: NOWAP).

Eine Darstellung dessen, was das umfangreiche Datenmaterial des internationalen Ostseemonitorings in den Jahren von 1952 bis 2005 zur Erforschung der Ostsee beigetragen hat, haben FEISTEL, NAUSCH & WASMUND (2008) mithilfe von über 60 Autoren in einem umfangreichen Buch zusammengetragen.

### **Internationale Forschungsprogramme in der Ostsee**

An allen fünf internationalen ozeanographischen Unternehmungen zwischen 1964 und 1991 (DYBERN & FONSELIUS, 2001) haben physikalische Ozeanographen auf den Forschungsschiffen des IfM mit Messprogrammen und Auswertungen aktiv teilgenommen. An der physikalisch orientierten Synoptischen Aufnahme der Ostsee im April 1964 war das IfM federführend am Zustandekommen und der Durchführung beteiligt (MATTHÄUS, 2008) und mit den Forschungsschiffen „Professor Otto Krümmel“ und „Professor Albrecht Penck“ im Einsatz (MATTHÄUS & FRANCK, 1979). Hauptziel des Projektes, an dem 11 Forschungsschiffe beteiligt waren, war die Untersuchung der durch meteorologische Prozesse verursachten kurzzeitigen Variationen der dynamischen, physikalischen und chemischen Größen in der eigentlichen Ostsee.

Das hydrographisch-chemisch orientierte Internationale Ostseejahr 1969/70 (International **Baltic Year**, IBY) hatte das Ziel, den Wasseraustausch zwischen den Tiefenbecken der Ostsee zu untersuchen und insbesondere den Stagnationsmechanismus in den Tiefenbecken zu erforschen (FONSELIUS, 1971, 1978; NEHRING & FRANCKE, 1971, 1973). Das **Baltic Open Sea EXperiment** (BOSEX) im September 1977, an dem 11 Forschungsschiffe teilnahmen, war physikalisch ausgerichtet (KULLENBERG, 1984). Das Mehrschiff-Patchiness-

**EX**periment (PEX) mit 12 Forschungsschiffen im Juni 1986 hatte das Ziel, die kleinmaßstäblichen hydrographischen, chemischen und biologischen Strukturen und ihre Wechselwirkungen zu untersuchen (SCHULZ & MATTHÄUS, 1986; DYBERN & HANSEN, 1989; DYBERN, 1994; MATTHÄUS & GERTH, 1994). Das **SKAG**errak-**EX**periment (SKAGEX) in den Jahren 1990/91, an dem sich insgesamt 17 Forschungsschiffe aus 9 Ländern beteiligten, war auf die detaillierte Untersuchung der komplexen ozeanographischen Verhältnisse im Eingangsbereich zur Ostsee ausgerichtet (DYBERN et al., 1994).

### Untersuchungen zum Wärmehaushalt

Mit dem Eintritt von MANFRED STURM in das IfM im Jahre 1961 begannen Untersuchungen zum thermischen Regime der Ostsee, speziell im Bereich der südlichen Ostsee. Zunächst wurden die wichtigsten und in der Literatur am häufigsten verwendeten empirischen und halbempirischen Verfahren und Methoden zur Berechnung der Hauptkomponenten des Wärmehaushaltes der Meeresoberfläche zusammenfassend betrachtet. Es wurden die

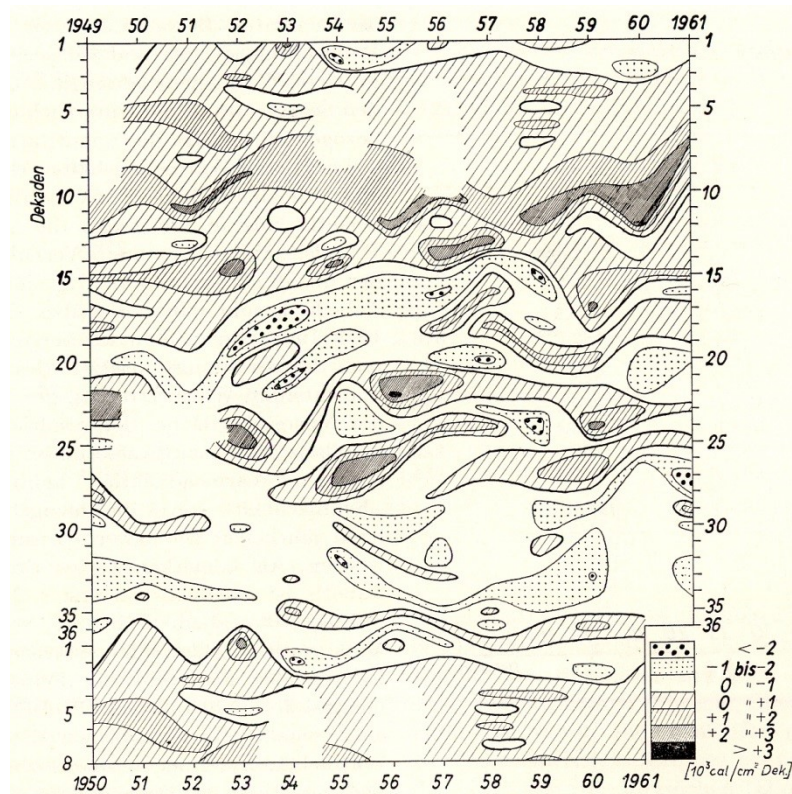


Abb. 11: Isoplethen der horizontalen Wärmeadvektion in  $10^3 \text{ cal/cm}^2 \text{ Dek.}$  (Dekadensummen) beim Feuerschiff „Fehmarnbelt“ im Zeitraum 1949-1961 (aus STURM, 1968).

Fig. 11: Isopleths of horizontal heat advection through the Fehmarnbelt in  $10^3 \text{ cal/cm}^2 \text{ Dek.}$  using observations of the lightship “Fehmarnbelt” for the period 1949-1961 (from STURM, 1968).

Verfahren genauer untersucht, die eine numerische Abschätzung der Wärmebilanz der Meeresoberfläche in ihrer zeitlichen Änderung auf der Basis von Beobachtungen an Küstenstationen sowie auf Schiffen und Feuerschiffen gestatten (STURM, 1963).

Anschließend wurde der Wärmetransport durch den Fehmarnbelt anhand von Beobachtungen am Feuerschiff „Fehmarnbelt“ in den Jahren 1932-1961 untersucht (Abb. 11 und 12) und gezeigt, dass die mittlere jährliche Wärmeadvektion durch den Fehmarnbelt in die Ostsee von erheblicher Bedeutung für den Wärmehaushalt des südlichen Ostseegebietes ist (STURM, 1968). Es zeigte sich ein deutlicher Jahrgang der Wärmeadvektion mit drei charakteristischen Perioden im Winter/Frühjahr (Februar-Mai), im Sommer (Juni-September) und im Herbst/Winter (Oktober-Januar). Es wurden die mittleren Jahrgänge der Hauptkomponenten der Wärmehaushaltsgleichung des Meeres im Übergangsgebiet zwischen Ost- und Nordsee im Zeitraum 1947 bis 1961 untersucht, die das Seegebiet als Übergangsregion zwischen ozeanischen und kontinentalen Wärmehaushaltsverhältnissen kennzeichnen (STURM, 1970a, 1970b).

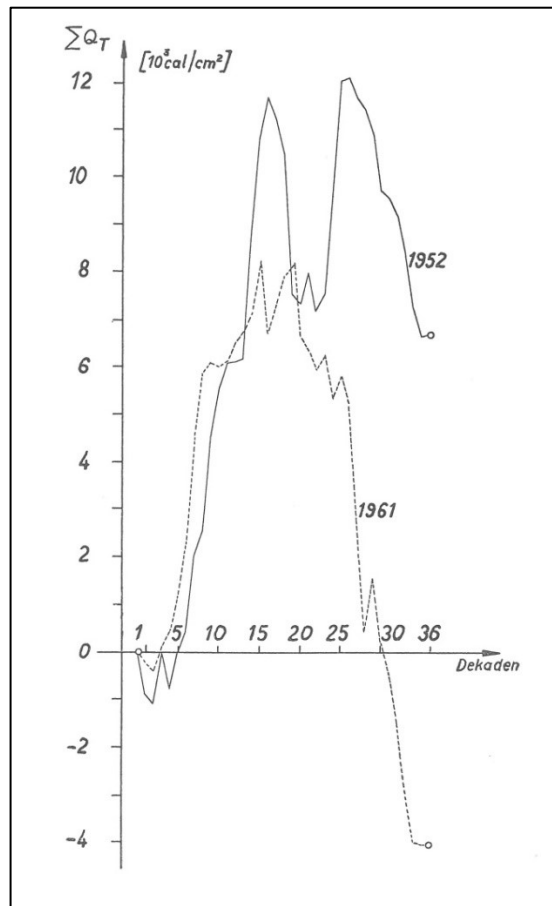


Abb. 12: Summenkurven der horizontalen Wärmeadvektion beim Feuerschiff „Fehmarnbelt“ in den Jahren 1952 und 1961 (aus STURM, 1968).

Fig. 12: Cumulative curves of the horizontal heat advection at the lightship „Fehmarnbelt“ in 1952 and 1961 (from STURM, 1968).



Für den Zeitraum 1952-1961 konnte ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Extremsituationen im Wärmehaushalt der südlichen Ostsee (Feuerschiff „Fehmarnbelt“) und charakteristischen Großwetterlagen anhand von Abschätzungen der Hauptkomponenten des Wärmehaushaltes des Meeres nachgewiesen werden (STURM, 1971a). Die Ergebnisse gestatteten eine Typisierung jener Großwetterlagen, unter deren Regime im Bereich der südlichen Ostsee mit dem Auftreten extremer Wärmehaushaltsverhältnisse zu rechnen ist. Es konnte auch nachgewiesen werden, dass die horizontale Wärmeadvektion (Abb. 11) eine maßgebliche Rolle bei der Eisbildung und Eisschmelze in den küstennahen Gewässern der westlichen Ostsee spielt (STURM, 1971b). Die advective Komponente der vollständigen Wärmehaushaltsgleichung kann in Zeitskalen von Stunden und Tagen bezüglich der zeitlichen Wärmeinhaltsänderung der Wassermasse sogar zum zeitweise dominierenden Faktor werden (IOW 1976,1).

Anhand der dargelegten Methodik wurde für die extremen thermischen Bedingungen im Oberflächenwasser des Bornholmbeckens im Sommer 1975 eine Abschätzung des Wärmehaushaltes an der Meeresoberfläche vorgenommen (MATTHÄUS et al., 1976). Später wurden im Rahmen mehrerer Feldexperimente (ADVEKTION I – IX) anhand eines Bojenfeldes in der Mecklenburger Bucht Untersuchungen zur raum-zeitlichen Variabilität der Wärmeadvektion durchgeführt (STURM & HELM, 1983). Das umfangreiche synoptische Messmaterial dieser Feldexperimente diente nachfolgenden Untersuchungen der Topographie von Geopotentialanomalien auch zum Nachweis von mesoskalen Wirbelstrukturen in der westlichen Ostsee (STURM et al., 1988; FENNEL & STURM, 1992).

### **Advektions- und Diffusionsexperimente (ADDI)**

Im Jahre 1968 wurde eine internationale Arbeitsgruppe für theoretische und experimentelle Untersuchungen über die Ausbreitung künstlicher Beimengungen im Meer innerhalb der Akademien der sozialistischen Länder ins Leben gerufen. Schon in seiner Diplomarbeit hatte GÜNTER MÜLLER, der 1969 seine Arbeit im IfM aufgenommen hatte, Methoden zur Ermittlung von Austausch und Diffusion im Meer bearbeitet (MÜLLER, 1966). Im August 1968 erfolgten erste Diffusionsexperimente mithilfe von Farbstofftracern (Rhodamin S) im Bereich der Insel Rügen (Abb. 13), die zur Bestimmung von horizontalen Diffusionskoeffizienten genutzt wurden (BROSIN, 1972; BROSIN et al., 1972). Das IfM fertigte 1969 eine grundlegende Studie zum Problem der Diffusion und der horizontalen und vertikalen Ausbreitung und Verdriftung natürlicher und künstlicher Beimengungen unter den Bedingungen der Ostsee an (IOW 1969,1), woraus die speziellen Aufgaben für das IfM abgeleitet wurden.

Im Rahmen der internationalen Arbeitsgruppe wurden in den Jahren 1968 bis 1970 gemeinsame Experimente zur Erforschung der Diffusions- und Vermischungsprozesse in der Ostsee durchgeführt (vgl. VOIGT, 1972). Im Jahre 1970 fanden in den Gewässern um Rügen weitere Untersuchungen zur mittelmaßstäblichen horizontalen Diffusion mit Driftbojen statt (BROSIN, 1974a). Die Untersuchungen wurden auch auf küsten- und ufernahe Bereiche ausgedehnt (BROSIN, 1974c, 1976; BROSIN et al., 1977a; KREMSER et al., 1979). In küstennahen

Gewässern wurde die Abhängigkeit der horizontalen Diffusionskoeffizienten vom Maßstab des jeweiligen Vorgangs untersucht (IOW 1975,1) und festgestellt, dass die Diffusionskoeffizienten mit anwachsendem Küstenabstand und Erscheinungsmaßstab zunehmen (BROSIN, 1976). Eine Übersicht über die bis Mitte der 1970er Jahre durchgeführten Untersuchungen liegt von BROSIN et al. (1977b) vor.

Über die Fortschritte der Arbeiten zur Diffusion sowie zur horizontalen und vertikalen Ausbreitung und Verdriftung künstlicher Beimengungen im Meerwasser gibt es diverse Fortschrittsberichte im IOW-Archiv (IOW 1975,2; IOW 1976,1; IOW 1976,2; IOW 1977,1; IOW 1978,1). Dort befindet sich auch eine Materialsammlung der Advektions- und Diffusionsuntersuchungen aus den Jahren 1973-1981 (IOW 1981,1), in der zwischen 1973 und 1978 insgesamt sieben Untersuchungsfahren (ADVEKTION I – VII) aufgelistet sind. Im Jahre 1980 wurden die Untersuchungen mit einem Bericht weitgehend abgeschlossen (FENNEL et al., 1980).

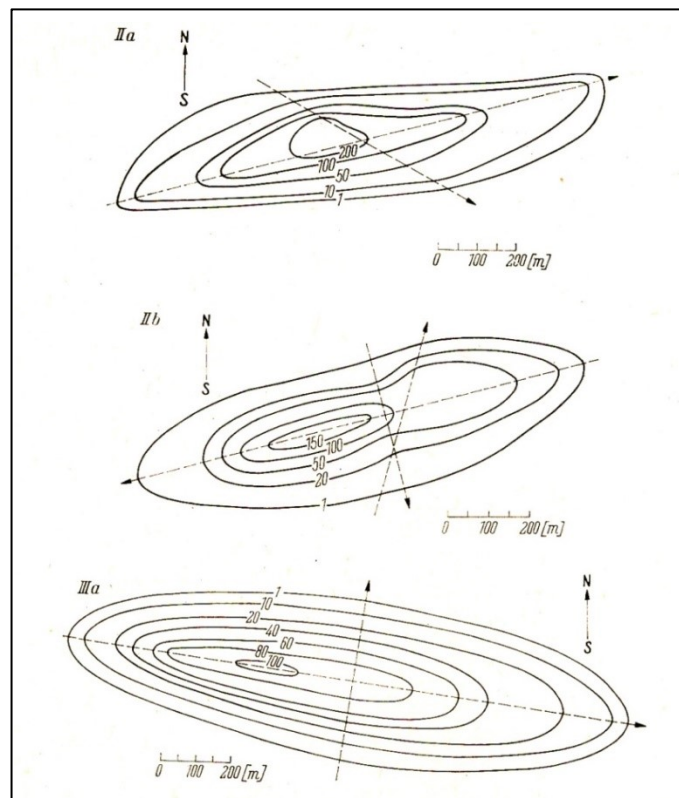
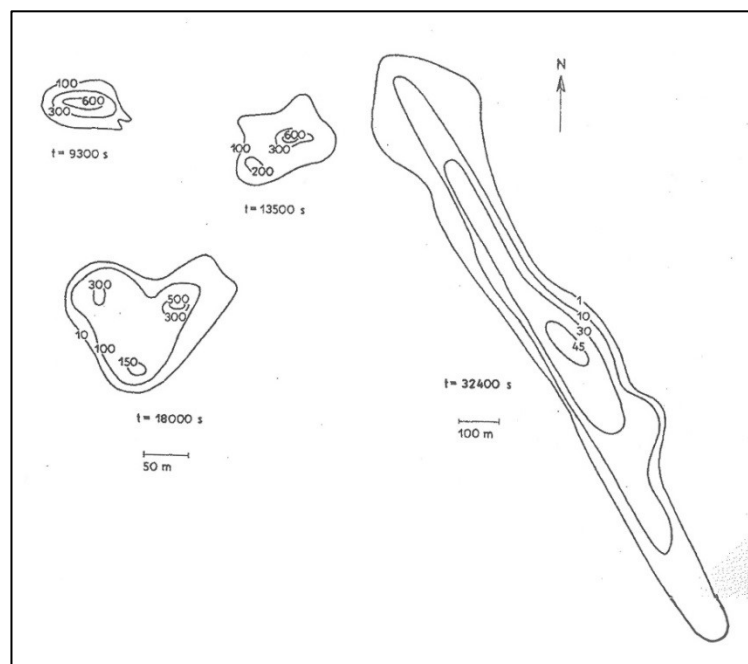


Abb. 13: Beispiele für die Verteilung der Rhodamin-Konzentration in den Horizonten 1 m nach 5 h (IIa), 5 m nach 5 h (IIb) und 1 m nach 8 h (IIIa) bei einem Experiment am 23. August 1968 (Zahlen an den Isolinen: Konzentrationen in  $10^{-9} \text{ g/cm}^3$ ; gestrichelte Linien: Schiffskurse) (aus BROSIN et al., 1972).

Fig. 13: Examples of distribution of rhodamine concentrations in the 1-m-level after 5 hours (IIa), in the 5-m-level after 5 hours (IIb) and in the 1-m-level after 8 hours (IIIa) during an experiment at 23 August 1968 (figures at the isolines: concentrations in  $10^{-9} \text{ g/cm}^3$ ; hatched lines: track of the ship) (from BROSIN et al., 1972).

Im Jahre 1971 wurde ein Regierungsabkommen im Rahmen des Rates für gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW-Abkommen „Waltozean“) abgeschlossen, in dem zukünftig die multilaterale Zusammenarbeit von Bulgarien, der DDR, Polen, Rumänien und der UdSSR auf dem Gebiet der Meeresforschung stattfinden sollte. Auf dieser Basis fand im Jahre 1978 im IfM ein internationales Symposium statt, auf dem die bisher erzielten Ergebnisse gemeinsamer experimenteller Untersuchungen zur Turbulenz und turbulenten Diffusion im Meer vorgelegt wurden (ANON., 1979; s. auch FENNEL, 1979a; BROSIN, 1979; KREMSER & KAYSER, 1979).



*Abb. 14: Beispiel für die Anisotropie in der Ausbreitung eines Rhodaminflecks bei einer Untersuchung im Oktober 1976 östlich der Insel Rügen (Isolinien in  $10^{-9}$  g/cm<sup>3</sup>) (aus KREMSER, 1979).*

*Fig. 14: Example of anisotropy of a rhodamin patch spreading during an experiment in October 1976 easterly of Rügen Island (isolines in  $10^{-9}$  g/cm<sup>3</sup>) (from KREMSER, 1979).*

KREMSER bestimmte qualitativ und quantitativ die Wirkung von suspendierten Sedimenten und Sonnenstrahlung auf Konzentrationsänderungen bei Diffusionsversuchen mit Rhodamin als Tracer und schlug Korrekturverfahren vor (KREMSER, 1972). Ein weiteres Feld seiner Untersuchungen befasste sich mit der Anisotropie in der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Farbtracers (Abb. 14; IOW 1969,2; IOW 1974,1; KREMSER, 1979). Darüber hinaus konnte er anhand der Berechnung des turbulenten Beimengungstransportes durch die Fleckoberfläche konstanter Konzentration zeigen, dass die Differenzen zwischen der Anfangsmenge und der durch Integration über das beimengungsbehaftete, ermittelte Fleckvolumen durch fortlaufende Diffusion an den Fleckrändern entstehen können (KREMSER, 1977a). Er untersuchte auch die halbempirische Diffusionsgleichung im Hinblick auf ihre Brauchbarkeit bei der Lösung von Diffusionsaufgaben und kam zu dem Schluss, dass sie trotz einiger Schwächen zur Lösung durchaus mit Erfolg herangezogen werden kann (KREMSER, 1978a). Später befasste er sich mit dem Vergleich der experimentellen Daten mit der Theorie (KREMSER, 1981) und mit Fehlerbetrachtungen bei Diffusionsexperimenten (KREMSER, 1978b, 1982). FENNEL (1979b) transformierte die halbempirische Diffusionsgleichung in eine Integralgleichung, um das Anfangs- und Randwertproblem der turbulenten Diffusion im Meer für beliebige vertikale Strömungsprofile zu lösen.

Ab Mitte der 1970er Jahre widmete sich FENNEL der Theorie der turbulenten Diffusion im Meer (FENNEL, 1977, 1979a, 1979b) und untersuchte die Diffusion passiver Tracer anhand eines allgemeinen Advektions-Diffusions-Modells (FENNEL, 1981).

### **Untersuchung vertikaler Austauschkoefizienten**

Ende der 1960er bis Mitte der 1970er Jahre führte das IfM Untersuchungen zur Bestimmung vertikaler turbulenter Austauschkoefizienten in der Ostsee durch. ULRICH KREMSER, der 1967 ins Institut kam, hatte sich bereits anhand von Dauermessungen im August 1964 aus der Stolper Rinne (KREMSER, 1969) mit Austauschkoefizienten befasst (KREMSER, 1967). Erste Ergebnisse wurden bereits 1969 publiziert (KREMSER & BROSIN, 1969; s. auch KREMSER, 1977b). 1971 befasste sich LASS mit der Bestimmung horizontaler Austauschkoefizienten in der ufernahen Zone des Meeres (HUPFER & LASS, 1971). Später wurde eine Methode zur Berechnung mittlerer Jahrgänge der Koeffizienten des vertikalen turbulenten Austauschs und ihrer Variationen mit der Tiefe entwickelt (KREMSER & MATTHÄUS, 1973a, 1973b). Anschließend wurden mittlere Jahrgänge des vertikalen Wärmeaustauschs an zehn küstenfernen Stationen der zentralen Ostsee bestimmt und der Jahrgang von Austauschkoefizienten im Gotlandtief anhand von Sauerstoffkonzentrationswerten ermittelt. Die Bestimmung mittlerer Austauschkoefizienten erfolgte anhand mittlerer Jahrgänge der Temperatur (KREMSER & MATTHÄUS, 1973a; MATTHÄUS, 1977a) und des Sauerstoffgehaltes (MATTHÄUS & KREMSER, 1976), die in 10-m-Tiefenstufen vorlagen. Der Vertikalaustausch durch die permanente haline Sprungschicht im Gotlandtief (MATTHÄUS, 1990a), auch innerhalb markanten Stagnationsperioden (MATTHÄUS, 1983a), wurde untersucht.

Die ermittelten Jahresgänge der Wärmeaustauschkoeffizienten ließen eine regionale Unterscheidung zu und die Koeffizienten befanden sich in guter Übereinstimmung mit Resultaten, die mithilfe anderer Untersuchungsmethoden für die Ostsee gefunden wurden (LUNDBERG, 1964; KULLENBERG, 1974).

### Das Driftkartenexperiment

Aufgrund der zunehmenden Gefährdung der Ostsee und ihrer Küsten durch Havarien von Öltankern, insbesondere in der dicht befahrenen Kadetrinne, wurde Mitte der 1970er Jahre im IfM ein Programm zur Untersuchung der Ausbreitungs- und Transportprozesse von Ölflecken und anderen an der Wasseroberfläche schwimmenden Schadstoffen initiiert, das sogenannte Driftkartenexperiment. Zielstellung der experimentellen Untersuchungen war eine Beschreibung der Oberflächendrift im Bereich der Arkona- und Beltsee unter besonderer Berücksichtigung der Auswirkung von Havarien auf die Küsten der DDR (MÜLLER, 1981, 1985).

Driftkartenexperiment    Karte Nr.    № 024014

Diese Driftkarte ist Bestandteil eines Experimentes zur Vorhersage der Ausbreitung von Ölverschmutzungen in der Ostsee. Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen und senden Sie diese Karte umgehend an uns, damit einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung des Umweltschutzes.

1. Wo fanden Sie diese Verschmutzung?  
(genauer Fundort mit Namen der zugehörigen Gemeinde und Stadt)

2. Wann fanden Sie diese Verschmutzung?  
Jahr:            Monat:            Tag:            Stunde:  
(Datum)

Hahn, Wmde. II 15 15 – Cn G 1/77

*Abb. 15: Muster einer Driftkarte zur Ermittlung des Oberflächentransports in der westlichen Ostsee (aus MÜLLER, 1981).*

*Fig. 15: Prototype of the drift card used to investigate the transport of substances in the sea surface layer of the western Baltic Sea (from MÜLLER, 1981).*

<b>Driftkartenexperiment</b>	Karte Nr.	<b>№ 023415</b>
<p>Diese Driftkarte ist Bestandteil eines Experimentes zur Vorhersage der Ausbreitung von Ölerschmutzungen in der Ostsee. Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen und senden Sie diese Karte umgehend an uns zurück. Sie leisten damit einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung des maritimen Umweltschutzes.</p>		
<p>1. Wo fanden Sie diese Karte? (genauer Fundort mit Angabe der nächstgelegenen Gemeinde und Stadt) <i>an der Ostsee</i></p>		
<p>2. Wann fanden Sie diese Karte? Jahr: <i>1998</i> Monat: <i>12</i> Tag: <i>Dienstag</i> Stunde: <i>10:30</i> (Datum) <i>29</i></p>		

*Abb. 16: Driftkarte, gefunden in Liepāja/Lettland im Jahre 1998, ausgeworfen zwischen 1976 und 1980.*

*Fig. 16: Drift card located at Liepāja/Latvia in 1998, released between 1976 and 1980.*

In Anlehnung an frühere Untersuchungen mit ähnlicher Zielstellung im Atlantik, Mittelmeer oder der Nordsee wurde für die Simulation der Ölausbreitung der Einsatz von Driftkarten gewählt, die den mittleren Transport einer etwa 3 mm mächtigen Oberflächenschicht repräsentieren.

Auf 16 ausgewählten Positionen wurden bei 641 Auswürfen insgesamt 12800 Driftkarten (Abb. 15) ausgebracht, wobei eine mittlere Rücklaufrate von 46 % erreicht wurde. Mithilfe der Wind- und Driftdaten wurden großräumige Reststrommuster ermittelt. Aus den experimentellen Daten wurde je ein für die Beltsee und die Arkonasee charakteristischer Driftfaktor von  $0,035 \pm 0,003$  bzw.  $0,033 \pm 0,002$  bestimmt. Im IOW-Archiv befindet sich eine Materialsammlung der Experimente zwischen 1975 und 1977 (IOW 1977,2). Eine Anfrage des Klimaforschers HANS von STORCH (\*1949) aus dem Jahre 2020 zeigte, dass die Untersuchungen aus den 1970er Jahren auch heute noch von Interesse sind.

Die Driftkarten erreichten auch Küstenabschnitte in der zentralen Ostsee und wurden noch Jahrzehnte später gefunden (Abb. 16).

### **Wechselwirkung Küste-Offene See / Mesoskale Wirbel**

Anfang der 1980er Jahre begannen Planungen zur Untersuchung der Wechselwirkungen der ozeanographischen Verhältnisse zwischen der Küste und dem vorgelagerten Seegebiet im Bereich der mecklenburgischen Küste westlich der Darßer Schwelle. Zuvor hatten sich FENNEL und LASS (IOW 1980,1) mit der niederfrequenten Zirkulation in der Ostsee befasst. Die

experimentelle Strategie entwickelte sich dank der inzwischen im IfM verfügbaren moderneren Messtechnik (OM 75, Profilströmungsmesser WPS) von quasilokalen Messungen vor Kühlungsborn (ADVEKTION IX) zu räumlichen Aufnahmen des Seegebietes (Abb. 17).

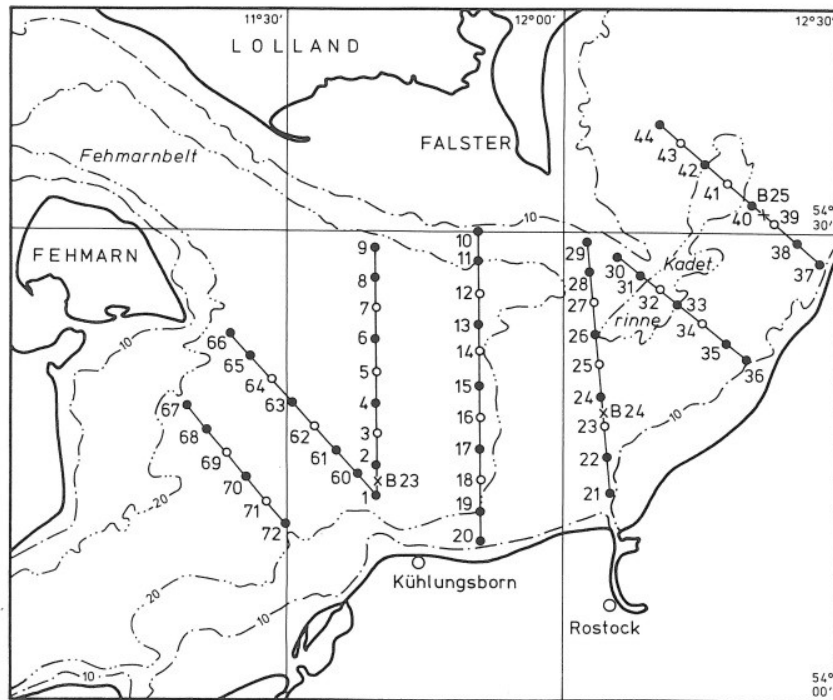


Abb. 17: Messfeld in der westlichen Ostsee während der WEKOS-Experimente, hier von WEKOS-87 und WEKOS-89 (aus FENNEL & STURM, 1992).

Fig. 17: Field area in the western Baltic Sea during the WEKOS-Experiments concerning WEKOS-87 and WEKOS-89 (from FENNEL & STURM, 1992).

Nach Analysen zur Modellierung der westlichen Ostsee (IOW 1981,2; IOW 1983,1) und der Auswertung der Pilotuntersuchung (ADVEKTION IX) im Februar/März 1981 (IOW 1981,3; FENNEL, HELM & STURM, 1983a) wurde ein engmaschiges Messnetz über das Seegebiet zwischen der Wismarer Bucht und dem Darßer Ort gelegt (vgl. Abb. 17). Unter dem Projektkürzel WEKOS (**WE**chselwirkung **K**üste-**O**ffene **S**ee) wurden im Juni 1983 (IOW 1984,1), Oktober/November 1984 (IOW 1986,1), Juni/Juli 1987 (IOW 1987,1; IOW 1987,2), November/Dezember 1988 und Juni/Juli 1989 umfangreiche Feldexperimente zur synoptischen Erfassung des Strömungs- und Massenfeldes durchgeführt. Erste Ergebnisse wurden bereits Ende 1983 vorgelegt (FENNEL, HELM & STURM, 1983a). Anhand eines Kanalmodells der westlichen Ostsee (FENNEL, 1986a) wurden später die charakteristischen Reaktionsmuster theoretisch analysiert und mit den Resultaten des ozeanographischen Messprogramms WEKOS (1983, 1984, 1987,

1988, 1989) verglichen. In einem weiteren Bericht wurden Ergebnisse zur Modellierung von Zirkulations- und Austauschprozessen mitgeteilt (FENNEL et al., 1985).

Bei der Aufnahme einer Serie von Momentbildern der Dynamik, des Massenaufbaus und des Strömungsfeldes wurden in mittleren Tiefen Strukturen mit horizontalen Skalen vom mehreren Kilometern und vertikalen Skalen von mehreren Metern gefunden (STURM, 1986). Es wurden barokline Wirbelstrukturen beobachtet, die die gesamte sommerliche Deckschicht oberhalb der im Untersuchungsgebiet zwischen 15 und 20 m Wassertiefe liegenden Hauptsprungschicht mit Horizontaldurchmessern zwischen 10 und 30 km erfasst. Darüber hinaus gelang der Nachweis von relativ scharf lokalisierten Strahlströmen, die mit Maximalgeschwindigkeiten von mehr als 1 m/s sowie einer horizontalen Ausdehnung von 2 km und einer Mächtigkeit von 5-10 m vorkommen.

Die Abb. 18 zeigt die Anomalien des Geopotentialfeldes im 8 m-Niveau und die gemessenen Salzgehaltsverteilungen im Messfeld während einer Ostwind- (oben) und einer Westwindperiode (unten). Im Gegensatz zu Westwindlagen, bei denen eine Reihe von Wirbeln auftrat (vgl. FENNEL et al., 1987b; STURM et al., 1988; FENNEL & STURM, 1992) ist die Verteilung bei der Ostwindperiode durch einen nach Westen setzenden Küstenstrahlstrom gekennzeichnet. Deutlich zu erkennen ist der Kaltwasserauftrieb vor der deutschen Küste. Bei diesen Arbeiten spielte das Zusammenwirken von Theorie und Messung eine wichtige Rolle. Parallel dazu konnten mehrfach, u.a. unter Nutzung von AVHRR-Daten des Wettersatelliten NOAA-10 (Abb. 19), die während der WEKOS-Experimente im Massengebiet der westlichen Ostsee nachgewiesenen mesoskalen Wirbelstrukturen bestätigt werden (SCHMIDT et al., 1991).

Im Juni 2016 wurden im Rahmen eines umfangreichen Experiments mit Beteiligung des IOW unter Einsatz eines Luftschiffes, von Forschungsschiffen, eines Flugzeugs und moderner Messtechnik im Seegebiet südlich von Bornholm ähnliche mesoscale und submesoscale Wirbelstrukturen, wie bereits in den 1980er Jahren in der westlichen Ostsee zwischen Wismarer Bucht und Darßer Schwelle nachgewiesen, beobachtet und modelliert (ONKEN et al., 2020).



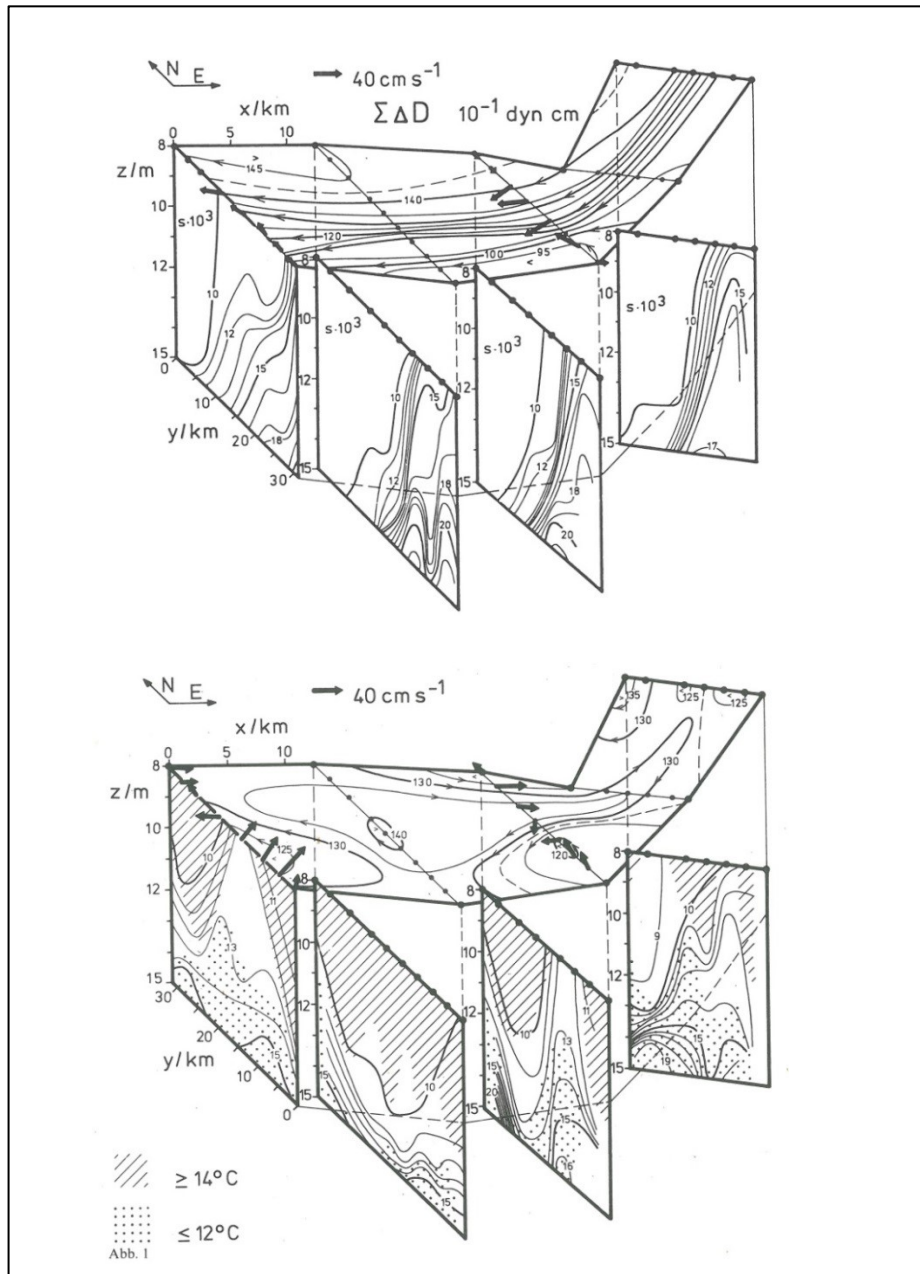


Abb. 18: Topographie der Anomalien des Geopotentials im 8 m-Niveau (bezogen auf das 15 m-Niveau) in  $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}^2$  und der Vertikalverteilungen des Salzgehalts ( $S \times 10^3$ ) im Messfeld bei WEKOS-83 am 21. Juni 1983 während einer Ostwind-Periode (oben; aus FENNEL et al., 1987b) sowie des Salzgehalts und der Wassertemperatur ( $\geq 14^\circ \text{C}$ - und  $\leq 12^\circ \text{C}$ -Flächen) am 26. Juni 1983 bei einer Westwindperiode (unten; aus STURM et al., 1988). Die Pfeile beziehen sich auf Strömungsmessungen in 8 m Tiefe.

Fig. 18: Geopotential anomaly in 8 m relative to 15 m depth (in  $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}^2$ ) and vertical salinity distributions ( $S \times 10^3$ ) in the measuring field between 8 and 15 m during an eastern wind episode at 21 June 1983 during WEKOS-83 (above; from FENNEL et al., 1987b) as well as vertical distributions of salinity and temperature ( $\geq 14^\circ \text{C}$ - and  $\leq 12^\circ \text{C}$ ) during a west wind period at 26 June 1983 (below; from STURM et al., 1988). The arrows refer to current measurements in 8 m depth.

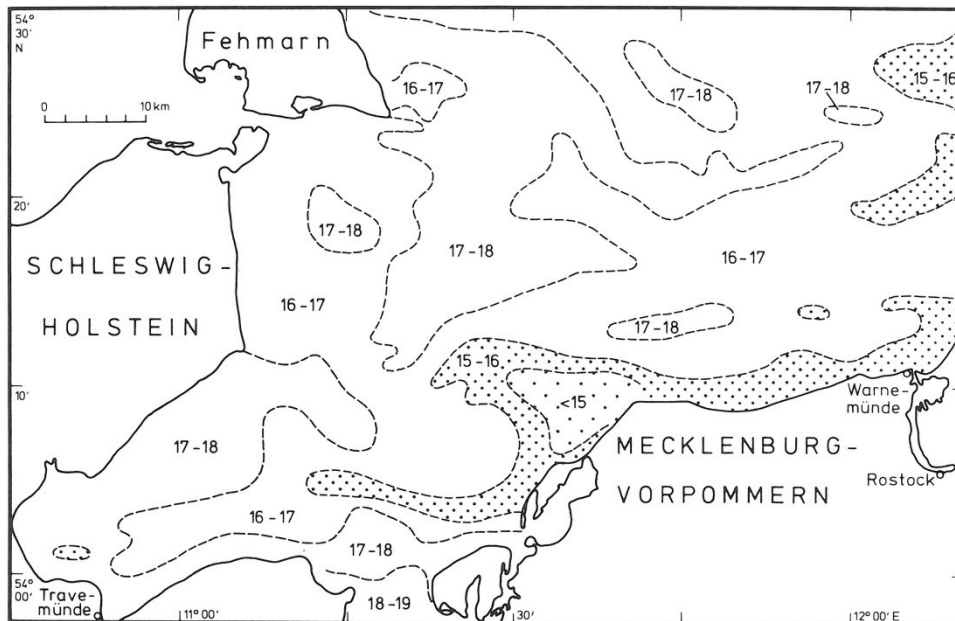
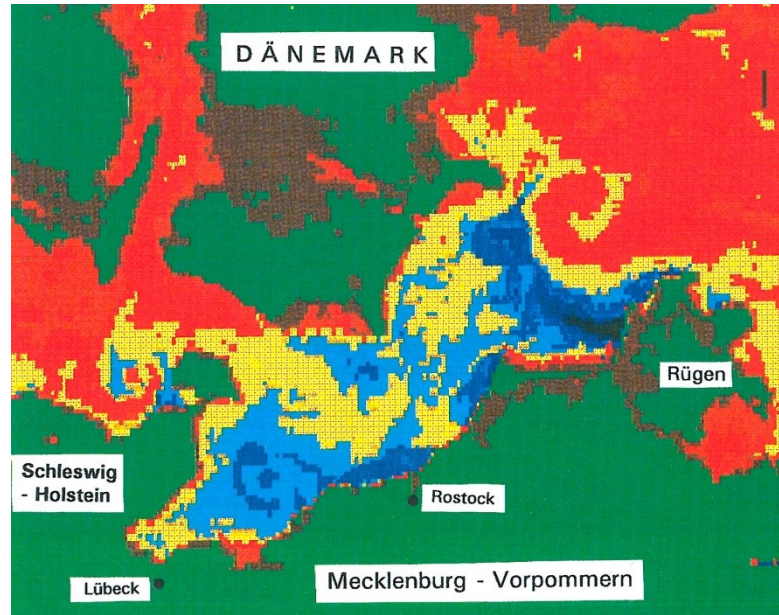


Abb. 19: Auftriebserscheinungen und Wirbelstrukturen in der Oberflächentemperatur (dunkelblau: 15-16 °C; gelb: 17-18 °C; rotbraun: >20 °C) in der westlichen Ostsee, aufgenommen im infraroten Bereich durch NOAA-10 am 5. Juli 1989 (oben; aus MATTHÄUS, 1992), und entworfen (in °C) anhand einer NOAA-10 Infrarot-Aufnahme vom 3. Juli 1989 (unten; aus SCHMIDT et al., 1991).

Fig. 19: Upwelling and eddy structures of the sea surface temperatures (dark blue: 15-16 °C; yellow: 17-18 °C; red brown: >20 °C) of the western Baltic Sea, recorded by an infrared NOAA-10 image on 5 July 1989 (above; from MATTHÄUS, 1992), and designed (in °C) according to an infrared NOAA-10 image recorded on 3 July 1989 (below; from SCHMIDT et al., 1991).

## Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee

Untersuchungen zum Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee gehörten zu den Forschungsschwerpunkten des Instituts für Meereskunde. Bereits 1951 gab es einen Plan der Abt. Meereskunde des SHD zur synoptischen Untersuchung der westlichen Ostsee (IOW 1951,1). Auch ein Atlas der Hauptströmungen der westlichen Ostsee und des Kattegats wurde Anfang der 1950er Jahre erarbeitet (IOW 1953,2). Erste detailliertere Untersuchungen des Wasseraustausches gehen auf das Jahr 1953 zurück (WOLF, 1961a).

Mit den Strömungen im Fehmarnbelt hat sich ROLAND HELM intensiver beschäftigt (IOW 1964,2; IOW 1966; HELM, 1968, 1972). Auf der Grundlage einer 24-stündigen mittleren Vorsituation des Windes über der westlichen Ostsee wurden für zwölf 30°-Sektoren der Richtung und vier Stärkestufen des Windes mittlere Strömungsvektoren für alle Standardtiefen an einer Position im Fehmarnbelt berechnet. Das gesamte Strömungsmessmaterial entstammt Terminfahrten in der westlichen Ostsee aus den Jahren 1951 bis 1963. Die Messungen wurden in allen Fällen vom verankerten Schiff durchgeführt, bis 1960/61 mit EKMAN-MERZ-Strömungsmessern und danach mit für das IfM entwickelten selbstregistrierenden Strömungsmessern (HELM, 1961). Später hat HELM für die charakteristischen Strömungsrichtungen in den Standardtiefenstufen 0-1 m, 2,5 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m und 25-27 m Ausgleichspolynome in Abhängigkeit von 12 Windrichtungssektoren und zwei Windstärkestufen berechnet (HELM, 1972).

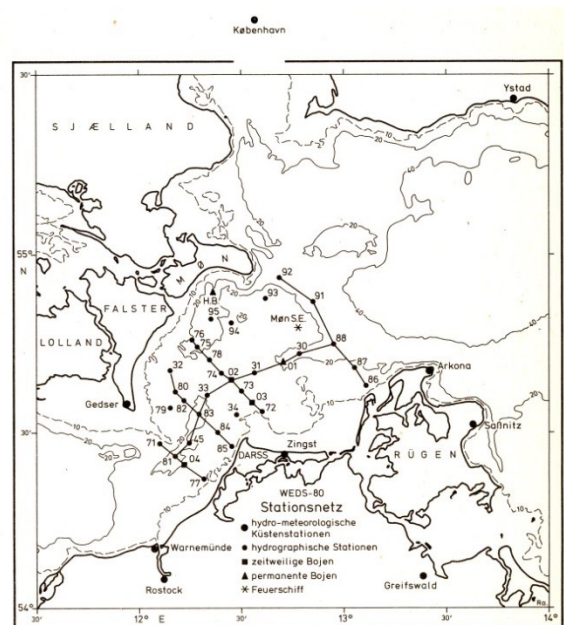


Abb. 20: Stationsnetz im Bereich der Darßer Schwelle während der WEDS-Experimente, hier am Beispiel WEDS-80 (aus MATTHÄUS et al., 1982).

Fig. 20: Observation network in the Darss Sill area during the WEDS-Experiments (e.g. WEDS-80) (from MATTHÄUS et al., 1982).

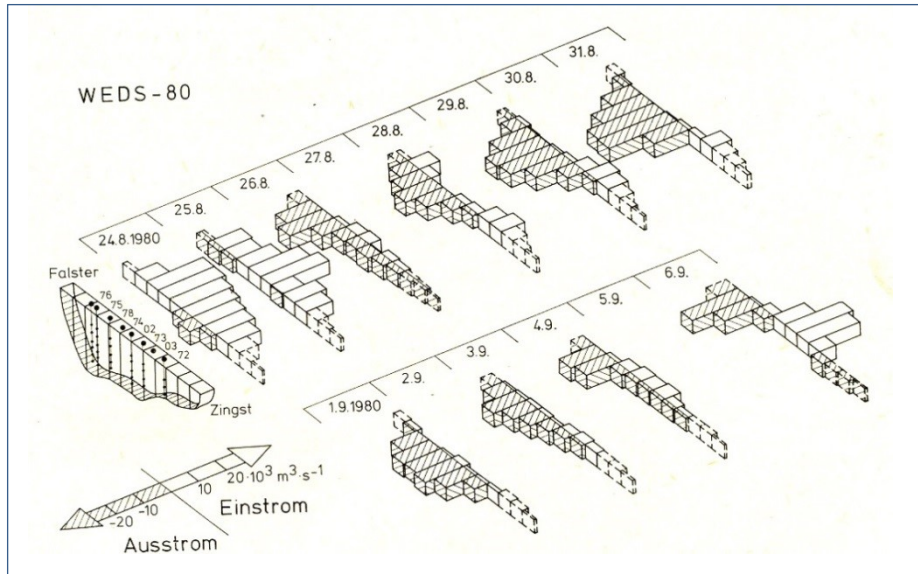


Abb. 21: Variationen des Volumentransports über die Darßer Schwelle auf dem Schnitt Falster - Zingst während WEDS-80 im August/September 1980 (aus MATTHÄUS et al., 1983a).

Fig. 21: Variations of the spatial distribution of the water transport across the Darss Sill transect Falster - Zingst during the WEDS-80 Experiment in August/September 1980 (from MATTHÄUS et al., 1983a).

Im Jahre 1972 wurden von GERHARD WOLF etwa fünfzig Messfahrten zwischen 1953 und 1958 auf dem ozeanographischen Schnitt Warnemünde-Gedser im Hinblick auf die Schichtungs- und Strömungsverhältnisse untersucht (WOLF, 1973) und später die jahreszeitliche Veränderung der T/S-Eigenschaften im Fehmarnbelt analysiert (WOLF, 1977).

In Auswertung und Fortführung langjährig durchgeführter Terminfahrten und der im Jahre 1973 begonnenen permanenten Strömungsmessungen auf der Darßer Schwelle (FRANCKE, 1983) wurde 1979 für die Jahre 1980 bis 1984 unter Beteiligung dänischer und schwedischer Institute ein jeweils 3-wöchiges komplexes Forschungsprogramm zum Mechanismus der Wasseraustauschprozesse im Bereich der Darßer Schwelle zu verschiedenen Jahreszeiten initiiert (IOW 1985,1), das die Bezeichnung **Wasseraustausch-Experiment Darßer Schwelle** (WEDS) erhielt (MATTHÄUS et al., 1982, 1983a; IOW 1983,2). Von zwei Forschungsschiffen und mehreren autonomen Strömungsmesserbojen wurden die ozeanographischen Verhältnisse und ihre Veränderungen durch ein hinreichend dichtes Messnetz sowohl längs als auch quer zur Darßer Schwelle im Seegebiet Warnemünde-Gedser bis Hiddensee-Møn erfasst (Abb. 20). Jeweils im Sommer (WEDS-80: Aug./Sept.), Herbst (WEDS-81: Nov./Dez.), Winter (WEDS-82: Feb./März) und Frühjahr (WEDS-84: Mai/Juni) wurde die Dynamik des Wasseraustausches untersucht (MATTHÄUS et al., 1985a; LASS et al., 1987; LASS, 1988).

Für die zeitlichen Skalen der Prozesse wurden Größenordnungen von Stunden bis zu zwei Wochen gefunden. Die Auflösung der halinen Sprungschicht über der Schwelle ging in wenigen Stunden vor sich, der Wiederaufbau in der Größenordnung von einer Woche. Für den Wechsel zwischen Ein- und Ausstrom konnte aus den Experimenten eine Größenordnung von einer Woche angegeben werden. Die räumlichen Skalen sowohl im Strömungs- als auch im Massengebiet reichten in Abhängigkeit von den meteorologischen Verhältnissen von der gesamten bis zur halben und drittel Kanalbreite (Abb. 21). Während der Einwirkung starker meteorologischer Kraftfelder ging die im Allgemeinen dreifache Schichtung räumlich variabel in eine zweifache oder einfache Schichtung über. Die räumliche Variation der vertikalen Durchmischung verursachte eine starke Modifikation in der horizontalen und vertikalen Lage der Beltseegrenzfläche. Die Größenordnung des Massen- und Salztransports über die Darßer Schwelle lag bei  $10^5 \text{ m}^3/\text{s}$  bzw.  $10^3 \text{ t/s}$  (MATTHÄUS et al., 1983a; s. auch IOW 1985,2 und MATTHÄUS et al., 1983b, 1984, 1985b).

Ein Zwischenbericht (IOW 1983,2) und ein Abschlussbericht (MATTHÄUS et al., 1985a; FRANCK et al., 1989) zum Wasseraustausch-Experiment Darßer Schwelle stellten die Ergebnisse der vier saisonalen Teilerperimente zusammenfassend dar.

### **Die Untersuchung mittlerer Jahresgänge ozeanographischer Parameter**

Nachdem in den 1960er Jahren die interdiurne Veränderlichkeit von Temperatur und Salzgehalt im Übergangsgebiet zwischen Nord- und Ostsee untersucht wurde (FRANCKE & HUPFER, 1963), begannen in den 1970er Jahren intensive Untersuchungen der Jahresgänge ozeanographischer Größen in der zentralen Ostsee. Zunächst wurden geeignete Methoden zur Berechnung mittlerer Jahresgänge aus nichtäquidistanten Messwerten entwickelt (MATTHÄUS, 1971a; FRANCK, 1975) und auf ihre Anwendbarkeit miteinander verglichen (FRANCK & MATTHÄUS, 1974; MATTHÄUS et al., 1974). Dabei stellte sich heraus, dass ein Ausgleichsverfahren bei Messwertkollektiven sowohl geringeren als auch größeren Umfangs aber ungünstiger zeitlicher Verteilung eine gute Interpretation der Punkteverteilung liefert. Die Verfahren wurden anhand der Jahresgänge der Temperatur (MATTHÄUS, 1972-1974: II.) und des Sauerstoffgehaltes im Oberflächenwasser (MATTHÄUS, 1972-1974: IV.; 1975) bis in 100 m (Temperatur) bzw. 50 m Tiefe (Sauerstoffgehalt) des Gotlandtiefs (Abb. 22) bzw. Landorttiefs getestet.

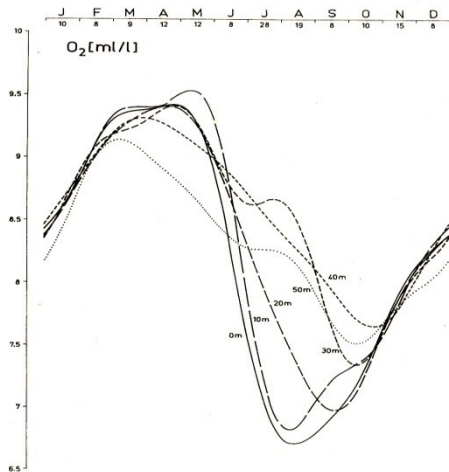


Abb. 22. Mittlerer Jahresgang des Gehalts an gelöstem Sauerstoff im Oberflächenbereich des Gotlandtiefs im Zeitraum 1902-1971 (aus MATTHÄUS, 1972-1974; IV.).

Fig. 22: Mean seasonal variation of the oxygen content of the Gotland Deep surface layer averaged over the time 1902-1971 (from MATTHÄUS, 1972-1974; IV.).

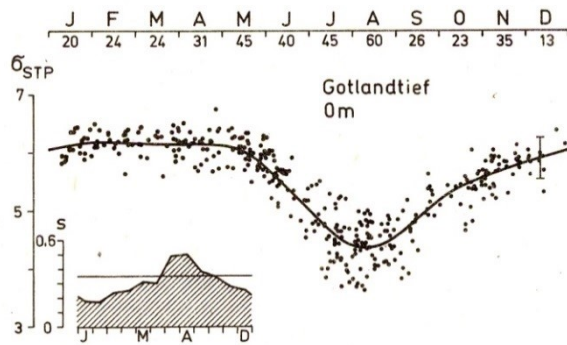


Abb. 23: Mittlerer Jahresgang der Dichte im Oberflächenwasser des Gotlandtiefs gemittelt über den Zeitraum 1877-1980; Zusatzdiagramm: Monatliche Standardabweichung vom Mittelwert (aus MATTHÄUS, 1983b).

Fig. 23: Mean seasonal variability of the surface density of the Gotland Deep averaged over the time 1877-1980; diagram: monthly standard deviation (from MATTHÄUS, 1983b).

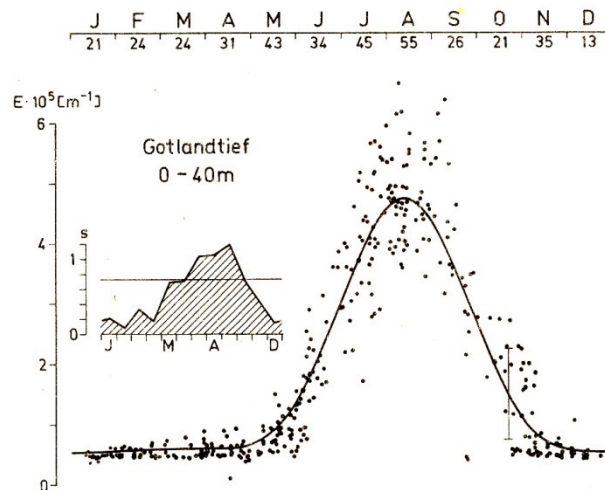


Abb. 24: Mittlerer Jahresgang der vertikalen Stabilität der Schichtung im Gotlandtieft in der Schicht 0 - 40 m gemittelt über den Zeitraum 1877-1980; Zusatzdiagramm: Monatliche Standardabweichung vom Mittelwert (aus MATTHÄUS, 1983c).

Fig. 24: Mean seasonal variability of the vertical stability of stratification in the surface layer (0-40 m) of the Gotland Deep averaged over the time 1877-1980; diagram: monthly standard deviation (from MATTHÄUS, 1983c).

Anschließend wurden mittlere Jahresgänge von Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoffgehalt in der Oberflächenschicht bis 100 m Tiefe an zehn zentralen Stationen der offenen Ostsee im Arkona-, Bornholm- und Gotlandbecken anhand des gesamten, international verfügbaren Datenmaterials zwischen 1900 und 1973 analysiert (MATTHÄUS, 1973-1984; 1975, 1978a; FRANCK, 1985). Auch für Stationen der Mecklenburger Bucht wurden die Jahresgänge von Temperatur und Salzgehalt in Abhängigkeit von der Tiefe ermittelt (MATTHÄUS, 1984a). Die Analysen ergaben charakteristische Eigenschaften und regionale Besonderheiten der verschiedenen Parameter. Darüber hinaus wurden der mittlere jährliche Ablauf und die Elemente der jahreszeitlichen Veränderlichkeit (Amplituden, Eintrittszeiten und Beträge der Extrema, Jahresschwankungen) in den drei grundlegenden Seegebieten der zentralen Ostsee – der Arkona-, Bornholm- und Gotlandsee – ermittelt und anhand von graphischen Darstellungen und Tabellen zusammengefasst. Auch sekundäre Extrema im mittleren Jahresgang der Temperatur (MATTHÄUS, 1980a) sowie Details im Ablauf der mittleren thermischen Schichtung im Oberflächenwasser der offenen Ostsee (MATTHÄUS, 1979b) wurden untersucht.

Für das Oberflächenwasser des Gotlandtiefs wurden mittlere Jahresgänge der Dichte (MATTHÄUS, 1983b; Abb. 23) und der vertikalen Stabilität der Schichtung (MATTHÄUS, 1983c; Abb. 24) für den Zeitraum 1877-1980 ermittelt.

### **Erforschung der Langzeittrends**

Untersuchungen zu Langzeitänderungen ozeanographischer Größen der Ostsee wie Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoffgehalt wurden bereits in den 1950er Jahren in Angriff genommen (SCHEMAINDA, 1957). Grundlage für die weiteren Analysen bildeten die seitdem gesammelten Datenreihen sowie die international verfügbaren Messwerte seit Ende des 19. Jahrhunderts (MATTHÄUS, 1972-1983). Die Variationen dieser Parameter wurden vor allem in Tiefenwasser an 10 Stationen in allen Teilbecken der zentralen Ostsee analysiert und mittlere Trends berechnet (MATTHÄUS, 1978b, 1979a, 1983d; NEHRING & MATTHÄUS, 1991). Auch Trends im Oberflächen Salzgehalt wurden betrachtet (MATTHÄUS, 1977b, 1985b).

Dem Gotlandtief (Abb. 25), dem markantesten Tiefenbecken der Ostsee, wurde dabei besondere Aufmerksamkeit gewidmet (MATTHÄUS, 1972-1974: I., III.; 1973a, 1984b). Auch die Trends der *in-situ* Dichte im Gotlandtief (MATTHÄUS, 1983b, 1984c), der Tiefenlage der permanenten halinen Sprungschicht (MATTHÄUS, 1980b, 1980c) und der vertikalen Stabilität der Schichtung (MATTHÄUS, 1983c) wurden detailliert betrachtet.

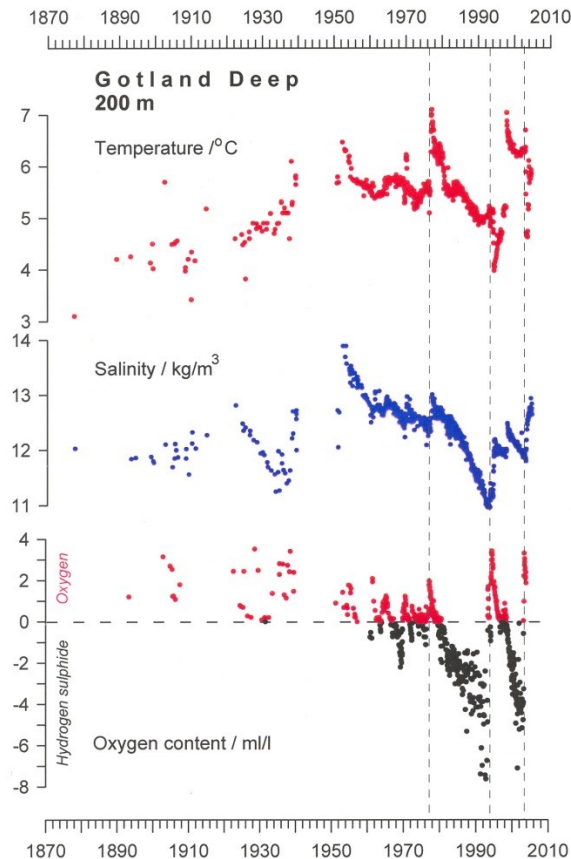


Abb. 25: Langzeittrends von Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoff- bzw. Schwefelwasserstoffgehalt im Tiefenwasser der zentralen Ostsee am Beispiel des Gotlandtiefs. Die Eintrittszeiten starker Salzwassereinträge sind durch gestrichelte Linien gekennzeichnet (aus MATTHÄUS, 2007b).

Fig. 25: Long-term variations of temperature, salinity and oxygen/hydrogen sulphide content in the deep water of the Gotland Deep in the central Baltic Sea. Dates of selected effective major Baltic inflows are marked by hatched lines (from MATTHÄUS, 2007b).

Eine zusammenfassende Darstellung der Untersuchungen zu Langzeittrends ozeanographischer Größen der Ostsee ist unter dem Titel „Meeresklimatische Schwankungen in der Ostsee“ erschienen (MATTHÄUS, 2007b). Die Forschungsergebnisse zur Veränderlichkeit ozeanographischer Parameter in der Ostsee auf Zeitskalen von einigen Monaten bis zu  $10^4$  Jahren wurden in einer Übersichtsarbeit zusammengefasst (MATTHÄUS, 1984d).

### Untersuchung der Salzwassereinträge und Stagnationsperioden

Die Erforschung der Salzwassereinträge in die Ostsee, ihrer Ursachen und ihre Identifizierung hatte im Institut für Meereskunde eine lange Tradition. Erste Untersuchungen gehen auf SCHEMAINDA (1955) und erste statistische Analysen auf WOLF (1966, 1972) zurück. Einzelne Salzwassereinträge und ihre Auswirkungen in der zentralen Ostsee wurden von WOLF (1961a), FRANCKE & NEHRING (1971), NEHRING et al. (1971), NEHRING & FRANCKE (1974),



FRANCKE, NEHRING & ROHDE (1977), FRANCKE et al., 1978; FRANCKE & HUPFER (1980) sowie LASS & SCHWABE (1990) analysiert.

In der zweiten Hälfte der 1980er Jahre begannen detaillierte statistische Analysen dieser sporadischen Ereignisse für den Zeitraum 1897-1976 (FRANCK et al., 1987 [Abb. 26]; MATTHÄUS & FRANCK, 1988, 1989, 1990; FRANCK & MATTHÄUS, 1992), die später auf den Zeitraum 1880-1990 erweitert wurden. Die Analysen führten zu neuen Erkenntnissen über dieses Phänomen, die in einer grundlegenden Arbeit über die Salzwassereinbrüche zusammengefasst wurden, die heute als Standardwerk zitiert wird (MATTHÄUS & FRANCK, 1992).

In den 1980er Jahren wurden die regionalen und zeitlichen Änderungen der Eigenschaften von Stagnationsperioden im Tiefenwasser der Ostsee untersucht (MATTHÄUS, 1986c), insbesondere die Entwicklung während der längsten seinerzeit beobachteten Stagnation im östlichen Gotlandbecken zwischen 1976 und 1992 (MATTHÄUS, 1987b, 1990b).

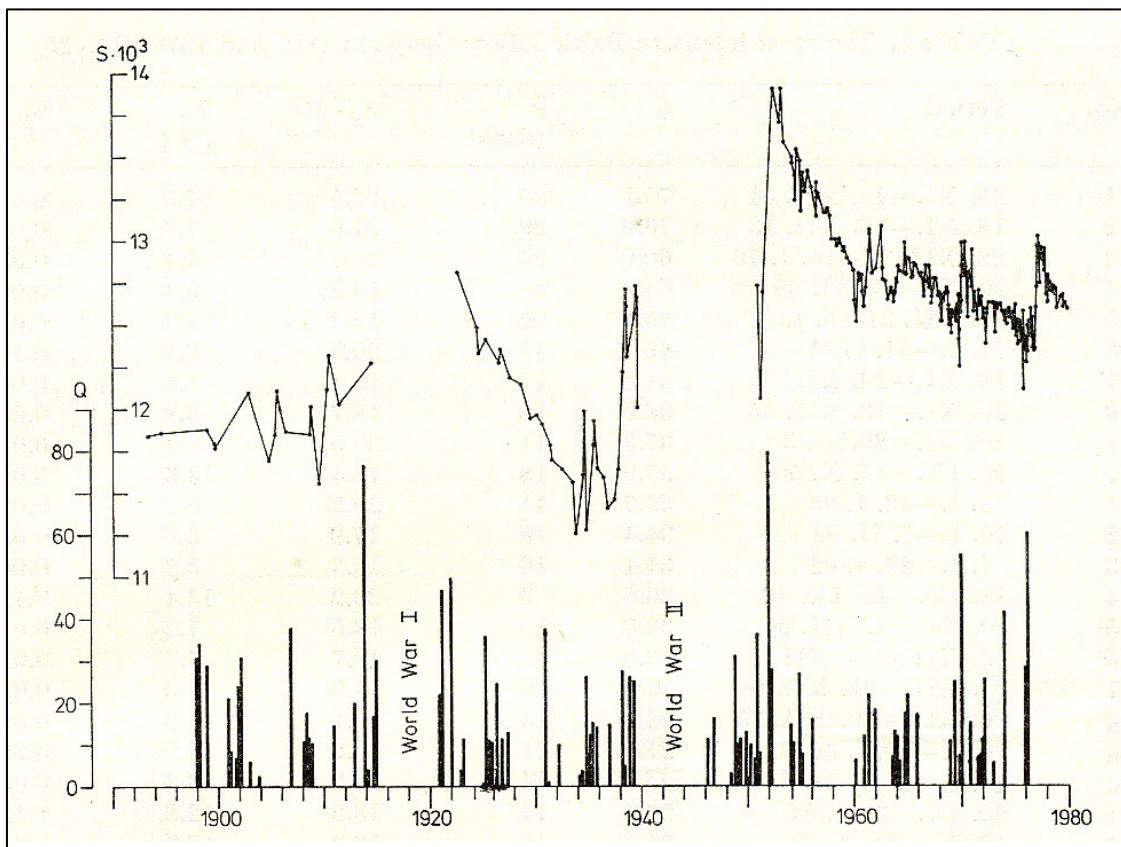


Abb. 26: Erste Analysen der Intensität  $Q$  der Salzwassereinbrüche zwischen 1897 und 1976 (unten) und deren Auswirkungen auf den Salzgehalt  $S$  im 200 m Horizont des Gotlandtiefs (aus FRANCK et al., 1987).

Fig. 26: First analyses of the Intensity  $Q$  of major Baltic inflows between 1897 and 1976 (below) and their effects on the salinity  $S$  in the 200 m level of the Gotland Deep (from FRANCK et al., 1987).

Für weitere Details zu Salzwassereinbrüchen und Stagnationsperioden wird auf die Übersichtsarbeit von MATTHÄUS (2006) verwiesen, in der die Geschichte der Erforschung der Salzwassereinbrüche in die Ostsee ausführlich dargestellt wird und die auch die detaillierten Untersuchungen des IfM beinhaltet.

Die Forschungen zum Auftreten und Mechanismus der Salzwassereinbrüche wurden im IOW intensiv weitergeführt (z.B. MATTHÄUS & LASS, 1995; SCHINKE, 1996; FISCHER & MATTHÄUS, 1996; SCHINKE & MATTHÄUS, 1998; FEISTEL et al., 2003a, 2003b, 2003c; KREMP et al., 2007; MOHRHOLZ et al., 2015). Auch Ausbreitungs- und Vermischungsprozesse des einströmenden Salzwassers (z.B. SCHMIDT et al., 1998) – speziell im Arkonabecken – wurde genauer untersucht (LASS & MOHRHOLZ, 2003; LASS et al., 2003a) und neue Methoden zur Identifikation von Salzwassereinbrüchen entwickelt (MOHRHOLZ, 2018).

### **Untersuchungen zur Meeresoptik**

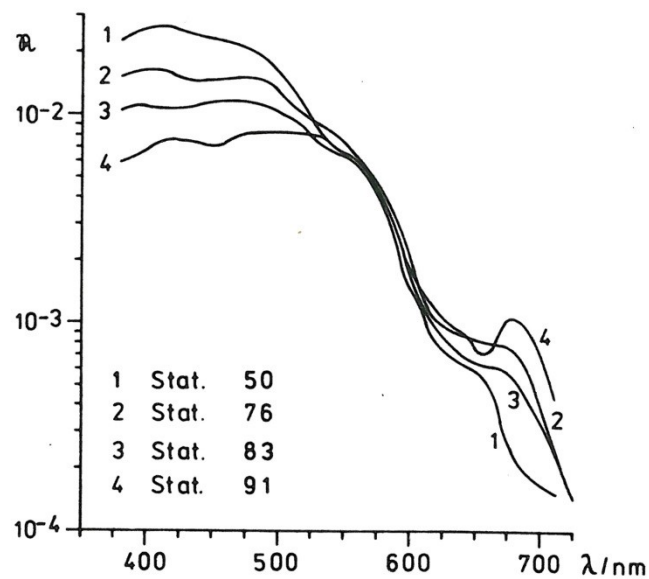
Zwischen 1960 und 1980 wurden im IfM die optischen Eigenschaften von Meerwasser untersucht. GERHARD WOLF hatte bereits 1959 mit Messungen der Farbe des Meerwassers begonnen (WOLF, 1961b). RUDOLF SCHEMAINDA, der 1961 ins IfM kam, hatte 1960 Untersuchungen der Durchsichtigkeit des Meerwassers im Bereich der ozeanischen Polarfront westlich von Spitzbergen durchgeführt (SCHEMAINDA, 1962). Im Jahre 1961 nahm LUDWIG GOHS eine Tätigkeit im IfM auf und wurde mit der Bearbeitung der optischen Eigenschaften von Meerwasser beauftragt. Anfang der 1960er Jahre wurde ein Messverfahren für ozeanographische Lichtextinktionsmessungen in situ entworfen (MATTHÄUS, 1965), dessen Entwicklung zum Messgerät aber nicht weiter verfolgt wurde.

GOHS befasste sich Ende der 1960er/Anfang der 1970er Jahre zunächst mit Lichtextinktionsmessungen in der Ostsee (GOHS, 1967a, 1967b, 1974a, 1974b) und in den 1970er Jahren im Rahmen des RGW-Abkommens „Welozean“ mit Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen den optischen, physikalischen, chemischen und biologischen Umweltfaktoren in der Ostsee in Zusammenarbeit mit dem Institut für Ozeanologie der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Sopot (DERA et al., 1974). Diese Untersuchungen wurden 1974 bis 1976 mit dem Ziel fortgesetzt, die optischen Eigenschaften des Ostseewassers und die energetischen Charakteristika des Lichtfeldes sowie das Verhalten der Primärproduktion zu den abiotischen Umweltbedingungen zu erforschen (GOHS et al., 1978). Zwischen 1972 und 1978 wurden auf FS „Professor Albrecht Penck“ insgesamt elf Optikfahrten durchgeführt (vgl. SCHRÖDER, 1988). In den 1970er Jahren hat sich SAGER mit der Refraktion von Licht im Meerwasser befasst (SAGER, 1974b, 1974c).

HARTMUT PRANDKE, der 1973 ins IfM kam, begann in der 2. Hälfte der 1970er Jahre mit detaillierten Untersuchungen der Lichtstreu charakteristik der Ostsee unter Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Veränderlichkeit der Streueigenschaften. Auf drei Forschungsfahrten in den Jahren 1976 und 1977 wurde das gewonnene Datenmaterial (GOHS et al., 1978) hinsichtlich der lokalen und zeitlichen Veränderung der Streuintensität, der

Variation der Form der Volumenstreuungsfunktionen und der Approximation der Volumenstreuungsfunktionen mit analytischen Gleichungen analysiert. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen fasste er in einer Dissertation zusammen (PRANDKE, 1977) und publizierte sie später (PRANDKE, 1980a).

Zur Messung der Lichtstreuung wurde ein von ihm entwickeltes Laborstreulichtphotometer eingesetzt, mit dem die Lichtintensität an geschöpften Meerwasserproben gemessen werden konnte (PRANDKE, 1980b). Damit wurden u.a. Messungen der Bodentrübungsschicht in der Arkonasee durchgeführt (PRANDKE, 1986a). Aus weiteren Untersuchungen resultierten experimentell ermittelte Beziehungen zwischen der Streuintensität und der



*Abb. 27: Messungen der spektralen Reflektanz an einigen Stationen (s. Abb. 29) im Atlantischen Ozean vor Nordwestafrika (aus SIEGEL, 1987a).*

*Fig. 27: Measurements of spectral reflectance at several stations (cf. Fig. 29) in the Atlantic Ocean off Northwest Africa (from SIEGEL, 1987a).*

Teilchenkonzentration für verschiedene charakteristische Wassertypen der offenen Ostsee (PRANDKE, 1980c), der Nordsee und des Atlantiks (PRANDKE, 1986b).

Auch in der Darß-Zingster Boddenkette wurden die Lichtstreucharakteristika untersucht (PRANDKE & BROSIN, 1980; PRANDKE & ERDMANN, 1980).

In den folgenden Jahren wurde dieser Thematik im Institut für Meereskunde unter dem Aspekt der optischen Fernerkundung des Meeres verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet. Dieser Aufgabe widmete sich HERBERT SIEGEL (IOW 1985,3), der 1974 ins Institut kam. Bereits 1978 wurde der Zusammenhang zwischen Lichtfeld und Primärproduktion in den Auftriebsgebieten vor

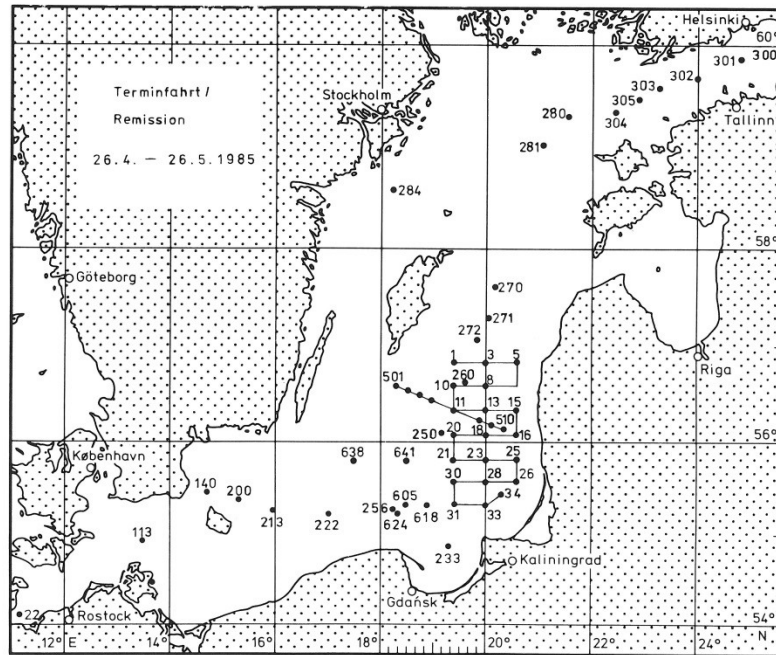


Abb. 28: Stationsnetz zur Messung der spektralen Remissionskoeffizienten in der zentralen Ostsee im Jahre 1985 (aus SIEGEL, 1991).

Fig. 28: Measuring network for spectral reflectance in the central Baltic Sea in 1985 (from SIEGEL, 1991).

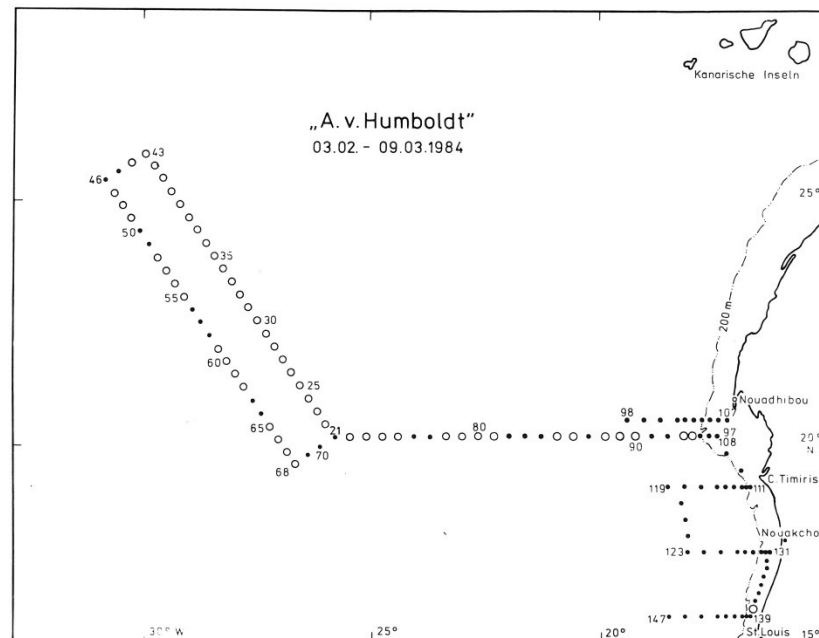


Abb. 29: Stationsnetz zur Untersuchung der spektralen Remission im Atlantischen Ozean vor Nordwestafrika im Jahre 1984 (aus SIEGEL, 1991).

Fig. 29: Measuring network for spectral reflectance in the Atlantic Ocean off Northwest Africa in 1984 (from SIEGEL, 1991).

Nordwest- und Südwestafrika untersucht (KAISER & SIEGEL, 1978). Später folgten detaillierte Untersuchungen der spektralen Remissionskoeffizienten in verschiedenen Seegebieten (Ostsee, östlicher Zentralatlantik, Auftriebsgebiet vor Mauretanien; s. Abb. 28 und 29), die je nach Art und Ursprung der Wasserinhaltsstoffe die optischen Eigenschaften der Wasserkörper bestimmen (SIEGEL, 1982, 1984, 1985a, 1985b, 1987a; SIEGEL & BROSIN, 1986; IOW 1988,2; s. auch Abb. 27). Darüber hinaus wurden Algorithmen zur Bestimmung von Chlorophyll (SIEGEL, 1987b, 1987c, 1989a, 1991), Benthos oder Sedimenten (SIEGEL & SEIFERT, 1985; SIEGEL, 1989b, 1992) aus den spektralen Remissionskoeffizienten entwickelt, die von Bedeutung für die Interpretation von flugzeuggestützten und Satellitendaten sind.

### **Fernerkundung des Meeres mithilfe von Satelliten**

Der erste meteorologische Satellit TIROS-1 wurde im Jahre 1960 in den USA gestartet. Bis in die 2. Hälfte der 1970er Jahre bildeten mehrere Generationen meteorologischer Satelliten die wichtigste Datengrundlage auch für meereswissenschaftliche Anwendungen. Eine wesentliche Verbesserung der Möglichkeiten zur Fernerkundung des Ozeans erfolgte Ende der 1970er Jahre mit dem Start der ersten speziell für ozeanographische Aufgaben entwickelten Satelliten wie z.B. SEASAT (1978) und NIMBUS-7 (1978) in den USA oder KOSMOS-1076 (1979) in der UdSSR. Der Satelliteneinsatz wurde ergänzt durch Fotos, Beobachtungen und Messungen von bemannten Raumstationen aus. Eine Übersicht zur historischen Entwicklung der Fernerkundung des Ozeans mit künstlichen Erdsatelliten erschien von BROSIN (1994).

Erste Hinweise auf die Bedeutung der Satelliten für die Meeresforschung in der DDR erfolgten bereits im Jahre 1971 (IOW 1971). Im IfM war die Untersuchung der Eisverhältnisse in der Ostsee die erste ozeanographische Anwendung der von ESSA-Wettersatelliten gewonnenen Daten unter Nutzung der Empfangsmöglichkeiten des Meteorologischen Dienstes der DDR (BROSIN & NEUMEISTER, 1972). Die Arbeiten zielten auf eine Bewertung der seinerzeit verfügbaren Daten für den Eisdienst in der Ostsee und wurden im Hinblick auf den damaligen Stand im IfM nicht fortgeführt.

Im Jahre 1974 erfolgten Untersuchungen zur möglichen Nutzung von Wettersatelliten für Forschungen zur Auftriebsdynamik vor Nordwestafrika (BROSIN, 1974b). Perspektiven der ozeanographischen Erkundung aus der Erdumlaufbahn haben BROSIN & VOIGT (1975) in einem Übersichtsbeitrag zusammengefasst.

Zwischen 1976 und 1978 kam es zu einer Zusammenarbeit mit dem sowjetischen Staatlichen Zentrum „PRIRODA“ mit Daten des Raumschiffes „SOJUS-22“ (15.-23.9.1976) und der Raumstation „SALUT-6“ (29.9.1977-29.7.1982). Die marinen Anwendungen bei den bemannten Raumflügen orientierten sich auf methodische Arbeiten zu Fragen der Küstendynamik und zur Wasserzirkulation in den inneren und äußeren Küstengewässern der DDR (BROSIN, 1977). Im Programm der internationalen Besatzungen auf der Raumstation „SALUT-6“ wurde das Verfahren der visuell-instrumentellen Erderkundung (Experiment

„Biosphäre“) unter Anwendung der in der DDR entwickelten Multispektralkamera MKF 6 auch zur Untersuchung von ozeanischen Zirkulationsprozessen in ausgewählten Seegebieten genutzt (IOW 1979,1; IOW 1979,2; IOW 1984,2; IOW 1986,2), die später anhand der Bearbeitung von ozeanischen Multispektralbildern weitergeführt wurde (BROSIN et al., 1983). Auch Möglichkeiten für eine Nutzung der Fernerkundung der Erde für die Fischerei der DDR wurden diskutiert (IOW 1984,3).

Erste Fernerkundungsfotos von Blaualgenblüten bzw. der Temperatur und Wasserfarbe für die Ostsee, gewonnen von Erdbeobachtungssatelliten der Reihe LANDSAT, wurden von den westdeutschen Ozeanographen ULBRICHT & SCHMIDT (1977), SCHMIDT (1979) und HORSTMANN (1983) veröffentlicht. Anfang der 1980er Jahre wurden im IfM intensive Studien bzw. prognostische Einschätzungen über die Möglichkeiten der Nutzung von Satellitendaten für die ozeanographische Forschung durchgeführt (s. z.B. IOW 1980,2; IOW 1980,3; IOW 1980,4; IOW 1983,3; IOW 1983,4; IOW 1984,3). Unter Nutzung von Infrarot-Messungen der Wasseroberflächentemperatur der westlichen Ostsee durch den Wettersatelliten NOAA-10 (IOW 1985,4) wurden Ende der 1980er Jahre mesoskale Wirbelstrukturen und Kaltwasserauftriebsgebiete (s. Abb. 19) identifiziert (SCHMIDT et al., 1991).

Bereits bei der Untersuchung von ozeanischen Multispektralaufnahmen und auch in Übereinstimmung mit internationalen Entwicklungstendenzen hatte sich die Notwendigkeit gezielter Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der spektralen Remission von Wasserflächen und den Wasserinhaltsstoffen herausgestellt. Aufbauend auf Voruntersuchungen in den inneren Küstengewässern der DDR und unter Berücksichtigung früherer meeresoptischer Arbeiten am IfM (IOW 1979,3) wurden 1981 entsprechende Arbeiten begonnen. Im Mittelpunkt standen Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem spektralen Remissionskoeffizienten und den Absorptions- und Streueigenschaften des Meerwassers und dessen Inhaltsstoffen (s. auch Abschnitt Meeresoptik) . Ziel der Arbeiten war die Aufstellung von Objektmodellen, die signifikante Merkmale der spektralen Rückstreuung unter der Meeresoberfläche mit der Art und Konzentration der in den Wasserkörpern gelösten und suspendierten Inhaltsstoffe verknüpften. Dazu musste auch die erforderliche Messtechnik entwickelt werden (SIEGEL & LEITERER, 1986). Die Arbeiten erfolgten in Seegebieten, in denen vom IfM Untersuchungen zur biologischen Produktivität und zur Analyse mariner Ökosysteme ausgeführt wurden (IOW 1982,1; GOHS, 1982; IOW 1983,5; SIEGEL & BROSIN, 1983, 1986; SIEGEL,1982, 1984, 1985a, 1985b, 1987b; BROSIN & SIEGEL, 1985; SIEGEL & SEIFERT, 1985).

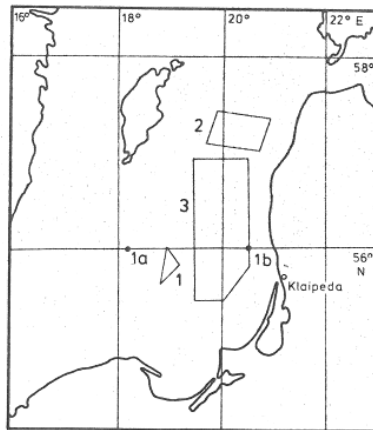


Abb. 30: Gebiete der gemeinsamen Subsatelliten-Experimente in der Ostsee: Experiment 1, 1a, 1b: 19.-26. April 1982; Experiment 2: 30. Mai - 13. Juni 1983; Experiment 3: 15. - 26. Mai 1985 (aus BROSIN, 1988).

Fig. 30: Areas of the joint subsatellite experiments in the Baltic Sea: Experiment 1, 1a, 1b: 19-26 April 1982; Experiment 2: 30 May-13 June 1983; Experiment 3: 15-26 May 1985 (from BROSIN, 1988).

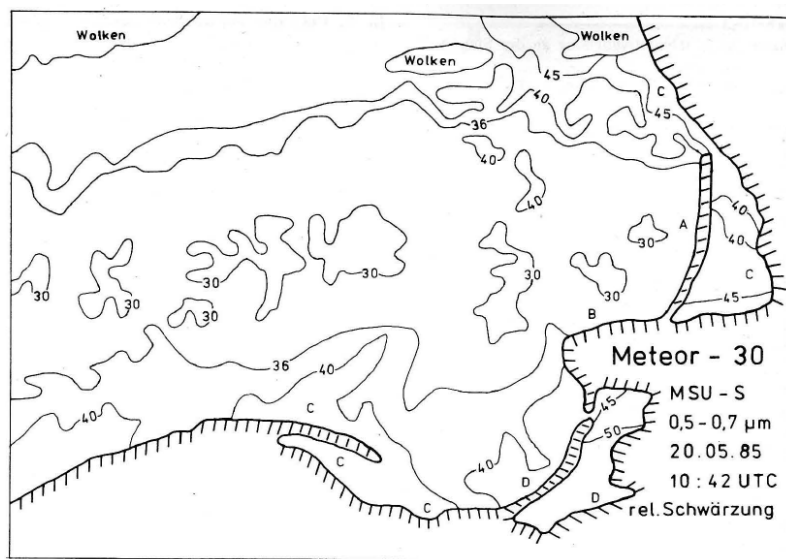


Abb. 31: Schwärzungsverteilung (relative Einheiten) in einer Aufnahme des sowjetischen Satelliten „METEOR-30“ vom 20. Mai 1985 (Spektralbereich 0.5-0,7  $\mu\text{m}$ ) während eines Subsatelliten-Experimentes in der südöstlichen Ostsee (aus BROSIN et al., 1988).

Fig. 31: Density distribution (relative units) of a picture taken at 20 May 1985 by the Soviet satellite “METEOR-30” (spectral range 0.5-0.7  $\mu\text{m}$ ) during a subsatellite experiment in the southeastern Baltic Sea (from BROSIN et al., 1988).

Die Arbeiten wurden ab 1981 teilweise in Zusammenarbeit mit Einrichtungen des Staatlichen Komitees für Hydrometeorologie und Umweltkontrolle der UdSSR im Rahmen bilateraler Abkommen zur Bearbeitung, Interpretation und Nutzung von Daten aerokosmischer Aufnahmen in der Ostsee durchgeführt (VIKTOROV & BROSIN, 1981). Wichtige Grundlagen hierfür lieferten 1982, 1983 und 1985 komplexe Subsatellitenexperimente (s. auch Abb. 30), wobei sich die Beiträge der beteiligten Partner gut ergänzten (BERESTOVSKIJ et al., 1984; BROSIN & VIKTOROV, 1984; VIKTOROV, 1985). Von großer Bedeutung für die Realisierung des Programms war vor allem die im Mai 1985 erfolgreich praktizierte operative Leitung der schiffsgebundenen Messungen anhand von aktuellen Satelliteninformationen (Abb. 31) (BROSIN et al., 1987, 1988; BYČKOVA et al., 1984, 1985). Weitere Details zur Anwendung von satellitengestützten Fernerkundungsverfahren für Aufgaben der Meeresforschung in der DDR sind unter IOW 1988,3 und bei BROSIN (1988, 1989) zu finden.

Mithilfe von Satellitendaten wurden auch Einträge aus Flüssen (SIEGEL et al., 1991) und Kaltwasserauftriebsereignisse in der Ostsee verfolgt (SCHMIDT et al., 1991).

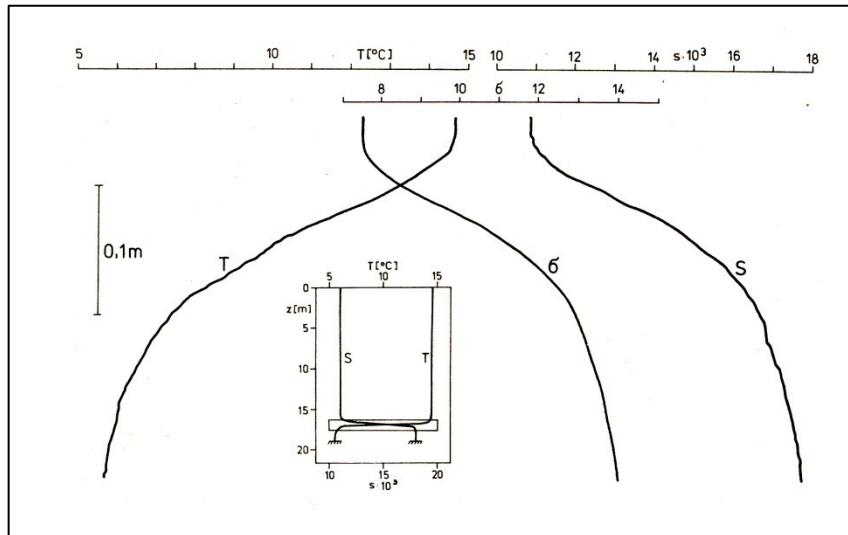
Mit der Weiterentwicklung der Erdbeobachtungssatelliten nach 1991 (z.B. NOAA-11 bis 18; SeaStar [SeaWIFS], IRS-P<sub>3</sub> [MOS], Sentinel) wurde im Institut für Ostseeforschung eine Arbeitsgruppe „Fernerkundung und Meeresoptik“ aufgebaut, die sich intensiv mit der Anwendung der optischen Fernerkundung von Prozessen in der Ostsee und in den Weltmeeren befasste (SIEGEL et al., 1999, 2008; SIEGEL & GERTH, 2008; SIEGEL, 2010).

### **Untersuchungen zur Mikrostruktur der Schichtung**

In der 2. Hälfte der 1970er Jahre wurden Untersuchungen der Echostreuschichten in der westlichen Ostsee (IOW 1980,5) und in diesem Zusammenhang der Mikrostruktur der Schichtung in Angriff genommen. Dieser Problematik haben sich HARTMUT PRANDKE und später ADOLF STIPS sowie THOMAS NEUMANN gewidmet. Bereits im Jahre 1979 wurde ein Messgerät zur feinmaßstäblichen Sondierung des Vertikalprofils zunächst der Temperatur, die so genannte Feinstruktursonde, entwickelt (IOW 1979,4; IOW 1979,5), die erstmals 1980 zum Einsatz kam (IOW 1980,6). Mit dieser Sonde konnten thermische Strukturen innerhalb der Dichtesprungschichten bis in den Dezimeterbereich aufgelöst werden.

Zur Erforschung der Mikrostruktur wurde die Feinstruktursonde – erweitert mit einem Sensor für Leitfähigkeit – später zu einer frei sinkenden Mikrostruktursonde MSS weiterentwickelt (IOW 1982,2; PRANDKE et al., 1985), die erstmals 1981 zum Einsatz kam. Mit der Sonde, die entkoppelt von den Bewegungen eines Forschungsschiffes mit einer mittleren Geschwindigkeit von 0,5 m/s bei einer Auflösung von maximal 1 mm sinkt, konnten hoch aufgelöste Vertikalprofile der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit in ausgewählten Tiefenbereichen bis 100 m registriert werden (PRANDKE & STIPS, 1984a, 1984b). Daraus wurden auch Mikrostrukturprofile der Dichte und der Schallgeschwindigkeit berechnet. 1985 wurden Berichte über die Forschungen zu den Echostreuschichten in der westlichen Ostsee vorgelegt (IOW 1985,5; PRANDKE & STIPS, 1987a).





*Abb. 32: Vertikalprofile von Temperatur  $T$ , Salzgehalt  $S$  und Dichte  $\sigma$  der T/S-Sprungschicht in der Mecklenburger Bucht, gemessen mit der Mikrostruktursonde MSS während einer Starkwindperiode am 14. Juli 1981 (aus PRANDKE & STIPS, 1990a).*

*Fig. 32: Profiles of temperature  $T$ , salinity  $S$  and density  $\sigma$  within the discontinuity layer of the Mecklenburg Bay measured by means of the microstructure profiler MSS during a gale period on 14 July 1981 (from PRANDKE & STIPS, 1990a).*

Bei den Untersuchungen zur Mikrostruktur in der Ostsee wurden extrem große lokale Gradienten in den Sprungschichten während Starkwindperioden registriert (Abb. 32), am 14. Juli 1981 z.B. ein Temperaturgradient von  $106 \text{ K/m}$  und ein Salzgehaltsgradient von  $99 \times 10^3/\text{m}$  (PRANDKE & STIPS, 1990a). Die Mikrostruktursonde wurde beispielsweise auch bei Untersuchungen zur Mischungstiefe durch Windwellen im tropischen Atlantik eingesetzt (s. FENNEL et al., 1983b).

Die Mikrostruktursonde wurde in der Folgezeit modifiziert (PRANDKE & STIPS, 1985, 1996). In der 2. Hälfte der 1980er Jahre wurde ein Mikrostrukturprofiler entwickelt, um Profile von Temperatur, Leitfähigkeit, Lichtextinktion und Druck mit einer vertikalen Auflösung von weniger als 5 mm bis zum Meeresboden zu erfassen (PRANDKE et al., 1988).

PRANDKE (1986c) hat sich neben der thermohalinen Mikrostruktur auch mit der Schallstreuung an aktiver Mikrostruktur (kleinskalige Turbulenz) und Mikroschallkanälen befasst. Im Arkonabecken und in der thermohalinen Sprungschicht der westlichen Ostsee wurden häufig Mikroschallkanäle registriert, die meist durch die unterschiedliche Ausprägung der Fein- und Mikrostruktur von Temperatur und Salzgehalt verursacht wurden (IOW 1985,6; PRANDKE, 1986c).

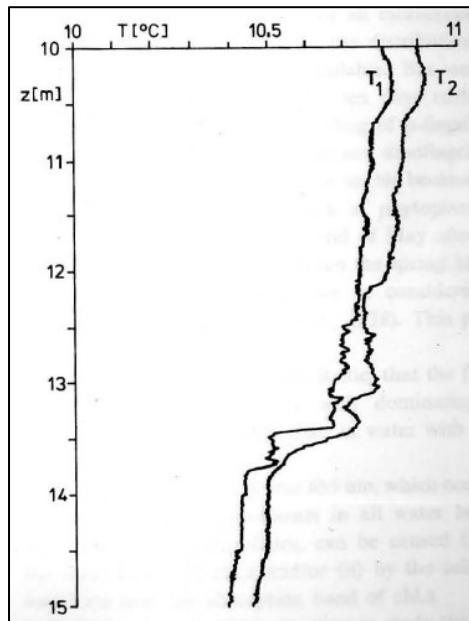


Abb. 33: Mit der Kohärenzmesssonde KMS gleichzeitig gemessene, hoch aufgelöste Temperaturprofile (horizontale Distanz 60 cm), gemessen am 12. Juli 1984 in der westlichen Ostsee (aus PRANDKE & STIPS, 1985).

Fig. 33: Simultaneously measured high resolution temperature profiles (horizontal distance 60 cm), using the coherence microstructure profiler KMS, measured on 12 July 1984 in the western Baltic (from PRANDKE & STIPS, 1985).

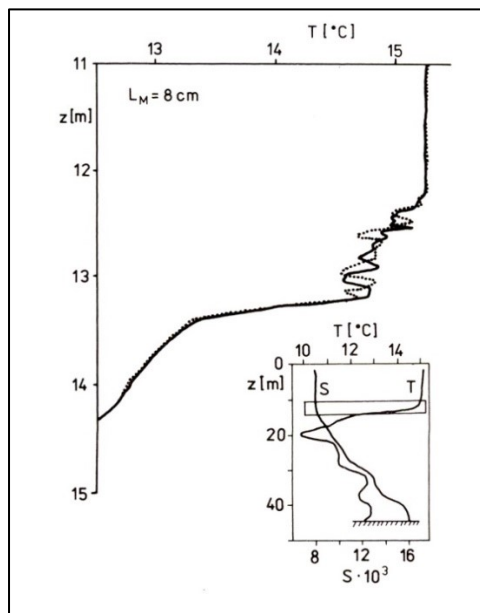


Abb. 34: Zwei mit der Kohärenzmesssonde KMS gemessene hochaufgelöste Temperaturprofile  $T$  (horizontale Distanz 8 cm) in der Sprungschicht des zentralen Arkonabeckens im August 1985 (aus STIPS & PRANDKE, 1992).

Fig. 34: Two high resolution temperature profiles  $T$  (horizontal distance 8 cm) measured in the thermocline of the central Arkona Basin in August 1985 using the coherence microstructure profiler KMS (from STIPS & PRANDKE, 1992).

Im Jahre 1984 wurden die theoretischen und experimentellen Voraussetzungen zur Untersuchung der Schallstreuung an der Mikrostruktur der Dichteschichtung erarbeitet (IOW 1984,4) und weitere Experimente in Angriff genommen (IOW 1984,5). Die Forschungen wurden vorrangig auf die akustische Wirkung der aktiven Schichtungsbereiche in den Hauptsprungschichten der westlichen Ostsee unter besonderer Berücksichtigung der sommerlichen Schichtungsverhältnisse konzentriert (PRANDKE & STIPS, 1990b). Messtechnische Grundlage war die bereits entwickelte Mikrostruktursonde (PRANDKE et al., 1985).

Zur Bestimmung der horizontalen Strukturen im Mikrostrukturbereich wurde eine sogenannte Kohärenzmesssonde KMS entwickelt (PRANDKE & STIPS, 1985; Abb. 33 und 34). Erste Ergebnisberichte wurden 1985 fertig gestellt (IOW 1985,7; IOW 1985,8). Im Jahre 1988 wurden die Untersuchungen abgeschlossen (STIPS & PRANDKE, 1988; STIPS, 1989) und führten zu dem Ergebnis, dass die Schallstreuung an aktiver Mikrostruktur in den Sprungschichten der Ostsee bei Frequenzen von einigen Hz bis etwa 10 kHz nur zu einem vernachlässigbaren Teil zur Gesamtdämpfung der Schallwellen beiträgt (STIPS, 1989). In der 2. Hälfte der 1980er Jahre haben sich NEUMANN et al. (1989) mit den Schallgeschwindigkeitsverhältnissen in der Bodenwasserschicht der westlichen Ostsee beschäftigt (s. auch NEUMANN, 1990).

Zwar erfolgten die Arbeiten zu den Echostreuschichten und der Mikrostruktur der Schichtung im Auftrage der Marine, ließen aber auch genügend Freiraum für detaillierte Untersuchungen zur thermohalinen Fein- und Mikrostruktur im Sprungschichtbereich (PRANDKE & STIPS, 1987b, 1990b, 1991, 1992; STIPS & PRANDKE, 1992). Spezielle Untersuchungen galten auch der Bodenreibungsschicht in der westlichen Ostsee (PRANDKE, 1986a; NEUMANN et al., 1989), die später in einer umfangreichen Arbeit publiziert wurden (STIPS et al., 1998).

Die grundlegenden Untersuchungen zur Mikrostruktur und die Geräteentwicklungen von PRANDKE und STIPS bildeten die Basis für weiterreichende Forschungen im IOW (LASS et al., 2003b; STIPS et al., 2005; UMLAUF et al., 2007; MOHRHOLZ et al., 2008).

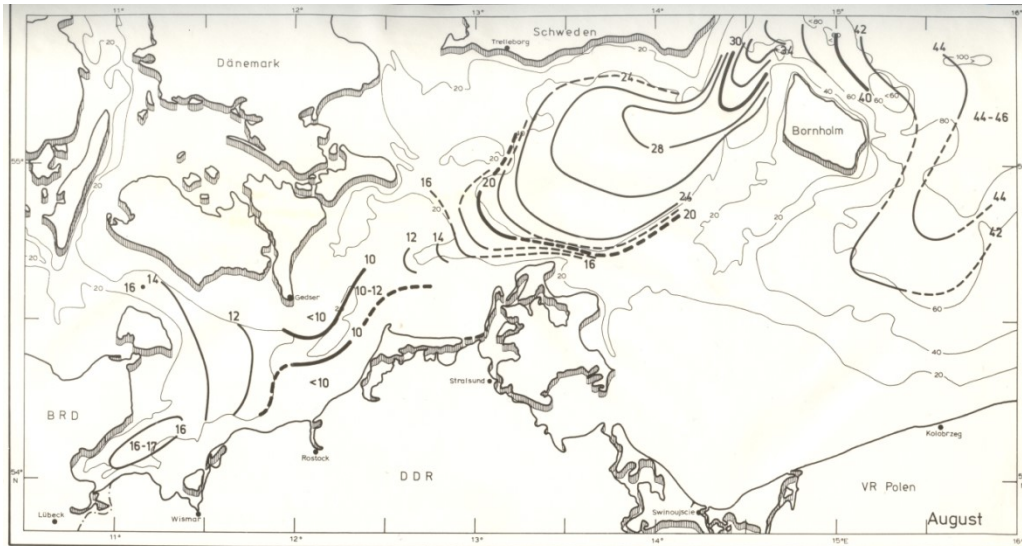
### **Untersuchungen zur Meeresakustik**

Die Ostsee gehört zu den besonders komplizierten Seegebieten in Bezug auf die Schallausbreitung und die hydroakustischen Ortungsmöglichkeiten. Mit der Meeresakustik hat sich das Institut für Meereskunde im Auftrage der Marine befasst. Diese Thematik wurde als Teil der Gesamtheit der regionalen ozeanographischen Gegebenheiten betrachtet und bearbeitet. Von besonderem Interesse waren die Schallausbreitungsbedingungen in der stark geschichteten westlichen Ostsee zwischen Kieler Bucht und Bornholmbecken.

Das IfM hat die ozeanographischen Bedingungen für die Ausbreitung von Schallwellen und den Einfluss von Temperatur und Salzgehalt auf die geometrische Schallausbreitung insbesondere in der westlichen und mittleren Ostsee analysiert. Abb. 35 zeigt beispielsweise die Häufigkeit des Vorkommens von Schallkanälen in der westlichen und

mittleren Ostsee im August. Erste meeresakustische Untersuchungen im IfM gehen bereits auf das Jahr 1963 zurück (IOW 1963,1).

Die im Auftrag der Marine zwischen 1969 und 1990 durchgeführten Forschungsarbeiten zur experimentellen und geometrischen Schallausbreitung in der westlichen Ostsee hatten vertraulichen Charakter und durften daher nicht publiziert werden. Erst nach der



*Abb. 35: Häufigkeit des Vorkommens von Schallkanälen (in %) in der westlichen und mittleren Ostsee im August (aus FRANCK, 1988).*

*Fig. 35: Frequency of sound channels (in %) in the western and central Baltic Sea in August (from FRANCK, 1988).*

Wiedervereinigung waren die Arbeiten für die Öffentlichkeit zugänglich und sind bei MATTHÄUS (2012, 2020) zusammenfassend dargestellt worden. Im genannten Beitrag werden die seinerzeitigen technischen Möglichkeiten, die durchgeführten meeresakustischen Untersuchungen und entwickelten Verfahren zur Ermittlung der geometrischen Schallausbreitung sowie die Ergebnisse für die praktische Anwendung anhand zahlreicher interner Forschungsberichte und Publikationen in Zeitschriften mit Geheimhaltungsstufen umfassend dargelegt, so dass hier auf weitere Details verzichtet werden kann.

### Entwicklung ozeanographischer Modelle

Ende der 1970er Jahre sind im Institut für Meereskunde erste Arbeiten zur Entwicklung einfacher ozeanographischer Modelle in Angriff genommen worden. Mithilfe der GREEN-Funktionstechnik entwickelte FENNEL ein allgemeines Advektions-Diffusions-Modell (FENNEL, 1977, 1979a, 1979b, 1981), das Vorhersagen über mesoskalige Diffusionsprozesse großräumiger Zirkulationsmuster ermöglichte.

Anfang der 1980er Jahre wurden erste Studien zur Modellierung von Strömungsprozessen in der Ostsee angefertigt (IOW 1981,2; IOW 1983,1). Dabei erfolgte die Integration der Modellgleichungen analytisch. Die Advektions-Diffusions-Theorie wurde auch auf die Herausbildung horizontaler Inhomogenitäten in der Phytoplanktonverteilung (Patchiness) angewendet (FENNEL & LASS, 1982; FENNEL et al., 1986). Theoretische Untersuchungen anhand von Kanal-Modellen folgten (FENNEL, 1984, 1986a, 1986b, 1989) und die Modellierung von Zirkulations- und Austauschprozessen in der Ostsee wurde in Betracht gezogen (FENNEL et al., 1985). Numerische Verfahren wurden eingesetzt, um mit Hilfe von gemessenen Schichtungsdaten dynamische Parameter, die geographischen Verteilungen der ROSSBY-Radien und Phasengeschwindigkeiten von Trägheitswellen in der Ostsee zu ermitteln (FENNEL et al., 1991).

Ein entscheidendes Hindernis für die Entwicklung und Anwendung von numerischen Zirkulationsmodellen war die unzureichende Rechentechnik in der DDR (BÖHL, 1983). Erst im Institut für Ostseeforschung konnten aufgrund der ab 1992 verfügbaren modernen Rechentechnik die in den 1980er Jahren konzipierten Modelle durch numerische Zirkulationsmodelle ergänzt und auch auf die Modellierung mariner Ökosysteme erweitert werden (vgl. FENNEL & NEUMANN, 2004).

### **Theoretische Ozeanographie im Institut für Meereskunde**

Bis Anfang der 1970er Jahre war die physikalische Ozeanographie nahezu ausschließlich auf die messende Ozeanographie ausgerichtet. Erst mit dem Eintritt von HANS ULRICH LASS im Jahre 1972 und WOLFGANG FENNEL im Jahre 1976 in das IfM rückten auch Fragen der theoretischen Ozeanographie in den Fokus.

LASS befasste sich mit der Theorie der Strömungen im Meer. Er untersuchte spezielle Voraussetzungen für die Anwendung der dynamischen Methode bei zeitlich veränderter Massenaufbau im Meer (LASS, 1972), Methoden zur Vergleichbarkeit von Beobachtung und Theorie der winderzeugten Meeresströmung (LASS, 1973, 1974a, 1976) und befasste sich mit winderzeugten Wellen (LASS, 1974b). FENNEL widmete sich zunächst der Theorie der turbulenten Diffusion im Meer (FENNEL, 1977, 1979a, 1979b, 1981; FENNEL et al., 1980), wobei insbesondere die Bestimmung effektiver Austauschkoefizienten für vorgegebene Zirkulationsmuster einen Schwerpunkt bildete.

Im Jahre 1977 entwarfen LASS und FENNEL ein 130 Seiten umfassendes Skript zu theoretischen Grundlagen der Ozeanographie, das allen interessierten Ozeanographen des IfM zur Verfügung gestellt wurde (LASS & FENNEL, 1977).

Die Anwendung der GREEN-Funktionstechnik ermöglichte allgemeine Darstellungen der ozeanischen Reaktion auf Windanregungen, mit denen FENNEL et al. (1987a) Spektren der Strömungsfluktuationen innerhalb der äquatorialen zonalen und meridionalen Strömung im

östlichen Pazifik berechnen konnten. Es wurden auch vergleichende Untersuchungen des äquatorialen Unterstroms mit küstengeführten Unterströmen präsentiert (FENNEL, 1988). Anhand einer einfachen Theorie erklärten FENNEL & LASS (1986) die durch Wind erzeugten zonalen Fronten im nordöstlichen zentralen Atlantik.

1988 untersuchte LASS in einer theoretische Studie den barotropen Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee (LASS, 1988). FENNEL und LASS befassten sich mit der Wellentheorie, u. a. der Trägheitswellen im Meer (FENNEL, 1982, 1984, 1986a; FENNEL & LASS, 1979, 1983a, 1983b, 1983c). Darüber hinaus wurde die Reaktion eines Küstenmeeres auf ein küstenparalleles Windband anhand der linearen BOUSSINESQ-Gleichungen untersucht (FENNEL, 1992).

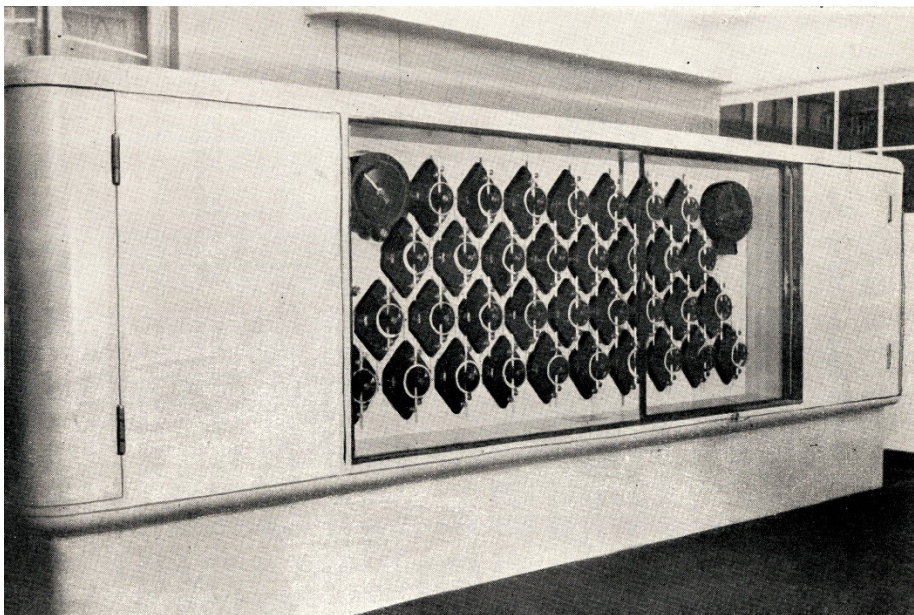
Ihre Erkenntnisse fassten sie in dem Buch „Analytische Theorie erzwungener ozeanischer Wellen“ zusammen (FENNEL & LASS, 1989). Dabei ging es um die allgemeine Darstellung der linearen Reaktion des durch Windstress angetriebenen Ozeans. Die theoretischen Ansätze nutzten die Methode der GREEN'schen Funktionen, die eine einheitliche Behandlung der verschiedenen Probleme ermöglicht.

Weitere theoretische Arbeiten untersuchten den Einfluss von topographischen Hindernissen auf die Herausbildung von Strömungsmustern (FENNEL & SCHMIDT, 1991).

### 4.3 Einige Aspekte der Physikalischen Ozeanographie der Nordsee

#### Untersuchungen zu Gezeiten

GÜNTHER SAGER befasste sich mit grundlegenden Fragen und regionalen Besonderheiten der Meeresgezeiten. Sein Interesse wurde vor allem durch die Gezeitenrechenmaschine der DDR auf das Thema „Gezeiten“ gelenkt. Die dritte deutsche Gezeitenrechenmaschine (Abb. 36) wurde von der Abt. Meereskunde des SHD entworfen und in den Jahren 1952 bis 1954 vom VEB Lokomotivbau in Potsdam-Babelsberg und dem VEB Geräte- und Reglerwerke Teltow gebaut. Sie wurde 1956 in Rostock aufgestellt (SAGER & MIEHLKE, 1955; SAGER et al., 1955; MIEHLKE, 1960; SAGER, 1956b; BRUNS, 1970). SAGER befasste sich sehr intensiv mit der Maschine und nutzte sie vor allem für Forschungszwecke. Allerdings konnte sie für die Vorausberechnung der Gezeiten einzelner Häfen nie genutzt werden, da benötigte spezielle Korrekturfaktoren für die DDR nicht verfügbar waren. Die Gezeitenrechenmaschine wurde 1990 vor der Verschrottung bewahrt und befindet sich heute im Deutschen Schiffahrtsmuseum in Bremerhaven (KEHSE, 2000).



*Abb. 36: Vorderseite der Gezeitenrechenmaschine der DDR aus dem Jahre 1954 (aus SAGER et al., 1955).*

*Fig. 36: Front view of the GDR tide predicting machine completed in 1954 (from SAGER et al., 1955).*

Mit den Gezeiten in der Ostsee hat sich SAGER nur randlich beschäftigt (SAGER, 1967a), dafür aber sehr intensiv mit den Gezeiten in der Nordsee, dem Ärmelkanal und der Irischen See (SAGER, 1964a, 1964b). Seine umfangreichen Untersuchungen und Kartenentwürfe

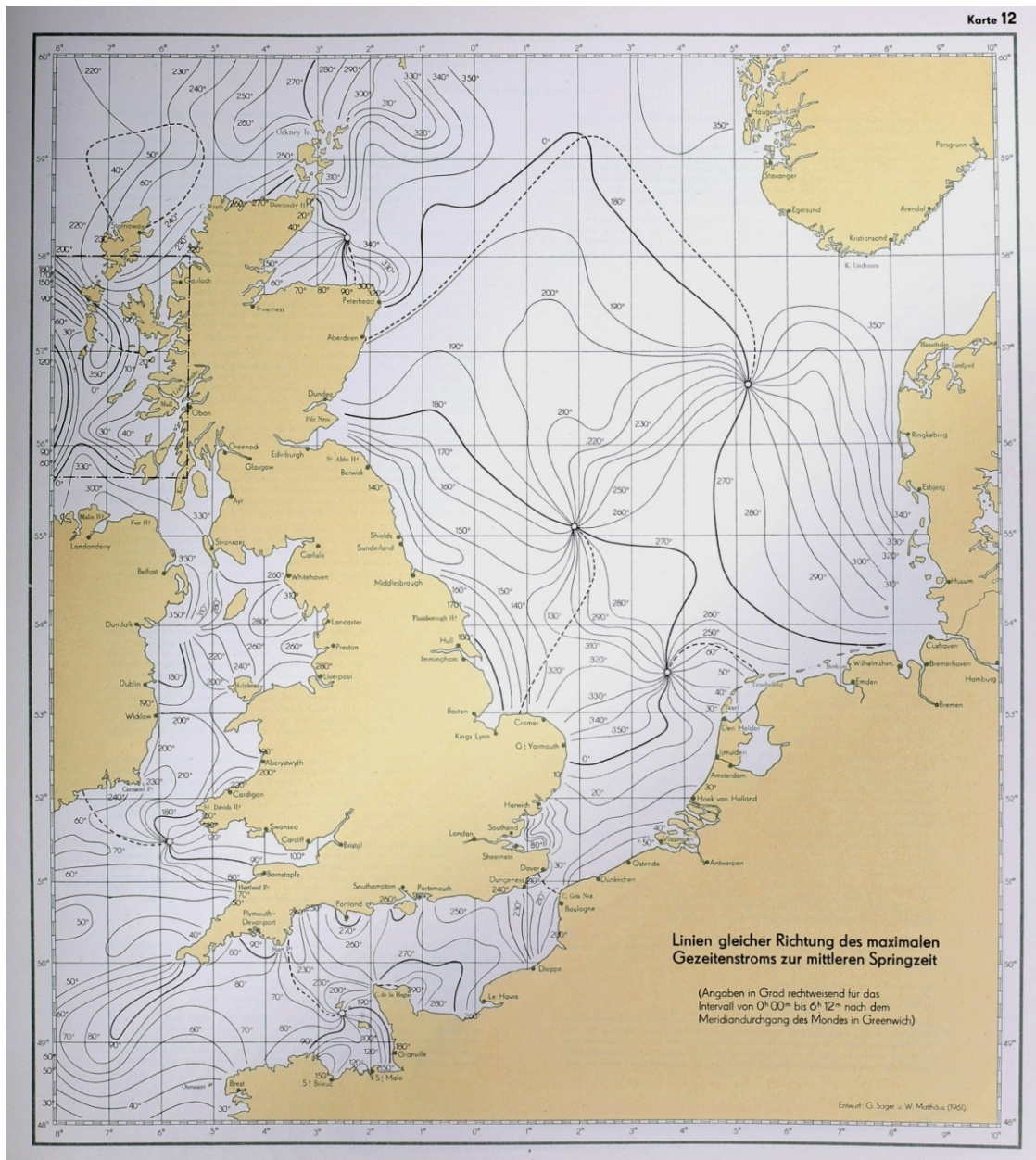


Abb. 37: Karte 12 aus dem „Atlas der Elemente des Tidenhubs und der Gezeitenströme“ (aus SAGER, 1963).

Fig. 37: Chart 12 of the „Atlas of elements of tidal range and tidal streams“ (from SAGER, 1963).

(s. Literaturverzeichnisse in den Atlanten) fasste er zu neuartigen Atlanten der Elemente des Tidenhubs und der Gezeitenströme (SAGER, 1963; s. Abb. 37) sowie der Tidewasserstände (SAGER & SAMMLER, 1964; s. Abb. 38) zusammen. Diese beinhalten die Elemente der Gezeiten für die Nordsee und den Kanal lückenlos und beziehen auch die seinerzeit noch fast ganz aus dem Kreis derartiger Betrachtungen ausgeschlossene Irische See und die schottische West- und Nordküste mit ein. Die Atlanten für die Nordsee und die angrenzenden Gewässer



fanden breite internationale Anerkennung. Auch ein Atlas der Gezeitenströme wurde in drei Ausgaben (DAW, 1962; SHD, 1968, 1975) durch SAGER bearbeitet und vom SHD herausgegeben.

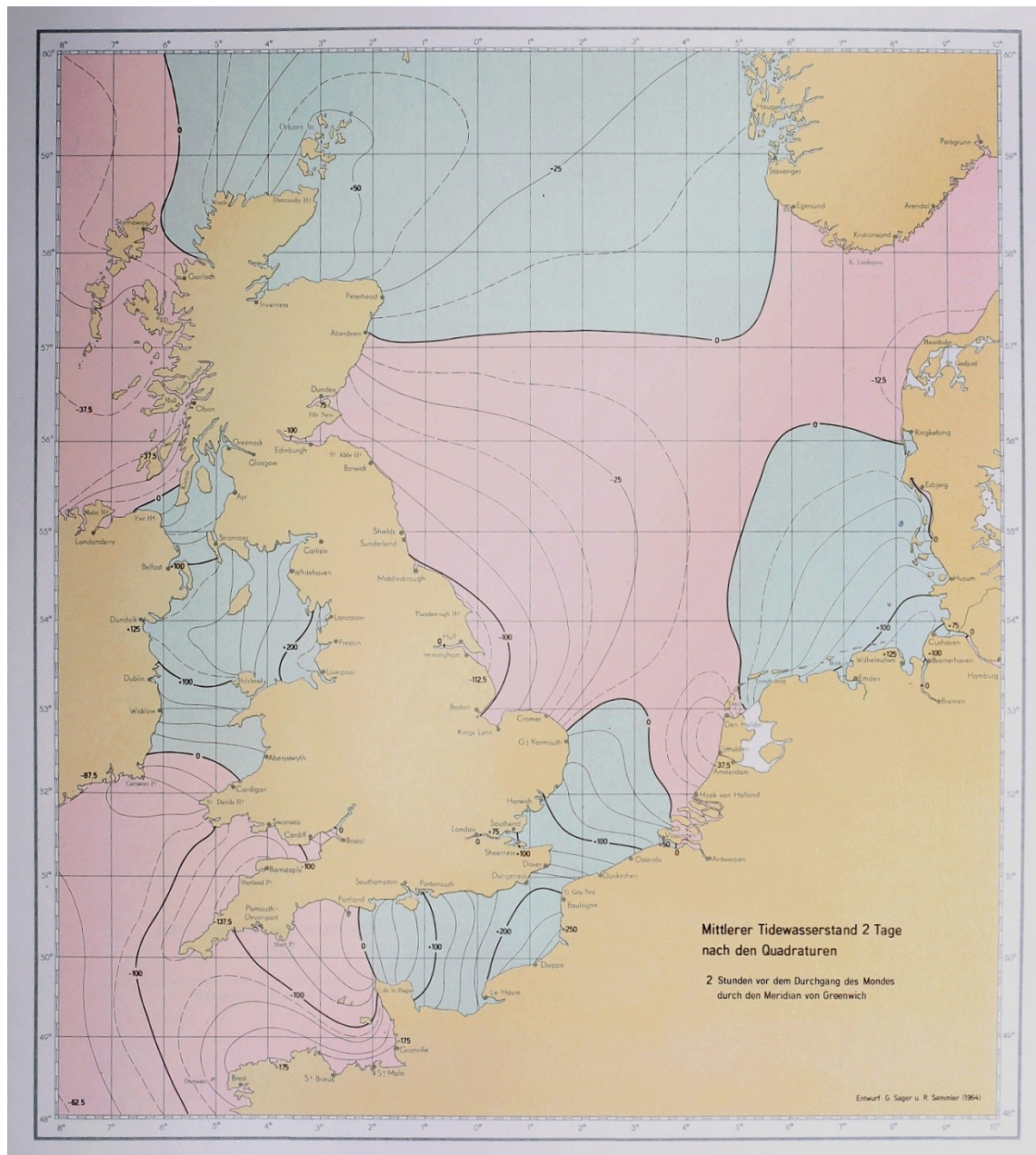


Abb. 38: Karte aus dem „Atlas der Tidewasserstände“ (aus SAGER & SAMMLER, 1964).

Fig. 38: Chart extracted from the „Atlas of tidal levels“ (from SAGER & SAMMLER, 1964).

In zahlreichen Arbeiten hat SAGER methodische Fragen (SAGER, 1962; 1973a, 1973b), die Gezeitenströme und Gezeitenstromturbulenz (SAGER, 1965b, 1961-1975) sowie regionale Gezeitenerscheinungen (z.B. SAGER, 1968a, 1975d, 1983; SAGER & SAMMLER, 1969) bearbeitet. Er hat sich aber auch Gedanken zur Expansion der Erde (SAGER, 1976b) und über den Einfluss der Gezeitenreibung auf die Erddrehung gemacht (SAGER, 1984). Fünf

populärwissenschaftliche Bücher über die Gezeiten des Weltmeeres (SAGER, 1959a, 1959b, 1972b, 1987, 1990) runden seinen Ruf als Spezialist für Gezeiten ab. In einem Übersichtsbeitrag würdigte HAGEN im Jahre 2017 anhand von hinterlassenen Manuskripten das Wirken von GÜNTHER SAGER für die Gezeitenforschung (SAGER & HAGEN, 2017).

### **Die Untersuchungen an der Norwegischen Rinne**

Auf hydrographischem Gebiet hat das IfM in der Nordsee nur sehr sporadisch gearbeitet. Im Jahre 1965 begannen mehrjährige ozeanographische Untersuchungen am westlichen Hang der Norwegischen Rinne in der Nordsee, der so genannten Ostkante. Erste Ergebnisse wurden bereits 1966 publiziert (FRANCK et al., 1966). Aus der Bedeutung der Norwegischen Rinne als wichtigstes Heringsfanggebiet der DDR-Hochseefischerei in den 1960er Jahren resultierte die Aufgabe, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Hochseefischerei und Fischverarbeitung in Rostock die Beziehungen zwischen raumzeitlichen Veränderungen der Meeresumwelt und denen der Ergiebigkeit der Heringsbestände zu klären. Das IfM führte physikalische, chemische und produktionsbiologische Untersuchungen auf insgesamt sieben Fahrten zwischen 1966 und 1969 durch (FRANCK et al., 1970, 1972). Die Auswertung aller Untersuchungen ergab, dass offensichtlich nicht veränderte Umweltbedingungen sondern die sehr intensive Befischung zum Rückgang der Heringsbestände seit 1967 geführt hat (FRANCK et al., 1973).

Ein späterer Versuch, ein Nordsee-Forschungsprogramm (NOWAP) zu etablieren, scheiterte in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre.

### **Das Nordsee-Ostsee Wasser-Austausch-Projekt (NOWAP)**

In Erweiterung des WEDS-Projektes plante das IfM im Jahre 1985 Untersuchungen in der Nordsee unter dem Kürzel NOWAP (**N**ordsee-**O**stsee **W**asser-**A**ustausch-**P**rojekt). Ziel war eine erweiterte Erforschung des Wasseraustausches zwischen Nord- und Ostsee über Kattegat und Skagerrak hinaus bis in den Baltischen Strom vor der Küste Norwegens (IOW 1984,6; IOW 1985,9). Der eigentliche Hintergrund war aber vorwiegend wissenschaftspolitischer Art. Die Monitoring-Untersuchungen sollten auf die Nordsee ausgedehnt werden, um auch in diesem Seegebiet präsent zu sein. Das Messprogramm umfasste insgesamt 35 Stationen auf einem Längsschnitt Skagerrak–Shetland-Inseln–Ärmelkanal sowie drei Querschnitte im Bereich des Baltischen Stroms bis in den Skagerrak hinein (NEHRING et al., 1985). Es waren für die folgenden Jahre jeweils zwei Messfahrten pro Jahr geplant. Im Rahmen dieses Projektes fanden jedoch nur insgesamt fünf Messfahrten zwischen 1985 und 1988 statt (IOW 1984-1988; IOW 1985,10; IOW 1987,3; IOW 1987,4); dann wurde das Projekt aufgegeben. Ende der 1980er Jahre wurden die gewonnenen Daten aus der Nordsee ausgewertet (IOW 1990).

#### 4.4 Untersuchung physikalischer Prozesse im Atlantischen Ozean

Die ozeanographischen Untersuchungen des Instituts für Meereskunde im Atlantischen Ozean begannen bereits in der 2. Hälfte der 1950er Jahre. Dank einer Initiative von BRUNS konnten auf Einladung der Akademie der Wissenschaften der Sowjetunion physikalische Ozeanographen des IfM zwischen 1957 und 1963 an insgesamt acht Expeditionen des sowjetischen Forschungsschiffes (FS) „Michail Lomonossov“ in den Atlantischen Ozean teilnehmen. Dabei ging es seitens des IfM vor allem um die Erprobung einer Reihe von Versuchsmustern neuartiger ozeanographischer Messgeräte im offenen Ozean sowie der Verifizierung der gewonnenen Daten im Vergleich mit denen der damals üblichen Messverfahren. Es ging aber auch um spezielle Untersuchungen zur Dynamik innerhalb der Deckschicht des Atlantischen Ozeans (MATTHÄUS & HUPFER, 2017).

##### Seegang und Wellen

Mit Seegang und Meereswellen sowie deren Messung hat sich aufgrund seines Ingenieurstudiums in See- und Hafenbau sowie seines speziellen Interesses für Oberflächenwellen vor allem ERICH BRUNS in den 1950er und 1960er Jahren beschäftigt (BRUNS, 1954; IOW 1955,3).

Ziel der deutschen ozeanographischen Gruppe auf der ersten Reise des FS „Michail Lomonossov“, an der BRUNS selbst teilnahm, war vor allem die Erforschung der Dynamik der Oberflächenwellen des Nordatlantischen Ozeans mithilfe eines neu entwickelten Hochseewellenschreibers (BRUNS, 1962a) sowie gemeinsame methodische und vergleichende Arbeiten mit den Wellenmessgeräten sowjetischer Konstruktion. Der Wellenschreiber, der später auf fast allen weiteren Reisen mit deutscher Beteiligung eingesetzt wurde, bestand seine Bewährungsprobe auch bei hohem Seegang. Es wurden Wellenhöhen im Nordatlantik bis 11,4 m (1. Reise; BRUNS, 1961) bzw. 16 m (4. Reise; BRUNS, 1961) gemessen. Da die Auswertung sehr mühsam und zeitaufwändig war (z.B. IOW 1958,4), ist eine Aufarbeitung in systematischer Form nie erfolgt.

Ein Höhepunkt der Arbeiten von BRUNS über Oberflächenwellen war sein „Handbuch der Wellen der Meere und Ozeane“, das in zwei Auflagen 1953 und 1955 erschienen ist (BRUNS, 1953b). Das Buch war insbesondere unter dem Gesichtspunkt von Bedeutung, den seinerzeitigen Stand der Meereswellenforschung mit Blick auf die praktischen Anforderungen an Nautiker und Ingenieure zusammenfassend in deutscher Sprache dargestellt zu haben. Er schlug u. a. eine Darstellung der Wellenmessungen durch Isolinien der einzelnen Wellenelemente vor (BRUNS, 1954, s. Abb. 39).

In den 1960er Jahren hat sich BRUNS zeitweise weiter mit Forschungen zu Meereswellen vor allem in der Ostsee beschäftigt (IOW 1963,2; IOW 1963,3; IOW 1964,1) und zusammenfassende Beiträge über Wellen in Seegebieten der Fangplätze der Hochseefischerei der DDR verfasst (BRUNS, 1962b). In den 1960er und 1970er Jahren hat sich

SAGER von der theoretischen Seite mit Wasserwellen befasst (SAGER, 1961b, 1967b, 1973c, 1974d, 1975a). Insgesamt hat die Wellenforschung im IfM keinen großen Stellenwert gehabt.

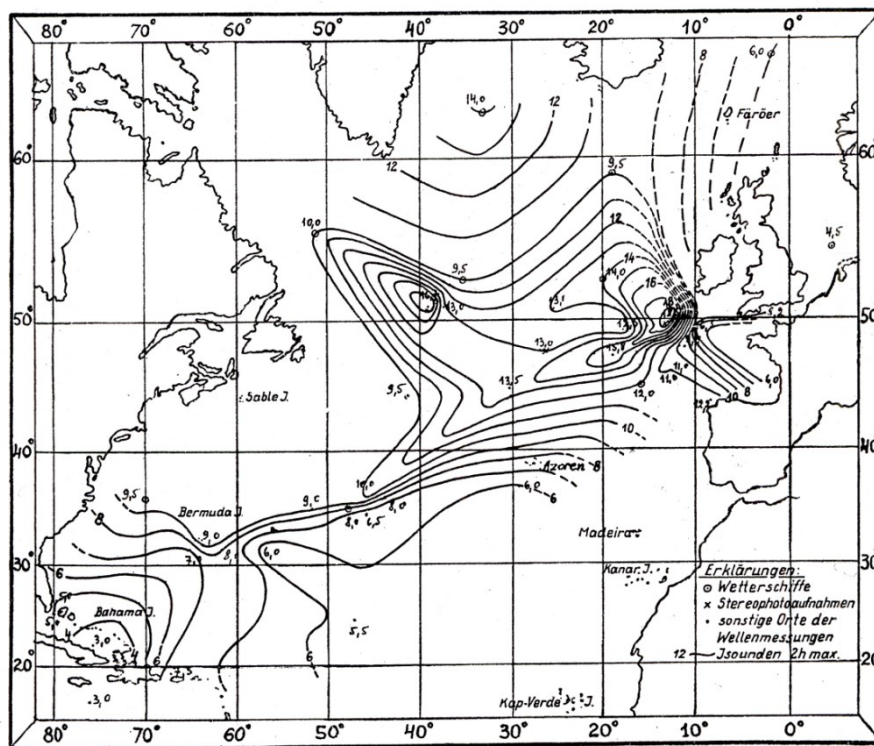


Abb. 39: Karte der Linien gleicher maximaler Wellenhöhen (Isounden) für den nördlichen Atlantischen Ozean (aus BRUNS, 1954).

Fig. 39: Map of the maximum wave heights (isounds) of the northern Atlantic Ocean (from BRUNS, 1954).

In den 1970er Jahren hat SCHMAGER im Hydro-Meteorologischen Dienst der Marine die Untersuchungen zu den Wellenhöhen in der südlichen Ostsee mit der Entwicklung eines Wellenatlas fortgesetzt (SCHMAGER, 1979, 2017).

### Äquatoriale Stromsysteme

Auf drei Reisen von FS „Michail Lomonossov“, durchgeführt zwischen Oktober 1958 und April 1960, wurde von KLAUS VOIGT in fast allen Regionen des Atlantiks eine praktisch kontinuierliche vertikale Verteilung von Temperatur und Salzgehalt bis in 400 m Tiefe mit einer Genauigkeit gewonnen, die an die der Kippthermometer und der Chlortitration heranreichte. Dies erfolgte mit Hilfe des TS-Fühlers (KASTEN, 1963; VOIGT, 1963), einem Vorläufer der heutigen CTD-Sonden. Diese kontinuierlichen Messungen gaben einen vertieften Einblick in den dreidimensionalen Aufbau der hydrographischen Hauptregionen des Atlantischen Ozeans und deren thermohaliner Schichtung (VOIGT, 1963).

In den 1970er und 1980er Jahren führte das IfM Untersuchungen über die Dynamik der äquatorialen Stromsysteme im Rahmen der internationalen Forschungsprogramme GATE 1974 (GARP Atlantic Tropical Experiment) (BROWN & VOIGT, 1974; DÜING et al., 1975; VOIGT et al., 1976; KATZ et al., 1977) und FGGE 1979 (First GARP Global Experiment) durch (LASS et al., 1980a, 1980b, 1981, 1983; KATZ et al., 1981; MOLINARI et al., 1983), die unter der Schirmherrschaft des Global Atmospheric Research Programme (GARP) standen (Abb. 40). Das System der äquatorialen Unterströme im Zentralatlantik wurde auf ausgewählten Meridionalschnitten vermessen. So konnten die Kerngeschwindigkeiten der Stromzweige und deren Tiefenlage in internationaler Zusammenarbeit präzisiert werden (DÜING et al., 1980). Untersuchungen von LASS & HAGEN (1980) zeigten, dass die äquatoriale, nach Westen gerichtete Komponente des Südost-Passats die zonalen Gradienten im Wasserstand entlang des Äquators steuern und damit auch die für die ostwärts setzenden Unterströmungen

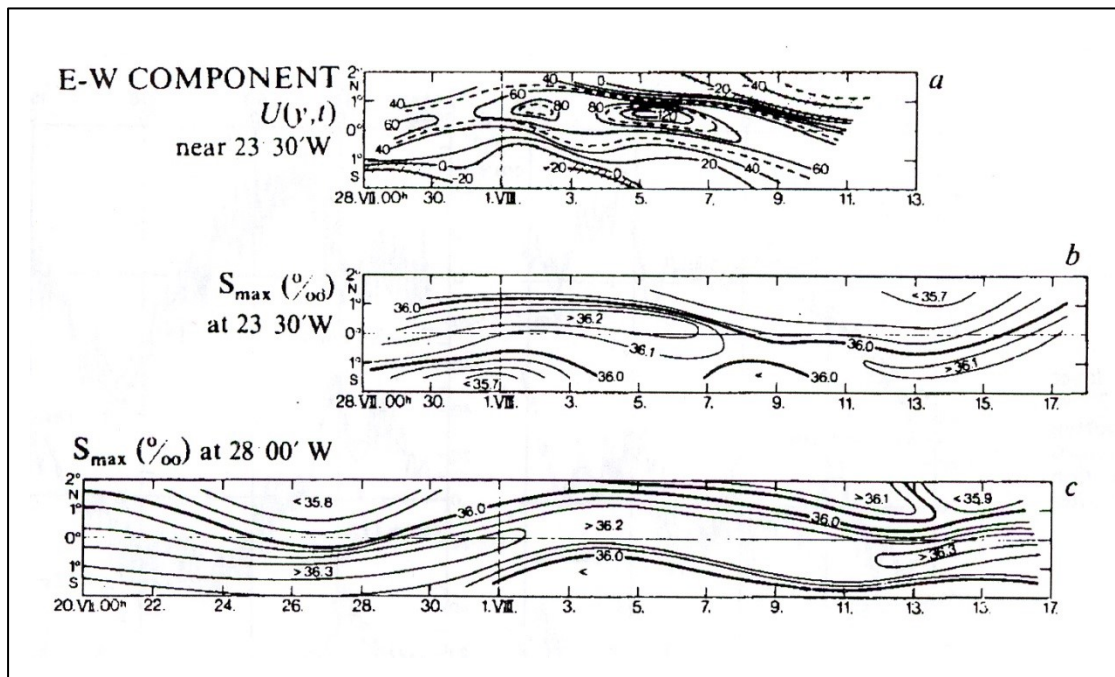


Abb. 40: Mäander im äquatorialen atlantischen Stromsystem dokumentiert anhand der Ost-West Strömungskomponente (a, in cm/s) und Salzgehaltsmaximum (b) in einer Zeit-Breiten-Darstellung beobachtet auf FS „A. v. Humboldt“ während GATE 1974 verglichen mit den Salzgehaltsbeobachtungen (c) der amerikanischen Forschungsschiffe „Iselin“ und „Trident“ (aus DÜING et al., 1975).

Fig. 40: Meanders of the equatorial Atlantic current system shown by means of the east-west current component (a, in cm/s) and the salinity maximum (b) in a time-latitude section observed by r/v „A. v. Humboldt“ during GATE 1974 compared to salinity observations (c) of the American r/v „Iselin“ and „Trident“ (from DÜING et al., 1975).

wichtigen zonalen Druckgradienten. Dieser Zusammenhang konnte später durch diagnostische Modellierung des äquatorialen Massenfeldes in Zusammenarbeit mit dem „SCHIRSCHOW-Institut für Ozeanologie“ (IOAN) in Moskau bestätigt werden (DEMIN et al., 1981; HAGEN & DEMIN, 1982). Der Zusammenhang zwischen den Wassermassentransporten des äquatorialen Gegenstromsystems und den raumzeitlichen Variationen des Auftriebsgebietes über dem Schelf Nordwestafrikas rückte zunehmend in den Forschungsblickpunkt. So wurden nordwestlich der Kapverdischen Inseln wie im äquatorialen Stromsystem intern mäandrierende Fronten zwischen modifizierten Wassermassen beobachtet (HAGEN, 1985a).

Anhand von polnischem Datenmaterial stellte ZAHN eine Methode vor, mit deren Hilfe die intermediäre Wassermassenausbreitung erfasst sowie intermediäre Fronten identifiziert werden können und erläuterte das am Beispiel der Ausbreitung des Mittelmeerwassers im Sommer 1984 im nordöstlichen Zentralatlantik (ZAHN, 1986, 1988). Auf einer Forschungsreise in den zentralen östlichen Nordatlantik zwischen den Azoren und den Kapverdischen Inseln im Jahre 1989 wurden die zonalen Strukturen der Mächtigkeit der Schicht zwischen der 15 und 18 °C Isotherme untersucht (HAGEN, 1992b). Weitere Untersuchungen befassten sich mit dem tropischen und subtropischen Nordatlantik (HAGEN, 1989; HAGEN & SCHMAGER, 1991; HAGEN & ZAHN, 1992).

### **Äquatorialer Unterstrom**

Ein herausragendes Ergebnis der Forschungen des Warnemünder Instituts auf FS „Michail Lomonossov“ war die Wiederentdeckung des Äquatorialen Unterstroms im Atlantik (MATTHÄUS, 1969b). Auf der 5. Reise von April bis Juli 1959 wurde von VOIGT auf einer Ankerstation in Äquatornähe auf 30° W mithilfe des Versuchsmusters eines neu entwickelten selbstregistrierenden Strömungsmessers der Unterstrom nachgewiesen (VOIGT, 1961). HELM (1971) hat später einen kurzen Überblick über die Stromsysteme im Mittelatlantik gegeben.

Zwischen dem 22. April und 23. Juni 1964 erfolgten die ersten eigenen Untersuchungen im Atlantik mit dem IfM-Forschungsschiff „Professor Albrecht Penck“ (MATTHÄUS, 2007a). Zielstellung der Expedition war die Erforschung des äquatorialen Stromsystems im östlichen Atlantik, insbesondere die Ausdehnung des Äquatorialen Unterstroms bis in den Golf von Guinea. Auf der Expedition wurde die erste systematische Vermessung des Äquatorialen Unterstroms von 12° W bis 4° 30' E durchgeführt. Die Beobachtungen im Golf von Guinea bestätigten die Existenz einer kräftigen äquatorialen Unterströmung im Atlantik unter dem an der Oberfläche mit etwa 0,5 bis 1,5 kn nach Westen setzenden Südäquatorialstrom. Auf allen fünf vermessenen Meridionalschnitten war der Unterstrom nachweisbar. Seine Kerngeschwindigkeit nahm von rund 85 cm/s längs 12° W auf etwa 30 cm/s längs 4° 30' E ab (Abb. 41). Basierend auf den direkten Strömungsmessungen wurden mäanderartige Bewegungen des Unterstroms um den Äquator zwischen etwa 0° und 1-2° S beobachtet.

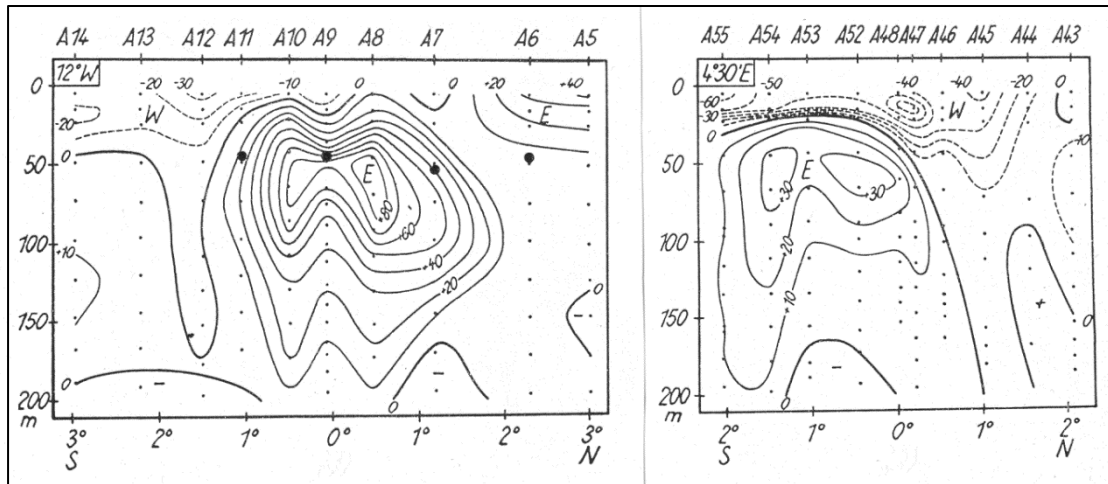


Abb. 41: Zonalkomponente der Strömung (in cm/s; Bezugsniveau 215 m) auf  $12^{\circ}W$  und  $4^{\circ}30'E$  im Golf von Guinea. Die schwarzen Punkte auf  $12^{\circ}W$  zeigen die Tiefe des Salzgehaltsmaximums (aus STURM & VOIGT, 1966).

Fig. 41: Eastward component of the current (in cm/sec) with respect to the 215 m level at  $12^{\circ}W$  and  $4^{\circ}30'E$  in the Gulf of Guinea. Black dots at  $12^{\circ}W$  show the level of the salinity maximum (from STURM & VOIGT 1966).

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden von SCHEMAINDA et al. (1964, 1967) und SCHEMAINDA & STURM (1964) sowie STURM & VOIGT (1966) und VOIGT et al. (1969) veröffentlicht. Die Untersuchungen lieferten seinerzeit die einzigen, durch direkte Strömungsmessungen erzielten Verteilungen der Strömung beiderseits des Äquators. Auch im Rahmen des Äquatorialen Experiments des ozeanographischen Unterprogramms von GATE 1974 beteiligte sich das IfM an der Untersuchung des Äquatorialen Unterstroms, seiner raumzeitlichen Variationen und seiner Struktur (VOIGT et al., 1976).

Die Untersuchungen des Unterstroms wurden vom IfM bis in die 1980er Jahre fortgesetzt (vgl. BROSIN & NEHRING, 1968; VOIGT, 1975; BROSIN & HELM, 1975; HELM et al., 1980; HAGEN & SCHEMAINDA, 1983).

Erwähnt seien auch ozeanographische Untersuchungen auf dem Schelf vor Guinea und Guinea-Bissau, die im Jahre 1976 im Rahmen einer Fangplatzerkundungsreise des Fischereiforschungsschiffes (FFS) „Ernst Haeckel“ des IfH Rostock durchgeführt wurden (IOW 1977,3).

In den 1980er Jahren erarbeitete HAGEN eine Studie über die Grundzüge eines weiterführenden nationalen Forschungsprogramms der DDR zum Studium des atlantischen Stromsystems im Rahmen des internationalen Programms der Weltklimaforschung (IOW 1981,4).

## Kaltwasserauftrieb vor Nordwest- und Südwestafrika

Das Institut für Meereskunde hat über zwei Jahrzehnte besonders intensiv den Kaltwasserauftrieb (coastal upwelling) vor Nordwest- und Südwestafrika im Rahmen des Programms „Ozeanographische Untersuchungen zum Produktionspotential im östlichen Zentralatlantik“ erforscht. Dabei ging es um die Gesetzmäßigkeiten sowohl der physikalischen Prozesse als auch der chemischen Strukturen und biotischen Faktoren als Voraussetzung für die Erschließung neuer, bisher industriell noch nicht genutzter Eiweißträger (IOW 1970). Zunächst wurden in einer Studie die seinerzeitigen Kenntnisse der physikalischen, chemischen und biologischen Umweltfaktoren im Bereich des Nord- und Südäquatorialstroms sowie der Auftriebsgebiete vor Nordwest- und Südwestafrika zusammengetragen und Vorschläge für Messprogramme erarbeitet (SCHULZ et al., 1969). Zwischen 1970 und 1983 wurden dann insgesamt 13 mehrmonatige Forschungsfahrten des FS „A. v. Humboldt“ in die küstennahen Auftriebsgebiete vor Nordwest- und Südwestafrika sowie in den äquatorialen Atlantik durchgeführt (HAGEN, 2007). Unter der Voraussetzung, dass der jährliche Zyklus alle anderen zeitlichen Änderungen dominiert, wurde auf dieser Datenbasis erstmalig der Jahresgang im Auftriebsgeschehen vor Nordwestafrika beschrieben (SCHEMAINDA, 1973; SCHEMAINDA et al., 1975).

Den dynamischen Prozessen im küstennahen **nordwestafrikanischen Auftriebsgebiet** und dem küstenfernen Wasserauftrieb im Gebiet der Kap-Verden-Divergenz an der Südflanke des Nordäquatorialstromes, deren Untersuchung in den 1970er Jahren begann, haben sich HAGEN und SCHEMAINDA sehr intensiv gewidmet (MATTHÄUS, 2015b, 2018). Zwischen 1970 und 1976 wurde auf insgesamt sieben Forschungsreisen die jahreszeitliche Verlagerung der küstennahen Auftriebszone erforscht (NEHRING et al., 1972-1977; SCHEMAINDA et al., 1972; SCHULZ et al., 1973-1977). Darüber hinaus wurden auf drei Meridionalschnitten im tropischen Atlantik zwischen 15° N und 2° S, 20° und 30° W die küstenfernen Wasserauftriebsprozesse untersucht (SCHEMAINDA et al., 1976). Über einige ozeanographische Besonderheiten der nordwestafrikanischen Auftriebsregion berichtete SCHEMAINDA bereits 1974 (SCHEMAINDA, 1974).



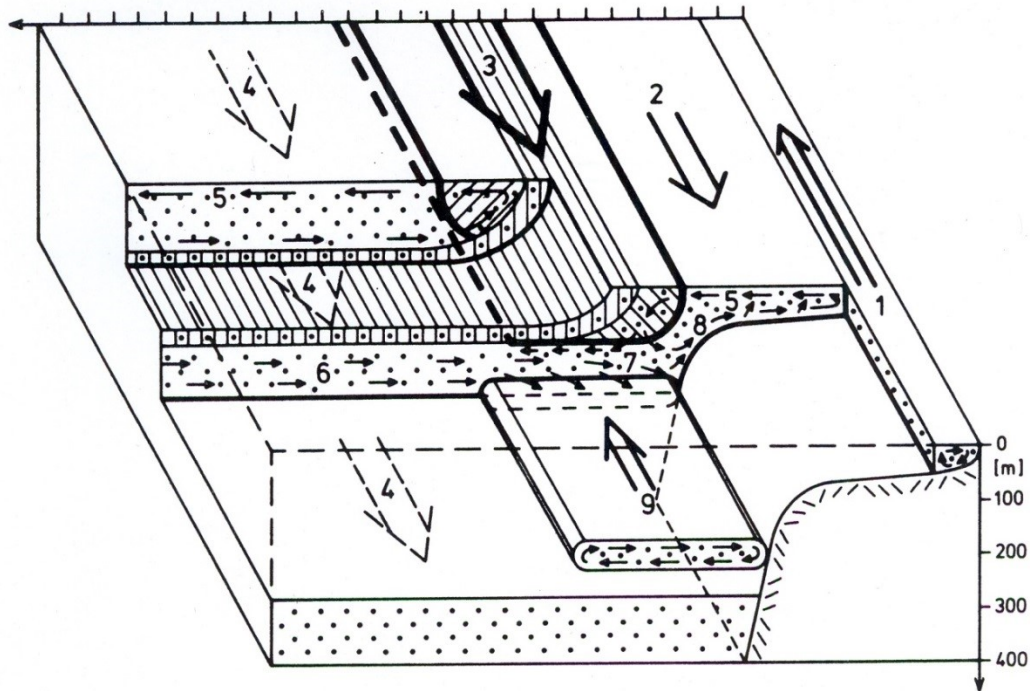


Abb. 42: Schema des Strömungssystems im Küstenauftriebsgebiet vor Nordwestafrika (aus HAGEN, 1981). 1 schwacher küstennaher Gegenstrom; 2 primäre Auftriebszone mit windinduzierter Strömung; 3 Haupt-Dichtefront entlang der Schelfkante; 4 schwache Zweige der allgemeinen atlantischen Zirkulation (Kanarenstrom); 5 winderzeugte küstenferne Strömung; 6 aufländiger Kompensationsstrom; 7 absteigender Zweig von 6; 8 aufsteigender Zweig von 6; 9 Unterstrom entgegen der Oberflächenströmung gerichtet.

Fig. 42: Schematic diagram of the current system in the coastal upwelling area off Northwest Africa (from HAGEN, 1981). 1 weak near-shore counter current; 2 wind-induced currents; 3 main density front along the shelf edge; 4 weak branches of the general Atlantic circulation (Canary Current); 5 wind-generated offshore current; 6 onshore compensation current; 7 downward branch of 6; 8 upward branch of 6; 9 undercurrent counter to the direction of the surface current.

Anhand der Messungen 1970 und 1971 entwarf HAGEN ein stark vereinfachtes Schema für die Entwicklung von Kaltwasserauftriebszellen im küstennahen Seegebiet vor Nordwestafrika (HAGEN, 1974a) und analysierte die auf einer Dauerstation vor Cap Blanc durchgeführten Strömungsmessungen (HAGEN, 1974b, 1975a). WOLF & KAISER (1975) untersuchten anhand von sechs Zeitreihen ozeanographischer Parameter einer Dauerstation vor Cap Blanc aus den Jahren 1970 bis 1974 die jahreszeitliche Meridionalverlagerung des Kaltwasserauftriebsgebietes und ihr Einfluss auf die Schichtung der Wassermassen und analysierten den Jahreszyklus der T/S-Eigenschaften der Wasserarten auf den Schelf vor Cap Blanc (WOLF & KAISER, 1978).

Die Forschungen zu den physikalischen Prozessen beim Kaltwasseraustrieb wurden auf der Basis des entwickelten Zirkulationsschemas (Abb. 42) weitergeführt (HAGEN, 1975b, 1976). In den 1970er Jahren beobachtete Kaltwasserinseln mit besonders kaltem und nährstoffreichem Wasser zwischen Küste und Schelfkante, schachbrettartig abgelöst von Warmwassergebieten, wurden als dynamisch erzwungene Verwirbelungen mit vertikaler Achse beschrieben (HAGEN & KAISER, 1976; HAGEN, 1977) und intensiver erforscht (HAGEN, 1978, 1979a, 1979b). ZAHN befasste sich mit dem Einfluss einer großräumigen stationären Winddrift auf die mesomaßstäblichen barotropen Gradientenströme im Auftriebsgebiet vor Nordwestafrika (ZAHN, 1979; HAGEN & ZAHN, 1980). Die Ergebnisse der Auftriebsforschung vor der Küste Westafrikas hat HAGEN (1981) in einem Übersichtsbeitrag zusammengefasst, in dem festgestellt wird, dass die küstenparallel wandernden mehrtägigen Wellenmuster durch die lineare Theorie der Kontinentalschelfwellen hinreichend gut beschrieben werden (s. auch CATEWICZ & HAGEN, 1989).

Anfang der 1980er Jahre untersuchten HAGEN & SCHEMAINDA (1984) die Stromfeldmuster in der Region des Guineadoms. Sie konnten einen engen Zusammenhang zwischen dem äquatorialen Unterstromsystem, dem zyklonalen Guineadom-Wirbel und dem Stromsystem des küstennahen Kaltwasserauftriebs vor Nordwestafrika ermitteln (Abb. 43). In einigen hundert Metern Tiefe entstehen Druckgradienten, die vor der Schelfkante einen polwärts gerichteten Auftriebs-Unterstrom (Upwelling Under Current = UUC) bedingen, der Bestandteil jedes subtropischen Auftriebsgebietes ist. Er konnte auch vor Südwestafrika nachgewiesen werden (HAGEN et al., 1981). Der Auftriebs-Unterstrom transportiert auf beiden Hemisphären die thermohalinen Eigenschaften des nährstoffreichen aber sauerstoffarmen Südatlantischen Zentralwassers (SACW) bis zu einer Breite von etwa 24°. Die Quelle der Ausbreitung des Südatlantischen Zentralwassers ist im System der nach Osten setzenden äquatorialen Unterströme zu suchen.

Im Frühjahr 1983 wurden die Untersuchungen vor Nordwestafrika wieder aufgenommen, um die 1974 begonnene Erforschung der mesoskalen Prozesse weiterzuführen. Besondere Aufmerksamkeit galt dem Einfluss der Bodentopographie auf den großräumigen Kaltwasserauftrieb und in Verbindung damit der Fischverteilung. So wurde im Jahre 1984 der Einfluss des Nouakchott-Cañons vor Mauretaniens auf die Feldverteilungen ozeanographischer Größen erforscht (POSTEL & ZAHN, 1987; WOLF, 1987; ZAHN, 1987; NEHRING, ZAHN & GEORGI, 1987) und Periodizitäten der Temperatur im Auftriebsgebiet gefunden (ZAHN et al., 1984). In weiteren Untersuchungen zeigte sich, dass die räumlichen Strukturen des Strom- und Massenfeldes sowie der resultierenden chemischen und biologischen Feldverteilungen entscheidend durch die Wirkung des Schelfprofils auf meridionale Druckgradienten bestimmt werden (HAGEN et al., 1986).

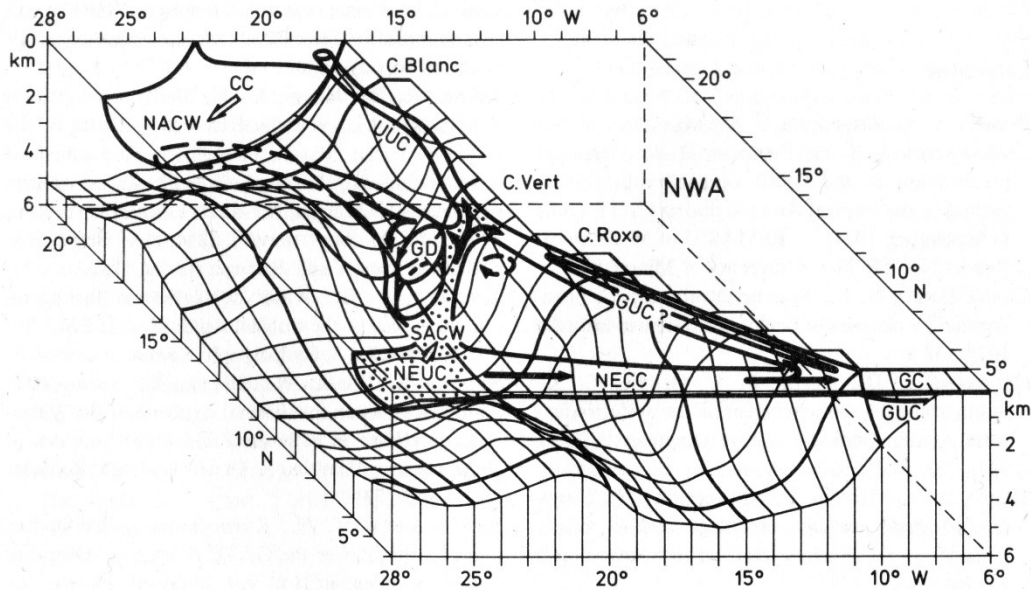


Abb. 43: Schema für die topographisch gesteuerte Ausbreitung des Südatlantischen Zentralwassers (SACW, Punktwolke) aus dem Nordäquatorialen Unterstrom (NEUC) über den zyklonal rotierenden Guineadom-Wirbel (GD) in den Auftriebs-Unterstrom (UUC) vor Nordwestafrika (NWA) (aus HAGEN & SCHEMAINDA 1984).

Fig. 43: Schematic diagram of the topographic governed propagation of the South Atlantic Central Water (SACW, cloud of dots) from the North Equatorial Undercurrent (NEUC) across the cyclonic Dom of Guinea eddy (GD) into the Upwelling Undercurrent (UUC) off Northwest Africa (NWA) (from HAGEN & SCHEMAINDA 1984).

Anhand der Beobachtungsergebnisse des FS „A. v. Humboldt“ aus den Jahren 1972 bis 1974 untersuchten HAGEN et al. (1987) die regionale Struktur des Südatlantischen Zentralwassers (SACW) im Tiefenbereich des Auftriebsunterstroms auch südlich der mittleren Position der Innertropischen Konvergenzzone. Auch auf einem Zonalschnitt vor Cap Blanc (21° N) erforschten HAGEN & SCHEMAINDA (1987) die Verteilung der Konzentration des SACW. Sie deuteten die westwärts gerichtete Konzentrationsabnahme der SACW-Kerne als Ergebnis des nach Westen abgestrahlten Auftriebs-Unterstroms (UUC) infolge der Wirkung jahreszeitlich angeregter meridionaler Wellenkämme planetarer, polwärts laufender ROSSBY-Wellen. Das heißt, die SACW-Konzentration ist im aktuellen UUC am größten und der darauf folgende abgeschwächte Konzentrationskern wurde als UUC des Vorjahres angesehen. ZAHN (1990) konnte aus der Bestimmung des Stromfeldes aus der beobachteten Massenfeldverteilung mithilfe unterschiedlicher numerischer Lösungsverfahren eine mesoskale intermediäre Frontzone nördlich der Kap Verde nachweisen, die den Übergang zwischen dem im Nordwesten anstehenden Nordatlantischen Zentralwasser (NACW) und dem im Südosten vor Cap Blanc befindlichen Südatlantischen Zentralwasser (SACW) darstellt (IOW 1986,3; HAGEN & SCHEMAINDA, 1986).

In den 1980er Jahren beschäftigte sich MICHELCHEN mit den Auswirkungen globaler (MICHELCHEN, 1983, 1985, 1989; IOW 1985,11) und regionaler Anomalien im System Ozean-Atmosphäre auf den küstennahen Kaltwasserauftrieb im zentralen Ostatlantik (MICHELCHEN, 1981, 1989; IOW 1979,6; IOW 1988,4).

Im Jahre 1981 publizierte HAGEN zusammen mit SARKISYAN, DEMIN und GURINA vom „Schirchow-Institut für Ozeanologie“ in Moskau Ergebnisse diagnostischer Berechnungen großskaliger Strömungsverteilungen vor Nordwestafrika (SARKISYAN et al., 1981; DEMIN et al., 1981, 1983). In den Folgejahren wurde eine engere Zusammenarbeit auf dem Gebiet der numerischen Modellierung hydrodynamischer Stromfelder mit dem Schirchow-Institut angestrebt (IOW 1982-1986). Im Ergebnis konnten anhand von Modellierungen auch regionale Massenfeldverteilungen diagnostiziert werden (HAGEN & GURINA, 1985).

Anhand klimatologischer Daten und von CTD-Messungen der Forschungsreisen der Jahre 1982, 1983 und 1984 analysierten HAGEN und SCHEMAINDA Vertikalstrukturen innerhalb der oberen 1500 dbar Deckschicht in der Übergangszone zwischen Kanarenstrom und Nordäquatorialstrom (HAGEN & SCHEMAINDA, 1986). Entlang eines ozeanographischen Schnittes nordwestlich der Kapverdischen Inseln untersuchten sie u. a. die vertikale Struktur von Dichteflächen, was später bei der Formulierung der küstenfernen Randbedingungen in numerischen Zirkulationsmodellen Anwendung fand, speziell im Hauptauftriebsgebiet zwischen 20° und 24° N.

In weiteren Arbeiten beschäftigten sie sich mit dem vertikalen Impulsaustausch in der Windmischungsschicht (HAGEN & SCHEMAINDA, 1985), der topographischen Richtungstendenz barotroper Strömungen im östlichen Zentralatlantik zwischen 5° und 35° N (SCHEMAINDA & HAGEN, 1986a) und den sommerlichen Strukturen des Dichtefeldes in der Deckschicht vor Nordwestafrika (SCHEMAINDA & HAGEN, 1986b).

Später untersuchten sie die jahreszeitliche Variabilität der Massenfeldmuster im Auftriebs-Unterstrom vor Nordwestafrika, die auf dem Datenmaterial der Expeditionen der „A. v. Humboldt“ zwischen 1970 und 1984 basierten (IOW 1987,5; HAGEN et al., 1988; HAGEN & SCHEMAINDA, 1989). Die Zusammenschau der Resultate bekräftigte, dass der polwärts setzende Auftriebs-Unterstrom als Bestandteil jahreszeitlich angeregter ROSSBY-Wellen anzusehen ist und das von ihm mitgeführte Südatlantische Zentralwasser unter Vermischung mit dem umgebenden Wasser in Richtung des offenen Atlantiks exportiert wird.

Bereits 1974 hatte SCHEMAINDA in einer Studie die potentielle jahreszeitliche Meridionalverschiebung des Wasserauftriebsgebietes vor **Südwestafrika** untersucht (IOW 1974,2). Im Herbst 1976 wurden die räumlichen Strukturen und die zeitlichen Variationen ozeanographischer Größen sowie die Beziehungen zwischen Umweltbedingungen und Fangobjekt untersucht (SCHULZ et al., 1977). Anhand der Messergebnisse wurde der Nachweis erbracht, dass sich großskalige Variationen im Südostpassat deutlich durch

advektiv bedingte Umstellungen der Strömung innerhalb der Unterschicht von 30 m Tiefe bis zum Boden auswirken. Das lokale Windfeld bleibt in seinem Einfluss auf das Stromfeld der 20-m-Deckschicht beschränkt (HAGEN, 1991).

Anhand einer Literaturrecherche zum Kenntnisstand der Parametrisierung der lokalen Mischungstiefen wurde ein Vergleich von beobachteten und berechneten Mischungstiefen an einem Beispiel aus dem küstennahen Auftriebsgebiet, gemessen auf einer Dauerstation auf dem Schelf vor Namibia im Jahre 1976 (SCHULZ et al., 1979), durchgeführt. Im Ergebnis zeigte sich, dass lokale Windbeobachtungen von Dauerstationen oder von autonomen Bojen geeignet sind, eine durchschnittliche Deckschichtmächtigkeit abzuschätzen, wenn die mittlere Schichtung bekannt ist (HAGEN, 1992a).

Im Herbst 1979 wurde die grundlegende Strukturbildung in den ozeanographischen Feldverteilungen im Hauptauftriebsgebiet vor Namibia untersucht. Dabei zeigte sich, dass polwärts laufende Kontinentalschelfwellen mit Perioden von mehreren Tagen und die dadurch modifizierten räumlichen Verteilungsmuster mit dazugehörigen Wellenlängen von einigen hundert Kilometern ein wichtiger Bestandteil der Dynamik des Kaltwasserauftriebs, speziell für den Schelf vor Namibia auf der geographischen Breite von  $20,5^{\circ}$  S, darstellen (HAGEN et al., 1980, 1981). Die Forschungsergebnisse wurden auf internationalen Symposien vorgestellt (HAGEN, 1985b).

Eine zusammenfassende Darstellung der Forschungen des IfM zum Auftrieb von Tiefenwasser und zum äquatorialen Stromsystem im Atlantik wurde später von HAGEN (2007) publiziert.

### **Aktivitäten im Südatlantik**

Die Arbeiten des IfM im Südatlantik erfolgten ausschließlich im Rahmen fischereibiologischer Erkundungsreisen des IfH Rostock. Im Jahre 1966 wurden die ozeanographischen Verhältnisse auf dem patagonischen Schelf im Rahmen einer Südatlantik-Expedition des FFS „Ernst Haeckel“ untersucht (NEHRING & BROSIN, 1967; BROSIN & NEHRING, 1967, 1969).

SCHEMAINDA bewertete die ozeanographischen Beobachtungen einer fischereibiologischen Untersuchungsreise der „Ernst Haeckel“ im Frühjahr 1977. Auf einem Längsschnitt von  $10^{\circ}$  N,  $18,5^{\circ}$  W (Kap-Verden-Divergenz) bis in das Argentinische Becken ( $48^{\circ}$  S,  $34^{\circ}$  W) wurden die meridionalen Strukturen ozeanographischer Grundgrößen, des Phosphatgehaltes und der pflanzlichen Biomasse als Ergebnis zonaler Zirkulationsmuster interpretiert (SCHEMAINDA, 1978a). Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse ist bei SCHEMAINDA (1977) zu finden.

Im Jahre 1978 waren Ozeanographen des IfM an der Erkundung biologischer Ressourcen im Südatlantik beteiligt (IOW 1978,2), die im Juni/Juli im Konvergenzgebiet von Brasil- und Falklandstrom zwischen  $30^{\circ}$  -  $45^{\circ}$  S und  $35^{\circ}$  W neben der Erkundung der Fischerei-

möglichkeiten auch ozeanographische Untersuchungen durchgeführt haben (SCHEMAINDA & IRMISCH, 1979). Es wurden sowohl Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff- und Phosphatgehalt gemessen als auch die pflanzliche Biomasse (Chlorophyll) und der gelöste organische Kohlenstoff bestimmt. Auf dieser Grundlage untersuchte SCHEMAINDA horizontale Strukturen und den dazugehörigen vertikalen Aufbau der Wassermassen. Dabei fand er großskalige Wellenstörungen sowohl in allen ozeanographischen Größen als auch im geostrophischen Stromfeld (SCHEMAINDA, 1980).

#### **4.5 Arbeiten zur Physikalischen Ozeanographie des Indischen Ozeans (Kanal von Mozambique)**

Ende der 1970er Jahre begann das IfM zusammen mit dem IfH, der Universität Rostock und dem Instituto de Desenvolvimento Pesqueiro in Maputo/Mozambique im Rahmen der Erkundung der Bioproduktivität im Mozambique-Kanal die Untersuchung der ozeanographischen Bedingungen dieser Gewässer. Eine Studie fasste zunächst das bis in die 1970er Jahre sehr spärliche ozeanographische Beobachtungsmaterial zusammen (SCHEMAINDA, 1978b). Im März 1979 führte das FFS „Ernst Haeckel“ eine Erkundungsfahrt in den westlichen Mozambique-Kanal durch (IOW 1980,7). Im Frühjahr 1980 begannen auf FS „A. v. Humboldt“ Untersuchungen zu Auftriebsprozessen im Nordteil des Mozambique-Kanals sowie zum Einfluss der Bodentopographie auf das Massen- und Stromfeld (NEHRING et al., 1984, 1987). SCHEMAINDA & HAGEN (1983) untersuchten in diesem Zusammenhang auch die Eigenschaften des im Februar 1980 als ozeanischen Strahlstrom charakterisierten Mozambiquestroms. Hinsichtlich seiner Schmalbandigkeit konnte gezeigt werden, dass der Effekt der topographisch bedingten Wirbelstärke (vorticity) von gleicher Größenordnung oder größer ist wie der, der aus der Rotation der Windschubspannung an der Meeresoberfläche resultiert. Dadurch erreichte die ermittelte geostrophische Strömungsgeschwindigkeit an der Oberfläche im Bereich der Kalmenzonen zwischen 14° und 16° S Werte bis zu 2,5 m/s. In 100-150 m Tiefe über dem Schelfhang wurde ein nach Norden setzender Gegenstrom gefunden.

ZAHN (IOW 1982,3; 1984) unternahm eine Abschätzung des geostrophischen Massentransports im Kanal von Mozambique anhand von Datenmaterial aus der Frühjahrssituation 1957 (MENACHE, 1963). Später hat er die Untersuchungen nochmal aufgegriffen und anhand unterschiedlicher numerischer Lösungsverfahren das Stromfeld im Kanal berechnet (ZAHN, 1990). Die größten Strömungsgeschwindigkeiten sind im Bereich des Mozambiquestroms zu finden (Abb. 44). Sie sind deutlich höher als im übrigen Gebiet des Kanals von Mozambique. Jahreszeitlich sind die Strömungen im Südsommer unter dem Einfluss des Nordostpassats im Norden und in den Gebieten des Mozambiquestroms gegenüber denen im Südwinter deutlich intensiver.

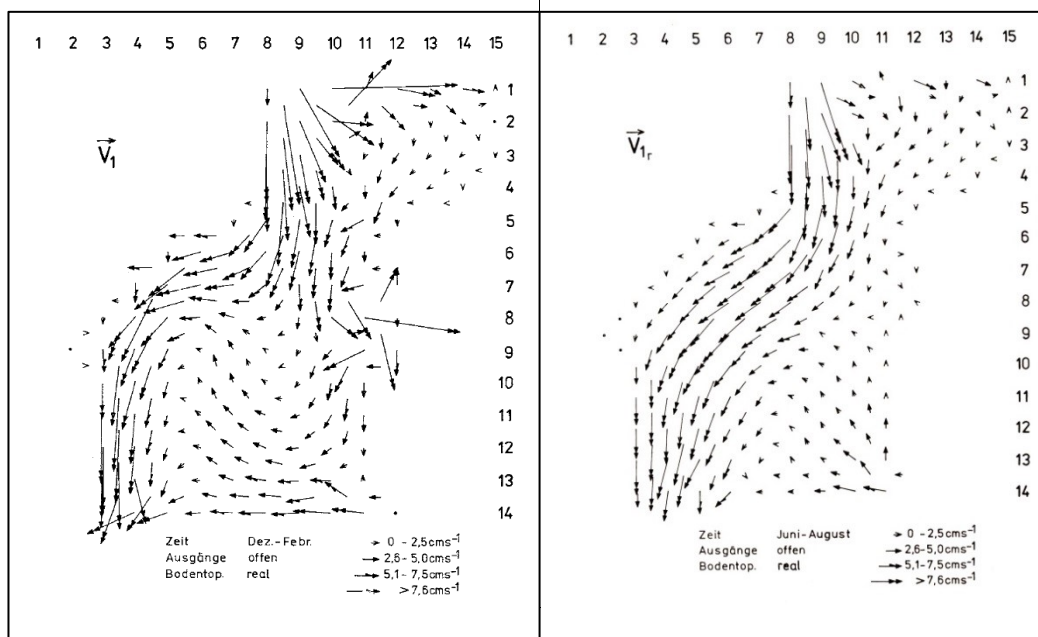


Abb. 44: Berechnete Strömungsmuster der oberen Schicht im Mozambique-Kanal für den Südsommer (links) bzw. Südwinter (rechts) unter dem Einfluss klimatologisch gemittelter Windverteilungen und bei Einbeziehung der realen Bodentopographie (aus ZAHN, 1990).

Fig. 44: Calculated current patterns of the upper layer in the Mozambique Channel in summer (left) and winter of the southern hemisphere (right), respectively, influenced by the climatologic-averaged wind distribution and the real bottom topography (from ZAHN, 1990).

Aus der beobachteten Massenfildverteilung wurde die resultierende Vorticityverteilung bestimmt (ZAHN, 1990). Die Simulation des Stromfeldes bestätigte die Wirkung der Bodentopographie auf die Vorticitystrukturen für jahreszeitlich variierende Windverhältnisse.

#### 4.6 Arbeiten zur Geschichte der Ozeanographie

Mit Fragen der Geschichte der Physikalischen Ozeanographie haben sich vor allem GÜNTHER SAGER und WOLFGANG MATTHÄUS beschäftigt. Erste historische Betrachtungen zur Gezeitenforschung hat SAGER, der sich dieser Thematik intensiv gewidmet hat, bereits 1955 publiziert (SAGER, 1955a). Es folgten Untersuchungen zur Geschichte der Schachtpegel (SAGER, 1961c), der Gezeiten-rechenmaschinen (SAGER, 1955b) und der Dockhäfen (SAGER, 1960). 1964 publizierte er eine umfangreiche Untersuchung zur geschichtlichen Entwicklung der Gezeitenforschung (SAGER, 1964a). Darüber hinaus befasste er sich mit der Bedeutung der Gezeiten für die Entwicklung des nördlichen Mitteleuropa (SAGER, 1968b) und für die Invasion Britanniens durch Cäsar (SAGER, 1968c).

MATTHÄUS befasste sich mit der Geschichte der Methoden und Geräte für die Temperaturmessung in den Tiefen der Meere (MATTHÄUS, 1966, 1968a) und der historischen Entwicklung der Geräte zur Beobachtung und Registrierung des Wasserstandes (MATTHÄUS, 1968b, 1968c, 1970c, 1970d, 1972b) sowie mit der Entwicklung der Kenntnisse zur Schallausbreitung und der Experimente zur Messung der Schallgeschwindigkeit im Meerwasser von den Anfängen bis ins 20. Jahrhundert (MATTHÄUS, 1972c; 1973b). Das Leben des Begründers der modernen Ozeanographie in Deutschland, des Geographen OTTO KRÜMMEL, wurde beleuchtet (MATTHÄUS, 1967b, 1967c) sowie die Entdeckungsgeschichte des Äquatorialen Unterstroms im Atlantischen Ozean eingehend recherchiert (MATTHÄUS, 1969b). Die Entwicklung der Zusammenarbeit der Ozeanographen der Ostsee nach dem Zweiten Weltkrieg über den „Eisernen Vorhang“ und alle politischen Grenzen hinweg wurde anhand der 1957 gegründeten Konferenz der Ostseeozeanographen (CBO), einer nichtstaatlichen Organisation, dargelegt (MATTHÄUS, 1987a, 2008).

## 5. Schussbemerkungen

Für den Aufbau der Physikalischen Ozeanographie im Institut für Meereskunde Warnemünde, insbesondere für die theoretischen und experimentellen Untersuchungen, wurden HANS-JÜRGEN BROSIN, WOLFGANG FENNEL, EBERHARD HAGEN, HANS ULRICH LASS, WOLFGANG MATTHÄUS und KLAUS VOIGT im Jahre 1987 mit dem DDR-Nationalpreis III. Klasse für Wissenschaft und Technik ausgezeichnet.

Mit der politischen Wende und der Wiedervereinigung Deutschlands stand auch die Frage nach einem weiteren meereskundlichen Institut in der deutschen Forschungslandschaft und damit die Existenz des Instituts für Meereskunde in Warnemünde auf dem Prüfstand. Im Einigungsvertrag war festgeschrieben, dass die Forschungsinstitute der Akademie der Wissenschaften der DDR geschlossen werden, und der Wissenschaftsrat wurde gebeten, die außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu begutachten.

Nach positiver Bewertung des Potenzials und der nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten des Instituts für Meereskunde (s. auch FENNEL, 2018) empfahl der Wissenschaftsrat im Jahre 1991 die Gründung eines Instituts für Ostseeforschung in Warnemünde mit einer Sektion „Physikalische Ozeanographie und Messtechnik“, wobei

„wesentliche Teile des IfM ... zum Aufbau eines neuen Instituts ... Verwendung finden“ sollten (Wissenschaftsrat, 1992, S. 159).

Im Bereich Physikalische Ozeanographie, heißt es weiter,



„...sind zahlreiche und qualitativ gute Messungen durchgeführt worden“. Daher „...sollte der Bereich Physikalische Ozeanographie in wesentlichen Teilen erhalten bleiben und durch eine Modelliergruppe ergänzt werden...“ (Wissenschaftsrat, 1992, S. 73).

Das Institut für Meereskunde wurde Ende 1991 geschlossen und zum 1. Januar 1992 erfolgte die Gründung des Instituts für Ostseeforschung Warnemünde (IOW), dessen feierliche Einweihung am 28. Februar 1992 vollzogen wurde (IOW 1992). Grundlegende Forschungen des IfM auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie sollten unter Nutzung moderner Mess- und Rechnertechnik fortgeführt werden. Dazu hieß es:

„Der Schwerpunkt der physikalischen Arbeiten liegt auf der Untersuchung der Prozesse, die an der Wassererneuerung bzw. der Wassermassentransformation in der Ostsee beteiligt sind. Das sind in erster Linie die Wasseraustauschprozesse zwischen Ostsee und Nordsee ... Dazu gehören auch die Austausch- und Vermischungsprozesse zwischen der Küstenzone und der offenen See ... sowie kleinskalige Turbulenz...“ (IOW 1992, S. 10).

Von den IfM-Forschern auf dem Gebiet der Physikalische Ozeanographie wurde KLAUS VOIGT, der bereits von 1976 bis 1980 in der Zwischenstaatlichen Ozeanographischen Kommission (IOC) der UNESCO in Paris tätig war, 1990 zum stellvertretenden Sekretär im IOC berufen und beschäftigte sich dort bis zu seinem Tode im Jahre 1995 mit der weiteren Entwicklung des **Global Ocean Observing System (GOOS)** und den marinen Komponenten des Weltklimaforschungsprogramms. WOLFGANG FENNEL wurde stellvertretender Direktor im Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) und war 2008-2012 Präsident des Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR). EBERHARD HAGEN, HANS-ULRICH LASS und WOLFGANG MATTHÄUS arbeiteten erfolgreich weiter an Problemen der physikalischen Ozeanographie im Rahmen der Sektion „Physikalische Ozeanographie und Messtechnik“, die von FENNEL ab 1992 bis zu seinem Übergang in den Ruhestand im Jahre 2013 geleitet wurde. HANS-JÜRGEN BROSIN verfasste zwischen 1992 und 1995 im Auftrage des IOW-Gründungsdirektors GOTTHILF HEMPEL eine zusammenfassende Geschichte der Meeresforschung in der DDR.

Von den weiteren in der Tabelle auf Seite 13 aufgeführten Ozeanographen arbeiteten RAINER FEISTEL, MONIKA GERTH, THOMAS NEUMANN, MARTIN SCHMIDT, TORSTEN SEIFERT und HERBERT SIEGEL bis zum altersbedingten Ausscheiden erfolgreich im IOW an Problemen der physikalischen Ozeanographie. REINHARD SCHWABE ging 1990 zum Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) nach Hamburg. MANFRED STURM und WOLFGANG ZAHN wechselten zum Projektträger Jülich für Meeres- und Polarforschung sowie Geowissenschaften in Rostock. ULRICH KREMSER ging Anfang der 1980er Jahre zur Universität Rostock, arbeitete später im Umweltbundessamt und war von 1996 bis 2001 bei der HELCOM in Helsinki tätig. GÜNTER MÜLLER ging in die Kommunalpolitik. HARTMUT PRANDKE und NORBERT MICHELCHEN wechselten in die Privatwirtschaft und ADOLF STIPS arbeitete im Joint Research Centre (JRC) der

Europäischen Kommission in Ispra/Italien. HERBERT FRANCK, LUDWIG GOHS, ROLAND HELM, KLAUS STRIGGOW, KARL-HERMANN TILL und GERHARD WOLF gingen in den vorzeitigen Ruhestand.

Die IOW-Sektion „Physikalische Ozeanographie und Messtechnik“ wurde in den ersten Jahren vor allem durch den Physiker VOLKER MOHRHOLZ (\*1967) (ab 1995), den Mathematiker HANS BURCHARD (\*1959) (ab 2002) und Ozeanographen LARS UMLAUF (\*1969) (ab 2003) verstärkt, die sich um die Erforschung der Physik des Meeres und die Modellierung verdient gemacht haben.

Alle seit 1949 von den Forschungseinrichtungen in Warnemünde gemessenen hydrographisch-chemischen Datensätze sowie Strömungsdaten sind in der ozeanographischen Datenbank des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung Warnemünde (IOWDB) gespeichert.

## **Zusammenfassung**

In der Arbeit werden Aufbau und Entwicklung der Physikalischen Ozeanographie im Osten Deutschlands und in der DDR nach dem Zweiten Weltkrieg sowie die erzielten Forschungsergebnisse zusammenfassend dargelegt.

In der Einleitung wird die Entwicklung der Meeresforschung im Osten Deutschlands von der Abteilung „Meereskunde“ im Seehydrographischen Dienst (SHD) der DDR im Jahre 1950 in Berlin zum Institut für Meereskunde (IfM) der Deutschen Akademie der Wissenschaften (DAW) in Warnemünde kurz skizziert.

Im zweiten Abschnitt werden die Entwicklungsphasen der Physikalischen Ozeanographie dargelegt. Erste Bemühungen zum Aufbau einer meeresphysikalischen Forschung begannen Anfang der 1950er Jahre in der Abteilung „Meereskunde“ und wurden in den 1950er Jahren im Hydro-Meteorologischen Institut (HMI) bzw. dem Institut für Meereskunde des SHD fortgesetzt. Erst mit der Überführung des Instituts für Meereskunde (IfM) in die Deutsche Akademie der Wissenschaften im Jahre 1960 begannen intensivere Forschungen auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie sowohl in der Ostsee als auch in ozeanischen Gebieten, die sich ab den 1970er Jahren vorrangig der Grundlagenforschung im Rahmen der wirtschaftlichen Notwendigkeiten der DDR widmeten.

Nach einer kurzen Darstellung der messtechnischen Voraussetzungen in Abschnitt 3 werden in Abschnitt 4 die Forschungen auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie ausführlich beschrieben. Schwerpunkt der Arbeiten war die Ostsee (Abschnitt 4.2). Zunächst mussten ganz praktische Probleme wie die Wasserstands- und die Eisvorhersage an der DDR-Küste oder auch erdmagnetische Fragen gelöst werden, die für die See- und Hafenwirtschaft, die Handelsschifffahrt und die Fischerei von Bedeutung waren. Später

kamen grundlegende Probleme des Wasseraustausches zwischen Nord- und Ostsee, zwischen Küste und offener See und die Problematik der Salzwassereinbrüche hinzu. Darüber hinaus rückten Untersuchungen zur Diffusion und Advektion von künstlichen Beimengungen und meeresoptische Untersuchungen in den Fokus. In den 1970er Jahren wurden mittlere Jahrgänge und Langzeittrends ozeanographischer Größen der zentralen Ostsee näher untersucht. Ab 1970 wurden spezielle Forschungen auf den Gebieten der Meeresakustik und der Mikrostruktur der Schichtung durchgeführt. Auch Fragen der theoretischen Ozeanographie wurden in Angriff genommen. Die Entwicklung einfacher ozeanographischer Modelle wurde begonnen und die Nutzung von Satelliten für die Untersuchung physikalische Prozesse im Meer herangezogen.

In der Nordsee wurden nur sporadische Forschungen durchgeführt (Abschnitt 4.3). Hier lag der Schwerpunkt der Arbeiten in den 1960er und 1970er Jahren und vorrangig auf der Gezeitenforschung. Neben der Bearbeitung methodischer Fragen, der Gezeitenströme und Gezeitenstromturbulenz sowie regionaler Gezeitenerscheinungen wurden die Gezeiten der Nordsee, des Ärmelkanals und der Irischen See intensiv untersucht. Die Arbeiten resultierten in neuartigen Karten der Elemente des Tidenhubs, der Gezeitenströme sowie der Tidewasserstände, die in Atlanten verdichtet wurden. Untersuchungen in der Norwegischen Rinne zwischen 1965 und 1969 dienten der Erforschung der Beziehungen zwischen raumzeitlichen Veränderungen der Meeresumwelt und denen der Ergiebigkeit der Heringsbestände.

In Abschnitt 4.4 werden die Untersuchungen physikalischer Prozesse im Ozean betrachtet. Schwerpunkt der ozeanischen Forschung bildete der Atlantische Ozean. Dort standen ab Ende der 1950er Jahre die ozeanographischen Hauptregionen und vor allem das äquatoriale Stromsystem im Blickpunkt des Interesses. Die Dynamik der äquatorialen Stromsysteme wurde im Rahmen der internationalen Forschungsprogramme GATE 1974 und FGGE 1979 untersucht. Ein herausragendes Ergebnis der Forschungen des Warnemünder Instituts war die Wiederentdeckung des Äquatorialen Unterstroms im Atlantik, dessen Untersuchung bezüglich seiner raumzeitlichen Variationen und seiner Struktur bis in die 1980er Jahre fortgesetzt wurde.

Ab 1970 widmete sich das IfM über zwei Jahrzehnte besonders intensiv der Erforschung des Kaltwasserauftriebs vor Nordwest- und Südwestafrika. Dabei ging es um die dynamischen Prozesse im küstennahen Auftriebsgebiet vor Nordwestafrika und den küstenfernen Wasserauftrieb im Gebiet der Kap-Verden-Divergenz sowie die räumlichen Strukturen und die zeitlichen Variationen ozeanographischer Größen vor Südwestafrika. In den 1980er Jahren wurden auch physikalische Untersuchungen im Kanal von Mozambique im Indischen Ozean durchgeführt (Abschnitt 4.5). Dabei stand die Erforschung von Auftriebsprozessen im Nordteil des Mozambique-Kanals sowie des Einflusses der Bodentopographie auf das Massen- und Stromfeld im Vordergrund.

Eine Tabelle der auf dem Gebiet der Physikalischen Ozeanographie tätigen wissenschaftlichen Mitarbeiter, zahlreiche Abbildungen sowie ein umfangreiches Verzeichnis der Veröffentlichungen und Archivunterlagen runden den Beitrag ab.

## Summary

Formation, evolution and research results in the field of Physical Oceanography in East Germany after World War II are described.

The introduction informs about the marine physical research starting in the department "Marine Research" of the Marine Hydrographic Service (SHD) of the Navy in the beginning of the 1950s. The subsequent Hydro-Meteorological Institute and the Institute of Marine Research of the SHD, respectively, continued in the research. But, more intensive research in Physical Oceanography started not before the transfer of the Navy institute into a civil Institute of Marine Research (IfM) of the German Academy of Sciences (DAW) in 1960.

The steps of evolution of Physical Oceanography are presented in detail in Chapter 2. Between 1950 and 1952, the setup of the research field started by formation of the department "Marine Research". From 1953 to 1959, first research results are documented mainly associated with tasks for merchant shipping, harbour construction and fishery. Basic research in Physical Oceanography started after the transfer from the Navy's institute to the civil institute from 1960 onwards. The institute initiated enhanced national basic research and was active in international Baltic Sea experiments. Along with the development of diplomatic relations of the GDR to the western states from 1972 onwards and combined with an increasing scientific staff, the Institute of Marine Research could be involved in international basic research programmes in the Atlantic Ocean. Research programmes in the upwelling areas off Northwest and Southwest Africa were initiated.

The basic oceanographic measuring equipment available in or developed by the Institute and the research vessels is briefly described in Chapter 3. In Chapter 4, the research in Physical Oceanography is specified in detail. Core area of research was the Baltic Sea (Section 4.2). Initially, absolutely essential issues must be solved like the development of forecast methods for sea level and ice conditions along the coast of the GDR or geomagnetic measurements at sea both on behalf of economy, harbour construction, merchant shipping and fisheries. Later, investigations of both water exchanges between the North Sea and the Baltic and between coastal and offshore area in front of the GDR coast, respectively, as well as the analysis of major Baltic inflows obtained first priority. Moreover, investigation focused on diffusion and advection processes by means of injected dye tracers and on marine optics. During the 1970s, mean annual cycles and long-term trends of oceanographic parameters of the central Baltic Sea were investigated. Special research in marine acoustics and in microstructure of stratification were carried out from the 1970s onwards. Investigations in the fields of theoretical oceanography provided for a better understanding

of physical processes. The development of simple oceanographic models started and the application of satellite images were used for studying physical processes in the sea.

Section 4.3 informed on IfM investigations in the North Sea area, but this research was very intermittent. During the 1960s and 1970s, the focal point was aimed at the tides of the ocean. Both methodological issues and analysis of tidal streams and tidal turbulence were investigated. Special attention was paid to the tide phenomenon of the North Sea, the English Channel and the Irish Sea. The activities resulted in new charts of tidal range, tidal streams and tidal levels summarized in atlases. Oceanographic investigations in the Norwegian Trench were carried out between 1965 and 1969. Objective was the exploration of the relationship between spatiotemporal variations in marine environment and the productivity of herring stocks.

Section 4.4 is primarily concerned with investigations of physical processes in the ocean carried out by the institute. The main focus in oceanic research was the Atlantic Ocean.

Starting in the late 1950s, the main oceanographic regions of the Atlantic Ocean and especially the equatorial current system were investigated. A prominent result of the investigation was the re-discovering of the Atlantic Equatorial Undercurrent in 1959. During the 1970s, the dynamics of the equatorial current system was explored in the framework of the international research programmes GATE 1974 and FGGE 1979. Research in spatiotemporal variation and structure of the Atlantic Equatorial Undercurrent was extended up to the 1980s.

From the 1970s onwards, the Institute of Marine Research focused its hydrographic research activities on the spatiotemporal variability of coastal upwelling areas off Northwest and Southwest Africa. The general dynamic processes of coastal upwelling off Northwest Africa and of the open ocean upwelling in the area of the Cape Verde divergence were investigated. In the area off Southwest Africa, the spatial structures and temporal variations of oceanographic parameters were explored.

During the 1980s, physical research was also carried out in the Mozambique Channel in the Indian Ocean (Section 4.5). The research was focused on upwelling processes in the northern part of the Mozambique Channel and the impact of the bottom topography on the mass and current fields.

The contribution is completed by a table listing all IfM scientists involved in physical oceanography, a lot of figures and comprehensive lists of both publications and archival documents.

## Danksagung

Bei meinen langjährigen Kollegen und Mistreibern im Institut für Meereskunde der Akademie der Wissenschaften der DDR HANS-JÜRGEN BROSIN, WOLFGANG FENNEL, EBERHARD HAGEN und MANFRED STURM bedanke ich mich für die Durchsicht und Überarbeitung relevanter Abschnitte des Beitrages sowie für zahlreiche Hinweise. Den Bibliothekarinnen OLIVIA DIEHR und MELANIE REHBEIN (IOW) sowie ANTJE SCHRÖDER (BSH Rostock) sei gedankt für die Bereitstellung der speziell unter der Corona-Pandemie 2020/21 teilweise schwierig zu beschaffenden Bücher, Arbeiten und Berichte sowie Kopien. KARIN WOITGE stellte mir freundlicherweise ein Foto des Kapitäns OTFRIED ALBRECHT vom Forschungsschiff „Professor Albrecht Penck“ zur Verfügung. Ich danke dem Direktor des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung Warnemünde, Prof. Dr. ULRICH BATHMANN, der mir das IOW-Archiv für meine Recherchen zur Verfügung gestellt und eine Veröffentlichung der Arbeit in den „Meereswissenschaftlichen Berichten“ des IOW ermöglicht hat.

## Literatur\*

- ANONYMOUS, 1979: Materialien des RGW-Symposiums zur Turbulenz und turbulenten Diffusion im Meer. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **30**, 1-171.
- BERESTOVSKIJ, I. F., BROSIN, H.-J., VIKTOROV, S. V., 1984: Internationales Subsatelliten-Experiment in der Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **50**, 5-7.
- BÖHL, D., 1983: Der Einsatz von Rechenhilfsmitteln durch das Institut für Meereskunde. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **48**, 89-94.
- BROSIN, H.-J., NEHRING, D., 1967: Ozeanologische Beobachtungen an einer Stromgrenze auf dem patagonischen Schelf. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **21**, 76-78.
- BROSIN, H.-J., NEHRING, D., 1968: Der Äquatoriale Unterstrom im Atlantischen Ozean auf 29° 30' W im September und Dezember 1966. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **22**, 5-17.
- BROSIN, H.-J., NEHRING, D., 1969: Die ozeanologischen Verhältnisse auf dem patagonischen Schelf während der ersten Südatlantik-Expedition des Fischereiforschungsschiffes „Ernst Haeckel“ 1966. – Fischerei-Forsch., Rostock, **7(1)**, 9-18.
- BROSIN, H.-J., 1972: Untersuchungen zur horizontalen turbulenten Diffusion in den Gewässern um Rügen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **30/31**, 35-39.
- BROSIN, H.-J., NEUMEISTER, H., 1972: Untersuchungen über die Eisverhältnisse in der Ostsee im Winter 1968/1969 anhand von Satellitenfotos. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **29**, 5-17.
- BROSIN, H.-J., GEZENCVEJ, A. N., KARABAŠEV, G. S., KREMSER, U., LE KUANG TOAI, MURAVJEV, S. S., OZMIDOV, R. V., VOIGT, K., 1972: Das mittlere dreidimensionale Bild der Diffusion von Beimengungen aus momentanen Punktquellen im Meer. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **30/31**, 41-53.
- BROSIN, H.-J., 1974a: Untersuchungen zur mittelmaßstäblichen horizontalen Diffusion mit Driftbojen in den Gewässern um Rügen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **34**, 5-8.
- BROSIN, H.-J., 1974b: Auswertung der Satellitenaufnahmen. In: PLAUSCHIN, G., Bericht über die Erprobung der Wetterbildempfangsstation WES-2 auf dem Forschungsschiff „A. v. Humboldt“. – Ber. Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau der AdW der DDR, 19-21 [zitiert nach BROSIN, 1988].

---

\* In der Bibliothek des IOW befindliche Forschungsberichte aus dem IOW-Archiv sind durch die Archiv-Nr. gekennzeichnet.

- BROSIN, H.-J., 1974c : Photogrammetric investigations on turbulent diffusion with discrete particles. – Rapp. P.-v. Réunion., Cons. Int. Explor. Mer., **167**, 222-224.
- BROSIN, H.-J., HELM, R., 1975: Einige Beobachtungen über kurzfristige Veränderungen im Äquatorialen Unterstrom im Atlantischen Ozean auf 21° W. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **36**, 111-114.
- BROSIN, H.-J., VOIGT, K., 1975: Ozeanologische Erkundungen aus der Erdumlaufbahn. In: WITTBRODT, H., MIELKE, H., NARIMANOW, G., SAIZEW, J. (Hrsg.), Weltraum und Erde, Bd. 1: Raumfahrt für die Erde, Transpress, Berlin 1975, 173-189.
- BROSIN, H.-J., 1976: Einige Ergebnisse von Untersuchungen zur turbulenten Diffusion mit Driftbojen in küstennahen Gewässern. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **37**, 105-110.
- BROSIN, H.-J., 1977: Testgebiet Greifswalder Bodden und Interpretation von SOJUZ-22 Multispektralaufnahmen zu Fragen der Küstenmorphologie und Ozeanologie. In: KAUTZLEBEN, H., MAREK, K.-H. (Hrsg.), Vorläufiger wissenschaftlicher Bericht über Stand und erste Ergebnisse der Auswertung des RADUGA-Experimentes in der DDR. – Veröff. Zentralinst. Physik der Erde der AdW, **52**, 91-99, 194-195.
- BROSIN, H.-J., ZEIDLER, R., KREMSER, U., MURAVJEV, S. S., 1977a: Parametrische Beschreibung diffundierender Beimengungsfelder im Meer (nach Versuchen bei Lubiatowo 1976) (in russ.). – Raporty, Ser. R, **2**, 145-157.
- BROSIN, H.-J., KREMSER, U., MURAVJEV, S. S., 1977b: Experimentelle Untersuchung der Diffusion von Beimengungen in der Ostsee (in russ.). – Okeanologija, **17**, 221-226.
- BROSIN, H.-J., 1979: Einige methodische Bemerkungen zur Anwendung von Luftbildern bei Diffusionsuntersuchungen im Meer. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **30**, 29-33.
- BROSIN, H.-J., STRIGGOW, K., SCHEMAINDA, R., 1980: 30 Jahre Meeresforschung in der DDR. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **44/45**, 5-13.
- BROSIN, H.-J., KOWAL, A. D., TOLKATSCHENKO, G. A., 1983: Beiträge zur Erforschung des Meeres aus dem Kosmos. In: KOWAL, A. D., MAREK, K.-H. (Hrsg.), Photographische Fernerkundung der Erde – Experimente auf der Orbitalstation „SALUT-6“, Akad.-Verl., Berlin, 82-85, 94-98.
- BROSIN, H.-J., VIKTOROV, S. V., 1984: Joint oceanographic subsatellite experiments of the USSR and GDR on the Baltic Sea. – Proc. 14<sup>th</sup> Conf. Baltic Oceanographers, 28 Sep-2 Oct 1984, Gdynia, Vol. I, 95-103.



- BROSIN, H.-J., SIEGEL, H., 1985: Some remarks on regional differences in the spectral reflectance of sea water. – ICES Statutory Meeting, London 1985, Paper **C.M. 1985/C:26**, 1-13.
- BROSIN, H.-J., BYČKOVA, I. A., DRABKIN, V. V., LOSINSKIJ, V. N., SIEGEL, H., SUCHATČEVA, L. L., VIKTOROV, S. V., 1987: Bestimmung ozeanographischer Parameter und Kontrolle der Verschmutzung der Ozeanoberfläche – Nutzung von Satellitendaten im sichtbaren und infraroten Spektralbereich bei der Erforschung der Ostsee. – Sammelband: Ergebnisse der Zusammenarbeit zwischen der UdSSR und der DDR bei der Nutzung von Daten aerokosmischer Aufnahmen für die Interessen der Volkswirtschaft, Potsdam, 5.1 – 5.31.
- BROSIN, H.-J., 1988: Untersuchungen zur Anwendung von satellitengestützten Fernerkundungsverfahren für Aufgaben der Meeresforschung in der DDR. – Habilitationsschrift, Akad. Wiss. DDR, Rostock, 29. 6. 1988, Teil 1 (Text), 1-177; Teil 2 (Literatur), 178-248.
- BROSIN, H.-J., GOHS, L., SEIFERT, T., SIEGEL, H., BYČKOVA, I. A., VIKTOROV, S. V., DEMINA, M. D., LOBANOV, V. J., LOSINSKIJ, V. M., SMOLJANICKIJ, V. M., 1988: Mesoskale Strukturen in der südöstlichen Ostsee im Mai 1985. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **58**, 9-18.
- BROSIN, H.-J., 1989: Gegenwärtige Vorstellungen des Instituts für Meereskunde für die Mitwirkung im Projekt PRIRODA nach 1991 (in russ.). In: Rabotschnaja gruppa sozialistscheskich stran po distanzionnomu sondirowaniju semli programmi „Intercosmos“ (RGDS), Beratung zu Projekt PRIRODA, Berlin, 10.-14. April 1989, Sbornik dokladow. – Akademie der Wissenschaften der DDR, Institut für Kosmosforschung Berlin, 74-77.
- BROSIN, H.-J., 1992: Meeresforschung in der Akademie der Wissenschaften der DDR. – Dt. Gesell. Meeresforsch., Mitt., **1/1992**, 18-21.
- BROSIN, H.-J., 1994: Zur Entwicklung der Fernerkundung des Ozeans mit künstlichen Erdsatelliten. – Histor.-meereskd. Jb., **2**, 7-32.
- BROSIN, H.-J., 1995: Vom Institut für Meereskunde Berlin zum Institut für Meereskunde Warnemünde. – Histor.-meereskd. Jb., **3**, 71-106.
- BROSIN, H.-J., 1996: Zur Geschichte der Meeresforschung in der DDR. – Meereswiss. Ber./Mar. Sci. Rep. Warnemünde, **17**, 1-212. DOI: 10.12754/msr-1996-0017.
- BROSIN, H.-J., 2006: Klaus Voigt (1934 – 1995) – Ozeanograph und Wissenschaftsorganisator. – Histor.-meereskd. Jb., **12**, 81-102.

- BROWN, O. B., VOIGT, K., 1974: Meander motions in the equatorial Atlantic. – University of Miami, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Preliminary Report: First Results from the Equatorial PCM Experiment during GATE, Phase II (Nov. 1974).
- BRUNS, E. (Hrsg.), 1953a: Atlas der klimatologischen, geographischen und ozeanographischen Faktoren der Nordsee und der angrenzenden Gewässer. SHD der DDR, Hydro-Meteorologisches Institut, Berlin, 1-194.
- BRUNS, E., 1953b: Handbuch der Wellen der Meere und Ozeane. SHD der DDR, Hydro-Meteorologisches Institut, Berlin, 1-246. 2. Aufl., Dt. Verlag Wissenschaften, Berlin 1955, 1-255.
- BRUNS, E., 1954: Zur Methodik der Darstellung von Wellenmessungen. – Ann. Hydrogr., Stralsund, **1**, 33-36.
- BRUNS, E., 1961: Meereskundliche Expeditionen der DDR auf dem Forschungsschiff „M. Lomonossov“ im Atlantischen Ozean. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **1**, 7-18.
- BRUNS, E., 1962a. Ein neuer Hochseewellenschreiber. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **5**, 5-12.
- BRUNS, E., 1962b: Wellen in Seegebieten der wichtigsten Fangplätze der Hochseefischerei der DDR. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **6**, 7-27.
- BRUNS, E., 1963: Maximale und maximal mögliche Wellen des Ozeans. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **9**, 5-13.
- BRUNS, E., 1970: Chronik des Instituts für Meereskunde Warnemünde: Zeitraum 1945 – 1969. – Unveröff. Manuskript., Institut für Meereskunde, Warnemünde, 1-142. IOW-Bibliothek.
- BYČKOVA, I. A., VIKTOROV, S. V., VINOGRADOV, V. V., LOSINSKIJ, V. N., BROSIN, H.-J., 1984: Studies of advective eddies in the central part of the Baltic Sea from spacecraft and airborne measurements (in russ.). – Proc. 14<sup>th</sup> Conf. Baltic Oceanographers, 28 Sept-2 Oct 1984, Gdynia, 104-113.
- BYČKOVA, I. A., VIKTOROV, S. V., VINOGRADOV, V. V., LOSINSKIJ, V. N., BROSIN, H.-J., 1985: Aerokosmische Beobachtungen wirbelartiger Gebilde im zentralen Teil der Ostsee (in russ.). – Issl. Semli is Kosmosa, **1**, 118-122.
- CATEWICZ, Z., HAGEN, E., 1989: Further evidence for CSW's off Northwest-Africa. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **59**, 81-82.

- DAW, 1962: Atlas der Gezeitenströme für die Nordsee, den Kanal und die Irische See. – Dt. Akad. Wiss. Berlin, Institut für Meereskunde, Rostock, 1-32.
- DEMIN, J. L., HAGEN, E., GURINA, A. M., 1981: Großskalige Strömungen in der oberen Schicht des Auftriebsgebietes der Kanaren im Sommer (in russ.). – *Okeanologija*, **21**, 613-618.
- DEMIN, J. L., HAGEN, E., GURINA, A. M., 1983: On the mesoscale variability of coastal upwelling of the North-West Africa (in russ.). – *Izv. Akad. Nauk SSSR, Fiz. Atmos. Okeana*, **19**, 292–300.
- DERA, J., GOHS, L., HAPTER, R., KAISER, W., PRANDKE, H., RÜTING, W., WOŹNIAK, B., ZALEWSKI, S., 1974: Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen den optischen, physikalischen, biologischen und chemischen Umweltfaktoren in der Ostsee. – *Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. 13*, 1-100.
- DÜING, W., HISARD, P., KATZ, E., MEINCKE, J., MILLER, L., MOROSHKIN, K. V., PHILANDER, G., RYBNIKOV, A. A., VOIGT, K., WEISBERG, R., 1975: Meanders and long waves in the equatorial Atlantic. – *Nature*, **257** (5524), 280-284. DOI: 10.1038/257280a0.
- DÜING, W., OSTAPOFF, F., MERLE, J., 1980: Physical oceanography of the tropical Atlantic during GATE. – Univ. of Miami, Miami, 1-117.
- DYBERN, B. I., HANSEN, H.-P. (Eds.), 1989: Baltic Sea patchiness experiment, PEX'86. – ICES Coop. Res. Rep., **163**, Vol. 1: Text, 1-100; Vol. 2: Figures, 1-156.
- DYBERN, B. I. (Ed.), 1994: Patchiness in the Baltic Sea. – ICES Coop. Res. Rep., **201**, 1-126.
- DYBERN, B. I., DANIELSSEN, D. S., HERNROTH, L., SVENDSEN, E., 1994: The Skagerrak Experiment – Skagex Report 1988 – 1994. – *TemaNord*, **635**, 1-34.
- DYBERN, B. I., FONSELIUS, S., 2001: International marine scientific activities in the Baltic Sea with special reference to Estonian participation. – *Proc. Eston. Acad. Sci. Biol. Ecol.*, **50(3)**, 139-157.
- FEISTEL, R., NAUSCH, G., HAGEN, E., 2003a: The Baltic inflow of autumn 2001. In: FENNEL, W., HENTZSCH, B. (Hrsg.), *Festschrift zum 65. Geburtstag von Wolfgang Matthäus*. – *Meereswiss. Ber./Mar. Sci. Rep. Warnemünde*, **54**, 55-68. DOI: 10.12754/msr-2003-0054.
- FEISTEL, R., NAUSCH, G., MATTHÄUS, W., HAGEN, E., 2003b: Temporal and spatial evolution of the Baltic deep water renewal in spring 2003. – *Oceanologia*, **45(4)**, 623 – 642.

- FEISTEL, R., NAUSCH, G., MOHRHOLZ, V., ŁYSIAK-PASTUSZAK, E., SEIFERT, T., MATTHÄUS, W., KRÜGER, S., SEHESTED HANSEN, I., 2003c: Warm waters of summer 2002 in the deep Baltic Proper. – *Oceanologia*, **45(4)**, 571-592.
- FEISTEL, R., NAUSCH, G., WASMUND, N., (Eds.), 2008: State and evolution of the Baltic Sea, 1952 – 2005. A detailed 50-year survey of meteorology and climate, physics, chemistry, biology, and marine environment. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 1-703.
- FENNEL, W., 1977: Turbulente Diffusion als Anfangs- und Randwertproblem. – *Gerlands Beitr. Geophysik*, Leipzig, **86**, 209-214.
- FENNEL, W., LASS, H. U., 1978: On the problem of explicit scaledependent eddy diffusion coefficients. – *Gerlands Beitr. Geophysik*, Leipzig, **87**, 11-22.
- FENNEL, W., 1979a: Turbulente Diffusion in räumlich variablen Stromfeldern. – *Geod. Geophys. Veröff.* Berlin, R. IV, H. **30**, 6-20.
- FENNEL, W., 1979b: Theory of turbulent diffusion with arbitrary vertical shear. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **42**, 17-25.
- FENNEL, W., LASS, H. U., 1979: On the vertical eigenvalue problem of equatorial trapped waves. – *Gerlands Beitr. Geophysik*, Leipzig, **88**, 279-293.
- FENNEL, W., HELM, R., KREMSER, U., STURM, M., 1980: Diffusion, horizontale und vertikale Ausbreitung und Verdriftung künstlicher Beimengungen im Meerwasser. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 31. Oktober 1980, 366 S. (IOW-Archiv, Nr. 80027).
- FENNEL, W., 1981: Turbulent diffusion in wind-driven currents. – *Deep Sea Res.*, **28A**, 695-703.
- FENNEL, W., 1982: Wave theory of the inertial peak of current spectra in the Baltic Sea. – *Proc. 13<sup>th</sup> Conf. Baltic Oceanographers*, 24-27 August 1982, Helsinki, 265-289.
- FENNEL, W., LASS, H. U., 1982: Phytoplankton patchiness and advection diffusion models. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **47**, 95-103.
- FENNEL, W., KAYSER, B., 1983: Zur experimentellen Bestimmung mesoskaler Stromlinienmuster. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **49**, 83-97.
- FENNEL, W., LASS, H. U., 1983a: Frequency spectra of linear dispersive wave systems in the sea. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **49**, 5-24.

- FENNEL, W., LASS, H. U., 1983b: Theory of frequency spectra of equatorially trapped waves. In: NIHOUL, J. (Ed.), *Hydrodynamics of the equatorial ocean*. – Elsevier Oceanogr. Ser., Amsterdam-Oxford-New York, **36**, 319-338.
- FENNEL, W., LASS, H. U., 1983c: Theoretical estimation of the equatorial trapped wave spectrum. – *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, **17**, 7-8.
- FENNEL, W., HELM, R., STURM, M., 1983a: Untersuchung dynamischer und thermodynamischer Prozesse zur küstenbedingten Frontogenese und Frontolyse sowie Ermittlung raumzeitlicher Skalen der subinertialen Trägheitsmuster in der westlichen Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 31. 12. 1983, 77 S. (IOW-Archiv, Nr. 83004; s. auch IOW-Archiv, Karton 57, Archiv-Nr. 1983/004).
- FENNEL, W., PRANDKE, H., LASS, H. U., 1983b: On the penetration depth of wind wave mixing. – *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, **22**, 12-13.
- FENNEL, W., 1984: Theoretische Untersuchungen zur Anregung von inertialen und subinertialen Wellenprozessen in der westlichen Ostsee im Rahmen eines vereinfachten Kanalmodells. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 31. August 1984, 37 S. (IOW-Archiv, Nr. 84050).
- FENNEL, W., STURM, M., HELM, R., KAYSER, B., 1985: Modellierung von Zirkulations- und Austauschprozessen in der Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 31. Dezember 1985, 112 S. (IOW-Archiv, Nr. 85002; s. auch IOW-Archiv, Karton 57, Archiv-Nr. 1985/055).
- FENNEL, W., 1986a: Theory of inertial response of channel models. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **54**, 3-18.
- FENNEL, W., 1986b: On the dynamics of coastal jets. – *Rapp. P.-v. Réun., Cons. Int. Explor. Mer.*, **186**, 31-37.
- FENNEL, W., LASS, H. U., 1986: A note on zonally fronts generated by wind. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **55**, 83-84.
- FENNEL, W., LASS, H. U., SEIFERT, T., 1986: Some aspects of vertical and horizontal excursion of phytoplankton. – *Ophelia, Suppl.*, **4**, 55-62.
- FENNEL, W., HALPERN, D., LASS, H. U., 1987a: Current spectra at the equator. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **56**, 3-18.
- FENNEL, W., STURM, M., HELM, R., 1987b: Response patterns of the western Baltic. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **57**, 3-10.

- FENNEL, W., 1988: Analytical theory of the steady-state coastal ocean and equatorial ocean. – J. Phys. Oceanogr., **18**, 834-850.
- FENNEL, W., 1989: Inertial waves and inertial oscillations in channels. – Cont. Shelf Res., **9**, 403-426. DOI: [org/10.1016/0278-4343\(89\)90007-1](https://doi.org/10.1016/0278-4343(89)90007-1).
- FENNEL, W., LASS, H. U., 1989: Analytical theory of forced oceanic waves. Akad.-Verl., Berlin, 1-312.
- FENNEL, W., SCHMIDT, M., 1991: Responses to topographical forcing. – J. Fluid Mech., **223**, 209-240.
- FENNEL, W., SEIFERT, T., KAYSER, B., 1991: Rossby radii and phase speeds in the Baltic Sea. – Cont. Shelf Res., **11**, 23-36.
- FENNEL, W., 1992: Responses of a coastal ocean. – Trends in Physical Oceanography, **1**, 163-179.
- FENNEL, W., STURM, M., 1992: Dynamics of the western Baltic. – J. Mar. Systems, **3**, 183-205. DOI: [org/10.1016/0924-7963\(92\)90038-A](https://doi.org/10.1016/0924-7963(92)90038-A).
- FENNEL, W., NEUMANN, T., 2004: Introduction to the modelling of marine ecosystems. – Elsevier Oceanography Ser., **72**, 1-297. 2. Aufl., 2015, 1-331.
- FENNEL, W., 2018: Meereskunde in Warnemünde – Ausgangslage, Abwicklung und Neugründung in der Zeit von 1990 bis 1994. – Meereswiss. Ber./Mar. Sci. Rep. Warnemünde, **106**, 1-55. DOI: [10.12754/msr-2018-0106](https://doi.org/10.12754/msr-2018-0106).
- FISCHER, H., MATTHÄUS, W., 1996: The importance of the Drogden Sill in the Sound for major Baltic inflows. – J. Mar. Syst., **9**, 137-157. DOI: [org/10.1016/S0924-7963\(96\)00046-2](https://doi.org/10.1016/S0924-7963(96)00046-2).
- FONSELIUS, S. H., 1971: Sections through the eastern Gotland Basin showing oxygen and hydrogen sulphide variations during the International Baltic Year (IBY) 1969-1970. – Medd. Havsfiskelab. Lysekil, Hydrogr. Avdeln., **114**, 1-19.
- FONSELIUS, S. H., 1978: International Baltic Year 1969-1970 - Atlas. – ICES Oceanogr. Data Lists and Inventories, **37**, 1-409.
- FRANCK, H., NEHRING, D., ROHDE, K.-H., 1966: Hydrographische und chemische Untersuchungen in der Norwegischen Rinne im April 1965. – Z. Fischerei und Hilfswiss., N. F., **14**, 111-122.

- FRANCK, H., NEHRING, D., SCHULZ, S., KAISER, W., WOLF, G., 1970: Ozeanologische Untersuchungen im Gebiet der Norwegischen Rinne in den Jahren 1959-1969. Abschlußbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, April 1970. Teil IA (Textband), 251 S. (IOW-Archiv, Nr. 70032); Teil IB (Tabellen, Abbildungen), 1-105 und Anlagen (IOW-Archiv, Nr. 70033); Teil II (Darstellung der Messungen 1965-1969), (IOW-Archiv, Nr. 70034).
- FRANCK, H., NEHRING, D., SCHULZ, S., 1972: Ozeanologische Untersuchungen der DDR in der nordöstlichen Nordsee in den Jahren 1965 bis 1969 (nebst Einzeluntersuchungen im Kattegat). – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. 8, 1-81.
- FRANCK, H., NEHRING, D., SCHULZ, S., KAISER, W., 1973: Ozeanologische Untersuchungen im Gebiet der Norwegischen Rinne. – Fischerei-Forsch., Rostock, **11(1)**, 61-72.
- FRANCK, H., MATTHÄUS, W., 1974: Vergleich zweier Methoden zur Berechnung von Jahresgängen aus nichtäquidistanten Meßwerten. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **34**, 47-60.
- FRANCK, H., SAGER, G., 1974: Zur Beeinflussung von Temperaturregistrierungen durch schwingende Wassermassen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **33**, 79-99.
- FRANCK, H., 1975: Zur Bestimmung der Streuung von Meßwerten bei mittleren Jahresgängen ozeanologischer Parameter. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **36**, 29-51.
- FRANCK, H., 1976: Zu kurzzeitigen Temperaturänderungen am Südwestrand des Arkonabeckens. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **38**, 103-117.
- FRANCK, H., 1985: Zur jahreszeitlichen Variation des thermohalinen Geschehens im westlichen Bornholmbecken. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **53**, 3-16.
- FRANCK, H., GERTH, M., 1987: Intermediärer Schallkanal im Seegebiet zwischen Bornholmsee und Fehmarnbelt. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, November 1987, 161 S. und Anhang (IOW-Archiv, Nr. 83040).
- FRANCK, H., MATTHÄUS, W., SAMMLER, R., 1987: Major inflows of saline water into the Baltic Sea during the present century. – Gerlands Beitr. Geophysik, Leipzig, **96**, 517 - 531.
- FRANCK, H., 1988: Ortungsbedingungen bei den Schallkanalstrukturen der westlichen Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1988, 82 S. [von H. FRANCK zur Verfügung gestellt].

- FRANCK, H., LASS, H. U., MATTHÄUS, W., SCHWABE, R., FRANCKE, E., 1989: Dynamische Prozesse beim Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, September 1989, 125 S. und Abbildungsband (IOW-Archiv, Nr. 89053).
- FRANCK, H., MATTHÄUS, W., 1992: Sea level conditions associated with major Baltic inflows. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **63**, 65-90.
- FRANCKE, E., HUPFER, P., 1963: Über die mittlere interdiurne Veränderlichkeit der Wassertemperatur und des Salzgehaltes im Übergangsgebiet zwischen Nord- und Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **10**, 10-26.
- FRANCKE, E., NEHRING, D., 1971: Erste Beobachtungen über einen erneuten Salzwassereinbruch in die Ostsee im Februar 1969. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **28**, 33 - 47.
- FRANCKE, E., NEHRING, D., ROHDE, K.-H., 1977: Zur Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser der Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **39**, 25-35.
- FRANCKE, E., BÖHL, D., LASS, H. U., MÖCKEL, F., VOIGT, K., 1977: Bericht über internationale Experimente zum Vergleich von Geräten zur Messung der Meeresströmung. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **39**, 103-106.
- FRANCKE, E., NEHRING, D., BÖHL, D., 1978: On the problem of the exchange of water in the deep basins of the Baltic Sea during the winter 1975/76. – Proc. 10<sup>th</sup> Conf. Baltic Oceanographers, 2- 4 June 1976, Göteborg, **1**, Paper No. 5, 1-10.
- FRANCKE, E., HUPFER, P., 1980: Ein Beitrag zur Untersuchung des Salzwassereinbruchs im Winter 1975/76 in die Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **44/45**, 15-26.
- FRANCKE, E., LASS, H. U., MÖCKEL, F., PLÜSCHKE, G., 1980: Der ozeanologische Strömungsmesser LSK 801.2. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **44/45**, 127-138.
- FRANCKE, E., 1982: Bojenstation „Darßer Schwelle“. – Seewirtschaft, **14(6)**, 300–303.
- FRANCKE, E., 1983: Ergebnisse langzeitiger Strömungsmessungen in der Deckschicht des Seegebietes der Darßer Schwelle. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **48**, 23-45.
- FRANCKE, E., REICHEL, U., 1983: Historische Entwicklung und aktuelle Bedeutung des Ostsee-Observatoriumsprogramms. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **48**, 73-88.
- FRANCKE, E., MATTHÄUS, W., 1984: International Baltic observation programmes and their advantages for baseline studies in the Baltic Sea. – Rapp. P.-v. Réun., Cons. Int. Explor. Mer., **185**, 30-38.



- GOHS, L., 1967a: Tyndall- und Extinktionsmessungen in ausgewählten Meeresgebieten. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **20**, 43-51.
- GOHS, L., 1967b: Beziehungen zwischen hydrooptischen und hydrographischen Parametern in den Mulden der Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **21**, 36-61.
- GOHS, L., 1974a: Untersuchungen der Lichtextinktion an suspendierten Teilchen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **33**, 5-44.
- GOHS, L., 1974b: Über einige hydrographische und hydrooptische Beobachtungen an der Westmole von Warnemünde 1971 und 1972. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **34**, 23-38.
- GOHS, L., DERA, J., GEDZIOROWSKA, D., HAPTER, R., JONASZ, M., PRANDKE, H., SIEGEL, H., SCHENKEL, G., OLSZEWSKI, J., WOŹNIAK, B., ZALEWSKI, S., 1978: Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen den optischen, physikalischen, biologischen und chemischen Umweltfaktoren in der Ostsee in den Jahren 1974, 1975 und 1976. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **25**, 1-176.
- GOHS, L., 1982: Einfluß der inhärenten meeresoptischen Eigenschaften auf die Remission des Meerwassers. In: Erste Konferenz „Fernerkundung – Stand und Entwicklungstendenzen“, Karl-Marx-Stadt, 27.-29. Oktober 1981. – Veröff. Zentralinst. Physik der Erde der AdW, **74**, 172-177.
- GOULD, W. J., ZENK, W., 2020: The SCOR Working Group 21 Intercomparison of recording current meters on r/v Akademik Kurchatov – 50 years later. – J. Oceanol. Res. (Okeanologitscheskije Issledowanija), **48(3)**, 31-53.
- HAGEN, E., 1974a: Ein einfaches Schema der Entwicklung von Kaltwasserauftriebszellen vor der nordwestafrikanischen Küste. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **33**, 115-125.
- HAGEN, E., 1974b: Einige Ergebnisse der 1971 im Kaltwasserauftriebsgebiet vor Cap Blanc durchgeführten Strömungsmessungen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **33**, 127-133.
- HAGEN, E., 1975a: Der Doppler-Effekt bei der Trägheitsfrequenz in Geschwindigkeitsspektren des küstennahen Kaltwasserauftriebsgebietes auf dem Schelf vor Cap Blanc. – Gerlands Beitr. Geophys., Leipzig, **84**, 431-436.
- HAGEN, E., 1975b: On the question of cross circulation in the coastal upwelling areas. – CUEA-Newsletter, **4(3)**, 27-32.
- HAGEN, E., 1976: Ein Beitrag zur Erkundung des Kaltwasserauftriebs vor Nordwestafrika, speziell für das Schelfgebiet vor Cap Blanc. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **37**, 29-72.

- HAGEN, E., KAISER, W., 1976: Untersuchungen zur raum-zeitlichen Struktur ozeanologischer Felder im Rahmen der mesoskalen Auftriebsdynamik – speziell für das Schelfgebiet vor Cap Blanc. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **19**, 1-43.
- HAGEN, E., 1977: Zur Problematik mesoskaler Verwirbelungen in den Schelfgebieten des küstennahen Kaltwasserauftriebs. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **39**, 61-87.
- HAGEN, E., 1978: Einige charakteristische Parameter (zeitlich und räumlich gemittelt) des mesoskalen küstennahen Kaltwasserauftriebs vor Nordwestafrika im Frühjahr 1976. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **26**, 3-18.
- HAGEN, E., 1979a: Zur Dynamik charakteristischer Variationen mit barotropem Charakter in mesoskalen ozeanologischen Feldverteilungen küstennaher Auftriebsgebiete. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **29**, 3-71.
- HAGEN, E., 1979b: Die Schichtungs- und Strömungsverhältnisse im Frühjahr 1976 auf dem Schelf vor Bahia de Gorrei im Rahmen der mesoskalen Auftriebsdynamik und der damit verbundenen biologischen Aktivitäten. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **42**, 133-166.
- HAGEN, E., ZAHN, W., 1980: On the influence of large scale winds upon mesoscale upwelling dynamics off NW Africa. – ICES Statutory Meeting, Copenhagen 1980, Paper **C.M. 1980/C:21**, 1.4.
- HAGEN, E., SCHEMAINDA, R., MICHELCHEN, N., SCHULZ, S., POSTEL, L. BELOW, M., 1980: Kaltwasserauftrieb vor der Küste Namibias. Abschlußbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, November 1980, 179 S. (IOW-Archiv, Nr. 80001).
- HAGEN, E., 1981: Mesoscale upwelling variations off the West African coast. In: RICHARDS, F. A. (Ed.), Coastal and Estuarine Sciences, Coastal Upwelling, **1**, 72-78.
- HAGEN, E., SCHEMAINDA, R., MICHELCHEN, N., POSTEL, L., SCHULZ, S., BELOW, M., 1981: Zur küstensenkrechten Struktur des Kaltwasserauftriebs vor der Küste Namibias. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **36**, 1-99.
- HAGEN, E., DEMIN, J. L., 1982: On the North Equatorial Subsurface Countercurrent in the eastern Atlantic. – Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter, **10**, 7-8.
- HAGEN, E., SCHEMAINDA, R., 1983: Semi-annual variations in the Atlantic Equatorial Undercurrent. – Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter, **17**, 4-5.
- HAGEN, E., SCHEMAINDA, R., 1984: Der Guineadom im ostatlantischen Stromsystem. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **51**, 5-27.

- HAGEN, E., 1985a: A meandering intermediate front North-West off Cape Verde Islands. – *Océanogr. Trop.*, Paris, **20**,1, 71-83.
- HAGEN, E., 1985b: Meso-scale upwellings off Namibian coast. – *Pros. Int. Symp. of upwelling off West Africa*, Barcelona 1985, **1**, 161-179.
- HAGEN, E., GURINA, A. M., 1985: A diagnostic case study of meso-scale upwellings within a layer near the sea surface off Cape Blanc in summer 1972. – *Proc. Int. Symp. of upwelling off West Africa*, Barcelona 1985, **1**, 101-117.
- HAGEN, E., SCHEMAINDA, R., 1985: Zur Approximation des vertikalen Impulsaustausches in der Windmischungsschicht. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **52**, 73-75.
- HAGEN, E., SCHEMAINDA, R., 1986: On actual and climatological vertical structures within the 1500 dbar top layer north-west off Cape Verde Islands. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **55**, 19-27.
- HAGEN, E., SCHEMAINDA, R., MICHELCHEN, N., ZAHN, W., WOLF, G., NEHRING, D., BRENNING, U., 1986: Quasistationäre Strukturen im Wasserauftrieb vor Mauretanien im März/April 1983. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **54**, 19-31. S. auch *Geod. Geophys. Veröff.* Berlin 1985, R. IV, H. **42**, 1-64.
- HAGEN, E., SCHEMAINDA, R., 1987: On the zonal distribution of South Atlantic Central Water (SACW) along a section off Cap Blanc, Northwest Africa. – *Oceanol. Acta*, Vol. spec., **6**, 61-70.
- HAGEN, E., SCHEMAINDA, R., ZAHN, W., 1987: Intermediäre Massenfeldeigenschaften vor Nordwestafrika zwischen Cap Verga und Cap Vert. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, März 1987, 54 S. (IOW-Archiv, Nr. 87052).
- HAGEN, E., MICHELCHEN, N., WOLF, G., ZAHN, W., 1988: Untersuchungen ozeanischer Strom- und Massenfeldstrukturen im zentralen Nordostatlantik und ihre Wechselwirkungen mit dem küstennahen Wasserauftrieb vor Nordwestafrika. Abschlußbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, März 1988, 64 S. (IOW-Archiv, Nr. 88069; s. auch Karton 59, Archiv-Nr. 1988/002).
- HAGEN, E., 1989: ENSO-events, northern hemisphere air temperatures, and sea-surface temperatures of the northern Atlantic. – *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, **48**, 8-11.
- HAGEN, E., SCHEMAINDA, R., 1989: Mittlere und jahreszeitliche Strukturen im Unterstrom (UUC) des Auftriebsgebietes vor Nordwestafrika. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **59**, 19-45.

- HAGEN, E., 1991: Beobachtungen der täglichen und mehrtägigen Auftriebsvariabilität über dem Schelf von Namibia im Herbst 1976. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **62**, 3-34.
- HAGEN, E., SCHMAGER, G., 1991: On mid-latitude air pressure variations and related SSTA fluctuations in the tropical/subtropical northern Atlantic from 1957 to 1974. – Z. Meteorol., **41**, 176-190.
- HAGEN, E., 1992a: Zur Abschätzung einer mittleren homothermen Deckschicht – ein Beispiel aus dem Auftriebsgebiet vor Namibia. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **63**, 29-44.
- HAGEN, E., 1992b: On zonal structures of the 15 °C - 18 °C layer thickness in the central eastern North Atlantic. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **63**, 131-135.
- HAGEN, E., ZAHN, W., 1992: Observations of meso-scale mass field structures in the central subtropical northern Atlantic. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **63**, 45-64.
- HAGEN, E., 2007: Ozeanische Forschungen. In: HUPFER, P., Klimaforschung in der DDR - ein Rückblick, Abschnitt 2.7. Deutscher Wetterdienst, Geschichte der Meteorologie in Deutschland, **8**, 41-49. S. auch HAGEN, E., 2009: Atlantic exploration and climate. In: HUPFER, P., DETHLOFF, K., Selected contributions on results of climate research in East Germany (the former GDR). – Ber. Polarforsch. Meeresforsch., **588**, 80-93.
- HELCOM, 1981: Assessment of the effects of pollution on the natural resources of the Baltic Sea, 1980. – Baltic Sea Environ. Proc., **5B**, 1-426.
- HELCOM, 1987: First periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea area, 1980-1985, background document. – Baltic Sea Environ. Proc., **17B**, 1-351.
- HELCOM, 1990: Second periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1984-1988; background document. – Baltic Sea Environ. Proc., **35B**, 1-428.
- HELCOM, 1996: Third periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1989-1993; background document. – Baltic Sea Environ. Proc., **64B**, 1-252.
- HELM, R., 1961: Drei neue Strömungsmeßgeräte des Instituts für Meereskunde. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **2/3**, 33-41.
- HELM, R., 1968: Zum Problem der Strömungen im Fehmarnbelt. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **22**, 25-40.
- HELM, R., 1971: Strömungen im Mittelatlantik. – Wissenschaft & Fortschritt, **21**, 518-520.

- HELM, R., 1972: Zur Windabhängigkeit der Strömungsrichtung im Fehmarnbelt. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **29**, 29-33.
- HELM, R., LASS, H. U., STURM, M., 1980: Some peculiarities of the Atlantic Equatorial Undercurrent core structure and its variation in time and space. – Deep-Sea Res. (A), GATE Suppl. II, **26**, 249-259.
- HORSTMANN, U., 1983: Distribution patterns of temperature and water colour in the Baltic Sea as recorded in satellite images: Indicators for phytoplankton growth. – Ber. Inst. Meereskunde, Kiel, **106**, 1-147.
- HUPFER, P., 1961: Ein ozeanologischer Längsschnitt durch die Ostsee vom 10. - 13. Juli 1957. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **2/3**, 60-86.
- HUPFER, P., LASS, H. U., 1971: Zur Bestimmung horizontaler Austauschkoeffizienten in der ufernahen Zone des Meeres. – Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math-Naturwiss. R., **20**, 671-678.
- KAISER, W., SIEGEL, H., 1978: Untersuchungen zum Problem Lichtfeld – Primärproduktion in Auftriebsgebieten vor Nordwest- und Südwestafrika. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **26**, 19-36.
- KASTEN, H., 1963: Ein automatisch registrierendes Temperatur- und Salzgehaltsmeßgerät für Messungen in situ 500 m Tiefe. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **9**, 14-29.
- KATZ, E., BELEVICH, R., BRUCE, J., BUBNOV, V., COCHRANE, J., DÜING, W., HISARD, P., LASS, H. U., MEINCKE, J., DE MESQUITA, A., MILLER, L., RYBNIKOV, A., 1977: Zonal pressure gradient along the equatorial Atlantic. – J. Mar. Res., **35**, 293-307.
- KATZ, E., MOLINARI, R. L., CARTWRIGHT, D., HISARD, P., LASS, H. U., DE MESQUITA, A., 1981: The seasonal transport of the equatorial undercurrent in the Western Atlantic (during FGGE). – Oceanol. Acta, **4**, 445-450.
- KEHSE, U., 2000: Präzisionsarbeit mit kleinen Fehlern. – RZ-Mitteilungen – Verband Deutscher Rechenzentren, Mai 2000, **19**, 67-69.
- KOCH, E., BITTELMEYER, H., VOLLBRECHT, K., 1952: Atlas des Salzgehaltes, der Wassertemperatur und der Strömungen im Mittelmeer. SHD der DDR, Hydro-Meteorologisches Institut, Berlin, Dezember 1952, 1-8 und 9 Karten.
- KOLP, O., 1954: Bericht über den Eiswinter 1953/54 für das Küstengebiet der DDR und die vorgelagerten Seegebiete. Warnemünde 1954, 25 S. und 9 Tafeln (IOW-Archiv, Nr. 54001).

- KREMP, C., SEIFERT, T., MOHRHOLZ, V., FENNEL, W., 2007: The oxygen dynamics during Baltic inflow events in 2001 to 2003 and the effect of different meteorological forcing - a model study. – *J. Mar. Syst.*, **67**, 13–30. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2006.08.002.
- KREMSER, U., 1967: Betrachtungen über Richardson'sche Zahlen und vertikale Austauschkoefizienten auf Grund internationaler Dauerbeobachtungen im August 1964 in der Ostsee. – Diplomarbeit, Inst. Meteorologie u. Geophysik, Humboldt-Univ. Berlin, 64 S.
- KREMSER, U., 1969: Ein Beitrag zur Veränderlichkeit physikalischer Parameter in der Ostsee. – *Mber. Dt. Akad. Wiss.*, **11**, 707-711.
- KREMSER, U., BROSIN, H.-J., 1969: Untersuchungen über vertikale Austauschkoefizienten und RICHARDSON'sche Zahlen in der mittleren Ostsee. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **26**, 5-10.
- KREMSER, U., 1972: Die Wirkung „nichtturbulenter“ Prozesse auf die Konzentration eines Rhodamin-S-Fleckes im Meer unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Phytoplankton, suspendierten Sedimenten und Sonnenstrahlung. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **30/31**, 101-125.
- KREMSER, U., MATTHÄUS, W., 1973a: Grundlagen und Methoden zur Berechnung mittlerer vertikaler Wärmeaustauschkoefizienten in der Ostsee. – *Gerlands Beitr. Geophys.*, Leipzig, **82**, 128-134.
- KREMSER, U., MATTHÄUS, W., 1973b: Mittlere Koeffizienten des vertikalen turbulenten Wärmeaustausches in der Ostsee (in russ.). – *Okeanologija*, **13**, 768-775.
- KREMSER, U., 1977a: Über die Massenbilanz einer Beimengung bei Versuchen zur turbulenten Diffusion im Meer. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **39**, 99-102.
- KREMSER, U., 1977b: A note on neighbour diffusivity in the near shore zone. – *Gerlands Beitr. Geophys.*, Leipzig, **86**, 86-87.
- KREMSER, U., 1978a: Einige Bemerkungen zur halbempirischen Diffusionsgleichung. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **41**, 15-23.
- KREMSER, U., 1978b: Der Einfluß der Anfangsverteilung einer momentanen Quelle auf einige Charakteristika der Fleckausbreitung. – *Z. Meteorol.*, **28**, 76-78.
- KREMSER, U., 1979: Die Ausbreitung passiver Beimengungen im Meer und der Vergleich mit experimentellen Daten. In: Tagung „Transportprozesse in turbulenten Strömungen“,

Eisenach, 20.-24.11.1978. – Veröff. Zentralinst. Mathematik und Mechanik der AdW, Vorträge-Heft II, 125-135.

KREMSER, U., KAYSER, B., 1979: Zur Interpretation der Diffusionsexperimente in der westlichen Ostsee vom März 1979. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **30**, 34-41.

KREMSER, U., KAYSER, B., MICHELCHEN, N., ŽURBAS, V., 1979: Vorläufige Ergebnisse von Diffusionsuntersuchungen in der ufernahen Zone der Ostsee im Herbst 1976. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **42**, 27-32.

KREMSER, U., 1981: Vergleich experimenteller Daten über die Maximalkonzentration von Beimengungen in im Meer diffundierenden Farbflecken mit theoretischen Ansätzen (in russ.). – Okeanologija, **21**, 244-248.

KREMSER, U., 1982: Zur Genauigkeit der Ergebnisse von Diffusionsexperimenten in der Oberflächenschicht des Meeres mit Hilfe fluoreszenter Tracer. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **47**, 105-113.

KULLENBERG, G., 1974: An experimental and theoretical investigation of the turbulent diffusion in the upper layer of the sea. – Kobenhavns Univ., Inst. Fys. Oceanogr., Rep. **25**, 1-212.

KULLENBERG, G. (Ed.), 1984: Overall report on the Baltic open sea experiment 1977 (BOSEX). – ICES Coop. Res. Rep., **127**, 1-82.

LASS, H. U., 1972: Über die Anwendung der dynamischen Methode bei zeitlich veränderlichem Massenaufbau des Ozeans. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **29**, 19-28.

LASS, H. U., 1973: Zur Vergleichbarkeit von Beobachtung und Theorie der winderzeugten Meeresströmung. – Gerlands Beitr. Geophys., Leipzig, **82**, 379-389.

LASS, H. U., 1974a: Relation between advective and turbulent components of the total transport in the nearshore zone of a non-tidal sea. – Rapp. P.-v. Réun., Cons. Int. Explor. Mer., **167**, 46-48.

LASS, H. U., 1974b: On the meaning of the constant in the spectrum of the equilibrium range of wind-generated waves. – Gerlands Beitr. Geophys., Leipzig, **83**, 238-240.

LASS, H. U., 1976: Über eine Methode zur Vergleichbarkeit von Theorie und Experiment in der Meeresforschung am Beispiel der windgetriebenen Strömung. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **38**, 119-133.

LASS, H. U., FENNEL, W., 1977: Theoretische Grundlagen der Ozeanologie. – Unveröff. Manuskript, Institut für Ostseeforschung, Warnemünde, 1-131. IOW-Bibliothek.

- LASS, H. U., 1978: Zum Problem der Genauigkeit bei der Darstellung ozeanologischer Größen in Form von Schnitten und Dauerstationen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **41**, 25-39.
- LASS, H. U., FENNEL, W., 1980: On the filtering of stochastic processes and the applicability of the REYNOLD'S rules. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **44/45**, 145-153.
- LASS, H. U., HAGEN, E., 1980: Seasonal variation of the Atlantic Equatorial Undercurrent at 30° W. – Gerlands Beitr. Geophys., Leipzig, **89**, 1-14.
- LASS, H. U., FENNEL, W., HELM, R., STURM, M., 1980a: Variations of the current system in the Equatorial Atlantic at 28° 40' W during FATE in May-June 1979. – ICES Statutory Meeting, Copenhagen 1980, Paper **C.M. 1980/C:20**, 1-10.
- LASS, H. U., FENNEL, W., HELM, R., MÖCKEL, F., STURM, M., TILL, K.-H., WIECHERT, H., WILL., H., 1980b: Vorläufige Ergebnisse der Expedition des Forschungsschiffes „A. v. Humboldt“ in den äquatorialen Atlantik während des Globalen Wetterexperimentes (FGGE) SOP II 1979. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **44/45**, 89-107.
- LASS, H. U., FENNEL, W., HELM, R., STURM, M., 1981: Atlantic current variations during May-June 1979. - Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter, **7**, 1 und 6.
- LASS, H. U., FENNEL, W., 1983: Ozeanologische Beobachtungen im äquatorialen Atlantik auf 28° 40' W während des ersten globalen GARP-Experiments. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **34**, 1-44.
- LASS, H. U., WULFF, C., SCHWABE, R., 1983: Methoden und Programme zur automatischen Erkennung und Korrektur von Meßfehlern in ozeanologischen Vertikalprofilen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **48**, 95-111.
- LASS, H. U., BUBNOV, V., HUTHNANCE, J. M., KATZ, E. J., MEINCKE, J., DE MESQUITA, A., OSTAPOFF, F., VOITURIEZ, B., 1983: Seasonal changes of the zonal pressure gradient in the equatorial Atlantic during the FGGE year. – Oceanol. Acta, **6(1)**, 3-11.
- LASS, H. U., SCHWABE, R., MATTHÄUS, W., FRANCKE, E., 1987: On the dynamics of water exchange between Baltic and North Sea. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **56**, 27-49.
- LASS, H. U., 1988: A theoretical study of the barotropic water exchange between the North Sea and the Baltic and the sea level variations of the Baltic. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **58**, 19-33.
- LASS, H. U., SCHWABE, R., 1990: An analysis of the salt water inflow into the Baltic in 1975 to 1976. – Dt. Hydrogr. Z., **43**, 97 - 125.



- LASS, H. U., MOHRHOLZ, V., 2003: On dynamics and mixing of inflowing saltwater in the Arkona Sea. – J. Geophys. Res., **108(C2)**, DOI: 10.1029/2002JC001465.
- LASS, H. U., MOHRHOLZ, V., SEIFERT, T., 2003a: On the pathways and mixing of salt-water plumes in the Arkona Basin. In: FENNEL, W., HENTZSCH, B. (Hrsg.), Festschrift zum 65. Geburtstag von Wolfgang Matthäus. – Meereswiss. Ber./Mar. Sci. Rep. Warnemünde, **54**, 38-54. DOI: 10.12754/msr-2003-0054.
- LASS, H. U., PRANDKE, H., LILJEBLADH, B., 2003b: Dissipation in the Baltic proper during winter stratification. – J. Geophys. Res., **108(C6)**, 1-20. DOI: 10.1029/2002JC001401.
- LUNDBERG, O. R., 1964: Die Bestimmung des Koeffizienten der vertikalen Temperaturleitfähigkeit aus den Veränderungen der Wassertemperatur in der Ostsee (in russ.). – Trudy GOIN, **81**, 94-105.
- MATTHÄUS, W., 1965: Ein verbessertes Meßverfahren für ozeanographische Lichtextinktionsmessungen in situ. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **16**, 31-36.
- MATTHÄUS, W., 1966: Die historische Entwicklung der meereskundlichen Temperaturmeßgeräte für größere Tiefen. – NTM-Schriftenr. Gesch. Naturwiss. Techn. Med., **3(8)**, 58-73.
- MATTHÄUS, W., 1967a: Der Einfluß von Wasserstandsstörungen auf Pegel mit poröser Durchflußöffnung. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **9**, 816 - 823.
- MATTHÄUS, W., 1967b: Die Berufung des Ozeanographen Otto Krümmel zum Ordinarius für Geographie an der Universität Kiel. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **9(6/7)**, 535-537.
- MATTHÄUS, W., 1967c: Der Ozeanograph Johann Gottfried Otto Krümmel (1854 - 1912). – Wiss. Z. Univ. Rostock, Math.-Naturwiss. R., **16(9/10)**, 1219-1224.
- MATTHÄUS, W., 1968a: The historical development of methods and instruments for the determination of depth-temperatures in the sea *in situ*. – Bull. l'Inst. Oceanogr., No. Spec. **2(1)**, 35-47.
- MATTHÄUS, W., 1968b: Water-level measurements of Antiquity. – Bull. l'Inst. Oceanogr., No. Spec. **2(1)**, 1-6.
- MATTHÄUS, W., 1968c: Zur Geschichte des Hochseepegels. – NTM-Schriftenr. Gesch. Naturwiss. Techn. Med., **5(12)**, 101-112; s. auch MATTHÄUS, W., 1969: On the history of the high seas tide gauge. – WHOI Techn. Memorandum, **5-69**, 7-19 und MATTHÄUS, W., 1970: Contribution à l'histoire du maregraphe de haute mer. – Cah. Oceanogr., **22(4)**, 327-341.

- MATTHÄUS, W., SAGER G., 1968/1969: **1968**: Einschwingvorgänge bei Pegeln mit poröser Durchflußöffnung. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **10**, 81-88; Der Einfluß nichtperiodischer Wasserstandsstörungen auf zweistufige Pegel mit poröser Durchflußöffnung. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **10**, 307-316; Der Einfluß periodischer Wasserstandsstörungen auf zweistufige Pegel mit poröser Durchflußöffnung. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **10**, 692-699. **1969**: Die Abbildung superponierter sinusförmiger Wasserstandsstörungen in Pegeln mit poröser Durchflußöffnung. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **11**, 108-115.
- MATTHÄUS, W., 1969a: Der Durchflußkoeffizient bei Rohrpegelanlagen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **26**, 59-95.
- MATTHÄUS, W., 1969b: Zur Entdeckungsgeschichte des Äquatorialen Unterstroms im Atlantischen Ozean. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **23**, 37-70.
- MATTHÄUS, W., 1970a: Eine empirische Gleichung zur Berechnung der Viskosität des Meerwassers aus japanischen Basiswerten. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **12**, 691-694.
- MATTHÄUS, W., 1970b: Die Viskosität des Meerwassers als Funktion von Temperatur, Salzgehalt und Druck. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **12**, 850-855.
- MATTHÄUS, W., 1970c: Zur historischen Entwicklung der Methoden und Geräte zur Beobachtung und Registrierung des Wasserstandes. – NTM-Schriftenr. Gesch. Naturwiss. Techn. Med., Teil I, **7(1)**, 46-59; Teil II, **7(2)**, 71-97.
- MATTHÄUS, W., 1970d: Einige Bemerkungen zur regionalen Verteilung der Registrierpegel in der Ostsee und den nordwesteuropäischen Gewässern. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **27**, 23-32.
- MATTHÄUS, W., 1971a: Die Anwendung von Ausgleichsverfahren zur Ermittlung von Jahresgängen ozeanographischer Parameter. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **13**, 116-121.
- MATTHÄUS, W., 1971b: Die Schallabsorption in Meerwasser nach der klassischen Theorie. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **13**, 271-275.
- MATTHÄUS, W., 1971c: Eine empirische Gleichung für die akustische Impedanz des Meerwassers. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **13**, 441-447.
- MATTHÄUS, W., 1972a: Die Viskosität des Meerwassers. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **29**, 93-107.
- MATTHÄUS, W., 1972b: On the history of recording tide gauges. – Proc. Roy. Soc. Edinb. (B), **73**, 25-34.

- MATTHÄUS, W., 1972c: Die Kenntnisse über die Schallausbreitung im Wasser von den Anfängen bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts. – NTM-Schriftenr. Gesch. Naturwiss. Techn. Med., **9(2)**, 23-33.
- MATTHÄUS, W., 1972-1974: Zur Hydrographie der Gotlandsee. I. Säkulare Variationen von Salzgehalt und Temperatur. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **29**, 1972: 35-51; II. Der mittlere Jahresgang der Temperatur in Oberflächennähe. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **32**, 1973: 105-114; III. Die Variation der Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser des Gotlandtiefs auf 57° 20' N, 20° E (F 81 bzw. BY 15 A). – Beitr. Meereskunde, Berlin, **32**, 1973: 115-136; IV. Zum mittleren Jahresgang des Sauerstoffgehalts im Oberflächenbereich des Gotlandtiefs. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **33**, 1974: 141-151.
- MATTHÄUS, W., 1972-1983: Untersuchungen zu Langzeittrends ozeanographischer Größen in der Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, vgl. SCHRÖDER (1984).
- MATTHÄUS, W., 1973-1984: Untersuchungen zu mittleren Jahresgängen ozeanographischer Größen in der Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, vgl. SCHRÖDER (1984).
- MATTHÄUS, W., 1973a: Secular changes in oxygen conditions in the deep water of the Gotland Basin. – Oikos Suppl., **15**, 9-13.
- MATTHÄUS, W., 1973b: Experimente zur Messung der Schallgeschwindigkeit im Wasser und Meerwasser im 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts. – NTM-Schriftenr. Gesch. Naturwiss. Techn. Med., **10(2)**, 39-49.
- MATTHÄUS, W., 1974: Empirische Gleichungen für den Brechungsindex des Meerwassers. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **33**, 73-78.
- MATTHÄUS, W., SAGER, G., SAMMLER, R., 1974: Vergleichende Betrachtungen von Methoden zur Ermittlung von Jahresgängen ozeanographischer Parameter. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **33**, 153-160.
- MATTHÄUS, W., 1975: Mean annual variations of the oxygen content of the near-surface region of the Gotland and Arkona Seas. – Merentutkimusl. Julk., **239**, 248-256.
- MATTHÄUS, W., KREMSER, U., 1976: Die Berechnung mittlerer vertikaler Austauschkoeffizienten in der Ostsee auf der Grundlage von Sauerstoffkonzentrationswerten. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **37**, 111-136.
- MATTHÄUS, W., STURM, M., FRANCKE, E., 1976: Einige Aspekte des thermischen Regimes der Ostsee im Sommer 1975 am Beispiel der Bornholmsee. – Z. Meteorol., **26**, 360-372.

- MATTHÄUS, W., 1977a: Mittlere vertikale Wärmeaustauschkoeffizienten in der Ostsee. – Acta Hydrophys., **22**, 73-92.
- MATTHÄUS, W., 1977b: Zur säkularen Veränderlichkeit des Oberflächensalzgehaltes in der offenen Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **39**, 37-49.
- MATTHÄUS, W., 1978a: Zur mittleren jahreszeitlichen Veränderlichkeit des Oberflächensalzgehaltes in der Ostsee. – Gerlands Beitr. Geophys., Leipzig, **87**, 369-376.
- MATTHÄUS, W., 1978b: Allgemeine Entwicklungstendenzen im Sauerstoffregime des Tiefenwassers der Ostsee. – Fischerei- Forsch., Rostock, **16(2)**, 7-14.
- MATTHÄUS, W., 1979a: Langzeitvariationen von Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser der zentralen Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **42**, 41-93.
- MATTHÄUS, W., 1979b: Mittlere thermische Schichtungsverhältnisse im Oberflächenwasser der offenen Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **42**, 123-131.
- MATTHÄUS, W., FRANCK, H., 1979: Zur kurzzeitigen Veränderlichkeit der Schichtungsverhältnisse im Seegebiet der Darßer Schwelle. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **42**, 95-110.
- MATTHÄUS, W., 1980a: Zur Frage sekundärer Extrema im mittleren Jahrgang der Temperatur in der offenen Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **44/45**, 67-73.
- MATTHÄUS, W., 1980b: Zur Variabilität der primären halinen Sprungschicht in der Gotlandsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **44/45**, 27-42.
- MATTHÄUS, W., 1980c: Is the Baltic halocline really rising? – Ophelia, Suppl., **1**, 157-163.
- MATTHÄUS, W., SCHWABE, R., 1982: Der Einfluß mesoskaler Wirbel auf die thermohaline Schichtung im Arkonabecken. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **47**, 5-30.
- MATTHÄUS, W., FRANCKE, E., LASS, H. U., SCHWABE, R., 1982: Untersuchung der Wasseraustauschprozesse im Bereich der Darßer Schwelle. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **47**, 31-50.
- MATTHÄUS, W., 1983a: Zum Vertikalaustausch durch die primäre haline Sprungschicht der offenen Ostsee. – Gerlands Beitr. Geophys., Leipzig, **92**, 20-30.
- MATTHÄUS, W., 1983b: Langzeittrends der Dichte im Gotlandbecken. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **48**, 47-56.

- MATTHÄUS, W., 1983c: Zur Variation der vertikalen Stabilität der thermohalinen Schichtung im Gotlandtief. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **48**, 57-71.
- MATTHÄUS, W., 1983d: Aktuelle Trends in der Entwicklung des Temperatur-, Salzgehalts- und Sauerstoffregimes im Tiefenwasser der Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **49**, 47-64.
- MATTHÄUS, W., LASS, H. U., FRANCKE, E., SCHWABE, R., 1983a: Zur Veränderlichkeit des Volumen- und Salztransports über die Darßer Schwelle. – Gerlands Beitr. Geophysik, Leipzig, **92**, 407-420.
- MATTHÄUS, W., SCHWABE, R., FRANCKE, E., LASS, H. U., 1983b: Inflow patterns of saline water across the Darss Sill into the Baltic in summer 1980. – Ann. Biol., **37**, 92-95.
- MATTHÄUS, W., 1984a: Zur mittleren jahreszeitlichen Veränderlichkeit von Temperatur und Salzgehalt in der Mecklenburger Bucht. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **50**, 9-23.
- MATTHÄUS, W., 1984b: Variations of the oceanological conditions in the Baltic proper during the last decade. – Ophelia, Suppl., **3**, 151-156; s. auch MATTHÄUS, W., 1985: Analysis of long-term trends in the Baltic proper during the seventies. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **52**, 49-56.
- MATTHÄUS, W., 1984c: Long-term variations of density in the Baltic Sea. – Limnologica, **15**, 289-292.
- MATTHÄUS, W., 1984d: Climatic and seasonal variability of oceanological parameters in the Baltic Sea. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **51**, 29-49.
- MATTHÄUS, W., FRANCKE, E., LASS, H. U., SCHWABE, R., 1984: Distribution patterns of salinity in the Darss Sill region in December 1981. – Ann. Biol., **38**, 55-58.
- MATTHÄUS, W., 1985a: Ergebnisse des Langzeitmonitorings der Ostsee (in russ.). – Trudy Meschdunarodnaja Simposiuma, Tallin, Oktober 1983, **2**, 299-307.
- MATTHÄUS, W., 1985b: Mittlere jahreszeitliche und langzeitige Veränderlichkeit des Salzgehaltes im Arkonabecken. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **53**, 17-26.
- MATTHÄUS, W., FRANCKE, E., LASS, H. U., SCHWABE, R., 1985a: Zum Mechanismus des Wasseraustausches über die Darßer Schwelle. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, Oktober 1985, 133 S. (IOW-Archiv, Nr. 85008).
- MATTHÄUS, W., LASS, H. U., SCHWABE, R., FRANCKE, E., 1985b: Water and salt transport across the Darss Sill in February/March 1982. – Ann. Biol., **39**, 58-61.

- MATTHÄUS, W., 1986a: The significance of the long-term monitoring of the Baltic Sea. – Baltic Sea Environm. Proc., **19**, 33-51.
- MATTHÄUS, W., 1986b: Some remarks on the horizontal coherence of the current field in the Arkona Basin. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **55**, 85-86.
- MATTHÄUS, W., 1986c: Charakteristische Eigenschaften von Stagnationsperioden im Tiefenwasser der Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **55**, 39-53.
- MATTHÄUS, W., SAMMLER, R., SCHWABE, R., 1986: Mesoskale Strömungsmuster und ihre Charakteristika im zentralen Arkonabecken im April 1981. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **54**, 33-51.
- MATTHÄUS, W., 1987a: The history of the Conference of Baltic Oceanographers. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **57**, 11-25.
- MATTHÄUS, W., 1987b: Die Veränderungen des ozeanologischen Regimes im Tiefenwasser des Gotlandtiefs während der gegenwärtigen Stagnationsperiode. – Fischerei- Forsch., Rostock, **25(2)**, 17-22.
- MATTHÄUS, W., 1988: Distribution patterns of summer sea surface temperature in the central Arkona Basin. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **58**, 68-70.
- MATTHÄUS, W., FRANCK, H., 1988: The seasonal nature of major Baltic inflows. – Kieler Meeresforsch., Sonderheft **6**, 64 - 72.
- MATTHÄUS, W., FRANCK, H., 1989: Is the positive salinity anomaly in the Kattegat deep water a necessary precondition for major Baltic inflows? – Gerlands Beitr. Geophys. Leipzig, **98**, 332-343.
- MATTHÄUS, W., 1990a: Mixing across the primary Baltic halocline. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **61**, 21-31.
- MATTHÄUS, W., 1990b: Langzeittrends und Veränderungen ozeanologischer Parameter während der gegenwärtigen Stagnationsperiode im Tiefenwasser der zentralen Ostsee. – Fischerei- Forsch., Rostock, **28(3)**, 25-34.
- MATTHÄUS, W., FRANCK, H., 1990: The water volume penetrating into the Baltic Sea in connection with major Baltic inflows. – Gerlands Beitr. Geophys. Leipzig, **99**, 377-386.
- MATTHÄUS, W., SAMMLER, R., 1990: Erfahrungen bei der experimentellen Erfassung mesoskaler Strömungsfelder in der westlichen Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **61**, 33-50.

- MATTHÄUS, W., 1992: Zur Ozeanographie der Lübecker Bucht. In: DIEHL, M. (Hrsg.), Lübecker Bucht und Untertrave. – Ber. Verein „Natur und Umwelt“ und Naturhist. Museum Lübeck, **23/24**, 18-33.
- MATTHÄUS, W., FRANCK, H., 1992: Characteristics of major Baltic inflows - a statistical analysis. – Cont. Shelf Res., **12**, 1375 - 1400. DOI: org/10.1016/0278-4343(92)90060-W.
- MATTHÄUS, W., GERTH, M., 1994: The small-scale structure of the halocline during PEX-86. – ICES Coop. Res. Rep., **201**, 85-89.
- MATTHÄUS, W., LASS, H. U., 1995: The recent salt inflow into the Baltic Sea. – J. Phys. Oceanogr., **25**, 280-286.
- MATTHÄUS, W., 2004/2005: Warnemünder Forscher überwachen seit fünf Jahrzehnten die Meeresumwelt der Ostsee. – Tidingsbringer – ein Warnemünder Bäderjournal, **9**, 61-64.
- MATTHÄUS, W., 2006: The history of investigation of salt water inflows into the Baltic Sea – from the early beginning to recent results. – Meereswiss. Ber./Mar. Sci. Rep. Warnemünde, **65**, 1-73. DOI: 10.12754/msr-2015-0065.
- MATTHÄUS, W., 2007a: Die Atlantikreise des Forschungsschiffes „Professor Albrecht Penck“ im Jahre 1964 zur Untersuchung des Äquatorialen Unterstroms im östlichen Atlantik. – Histor.-meereskdl. Jb., **13**, 63-94.
- MATTHÄUS, W., 2007b: Meeresklimatische Schwankungen in der Ostsee. In: HUPFER, P., Klimaforschung in der DDR - ein Rückblick, Abschnitt 4.6. – Deutscher Wetterdienst, Geschichte der Meteorologie in Deutschland, **8**, 97-101. S. auch MATTHÄUS, W., 2009: Marine climatic variations of the Baltic Sea. In: HUPFER, P., DETHLOFF, K. (Hrsg.), Selected contributions on results of climate research in East Germany (the former GDR). – Ber. Polarforsch. Meeresforsch., **588**, 173-182.
- MATTHÄUS, W., 2008: The first joint research programme in the Baltic Sea after World War II – the Cooperative Synoptic Investigation in August 1964. – Histor.-meereskdl. Jb., **14**, 69-100; s. auch MATTHÄUS, W., 2013: Steps of development in international research in the Baltic Sea during the “hot phase” of the Cold War (1947 – 1964). In: GROEBEN, C., Places, people, tools – oceanography in the Mediterranean and beyond. – Proc. VIII<sup>th</sup> Int. Congr. Hist. Oceanogr., Publ. Staz. Zool. Anton Dohrn IV, Napoli, 87-103.
- MATTHÄUS, W., NEHRING, D., BROSIN, H.-J., HAGEN, E., LASS, H. U., 2008: The history of long-term observations in Warnemünde. In: FEISTEL, R., NAUSCH, G., WASMUND, N. (Eds.), State and evolution of the Baltic Sea, 1952-2005. Wiley & Sons, Hoboken, 45-64.

- MATTHÄUS, W., 2009: Zur Geschichte der Entwicklung ozeanographischer Messtechnik in den Warnemünder Meeresforschungseinrichtungen. – *Histor.-meereskd. Jb.*, **15**, 7-52.
- MATTHÄUS, W., 2012: Meeresakustik im Institut für Meereskunde Warnemünde – Forschung im Spannungsfeld des Kalten Krieges. – *Histor.-meereskd. Jb.*, **18**, 17-72.
- MATTHÄUS, W., 2015a: Die Gründungsphase der Meeresforschung in Warnemünde. – *Histor.-meereskd. Jb.*, **20**, 9-34.
- MATTHÄUS, W., 2015b: Dr. Rudolf Schemainda (1921 – 1987) – Seefahrer und Meeresforscher. In: MATTHÄUS, W., Friedrich Möckel (1919 – 1993) und Rudolf Schemainda (1921 – 1987) – zwei Warnemünder Meeresforscher. – *Meereswiss. Ber./Mar. Sci. Rep. Warnemünde*, **95**, 61-107. DOI: 10.12754/msr-2015-0095.
- MATTHÄUS, W., 2016: Friedrich Möckel (1919-1993) – Pionier der Meeresforschungstechnik in der DDR. – *Histor.-meereskd. Jb.*, **21**, 17-52.
- MATTHÄUS, W., HUPFER, P., 2017: Das sowjetische Forschungsschiff „Michail Lomonossov“ und die Meeresforschung in Warnemünde. – *Histor.-meereskd. Jb.*, **22**, 63-90.
- MATTHÄUS, W., KRÜGER, S., SEEHASE, H., 2017: Der ozeanographische Messmast auf der Darßer Schwelle – die Entwicklungsgeschichte eines unikalen ozeanographischen Fernmess-Systems. – *Meereswiss. Ber./Mar. Sci. Rep. Warnemünde*, **103**, 1-68. DOI: 10.12754/msr-2017-0103.
- MATTHÄUS, W., 2018: Rudolf Schemainda (1921 – 1987) – ein Leben für die Meeresforschung. – *Histor.-meereskd. Jb.*, **23**, 185-218.
- MATTHÄUS, W., 2019a: Erich Bruns (1900 - 1978) - Wellenforscher, Wissenschaftsorganisator und Gründer des Meeresforschungsstandortes Warnemünde. – *Meereswiss. Ber./Mar. Sci. Rep. Warnemünde*, **109**, 1-181. DOI: 10.12754/msr-2019-0109.
- MATTHÄUS, W., 2019b: Von der Abteilung Meereskunde in Berlin zum Institut für Meereskunde Warnemünde – die Meeresforschung in der DDR zwischen militärischer und ziviler Unterstellung. – *Zeitgeschichte regional, Mitteilungen aus Mecklenburg-Vorpommern*, **23(1+2)**, 114-128.
- MATTHÄUS, W., 2020: Das Institut für Meereskunde Warnemünde und die Volksmarine – Militärozeanographische Forschungen in der DDR. – *Zeitgeschichte regional - Mitteilungen aus Mecklenburg-Vorpommern, Rostock*, **24(1)**, 80-96.



- MENACHE, M., 1963 : Premiere compagne oceanographique du "Commandant Robert Giraud" dans le Canal de Mozambique, 11 Octobre an 28 Novembre 1957. – Cah. Oceanogr., **15(4)**, 224-235, 260-286.
- MICHELCHEN, N., 1981: Estimates of large-scale atmospheric pressure variations in the upwelling area off Northwest Africa. In: RICHARDS, F. A. (Ed.), Coastal and Estuarine Sciences, Coastal Upwelling, **1**, 17-20.
- MICHELCHEN, N., 1983: Zwischenjährige Änderungen im Kaltwasserauftrieb vor Nordwestafrika und ihre globale Wechselwirkung mit der Südlichen Oszillation. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, Dezember 1983, 39 S. (IOW-Archiv, Nr. 83041).
- MICHELCHEN, N., 1985: About inter-annual coastal upwelling variations off NW-Africa with reference to changes of "Southern Oscillation". – Int. Symp. Upwelling W-Africa, Barcelona, **1**, 93-100.
- MICHELCHEN, N., 1989: Auswirkungen globaler und regionaler Anomalien im System Ozean-Atmosphäre auf den küstennahen Kaltwasserauftrieb im zentralen Ostatlantik. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **44**, 1-83.
- MIEHLKE, O., 1956a: Über die Wasserstandsentwicklung an der Küste der Deutschen Demokratischen Republik im Zusammenhang mit der Sturmflut am 3. und 4. Januar 1954. – Ann. Hydrogr., Stralsund, **5/6**, 22-42.
- MIEHLKE, O., 1956b: Was registriert ein Schreibpegel wirklich? – Ann. Hydrogr., **5/6**, 112–118.
- MIEHLKE, O., 1959: Studium der Übereinstimmung des Mittelwassers der Ostsee mit dem neuen Höhennullpunkt und Analyse der Pegelstände zur Feststellung von Vertikalbewegungen an der Ostseeküste. – Gutachten, SHD der DDR, Rostock, 24. August 1959, 1-25.
- MIEHLKE, O., 1960: Die dritte deutsche Gezeitenrechenmaschine. Eine Untersuchung ihrer Fehlerquellen und Leistungsgrenzen. – Wiss. Z. Univ. Greifswald, **9**, 249–260.
- MÖCKEL, F., 1980: Die ozeanologische Meßkette OM 75, eine universelle Datenerfassungsanlage für Forschungsschiffe. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **43**, 5-14.
- MOHRHOLZ, V., PRANDKE, H., LASS, H. U., 2008: Estimation of TKE dissipation rates in dense bottom plumes using a Pulse Coherent Acoustic Doppler Profiler (PC-ADP) – structure function approach. J. Mar. Syst., **70**, 217-239. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2007.03.004.

- MOHRHOLZ, V., NAUMANN, M., NAUSCH, G., KRÜGER, S., GRÄWE, U., 2015: Fresh oxygen for the Baltic Sea - an exceptional saline inflow after a decade of stagnation. – *J. Mar. Syst.*, **148**, 152-166. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2015.03.005.
- MOHRHOLZ, V., 2018: Major Baltic inflow statistics – revised. – *Front. Mar. Sci.*, 22 October 2018. DOI: org/10.3389/fmars.2018.00384.
- MOLINARI, R. L., KATZ, E., FAHRBACH, E., LASS, H. U., VOITURIEZ, B., 1983: Near surface temperature observations obtained in the equatorial Atlantic Ocean during FGGE (1979). In: NIHOUL, J. (Ed.), *Hydrodynamics of the equatorial ocean*. – Elsevier Oceanogr. Ser., Amsterdam-Oxford-New York, **36**, 65-82.
- MÜLLER, G., 1966: Methoden zur Ermittlung von Austausch und Diffusion im Meer. – Diplomarbeit, Geophys. Inst. Univ. Leipzig.
- MÜLLER, G., 1974: Über den Einsatz der Flachwasser-Bojenstation "Schelf 73". – *Seewirtschaft*, **6(9)**, 563–565.
- MÜLLER, G., 1980: Ozeanologische Datengewinnungssysteme unter besonderer Berücksichtigung der Bojentechnik. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **43**, 73-82.
- MÜLLER, G., 1981: Experimentelle Untersuchung der Oberflächendrift mit Hilfe von Driftkarten in der Arkona- und Beltsee. – *Dissertationsschrift*, Akad. Wiss. DDR, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 1-169.
- MÜLLER, G., 1985: Experimentelle Untersuchung der Oberflächendrift mit Hilfe von Driftkarten in der Arkona- und Beltsee - Teil I. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **53**, 27-39.
- NEHRING, D., BROSIN, H.-J., 1967: Ozeanographische Beobachtungen im äquatorialen Atlantik und auf dem patagonischen Schelf während der 1. Südatlantik-Expedition des Fischereiforschungsschiffes „Ernst Haeckel“ von August bis Dezember 1966. – *Geod. Geophys. Veröff.* Berlin, R. IV, H. **3**, 1-16, Datenanhang: 17-67, ozeanographische Schnitte: 69-93.
- NEHRING, D., FRANCKE, E., 1971: Hydrographisch-chemische Veränderungen in der Ostsee seit Beginn dieses Jahrhunderts und während des Internationalen Ostseejahres 1969/70. – *Fischerei-Forsch.*, Rostock, **9(1)**, 35-42.
- NEHRING, D., FRANCKE, E., BROSIN, H.-J., 1971: Beobachtungen über die ozeanologischen Veränderungen im Gotlandtief während der Wasserumschichtung im Oktober 1969. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **28**, 75-82.

- NEHRING, D., FRANCKE, E., 1971-1988: Jahresberichte über die hydrographisch-chemischen Veränderungen in der Ostsee in den Jahren 1971 bis 1990. – Fischerei-Forsch., Rostock, **9** (1971) - **26** (1988).
- NEHRING, D., SCHEMAINDA, R., SCHULZ, S., 1972-1977: Beiträge der DDR zur Erforschung der küstennahen Wasserauftriebsprozesse im Ostteil des nördlichen Zentralatlantiks. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, Teil II: H. **9** (1972), 1-62; Teil IV: H. **12** (1974), 1-61; Teil Vb: H. **15** (1975), 1-52; Teil VII: H. **23** (1977), 1-88.
- NEHRING, D., FRANCKE, E., 1973: Zusammenfassende Darstellung der hydrographisch-chemischen Veränderungen in der Ostsee 1969/70. – Fischerei-Forsch., Rostock, **11(1)**, 31-43.
- NEHRING, D., FRANCKE, E., 1974: Hydrographisch-chemische Veränderungen in der Ostsee im Jahre 1972 unter besonderer Berücksichtigung des Salzwassereintruchs im März/April 1972. – Fischerei-Forsch., Rostock, **12(1)**, 23-33.
- NEHRING, D., FRANCKE, E., 1981: Hydrographisch-chemische Untersuchungen in der Ostsee von 1969-1978. I. Die hydrographischen Bedingungen und ihre Veränderungen. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **35**, 5-38.
- NEHRING, D., HAGEN, E., JORGE DA SILVA, A., SCHEMAINDA, R., WOLF, G., MICHELCHEN, N., KAISER, W., POSTEL, L., GOSELCK, F., BRENNING, U., KÜHNER, E., ARLT, G., SIEGEL, H., GOHS, L., BUBLITZ, G., 1984: The oceanological conditions in the western part of the Mocambique Channel in February - March 1980. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **39**, 1-163.
- NEHRING, D., FRANCKE, E., MÜLLER, G., 1985: The North Sea-Baltic Sea Water Exchange Project (NOWAP). – Beitr. Meereskunde, Berlin, **53**, 73-74.
- NEHRING, D., ZAHN, W., GEORGI, F., 1987: Einfluß des Nouakchott-Cañons (Mauretanien) auf ozeanologische Feldverteilungen im März 1984: 4. Feldverteilungen ausgewählter ozeanologischer Größen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **57**, 67-75.
- NEHRING, D., HAGEN, E., JORGE DA SILVA, A., SCHEMAINDA, R., WOLF, G., MICHELCHEN, N., KAISER, W., POSTEL, L., GOSELCK, F., BRENNING, U., KÜHNER, E., ARLT, G., SIEGEL, H., GOHS, L., BUBLITZ, G., 1987: Results of oceanological studies in the Mozambique Channel in February - March 1980. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **56**, 51-63.
- NEHRING, D., 1990a: Die hydrographisch-chemischen Bedingungen in der westlichen und zentralen Ostsee im Jahre 1988. – Fischerei-Forsch., Rostock, **28(2)**, 7-18.

- NEHRING, D., 1990b: Die hydrographisch-chemischen Bedingungen in der westlichen und zentralen Ostsee im Jahre 1989. – Fischerei- Forsch., Rostock, **28(3)**, 35-45.
- NEHRING, D., 1991: Die hydrographisch-chemischen Bedingungen in der westlichen und zentralen Ostsee im Jahre 1990. – Fischerei- Forsch., Rostock, **29(2)**, 5-16.
- NEHRING, D., MATTHÄUS, W., 1991: Current trends in hydrographic and chemical parameters and eutrophication in the Baltic Sea. – Int. Revue ges. Hydrobiol., **76**, 297-316.
- NEHRING, D., MATTHÄUS, W., 1991/92: Die hydrographisch-chemischen Bedingungen in der westlichen und zentralen Ostsee im Jahre 1991. – Dt. Hydrogr. Z., **44**, 217-238.
- NEUMANN, T., PRANDKE, H., STIPS, A., 1989: Untersuchung der Struktur der bodennahen Wasserschicht in der Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 31. 8. 1989. Teil 1: Text, 122 S. (IOW-Archiv, Nr. 89049). Teil 2: Tabellen und Abbildungen (IOW-Archiv, Nr. 89052).
- NEUMANN, T., 1990. Untersuchung der Struktur der bodennahen Wasserschicht in der Ostsee. Dissertationsschrift, Akad. Wiss. DDR, Institut für Meereskunde Warnemünde, Teil 1: 1-122 (Text); Teil 2: Tabellen und Abbildungen.
- ONKEN, R., BASCHEK, B., ANGEL-BENAVIDES, I. M., 2020: Very high-resolution modelling of submesoscale turbulent patterns and processes in the Baltic Sea. – Ocean Science, **16**, 657-684.
- PETERSSON, H. v., 1954: Winterliche Hochdruckgebiete und Eisverhältnisse in der südlichen und mittleren Ostsee im Winter 1950/51. – Ann. Hydrogr., Stralsund, **1**, 17-32.
- PETERSSON, H. v., 1956a: Die Eisverhältnisse der südlichen und mittleren Ostsee im Winter 1951/52. – Ann. Hydrogr., Stralsund, **4**, 71-78.
- PETERSSON, H. v., 1956b: Die Eisverhältnisse an der Küste der Deutschen Demokratischen Republik im Winter 1952/53. – Ann. Hydrogr., Stralsund, **5/6**, 55-62.
- PETERSSON, H. v., 1956c: Eine besondere Treibeislage vor Warnemünde im März 1956. – Ann. Hydrogr., Stralsund, **5/6**, 109-111.
- POSTEL, L., ZAHN, W., 1987: Einfluß des Nouakchott-Cañons (Mauretanien) auf ozeanologische Feldverteilungen im März 1984: 1. Einführung und Meßprogramm. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **57**, 45-50.

- PRANDKE, H., 1977: Ein Beitrag zur Untersuchung der Lichtstreuung und ihrer Beziehungen zu den suspendierten Stoffen in der Ostsee. – Dissertationsschrift, Akad. Wiss. DDR, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 1-107.
- PRANDKE, H., 1980a: Einige Ergebnisse der Lichtstreuuntersuchungen in der mittleren Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **44/45**, 43-54.
- PRANDKE, H., 1980b: Konstruktion eines Laborstreulichtphotometers für den Einsatz in der Meeresforschung. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **43**, 109-122.
- PRANDKE, H., 1980c: Zum Zusammenhang zwischen Lichtstreuarakteristik und suspendiertem Material in der Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **44/45**, 55-65.
- PRANDKE, H., BROSIN, H.-J., 1980: Zur Lichtstreuarakteristik in der Darß-Zingster Boddenkette. – Wiss. Z. Wilhelm-Pieck-Univ. Rostock, Math.-Naturwiss. R., **29(4/5)**, 43-46.
- PRANDKE, H., ERDMANN, N., 1980: Zum Zusammenhang zwischen der Konzentration des suspendierten Materials und der Lichtstreuintensität in der Darß-Zingster Boddenkette während der synoptischen Aufnahme. – Wiss. Z. Wilhelm-Pieck-Univ. Rostock, Math.-Naturwiss. R., **29(4/5)**, 47-49.
- PRANDKE, H., STIPS, A., 1984a: Microstructure patches in the Baltic pycnoclines. – Proc. 14<sup>th</sup> Conf. Baltic Oceanographers, 28 Sep-2 Oct 1984, Gdynia, 343-357.
- PRANDKE, H., STIPS, A., 1984b: The step-like structure of the Baltic pycnoclines. – Proc. 14<sup>th</sup> Conf. Baltic Oceanographers, 28 Sep-2 Oct 1984, Gdynia, 359-369.
- PRANDKE, H., STIPS, A., 1985: Free sinking probe for horizontal coherence investigation of microstructure. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **53**, 69-70.
- PRANDKE, H., KRÜGER, S., ROEDER, W., 1985: Aufbau und Funktion einer frei fallenden Sonde zur Untersuchung der Mikrostruktur der thermohalinen Schichtung im Meer. – Acta Hydrophys., **29**, 165-210.
- PRANDKE, H., 1986a: Observation of a bottom turbidity layer in the Baltic (Arkonasea). – Beitr. Meereskunde, Berlin, **55**, 87-90.
- PRANDKE, H., 1986b: A comparison of light scattering measurements in the North Sea and adjacent regions. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **55**, 81-82.
- PRANDKE, H., 1986c: Untersuchung der Mikrostruktur der Dichteschichtung in der Ostsee. – Habilitationsschrift, Akad. Wiss. DDR, Institut für Meereskunde, Warnemünde. Teil I: 1-152 (Text); Teil II: 1-265 (Tabellen und Abbildungen).

- PRANDKE, H., STIPS, A., 1987a: Echostreuschichten in der Ostsee – Schallreflexion am Dichtesprung oder Schallstreuung an suspendiertem Material. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **57**, 27-36.
- PRANDKE, H., STIPS, A., 1987b: Zur unterschiedlichen Ausprägung der Mikrostruktur von Temperatur und Salzgehalt in thermohalinen Sprungschichten. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **56**, 65-72.
- PRANDKE, H., NEUMANN, T., STIPS, A., 1988: MSS 86 - ein neues Meßsystem zur Untersuchung der Mikrostruktur der bodennahen Wasserschicht im Meer. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **58**, 71-72.
- PRANDKE, H., STIPS, A., 1990a: Statistische Analyse lokaler Gradienten in den Dichtesprungschichten der Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **61**, 93-102.
- PRANDKE, H., STIPS, A., 1990b: Sound velocity microstructure in Baltic pycnoclines. – Thirty Seventh Open Seminar on Acoustics, Polish Acoustical Soc., 10 – 14 September 1990, Gdańsk, 281-284.
- PRANDKE, H., STIPS, A., 1991: Cox-numbers in Baltic pycnoclines: a comparison with observations from the ocean. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **62**, 47-51.
- PRANDKE, H., STIPS, A., 1992: A model of Baltic thermocline turbulence patches, deduced from experimental investigations. – Cont. Shelf Res., **12**, 643-659. DOI: 10.1016/0278-4343(92)90024-E.
- PRANDKE, H., STIPS, A., 1996: Investigation of microstructure and turbulence in marine and limnic waters using the MST profiler. – Europ. Com., Joint Res. Centre, Techn. Note **I.96.87**, 1-90.
- ROGGE, H., MIEHLKE, O., 1957: Verlauf und Auswirkung der Sturmflut vom 13. Januar 1957 an der mecklenburgischen Küste. – Z. angew. Geol. **3**, 409–412.
- SAGER, G., 1955a: Zur Geschichte der Gezeitenforschung. In: SAGER, G., OEHMISCH, W., MIEHLKE, O., Gezeitenvoraussagen und Gezeitenrechenmaschinen. – Seehydrographischer Dienst der DDR, Hydro-Meteorologisches Institut, Warnemünde, 7-17.
- SAGER, G., 1955b: Zur geschichtlichen Entwicklung der Gezeitenrechenmaschinen. In: SAGER, G., OEHMISCH, W., MIEHLKE, O., Gezeitenvoraussagen und Gezeitenrechenmaschinen. – Seehydrographischer Dienst der DDR, Hydro-Meteorologisches Institut, Warnemünde, 41-93.

- SAGER, G., MIEHLKE, O., 1955: Die Gezeitenrechenmaschine der DDR. In: SAGER, G., OEHMISCH, W., MIEHLKE, O., Gezeitenvoraussagen und Gezeitenrechenmaschinen. – SHD der DDR, Hydro-Meteorologisches Institut, Warnemünde, 95-124.
- SAGER, G., OEHMISCH, W., MIEHLKE, O., 1955: Gezeitenvoraussagen und Gezeitenrechenmaschinen. – SHD der DDR, Hydro-Meteorologisches Institut, Warnemünde, 1-126
- SAGER, G., 1956a: Einfluß von Wasserstandsstörungen auf Registrierpegel. – Ann. Hydrogr., Stralsund, **4**, 79-105.
- SAGER, G., 1956b: Die Gezeitenrechenmaschine des Seehydrographischen Dienstes der DDR - die dritte deutsche Konstruktion. – Ann. Hydrogr., Stralsund, **4**, 107-109.
- SAGER, G., MIEHLKE, O., 1956: Untersuchungen über die Abhängigkeit des Wasserstandes in Warnemünde von der Windverteilung über der Ostsee. – Ann. Hydrogr., Stralsund, **4**, 11-43.
- SAGER, G., 1958: Grundlagen zur Berechnung von Registrierpegeln. – Wasserwirtschaft-Wassertechnik, **8**, 455-459.
- SAGER, G., 1959a: Ebbe und Flut. Hermann-Haack-Verlag, Gotha, 1-251.
- SAGER, G., 1959b: Gezeiten und Schifffahrt. Fachbuchverl., Leipzig, 1-273.
- SAGER, G., 1960: Die Entwicklung der Dockhäfen. – Geogr. Ber., **5**, 152-165.
- SAGER, G., 1961a: Die numerische Bestimmung des Einflusses periodischer Wasserstandsstörungen auf Registrierpegel. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **4**, 9-53.
- SAGER, G., 1961b: Die charakteristischen Elemente der ebenen Schwerewellen und der Smith-Effekt bei verschiedenen Wassertiefen. – Schiffbautechnik, **11(1)**.
- SAGER, G., 1961c: Die historische Entwicklung der Schachtpegel. In: SAGER, G., Die numerische Bestimmung des Einflusses periodischer Wasserstandsstörungen auf Registrierpegel. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **4**, 11-16.
- SAGER, G., 1961-1975: Zahlreiche Untersuchungen zu Problemen der Gezeiten. – Beitr. Meereskunde, Berlin, vgl. SCHRÖDER (1984).
- SAGER, G., 1962: Neues Verfahren zur Bestimmung der Eintrittszeit des stärksten Gezeitenstroms. – Seeverkehr, **2(11)**, 23-26.

- SAGER, G., 1963: Atlas der Elemente des Tidenhubs und der Gezeitenströme für die Nordsee, den Kanal und die Irische See. Dt. Akad. Wiss. Berlin, Institut für Meereskunde, Rostock, 1-45.
- SAGER, G., 1964a: Das Regime der Gezeiten und der Gezeitenströme in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See, Teil I: Die Entwicklung der Methoden zur Bestimmung der Elemente von Tidenhub und Gezeitenströmen . – Beitr. Meereskunde, Berlin, **11**, 3-99.
- SAGER, G., 1964b: Das Regime der Gezeiten und der Gezeitenströme in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See, Teil II: Atlas, s. SAGER (1963).
- SAGER, G., SAMMLER, R., 1964: Atlas der Tidewasserstände für die Nordsee, den Kanal und die Irische See. Dt. Akad. Wiss. Berlin, Institut für Meereskunde, Rostock, 1-6.
- SAGER, G., 1965a: Zur Mittelwertbildung meereskundlicher Meßergebnisse über geographische Eingradfelder. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **16**, 49-63.
- SAGER, G., 1965b: Der Einfluß der Gezeitenstromturbulenz auf die thermische Schichtung der Wassermassen in der Nordsee, dem Ärmelkanal und der Irischen See. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **16**, 41-48.
- SAGER, G., 1967a: Gezeiten und Gezeitenströme in der Ostsee. – Wiss. Z. Univ. Rostock, Math.-Naturwiss. R., **16(9/10)**, 1215-1217.
- SAGER, G., 1967b: Die Übergangsformen von ebenen Schwerewellen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **21**, 15-35.
- SAGER, G., MATTHÄUS, W., 1967: Die Abbildung periodischer Wasserstandsstörungen in Rohrpegeln. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **9**, 809 - 816.
- SAGER, G., 1968a: Gezeitenströme um die Halbinsel Portland. – Seeverkehr, **8(10)**, 416-417.
- SAGER, G., 1968b: The tides as an oceanographic factor in the historical development of the North-Central Europe. – Bull. l'Inst. Oceanogr., No. Spec. **2(1)**, 13-23.
- SAGER, G., 1968c: The rôle of the tides in Caesar's invasions of Britain. – Bull. l'Inst. Oceanogr., No. Spec. **2(1)**, 7-11.
- SAGER, G., MATTHÄUS, W., SAMMLER, R., 1968: Die Berechnung von Einschwingvorgängen bei Rohrpegeln. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **22**, 61-101.



- SAGER, G., SAMMLER, R., 1969: Die Gezeitenströme um die Kanalinseln. – Seewirtschaft, **1(3)**, 252-254.
- SAGER, G., 1970: Windwirklängen in der Nordsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **27**, 37-45.
- SAGER, G., MATTHÄUS, W., 1970: Theoretical and experimental investigations into the damping properties of tide gauges. – Proc. Symp. Coastal Geod., 20-24 July 1970, Munich, 201-218.
- SAGER, G., 1971a: Extremaorientierte, elastische Mittelwertbildung bei jahreszeitlichen Gängen. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **13 (1)**, 48-69.
- SAGER, G., 1971b: Eigenarten der übergreifenden Mittelwertbildung. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **13(1)**, 86-97.
- SAGER, G., 1971c: Die Windwirkwege geradlinig unbeschleunigt wandernder Zyklonen. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **13(2)**, 108-116; **13(3)**, 189-199; **13(4-5)**, 258-264, 275-285; **13(6)**, 422-430.
- SAGER, G., 1972a: Windwirklängen in der Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **29**, 53-66.
- SAGER, G., 1972b: Naturgewalt Meer – vom Kampf zwischen Meer und Land. Urania-Verl., Leipzig, 1-143.
- SAGER, G., 1973a: Klassifikation der Gezeiten in internationaler Wertung. – Seewirtschaft, **5(3)**, 218-223.
- SAGER, G., 1973b: Berechnung der Gezeiten für beliebige Zeitpunkte - ein internationaler Vergleich. – Seewirtschaft, **5(4)**, 299-303.
- SAGER, G., 1973c: Die Windwellen der Ozeane. – Seewirtschaft, **5(9)**, 705-708.
- SAGER, G., 1974a: Bestimmung der Gezeitenstromellipse aus zwei Stromvektoren. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **34**, 39-46.
- SAGER, G., 1974b: Tabellen zum Refraktionsgesetz in der Atmosphäre und im Meer. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **33**, 45-62.
- SAGER, G., 1974c: Zur Refraktion von Licht im Meerwasser. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **33**, 63-72.

- SAGER, G., 1974d: Die charakteristischen Elemente stehender, ebener Schwerewellen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **33**, 101-114.
- SAGER, G., 1975a: Diagramme zu Elementen der ebenen Schwerewellen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **36**, 61-71.
- SAGER, G., 1975b: Feininterpolation bei Gezeitenströmen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **36**, 73-84.
- SAGER, G., 1975c: Flächenhafte Interpolation bei Gezeitenströmen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **36**, 85-94.
- SAGER, G., 1975d: Die Gezeiten des Südchinesischen Meeres. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **36**, 95-110.
- SAGER, G., 1976a: Zur Mittelwertbildung bei ozeanologischen Vertikalprofilen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **38**, 135-144.
- SAGER, G., 1976b: Gedanken zur Expansion der Erde. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **37**, 77-104.
- SAGER, G., 1977: Interpolation von Meß- und Tabellenwerten bei äquidistanten Stützpunkten. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **40**, 157-165.
- SAGER, G., 1983: Die Gezeitenströme in der Seine-Bucht. – Seewirtschaft, **15(11)**, 563-564.
- SAGER, G., 1984: Gezeitenreibung und Erdretardation. – Nova Acta Leopoldina, **57**, 139-152.
- SAGER, G., 1987: Mensch und Gezeiten – Wechselwirkungen in zwei Jahrtausenden. Haack, Gotha, 1-208.
- SAGER, G., 1990: Schiffe, Schlachten und Gezeiten – ein Streifzug durch zwei Jahrtausende. Brandenburgisches Verl.-Haus, Berlin, 1-199.
- SAGER, G.†, HAGEN, E., 2017: Ebbe, Flut und Schifffahrt. – Deutsches Schifffahrtsarchiv, **40**, 325-362.
- SARKISYAN, A. S., GURINA, A. M., DEMIN, J. L., HAGEN, E., 1981: Numerische Modellierung der Strömung in der ufernahen Auftriebszone (in russ.). – Informations-Bulletin des Koordinierungszentrums der Mitgliedsstaaten des RGW, Moskau, Nr. **13**, 37-44.
- SCHEMAINDA, R., 1955: Die hydrographischen Veränderungen im Bornholmtief durch den großen Salzwassereinbruch im Dezember 1951. – Dissertationsschrift, Univ.

Halle/Saale, Teil 1 (Text): 1-88; Teil 2 (Tafeln): 1-21.

- SCHEMAINDA, R., 1957: Die ozeanographischen Veränderungen im Bornholmtief in den Jahren 1951-1955. – Ann. Hydrogr., **8**, 48-64.
- SCHEMAINDA, R., 1962: Ergebnisse einiger Durchsichtigkeitsmessungen im Raum der ozeanischen Polarfront westlich von Spitzbergen. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **6**, 45-54.
- SCHEMAINDA, R., STURM, M., 1964: Note a la suite de la publication dans les „Cahiers Océanographiques“ de l'article de J. R. Donguy et M. Prive sur «Les conditions de l'Atlantique entre Abidjan et l'Equateur». – Cahiers Océanogr., **16**, 609-610.
- SCHEMAINDA, R., STURM, M., VOIGT, K., 1964: Vorläufige Resultate der Untersuchungen im Bereich des äquatorialen Unterstroms im Golf von Guinea mit MS „Professor Albrecht Penck“ in der Zeit von April bis Juli 1964. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **15**, 1-13.
- SCHEMAINDA, R., FRANCKE, E., ROHDE, K.-H., STURM, M., TILL, K.-H., 1967: Das ozeanographische Beobachtungsmaterial der Tropenexpedition mit dem Forschungsschiff „Professor Albrecht Penck“ in den Golf von Guinea von April bis Juli 1964. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **2**, 1-26, Datenanhang: 1-69, ozeanographische Schnitte: 70-92.
- SCHEMAINDA, R., SCHULZ, S., NEHRING, D., 1972: Beiträge der DDR zur Erforschung der küstennahen Wasserauftriebsprozesse im Ostteil des nördlichen Zentralatlantiks. Teil I: Das ozeanographische Beobachtungsmaterial der Meßfahrt 1970. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **7**, 1-57.
- SCHEMAINDA, R., 1973: Ein Schema zur Abschätzung der mittleren Dauer des Wasserauftriebs und der jahreszeitlichen Verlagerung des potentiellen Fischereigebietes in der nordwestafrikanischen Wasserauftriebsregion zwischen 10° und 25° N. – Teilabschlussbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, September 1973, 22 S. (IOW-Archiv, Nr. 73055).
- SCHEMAINDA, R., 1974. Über einige Besonderheiten im ozeanologischen Gepräge der nordwestafrikanischen Auftriebswasserregion. – Peterm. Geogr. Mitt., **118**, 95-103.
- SCHEMAINDA, R., NEHRING, D., SCHULZ, S., 1975: Ozeanologische Untersuchungen zum Produktionspotential der nordwestafrikanischen Wasserauftriebsregion 1970-1973. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **16**, 1-85.
- SCHEMAINDA, R., KAISER, W., NEHRING, D., SCHULZ, S., 1976: Ozeanologische Untersuchungen im tropischen Nordatlantik auf 30° W zwischen 2° N - 15° N. – Geod. Geophys. Veröff.

Berlin, R. IV, H. **17**, 1-24, Datenanhang: 1-56.

- SCHEMAINDA, R., 1977: Ergebnisse ozeanologischer Untersuchungen auf dem FFS „Ernst Haeckel“ auf einem Nord-Süd-Schnitt durch den Atlantischen Ozean und im Konvergenzgebiet zwischen dem Brasil- und Falklandstrom im Südsommer 1977. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, Dezember 1977, 31 S. (IOW-Archiv, Nr. 77055).
- SCHEMAINDA, R., 1978a: Ozeanologische Untersuchungen auf einem Meridionalschnitt durch den Atlantischen Ozean von 10° N bis 48° S im Februar 1977. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **26**, 37-45.
- SCHEMAINDA, R., 1978b: Studie über die Ozeanologie und Bioproduktivität der Gewässer des Mozambique-Kanals. Studie, Institut für Meereskunde Warnemünde, September 1978, 39 S. (IOW-Archiv, Nr. 78033).
- SCHEMAINDA, R., IRMISCH, A., 1979: Bericht über Ergebnisse ozeanologischer Untersuchungen mit dem FFS „Ernst Haeckel“ im Seegebiet vor der südamerikanischen Küste im Juni/Juli 1978. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, Juni 1979, 36 S. (IOW-Archiv, Nr. 78042; s. auch Karton 55, Archiv-Nr. 1979/029).
- SCHEMAINDA, R., 1980: Ergebnisse ozeanologischer Untersuchungen mit dem FFS „Ernst Haeckel“ im Konvergenzgebiet von Brasil- und Falklandstrom im Juni/Juli 1978. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **44/45**, 109-121.
- SCHEMAINDA, R., HAGEN, E., 1983: On steady state intermediate vertical currents induced by the Mozambique current. – Océanogr. Trop., Paris, **18,1**, 81-88.
- SCHEMAINDA, R., HAGEN, E., 1986a: Zur topographischen Richtungstendenz barotroper Strömungen im östlichen Zentralatlantik. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **54**, 69-74.
- SCHEMAINDA, R., HAGEN, E., 1986b: Sommerliche Strukturen des Dichtefeldes in der 100 m Deckschicht vor Nordwestafrika. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **55**, 67-70.
- SCHINKE, H., 1996: Zu den Ursachen von Salzwassereinbrüchen in die Ostsee. – Meereswiss. Ber./Mar. Sci. Rep. Warnemünde, **12**, 1-137. DOI: 10.12754/msr-1996-0012.
- SCHINKE, H., MATTHÄUS, W., 1998: On the causes of major Baltic inflows. – Cont. Shelf Res., **18**, 67-97.
- SCHMAGER, G., 1979: Atlas zur Ermittlung der Wellenhöhen in der südlichen Ostsee. – SHD der DDR, Rostock, Nr. 8740, 1-115.

- SCHMAGER, G., 2017: Ozeanographische Forschungen und Untersuchungen des Hydro-Meteorologischen Dienstes der Volksmarine. – *Histor.-meereskd. Jb.*, **22**, 41-62.
- SCHMIDT, D., 1979: Satellitenbilder entdecken Ostseevermutung. – *Industrie-Anzeiger*, **101**, Nr. 49 vom 26.6.1979, 11-13.
- SCHMIDT, M., SEIFERT, T., LASS, H. U., FENNEL, W., 1998: Patterns of salt propagation in the southwestern Baltic Sea. – *Dt. Hydrogr. Z.*, **50**, 345-364.
- SCHMIDT, T., SEIFERT, T., STURM, M., 1991: Zeitliche Entwicklung eines Kaltwasserauftrieb-Ereignisses an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns in NOAA-AVHRR-Temperaturdaten. – *Veröff. Zentralinst. Physik der Erde der AdW*, **118(2)**, 302-310.
- SCHRÖDER, A., 1984: Gesamtinhaltsverzeichnis zu den Heften 1-50 der „Beiträge zur Meereskunde“. – *Beitr. Meereskunde*, Berlin, **50**, 51-76.
- SCHRÖDER, K., 1988: Forschungsschiff „Professor Albrecht Penck“ - 35 Jahre im Dienste der Meeresforschung. – *Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV*, **43**, 1-21 und 4 Anhänge.
- SCHULZ, S., SCHEMAINDA, R., NEHRING, D., GOHS, L., STURM, M., 1969: Themenstudie über die physikalischen, chemischen und biologischen Umweltfaktoren im Bereich des Nord- und Südäquatorialstroms, ihren Ausläufern und in den Aufquellgebieten vor Nordwest- und Südwestafrika sowie über die Natur und den Tagesrhythmus der Echostratifikationen in diesen Gebieten. Studie, Institut für Meereskunde Warnemünde, 22. 9. 1969, 97 S. und Anlagenband (IOW-Archiv, Nr. 69016).
- SCHULZ, S., SCHEMAINDA, R., NEHRING, D., 1973-1977: Beiträge der DDR zur Erforschung der küstennahen Wasserauftriebsprozesse im Ostteil des nördlichen Zentralatlantiks. – *Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, Teil III: H. 10* (1973), 1-66; *Teil Va: H. 14* (1975), 1-79; *Teil VI: H. 21* (1977), 1-70.
- SCHULZ, S., BRÜGMANN, L., HAGEN, E., NEHRING, D., POSTEL, L., WOLF, G., 1977: Ergebnisse ozeanologischer Untersuchungen von FS „A. v. Humboldt“ zu Prozessen des küstennahen Kaltwasserauftriebs und seinen Folgeerscheinungen auf dem Schelf vor Namibia im Oktober/November 1976. Bericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, November 1977, 160 S. (IOW-Archiv, Nr. 76047).
- SCHULZ, S., SCHEMAINDA, R., NEHRING, D., 1979: Beiträge der DDR zur Erforschung der küstennahen Wasserauftriebsprozesse. Teil VIII: Das ozeanographische Beobachtungsmaterial der Meßfahrt vom 21. 9. bis 20. 12. 1976 nach Südwestafrika. – *Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. 28*, 1-43.
- SCHULZ, S., MATTHÄUS, W., 1986: „Pex-86“ in der Gotlandsee. – *Spektrum*, **17**, 5-7.

- SEIFERT, T., KAYSER, B., 1995: A high resolution spherical grid topography of the Baltic Sea. – Meereswiss. Ber./Mar. Sci. Rep. Warnemünde, **9**, 72-88. DOI: 10.12754/msr-1995-0009.
- SHD, 1968: Atlas der Gezeitenströme für die Nordsee, den Kanal und die Irische See. 2. Aufl. – SHD der DDR, Rostock, 1-58.
- SHD, 1975: Atlas der Gezeitenströme für die Nordsee, den Kanal und die Irische See. 3. verb. Aufl. – SHD der DDR, Rostock, 1-58.
- SIEGEL, H., 1982: Erste Untersuchungen zum inneren Remissionskoeffizient  $R_w$  des Ostseewassers. In: Erste Konferenz „Fernerkundung – Stand und Entwicklungstendenzen“, Karl-Marx-Stadt, 27.-29. Oktober 1981. – Veröff. Zentralinst. Physik der Erde der AdW, **74**, 178-186.
- SIEGEL, H., BROSIN, H.-J., 1983: Some results of investigations on the spectral reflectance in the Baltic Sea. – ICES Statutory Meeting, Göteborg 1983, Paper **C.M. 1983/C:25**, 1-6.
- SIEGEL, H., 1984: Some remarks on the ratio between the upward irradiance and nadir radiance just beneath the sea surface. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **51**, 75.
- SIEGEL, H., 1985a: On the reflectance maximum of seawater near 685 nm. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **53**, 71-72.
- SIEGEL, H., 1985b: On the relationship between the concentration of chlorophyll a and the reflectance color indices. – ICES Statutory Meeting, London 1985, Paper **C.M. 1985/C:27**, 1-7.
- SIEGEL, H., SEIFERT, T., 1985: On the influence of the sea bottom on the spectral reflectance in the Oder Bank region. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **52**, 65-71.
- SIEGEL, H., BROSIN, H.-J., 1986: Regional differences in the spectral reflectance of sea water. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **55**, 71-77.
- SIEGEL, H., LEITERER, U., 1986: Die Wasservariante des Spektralfotometers BAS (BAS-W). – Feingerätetechnik, **35(6)**, 279-281.
- SIEGEL, H., 1987a: On the relationship between the spectral reflectance and inherent optical properties of oceanic water. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **56**, 73-80.
- SIEGEL, H., 1987b: Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen der Konzentration ausgewählter Inhaltstoffe und der spektralen Remission von Wasserflächen. – Dissertationsschrift, Akad. Wiss. DDR, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 1-169.

- SIEGEL, H., 1987c: Über die Möglichkeit der Aufstellung von Algorithmen zur Chlorophyllbestimmung aus spektralen Remissionskoeffizienten in der Ostsee. – Veröff. Zentralinst. Physik der Erde der AdW, **93**, 178-186.
- SIEGEL, H., 1989a: Empirical algorithms for the determination of chlorophyll by remote sensing methods. – ICES Statutory Meeting, The Hague 1989, Paper **C.M. 1989/C:21**, 1-15.
- SIEGEL, H., 1989b: Measurements of the spectral reflectance of different kinds of sediments and benthic organisms. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **60**, 77-78.
- SIEGEL, H., 1991: Empirical algorithms for the determination of chlorophyll by remote sensing methods. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **62**, 69-78.
- SIEGEL, H., SCHMIDT, T., SEIFERT, T., 1991: Nachweis von Küstenabfluß in der Kombination von Schiffsmessungen und Fernerkundungsdaten. – Veröff. Zentralinst. Physik der Erde der AdW, **118(2)**, 289-301.
- SIEGEL, H., 1992: On the influence of sediments and phytobenthos on spectral reflectance at the sea surface. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **63**, 91-104.
- SIEGEL, H., GERTH, M., NEUMANN, T., DÖRFFER, R., 1999: Case studies on phytoplankton blooms in coastal and open waters of the Baltic Sea using coastal zone colour scanner data. – Int. J. Remote Sensing, **20**, 1249-1264.
- SIEGEL, H., GERTH, M., 2008: Optical remote sensing applications in the enclosed Baltic Sea. In: BARALE, V., GADE, M. (Eds.), Remote sensing of European Seas, Springer-Verl., 91-102.
- SIEGEL, H., GERTH, M., TSCHERSICH, G., 2008: Satellite-derived sea surface temperature for the period 1890-2005. In: FEISTEL, R., NAUSCH, G., WASMUND, N. (Eds.), State and evolution of the Baltic Sea, 1952-2005. Wiley & Sons, Hoboken, 241-264.
- SIEGEL, H., 2010: Satellite oceanography. In: University of Rostock, Institute of Physics, Research Report 2007-2009, Part 2.5: Leibniz-Institute for Baltic Sea Research Warnemünde – Department of Physical Oceanography and Instrumentation, 151-153.
- STIPS, A., PRANDKE, H., 1988: Untersuchungen zur Schallstreuung an aktiver Mikrostruktur in der Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, Dezember 1988. 98 S. und Anhang (IOW-Archiv, Nr. 88068).
- STIPS, A., 1989: Untersuchungen zur Schallstreuung an aktiver Mikrostruktur in der Ostsee. – Dissertationsschrift, Akad. Wiss. DDR, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 1-105.

- STIPS, A., PRANDKE, H., 1992: Temperaturgradientenspektren lokaler Turbulenzstrukturen in Sprungschichten der Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **63**, 105-115.
- STIPS, A., PRANDKE, H., NEUMANN, T., 1998: The structure and dynamics of the bottom boundary layer in shallow sea areas without tidal influence: an experimental approach. – Progr. Oceanogr., **41**, 383-453. DOI: 10.1016/S0079-6611(98)00022-6.
- STIPS, A., BURCHARD, H., BOLDING, K., PRANDKE, H., SIMON, A., WÜEST, A., 2005: Measurement and simulation of viscous dissipation in the wave affected surface layer. – Deep-Sea Res., Part II, **52**, 1133-1155.
- STRIGGOW, K., 1973: Zur Erkenntnisgewinnung und -prüfung in ausgewählten Gebieten der physikalischen Ozeanographie. – Rostocker philosophische Manuskripte, **11**, 51-79.
- STRIGGOW, K., 1983a: 25 Jahre Institut für Meereskunde – die Entwicklung seines wissenschaftlichen Profils. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **48**, 5-7.
- STRIGGOW, K., 1983b: Definitionen, Relationen und Konventionen im Zusammenhang mit der Dichte des Meerwassers und die Ursachen einiger häufiger Irrtümer in der ozeanographischen Literatur. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **49**, 25-39.
- STRIGGOW, K., 1989: Das CTD-Sonden-Vergleichsexperiment 1988 der SCOR-Arbeitsgruppe 77 – Hintergrund, Ziel, und Ausblick. – Maritime Messelektronik, Rostock, **6**, 41-44.
- STURM, M., 1963: Über Methoden zur empirischen Berechnung der Hauptkomponenten des Wärmehaushaltes der Meeresoberfläche aus mittleren hydrometeorologischen Daten. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **9**, 36-66.
- STURM, M., VOIGT, K., 1966: Observations on the structure of the equatorial undercurrent in the Gulf of Guinea in 1964. – J. Geophys. Res., **71**, 3105-3108.
- STURM, M., 1968: Untersuchungen der Wärmebilanz der südlichen Ostsee im Bereich des Feuerschiffes "Fehmarnbelt". – Tellus, **20**, 485-494.
- STURM, M., 1970a: Zum Wärmehaushalt der Ostsee im Bereich der südlichen Beltsee (Fehmarnbelt). – Beitr. Meereskunde, Berlin, **27**, 47-61.
- STURM, M., 1970b: Zu Fragen des horizontalen Wärmeaustausches zwischen der Nord- und Ostsee. – Mber. Dt. Akad. Wiss., **12**, 267-286.
- STURM, M., 1971a: Extremsituationen im Wärmehaushaltsregime der südlichen Ostsee (Fehmarnbelt) in ihrer Beziehung zur Großwetterlage. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **28**, 91-110.



- STURM, M., 1971b: Über die Auswirkungen des horizontalen Wärmetransportes durch den Fehmarnbelt auf die Eisverhältnisse in der südlichen Ostsee. – Peterm. Geogr. Mitt., **115**, 262-267.
- STURM, M., HELM, R., 1983: Zur raum-zeitlichen Variabilität der horizontalen Wärmeadvektion in der westlichen Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **48**, 9-22.
- STURM, M., 1986: On the formation of intermediate water mass structures in the nearshore zone of the western Baltic. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **55**, 91-93.
- STURM, M., HELM, R., FENNEL, W., 1988: Mesoskale Wirbel in der westlichen Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **58**, 73-75.
- TILL, K.-H., 1961: Der „Seemagnetograph“ - ein neues Schleppgerät zur Messung der horizontalen und vertikalen Komponente des erdmagnetischen Feldes auf See. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **2/3**, 102-109.
- ULBRICHT, K. A., SCHMIDT, D., 1977: Massenaufreten von marinen Blaualgen in der Ostsee auf Satellitenaufnahmen erkannt. – DFVLR Nachrichten, **22**, 913-915.
- UMLAUF, L., ARNEBORG, L., BURCHARD, H., FIEKAS, V., LASS, H. U., MOHRHOLZ, V., PRANDKE, H., 2007: Transverse structure of turbulence in a rotating gravity current. – Geophys, Res, Lett., **34**, L08601, 1-5. DOI: 10.1029/2007GL029521.
- UNESCO, 1974: An intercomparison of some current meters II. – UNESCO Techn. Paps. in Mar. Science, **17**, 1-116.
- UNESCO, 1975: An intercomparison of some current meters III. – UNESCO Techn. Paps. in Mar. Science, **23**, 1-42.
- VIKTOROV, S. V., BROSIN, H.-J., 1981: Methodik der schiffsgebundenen und kontaktlosen Messungen zur Gewinnung von Daten für die Interpretation von Ergebnissen aerokosmischer Messungen (in russ.). – Materialy Wtoroi Wstretschy Specialistov SSSR i GDR, Leningrad, 23.-26. 6. 1981, 7 S.
- VIKTOROV, S. V., 1985: Komplexes ozeanographisches Subsatelliten-Experiment der UdSSR und der DDR in der Ostsee (in russ.). Gidrometizdat, Leningrad, 1-103.
- VOIGT, K., 1961: Äquatoriale Unterströmung auch im Atlantik (Ergebnisse von Strömungsmessungen auf einer atlantischen Ankerstation der „Michail Lomonossov“ am Äquator im Mai 1959). – Beitr. Meereskunde, Berlin, **1**, 56-60.
- VOIGT, K., 1962: Windstauunterschiede längs der Südküste der westlichen Ostsee. – Beitr.

- Meereskunde, Berlin, **6**, 55-61.
- VOIGT, K., 1963: Untersuchungen in der Deckschicht des Atlantischen Ozeans mit einem digital registrierenden Temperatur-Leitfähigkeit-Druck-Meßgerät. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **7/8**, 3-151.
- VOIGT, K., 1967: Ein Beitrag zum Problem der Vereisung unserer Küstengewässer. – Wiss. Z. Univ. Rostock, Math.-Naturwiss. R., **16(9/10)**, 1211–1214.
- VOIGT, K., STURM, M., MÖCKEL, F., BENGELSDORFF, E., 1969: Salinity-temperature-velocity profiles in the equatorial waters of the Gulf of Guinea areas. – Proc. Symp. Oceanography and Fisheries Resources of the Tropical Atlantic, Abidjan, I.C., 20-28 October 1966. UNESCO, Paris, 179-184.
- VOIGT, K., (Hrsg.), 1972: Theoretische und praktische Arbeiten zur Untersuchung der Ausbreitung von Beimengungen im Meer. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **30/31**, 1-195.
- VOIGT, K., 1975: The Atlantic equatorial undercurrent. – Intergovernmental Oceanogr. Comm., Techn. Ser. **11**, 12-19.
- VOIGT, K., HELM, R., LASS, H. U., MÖCKEL, F., STURM, M., 1976: Vorläufige Ergebnisse der GATE-Expedition des FS „A. v. Humboldt“ in den äquatorialen Atlantik im Juli/August 1974. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **37**, 7-27.
- Wissenschaftsrat, 1992: Stellungnahmen zu den außeruniversitären Forschungseinrichtungen in der ehemaligen DDR auf dem Gebiet der Geo- und Kosmoswissenschaften, Abschnitt II.5: Institut für Meereskunde, Warnemünde (Mecklenburg-Vorpommern), 69-82; Abschnitt III: Zusammenfassende Beurteilungen, Institut für Meereskunde, 159..
- WOLF, G., 1961a: Über die hydrologischen Verhältnisse in der westlichen Ostsee im November 1953. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **1**, 39-47.
- WOLF, G., 1961b: Farbmessungen nach dem Spektralverfahren mit dem Pulfrich-Photometer. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **2/3**, 26-32.
- WOLF, G., 1966: Salzeinbrüche in die Ostsee. Bericht, Institut für Meereskunde Warnemünde (unveröff. Manuskript) [zitiert nach FRANCKE & NEHRING, 1971].
- WOLF, G., 1972: Salzwassereinbrüche im Gebiet der westlichen Ostsee. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **29**, 67-77.

- WOLF, G., 1973: Die haline Schichtung im Seegebiet der Darßer Schwelle. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **32**, 137-146.
- WOLF, G., KAISER, W., 1975: Ergebnisse ozeanologischer Untersuchungen auf einer Dauerstation vor Cap Blanc im Zeitraum 1970 bis 1974. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, Juni 1975, 137 S. (IOW-Archiv, Nr. 75042).
- WOLF, G., 1977: Über die jahreszeitliche Veränderung der T-S-Eigenschaften quasipermanenter Wasserarten im Fehmarnbelt. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **39**, 51-59.
- WOLF, G., KAISER, W., 1978: Über den Jahreszyklus der T-S-Eigenschaften quasipermanenter Wasserarten und Variationen produktionsbiologischer Parameter auf den Schelf vor Cap Blanc. – Geod. Geophys. Veröff. Berlin, R. IV, H. **24**, 1-81.
- WOLF, G., 1987: Einfluß des Nouakchott-Cañons (Mauretanien) auf ozeanologische Feldverteilungen im März 1984: 2. Nordostpassat und Auftriebsintensität. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **57**, 51-57.
- ZAHN, W., 1979: Zur Beeinflussung mesomaßstäblicher barotroper Gradientenströme durch eine großräumige stationäre Winddrift im Auftriebsgebiet vor Nord-West-Afrika. – Dipl.-Arbeit, Universität Greifswald, 1-51.
- ZAHN, W., 1984: Eine Abschätzung des Volumentransportes im Kanal von Moçambique während des Zeitraumes Oktober-November 1957. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **51**, 67-74.
- ZAHN, W., WOLF, G., HAGEN, E., 1984: Eine zehnjährige Periodizität in der Wassertemperatur im Wasserauftrieb vor Mauretanien im April 1984. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, September 1984, 15 S. (IOW-Archiv, Nr. 84053).
- ZAHN, W., 1986: Zur intermediären Wassermassenausbreitung – ein Beispiel zur Ausbreitung des Mittelmeerwassers im Sommer 1984. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, November 1986, 22 S. (IOW-Archiv, Nr. 84051).
- ZAHN, W., 1987: Einfluß des Nouakchott-Cañons (Mauretanien) auf ozeanologische Feldverteilungen im März 1984: 3. Bodentopographie und Massenfeldaufbau. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **57**, 59-66.
- ZAHN, W., 1988: On identification of inner frontal zones. – Beitr. Meereskunde, Berlin, **58**, 65-67.

ZAHN, W., 1990: Zur numerischen Vorticityanalyse mesoskaliger Strom- und Massenfelder im Ozean. – Meereswiss. Ber./Mar. Sci. Rep. Warnemünde, **3**, 1-66. DOI: 10.12754/msr-1990-0003.

ZIMMERMANN, B., 1956a: Erdmagnetische Messungen in den Jahren 1951-54 auf der westlichen Ostsee. – Ann. Hydrogr., Stralsund, **4**, 44-70.

ZIMMERMANN, B., 1956b: Erdmagnetische Wiederholungsmessungen auf Stationen der Magnetischen Reichsaufnahme im Küstengebiet der DDR. – Ann. Hydrogr., Stralsund, **1**, 61-65.

## Archivmaterial

### *Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)*

IOW 1949: BRUNS, E., Die wichtigsten chemischen, physikalischen und mechanischen Eigenschaften und nautische Charakteristik des See-Eises. Bericht, 4 S. Karton 38, Archiv-Nr. 1949/004.

IOW 1950,1: HEIN, E., Der Salzgehalt längs der Küste von Kühlungsborn bis Swinemünde seit Mitte August 1950. Bericht, SHD der DDR, Abt. Meereskunde, Berlin, 2 S. Karton 38, Archiv-Nr. 1950/005.

IOW 1950,2: Messungen vor Warnemünde Sept. – Dez. 1950. IOW-Fahrtarchiv, Ordner Nr. 5096001.

IOW 1950,3: Messfahrten 1950er Jahre. Karton 3, Archiv-Nr. 1950/998.

IOW 1951,1: HEIN, E., Synoptische hydrologische Aufnahme 1952. SHD der DDR, Abt. Meereskunde, Berlin, 26. 7. 51, 4 S., Kartenskizze. Karton 38, Archiv-Nr. 1951/001.

IOW 1951,2: HEIN, E., WARNBUSCH, Vorschlag für den Ausbau der Küstenstationen im Rahmen des erweiterten Fünfjahrplans. Bericht, SHD der DDR, Abt. Meereskunde, Berlin, 27. 7. 1951, 2 S., Karton 38, Archiv-Nr. 1951/002.

IOW 1951,3: BITTELMEYER, H., Bericht über die hydrologischen Verhältnisse im G r e i f s w a l d e r B o d d e n in der Expeditionszeit von Mai bis Oktober 1951. Forschungsbericht, Hydro-Meteorologisches Institut, 30. Dezember 1953, 8 S. Karton 38, Archiv-Nr. 1951/004, s. auch 1953/008.

- IOW 1951,4: VOIGT, H., Technischer Bericht über die hydrologischen Messungen auf dem Greifswalder Bodden in der Zeit vom 15. 4. Bis 15. 11. 1951. Bericht, SHD der DDR, Abt. Meereskunde, Berlin, 4 S. Karton 38, Archiv-Nr. 1951/004.
- IOW 1952,1: VOLLBRECHT, K., Die Besonderheiten der hydrologischen Verhältnisse im Küstengebiet der DDR (1952). Forschungsbericht, SHD der DDR, Abt. Meereskunde, Berlin, 12 S. Karton 38, Archiv-Nr. 1952/005.
- IOW 1952,2: VOLLBRECHT, K., Technischer Entwurf für die hydrologischen Messungen im Jahre 1953. SHD der DDR, Abt. Meereskunde, Berlin, 18. 12. 1952. 7 S. Karton 38, Archiv-Nr. 1952/004.
- IOW 1953,1: MIEHLKE, O., SAGER, G., Bericht über die Arbeiten zur Verbesserung der Pegelprognosen im Hydro-Met. Ostsee-Observatorium des SHD. Stand vom 15. April 1953. Hydro-Meteorologisches Institut Warnemünde, 31 S. Karton 38, Archiv-Nr. 1953/003.
- IOW 1953,2: MÜLLER, G., KOCH, E., Atlas der Hauptströmungen der westlichen Ostsee und des Kattegats. Forschungsbericht, Hydro-Meteorologisches Institut, Berlin 1953, 34 S. Karton 38, Archiv-Nr. 1953/007.
- IOW 1954: Observatorium Warnemünde 1951-1954. Diverse Unterlagen zum Aufbau der hydro-meteorologischen Küstenstationen, Ordner I und II. IOW Archiv, Karton 17, Archiv-Nr. 1954/999.
- IOW 1955,1: Schreiben des Chefs der Verwaltung der VP-See, Vizeadmiral Verner, an den Minister des Innern über Chef der KVP, Generalleutnant Hoffmann, vom 5. Aug. 1955 einschließlich Vorschlag von E. Bruns (3 S.). Karton 98, Ordner 4, Archiv-Nr. 1955-1957: Allgemeiner Schriftverkehr 1955- 1957 zum Geophysikalischen Jahr.
- IOW 1955,2: ZIMMERMANN, B., Ergebnisse der magnetischen Beobachtungen vom Jahre 1955 auf der mittleren Ostsee. Bericht, Hydro-Meteorologisches Institut, Niemegek, 18. 11. 1956, 7 S. Karton 24, Archiv-Nr. 1955/996.
- IOW 1955,3: Hydrologische und meteorologische Messungen östlich Rügen. Strömungs- und Seegangsverhältnisse. Bericht, Hydro-Meteorologisches Institut Warnemünde, 31 S. Karton 38, Archiv-Nr. 1955/006.
- IOW 1956,1: BRUNS, E., VILKNER, H., WOLF, G. HELM, R., Atlas der klimatologischen und ozeanographischen Faktoren der Ostsee. Karton 11: Materialsammlung, Archiv-Nr. 1956/010.
- IOW 1956,2: EINSLE, E., Die hydrologische Bearbeitung der Dekadenfahrten vor Saßnitz von

1952-1956 (zus. 85 Schnitte). Forschungsbericht, Seehydrographischer Dienst, Institut für Meereskunde Warnemünde, 25 S. und Anlage (85 Schnitte). Karton 39, Archiv-Nr. 1956/003.

IOW 1956,3: PETERSSON, H. v., Die Eisverhältnisse der südlichen und mittleren Ostsee im Winter 1950/51. Bericht, SHD der DDR, Warnemünde, 49 S. Karton 39, Archiv-Nr. 1956/014.

IOW 1956,4: ERMENTRAUT, W., Die Eiswinter 1952-1956 in außerdeutschen Gewässern. Diverse Berichte. Karton 39, Archiv-Nr. 1956/018 und 1957/039.

IOW 1956,5: VOIGT, K., Die Eisverhältnisse an der Küste der DDR im Winter 1956/57. Bericht, Hydro-Meteorologisches Institut Warnemünde, 5 S. Karton 39, Archiv-Nr. 1956/017 und 1957/037,

IOW 1956,6: HUPFER, P., Die hydrologischen Untersuchungen im Seegebiet der Tromper Wiek und nördlich Rügens im Sommer 1956. Forschungsbericht, Hydro-Meteorologisches Institut Stralsund, 87 S. Karton 39, Archiv-Nr. 1956/012.

IOW 1957,1: VOIGT, K., Die Eis- und Schifffahrtsverhältnisse im Winter 1956/57 in den Gewässern der Ostsee außerhalb der DDR. Bericht, Hydro-Meteorologisches Institut Warnemünde, 7 S. Karton 39, Archiv-Nr. 1957/017.

IOW 1957,2: VOIGT, K., Eisbeobachtungen und Eiserkundungsfahrten im Greifswalder Bodden und vorgelagerten Seegebiet im Winter 1955/56 [kein Bericht im IOW-Archiv vorhanden].

IOW 1957,3: VOIGT, K., Packeis und Eispressungen im Greifswalder Bodden und vorgelagerten Seegebiet im Winter 1955/56 [kein Bericht im IOW-Archiv vorhanden].

IOW 1958,1: BRUNS, E., VILKNER, H., WOLF, G., HELM, R., Atlas der klimatologischen und ozeanographischen Faktoren der Ostsee. Seehydrographischer Dienst, Hydro-Meteorologisches Institut, Stralsund 1957. Manuskript, Tabellen, teilweise Karten. Karton 11: Ostsee-Atlas, Archiv-Nr. 1958/003.

IOW 1958,2: WOLF, G., Ein Beitrag zur hydrologischen Erforschung der Gewässer östlich und westlich der Halbinsel Bug. Forschungsbericht, Hydro-Meteorologisches Institut Warnemünde, 15 S. Karton 39, Archiv-Nr. 1958/002.

IOW 1958,3: EINSLE, E., Die hydrologischen Untersuchungen im Greifswalder Bodden. 1951/1957. Forschungsbericht, Hydro-Meteorologisches Institut Warnemünde, 120 S. Karton 39, Archiv-Nr. 1958/007.

- IOW 1958,4: VOIGT, K., Auswertung der Seegangsregistrierungen auf der IV. „Lomonossow“-Expedition. Warnemünde, 1. Dezember 1961. 2 Anlagen; Auswertung (Tabellen), 205 S. Karton 09, Ordner Lomonossow-Reisen I, Archiv-Nr. 1958/012.
- IOW 1960: Dekadenfahrten Warnemünde 1951-1957. Diverse Schnittzeichnungen des Salzgehaltes und der Strömung. Karton 40, Archiv-Nr. 1960/002.
- IOW 1963,1: MÖCKEL, F., Untersuchung der zur Reverberation in der Unterwasserschallortung beitragenden Erscheinungen und deren jahreszeitliches Auftreten in der Ostsee westlich 15. Längengrades. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1963, 16 S. Karton 40, Archiv-Nr. 1963/001.
- IOW 1963,2: BRUNS, E., Seegang in der Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 22. Dezember 1963. 8 S., 17 Tab., 26 Stationen. Karton 41, Archiv-Nr. 1963/030.
- IOW 1963,3: BRUNS, E., Forschungen und theoretische Berechnungen zur Ausarbeitung von Methoden der Seegangs- und Wellenvorhersage für die westliche Ostsee und die Küstengebiete der DDR. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 72 S. Karton 34, Archiv-Nr. 1963/027.
- IOW 1964,1: BRUNS, E., Seegangs- und Wellenvorhersage aus Forschung und Berechnung für die westliche Ostsee. Abschlußbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 76 S. Karton 42, Archiv-Nr. 1964/020 und 1964/022.
- IOW 1964,2: HELM, R. Untersuchung von Strömungssituationen in der westlichen Ostsee unter verschiedenen meteorologischen Bedingungen. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 22.2.1974, 8 S und Anlagen. Karton 41, Archiv-Nr. 1964/014.
- IOW 1965: ZIMMERMANN, B., Ergebnisse der erdmagnetischen Messungen auf der westlichen Ostsee, ausgeführt in den Jahren 1951-1954. Bericht, SHD Stralsund, Expedition Seevermessung, Stralsund, 31. 5. 55, 26 S. Karton 23, Archiv-Nr. 1965/997.
- IOW 1966: HELM, R., Abschlußbericht zum FE-Thema „Wasseraustausch“. Institut für Meereskunde, Warnemünde, 15 S. und Anlagen, Karton 43, Archiv-Nr. 1966/009.
- IOW 1969,1: HELM, R., GOHS, L., BROSIN, H.-J., STURM, M., Probleme der Diffusion und der horizontalen und vertikalen Verdriftung künstlicher Beimengungen im Meerwasser. Studie, Institut für Meereskunde Warnemünde, 18. 12. 1969, 99 S. Karton 47, Archiv-Nr. 1969/008.

- IOW 1969,2: KREMSER, U., Anisotrope Erscheinungen bei der Ausbreitung von Beimengungen im Meer und ihre Bedeutung. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 6. 12. 1971, 27 S. Karton 47, Archiv-Nr. 1969/008.
- IOW 1970: SCHEMAINDA, R., Programm für die Durchführung der ozeanologisch-meeresbiologischen Untersuchungsarbeiten auf der FS „Georgius Agricola“ im östlichen Zentralatlantik vom 15. Juni bis 30. Oktober 1970. Fahrtprogramm, Warnemünde 1970, 11 S. Karton 44, Archiv-Nr. 1970/008.
- IOW 1971: Grundlagenforschung für die Entwicklung von Vorhersagemethoden bei der Nutzung der Ostsee und spezieller ozeanischer Ressourcen durch die DDR. Programm Meeresforschung-Meeresnutzung, 12 S. Unveröff. Material, im IOW-Archiv nicht nachweisbar [zitiert nach BROSIN, 1988].
- IOW 1974,1: KREMSER, U., Die Berechnung statistischer Parameter aus den Konzentrationspulsationen eines Rhodamin-S-Fleckes zum Nachweis der Anisotropie in der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Farbtracers bei Versuchen in der Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 28.3.1974, 41 S. Karton 50, Archiv-Nr. 1974/033.
- IOW 1974,2: SCHEMAINDA, R., Studie über die potentielle jahreszeitliche Meridionalverschiebung des Wasserauftriebsgebietes vor Südwestafrika. Institut für Meereskunde Warnemünde, November 1974, 26 S. Karton 50, Archiv-Nr. 1974/059.
- IOW 1975,1: Untersuchungen zur Feinstruktur und der Diffusion von Beimengungen. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 8 S. und zahlreiche Tabellen und Abbildungen. Karton 54, Archiv-Nr. 1975/038.
- IOW 1975,2: HELM, R., Diffusion, horizontale und vertikale Ausbreitung und Verdriftung künstlicher Beimengungen im Meerwasser. Arbeiten im Jahre 1975. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 17 S. und Tabellen. Karton 54, Archiv-Nr. 1975/035.
- IOW 1976,1: Wissenschaftlicher Zwischenbericht über die Bearbeitung des Meßmaterials der bisherigen Advektionsfahrten. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 21 S. mit Tabellen und Grafiken. Karton 54, Archiv-Nr. 1976/025.
- IOW 1976,2: HELM, R., STURM, M., Advektive Prozesse im Bereich der Mecklenburger Bucht. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1976, 21 S. [zitiert nach STURM & HELM, 1983].
- IOW 1977,1: HELM, R., BROSIN, H.-J., FENNEL, W., KAYSER, B., KREMSER, U., MICHELCHEN, N., STURM, M., Diffusion, horizontale und vertikale Ausbreitung und Verdriftung künstlicher



Beimengungen im Meerwasser. Arbeiten im Jahre 1977. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 11 S. und Tabellen. Karton 54, Archiv-Nr. 1977/041.

IOW 1977,2: Daten des Driftkartenexperiments 1975-1977, 3 Ordner. Karton 12, Archiv-Nr. 1977/998.

IOW 1977,3: SCHEMAINDA, R., TIMM, W., Ozeanologische Untersuchungsarbeiten auf einer Fangplutzerkundungsreise des FFS „Ernst Haeckel“ vom 14. 8. – 30. 11. 1976 im Seegebiet vor Guinea und Guinea-Bissau. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, Juli 1977, 12 S. Karton 54, Archiv-Nr. 1976/030 und 1976/053.

IOW 1978,1: HELM, R., Diffusion, horizontale und vertikale Ausbreitung und Verdriftung künstlicher Beimengungen im Meerwasser. Jahresforschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 15. 12. 1978. 3 S. Karton 55, Archiv-Nr. 1978/005.

IOW 1978,2: TIMM, W., Wissenschaftlich-technischer Bericht über die Durchführung ozeanologischer Untersuchungen auf der 47. Reise des FFS „Ernst Haeckel“ in den Südatlantik vom 27. 3. – 8. 8. 1978. Bericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 20. 9. 1978. 9 S. Karton 55, Archiv-Nr. 1979/029.

IOW 1979,1: BROSIN, H.-J., Die ozeanologischen Verhältnisse im Seegebiet vor Somalia und Interpretation des hier beim Experiment “Biosphäre” gewonnenen Bildmaterials. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 11 S. Unveröff. Material, im IOW-Archiv nicht nachweisbar [zitiert nach BROSIN, 1988].

IOW 1979,2: BROSIN, H.-J., Weitere Bildinterpretationen zum Experiment “Biosphäre”. Zuarbeit zum Gesamtbericht, Zentralinstitut für Physik der Erde, 5 S. Unveröff. Material, im IOW-Archiv nicht nachweisbar [zitiert nach BROSIN, 1988].

IOW 1979,3: GOHS, L., Zusammenstellung von meeresoptischen Daten und wissenschaftlichen Ergebnissen, die für die DDR-Volkswirtschaft wichtig sind, zur Anwendung bei der Fernerkundung des Ozeans (NW-Afrika). Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1979, 60 S. Karton 55, Archiv-Nr. 1979/044.

IOW 1979,4: PRANDKE, H., Erste Auswertungen der experimentellen Untersuchungen 1978 der Echostreuschichten. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1979, 11 S. Karton 96.

IOW 1979,5: PRANDKE, H., Erarbeitung von wissenschaftlichen Voraussetzungen zur experimentellen Untersuchung der Feinstruktur der vertikalen Dichteschichtung. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1979, 7 S. Karton 55, Archiv-Nr. 1979/027.

- IOW 1979,6: MICHELCHEN, N., Zur Analyse langperiodischer Feldverteilungen in küstennahen Auftriebsgebieten vor Nordwestafrika bezüglich signifikanter langperiodischer Variationen küstennaher Stromsysteme. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1979, 25 S. [zitiert nach MICHELCHEN IOW 1988,4].
- IOW 1980,1: FENNEL, W., LASS, H. U., Zum Problem der niederfrequenten Zirkulation in der Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde. [zitiert nach STURM & HELM, 1983].
- IOW 1980,2: BROSIN, H.-J., Vorstellungen zur Nutzung aerokosmischer Materialien für Aufgaben der DDR-Meeresforschung. Studie, Institut für Meereskunde Warnemünde, 4 S. Unveröff. Material, im IOW-Archiv nicht nachweisbar [zitiert nach BROSIN, 1988].
- IOW 1980,3: Das wissenschaftliche Profil des Instituts für Meereskunde der AdW. Studie, Institut für Meereskunde Warnemünde, Dezember 1980, 26 S. Unveröff. Material, im IOW-Archiv nicht nachweisbar [zitiert nach BROSIN, 1988].
- IOW 1980,4: VOIGT, K., STRIGGOW, K., BROSIN, H.-J., Die Entwicklung von Meeresforschung und Meeresnutzung in der DDR. Beratung: Entwicklung der Meeresforschung in der DDR, 24.-25. November 1980, 17 S. Unveröff. Material, im IOW-Archiv nicht nachweisbar [zitiert nach BROSIN, 1988].
- IOW 1980,5: PRANDKE, H., Auswertung der im Jahre 1979 durchgeführten experimentellen Untersuchungen der Echostreuschichten in der westlichen Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1980, 60 S. Karton 96, Archiv-Nr. 1980/048.
- IOW 1980,6: PRANDKE, H., Experimentelle Untersuchungen 1980 der Echostreuschichten im Hinblick auf die vertikale Feinstruktur der Schichtung. Kurzbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1980, 5 S. Karton 55, Archiv-Nr. 1980/045.
- IOW 1980,7: SCHEMAINDA, R., KAISER, W., POSTEL, L., Ergebnisse ozeanologischer Untersuchungen mit dem FFS „Ernst Haeckel“ im westlichen Mocambique-Kanal im März 1979. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1980, 41 S. [zitiert nach NEHRING et al., 1984].
- IOW 1981,1: HELM, R., Materialsammlung „ADDI“, 1973-1981. Karton 56, Archiv-Nr. 1981/051.
- IOW 1981,2: FENNEL, W., Studie zum Stand und zu Perspektiven der Modellierung dynamischer Prozesse in der Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 37 S. Karton 55, Archiv-Nr. 1981/002.
- IOW 1981,3: IOW-Fahrtarchiv, Fahrt: Advektion IX, Prof. A. Penck, 18.2.-12.3.1981, Expeditionsauftrag Nr. 4/104/81 vom 16.1.1981 und Ordner Nr. 8196002.

- IOW 1981,4: HAGEN, E., Erarbeitung der Grundzüge eines nationalen Forschungsprogramms zum Studium des atlantischen Stromsystems und des daran gebundenen meridionalen Wärmetransports im Rahmen des internationalen Programms der Weltklimaforschung. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 17. 3. 1981, 69 S. Karton 56, Archiv-Nr. 1981/031.
- IOW 1982,1: BROSIN, H.-J., GOHS, L., SIEGEL, H., Remissionsuntersuchungen in der mittleren Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 30.9.1982, 67 S. Karton 56, Archiv-Nr. 1982/004 und 1982/062.
- IOW 1982,2: PRANDKE, H., Aufbau und Funktion der Mikrostruktursonde MSS sowie Erfahrungen ihres Einsatzes in der Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 31.3.1982, 90 S. Karton 56, Archiv-Nr. 1982/047.
- IOW 1982,3: ZAHN, W., Eine Abschätzung des Volumentransports im Kanal von Mocambique während des Zeitraums Oktober - November 1957. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1982, 14 S. Karton 56, Archiv-Nr. 1982/048.
- IOW 1982-1986: ZAHN, W., Aktennotiz Studienaufenthalt vom 28.11. - 4.12.82 im IOAN Moskau, 1 S. Institut für Meereskunde Warnemünde, 6.12.1982, Karton 46, Archiv-Nr. 1982/032; ZAHN, W., Reisebericht Moskau IOAN 29.9.-6.10.1985, 1 S. Institut für Meereskunde Warnemünde, Karton 46, Archiv-Nr. 1985/032; ZAHN, W., Reisebericht Moskau 31.5.-24.6.1986, 1 S. Institut für Meereskunde Warnemünde, Karton 46, Archiv-Nr. 1986/027.
- IOW 1983,1: FENNEL, W., Studie zur Modellierung der westlichen Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde [zitiert nach FENNEL et al., 1985].
- IOW 1983,2: MATTHÄUS, W., LASS, H.-U., SCHWABE, R., FRANCKE, E., Untersuchung der vertikalen und horizontalen Zirkulation und der Austauschprozesse in der Ostsee unter besonderer Berücksichtigung des Wasseraustausches zwischen Nord- und Ostsee sowie zwischen offener See und Küstenzone. Zwischenbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 20. 12. 1983, 43 S. Karton 57, Archiv-Nr. 1983/006.
- IOW 1983,3: Satellitenbildsammlung zur Fernerkundung. Karton 53, Archiv-Nr. 1983/996.
- IOW 1983,4: BROSIN, H.-J., GOHS, L., SIEGEL, H., Untersuchung zur Bestimmung der suspendierten und gelösten Materialien in der Ostsee mit Fernerkundungsverfahren. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 31. 10. 1983, 33 S. Karton 57, Archiv-Nr. 1983/005 und 1983/046.

- IOW 1983,5: BROSIN, H.-J., GOHS, L., SEIFERT, T., SIEGEL, H., Untersuchung räumlicher Strukturen im Temperaturfeld und in der Verteilung von Wasserinhaltsstoffen in der östlichen Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 133 S. Karton 58, Archiv-Nr. 1986/008.
- IOW 1984,1: FENNEL, W., HELM, R., STURM, M., Vorläufige Auswertung der Expedition WEKOS'83: Zirkulations- und Austauschprozesse in der Ostsee. Zwischenbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 24. 9. 1984, 9 S. und Abb. Karton 57, Archiv-Nr. 1984/048; s. auch Karton 57, Archiv-Nr. 1984/011.
- IOW 1984,2: BROSIN, H.-J., GOHS, L., SIEGEL, H., Fernerkundungsexperiment MKS-M Atlantik. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 30. September 1984, 61 S. Karton 57, Archiv-Nr. 1984/002 und 1984/056.
- IOW 1984,3: BROSIN, H.-J., Möglichkeiten für eine Nutzung von Ergebnissen der Fernerkundung der Erde für die Fischerei der DDR. Zentrale Fischereitagung, März 1984, 9 S. Unveröff. Material, im IOW-Archiv nicht nachweisbar [zitiert nach BROSIN, 1988].
- IOW 1984,4: STIPS, A., Erarbeitung von theoretischen und experimentellen Voraussetzungen zur Untersuchung der Schallstreuung an der Mikrostruktur der Dichteschichtung. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1984 [zitiert nach IOW 1985,5].
- IOW 1984,5: PRANDKE, H., STIPS, A., Konzeption für die Untersuchung der Schallstreuung an der Mikrostruktur der Dichteschichtung in der Ostsee. Forschungsbericht, Warnemünde 1984 [zitiert nach IOW 1985,5].
- IOW 1984,6: MÜLLER, G., FRANCKE, E., Ozeanologische Gesamteinschätzung der Nordsee und der Veränderlichkeit der physikalischen Parameter dieses Seegebietes. Studie, Institut für Meereskunde Warnemünde, 30. 11. 1984, 104 S. Karton 57, Archiv-Nr. 1984/049.
- IOW 1984-1988: IfM Cruise Reports, 1984-1988. Nordsee-Ostsee-Wasser-Austausch-Projekt (NOWAP). S. auch: Cruise Report, FS „A. v. Humboldt“, Warnemünde, 11. April 1985.
- IOW 1985,1: FRANCKE, E., MATTHÄUS, W., BROSIN, H.-J., SCHEMAINDA, R., Entwurf einer Konzeption zur Untersuchung des Wasseraustausches zwischen Nord- und Ostsee im Gebiet der Darßer und Drogden Schwelle. Institut für Meereskunde, Warnemünde, 2. 7. 1979, 5 S. Karton 57, Archiv-Nr. 1985/042.
- IOW 1985,2: SCHWABE, R., WEDS Statistische Auswertung mit Computer, WEDS 80, 81. 82, 84. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 8 S. Karton 57, Archiv-Nr. 1985/043.

- IOW 1985,3: SIEGEL, H., BROSIN, H.-J., GOHS, L., Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen Wasserinhaltsstoffen und der Remission von Wasserflächen. Abschlußbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 20. November 1985, 143 S. Karton 57, Archiv-Nr. 1985/051.
- IOW 1985,4: BROSIN, H.-J., SEIFERT, T., Erarbeitung einer Methodik zur Aufbereitung von digitalen Wettersatellitendaten im thermischen Infrarot für ozeanologische Interpretationsansätze. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 28. 6. 1985, 34 S. Karton 57, Archiv-Nr. 1985/001.
- IOW 1985,5: PRANDKE, H., STIPS, A., Echostreuschichten in der Ostsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 83 S. Karton 97, Archiv-Nr.1985/052.
- IOW 1985,6: FRANCK, H., PRANDKE, H., Zu Mikroschallkanälen im T/S-Sprungschichtbereich der Mecklenburger Bucht. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1985, 7 S. [zitiert nach FRANCK & GERTH, 1987].
- IOW 1985,7: STIPS, A., PRANDKE, H., Untersuchungen zur Schallstreuung an der Mikrostruktur der Dichteschichtung. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, März 1985, 49 S. Karton 97, Archiv-Nr. 1985/053.
- IOW 1985,8: STIPS, A., PRANDKE, H., Theoretische Untersuchungen zur Schallstreuung an der Mikrostruktur der Dichteschichtung. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, September 1985, 28 S. Karton 97, Archiv-Nr. 1985/053.
- IOW 1985,9: FRANCKE, E., Aktennotiz: Vorstellung des Nordsee-Terminfahrt-Programms des IfM. Institut für Meereskunde Warnemünde, 28. 1. 1985, 5 S. Karton 57, Archiv-Nr. 1985/050.
- IOW 1985,10: FRANCKE, E., REICHEL, U., Experimentelle Untersuchungen zur Hydrographie der Nordsee. Zwischenbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 30.11.1985, 14 S. Karton 58, Archiv-Nr. 1987/042.
- IOW 1985,11: MICHELCHEN, N., Die Auswirkungen der globalen ENSO-Ereignisse im zentralen Ostatlantik. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde 1985, 66 S. [zitiert nach MICHELCHEN IOW 1988,4].
- IOW 1986,1: FENNEL, W., HELM, R., STURM, M., KAYSER, B., Zirkulationsmuster in der westlichen Ostsee, WEKOS 84. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 200 S. Karton 95, Archiv-Nr. 1986/999.

- IOW 1986,2: BROSIN, H.-J., SIEGEL, H., Abschlußbericht „Fernerkundungsexperiment MKS-M Atlantik“. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 41 S., Karton 58, Archiv-Nr. 1986/007.
- IOW 1986,3: HAGEN E., SCHEMAINDA. R., Zur intermediären Ausbreitung des SACW im äquatorialen Stromsystem, im Auftriebsgebiet vor Nordwestafrika und in wirbelartigen Gebilden nordwestlich der Kap Verden. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, 49 S. [zitiert nach ZAHN, 1990].
- IOW 1987,1: STURM, M., WEKOS 84 und WEKOS 87, Computerlisten und -graphiken. Institut für Meereskunde Warnemünde, Karton 58, Archiv-Nr. 1987/041.
- IOW 1987,2: FENNEL, W., HELM, R., STURM, M., KAYSER, B., Expedition WEKOS 87. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 100 S. Karton 95, Archiv-Nr. 1987/999.
- IOW 1987,3: REICHEL, U., Zwischenberichte Nordsee. Institut für Meereskunde Warnemünde, Karton 58, Archiv-Nr. 1987/042.
- IOW 1987,4: FRANCKE, E., REICHEL, U., ZORN, P., Zur Hydrographie der Nordsee. Berichte 1985-1987. Institut für Meereskunde Warnemünde, Karton 58, Archiv-Nr. 1987/042.
- IOW 1987,5: ZAHN, W., Numerische Diagnose mesoskaler Wirbelmuster an der Südflanke der nordostatlantischen Zirkulation. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, Dezember 1987, 43 S. Karton 58, Archiv-Nr. 1987/051.
- IOW 1988,1: HAGEN, E., Parametrisierung einer mittleren Windmischungsschicht. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, April 1988, 25 S. Karton 59, Archiv-Nr. 1988/084.
- IOW 1988,2: SIEGEL, H., SCHENKEL, G., Orientierende Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen der Volumenstreuintensität  $\beta(45^\circ)$  und dem Streukoeffizienten  $b$ . Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, 31. 12. 1988, 10 S. Karton 59, Archiv-Nr. 1988/083.
- IOW 1988,3: BROSIN, H.-J., GOHS, L., SCHENKEL, G., SCHMIDT, T., SEIFERT, T., SIEGEL, H., Methodische Untersuchungen zur Erfassung und Bewertung von Inhomogenitäten in der Verteilung von Wasseroberflächentemperatur und Inhaltsstoffen in der Ostsee in Satellitendaten. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, Juli 1988, 170 S. Karton 59, Archiv-Nr. 1988/086.

IOW 1988,4: MICHELCHEN, N., Prüfung empirischer Methoden zur Vorhersage ozeanologischer Parameter im nordwestlichen Auftriebsgebiet. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde Warnemünde, Januar, 1988, 18 S. Karton 59, Archiv- Nr. 1988/003.

IOW 1990: ZORN, P., REICHEL, U., Zusammenfassende Wertung des Observationsmaterials 1985-1988 aus der Nordsee. Forschungsbericht, Institut für Meereskunde, Warnemünde, März 1990 42 S. Karton 59, Archiv-Nr. 1990/014.

IOW 1992: Institut für Ostseeforschung Warnemünde an der Universität Rostock. Unveröff. Dokumentation zur Einweihung, 28. Februar 1992, 1-26. IOW- Bibliothek.

### ***Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Rostock (BSHR)***

BSHR 1: Entwurf der Satzung des Seehydrographischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik (SHD der DDR), 8 Blatt. Ordner 2/2: Schriftverkehr zur Bildung des SHD der DDR (auch Zeitraum nach 1950 – Anfang 1951), Zeitraum 17. 10. 1949 – 01. 11. 1951, S. 181-188.

BSHR 2: Vereinbarung zwischen dem Ministerium für Nationale Verteidigung und der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin über die Zuordnung des Institutes für Meereskunde und die daraus entstehenden Folgerungen, 12 Blatt und 2 Anlagen. Ordner 4: Schriftverkehr zur Übergabe des Instituts für Meereskunde, 29. 5. 1957 – 1. 10. 1963, S. 26-41.

BSHR 3: Grundthematik der Grundlagenforschungen in den einzelnen Sparten der Meereskunde in verschiedenen Seegebieten. Anlage 2 der Vereinbarung zwischen dem Ministerium für Nationale Verteidigung und der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin über die Zuordnung des Institutes für Meereskunde und die daraus entstehenden Folgerungen, 2 Blatt. Ordner 4: Schriftverkehr zur Übergabe des Instituts für Meereskunde, 29. 5. 1957 – 1. 10. 1963, S. 40-41.

Matthäus, W., Brosin, H-J., Fennel, W.,  
Hagen, E., Sturm, M.: Aufbau,  
Entwicklung und Forschungs-  
ergebnisse der Physikalischen  
Ozeanographie am Forschungs-  
standort Warnemünde (1950-1991)

## CONTENT

Würdigung  
Kurzfassung/Abstract

- 1 Einleitung
- 2 Die Entwicklungsphasen der  
Physikalischen Ozeanographie
- 3 Die messtechnischen  
Voraussetzungen
- 4 Forschungen auf dem Gebiet der  
Physikalischen Ozeanographie
- 5 Schlussbemerkungen

Zusammenfassung/Summary  
Danksagung  
Literatur  
Archivmaterial

