

Zur Geschichte meteorologischer und meereskundlicher Messungen auf deut- schen Feuerschiffen und automatischen Messstationen

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
an der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften
Fachbereich Geowissenschaften
der Universität Hamburg
vorgelegt von Detlev Machoczek
Hamburg, 2015

Tag der Disputation: 22. April 2016

Folgende Gutachter empfehlen die Annahme der Dissertation:

Frau Prof. Dr. Gudrun Wolfschmidt, Hamburg

Frau PD Dr. Cornelia Lüdecke, München

Herr PD Dr. Thomas Pohlmann, Hamburg

Zum Gedenken an die viel zu früh verstorbenen Kollegen des Sachgebietes „Marine
Messnetze“ des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie

Alfons Tramp
Peter Bernstein
Peter Mitschidin

Zusammenfassung: 1868 richtete der Hamburger Kaufmann Heinrich Adolph Meyer ein Netz von Küstenstationen an der Ostsee zur Erfassung meteorologischer und meereskundlicher Messwerte ein. Diese Messungen wurden von der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* weitergeführt und auf Stationen in der Nordsee und auf bemannte Feuerschiffe ausgedehnt. Die mit bescheidenen Mitteln erhobenen Daten sind von einer solchen Qualität, dass sie auch heute noch zur Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen herangezogen werden können. Nach 20 Jahren wurde die Veröffentlichung der Daten in eigenen Datenbänden 1892 eingestellt, die Messungen aber gingen weiter. Es gelang, Teile der unveröffentlichten Daten in anderen Quellen ausfindig zu machen. Bei der Durchsicht der Originale der meteorologischen Tagebücher einzelner Feuerschiffe aus den Beständen des *Deutschen Wetterdienstes* konnten Teile der Datenlücke zwischen 1892 und 1924 geschlossen werden. Nach dem Ersten Weltkrieg übernahm die *Deutsche Seewarte* die Messungen, wobei diese nur noch auf den Feuerschiffen erhoben wurden. Diese Arbeiten wurden nach dem Zweiten Weltkrieg vom *Deutschen Hydrographischen Institut* bis zum Einzug des letzten bemannten Feuerschiffs 1988 weitergeführt. Von diesem Zeitpunkt an übernahmen automatische Stationen die Aufgabe, meteorologische und meereskundliche Daten zu erfassen. Bei der Errichtung und dem Betrieb dieser Stationen ergab sich eine Vielzahl von Problemen, da es sich um technische Neuentwicklungen handelte und man die Belastungen, denen diese Systeme auf See ausgesetzt waren, unterschätzt hatte. Auch wenn viele Probleme im Laufe der Zeit gelöst werden konnten, stellt der Betrieb der automatischen Stationen technisch und logistisch immer noch eine große Herausforderung dar. Die über Jahrzehnte hinweg gesammelten Daten gehören zu den längsten meereskundlichen Zeitreihen in Deutschland. Für die Jahre 1924 bis 1994 sind die meereskundlichen und für die Jahre 1932 bis 1987 die meteorologischen Daten sowohl in Druckform, als auch in digitaler Form verfügbar. Danach liegen sie nur noch in digitaler Form vor. Im Laufe der Jahre hat sich der Nutzen der Messungen in vielfältiger Weise erweitert. Heute sind sie besonders für die Sicherung der Küsten und der Schifffahrt sowie für die Nutzung des Meeres durch Offshore-Tätigkeiten von Bedeutung. Im Zeichen des sich abzeichnenden Klimawandels, geben sie einen Einblick in das Geschehen und tragen dazu bei, belastbare Prognosen erstellen zu können.

Summary: In 1868 the Hamburger businessman Heinrich Adolph Meyer installed a net of coastal stations at the Baltic Sea, measuring meteorological and hydrographical values. These measurements were continued and also expanded to stations in the North Sea and manned lightships by the *Committee to the Scientific Investigation of the Seas*. The data upraised with modest means are of such a quality that they can be also pulled up even today for the solution of scientific questions. After 20 years the publication of the data in own data volumes was ceased in 1892, however, the measurements went on. One succeeded in finding parts of the unpublished data in other sources. By the examination of the original meteorological diaries of particular lightships from the supplies of the *German Weather Service* parts of the data gap between 1892 and 1924 could be closed. After World War I the *German Marine Observatory* took over the measurements and these were raised only on the lightships. These works were continued after World War II by the *German Hydrographic Institute* up to the move of the last manned lightship in 1988. From this time automatic stations took over the job to grasp meteorological and hydrographical data. With the establishment and the operation of these stations a huge number of problems arose, due to new technical developments and the underestimation of the strain to the systems exposed to the sea. Even if many problems could be solved in the course of the time, the operation of the automatic stations, technically and logistically, is still a great challenge. The data accumulated for decades belong to the longest hydrographical time series in Germany. From 1924 to 1994 the hydrographical data and from 1932 to 1987 the meteorological data are available in printing form, as well as in digital form. From then on they are only available in digital form. In the course of the years the use of the measurements has increased in varied manner. Today they matter particularly to the protection of the coasts and the navigation as well as to the use of the sea by offshore operations. In the age of the emerging climate change, they give an insight into the events and serve to be able to provide reliable forecasts.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	7
1. Einleitung	11
2. Der Anfang (1870 – 1920)	17
2.1 Die Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere.....	17
2.2 Die Messstationen.....	27
2.3 Die Messungen.....	29
2.3.1 Temperatur.....	32
2.3.2 Salzgehalt und Dichte.....	36
2.3.3 Wasserproben.....	41
2.4 Die Daten.....	46
3. Der Erste Weltkrieg und seine Folgen	63
3.1 Die Deutsche Seewarte.....	65
3.2 Das Messnetz der Deutschen Seewarte – Strategie und Nutzen.....	71
3.3 Die Messstationen der Deutschen Seewarte	76
3.4 Die Messungen.....	77
3.4.1 Temperatur.....	82
3.4.2 Salzgehalt und Dichte.....	84
3.4.3 Wasserproben.....	91
3.4.4 Strömung und Seegang.....	95
3.4.5 Die meteorologischen Messungen.....	100
3.5 Die Daten.....	106
4. Das Deutsche Hydrographische Institut.....	117
4.1 Die Messstationen des Deutschen Hydrographischen Instituts	125
4.2 Die Messungen.....	130
4.2.1 Temperatur.....	130
4.2.2 Salzgehalt, Leitfähigkeit und Dichte.....	133
4.2.3 Wasserproben.....	140
4.2.4 Strömung und Seegang.....	141

4.2.5 Die meteorologischen Messungen	142
4.3 Die Daten.....	143
5. Der Ersatz – die automatischen Messstationen.....	154
6. Das Marine Umweltmessnetz in Nord- und Ostsee, Strategie und Nutzen..	167
6.1 Die Messungen.....	173
6.1.1 Temperatur	176
6.1.2 Leitfähigkeit, Salzgehalt und Dichte	178
6.1.3 Sauerstoff	180
6.1.4 Strömung	186
6.1.5 Seegang	191
6.1.6 Nährstoffe	193
6.1.7 Radioaktivität	196
6.1.8 Die meteorologischen Messungen	198
6.2 Datenstruktur.....	201
6.3 Die Methoden zur Qualitätssicherung	204
6.4 Probleme bei der Aufrechterhaltung des Messbetriebes	208
6.5 Die Daten.....	210
6.6 Ausblick.....	211
7. Resümee.....	214
8. Liste der Abbildungen.....	227
9. Liste der Tabellen	231
10. Liste der Abkürzungen.....	232
11. Quellen- und Literaturverzeichnis.....	234
11.1 Quellen	234
11.2 Unveröffentlichte Quellen.....	245
11.3 Literatur.....	249
12. Index	258

A. Anhang..... 263

A.1 Die Nachrichten für Seefahrer	264
A.2 Die Messstationen auf See.....	265
A.2.1 Die Feuerschiffposition Adlergrund	265
A.2.2 Die Feuerschiffposition Amrumbank	266
A.2.3 Die Feuerschiffposition Aussen-Jade (Außenjade)	268
A.2.4 Die Feuerschiffposition Außeneider	269
A.2.5 Die Feuerschiffposition Borkum Riff	270
A.2.6 Die Feuerschiffposition Bremen	271
A.2.7 Die Feuerschiffposition Deutsche Bucht	274
A.2.8 Die Feuerschiffposition Elbe 1	274
A.2.9 Die Feuerschiffposition Elbe 2	278
A.2.10 Die Feuerschiffposition Elbe 3	280
A.2.11 Die Feuerschiffposition Elbe 4	281
A.2.12 Die Feuerschiffposition Fehmarnbelt	282
A.2.13 Die Feuerschiffposition Flensburg (Kalkgrund)	285
A.2.14 Die Feuerschiffposition Kiel	286
A.2.15 Die Feuerschiffposition Minsener Sand	288
A.2.16 Die Feuerschiffposition Norderney	289
A.2.17 Die Feuerschiffposition P 11 / P 8	289
A.2.18 Die Feuerschiffposition P 15 / P 12	290
A.2.19 Die Feuerschiffposition Stollergrund	291
A.2.20 Die Feuerschiffposition S 2	292
A.2.21 Die Feuerschiffposition Weser	292
A.3 Die Messstationen des Marinen Umweltmessnetzes in Nord- und Ostsee	295
A.3.1 Die Messstation Arkona Becken	295
A.3.2 Die Messstation Darßer Schwelle	297
A.3.3 Die Messstation Deutsche Bucht	300
A.3.4 Die Messstation Elbe 1	303
A.3.5 Die Messstation Ems	304
A.3.6 Die Messstation Fehmarnbelt	304
A.3.7 Die Messstation Fino 1	308
A.3.8 Die Messstation Fino 2	309
A.3.9 Die Messstation Fino 3	310
A.3.10 Die Messstation Kiel	312
A.3.11 Die Messstation Nordseeboje II	316
A.3.12 Die Messstation Nordseeboje III	320

A.3.13 Die Messstation Oder Bank	321
A.4 Anleitung zur Ausführung meereskundlicher Beobachtungen	324
A.5 Originalprotokolle der meereskundlichen Beobachtungen	334
A.6 Die Hydrographischen Tabellen nach Knudsen	337
A.7 The Practical Salinity Scale 1978	338
A.8 The One Atmosphere International Equation of State of Seawater, 1980	339
Danksagung	340

1. Einleitung

Schon früh hat der Mensch das Meer als Verkehrsweg genutzt. Die bislang ältesten bekannten Abbildungen von Schiffen stammen aus Hierankopolis in Ägypten aus dem fünften Jahrtausend vor Christus¹, der älteste Fund eines hochseetauglichen Schiffes aus dem 14. Jahrhundert vor Christus vor dem Kap Uluburun im Süden der Türkei².

Im Laufe der Jahrtausende lernten die Seefahrer immer mehr neue Küsten kennen und nutzten Strömungen und Winde für ihr Fortkommen.

Polynesische Seefahrer beispielsweise entwickelten ab dem 15. Jahrhundert vor Christus sogenannte „Sternenkompass“ und „Stabkarten“, die alle verfügbaren geographischen, meteorologischen und meereskundlichen Informationen, die für die Navigation in der Polynesischen Inselwelt notwendig waren, enthielten³.

Die Erfindung des magnetischen Kompasses um die Jahrtausendwende in China und seine Verbreitung in Europa ab dem 12. Jahrhundert⁴ ermöglichte ein Kurshalten auch bei bedecktem Himmel und fehlender Sicht des Sternenhimmels, was eine sichere Navigation wesentlich erleichterte.

Hinzu kam, dass man mit Hilfe des Kompasses nun auch die wahre Windrichtung auf See bestimmen konnte. Davor war es mit Hilfe einer Windfahne oder eines Wimpels nur möglich, die Windrichtung relativ zu Ausrichtung des Schiffes zu ermitteln⁵.

Nachdem der Italiener Evangelista Torricelli (1608 – 1647) 1643 das Barometer erfunden hatte und die Veränderung der Höhe der Quecksilbersäule in dem Gerät korrekt als Folge der Änderung des Luftdruckes beschrieben hatte⁶, war es möglich, die durch die Luftdruckänderungen hervorgerufenen Wetterphänomene noch vor ihrem Eintreten zu erkennen. Bei der Fahrt über die See konnten so frühzeitig Maßnahmen ergriffen werden, die eine Gefährdung durch Wetterunbilden möglichst gering hielten.

Schon im Altertum waren Lot und Peilstange zur Bestimmung der Wassertiefe in Küstennähe in Gebrauch. Mit dem Lot ließ sich außerdem die Beschaffenheit des

¹ Pemsel, 2000, S. 20.

² Tauber, 2008, S. 177.

³ Rappenglück, 2008, S. 145-174.

⁴ Aczel, 2005, 175 S.

⁵ Lange, 2008, S. 217-218.

⁶ Poggendorff, 1863b, S. 1119.

Meeresbodens bestimmen, da nach Erreichen des Meeresbodens die mit Pech oder Talg versehene Unterseite des Lotgewichtes Proben des Meeresbodens enthielt⁷.

Eine Erforschung der meteorologischen und meereskundlichen Gegebenheiten der Meere, wie sie seit etwas mehr als 150 Jahren betrieben wird, wurde erst möglich, als im Laufe der Zeit die für die weitere Erforschung notwendigen Messgeräte und -verfahren entwickelt wurden.

Erst Mitte des siebzehnten Jahrhunderts wurden ernsthafte Versuche unternommen, die Geheimnisse des Ozeans mit Hilfe der inzwischen entwickelten Geräte und Methoden zu enträtseln. Schon der englische Naturforscher Robert Boyle (1627 – 1692)⁸ war in der Lage mit Hilfe der Chlortitration unter Verwendung einer Silbernitratlösung qualitative Aussagen über den Salzgehalt von Meerwasser zu machen. Eine quantitative Bestimmung war aber mit dem chemischen Wissen der damaligen Zeit nicht möglich⁹. Für die Bestimmung der Dichte des Meerwassers benutzte er eine frühe Form des Aräometers¹⁰.

In der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts entwickelten Daniel Gabriel Fahrenheit (1686 – 1736)¹¹, Anders Celsius (1701 – 1744)¹² und René Antoine Ferchault de Réaumur (1683–1757)¹³ die nach ihnen benannten Temperaturskalen und stellten Thermometer mit diesen Skalen zur Temperaturbestimmung her.

Anita McConnell beschreibt in ihrer wissenschaftshistorischen Abhandlung „No Sea Too Deep“ aus dem Jahre 1982 die Geschichte meereskundlicher Messgeräte¹⁴. Sie zeigt auf, dass bis zur zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts die Entwicklung weiterer Messgeräte wie Lotmaschinen zur Tiefenbestimmung der Ozeane, Wasserschöpfer und Tiefseethermometer erfolgte, die bei unterschiedlichen Expeditionen zum Einsatz kamen und die die systematische Erforschung der Weltmeere einleiteten.

In der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts begann sich die Meereskunde als Zweig der Geowissenschaften zu entwickeln. Forschungsfahrten wie die des britischen Forschungsschiffs *Challenger* von 1872 bis 1876¹⁵ oder der deutschen *Gazelle* von 1874 bis 1876¹⁶ wurden gestartet, um die Weltmeere und ihre Geheim-

⁷ Lange, 2008, S. 215-216, Sauer, 2008, S.231-233.

⁸ Poggendorff, 1863a, S. 267-269.

⁹ Boyle, 1674, S. 19-20.

¹⁰ Boyle, 1674, S. 27-28.

¹¹ Poggendorff, 1863a, S. 410-411.

¹² Poggendorff, 1863a, S. 716.

¹³ Poggendorff, 1863b, S. 580-581.

¹⁴ McConnell, 1982, 162 S.

¹⁵ Rice, 1986, S. 30-39.

¹⁶ Hydrographisches Amt des Reichs-Marine-Amtes (Hrsg.), 1889, 240 S.

nisse zu erforschen. Ihre Ergebnisse zeichneten ein bislang völlig unbekanntes Bild der Ozeane. Diese Forschungsfahrten und die auf ihnen gewonnenen Erkenntnisse haben die Geschichte der Erforschung der Ozeane geprägt.

Dass zur gleichen Zeit meereskundliche Messungen unter einem ganz anderen Aspekt an den deutschen Küsten ihren Anfang nahmen und auch heute noch, mit modernen Mitteln, weitergeführt werden, ist weniger bekannt.

Der Hamburger Kaufmann Heinrich Adolph Meyer (1822 – 1889)¹⁷ (Abb. 1) war von der Tier- und Pflanzenwelt des Meeres so fasziniert, dass er, der Autodidakt, der keine wissenschaftliche Ausbildung genossen hatte, 1868 auf eigene Kosten ein Netz von Beobachtungsstationen an der Ostseeküste einrichtete und finanzierte, um die dortigen hydrographischen Verhältnisse erstmalig zu erfassen und zu erforschen.

Wie wichtig ihm der Aufbau eines Messnetzes zur Erfassung meteorologischer und meereskundlicher Daten und die Fortführung der Arbeiten waren, wird im Vorwort zu seinen „Untersuchungen über physikalische Verhältnisse des westlichen Theiles der Ostsee“¹⁸ deutlich:

„Denn die Einrichtung und Unterhaltung zahlreicher Stationen sowie die Bearbeitung eines so umfänglichen Beobachtungsmaterials ist für den Privatmann mit zu grossen Schwierigkeiten verknüpft, während durch Vermittlung des Staates sich leicht ein ausgedehntes Beobachtungsnetz herstellen und bearbeiten lässt, wenn sich erst die Überzeugung geltend gemacht hat, dass der Gegenstand grössere Beachtung verdient als ihm bisher zu Theil wurde.

Nicht allein physikalisch-geographische, meteorologische und andere allgemeine Fragen werden durch solche Untersuchungen berührt, sondern sie bilden die unentbehrliche Grundlage für eine Bearbeitung der Fauna und Flora des Meeres, sie lehren die Lebensbedingungen der Organismen erkennen und führen somit schliesslich auch auf wichtige praktische Gebiete wie besonders der Fischzucht und des Fischereibetriebes.

Es sollten meines Erachtens daher längs der Seeküste eine grössere Zahl fester Beobachtungsstationen eingerichtet werden um regelmässig Temperatur und specifisches Gewicht (Salzgehalt) des Wassers, Höhe des Wasserstandes und die Strömungen, zugleich mit bestimmten meteorologischen Beobachtungen wie Wind, Luftdruck, Lufttemperaturen und Niederschlägen zu verzeichnen.“

¹⁷ Neue Deutsche Biographie, Bd. 17, 1994, S. 294-295.

¹⁸ Meyer, 1871, Vorwort.

Die von Meyer initiierten Messungen wurden von der *Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere*, der *Deutschen Seewarte*, und ihrer Nachfolger, dem *Deutschen Hydrographischen Institut* und dem *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* bis heute weitergeführt.

Im Laufe der Jahre hat sich der Nutzen der Messungen über den von Meyer skizzierten Rahmen hinaus in vielfältiger Weise erweitert. Heute sind sie weiterhin für die Sicherung der Küsten und der Schifffahrt sowie aktuell für die Nutzung des Meeres durch Offshore-Tätigkeiten von Bedeutung.

Die über Jahrzehnte hinweg gesammelten Daten gehören zu den längsten meereskundlichen Zeitreihen in Deutschland. Im Zeichen des sich abzeichnenden Klimawandels geben sie einen Einblick in die Veränderungen und tragen dazu bei, belastbare Prognosen erstellen zu können.

Da es sich aber um „Gebrauchsdaten“ handelt, die keine spektakulären Ergebnisse liefern, war und ist das Interesse an der Beschreibung der Art und Weise, wie diese Daten erhoben wurden und welchem Zweck sie dienten, vergleichsweise gering.

Bei der von mir beruflich vorgenommenen Zusammenstellung der Feuerschiffdaten und der Daten der automatischen Messstationen zu langen Zeitreihen war es für die Bewertung der Qualität der Messwerte unabdinglich, möglichst viele Informationen über die Messungen, die benutzten Messgeräte und die Aufbereitung der Daten zu erhalten.

Dabei musste ich feststellen, dass nur wenige Quellen existieren. Aus der Anfangszeit der Messungen standen mir als Quellen die Berichte der *Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere* und für den Zeitraum von 1873 bis 1893 Abdrucke der gemessenen Parameter in speziellen Publikationen von Daten zur Verfügung.

Meine Recherche ergab, dass die Messungen nach 1893 nicht eingestellt, sondern weitergeführt wurden, ohne dass jedoch eine Bearbeitung der Daten erfolgte. Dies belegen Promotionen und andere wissenschaftliche Arbeiten mit speziellen Fragestellungen, die ich bei der Suche nach weiteren Daten ausfindig machen konnte.

Bei der Durchsicht der sich im Bestand des *Seewetteramtes Hamburg* des *Deutschen Wetterdienstes* befindlichen circa 30000 meteorologischen Schiffsjournale entdeckte ich meteorologische Tagebücher von Feuerschiffen, deren Verbleib bis-

lang ungeklärt war. Mit diesen Daten war es mir möglich, die Datenlücke bruchstückhaft aufzufüllen.

Um die Qualität dieser Daten zu bestimmen, führte ich Vergleichstests mit modernen Messgeräten durch, die zeigten, dass die historischen Daten auch heute noch zur Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen herangezogen werden können.

Mit der Fortführung der meteorologischen und meereskundlichen Messungen auf den bemannten Feuerschiffen durch die *Deutsche Seewarte* erweiterte sich die Zahl der mir zur Verfügung stehenden Publikationen. Es sind sowohl Jahresberichte als auch ab 1924 die Datenbände mit meteorologischen und meereskundlichen Messungen, die in einer neuen Veröffentlichungsreihe, den *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee* abgedruckt wurden, vorhanden. Dies gilt auch für die Feuerschiffbeobachtungen nach dem Zweiten Weltkrieg, die im Auftrag des *Deutschen Hydrographischen Instituts* durchgeführt wurden, wobei die meteorologischen Daten nach 1945 bis 1953 vom *Meteorologischen Amt für Nordwestdeutschland* und dann vom *Deutschen Wetterdienst* herausgegeben wurden.

Im Rahmen meiner Untersuchungen über den Einsatz und den Verbleib der bemannten Feuerschiffe auf den jeweiligen Feuerschiffpositionen musste ich feststellen, dass es in der sich mit den Feuerschiffen und ihren Lebensläufen befassenden Literatur erhebliche Unklarheiten über die Einsatzzeiten und -orte der bemannten Feuerschiffe gibt. Mit Hilfe der amtlichen Veröffentlichung *Nachrichten für Seefahrer* war es mir möglich, eine Auflistung der Feuerschiffpositionen und ihrer Historie zu erstellen, bei der alle diese Unklarheiten beseitigt worden sind.

Mit der Einführung automatischer Messstationen verringert sich die Zahl der Publikationen, die sich mit diesem Thema beschäftigen, insbesondere dadurch, dass die Daten nur bis zum Jahre 1994 in eigenen Datenbänden veröffentlicht wurden. Über die Test- und Aufbauphase gibt es einige wenige Artikel in technischen Zeitschriften und einige Textstellen in den Jahresberichten des *Deutschen Hydrographischen Instituts* aus dieser Zeit sowie ein Entwicklungsvorschlag für die Errichtung eines Netzes automatisch arbeitender Messstationen der Firma *Dornier System GmbH*¹⁹, die ich für diese Arbeit nutzen konnte. Ein Aktenordner²⁰ mit Textfragmenten und Bildern, der Informationen über die automatischen Messstationen enthält,

¹⁹ Dornier System, 1969, 89 S. plus Anhang.

²⁰ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Ozeanographisches Messnetz Nord- und Ostsee von 1970 bis 1990, Arbeitsunterlagen und Informationsmaterial aus der Abteilung Meereskunde des DHI/BSH, AR 1008, Nr. 19/05, 2001.

stand mir als weitere Quelle im Archiv des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie* zur Verfügung. Hinzu kommt der schriftliche Nachlass des Referatsleiters Dr. Hartwig Weidemann im *Deutschen Hydrographischen Institut*, der für den Aufbau und den Betrieb der automatischen Stationen verantwortlich war und der sich in meinem Besitz befindet. Alle weiteren Informationen stammen von handschriftlichen Notizen und Vermerken sowie aus meiner eigenen Erfahrung und mündlichen Berichten der Mitarbeiter des Sachgebietes „Marine Messnetze“ im *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie*.

Wo geeignetes Bildmaterial fehlte, wurde dies durch mich angefertigt, ebenso die Beschreibung der modernen Messstationen und Sensoren, bei der ich mich auf Datenblätter und Broschüren der jeweiligen Hersteller stützen konnte.

Fremdsprachige Arbeiten, die sich umfassend mit der Geschichte meereskundlicher Messnetze in den Anrainerstaaten von Nord- und Ostsee befassen, sind mir nicht bekannt und konnten trotz umfangreicher Recherche meinerseits bislang nicht ausfindig gemacht werden. Die verfügbaren Publikationen beschäftigen sich lediglich mit Einzelaspekten eines Messnetzes. Dabei geht es überwiegend um die Lösung technischer Fragestellungen.

Mit dieser Arbeit wird die fast 150jährige Geschichte der Erhebung meteorologischer und meereskundlicher Messungen auf deutschen Feuerschiffen und automatischen Messstationen von mir erstmalig zusammengefasst und als Ganzes beschrieben.

2. Der Anfang (1870 – 1920)

2.1 Die Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere

Die Vorgänge, die zur Aufnahme von meteorologischen und meereskundlichen Messungen auf deutschen Feuerschiffen führten, reichen bis in das Jahr 1867 zurück. Am 20. Dezember 1867 brachte der Kieler Physiologe und Abgeordnete des preußischen Landtages Victor Hensen (1835 – 1924)²¹ einen Antrag ein, in dem er wissenschaftliche Untersuchungen „über die Grundlagen des Betriebes unsere Küsten- und Hochseefischerei“²² anregte. Dieser Antrag wurde angenommen und wohlwollende Prüfung durch den zuständigen Landwirtschaftsminister Werner Ludolph Erdmann von Selchow (1806 – 1884)²³ zugesagt.

Allerdings bedurfte es weiterer Unterstützung dieses Antrags durch den am 3. Januar 1870 gegründeten *Deutschen Fischerei-Verein*, bevor das Landwirtschaftsministerium reagierte.

Die Mitglieder des *Deutschen Fischerei-Vereins* hatten sich „die Hebung und Ausbildung der gesamten Deutschen See- und Binnenfischerei“²⁴ zum Ziel gesetzt, denn mit der deutschen Fischerei war es zu dieser Zeit sehr schlecht bestellt. Eine Hochseefischerei existierte nicht und die Küstenfischerei war nur von geringer Bedeutung. Um das wirtschaftliche Potential, das eine einträgliche Fischereiwirtschaft bot, nutzen zu können, fehlten neben den technischen Voraussetzungen auch ausreichende Kenntnisse über die Seefische selbst und ihren Lebensraum. Diesem Mangel sollte durch geeignete Untersuchungen einer noch zu bestimmenden Kommission abgeholfen werden.

Am 7. Juli 1870 erschien ein Erlass des Ministers, durch den die *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* mit Sitz in Kiel ins Leben gerufen wurde. Diese Kommission konstituierte sich dann sechs Tage später am 13. Juli. Ihr gehörten die drei ordentliche Professoren der Universität Kiel: Gustav Karsten (1820

²¹ Neue Deutsche Biographie, Bd. 8, 1969, S. 563-564.

²² Ehrenbaum, 1920, S. 454.

²³ Selchow, von, Werner Ludolph Erdmann, Jurist, preußischer Landwirtschaftsminister 1862-1873 (Schwabe, 1985, S. 291).

²⁴ Deutscher Fischerei-Verein, Circulare des Deutschen Fischerei-Vereins, Berlin, 1871.

- 1900)²⁵, Karl August Möbius (1825 - 1908), Victor Hensen (1835 - 1924) und der zum Ehrendoktor ernannte Hamburger Kaufmann Heinrich Adolph Meyer (1822 - 1889) als Mitglieder an²⁶.

Aufgabe dieser Kommission war es, sowohl die physikalischen Verhältnisse in Nord- und Ostsee als auch die Lebensbedingungen der in diesen Meeresgebieten vorkommenden Fische zu erforschen, den nur mit Hilfe dieser Kenntnisse waren Verbesserungen in der Fischerei zu erwarten. Im Vorbericht der Kommission des Jahresberichtes für das Jahr 1871 werden die Vorgaben des Ministeriums wiedergegeben: „Das Königliche Ministerium hatte die Commission darauf hingewiesen, dass die Thätigkeit derselben sich auf folgende Punkte erstrecken sollte: a) Tiefe, Wasserstand, Grundbeschaffenheit, Salz- und Gasgehalt, Strömungen und Temperatur des Wassers; b) Flora und Fauna des Meeres; c) Verbreitung, Nahrung, Fortpflanzung und Wanderung der nutzbaren Thiere, zu untersuchen“²⁷.

Allerdings war dieser Kommission kein enger Rahmen für ihre Aufgaben vorgegeben worden, sondern die Mitglieder selbst legten die Grundlagen für ihre jeweiligen Forschungen fest. Um die Ausrichtung der Arbeiten der Kommission in den nächsten Jahren und die damit verbundene Bedeutung für die Aufnahme meteorologischer und ozeanographischer Messungen auf Feuerschiffen besser verstehen zu können, muss auf das Leben und Wirken der einzelnen Kommissionsmitglieder bis zum Zeitpunkt ihrer Berufung etwas ausführlicher eingegangen werden.

Der Vorsitzende der Kommission, Heinrich Adolph Meyer (Abb. 1) hatte kein ordentliches Hochschulstudium absolviert. Er war erfolgreicher Fabrikant in Hamburg und auch politisch als Abgeordneter des Deutschen Reichstages tätig. Sein eigentliches Interesse galt aber der Meereskunde. Er befasste sich mit dem Tierbestand in der Kieler Bucht insbesondere mit den dort vorkommenden Schnecken und Muscheln. Aufgrund seiner Verdienste für die Meeresforschung wurde ihm 1866 von der Universität Kiel die Ehrendoktorwürde verliehen²⁸.

Als Privatmann, auf eigene Kosten, errichtete er acht Messstationen in der westlichen Ostsee, an denen vom 1. April 1868 bis zum 31. Mai 1870 meteorologi-

²⁵ Als Todesdatum wird im Brockhaus' Konversations-Lexikon, Bd. 10, Leipzig, 1908, S. 189 der 16. März 1900 angegeben, in dem Nachruf für ihn, der in den Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen, Neue Folge, fünfter Band, Kiel, 1901, S. III-IV abgedruckt ist, wird aber der 15. März als Sterbedatum angegeben. In J. C. Poggendorff's biographisch-literarischem Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften, vierter Band, Leipzig, 1904, S. 728 wird ebenfalls der 15. März angegeben. Es ist davon auszugehen, dass der Eintrag im Brockhaus' Konversations-Lexikon nicht korrekt ist.

²⁶ Ehrenbaum, 1920, S. 454.

²⁷ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1871, 1873, S. V-XI.

²⁸ Neue Deutsche Biographie, Bd. 17, 1994, S. 294-295.

sche und meereskundliche Messungen gewonnen wurden. Regelmäßig fanden Messungen der Wassertemperaturen, des spezifischen Gewichts des Meerwassers zur Bestimmung des Salzgehaltes, der Höhe des Wasserstandes, der Strömungen sowie Windrichtung und Windgeschwindigkeit, des Luftdrucks, der Lufttemperatur und des Niederschlags statt²⁹. Meyer gab aber dann alle Stationen bis auf die in der Kieler Bucht auf, „denn die Einrichtung und Unterhaltung zahlreicher Stationen sowie die Bearbeitung eines solch umfänglichen Beobachtungsmaterials ist für den Privatmann mit zu großen Schwierigkeiten verknüpft“³⁰.

Besonders bemerkenswert ist, dass Meyer die für die Untersuchungen verwendeten Messinstrumente und Messverfahren selbst entwickelt hat. Die Meereskunde begann sich erst als eigenständige Wissenschaft zu entwickeln und es fehlten noch die meisten für die durchzuführenden Untersuchungen notwendigen Messgeräte. Selbst *Negretti & Zambra's encyclopædic illustrated and descriptive reference catalogue of optical, mathematical, physical, photographic and standard meteorological instruments, manufactured and sold by them*, von einem der damals führenden Messgerätehersteller um 1887 herausgegeben, weist nur insgesamt acht unterschiedliche Thermometer zur Messungen der Meerestemperatur auf³¹. Weitere meereskundliche Messgeräte sind nicht in diesem Katalog verzeichnet.

Meyer war aber überzeugt, dass die von ihm begonnenen Arbeiten weitergeführt werden müssten und regte eine staatliche organisierte Übernahme an, da „durch Vermittlung des Staates sich leicht ein ausgedehntes Beobachtungsnetz herstellen und bearbeiten lässt, wenn sich erst die Überzeugung geltend gemacht hat, dass der Gegenstand grössere Beachtung verdient als ihm bisher zu Theil wurde“³².

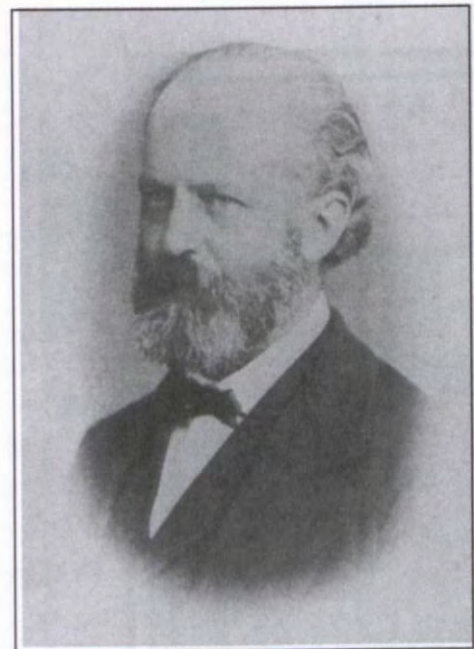


Abb. 1: Heinrich Adolph Meyer (1822 – 1899), (Anon. 1890)

²⁹ Meyer, 1871, S. 7-9.

³⁰ Meyer, 1871, Vorwort (ohne Seitenzählung).

³¹ Negretti, Zambra, 1887?, S. 60-62, S. 173.

³² Meyer, 1871, Vorwort (ohne Seitenzählung).

Mit seiner Messstationen in der Ostsee hat Meyer damit die Grundlagen für eine systematische Erforschung der deutschen Küstengewässer unter Benutzung fester Stationen und zeitlich regelmäßig vorgenommener Messungen gelegt. Dieses Prinzip gilt auch heute noch, sowohl für die Küstenstationen als auch für die sich auf See befindlichen Messstationen.



Abb. 2: Karl August Möbius (1825 – 1908), (IFM-Geomar, Kiel)

Seit der Gründung der Kommission 1870 übte Meyer das Amt des Vorsitzenden 10 Jahre lang bis 1880 aus. Aufgrund anderer Verpflichtungen, die ihm ein regelmäßiges Mitarbeiten in der Kommission unmöglich machten, wollte er aus der Kommission ausscheiden, wurde aber zum Ehrenmitglied ernannt und blieb ihr somit bis zu seinem Tode 1889 verbunden³³.

Karl August Möbius (Abb. 2) studierte nach einer Ausbildung als Lehrer ab 1849 Naturwissenschaften an der Universität Berlin und war dann ab 1853 erst als Hilfslehrer und ab 1856 als ordentlicher Lehrer an der Realschule des Johanneums der Stadt Hamburg tätig. Er unterrichtete Zoologie, Botanik, Mineralogie, Geologie, Physik und Chemie. 1853 promovierte er an der Universität Halle.

Seine Vorliebe galt der Zoologie. Er war einer der Mitbegründer des naturhistorischen Vereins und des zoologischen Gartens in Hamburg. Dort errichtete er das erste Seewasser-Aquarium Deutschlands. Auf Anregung Meyers intensivierte er seine zoologischen Studien und zusammen mit ihm erforschte er die Fauna der Kieler Bucht. Die Veröffentlichung ihrer Ergebnisse erfolgte in „Die Fauna der Kieler Bucht“ in zwei Bänden, die 1865 und 1872 erschienen³⁴.

1868 wurde er zum Ordinarius für Zoologie an der Universität Kiel berufen. Damit verbunden war die Leitung des dortigen zoologischen Museums. Im gleichen Jahr und auch 1869 unternahm er Fahrten an die deutschen, französischen und eng-

³³ Karsten, 1893, S. 256.

³⁴ Meyer, Möbius, Band 1, 1865, 87 S., Band 2, 1872, 139 S.

lischen Küsten, um im Auftrag der preußischen Regierung Untersuchungen über Möglichkeiten einer künstlichen Austernzucht in Deutschland durchzuführen³⁵.

Gustav Karsten (Abb. 3) studierte in den Jahren 1839 bis 1843 Mathematik und Naturwissenschaften in Bonn und Berlin. 1843 wurde er in Berlin promoviert und habilitierte sich dort zwei Jahre später. 1847 übernahm er eine Stelle als Professor für Physik und Mineralogie an der Universität Kiel, die er bis zu seinem Ruhestand 1894 innehielt. Er war Mitbegründer und auch 1. Vorsitzender der *Berliner Physikalischen Gesellschaft* (1845) und seit 1855 Leiter der von ihm gegründeten *Naturwissenschaftlichen Vereinigung von Schleswig-Holstein*³⁶.

Besondere Verdienste erwarb er bei der Vereinheitlichung von Maß- und Gewichtssystemen. 1859 wurde er zum Direktor des Eichungswesens für die Elbherzogtümer ernannt und 1869 zum Mitglied der Normaleichungskommission des Norddeutschen Bundes, nach der Reichsgründung dann zum Mitglied der kaiserlichen Normaleichungskommission berufen.

Ein Schwerpunkt seiner wissenschaftlichen Arbeit bildete die Meteorologie. Ab 1849 errichtete er in Schleswig-Holstein ein Netz meteorologischer Beobachtungsstationen über deren Messungen er mehrere Abhandlungen verfasste. Er unterstützte Meyer bei dessen *Untersuchungen über die physikalischen Verhältnisse des westlichen Theiles der Ostsee*³⁷ und übernahm nach Gründung der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* die Aufgabe, ein Netz von Küstenstationen an Nord- und Ostsee zu errichten sowie die Bearbeitung der Daten vorzunehmen³⁸.

Nachdem Meyer den Vorsitz über die *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* 1880 niedergelegt hatte, übernahm Karsten diese Position, die

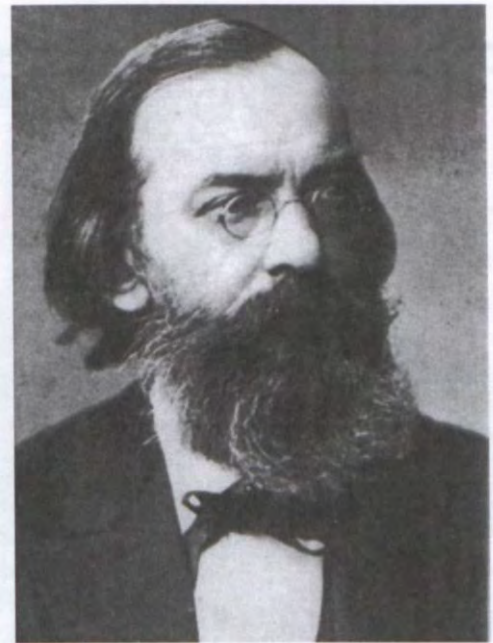


Abb. 3: Gustav Karsten (1820 – 1900), (IFM-Geomar, Kiel)

³⁵ Brockhaus' Konversations-Lexikon, Bd. 11, 1908, S. 948.

³⁶ Neue Deutsche Biographie, Bd. 11, 1977, S. 304-305.

³⁷ Meyer, 1871, Vorwort (ohne Seitenzählung).

³⁸ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1871, 1873, S. 1-36.

er bis 1896 innehielt, um sie dann krankheitsbedingt an Victor Hensen zu übergeben³⁹.

Zusätzlich zu seinen wissenschaftlichen Tätigkeiten engagierte sich Karsten auch politisch. Bis 1876 war er Stadtverordneter der Stadt Kiel, von 1867 bis 1872 Mitglied des preußischen Landtags und des Reichstages von 1877 bis 1881⁴⁰.

Victor Hensen (Abb. 4) studierte in Würzburg, Berlin und Kiel, wurde dort 1859 promoviert und habilitierte im darauf folgenden Jahr. Von 1864 an bis zu seiner Eme-

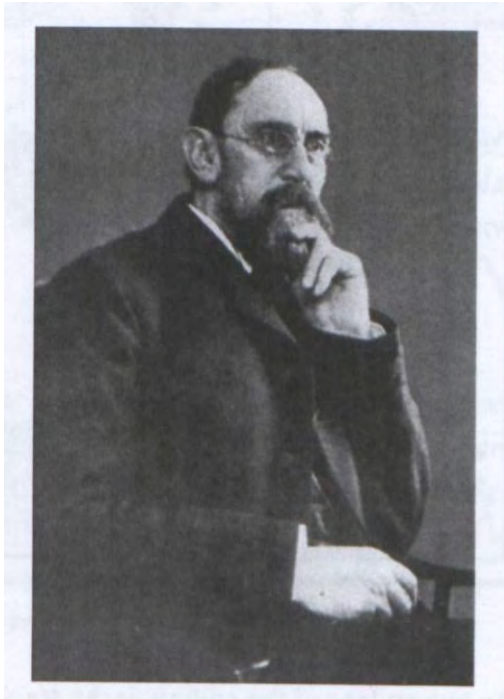


Abb. 4: Victor Hensen (1835 – 1924), (IFM-Geomar, Kiel)

ritierung im Jahre 1911 war er als Professor für Physiologie und Embryologie in Kiel tätig⁴¹.

Später galt sein Hauptinteresse meeresbiologischen Untersuchungen, wobei er sich bleibende Verdienste durch die Einführung messender Untersuchungsmethoden in diesem Forschungszweig erwarb.

1896 übernahm er den Vorsitz über die Kommission von Karsten und hielt ihn bis zu seinem Tode 1924 inne⁴². Als Gründungsmitglied von 1870 schon der Kommission zugehörend, war er in ihr 54 Jahre, davon wiederum 28 Jahre als Vorsitzender, tätig.

Bis zum Jahr 1920, dem Jahr in dem die *Deutsche Seewarte* die Durchführung von meteorologischen und ozeanographischen Messungen auf den deutschen Feuerschiffen von der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* übernahm⁴³, fanden immer wieder personelle Veränderungen in der Zusammensetzung der Kommission statt, was auch zu Veränderungen in der Ausrichtung der Arbeit der Kommission führte.

Der Anatom und Histologe Karl von Kupffer (1829 - 1902), einer der Mitbegründer der modernen Embryologie war Mitglied der Kommission in den Jahren

³⁹ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abt. Kiel, Bd. 20, 1923-1927, S. 51.

⁴⁰ Neue Deutsche Biographie, Bd. 11, 1977, S. 304-305.

⁴¹ Neue Deutsche Biographie, Bd. 8, 1969, S. 563-564.

⁴² Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abt. Kiel, Bd. 20, 1923-1927, S. 51.

⁴³ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1919/20, 1921, S. 19.

1872 bis 1879⁴⁴, bevor er eine Professur an der Ludwig-Maximilians Universität München annahm.

Ihm folgte der Botaniker und Pflanzengeograph Adolph Gustav Heinrich Engler (1844 - 1930), der von 1880 bis 1885 der Kommission angehörte⁴⁵. Er nahm dann einem Ruf nach Breslau an, um anschließend 1889 die Stelle als Direktor des Botanischen Gartens in Berlin zu übernehmen.

Nach Englers Ausscheiden übernahm der Botaniker und Philosoph Johannes Reinke (1849 - 1931) dessen Position in der Kommission und behielt diese bis zu seinem Ausscheiden im April 1923. Er blieb der Kommission aber weiterhin als Ehrenmitglied verbunden. Reinke beschäftigte sich intensiv mit der Erforschung von Algen in Nord- und Ostsee⁴⁶.

Am 27. Dezember 1885 wurde der an der Universität Königsberg lehrende Anatom und Fischereiforscher Berthold Adolph (Heinrich?) Bennecke (1843 - 1886)⁴⁷ zum ersten auswärtigen Mitglied der Kommission ernannt. Zusammen mit Walther Herwig (1838 – 1912)⁴⁸ gehörte er zu den Gründungsmitgliedern der *Section für Küsten- und Hochseefischerei* des *Deutschen Fischerei-Vereins*, die im Jahre 1885 ihre Arbeit aufnahm⁴⁹. Allerdings konnte er für die *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* nicht mehr tätig werden, da er überraschend zwei Monate später im Alter von nur 43 Jahren an einer Lungenblutung verstarb⁵⁰.

Nachdem Möbius 1888 Kiel verlassen und die Stelle als Professor für systematische Zoologie und Tiergeographie an der Universität Berlin angenommen hatte⁵¹, trat der Zoologe Andreas Heinrich Carl Brandt (1854 - 1931)⁵² als Mitglied der Kommission an seine Stelle. Nach Hensens Tod 1924 übernahm er dann den Vorsitz über die Kommission, den er sieben Jahre bis zu seinem Ableben innehielt.

Als neues auswärtiges Mitglied der Kommission wurde der Zoologe und Fischereibiologe Friedrich Heincke (1852 - 1929) benannt⁵³. Nach der Gründung der

⁴⁴ Neue Deutsche Biographie, Bd. 13, 1982, S. 319-320.

⁴⁵ Lexikon der Biologie in acht Bänden, Bd. 3, 1984, S. 126.

⁴⁶ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abt. Kiel, Bd. 21, 1928-1933, S. VII–XIII.

⁴⁷ Neue Deutsche Biographie, Bd. 2, 1955, S. 41.

⁴⁸ Walther Herwig war Präsident der *Königlichen Klosterkammer* in Hannover, Präsident des *Deutschen Seefischerei-Vereins* und erster Präsident des *Internationalen Rates für Meeresforschung (ICES)* mit Sitz in Kopenhagen (Mahn und Wegner, 2012, 143 S).

⁴⁹ Deutscher Fischerei- Verein, Mittheilungen der Section für Küsten- und Hochseefischerei, 1885, S. 1–5.

⁵⁰ Deutscher Fischerei- Verein, Mittheilungen der Section für Küsten- und Hochseefischerei, 1886, S. 17.

⁵¹ Neue Deutsche Biographie, Bd. 17, 1994, S. 606-607.

⁵² Neue Deutsche Biographie, Bd. 2, 1955, S. 532-533.

⁵³ Neue Deutsche Biographie, Bd. 8, 1969, S. 279-280.

Biologischen Anstalt Helgoland, der er als erster Direktor von 1892 bis 1921 vorstand, nahm er ab dem 8. März 1893 seine Tätigkeit in der Kommission auf. Er war einer der Mitbegründer der *Internationalen Organisation für Meeresforschung (International Council for the Exploration of the Seas, ICES)* im Jahre 1902, der er viele Jahre als ständiger deutscher Delegierter angehörte⁵⁴.

1899⁵⁵ übernahm der Geograph und Pionier der modernen Ozeanographie Otto Krümmel (1854 - 1912)⁵⁶ die Aufgaben des in den letzten Lebensjahren durch Krankheit an der intensiven Mitarbeit in der Kommission gehinderten Karsten. Sein in den Jahren 1903 bis 1910 entstandenes zweibändiges *Handbuch der Ozeanographie*⁵⁷, das von Heinrich Georg Boguslawski (1827 - 1884)⁵⁸ und ihm 1884 und 1887 erstmalig erstellte Handbuch ersetzend, gibt umfassend das Wissen der damaligen Zeit über die Meere wieder und fand weltweite Verbreitung.

Nachdem Krümmel 1911 einen Ruf nach Marburg angenommen und die Kommission verlassen hatte, trat der Geograph Leonhard Siegmund Friedrich Kuno Klaus Schultze Jena (1872 - 1955)⁵⁹ an seine Stelle. Sein Wirken war nur von kurzer Dauer, da er nach nur zwei Jahren 1913 ebenfalls einen Ruf nach Marburg annahm.

Ihm folgte der Geograph und Meteorologe Ludwig Mecking (1879 - 1952)⁶⁰. Er gehörte der Kommission von 1913 bis 1920 an und folgte dann einem Ruf nach Münster.

Nach 1920 wurde kein weiteres Mitglied für die Durchführung und Leitung hydrographischer Arbeiten im Rahmen der Tätigkeiten der Kommission ernannt, da diese Tätigkeiten ab 1920 von der 1912 eingerichteten Abteilung Ozeanographie der *Deutschen Seewarte* in Hamburg übernommen wurden⁶¹.

Die Mitglieder der Kommission arbeiteten ehrenamtlich und erhielten keine finanziellen Zuwendungen für ihre Arbeit. Nur der geschäftsführende Vorsitzende erhielt eine Entschädigung von 800 Mark, womit lediglich der Verwaltungsaufwand abgegolten wurde⁶². Für Sachmittel wurden dann noch jährlich 9600 Mark bereitgestellt⁶³.

⁵⁴ Ehrenbaum, 1922, S. 175-186.

⁵⁵ Matthäus, 2010, S. 48.

⁵⁶ Neue Deutsche Biographie, Bd. 13, 1982, S. 109-110.

⁵⁷ Krümmel, 1907, 1911.

⁵⁸ Neue Deutsche Biographie, Bd. 2, 1955, S. 419-420.

⁵⁹ Poggendorff, 1961, S. 305.

⁶⁰ Neue Deutsche Biographie, Bd. 16, 1990, S. 588-589.

⁶¹ Deutsche Wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung, 1925, S. 55-57.

⁶² Porep, 1970, S. 117.

⁶³ Hensen, 1921, S. 2.

Im April 1902 wurde von der Kommission ein biologisches Laboratorium in Kiel in Betrieb genommen, das ebenfalls vom preußischen Landwirtschaftsministerium finanziert wurde. Die Assistenten Apstein, Reibisch und Raben wurden zeitweilig unterstützt von Rauschenplat, Kraefft, Driver, Mielck, K. Müller, Wulff, Büse⁶⁴ und weiteren, von Brandt in seinem Festvortrag von 1921 zum 50jährigen Bestehen der Kommission nicht genannten Assistenten. Das Laboratorium war bis Kriegsbeginn 1914 in vollem Betrieb, danach arbeitete dort bis zum März 1917 nur noch Prof. Raben. 1919 erfolgte dann die endgültige Auflösung des Laboratoriums.

Nach dem verlorenen Weltkrieg und der darauf folgenden schlechten wirtschaftlichen Situation war eine Neuordnung der wissenschaftlichen Aufgaben in der Meeresforschung notwendig, da nun nur noch geringe Mittel zur Verfügung standen. Dies hatte auch Auswirkungen auf die *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere*, die ja eine königlich-preußische Gründung und damit eine Länder- und keine Reichsinstitution war und nach dem ersten Weltkrieg weiterhin vom Freistaat Preußen finanziert wurde. Im Gegensatz dazu war die 1900 vom Reichsamt des Inneren in Berlin gegründete *Deutsche Wissenschaftliche Kommission für die Internationale Meeresforschung (DWKI)*⁶⁵ eine Reichsinstitution, die im Vergleich zur Kommission in Kiel über wesentlich größere Mittel in Höhe von 120 000 Mark pro Jahr zurückgreifen konnte und für deren Aufgaben extra ein eigenes Forschungsschiff, der *Reichsforschungsdampfer Poseidon*⁶⁶, für 300 000 Mark erbaut wurde. Der Beitrag Preußens zu dieser Kommission betrug fast zwei Drittel mehr, nämlich 30 000 Mark, als der, den die eigene Kommission für ihre Arbeiten erhielt⁶⁷. Die *DWKI* musste ihre Tätigkeiten ab 1915 kriegsbedingt einstellen. Am 8. Mai 1920 wurde unter dem Dach des Reichsministeriums für Ernährung und Landwirtschaft dann als Nachfolgerin der *DWKI* die *Deutsche*

⁶⁴ Brandt, 1921, S. 78.

⁶⁵ Die *Deutsche Wissenschaftliche Kommission für die Internationale Meeresforschung (DWKI)* wurde 1900 vom Reichsamt des Inneren als deutscher Partner für den *Internationalen Rat für Meeresforschung (ICES)* gegründet und 1920 in *Deutsche Wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung (DWK)* umbenannt und erst am 15. Juni 2010 aufgelöst (Gerlach, Kortum, 2000, S. 9, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2010).

⁶⁶ Der Reichsforschungsdampfer *Poseidon* wurde 1902 von der Bremer Vulkanwerft erbaut. Seine Länge betrug 49,0 m, seine Breite 9,0 m und er hatte einen Tiefgang von 3,63 m. Der Antrieb bestand aus zwei Zylindrischen Dampfmaschinen die je eine Schraube antrieben. Die Gesamtleistung betrug 350 Kw, was eine Höchstgeschwindigkeit von 11 Kn ermöglichte. Im ersten Weltkrieg diente es als Sperrschiff. Danach wurde es wieder als Fischereiforschungsschiff eingesetzt. Ab 1938 diente es der Reichspost als Forschungsschiff und wurde 1943 zum Navigationsschulschiff umgebaut. Nach Ende des Zweiten Weltkrieges musste es am 4. November 1945 an die Sowjetunion ausgeliefert werden (Gröner, 1988, Bd. 5, S. 122-124).

⁶⁷ Herwig, 1905, Vorwort (ohne Seitenzählung).

Wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung (DWK) gegründet⁶⁸, die bis 2010 ihre Tätigkeiten wahrnahm.

Die *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* nahm nach dem ersten Weltkrieg ihre Tätigkeiten wieder auf, die aber nicht mehr den Umfang wie zuvor erreichten. Die hydrographischen Arbeiten lagen ab 1920 in den Händen der *Deutschen Seewarte* und Teile ihres Betätigungsfeldes wurden nun auch von der wesentlich besser geförderten DWK bearbeitet.

Anfang der 30er Jahre zeichnete sich das Ende der Kommission ab. Nach Brandts Tod 1931 hatte Johannes Reibisch⁶⁹ den Vorsitz der Kommission übernommen. Als weitere Mitglieder gehörten ihr Robert Gustav Adolf Remane (1898 - 1976)⁷⁰, Curt Hoffmann (1898 - 1959)⁷¹ sowie der Kieler Oberfischereimeister Dr. Neubauer an⁷². Nach Reibischs Emeritierung im Jahre 1935 sollte seine Stelle nicht mehr wiederbesetzt und die Kommission 1936 aufgelöst werden⁷³. Mit Schreiben vom 21. September 1935 teilte dann der Reichs- und Preußische Minister für Ernährung und Landwirtschaft dem Vorsitzenden die Auflösung der Kommission zum 31. März 1936 mit⁷⁴.

Die Kommission hatte im Jahre 1873 mit der Veröffentlichung ihrer Arbeiten in Form von Berichten begonnen. Nach der Gründung der *Biologischen Anstalt Helgoland* im Jahre 1892 wurde diese Reihe, von der bis 1893 sechs Berichte erschienen, nicht weitergeführt, sondern 1896 die Reihe *Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* in Kiel und der Biologischen Anstalt auf Helgoland eingeführt. 1935 wird mit dem 19ten Band der Abteilung Helgoland dieser Zweig der Veröffentlichungen der Kommission eingestellt, der zwölfte Band fehlt vollständig, der dreizehnte Band wird nicht abgeschlossen⁷⁵. Ein Jahr später, 1936, erscheint aus der neuen Folge Abteilung Kiel der, die Berichtsjahre 1934 bis 1936 umfassende, zweiundzwanzigste und letzte Band dieser Veröffentlichungsreihe. Damit endet die 66jährige Tätigkeit dieser Kommission.

⁶⁸ Ehrenbaum, 1922, S. 175.

⁶⁹ Asmussen, Hamburg, 2007, S. 38.

⁷⁰ Neue Deutsche Biographie, Bd. 21, 2003, S. 412-413.

⁷¹ Anonymus, 1959, S. 123.

⁷² Gerlach, Kortum, 2000, S. 10.

⁷³ Gerlach, Kortum, 2000, S. 10.

⁷⁴ Gerlach, Kortum, 2000, S. 13.

⁷⁵ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, *Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, Neue Folge, Abt. Helgoland, Bd. 19, 1923-1935, Inhaltsangabe (ohne Seitenzählung).

2.2 Die Messstationen

Meyer hatte schon 1868 mit seinem von ihm auf privater Basis selbst finanzierten System von acht Messstationen im Küstenbereich der westlichen Ostsee die Grundzüge für ein Messnetz zur Erfassung der meteorologischen und meereskundlichen Verhältnisse im küstennahen Bereich vorgegeben. Nur drei dieser Stationen, *Friedrichsort*, *Eckernförde* und *Sonderburg* lagen aber auf preußischem Gebiet, die Stationen *Svendborg-Sund*, *Friedericia*, *Helsingör*, *Korsör* und *Kallundborg* aber in Dänemark⁷⁶.



Abb. 5: Übersichtskarte der Messstationen auf deutschen Feuerschiffen der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere (1872-1919), (Autor)

Mit der Aufnahme von staatlich geförderten offiziellen Messungen war der Betrieb von Messstationen in Dänemark durch eine preußische Kommission aus politischen Gründen nicht mehr möglich.

Als die Messungen im Rahmen der Aktivitäten der Kommission im Juli 1871 wieder aufgenommen wurden, bestand das Netz der Messstationen aus lediglich fünf Stationen in der Ostsee, *Sonderburg*, *Kieler Bucht*, *Fehmarnsund*, *Lohme* auf Rügen und *Neufahrwasser* bei Danzig⁷⁷. Im darauf folgenden Jahr kamen in der drei weitere Stationen; *Travemünde*, *Darsser Ort* und *Hela* zu den bestehenden Ostseestationen

⁷⁶ Meyer, 1871, S. 7–9.

⁷⁷ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1871, 1873, S. 22.

hinzu und 1873 wurde das Netz noch einmal mit den Stationen *Poel* und *Warnemünde* erweitert⁷⁸.

Ab 1872 wurden dann auch Messungen im Bereich der Nordsee durchgeführt. Vier Stationen, *Sylt (Ellenbogen)*, *Wilhelmshafen (Aussen-Jade) (Außenjade)*, *Borkum* und *Helgoland* lieferten ab August bzw. September Messwerte zur Auswertung an die Kommission⁷⁹. Interessanterweise war hier nun doch eine ausländische Station in das Netz der messenden Stationen mit einbezogen worden, nämlich die Station *Helgoland*, die zu diesem Zeitpunkt noch in britischem Besitz war und erst nach Inkrafttreten des Deutsch-Englischen Vertrages vom 1. Juli 1890 im August 1890 dem Deutschen Reich eingegliedert wurde⁸⁰.

Mit Aufnahme der Messungen im September 1872 auf dem Feuerschiff *Aussen-Jade (Außenjade)* beginnt die Geschichte meteorologischer und meereskundlicher Datenerfassung auf deutschen Feuerschiffen⁸¹.

Bei den Messstationen an der Küste handelte es sich nicht extra hergerichtete Baulichkeiten, sondern die von Karsten gewonnenen freiwilligen Mitarbeiter erhielten die für die Messungen notwendigen Instrumente und Formulare zum Eintragen der Messwerte und führten dann die Messungen durch. Dabei benutzten sie entweder vorhandene Stege, die einige Meter ins Meer reichten, oder Boote, mit denen sie sich eine kurze Strecke vom Land entfernten. Diese Messungen erfassten zwar den Küstenbereich, lieferten aber nur bedingt Informationen über die physikalischen Verhältnisse auf hoher See und ihre zeitliche Variabilität.

Die Messungen von Schiffen auf hoher See erfolgten zeitlich und räumlich unregelmäßig und waren daher für Aussagen über die jahreszeitlichen Änderungen der physikalischen Verhältnisse, vor allem im küstennahen Bereich, nicht ausreichend. Um zusätzliche Informationen zu erhalten, bot es sich an, Messungen auf Feuerschiffen durchzuführen. Die Feuerschiffe dienten als Navigationshilfe für die Schifffahrt, besonders in für die Schiffe gefährlichen oder schwierigen Gewässern. Da sie auf einer fest verankerten Position lagen, konnten auf ihnen immer wiederkehrende Messungen vorgenommen werden und damit jährliche Schwankungen der physikalischen Verhältnisse im Meer besonders gut dokumentiert werden. Die Ergebnisse,

⁷⁸ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1872-1873, 1875, S. 321-327.

⁷⁹ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1872-1873, 1875, S. 331-333.

⁸⁰ Stocks, 1927, S. 15-20.

⁸¹ Bei der Namensgebung der Feuerschiffe ist zu beachten, dass zum Beispiel mit der Bezeichnung Feuerschiff *Aussen-Jade (Außenjade)* nicht der Namen eines individuellen Feuerschiffes gemeint ist,

die aus den Messungen gewonnen wurden, kamen auch der Schifffahrt zugute, deshalb war es möglich, die die Feuerschiffe betreibenden Stellen und die Besatzungen vor Ort zu überzeugen, diese zusätzlichen Aufgaben zu übernehmen und meteorologische und meereskundliche Messungen auf den Feuerschiffen vorzunehmen. Auch auf den Feuerschiffen wurden nur die notwendigen Messinstrumente und Formulare zur Verfügung gestellt. Die Messungen erfolgten ebenso wie die an den Küstenstationen auf freiwilliger Basis und wurden finanziell nicht vergütet.

Zwar stieg die Zahl der Küstenstationen, zu denen auch die Feuerschiffe gezählt werden, im Laufe der Jahre bis zum Beginn des Jahres 1893 auf insgesamt 16 Stationen in Nord- und Ostsee (*Westerland* auf Sylt, *Helgoland*, *Borkum* und *Weser-Aussenleuchtschiff* in der Nordsee, *Sonderburg*, *Schleswig*, *Cappeln*, *Eckernförde*, *Friedrichsort*, *Fehmarnsund*, *Travemünde*, *Poel*, *Warnemünde*, *Darsser Ort*, *Lohme* auf Rügen und *Hela* in der Ostsee) an, doch wurden außer den beiden Feuerschiffen *Aussen-Jade* (*Außenjade*) und *Weser* keine weiteren Feuerschiffe als Messstationen von der Kommission herangezogen. Die Messungen auf den Schiffen wurden auch nicht kontinuierlich durchgeführt, denn aus den 21 Jahren von 1872 bis 1893, dem letzten Jahr der Veröffentlichung der Messdaten, liegen vom Feuerschiff *Aussen-Jade* (*Außenjade*) nur Messwerte für die Jahre 1872 bis 1876 und für das Feuerschiff *Weser* nur für die Jahre 1875 bis 1878 und für das Jahr 1893 vor. Erst ab 1900 wurden weitere Feuerschiffe als Messstationen für die Kommission genutzt. Es waren dies ab August 1900 die Feuerschiffe *Adler Grund* und *Stollergrund* und ab April 1903 auch das Feuerschiff *Fehmarnbelt* in der Ostsee⁸² (Abb. 5).

2. 3 Die Messungen

Als die Kommission 1870 ihre Tätigkeit aufnahm, befanden sich sowohl die Meteorologie als auch die Meereskunde noch in den Anfängen ihrer Entwicklung als selbständige Zweige der Geowissenschaften. Wissenschaftler begannen gerade erst, die Geheimnisse des Ozeans zu entschlüsseln. Dazu bedurfte es genauer Kenntnisse ihrer physikalischen Größen. Um sich ein Bild darüber verschaffen zu können, waren Messungen aller physikalischen Messparameter wie Wassertemperatur, Salzgehalt, Dichte, Strömung, Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwin-

sondern die Position, auf der sich ein Feuerschiff befindet. Beispielsweise trug das Feuerschiff auf der Position *Elbe 1* in den Jahren 1912 bis 1936 den Namen *Bürgermeister O'Swald*.

⁸² Kohlmann, 1905, S. 5-6.

digkeit, et cetera nötig. Allerdings gab es zu dieser Zeit nur wenige brauchbare Messinstrumente, viele wurden erst nach und nach im Rahmen wissenschaftlicher Fragestellungen, sozusagen auf Anforderung, entwickelt.

Ein Blick in *Negretti & Zambra: A Treatise on Meteorological Instruments*⁸³, den damals führenden Herstellern von wissenschaftlichen Messinstrumenten, aus dem Jahre 1864 zeigt nur eine geringe Anzahl meteorologischer und meereskundlicher Messinstrumente, die auch für den Einsatz auf See geeignet waren. Zwar sind neben Quecksilberbarometern für die Schifffahrt, es handelt sich dabei um kardatisch aufgehängte Geräte, auch schon Aneroid-Barometer, Anemometer, Hygrometer und verschiedene Thermometer, auch als Minimum- Maximum-Thermometer, erhältlich, für meereskundliche Messungen stehen lediglich nur zwei Thermometer und ein Aräometer zur Verfügung. Bei den Thermometern handelt es sich um ein Thermometer zur Bestimmung der Wassertemperatur der Oberfläche, ein sogenanntes Marinethermometer, und um ein druckgeschütztes Thermometer, damit der mit der Wassertiefe zunehmende Druck keinen Einfluss auf die Temperaturmessung ausüben kann. Das Aräometer wird zur Dichtebestimmung des Meerwassers eingesetzt. Da die Dichte des Meerwassers aber abhängig vom Salzgehalt, der Temperatur und dem Druck ist, kann der Salzgehalt über diese Dichtebestimmung indirekt ermittelt werden. Weitere meereskundliche Instrumente, wie zum Beispiel Wasserschöpfer oder Geräte zur Erfassung der Strömung werden nicht angeboten.

Selbst über 20 Jahre später hat sich die Situation, trotz einiger Fortschritte in der Entwicklung von Messgeräten, nur wenig verändert. Immerhin findet man in *Negretti & Zambra's encyclopædic illustrated and descriptive reference catalogue of optical, mathematical, physical, photographic and standard meteorological instruments, manufactured and sold by them* von 1887 nun schon selbstregistrierende Aneroid-Barometer, sogenannte Barographen, sowie mehrere, verschiedene Thermometer zur Messung der Wassertemperatur, wobei jetzt auch Tiefseekippthermometer mit Halterung angeboten werden⁸⁴. Die Entwicklung brauchbarer Wasserschöpfer war noch nicht soweit fortgeschritten, dass sich die Produktion solcher Schöpfer und ihr Verkauf für die Firma zu diesem Zeitpunkt nicht rechnete. Weitere meereskundliche Messinstrumente findet man auch in diesem Katalog nicht.

Selbst im *Handbuch der Nautischen Instrumente*⁸⁵ aus dem Jahre 1882 finden sich nur vier Wasserschöpfer im klassischen Stil, der Wasserschöpfer von Meyer, der

⁸³ Negretti, Zambra, 1864, 152 S.

⁸⁴ Negretti, Zambra, 1887?, S. 27, S. 60–67.

⁸⁵ Hydrographisches Amt der Admiralität, 1882, S. 171–177.

von John Young Buchanan (1844 - 1925)⁸⁶, der von Charles Dwight Sigsbee (1845 - 1923)⁸⁷ und ein Isolierwasserschöpfer von Frederik Laurentz Ekman (1830 – 1890)⁸⁸. Diese wurden aber nicht kommerziell in größeren Stückzahlen produziert, sondern bei Bedarf als Einzelanfertigungen hergestellt. Die Wasserprobennahme mit Hilfe einer Bierflasche für Proben aus dem oberflächennahen Bereich, zuerst von Meyer angewendet⁸⁹, wird zwar in dem Handbuch beschrieben, trotzdem zählt eine Bierflasche sicher nicht zu den speziell für meereskundliche Untersuchungen gefertigten Messgeräten.

Auch die berühmte britische *Challenger-Expedition*, die in den Jahren 1872 bis 1876 die Welt umrundete und deren Forschungen häufig als Anfang der modernen Ozeanographie bezeichnet werden, war mit vergleichsweise einfachen Messgeräten ausgestattet, obwohl es sich dabei um die modernsten Geräte ihrer Zeit handelte. Die Forscher der deutschen *Expedition zur physikalisch-chemischen und biologischen Untersuchung der Nordsee*⁹⁰ im Sommer 1872 tauschten im Rahmen eines Hafenaufenthaltes in Leith auf ihrer Reise durch die Nordsee ihre Erfahrungen mit britischen Kollegen aus. Das hatte sogar Einfluss auf die Planungen der *Challenger-Expedition*, denn auf Vorschlag von Meyer und seiner Kollegen, kamen neben Schöpfern von Buchanan auf der *Challenger-Expedition* auch Schöpfer, wie sie die deutschen Forscher an Bord der *Pommerania*⁹¹ benutzten, und die auf einem Entwurf vom Meyer fußten, erfolgreich zum Einsatz. Der Erfahrungsaustausch mit den deutschen Wissenschaftlern wird vom wissenschaftlichen Leiter der britischen Expedition Charles Wyville Thomson (1830 – 1882)⁹² besonders gewürdigt: „For collecting water from the bottom we use a water-bottle, originally, I believe, the invention of a Swede, but which was first suggested for use in the ‘Challenger’ by the visit of the German North-Sea Expedition to Leith, a visit which we have to thank for numerous other most useful hints“⁹³.

Neben dem Problem, dass sich die Entwicklung geeigneter Messgeräte erst in den Anfängen befand, gab es kaum Erfahrung in der Planung von Messnetzen und

⁸⁶ Buchanan, John Young, (1844-1925), schottischer Chemiker (Poggendorff, 1936, S. 360).

⁸⁷ Sigsbee, Charles Dwight, (1845-1923), US-amerikanischer Marineoffizier (Webster's, 1948, S. 1363).

⁸⁸ Ekman, Frederik Laurentz, (1830-1890), schwedischer Professor für technische Chemie (Poggendorff, 1898, S. 403).

⁸⁹ Meyer, 1871, S. 14-16.

⁹⁰ Meyer, 1875, S. 3-5.

⁹¹ *Pommerania*, Raddampfer, ab 1864 für den Postverkehr zwischen Stralsund und Schweden eingesetzt, 1871–1890 Hilfsschiff (auch als Aviso bezeichnet) der Kaiserlichen Marine, 1871 Forschungsfahrt in die Ostsee, 1872 in die Nordsee (Hildebrand, Röhr, Steinmetz, Bd. 5, 1988, S. 50-51).

⁹² Poggendorff, 1898, S. 1344.

⁹³ Thomson, 1877, S. 34.

der Erarbeitung von Messstrategien. Allerdings konnte die Kommission auf einige Erfahrung zweier ihrer Mitglieder zurückgreifen. Karsten begann ab 1849 ein Netz meteorologischer Stationen in den Herzogtümern Schleswig und Holstein aufzubauen, das bis 1868 auf 16 Stationen anwuchs⁹⁴. Meyer errichtete acht Messstationen an der Küste der westlichen Ostsee, an denen vom 1. April 1868 bis zum 31. Mai 1870 meteorologische und meereskundliche Messungen gewonnen wurden⁹⁵.

Bei den Messungen, besonders bei denen auf den Feuerschiffen, war es wichtig, dass die Instrumente robust genug waren, um den hohen mechanischen Belastungen zu widerstehen, dabei aber trotzdem genaue Messwerte zu liefern. Ebenso wichtig waren eine einfache Handhabung der Geräte und keine allzu komplizierten Messverfahren, damit sie auch von wissenschaftlich nicht ausgebildeten Personen ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden konnten. Nur so war gewährleistet, dass verwertbares Datenmaterial gesammelt werden konnte.

Zu berücksichtigen war auch, dass sich der Aufbau und der Betrieb dieses Messnetzes an den bescheidenen Sachmitteln von jährlich 9600,- Mark orientieren mussten. Diese Summe stand aber nicht allein für alle Ausgaben wie dem Kauf von Messgeräten, Kosten für Publikationen, etc. für Belange des Messnetzes zur Verfügung, sondern diente ebenso zur Finanzierung aller anderen Aktivitäten der Kommission. Dies bedeutete von vornherein, dass nur geringe Mittel für die Belange des Messnetzes zur Verfügung standen, die zudem äußerst sparsam eingesetzt werden mussten, um den Betrieb aufrecht erhalten zu können. Wichtigste Voraussetzung hierfür war die unentgeltliche Mitarbeit der Beobachter auf den Messstationen an Land als auch auf den Feuerschiffen.

2.3.1 Temperatur

Die Temperatur stellt eine wichtige Größe für die Beschreibung des physikalischen Zustandes von Atmosphäre und Ozean dar. Für die Messungen an den Küstenstationen und auf den Feuerschiffen, die von der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* unterhalten wurden, kamen zu Beginn Messgeräte zum Einsatz, wie schon auf den von Meyer eingerichteten Ostseestationen in den Jahren 1868 bis 1870 benutzt worden waren⁹⁶.

⁹⁴ Karsten, 1869, S. 1-2.

⁹⁵ Meyer, 1871, S. 7-9.

⁹⁶ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1871, 1873, S. 1.

Da bei den Messungen von Meyer nur die Windrichtung und Windstärke er-

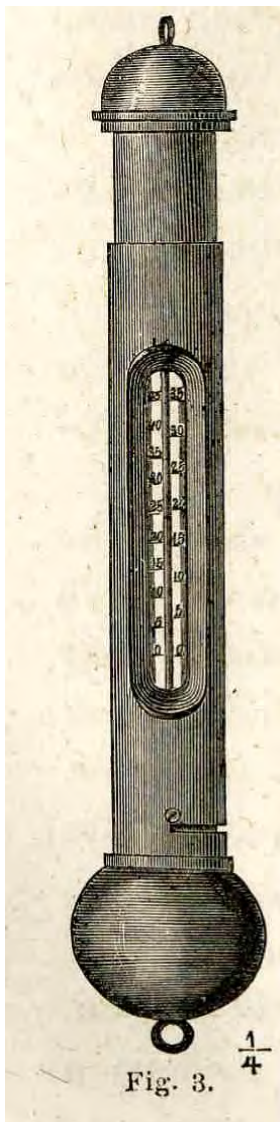


Abb. 6:
Gummiisoliertes
Wasserthermo-
meter in Mes-
singhülse, (Mey-
er, 1871, S. 13)

fasst, Lufttemperatur- und Wasseroberflächentemperaturmes-
sungen hingegen nicht gemessen worden waren⁹⁷, musste
Karsten neben dem von Meyer verwendeten Thermometer zur
Erfassung der Wassertemperatur in tieferen Schichten jeweils
ein weiteres Thermometer für die Messung der Lufttemperatur
und der Temperatur der Wasseroberfläche für die Messungen
an den Stationen bereit stellen. Karsten gibt im ersten Jahres-
bericht der Kommission eine Beschreibung der für die physika-
lischen Untersuchungen benutzten Instrumente. Das Thermo-
meter zur Messung der Luft- und Oberflächenwassertempera-
tur besaß eine $1/5^\circ$ Einteilung⁹⁸. Weitere Angaben zu diesem
Thermometer macht Karsten aber nicht.

Dem zweiten Jahresbericht der Kommission von 1875⁹⁹
kann man entnehmen, dass bis zu diesem Zeitpunkt Thermo-
meter mit einer Einteilung nach Réaumur¹⁰⁰ benutzt wurden.
Diese Instrumente müssen noch bis 1875 auf den Stationen in
Gebrauch gewesen sein, denn Karsten vermerkt in seinem Be-
richt über die physikalischen Beobachtungen aus dem Jahre
1871, dass alle Stationen im Laufe des Jahres 1875 Instru-
mente mit einer 100teiligen Skala nach Celsius¹⁰¹ erhalten soll-
ten¹⁰².

Ob es sich bei dem Thermometer mit der Réaumur-
Skala um ein Alkohol- oder um ein Quecksilberthermometer
handelte, wird ebenfalls nicht berichtet. Auch fehlt jeder Hin-
weis auf den Messbereich des Gerätes. Interessanterweise
findet man auch in seinen beiden Veröffentlichungen über die
meteorologischen Verhältnisse in den Herzogtümern Schleswig

⁹⁷ Meyer, 1871, Tab. I-LXVII.

⁹⁸ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1871, 1873, S. 6.

⁹⁹ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1872-1873, 1875, S. 319-320.

¹⁰⁰ Réaumur, René Antoine Ferchault de, (1683–1757), französischer Naturforscher, entwickelte die nach ihm benannte 80teilige Temperaturskala (Brockhaus, Bd. 18, 1998, S. 111).

¹⁰¹ Celsius, Anders, (1701–1744), schwedischer Astronom, entwickelte die nach ihm benannte, noch heute in Gebrauch befindliche, 100teilige Temperaturskala (Brockhaus, Bd. 4, 1998, S. 369).

¹⁰² Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1872-1873, 1875, S. 320.

und Holstein von 1869 und 1872¹⁰³ keine Erläuterungen über die dort eingesetzten Thermometer. Eine Auswertung der Daten, wie Karsten sie dort vornimmt, ist aber nur dann vollständig, wenn auch Informationen über die physikalischen Eigenschaften der benutzten Messinstrumente bereitgestellt werden.

Dass Karsten nur eine rudimentäre Beschreibung des Thermometers liefert, ist daher schwer verständlich, denn er galt als Experte für meteorologische und meereskundliche Messungen. Deshalb sollte er zusammen mit anderen deutschen Wissenschaftlern die Londoner Internationale Ausstellung von 1876 besuchen und über die dort ausgestellten Instrumente aus seinem Spezialgebiet berichten. Allerdings war Karsten durch eine Krankheit verhindert. An seiner Stelle nahm dann der Präsident der *Deutschen Seewarte* in Hamburg, Georg Balthasar von Neumayer (1826-1909)¹⁰⁴, diese Aufgabe wahr¹⁰⁵.

Als Thermometer für die Temperaturmessungen in unterschiedlichen Tiefen kam ein gläsernes Quecksilberthermometer, wie es auch schon von Meyer für seine Messungen in der westlichen Ostsee verwendet worden war, zum Einsatz. Da die Tiefen in Nord- und Ostsee nur gering sind, brauchte dieses Thermometer auch nicht besonders gegen Wasserdruck geschützt werden. Das bedeutete, dass keine teuren Spezialinstrumente benötigt wurden.

Bei den geringen Mitteln, die der Kommission für ihre Ausgaben zur Verfügung standen, musste sehr sorgsam darauf geachtet werden, dass die anzuschaffenden Geräte preiswert erstanden werden konnten. In *Negretti & Zambra* Katalog von 1873 kostete ein Spezialthermometer für Tiefseemessungen 2 £ 10 s, ein Mari-nethermometer war aber schon für 10 s 6 d (Pence) zu haben¹⁰⁶. Das war gerade einmal 1/5 des Preises, den man für das Spezialthermometer entrichten musste.

Das von der Kommission für die Messungen in Nord- und Ostsee zur Verfügung gestellte Thermometer besaß eine Einteilung von 0,2° und war kalibriert. Einzelheiten über die Art der Kalibrierung werden nicht angegeben. Das Instrument war von einer 10 mm dicken Hartgummihülse ummantelt, die an der Kugel sogar eine Dicke von 25 mm aufwies. Die Skala des Glasthermometers wurde, da sie nicht durch Gummi geschützt war, durch einen mit einem Bajonettverschluss versehenen Messingmantel abgedeckt (Abb. 6).

¹⁰³ Karsten, 1869, S. 1-4, Karsten, 1872, S. 1, S. 9.

¹⁰⁴ Neumayer, Georg Balthasar von, (1826–1909), Geophysiker und Meteorologe, erster Präsident der Deutschen Seewarte (1876–1903) (Neue Deutsche Biographie, Bd. 19, 1999, S. 166-168).

¹⁰⁵ Hofmann, 1881, S. XIX-XXI.

¹⁰⁶ Negretti, Zambra, 1873, S. 125.

Der Gummimantel schütze nicht nur das empfindliche Glasthermometer gegen mechanische Beschädigungen, sondern diene, da Hartgummi ein schlechter Wärmeleiter ist, als Isolierung. Diese Eigenschaft war erwünscht, wollte man doch mit diesem Thermometer Wassertemperaturen aus unterschiedlichen Tiefen messen. Das Problem dabei bestand aber darin, dass sich bei nicht isolierten Thermometern die Temperatur sehr schnell der Umgebung anpasste und daher nach dem Hochholen des Thermometers aus einer bestimmten Tiefe nicht mehr der Temperaturwert aus dieser Tiefe, sondern nur ein durch den Kontakt mit den darüber liegenden Wasserschichten verfälschter Wert abgelesen werden konnte.

Das durch das Gummi isolierte Thermometer lieferte aber keine verfälschten Werte, da aufgrund der schlechten Wärmeleitung, Veränderungen der Temperatur nur dann von dem Glasthermometer registriert wurden, wenn diese über einen längeren Zeitraum hinweg einwirken konnten. Die Zeit zum Hochholen des Thermometers reichte aber bei den vorherrschenden Tiefen nicht aus, um den in der Tiefe gemessene Temperaturwert zu verfälschen.

Allerdings bedeutete dies auch, dass die Messungen recht lange dauerten, da das Thermometer eine sehr lange Zeit in der beabsichtigten Tiefe ausgebracht werden musste, bevor man sicher sein konnte, dass es trotz der Isolation die Umgebungstemperatur angenommen hatte und diesen Wert anzeigte.

Meyer hatte herausgefunden, dass es bei einer Temperaturdifferenz von 15°R , entsprechend $18,75^{\circ}\text{C}$, zwischen Thermometer und Umgebung 10 Minuten dauerte, bis das Thermometer eine Änderung anzeigte und eine halbe Stunde verging, bevor es die Umgebungstemperatur erreichte¹⁰⁷.

Karsten gibt an, dass das Thermometer mindestens eine Stunde lang in der Wassertiefe, deren Temperatur gemessen werden soll, ausgebracht bleiben muss, bevor es an die Oberfläche geholt und abgelesen werden kann. Dazu stehen 5 bis 10 Minuten zur Verfügung, bevor eine Änderung des Thermometerwertes eintritt¹⁰⁸.

Da sich die Feuerschiffe wie die Küstenstationen stationär auf einer festen Position befanden, ausreichend Zeit für die Messungen zur Verfügung stand und die bei der Messung auftretenden möglichen Fehler nur gering waren, eignete sich dieses Thermometer und das angewendete Verfahren sehr gut dafür, die Temperatur in unterschiedlichen Tiefen zu messen.

¹⁰⁷ Meyer, 1871, S. 15.

¹⁰⁸ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1871, 1873, S. 7.

Die Messungen bewährten sich so gut, dass sie selbst nachdem die *Deutsche Seewarte* die physikalischen Messungen auf den Stationen in Nord- und Ostsee 1920 von der Kommission übernommen hatte, in dieser Form bis 1936 weitergeführt wurden. Erst mit dem Gebrauch isolierter Pettersson¹⁰⁹-Wasserschöpfer und den in ihnen angebrachten Thermometern ab dem 1. Januar 1936 endete der Einsatz der Meyerschen Isolierthermometer¹¹⁰.

2.3.2 Salzgehalt und Dichte

Schon der irische Naturforscher Robert Boyle (1627 – 1692)¹¹¹ beschäftigte sich intensiv mit der chemischen Zusammensetzung des Meerwassers insbesondere mit seinem Salzgehalt. Er versuchte, den Salzgehalt durch Wiegen zu bestimmen, erzielte dabei aber nur wenig reproduzierbare Ergebnisse¹¹². Für seine Forschungen ließ er Messungen mit einem gläsernen Instrument durchführen, um die „specific Gravity“, die Dichte des Meerwassers zu bestimmen¹¹³. Es handelte sich hierbei um eine einfache Form eines Aräometers.

Da bis zur Einführung einer direkten Salzgehaltsmessung durch Titration zu Beginn des 20. Jahrhunderts kein praktikables Verfahren zur direkten Messung des Salzgehaltes von Meerwasser zu Verfügung stand, die Dichtebestimmung aber durch Aräometer möglich war, kamen diese Instrumente zur Salzgehaltsbestimmung zum Einsatz, da sich aus der Dichte und der Temperatur der Wasserprobe deren Salzgehalt bestimmen lässt und damit diese indirekte Messmethode die gewünschten Ergebnisse lieferte.

Aräometer arbeiten nach dem Archimedischen Prinzip, das besagt, dass ein Körper soweit in eine Flüssigkeit eintaucht, bis die Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit der des eingetauchten Körpers entspricht¹¹⁴. Sind die zu messenden Dichteunterschiede nur gering, lassen sich diese nur durch die Wahl einer geeigneten Form des Aräometers sicher ablesen. Am besten haben sich Dichtemesser mit einem dicken Auftriebskörper in Zylinder- oder Kugelform mit einem aufgesetzten dünnen Stil, der die Messskala enthält, bewährt.

¹⁰⁹ Sven Otto Pettersson, (1848–1941), schwedischer Chemiker und Geophysiker Poggendorff, 1980, S. 3984–3985.

¹¹⁰ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1936, 1937, S. VIII.

¹¹¹ Robert Boyle, (1627–1692), irischer Naturforscher, Mitbegründer der Analytischen Chemie (Poggendorff, 1863a, S. 267–269).

¹¹² Boyle, 1674, S. 11–ff.

¹¹³ Boyle, 1674, S. 27–28.

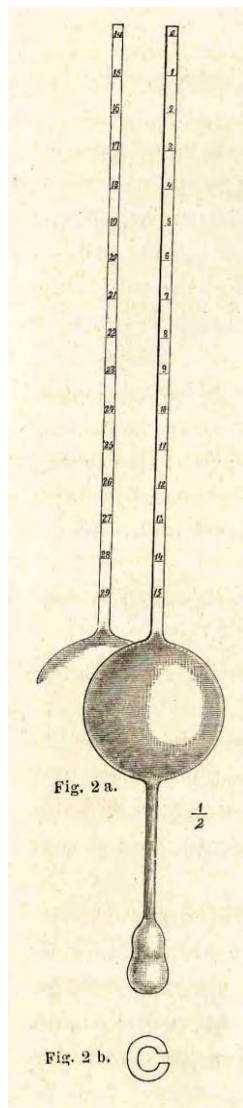


Abb. 7:
Messing-
Ärömeter,
(Meyer, 1871,
S. 10)

Meyer benutzte für seine Messungen in der Ostsee in den Jahren 1868 – 1870 ein Ärömeter aus Messing (Abb. 7), das sich aus einem kugelförmigen Auftriebskörper, einem abschraubbaren, innen hohlem an der Unterseite des Auftriebskörpers angebrachten Gegengewicht und einer an der Oberseite angebrachten Metallschiene, die die Messskala enthielt, zusammensetzte. Bei Bedarf konnte der Auftrieb durch Hinzufügen von kleinen Gewichten im Hohlkörper des Gegengewichtes variiert werden. Das ganze Instrument hatte eine Länge von circa 30 cm¹¹⁵.

Ärömeter dieses Typs wurden auch von Karsten für die Salzgehaltsbestimmungen auf den Messstationen der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere eingesetzt. Diese waren aber zusätzlich mit einem Nickelüberzug versehen worden, um sie gegen das salzhaltigere Nordseewasser widerstandsfähiger zu machen. Trotzdem zeigte sich nach einiger Zeit, dass auf einigen Nordseestationen Dichtewerte gemessen wurden, die nicht im Einklang mit den Messungen, die an Bord der *Pommerania* auf ihrer Forschungsfahrt durch die Nordsee von Juli bis September 1872 mit gläsernen Ärömern gewonnen worden waren, standen. Die Werte, die mit den Metallarömern an den Stationen gemessen wurden, waren viel zu hoch. Dies bedeutete, dass diese Messinstrumente durch den Einfluss des Seewassers an Masse und damit auch an Gewicht verloren. Dieses Phänomen wird als Elektrokorrosion bezeichnet und entsteht dadurch, dass zwischen Meerwasser und Metall Strom fließt, was zum Abbau des Metalls und damit zur Masse- und Gewichtsänderung führt.

Glasarömeter sind nicht elektrisch leitend und damit gegen Masseverlust immun, allerdings müssen sie vorsichtig gehandhabt werden, da sie empfindlich gegen mechanische Belastungen sind. Nach den schlechten Erfahrungen mit den Metallarömern wurden alle Stationen bis Mitte 1872 mit Glasarömern wie sie Meyer im 2. Jahresbericht der Kommission beschreibt, ausgerüstet¹¹⁶ (Abb. 8).

¹¹⁴ Archimedes, (um 285–212), griechischer Mathematiker und Physiker (Meyers Enzyklopädisches Lexikon, 1971, S. 534).

¹¹⁵ Meyer, 1871, S. 10-12.

¹¹⁶ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1872-1873, 1875, S. 4-5.

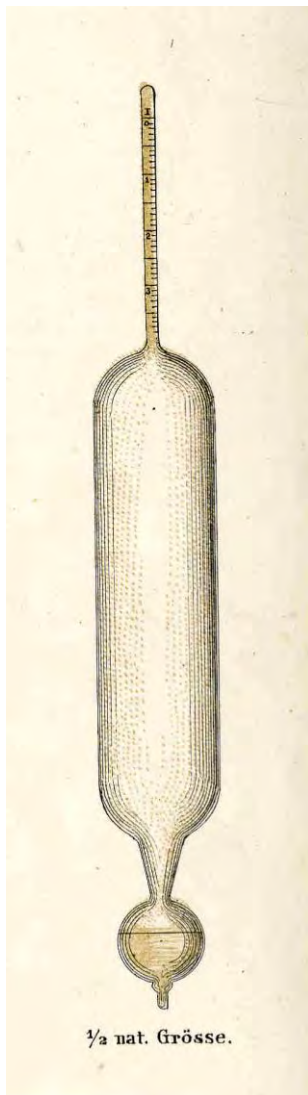


Abb. 8:
Glas-Aräometer,
(Meyer, 1875,
Tafel 1)

Auf der *Pommerania* kam ein Satz von 10 Messinstrumenten zum Einsatz. Sie erfassten den gesamten in den Ozeanen vorkommenden Dichtebereich von 1,0000 bis 1,0300. Dabei deckte das erste Messinstrument den Dichtebereich von 1,0000 bis 1,0030, das Zweite von 1,0030 bis 1,0060, und so weiter ab. Die Instrumente wiesen eine Länge von 27 cm auf, die Skalenlänge betrug 7,5 cm, die Dicke der Skalenröhre 3 mm. Eine Differenz von 1 mm in der Eintauchtiefe entsprach bei diesen Geräten einer Dichteänderung von 0,00005¹¹⁷. Zu diesem Satz gehörte noch ein kleineres Aräometer, das den Gesamtbereich der Dichte abdeckte. Dies diente zur groben Ermittlung der Dichte der Wasserprobe, die dann anschließend mit dem dem ermittelten Bereich entsprechenden, hochauflösenden Aräometer genau bestimmt wurde, sowie ein Zylinderglas, das für die Aufnahme der Wasserproben zur Durchführung der Messungen bestimmt war.

Neben diesem großen Satz gab es auch noch einen kleineren, aus fünf Instrumenten bestehenden Aräometersatz. Auch wenn die einzelnen Instrumente mit einer Länge von circa 33 cm und einem 11 cm messenden Hals größer als die des großen Aräometersatzes waren, war die Spreizung der Dichteskalen kleiner als bei den Instrumenten des großen Satzes. Deshalb konnte die Dichte nur auf vier Dezimalstellen bestimmt werden, während hingegen der große Satz eine Bestimmung der fünften Dezimalstelle ermöglichte.

Neben diesen beiden Aräometersätzen kam noch ein weiterer Satz bei der Marine zum Einsatz. Er bestand lediglich aus einem Messinstrument, das den Dichtebereich von 1,022 bis 1,029 umfasste, was eine Bestimmung der vierten Dezimalstelle in diesem Messbereich ermöglichte und einem Aräometer, das den gesamten Dichtebereich umfasste und auch bei dem großen Aräometersatz zum Einsatz kam. Allerdings konnte man mit diesem Gerät nur die dritte Dezimalstelle der Dichte bestimmen.

¹¹⁷ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1872-1873,

Karsten verweist im zweiten Jahresbericht der Kommission bei der Beschreibung der für die Messungen auf den Stationen verwendeten Geräte auf die Angaben, die Meyer im gleichen Band über die während der Nordseefahrt der *Pommerania* benutzten Aräometer macht¹¹⁸. Dass aber wie auf der *Pommerania* der große Aräometersatz mit 10 Instrumenten auf den Messstationen zum Einsatz kam, erscheint aber unwahrscheinlich, denn Krümmel bemerkt in seinem Arbeit über die Bestimmung des spezifischen Gewichts des Seewassers, dass der aus fünf Instrumenten bestehende kleine Aräometersatz auf den Stationen der Kommission zur Bestimmung der Dichte und des Salzgehaltes benutzt wurde und die Aräometer deshalb auch als „Stationsaräometer“ bezeichnet wurden¹¹⁹. Ein weiteres Argument dafür, dass der kleine Satz verwendet wurde, liefert der Preis für die beiden Aräometersätze. Kostete der große pro Gerät 10 Mark, der gesamte Satz also 100 Mark, war der kleine Satz schon für weniger als die Hälfte, nämlich für 40 Mark, jedes Instrument kostete hier 8 Mark, zu erwerben. Rechnet man dann noch einige Ersatzgeräte für den Austausch von beim Gebrauch beschädigten und zerstörten Geräten hinzu wird deutlich, dass der Einsatz des großen Aräometersatzes auf allen Messstationen der Kommission ihre bescheidenen finanziellen Möglichkeiten überschritten hätte¹²⁰.

Um aussagekräftige Messwerte zu erhalten, musste die Messungen mit größtmöglicher Sorgfalt durchgeführt werden. Zuerst wurde ein Teil der Wasserprobe in den dem Aräometersatz beigelegten Glaszylinder eingefüllt und der Zylinder damit ausgespült und anschließend das Glas mit dem Rest der Probe zu etwa 4/5 aufgefüllt. Danach kam das Aräometer, das den gesamten Dichtebereich umfasste, zum Einsatz, um festzustellen, welches der die verschiedenen Teilbereiche erfassende Aräometer für die genaue Bestimmung der Dichte benutzt werden musste. Dann wurde das entsprechende Aräometer zusammen mit einem Thermometer vorsichtig in den Zylinder eingeführt. Dabei war darauf zu achten, dass das Aräometer nachdem es aus dem Besteckkasten genommen und mit einem trockenen Tuch abgewischt worden war, mit trockenen, fettfreien Fingern am äußersten oberen Ende gepackt und dann vorsichtig in den Glaszylinder abgesenkt wurde. Jede Verunreinigung hätte zu einer Gewichtszunahme des Aräometers und somit zu einer Verfälschung der Messung geführt. Nachdem die Wassertemperatur mit dem Thermometer bestimmt worden war, konnte mit der Ablesung des Aräometers begonnen werden.

1875, S. 4-5.

¹¹⁸ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1872-1873, 1875, S. 320-321.

¹¹⁹ Krümmel, 1890, S. 381-395.

¹²⁰ Krümmel, 1890, S. 381-395.

Wichtig war, dass das Instrument vor der Ablesung des Dichtewertes genügend Zeit hatte, sich an die Wassertemperatur anzupassen, denn das Volumen des Glaskörpers ist ebenfalls von der Temperatur abhängig. Zusätzlich war darauf zu achten, dass sich das Aräometer frei im Glaszylinder bewegte und nicht an der Wand anlag und sich keine Luftblasen an dem Instrument angeheftet hatten. Nach dem Ablesen des Dichtewertes wurde dann ein weiteres Mal die Wassertemperatur ermittelt und aus beiden Temperaturen der Mittelwert errechnet.

Da sich die Aräometer auf eine Temperatur von 17,5° C bezogen, die gemessene Wassertemperatur aber in der Regel davon abwich, konnte die gemessene Dichte durch eine Umrechnungsformel auf eine Dichte bei einer Wassertemperatur von 17,5° C normiert werden, wobei zusätzlich noch eine Korrektur für die Ausdehnung des Aräometerkörpers berücksichtigt werden musste. Damit war es möglich, alle gemessenen Dichten miteinander zu vergleichen, da die Umrechnungsformel die durch die unterschiedlichen Wassertemperaturen hervorgerufenen Dichteunterschiede eliminierte und die dann verbleibenden Dichteunterschiede durch unterschiedliche Salzgehalte hervorgerufen wurden. Aus Tabellenwerken, wie zum Beispiel von Karsten 1874 herausgegeben worden waren¹²¹, war es dann möglich, aus den Dichtewerten auch die entsprechenden Salzgehaltswerte abzuleiten. Krümmel hat dazu umfangreiche Berechnungen angestellt, um festzustellen, welche Genauigkeit in der Bestimmung des Salzgehaltes mit dieser Methode erzielt werden kann. Er geht davon aus, dass Salzgehalte, die nach der von Karsten und Meyer eingeführten Formel berechnet wurden, eine Genauigkeit von +/- 0,1 Promille aufwiesen¹²².

Verglichen mit modernen Messungen, erscheint die erreichbare Genauigkeit nicht besonders hoch, doch muss man berücksichtigen, dass die Genauigkeit von +/- 0,1 Promille für die Klärung vieler grundlegender Fragestellungen in Nord- und Ostsee auch heute noch völlig ausreicht.

Die einzige Möglichkeit, zur damaligen Zeit genauere Salzgehaltsbestimmungen im Vergleich zur Aräometermessung zu erzielen, bestand in der Bestimmung des Chlorgehaltes des Seewassers und daraus des gesamten Salzgehaltes durch Titrierung. Dieses Verfahren zur quantitativen Bestimmung von Chlorid- und Bromidionen wurde durch Karl Friedrich Mohr (1806 – 1879)¹²³ eingeführt und in seinem Lehrbuch ausführlich beschrieben¹²⁴. Dieses Verfahren wurde mehrere Jahrzehnte

¹²¹ Karsten, 1874, 25 S.

¹²² Krümmel, 1890, S. 395.

¹²³ Neue Deutsche Biographie, Bd. 17, 1994, S. 708-709.

¹²⁴ Mohr, 1870, 707 S.

zur Bestimmung des Salzgehaltes angewendet und erst ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts aufgegeben, als brauchbare Systeme entwickelt worden waren, die über die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit des Meerwassers eine Berechnung des Salzgehaltes ermöglichten.

Da diese Methode sehr arbeitsintensiv war, für die Bearbeitung der Salzgehaltsproben war ein Labor und ausgebildetes Personal notwendig, kam sie für die Bestimmung des Salzgehaltes an den Stationen der Kommission nicht in Betracht, da der Aufwand für eine verbesserte Genauigkeit in der Bestimmung des Salzgehaltes in keinem akzeptablen Verhältnis zum Mehraufwand an Arbeit stand.

2.3.3 Wasserproben

Zur Bestimmung der Dichte und des Salzgehaltes des Meerwassers benötigte man eine Probe dieses Wassers für die Messungen an Bord der Feuerschiffe oder an den Küstenstationen. Für Proben aus der Wasseroberfläche benutzte man einen Wassereimer aus Holz oder Metall, an dessen Henkel ein Tau befestigt war, die sogenannte „Pütz“¹²⁵. Auch heute kommt eine solche „Pütz“ zum Einsatz, denn umfangreiche Tests haben gezeigt, dass die Messungen, die aus einer solchen Probe gewonnen wurden, die gleichen Messergebnisse lieferten, wie sie Oberflächenwasserproben, die mit Hilfe von Wasserschöpfern gewonnen worden waren, aufwiesen, der Aufwand für die Gewinnung einer Wasserprobe aber wesentlich geringer ist, als beim Einsatz eines Wasserschöpfers.

Für die Gewinnung einer Wasserprobe aus Tiefen unterhalb der Wasseroberfläche benötigt man aber einen Wasserschöpfer, der so konstruiert ist, dass er Wasser aus einer bestimmten Tiefe aufnimmt und sie so sicher abschließt, dass während des Herausholens an die Oberfläche kein Wasser von außen in den Schöpfer eindringen kann.

Meyer hatte schon in dem Bericht über die „Expedition zur physikalisch-chemischen und biologischen Untersuchung der Nordsee im Sommer 1872“, der im 2. Jahresbericht der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* veröffentlicht wurde, einen von ihm für Wasserprobennahmen in unterschiedlichen Meerestiefen konstruierten Wasserschöpfer beschrieben, der sowohl durch Aussetzen der Schöpfer auf dem Meeresboden, als auch durch Herablassen eines Fallge-

¹²⁵ Früher bezeichnete man als „Pütz“ einen aus Segeltuch gefertigten hohlen, abgekürzten Kegel, der mit einem Tau versehen war und zum Wasserschöpfen benutzt wurde (Jung, 2004, S. 214).

wichtiges in einer vorher bestimmten Tiefe ausgelöst werden konnte¹²⁶ (Abb. 9). Allerdings schreibt sich Frederik Laurents Ekman¹²⁷ die Konstruktion dieses Wasserschöpfers zu¹²⁸. Meyer erwähnt aber Ekman nicht, deshalb lässt sich nicht rekonstruieren, ob es sich bei dem Meyerschen Schöpfer um einen leicht veränderten Schöpfer Ekmans handelt, oder ob beide zur gleichen Zeit sich ähnelnde, nach dem gleichen Prinzip funktionierende, Schöpfer entwickelt haben.

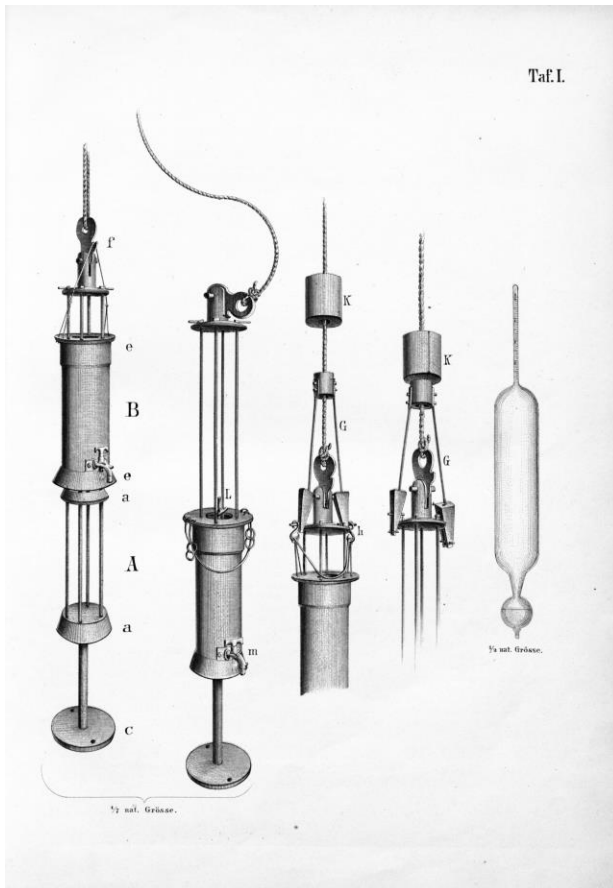


Abb. 9: Wasserschöpfer nach Meyer, (Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1872-1873, 1875, Tafel 1)

Bei dem Meyerschen Schöpfer handelte es sich schon um ein mechanisch relativ anspruchsvolles Gerät, da sowohl das sichere Schließen, als auch die möglichst hohe Dichtigkeit gewährleistet werden musste. Dies ließ sich aber nur durch präzise Bearbeitung bei der Herstellung und dem Zusammenbau der einzelnen Teile des Schöpfers erreichen. Die damals benutzten Schöpfer wurden als Einzelstücke oder nur in sehr geringer Stückzahl manuell gefertigt und waren dementsprechend teuer. Außerdem war der Aufwand um eine Wasserprobe aus einer bestimmten Wassertiefe zu nehmen, recht hoch und das empfindliche Instrument bedurfte sorgfältiger Pflege und Wartung um ein einwandfreies Funktionieren gewährleisten zu können.

Die Anschaffung Meyerscher Wasserschöpfer zur Gewinnung von

Wasserproben an den Messstationen hätte die relativ geringen finanziellen Möglichkeiten der Kommission über Gebühr strapaziert. Deshalb hatte Meyer eine alternative Möglichkeit, Wasserproben zu gewinnen, entwickelt, die den Vorteil hatte, dass

¹²⁶ Meyer, 1875, S. 3-4.

¹²⁷ Laurents Frederik Ekman, (1830–1890) Prof. für chemische Technologie (Poggendorff, 1904, S. 374), Vater von Vagn Walfrid Ekman (1874–1954), der die Ablenkung windgetriebener Strömungen durch die Coriolis-Kraft, die Fridtjof Nansen (1861–1930) phänomenologisch auf seiner Fram-Drift durch das Nordpolarmeer beschrieben hatte, physikalisch theoretisch formulierte (Ekman-Spirale).

¹²⁸ Ekman, 1876, S. 5.

auf einen teuren Spezialwasserschöpfer verzichtet werden konnte und zudem keine besondere Schulung der die Messungen ausführenden Personen benötigt wurde.

Für die Probennahme benötigte man eine Lotleine mit einem Senkblei am unteren Ende, eine etwa 750 cm³ fassende, gewöhnliche Bierflasche und einen Korkstopfen, der an einer Messingscheibe mit Ring befestigt war. Die Scheibe verhinderte, dass der Korken zu fest in die Flasche gedrückt wurde. Bei Tiefen bis 20 Faden¹²⁹ konnte auf die Messingscheibe mit Ring verzichtet werden. Es genügte, den Korken mit einem mehrere mm starken Faden am oberen Ende zu umbinden, um ein zu starkes Einpressen zu verhindern.

Die Bierflasche wurde dicht oberhalb des Senkbleis an die Lotleine festgebunden. Etwa 1 m oberhalb der Flasche befestigte man einen dünnen etwa 30 cm langen Faden, an dessen unterem Ende der Korkstopfen befestigt worden war. Wenn dann die Bierflasche mit dem Korken verschlossen worden war hing ein Teil der Lotleine lose zwischen der Befestigungsstelle des Korkfadens und dem Hals der Bierflasche und die Flasche, wie auch das Senkblei wurden durch die Korkschnur getragen. Dann konnte man die Flasche ins Wasser auf die gewünschte Tiefe hinablassen. Es war aber darauf zu achten, dass dies zügig erfolgte, damit sich bei einer unbeabsichtigten Unterbrechung des Hinablassens nicht der Stopfen vorzeitig aus der Bierflasche löste. Hatte man die gewünschte Tiefe erreicht, wurde der Korken durch einen kräftigen Zug an der Lotleine aus dem Flaschenhals entfernt. Jetzt konnten die Flaschen volllaufen. Wenn an der Oberfläche keine aufsteigenden Luftblasen mehr erkennbar waren, war die Flasche gefüllt und konnte wieder an die Oberfläche geholt werden.

Ein Problem bei dieser Probennahme ergibt sich daraus, dass die Bierflasche beim Herausheben an die Wasseroberfläche nicht, wie das bei einem extra konstruierten Wasserschöpfer der Fall ist, vollständig geschlossen ist und die Wasserprobe gegen äußere Einflüsse geschützt ist. Vielmehr ist der Hals der Bierflasche offen und während des Heraushebens kann sich Wasser der darüber liegenden Schichten mit dem Wasser, das aus der vorgegebenen Tiefe genommen worden war, vermischen. Damit können die dann gewonnenen Dichte- und Salzgehaltswerte von den tatsächlichen Werten vor Ort abweichen.

Wie schon beschrieben, gab es damals schon recht präzise Abschätzungen, wie genau die Temperatur- und die Dichte- und Salzgehaltsbestimmungen mit den damals zur Verfügung stehenden Messgeräten durchgeführt werden konnten, einen

¹²⁹ 1 Faden - 1,8288 m (Jung, 2004, S. 82).

Hinweis, wie groß die Differenz zwischen den Werten vor Ort und den durch den Wasseraustausch beim Heraufholen der nicht geschlossenen Bierflasche veränderten Werten der Wasserprobe werden kann findet man nicht.



Abb. 10: Niskin – Wasserschöpfer und Bierflasche,
(Autor)

Um die tatsächliche Genauigkeit abschätzen zu können, ist es aber unbedingt erforderlich, festzustellen, in wie weit die Methode der Probengewinnung Einfluss auf die Messwerte hat. Deshalb wurde in einem Experiment Wasserproben, die ähnlich wie vor 140 Jahren mit einer Bierflasche gewonnen wurden, mit Proben aus modernen Wasserschöpfern, die zur gleichen Zeit und in gleicher Tiefe gewonnen wurden, verglichen (Abb. 10). Die Versuche, die hierzu angestellt wurden, fanden am 9. und 10. September 2009 an den *MARNET*-Stationen¹³⁰ *Leuchtturm Kiel* und *Fehmarnbelt* statt. Diese Stationen wurden gewählt, da hier ein großer Gradient zwischen dem hohen Salzgehalt am Boden und geringem Salzgehalt an der Wasseroberfläche herrscht. Sollte ein nennenswerter Wasseraustausch beim Heraufholen stattfinden, würde er sich bei diesen Verhältnissen besonders stark bemerkbar machen.

Zuerst musste eine Bierflasche gefunden werden, die in Form und Größe der vor 140 Jahren benutzen Flaschen ähnlich war. Dies gelang, wenn auch die Größe der Flasche mit 1000 cm^3 ein wenig größer als das Original war. Außerdem wurde sie mit einem Bügelverschluss und nicht mit einem Korken verschlossen. Diese Bierflasche wurde an einem 1700 cm^3 fassenden Niskin-Wasserschöpfer¹³¹ befestigt, der wiederum oberhalb einer CTD-Sonde¹³² an deren

¹³⁰ MARNET - Marines Umweltmessnetz in Nord- und Ostsee, ein aus mehreren Messstationen bestehendes Messnetz, das vom *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* betrieben wird.

¹³¹ Shale Jack Niskin (1926–1988), US-amerikanischer Erfinder und Geschäftsmann, der mit Patent vom 29. März 1966 die Urform des nach ihm benannten Wasserschöpfers, der heute in der Meeresforschung überwiegend zum Einsatz kommt, vorstellte. Weitere Entwicklungen und Modifikationen folgten (Niskin, 1966, 10 S., 12 Abb).

¹³² Eine CTD-Sonde (**C**onductivity, **T**emperature, **D**epth) ist ein Messgerät, das kontinuierlich die Wassertemperatur, die elektrische Leitfähigkeit des Meerwassers (damit auch den Salzgehalt) und den

Einleiterkabel befestigt worden war. Beim ersten Versuch an der Station *Leuchtturm Kiel* wurde die CTD-Sonde mit dem Wasserschöpfer und der geschlossenen Bierflasche bis auf den Meeresboden in eine Tiefe von 10,25 m abgesenkt. Während der Bügelverschluss der Bierflasche von einem Taucher geöffnet wurde, erfolgte gleichzeitig mittels eines Fallgewichtes das Schließen des Wasserschöpfers. Nachdem die Bierflasche vollgelaufen war, wurden Schöpfer und Flasche an Bord geholt. Das Wasser, sowohl aus dem Schöpfer als auch aus der Flasche, wurde in je vier 200 cm³ Standard-Probenflaschen, wie sie im *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* für Wasserproben verwendet werden, abgefüllt und anschließend in einem Labor mit Hilfe eines Salinometers¹³³ sein Salzgehalt bestimmt.

Die Schwankungen der Salzgehaltswerte der vier Wasserproben aus der Bierflasche liegen unterhalb der Auflösung des Salinometers, damit wird deutlich, dass es keine Schichtung innerhalb der Bierflasche gibt und damit kein Austausch beim Herausheben der Flasche stattgefunden hat. Die Schwankungen der Salzgehalte der Wasserproben des Schöpfers liegen ebenfalls noch unterhalb der Auflösung des Salinometers, das statistische Rauschen ist aber signifikant höher, was bedeutet, dass das Wasser im Schöpfer durch Verwirbelungseffekte beim Einströmen weniger homogen, als das in der Bierflasche ist. Die absolute Abweichung zwischen den Messwerten der Bierflasche und des Schöpfers liegt bei 0,01 und damit wesentlich unter der Genauigkeit der Salzgehaltsbestimmung durch Aräometer.

Zwei weitere Versuche wurden an der Station *Fehmarnbelt* durchgeführt, um Proben aus größeren Tiefen zu erhalten und zu erforschen, ob durch den längeren Weg beim Herausheben ein verstärkter Wasseraustausch in der Bierflasche stattfindet. Die erste Probe wurde aus 25,1 m und die zweite Probe aus 25,3 m Tiefe gewonnen. Dabei wurde die Bierflasche jeweils nicht mit ihrem Bügelverschluss verschlossen, sondern wie bei den Proben vor 140 Jahren mit einem an einer Leine befestigten Stöpsel versehen. Gleichzeitig mit dem Auslösen des Wasserschöpfers wurde der Stöpsel aus der Bierflasche gezogen, wobei besonders darauf geachtet wurde, dass dabei Schöpfer, Bierflasche und Messsonde nicht angehoben wurden, damit sich die Position der Bierflasche während ihres Volllaufes nicht änderte und nur Wasser aus der gleichen Tiefe in die Flasche fließen konnte. Die Wasserproben aus Schöpfer und Bierflasche wurden wieder in jeweils vier Probenflaschen abgefüllt

Wasserdruck misst. Das Messsystem besteht aus der Unterwassereinheit, einem Kabel, über das die Werte der Sonde übermittelt werden, dem sogenannten „Einleiterkabel“ und der Steuer- und Registrierungseinheit an Bord (Dietrich, Kalle, Krauss, Siedler, 1975, S. 135).

¹³³ Ein Salinometer ist ein Messgerät, mit dem über die Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Salzgehalt einer Wasserprobe bestimmt wird.

und analysiert. Bei beiden Versuchen zeigte sich keine Schichtung innerhalb der Bierflasche. Die Salzgehaltswerte weisen aber sowohl in der Bierflasche als auch im Schöpfer einen größeren Schwankungsbereich aus, als bei dem Versuch am *Leuchtturm Kiel*. Ausschlaggebend hierfür war die geringere Homogenität der Wasserschicht in 25 m Tiefe an der Station *Fehmarnbelt* im Vergleich zur Messung am *Leuchtturm Kiel*, was die Messwerte der CTD-Sonde belegen. Das führt dazu, dass die absolute Abweichung zwischen den Messwerten der Bierflasche und des Schöpfers 0,03 beträgt, damit aber immer noch wesentlich unter der Genauigkeit des Salzgehaltsbestimmung durch Aräometer liegt.

Die Versuche zeigen sehr deutlich, dass die Verwendung einer Bierflasche als Wasserschöpfer im Vergleich zu modernen Wasserschöpfern zu keiner nennenswerten Verfälschung der Salzgehaltswerte durch Wasseraustausch in der Bierflasche führt. Die Abweichungen sind so gering, dass selbst heute für bestimmte Messungen der Einsatz einer Bierflasche als Wasserschöpfer völlig ausreichend wäre. Zur damaligen Zeit war nicht die Art der Probennahme und die dabei entstehenden möglichen Fehler von Bedeutung, denn die Salzgehaltsbestimmung durch Aräometer war nicht genau genug, um diese überhaupt auflösen zu können, sondern die einfache Durchführbarkeit der Messung.

2.4 Die Daten

Die von den ehrenamtlichen Mitarbeitern an den Landstationen und auf den Feuerschiffen gewonnenen meteorologischen und meereskundlichen Daten wurden von Karsten und seinen Mitarbeitern an der Universität Kiel zusammengefasst und ausgewertet. Die Ergebnisse der Auswertung fanden ihren Niederschlag in regelmäßigen Berichten, die in den Jahresberichten der Kommission veröffentlicht wurden. Zusätzlich wurden zwischen 1873 und 1893 die alle Messwerte der unterschiedlichen Parameter für jedes Jahr in tabellarischer Form in Datenbänden wiedergegeben.

Karstens erster Bericht erschien 1873 im ersten Jahresbericht der Kommission. Auf acht Seiten beschreibt er frühere Arbeiten zur Untersuchung der Meeres Eigenschaften und die für die Untersuchungen verwendeten Instrumente und ihre Handhabung. Auf den folgenden 28 Seiten werden Tabellen der Dichte des Meerwassers an einzelnen Stationen in der Ostsee wiedergegeben. Es folgen Tabellen der Maxima und Minima der Monats-, Jahreszeiten-, und Jahresmittel der Dichte und des Salzgehaltes, Tabellen der Extremwerte für diese beiden Messparameter. Diese

14

A. Beobachtungen der Küstenstationen.

Nordsee.

2. Wilhelmshaven (Aussenjahde).

1873. Heft VI.

1873 Juni	Wassertemperatur ° Celsius			Himmelsbedeckung Skala 0—8			Windrichtung und Stärke Skala 0—11*			Specif.-Gewicht (s.) bei 17 ° C. u. Salzgehalt (p.)				Bemerkungen.	Datum	Fischerei		
	Oberfl.	14,6 Meter tief.	Meter tief	Morg.	Mittag	Abend	Morg.	Mittag	Abend	Oberfl. s.	p.	14,6 Meter tief.	p.			Beobachtungen	Bemerkungen	
1	11,1	11,1		5	5	—	SO	4	NO	2	NNO	4	1.0245	3,21	1.0246	3,32		
2	11,3	11,1		8	5	1	NO	1	ONO	1		246	3,22	248	3,25	Regen		
3	11,8	11,6		5	8	1	O	1	O	1	245	3,21	248	3,25	Regen u. Gewitter.			
4	11,9	11,8		1	5	0	—	1	O	1	244	3,25	248	3,25				
5	12,0	11,5		1	1	5	—	NO	2	N	1	245	3,21	250	3,28			
6	12,3	12,0		1	5	5	—	NO	2	N	4	246	3,22	249	3,26			
7	12,1	12,3		5	5	5	N	8	N	8	7	247	3,24	247	3,24			
8	12,6	12,5		8	5	5	NNW	4	N	4	NNW	4	242	3,17	245	3,21		
9	12,5	12,5		4	8	7	NW	2	NNW	2	NNW	3	238	3,12	240	3,14		
10	12,6	12,4		1	8	5	SW	2	WSW	1	S	1	244	3,20	252	3,30		
11	13,0	12,6		5	8	8	S	1	O	1	NO	2	254	3,33	256	3,35		
12	13,4	13,3		5	5	5	SSO	3	O	2	O	3	258	3,38	260	3,41		
13	13,5	13,3		1	5	5	—	—	—	—	NNW	3	254	3,33	258	3,38		
14	13,6	13,4		4	5	5	NW	2	N	1	SO	1	253	3,34	251	3,42		
15	13,5	13,4		5	8	2	SSO	2	NO	1	W	1	255	3,34	261	3,43		
16	13,1	13,1		8	8	—	N	1	NW	2	—	—	254	3,33	255	3,34		
17	13,4	13,5		5	5	5	NW	2	NW	2	NW	1	258	3,38	259	3,39		
18	13,4	13,4		1	2	4	N	1	N	1	N	2	255	3,34	259	3,39		
19	12,3	12,1		4	0	1	—	—	—	—	O	1	255	3,34	257	3,37		
20	13,0	13,1		2	5	2	W	2	W	1	NNW	1	258	3,38	259	3,39		
21	13,3	13,0		1	1	0	W	1	NW	2	W	1	256	3,35	256	3,35		
22	13,5	13,5		0	0	0	NO	1	NO	2	ONO	2	259	3,39	259	3,39		
23	14,5	14,5		2	3	1	SO	2	NW	2	NW	2	255	3,34	256	3,35		
24	15,0	15,0		1	1	5	NNW	1	—	—	WSW	2	256	3,35	257	3,37		
25	14,8	14,9		4	5	5	W	5	NW	5	NW	7	253	3,31	253	3,31		
26	15,0	15,1		8	5	5	NW	8	NW	8	NW	5	254	3,33	255	3,34		
27	15,1	15,3		7	5	5	SW	3	NW	4	W	3	254	3,33	253	3,		

Die Daten aus den Jahren 1863 bis 1870 stammten aus früheren fremden Untersuchungen und ab 1871 von den durch die Kommission eingerichteten Messstationen. Ein eigener Datenband wurde nicht erstellt.

¹³⁴ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1871, 1873, S. 9-36.

¹³⁵ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1872-1873, 1875, S. 316-335.

Deutschland regelmäßig meereskundliche Messungen nicht nur an der Küste, sondern auch auf hoher See durchgeführt.

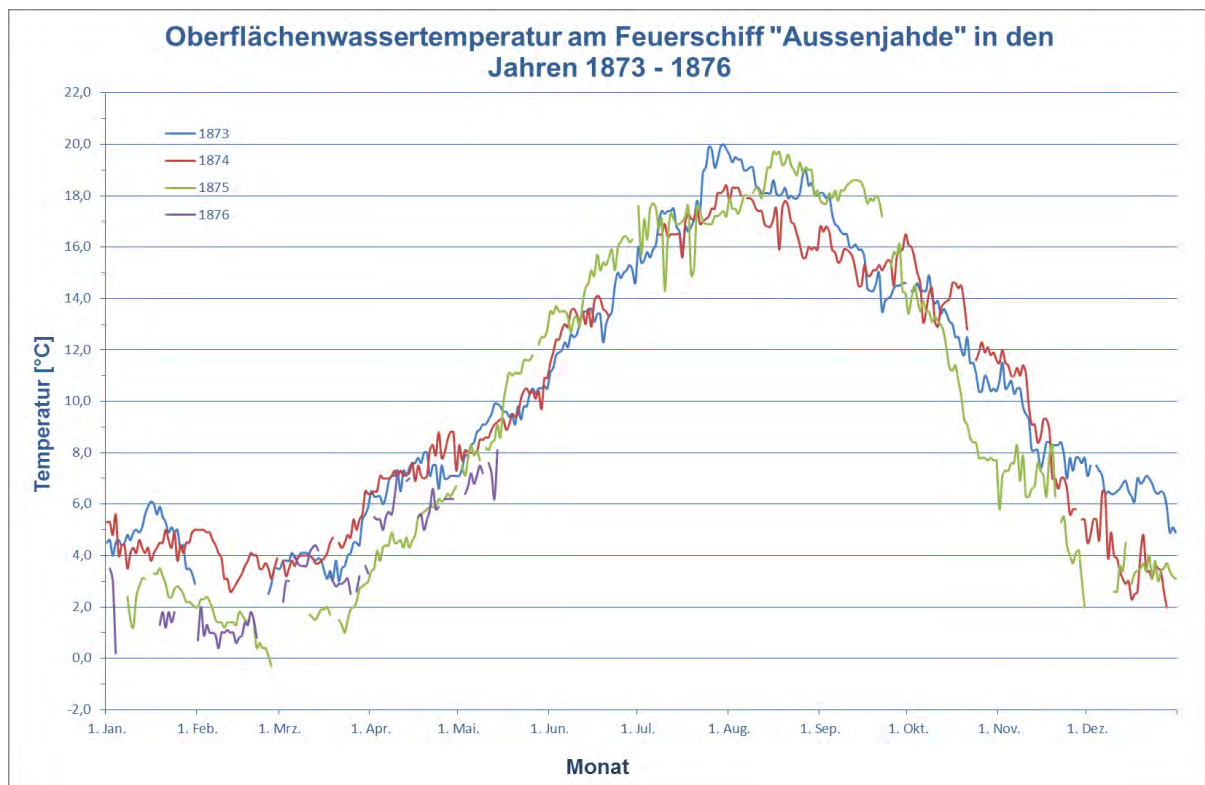


Abb. 12: Erste graphische Darstellung der Wassertemperaturen auf der Feuerschiffposition Aussenjahde (Außenjade) 1873 – 1876, (Autor)

Erstmals wird für das Jahr 1873 ein eigener Datenband veröffentlicht (Abb. 11). Die Gründe hierfür werden im Vorwort dargelegt: „Bei dem umfänglichen Materiale aus den verschiedenen naturwissenschaftlichen Gebieten, welches in den Jahresberichten verarbeitet werden soll, verzögert sich der Abschluss dieser Berichte leicht so beträchtlich, dass die physikalischen und Fischerei- Beobachtungen, insofern dieselben durch den Nachweis von eintretenden Aenderungen ein besonderes Interesse gewähren, zu spät erscheinen. Andererseits würde der vollständige Abdruck aller Beobachtungen in den Jahresberichten wiederum deren Vollendung wegen der großen Zahl der abdruckenden Tabellen verzögern“¹³⁶.

Bis 1893 werden insgesamt 21 solcher Jahresdatenbände veröffentlicht. Der erste Band enthält ein einseitiges Vorwort und eine weitere Seite mit Erläuterungen zu den Beobachtungen von Karsten und Hensen. Die darauf folgenden Bände enthalten ausschließlich die Beobachtungen. Jeder Datenband enthält 12 Hefte mit täglichen Beobachtungen, die in den Jahren 1873 und 1874 in die Teilbereiche „A. Be-

¹³⁶ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Ergebnisse der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten 1873, 1874, Vorwort.

obachtungen der Küstenstationen“ und „B. Meteorologische Beobachtungen“ unterteilt sind. Ab 1875 kommt noch der Bereich „C. Fischerei“ hinzu, der in den Jahren zuvor noch unter dem Teilbereich A angesiedelt war. Unter der Rubrik „Beobachtungen der Küstenstationen“ werden die Wassertemperatur, der Wasserstand, die Himmelbedeckung, die Windrichtung und Windstärke, das spezifische Gewicht des Meerwassers und sein Salzgehalt und die Strömung wiedergegeben. Zusätzlich gibt es noch eine Spalte für sonstige Beobachtungen und Bemerkungen. Diese Spalte enthält alle Beobachtungen, die dem jeweiligen Beobachter bedeutsam erschienen. So findet man beispielsweise bei der Station *Ellenbogen (Sylt)* für 30. April 1874 den Eintrag: „todter Delphin angetrieben“¹³⁷. Die „Meteorologischen Beobachtungen“ beinhalten Angaben über den Barometerstand, die Lufttemperatur, tägliche Minimal- und Maximaltemperaturen, die Dampfspannung¹³⁸, die relative Feuchtigkeit, den Niederschlag, die Windrichtung und die mittlere Windgeschwindigkeit. Weitere interessante Wetterphänomene finden sich auch hier in der Spalte für besondere Bemerkungen wieder. So vermerkt der Beobachter der Station *Westerland* auf Sylt am 24. April 1874 die Sichtung mehrerer Wasserhosen¹³⁹. Die Rubrik „Fischerei“ enthält insgesamt drei Spalten, die Erste befasst sich mit der Art der Fischerei. Je nach Station werden verschiedene Fangmethoden aufgelistet. Für die Station *Eckernförde* sind vier verschiedene Arten vorgegeben: das Fischen mit einer Waade¹⁴⁰, einer Angel, einer Reuse oder mit einem Stellnetz. An der Station *Hela* wird das Fischen mit einem großen Netz, mit der Angel und mit Mantzen¹⁴¹ sowie das Fischen der Aale mit Aalsäcken betrieben. In der zweiten Spalte wird die Menge der gefangenen Fischarten in Pfund oder Stück wiedergegeben und in der dritten Spalte finden alle anderen Beobachtungen, die Fischerei betreffend, ihren Niederschlag.

In den Jahren 1873 bis 1888 werden die meteorologischen Messwerte dreimal am Tag gemessen und zwar um 6 Uhr Morgens, um 2 Uhr Mittags und um 10 Uhr Abends. Diese Zeitpunkte für die Messungen wurden schon bei den meisten Stationen des meteorologischen Messnetzes, das Karsten ab 1849 in Schleswig-Holstein

¹³⁷ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Ergebnisse der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten 1873, 1874, Heft. IV, S. 13.

¹³⁸ Früher verwendeter Begriff für Dampfdruck. Der Dampfdruck ist der Druck des gesättigten Dampfes, der sich im Gleichgewicht mit seiner flüssigen oder festen Phase befindet (Lexikon der Physik, Bd. 1, 1998, S. 472-473).

¹³⁹ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Ergebnisse der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten 1873, 1874, Heft. VII, S. 17.

¹⁴⁰ Bei der Waaden-Fischerei kommt ein Netz zum Einsatz, das ringförmig um einen Fischschwarm ausgelegt und mittels einer Schnürleine an der Unterleine zugezogen wird (Lübbert, Ehrenbaum, 1929, Bd. VI, S. 139-143).

¹⁴¹ Manzen: feingarniges Schwimmnetz aus Baumwollgarn (Lübbert, Ehrenbaum, 1931, Bd. VIII, S. 20-21).

aufgebaut hatte, verwendet¹⁴². Für die meereskundlichen Messungen wird keine exakte Zeitangabe gemacht, die Eintragungen lauten lediglich: Morgens, Mittags und Abends. Eine Zeitangabe für die Messungen der Wassertemperatur und des Salzgehaltes wird nicht gemacht¹⁴³. Ab 1889 ändern sich die Messzeiten der meteorologischen Parameter geringfügig. Die Messungen am Morgen finden nun eine Stunde später um 7 Uhr statt und die abendlichen Messungen werden eine Stunde früher um 9 Uhr durchgeführt¹⁴⁴. Eine Erläuterung, warum gerade diese Zeiten für die Messungen gewählt wurden und warum es zu der Änderung kam, liefert Karsten nicht.

Im 1878 erschienen dritten Jahresbericht nimmt Karstens Bericht über die Messungen der Jahre 1874 bis 1876 mit 33 Seiten einen größeren Umfang ein, als in den beiden Jahren zuvor. Der Bericht entspricht in seinem Aufbau im Wesentlichen den beiden vorangegangenen Veröffentlichungen wobei aber die Zahl der Messstation in der Ostsee auf 13 und in der Nordsee auf 7 zugenommen hat. Neben dem Feuerschiff *Außenjahde* (Abb. 12) lieferte ab Juli 1875 auch eine weitere Messstation auf hoher See, das Feuerschiff *Weser*, Daten für Karstens Untersuchungen¹⁴⁵.

Karstens Auswertung der Daten an den deutschen Küstenstationen fällt im vierten Jahresbericht, der die Jahre 1877 bis 1881 umfasst und der 1884 veröffentlicht wurde, mit 49 Seiten noch umfangreicher aus, als die Berichte zuvor. Neben den Stationsdaten wertet er noch meteorologische und ozeanographische Messungen, die von Handelsschiffskapitänen durchgeführt wurden, aus. Ergänzt wird Karstens Bericht durch eine Karte der deutschen Küsten- und Seestationen, der schleswig-holsteinischen meteorologischen Landstationen und der dänischen Küsten- und Seestationen. Von ganz besonderer Bedeutung ist die Abbildung der Monats-Isothermen des Oberflächenwassers der Nordsee¹⁴⁶. Es handelt sich bei den Zeichnungen um einen ersten Versuch, die jährliche Schwankung der Oberflächentemperatur der Nordsee darzustellen, wobei zu berücksichtigen ist, dass das vorhandene geringe Datenmaterial eine detailliertere Darstellung nicht möglich machte und damit auch die Aussagekraft der Abbildungen begrenzt bleibt.

Der fünfte Jahresbericht von 1887 umfasst die Jahre 1882 bis 1886. Karstens Bericht über die Beobachtungen an den Küstenstationen beträgt nur noch 23 Seiten

¹⁴² Karstens, 1869, S. 3.

¹⁴³ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Ergebnisse der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten 1873, 1874.

¹⁴⁴ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Ergebnisse der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten 1878, 1879.

¹⁴⁵ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1874-1875-1876, 1878, S. 253-285.

und beschränkt sich im Wesentlichen nur noch mit der Wiedergabe des Datenmaterials. Ausführliche Beschreibungen der Datengewinnung und Erläuterungen zu den Messungen fehlen weitestgehend.

1893 erscheint der sechste Jahresbericht. Er umfasst die Jahre 1887 bis 1891. Auf 20 Seiten werden lediglich die Datentabellen der Messungen an den deutschen Küstenstationen abgedruckt. Selbst die bislang bei allen von Karsten in den Jahresberichten veröffentlichten Beobachtungen vorangestellten einleitenden Worte fehlen diesmal. 1905 erschien die von Rudolph Kohlmann verfasste Dissertation *Beiträge zur Kenntnis der Strömungen der westlichen Ostsee*¹⁴⁷. Diese Dissertation wurde noch im gleichen Jahr in unveränderter Form als Beitrag in den *Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen*¹⁴⁸ abgedruckt.

In seiner Einleitung schreibt er: „Seit dem Sommer 1900 lässt die königlich preußische Ministerial-Kommission in Kiel täglich hydrographische und meteorologische Beobachtungen auf den Stationen ‚Adlergrund-Feuerschiff‘ ‚Stollergrund-Feuerschiff‘ und ‚Sonderburg‘ ausführen; auf den beiden erstgenannten sogar zweimal täglich, morgens und nachmittags. ... Seit April 1903 ist auch auf dem Feuerschiff ‚Fehmarn-Belt‘ ... eine Beobachtungsstation.“ Zwei Abschnitte später heißt es: „Für meine Arbeit wurde mir von Professor Krümmel ein umfangreiches handschriftliches Beobachtungsmaterial, das auf den genannten Stationen in einem Zeitraum von drei Jahren (von August 1900 bis Juli 1903) gesammelt wurde, gütigst zur Verfügung gestellt.“

Interessanter Weise ist im Abdruck seiner Arbeit in den *Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen* die falsche Bezeichnung der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere* in Kiel und der biologischen Anstalt auf Helgoland nicht korrigiert worden.

Die für die angestellten Berechnungen verwendeten Originaldaten werden nicht aufgeführt, sondern lediglich die Ergebnisse der damit durchgeführten Berechnungen in Tabellenform wiedergegeben.

Der Chemiker Dr. Ernst Ruppin, der 1903 als erster Mitarbeiter für das 1902 gegründete hydrographische Labor in Kiel gewonnen werden konnte¹⁴⁹, veröffentlichte 1912 einen 78 Seiten umfassenden Artikel *Beitrag zur Hydrographie der Belt- und*

¹⁴⁶ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1877-1878-1879-1880-1881, 1884, S. 58-59.

¹⁴⁷ Kohlmann, 1905, 52 S.

¹⁴⁸ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abt. Kiel, Bd. 8, 1905, S. 189-238.

¹⁴⁹ Ulrich, Kortum, 1997, S. 46.

Ostsee im 14ten Band der neuen Folge der *Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen, Abteilung Kiel*¹⁵⁰ (Abb. 13). Auf den Seiten 217 bis 221 befasst er sich mit den Daten des Feuerschiffs *Fehmarnbelt*. Er schreibt dazu auf Seite 217: „Ganz in der Nähe von Station 3 ist das Fehmarnbelt Feuerschiff gelagert, etwas weiter östlich in einer Wassertiefe von 28 m. Von diesem Feuerschiffe besitzen wir durch eine längere Reihe von Jahren Aufzeichnungen über Temperatur und Salzgehalt am Boden und an der Oberfläche vom Morgen und Abend.“

In seinem Artikel werden gemittelte Messwerte der regelmäßigen Messungen des Feuerschiffs in Datentabellen wiedergegeben und einige Graphiken abgebildet, die zugrunde liegenden Originaldaten werden, wie schon bei Kohlmann, nicht abgedruckt.

Im gleichen Band der *Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen* werden in der Arbeit von Dr. Fr. Lücke: *Quantitative Untersuchungen an dem Plankton bei dem Feuerschiff ‚Borkumriff‘ im Jahre 1910*¹⁵¹ Temperatur- und Salzgehaltsmessungen, die auf dieser Station gewonnen wurden, wiedergegeben. Hierbei handelt es sich aber nicht um tägliche, zur gleichen Zeit erhobene, sondern um vereinzelte, unregelmäßig durchgeführte Messungen. Es sind daher keine Messungen, wie sie Karsen für die Beschreibung des physikalischen Zustands des Meeres an den Stationen des Messnetzes in Nord- und Ostsee eingeführt hatte, sondern Messungen, die speziell für die Planktonuntersuchungen durchgeführt wurden.

1913 wird in Heft 3 der *Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin*, das sich mit den hydrographischen und biologischen Untersuchungen auf den deutschen Feuerschiffen in der Nordsee in den Jahren 1910 und 1911 befasst, in einer Fußnote der Einleitung auf die seit Sommer 1900 vorgenommenen Messungen von Wassertemperatur, Salzgehalt und Strömung auf den Feuerschiffen *Adlergrund*, *Stollergrund* und *Sonderburg* hingewiesen¹⁵². In dieser Veröffentlichung werden in keiner Weise regelmäßige Messungen auf Feuerschiffen in der Nordsee erwähnt¹⁵³.

1915 erscheint im 14ten Band der neuen Folge der *Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen, Abteilung Kiel* ein Artikel von Theodor Büse mit dem Titel *Quan-*

¹⁵⁰ Ruppin, 1912, S. 205-272.

¹⁵¹ Lücke, 1912, S. 122.

¹⁵² Institut für Meereskunde an der Universität Berlin, Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin, Neue Folge, Heft 3, 1913, S. V.

¹⁵³ An den Unternehmen in den Jahren 1910 und 1911 nahmen insgesamt 19 Wissenschaftler und Studenten teil. 13 Teilnehmer gehörten dem *Institut für Meereskunde an der Universität Berlin* und drei der *Biologischen Anstalt Helgoland* an (Institut für Meereskunde an der Universität Berlin, Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin, Neue Folge, Heft 3, 1913, S. 5).

titative Untersuchungen von Planktonfängen des Feuerschiffs ‚Fehmarnbelt‘ vom April 1910 bis März 1911¹⁵⁴. Hier heißt es auf Seite 233: „Salzgehalt und Temperatur sind nach Beobachtungen, die täglich um 8 Uhr morgens und 1 Uhr mittags auf dem Feuerschiff ‚Fehmarnbelt‘ gemacht worden sind, untersucht worden.“ Alle Messwerte sind in der ersten (Salzgehalt) und in der zweiten (Temperatur) Tabelle als Anhang seiner Arbeit abgedruckt.

15

E. Ruppin, Beitrag zur Hydrographie der Belt- und Ostsee.

219

und 1904 hören sie schon Mitte Dezember auf, 1911 sind sie nur bis zum Oktober berücksichtigt. In der Figur IV zeigt die Kurve für den Salzgehalt an der Oberfläche nach Dekaden an, daß die Zahl der

Tabelle 3. Fehmarnbelt Feuerschiff.

Salz ‰		Temperatur ° C		Salz ‰		Temperatur ° C	
	oben	unten	oben	unten		oben	unten
Jan. 1—10	14,88	20,23	2,57	3,88	Dezember	15,85	20,51
10—20	18,17	20,28	2,40	3,32		16,08	20,41
20—31	16,37	20,43	1,60	2,37		14,83	21,37
Februar	16,18	20,38	1,35	1,88			
	14,45	19,43	1,03	1,65	Januar	16,47	20,31
	15,23	20,07	1,43	1,68	Februar	15,29	19,96
März	13,28	19,93	2,07	2,17	März	12,41	19,95
	12,59	20,03	2,14	2,30	April	12,61	19,40
	11,36	19,88	2,55	2,45	Mai	11,42	20,53
April	12,17	19,77	3,46	3,23	Juni	11,27	24,06
	12,22	19,51	4,36	3,77	Juli	12,28	26,00
	13,44	18,91	5,33	4,63	August	12,89	24,81
Mai	12,23	18,79	6,58	5,36	September	12,47	21,97
	11,38	20,63	8,15	6,06	Oktober	12,31	19,80
	10,66	22,17	9,91	6,66	November	14,54	19,99
Juni	11,06	23,72	11,95	7,33	Dezember	15,59	20,76
	10,68	24,02	13,29	7,24			
	12,07	24,43	14,38	8,19	10. Jan. bis	16,91	20,36
Juli	12,63	25,44	15,20	8,59	10. Febr. }		20. Dez. bis
	12,53	26,50	16,00	8,57			20. Jan. }
	11,67	25,93	16,81	9,44	Februar	14,32	19,81
August	11,97	25,41	16,54	10,10	März	12,04	19,89
	13,27	24,88	16,37	10,42	April	12,63	19,07
	13,44	24,13	16,01	10,88	Mai	11,04	22,18
September	14,03	23,34	14,85	11,23	Juni	11,79	24,63
	12,32	21,57	14,37	11,93	Juli	12,06	25,95
	11,07	21,00	13,51	11,79	August	13,91	24,12
Oktober	12,20	20,49	12,97	12,13	September	11,86	21,02
	12,53	19,43	11,80	11,90	Oktober	12,39	19,62
	12,09	19,49	10,70	11,13	November	15,65	20,51
November	12,54	19,94	9,33	10,55	Dezember	15,26	20,67
	14,79	20,12	7,65	8,55	Mittel	13,32	21,49
	16,30	20,90	6,29	7,21			

Beobachtungsjahre zu gering ist, die Kurve würde sonst wohl etwas regelmäßiger verlaufen. Es liegen nun zwar Beobachtungen über eine längere Reihe von Jahren vor, doch wollte ich sie nicht mit berücksichtigen, da wir für die Terminstationen aus diesen Jahren keine Zahlen besitzen. Ich habe deshalb außerdem noch die Kurven für die Monatsmittel gezeichnet und zwar einmal als Mitteltag den 5., dann den 15. und den 25. Tag des Monats genommen. Die Kurven fallen nicht zusammen, ja gelegentlich zeigt die eine ein Maximum und ein Minimum, das in der anderen nicht zu finden ist. Die Unregelmäßigkeiten der Dekadenkurve sind verschwunden, leider ist aber auch manche Zacke, der sicher eine reale Bedeutung zukommt, nicht mehr zu sehen oder stark abgeschwächt. An diesen Kurven sehen wir auch, wie wir in Station 3 mit den Terminbeobachtungen die charakteristischen Maxima und Minima nicht getroffen haben. Die Novemberbeobachtungen liegen im Anfang des Monats auf einem stark ansteigenden

28*

Abb. 13: Tabellen der Monatsmittelwerte der Temperatur und des Salzgehaltes an der Station Fehmarnbelt, die aus den Werten der Jahre 1903 – 1911 ermittelt wurden, (Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Kiel, 1912, S. 219)

¹⁵⁴ Büse, 1915, S. 229-279).

Die hier wiedergegebenen Daten wurden nicht, wie für Lückes Arbeit speziell für die Planktonuntersuchungen erhoben, sondern es handelt sich um die regelmäßigen Stationsmessungen die für die Kommission seit Inbetriebnahme des Feuerschiffs im April 1903 durchgeführt wurden und die Büse für seine Arbeit übernehmen konnte.

Weitere Hinweise, dass die regelmäßigen Messungen an den Küsten- und Seestationen für die Kommission auch nach 1892 weitergeführt wurden, sind nicht bekannt. Es stellt sich die Frage, was dazu geführt hat, dass die Messungen an einigen Stationen zwar weitergeführt wurden, sie aber bis auf die angeführten drei Arbeiten nicht weiter für wissenschaftliche Untersuchungen direkt genutzt und publiziert worden sind.

Hensen führt in seiner Ansprache zum 50jährigen Bestehen der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* als Grund für die Einstellung der Datenberichte die Veröffentlichungen der Fischereistatistik seitens des *Deutschen Fischerei-Vereins* an¹⁵⁵. Der *Deutsche Fischerei-Verein* begann 1887 statistische Daten der deutschen Fischerei in seinen *Mittheilungen der Section für Küsten- und Hochseefischerei* zu veröffentlichen¹⁵⁶. Während die Datenbände der Kommission neben den Angaben zur Fischerei eine Vielzahl meteorologischer und meereskundlicher Daten enthalten, die von Karsten in den Jahresberichten eingehend erläutert wurden, enthalten die Jahresberichte des Fischerei-Vereins ausschließlich Daten zur Fischerei an den deutschen Küsten. Es werden keinerlei Angaben zu den meteorologischen und meereskundlichen Verhältnissen an den Küsten gemacht. Dieses Datenmaterial entspricht in keiner Weise dem der Karstenschen Datenbände und bedeutet einen deutlichen Rückschritt in der Veröffentlichung meteorologischer und meereskundlicher Daten.

Insgesamt haben beide Veröffentlichungen zu wenige Gemeinsamkeiten, als dass man die Fischereistatistik als Nachfolge der Karstenschen Datenbände ansehen kann. In so fern scheinen Hensens Ausführungen wenig stichhaltig zu sein.

Bei intensiver Betrachtung der Entwicklung der Kommission ergeben sich Gesichtspunkte, die die Aufgabe einzelner Messstationen und das Ende der Veröffentlichung der Messergebnisse verständlich machen.

Karsten war 1847 an die Universität Kiel berufen worden¹⁵⁷. Dort begann er im Jahre 1849 mit dem Aufbau eines Stationsnetzes zur Erfassung meteorologischer

¹⁵⁵ Hensen, 1921, S. 3.

¹⁵⁶ Deutscher Fischerei-Verein, 1887, S. 138-147.

¹⁵⁷ Karsten, 1869, S. 1.

Daten der beiden damals noch eigenständigen Herzogtümer Schleswig und Holstein. Die Auswertung der Daten für den Zeitraum 1849 bis 1868 wurden 1869 und 1872 veröffentlicht¹⁵⁸. Nach der Gründung der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* 1870 richtete er Küsten- und Seestationen ein, die wie die Stationen des meteorologischen Messnetzes zwar auch meteorologische Daten erfassten aber hauptsächlich der Gewinnung von meereskundlichen Messwerten dienten. Die Art, wie er dieses meereskundliche Messnetz installierte und den Betrieb sicherstellte, zeigt deutlich, dass er sich dabei der Erfahrungen, die er mit der Errichtung und dem Betrieb des meteorologischen Messnetzes zuvor gemacht hatte, bediente.

Da die finanziellen Mittel beschränkt waren und über die Jahre hinweg konstant blieben, wurde sicherlich nach Einsparmöglichkeiten gesucht, damit die der Kommission zur Verfügung stehenden Mittel durch die Kosten des Messnetzes nicht zu Lasten der anderen Aufgaben der Kommission zu sehr belastet wurden, zumal diese im Laufe der Jahre immer umfangreicher wurden.

Deshalb kamen, wenn irgendwie möglich, preiswerte Messinstrumente zum Einsatz, die auch leicht zu bedienen waren, da die Beobachter in der Regel nicht wissenschaftlich vorgebildet waren. Ihre Mitarbeit wurde nicht vergütet, sondern sie führten diese Arbeiten ehrenamtlich durch.

Beispielsweise erhielten die beiden Feuerschiffe *Außenjahde* und *Weser* keine Barographen¹⁵⁹ zur Aufzeichnung des Luftdruckes, da diese im Vergleich zu den auf den Küstenstationen eingesetzten Quecksilberbarometern viel teurer waren, Quecksilberbarometer aber aufgrund der Bewegungen der Schiffe nur in einer speziellen-Ausführung eingesetzt werden konnten¹⁶⁰. Selbst preiswertere Aneroidbarometer, die auf den Sturmwarnungsstellen der *Deutschen Seewarte* zum Einsatz kamen, wurden von der Kommission nicht für ihre Stationen angeschafft¹⁶¹.

Mit der Gründung der *Biologischen Anstalt Helgoland* im Jahre 1892¹⁶² erschien eine engere Zusammenarbeit zwischen der Biologischen Anstalt und der Kommission erstrebenswert, da deren Arbeit die der Kommission in vielen Punkten

¹⁵⁸ Karsten, 1869, 32 S., 1872, 48 S.

¹⁵⁹ Ein Barograph ist ein selbstregistrierender Luftdruckmesser, bei dem die Verformung einer Druckdose mittels eines Schreibstiftes auf einen Papierstreifen, der auf einer durch ein Federwerk angetriebenen Trommel befestigt ist, übertragen wird (Schwere, 1908, S. 14-15).

¹⁶⁰ 1891 kostete ein von der Firma R. Fuess angebotenes Stationsbarometer 110,- Mark, ein Barograph das Zehnfache nämlich 1100,- Mark (Fuess, 1891, S. 10-11).

¹⁶¹ Bei einem Aneroidbarometer wird die Auslenkung des Deckels einer luftleer gepumpten Metalldose durch Luftdruckschwankungen auf einen Zeiger übertragen, der den aktuellen Luftdruckwert auf einer Skala anzeigt. 1891 kostete ein solches Instrument bei der Firma R. Fuess 40,- Mark (Fuess, 1891, S. 10).

¹⁶² Werner, 1993, S. 23.

berührte¹⁶³. Dies hatte zur Folge, dass sich die Zusammensetzung der Kommission änderte, da der Leiter der Biologischen Anstalt nun auch der Kommission angehörte.

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeiten der *Biologischen Anstalt Helgoland* sollten ebenfalls in den Berichten der Kommission veröffentlicht werden. Zu diesem Zweck führte man die Reihe der Berichte der Kommission nicht mehr fort, sondern veröffentlichte 1894 erstmals die *Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen*, in denen auch die Arbeiten der *Biologischen Anstalt Helgoland* berücksichtigt wurden.

Der Umfang der Arbeiten wuchs so sehr an, dass ab dem dritten Heft aus dem Jahre 1898 die *Wissenschaftlichen Untersuchungen* in zwei Zweige aufgeteilt wurden, die Abteilung Kiel und die Abteilung Helgoland. Nach Auflösung der Kommission im Jahre 1936 wurden die wissenschaftlichen Ergebnisse der *Biologischen Anstalt Helgoland* in den *Helgoländer Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen* veröffentlicht. Diese Publikation verstand sich als Fortsetzung der *Wissenschaftlichen Untersuchungen*¹⁶⁴.

Mit dem steigenden Umfang der Veröffentlichungen stiegen aber auch die Kosten für den Druck. Da der Etat der Kommission gleichzeitig aber nicht erhöht wurde, fehlten wegen der steigenden Druckkosten dann an anderer Stelle die notwendigen Mittel. Das mag mit einer der Gründe gewesen sein, die Herausgabe der Datenbände zu beenden, um durch den Wegfall der Druckkosten für diese Veröffentlichung die Mehrausgaben für die *Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen* kompensieren zu können.

Neben den finanziellen Erwägungen, hatten auch personelle Veränderungen in der Kommission Einfluss auf die Entscheidung, die Daten der Messstationen nicht weiter zu veröffentlichen.

Als Meyer 1880 den Vorsitz der Kommission niederlegte, übernahm Karsten im Alter von immerhin schon 60 Jahren diese Position zusätzlich zu seinen bisherigen Aufgaben. Dass es mit seiner Gesundheit schon zu dieser Zeit nicht besonders gut bestellt war, wird dadurch ersichtlich, dass er aus gesundheitlichen Gründen nicht wie vorgesehen an der Londoner Internationalen Ausstellung von 1876 teilnehmen konnte¹⁶⁵. In dem Nachruf auf ihn in den „Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen“ aus dem Jahre 1901 wird deutlich, wie sehr ihn seine angeschlagene

¹⁶³ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Bd. 1, 1894, Vorwort.

¹⁶⁴ Biologische Anstalt Helgoland, Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Bd. 1, 1937-1939, 1939, Index.

¹⁶⁵ Hofmann, 1881, S. XIX-XXI.

Gesundheit an der Durchführung seiner Arbeiten gehindert hat. Dort heißt es: „In den letzten Jahren konnte Karsten, fortdauernd leidend, sich nicht mehr so intensiv den Arbeiten für die Kommission widmen.“¹⁶⁶ Diese Worte bekommen besonderes Gewicht durch einen Brief Krümmels an Otto Pettersson vom 28. Mai 1896 in dem es heißt: „...doch zeigt sich, dass unter Karsten's Leitung (bitte das Folgende ganz vertraulich) die Geschäfte der Kieler Kommission nach allen Richtungen hin so verfahren und verwirrt worden sind, dass Hensen bat, ihm erst diesen Sommer zur Reinigung dieses Augiasstalles frei zu lassen“¹⁶⁷.“ Man darf davon ausgehen, dass Karsten, der bei seinem Ausscheiden aus der Kommission immerhin auch schon 76 Jahre alt war, sich in den letzten Jahren seiner Tätigkeit nicht mehr der Organisation des Messbetriebes auf den Station sowie der Auswertung und der Publikation der Ergebnisse und der Daten in ausreichendem Maße widmen konnte.

Auch konnte er im Laufe der Jahre die Verlagerung der Arbeiten der Kommission in Richtung biologischer Meeresforschung nicht verhindern, wie Krümmel in einem früheren Brief vom 7. August 1893 an Pettersson anmerkt: „Die Kommission ist die älteste ihrer Art in Europa und hat vor 20 Jahren ja sehr Bedeutendes geleistet zur physikalischen Erforschung der Ostsee und Nordsee. Seitdem aber G. Karsten alt geworden und namentlich seit H. A. Meyer gestorben ist, liegt das Schwergewicht der Arbeiten auf dem Gebiet der Planktonforschung, also bei Hensen und dem Zoologen Brandt, daneben auch bei dem Botaniker Reinke, sodass wenig Mittel für die physikalischen Aufgaben übrig sind“¹⁶⁸.“ Dass diese Verlagerung im Laufe der Jahre immer mehr an Umfang zunahm, macht ein Brief Krümmels vom 18. August 1910 an Martin Hans Christian Knudsen¹⁶⁹ deutlich: „Denn je länger uns're Organisation in Funktion ist, umso stärker wird das Bestreben, hydrographische Arbeiten und Ansprüche zurückzudrängen und die speziell zoologischen dafür auszudehnen“¹⁷⁰.

Nach Karstens Ausscheiden aus der Kommission übernahm Hensen am 1. April 1896 deren Vorsitz und Krümmel nahm drei Jahre später den frei gewordenen Platz in der Kommission ein. Verfolgt man seine Arbeiten in den nächsten Jahren bis zu seinem Weggang nach Marburg im Jahre 1911 ergeben sich keine Hinweise, dass er der Pflege der Messstationen, die Karsten eingerichtet hatte, und der Bearbeitung der Daten ein besonderes Augenmerk widmete.

¹⁶⁶ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abt. Kiel, Bd. 5, 1901, S. III-IV.

¹⁶⁷ Smed, 1994, S. 65.

¹⁶⁸ Smed, 1994, S. 62.

¹⁶⁹ Martin Knudsen (1871-1949), dänischer Ozeanograph, definierte den Standard zur Bestimmung des Salzgehaltes von Meerwasser (Culkin, F. & Smed, J. in *Oceanologica Acta*, 1979, S. 355-364).

Vielmehr hatte er Petterssons Versuche in den 90er Jahren des 19. Jahrhunderts, jahreszeitliche synoptische Untersuchungen in der Nordsee auf internationaler Ebene durchzuführen, mit all seinen Möglichkeiten unterstützt und wollte diese Untersuchungen auch auf die Ostsee ausdehnen¹⁷¹. Sein Engagement für diese Forschungen verstärkte sich mit den Möglichkeiten die ihm die Mitgliedschaft in der Kommission boten.

Die *Deutsche Wissenschaftliche Kommission für die Internationale Meeresforschung (DWKI)*¹⁷², mit ihren im Vergleich zur Kommission in Kiel wesentlich größeren finanziellen Mitteln und einem eigenen Forschungsschiff, dem *Reichsforschungsdampfer Poseidon*¹⁷³, boten Krümmel, der auch Mitglied in dieser Kommission war, noch bessere Bedingungen für seine Forschungen über die jahreszeitlichen Veränderungen der physikalischen Bedingungen im Meer im Rahmen der *Internationalen Organisation für Meeresforschung (International Council for Exploration of the Sea, ICES)*, der er seit dem 21. Juli 1902 als Delegierter angehörte¹⁷⁴.

Zudem verfasste er in den Jahren 1903 bis 1910 das zweibändige *Handbuch der Ozeanographie*¹⁷⁵, welches umfassend das Wissen der damaligen Zeit über die Meere wiedergibt und weltweite Verbreitung fand. Das Erscheinen des zweiten Teils des Handbuches stellt zugleich den Höhepunkt als auch das Ende seiner wissenschaftlichen Publikationen dar, denn danach erschienen bis zu seinem Tod nur noch zwei weitere kleinere wissenschaftliche Arbeiten¹⁷⁶. Der Umfang dieses Werkes, Band 1 umfasst 526 und Band 2 sogar 766 Seiten, lässt erahnen, wie viel Arbeit es Krümmel gekostet haben muss, das Material für dieses Handbuch zusammenzustellen, auszuwerten und zu Papier zu bringen.

Trotz dieser von ihm vorrangig betriebenen Arbeiten hat er Erhebung meteorologischer und meereskundlicher Daten an der Küste und auf See nicht völlig außer Acht gelassen, denn Kohlmann weist darauf hin, dass er das von ihm benutzte handschriftliche Beobachtungsmaterial der Stationen *Adlergrund*, *Stollergrund*, *Sonderburg* und *Fehmarn Belt* von Krümmel zu Verfügung gestellt wurde¹⁷⁷.

¹⁷⁰ Smed, 2006, S. 121.

¹⁷¹ Ulrich, Kortum, 1997, S. 242-243.

¹⁷² Gerlach, Kortum, 2000, S. 9.

¹⁷³ Siehe dazu S. 25.

¹⁷⁴ Herwig, 1905, S. 19.

¹⁷⁵ Krümmel, 1907, 1911.

¹⁷⁶ Ulrich, Kortum, 1997, S. 283-288.

¹⁷⁷ Kohlmann, 1905, S. 5-6.

Möglichst bald nach Monatschluss einzufenden.

Prüf.

Tagebuch der Sturmwarnungsstelle zu *Borkumriff*

985

Monat

Witterungsercheinungen.

Jahr

1904.

a) Tägliche Beobachtungen.

Datum	Anemoid 35 m. m.	Windrichtung und -Stärke (nach 2-Stunden)			Wetter nach beim Zerkommens-Gebilde			Sergang 0-9			Niederschlag*) in mm		Bemerkungen. (Anmerkungen sind genau zu machen, vgl. 2. u. 3.)
		35 m. m.	35 m. m.	35 m. m.	35 m. m.	35 m. m.	35 m. m.	35 m. m.	35 m. m.	35 m. m.	35 m. m.	35 m. m.	
1.	766,0	SSO	4	SSO	4	SSO	4	3	3	2		Wetter sehr heftig	
2.	766,8	SSO	3	SSO	3	SSO	4	4	3	2		"	
3.	766,5	SSO	4	SSO	4	SSO	5	1,7	1	1,7		stärk. D	
4.	766,7	SSO	4	SSO	4	SSO	4	2	4	4		in 3/4 V	
5.	765,0	SSO	3	SSO	3	SSO	4	2	2	4			
6.	769,8	SSO	3	SSO	2	SSO	1	3	3	3			
7.	770,0	SSO	3	SSO	4	SSO	6	2	2	3		von 12 u. bis 1 u. p.	
8.	761,2	SSW	4	SSW	3	SSW	2	2	2	2		stärk. D	
9.	758,5	SSW	3	SSW	3	SSW	3	3	5	4		stärk. D	
10.	764,0	SSW	5	SSW	6	SSW	6	7	3	4		stärk. D	
11.	761,8	SSW	5	SSW	6	SSW	6	8	3	4		stärk. D	
12.	757,0	SSW	4	SSW	4	SSW	3	9	8	9		stärk. D	
13.	757,4	SSW	6	SSW	8	SSW	6	5	5	5		stärk. D	
14.	741,8	SSW	6	SSW	6	SSW	6	5	3	0		stärk. D	
15.	745,3	SSW	9	SSW	9	SSW	8	3,5	3	2		stärk. D	
16.	750,1	SSW	6	SSW	6	SSW	6	6	3	3		stärk. D	
17.	763,4	SSW	6	SSW	6	SSW	4	1	3	3		stärk. D	
18.	766,2	SSW	4	SSW	3	SSW	3	1,5	2	0		stärk. D	
19.	762,2	SSW	4	SSW	3	SSW	3	2	1	2		stärk. D	
20.	776,3	SSO	4	SSO	2	SSO	2	4	3	3		stärk. D	
21.	772,0	SSW	3	SSW	3	SSW	3	4	4,7	1		stärk. D	
22.	776,0	SSO	2	SSO	1	SSO	1	2	1	4		stärk. D	
23.	775,5	SSW	4	SSW	3	SSW	3	8	4	4		stärk. D	
24.	772,5	SSW	1	SSO	2	SSO	4	8	1,7	1		stärk. D	
25.	769,0	SSW	2	SSW	3	SSW	3	4	4	3		stärk. D	
26.	763,1	SSW	4	SSO	5	SSW	5	7	8	1		stärk. D	
27.	765,1	SSW	5	SSW	5	SSW	5	2	2	5		stärk. D	
28.	762,2	SSW	5	SSW	5	SSW	5	4	4	4		stärk. D	
29.	762,7	SSW	3	SSW	3	SSW	3	4	3	1		stärk. D	
30.	762,4	SSW	5	SSW	5	SSO	5	1,7	1,7	1		stärk. D	
31.	756,0	SSO	4	SSO	4	SSO	5	4	1	1		stärk. D	

*) Die am 1. u. 2. u. 3. dieses und des folgenden Monats gemessenen Niederschläge sind stets einzutragen!

(Am 1. des folgenden Monats Summe...)

Form. III. 20.

Summe 1540 mm

1544

Abb. 14: Auszug aus dem meteorologischen Journal der Feuerschiffstation Borkumriff vom Januar 1904, (Deutscher Wetterdienst)

Krümmels Nachfolger in Kiel, Schultze Jena, blieb weniger als zwei Jahre auf dieser Position, da er schon 1913 einen Ruf nach Marburg annahm. In dieser kurzen Zeit hat er, was die Messungen auf den Stationen betrifft, keine Spuren hinterlassen, was auch auf seinen Nachfolger Mecking zutrifft, der ab 1913 bis 1920 Mitglied der Kommission war. Mecking hatte auch keine Möglichkeiten, die Messungen wieder zu

beleben, da mit Ausbruch des Ersten Weltkrieges alle meereskundlichen Arbeiten nach und nach zum Erliegen kamen.

Vergleichbare meteorologische und meereskundliche Daten wurden auch in Schweden, Dänemark und Finnland gesammelt und veröffentlicht. Schweden begann schon sehr früh, meteorologische Daten an Küstenstationen und Feuerschiffen aufzuzeichnen. 1860 begannen diese Messungen auf der Feuerschiffposition *Finngrundet* auf gleichnamigem Feuerschiff in der westlichen Bottenvik. 1879 wurden erste hydrographische Messungen an der Küstenstation *Varberg* im Kattegat durchgeführt. Für wie wichtig diese Messungen angesehen wurden, geht daraus hervor, dass das *Schwedische Nautisch-Meteorologische Büro* in Stockholm 1879 zwei Anweisungen herausbrachte, in denen beschrieben wurde, wie zum Einen meteorologische und zum Anderen hydrographische Messungen durchzuführen waren¹⁷⁸. In den hydrographischen Instruktionen werden die an den Stationen eingesetzten Messgeräte detailliert beschrieben. Zusätzlich gibt es Abbildungen dazu und die Probennahme wird eingehend erläutert. Ab 1897 gab das *Dänische Meteorologische Institut* meteorologische und hydrographische Daten der dänischen Küstenstationen und der Feuerschiffe in der Schriftenreihe *Nautisk-Meteorologiske Observationer* heraus¹⁷⁹. Seit Anfang 1900 wurden auf finnischen Leuchttürmen und Feuerschiffen in der Bottenvik und dem Finnischen Meerbusen auf Veranlassung der *Finnischen Sozietät der Wissenschaften* und des *finnischen Lotsenamtes* meteorologische und hydrographische Messungen durchgeführt, die ab diesem Zeitpunkt in den *Finländischen Hydrographisch-Biologischen Untersuchungen* publiziert wurden¹⁸⁰.

Dass aber noch weitere meereskundliche und meteorologische Daten auf den deutschen Feuerschiffen erfasst wurden, wird durch die Jahresberichte der *Deutschen Seewarte* belegt. Der Präsident der *Deutschen Seewarte* in Hamburg, Georg Balthasar von Neumayer, hatte ein von Matthew Fontaine Maury (1806 – 1873)¹⁸¹ eingeführtes System der Sammlung und Auswertung meteorologischer und meereskundlicher Daten auf Basis freiwilliger und unentgeltlicher Mitarbeit von Schiffskapitänen übernommen. Diese erhielten sogenannte *meteorologische Journale*, in die sie alle während einer Seereise gemachten Messungen eintrugen, um sie dann nach

¹⁷⁸ Nautisk-Meteorologiska Byrån, Stockholm, 1879a, 1879b.

¹⁷⁹ Dansk Meteorologisk Institut, 1897–1961.

¹⁸⁰ Finländische Hydrographisch-Biologische Untersuchungen, Helsingfors, 1912.

¹⁸¹ Matthew Fontaine Maury (1806-1873), U. S. amerikanischer Marineoffizier, der erstmalig ein System zur Sammlung und Auswertung meereskundlicher und meteorologischer Daten zur Unterstützung der Schifffahrt einführte. Er gilt als Begründer der modernen operationellen Ozeanographie (Poggen-dorff, 1898, S. 887-888).

Rückkehr der *Deutschen Seewarte* zur Auswertung zu übergeben¹⁸². In den Jahresberichten der *Deutschen Seewarte* wurden Statistiken über die eingegangenen Journale veröffentlicht. Der Jahresbericht von 1884 vermeldet, dass das Feuerschiff *Adlergrund* mit meteorologischen Journalen ausgestattet wurde¹⁸³. In den Jahren 1893 und 1894 lieferte auch das Feuerschiff *Stollergrund* meteorologische Daten an die *Deutsche Seewarte*¹⁸⁴. Ab 1895 wurden auf dem Feuerschiff *Adlergrund* neben den meteorologischen Beobachtungen auch solche über den Wind, die Strömung, das spezifische Gewicht und damit über den Salzgehalt und die Temperatur des Meerwassers durchgeführt¹⁸⁵.

Im Jahresbericht von 1904 werden meteorologische Journale eines *Eiderschiffs 2* erwähnt¹⁸⁶, um welches Feuerschiff es sich hierbei handelt, kann, solange die Originaldaten nicht vorliegen, nicht geklärt werden, denn eine Feuerschiffposition mit diesem Namen hat es nie gegeben. Die beiden Feuerschiffpositionen vor der Eidermündung lauteten *Außeneider* und *Eider*. Nach 1904 erfolgen keinen namentlichen Erwähnungen der Feuerschiffe, die sich an der Erhebung meteorologischer und meereskundlicher Daten für die *Deutsche Seewarte* beteiligten.

In den Jahren 1912 und 1913 wird die Datenabgabe der Feuerschiffe an die *Deutsche Seewarte* nur noch pauschal im Abschnitt „Sonderberichte“ erwähnt¹⁸⁷. Danach gibt es in den Jahresberichten keine weiteren Hinweise darauf, dass weiterhin Messungen auf den Feuerschiffen erfolgten.

Allerdings konnte nachgewiesen werden, dass die Erwähnung der Messungen von Feuerschiffen nur sehr lückenhaft und unvollständig erfolgte.

Im *Seewetteramt Hamburg* des *Deutschen Wetterdienstes* werden die Daten der Sturmwarnungsstellen der *Deutschen Seewarte* digitalisiert. Dabei wurden meteorologische Tagebücher von Feuerschiffen, die nicht in den Jahresberichten erwähnt werden, entdeckt. Es fanden sich beispielsweise Aufzeichnungen der Feuerschiffe *Ausseneider* aus den Jahren 1904 bis 1914 und *Borkumriff* aus den Jahren 1904 bis 1912 (Abb. 14) und dann noch aus dem Jahr 1914¹⁸⁸. Allerdings sind die Arbeiten noch nicht abgeschlossen und es gibt bislang keine vollständige Erfassung, welche

¹⁸² Machoczek, 2010, S. 83.

¹⁸³ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1884, 1884, S. 13.

¹⁸⁴ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1893, 1894, S. 10, Jahresbericht 1894, 1895, S. 13.

¹⁸⁵ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1895, 1896, S. 9.

¹⁸⁶ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1904, 1905, S. 23.

¹⁸⁷ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1912, 1913, S. 9, Jahresbericht 1913, 1914, S. 12.

¹⁸⁸ Dr. Birger Tinz, Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt Hamburg, persönliche Mitteilung vom 17. 02. 2014.

Feuerschiffe an den Messungen teilgenommen haben und über welchen Zeitraum hinweg die Daten erfasst wurden.

Die Daten selbst dienten der täglichen Arbeit der *Deutschen Seewarte* und sind bislang nicht veröffentlicht worden. In den meteorologischen Journalen wurden der Luftdruck, die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit, das Wetter nach einem vorgegebenen Wetterschlüssel¹⁸⁹, der Seegang und der Niederschlag an der Station eingetragen. Eine weitere Spalte war für alle sonstigen Beobachtungen vorgesehen¹⁹⁰.

¹⁸⁹ Deutsche Seewarte, Instruktionen für den Meteorologischen Dienst der Deutschen Seewarte, 1879, S. 36-37.

¹⁹⁰ Deutsche Seewarte, Tagebuch der Signalstelle Borkumriff 1904, 1904.

3. Der Erste Weltkrieg und seine Folgen

Der Ausbruch des Ersten Weltkrieges verursachte einschneidende Veränderungen für die Arbeit der Kommission. Alle bisherigen Arbeiten kamen zum Erliegen. Nur die Arbeiten im biologischen Laboratorium gingen bis 1917 weiter. Die kriegsdienstfähigen Mitarbeiter wurden während des Krieges zu Militärdienst eingezogen, daher wurde es immer schwerer, die Arbeiten im Labor weiterzuführen. 1919 wurde es dann endgültig aufgelöst¹⁹¹, da nach der Niederlage des Kaiserreiches eine Weiterführung der Forschung wie vor dem Krieg nicht mehr möglich war, da die alten Strukturen zusammengebrochen und die zukünftigen Forschungsmöglichkeiten noch völlig unklar waren.

Durch den verlorenen Krieg hatten sich die Rahmenbedingungen für meereskundliche Forschungen im Deutschen Reich dramatisch verschlechtert. Angesichts der katastrophalen wirtschaftlichen Lage war es dringend geboten, die meereskundliche Forschung im Deutschen Reich neu zu organisieren, da nur noch geringe Mittel dafür

Großbritannien besaß 1913 mit 18.696.000 BRT die größte Handelsflotte der Welt; das Deutsche Reich lag mit 5.082.000 BRT an zweiter Stelle und hatte die USA mit 2.998.000 BRT und Norwegen mit 2.458.000 BRT deutlich auf die Plätze drei und vier verwiesen¹⁹².

Die Kaiserliche Marine war 1918 mit circa 1,2 Millionen t zur zweitstärksten Seemacht der Welt hinter Großbritannien mit etwa 2,8 Millionen t herangewachsen¹⁹³.

Die Niederlage des Kaiserreiches 1918 beendete den ersten Weltkrieg und die Vertreter der Weimarer Republik mussten sich den Bedingungen der Siegermächte beugen. Der Friedensvertrag von Versailles vom 16. Juli 1919 hatte einschneidende Folgen sowohl für die Handels- als auch für die Kriegsmarine.

Das Vertragswerk regelte in den Artikeln 181 bis 197 die Zusammensetzung und Stärke der künftigen Reichsmarine¹⁹⁴. Alle modernen Kriegsschiffe mussten ausgeliefert werden, lediglich eine Rumpfflotte veralteter Einheiten zur Küstenverteidigung war erlaubt.

¹⁹¹ Brandt, 1921, S. 78.

¹⁹² Rübner, 2005, S. 442.

¹⁹³ Doepgen, 2005, S. 15.

¹⁹⁴ Reichsministerium des Inneren, 1919, S. 943–957.

Die Bestimmungen, die die Handelsschifffahrt betrafen, fielen ebenso hart aus. Anlage III des Vertrages mit seinen Paragraphen 1 bis 9 regelte die Auslieferung der deutschen Handelsflotte an die Siegermächte. Es durften nur Schiffe, die nicht größer als 1600 BRT waren, behalten werden¹⁹⁵. Dadurch reduzierte sich die Tonnage der deutschen Handelsschifffahrt von 5.082.000 BRT, hinter Großbritannien der zweitgrößte Tonnagebestand der Welt im Jahr 1913, auf lediglich 673.000 BRT im Jahr 1920 und lag damit noch weit unter den Werten von Schweden (1.073.000 BRT), Spanien (974.000 BRT) und Dänemark (803.000 BRT)¹⁹⁶ lediglich an dreizehnter Stelle.

Die *Deutsche Seewarte* in Hamburg sollte, so wurden die Aufgaben im Reichsgesetzblatt von 1875 beschrieben, die „Förderung der Kenntnisse der Naturverhältnisse des Meeres, soweit diese für die Schifffahrt von Interesse sind“ und die „Förderung der Kenntnisse der Witterungserscheinungen an den deutschen Küsten und ihre Verwertung zur Sicherung und Erleichterung des Schifffahrt-Verkehrs“ vorantreiben¹⁹⁷. Mit dem Anwachsen der deutschen Handels- und Kriegsmarine hatte sich die Seewarte aus kleinen Anfängen zu einem international anerkannten Institut entwickelt, das sich seinen Aufgaben weltweit widmete und deren Bedeutung parallel mit dem Wachstum der deutschen Schifffahrt immer mehr zugenommen hatte.

Durch die Auslieferung der Kriegs- und Handelsschiffe, hatten die Aufgaben der Seewarte nach dem Ersten Weltkrieg in ihrem Umfang drastisch abgenommen, überseeische Schifffahrt mit deutschen Schiffen fand nicht mehr statt. Deshalb verstärkte die Seewarte ihre Aktivitäten in Nord- und Ostsee.

Die neue Ausrichtung der Deutschen Seewarte wird im Jahresbericht der Jahre 1919-1920 deutlich. Hier heißt es: „2. Der jetzigen Gesamtlage entsprechend vereinigt die Abteilung H ihre Kräfte jetzt hauptsächlich auf die Ozeanographie der heimischen Meere, ohne die freien Ozeane auszuschließen. Ein ständiger Beobachtungsdienst wird auf den wichtigsten deutschen Feuerschiffen eingerichtet, besonders für Strombeobachtungen. Dieser Schritt ist umso notwendiger, weil die Beobachtungen der Küstenstationen im System der Preußischen Kommission zu Kiel voraussichtlich nicht wieder ins Leben gerufen werden können. Die volle Ingangsetzung der Arbeit der Seewarte auf diesem Gebiet soll 1921 bringen. Am Ende 1920 waren *Elbe 4* und *Elbe 1* schon seit Monaten in dieser Hinsicht tätig¹⁹⁸.“

¹⁹⁵ Reichsministerium des Inneren, 1919, S. 1019–1027.

¹⁹⁶ Rübner, 2005, S. 444.

¹⁹⁷ Reichsministerium des Inneren, 1875, S. 11.

¹⁹⁸ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1919-1920, 1921, S. 19.

3.1 Die Deutsche Seewarte

Pläne zur Schaffung einer Zentralstelle für Hydrographie und maritime Meteorologie gehen bis auf das Jahr 1865 zurück. Georg von Neumayer (1826 – 1909)¹⁹⁹ präsentierte seine Überlegungen hierzu auf dem ersten deutschen Geographentag, der im Oktober 1865 in Frankfurt stattfand.

Zwar fand er Zustimmung für seinen Plan zur Errichtung einer Zentralstelle für Hydrographie und maritime Meteorologie, der Geograph Otto Volger (1822 – 1897)²⁰⁰ prägte dafür den Begriff *Seewarte*, allerdings konnte Neumayer seinen Plan nicht umsetzen. Dies gelang Wilhelm von Freeden (1822 – 1894)²⁰¹ 1868 in bescheidenerem Rahmen mit der Gründung der *Norddeutschen Seewarte* als privater Einrichtung mit Unterstützung der Handelskammern von Bremen und Hamburg. Sie hatte ihren Sitz im *Seemannshaus* in Hamburg, das heute noch als Teil des Hotels *Hafen Hamburg* existiert. Das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)*, Nachfolger der *Deutschen Seewarte*, hat seinen Hamburger Dienstsitz in direkter Nachbarschaft zum Seemannshaus.



Abb. 15: Deutsche Seewarte (1868 - 1881), links, das neue Gebäude (1881 - 1945), rechts, (BSH, Stabsstelle, Fotoarchiv)

Freeden wie auch Neumayer waren sich bewusst, dass die Gründung der privaten Norddeutschen Seewarte nur eine Notlösung darstellte. Die Reichsgründung am 18. Januar 1871 im Spiegelsaal zu Versailles schuf einen föderalistischen Bundesstaat, in dem zentrale Strukturen entstanden, die Aufgaben für alle im Deutschen Reich zusammengefassten Mitglieder übernahmen. Damit bot sich die Möglichkeit,

¹⁹⁹ Neue Deutsche Biographie, Bd. 19, 1999, S. 166-168.

²⁰⁰ Poggendorff, 1971, S. 740.

²⁰¹ Neue Deutsche Biographie, Bd. 5, 1961, S. 388.

die *Norddeutsche Seewarte* in ein Institut des *Deutschen Reiches* zu überführen. Freeden und Neumayer legten im Mai einen 16seitigen *Entwurf eines Organisationsplanes für das nautisch-meteorologische und hydrographische Institut, Die Deutsche Seewarte. Auf der Basis der bereits in Hamburg bestehenden Norddeutschen Seewarte*²⁰². vor, in dem sie anregten, dieses Institut unter die Aufsicht des Reichskanzleramtes zu stellen und ihm den Charakter einer Reichsanstalt zu verleihen Allerdings war ihrem Anliegen vorerst kein Erfolg beschieden.

In der Zwischenzeit nahmen die Pläne, die private *Norddeutsche Seewarte*, die sich ab 1872 *Deutsche Seewarte* nannte, in eine staatliche Institution zu überführen, konkrete Formen an. Da sich die Hoffnungen Freedens, die staatliche *Deutsche Seewarte* als Direktor führen zu können, zerschlugen, - er sollte lediglich als Abteilungsleiter übernommen werden und ein noch zu bestimmender Direktor die Geschäfte führen -, verkaufte er verärgert und verbittert das gesamte Inventar der *Deutschen Seewarte* für 21.000,- Reichsmark an das Deutsche Reich. Drei seiner Mitarbeiter, Kurt Koldewey (1837 – 1908)²⁰³, W. Reinert und E. Mewes führten ihre Arbeit im Reichsinstitut fort, drei weitere Mitarbeiter, M. Kirstein, A. Schück und H. Eylert kamen neu hinzu. Die Stelle des Direktors blieb vorerst unbesetzt. Neumayer übernahm vom 9. Januar 1875 bis zum 12. Januar 1876 die Wahrnehmung der Geschäfte, um dann ab dem 13. Januar 1876 zum Direktor der *Deutschen Seewarte* ernannt zu werden²⁰⁴. Diese Stelle hielt er bis zu seinem Ausscheiden als wirklicher Geheimrat am 30. Juni 1903 inne²⁰⁵. Da die Zahl der Aufgaben und damit auch die Zahl der Mitarbeiter stetig anstiegen, reichte der im *Seemannshaus* zur Verfügung stehende Raum bald nicht mehr aus. Deshalb wurde auf dem Stintffang ein neues Dienstgebäude errichtet, das 1881 bezogen werden konnte. Nachdem das Gebäude 1945 durch Bomben vollständig zerstört wurde, errichtete man an diesem Ort eine Jugendherberge, die sich noch heute dort befindet (Abb.15).

Neumayer hatte die *Deutsche Seewarte*, die Teil der Kaiserlichen Marine war und damit dem Kriegsministerium unterstand, als Zivilist und Wissenschaftler geleitet. Einen militärischen Rang hatte er nie innegehabt.

Dies änderte sich mit seinem Nachfolger. Konteradmiral a. D. Alfred Herz (1850 - 1936) übernahm am 20. Juni 1903 die Leitung der Deutschen Seewarte. Diese Position hielt er bis zu seinem Ausscheiden am 01. November 1911 inne²⁰⁶. Mit

²⁰² Freeden, Neumayer, 1871, 16 S.

²⁰³ Neue Deutsche Biographie, Bd. 12, 1980, S. 458-459.

²⁰⁴ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1878, 1878, S. 4-9.

²⁰⁵ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1903, 1904, S. 1.

²⁰⁶ Hildebrand, Henriot, 1988, 2, S. 77-78.

ihm übernahm erstmalig ein Nichtfachmann die Leitung der wissenschaftlich orientierten *Deutschen Seewarte*. Ein Mitarbeiter der Seewarte, Julius Gilcher (1875 – 1955) schildert in seinen Lebenserinnerungen, wie wenig Herz über wissenschaftliche Kenntnisse verfügte²⁰⁷. Daraus ergaben sich Spannungen zwischen den Wissenschaftlern und dem Direktor²⁰⁸. Für die Durchführung der Aufgaben und die Weiterentwicklung der *Deutschen Seewarte* war diese Konstellation nicht optimal²⁰⁹.

Nach dem Ausscheiden von Konteradmiral Herz übernahm Konteradmiral a. D. Karl Behm (1864 – 1919) am 1. November 1911 die Leitung der *Deutschen Seewarte*²¹⁰. In seine Zeit als Direktor fällt eine wichtige Umstrukturierung der Deutschen Seewarte. Am 1. April 1912 übernahm Gerhard Schott (1866 – 1961)²¹¹, der ab 1893 an der *Deutschen Seewarte* tätig war, die Leitung der neu geschaffenen Ozeanographischen Abteilung. Damit wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass dem meereskundlichen Aspekt in den Arbeiten der *Deutschen Seewarte* im Vergleich zur maritimen Meteorologie ein höherer Stellenwert als bisher zugemessen werden musste. Schon Neumayer hatte dies wohl bemerkt und mit der Verpflichtung Otto Krümmels, wenn auch nur zeitweilig, einen meereskundlichen Spezialisten für die Erstellung der Atlanten und Segelhandbücher gewinnen können.

Behm wurde aus gesundheitlichen Gründen vorzeitig mit Wirkung vom 31. März 1919 in den Ruhestand entlassen und ist schon am 13. Juni desselben Jahres nach einer Operation in München verstorben²¹².

Hans Hector Bernhard Capelle (1864 – 1948)²¹³ übernahm als erster Leiter mit der Amtsbezeichnung „Präsident“ nach dem ersten Weltkrieg am 15. April 1919 die schwierige Aufgabe, die *Deutsche Seewarte* durch die turbulente Nachkriegszeit zu führen und sie neu auszurichten. Auch Capelle war kein Wissenschaftler. Er war 1901 als Korvettenkapitän aus der Marine ausgeschieden, um Aufgaben im Marine-

²⁰⁷ Gilcher, Kolb, 2009, S. 117.

²⁰⁸ Gilcher, Kolb, 2009, S. 119-120.

²⁰⁹ Die Tendenz in staatlichen Behörden höhere Leitungspositionen mit fachfremden Personen zu besetzen, scheint ein immer wiederkehrendes Problem zu sein. Waren die ersten Präsidenten des *Deutschen Hydrographischen Instituts*, dem Nachfolgeinstitut der *Deutschen Seewarte*, noch Fachwissenschaftler, wurde 1989 ein Jurist zum Leiter des Instituts (später *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie*) ernannt. Diese Entwicklung wird im Gutachten des Wissenschaftsrates vom 8. Mai 2008 insofern bemängelt, als in seinen Empfehlungen deutlich gemacht wird, dass die Position des Präsidenten von einer Person besetzt werden sollte, die „gleichermaßen über ausgewiesene Managementfähigkeiten und wissenschaftliche Reputation in einer der für das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie maßgeblichen naturwissenschaftlichen bzw. ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen verfügt“ (Wissenschaftsrat, 2008, S. 15).

²¹⁰ Hildebrand, Henriot, 1988, Bd. 1, S. 81-82.

²¹¹ Poggendorff, 2003, S. 2156.

²¹² Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie 1919, S. 188.

²¹³ Deutsche Hydrographisches Institut, Deutsche Hydrographische Zeitschrift 1948, S. 108.

observatorium in Wilhelmshaven zu übernehmen, dessen Vorstand er 1909 übernahm und bis zu seinem Wechsel zur *Deutschen Seewarte* ausübte.

Aufgrund der Regelungen des Versailler Vertrages war dem Deutschen Reich nur eine Rumpflotte verblieben. Die schwerwiegendste Bestimmung der Marine betreffend, war ihre Beschränkung auf 15.000 Mann. Damit konnten nicht einmal die der Marine verbliebenen Schiffe in Dienst gehalten werden²¹⁴. Damit nun möglichst viel Personal für die Schiffe zur Verfügung gestellt werden konnte, wurde die *Deutsche Seewarte* am 1. Oktober 1919 aus der Reichsmarine losgelöst und dem *Reichsverkehrsministerium* angegliedert²¹⁵. Auch Teile des *Marineobservatoriums Wilhelmshaven* kamen zur *Deutschen Seewarte*. Dazu gehörten der Gezeitendienst und der Wind- und Sturmflutwarndienst²¹⁶.

In Capelles Zeit als Direktor der *Deutschen Seewarte* fällt nicht nur die Wiederaufnahme der meteorologischen und meereskundlichen Messungen auf deutschen Feuerschiffen, sondern auch die Teilnahme von zwei Wissenschaftlern der *Deutschen Seewarte*, Erich Kuhlbrodt (1891 – 1972)²¹⁷ als Meteorologe und Arnold Schumacher (1889 – 1967)²¹⁸ als Ozeanograph an der *Deutschen Atlantischen Expedition 1925 – 1927 mit dem Forschungs- und Vermessungsschiff METEOR*²¹⁹. Diese Expedition gilt auch heute noch als ein wichtiger Meilenstein der modernen Meeresforschung in Deutschland.

Alfred Wegener (1880 – 1930)²²⁰, der mit seiner Theorie zur Bewegung der Kontinente zum Wegbereiter der modernen Plattentektonik wurde, war wie auch sein älterer Bruder Kurt Wegener (1878 – 1964)²²¹, seit 1919 bis in die frühen 1920er Jahre als Meteorologe an der *Deutschen Seewarte* tätig. Zusammen mit anderen international bekannten Wissenschaftlern gelang es den von Neumayer begründeten hohen wissenschaftlichen Standard der *Deutschen Seewarte* in den Zeiten des Umbruchs und der Neuorientierung zu halten und weiter auszubauen.

Als Capelle Ende 1926 in den Ruhestand trat, wurden seine Bemühungen um die *Deutsche Seewarte* auf besondere Weise gewürdigt. Das *Reichsverkehrsministerium* verlieh ihm die Seewarten-Medaille in Gold, die vor ihm nur Neumayer verliehen

²¹⁴ Doeppen, 2005, S. 31.

²¹⁵ Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie 1920, S. 145.

²¹⁶ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1919-1920, 1921, S. 15-16.

²¹⁷ Poggendorff, 2003, S. 1740-1741.

²¹⁸ Poggendorff, 2003, S. 2186.

²¹⁹ Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition, 1932, S. 21.

²²⁰ Poggendorff, 1962, S. 880-881.

²²¹ Poggendorff, 2003, S. 2350-2351.

worden war und nach Wiedereinführung dieser Medaille nach dem Zweiten Weltkrieg nicht wieder verliehen worden ist²²².

Zum Nachfolger Capelles wurde Vize-Admiral a. D. Hugo Dominik (1871 – 1933)²²³ als Präsident der *Deutschen Seewarte* bestellt. In seiner Amtszeit wurden wichtige Entscheidungen getroffen, die es der *Deutschen Seewarte* ermöglichten, den stetig steigenden Anforderungen Rechnung tragen zu können. Die deutsche Handelsschifffahrt hatte sich nach Kriegsende außergewöhnlich rasch erholt. Im Jahre 1928 betrug die Handelsschiff-tonnage schon wieder 3.777.000 BRT. Das entsprach zwar nicht dem Wert des Jahres 1913, aber es war in den acht Jahren von 1920 bis 1928 gelungen, aus dem vernachlässigbaren Restbestand der ehemals zweitgrößten Handelsflotte der Welt wieder auf den vierten Rang der Handelsflotten der Welt aufzurücken²²⁴. Dementsprechend weiteten sich die Aufgaben der Deutschen Seewarte wieder aus, die sich nach dem Krieg erst einmal auf die Unterstützung der küstennahen Schifffahrt beschränkt hatte, nun aber wieder der weltweit agierenden deutschen Handelsschifffahrt Unterstützung leisten musste.

Eine weitere wichtige Aufgabe ergab sich durch die rasche Entwicklung in der Luftfahrt. Dies führte 1927 zur Einführung eines Seeflugreferates, welches die beginnende ozeanübergreifende Luftfahrt mit Beratung und Informationen versorgte²²⁵.

Allerdings hatte die personelle als auch die räumliche Ausstattung der *Deutschen Seewarte* mit der Ausweitung der Aufgaben nicht Schritt gehalten. Dies führte dazu, dass der 15. Deutsche Seeschiffahrtstag am 30. Juni 1928 die Reichsregierung dazu aufforderte, der *Deutschen Seewarte* die zur Durchführung ihrer Aufgaben notwendigen Mittel bereit zu stellen. Einige Monate später, am 9. Oktober 1928, stellte die Direktorenkonferenz der Deutschen Meteorologischen Institute mit Blick auf die steigende Wichtigkeit des Ozeanwetterdienstes eine ebensolche Forderung²²⁶. Die 1929 ausbrechende Weltwirtschaftskrise führte aber zu einer Verzögerung der angedachten Maßnahmen, da die dafür bereitzustellenden Finanzmittel nicht mehr zur Verfügung standen. Dominik erlebte den Beginn der Erweiterungsmaßnahmen nicht mehr, denn ein Herzschlag setzte am 15. September 1933 seinem Leben ein plötzliches Ende.

Zu seinem Nachfolger wurde, am 19. Juni 1934 zunächst kommissarisch und am 14. August dann endgültig, Konteradmiral a. D. Dr. h. c. Fritz Spieß (1881 –

²²² Deutsches Hydrographisches Institut, *Deutsche Hydrographische Zeitschrift* 1948, S. 108.

²²³ Hildebrand, Henriot, 1988, Bd. 1, S. 255-256.

²²⁴ Rübner, 2005, S. 444.

²²⁵ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1927, 1928, S. 1.

²²⁶ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1928, 1929, S. 1.

1959)²²⁷ bestellt. Die Position des Präsidenten der *Deutschen Seewarte* bekleidete er bis zur ihrer Auflösung kurz vor Ende des Zweiten Weltkrieges im April 1945.

Zwar war Spieß ebenfalls kein Wissenschaftler, aber als Kapitän des Vermessungsschiffes *Meteor* war er vor Beginn der großen *Deutschen Atlantischen Expedition* in den Südatlantik in den Jahren 1925 – 1927 wissenschaftlich geschult worden und hatte nach dem Tod des wissenschaftlichen Expeditionsleiters Alfred Merz (1880 – 1925)²²⁸ am 16. August 1925 auch die wissenschaftliche Fahrtleitung übernommen²²⁹. In Anbetracht der Verdienste, die er sich um die Expedition erworben hatte, wurde ihm nach der Rückkehr am 11. Juli 1927 die Ehrendoktorwürde der Universität Kiel verliehen²³⁰.

Als Spieß die Leitung der *Deutschen Seewarte* übernahm, hatte es schon eine grundlegende organisatorische Änderung in der Zugehörigkeit der *Deutschen Seewarte* zu einem Reichsministerium gegeben. Von 1919 bis zum 30. März 1934 war sie dem *Reichsverkehrsministerium* unterstellt gewesen. Zu Beginn des Jahres 1934 waren insgesamt 91 meteorologische Institute und Dienststellen zum *Reichswetterdienst* zusammengefasst und dem *Reichsluftfahrtministerium* unterstellt worden. Dazu gehörte auch die *Deutsche Seewarte*, da ein großer Teil ihrer Aufgaben die Meteorologie betraf. Allerdings hatte man den hydrographisch-nautischen Aufgabenbereich in die Verantwortung der Kriegsmarine gelegt. Dies führte zu dem paradoxen Zustand, dass zwei Ministerien für ein und dieselbe Institution zuständig waren.²³¹ Dies hatte zur Folge, dass es zu Kompetenzstreitigkeiten und Parallelentwicklungen kam, die die Effizienz der *Deutschen Seewarte* negativ beeinträchtigten. In seinem Bericht vom 19. Mai 1945 zeigt der Leiter des Sachgebietes Wetterinstrumente, Johannes Georgi (1888 – 1972)²³² auf, dass diese Organisationsstruktur einer sinnvollen Arbeit nicht zuträglich war²³³.

1934 wurde dann endlich mit dem schon lange geforderten Erweiterungsbau begonnen werden. Die Räumlichkeiten im alten Seewartengebäude hatten schon lange nicht mehr für die steigende Zahl der Mitarbeiter ausgereicht. 1912 waren dort 62 Personen untergebracht, 1934 mussten sich 110 Personen die Räumlichkeiten teilen²³⁴. Am 6. Dezember 1935 konnten die Erweiterungsbauten, ein Neubau mit 46

²²⁷ Hildebrand, Henriot, 1988, Bd. 3, S. 353-355.

²²⁸ Neue Deutsche Biographie, Bd. 17, 1994, S. 196-198.

²²⁹ Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition, 1932, S. 21-26.

²³⁰ Hoheisel-Huxmann, 2007, S. 105.

²³¹ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1934, 1935, S. 6.

²³² Loewe, 1972, S. 155-158.

²³³ Archiv des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie, Ordner 7091, S. 5.

²³⁴ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1934, 1935, S. 7.

Arbeitsräumen und ein Bibliotheksflügel bezogen werden²³⁵. Damit hatte man die Voraussetzung für die Unterbringung zusätzlicher Mitarbeiter geschaffen, die in den folgenden Jahren zur Erledigung der im Rahmen der Kriegsvorbereitungen immer umfangreicher werdenden Aufgaben benötigte, wobei die Zahl der weiblichen Mitarbeiter vor allen Dingen nach Ausbruch des Krieges stark zunahm. Waren 1938 etwa 270 Personen bei der Deutschen Seewarte beschäftigt, stieg diese Zahl im Laufe des Krieges auf 400 Personen an²³⁶. Kurz vor Kriegsende am 30. April 1945, vier Tage vor der kampflosen Übergabe der Stadt Hamburg an die Engländer, versuchte Spieß der Deutschen Seewarte wieder ein ziviles Gepräge zu verleihen, in dem er das Personal aus dem aktiven Wehrdienst entließ und die Seewarte als höhere Reichssonderbehörde der Staatsverwaltung Hamburgs unterstellte²³⁷.

Allerdings gelang es ihm damit nicht, den Fortbestand der deutschen Seewarte zu sichern, denn die Alliierten waren sich des militärischen Charakters der Deutschen Seewarte wohl bewusst und lösten sie deshalb auf, um später ein ziviles Institut zu gründen, welches sich ausschließlich mit nichtmilitärischen Angelegenheiten der Schifffahrt beschäftigen durfte.

3.2 Das Messnetz der Deutschen Seewarte – Strategie und Nutzen

Der verlorene Erste Weltkrieg und die Bestimmungen des Versailler Vertrages hatten direkten Einfluss auf die Tätigkeiten der *Deutschen Seewarte*. Die bisherige, ozeanweite Erforschung der Meere zur Unterstützung der weltweit operierenden Handelsflotte verlor ihre Grundlage mit der weitgehenden Ablieferung der Handelsflotte an die Siegermächte. Die verbliebenden Schiffe eigneten sich nur für Fahrten in der Nord- und Ostsee. Auch spielte die Kriegsmarine keine Rolle mehr, denn ihre wenigen Schiffe waren nur noch für Verteidigung der eigenen Küsten zu gebrauchen.

Die weitgehende Beschränkung der meereskundlichen Arbeiten auf die heimischen Meere erfolgte nicht aus innerer Überzeugung, sondern war mehr oder weniger den Gegebenheiten geschuldet. Im Jahresbericht der deutschen Seewarte der Jahre 1919 – 1920 heißt es: „Der jetzigen Gesamtlage entsprechend vereinigt die Abteilung H ihre Kräfte jetzt hauptsächlich auf die Ozeanographie der heimischen

²³⁵ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1935, 1936, S. 3.

²³⁶ Middeldorff, 1993, S. 25.

²³⁷ Archiv des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie, Ordner 7091, S. 1-2.

Meere, ohne die freien Ozeane auszuschließen²³⁸.“ Hier wird deutlich, dass die Verantwortlichen der *Deutschen Seewarte* bemüht waren, sich alle Möglichkeiten offenzuhalten, um, wenn dafür wieder die Rahmenbedingungen vorhanden waren, an vor dem Krieg betriebene Ozeanforschung anschließen zu können. Ein Indiz für die als wenig bedeutsam angesehene Erforschung der hydrographischen Verhältnisse von Nord- und Ostsee liefert der selbstverfasste Lebenslauf Franz Zorrels (1898-1956) aus dem Jahre 1949. Darin wird deutlich, dass der damalige Leiter der Abteilung Ozeanographie der *Deutschen Seewarte* Gerhard Schott diesen Arbeiten wenig abgewinnen konnte. Zorell schreibt: „Der in seinem Denken vorwiegend ozeanisch eingestellte Prof. Schott erwartete von hydrographischen Beobachtungen aus der Nordsee auch nicht viel“. Zorell teilte allerdings die Ansicht seines Vorgesetzten nicht, denn er fährt fort: „Ich benutzte jedoch jede Gelegenheit, das Netz der Beobachtungsstationen zu verengern und erkannte bald, dass dies doch zu gewissen Resultaten führen müsste²³⁹.“

Vorerst widmete man sich seitens der *Deutschen Seewarte* notgedrungen der Erforschung des meereskundlichen Zustands der deutschen Küstenmeere. Um ihn zu erfassen und seine zeitlichen wie räumlichen Variationen zu erkennen und das den gewonnenen Zustandsbeschreibungen zugrunde liegende physikalische System definieren zu können, gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen.

Bevor eine Messstrategie entworfen wird, sind einige grundlegende Fragen zu klären. Welche Parameter müssen erfasst werden? Sind die dafür vorhandenen Messgeräte vorhanden und reicht ihre Genauigkeit und ihre Auflösung aus, um aussagekräftige Messwerte zu erzielen? In welchem Zeitabstand muss gemessen werden und mit welchem Abstand müssen die Messpunkte in dem zu betrachtenden Meeresgebiet verteilt werden? Welche finanziellen Mittel stehen zur Verfügung?

Für ozeanische Untersuchungen mit den dort herrschenden großräumigen Prozessen, die eine relativ geringe zeitliche Variabilität aufweisen, können schon einzelne Messkampagnen die grundlegenden Strukturen beschreiben. In einem Küstenmeer wie der Nordsee erlangt man mit einer einzigen Messkampagne nur eine Momentaufnahme des aktuellen Zustandes. Bei genügend dichter Stationsfolge lassen sich auch kleinräumige Strukturen erfassen, die Schwankungen aufgrund der hohen zeitlichen Variabilität des Systems aber nicht. Dies bedeutet, dass Messkampagnen in möglichst kurzen Zeitabständen zu erfolgen haben, um die zeitliche Variabilität auflösen zu können. Die beste Lösung für dieses Problem sind fortwährende

²³⁸ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1919-1920, 1921, S. 19.

Messungen mit einem gleichbleibenden Zeitabstand und an einem festen Messort. Allerdings reichen die vorhandenen Finanzmittel niemals aus, um ein optimales Stationsgitter von Messstationen aufbauen zu können. Es müssen Abstriche bei dem was wünschenswert ist gemacht werden und ein System mit den zur Verfügung stehenden Mitteln errichtet werden, das den größtmöglichen Ertrag an Messwerten erzielt.

Da sich nun die *Deutsche Seewarte* der intensiven Erforschung der Nordsee und hierbei besonders der Deutschen Bucht verschrieben hatte, mussten Mittel und Wege gefunden werden, um möglichst viele Messungen aus diesem Gebiet zu erhalten. Da die finanziellen Mittel sehr begrenzt waren und sich dieser Zustand bis zur Machtergreifung der Nationalsozialisten am 30. Januar 1933 nicht grundlegend änderte, war an den Aufbau eigener Messstationen nicht zu denken. Die preisgünstigste Lösung bestand darin, schon bestehende Stationen für die eigenen Messungen zu nutzen. Die auf den Feuerschiffpositionen in der Deutschen Bucht ausliegenden Feuerschiffe boten sich als Plattformen für zusätzliche meteorologische und meereskundliche Messungen an. Für die Aufnahme des Messbetriebes wurden die Feuerschiffe auf den für die Messungen vorgesehenen Positionen mit Messgeräten ausgestattet und die Besatzungen in die Handhabung dieser Geräte und das Probennehmen von Wasserproben eingewiesen.

Auch wenn die räumliche Verteilung der Feuerschiffe aus meereskundlicher und meteorologischer Sicht nicht einem idealen Stationsnetz entsprach und auch die Zahl der täglichen Messungen aus Rücksicht auf den täglichen Routinebetrieb nicht beliebig erhöht werden konnte, lieferte die Errichtung dieses Beobachtungssystems einen maßgeblichen Beitrag zur Erforschung des hydrographischen Zustandes der Deutschen Bucht und Teilen der westlichen Ostsee.

Neben den politischen und wirtschaftlichen Gründen sich mit der Erforschung der deutschen Küstenmeere zu beschäftigen, gab es wichtige wissenschaftliche Gründe, die meteorologischen und ozeanographischen Verhältnisse in der südlichen Nordsee und der westlichen Ostsee zu erfassen.

Die *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* hatte sich unter der Leitung von Karsten ab 1872 etwa 20 Jahre lang intensiv mit der Erhebung von Daten an der Nord- und Ostseeküste und ihrer Auswertung beschäftigt. Ergebnisse und Daten wurden in den Jahresberichten der Kommission und in gesonderten Datenbänden veröffentlicht. 1884 wurden die ersten Isothermenkarten der Nordsee

²³⁹ Zorell, 1949, 3 S.

veröffentlicht²⁴⁰. Allerdings erlahmten nach dem altersbedingten Ausscheiden Karsens die Bemühungen um die Erfassung der meteorologischen und meereskundlichen Parameter. Nach der Eröffnung der *Biologischen Anstalt Helgoland* wandte sich das Interesse der Kommission immer mehr biologischen Fragestellungen zu. Zwar wurden noch an einigen Stationen meeresphysikalische und meteorologische Daten erhoben, diese aber nicht mehr ausgewertet und publiziert. Der Ausbruch des Ersten Weltkrieges bedeutete schließlich das Ende dieser Arbeiten.

Wie wichtig die Wiederaufnahme der Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffpositionen und die Bereitstellung von Daten war, zeigt sich im Vorwort zum 1927 erschienenen *Atlas für Temperatur, Salzgehalt und Dichte der Nordsee und der Ostsee* der *Deutschen Seewarte*. Dort heißt es: „In der Literatur über die heimischen Meere fehlt bislang ein Atlas der wichtigsten hydrographischen Faktoren. Abgesehen von dem rein geographischen Interesse liegt für eine derartige Darstellung ein Bedürfnis vor für manche fachwissenschaftlichen und technischen Fragen, wie zahlreiche in den letzten Jahren bei der Deutschen Seewarte eingegangene Anfragen ergeben. Es sei verwiesen auf die Unterwasserschiffahrt, die Unterwasserschalltechnik, auf Fragen des Schiffbaues (Kühlwasseranlagen an Bord), die Hydrobiologie, insbesondere die Fischereibiologie. Auch für die rationelle Bewirtschaftung der Telegraphenkabel z. B. ist die Kenntnis von Temperatur und Salzgehalt des Bodenwassers wertvoll, wie Anfragen der Reichspost beweisen²⁴¹.“ Sogar die Daten der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* wurden für die Karten in diesem Atlas verwendet. 1935 erschienen die *Monatskarten für die Nord- und Ostsee*. Die Karten dienten in erster Linie zur Unterstützung der Schiffsführung. Sie enthielten Angaben über die vorkommenden Windrichtungen und Windstärken, über die Häufigkeit von Niederschlag und Nebel und die mittlere Luft- und Wassertemperatur, sowie Angaben über die magnetischen Verhältnisse und über die Eisverhältnisse. Vier Nebenkarten auf der Rückseite der Hauptkarten enthielten Darstellungen der mittleren Windstärken, der mittleren Lufttemperatur, der Linien gleicher Temperatur und gleichen Salzgehaltes des Oberflächenwassers für jeden einzelnen Monat²⁴².

Zwei Jahre zuvor, 1925, hatte die *Deutsche Seewarte* den *Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme für das Gebiet der Nordsee, des Kanals und der Britischen Gewässer* herausgegeben. Es handelte sich um eine völlige Neufassung des erstmalig

²⁴⁰ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1877-1878-1879-1880-1881, 1884, S. 58-59..

²⁴¹ Deutsche Seewarte, *Atlas für Temperatur, Salzgehalt und Dichte der Nordsee und Ostsee*, 1927.

²⁴² Deutsche Seewarte, *Monatskarten für die Nord- und Ostsee* 1935.

1905 erschienen Atlases, der 1921 und 1923²⁴³ in weiteren Auflagen gedruckt wurde²⁴⁴. Die Gezeitenstromangaben des Atlases im Bereich der Deutschen Bucht beruhten in dieser Auflage in erster Linie auf den Messungen, die auf Veranlassung der *Deutschen Seewarte* auf den Feuerschiffpositionen vorgenommen wurden. Diese Daten waren von besonders wertvoll, denn es gab nur ganz vereinzelte Messungen der Gezeiten und des Gezeitenstroms auf hoher See. Die Feuerschiffdaten ermöglichten erstmalig eine umfassende Darstellung der Gezeiten und Gezeitenströme im Bereich der inneren Deutschen Bucht aufgrund von Messdaten und nicht aufgrund theoretischer Überlegungen. Dieser Atlas wurde von der Schifffahrt intensiv genutzt. Das hatte zur Folge, dass der Auflage von 1925 bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges drei weitere Auflagen in den Jahren 1936, 1939 und 1943 folgten²⁴⁵.

Die auf den Feuerschiffpositionen erhobenen Messwerte wurden zusammen mit weiteren Daten ausgewertet, um zusätzliche Informationen für die Schifffahrt zu liefern. Diese Informationen wurden in Form von Handbüchern für die unterschiedlichen Seegebiete bereitgestellt. Im *Ostsee-Handbuch, südlicher Teil*, von 1931 findet man im Abschnitt *Wind, Wetter, Strömungen, Eis* einen expliziten Hinweis auf die Strömungsmessungen an der Feuerschiffposition Adlergrund²⁴⁶.

Ebenso wurden im Abschnitt *Mißweisung, Gezeiten, Gezeitenströme, Wind, Wetter und Eis* im *Nordsee-Handbuch, östlicher Teil*, von 1932 Informationen von den Feuerschiffpositionen in der Nordsee verarbeitet²⁴⁷.

Zur Unterstützung der fischereibiologischen Forschung der *Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung* wurden neben Schiffsdaten alle Daten der Feuerschiffe in der Nordsee der Jahre 1920 bis 1932 für die Untersuchungen herangezogen. In den Jahren 1930 bis 1933 wurde zeitweilig ein verstärkter Beobachtungsdienst auf den Feuerschiffen eingerichtet. Die Temperatur- und Salzgehaltsverhältnisse wurden nach zwei Gesichtspunkten behandelt. Es galt zum einen den jährlichen Gang zu bestimmen und zum anderen die Differenz im Gang in den einzelnen Beobachtungsjahren zueinander und Faktoren, von denen die Abweichungen vom mittleren Jahresgang abhängig sind, zu ermitteln²⁴⁸.

²⁴³ Unveränderter Nachdruck der Ausgabe von 1921.

²⁴⁴ Deutsche Seewarte, Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme für das Gebiet der Nordsee, des Kanals und der Britischen Gewässer, 1905, 1921, 1923, 1925.

²⁴⁵ Deutsche Seewarte, Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme für das Gebiet der Nordsee, des Kanals und der Britischen Gewässer, 1936, 1939, 1943.

²⁴⁶ Marineleitung, 1931, S. 108.

²⁴⁷ Marineleitung, 1932, S. 125-160.

²⁴⁸ Schulz, 1935, S. 199-200.

Messungen meteorologischer Parameter auf See, die für eine Wettervorhersage zeitnah ausgewertet werden konnten, gab es bis zur Ausrüstung der wichtigsten Feuerschiffpositionen mit Funkanlagen, beginnend mit der Feuerschiffposition *Borkumriff* am 15. Mai 1900²⁴⁹ überhaupt nicht. Die Messungen waren besonders wertvoll, da mit ihnen Stürme und Extremwetterlagen besser erkannt und vor ihnen früher und präziser gewarnt werden konnten. Dies stellte eine wesentliche Verbesserung der Sicherheit für die Seefischerei und der allgemeinen Schifffahrt im Bereich der Deutschen Bucht dar, denn diese Region der Nordsee gilt aufgrund der hier herrschenden meteorologischen Verhältnisse, die besonders im Winter extreme Formen annehmen können, als ein besonders gefährliches Meeresgebiet²⁵⁰.

3.3 Die Messstationen der Deutschen Seewarte

Nachdem es sich durch die Kriegsereignisse bedingt immer mehr abzeichnete, dass die *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* nicht mehr in der Lage sein würde, die Messungen an den Küsten- und Hochseestationen in der Nord- und Ostsee wieder aufnehmen zu können, entschloss sich die *Deutsche Seewarte* diese Messungen weiter zu führen.

Allerdings sollten nur noch Messungen auf den bemannten Feuerschiffen durchgeführt werden und die Messungen an den Küstenstationen entfallen, da die Daten von den Feuerschiffen umfangreicher und von wesentlich größerem Nutzen für die *Deutsche Seewarte* waren, als die Daten der Küstenstationen.

Insgesamt wurden Daten auf 12 Feuerschiffpositionen in der Nordsee und auf vier Positionen in der Ostsee erhoben. Den Anfang machten 1920 die Feuerschiffpositionen *Elbe 1* und *Elbe 4*, 1921 kamen in der Nordsee die Feuerschiffpositionen *Amrumbank*, *Außeneider*, *Borkumriff*, *Minsener Sand*, *Norderney* und *Weser* und die Position *Adlergrund* in der Ostsee hinzu. 1922 folgten dann in der Nordsee die Feuerschiffposition *Bremen* und in der Ostsee die Feuerschiffposition *Fehmarnbelt*. In den dreißiger Jahren wurden dann noch auf weiteren fünf Feuerschiffpositionen meteorologische und meereskundliche Messungen aufgenommen. 1935 waren das die

²⁴⁹ Ulsamer, 2004, S. 66.

²⁵⁰ Siehe hierzu: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Klima und Wetter in der Nordsee, 1994.

Feuerschiffpositionen *Außenjade*, *Elbe 2* und *Elbe 3* in der Nordsee und 1936 die Feuerschiffpositionen *Flensburg* und *Kiel* in der Ostsee (Abb. 16)²⁵¹.



Abb. 16: Die Messstationen der Deutschen Seewarte (1920 – 1939) in Nord- und Ostsee, (Meereskundliche Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, Jahr 1939, S. IV)

Von den insgesamt 16 Feuerschiffpositionen auf denen Daten für die *Deutsche Seewarte* erhoben wurden, waren vier Schiffe auch Messstationen der Kieler Kommission: die Feuerschiffpositionen *Außenjade* und *Weser* in der Nordsee, *Adlergrund* und *Fehmarnbelt* in der Ostsee.

3.4 Die Messungen

Am 9. November 1920 starteten auf den Feuerschiffpositionen *Elbe 1* und *Elbe 4*²⁵² meteorologische und meereskundliche Messungen im Auftrag der *Deutschen Seewarte*²⁵³. Da aufgrund der schlechten wirtschaftlichen Situation nach dem verlorenen Ersten Weltkrieg anfangs die Mittel für eine umfangreiche Ausrüstung aller

²⁵¹ Aus Kapazitätsgründen begann die Deutsche Seewarte mit den Messungen auf Feuerschiffen erst auf einigen wenigen Schiffen, um später, als sich die wirtschaftlichen Bedingungen verbesserten und ausreichend Finanzmittel und Personal zur Datenaufbereitung zur Verfügung stand, mehr und mehr Feuerschiffe als Messstationen zu nutzen. Politische Erwägungen nach der Machtergreifung der Nationalsozialisten spielten dabei keinerlei Rolle, wenn man davon absieht, dass die Deutsche Seewarte insgesamt stark gefördert wurde, um die ozeanweiten Aktivitäten zu intensivieren. Die Messungen auf den Feuerschiffen waren dafür nicht von Belang.

²⁵² Es werden zwar keine Gründe für die Wahl dieser beiden Stationen genannt, aber da es sich um die beiden küstennächsten Stationen in der Deutschen Bucht handelt, dürfte die leichte Erreichbarkeit ausschlaggebend für die Wahl dieser Stationen gewesen sein.

²⁵³ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1924 und 1925, 1928, S. V.

deutschen Feuerschiffe fehlte, wurden zu diesem Zeitpunkt nur diese zwei Stationen, die zudem besonders dicht vor der Küste lagen und damit leicht zu erreichen waren, mit den notwendigen Messgeräten versehen werden. Nach und nach wurden immer mehr Feuerschiffpositionen mit Messinstrumenten ausgerüstet und die Besatzungen der Feuerschiffe begannen, meteorologische und meereskundliche Daten aufzuzeichnen und an die *Deutsche Seewarte* zu liefern. 1936 wurde die die größte Zahl an Messstationen erreicht. Insgesamt wurden auf 16 Feuerschiffpositionen Daten erhoben, davon lagen 12 Positionen in der Nordsee und vier in der Ostsee²⁵⁴.

Hatte der Schwerpunkt der Messungen der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* bei den meteorologischen Parametern und bei der Messung von Temperatur und Salzgehalt des Meerwassers gelegen, so wurde bei den Messungen im Auftrag der *Deutschen Seewarte* besonderer Wert auf die Erfassung der Strömung und der Stromkenterzeiten²⁵⁵ gelegt. Zusammen mit den Beobachtungen über Windstärke und Windrichtung waren diese Beobachtungen von großem Nutzen für die Sicherheit der Schifffahrt und der Fischerei bei Sturm, wie auch für die Routenplanung.

Besonderer Augenmerk richtete sich auf der zeitlichen Verdichtung der Messungen. Waren bei den meteorologischen Messungen der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* die Windrichtung und die Windstärke dreimal gemessen und die Himmelsbedeckung einmal am Tag beobachtet worden, wurden nun Windstärke, Windrichtung, Wetter, Seegang und Strom sechsmal am Tag auf den Feuerschiffen in der Nordsee erfasst und zwar um 0, 4, 8, 12, 16 und 20 Uhr, wobei die Wetterdaten nicht veröffentlicht wurden. Ab 1932 erfolgte eine Änderung dieses Zeitschemas. Nun begannen die täglichen Messungen nicht um 0 Uhr sondern um 4 Uhr und endeten nicht um 20 Uhr sondern um 24 Uhr²⁵⁶. Auf den Ostseefeuerschiffen erfolgten die Messungen der Stromrichtung und Stromstärke nur drei Mal am Tag um 8, 12 und 16 Uhr²⁵⁷.

Bei den Messungen von Wassertemperatur und Salzgehalt übernahm man allerdings nicht mehr das Zeitschema, das bei den Messungen der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* zur Anwendung gekommen war. Für die

²⁵⁴ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1936, 1937, S. V.

²⁵⁵ Unter der Stromkenterzeit versteht man den Zeitpunkt, an dem der Flutstrom zum Halten kommt und der Ebbstrom einsetzt und umgekehrt.

²⁵⁶ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1932, 1934, S. III. Diese Änderung ist nicht trivial, denn der Tagesgang verschiebt sich um vier Stunden. Bei der alten Einteilung wird der 24 Uhr Wert nicht mehr zum letzten Wert eines Tages, sondern als 0 Uhr Wert zum ersten Wert des nächsten Tages. Bei einer Tagesmittelwertbildung bei ansonsten gleichen Messwertreihen ergeben sich durch das geänderte Tagesschema auch unterschiedliche Mittelwerte für die einzelnen Tagesmittelwerte.

Nordseemessungen wurde ein neuer Messrhythmus festgelegt. Da der Flutstrom in der Deutschen Bucht kürzer als der Ebbstrom läuft, wurden bei den täglichen Messungen, die früher um 8 Uhr erfolgten²⁵⁸, mehr Daten bei Ebb- als bei Flutstrom ermittelt, was dazu führte, dass die Mittelwerte nicht mehr gleich gewichtet waren. Um dies zu gewährleisten, wurde nun nicht mehr zu einer festen Zeit gemessen, sondern es wurden spezielle Tage vorgegeben, an denen während zweier aufeinanderfolgender Stauwasser²⁵⁹ Messungen durchgeführt wurden. Bei diesen Tagen handelte es sich um Tage an denen entweder Spring²⁶⁰- oder Nipptiden²⁶¹ vorhanden waren, als auch solche mit mittlerer Tide. Diese Tage wurden für ein Jahr im Voraus berechnet und dann den Feuerschiffsbesatzungen zur Verfügung gestellt. Daraus ergab sich, dass pro Monat maximal je 18 Temperatur- und Salzgehaltswerte erhoben wurden.

Waren früher nur Messungen an der Wasseroberfläche und in Bodennähe vorgenommen worden, erfolgten die Messungen nun in zwei weiteren Tiefenhorizonten. Die Messtiefen von 5 m und 10 m entsprachen den Standardtiefen für meereskundliche Messungen, wie sie bei Messungen an Bord von Forschungsschiffen bei Profilmessungen zur Anwendung kamen²⁶².

In der Ostsee sind die Gezeiten nur schwach ausgeprägt. Während in der Deutschen Bucht bei Helgoland mittlere Gezeitenhübe von zirka 2,3 m auftreten²⁶³, erreicht die Amplitude der halbtägigen Gezeit in der Ostsee nicht mehr als 12 cm und die der eintägigen Gezeit nicht mehr als 15 cm²⁶⁴. Dementsprechend sind auch die Gezeitenströme viel kleiner und müssen bei der Festlegung der Messstrategie nicht berücksichtigt werden.

Deshalb erfolgten die Messung der Wassertemperatur und das Entnehmen einer Wasserprobe zur Bestimmung des Salzgehaltes einmal täglich um 8 Uhr an der

²⁵⁷ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1924 und 1925, 1928, S. VII.

²⁵⁸ Dieses Zeitschema hatte bis zum 31. März 1922 Bestand (Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1926 und 1927, 1929, S. VI).

²⁵⁹ Unter Stauwasser versteht man die Zeit, in der der Flutstrom kentert und in den Ebbstrom übergeht. In dieser Zeit herrscht in Tidengewässern kaum Strömung (Harbord, 1987, S. 279).

²⁶⁰ Bei Vollmond und Neumond stehen Sonne und Mond in einer Linie. Damit addieren sich ihre Anziehungskräfte oder heben sich teilweise auf und rufen besonders hohe oder niedrige Gezeiten hervor (Harbord, 1987, S. 275).

²⁶¹ Steht der Mond im ersten und letzten Viertel sind die Gezeitenkräfte besonders schwach. Deshalb ist auch die Differenz zwischen Hoch- und Niedrigwasser zu dieser Zeit minimal (Harbord, 1987, S. 192).

²⁶² Die Standardtiefen betrugen 0 m, 5 m, 10 m, 25 m, 50 m, 75 m, 100 m, 150 m, 200 m, 250 m, 500 m, 750 m, 1000 m, 1500 m, 2000 m, et cetera. Sie waren so gewählt, dass damit die physikalischen Eigenschaften der Wassersäule bei begrenzt verfügbarer Schöpferzahl möglichst genau erfasst werden konnten und die Messwerte jeder einzelnen Messstation mit den Werten anderer Stationen verglichen werden konnten. Abweichungen von diesen Tiefen erfolgten dann, wenn die hydrographischen Verhältnisse eines Meeresgebietes mit den Standardtiefen nicht ausreichend erfasst werden konnten.

²⁶³ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Gezeitentafeln Europäische Gewässer, 2013, S. 15, S. 204, 2012.

Oberfläche, in 5 m und in 10 m Tiefe und in Bodennähe. Vom 1. Oktober 1922 an änderte sich das Messschema. Zwar wurde die tägliche Temperaturmessung an der Oberfläche beibehalten, die Zahl der Temperaturmessungen und die Entnahme der Wasserproben in den unterschiedlichen Tiefenstufen reduziert. Wasserproben an der Oberfläche wurden nun nur noch am 1., 6., 11., 16., 21. und 26. eines jeden Monats gewonnen. Am 1., 11. und 21. erfolgten zusätzliche Temperaturmessungen in 5 m, 10 m Tiefe und in Bodennähe. Aus diesen Tiefen wurden dann auch noch Wasserproben entnommen²⁶⁵.

Damit sollte das Messschema dem der schwedischen und finnischen Feuerschiffsbeobachtungen angepasst und die Daten aller drei Messnetze direkt miteinander vergleichbar gemacht werden²⁶⁶.

Mit Beginn des Jahres 1935 wurden Seegang und Strom auf den Feuerschiffen in der Nordsee nicht mehr wie bisher sechsmal am Tag erfasst, sondern die Zahl der Messungen wurde verdoppelt und erfolgte alle zwei Stunden um 2, 4, 6 Uhr und so weiter²⁶⁷. Allerdings wurden die Daten wie bisher nur alle vier Stunden in den Datentabellen abgedruckt.

Für die Feuerschiffbesatzungen bedeutete die stetig steigende Zahl der Messungen eine nicht unerhebliche zusätzliche Belastung, denn die von ihnen freiwillig durchgeführten Messungen benötigten viel Zeit und mussten auch so geplant werden, dass die tägliche Arbeit nicht darunter litt.

Zusätzlich kam hinzu, dass im Laufe der Jahre neue Messgeräte und Messmethoden eingeführt wurden. Damit die Besatzungen der Feuerschiffe den neuen Herausforderungen gewachsen waren und die Qualität der Messungen gesichert werden konnte, wurde im Jahr 1934 die *Anleitung zur Ausführung der meereskundlichen Beobachtungen auf den deutschen Nordseefeuerschiffen* von der *Deutschen Seewarte* herausgegeben²⁶⁸. In dieser Anleitung wird detailliert beschrieben, wie die Ergebnisse der meteorologischen Messungen in standardisierte Formulare einzutragen sind. Hinzu kommen eine Anleitung zur Bestimmung der Oberflächenwassertemperatur und zur Entnahme von Wasserproben und eine Erläuterung zur Messung

²⁶⁴ Lass, Magaard, 1995, S. 69.

²⁶⁵ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1924 und 1925, 1928, S. VII.

²⁶⁶ Dieser Hinweis in den Meereskundlichen Beobachtungen und Ergebnissen entspricht nicht dem Schema, welches in dem Datenband der *Schwedischen Hydrographisch-Biologischen Kommission* bezüglich der Feuerschiffdaten vorgefunden wird (Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionen, 1924–1931). Auch die finnischen Feuerschiffsbeobachtungen weichen von dem deutschen Messschema ab (Merentutkimuslaitoksen Julkaisu, No. 38, 1926, S. 22–25).

²⁶⁷ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1935, 1936, S. V.

²⁶⁸ Deutsche Seewarte, Anleitung zur Ausführung der meereskundlichen Beobachtungen auf den deutschen Nordseefeuerschiffen, 1934.

des Oberflächenstroms mittels eines Stromkreuzes. Auch wenn diese Anleitung für die Nordseefeuerschiffe herausgegeben wurde, kann davon ausgegangen werden, dass diese Anleitung auch für die Besatzungen auf den Ostseefeuerschiffen galt.

Bemerkenswert ist, dass diese Anleitung erst 1934 verfasst wurde, nachdem die Messungen für die *Deutsche Seewarte* schon 14 Jahre vorher im Jahre 1920 begonnen hatten²⁶⁹. Vergleichbare Instruktionen hatte das Schwedische Nautisch-Meteorologische Büro in Stockholm bereits mit Aufnahme meteorologischer und hydrographischer Messungen auf den schwedischen Küstenstationen und Feuerschiffen im Jahre 1879 herausbracht, in denen beschrieben wurde, wie diese Messungen durchzuführen waren²⁷⁰. Die *Deutsche Seewarte* ging in ihren *Instruktionen für den Meteorologischen Dienst der Deutschen Seewarte* aus dem Jahr 1879 nicht auf die speziellen Erfordernisse der meteorologischen Messungen an Bord von Feuerschiffen ein, sondern befasste sich lediglich mit den Messungen der Landstationen²⁷¹.

Wie ernst die Besatzungen der deutschen Feuerschiffe in Nord- und Ostsee diese Messungen nahmen, lässt sich daran erkennen, dass sie selbst unter widrigsten Wetterbedingungen durchgeführt wurden. Erst wenn diese so schlecht wurden, dass ein gefahrloses Arbeiten an Deck nicht mehr möglich war, wurden die hydrographischen Messungen eingestellt, die meteorologischen Messungen von der Brücke aus aber weitergeführt.

Beispielhaft hierfür sind die Eintragungen der Feuerschiffe am 27. Oktober 1936 als das Feuerschiff *Bürgermeister O'Swald (I)* auf der Feuerschiffposition *Elbe 1* im Orkan kenterte. Die Feuerschiffe, die nicht auf vor dem Sturm geschützten Positionen lagen, mussten die hydrographischen Messungen aufgrund der zu diesem Zeitpunkt herrschenden extremen Witterungsverhältnisse einstellen²⁷².

Angesichts der umfangreichen Messungen und der damit verbundenen Mehrarbeit fallen die Dankesworte der Leitung der *Deutschen Seewarte* recht karg aus: „Den Feuerschiffsbesatzungen und den Ihnen vorgesetzten Behörden, den preußischen Wasserbauämtern in Emden, Tönning und Kiel, dem Schiffsamt in Cuxhaven, dem Seezeichen- und Lotsenamt der Jade in Wilhelmshaven, der Wasserstraßendirektion in Bremen und dem staatl. Hafenbauamt in Swinemünde ist die

²⁶⁹ Deutsche Seewarte, *Meereskundliche Beobachtungen* 1924 und 1925, 1928, S. V.

²⁷⁰ Nautisk-Meteorologiska Byrån, Stockholm, 1879.

²⁷¹ Deutsche Seewarte, *Instruktionen für den Meteorologischen Dienst der Deutschen Seewarte*, 1879, 60 S.

²⁷² Deutsche Seewarte, *Meereskundliche Beobachtungen* 1936, 1937, S. 10, S. 22, S. 34, S. 46, S. 70, S. 130.

Deutsche Seewarte für die Hülfe bei der Einrichtung und Ausführung der Beobachtungen zu Dank verbunden²⁷³.“

3.4.1 Temperatur

Wie schon bei den Messungen der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* kamen ein Thermometer zur Erfassung der Wassertemperatur in tieferen Schichten und ein weiteres Thermometer für die Messung der Lufttemperatur und der Temperatur der Wasseroberfläche für die Messungen an den Stationen zum Einsatz. Karsten gibt im ersten Jahresbericht der Kommission eine Beschreibung der für die physikalischen Untersuchungen benutzten Instrumente. Das Thermometer zur Messung der Luft- und Oberflächenwassertemperatur besaß eine 1/5° Einteilung²⁷⁴. Weitere Angaben zu diesem Thermometer macht Karsten aber nicht und auch in den Datenbänden, die von der *Deutschen Seewarte* veröffentlicht wurden, finden sich keine weiteren Erläuterungen hinsichtlich der Spezifikationen dieses Thermometers²⁷⁵.

Als Thermometer für die Temperaturmessungen in unterschiedlichen Tiefen kam ein gläsernes, mit Gummi ummanteltes Quecksilberthermometer, wie es auch schon von Meyer für seine Messungen in der westlichen Ostsee verwendet worden war und dann auch für die Messungen der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* benutzt wurde, zum Einsatz.

Allerdings hatte dies zur Folge, dass die Messungen recht lange dauerten, da das Thermometer eine sehr lange Zeit in der beabsichtigten Tiefe ausgebracht werden musste, bevor man sicher sein konnte, dass es trotz der Gummiisolation die Umgebungstemperatur angenommen hatte und diesen Wert anzeigte.

Da ein Teil der gelieferten Werte fragwürdig erschien, wurden die Temperaturmessungen in der Tiefe zum 1. April 1925 eingestellt²⁷⁶.

Anfang Mai bis Ende Dezember 1927 fanden Vergleichsmessungen zwischen mit Gummi isolierten Thermometern und vereinfachten Kippthermometern, wie sie auf den finnischen Feuerschiffen zum Einsatz kamen, auf dem Feuerschiff *Borkumriff (III)* statt. Dabei sollte herausgefunden werden, welcher Thermometertyp besser für Temperaturbeobachtungen in der Tiefe geeignet war.

²⁷³ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1924 und 1925, 1928, S. III.

²⁷⁴ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1872-1873, 1875, S. 6.

²⁷⁵ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1924 und 1925, 1928, S. VI.

Der Vorteil eines Kippthermometers gegenüber dem gummiisolierten Thermometer besteht darin, dass das Kippthermometer eine wesentlich kürzere Zeit in der Messtiefe verbringen muss, um die tatsächliche Wassertemperatur zu erfassen. Diese Anpassungszeit beträgt nicht, wie bei dem gummiisolierten Thermometer eine Stunde, sondern wenige Minuten. Bei diesen Vergleichsmessungen gab man dem Kippthermometer fünf Minuten Zeit sich anzupassen, bevor das Thermometer gekippt und damit die gemessene Temperatur fixiert wurde.

Der entscheidende Nachteil des Kippthermometers gegenüber dem gummiisolierten Thermometer ergab sich durch das unterschiedliche Verhalten beider Geräte an der Oberfläche beim Ablesen der Temperaturwerte. Beim gummiisolierten Thermometer dauerte es bei einer Temperaturdifferenz von zirka 19 K zwischen Thermometer und Umgebung 10 Minuten, bis das Thermometer eine Änderung anzeigte²⁷⁷. Dieser verhältnismäßig lange Zeitraum gab genug Spielraum um den gemessenen Temperaturwert korrekt abzulesen und in das dafür vorgesehen Formular einzutragen. Prinzip bedingt muss das Ablesen des Kippthermometers möglichst schnell nach dem Herausheben erfolgen, da sich sonst das Quecksilber im Thermometer sehr schnell erwärmt, sich ausdehnt und damit einen falschen Wert anzeigt. Um den Fehler möglichst klein zu halten, darf auch die Temperaturdifferenz zwischen der zu messenden Tiefentemperatur und der Lufttemperatur nicht zu groß sein.

Die Versuche ergaben, dass immer dann, wenn die Lufttemperatur Maximalwerte erreichte, auch die Differenz zwischen der Temperatur des gummiisolierten Thermometers und des Kippthermometers maximale Werte bis zu 0,6 K annahm. Damit war bewiesen, dass der Einfluss der Lufttemperatur auf den gemessenen Tiefentemperaturwert nicht ausgeschlossen werden konnte und der Einsatz von Kippthermometern zur Temperaturbestimmung in der Wassersäule keine gesicherten Temperaturwerte liefern konnte²⁷⁸.

Aus diesem Grund wurde auf den weiteren Einsatz von Kippthermometern verzichtet und am 1. Oktober 1927 die Temperaturbestimmung in der Tiefe mittels gummiisolierter Thermometer auf dem Feuerschiff *Borkumriff (III)* wieder aufgenommen. In den nachfolgenden Jahren wurden dann auch auf den anderen Feuerschiffpositionen nach und nach diese Thermometer für die Tiefentemperaturmessungen eingesetzt²⁷⁹.

²⁷⁶ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1924 und 1925, 1928, S. VI.

²⁷⁷ Meyer, 1871, S. 15.

²⁷⁸ Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie 1928, S. 89-91.

²⁷⁹ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1926 und 1925, 1927, S. VII.

Ab dem 1. Januar 1936 erfolgte die Tiefentemperaturmessung nicht mehr mit den gummiisolierten Thermometern. Von nun an kamen isolierte Pettersson-Nansen-Wasserschöpfer für die Probennahme von Wasserproben aus den unterschiedlichen Tiefen zum Einsatz²⁸⁰. Diese enthielten ein druckfestes Quecksilberthermometer²⁸¹, dessen Skala aus dem Schöpferdeckel herausragte und es so ermöglichte, den Temperaturwert noch bei geschlossenem Schöpfer ablesen zu können²⁸². Über die Skaleneinteilung dieser Thermometer werden in den Veröffentlichungen der *Deutschen Seewarte* keinerlei Angaben gemacht.

3.4.2 Salzgehalt und Dichte

Bei der Bestimmung des Salzgehaltes der Wasserproben aus Nord- und Ostsee ging die *Deutsche Seewarte* neue Wege. Es kamen nicht mehr Aräometer, die bei der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* zur Bestimmung der Dichte und des Salzgehaltes verwendet worden waren, zum Einsatz. Die gläsernen Aräometer erforderten eine sehr vorsichtige Handhabung und ihr Einsatz zur Bestimmung der Dichte und des Salzgehaltes setzte eine gewisse handwerkliche Geschicklichkeit im Gebrauch dieses Instruments voraus, um brauchbare Ergebnisse zu erhalten. Bei schlechten Witterungsbedingungen war es kaum möglich, die Messungen, wie vorgeschrieben, durchzuführen.

Um den Feuerschiffbesatzungen die Arbeit zu erleichtern und Fehler bei dem Einsatz von Aräometern zu vermeiden, wurde die Bestimmung des Salzgehaltes und der Dichte nicht mehr an Bord der Feuerschiffe vorgenommen, sondern im Labor der *Deutschen Seewarte*. Die Schöpferproben aus den unterschiedlichen Tiefen wurden an Bord in spezielle Probenflaschen abgefüllt. Der Salzgehalt wurde anschließend im Labor der *Deutschen Seewarte* bestimmt. Dabei kam ein chemisches Verfahren zur Bestimmung des Salzgehaltes zum Einsatz.

²⁸⁰ Deutsche Seewarte, *Meereskundliche Beobachtungen* 1936, 1937, S. VII.

²⁸¹ Bei einem druckfesten Thermometer handelt es sich um ein Thermometer, das von einer Hülle, die den Wasserdruck aufnimmt, damit dieser nicht auf das eigentliche Thermometer einwirken kann, umgeben ist. Bei einem ungeschützten Thermometer drückt der Wasserdruck so auf den Quecksilberbehälter, dass sich sein Volumen verringert und somit zusätzlich Quecksilber in die Kapillare drückt. Das hat eine künstlich erhöhte Temperaturanzeige zur Folge.

²⁸² Dieser Schöpfer ist auch unter dem Namen *Pettersson-Nansen-Schöpfer* bekannt, da Fridtjof Nansen die verbesserte Anbringung des Thermometers in dem Schöpfer selbst initiiert hatte (McConnell, 1982, S. 124).

Lange Zeit wurde der Salzgehalt von Meerwasser durch Chlortitration unter Verwendung einer Silbernitratlösung bestimmt (Abb. 17). Schon Robert Boyle konnte damit qualitative Aussagen über den Salzgehalt von Wasserproben machen, eine quantitative Bestimmung war mit dem chemischen Wissen der damaligen Zeit noch nicht möglich²⁸³.



Abb. 17: Chlortitration im Labor der Deutschen Seewarte, (BSH, Stabsstelle, Fotoarchiv)

Erst mit der Entwicklung eines Verfahrens zur quantitativen Bestimmung von Chlorid- und Bromidionen 1855 durch den deutschen Chemiker Karl Friedrich Mohr wurde eine präzise quantitative Bestimmung des Salzgehaltes von Meerwasser möglich²⁸⁴.

Ein weiteres Titrationsverfahren zur Bestimmung des Salzgehaltes von Meerwasser wurde 1884 von dem ebenfalls deutschen Chemiker Jacob Volhard (1834 – 1910)²⁸⁵ eingeführt.

Beide Verfahren fußen auf der Tatsache, dass zwar der Salzgehalt in den einzelnen Meeren variiert, die relativen Mengenverhältnisse der Bestandteile des Meerwassers aber konstant bleiben, was die unterschiedlichen Salzgehalte miteinander vergleichbar macht. Dies wurde

zuerst von dem Schweizer Chemiker und Arzt Alexander John Gaspard Marcet (1770 – 1882)²⁸⁶ angenommen, der bei den von ihm untersuchten Bestandteilen von Natrium, Chlor und Magnesium keine Differenz der Mengenverhältnisse feststellen konnte²⁸⁷.

²⁸³ Boyle, 1674, S. 19-20.

²⁸⁴ Neue Deutsche Biographie, Bd. 17, 1994, S. 708-709.

²⁸⁵ Poggendorff, 1971, S. 740-741.

²⁸⁶ Poggendorff, 1863a, S. 39-40.

²⁸⁷ Marcet, 1819, S. 150.

Der dänische Chemiker und Mineraloge Johann Georg Forchhammer (1794 – 1865)²⁸⁸ untersuchte sehr aufwendig Meerwasserproben aus unterschiedlichen Meeresregionen und konnte bei den 27 geprüften Bestandteilen ebenfalls keine Differenz in den Mengenverhältnissen finden²⁸⁹.

Bei der Mohr'schen Methode wird Seewasser mit einer Silbernitratlösung bekannter Konzentration bis zu dem Punkt titriert, an dem alle Chloride und Bromide ausgefällt sind. Der Punkt ist erreicht, wenn bei einer Indikatorlösung ein Farbumschlag erreicht wird und trotz geringfügiger Übertitrierung mit Silbernitrat keine weitere Farbveränderung erkennbar ist.

Die Methode von Volhard zur Bestimmung des Salzgehaltes erfordert einen noch höheren Arbeitsaufwand, als die Mohr'sche Methode. Bei ihr wird ein Überschuss der verwendeten Silbernitratlösung dem Seewasser zugeführt und dann die ausgefällten Silberhalogenide ausgefiltert. Der Überschuss an Silber im Filtrat wird durch Titration mit einer Thiocyanatlösung²⁹⁰ bestimmt. Dabei wird eine Ammoniumeisensulfat-Lösung als Indikator benutzt²⁹¹.

Diese Methode hat sich, da mit ihr keine signifikanten Verbesserungen in der Genauigkeit der Werte erzielt werden konnten, in der Praxis aufgrund ihrer Komplexität nicht durchgesetzt.

Der kritische Punkt in beiden Verfahren besteht darin, dass für die Bestimmung des Salzgehaltes zwingend eine Silbernitratlösung verwendet werden muss. Das Problem besteht darin, eine standardisierte Silbernitratlösung herzustellen. Da Silbernitrat nach dem Trocknen zerfällt, ist es als Urstandard nicht gut zu verwenden. Es ist daher nicht möglich, eine Silbernitratlösung bekannter Konzentration herzustellen, in dem eine abgewogene Menge Kristalle in Lösung gebracht wird.

Da also die Vergleichbarkeit von Salzgehaltswerten, die durch Chlortitration bestimmt wurden, nur dann gewährleistet werden konnte, wenn jeweils in aufwendigen Messungen die Konzentration der für die Messungen benutzten Silbernitratlösung möglichst genau bestimmt wurde, musste zur Vereinfachung der Salzgehaltsbestimmung und der verbesserten Vergleichbarkeit ein anderer Weg beschritten werden.

²⁸⁸ Poggendorff, 1898, S. 460.

²⁸⁹ Forchhammer, 1865, S. 214.

²⁹⁰ Thiocyanate sind Salze der Thiocyan Säure, einer anorganischen Säure mit der Strukturformel $\text{H-S-C}\equiv\text{N}$. Bei Hinzufügung von Eisen-Ionen (Fe^{3+}) entsteht als charakteristische Reaktion eine dunkelrote Färbung (Meyers Enzyklopädisches Lexikon, 1978, S. 423).

²⁹¹ Culkin, Smed, 1979, S. 356.

Der dänische Hydrograph Martin Hans Christian Knudsen (1871 – 1949)²⁹² benötigte für seine Messungen einen Standard, um seine Messungen vergleichen zu können. Er nahm eine größere Menge Seewasser und füllte sie in Glasamphoren, die anschließend versiegelt wurden. Vorher hatte er den Chlorgehalt, aus dem sich der Salzgehalt berechnen lässt, durch titrimetrische Messung und den Salzgehalt durch Wägung bestimmen lassen.



Abb. 18: Kopenhagener Standard-Wasserproben zur Bestimmung des Salzgehaltes, (Autor)

Diese außerordentlich aufwendigen Messungen wurden von dem dänischen Chemiker Søren Peter Lauritz Sørensen (1868 – 1939)²⁹³ ausgeführt. Bei der titrimetrischen Methode wird der Chlorgehalt dadurch ermittelt, dass das durch die Titration mit Silbernitrat ausgefällte Silberchlorid abgefiltert, ausgewaschen und nach Eindampfung des Filtrats durch Titration mit Lösungen von Ammoniumrhodanid und Silbernitrat bestimmt wird. Als Indikator diente dabei Ammoniumferri-sulfat. Bei der Salzgehaltsbestimmung wurde eine genau definierte Wassermenge eingetrocknet und bis zu 72 Stunden bei zirka 480° C erhitzt. Damit wurde sichergestellt, dass alle Kohlenstoffverbindungen aus dem Filtrat entfernt wurden.

Anschließend wurde das Filtrat gewogen und der Salzgehalt über das Gewicht bestimmt. Diese Methode lieferte brauchbare Ergebnisse, erforderte aber einen hohen Aufwand, der zur Bestimmung des Salzgehaltes für jede einzelne Wasserprobe nicht praktikabel war.

Der Salzgehalt einer Wasserprobe lässt sich aufgrund der konstanten relativen Mengenverhältnisse recht einfach über den Chlorgehalt bestimmen. Für die gemessenen Chlorgehalte und die gewogenen Salzmenen ergab sich eine Korrelation von: Salzgehalt [‰] = 1,805 * Chlorgehalt [‰] + 0,030²⁹⁴. Allerdings stellte sich heraus, dass diese Korrelation eine gewisse Ungenauigkeit aufwies, da die Proben von

²⁹² Poggendorff, 1973, S. 2509.

²⁹³ Sørensen, 1902, S. 93-137.

²⁹⁴ Knudsen, 1901, S. 3.

Ostseewasser eine etwas unterschiedliche Ionenkomposition zu Meerwasser im offenen Ozean aufwiesen. Nach neuen umfangreichen Messungen wurde 1962 von der *UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)* eine neue verbindliche Formel zur Berechnung des Salzgehaltes aus dem Chlorgehalt herausgegeben. Das additive Glied der alten Formel entfällt und der multiplikative Faktor ändert sich leicht: Salzgehalt [‰] = 1,80655 * Chlorgehalt [‰]²⁹⁵.

Da man nach diesen aufwendigen Messungen aber über eine Anzahl von Wasserproben, deren Chlorgehalt exakt bestimmt war, verfügte, war damit ein Standard geschaffen worden, den man für weitere Chlorgehaltsbestimmungen nutzen konnte. Da die Zahl der Wasserproben des Standards limitiert war, produzierte man einen sogenannten Substandard, in dem man wiederum eine größere Menge Seewasser nahm, deren Chlorgehalt in etwa dem des Standards entsprach, diesen Chlorgehalt mit Hilfe einer Standardprobe exakt bestimmte und die Proben des Substandards für die routinemäßige Chlorbestimmung von Seewasserproben nutzte. Es konnten solange neue Substandards produziert werden, solange Standardproben zur Verfügung standen. War der Standard verbraucht, musste ein neuer Standard hergestellt werden, von dem dann wieder Substandards abgeleitet werden konnten²⁹⁶.

Da der Chlorgehalt der Substandardproben genau bestimmt war, konnte dann bei der routinemäßigen Chlorbestimmung von Meerwasserproben die Konzentration der für diese Messungen benötigten Silbernitratlösung über den Substandard recht einfach bestimmt und damit das Problem der direkten Bestimmung der Konzentration der Silbernitratlösung umgangen werden.

Knudsen präsentierte 1899 bei einem Vorbereitungstreffen in Stockholm zur Gründung des *Internationalen Rats für Meeresforschung (ICES)* einen Vorschlag, der vorsah, dass ein einziges Labor für die Erstellung von Standard- und Substandardwasserproben zuständig sein sollte²⁹⁷. Nach Gründung des *ICES* im Jahre 1902 übernahm Knudsen die Arbeiten zu Herstellung der Wasserproben in dem neu geschaffenen Zentrallabor. Allerdings wurde das Labor 1908 schon wieder geschlossen, da sein Direktor Fridtjof Nansen zum einen keine längerfristige Zusage über die

²⁹⁵ UNESCO, 1962, S. 11.

²⁹⁶ Die beiden äußeren Standardwasserproben in Abbildung 18 zeigen zwei äußerst seltene Substandardproben. Die linke Probe stammt aus dem letzten Substandard aus dem Jahr 1932, der auf dem ersten Standard von Knudsen aus dem Jahr 1906 fußt. Danach musste ein neuer Standard erstellt werden. Die rechte Substandardprobe aus dem Jahr 1937 wurde nach diesem neuen Standard erstellt. Da es sich bei den Proben um Verbrauchsmaterial handelte und keine Notwendigkeit bestand, Proben aufzubewahren, sind so alte Proben extrem rar.

²⁹⁷ Culkin, Smed, 1979, S. 357.

Finanzierung des Labors von den Mitgliedern des Rates erhielt und er zum anderen als norwegischer Botschafter in London tätig war²⁹⁸.

Knudsen übernahm die Produktion des Standard-Wassers in eigener Regie und wurde dafür vom *ICES* finanziell entschädigt (Abb. 18). 1946, Knudsen war zu diesem Zeitpunkt schon 76 Jahre alt, musste dringend eine Lösung für eine zukünftige Bereitstellung von Standard-Wasserproben gefunden werden. Die *Association International d'Océanographie Physique (AIOP)*, die 1967 in *International Association for the Physical Sciences of the Oceans (IAPSO)* umbenannt wurde, übernahm 1948 die Verantwortung für die Herstellung und den Vertrieb der Proben, die weiterhin in Kopenhagen von Knudsens ehemaligen Assistenten Frede Evan Hermann (1917 – 1977)²⁹⁹ produziert wurden. Nachdem dieser 1973 von dieser Aufgabe zurückgetreten war, übernahm 1974 das *Institute of Oceanographic Sciences* in Wormley in Großbritannien die Verantwortung für diese Arbeit³⁰⁰. 1989 wurde die Produktion ausgegliedert und von einer neu gegründeten privatwirtschaftlichen Firma, der *Ocean Scientific International Ltd.* in Havant in der Nähe der englischen Hafenstadt Portsmouth übernommen, die bis heute Standard-Wasser herstellt und vertreibt³⁰¹.

Da nun bei den Messungen der *Deutschen Seewarte* keine Aräometer mehr zum Einsatz kamen, konnte die Dichte des Meerwassers nicht mehr direkt bestimmt werden. Aus Wassertemperatur, Salzgehalt und Wasserdruck lässt sich die Dichte aber berechnen. Die Berechnung selbst ist recht umfangreich und arbeitsaufwendig. Es musste daher eine Möglichkeit geschaffen werden, die wichtigsten abgeleiteten Größen bestimmen zu können, ohne bei jeder Messung immer wieder dieselben Berechnungen durchführen zu müssen.

Martin Knudsen erstellte 1901 unter Mitwirkung einiger dänischer und deutscher Kollegen ein umfangreiches Tabellenwerk, die sogenannten *Hydrographischen Tabellen*, das mehrere Jahrzehnte von Meereskundlern zur einfachen Bestimmung der abgeleiteten Größen benutzt wurde, bis moderne elektronische Datenbearbeitungsverfahren eine noch einfachere Bestimmung dieser Größen ermöglichte³⁰².

Von 1920 bis 1922 fanden Versuche statt, den Salzgehalt des Meerwassers mittels einer optischen Messmethode zu bestimmen. Zum Einsatz kam ein Zeißsches Wasserinterferometer³⁰³. Dieses Instrument macht sich den Umstand zu Nut-

²⁹⁸ Rozwadowski, 2002, S. 47.

²⁹⁹ Culkin, Smed, 1979, S. 360.

³⁰⁰ Culkin, Smed, 1979, S. 362.

³⁰¹ Ocean Scientific International Ltd., 2014, S. 6.

³⁰² Knudsen, 1901, 63 S., siehe Anhang: A.6 Die Hydrographischen Tabellen nach Knudsen.

³⁰³ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1921, 1922, S. 21.

ze, dass einfallendes Licht durch eine Flüssigkeit gebrochen wird und ein Interferenzbild entsteht. Die Differenz in der Konzentration der gelösten Salze in einer Versuchswasserprobe im Vergleich zu einer Referenzwasserprobe ergibt unterschiedliche Interferenzbilder, deren Differenz direkt in einen Salzgehaltswert umgerechnet wird. Allerdings müssen bestimmte Bedingungen erfüllt sein, um brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Besonders wichtig ist hierbei die Forderung, die Temperatur des Vergleichswassers und des Untersuchungswassers stabil zu halten. Dazu kommt, dass die Größe der Probe nicht zu klein gewählt sein darf, damit eine genügende Genauigkeit bei den Messungen erzielt werden kann. Eine Beschreibung eines solchen Wasserinterferometers findet man bei Friedrich Löwe (1874 – 1955)³⁰⁴ in der *Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloide* aus dem Jahr 1912. Im Jahresbericht der *Deutschen Seewarte* für das Jahr 1921 wird vermerkt, dass die Versuche mit dem Wasserinterferometer aufgrund eines technischen Mangels nicht zu Ende geführt werden konnten³⁰⁵.

Ab 1922 wurde dann die Salzgehaltsbestimmung mit diesem Instrument durchgeführt und die Salzgehaltsbestimmung mittels Chlortitration eingestellt. Bei den damals stark steigenden Silberpreisen und der sich damit immer mehr vertuernden Silbernitratlösung, die für die Salzgehaltsbestimmung mittels Chlortitration benötigt wurde, bedeutet dies eine willkommene Entlastung der knapp bemessenen Finanzmittel³⁰⁶. Allerdings waren die technischen Probleme immer noch nicht vollständig gelöst. Im selben Jahr erschien in den *Annalen der Hydrographie* einen Artikel von C. Pape, der vom 15. Januar 1921 bis 31. März 1922 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Ozeanographie der *Deutschen Seewarte* tätig war mit den Ergebnissen seiner Untersuchungen *Über die Verwendbarkeit des Interferometers zur Bestimmung des Salzgehaltes von Meerwasser*. Der Artikel verdeutlicht, dass mit diesem Gerät eine Genauigkeit von 0,03 ‰ bei der Salzgehaltsbestimmung erzielt werden kann, gleichzeitig zeigt er aber auch, dass das Messverfahren höchst kompliziert ist und verschiedene potentielle Fehlerquellen aufweist, die nur von einem gut geschulten Auswerter beherrscht werden können³⁰⁷.

Die Methode, den Salzgehalt von Meerwasser mittels eines optischen Verfahrens zu bestimmen, erwies sich aber nicht als zukunftsweisend. Im Jahresbericht 1923 wird noch vermerkt, dass sich das Interferometer immer mehr bewähre, gleich-

³⁰⁴ Löwe, 1912, S. 226-230.

³⁰⁵ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1921, 1922, S. 21.

³⁰⁶ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1922, 1924, S. 22.

³⁰⁷ Pape, 1922, S. 193-202.

zeitig aber die Augen des Beobachters stark in Anspruch genommen worden waren³⁰⁸, der Jahresbericht 1924 erwähnt noch dass die Bestimmung des Salzgehaltes der Wasserproben der Feuerschiffe in Nord- und Ostsee hauptsächlich interferometrisch erfolgte³⁰⁹, der Jahresbericht 1925 macht keine Angaben zur Analysemethode³¹⁰ und im Jahresbericht 1926 wird lediglich vermerkt dass die Salzgehaltsbestimmung von 2250 Wasserproben mittels Chlortitration erfolgte³¹¹.

Damit wird deutlich, dass die Bestimmung des Salzgehaltes von Meerwasser mittels einer optischen Messmethode prinzipiell möglich war, die Probleme, die sich beim Routinemessbetrieb ergaben aber so gravierend waren, dass trotz der höheren Kosten wieder auf die bewährte Methode der Salzgehaltsbestimmung durch Chlortitration zurückgegriffen werden musste, um die anfallende Zahl der Messungen bewältigen und präzise Messergebnisse liefern zu können.

3.4.3 Wasserproben

In den ersten Jahren nachdem die *Deutsche Seewarte* die meereskundlichen und meteorologischen Messungen auf den Feuerschiffpositionen übernommen hatte, wurden die Wasserproben immer noch mit Hilfe einer Bierflasche aus der entsprechenden Wassertiefe genommen.

Der Inhalt der Bierflasche wurde in spezielle, kleine zirka 100 cm³ fassende Flaschen aus grünem oder braunem Glas abgefüllt³¹². Diese Flaschen hatten einen Bügelverschluss aus weißem Porzellan der einen Gummidichtungsring enthielt. Auf dem Verschluss waren in schwarzer Schrift die Zeichen „D. S.“ für die *Deutsche Seewarte* und eine Nummer angebracht. Mit dieser Nummer war eine eindeutige Zuordnung der Wasserprobe möglich.

Für die Genauigkeit der Salzgehaltsbestimmung im Labor war die Dichtigkeit des Verschlusses von besonderer Bedeutung. War der Stopfen nicht ganz dicht, konnte bei längerer Lagerung ein Teil des Wassers verdunsten, das Salz aber ver-

³⁰⁸ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1923, 1924, S. 19.

³⁰⁹ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1924, 1925, S. 21.

³¹⁰ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1925, 1926, S. 27-28.

³¹¹ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1926, 1927, S. 32.

³¹² Beim Abfüllen der Wasserproben war es wichtig, die Flaschen nicht vollständig zu füllen, da diese, wenn das Wasser kälter als die Umgebungstemperatur war, durch die dann aufgrund der Erwärmung erfolgende Ausdehnung des Wassers dem entstehenden Druck nicht gewachsen waren und platzten. Die Anleitung zur Probennahme, die von der *Deutschen Seewarte* 1934 herausgegeben wurde, gibt eine sehr ausführliche Beschreibung zu diesem Problem. Dies lässt die Vermutung zu, dass wohl immer wieder zu wenig auf dieses Problem bei der Probennahme geachtet wurde und so viele Proben verloren gingen (Deutsche Seewarte, 1934, 12 S.).

blieb in der restlichen Flüssigkeit, was zu einer künstlichen Erhöhung des Salzgehaltes führte. Umgekehrt war es aber auch möglich, dass sich Salzkristalle am Verschluss bildeten, was zu einer künstlichen Verminderung des Salzgehaltes führte. Schon Bjørn Helland-Hansen (1877 – 1957)³¹³ und Fridtjof Nansen haben Versuche durchgeführt, um herauszufinden, welcher Verschluss die geringsten Verfälschungen des Salzgehaltes hervorruft. In ihrer 1909 veröffentlichten Arbeit über die Norwegische See kamen sie zu dem Ergebnis, dass der Bügelverschluss mit Gummidichtung die besten Resultate lieferte³¹⁴. Die *Deutsche Seewarte* hatte daraufhin solche Flaschen für ihre Wasserproben eingeführt (Abb. 19). Dieser Flaschentyp blieb mehrere Jahrzehnte in Gebrauch und wurde dann durch Glasflaschen mit einem speziellen Plastikstopfen und einem zusätzlichen Drehverschluss abgelöst.



Abb. 19: Wasserprobenflaschen der Deutschen Seewarte, (Autor)

Für die Wasserprobenflaschen wurden spezielle hölzerne Transportkisten gefertigt die 50 Flaschen enthielten. Diese wurden in regelmäßigen Abständen zusammen mit den Protokollheften an Bord der Feuerschiffe gebracht und die gefüllten Kisten in das Labor der *Deutschen Seewarte* zurückgeschickt, wo die Bestimmung des Salzgehaltes erfolgte. Anschließend wurden die Flaschen mehrmals mit Süßwasser ausgespült und getrocknet, bevor sie dann wieder zum Einsatz kamen.

Allerdings ergab sich bald ein Problem. Die Temperatur-, wie auch die Salzgehaltsmessungen, sollten nicht nur an der Oberfläche und in Bodennähe, sondern auch in weiteren definierten Tiefen durchgeführt werden. Die Wasserprobennahme ließ sich noch relativ zügig bewerkstelligen, die dazugehörige Temperaturmessung nicht, da für jede Messung eine Anpassungszeit des Thermometers von einer Stunde notwendig war. Entweder man ließ mehrere Leinen mit in unterschiedlichen Tiefen befestigten Thermometern und Wasserschöpfern in Form einer Bierflasche zu Wasser und holte dann alle Leinen möglichst schnell hintereinander

³¹³ Poggendorff, 1970, S. 1945-1946.

an die Oberfläche, damit die zu den Wasserproben gehörenden Thermometerwerte noch so rechtzeitig abgelesen werden konnten, dass die Umgebungstemperatur keine Verfälschung der Thermometerwerte hervorrufen konnte, oder man benutzte nur eine einzige Leine und arbeitete eine Tiefenstufe nach der anderen ab, was bedeutete, dass für einen einzigen Satz von Messungen mehrere Stunden benötigt wurden.

Beide Verfahren waren aber in der Praxis nicht anwendbar. Abhilfe konnte nur ein Verfahren bringen, dass es ermöglichte, alle Messungen in einem einzigen Vorgang durchzuführen. Ab dem 1. Januar 1936 begann man die Feuerschiffe mit Wasserschöpfern der Bauart Pettersson auszurüsten³¹⁵ (Abb. 20). Damit konnten dann auf den Feuerschiffen sogenannte *ozeanographische Serienmessungen* durchgeführt werden. An einem einzigen Draht wurden in den vorgesehenen Tiefen Wasserschöpfer in geöffnetem Zustand montiert, der Draht zu Wasser gelassen und der erste Schöpfer mittels eines am Draht befestigten Fallgewichts geschlossen, dabei gab der Schöpfer ein weiteres Fallgewicht frei, welches den zweiten Schöpfer verschloss. Dieser Vorgang wiederholte sich solange, bis dass der letzte Schöpfer geschlossen worden war. Nach an Bord holen der Schöpfer konnte man dann die Temperatur der in den Schöpfern montierten Wasserthermometer ablesen und das Wasser aus dem Schöpfer in die gläsernen Probenflaschen füllen.

Bei dem Pettersson-Wasserschöpfer³¹⁶ handelt es sich um einen nicht kippbaren Isolierwasserschöpfer. Er besteht aus mehreren konzentrischen Röhren, die aus Messing und Zelluloid bestehen und die durch geeignete Hartgummistücke so auf Distanz gehalten werden, dass sie sich nicht berühren und Wasser zwischen ihnen frei zirkulieren kann. Da Wasser eine hohe Wärmekapazität besitzt, wird vergleichsweise viel Energie benötigt um seine Temperatur zu verändern. Damit eignet es sich auch als Isolator. Die die im Zentrum befindliche Wasserprobe umgebenden Wasserschichten des Schöpfers schirmen die Wasserprobe gegen Temperaturänderung im Wasser als auch in der Luft soweit ab, dass keine Verfälschung der Temperatur der Wasserprobe durch äußere Einflüsse erfolgt.

Das Prinzip, das Umgebungswasser als Isolierschicht für eine Wasserprobe zu benutzen, wurde schon Anfang des 19. Jahrhunderts angewendet. Robert

³¹⁴ Helland-Hansen, Nansen, 1909, S. 57-62.

³¹⁵ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1936, 1937, S. VII.

³¹⁶ Dieser Wasserschöpfer wurde von Sven Otto Pettersson (1848–1941), einem schwedischen Chemiker und Geophysiker (Poggendorff, 1980, S. 3984-3985) entwickelt und trägt seither dessen Namen.

Wauchope (1788 – 1862)³¹⁷ entwickelte einen ersten Wasserschöpfer diesen Typs³¹⁸.

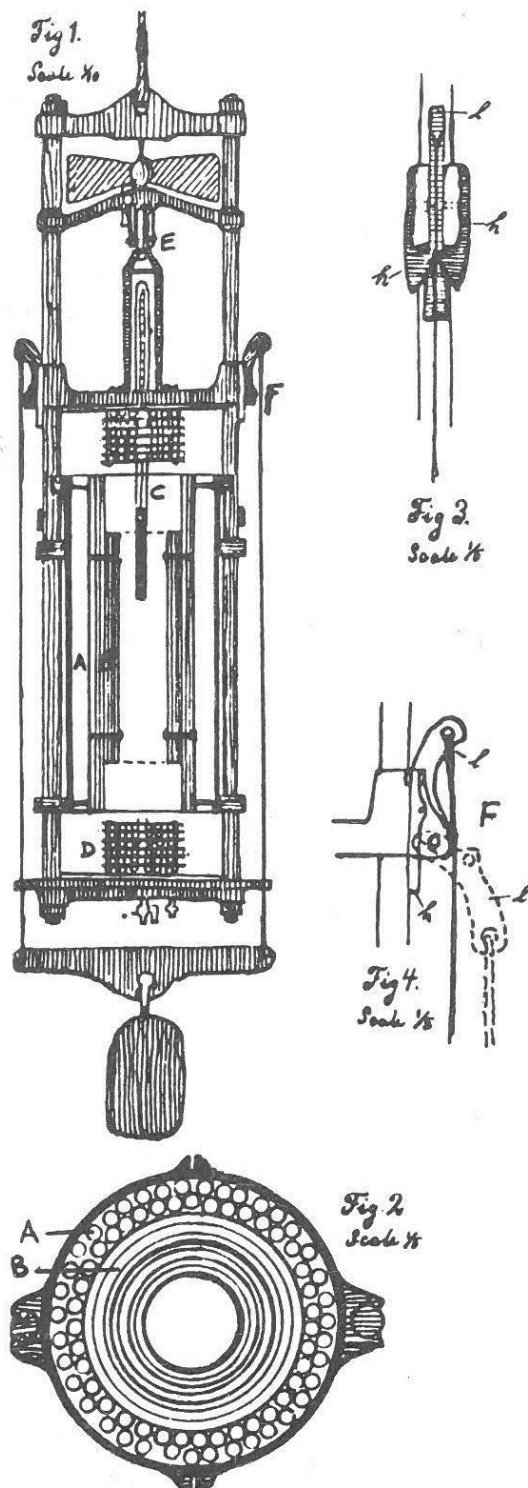


Abb. 20: „Pettersson-Nansen“-Isolierwasserschöpfer, (McConnell, 1982, S. 126)

³¹⁷ Wauchope, 1822, S. 164.

³¹⁸ Der britische Marineoffizier Robert Wauchope ist weniger als Erfinder ozeanographischer Messgeräte, sondern als Erfinder des Zeitballs bekannt. 1824 übermittelte er der britischen Admiralität einen Plan zur Ermittlung der Ganggenauigkeit von Schiffschronometern mittels optischer Signale (Bartky, Dick, 1981).

Der Wasserschöpfer nach Pettersson bewährte sich recht gut. Allerdings gab es noch Schwierigkeiten bei der Temperaturbestimmung. Entweder man gab dem Schöpfer ein druckfestes Thermometer mit, welches im Inneren des Wasserprobenzylinders befestigt wurde und welches an der Oberfläche aus dem Probenzylinder herausgeholt und möglichst schnell abgelesen werden musste, oder man öffnete den Schöpfer an Bord, führte ein Thermometer in die Schöpferprobe ein und wartete, bis das der exakte Temperaturwert angezeigt wurde.

Beide Verfahren hatten den Nachteil, dass es durch das Öffnen des Schöpfers und die Zeit, die für die Temperaturbestimmung nötig war, relativ schnell zu Verfälschung der Wassertemperatur kommen konnte.

Nansen entwickelte eine Methode, diesem Problem zu entgehen. Der obere Deckel des Schöpfers erhielt eine kreisrunde Öffnung in der passgenau ein druckfestes Thermometer befestigt wurde, das so konstruiert war, dass sich der untere Teil in der Wasserprobe befand, während die Ablese skala aus dem Deckel herausragte und sofort nach an Bord kommen des Schöpfers abgelesen werden konnte, ohne dass dafür der Schöpfer geöffnet werden musste. Mit dieser Verbesserung war es nun möglich, präzise Temperaturwerte zu ermitteln. Dieser weiterentwickelte Schöpfer wird in der Fachwelt auch als „Pettersson-Nansen-Isolierwasserschöpfer“ bezeichnet³¹⁹.

3.4.4 Strömung und Seegang

Nach der Übernahme der meereskundlichen Messungen erweiterte die *Deutsche Seewarte* die auf den Feuerschiffen durchgeführten Arbeiten. Besonderer Wert wurde auf die Erfassung der Strömung gelegt.

In der Deutschen Bucht wird die Strömung durch die vorherrschenden Gezeiten dominiert. In der Ostsee hingegen sind die Gezeiten nur sehr schwach ausgeprägt und hydrostatische Schwankungen sowie der Süßwassereintrag durch die in

³¹⁹ Der ehemalige Direktor des *Instituts für Meereskunde Warnemünde* der *Deutschen Demokratischen Republik*, der Ozeanograph Erich Bruns (1900-1978) (Brosin, 2001) lehnt in seiner Monographie *Ozeanologie* die Bezeichnung *Pettersson-Nansen-Wasserschöpfer* für diesen Wasserschöpfer typ ab, da diese Bezeichnung nur dadurch zustande gekommen sei, dass Nansen diesen Schöpfer auf seiner *Fram*-Drift benutzt habe. Er bezeichnet diesen Isolierwasserschöpfer als *Pettersson-Knipowitsch*-Schöpfer, ohne anzugeben, worin die Beteiligung des russischen Ozeanographen Nikolai Mikhailovich Knipowitsch (1862–1939) an der Entwicklung des Schöpfers bestand (Bruns, 1962). Unverständlicherweise scheint er die Beschreibung des von Nansen verbesserten Schöpfers (Helland-Hansen, Nansen, 1909, S. 51-55) nicht zu kennen. Auch fehlt in seinem Literaturverzeichnis dieses Standardwerk der modernen Ozeanographie.

die Ostsee mündenden Flüsse, die zu einem Wasserüberschuss in der Ostsee führen, üben einen starken Einfluss auf die Strömung aus³²⁰.

Für die Messung der Strömungsrichtung und der Strömungsgeschwindigkeit benötigte man ein Messverfahren, welches ohne großen technischen Aufwand brauchbare Ergebnisse lieferte und das zudem noch einfach durchzuführen war.

Es gab zwar einen brauchbaren Strömungsmesser, der in der Lage war, die Messungen zu speichern, damit sie dann später ausgewertet werden konnten, aber dieser von Ekman entworfene und später von Merz weiterentwickelte sogenannte *Ekman-Merz-Strömungsmesser*³²¹ kam aber für die Arbeiten auf den Feuerschiffen nicht in Betracht, da das Instrument zu den kompliziertesten meereskundlichen Messgeräten seiner Zeit gehörte und die Vorbereitung für die Messungen, das Ausbringen und das Einholen des Messgerätes und die anschließende Auswertung zeitlich so aufwendig war, dass dies von den Besatzungen der Feuerschiffe nicht neben ihrer normalen Tätigkeit geleistet werden konnte.

In den Jahren 1921 bis 1928 versuchte man auf den Nordseefeuerschiffen, mit ganz einfachen Mitteln brauchbare Oberflächenstrommessungen zu erzielen. Es kamen ein Logscheit mit 25 cm Kantenlänge, eine Sanduhr mit 14 Sekunden Laufzeit und eine mit Knoten markierte Leine zum Einsatz³²².

Bei einem Logscheit handelt es sich um ein Holzbrettchen in Form eines Torstenstücks, das am runden Ende so mit Blei beschwert wird, dass es senkrecht im Wasser steht. Von den drei durchbohrten Ecken des Logscheits wird eine Leine an dem spitzwinkligen Loch befestigt und ein Leinenstück durch die beiden Löcher des runden Endes geführt und so an der Leine befestigt, dass drei gleich lange Leinenstücke entstehen. Die Leine besitzt eine Knotenmarkierung und wird auf eine Trommel aufgespult.

In der Seefahrt wird als Längenmaß die Seemeile benutzt, die einem 1/60 Breitengrad, das sind 1852 m, entspricht. Die davon abgeleitete Geschwindigkeitseinheit Seemeilen pro Stunde wird auch Knoten genannt. Ein Knoten pro Stunde entspricht 0,514 m/s. Die Messzeit zur Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit mit einem Logscheit hat man willkürlich auf 14 Sekunden festgelegt. Deshalb müs-

³²⁰ Müller-Navarra, 2003, S. 33-37.

³²¹ In der Literatur wird immer wieder darauf hingewiesen, dass Merz den von Ekman entwickelten und 1905 vorgestellten Strömungsmesser weiterentwickelt hat, ohne darauf einzugehen, was von Merz tatsächlich verbessert worden ist. Liest man seine Abhandlung über Stark- und Schwachstrommesser aus dem Jahr 1921 (Merz, 1921), wird deutlich, dass das Original in fast allen Teilen verändert oder umgebaut wurde und es sich mehr oder weniger um eine Neukonstruktion handelt. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie ist im Besitz eines noch voll funktionsfähigen Strommessers dieses Typs, der nur noch in wenigen Exemplaren der Nachwelt erhalten geblieben ist.

sen die Knoten der Logleine einen Abstand, die sogenannte Knotenlänge, von 7,2 m (14 x 0,514 m) haben, damit die Zahl der in 14 Sekunden durchgelaufenen Knoten der Schiffsgeschwindigkeit in Knoten (1852 m) pro Stunde entspricht. Da aber das Logscheit immer etwas mitgeschleppt wird, verringert man den Abstand zwischen zwei Knoten um fünf Prozent auf 6,84 m³²³.



Abb. 21: Stromkreuz zur Bestimmung der Oberflächenströmung, (Meereskundliche Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, Jahr 1936, S VI)

Als Richtung der Strömung wurde die Kompassanzeige angegeben. Dabei wurde nicht berücksichtigt, dass geographischer Pol und magnetischer Pol räumlich differieren wobei der Abstand zwischen geographischem und magnetischem Pol zusätzlich zeitlichen Schwankungen unterliegt. Daher wurden die Abweichungen zwischen Kompasswert und dem wahren auf den geographischen Pol bezogenen Wert in Karten eingetragen. Um dann den wahren Wert zu erhalten,

mussten die Kompasswerte um diese Werte korrigiert werden. Allerdings waren die Messungen mit dem Logscheit so ungenau, dass die Werte nicht nach der Missweisung korrigiert wurden, da dieser Fehler wesentlich kleiner als die Genauigkeit der Messung mit Hilfe des Logscheits war. Weiterhin galt es zu beachten, dass die

³²² Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1928, 1930, S. V.

³²³ Anonymus, 1955, S. 202-203. Es handelt sich hierbei um einen empirischen Wert, der auf den mit den Loten gemachten Erfahrungen bei der Geschwindigkeitsmessung beruht.

Stromrichtung die Richtung angibt, in der der Strom fließt, im Gegensatz zur Meteorologie in der die Windrichtung die Richtung angibt, aus der der Wind kommt.

In der Ostsee sind die Oberflächenströmungen wesentlich weniger stark ausgeprägt als in der Nordsee. Strombeobachtungen mit Hilfe eines Logscheites lieferten keine brauchbaren Ergebnisse. Deshalb wurde ein anderes Verfahren angewendet. Es kam ein Schwimmkörper mit einem darunter befindlichen Stromkreuz zum Einsatz, ähnlich dem System, das schon auf der *Challenger-Expedition* in den Jahren 1872 – 1876 verwendet worden war³²⁴.

Der von der deutschen Seewarte für die Strommessungen verwendete Schwimmkörper bestand aus einem Hohlkörper von 25 cm Länge und 15 cm Durchmesser aus Zinkblech. Das Stromkreuz hatte zwei Platten von 50 cm Länge und 40 cm Höhe, die sich rechtwinklig kreuzen. Ursprünglich waren die Platten aus Holz gefertigt, dies bewährte sich aber nicht, deshalb wurden sie später aus Eisenblech gefertigt, da Zinkblech zu schnell vom Seewasser angegriffen wird³²⁵. Das Stromkreuz hing an einer kurzen Leine 1 m unterhalb des Schwimmkörpers. Es war so schwer, dass der Schwimmkörper nahezu vollständig untergetaucht war und so dem Wind an der Wasseroberfläche keinen Angriffspunkt bot, was zur Verfälschung der Messergebnisse hätte führen können (Abb. 21).

Die auslaufende Knotenleine hatte nicht wie die auf den Nordseefeuerschiffen verwendete Knotenleine eine auf Seemeilen abgestimmte Längeneinteilung, sondern enthielt je Meter einen Knoten. Zusammen mit einer Minutensanduhr konnte damit die Geschwindigkeit sofort und ohne Umrechnung in Meter pro Sekunde ermittelt werden.

Die Richtung wurde analog zu den Feuerschiffen in der Nordsee ermittelt und ebenso nicht korrigiert.

Da das Verfahren, die Strömung mittels eines Logscheites zu messen, in der Nordsee auf Dauer keine befriedigenden Ergebnisse lieferte kam zum Jahresbeginn 1936 auf den Feuerschiffen in der Nordsee ein anderes Strommessgerät zum Einsatz.

Der Schwimmkörper war als Doppelkegelboje ausgebildet. Darunter hing direkt das Stromkreuz. Die Gesamttauchtiefe betrug etwa 90 cm. Die Richtung der treibenden Boje zur Kielrichtung des Feuerschiffs wurde mit einem Peilquadranten ermittelt. Die *Anleitung zu meereskundlichen Beobachtungen auf den deutschen Nordseefeuerschiffen* der Deutschen Seewarte aus dem Jahr 1934 beschreibt ein-

³²⁴ Thomson, 1877, S. 363.

gehen, wie der Peilquadrant zu installieren ist und wie die Messung ausgeführt werden muss, damit exakte Ergebnisse erzielt werden können³²⁶. Aus Peilwert und Kompasswert ließ sich die absolute Richtung der Boje berechnen. Erstmals wurde bei den Richtungswerten die Missweisung berücksichtigt³²⁷. Die Knotenleine war wie schon bei den Ostseefeuerschiffen auf Meter ausgelegt und als Zeitmesser wurde ebenso eine Minutensanduhr verwendet.

Dieses Strommessgerät bewährte sich gut, deshalb entschloss man sich, dieses Gerät im Laufe des Jahres 1936 auch auf den Ostseefeuerschiffen einzusetzen.

Damit wurde fortan in Nord- und Ostsee dasselbe Strommessverfahren angewendet.

Für den Verlauf der Gezeitenströmung war es wichtig, die genaue Kenterzeit zu bestimmen. Unter der Kenterzeit versteht man den Zeitpunkt, an dem der Flutstrom in den Ebbstrom und umgekehrt übergeht. Zu diesem Zeitpunkt ist keine Strömung zu beobachten. Von Beginn der Kenterzeit bis zu ihrem Ende vergehen wenige Minuten. Als Kenterzeit wird dann der Mittelwert aus Anfangs- und Endzeit definiert. Die Angaben von der Dauer der Kenterzeiten sind von der Lage des Feuerschiffs, dem herrschenden Wind und der Genauigkeit der Beobachtungen abhängig. Es stellte sich heraus, dass sich die Feuerschiffe, die weitab der Küste stationiert waren, bei der Veränderung ihrer Lage durch die Gezeiten anders verhielten als die küstennahen Feuerschiffe. Ein generelles Muster ließ sich aus den Beobachtungen aber nicht ableiten. Je stärker der Wind blies, umso schwieriger waren die Beobachtungen, da bei starkem Wind das Kentern des Gezeitenstroms nicht exakt ermittelt werden konnte, was zu Verfälschungen der Beobachtungen führte.

Von 1924 an wurden Beobachtungen über den Seegang angestellt. Die Werte für die Stärke und die Richtung des Seegangs wurden von dem jeweiligen Beobachter geschätzt. Dieses Verfahren lieferte aber nur eine relativ grobe Abschätzung der herrschenden Verhältnisse und war sehr stark von der Fähigkeit des Beobachters, die herrschenden Seegangsverhältnisse korrekt dem Bewertungsschema zuordnen zu können, abhängig.

Ab 1935 kamen zu den Seegangsbeobachtungen auch noch Beobachtungen der Dünung hinzu. Diese wurde ebenfalls durch Schätzung ermittelt³²⁸.

³²⁵ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1928, 1930, S. VII.

³²⁶ Deutsche Seewarte, Anleitung zur Ausführung der meereskundlichen Beobachtungen auf den deutschen Nordseefeuerschiffen, 1934, 10 S.

³²⁷ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1936, 1937, S. V-VI.

³²⁸ Der Seegang stellt die Oberflächenbewegung des Meeres dar, die direkt durch Wind, Dünung oder Strömung erzeugt wird. Er wird nach einer Skala von Seegang 0 bis Seegang 9 gemessen. Die Dünung

3.4.5 Die meteorologischen Messungen

Neben den meereskundlichen Messungen wurden auch meteorologische Messungen an Bord der Feuerschiffe durchgeführt. Dazu gehörten die Erfassung der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit, der Windrichtung und der Windstärke, des Niederschlags sowie der Bewölkung. Allerdings wurden die Messwerte anfangs bis auf die Schätzungen der Windstärke und der Windrichtung nicht veröffentlicht. Erst die Daten des Beobachtungsjahrganges 1932 wurden 1934 in einer gesonderten Veröffentlichung abgedruckt und damit auch für andere Nutzer verfügbar gemacht³²⁹.

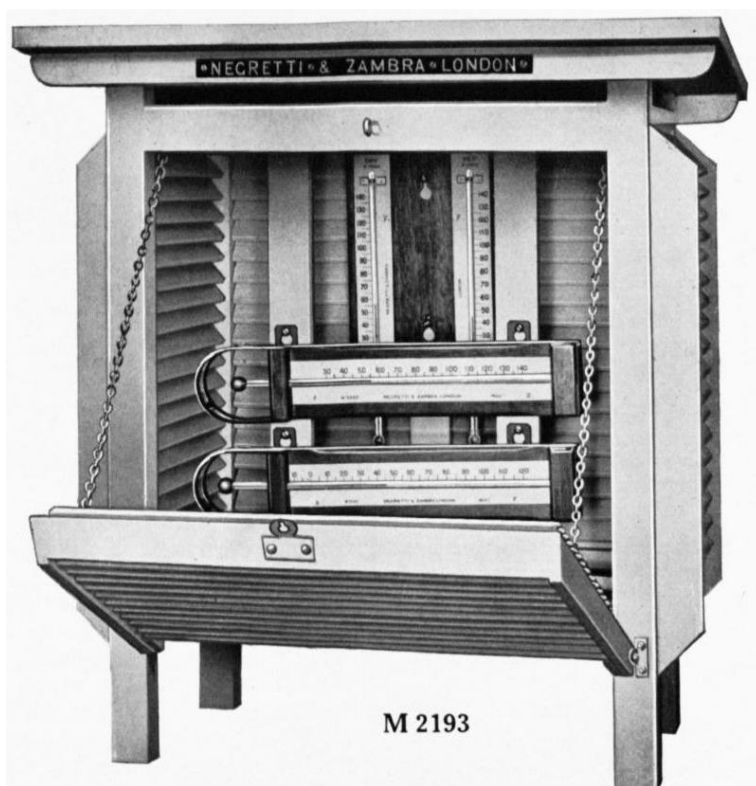


Abb. 22: Standardwetterhütte, (Standard Meteorological Instruments, Negretti & Zambra, 1939)

Allerdings wurden nicht auf allen Feuerschiffpositionen meteorologische Messungen durchgeführt. In der Nordsee erfolgten die Messungen nur auf den vier Feuerschiffpositionen *Borkumriff*, *Außenjade*, *Elbe 1* und *Amrumbank*, in der Ostsee auf den Feuerschiffpositionen *Adlergrund* und *Fehmarnbelt*.

Die meteorologischen Messungen begannen auf *Borkumriff* am 1. Januar 1921. Die Daten wurden acht Mal pro Tag um 2, 5, 8, 11, 14, 17 und 19 Uhr erhoben.

Ab 1934 kamen dann noch Messungen um 23 Uhr hinzu³³⁰. Auf der Feuerschiffposition *Außenjade* begannen die Messungen neun Jahre später am 1. Januar 1930 zu

nung bezieht sich auf den Teil des Seegangs, der nicht durch unmittelbare Windeinwirkung hervorgerufen wird, sondern durch Windereignisse vor dem Beobachtungszeitpunkt generiert worden ist (Harbord; 1987, S. 70, S. 254-255).

³²⁹ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1932–1939, 1934–1954.

³³⁰ Die zum Teil von Station zu Station variierende Zahl der Messungen war in Art und Umfang der dienstlichen Aufgaben der einzelnen Feuerschiffsbesatzungen begründet. Da die Messungen auf freiwilliger Basis erfolgten, bedurfte es einigen diplomatischen Geschicks, die Besatzungen davon zu

den gleichen Uhrzeiten. Seit dem 8. September 1929 erfolgten Messungen auf *Elbe 1*. Auf dieser Position wurde nur fünf Mal pro Tag um 8, 11, 14, 17 und 19 Uhr gemessen. Aus dienstlichen Gründen konnten auf dieser Feuerschiffposition die Messungen in der Nacht um 2, 5 und um 23 Uhr nicht durchgeführt werden³³¹. Diese Termine kamen erst 1939 hinzu³³². Die Messungen auf der Feuerschiffposition *Amrumbank* fanden seit dem 1. April 1921 statt und entsprachen dem Zeitschema der Position *Elbe 1*.

Auf der Feuerschiffposition *Adlergrund* begannen die meteorologischen Messungen am 1. Juli 1927. Acht Mal am Tag wurden Daten nach demselben Zeitschema wie auf der Position *Borkumriff* erhoben. Mit Messungen um 5 Uhr wurde aber erst ab dem 10. August 1934 begonnen³³³. Auf der Position *Fehmarnbelt* starteten die Messungen am 25. August 1929. Das Zeitschema entsprach dem der Positionen *Elbe 1* und *Amrumbank*³³⁴.

Am 1. Juli 1936 begannen meteorologische Messungen auf den Feuerschiffpositionen *Flensburg* und *Kiel* in der *Ostsee*. Auf beiden Positionen wurden zu vier Terminen um 2, 8, 14 und 19 Uhr Messungen durchgeführt. Diese beiden Stationen unterschieden sich von den anderen Stationen darin, dass dort von Beginn der Messungen an auf die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit verzichtet wurde und lediglich Erfassung der Lufttemperatur per Schleuderthermometer erfolgte³³⁵.

Im meteorologischen Jahrbuch für das Jahr 1937 erscheinen zusätzlich noch die Feuerschiffpositionen *Norderney*, *Weser*, *Minsener Sand*, *Bremen*, *Elbe 2*, *Elbe 3*, *Elbe 4* und *Außeneider* in der Nordsee als Stationen, die sich an meteorologischen Messungen beteiligten³³⁶. Weitere Angaben werden nicht gemacht und im meteorologischen Jahrbuch von 1939 werden diese Stationen nicht mehr erwähnt³³⁷.

Mit Beginn des Jahres 1938 wurden dann die Messtermine auf allen Feuerschiffschiffen vereinheitlicht. Nun wurden immer täglich acht Messungen um 2, 5, 8, 11, 14, 17, 19 und 23 Uhr durchgeführt³³⁸.

überzeugen, trotz der Arbeitsbelastung zusätzliche Messtermine wahrzunehmen, damit für alle Stationen letztendlich ein einziges Zeitschema eingeführt werden konnte.

³³¹ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1937, 1939, S. IV.

³³² Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1939, 1954, S. 3.

³³³ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1934, 1936, S. IV.

³³⁴ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1932, 1934, S. III.

³³⁵ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1936, 1938, S. IV.

³³⁶ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1937, 1939, S. IV.

³³⁷ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1939, 1954, S. 3.

³³⁸ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1938, 1940, S. IV.

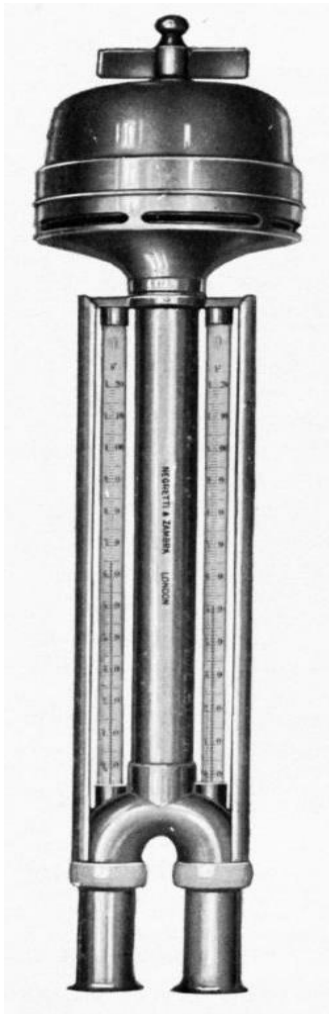


Abb. 23:
 Aßmansches Psychrometer, (Standard
 Meteorological Instruments, Negretti &
 Zambra, 1939)

Für die Erfassung der korrekten Lufttemperatur auf den Feuerschiffen ohne Schleuderthermometer kam es darauf an, dass das Thermometer vor direkter Sonnenstrahlung geschützt war. Um dies zu erreichen wurde das Thermometer in einem speziellen Holzkasten, der „Thermometerhütte“ installiert. Die vier Seiten des Kastens bildeten Jalousien, sodass eine gute Belüftung gewährleistet war. Der Kasten war weiß gestrichen, damit er sich bei Sonneneinstrahlung möglichst wenig erhitze. An Bord der Feuerschiffe kamen drei unterschiedliche Thermometerhüttentypen zum Einsatz. Die größte dieser Hütten mit einer Breite von 50 cm, einer Höhe von 40 cm und einer Tiefe von 27 cm konnte Minimum- und Maximumthermometer aufnehmen. Die beiden anderen Thermometerhütten waren wesentlich kleiner. Ihre Maße betrugen nur 33 cm beziehungsweise 40 cm in der Höhe, 15,5 cm und 18 cm in der Breite sowie 7,5 cm und 15 cm in der Tiefe (Abb. 22).

Für die Messung der Lufttemperatur wurden Thermometer mit einem Messbereich von -20°C bis $+40^{\circ}\text{C}$ ³³⁹ und einer Skaleneinteilung von einem halben oder einem Fünftel Grad benutzt. Da der Thermometerstand aber auf ein Zehntel Grad genau abgelesen und aufgezeichnet wurde, bedurfte es einer gewissen Übung, eine korrekte Ablesung vorzunehmen.

Um die Luftfeuchtigkeit bestimmen zu können, benötigte man ein sogenanntes „Feuchtthermometer“. Dabei handelt es sich um ein Thermometer an dessen unterem Ende das Thermometergefäß mit Mull umwickelt ist, der vor der Messung befeuchtet wird. Dann schiebt man von unten ein Rohr über den unteren Teil des Thermometers, wobei eine Dichtung am oberen Ende des Rohrs dafür sorgt, dass keine Luft nach oben entweichen kann. An dieses Rohr wird ein Apparat zur Ventilation, ein von Richard Aßmann (1845 – 1918)³⁴⁰ entwickelter Aspirator befestigt, der bei einer Laufzeit von etwa acht bis neun Minuten einen konstanten Luftstrom über den befeuchteten Mull bläst. Der Luftstrom lässt die Feuchtigkeit verdunsten. Dabei kühlt sich das Thermometer ab,

³³⁹ Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie 1936, S. 58.

denn der Verdunstungsprozess benötigt Energie in Form von Wärme, die der direkten Umgebung und damit dem Thermometer entzogen wird. Der Temperaturunterschied zwischen dem trockenen Thermometer und dem feuchten Thermometer ist ein Maß für die relative Luftfeuchtigkeit der Luft. Je kleiner die Temperaturdifferenz ist, desto feuchter ist die Luft. Über Formeln wird aus den beiden gemessenen Werten die absolute Luftfeuchtigkeit (Dampfdruck) und die relative Luftfeuchtigkeit bestimmt³⁴¹.



Abb. 24: Schleuderthermometer,
(Autor)

Zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit an Bord der Feuerschiffe war dieses Verfahren so nicht praktikabel. Erst mit der Einführung eines Messgerätes, das beide Thermometer sowie den Aspirator in einem gemeinsamen Gehäuse enthielt, ließen sich diese Messungen routinemäßig ohne allzu großen Aufwand durchführen. Aßmann hatte unter Mitwirkung von Rudolf Max Wilhelm Hans Bartsch von Sigsfeld (1861 – 1902)³⁴² ein solches Gerät mit Metallgehäuse, das unter allen Witterungsbedingungen eine unverfälschte Messung ermöglichte, entwickelt. Dieses Gerät ist unter dem Namen „Aßmann-

sches Aspirationspsychrometer“ bekannt geworden³⁴³ (Abb. 23).

Ab dem Jahr 1937 wurden die Thermometerhütten an Bord der Feuerschiffe nicht mehr benutzt. Es hatte sich als sehr schwierig erwiesen, einen Aufstellungsort an Bord der Schiffe zu finden, an dem die Temperatur nicht durch den Einfluss des Schiffs gestört wurde. Zusätzlich hatte sich gezeigt, dass, wenn ein, die Schiffseinflüsse ausschließender, Platz gefunden war, dieser trotzdem nicht für die Aufstellung einer Thermometerhütte geeignet sein musste, da die Hütte dort unter Umständen den Naturgewalten schutzlos ausgesetzt war. Das zeigte sich auf dem Feuerschiff *Außenjade* wo die originale Thermometerhütte dem Wellenschlag zum Opfer fiel und

³⁴⁰ Neue Deutsche Biographie, Bd. 1, 1953, S. 420.

³⁴¹ Preußisches Meteorologisches Institut, 1924, S. 21-25.

³⁴² Rudolf Max Wilhelm Hans Bartsch von Sigsfeld, deutscher Erfinder und Luftschiffer (Neue Deutsche Biographie, Bd. 1, 1953, S. 614 f).

³⁴³ Preußisches Meteorologisches Institut, 1913, S. 14-21.

durch Bordmittel eine Ersatzhütte gebaut wurde³⁴⁴. Weiterhin kam hinzu, dass Hütte und Thermometer einen beträchtlichen finanziellen Wert darstellten und ein Ersatz nach Beschädigung daher teuer war, was die Unterhaltskosten in die Höhe trieb. Zu einer Zeit, in dem die Mittel knapp waren, war dies ein gewichtiges Argument, eine weniger aufwendige Messmethode einzuführen. Ab 1937 verzichtete man auf die Feuchtigkeitsmessung auf den Feuerschiffpositionen, die bis dahin noch eine Wetterhütte besaßen und führte nur noch Messungen der Lufttemperatur mit einem Schleuderthermometer durch.

Das Schleuderthermometer besitzt ein zylindrisches Quecksilbergefaß, das am Ende des Thermometers rechtwinklig gebogen ist. Es ist in ein Rohr gefasst und damit vor Strahlungseinflüssen geschützt. Am anderen Ende dieses Rohrs befindet sich ein Griff, um den das Rohr mit dem Thermometer herumgeschleudert werden kann. Wenn nun das Thermometer an der windzugeneigten Seite des Feuerschiffs für einige Zeit geschleudert wird, verhindert man, dass Temperatureinflüsse durch das Feuerschiff Einflüsse auf die Messung haben³⁴⁵ (Abb. 24)³⁴⁶.



Abb. 25: Selbstregistrierendes Schalenkreuzanemometer, (Standard Meteorological Instruments, Negretti & Zambra, 1939)

Zur Bestimmung der Windrichtung wurde eine 32teilige Windrose benutzt, deren Einteilung sich nach Richtungsangaben ergab (Ostwind entsprach dieser Skala dem Windrichtungswert 8) und damit im Gegensatz zur Kompassrose, die eine 360°-Einteilung aufwies, stand. Erst 1971 wurde die Windrichtung dann auch in der 360° Skala der Kompassrose wiedergegeben³⁴⁷. Die Windgeschwindigkeit wurde auf allen Feuerschiffpositionen geschätzt, wobei die 13 skalige Windstärketabelle, die 1805 vom englischen Admiral Sir Francis Beaufort (1774 – 1857) eingeführt worden war, benutzt wurde³⁴⁸. Im August 1936 führte man auf den Feuerschiffpositionen *Borkumriff* und *Amrumbank* und im November 1937 auf *Elbe 1* selbst-

³⁴⁴ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1932, 1934, S. III.

³⁴⁵ Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie 1936, S. 57-60.

³⁴⁶ Die Abbildung zeigt ein nicht gebogenes Thermometer, da kein passendes Originalthermometer gefunden werden konnte.

³⁴⁷ Deutscher Wetterdienst, Einzelveröffentlichungen Nr. 89, 1976, 124 S.

³⁴⁸ Jung, 2004, S. 35.

registrierende Schalenkreuzanemometer³⁴⁹ zur Messung der Windgeschwindigkeit ein (Abb. 25). Die Messwerte dieser Geräte wurden aber nicht für die Bestimmung der Windstärke genutzt. Auch auf diesen Stationen wurden lediglich die Schätzwerte übernommen. Bis Ende 1938 waren fast alle Feuerschiffpositionen mit Schalenkreuzanemometern bestückt worden, wobei das Meteorologische Jahrbuch 1938 keine Angaben dazu macht, welche Positionen nicht mit Anemometern versehen worden waren³⁵⁰. Die Bestimmung der Windstärke erfolgte trotzdem immer noch über Schätzungen. Warum die Anemometerwerte nicht berücksichtigt wurden, wird nicht genannt.

Der Luftdruck wurde mit einem Quecksilberbarometer ermittelt. Dieses Barometer wurde so aufgehängt, dass es die horizontalen Bewegungen des Feuerschiffs nicht mitmachte und in seiner senkrechten Ausrichtung verblieb. Allerdings war es nicht möglich, die vertikalen Bewegungen abzufangen. Dadurch, dass sich das Barometer auf und ab bewegte, wurden Schwingungen der Quecksilbersäule angeregt, was die Bestimmung des exakten Barometerstandes mit zunehmender Bewegung des Feuerschiffs immer schwerer bis letztendlich unmöglich machte. Da der Luftdruck auf Meereshöhe angegeben wurde, musste die genaue Höhe des Barometers über dem Meeresspiegel ermittelt werden, damit der abgelesene Barometerwert auf Meereshöhe korrigiert werden konnte.

Trotz der Probleme, den Luftdruck mit einem Quecksilberbarometer an Bord der Feuerschiffe korrekt bestimmen zu können, konnte man sich seitens der *Deutsche Seewarte* nicht entschließen, die Feuerschiffe mit Dosenbarometern, sogenannten Aneroidbarometern, auszurüsten, da auch diese, wenn sie nicht optimal eingesetzt wurden, zu Ungenauigkeiten neigten. Um präzise Luftdruckwerte zu erhalten, musste der Einfluss der Lufttemperatur auf das Instrument berücksichtigt werden. Mit Hilfe einer Eichtafel und der gemessenen Raumtemperatur wurde der Luftdruckwert korrigiert. Die Genauigkeit der Messung hing auch vom Aufstellungsort des Barometers, der möglichst immer gleich bleiben sollte, ab. Starke Temperaturänderungen und direkte Sonneneinstrahlung waren zu vermeiden. Eben so wenig sollte das Gerät starken Erschütterungen ausgesetzt werden³⁵¹. Da all diese Voraussetzungen für eine genaue Luftdruckmessung mit einem Dosenbarometer an Bord der Feuerschiffe nur bedingt gewährleistet werden konnten, schien eine Ausrüstung

³⁴⁹ Ein Schalenkreuzanemometer trägt auf einer senkrechten Achse einen Stern von drei oder vier meist halbkugelförmigen Schalen. Unter Windeinfluss rotieren diese um die Achse wobei die Rotationsfrequenz proportional zur Windgeschwindigkeit ist.

³⁵⁰ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1938, 1940 S. VI.

³⁵¹ Preußisches Meteorologisches Institut, 1924, S. 9-11.

der Feuerschiffe mit Aneroidbarometern nicht zu einer qualitativen Verbesserung der Bestimmung des Luftdruckes beitragen zu können. Aus diesem Grund kamen diese Geräte, trotz der Tatsache, dass sie nur etwa ein Drittel eines Quecksilberbarometers kosteten³⁵², auf den Feuerschiffen nicht zum Einsatz.

Messungen des Niederschlags in kardanisch aufgehängten Regenmessern wurden auf den Feuerschiffen durchgeführt, die Ergebnisse befriedigten aber nicht, denn es gab auf den Feuerschiffen keinen Ort, an dem die Regenmesser so aufgestellt werden konnten, ohne dass sich Einflüsse durch das Schiff selbst bemerkbar gemacht hätten. Allerdings wurden Angaben über die Art des Niederschlags in die Stationsmeldungen aufgenommen.

Die Bewölkung wurde nach Zehnteln des Himmels geschätzt.

Da viele Parameter nicht gemessen sondern geschätzt wurden, hing die Qualität der Daten sehr stark von den Fähigkeiten des Beobachters, diese Parameter korrekt erfassen zu können, ab. Hinzu kommt, dass Schätzungen eines einzelnen Beobachters miteinander verglichen werden können, da Abweichungen vom Absolutwert mehr oder weniger gleich groß sind, während die Unsicherheit bei der Vergleichbarkeit von Parameterwerten, die von unterschiedlichen Beobachtern geschätzt wurden, mit der Zahl der Beobachter steigt. Damit wird auch die Bewertung der Qualität der Schätzwerte erschwert.

3.5 Die Daten

Nachdem die meteorologischen und meereskundlichen Messungen auf den Feuerschiffen begonnen hatten, entschieden die Verantwortlichen der *Deutschen Seewarte* die Daten so aufzuarbeiten, dass sie für weitere Auswertungen wie beispielsweise Untersuchungen über langfristige Änderungen der Zustandsgrößen in Meer und Atmosphäre oder ähnlichen Untersuchungen, genutzt werden konnten.

Die Herausgabe der deutschen Daten ergänzte entsprechende meteorologische und meereskundliche Daten die schon über viele Jahre hinweg in Finnland, Schweden, Dänemark und Holland regelmäßig erhoben und veröffentlicht wurden³⁵³.

Die in Tabellen zusammengeführten Daten wurden in einer extra eingeführten Veröffentlichungsreihe den *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*³⁵⁴ publiziert.

³⁵² Negretti & Zambra, 1939, S. 25–35.

³⁵³ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1924/1925, 1928, S. III.

Damit wurde eine mehr als dreißigjährige Lücke geschlossen, denn die letzte vollständige Veröffentlichung der Beobachtungen an den deutschen Küstenstationen und auf den Feuerschiffen war 1892 erfolgt.

1928 erschien der erste Band der *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*. Er enthielt die Beobachtungen der Feuerschiffe aus den Jahren 1924 und 1925. Die Daten der in den Jahren 1920 bis 1923 auf den Feuerschiffpositionen erhobenen Daten lagen zwar der *Deutschen Seewarte* vor, konnten aber nicht veröffentlicht werden, da durch die angespannte wirtschaftliche Lage in den Jahren nach dem Ersten Weltkrieg mit dem Höhepunkt der Hyperinflation 1923 und der darauf folgenden Währungsreform keine Mittel dafür zur Verfügung standen³⁵⁵.

Im Vorwort wird auf die ersten Messungen auf den Feuerschiffpositionen Borkum Riff, Außenjahde und Weser durch die *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* verwiesen. Allerdings ist die Angabe, Messungen hätten seit 1872 auf dem Feuerschiff *Borkum Riff* stattgefunden, nicht korrekt. Das Feuerschiff *Borkum Riff* wurde erst am 27. Oktober 1875 in Betrieb genommen³⁵⁶. Auch kam auf der Position vorher kein anderes Feuerschiff zum Einsatz.

Aufgrund der wirtschaftlichen Lage wurden nicht alle Daten veröffentlicht. Lediglich die Daten der Feuerschiffpositionen, die von besonderer meereskundlicher Bedeutung waren, wurden in den Druck gegeben. Die Daten der Feuerschiffpositionen *Weser*, *Bremen* und *Elbe 4* blieben vorerst unberücksichtigt.

Die Redaktion der Beobachtungen wie auch ein Teil der Salzgehaltsbestimmungen erfolgte durch Franz Zorell (1898 – 1956)³⁵⁷.

Nach dem Vorwort ist eine Karte mit den Stationsstandorten in Nord- und Ostsee abgedruckt. Darauf folgt eine dreiseitige Einleitung in der die Art und Weise der

³⁵⁴ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1924-1942, 1928-1944.

³⁵⁵ Bundeszentrale für politische Bildung, Informationen zur politischen Bildung, Nr. 261, 1998, S. 28.

³⁵⁶ Nachrichten für Seefahrer, 1875, Nr. 683, S. 238.

³⁵⁷ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1924/1925, 1928, S. III.

Franz Zorell studierte Geographie, Chemie und Mineralogie in Stuttgart und München, promovierte 1926 bei Erich von Drygalski (1865-1949) (Lüdecke, 1997) und war ab 1927 als wissenschaftlicher Hilfsarbeiter in der Abteilung H (Ozeanographie) der *Deutschen Seewarte* beschäftigt. Am 8. 10. 1935 wurde er wegen „Beihilfe zur Vorbereitung eines hochverräterischen Unternehmens“, -er hatte dem Hamburger Kommunisten Hans Westermann mehrere Male ein Übernachtungsquartier besorgt -, zu einer Gefängnisstrafe von zwei Jahren und Entzug des Dokortitels verurteilt. Aus gesundheitlichen Gründen vorzeitig aus der Haft entlassen, erlangte er 1940 seine Wehrfähigkeit wieder und versah ab 1941 seinen Dienst im *Marineobservatorium Greifswald*. 1942 beantragte er die Rückerlangung seines Dokortitels, die ihm auch gelang. Ende 1944 schied er, - wiederum aus gesundheitlichen Gründen -, aus dem Dienst am Marineobservatorium aus. Von 1948 bis zu seinem Tode 1956 war er Lehrbeauftragter für Ozeanographie und Seenkunde am *Geographischen Institut der Universität München* (Harrecker, 2007).

Messungen der verschiedenen Messparameter und ihre zeitliche Abfolge beschrieben werden.

Daran an schließt sich auf 84 Seiten der Tabellenteil, der alle gemessenen Daten der jeweiligen Feuerschiffpositionen enthält. Es werden die Daten der Stationen *Borkumriff*, *Norderney*, *Minsener Sand*, *Elbe 1*, *Außen-Eider*, *Amrumbank*, *Fehmarnbelt* und *Adlergrund* des Jahres 1924 wiedergegeben. Darauf folgen die Werte des Jahres 1925. Die Tabellen enthalten zuerst Angaben über Windrichtung und Windstärke, darauf folgen Stromrichtung und Stromstärke und schließlich Wassertemperatur und Salzgehalt. Bei den Strömungswerten, der Wassertemperatur und dem Salzgehalt handelt es sich um Messungen, die an der Wasseroberfläche erfolgten.

1929 erschien das nächste Heft der *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*. Es enthielt die Daten aus den Beobachtungsjahren 1926 und 1927. Dieses Heft entsprach in der Zahl der Messstationen und der Wiedergabe der Messwerte dem des Jahres 1928.

Ab 1930 erfolgte der Druck der Messwerte nicht mehr in Doppelheften, sondern ab diesem Zeitpunkt wurden nur die Daten eines Jahres in einem eigenen Heft zusammengefasst. Das 1930 erschienene Heft enthält die Daten des Beobachtungsjahres 1928. Immer noch werden die Messwerte der drei Feuerschiffpositionen *Weser*, *Bremen* und *Elbe 4* nicht wiedergegeben. Allerdings kommen in diesem Heft Messungen der Temperatur und des Salzgehaltes aus den Jahren 1924 bis 1928 zum Abdruck, die 1924 und 1925 in 24 m Tiefe und ab 1927 in 20 m Tiefe auf der Feuerschiffposition *Borkum Riff* gemessen wurden. Leider wurden die Messungen nicht kontinuierlich durchgeführt, denn für die Zeit vom 1. April 1925 bis zum 20. Januar 1927 liegen keine Messwerte vor.

Für das Beobachtungsjahr 1929, dessen Daten 1931 veröffentlicht wurden, gelang es erstmalig auch die Daten der Messstationen *Weser*, *Bremen* und *Elbe 4*, sowie die Tiefenmessungen von Wassertemperatur und Salzgehalt der Feuerschiffposition *Borkum Riff* in den *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee* aufzunehmen.

1932 wurden gleich drei Hefte der *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee* gedruckt. Das erste Heft enthält die Daten der Messstationen in Nord- und Ostsee des Jahres 1930, wobei zusätzlich auch die Tiefenbeobachtungen auf der Feuerschiffposition *Elbe 1* mit in das Heft aufgenommen wurden. Zudem erfolgten einige redaktionelle Änderungen, die die

Übersichtlichkeit der Tabellen erhöhen und die Lesbarkeit der Messwerte erleichtern sollten. Nun wurde nicht nur nach jedem 10. Tag ein kleiner Zwischenraum eingeschaltet, sondern nach dem 5. Tag und Windstärken über 8 Beaufort hoben sich durch Fettdruck von den übrigen Windstärkewerten ab³⁵⁸.

Bei genauer Betrachtung der abgedruckten Daten fällt auf, dass sich in der Zeit vom 1. Juni bis zum 23. Juni 1930 die Zahl der Temperatur- und Salzgehaltsmessungen auf den Feuerschiffpositionen in der Nordsee erhöht hat. Eine Erklärung hierfür wird im begleitenden Text des Heftes nicht gegeben. Diese folgt erst im Vorwort des Heftes des darauf folgenden Berichtsjahres 1931. Die zusätzlichen Messungen dienten zur Unterstützung der Messfahrten des *Reichsforschungsdampfers Poseidon* in die Deutsche Bucht. Diese Fahrten dienten zur Erfassung und Kontrolle des Schollenbestandes³⁵⁹ in der Deutschen Bucht und wurden durch die *Deutsche Wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung* zur Unterstützung der deutschen Fischereiwirtschaft durchgeführt³⁶⁰.

Das zweite Heft stellt eine Ergänzung zu den bislang erschienen Datenbänden dar. Es enthält die Daten der Feuerschiffpositionen *Weser*, *Bremen* und *Elbe 4* der Jahre 1924 bis 1928. Zusätzlich sind die Tiefenbeobachtungen der Feuerschiffposition *Fehmarnbelt* der Jahre 1924 bis 1929 abgedruckt. Allerdings ist den Bearbeitern der Daten ein Fehler unterlaufen. Als Messtiefe für die Tiefenmessung wird eine Tiefe von 19 m angegeben. Erst im Datenband des Jahres 1935 erfolgt die Korrektur der falschen Tiefenangabe. Die wirkliche Messtiefe an dieser Position beträgt 26 m³⁶¹.

Das dritte, 1932 erschiene, Heft enthält die Daten des Beobachtungsjahres 1931. Wiederum zur Unterstützung der Messfahrten des Reichsforschungsdampfers *Poseidon* in die Deutsche Bucht erfolgten für die Zeit vom 25. April bis zum 18. Mai 1931 und vom 16. Oktober bis zum 26. Oktober 1931 zwei Mal täglich Wassertemperaturmessungen auf den Feuerschiffpositionen in der Deutschen Bucht und es wurden zwei Wasserproben abgefüllt. Für die Apriltage wurden auch auf den beiden Feuerschiffpositionen *Elbe 2* und *Elbe 3* Temperaturmessungen durchgeführt und Wasserproben zur Salzgehaltsbestimmung genommen. Diese Messwerte wurden ebenfalls in dieses Heft aufgenommen. Mit diesem Heft gelang es erstmalig die Da-

³⁵⁸ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1930, 1932, S. III.

³⁵⁹ Schon vor dem Ersten Weltkrieg war es zu einer Überfischung der Scholle in der Nordsee gekommen. Durch den kriegsbedingten Niedergang der Fischerei hatte sich der Bestand dann wieder erholt. Allerdings wurde die Scholle schon 1919 wieder so stark befischt, dass eine merkliche Verringerung des Bestandes zu verzeichnen war (Ehrenbaum, 1922, S. 179).

³⁶⁰ Deutsche Wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung 1933, S. 180.

ten eines Beobachtungsjahres im darauf folgenden Kalenderjahr zu veröffentlichen, was die Aktualität des Heftes und die Nutzbarkeit der Daten für andere Auswertungen erhöhte.

Die Messwerte des Beobachtungsjahres 1932 werden allerdings nicht im darauf folgenden Jahr, sondern erst 1934 veröffentlicht. Im Vorwort wird auf Änderungen in den Beobachtungszeiten der Messungen für Windrichtung und Windstärke sowie für Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit verwiesen. Lediglich das Messschema für Stromrichtung und Stromgeschwindigkeit für die Messungen auf den Ostsee Feuerschiffpositionen bleibt unverändert. Die Änderung erfolgte um die Daten der deutschen Feuerschiffpositionen besser mit denen anderer Publikationen vergleichen zu können.

Wie im Vorjahr wurden wieder Sonderbeobachtungen für die Zeit vom 13. April bis zum 7. Mai 1932 zur Unterstützung der Messfahrt des Reichsforschungsdampfers *Poseidon* in die Deutsche Bucht durchgeführt. Diese erfolgten auf den Feuerschiffpositionen *Außenjade*, *Minsenersand* und *Elbe 1*.

Erstmalig wurden auch die meteorologischen Messungen auf 6 Feuerschiffen in Nord- und Ostsee veröffentlicht. Diese Daten erschienen nicht in den *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*, sondern im Beiheft 1 zum *Deutschen Meteorologischen Jahrbuch* für 1932 mit dem Titel *Wetterkundliche Beobachtungen auf 6 deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*. Auf diese Veröffentlichungen wird später gesondert eingegangen.

Ebenfalls 1934 erscheint das Heft des Berichtsjahres 1933. Wieder wurden einige redaktionelle Änderungen vorgenommen. Das Maximum der Strömungsgeschwindigkeit wird durch Fettdruck hervorgehoben, die Extremwerte der Temperatur und des Salzgehaltes werden in kursiver Schrift dargestellt.

Wiederum zur Unterstützung der Messfahrten des Reichsforschungsdampfers *Poseidon* in die Deutsche Bucht erfolgten für die Zeit vom 5. Mai bis zum 23. Mai 1933 zwei Mal täglich Wassertemperaturmessungen auf den Feuerschiffpositionen in der Deutschen Bucht und es wurden zwei Wasserproben abgefüllt. Zusätzlich dazu wurden auch auf den beiden Feuerschiffpositionen *Elbe 2* und *Elbe 3* Temperaturmessungen durchgeführt und Wasserproben zur Salzgehaltsbestimmung genommen³⁶².

³⁶¹ Deutsche Seewarte, *Meereskundliche Beobachtungen* 1935, 1936, S. 75.

³⁶² Interessanter Weise erwähnt Zorell die Reise der *Poseidon* im Jahr 1933 in seinem 1935 in der Veröffentlichungsreihe *Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte* erschienenen Artikel „Beiträge zur Hydrographie der Deutschen Bucht“ nicht (Deutsche Seewarte, *Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte*, Bd. 54, 1935, S. 11).

Auf die gesonderte Veröffentlichung der meteorologischen Messungen wird, wie schon im Vorjahr, im Vorwort hingewiesen.

1935 erscheint das zehnte Heft der *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*. Im Beobachtungsjahr 1934 wurden keine zusätzlichen Messungen mehr auf den Feuerschiffpositionen in der Deutschen Bucht vorgenommen, da die Forschungsfahrten der *Poseidon* in die deutsche Bucht in den Jahren 1930 bis 1933 in dieser Form nicht mehr durchgeführt wurden und damit die verstärkte Messtätigkeit nicht mehr benötigt wurde.

Eine redaktionelle Änderung ergab sich, da nach Franz Zorells zwangsweisem Ausscheiden aus dem Dienst der *Deutschen Seewarte* keine Einzelperson für die Verantwortlichkeit der Bearbeitung und der redaktionellen Aufarbeitung der Daten benannt wurde, sondern die gesamte Gruppe „Ozeanographie“ (Gruppe H) nunmehr hierfür verantwortlich zeichnete.

Wie schon in den zwei Jahren zuvor enthält das Vorwort zum Berichtsjahr 1935 einen Hinweis auf separat veröffentlichten meteorologischen Messdaten.

Das 1936 erscheinende Heft des Beobachtungsjahres 1935 entspricht in Vorwort und Einleitung dem des Vorjahres, lediglich Aktualisierungen wurden vorgenommen und in der Einleitung auf die geänderte Messfrequenz bei der Messung des Windes und der Strömung, die zum Jahresbeginn 1935 in Kraft trat, hingewiesen. Die Messungen erfolgten nun zweistündlich zwölfmal am Tag, es wurden aber nur die Daten von sechs Messterminen abgedruckt. Eine Begründung hierfür wird nicht gegeben.

Im September 1937 folgte die Herausgabe der Daten des Beobachtungsjahres 1936. In diesem Jahr erreichte die Zahl der Feuerschiffpositionen, auf denen meereskundliche und meteorologische Messungen durchgeführt wurden, ihren Höchststand. Insgesamt wurden Messungen auf 16 Feuerschiffpositionen erhoben, davon lagen 12 Stationen in der Nordsee und vier Stationen in der Ostsee.

Erstmalig kamen alle 12 täglichen Messungen der Windrichtung und Windstärke sowie der Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit zum Abdruck. Zusammen mit der erhöhten Zahl der Stationen nahm der Umfang der Hefte stark zu. Die Wiedergabe der Messwerte des Beobachtungsjahres 1924 erfolgte auf 84 Seiten, für das Jahr 1936 waren es schon 145 Seiten und erreichte in den Jahren 1937 und 1938 mit jeweils 159 Seiten die jeweils maximale Seitenzahl eines Heftes.

Die 1938 und 1939 erscheinenden Hefte der Beobachtungsjahre 1937 und 1938 entsprachen inhaltlich im Wesentlichen dem Heft des Beobachtungsjahres

1936. Allerdings wurden ab 1937 zusätzlich alle Tiefenbeobachtungen abgedruckt. Das Heft des Beobachtungsjahres 1938 wurde erst im Oktober 1939 nach Ausbruch des Zweiten Weltkrieges fertiggestellt.

Der Ausbruch des Krieges am 1. September 1939 hatte weitreichende Folgen für die Messungen auf den Feuerschiffpositionen, denn zu diesem Zeitpunkt wurden die Feuerschiffe, die auf den Positionen *Borkumriff*, *Norderney*, *Weser*, *Elbe 1*, *Elbe 3*, *Außeneider*, *Amrumbank*, *Fehmarnbelt* und *Adlergrund* ihren Dienst versahen, eingezogen. Dies geschah, um dem Feind bei Annäherung an die eigene Küste keinerlei Navigationshilfen zu geben und damit ein sicheres Vordringen in die Küstengewässer zu erschweren.

Im 1941 erschienenen Heft des Beobachtungsjahres 1939 ist dementsprechend die Menge der Messwerte spürbar geringer als im letzten Friedensjahr.

1942 werden die Daten des Jahres 1940 veröffentlicht. Hinsichtlich der Feuerschiffpositionen, auf denen die Messungen für die *Deutsche Seewarte* vorgenommen wurden, ergab sich 1940 eine Änderung, denn auf der Position *Fehmarnbelt* wurde zum 1. Juli erneut ein Feuerschiff ausgelegt und die Messungen wieder aufgenommen, da diese Feuerschiffposition nicht in einem vor gegnerischen Aktionen gefährdeten Gebiet lag und man nicht mit Aktionen seitens des Gegners rechnen musste.

1943 erfolgt der Druck der Messwerte des Jahres 1941. Auch dieses Heft entspricht im Wesentlichen dem des Vorjahres. Änderungen der Messstationen gab es nicht.

Im Juni 1944 erscheint das achtzehnte und letzte Heft der *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*. Zum Heft des Vorjahres ergaben sich keine Änderungen.

Zwar wurden auf den verbleibenden Feuerschiffpositionen weiterhin, wenn auch sporadisch, Messdaten erhoben, aber diese wurden nicht mehr veröffentlicht. Erst 1953 werden im Vorwort des ersten Heftes der, durch das *Deutsche Hydrographische Institut* herausgegebenen, *Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee* die noch in den Jahren 1943 bis 1945 von der *Deutschen Seewarte* durchgeführten Messungen, wie die von 1945 bis 1947 nun vom *Deutschen Hydrographischen Institut* erhobenen Daten aufgeführt.

Die während des Krieges eingezogenen Feuerschiffe wurden für spezielle Einsätze der Kriegsmarine nur zeitweilig auf den dafür relevanten Feuerschiffpositionen ausgelegt. Deshalb gibt es für diese Positionen keine fortlaufenden Beobachtungen. Auf folgenden Feuerschiffpositionen in der Nordsee wurden im Zweiten Welt-

krieg Daten erfasst: *Außenjade* vom Februar 1943 bis zum Oktober 1944, *Bremen* vom Januar bis Mai 1943 und noch einmal vom Januar 1944 bis zum Oktober 1944, *Elbe 1* vom August bis zum November 1945 und vom Oktober bis zum Dezember 1947, *Elbe 2* vom Mai 1943 bis zum Oktober 1944, *Elbe 4* vom Januar 1944 bis zum Oktober 1944, *Minsenersand* April 1943 und vom Februar bis zum August 1944, *P 11* vom November bis zum Dezember 1947 und *S 2* vom September bis Oktober 1947.

In der Ostsee gab es folgende Messungen: *Fehmarnbelt* vom August 1943 bis zum November 1944, vom Februar bis November 1945 und vom Mai 1947 bis zum Dezember 1947, *Flensburg* vom Januar bis zum August 1943, vom März 1944 bis zum Dezember 1945 und vom April 1947 bis zum Dezember 1947 und *Kiel* vom Januar bis Juli 1943, vom Februar bis zum März 1945 und vom April 1947 bis zum Dezember 1947³⁶³.

Diese Daten lagen nicht in Druckform vor, wurden aber auf Anforderung Nutzern bereitgestellt. Als die Möglichkeit geschaffen wurde, Daten auch digital zu archivieren, nahm man diese Daten in den Bestand des *Deutschen Ozeanographischen Datenzentrums (DOD)* des *Deutschen Hydrographischen Instituts* auf. Somit sind sie glücklicherweise nicht, wie die in den Jahren 1920 bis 1923 auf den Feuerschiffpositionen erhobenen Daten, verlorengegangen, sondern stehen Nutzern bei Bedarf zur Verfügung.

Ab dem Beobachtungsjahr 1932 war es der Deutschen Seewarte möglich, auch die auf den Feuerschiffpositionen gewonnenen meteorologischen Messungen in Druckform zu veröffentlichen. Diese Daten erschienen 1934 im Beiheft 1 zum *Deutschen Meteorologischen Jahrbuch* für 1932 mit dem Titel *Wetterkundliche Beobachtungen auf 6 deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*³⁶⁴.

Auf ein Vorwort³⁶⁵ folgt eine zweiseitige Einleitung, die in knapper Form Erläuterungen zu den Beobachtungsstationen, den gemessenen Parametern, den verwendeten Instrumenten und den an den Messungen beteiligten Beobachtern und den Bearbeitern des Datenmaterials gibt. Daran an schließt sich auf 37 Seiten das in Tabellenform abgedruckte Datenmaterial der Feuerschiffpositionen *Borkumriff*, *Au-*

³⁶³ Deutsches Hydrographisches Institut, *Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord und Ostsee im Jahre 1948, 1953*, Vorwort.

³⁶⁴ Deutsche Seewarte, *Deutsches Meteorologisches Jahrbuch* für 1932, 1934.

³⁶⁵ In diesem Vorwort, wie auch in den *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*, auf die frühen Messungen auf den Feuerschiffpositionen *Borkum*, *Außenjade* (*Außenjade*) und *Weser* durch die *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* verwiesen. Eine Feuerschiffposition *Borkum* hat es nie gegeben, ebenso wenig ein Feuerschiff mit diesem Namen (Deutsche Seewarte, *Deutsches Meteorologisches Jahrbuch* für 1932, 1934, S. II).

Benjade, *Elbe 1* und *Amrumbank* in der Nordsee, sowie der Positionen *Fehmarnbelt* und *Adlergrund* in der Ostsee. Dazu gehören auch die Berechnungen der jeweiligen Monats- und Jahresmittelwerte.

Noch im selben Jahr erscheint auch das Beiheft der *Wetterkundlichen Beobachtungen*³⁶⁶ für das Beobachtungsjahr 1933. Es entspricht in Form und Inhalt dem Heft des Vorjahres.

Zum 1. April 1934 war der *Reichswetterdienst* geründet worden, in den auch der wetterdienstliche Teil der *Deutschen Seewarte* eingegliedert wurde. Dieser Dienst war dem *Reichsluftfahrtministerium* unterstellt, während der meereskundliche und der nautische Teil der *Deutschen Seewarte* vom *Verkehrsministerium* in die Verantwortung der *Kriegsmarine* überwechselte.

Die Daten des Beobachtungsjahres 1934 erscheinen erst zwei Jahre später und nun aufgrund der Änderung der Organisationsstruktur als Veröffentlichung des *Reichsamtes für den Wetterdienst*³⁶⁷. Wie auch im Beobachtungsjahr 1933 kommen die Daten der vier Nordsee- und der zwei Ostsee-Feuerschiffpositionen zum Abdruck. Allerdings ist die Spalte Bemerkungen, in der zusätzliche meteorologische Beobachtungen aufgeführt werden, hinzugekommen. Eine weitere Ergänzung stellen die Vorbemerkungen, die auf die Einleitung folgen, dar. Sie enthalten Erläuterungen über die Art der Messungen der jeweiligen Messparameter.

Das 1937 erscheinende *Meteorologische Jahrbuch 1935* entspricht im Aufbau dem des Vorjahres, wobei es lediglich in den Vorbemerkungen einen zusätzlichen Abschnitt gibt, der sich mit der Qualität der Thermometerhüttenmessungen beschäftigt.

Für das Beobachtungsjahr 1936, das 1938 in Druck gegeben wird, ergibt sich eine größere Zahl der Messstationen. Während die Zahl der Stationen in der Nordsee konstant bleibt, verdoppelt sich die Zahl der Beobachtungsstationen von zwei auf vier. Neu hinzugekommen sind die Feuerschiffpositionen *Flensburg* und *Kiel*.

1939 erscheint das Heft des Beobachtungsjahres 1937 und 1940 das des Beobachtungsjahres 1938. Beide weisen nur eine kleine Neuigkeit auf und entsprechen im Wesentlichen den Heften der Beobachtungsjahre 1934 bis 1936. Die Spalte „Bemerkungen“ hieß nun „Witterungsverlauf“.

Damit hören die Veröffentlichungen der meteorologischen Messungen auf den deutschen Feuerschiffpositionen seitens der *Deutschen Seewarte* auf, obwohl auch

³⁶⁶ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1933, 1934.

³⁶⁷ Reichsamt für den Wetterdienst, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch, Teil IV, Heft 4, 1934, 1936.

während des Zweiten Weltkrieges, wenn auch nicht kontinuierlich auf verschiedenen Feuerschiffpositionen weiter gemessen wurde. Diese Daten wurden erst mehrere Jahre nach Beendigung des Krieges vom *Seewetteramt Hamburg* des 1952 gegründeten *Deutschen Wetterdienstes (DWD)*³⁶⁸ veröffentlicht.

1954 erscheinen als Veröffentlichung des *DWD* die *Deutschen Meteorologischen Jahrbücher* für die Jahre 1939, 1940 und 1941. Die Reihenfolge in der Wiedergabe der Beobachtungen und die Art der Veröffentlichung entsprachen bis auf kleine Änderungen den letzten noch von der Deutschen Seewarte herausgegebenen meteorologischen Jahrbüchern.

Allerdings werden im Jahrbuch für das Beobachtungsjahr 1939 nach dem Vorwort die in der Spalte „Witterungsverlauf“ benutzten Abkürzungen und Symbole erläutert. Diese Erläuterungen fehlen dann in den folgenden Jahrbüchern.

Kriegsbedingt schrumpfte das Beobachtungsmaterial des Jahres 1940. Auf den Feuerschiffpositionen *Borkumriff*, *Elbe 1* und *Amrumbank* in der Nordsee lagen keine Feuerschiffe mehr aus. Damit entfielen auch die Messungen auf diesen Positionen. Lediglich auf der Feuerschiffposition *Außenjade* war weiterhin ein Feuerschiff ausgelegt, auf dem sowohl meereskundliche, als auch meteorologische Messungen durchgeführt wurden.

Neu hinzugekommen war die Feuerschiffposition *Elbe 2*, deren Messungen neu in das Jahrbuch aufgenommen wurden.

In der Ostsee blieben die drei Feuerschiffpositionen *Flensburg*, *Kiel* und *Fehmarnbelt* besetzt. Die Feuerschiffposition *Adlergrund* wurde aufgegeben, denn sie lag im Einflussbereich der sowjetischen Besatzungszone und somit musste vor dem Ausbringen eines Feuerschiffes aus der britischen Besatzungszone erst das Einverständnis der Besatzungsmacht eingeholt werden, was angesichts der politischen Situation nicht möglich war. In der der sowjetischen Besatzungszone selbst war kein einsatzfähiges Feuerschiff nach Kriegsende verblieben und die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ließen einen Neubau auf absehbare Zeit nicht zu und das durch den Wegfall erhöhte Risiko für die Schifffahrt schien tragbar. Damit kamen auf dieser Feuerschiffposition die Messungen zum Erliegen. Dies war umso bedauerli-

³⁶⁸ Nach dem Zweiten Weltkrieg bildeten sich in den vier Besatzungszonen Zonenwetterdienste und später in den Ländern Länderwetterdienste. Am 1. Januar 1950 wurde der *Meteorologische Dienst der DDR* gegründet. Mehr als zwei Jahre später, am 11. November 1952 kam es zur Gründung des *Deutschen Wetterdienstes (DWD)* in der *Bundesrepublik Deutschland* (Deutscher Wetterdienst, 50 Jahre Deutscher Wetterdienst, 2002, S. 9-13).

cher, da auf dieser Feuerschiffposition schon seit 1884 meteorologische Messungen vorgenommen worden waren³⁶⁹.

Das Jahrbuch für das Beobachtungsjahr 1941 entspricht dem des Vorjahres.

Ebenfalls 1954 erscheinen die letzten Daten, die unter der Verantwortlichkeit der *Deutschen Seewarte* auf den Feuerschiffpositionen in Nord- und Ostsee erhoben worden waren. Die Jahrbücher der Beobachtungsjahre 1942 und 1943 weisen keine Änderungen zu den vorherigen Jahrbüchern auf. Das Jahrbuch des Jahres 1944 weist insofern eine Änderung zu den vorherigen Büchern auf, als dass die Messungen auf den beiden Feuerschiffpositionen *Außenjade* am 6. Oktober und *Elbe 2* am 27. Oktober 1944 ein Ende finden, da die dort liegenden Feuerschiffe kriegsbedingt eingezogen und für Wach- und Vorpostendienste eingesetzt wurden. Die Besatzungen der Feuerschiffe auf den zwei Feuerschiffpositionen *Flensburg* und *Fehmarnbelt* in der Ostsee konnten noch über das Kriegsende am 8. Mai 1945 hinaus meereskundliche und meteorologische Messungen erheben. Die Behandlung dieser Daten erfolgt an anderer Stelle. Lediglich auf der Feuerschiffposition *Kiel* mussten die Messungen am 28. Februar 1945 eingestellt werden und konnten erst wieder am 1. April 1946 aufgenommen werden³⁷⁰.

Erst viele Jahre nach Ende des Zweiten Weltkrieges wurden die meereskundlichen Daten auch in elektronischer Form erfasst und archiviert. 1967 entstand das bis 1983 gemeinsam von der *Deutschen Forschungsgemeinschaft* und dem *Deutschen Hydrographischen Institut* getragene und dann vom *Deutschen Hydrographischen Institut* allein weitergeführte *Deutsche Ozeanographische Datenzentrum*, dessen Aufgabe es war, alle ozeanographischen Beobachtungsdaten der deutschen wissenschaftlichen Institute und betroffenen Behörden zu sammeln, sie aufzuarbeiten und in ein einheitliches Datenformat zu überführen und zu archivieren. Hierzu bediente man sich erstmalig moderner elektronischer Datenverarbeitungsanlagen³⁷¹.

Im Zuge des Aufbaus eines Datenarchivs deutscher ozeanographischer Messungen wurden nach und nach alle von der *Deutschen Seewarte* durchgeführten meereskundlichen Messungen auf den deutschen Feuerschiffpositionen digital erfasst und archiviert. Seit diesem Zeitpunkt sind die Daten für eine computergestützte Bearbeitung für Nutzer direkt verfügbar.

³⁶⁹ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1884, 1884, S. 13.

³⁷⁰ Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1945/46, 1950, S. II.

³⁷¹ Kohnke, 1993, S. 332-334.

4. Das Deutsche Hydrographische Institut

Schon kurz nach Beendigung des Zweiten Weltkrieges in Europa am 8. Mai 1945 erkannten die Verantwortlichen der Britischen Besatzungsmacht in Norddeutschland die Notwendigkeit, eine Organisation zu schaffen, die die hydrographischen Aufgaben der *Kriegsmarine* und der *Deutschen Seewarte* übernehmen konnte³⁷².

Dies war dringend geboten, denn kriegsbedingt war die Vermessung der Küstengewässer fast zum Erliegen gekommen. Zudem waren große Teile der Nord- wie auch der Ostsee vermint worden und zahlreiche Schiffswracks behinderten die Schifffahrt.

Da ein Großteil des Nachschubs der Britischen Truppen und später auch der des US amerikanischen Truppen über See herangeschafft wurde, galt es möglichst schnell die Gefahren durch Minen und Wracks zu beseitigen und aktuelle Seekarten für die sichere Navigation zu erstellen, um wieder eine gefahrfreie Schifffahrt in Nord- und Ostsee gewährleisten zu können.

Die Schaffung der Grundlagen für das Weiterarbeiten der hydrographischen Dienste wurde von britischer Seite vorangetrieben³⁷³, was dazu führte, dass Teile des ehemaligen *Hydrographischen Dienstes der Kriegsmarine*, des *Marineobservatoriums Wilhelmshaven* und der *Deutschen Seewarte* zu einem Provisorium, dem *German Maritime Institute (Deutsches Maritimes Institut)* zusammengelegt wurden. Wie sehr es sich dabei um eine vorläufige Institution ohne definierte Rechtsgrundlage handelte, wird aus der Ansprache des damaligen Bundesverkehrsministers Hans-Christoph Seeböhm (1903 – 1967)³⁷⁴ anlässlich der Verabschiedung des ersten Präsidenten des *Deutschen Hydrographischen Instituts* Günther Böhnecke (1896 – 1981)³⁷⁵ deutlich. „In Wirklichkeit waren diese Einheiten im Laufe des Jahres 1945 nicht zerfallen, sondern sie existierten im wesentlichen Teilen ihres Personals und ihrer Einrichtungen unter der Aufsicht der Siegermächte als schwer definierbare Gebilde weiter³⁷⁶.“ Die Leitung des vermessungstechnischen Teils des *German Maritime Institute* lag in den Händen von Konteradmiral Otto Fein (1895 – 1953)³⁷⁷, die wis-

³⁷² Heise, 1993, S. 30.

³⁷³ Heise, 1993, S. 30.

³⁷⁴ Neue Deutsche Biographie, Bd. 24, 2010, S. 138-139.

³⁷⁵ Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 34. Jahrgang, 1981, S. 119-123.

³⁷⁶ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1960, 1961 S. 4–6.

³⁷⁷ Hildebrand, Röhr, Steinmetz, Bd. 4, 1981, S. 124.

senschaftliche Leitung übernahm Günther Böhnecke. Am 12. Dezember 1945 erfolgte die Namensänderung in *Deutsches Hydrographisches Institut* und wurde vom Obersten Alliierten Kontrollrat in Berlin genehmigt³⁷⁸. Das Institut stand unter der Aufsicht eines Direktorenrates aus amerikanischen, britischen, französischen und sowjetischen Vertretern. Das *Deutsche Hydrographische Institut* war die einzige deutsche Behörde, die für alle vier Besatzungszonen zuständig war und kam ihren Aufgaben bis Ende 1947 auch in der sowjetischen Besatzungszone nach³⁷⁹.



Abb. 26: Das Dienstgebäude des Deutschen Hydrographischen Instituts in Hamburg Mitte der 1970er Jahre, (BSH, Stabsstelle, Fotorchiv))

Ein Erlass des Direktorenrates beschreibt die Aufgaben des neuen Instituts: „Das Deutsche Hydrographische Institut ist gegründet worden, um die für eine sichere Schifffahrt nötigen Dienste in deutschen Küstengewässern zu überwachen, wichtige Nachrichten für Seefahrer und Sturmflut- und Eiswarnungen herauszugeben. . . Vom Institut werden lediglich Arbeiten, welche sich im Rahmen der in den Potsdamer Entschlüssen niedergelegten Richtlinien halten, ausgeführt. Dies bedeutet grundsätzlich, daß jegliche Arbeit, die von militärischem Wert für Deutschland sein könnte, ausgeschlossen wird, daß aber alles getan wird, um Fischer und Seeleute, welche in

³⁷⁸ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1946, 1947, S. 10.

³⁷⁹ Thies, 2009, S. 66.

deutschen Gewässern arbeiten oder diese auf ihren Fahrten passieren, zu unterstützen“³⁸⁰.

Im gleichen Erlass wurde weiter verfügt: „Jegliches Personal, welches im Augenblick noch nicht zivil ist, wird entlassen werden, damit das ganze Institut eine zivile Angelegenheit wird“.

Damit schied Konteradmiral Fein aus dem Institut aus und Günther Böhnecke übernahm zuerst als Direktor, später dann als Präsident, die Leitung des Instituts, das ab April 1946 ausschließlich über ziviles Personal verfügte.

Böhnecke hatte Geographie und Meereskunde in Berlin studiert und promovierte mit einer Dissertation über die Hydrographie der Nordsee³⁸¹. Anschließend war er als Assistent am *Institut für Meereskunde* in Berlin und später als Stipendiat der *Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft* tätig. Von 1925 bis 1927 nahm er an Bord des Vermessungsschiffs *Meteor (I)*³⁸² als einer von vier Ozeanographen des *Instituts für Meereskunde* in Berlin an der Deutschen Atlantischen Expedition teil. Diese Expedition gilt noch heute als eine der bedeutendsten Expeditionen zur Erforschung der Weltmeere. Ab 1935 bis Kriegsende 1945 stand er dem *Marineobservatorium Wilhelmshaven* als Direktor vor

Böhnecke übernahm die Leitung eines Instituts, dem durch die alliierten Siegermächte strenge Regeln für seine Aufgaben auferlegt worden waren. Diese schrieben genau vor, welche Arbeiten durchgeführt werden durften und welche Arbeiten verboten waren. Zu den verbotenen Themen wurde in einer Anweisung Stellung genommen: „Jegliche Arbeiten über die folgenden Themen sind verboten, außer, wenn eine Sondergenehmigung des Marine Direktoriums vorliegt:

Forschungsarbeiten über Funkortung.

Bathythermographie.

Nautische Geographie.

³⁸⁰ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1946, 1947, S. 17 – 18.

³⁸¹ Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 34. Jahrgang, 1981, S. 119.

³⁸² Das Vermessungsschiff *Meteor (I)* wurde 1924 in Dienst gestellt. Es war ursprünglich als Kanonenboot geplant, 1915 vom Stapel gelaufen, aber kriegsbedingt nicht fertiggestellt worden. Nach dem Ersten Weltkrieg erfolgte die Fertigstellung als unbewaffnetes Vermessungsschiff. Bei einer Länge von 71,15 m, einer Breite von 10,90 m und einem Tiefgang von 4,3 m wurde das Schiff von zwei Dampfmaschinen mit einer Gesamtleistung von maximal 670 Kw angetrieben und erreichte eine Geschwindigkeit von 11,6 Kn. Die Besatzungsstärke betrug 118 Personen. Hinzu kamen bis zu 15 Personen wissenschaftlichen Personals. 1933/34 erfolgte der Austausch der Dampfmaschinen gegen zwei Dieselmotoren mit einer Maximalleistung von 1620 Kw was eine Höchstgeschwindigkeit von 14 Kn ermöglichte. Nach Beendigung des Zweiten Weltkrieges musste die *Meteor (I)* an die Sowjetunion abgegeben werden, die das Schiff unter dem Namen *Ekvator* in Dienst stellte (Spieß, 1932, S. 39-65, Gröner, 1988, S. 198-199).

Jede andere nicht aufgeführte neue wissenschaftliche Forschungstätigkeit“³⁸³. Die meteorologischen Tätigkeiten der *Deutschen Seewarte*, die nach der Organisationsänderung von 1934 vom *Marine-Wetterdienst* ausgeübt worden waren, durften nicht vom *Deutschen Hydrographischen Institut* weitergeführt werden. Diese Aufgaben übernahm zunächst das *Meteorologische Amt für Nordwestdeutschland* und nach 1952 nach der Gründung des *Deutschen Wetterdienstes*, der durch die Zusammenlegung aller regionalen Wetterämter in der Bundesrepublik Deutschland entstanden war, das *Seewetteramt* des *Deutschen Wetterdienstes* in Hamburg³⁸⁴.

1949, mit Gründung der Bundesrepublik Deutschland, wurde das *Deutsche Hydrographische Institut* in Form einer Bundesoberbehörde der Zuständigkeit des *Verkehrsministeriums* unterstellt³⁸⁵. Mit der Wiedererlangung der staatlichen Souveränität fielen nach und nach die Restriktionen, die dem *Deutschen Hydrographischen Institut* durch die Besatzungsmächte auferlegt worden waren, weg. In den ersten Jahren nach Kriegsende waren die einzelnen Arbeitsgruppen auf bis zu 13 Standorte verteilt gewesen, was ein reibungsloses Zusammenarbeiten sehr erschwerte. Der Bau eines Dienstgebäudes in der Nähe des alten Standortes in Hamburg, in dem alle Mitarbeiter zusammengefasst werden konnten, war für die weitere Entwicklung dringend geboten, zumal auch die Zahl der Aufgaben ständig größer wurde und damit auch die Zahl der Mitarbeiter wuchs. 1950 konnte mit dem Bau eines neuen Dienstgebäudes in direkter Nachbarschaft zum Seemannshaus, das schon der *Norddeutschen Seewarte* von 1869 als Domizil gedient hatte³⁸⁶, begonnen werden (Abb. 26). Ein Jahr später am 1. Juli 1951 wurde der erste von insgesamt vier Bauabschnitt bezogen³⁸⁷. In den folgenden Jahren wurden noch drei weitere Bauabschnitte errichtet. Der letzte der vier Abschnitte konnte dann endlich im November 1958 fertiggestellt werden³⁸⁸. Aufgrund seiner guten persönlichen Kontakte zu vielen Fachkollegen im In- und Ausland, die er schon vor Ausbruch des Zweiten Weltkrieges geknüpft hatte, gelang es ihm, das *Deutsche Hydrographische Institut*, nachdem kriegsbedingt alle internationalen Kontakte abgerissen waren, als Mitglied in internationalen Strukturen zu integrieren und die isolierte Stellung der ersten Nachkriegsjahre zu überwinden³⁸⁹. So wurde Böhnecke 1957 zum Präsidenten der *Internationalen Hydrographischen Konferenz* gewählt, von 1957 bis 1964 bekleidete er die Position

³⁸³ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1946, 1947, S. 13.

³⁸⁴ Deutscher Wetterdienst, 2002, S. 10-13.

³⁸⁵ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1949, 1950, S. 6.

³⁸⁶ Wegner, 1993, S. 53.

³⁸⁷ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1951, 1952, S. 7.

³⁸⁸ Wegner, 1993, S. 67.

des Sekretärs des *Special Committee on Oceanic Research* und leitete von 1955 bis 1957 das *Hydrographical Committee* des *Internationalen Rates für Meeresforschung*³⁹⁰. 1960 schied er aus dem Dienst aus. Ihm war es im Laufe von 15 Jahren gelungen, das *Deutsche Hydrographische Institut* aus bescheidenen Anfängen nach dem Krieg zu einem auch im Ausland anerkannten hydrographischen Institut zu entwickeln.

1960 übernahm Gerhard Zwiebler (1900 – 1983) das Amt des Präsidenten des *Deutschen Hydrographischen Instituts*³⁹¹. Er hatte an der *Technischen Hochschule* in Berlin studiert und wurde dort zum Dr.-Ing. promoviert³⁹². Danach war er als Lehrer und Direktor an den *Seefahrtsschulen Bremerhaven, Hamburg-Altona, Leer und Stettin* tätig. 1943 wurde er ins *Reichsverkehrsministerium* berufen. Nach dem Zweiten Weltkrieg übernahm er Aufgaben im *Seeschiffahrtsamt* der britischen Besatzungszone und später im *Verkehrsministerium*³⁹³. In seine Amtszeit fällt die Indienststellung des Forschungsschiffs *Meteor (II)*³⁹⁴ im Jahre 1964. Wenige Monate vor seinem Ausscheiden am 31. Juli 1965 trat am 24. Mai das „Gesetz über die Aufgaben des Bundes auf dem Gebiet der Seeschifffahrt“ in Kraft³⁹⁵. Damit wurden die Aufgaben des *Deutschen Hydrographischen Instituts* auf eine neue Rechtsgrundlage gestellt. Der es betreffende Paragraph 4 lautet:

„Das Deutsche Hydrographische Institut ist eine Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministers für Verkehr. Es hat

1. die Seeschifffahrt und Seefischerei durch naturwissenschaftliche und nautisch-technische Forschung zu fördern; meeresbiologische Forschungen sind ausgenommen;
2. die nautischen Instrumente und Geräte der Schiffsausrüstung auf ihre Eignung für den Schiffsbetrieb und ihre sichere Funktion an Bord zu prüfen und die Magnetkomпасse zu regulieren;

³⁸⁹ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1960, 1961, S. 9.

³⁹⁰ Heise, Walden, 1981, S. 119-123.

³⁹¹ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1960, 1961, S. 11.

³⁹² Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1965, 1966, S. 10.

³⁹³ Schopper, 1963, S. 7.

³⁹⁴ Die *FS Meteor (II)* war das erste deutsche Forschungsschiff nach dem Zweiten Weltkrieg, das für die weltweite Erforschung der Meere gebaut wurde. Es besaß eine Länge von 82 m, eine Breite von 13,5 m und einen Tiefgang von 4,8 m. Angetrieben wurde es durch eine dieselelektrische Fahranlage mit einer Leistung von 1470 Kw und erreichte damit eine Geschwindigkeit von 14 kn. Insgesamt konnten auf dem Schiff 79 Personen untergebracht werden, davon gehörten 55 zum Schiffs- und 24 zum wissenschaftlichen Personal. Das Schiff wurde 1985 an Neuseeland verkauft und 1993 in Indien abgewrackt. Die erste Reise stand in der Tradition der ozeanweiten Forschung des ersten Forschungsschiffs mit diesem Namen und führte auf einer siebenmonatigen Fahrt in den Indischen Ozean (Deutsche Hydrographische Zeitung, 1964, 39 S. (Deutsche Forschungsgemeinschaft/Deutsches Hydrographisches Institut, 1985, S. 37).

3. die Aufgaben nach § 1 Nrn. 10 bis 12 wahrzunehmen.“

Der erste Paragraph lautet:

„Dem Bund obliegen auf dem Gebiet der Seeschifffahrt

1. – 9.
10. die nautischen und hydrographischen Dienste, insbesondere
 - a) der Seevermessungsdienst,
 - b) der Gezeiten-, Windstau- und Sturmflutwarndienst,
 - c) der Eismeldungsdienst,
 - d) der erdmagnetische Dienst,
 - e) der Zeitdienst
11. die Herstellung und Herausgabe amtlicher Seekarten und amtlicher nautischer Veröffentlichungen sowie die Verbreitung nautischer Warnnachrichten;
12. die Überwachung des Meerwassers auf
 - a) Radioaktivität und
 - b) sonstige schädliche Beimengungen.“³⁹⁶

Zwiebler stärkte die von seinem Vorgänger begonnene Zusammenarbeit mit ausländischen Institutionen³⁹⁷ und förderte die Entwicklung neuer Techniken für die Seeschifffahrt. Dies fand seinen Ausdruck unter anderem darin, dass er für zwei Jahre den Vorsitz des Fachausschusses „Kreiseltechnik“ als Vorsitzender in den Jahren 1965 und 1966 leitete³⁹⁸.

Nach seinem Ausscheiden 1965 übernahm Hans Ulrich Roll (1910 – 2000) die Leitung des *Deutschen Hydrographischen Instituts*³⁹⁹. Er hatte Mathematik und Naturwissenschaften studiert und danach eine Anstellung im *Marinewetterdienst* erhalten⁴⁰⁰. 1939 promovierte er in Meteorologie und Ozeanographie. Nach Kriegsdienst und britischer Gefangenschaft fand er 1947 eine Anstellung beim *Meteorologischen Amt für Nordwestdeutschland*, dem späteren *Seewetteramt* des *Deutschen Wetterdienstes*, in Hamburg⁴⁰¹. Von 1958 bis 1965 leitete er dieses Amt bevor er als Präsident zum *Deutschen Hydrographischen Institut* wechselte⁴⁰². Roll hat in seiner Präsi-

³⁹⁵ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1965, 1966, S. 5.

³⁹⁶ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1965, 1966, S. 102.

³⁹⁷ Hier sei exemplarisch nur die Teilnahme des *Deutschen Hydrographischen Instituts* an der ersten Sitzung der *Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC)* in Paris im Oktober 1961 erwähnt, Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1961, 1962, S. 9.

³⁹⁸ Wagner, Perlmutter, 2015, 20 S.

³⁹⁹ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1965, 1966, S. 5.

⁴⁰⁰ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1965, 1966, S. 15-16.

⁴⁰¹ Deutscher Wetterdienst, 50 Jahre Deutscher Wetterdienst, 2002, S.10-13.

⁴⁰² Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Presse-Information vom 4. Januar 2001, 2001.

denschaft die Meeresforschung in Deutschland stark gefördert. Wie sehr sich das *Deutsche Hydrographische Institut* aktiv an der Forschung beteiligte, wird darin deutlich, dass von den ersten 32 Forschungsfahrten der *Meteor (II)* 12 Fahrten in der Verantwortung der *Deutschen Forschungsgemeinschaft*, drei gemeinsam und 17 in der Verantwortung des *Deutschen Hydrographischen Instituts* durchgeführt wurden⁴⁰³. In seiner Amtszeit erreichten die Forschungstätigkeiten des Instituts einen Höhepunkt. Projekte wie „Ozeanographisch-meteorologisches Meßnetz in europäischen Gewässern, Joint North Sea Information System und OVERFLOW ‘73“ stehen beispielhaft für diese Entwicklung⁴⁰⁴.

1974 schied Roll nach Erreichen der Altersgrenze als Präsident des *Deutschen Hydrographischen Instituts* aus. Seine Nachfolge trat Gerhard Zickwolff (1924 – 1997) an⁴⁰⁵. Zickwolff hatte in den Jahren 1948 – 1953 Physik an der *Universität Braunschweig* studiert⁴⁰⁶. Anschließend wechselte er zur *Bremer Seefahrtsschule*. 1958 promovierte er im Fach Physik mit den Nebenfächern Meteorologie und Hochfrequenztechnik. Sechs Jahre später dann erfolgte die Ernennung zum Präsidenten des *Deutschen Hydrographischen Instituts*. Einer der Schwerpunkte seiner Arbeit lag in der Verbesserung der Sicherheit in der Seeschifffahrt. Während seiner Amtszeit wurde die *Meteor (II)* 1985 außer Dienst gestellt und nach Neuseeland verkauft. An ihre Stelle trat ein Nachfolgebau gleichen Namens, die *Meteor (III)*⁴⁰⁷. Allerdings wurde die Zusammenarbeit in der Nutzung mit der *Deutschen Forschungsgemeinschaft* nicht weitergeführt⁴⁰⁸. Dies führte zu einem merklichen Rückgang der meereskundlichen Forschungsaktivitäten im *Deutschen Hydrographischen Institut*.

Zickwolff setzte sich vor allem für die Schaffung internationaler Leistungsnormen für nautische Instrumente und Geräte der Schiffsführung ein. Er war Mitglied in der *Gesellschaft für Ortung und Navigation e. V.*, deren Vorsitz er lange Jahre innehielt, sowie Mitglied des Beirates des Normenausschusses „Einheiten und Formelgrößen“ im *Deutschen Institut für Normung e. V.* Sein besonderer Bezug zur praktischen Seefahrt wird dadurch deutlich, dass er sowohl als Mitverfasser als auch als

⁴⁰³ Deutsche Forschungsgemeinschaft/Deutsches Hydrographisches Institut, 1985, S. 37-41.

⁴⁰⁴ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1960, 1961, S. 61.

⁴⁰⁵ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1972/73, 1974, S. 4.

⁴⁰⁶ Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 48. Jahrgang, 1996, S. 209-210.

⁴⁰⁷ Die *Meteor (III)* wurde in den Jahren 1985 und 1986 auf der Schlichting-Werft in Lübeck-Travemünde erbaut. Bei einer Länge von 97,5 m, einer Breite von 16,5 m hat sie einen Tiefgang von 5,61 m. Der dieselelektrische Antrieb leistet 4000 Kw und ermöglicht eine Geschwindigkeit von 11,5 kn. Die Besatzung besteht aus 33 Personen, einem Bordmeteorologen und einem Wettertechniker sowie 28 Personen wissenschaftliches Personal (Leitstelle Meteor, 1998).

⁴⁰⁸ Dies hatte sich schon bei den Vorüberlegungen zum Bau des Nachfolgeschiffes angedeutet. Siehe dazu: Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1979, S. 71.

Mitherausgeber des Standardwerkes „Handbuch für die Schiffsführung in Erscheinung trat⁴⁰⁹.

1989 übernahm Peter Ehlers (1943 -) die Leitung des *Deutschen Hydrographischen Instituts*⁴¹⁰. Ehlers-) studierte Rechtswissenschaften in Marburg und Kiel und promovierte 1969 mit einem seerechtlichen Thema⁴¹¹. Danach war er als Dezerent für Seeverkehr in der *Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord* tätig. Anschließend wechselte er in die *Abteilung Seeverkehr* des *Bundesverkehrsministeriums*. Für zwei Jahre stand er der Zentralabteilung des *Deutschen Hydrographischen Instituts* vor, bevor er zum *Verkehrsministerium* zurückkehrte.

1990 wurde das *Deutsche Hydrographische Institut* mit dem *Bundesamt für Schiffsvermessung* zum *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie*⁴¹² zusammengelegt, das Ehlers bis zum seinem Ausscheiden 2008 leitete⁴¹³. Mit der Wiedervereinigung fiel ihm die Aufgabe zu, die Mitarbeiter des ehemaligen *Seehydrographischen Dienstes* der *Deutschen Demokratischen Republik* in das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* zu integrieren. Er baute den Dienstsitz in Rostock zum Zentrum der deutschen nautischen Hydrographie auf, verwandelte das Bundesamt immer mehr in eine Verwaltungsbehörde, wobei die Regelungen zur maritimen Raumordnung aufgrund wachsender Offshore-Tätigkeiten immer mehr an Bedeutung gewannen⁴¹⁴ und reduzierte seine Forschungstätigkeiten, auch im Hinblick auf notwendige Kosteneinsparungen, zunehmend, was zur vorzeitigen, ersatzlosen Außerdienststellung des einzigen Forschungsschiffes, der *FS Gauss* im Jahre 2006 führte⁴¹⁵.

Als er die Leitung des *Deutschen Hydrographischen Instituts* übernahm, gab es schon keine bemannten Feuerschiffe mehr, auf denen meteorologische und mee-

⁴⁰⁹ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1989, 1990, S. 11.

⁴¹⁰ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1989, 1990, S. 11.

⁴¹¹ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1989, 1990, S. 11-12.

⁴¹² Das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* wurde am 1. Juli 1990 durch Zusammenlegung des *Deutschen Hydrographischen Instituts* mit dem *Bundesamt für Schiffsvermessung* gegründet. Zusätzlich wurden dem *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* weitere Schifffahrtsaufgaben aus dem Bereich des *Bundesverkehrsministeriums* übertragen. Mit der Wiedervereinigung am 3. Oktober desselben Jahres erweiterte sich die Zuständigkeit des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie* auf den Bereich der neuen Bundesländer. Dazu gehörte die Übernahme von Aufgaben die vorher vom *Seehydrographischen Dienst*, dem *Seefahrtsamt*, dem *Meteorologischen Dienst*, der *Bagger-, Bugsier- und Bergungsreederei* und dem *Staatlichen Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz* der ehemaligen *Deutschen Demokratischen Republik* erledigt worden waren (*Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, 25 Jahre Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie im wiedervereinigten Deutschland, 1990–2015*, 2015).

⁴¹³ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Jahresbericht 2008, 2009.

⁴¹⁴ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, *25 Jahre Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie im wiedervereinigten Deutschland, 1990–2015*, 2015, S.11-13.

⁴¹⁵ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Jahresbericht 2006, 2007, S. 46.

reskundliche Daten erhoben wurden. Diese Aufgaben hatten ab 1989 ausschließlich automatische Messstationen übernommen.

Ab 2008 übernahm die Meteorologin Monika Breuch-Moritz (1953 -) die Leitung des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie*⁴¹⁶.

4.1 Die Messstationen des Deutschen Hydrographischen Instituts

Nach Ende des Zweiten Weltkrieges in Europa im Mai 1945 stellte sich die Lage für den Aufbau eines hydrographischen Dienstes und die Durchführung seiner Aufgaben wesentlich schwieriger dar, als es nach dem Ersten Weltkrieg der Fall war. Damals blieben die vorhandenen hydrographischen Behörden bestehen und auch die Infrastruktur war noch vorhanden⁴¹⁷. Dies alles existierte nun aber nicht mehr. An die Wiederaufnahme von meteorologischen und meereskundlichen Messungen auf den deutschen Feuerschiffpositionen war vorerst nicht zu denken, denn die Kapazitäten reichten hierfür nicht aus, da die Sicherung der Schifffahrt höchste Priorität besaß und alle Mittel hierfür benötigt wurden⁴¹⁸.

Erst im Jahre 1947 konnte wieder ein regulärer Beobachtungsdienst auf den Feuerschiffen eingerichtet werden⁴¹⁹. Von den drei Stationen in der Ostsee, die im Bereich der westlichen Alliierten lagen, begannen die Messungen zuerst auf der Feuerschiffposition *Kiel*. Die ersten Messungen wurden am 11. April 1947 erhoben. Am 18. April folgte dann die Feuerschiffposition *Flensburg* und am 1. Mai 1947 die Position *Fehmarnbelt*. Die vierte Feuerschiffposition in der Ostsee, die Position *Adlergrund* lag im Bereich der sowjetischen Besatzungszone. Dort wurde das im Krieg eingezogene Feuerschiff nicht wieder ausgelegt und die Position blieb unbesetzt.

In der Nordsee kam es nach dem Zweiten Weltkrieg zu einer vollständigen Neuordnung der Feuerschiffpositionen. Die Positionen *Außeneider*, *Außenjade*, *Amrumbank*, *Elbe 4*, *Minsener Sand* und *Norderney* wurden nicht mehr mit Feuerschiffen besetzt⁴²⁰. Die Sicherung der Schifffahrtswege erfolgte nach Abschluss der Minenräumarbeiten in diesen Bereichen durch weniger aufwendige Seezeichen, wie Bojen und in Landnähe feste Masten. Auf den schon vor dem Zweiten Weltkrieg be-

⁴¹⁶ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Jahresbericht 2008, 2009, S. 5.

⁴¹⁷ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1919-20, 1921, S. 11-22.

⁴¹⁸ Deutsche Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1946, 1947, S. 9-10

⁴¹⁹ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1953, 1954, Einleitung.

stehenden Feuerschiffpositionen *Elbe 1* und *Weser* wurden erneut Feuerschiffe in Position gebracht. Die zur Sicherung der Schifffahrt vor Minen eingerichteten Zwangswege (Abb. 28) in der deutschen Bucht wurden durch neue Feuerschiffpositionen abgesichert⁴²¹. Dazu gehörten die weit in der nördlichen deutschen Bucht gelegene Feuerschiffposition *HR 1*, die nordöstlich von Helgoland gelegene Feuerschiffposition *P 11*, die auch zeitweilig die Bezeichnung *P 8* erhielt, sowie die südlich Helgolands eingerichtete Position mit der Bezeichnung *P15*, die später in *P 12* umbenannt wurde. Zur Sicherung des englischen Nachschubweges vom Humber in die Deutschen Bucht wurde auf halbem Wege zwischen der Elbe- und der Humbermündung die Feuerschiffpositionen *Pit Buoy* und später *S 2* eingerichtet, die von allen deutschen Feuerschiffpositionen die exponierteste Lage aufwiesen (Abb. 27).



Abb. 27: Die Messstationen des Deutschen Hydrographischen Instituts (1947 – 1988) in Nord- und Ostsee, (Meereskundliche Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, Jahr 1950, S. 3, Jahr 1951, S. 3 und Jahr 1978, S. 7)

Schon im Oktober 1945 wurden die meteorologischen Messungen auf den wieder ausgebrachten Feuerschiffen erneut aufgenommen. Am 1. September 1947 begann dann auf der Feuerschiffposition *S 2* auch die Erfassung meereskundlicher

⁴²⁰ Diese ehemaligen Feuerschiffpositionen lagen nach Kriegsende abseits der Zwangswege und konnten wegen Minengefahr nicht befahren werden. Siehe dazu: Nachrichten für Seefahrer 1945, 1946 und 1947.

⁴²¹ Eine Übersicht über alle Wege enthält: Deutsches Hydrographisches Institut, Minengefährdete und Abgesuchte Wege, 1965, S. 201-344.

Daten⁴²². Noch im gleichen Jahr folgte am 15. Oktober die Feuerschiffposition *Elbe 1*, am 2. November die Position *P 11* und am 12. Dezember die Position *Weser*. Auf der Position *P 15* dauerte es noch bis zum 17. April 1948 bevor auch dort die Messungen aufgenommen wurden⁴²³.

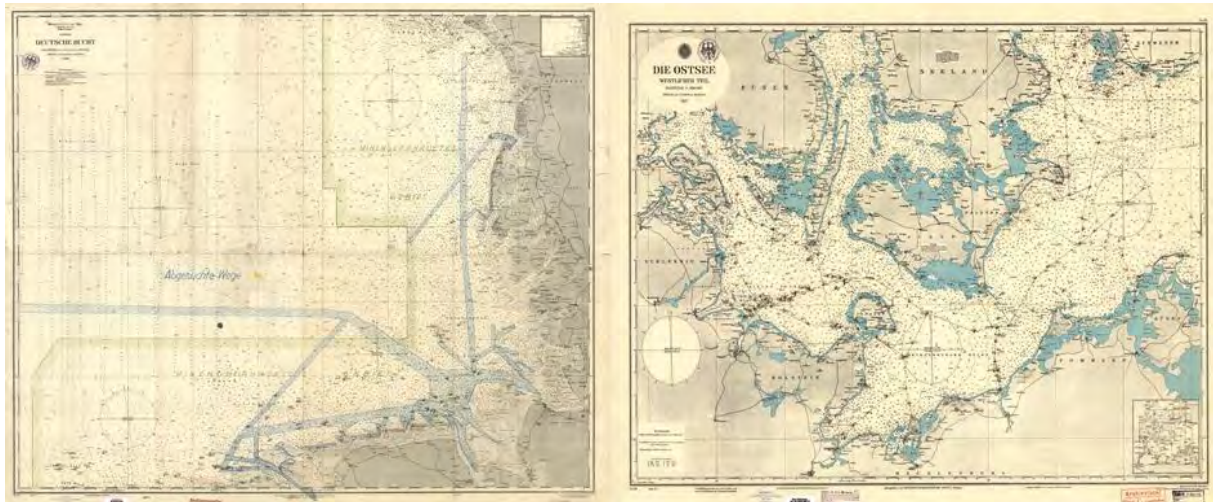


Abb. 28: Zwangswege in der Deutschen Bucht und der westlichen Ostsee, (Autor)

Die Feuerschiffposition *Pit Buoy* war nur in den Jahren 1945 - 1947 und die Feuerschiffposition *HR 1* nur in den Jahren 1945 – 1949 besetzt. *Pit Buoy* wurde zur Sicherung der Schifffahrt nicht mehr benötigt und daher eingezogen, *HR 1* durch ein dänisches Feuerschiff ersetzt⁴²⁴. In der kurzen Zeit, in der auf diesen Positionen Feuerschiffe auslagen, wurden nur meteorologische Daten erfasst. Das Feuerschiff auf der Feuerschiffposition *S 2* wurde schon nach nicht einmal siebenjähriger Tätigkeit am 9. November 1953 eingezogen und die Position aufgegeben, da auch diese Position zur Sicherung der Schifffahrtswege nicht mehr benötigt wurde⁴²⁵. Am 17. März 1954 kam dann wieder eine neue Messstation zu den vier Nordseestationen

⁴²² Bis zu diesem Zeitpunkt war zum einen aus organisatorischen Gründen, die Referate der Abteilung „Meereskunde und Erdmagnetismus“ waren räumlich an recht auseinander liegenden Orten untergebracht, zum anderen hatten Aufgaben wie die Bestandsaufnahme von meereskundlichen Geräten und die Aufbereitung und Auswertung meereskundlicher Beobachtung Vorrang gehabt (Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1947, 1948, S. 32).

⁴²³ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1953, 1954, Einleitung.

⁴²⁴ Das auf der Position *Pit Buoy* ausliegende Feuerschiff wurde durch eine Leuchtheultonne getauscht (Nachrichten für Seefahrer, 1947, S. 223). Das auf der Position *HR 1* ausliegende Feuerschiff *Amrumbank* wurde durch ein dänisches Feuerschiff abgelöst (Nachrichten für Seefahrer, 1949, S. 402-403).

⁴²⁵ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1954, 1955, Einleitung.

hinzu. An diesem Tag begannen die Messungen auf der Feuerschiffposition *Borkumriff*⁴²⁶.

Im Rahmen der Aufgabe von Feuerschiffpositionen, die aufgrund fortschreitender Technisierung für die Sicherheit der Seeschifffahrt nicht mehr benötigt wurden, fiel die Position *Flensburg* am 11. Juni 1963 zum Opfer⁴²⁷. Das Feuerschiff wurde eingezogen und die Station nicht mehr besetzt.

Durch den Bau des *Leuchtturms Kiel* wurde die Feuerschiffposition *Kiel* überflüssig und am 5. Juli 1967 aufgegeben⁴²⁸. Der Leuchtturm diente als Versuchsstation für die Errichtung einer vollautomatischen Messstation um den Wegfall der manuellen Messungen auf den Feuerschiffen kompensieren zu können und weiterhin meteorologische und meereskundliche Daten aus der Deutschen Bucht und der westlichen Ostsee zu erhalten.

Anfang November 1969 wurde die Feuerschiffposition *P 12* aufgegeben und das dort ausgelegte Feuerschiff auf eine neue Position, die fortan den Namen *Deutsche Bucht* trug, verlegt. Diese Maßnahme erfolgte im Zuge der Einrichtung des Verkehrstrennungsgebietes Deutsche Bucht, in dem in die Deutsche Bucht ein- und auslaufenden Schiffen getrennte Zwangswege zugewiesen wurden⁴²⁹.

1972 erfolgte eine weitere Änderung in den Feuerschiffposition in der Nordsee. Am 14. November diesen Jahres wurde die Position *P 8* aufgegeben und das Feuerschiff auf eine Position nördlich der Insel Borkum verlegt. Diese Position erhielt die Bezeichnung *TW/Ems*⁴³⁰. Allerdings blieb diese Position nur wenige Jahre in Betrieb. Schon am 12. März 1978 wurde die Position aufgegeben und das Feuerschiff ersatzlos eingezogen⁴³¹.

Drei Jahre später, am 23. September 1981 wurde auch die Feuerschiffposition *Weser* aufgegeben und das Feuerschiff eingezogen und durch eine automatische Großtonne ersetzt⁴³².

1984 kam das Aus für die Feuerschiffposition *Fehmarnbelt*. Das auf dieser Position ausgelegte Feuerschiff wurde am 29. März eingezogen. An seine Stelle trat

⁴²⁶ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1955, 1956, Einleitung.

⁴²⁷ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1964, 1965, Einleitung.

⁴²⁸ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1968, 1970, Einleitung.

⁴²⁹ Nachrichten für Seefahrer, 1969, S. 1914-1915.

⁴³⁰ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1973, 1974, Einleitung.

⁴³¹ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1979, 1980, S. 3.

⁴³² Nachrichten für Seefahrer, 1981, S. 1278.

eine automatische Großtonne, die vorher auf der ehemaligen Feuerschiffposition *Weser* ausgelegt worden war⁴³³.

Auf den letzten drei verbleibenden Feuerschiffpositionen in der Nordsee wurden nach und nach die bemannten Feuerschiffe gegen unbemannte, automatische Feuerschiffe ausgetauscht. Zuerst erfolgte dieser Austausch am 21. Mai 1986 auf der Position *Deutsche Bucht*⁴³⁴. Ihr folgte 1988 am 22. April die Station *Elbe 1* und am 15. Juli die Station *Borkumriff*. Durch die Ausbringung des unbemannten Feuerschiffs auf dieser Station wurde das letzte bemannte deutsche Feuerschiff nicht mehr benötigt und eingezogen⁴³⁵.

Das *Deutsche Hydrographische Institut* hatte keinen Einfluss auf die Feuerschiffpositionen, die mit bemannten Feuerschiffen besetzt wurden. Diese Entscheidungen trafen die jeweiligen Seestraßenämter, - später die Wasser- und Schifffahrtsämter -, ausschließlich um die Sicherheit der Schifffahrt zu gewährleisten und die freigegebenen Schifffahrtsrouten zu kennzeichnen⁴³⁶.

Da der Betrieb der bemannten Feuerschiffe aufgrund des hohen Personalaufwands sehr teuer war und sie für die Sicherheit der Seeschifffahrt aufgrund der Entwicklung neuer Sicherheitstechnik in der Schifffahrt nicht mehr benötigt wurden, kam es zur schrittweisen Reduzierung der bemannten Feuerschiffe bis zur Außerdienststellung der letzten beiden Schiffe im Jahre 1988⁴³⁷.

Die meteorologischen und meereskundlichen Messungen dienten nicht zur Lösung spezieller wissenschaftlicher Fragestellungen, für die die Wahl einzelner bestimmter Feuerschiffpositionen notwendig gewesen wäre, sondern zum Aufbau von Datensätzen, die dem täglichen Betrieb und zur Unterstützung anderer Projekte wie beispielsweise die Erstellung von Karten, Atlanten und Seehandbüchern dienten. Dazu benötigte man so viele Daten wie möglich, auch wenn die geographische Verteilung der Messorte nicht optimal war.

⁴³³ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1985, 1986, S. 3.

⁴³⁴ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1987, 1988, S. 3.

⁴³⁵ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1989, 1990, S. 3.

⁴³⁶ Wiedemann, 1998, S. 133-138.

⁴³⁷ Wiedemann, 1998, S. 372.

4.2 Die Messungen

Als das *Deutsche Hydrographische Institut* nach Beendigung des Zweiten Weltkrieges ab November 1945 wieder regelmäßig mit meteorologischen und ab 1947 wieder mit meereskundlichen Messungen auf den Feuerschiffposition in Nord- und Ostsee begann, führte man die Messungen nach demselben Schema, das von der *Deutschen Seewarte* eingeführt worden war, weiter. Es blieb bei den Messungen von Temperatur und Salzgehalt auf allen Stationen um 8 Uhr und den zusätzlichen Messungen dieser Parameter auf den Nordseestationen zu ausgesuchten Hoch- und Niedrigwasserzeiten. Seegang und Strömung wurden alle zwei Stunden beginnend um 2 Uhr erfasst⁴³⁸.

Bei den meteorologischen Messungen musste auf Befehl der englischen Besatzungsmacht ein neues Zeitschema angewendet werden. Bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges erfolgten die meteorologischen Messungen jeweils um 2, 5, 8, 11, 14, 17, 19 und 23 Uhr Mitteleuropäischer Zeit (MEZ). Danach wurden die Messungen um 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 und 21 Uhr Mittlere Greenwich Zeit (MGZ)⁴³⁹ durchgeführt⁴⁴⁰. Die Umstellung erfolgte aber nicht gleichzeitig, sondern begann am 2. November 1945 mit der Umstellung auf der neu eingerichteten Feuerschiffposition *Pit Buoy* in der Nordsee und endete am 9. März 1946 mit der Umstellung auf die neuen Zeiten auf der Feuerschiffposition *Fehmarnbelt* in der Ostsee.

Mit der generellen Übernahme des Messschemas für meereskundliche Daten der *Deutschen Seewarte* durch das *Deutsche Hydrographische Institut* wurde gewährleistet, dass kein Bruch in den Zeitreihen entstand und die auf den Stationen gewonnenen neuen Daten mit den bereits vorhandenen Daten einen homogenen Datensatz bildeten dessen Messwerte direkt miteinander verglichen werden konnten.

4.2.1 Temperatur

Bei der Wiedereinführung der meteorologischen und meereskundlichen Messungen auf den Feuerschiffen in der Deutschen Bucht und in der westlichen Ostsee war man seitens des *Deutschen Hydrographischen Instituts* bemüht, die Messungen,

⁴³⁸ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1948, 1953, Einleitung.

⁴³⁹ MGZ entspricht der GMT (Greenwich Mean Time) = MEZ + 1 Stunde.

⁴⁴⁰ Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1945/46, 1950, S. II-III.

wie sie von der *Deutschen Seewarte* eingeführt waren, möglichst mit der damals angewendeten Systematik weiterzuführen, damit ein quantitativer wie auch qualitativer Bruch in den Messungen vermieden wurde.

Die den Krieg überlebten Feuerschiffe besaßen noch alle die ihnen für die Messungen von der *Deutschen Seewarte* zur Verfügung gestellten Messgeräte. Daher war die Aufnahme von Wassertemperaturmessungen ohne größere Probleme möglich. Das vorhandene Material konnte allerdings in der ersten Zeit bei Verlust nur durch noch vorhandene Altbestände ersetzt werden, denn für eine Neubeschaffung von Geräten fehlten vorerst die Mittel.

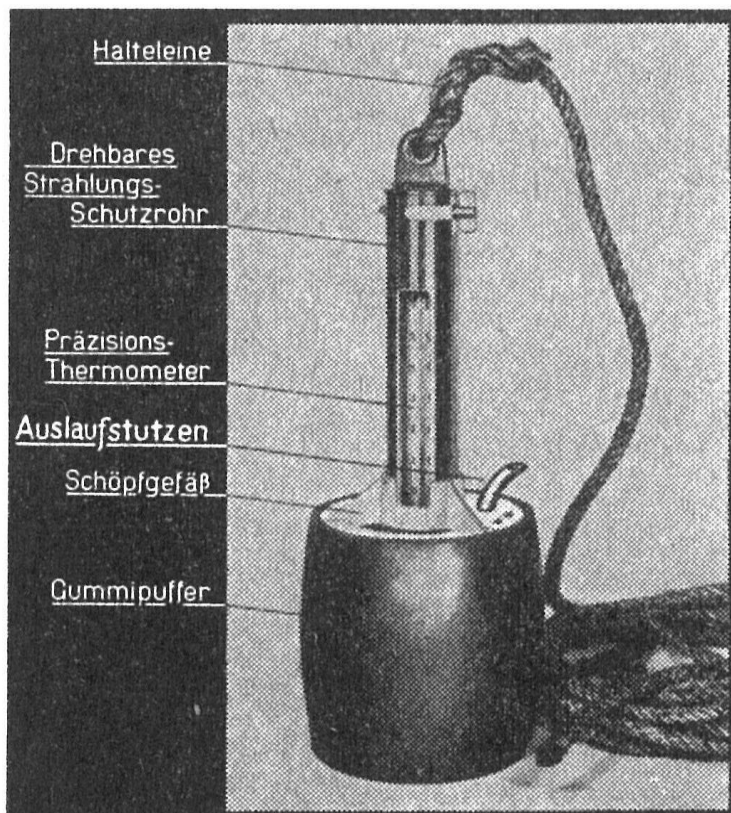


Abb. 29: „Wasserschöpf“-Thermometer, (DHI, Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse, Nr. 6, 1954, S. 4)

Gummischicht überzogen. Diese diente dazu, Stöße beim zu Wasser lassen und Herausheben gegen die Bordwand abzufedern und Beschädigungen zu verhindern. In dem Wasserbehälter war eine Halterung eingebaut, in die ein Quecksilberthermometer befestigt wurde (Abb. 29).

Zur Bestimmung der Wassertemperatur an der Oberfläche kam ein Eimer mit einem Tau, die sogenannte „Pütz“ zum Einsatz. Mit ihr wurde eine Wasserprobe aus der Oberfläche genommen und an Bord mit Hilfe eines Quecksilberthermometers mit einer Zehntel-Grad-Einteilung die Temperatur der Wasserprobe ermittelt⁴⁴¹.

Ab 1953 wurde diese Art der Temperaturbestimmung aufgegeben⁴⁴². Es kam ein Gerät zu Einsatz, das Eimer und Thermometer verband. Der Wasserbehälter war mit einer

⁴⁴¹ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1948, 1953, Einleitung.

⁴⁴² Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1953, 1954, Einleitung.

Dieses „Wasserschöpf-Thermometer“ wurde zur Bestimmung der Oberflächenwassertemperatur für die alle drei Stunden durchzuführenden meteorologischen Beobachtungen benutzt. Im Interesse einheitlicher Messungen kam diese Messtechnik nun auch für die meereskundlichen Beobachtungen zur Anwendung, da es wenig Sinn machte, die Oberflächentemperatur mit zwei unterschiedlichen Messverfahren zu bestimmen.

Allerdings hatte das Thermometer nur eine $\frac{1}{2}$ Grad Einteilung, was dazu führte, dass die tatsächliche Wassertemperatur an der Oberfläche nicht mehr so genau erfasst werden konnte, wie dies mit dem Thermometer mit Ein-Zehntel-Gradeinteilung möglich war. Zwar wurden nun Wassertemperaturen an der Oberfläche sowohl für die meteorologischen, als auch für die meereskundlichen Beobachtungen nach dem gleichen Messprinzip ermittelt und konnten direkt miteinander verglichen werden, allerdings ging dies zu Lasten der Auflösung von geringen Temperaturvariationen, die mit der gröberen Skaleneinteilung des „Wasserschöpf-Thermometers“ nicht mehr erfasst werden konnten⁴⁴³.

Dass die Verantwortlichen des *Deutschen Hydrographischen Instituts* nicht den anderen Weg gingen und das Messprinzip der meteorologischen Temperaturbestimmung dem der meereskundlichen Messungen anpassten, zeigt deutlich, dass für sie die einfachere Handhabung und die Vereinheitlichung der Messungen mehr zählte als die höhere Genauigkeit der Oberflächenwassertemperatur, die scheinbar für die tägliche Arbeit nicht relevant war.

Die Ermittlung der Wassertemperatur aus unterschiedlichen Tiefen erfolgte weiterhin auf die gleiche Art wie sie schon von der *Deutschen Seewarte* eingeführt worden war. Es kamen isolierte „Pettersson-Nansen-Wasserschöpfer“ für die Probennahme von Wasserproben aus den unterschiedlichen Tiefen zum Einsatz. Diese enthielten ein druckfestes Quecksilberthermometer, dessen Skala aus dem Schöpferdeckel herausragte und es so ermöglichte, den Temperaturwert bei noch geschlossenem Schöpfer ablesen zu können. Über die Skaleneinteilung dieser Thermometer werden in den Veröffentlichungen des *Deutschen Hydrographischen Instituts* wie schon in denen der *Deutschen Seewarte* keinerlei Angaben gemacht⁴⁴⁴.

⁴⁴³ Deutsches Hydrographisches Institut, *Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1953, 1954*, Einleitung.

⁴⁴⁴ Warum es keine Angaben über die Skaleneinteilung der Thermometer gibt, konnte nicht ermittelt werden. Man kann aber davon ausgehen, dass es sich um Thermometer mit einer Zehntel-Gradeinteilung gehandelt haben muss, denn Datentabellen mit den Wassertemperaturen aus den unterschiedlichen Tiefen enthalten Werte mit dieser Genauigkeit.

4.2.2 Salzgehalt, Leitfähigkeit und Dichte

Nach dem Zweiten Weltkrieg besaß das *Deutsche Hydrographische Institut* kein zentrales Dienstgebäude mehr, da das Gebäude der Seewarte bei Bombenangriffen am 8. und 9. Juli 1945 weitgehend zerstört worden war. Für die Bestimmung des Salzgehaltes von Seewasserproben durch Titration war ein vollständig ausgerüstetes Labor nötig. Dies konnte direkt nach Kriegsende nicht eingerichtet werden, da alle Ressourcen für die Durchführung der allernotwendigsten Aufgaben benötigt wurden. Hierzu zählen die Vermessung der Küstengewässer, die Erstellung aktueller Seekarten und Handbücher und die Publikation aktueller Warnnachrichten.

Erst nachdem 1949 der größte Teil der vormals 13 Dienststellen des *Deutschen Hydrographischen Instituts* im ehemaligen *Seemannshaus* zusammengefasst werden konnten⁴⁴⁵ und es auch wieder möglich wurde, weitere Aufgaben durchzuführen, begann man im April wieder mit der Bestimmung des Salzgehaltes von Seewasserproben auf den Positionen der Feuerschiffe in Nord- und Ostsee⁴⁴⁶.

Die Wasserproben wurden anfangs an Bord der Feuerschiffe in die schon von der *Deutschen Seewarte* benutzten Bügelflaschen abgefüllt und die vollen Wasserflaschenkisten zum *Deutschen Hydrographischen Institut* nach Hamburg geschickt. Im dortigen Labor ermittelte man durch Titration unter Verwendung einer Silbernitratlösung den Chlorgehalt der Wasserprobe. Aus dem ermittelten Wert konnte dann mit Hilfe einer Formel der Salzgehalt errechnet werden. Da auch die Temperatur der Probe bestimmt worden war, ließ sich aus der Wassertemperatur und dem Salzgehalt die Dichte der jeweiligen Probe bestimmen.

Allerdings war das Verfahren sowohl recht kompliziert als auch zeitaufwendig und für die Durchführung benötigte man ein Labor und speziell geschultes Personal. Als im Laufe der Jahre die Zahl der Messstationen und damit auch die Zahl der zu bearbeitenden Wasserproben immer mehr zunahm, suchte man nach einem Verfahren zur Bestimmung des Salzgehaltes der Wasserproben, das weniger aufwendig war und nicht so viel Zeit in Anspruch nahm wie die bislang durchgeführte Bestimmung des Salzgehaltes durch Titration.

Zur Ermittlung des Salzgehaltes wurde zeitweilig auch wieder auf die Bestimmung des Salzgehaltes durch Dichtemessung zurückgegriffen. In den Jahren von

⁴⁴⁵ Wegner, 1993, S. 63.

⁴⁴⁶ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1949, 1953, Einleitung.

1961 bis Mitte 1967 kam ein Klein-Aräometer mit Torsionswaage zum Einsatz⁴⁴⁷ (Abb. 30). Die Bestimmung des Salzgehaltes eines Teils der Wasserproben der Messstationen in der Ostsee erfolgte mit diesem Instrument. Das Aräometer bestand aus einem geeichten Schwimmkörper, dessen Eintauchtiefe in die zu bestimmende Seewasserprobe nicht per Skala, sondern durch die Auslenkung der Torsionswaage bestimmt wurde. Dabei erreichte man eine Genauigkeit von $\pm 0,01\text{ ‰}$ ⁴⁴⁸.

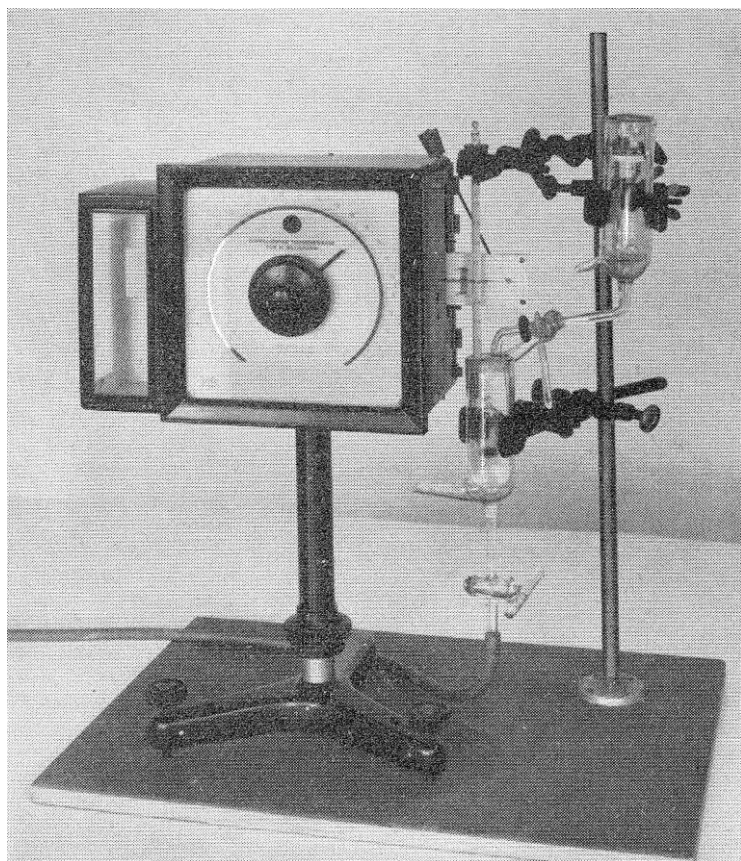


Abb. 30: Klein-Aräometer und Torsionswaage,
(Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 1957, S.
103)

Das im Seewasser gelöste Salz bewirkt, dass das Seewasser elektrischen Strom leitet. Dabei ist die Höhe der Leitfähigkeit von der Menge des gelösten Salzes abhängig. Diesen Umstand machte man sich in den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts zu Nutze, um mit einem Messgerät die elektrische Leitfähigkeit von Seewasserproben zu bestimmen und daraus den Salzgehalt zu ermitteln.

Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit erfolgte über induktive oder galvanische Verfahren.

Beim galvanischen Verfahren wird der Widerstand

zwischen zwei Elektroden mit einer Brückenordnung bestimmt. Man verwendet Wechselstrom im Niederfrequenzbereich um Polarisierungseffekte zu vermeiden. Elektroden, die ringförmig an der Innenseite eines Glasrohres angebracht sind, haben sich als besonders gut für die Messungen geeignet gezeigt. Um bei in-situ-Messungen keine störanfällige Leitung außerhalb der Messzelle zu erhalten, werden drei- oder mehr Elektroden verwendet. Aktuell sind je nach Genauigkeitsanforderung Messzellen mit fünf bis sieben Elektroden im Einsatz.

⁴⁴⁷ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1961, 1962, Einleitung.

⁴⁴⁸ Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 1957, S. 99-108.

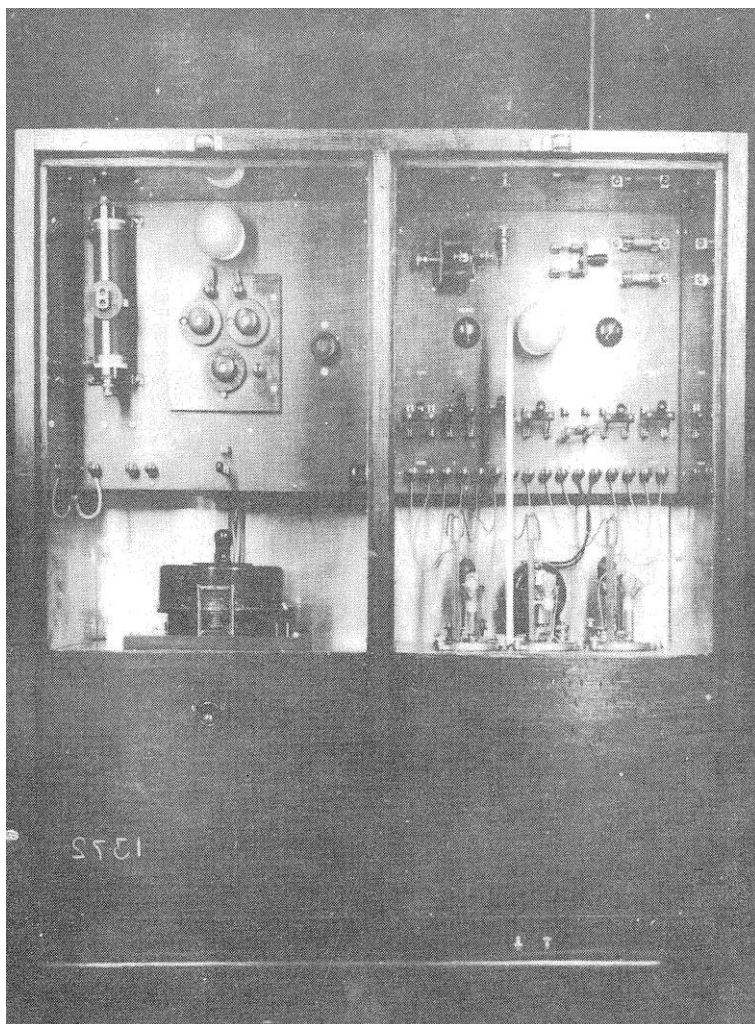


Abb. 31: Wengersches Salinometer an Bord des U. S. amerikanischen Forschungsschiffs „Carnegie“ im Jahre 1928, (Carnegie Institution of Washington, 1946, S. 20)

Bei der induktiven Leitfähigkeitsmessung mit niederfrequentem Wechselstrom kommen zwei Transformatoren, die über eine Meerwasserschleife gekoppelt sind, zum Einsatz. Die beiden ringförmigen Transformatorkerne sind übereinander angeordnet, so dass sie in senkrechter Richtung vom Seewasser durchflossen werden können.

Ende der 1920er Jahre entwickelten Mitarbeiter des *National Bureau of Standards* und der *U. S. Coast Guard* ein erstes Gerät⁴⁴⁹, mit dem es möglich war, die Leitfähigkeit von Meerwasserproben routinemäßig zu bestimmen⁴⁵⁰ (Abb. 31). Gleichzeitig entwickelten sie eine Umrechnungsformel mit der aus der Leitfähigkeit der Salzgehalt

errechnet werden konnte. Dieses Gerät bestimmte das Verhältnis der Leitfähigkeit zwischen eine Kopenhagener Standardseewasserprobe und der zu bestimmenden Meerwasserprobe mit Hilfe zweier Messzellen. Dabei war er unbedingt erforderlich, dass beide Proben die gleiche Temperatur besaßen, denn die Leitfähigkeit einer Seewasserprobe ist wesentlich von ihrer Temperatur abhängig. Die mit diesen ersten Geräten, sogenannten „Salinometern“, erzielte Genauigkeit lag bei $\pm 0,02 \text{ ‰}$ was der erreichbaren Genauigkeit der Salzgehaltsbestimmung durch Titration entsprach.

⁴⁴⁹ Der ehemalige Direktor des *Instituts für Meereskunde Warnemünde* der *Deutschen Demokratischen Republik*, der Ozeanograph Erich Bruns (1900-1978) schreibt in seiner Monographie *Ozeanologie*: „Der elektrische Salzgehaltsschreiber (Salinograph) von W. W. SCHULEIKIN wurde erstmals 1932 auf der ‚Tamir‘ und 1937 auf der ‚Sadko‘ in der Arktis erprobt bzw. angewandt.“ (Bruns, 1962, I, S. 194) Hierbei handelt es sich um ein Salinometer, welches die Leitfähigkeit von Seewasser (und damit den Salzgehalt) kontinuierlich misst und aufzeichnet.

Moderne Geräte arbeiten mit einer einzigen Messzelle, die sich in einem temperaturstabilisiertem Bad befindet. Damit die Messungen schnell durchgeführt werden und möglichst genaue Werte erzielt werden können, sollten die Badtemperatur, die Temperatur des Raumes in dem gemessen wird und die Wasserprobentempera-

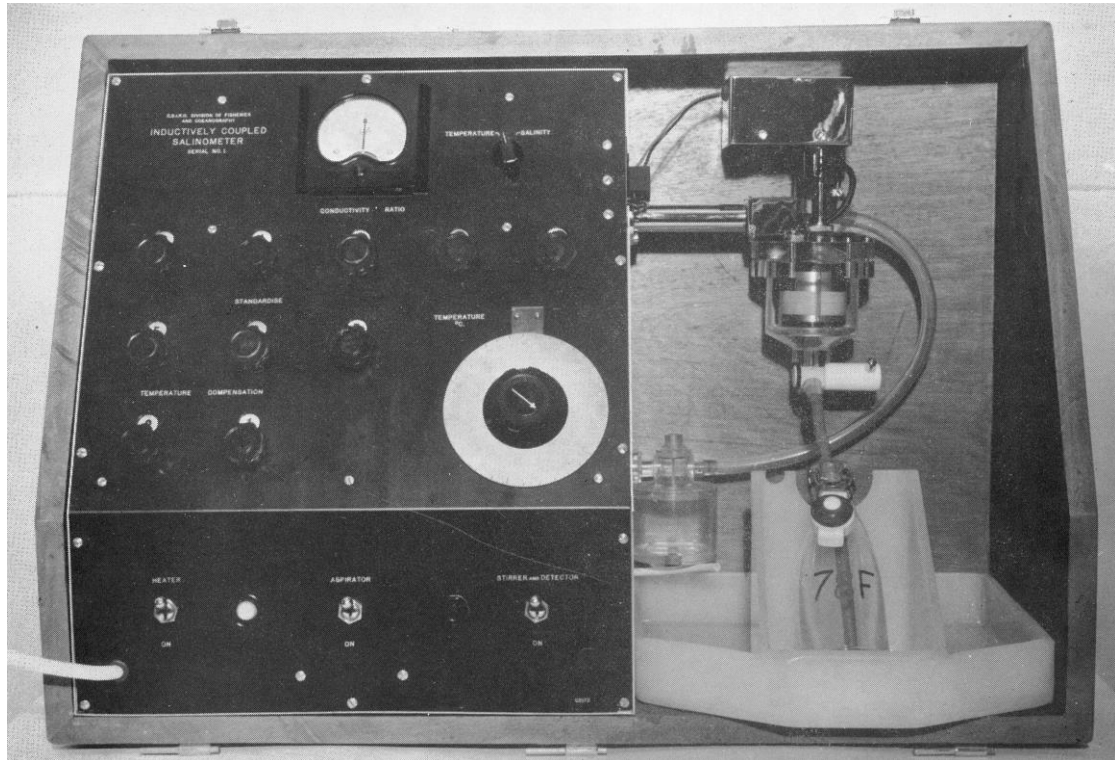


Abb. 32: „Australisches“ Salinometer, (Brown, Hamon, 1961, Fig. 5)

tur möglichst nicht voneinander abweichen. Dies hat den Vorteil, dass die Seewasserproben in der Messzelle nur minimal der Badtemperatur angepasst werden müssen und starke Heiz- oder Kühlphasen vermieden werden, da dies die Messungen negativ beeinflusst.

Das Salinometer wird mit einer Standardseewasserprobe geeicht. Danach wird die Messzelle mit destilliertem Wasser gereinigt und anschließend die Seewasserprobe in die Messzelle eingeführt und deren Leitfähigkeit bestimmt. Danach erfolgt wieder das Ausspülen der Messzelle mit destilliertem Wasser. Nun kann der Salzgehalt einer neuen Seewasserprobe bestimmt werden. Um eventuelle Driften des Salinometers erkennen und korrigieren zu können, muss in regelmäßigen Abständen eine Eichmessung mit einer Standardseewasserprobe durchgeführt und gegebenenfalls eine Korrektur am Messgerät vorgenommen werden. Aktuelle Messgeräte erreichen unter Erfüllung aller Randbedingungen eine Genauigkeit von $\pm 0,003$

⁴⁵⁰ Wenner, Smith, Soule, 1930, S. 711-732.

‰ und sind damit in der Lage auch kleinste Salzgehaltsänderungen, wie sie bei den unterschiedlichen Wassermassen im tiefen Ozean vorkommen, aufzulösen⁴⁵¹.

Im *Deutschen Hydrographischen Institut* kam erstmalig 1961 ein Salinometer zur Bestimmung des Salzgehaltes von Seewasserproben zum Einsatz. Es handelte sich hierbei um Gerät, das vom *National Institute of Oceanography* in Wormley, England entwickelt worden war⁴⁵². Allerdings wurden anfangs nur die Salzgehalte der Seewasserproben der Messstationen in der Nordsee mit diesem Gerät bestimmt. Erst ab Mitte 1967 erfolgte die Bestimmung des Salzgehaltes aller Messstationen mit diesem Gerät. Die Genauigkeit der Salzgehaltsbestimmung im Messbereich von 24 ‰ bis 35,5 ‰ lag dabei zwischen $\pm 0,005$ ‰ und $\pm 0,010$ ‰⁴⁵³.

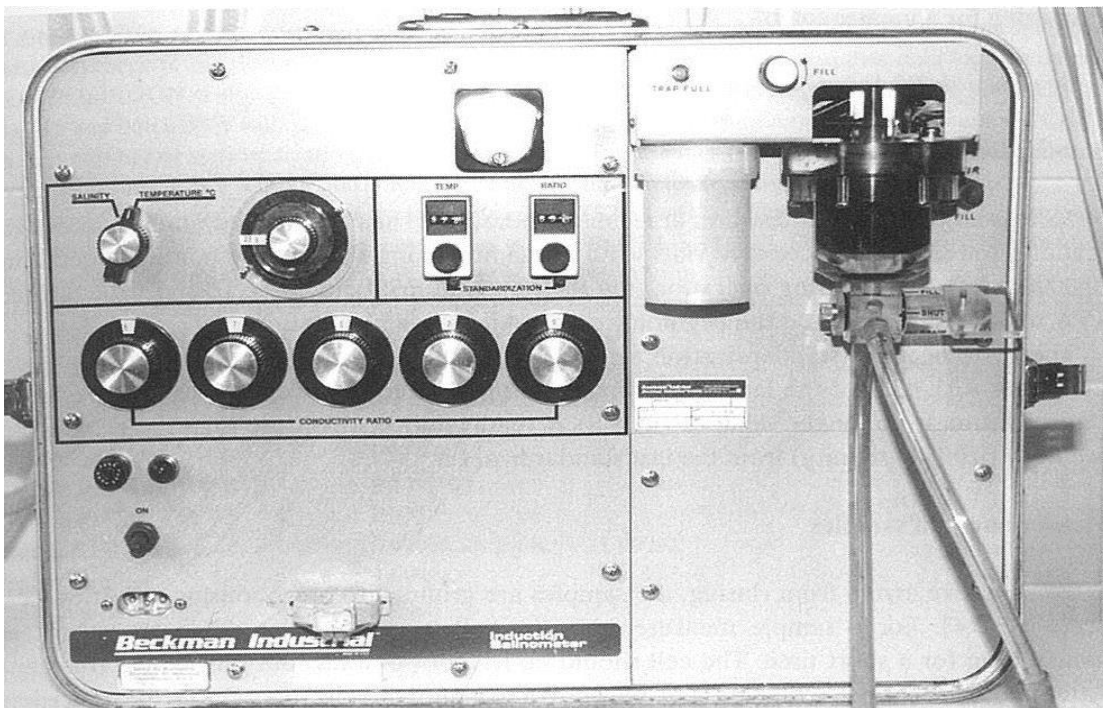


Abb. 33: „Beckman“ Salinometer, (Grasshoff, Kremling, Ehrhardt, 1999, S. 57)

1968 wurde ein neues Salinometer, das nach dem gleichen Messprinzip arbeitend, in der Abteilung für Fischerei und Ozeanographie der *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* in Cronulla, Sydney, Australien entwickelt worden war, für die Salzgehaltsmessungen verwendet⁴⁵⁴ (Abb 32). Aufgrund der einfachen Handhabung und der geringen Größe eignete sich dieses Gerät nicht nur für den stationären Einsatz an Land, sondern war auch für den Einsatz auf See gut geeignet. Seine Genauigkeit entsprach dem vorher benutzten englischen Salinometer.

⁴⁵¹ Grasshoff, Kremling, Ehrhardt, (ed.), 1999, S. 53.

⁴⁵² Cox, Moorey, 1962, 4 S.

⁴⁵³ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1961, 1962, Einleitung.

⁴⁵⁴ Brown, Hamon, 1961, S. 65-75.



Abb. 34: „Guildline 8400 B“ Salinometer,
(Grasshoff, Kremling, Ehrhardt, 1999, S.

Ab 1972 kam ein Salinometer des Typs „Beckman RS 7-B“ der Firma *Beckman Instruments, Inc.*, Fullerton, Californien, U.S.A., zum Einsatz (Abb. 33). Es war ebenfalls transportabel und besonders gut für Messungen an Bord geeignet. Es enthielt kein temperaturstabilisiertes Bad für die Messzelle, sondern die Temperatur der Wasserprobe wurde direkt in der Messzelle ermittelt und der Temperatur-effekt bezogen auf die Eichung des Gerätes direkt kompensiert. Der Bereich der Temperatur-kompensation war von Gerät zu Gerät unterschiedlich und wurde in der jeweiligen Betriebsanleitung der einzelnen Geräte aufgeführt. Die Genauigkeit des im

Deutschen Hydrographischen Institut benutzten Gerätes betrug $\pm 0,02 \text{ ‰}$ ⁴⁵⁵. Zwar lag sie damit unter der des „Australischen“ Salinometers, doch machte die deutlich bessere Handhabung diesen Nachteil wett, denn die in der Nord- und Ostsee auftretenden Salzgehaltsgradienten sind so groß, dass die Genauigkeit des „Beckman“ Salinometers völlig ausreichend war.

1981 ersetzte man dieses Salinometer gegen ein Laborsalinometer des Typs „Autosal 8400“ der kanadischen Firma *Guildline Instruments Ltd.* aus Smith Falls, Ontario (Abb. 34). Dieses Salinometer besaß ein temperaturstabilisiertes Kontrollbad in dem sich die Messzelle befand⁴⁵⁶. Eine Temperaturkompensation war nicht mehr nötig. Die Genauigkeit lag bei $\pm 0,005 \text{ ‰}$. Eine später benutzte weiterentwickelte Version, das „Autosal 8400 B“ erreichte sogar eine Genauigkeit von $\pm 0,002 \text{ ‰}$ ⁴⁵⁷. Dieses Salinometer wird noch aktuell zur Bestimmung des Salzgehaltes von See-

⁴⁵⁵ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1972, 1973, Einleitung.

⁴⁵⁶ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1981, 1982, S. 5.

⁴⁵⁷ Grasshoff, Kremling, Ehrhardt (ed.), 1999, S. 52-56.

wasserproben benutzt. Mit einem Gewicht von 50 bis 70 kg⁴⁵⁸ konnte es aber nicht mehr von einer Person bewegt werden, was mit dem „Beckman“ Salinometer problemlos möglich gewesen war. Es ist daher eher für den Laboreinsatz oder für längere Messkampagnen auf See geeignet.

Die Bestimmung des Salzgehaltes aus der elektrischen Leitfähigkeit des Meerwassers erfolgte mittels einer Umrechnungsformel. Immer genauere Eichmessungen zeigten, dass die ursprünglich verwendeten Formeln verbessert werden mussten, da ihre Genauigkeit nicht mehr den Anforderungen entsprach.

Eine von der *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)* 1962 ins Leben gerufenen Kommission zur Erstellung allgemein gültiger Tabellen und Standards in der Meereskunde erarbeitete eine Formel, die allen Genauigkeitsanforderungen entsprach und die dann für alle Berechnungen des Salzgehaltes aus der elektrischen Leitfähigkeit verwendet werden konnte⁴⁵⁹. Damit wurde erreicht, dass alle Salzgehalte vergleichbar wurden, da ihre Berechnung auf der gleichen Formel beruhte. Diese Formel, die „Practical Salinity Scale 1978“ kommt noch heute zur Anwendung.

Zur Berechnung der Dichte benutzte man lange Zeit die von Martin Knudsen, Carl Friedrich Otto Hugo Forch (1870 – 1950)⁴⁶⁰ und Søren Peter Lauritz Sørensen 1902 erstellten hydrographischen Tabellen⁴⁶¹. Durch die im Laufe der Zeit immer genaueren Messungen von Temperatur und Leitfähigkeit (Salzgehalt) wurde es erforderlich, die bislang benutzten Formeln zur Berechnung der Dichte von Seewasser zu überarbeiten und zu verbessern. Geringe Dichteunterschiede, die unterschiedliche Wassermassen in den Tiefen des Ozeans charakterisieren und zur Bestimmung ihrer Ausbreitung dienen, konnten mit den alten Formeln nicht mehr aufgelöst werden. Dieselbe Kommission, die schon die neue Formel zur Berechnung des Salzgehaltes aus der elektrischen Leitfähigkeit erarbeitet hatte, entwickelte eine hochgenaue Formel für die Berechnung der Dichte von Meerwasser⁴⁶². Diese kam nach 1980 zum Einsatz und wird bis heute für Dichteberechnungen verwendet.

⁴⁵⁸ Je ohne oder mit Füllung des Kontrollbades (Guildline Instruments Ltd., datasheet, 8400B, 2015)

⁴⁵⁹ UNESCO, Nr. 36, 1981a, 25 S., siehe Anhang: A.7 The Practical Salinity Scale 1978 (UNESCO, Nr. 37, 1981b).

⁴⁶⁰ Neue Deutsche Biographie, Bd. 5, 1961, S. 294-295.

⁴⁶¹ Knudsen, Forch, Sørensen, 1902, S. 1-151, siehe Anhang: A.6 Die Hydrographischen Tabellen nach Knudsen.

⁴⁶² UNESCO, 1991, S. 1-131, siehe Anhang: A.8 The One Atmosphere International Equation of State of Seawater 1980 (UNESCO, Nr. 38, 1981c).

4.2.3 Wasserproben

Das *Deutsche Hydrographische Institut* nahm 1949 die Salzgehaltsmessungen von Seewasserproben an den deutschen Feuerschiffpositionen wieder auf. Die Probennahme erfolgte nach dem gleichen Verfahren wie schon zu Zeiten der Messungen der *Deutschen Seewarte*. Auch gab es vorerst keine Veränderungen bei dem dazu benötigten Material. Für die Probennahme an der Oberfläche kam ein Eimer mit einem Tau zum Einsatz, für die Entnahme von Wasserproben in unterschiedlichen Tiefen ein Isolierwasserschöpfer der Bauart „Pettersson“⁴⁶³.



Abb. 35: Wasserprobenflaschen des Deutschen Hydrographischen Instituts, (Autor)

Der Inhalt der Pütz oder des Wasserschöpfers wurde in spezielle, kleine zirka 100 cm³ fassende Flaschen aus grünem oder braunem Glas die einen Bügelverschluss aus weißem Porzellan der einen Gummidichtungsring enthielten, abgefüllt und schon die deutsche Seewarte für ihre Messungen benutzt hatte.

Mit der Einführung der immer genauer messenden Salinometer erkannte man, dass diese Flaschen für die hochgenaue Bestimmung des Salzgehaltes von Seewasserproben nicht mehr den Anforderungen an eine absolute Dichtigkeit entsprachen. Wurde der Salzgehalt gleicher Wasserproben

in unterschiedlichen Zeitabständen zur Probennahme ermittelt, ergaben sich Differenzen zwischen den einzelnen Messungen und zwar nahm der Salzgehalt mit dem Alter der Probe zu, was deutlich zeigte, dass zwischenzeitlich Wasser verdunstet

⁴⁶³ Deutsches Hydrographisches Institut, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee 1949, 1953, Einleitung.

war. Die Differenzen waren so klein, dass sie bei der Bestimmung des Salzgehaltes durch Titration oder durch Dichtemessung nicht aufgefallen waren, da diese Verfahren in ihrer im Vergleich zu den Salinometern geringeren Genauigkeit diese Differenzen nicht auflösen konnten.

Abhilfe schufen die daraufhin eingeführten neuen Probenflaschen. Es handelte sich hierbei um spezielle, 100 cm³ oder 200 cm³ fassende Flaschen aus braunem Glas, die mit Nummern versehen waren (Abb. 35). Die Flaschennummern, immer 1 bis 50 pro Wasserflaschenkiste, und die Nummer der Wasserflaschenkiste machten eine eindeutige Identifizierung der Probe möglich. Diese Flaschen wurden nach dem Befüllen mit einem fest sitzenden Plastikstopfen verschlossen, der seinerseits durch einen Drehverschluss gesichert wurde. Diese Flaschen erwiesen sich den Dichtigkeitsanforderungen gewachsen und wurden bis zum Einzug des letzten Feuerschiffs 1988 für die Probennahme auf den Feuerschiffen verwendet.

4.2.4 Strömung und Seegang

Die Erfassung des Seegangs, der Dünung, der Wellenhöhe und die Messungen der Strömung mit Hilfe eines Stromkreuzes, einer Logleine und einer Peilscheibe, wurde ohne Änderungen so weitergeführt, wie sie zu Zeiten der *Deutschen Seewarte* vor dem Zweiten Weltkrieg eingeführt worden waren. Zwar wurden im Laufe der Jahre immer fortschrittlichere selbstregistrierende Strömungsmesser entwickelt, doch kamen diese auf den Feuerschiffen nicht zum Einsatz, da verwertbare Messungen mit einem solchen Gerät wegen des um seine Ankerkette frei beweglichen Feuerschiffs nur mit großem baulichen und technischem Aufwand zu erreichen waren und die dadurch erreichte bessere Genauigkeit der Messwerte in keinem Verhältnis zum zusätzlich erforderlichen Aufwand stand.

Die mit relativ einfachen Mitteln gewonnenen Daten waren dennoch von guter Qualität und dienten bis zur Einführung numerischer Strömungsmodelle zusammen mit weiteren Strömungsdaten zur Erstellung von Strömungsatlantien der Deutschen Bucht⁴⁶⁴.

Bei der Erfassung des Seegangs wurden die Werte für die Stärke und die Richtung des Seegangs von dem jeweiligen Beobachter geschätzt. Dieses Verfahren lieferte aber nur eine relativ grobe Abschätzung der herrschenden Verhältnisse und

⁴⁶⁴ Deutsches Hydrographisches Institut, Atlas der Gezeitenströme in der Deutschen Bucht, 1983, 16 S.

war sehr stark von der Fähigkeit des Beobachters, die herrschenden Seegangsverhältnisse korrekt dem Bewertungsschema zuordnen zu können, abhängig. Die Daten fanden Eingang in die Beschreibung der meteorologischen und meereskundlichen Verhältnisse in der Deutschen Bucht und der westlichen Ostsee, die in den entsprechenden Handbüchern dieser Meeresgebiete veröffentlicht wurden.

4.2.5 Die meteorologischen Messungen

Bereits im August 1945 wurden wieder meteorologische Messungen an Bord der Feuerschiffe durchgeführt. Auf den Feuerschiffpositionen *Fehmarnbelt*, *Flensburg* und *Kiel* konnten die Messungen sogar ohne Unterbrechung durch das mit dem

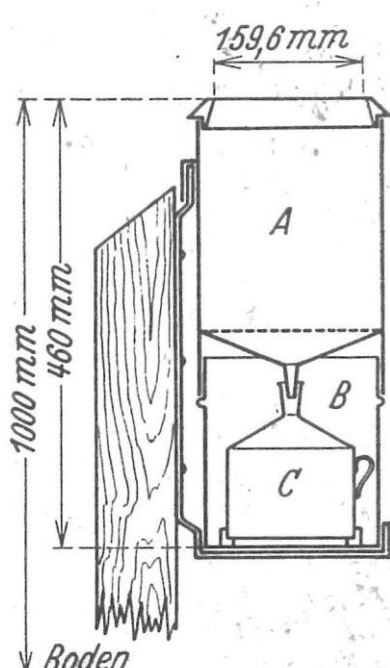


Abb. 36: Hellmannscher Regenmesser, (Handbuch der Meteorologischen Instrumente und ihrer Auswertung, 1935, S. 276)

Kriegsende verbundene Chaos, das durch die zusammenbrechenden staatlichen Strukturen hervorgerufen worden war, weitergeführt werden⁴⁶⁵. Die Messungen umfassten die Erfassung Luftdrucks, der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit, der Windrichtung und der Windstärke, des Niederschlags sowie der Bewölkung⁴⁶⁶.

Die für die Messungen benötigten Messinstrumente waren schon zu Zeiten der *Deutschen Seewarte* auf den Feuerschiffen eingeführt worden. Neu hinzu kam nun die Messung des Niederschlags. Dazu benutzte man einen Hellmannschen Regenmesser⁴⁶⁷, (Abb. 36) der meistens kardanisch aufgehängt wurde⁴⁶⁸. Diese scheinen sich aber nicht sonderlich bewährt zu haben, denn 1950 wurden sie durch konische Regenmesser, die in den Wanten⁴⁶⁹ befestigt wurden, ersetzt. Damit sollten die Störungen durch

⁴⁶⁵ Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1945/1946, 1950, S. II.

⁴⁶⁶ Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1947, 1949, S. III.

⁴⁶⁷ Johann Georg Gustav Hellmann (1854–1939), deutscher Meteorologe und Klimatologe, von 1907–1922 Leiter des Preußischen Meteorologischen Instituts in Berlin (Neue Deutsche Biographie, Bd. 8, 1969, S. 482–483).

⁴⁶⁸ Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1947, 1949, S. IV.

⁴⁶⁹ Wanten = überwiegend Drahttauwerk für die seitliche Stabilisierung von Schiffsmasten (Gebauer, Krenz, Berlin, 1989, S. 290).

Turbulenz der dem Schiff anliegenden Luftschichten, die bei den Hellmannschen Regenmessern aufgrund seiner Befestigung an den Deckaufbauten der Feuerschiffe aufgetreten waren, vermieden werden⁴⁷⁰.

1949 werden erstmalig auch die Luftdruckwerte veröffentlicht, da die Feuerschiffe mit verbesserten Barometern ausgerüstet worden waren. Welcher Art diese Barometer waren und worin die Verbesserung bestand wird in der Einleitung zum *Deutschen Meteorologischen Jahrbuch 1949* nicht genannt⁴⁷¹.

Von 1945 bis 1948 wurde für die Bestimmung der Windrichtung wie schon zu Zeiten der Deutschen Seewarte üblich, die 32teilige Strichskala verwendet. Ab 1949 wurde die Windrichtungsangabe nach der neuen 360° Skala in 10er Graden angegeben, aber für die Veröffentlichung der Messungen wieder in Werte der 32teiligen Skala zurückgerechnet⁴⁷². Erst 1971 wurde die Windrichtung dann auch in der 360° Skala der Kompassrose in den Veröffentlichungen der Messwerte wiedergegeben⁴⁷³. Die prozentualen Häufigkeitszahlen der Windrichtungen wurden abweichend von den Tabellen der Beobachtungswerte bis zum Ende der Veröffentlichungen im Jahre 1987 weiterhin in Werten der 32teiligen Skala wiedergegeben⁴⁷⁴.

4.3 Die Daten

Nachdem 1947 die meteorologischen und meereskundlichen Messungen auf den deutschen Feuerschiffpositionen wieder aufgenommen worden waren, entschloss man sich seitens des *Deutschen Hydrographischen Instituts* die gewonnenen Messdaten ab dem Jahr wieder zu veröffentlichen. Allerdings führte man die von der *Deutschen Seewarte* ins Leben gerufene Veröffentlichungsreihe der *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee* nicht mehr fort, sondern publizierte die Daten in der Reihe *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* mit dem Titel: *Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*. Die schwierigen wirtschaftlichen Verhältnisse nach dem Zweiten Weltkrieg ließen eine zeitnahe Veröffentlichung der Messwerte nicht zu. Erst 1953

⁴⁷⁰ Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1950, 1953, S. 7.

⁴⁷¹ Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1949, 1951, S. III.

⁴⁷² Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1949, 1951, S. IV.

⁴⁷³ Deutscher Wetterdienst, Einzelveröffentlichungen Nr. 89, 1976, 124 S.

⁴⁷⁴ Deutscher Wetterdienst, Einzelveröffentlichungen Nr. 116, 1978, S. VI.

erschien der erste Band der *Meereskundlichen Beobachtungen und Ergebnisse* mit den Messdaten des Beobachtungsjahres 1948⁴⁷⁵.

Im Vorwort des ersten Heftes werden die von 1943 bis 1947 nicht veröffentlichten Daten der in diesen Jahren auf unterschiedlichen Feuerschiffpositionen gemessenen Werte aufgezählt. Allerdings wird vermerkt, dass diese Daten auf Anforderung bezogen werden konnten⁴⁷⁶. Diese Daten sind auch später nicht in Papierform veröffentlicht worden, sondern wurden nach der Einführung leistungsstarker Rechenanlagen digital erfasst und archiviert.

In der Nordsee wurden Messungen auf den Feuerschiffpositionen *S 2*, *P 11*, *P 15*, *Elbe 1* und *Weser*, in der Ostsee auf den Positionen *Flensburg*, *Kiel* und *Fehmarnbelt* erhoben.

Neben der zweistündlichen Wiedergabe der Stromrichtung und der Strömungsgeschwindigkeit in cm/s an der Oberfläche, der Windrichtung und Windgeschwindigkeit, der Seegangsrichtung und der Stärke nach der Petersen-Skala⁴⁷⁷, wurden die Stromkenterzeiten, die Wassertemperatur um 8 Uhr und zu den Hoch- und Niedrigwasserzeiten auf den Feuerschiffen in der Nordsee abgedruckt. Bei den Feuerschiffen in der Ostsee erfolgte die Wiedergabe von Windrichtung und Windstärke, von Seegangsrichtung und Seegangsstärke und der Strömungsrichtung und der Strömungsgeschwindigkeit nur alle vier Stunden und die Messung der Wassertemperatur an der Oberfläche erfolgte einmal am Tag um 8 Uhr. Jede Station enthielt zusätzlich die Angabe der Namen der die Messungen durchgeführten Beobachter.

Noch im gleichen Jahr wurden die Daten des Beobachtungsjahres 1949 veröffentlicht. Von diesem Jahr an wird auch wieder die Bestimmung des Salzgehaltes an der Wasseroberfläche aufgenommen. Auf der Feuerschiffposition *S 2* wurden in wöchentlichen Abständen die Wassertemperatur und der Salzgehalt in 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 35 m, und 40 m Tiefe und am Boden bestimmt⁴⁷⁸.

Auch die Daten des Beobachtungsjahres 1950 erschienen noch 1953. Sie entsprachen dem Schema der Datenwiedergabe des Vorjahres. Zusätzlich wurden aber auf der Feuerschiffposition *Fehmarnbelt* täglich die Wassertemperatur und der

⁴⁷⁵ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1948, 1953, 152 S.

⁴⁷⁶ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1948, 1953, Vorwort.

⁴⁷⁷ Dietrich, Kalle, Krauss, Siedler, 1975, S. 345-346. Nach dieser Skala wird der Seegang in 10 Stufen von 0 bis 9 eingeteilt, wobei 0 spiegelglatte See und 9 außergewöhnlich schwere See kennzeichnet.

⁴⁷⁸ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1949, 1953, Einleitung.

Salzgehalt in 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, und 35 m Tiefe und am Boden ermittelt⁴⁷⁹.

Das 1954 erschienene Heft des Beobachtungsjahres 1951 entspricht dem des Vorjahres, lediglich die Bezeichnung zweier Feuerschiffpositionen wurde in diesem Jahr geändert. Aus der Feuerschiffposition *P 11* wurde *P 8* und aus der Position *P 15* wurde *P 12*⁴⁸⁰.

Ebenfalls noch 1954 erscheinen das fünfte und sechste Heft der *Meereskundlichen Beobachtungen und Ergebnisse* mit den Daten der Beobachtungsjahre 1952 und 1953. Beide entsprechen den Heften der Jahre 1950 und 1951. Allerdings wird am 9. November 1953 die Feuerschiffposition *S2* aufgegeben.

Das siebte Heft mit den Beobachtungen des Jahres 1954 erscheint ein Jahr später. Es enthält neben den Daten der bisherigen Stationen die Daten der am 2. November 1954 neu eingerichteten Feuerschiffposition *Borkumriff*. Auch auf dieser Position wurden wöchentliche Messungen von Temperatur und Salzgehalt in unterschiedlichen Tiefen durchgeführt. Da die Wassertiefe auf dieser Station nur etwa halb so groß ist wie bei der Station *S 2* werden nur in fünf statt wie bei *S 2* in neun Tiefenstufen Messungen durchgeführt und zwar in 5 m, 10 m, 15 m, 20 m und am Boden⁴⁸¹.

Das Heft des Beobachtungsjahres 1955 erschien 1956 und entsprach dem des Vorjahres.

Erst 1958 wurden die Daten des Beobachtungsjahres 1956 veröffentlicht. Die Verzögerung war darin begründet, dass nun auch die Monatsmittelwerte und Jahresmittelwerte von Temperatur und Salzgehalt aller Stationen berechnet worden waren und in gesonderten Tabellen abgedruckt wurden. Zusätzlich wurden die Monatsmittel der Stationen von 1948 bis 1955 in diesem Heft veröffentlicht⁴⁸².

Die Daten der Beobachtungsjahre 1957 und 1958 erschienen 1959, die der Beobachtungsjahre 1959 und 1960 jeweils im darauf folgenden Jahr und blieben in ihrer Struktur unverändert.

Im Beobachtungsjahr 1961, dessen Messwerte 1962 abgedruckt wurden, erweiterte man die Zahl der Feuerschiffpositionen die Messungen von Temperatur und

⁴⁷⁹ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1950, 1953, Einleitung.

⁴⁸⁰ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1951, 1954, Einleitung.

⁴⁸¹ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1954, 1955,

⁴⁸² Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1956, 1958, Einleitung.

Salzgehalt in unterschiedlichen Tiefenstufen durchführten. Auf der Feuerschiffposition *Kiel* erfolgten nun Messungen in 5 m, 10 m, 15 m und am Boden, bei der Feuerschiffposition *Elbe 1* in 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m und am Boden. Allerdings wurden die Tiefenmessungen an der Feuerschiffposition *Borkumriff* mit Jahresende eingestellt⁴⁸³.

Die Daten der Beobachtungsjahre 1962 bis 1964 erschienen jeweils im darauf folgenden Jahr. Die Feuerschiffposition *Flensburg* wurde im Laufe des Beobachtungsjahres 1963 am 11. Juni aufgegeben⁴⁸⁴. Die Daten der Beobachtungsjahre 1965 und 1966 wurden jeweils zwei Jahre später und die des Beobachtungsjahres 1967 ein Jahr später veröffentlicht. In diesen Jahren gab es keine Veränderungen in der Struktur der Hefte.

Ab dem Beobachtungsjahr 1968 erfolgten keine Messungen mehr auf der Feuerschiffposition *Kiel*. An ihre Stelle trat als Ersatz ein fester Leuchtturm, der auf einer im Vergleich zur Feuerschiffposition leicht nördlicher und westlicher gelegenen Position errichtet worden war. Auf dem Leuchtturm wurden keine meteorologischen und meereskundlichen Messungen mehr manuell durchgeführt. Die Veröffentlichung der Daten dieses Jahres, wie auch die des Beobachtungsjahres 1969 erfolgte 1970.

Ab dem Beobachtungsjahr 1970, das 1972 erschien, änderte sich das Schema der *Meereskundlichen Beobachtungen und Ergebnisse* grundlegend. Drucktechnisch wechselte man das Format der Hefte vom DIN-A 4 Querformat zum DIN-A 4 Hochformat. Vorwort und Einleitung waren nicht mehr im Drucksatz gesetzt worden sondern wurden, wie auch die Datentabellen, per Computerausdruck erstellt. Da zum damaligen Zeitpunkt die Gestaltung von Texten und Tabellen durch entsprechende Computerprogramme nur ansatzweise möglich war, verlor dieses Heft die klare Struktur seiner Vorgänger und war vor allem im Tabellenteil wesentlich unübersichtlicher und weniger lesbar geworden. Ebenso wenig trug die Wiedergabe der Salzgehaltswerte mit drei Nachkommastellen zur besseren Lesbarkeit bei. Die hochgenaue Wiedergabe der Salzgehaltswerte war auch nicht nötig, da angesichts der hohen Salzgehaltsschwankungen in Nord- und Ostsee eine solche Genauigkeit nicht für eine präzise Beschreibung der hydrographischen Verhältnisse notwendig ist, zumal man sich bei der Wiedergabe der Wassertemperaturwerte auf eine einzige Nachkommastelle beschränkte. Bei den Monatsmittelwerten von Temperatur und Salz-

⁴⁸³ Deutsches Hydrographisches Institut, Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse 1961, 1962, Einleitung.

⁴⁸⁴ Deutsches Hydrographisches Institut, Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse 1963, 1964, Einleitung.

gehalt berechnete man nun auch die Standardabweichung der Werte, sobald mehr als 20 Werte pro Monat vorhanden waren und fügte sie in die entsprechenden Tabellen ein⁴⁸⁵.

Der Vorteil des neuen Layouts bestand darin, dass sich der Arbeitsaufwand für die Erstellung des Heftes verminderte, da Text und Tabellen direkt durch ein Computerprogramm erstellt wurden.

Diese Änderungen sollten eigentlich schon für das Beobachtungsjahr 1969 wirksam werden. Zu diesem Zweck hatte man bereits die Bordbeobachtungsbücher in neuer Form herausgegeben, um eine computergestützte Bearbeitung der meereskundlichen Beobachtungen zu ermöglichen. Aus organisatorischen Gründen konnte die Umstellung erst für das Beobachtungsjahr 1970 erfolgen⁴⁸⁶.

In diesem Beobachtungsjahr trat erneut eine Änderungen bei den Feuerschiffpositionen in der Nordsee auf. Die Feuerschiffposition *P12* wurde im Zuge der Neustrukturierung der Schifffahrtsrouten in der Deutschen Bucht aufgegeben⁴⁸⁷ und auf einer ein wenig nördlich und westlich gelegenen Position die Feuerschiffposition *Deutsche Bucht* eingerichtet⁴⁸⁸.

Die Beobachtungsjahre 1971 und 1973 erschienen beide 1973 und wiesen keine Änderungen im Vergleich zum Beobachtungsjahr 1970 auf.

Im Beobachtungsjahr 1973 wurde das Stationsnetz in der Deutschen Bucht erweitert. Die Feuerschiffposition *TW/Ems* wurde ebenfalls im Rahmen der Neuordnung der Schifffahrtswege neu eingerichtet⁴⁸⁹.

Erstmalig wurden auch Daten einer automatisch registrierenden Station in die *Meereskundlichen Beobachtungen und Ergebnisse* aufgenommen⁴⁹⁰. Am Ende des Heftes ist eine Graphik mit dem Temperaturverlauf an der Wasseroberfläche der Station *Kiel* wiedergegeben. Eine Tabelle mit den Zahlenwerten fehlt allerdings⁴⁹¹. Die

⁴⁸⁵ Die Standardabweichung ist ein Maß für die Schwankungsbreite der Messwerte. Ist sie groß, weichen die einzelnen Messwerte weit vom Mittelwert ab, ist sie klein, liegen alle Werte dicht um den Mittelwert herum. Waren weniger als 21 Tageswerte pro Monat vorhanden, ergab sich bei der Mittelung kein repräsentativer Mittelwert mit einer gesicherten Aussagekraft und wurde deshalb nicht wiedergegeben.

⁴⁸⁶ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1969, 1971, Einleitung.

⁴⁸⁷ *Nachrichten für Seefahrer*, 1972, S. 1895- 1900.

⁴⁸⁸ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1970, 1972, Einleitung.

⁴⁸⁹ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1973, 1974, S. 2.

⁴⁹⁰ Im weiteren Verlauf dieses Abschnittes wird nicht mehr auf weitere graphische Veröffentlichungen von Messwerten der beiden Messstationen *Kiel* und *Fehmarnbelt* eingegangen. Die Behandlung dieser Daten erfolgt in einem späteren Abschnitt.

⁴⁹¹ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1973, 1974, S. 155.

Messwerte dieser Station wurden nicht in den Bestand des *Deutschen Ozeanographischen Datenzentrums* übernommen und erst 1979 in einem internen Technischen Bericht veröffentlicht. Dort wird auch vermerkt, dass die Daten auf einem Magnetband binär archiviert worden waren⁴⁹². Das Magnetband ist im Laufe der Jahre und mehreren Systemwechseln bei den elektronischen Datenverarbeitungssystemen verloren gegangen. Die Daten liegen nur noch in Papierform vor⁴⁹³.

Die Beobachtungsjahre 1974 und 1975 werden jeweils im darauf folgenden Jahr veröffentlicht und unterscheiden sich nicht vom Beobachtungsjahr 1973.

Das Beobachtungsjahr 1976, ebenfalls im darauffolgenden Jahr gedruckt, weist eine Neuerung zu seinen Vorgängern auf. Erstmals werden Graphiken der Oberflächentemperatur und des Salzgehaltes für alle Stationen dem Tabellenwerk beigelegt⁴⁹⁴.

Im Beobachtungsjahr 1977, 1978 erscheinend, treten keine Änderungen zum Heft des Vorjahres auf.

1979 erfolgt die Wiedergabe der Messdaten des Beobachtungsjahres 1978. In diesem Jahr verändert sich die Zahl der Messstationen in der Nordsee erneut. Am 12. März 1978 wird die Feuerschiffposition *TW/Ems* wegen der Verschwenkung des Verkehrstrennungsgebietes⁴⁹⁵ aufgegeben und das auf dieser Position ausgelegte Feuerschiff ersatzlos eingezogen⁴⁹⁶.

In den Jahren 1980 und 1981 kommen die Beobachtungsjahre 1979 und 1980 zum Druck. Sie weisen wiederum keine Änderungen im Vergleich zu Beobachtungsjahr 1978 auf.

Im Beobachtungsjahr 1981, ein Jahr später erscheinend, sinkt die Zahl der Messstationen erneut. Am 23. September 1981 wurde die Feuerschiffposition *Weser* aufgegeben und das Feuerschiff eingezogen. Als Ersatz für das bemannte Feuerschiff kam erst eine Großtonne, die 1984 in den Fehmarnbelt verlegt wurde⁴⁹⁷, von

⁴⁹² Deutsches Hydrographisches Institut, Technischer Bericht Nr. 3, 1979, S. 2, Privatbesitz.

⁴⁹³ Hier wird wieder deutlich, dass die Daten der Messstationen mehr als „Gebrauchsdaten“ für die alltäglichen Routineaufgaben betrachtet wurden und weniger als wichtige Grundlage für weitergehende Forschungen, was dann eine höhere Aufmerksamkeit bei Archivierung und Bereitstellung der Daten mit sich gebracht hätte.

⁴⁹⁴ Deutsches Hydrographisches Institut, Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse 1976, 1977, S. 155-156.

⁴⁹⁵ Nachrichten für Seefahrer, 1978, S. 348. Im Verkehrstrennungsgebiet waren zwei Korridore, je einer für einlaufende und auslaufende Schiffe, eingerichtet worden, um bei im Laufe der Zeit immer mehr zunehmendem Verkehr die Sicherheit für die Schiffe zu verbessern und Zusammenstöße zu vermeiden.

⁴⁹⁶ Deutsches Hydrographisches Institut, Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse 1978, 1979, S. 3.

⁴⁹⁷ Wiedemann, 1998, S. 394.

1983 bis 1988 ein unbemanntes Feuerschiff⁴⁹⁸ und ab 1988 eine Leuchttonne zum Einsatz⁴⁹⁹. Die unbemannte Großtonne und das unbemannte Feuerschiff wurden nur als Leuchtfeuer genutzt und nicht mit automatischen Messgeräten ausgerüstet.

Die Beobachtungsjahre 1982 und 1983 weisen keine Änderungen auf und werden jeweils ein Jahr später gedruckt.

Im Beobachtungsjahr 1984 sinkt die Zahl der Messstationen erneut. Die letzte verbliebene Feuerschiffposition in der Ostsee, die mit einem bemannten Feuerschiff besetzt war, die Feuerschiffposition *Fehmarnbelt*, wurde am 29. März 1984 aufgegeben und das Feuerschiff eingezogen. An seine Stelle trat eine unbemannte Großtonne, die mit einem automatischen Messsystem versehen war⁵⁰⁰.

Die Daten des Beobachtungsjahres 1985 mit Daten von den Nordseepositionen *Borkumriff*, *Deutsche Bucht* und *Elbe 1* erscheinen im darauf folgenden Jahr unverändert zum Heft des Vorjahres. In der Zeit vom 14. Juli bis zum 17. September 1984 wurde die Feuerschiffposition *Weser* noch einmal mit einem bemannten Feuerschiff versehen, als die dort ausgelegte Großtonne in den Fehmarnsund verlegt wurde⁵⁰¹.

Das Heft mit den Messwerten des Beobachtungsjahres 1986, Erscheinungsjahr 1987, enthält nur noch Daten der Feuerschiffposition *Deutsche Bucht* bis zum 21. Mai. Danach wurde das dort liegende bemannte Feuerschiff eingezogen und durch ein unbemanntes Feuerschiff, das mit einer automatischen Messstation versehen war, ersetzt.

Im Beobachtungsjahr 1987 mit Erscheinungsjahr 1988 sind nur noch die Feuerschiffpositionen *Borkumriff* und *Elbe 1* mit bemannten Feuerschiffen versehen.

Im Beobachtungsjahr 1988, im darauf folgenden Jahr erscheinend, kommt auch für diese beiden bemannten Positionen das Aus. Am 22. April 1988 wurde das bemannte Feuerschiff auf der Position *Elbe 1* durch ein unbemanntes Feuerschiff mit einer automatischen Messstation ersetzt. Am 15. Juli 1988 wird das bemannte Feuerschiff auf der Position *Borkumriff* als letztes bemanntes Feuerschiff eingezogen und ebenfalls durch ein automatisches System auf geänderter Position ersetzt⁵⁰².

⁴⁹⁸ FS 1, eins von vier baugleichen unbemannten Feuerschiffen die in den Jahren 1982 bis 1988 als Ersatz für die bemannten Feuerschiffe dienen sollten (Marquardt, 1996, Nr. 11, S. 34-35).

⁴⁹⁹ Wiedemann, 1998, S. 201.

⁵⁰⁰ Deutsches Hydrographisches Institut, Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse 1984, 1985, S. 3.

⁵⁰¹ Deutsches Hydrographisches Institut, Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse 1986, 1987, S. 3.

⁵⁰² Deutsches Hydrographisches Institut, Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse 1988, 1989, S. 3.

Damit enden die manuellen Messungen meteorologischer und meereskundlicher Parameter. Die Messungen werden von nun an von automatischen Messsystemen durchgeführt.

- 10 -

1945 Mai

Feuerschiff Fehmarnbelt

Tag	Zeit	T	T _w	V	D	F	C _L	C _M	C _H	N	N _h	Wetter	R
01	00	051	089	7	20	05				10		03	0.2
	06	040	080	7	18	04				10		03 7-7 ³⁰	
	12	072	085	7	16	04				6		02	
	17	063	088	7	16	03				7		25 1. 24-16 ³⁰ u. 16-16 ³⁰	
02	00	059	088	7	18	04				9		02	0.4
	06	062	085	7	16	03				9		02	
	12	085	085	6	10	03				10		03	
	17	069	090	7	12	03				10		03	
03	00	065	083	7	20	03				2		01	.
	06	065	081	7	24	03				5		02	
	12	078	086	7	24	03				2		01	
	17	084	095	6	22	04				4		01	
04	00	069	084	6	22	05	0	0	0	0	0	00	.
	06	052	073	6	20	04				4		01	
	12	090	079	6	12	04				4		01 1. 16 ³⁰ - 17 ³⁰	
	17	093	090	5	18	05				10		01 1. 18 ³⁰ - 20 ³⁰ u. 20 ³⁰ - 22 ³⁰	
05	00	068	085	5	13	04				9		05	1.4
	06	060	083	6	18	05				9		02 1. 17 ³⁰ - 22 ³⁰ ; 2. 18 ³⁰ - 23 ³⁰	
	12	077	089	6	22	06				8		10 1. 12 ³⁰ - 14 ³⁰	
	17	073	090	6	18	04				8		14 1. 16 ³⁰ - 17 ³⁰	
06	00	066	075	7	24	04	0	0	0	0	0	00	0.6
	06	064	075	6	26	02				8		02	
	12	079	087	6	12	01				10		03	
	17	074	089	6	16	03				10		52 1. 15 ³⁰ - 17 ³⁰ u. 20 - 22	
07	00	075	085	6	04	04				10		03	2.4
	06	070	085	6	28	04	0	0	0	0	0	00	
	12	087	085	6	22	03	0	0	0	0	0	00	
	17	095	090	7	22	02	0	0	0	0	0	00	
08	00	077	083	7	24	02	0	0	0	0	0	00	.
	06	078	089	7	30	01	0	0	0	0	0	00	
	12	110	105	6	24	02	0	0	0	1	2	01	
	17	106	110	7	24	01	0	0	0	0	0	00	
09	00	095	108	7	22	01	0	0	1	2	0	01	.
	06	090	098	7	08	02				10		03	
	12	105	099	7	08	03				3		01	
	17	102	092	7	08	05				7		02	
10	00	090	090	7	08	05	0	0	0	0	0	00	.
	06	075	088	7	12	05	5			10	10	03	
	12	120	095	6	24	02	5			9	9	02	
	17	126	102	6	16	01	5			9	9	05	
11	00	105	098	6	26	01	5	0	0	4		05	.
	06	094	097	6	28	01				6		05	
	12	124	113	6	22	01				8		05	
	17	127	113	7	00	00				7		02	
12	00	118	098	7	00	00	0	0	0	0	0	00	.
	06	105	103	7	10	02				9		02	
	12	114	102	6	28	04				10		05 1. 11 ³⁰ - 12 ³⁰	
	17	118	109	7	08	03				5		02	
13	00	099	099	7	08	03				1		01	0.0
	06	097	096	7	10	03				8		02	
	12	130	101	6	10	04				7		05	
	17	129	110	6	10	02				1		05 (1/2) 20 ³⁰ - 22 ³⁰	
14	00	125	100	7	22	05	5	0	0	1	1	01	0.0
	06	098	098	7	24	06	0	0	0	0	0	00	
	12	120	103	7	26	06	5	0	1	3	2	01	
	17	113	093	7	24	03	5			10	10	03 1. 21 ³⁰ - 22 ³⁰	
15	00	109	103	7	20	05	5			10	10	03 1. 17 ³⁰ - 4	3.3
	06	108	104	7	22	05	5			10	10	03	
	12	128	109	7	24	04	5			9	9	02	
	17	117	105	7	24	06				1		01	
16	00	097	102	7	00	00	0	0	0	0	0	00	.
	06	104	105	7	24	04				4		01	
	12	132	115	6	20	04	5			10	10	03	
	17	131	113	6	00	00				8		05	

Abb. 37: Meteorologische Messungen auf der Feuerschiffposition Fehmarnbelt im Mai 1945, (Deutsches Meteorologisches Jahrbuch Britische Zone 1945/46, Teil IV, Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee)
Lufttemperatur (T), Wassertemperatur (T_w), Sicht (V), Windrichtung (D), Windstärke (F), Wolkengebilde (C_L, C_M, C_H), Niederschlag (N, N_h)

Neben der Veröffentlichung der meereskundlichen Daten auf den Feuerschiffpositionen in Nord- und Ostsee in Papierform erfolgte Ende der 60er Jahre parallel dazu die Erfassung der Daten in digitaler Form und ihre Archivierung im *Deutschen Ozeanographischen Datenzentrum* des *Deutschen Hydrographischen Instituts*. Die Jahrgänge der meereskundlichen Messungen vor der Einführung elektronischer Datenbearbeitungssysteme wurden nach und nach ebenfalls digital erfasst und archiviert, sodass nach dem Ende der Messungen auf bemannten Feuerschiffen, alle vom *Deutschen Hydrographischen Institut* erhobenen Feuerschiffsdaten sowohl in gedruckter, als auch in digitaler Form verfügbar sind.

Die meteorologischen Messungen (Tabelle 1) auf den Feuerschiffen wurden nicht vom *Deutschen Hydrographischen Institut* aufgearbeitet und publiziert. Diese Aufgabe übernahm direkt nach dem Zweiten Weltkrieg das *Meteorologische Amt für Nordwestdeutschland*, da es vorerst kein zentrales Amt gab, das sich mit dem Wettergeschehen in den vier Besatzungszonen befasste. Es entstanden zunächst lokale Wetterämter in den jeweiligen Besatzungszonen. Am 1. Januar 1950 wurde im Gebiet der ehemaligen sowjetischen Besatzungszone der *Meteorologische Dienst der DDR* gegründet. Mehr als zwei Jahre später, am 11. November 1952 kam es zur Gründung des *Deutschen Wetterdienstes* in der Bundesrepublik Deutschland, der sich aus der Zusammenführung der regionalen Wetterämter der drei Besatzungszonen der Westalliierten bildete⁵⁰³.

1950 wurde das erste *Meteorologische Jahrbuch Britische Zone Teil IV* mit den meteorologischen Daten der Beobachtungsjahre 1945 und 1946 veröffentlicht (Abb. 37). Das Jahrbuch enthält die Angaben über die Stationen, die in den beiden Jahren Daten geliefert haben und die zeitliche Abfolge der Messungen jeder einzelnen Station, sowie zusätzliche Erläuterungen zu den Messungen. Es folgen die Namen der Beobachter und eine Liste der für die Feuerschiffpositionen zuständigen Wasserstraßenämter. Daran schließen sich die Vorbemerkungen an, eine Liste der benutzten Abkürzungen und Symbole sowie eine Tabelle zur Wetterverschlüsselung nebst allgemeinem Witterungscharakter und eine Tabelle mit einer Beschreibung der Wolkengebilde. Eine Karte zeigt die Lage der Feuerschiffpositionen bevor der Tabelelenteil mit den aufgelisteten Wetterdaten wie Lufttemperatur, relative Feuchtigkeit, Wassertemperatur, Sichtweite, Luftdruck, Windrichtung, Windstärke, tiefe Wolken, mittlere Wolken, hohe Wolken, Bedeckungsgrad, Niederschlag und Wetter be-

⁵⁰³ Deutscher Wetterdienst, 50 Jahre Deutscher Wetterdienst, 2002, S. 9-13.

ginnt⁵⁰⁴. Für die Beobachtungsjahre 1945 bis 1950 werden die Terminbeobachtung der Feuerschiffsstation *HR 1*, von 1949 bis 1953 der Station *S 2*, sowie die der Feuerschiffspositionen *Elbe 1* und *Fehmarnbelt* abgedruckt. Ab dem Beobachtungsjahr 1954 bis zum Beobachtungsjahr 1983 kommen die Stationen *Borkumriff*, *Elbe 1* und *Fehmarnbelt* zum Abdruck. Im Beobachtungsjahr 1948 kommt die Feuerschiffsposition *Deutsche Bucht* hinzu, während im darauf folgenden Jahr das bemannte Feuerschiff auf der Position *Fehmarnbelt* eingezogen wird und damit die manuellen Wetterbeobachtungen ein Ende finden. Die Tabellen mit den statistischen Werten werden jedes Beobachtungsjahr für alle Beobachtungsstationen abgedruckt. Die Wiedergabe der Terminbeobachtungen aller Beobachtungsstationen in Nord- und Ostsee war nicht möglich, da dies den Umfang des Jahrbuchs über ein vertretbares Maß hinaus vergrößert hätte. Man beschränkte sich daher auf die wichtigsten drei Stationen.

Die Beobachtungsjahre 1947 und 1948 waren schon ein Jahr früher 1949 erschienen. Sie enthielten allerdings nicht die beiden Tabellen für die Wetter- und Wolkenbeschreibung⁵⁰⁵.

1951 erscheint das Jahrbuch mit den Messwerten des Beobachtungsjahres 1949, von geringerer Größe als seine Vorgänger aber mit graphischen Verbesserungen in der Darstellung der Tabellen und Messwerte, 1953 die Jahrbücher mit den Daten der Jahre 1950 und 1951⁵⁰⁶. Diese werden nun aber, nachdem der *Deutsche Wetterdienst* 1952 gegründet worden war, vom *Seewetteramt* in Hamburg herausgegeben. Die statistischen Tabellen am Ende des Jahrbuchs 1951 sind erstmalig nicht handgeschrieben, sondern mit der Maschine geschrieben, was die Leserlichkeit verbessert. 1954 erscheint ein letztes Mal ein *Deutsches meteorologisches Jahrbuch* mit dem Teil IV, der die Daten der bemannten Feuerschiffe des Beobachtungsjahres 1952 enthält. Eine inhaltliche Änderung der Bücher erfolgt nicht.

1953 erfolgte eine Neuordnung des Veröffentlichungswesens der meteorologischen Beobachtungen durch die *Zentralstelle des Deutschen Wetterdienstes*. Im *Deutschen Meteorologischen Jahrbuch* wurden nunmehr nur die Beobachtungen der deutschen Landstationen veröffentlicht. Die Veröffentlichung der meteorologischen Beobachtungen auf den Feuerschiffen erfolgte in einer neuen Veröffentlichungsreihe

⁵⁰⁴ Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1945/46, 1950, 119 S.

⁵⁰⁵ Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1947, 1949, 78 S., Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1948, 1949, 83 S.

⁵⁰⁶ Deutscher Wetterdienst, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1950, 1953, 97 S., Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1951, 1953, 95 S.

des Seewetteramtes in Hamburg. Mit der Einzelveröffentlichung Nr. 13, den *Meteorologischen Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1953* erscheinen 1957 die Daten erstmalig in dieser neuen Reihe⁵⁰⁷.

Ebenfalls noch 1957 erfolgt der Abdruck der Daten des Beobachtungsjahres 1954 ein Jahr später die des Beobachtungsjahres 1955. Dabei ergab sich eine kleinere redaktionelle Änderung. Die Karte mit der Lage der beobachtenden Feuerschiffe rückte nun einige Seiten nach vorn, direkt vor die Aufzählung der Stationen, was dem Leser die Suche nach der geographischen Lage der Stationen erleichterte.

1959 erscheint die Einzelveröffentlichung Nr. 22 mit den Daten des Beobachtungsjahres 1956 letztmalig im Format, das seit 1951 verwendet wurde. Mit der Veröffentlichung des Beobachtungsjahres 1957 im Jahre 1961 werden alle weiteren Beobachtungsjahre bis zum letzten Beobachtungsjahr 1987, das ein Jahr später erscheint, im DIN-A 4 Hochformat veröffentlicht⁵⁰⁸.

Eine Besonderheit bei der Wiedergabe der Windrichtung blieb bis zum Ende der Veröffentlichung der Beobachtungen bestehen. Die Beobachtungswerte der Windrichtungen wurden nach der Kompassenteilung in 360° wiedergegeben. Die prozentualen Häufigkeitszahlen der Windrichtungen wurden in Werte einer 32-teiligen Skala der Windrose umgerechnet. Dies geschah deshalb, um die Vergleichbarkeit mit den Werten älterer Jahrbücher aufrecht zu erhalten zu können. Aus dem gleichen Grunde wurden die Mittelwerte der Bewölkung in Zehntel des Himmelsgewölbes umgerechnet⁵⁰⁹.

Die Veröffentlichung der im Jahre 1988 durchgeführten Beobachtungen auf den bis zu ihrer Aufgabe am 22. April beziehungsweise am 15. Juni noch verbliebenen bemannten Feuerschiffpositionen *Elbe 1* und *Borkumriff* erfolgte nicht mehr.

Wie schon die meereskundlichen Daten wurden auch die meteorologischen Beobachtungen in digitaler Form erfasst und archiviert. Sie können vom Deutschen Wetterdienst für weitere Nutzung zur Verfügung gestellt werden⁵¹⁰.

⁵⁰⁷ Deutscher Wetterdienst, Einzelveröffentlichungen Nr. 13, 1957, 101 S.

⁵⁰⁸ Die einzelnen Beobachtungsjahre sind ab 1954 als Einzelveröffentlichungen wie folgt erschienen: Nr. 15, Beobachtungsjahr 1954, Erscheinungsjahr 1957, Nr. 19, B. 1955, E. 1958, Nr. 22, B. 1956, E. 1959, Nr. 32, B. 1957, E. 1961, Nr. 35, B. 1958, E. 1962, Nr. 36, B. 1959, E. 1962, Nr. 42, B. 1960, E. 1964, Nr. 45, B. 1961, E. 1965, Nr. 52, B. 1962, E. 1966, Nr. 57, B. 1963, E. 1967, Nr. 60, B. 1964, E. 1967, Nr. 62, B. 1965, E. 1968, Nr. 64, B. 1966, E. 1969, Nr. 74, B. 1967, E. 1970, Nr. 81, B. 1968, E. 1972, Nr. 84, B. 1969, E. 1973, Nr. 87, B. 1970, E. 1974, Nr. 89, B. 1971, E. 1976, Nr. 90, B. 1972, E. 1976, Nr. 91, B. 1973, E. 1977, Nr. 92, B. 1974, E. 1977, Nr. 93, B. 1975, E. 1977, Nr. 94, B. 1976, E. 1978, Nr. 95, B. 1977, E. 1978, Nr. 98, B. 1978, E. 1979, Nr. 101, B. 1979, E. 1981, Nr. 103, B. 1980, E. 1982, Nr. 104, B. 1981, E. 1982, Nr. 105, B. 1982, E. 1983, Nr. 106, B. 1983, E. 1984, Nr. 109, B. 1984, E. 1985, Nr. 114, B. 1985, E. 1986, Nr. 115, B. 1986, E. 1987, Nr. 116, B. 1987, E. 1988.

⁵⁰⁹ Deutscher Wetterdienst, Einzelveröffentlichungen Nr. 116, 1987, S. VI.

⁵¹⁰ Dr. Birger Tinz, Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt Hamburg, persönliche Mitteilung, 24. September 2015.

Tabelle 1: Meteorologische Beobachtungen auf den Deutschen Feuerschiffpositionen (1945 – 1987), D. B. = Deutsche Bucht, F. B. = Fehmarn Belt

Meteorologische Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffspositionen (1945-1987)														
Jahr	Station													
1946	Pit Buoy	HR 1	P 11		P 15				Elbe 1				Flensburg	Kiel F. B.
1947	Pit Buoy	HR 1	S 2	P 11					Elbe 1				Flensburg	Kiel F. B.
1948		HR 1	S 2	P 11		P 15		Weser	Elbe 1				Flensburg	Kiel F. B.
1949		HR 1	S 2	P 11		P 15		Weser	Elbe 1				Flensburg	Kiel F. B.
1950			S 2	P 11		P 15		Weser	Elbe 1				Flensburg	Kiel F. B.
1951			S 2	P 11		P 12		Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1952			S 2		P 8	P 12		Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1953			S 2		P 8	P 12		Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1954					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1955					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1956					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1957					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1958					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1959					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1960					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1961					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1962					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1963					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Flensburg	Kiel F. B.
1964					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Kiel	F. B.
1965					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Kiel	F. B.
1966					P 8	P 12	Borkumriff	Weser Bremen	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Kiel	F. B.
1967					P 8	P 12	Borkumriff	Weser	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Kiel	F. B.
1968					P 8	P 12	Borkumriff	Weser	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Kiel	F. B.
1969					P 8	P 12	Borkumriff	Weser	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3		Kiel	F. B.
1970					P 8		Borkumriff	Weser	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3	D. B.	Kiel	F. B.
1971					P 8		Borkumriff	Weser	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3	D. B.	Kiel	F. B.
1972					P 8		Borkumriff	Weser	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3	D. B. TW Ems	Kiel	F. B.
1973							Borkumriff	Weser	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3	D. B. TW Ems	Kiel	F. B.
1974							Borkumriff	Weser	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3	D. B. TW Ems	Kiel	F. B.
1975							Borkumriff	Weser	Elbe 1		Elbe 3	D. B. TW Ems	Kiel	F. B.
1976							Borkumriff	Weser	Elbe 1		Elbe 3	D. B. TW Ems	Kiel	F. B.
1977							Borkumriff	Weser	Elbe 1		Elbe 3	D. B. TW Ems	Kiel	F. B.
1978							Borkumriff	Weser	Elbe 1			D. B. TW Ems	Kiel	F. B.
1979							Borkumriff	Weser	Elbe 1			D. B.	Kiel	F. B.
1980							Borkumriff	Weser	Elbe 1			D. B.		F. B.
1981							Borkumriff	Weser	Elbe 1			D. B.		F. B.
1982							Borkumriff		Elbe 1			D. B.		F. B.
1983							Borkumriff		Elbe 1			D. B.		F. B.
1984							Borkumriff		Elbe 1			D. B.		F. B.
1985							Borkumriff		Elbe 1			D. B.		
1986							Borkumriff		Elbe 1			D. B.		
1987							Borkumriff		Elbe 1					

D. B. = Deutsche Bucht, F. B. = Fehmarnbelt

Die **fett** markierten Stationen sind im Meteorologischen Jahrbuch und den Einzelveröffentlichungen des SWA abgedruckt.

5. Der Ersatz – die automatischen Messstationen

In den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts zeichnete es sich ab, dass die Ära der bemannten Feuerschiffe in absehbarer Zeit zu Ende gehen würde. Zum einen war der Betrieb der bemannten Feuerschiffe aufgrund des hohen Personalaufwands sehr teuer und zum anderen wurden sie für die Sicherheit der Seeschifffahrt nicht mehr benötigt, da neue technische Entwicklungen preiswertere Alternativen boten⁵¹¹.

Für die Ortsbestimmung auf See waren während des Zweiten Weltkriegs Funkortungsverfahren entwickelt worden. Es handelte sich hierbei um sogenannte Hyperbelnavigationsverfahren bei dem zwei an Land stehende Funksender Funkwellen gleicher Schwingungsfrequenz und gleicher Impulsdauer ausstrahlen. Dabei erfolgte die fortwährende Ausstrahlung der Impulse bei beiden Sendern mit gleichen Zeitabständen. Mit einem speziellen Empfänger wurde die Zeitdifferenz zwischen dem Empfang zweier zusammengehöriger Zeitimpulse der beiden Sender an Bord eines Schiffes gemessen. Damit konnte man auf einer speziellen Standortlinienkarte die entsprechende Standortlinie festlegen. Ein weiteres Senderpaar lieferte eine zweite Standortlinie. Der Schnittpunkt beider Linien ergab den Standort des Schiffes.

Zwei Verfahren, die zwar unterschiedliche Funkwellen benutzen, aber auf dem gleichen Ortungsprinzip beruhen, wurden von der Schifffahrt genutzt: das für große Entfernungen geeignete *Loran*-Verfahren und das im Küstennähe eingesetzte das *Decca*-Verfahren⁵¹².

Für die Erkennung von Gegenständen direkt in Schiffsnähe hatte man ein Verfahren entwickelt, dass auf dem Reflektionsverhalten von Funkwellen basierende und unter dem Namen Radar bekannt wurde⁵¹³.

Mit diesen Verfahren war es unabhängig von Witterung und Tageszeit jederzeit möglich, den Standort eines Schiffes in Küstennähe sicher zu bestimmen, sobald man sich der Küste soweit genähert hatte, dass diese vom Radar erfasst werden konnte. Damit konnte die Sicherung der Schifffahrt durch den Einsatz bemannter Feuerschiffe auch durch die Verwendung weniger aufwendiger Seezeichen gewährleistet werden.

⁵¹¹ Wiedemann, 1998, S. 372.

⁵¹² Loran = **L**ong **R**ange **N**avigation, Decca = Ortungssystem der Decca Navigator Compagny Ltd., New Malden, Großbritannien (Meldau-Steppes, 1958, S. 7.141-7.149), (Bowditch, 2002, S. 173-185), (Wolfschmidt, 2008, S. 128).

⁵¹³ Radar = **R**adio **D**etecting and **R**anging (Meldau-Steppes, 1958, S. 7.173-7.175).

Der Einzug der bemannten Feuerschiffe hatte aber für Erhebung von meteorologischen und meereskundlichen Daten durch das *Deutsche Hydrographische Institut* tiefgreifende Folgen. Sollten weiterhin Daten erhoben werden, musste eine Technik entwickelt werden, die diese Daten automatisch bereitstellen konnte sowie geeignete Geräteträger, auf denen diese Technik zum Einsatz kommen sollte, entwickelt werden.

An den Vorüberlegungen, welche Anforderungen an ein solches Messsystem zu stellen waren und wie eine Realisierung aussehen könnte, beteiligten sich neben dem *Deutschen Hydrographischen Institut* auch die *Bundesmarine*, das *Institut für Meereskunde an der Universität Kiel*, das *Institut für angewandte Physik der Universität Kiel*, das *Meteorologische Institut der Universität Hamburg* und das *Seewetteramt des Deutschen Wetterdienstes* in Hamburg⁵¹⁴. Schon bevor diese Institutionen dieses Projekt gemeinsam in Angriff nahmen, hatte sich das *Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung* des *Bundesverteidigungsministeriums* Mitte des Jahres 1965 von den Firmen *C. Plath* und *AEG Schiffbau* aus Hamburg und *Atlas-Hagenuk* aus Kiel erste Angebote zur Entwicklung einer geophysikalischen Messboje eingeholt⁵¹⁵. Da die Bundeswehr aber nicht über die entsprechenden Fachkräfte verfügte, bat sie das *Deutsche Hydrographische Institut* im Rahmen eines Gutachtervertrages die Bewertung der ozeanographischen Sensoren zu übernehmen⁵¹⁶. Es fanden weitere Treffen statt, in die auch das *Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft* eingebunden wurde. Ende 1968 hatte das *Deutsche Hydrographische Institut* eine 44seitige Schrift „Hinweise für eine Systemstudie über automatisch arbeitende Meßstationen im Meer mit Datenfernübertragung“⁵¹⁷ erarbeitet und anschließend mehrere Firmen aufgefordert, aufgrund dieser Hinweise eine erste Systemstudie zu erarbeiten⁵¹⁸. Es gingen Systemstudien der Firmen *Bölkow-Messerschmidt* aus München, *Horst Ebert, Nachrichtentechnisches Büro* in Berlin, *Atlas-Hagenuk* in Kiel, *Dornier System* in Friedrichhafen, *Siemens* und *Babcock-Wilcox* in Hamburg, Karlsruhe und

⁵¹⁴ Über diese Phase der Entwicklung eines Messnetzes auf See gibt es nur sehr wenige verwertbare Publikationen. Der größte Teil der oben angeführten Informationen stammt aus dem Nachlass von Heinz-Otto Kult, eines ehemaligen Mitarbeiters im *Deutschen Hydrographischen Institut*, der mit diesem Projekt betraut war. Dabei handelt es um eine lose Sammlung unterschiedlicher Schreiben und Notizen, die allerdings nicht vollständig ist, sondern Lücken aufweist.

⁵¹⁵ Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, FG IV 5/405 A-606; Az.: 90-66-60-90 (23), Koblenz, 3. Januar 1966, Privatbesitz.

⁵¹⁶ Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, FG IV 5/405 A-606; Az.: 90-66-55 (23), Koblenz, 23. März 1965, Privatbesitz.

⁵¹⁷ Deutsches Hydrographisches Institut, Hinweise für eine Systemstudie über automatisch arbeitende Meßstationen im Meer mit Datenfernübertragung, Hamburg, 27. November 1968, Privatbesitz.

⁵¹⁸ Deutsches Hydrographisches Institut, Az.: 0984/68 A 41, Hamburg, 10. Dezember 1968, Privatbesitz.

Oberhausen und *AEG* und *Telefunken* in Hamburg, Ulm und Konstanz ein. 1970 stellte das *Ministerium für Bildung und Wissenschaft* 141.500,- DM für die Erstellung einer Studie bereit, auf deren Grundlage mit der Feldforschung begonnen werden sollte⁵¹⁹. In seinem „Gesamtprogramm Meeresforschung und Meerestechnik in der Bundesrepublik Deutschland 1972 – 1975“ wurden für die Entwicklung der einzelnen Systeme und Komponenten einer Messstation, sowie den Bau geeigneter Geräteträger innerhalb von vier Jahren Mittel in einer Höhe von insgesamt 62 Millionen DM bereitgestellt⁵²⁰.

Ende 1972 startete das Forschungsprojekt „Vorentwicklung Messnetz Nord/Ostsee (VEMNO I und II), Experimentalstudien, Entwicklungs- und Erprobungsarbeiten für die Einrichtung automatischer Meßstationen im Meer mit Datenfernübertragung“⁵²¹. Es wurden drei unterschiedliche Messträger gebaut: die *Forschungsplattform Nordsee*, die *Nordseeboje I* als trägheitsstabilisierte Großboje und die Diskusboje *Meta 1* als Seegangsfolger. Die während der Versuchsphase durch einen extremen Sturm an der *Nordseeboje I* entstandenen Schäden waren so schwerwiegend, dass eine verbesserte Ersatzboje, die *Nordseeboje II* gebaut werden musste⁵²².

Zu dieser Zeit galt die Meerestechnik als eine Technik mit hohem Entwicklungspotential und man erhoffte sich großen wirtschaftlichen Nutzen von den Ergebnissen der einzelnen Forschungsprojekte. Die Konstruktion elektronischer Mess- und Registrierkomponenten nahm eine rasante Entwicklung. Die Euphorie war groß, denn es schien, dass der Entwicklung der für ein automatisches Messsystem notwendigen Komponenten keinerlei Grenzen gesetzt waren. Was möglich schien, hatte die erste Landung eines Raumschiffs auf dem Mond 1969 aufgezeigt.

Besonders deutlich wird dies in einem Entwicklungsvorschlag für die Errichtung eines Netzes automatisch arbeitender Messstation, den die Firma *Dornier-System GmbH* im Dezember 1969 mit dem Titel „Systeme automatisch arbeitender Mess-Stationen im Meer mit Datenfernübertragung“ vorstellte⁵²³. In diesem Vorschlag wird ein Messnetz von sieben Stationen in der Deutschen Bucht vorgestellt, das gegebenenfalls bei Bedarf durch ein weiteres Messnetz von 15 über die gesamte Nordsee verteilte Stationen und durch ein drittes Messnetz von fünf Tiefseemessbo-

⁵¹⁹ Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft, III 7 – 3891 – MF 3, 26. Januar 1970, Privatbesitz.

⁵²⁰ Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft, 1972, 62 S.

⁵²¹ Schulze, Govaers, 1980, 94 S.

⁵²² Schulze, Govaers, 1980, S. 7.

⁵²³ Dornier System, 1969, 89 S. plus Anhang.

jen im Nordatlantik ergänzt werden sollte. Wie sich später zeigen sollte, ließ sich nicht einmal das Messnetz in der Deutschen Bucht in vorgeschlagenem Umfang errichten⁵²⁴.



Abb. 38: Forschungsplattform Nordsee, (GKSS/IMS, 1975)

Mit der Entwicklung dieser Geräteträger und der dazugehörigen Messsysteme betrat man technisches Neuland. Im Laufe der Zeit erkannte man, dass viele Prob-

⁵²⁴ Wie realitätsfern eine solche Planung war, wird beispielsweise dadurch ersichtlich, dass man plante, die Daten der in der Deutschen Bucht verankerten Messbojen per Flugzeug von den Stationen abzurufen, falls noch kein Satellit zur Verfügung stehen würde (Dornier System, 1969, S. 59).

leme wie die Seefestigkeit der Systeme unterschätzt und Probleme erst im Laufe der Entwicklung der einzelnen Komponenten entstanden, die bei der Planung nicht vorhergesehen worden waren.

Die *Forschungsplattform Nordsee* (Abb. 38) bot alle Vorteile eines festen Bauwerks für die Errichtung einer Messstation. Aufgrund ihrer Größe, sie besaß einen Plattformkörper, der vier Decks enthielt, die etwa 26 Meter im Quadrat maßen und 20 Meter über dem Meeresspiegel auf eine vierbeinigen Rohrkonstruktion angebracht waren. Die Rohrkonstruktion ihrerseits standen auf einer achteckigen Stahlbetonplatte von zirka 76 Metern Durchmesser in einer Wassertiefe von rund 25 Metern.

Die Vorteile dieser Konstruktion bestanden darin, dass genügend Energie für die einzelnen Komponenten einer Messstation vorhanden war, ausreichend Platz für die Komponenten zur Verfügung stand und sie für Wartungs- und Reparaturzwecke leicht zugänglich waren. Die Messsonden konnten an der Stützkonstruktion der Plattform angebracht werden. Sie waren damit gegenüber frei hängenden Systemen wesentlich besser vor den Auswirkungen des Seegangs geschützt.

In einer Broschüre aus dem Jahre 1975, in der die Forschungsplattform dargestellt wird, heißt es: „Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wird es eine der Hauptaufgaben der FORSCHUNGSPLATTFORM NORDSEE sein, als Dauermeßstation im Küstenvorfeld routinemäßig ozeanographische und meteorologische Daten zu sammeln. Insofern wird die Plattform selbst Bestandteil eines noch aufzubauenden umfassenderen Meßnetzes werden“⁵²⁵.

Nicht nur der Bau einer solchen Station erforderte große Finanzmittel, was sich auf Dauer aber noch als weitaus problematischer herausstellte, waren die hohen Betriebskosten, zumal die Plattform über ein Betriebspersonal von sieben Personen verfügte.

Die von der *Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH (GKSS)*⁵²⁶ und der *Ingenieursgemeinschaft Meerestechnik + Seebau GmbH (IMS)* gemeinschaftlich betriebene Plattform kostete 44 Millionen DM. 30 % der Bausumme wurde vom *Bundesministerium der Verteidigung* bereitgestellt. Die jährlichen Betriebskosten wurden auf 2,5 Millionen DM veranschlagt⁵²⁷. Nach 17-jährigem Betrieb kam 1992 das Ende der *Forschungsplattform Nordsee*. Um einen sicheren Betrieb über diesen Zeitpunkt hinaus gewährleisten zu können, hätte es ei-

⁵²⁵ GKSS/IMS, 1975, 29 S.

⁵²⁶ Jetzt: Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung (HZG).

⁵²⁷ Volk, 1975, S. 177.

ner umfangreichen, mit hohen Kosten verbundenen, Sanierung bedurft. Dazu war man aber seitens der Geldgeber nicht mehr bereit. Der Betrieb wurde eingestellt und die Plattform ein Jahr später 1993 auf offener See demontiert.

Der zweite, im VEMNO-Projekt entwickelte Geräteträger basierte auf einer Diskusboje vom Typ „Lanby“⁵²⁸, die in den Vereinigten Staaten von Amerika als Ersatz für die bemannten Feuerschiffe entwickelt worden war⁵²⁹. Bei diesem Bojentyp handelt es sich um einen kreisrunden Geräteträger, der nur einen geringen Tiefgang hat und dadurch bedingt nur wenig gedämpft den Wellen an der Oberfläche folgt (Abb. 39). Diese Boje mit der Bezeichnung *Meta 1* hatte einen Durchmesser von 12,19 m, der Bojenkörper war 2,22 m hoch und das Gewicht betrug 47 t. Auf dem Bojenkörper war ein begehbare Container angebracht, der die gesamte Elektronik

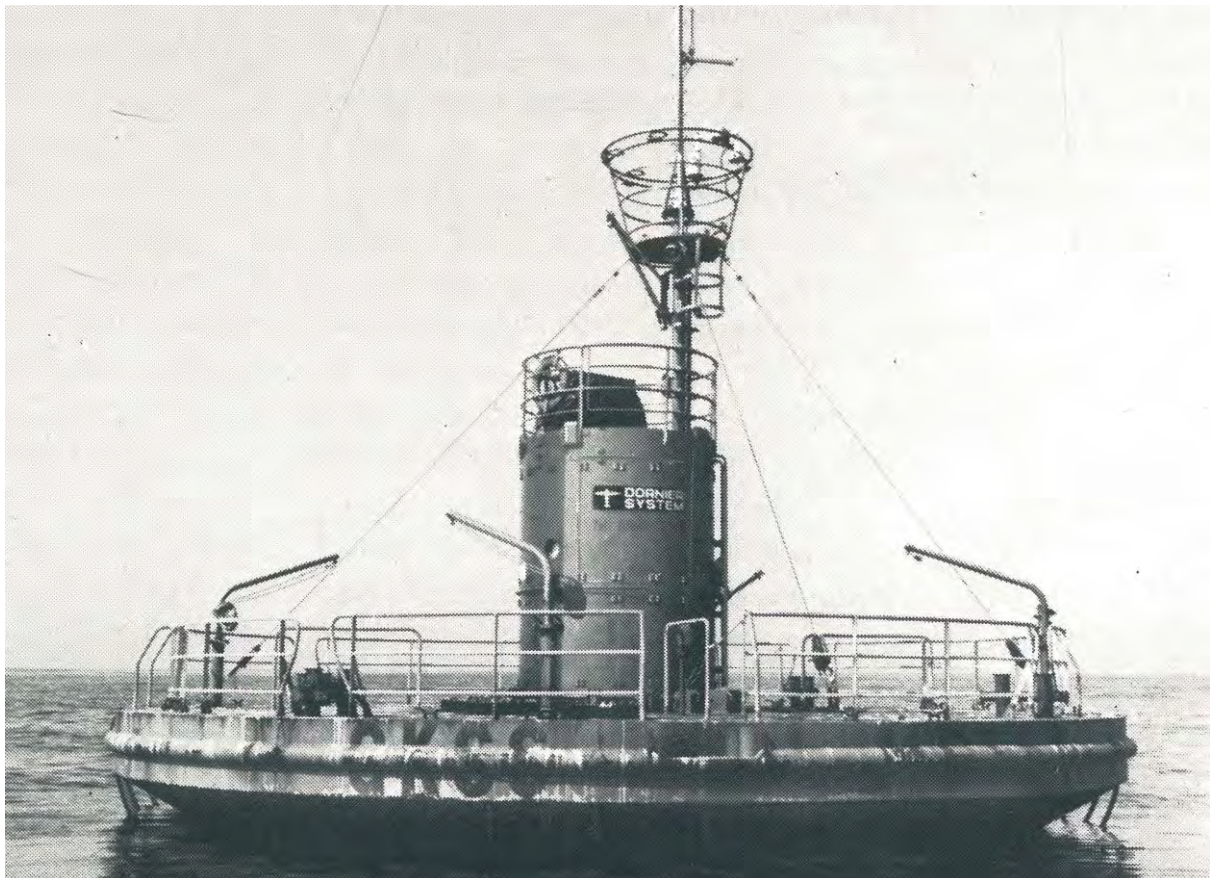


Abb. 39: Wellenfolgende Diskusboje Meta 1, (Müller, 1978, S. 73)

und einen Dieselgenerator für die Stromerzeugung enthielt. Der Mast auf dem Container trug die meteorologischen Messfühler und die Sendeantennen für die Datenübermittlung⁵³⁰. Die nach Abschluß des VEMNO-Projektes im Jahre 1978 bei der

⁵²⁸ Lanby: Large automatic navigation buoy.

⁵²⁹ Marshall, 1995, S. 11, S. 15.

⁵³⁰ Müller, 1978, S. 73–74.

GKSS verbliebene Boje wurde im *MERMAID*- und im *CANVAS*-Projekt⁵³¹ als Geräteträger für die Erprobung neuer Messsysteme eingesetzt, anschließend außer Dienst gestellt und schließlich verschrottet⁵³².

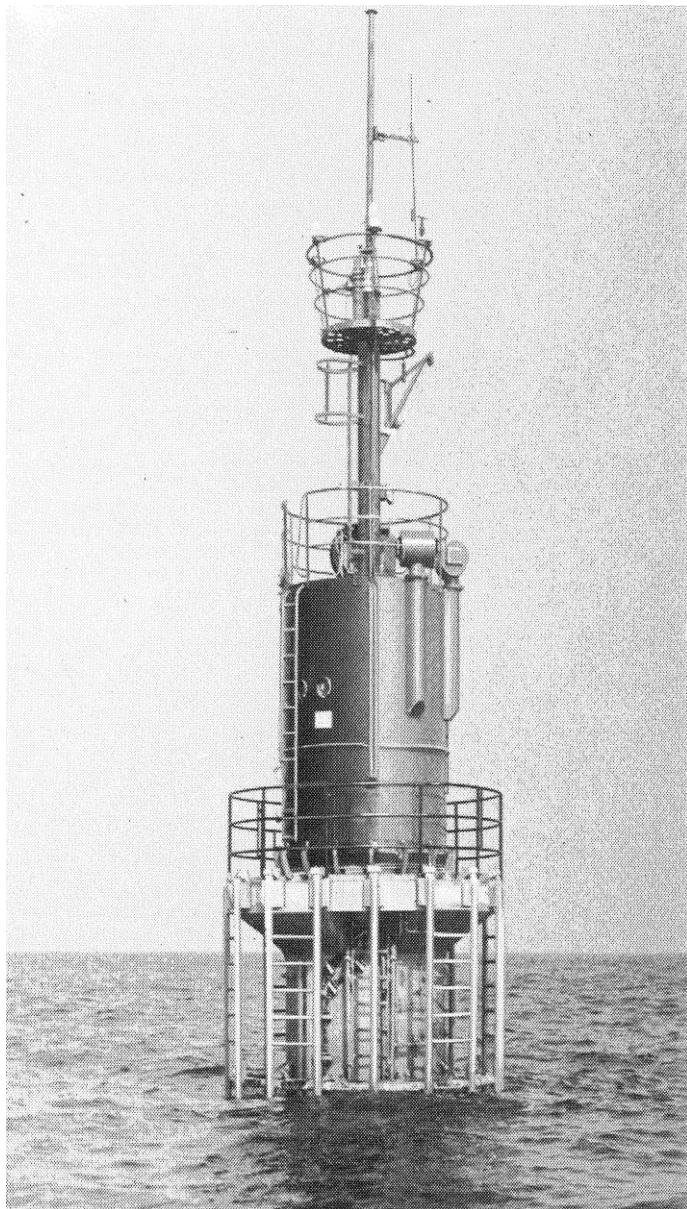


Abb. 40: Nordseeboje II, (Müller, 1978, S. 74)

Der dritte Geräteträger verfolgte ein anderes Prinzip als die wellenfolgende *Meta 1*-Boje. Die *Nordseeboje II* hat eine Gesamthöhe von 23,2 m wobei der im Wasser befindliche Teil bis in eine Tiefe von 10,4 m hinabreicht⁵³³ (Abb. 40). Der Schwimmkörper ist in der Wasserlinie schmal gehalten, um den Oberflächenwellen möglichst wenig Angriffsfläche zu bieten. Am unteren Ende befindet sich ein Stabilisierungsring mit 10 m Durchmesser. Damit wird erreicht, dass die Boje bei normalen Seegangsbedingungen stabil bleibt und nicht den Wellen folgt. Erst bei extremem Wellengang wird die Boje zum Wellenfolger. Auf der *Nordseeboje II* kam zuerst der gleiche Container wie auf der *Meta 1* Boje zum Einsatz. Nach Beendigung des Projektes wurde die *Nordseeboje II* dem *Deutschen Hydrographischen Institut* übergeben, das

die Boje ab 1979 beim Aufbau eines Messnetzes in Nord- und Ostsee einsetzte⁵³⁴. Dafür wurde sie umfangreich umgebaut, denn die auf ihr getesteten Systeme waren für den Dauerbetrieb der Station in dieser Form nicht geeignet. Deshalb erhielt die

⁵³¹ *MERMAID*: **M**arine **E**nvironmental **R**emote-controlled **M**easuring and **I**ntegrated **D**etection, *CANVAS*: **C**ontaminants and **N**utrients in variable Sea Areas.

⁵³² Dr. Wilhelm Petersen, persönliche Mitteilung vom 4. Juni 2015. Der genaue Zeitpunkt konnte nicht mehr festgestellt werden.

⁵³³ Eick, Kolzkamm, Klages, 1980, S. 17-22.

⁵³⁴ Holzkamm, 1988, S. 4.

Boje einen vollständig neuen Messcontainer und ein neues Datenerfassungssystem sowie neue Sensoren. Nach einer Kollision mit einem unbekannten Schiff 1986⁵³⁵ wurde sie repariert und neu ausgerüstet und ist noch heute auf ihrer Position von 55° 0' N und 6° 20' O, immer wieder modernisiert und auf den neuesten Stand der Technik gebracht, in Betrieb.

Die an die Geräteträger und alle ihre Untersysteme und Komponenten zu stellende Bedingungen betrafen eine hohe mechanische Belastbarkeit gegenüber dynamischen Belastungen durch Wind und See, geringe Anfälligkeit gegen Korrosion und Verschmutzung, hohe Langzeitbetriebszuverlässigkeit die mit großer Langzeitfunktionsstabilität einhergeht sowie Genauigkeitsanforderungen an die Messwerfassung-, Datenmanagement- und Datenübertragungssysteme.

Im Laufe des Projektes zeigte es sich, dass die genannten Anforderungen nur schwer zu erfüllen waren. In der Rückschau lässt sich feststellen, dass die zu lösenden Probleme in ihrer Schwere unterschätzt worden sind, sicherlich bedingt dadurch, dass es kaum Erfahrungswerte gab und man sich auf technisches Neuland begeben hatte.

Hinzu kam, dass sich die politischen Rahmenbedingungen nach der Ölpreiskrise von 1973 änderten und die durch die Krise entstehenden wirtschaftlichen Probleme zu einer Kürzung der finanziellen Mittel führten.

Wie sehr dies zu einer Reduktion der ursprünglichen Ziele führte wird aus dem 1980 erschienen Abschlussberichtes des VEMNO-Projektes deutlich. Dort heißt es: „Aufgrund übergeordneter politischer Entscheidungen infolge einer während der Entwicklungsjahre eingetretenen Bedarfsänderung bzw. Bedarfsanpassung auch aus Kostengründen wurde dieses langfristige Gesamt-Entwicklungsziel b.a.w. aufgegeben. Dies hatte zur Folge, daß die hier beschriebenen Entwicklungsarbeiten sowie die begleitenden theoretischen und experimentellen Untersuchungen einschließlich weiterführender Planungsarbeiten nur noch soweit geführt werden konnten, daß möglichst viele bedingt gültige Einzelresultate, insbesondere die entwickelten Qualifikationsmodelle und vorläufige Prototypen in unterschiedlichen Einzelmeßaufgaben noch nutzbringend Verwertung finden konnten. Da bei solchen Einzelaufgaben die spezifischen Gesichtspunkte eines Meßnetzes aus automatisch arbeitenden Meßstationen im Meer mit Datenfernübertragung in der Regel eine untergeordnete Rolle spielen und viel mehr Wert auf möglichst einfache und billig herzustellende Geräte gelegt wird, deren Abmessungen, Gewichte und Funktionsanforderungen nicht grö-

⁵³⁵ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1986, 1987, S. 59.

ßer als dem jeweiligen Zweck entsprechend sein müssen, werden solche nicht geforderten ‚komfortablen‘ Ersatzlösungen nur mehr oder weniger gute Kompromisse darstellen und bei einer Kosten/Nutzenbetrachtung sehr ungünstig bewertet werden müssen.“⁵³⁶

Da das *Deutsche Hydrographische Institut* schon vor Beginn des Projektes davon ausging, dass die für den Aufbau eines Messnetzes in der Nordsee projektierten Finanzmittel niemals langfristig zur Verfügung stehen würden, hatte es schon vor dem Start des VEMNO-Projektes, wenn auch in viel bescheidenerem Maße, begonnen, kostengünstige Lösungen für die Errichtung von Messstationen und ihren Betrieb zu erarbeiten, die sich dann in der Praxis umsetzen ließen.

Bereits 1968 wurde auf dem in den Jahren 1965 bis 1967 neu erbauten Leuchtturm Kiel die erste automatische Messstation des neuen Messnetzes des *Deutschen Hydrographischen Instituts*⁵³⁷ in Betrieb genommen. Die erste Anlage befand sich im Molenvorraum des Westauslegers des Leuchtturms. Mit einer Seewasserpumpe wurde Wasser aus Saugrohren aus 2 m, 4 m und 8 m Tiefe heraufgepumpt und die Leitfähigkeit des Meerwassers mit einem Salinographen bestimmt, aus der sich später der Salzgehalt errechnen ließ. Die Temperatur wurde zusätzlich zu den drei Tiefen noch in 0,5 m Tiefe mit Hilfe elektronischer Widerstandsthermometer erfasst. Die Aufzeichnung aller Messwerte erfolgte durch einen Blattschreiber, der Daten bis zu fünf Tagen aufzeichnen konnte, bevor ein neues Blatt eingespannt werden musste. Diese Anlage bewährte sich nicht. Besonders störanfällig war die Seewasserpumpe, die immer nur für die Messungen im Kurzzeitbetrieb zum Einsatz kam. Selbst der Wechsel zu anderen Fabrikaten führte zu keiner wesentlichen Besserung. Hinzu kam der häufige Ausfall anderer Komponenten, wie Blattschreiber und Wasserfilter. Dies führte dazu, dass ein durchgehender Betrieb über drei Tage hinaus nur sehr selten möglich war⁵³⁸. In den Jahren 1970 bis 1971 wurden umfangreiche Verbesserungen vorgenommen, die einen unbewachten Betrieb bis zu 3 Wochen ermöglichten. Da dies immer noch nicht für einen Routinemessbetrieb ausreichte, wurde die Anlage nach einem Rohrbruch Anfang 1972 stillgelegt. Danach verzichtete man auf das Pumpsystem. Es wurden nur die Wassertemperaturen in den unterschiedlichen Tiefen erfasst. Diese wurden aber nun ab 1973 von einer elektronischen Datenerfassungsanlage übernommen und per Modem an eine Richtfunkanla-

⁵³⁶ Schulze, Govaers, 1980, S. 9.

⁵³⁷ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1968, 1969, S. 54.

⁵³⁸ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Ozeanographisches Messnetz Nord- und Ostsee von 1970 bis 1990, Arbeitsunterlagen und Informationsmaterial aus der Abteilung Meereskunde des DHI/BSH, AR 1008, Nr. 19/05, 2001, S.1-2, 26, 40-41.

ge auf der Spitze des Leuchtturms übertragen. Von dort wurden die Daten an die Empfängeranlage, die an dem Schornstein des Kraftwerks in Kiel Wik befestigt war, geschickt und gelangten über ein extra verlegtes Kabel zum Dienstgebäude des *Wasser- und Schifffahrtamts* an der Alten Schleuse des Nordostseekanals von wo sie über ein interne Behördentelefonnetz in das *Deutsche Hydrographische Institut* gelangten. Die Daten wurden sowohl über einen Fernschreiber des Typs *Teletype ASR 33* ausgedruckt, als auch mit einem Ein-Zoll Magnetbandgerät der Elektronikfirma *Magnavox* aufgezeichnet (Abb. 41). Damit war die Fernübertragung der Messdaten realisiert, allerdings musste die Datenübertragung manuell gestartet werden, eine kontinuierliche automatische Datenübertragung war zu diesem Zeitpunkt technisch noch nicht möglich. Aufgrund der Komplexität der Datenübertragung traten häufig Störungen auf, was einen recht hohen Wartungsaufwand bedingte. Da diese Art der Datenfernübertragung nur beim *Leuchtturm Kiel* möglich war, die Einrichtung einer Richtfunkstrecke ist nur dann möglich, wenn sowohl die Sendestation als auch die Empfängerstation feststehen und keinerlei Eigenbewegung erfolgt, hatte diese Lösung keine Zukunft, da die anderen Stationen des Messnetzes als Schwimmkörper auf See mit einer beträchtlichen Eigenbewegung dafür nicht in Frage kamen. Nachdem 1978 Versuche, Daten mittels einer Satellitensendeanlage (Data Collection Platform, DCP) auf der *Nordseeboje II* erfolgreich verlaufen waren⁵³⁹, wurde die Messstation *Kiel* im November 1981⁵⁴⁰ mit einer solchen Anlage ausgerüstet.

1976 folgte dann die Errichtung einer automatischen Messstation auf dem Feuerschiff *Fehmarn Belt*. Die Datenfernübertragung erfolgte hier mittels eines Ultrakurzwellensenders (UKW, 123 Mhz). Eine auf der Hafenmole des Fährhafens Puttgarden errichtete Empfangsanlage nahm die Daten auf, die dann über Telefonleitungen der *Deutschen Bahn* nach Hamburg-Altona gelangten, wo sie in das interne Telefonnetz des *Wasser- und Schifffahrtamtes* eingespeist wurden. Von dort wurden sie vom *Deutschen Hydrographischen Institut* übernommen und auf ein Magnetband aufgezeichnet⁵⁴¹. 1984 ersetzte man das bemannte Feuerschiff durch die automatische Großtonne *Fehmarn Belt*. Von diesem Zeitpunkt an erfolgte die Datenfernübertragung wie schon auf der Station *Leuchtturm Kiel* via Satellit.

⁵³⁹ Eick, Kolzkamm, Klages, 1980, S. 17-22.

⁵⁴⁰ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Leuchtturm Kiel, Eintrag von der Wartungsfahrt vom 11. 11.-13. 11. 1981. Es handelt sich bei den Stationsbüchern um eine Kladde, in der bei Wartungsfahrten die Tätigkeiten auf jeder Station handschriftlich aufgezeichnet werden.

⁵⁴¹ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Ozeanographisches Messnetz Nord- und Ostsee von 1970 bis 1990, Arbeitsunterlagen und Informationsmaterial aus der Abteilung Meereskunde des DHI/BSH, AR 1008, Nr. 19/05, 2001, S. 44.

Im Laufe der Erprobung der Messstationen traten sowohl bei den Sensoren als auch bei dem verwendeten Material Probleme auf, die man mangels Erfahrung mit den Belastungen bei längerem Einsatz auf See und im Seewasser so nicht vorhergesehen hatte.

Geräteträger aus gebräuchlichem Edelstahl (V2A) erwiesen sich auf Dauer nicht resistent gegenüber Korrosion durch Seewasser. Selbst die höherwertige Variante des Edelstahls (V4A) zeigte sich nicht ausreichend korrosionsfest⁵⁴². Erst Geräteträger aus Titan zeigten sich widerstandsfähig genug, um ohne Zeitbegrenzung im Meerwasser eingesetzt werden zu können. Der Nachteil bei der Verwendung von Titan besteht darin, dass aufgrund des vielfach höheren Preises von Titan im Vergleich zu Edelstahl wesentlich mehr finanzielle Mittel benötigt werden.

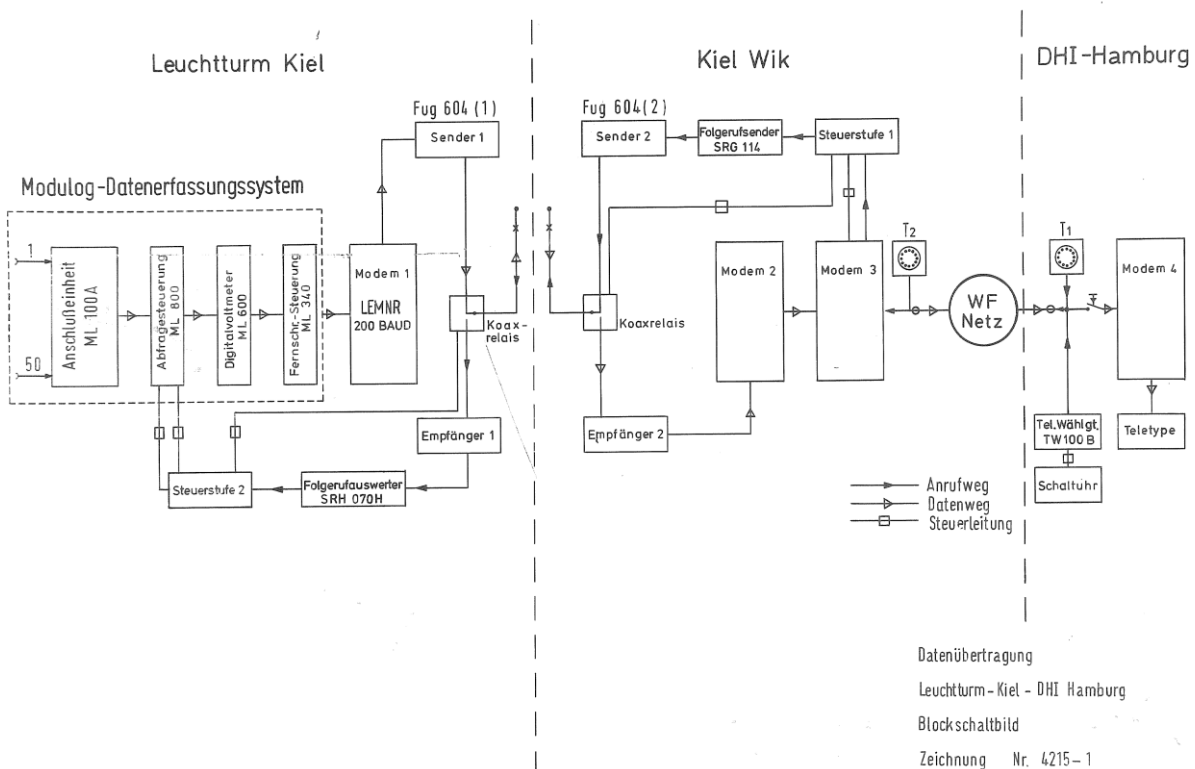


Abb. 41: Automatische Messstation am Leuchtturm Kiel, Schema der Datenerfassung und Datenfernübertragung, (BSH, Archiv, Band XLIII, Blatt 4)

Kabel hielten der Belastung durch die permanenten Bewegungen des Geräteträgers nicht Stand. Es kam zu Beschädigungen der Isolierung, zu Kabelbrüchen und

⁵⁴² Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, 2007, 17 S.

sogar zu Kabelabrissen. Steckerverbindungen wurden trotz Sicherung undicht, Kontakte korrodierten und es kam zur vollständigen Ablösung der Stecker.

Sensorgehäuse zeigten bei längerem Einsatz Undichtigkeiten, die erst nach einigen Wochen des Einsatzes auftraten. Trotz intensiver Wartung und präzisiertem Einbau der Dichtungsringe zwischen Gehäusedeckel und dem Gehäusekörper trat dieses Problem bei den Leitfähigkeitssensoren immer wieder auf, was den vollständigen Verlust des Sensors zur Folge hatte, da, sobald Seewasser mit der Elektronik des Sensors im Gehäuse in Kontakt kam, der Sensor nicht mehr repariert werden konnte und komplett abgeschrieben werden musste. Erst im Laufe der Jahre konnte das Problem gelöst werden und zwar dadurch, dass die Gehäusekonstruktion durch den Hersteller geändert wurde⁵⁴³ oder wenn gleichwertige Sensoren mehrerer verschiedener Hersteller zur Verfügung standen und durch Tests ermittelt werden konnte, welches Sensorgehäuse die Dichtigkeitsanforderungen erfüllte.

Wie schwer der Anfang war, wird dadurch ersichtlich, dass es erst 1985 gelang, einen routinemäßigen Dauerbetrieb auf beiden Stationen gewährleisten zu können. Bis dahin dienten die beiden Stationen der Erprobung von Mess- und Datenerfassungs- und Datenübertragungssystemen.

⁵⁴³ Die Mitarbeiter im Sachgebiet „Methoden und Instrumente“ im *Deutschen Hydrographischen Institut* arbeiteten eng mit den Herstellern von Messgeräten und Sensoren zusammen. Die von ihnen gemachten Erfahrungen führten zu Vorschlägen zur Verbesserung der Geräte, die in vielen Fällen von den Herstellern aufgegriffen und umgesetzt wurden.

6. Das Marine Umweltmessnetz in Nord- und Ostsee, Strategie und Nutzen

Dem *Deutschen Hydrographischen Institut* waren per Seeaufgabengesetz⁵⁴⁴ neben schiffahrtstechnischen Aufgaben wie die Prüfung nautischer Geräte und die Herausgabe von Seekarten, Handbüchern und nautischen Warnnachrichten auch die Einrichtung verschiedener Dienste wie den Eisdienst, den Wasserstandsvorhersage- und den Sturmflutwarndienst aufgetragen worden. Eine weitere wichtige Aufgabe war ihm mit der Überwachung der Meere auf Radioaktivität und sonstige schädliche Beimengungen zugewiesen worden.

Die Überwachung der Nordsee und Ostsee ist von besonderem Interesse, denn „Nordsee und Ostsee sind Meere, die aufgrund ihrer geographischen Position und ihrer wirtschaftlichen Nutzung einer Vielzahl von natürlichen und anthropogenen physikalischen Veränderlichkeiten unterworfen sind“⁵⁴⁵. In der Nordsee spielen als natürliche Einflüsse der Nordatlantik, der Süßwassereintrag, Gezeiten, Strömungen und die Jahreszeiten mit ihren atmosphärischen Eigenschaften eine prägende Rolle. In der Ostsee sind es der episodische Eintrag von Nordseewasser, der Süßwassereintrag und die kontrastreichen Jahreszeiten⁵⁴⁶. Aus dem Zusammenwirken der Faktoren ergeben sich komplexe und kurzzeitig variable Zustandserscheinungen.

Temperatur, Luftdruck und Wind über See sind wichtige meteorologische Eingangsgrößen zur Bestimmung der Schiffbarkeit der Flussmündungen, der Erreichbarkeit küstennaher Häfen sowie für den Küstenschutz. Daneben sind die Eingangsgrößen unabdingbare Grundlage für die Erforschung des Klimawandels.

Der Ausbau der Offshore Windenergie gemeinsam mit dem Klimawandel hat das Potential, die Naturverhältnisse bedeutend zu verändern. Der Entzug von Energie aus der Atmosphäre⁵⁴⁷, der sich nach Modellergebnissen bis ca. 100 km leewärts der Windparks erstrecken kann, hat Auswirkungen auf Seegang und Strömungen. Die Unterwasserinstallationen führen zu Störungen in vertikalem Aufbau und Dyna-

⁵⁴⁴ Siehe hierzu den Abschnitt: 4. Das Deutsche Hydrographische Institut und Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1965, 1966, S. 102.

⁵⁴⁵ Die Daten des Messnetzes dienen unter anderem zusammen mit weiteren Daten als Eingangswerte für numerische Modelle zur Berechnung verschiedener physikalischer Größen in Nord- und Ostsee und ihrer zeitlichen Variabilität, siehe dazu: Pohlmann, 2006, S. 2367-2385.

⁵⁴⁶ Dies bezieht sich sowohl auf die starken jahreszeitlichen Schwankungen der Luft- als auch der Wassertemperatur.

⁵⁴⁷ Die Energie des Windes wird durch die Rotation der Windenergieanlagen (Windräder) reduziert.

mik in der Wassersäule. Die Windparks⁵⁴⁸ sind frei von Fischfang und bilden künstliche Riffe⁵⁴⁹. Zusammen mit den klimawandelbedingten Änderungen sind deutliche Veränderungen in den Ökosystemen der Nordsee und der Ostsee zu erwarten, deren Bewertung ohne ausreichend physikalische Daten nicht möglich ist.

Die sachgerechte Überwachung des Zustandes muss sich an diese Voraussetzungen anpassen. Das heißt, die Überwachung muss in der Lage sein, naturbedingte physikalische Zustandsveränderungen, z. B. durch den Klimawandel, von Windpark bedingten zu trennen, um Zuordnungen und um ggf. Maßnahmen zur Einhaltung definierter Qualitätszustände zu begründen.⁵⁵⁰

Um die aussagekräftige Überwachung von Nord- und Ostsee gewährleisten zu können, mussten neue Messstrategien erarbeitet werden, denn mit einem Messbetrieb, wie er auf den bemannten Feuerschiffen zum Tragen gekommen war, war dies nicht möglich, da dieser nicht genügend Daten liefern konnte, die für eine gesicherte Bewertung des Zustandes von Nord- und Ostsee nötig waren. Die nun aber zur Verfügung stehende neu entwickelte Technik bot hingegen vielfältige Möglichkeiten den Messbetrieb auszubauen und damit den neuen Anforderungen gerecht zu werden.

Das *Marine Umweltmessnetz in Nord- und Ostsee (MARNET)* war als Ersatz für das mit Außerdienststellung der bemannten Feuerschiffe verloren gegangene Stationsnetz zur Messung meteorologischer und ozeanographischer Parameter in der Deutschen Bucht und der westlichen Ostsee geplant. Es litt schon in der Planung unter den gleichen räumlichen Restriktionen des Vorgängernetzes. Aufgrund fehlender Finanzmittel musste weitgehend auf vorhandene Geräteträger zurückgegriffen werden, die aus wissenschaftlicher Sicht räumlich nicht optimal verteilt waren.

In der Aufbauphase konnte in der Nordsee lediglich die *Nordseeboje II* auf einer für die Datenerhebung optimalen Position verankert werden. Die Lage der drei für die Messungen genutzten unbemannten Feuerschiffe entsprach in erster Linie den Erfordernissen der Seeschifffahrt. Als die Mittel zum Bau einer zweiten Großboje zur Verfügung standen, konnte eine weitere aus meereskundlicher Sicht wichtige Position am Rande des untermeerischen Urstromtals der Elbe mit einer Messstation besetzt werden.

⁵⁴⁸ Als Windpark bezeichnet man die räumliche Ansammlung von Windenergieanlagen (Windräder).

⁵⁴⁹ Die Windparks dürfen weder befahren noch befischt werden. In diesen Regionen können sich Fauna und Flora ungestört entwickeln. Die Fundamente der Windenergieanlagen werden, wie das auch bei natürlichen Riffen geschieht, von Pflanzen und Tieren, beispielsweise Tang und Muscheln, besiedelt.

⁵⁵⁰ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Gesamtkonzept über den Betrieb und die Weiterentwicklung des marinen Umweltüberwachungsmessnetzes auf dem Deutschen Festlandssockel, MARNET, 2015, S. 8.

Als ab 2002 im Rahmen des vom *Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit* ins Leben gerufene Projekt „Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee (FINO)“⁵⁵¹ zwei Forschungsplattformen in der Nordsee errichtet wurden, konnten ab 2003 und dann ab 2009 auch diese Positionen zur Erfassung meteorologischer und meereskundlicher Daten genutzt werden, auch wenn diese Positionen aus meereskundlicher Sicht ebenfalls nicht optimal liegen, denn meereskundliche Aspekte spielten keinerlei Rolle bei der Errichtung, sondern es sollten mögliche Auswirkungen auf die marine Flora und Fauna ermittelt werden⁵⁵².



Abb. 42: Die Messstationen des Marinen Umweltmessnetzes in Nord- und Ostsee (MARNET) seit 1985, (Autor)

In der westlichen Ostsee war es möglich, die als Ersatz für das bemannte Feuerschiff eingesetzte Großboje *Fehmarnbelt* als Messplattform nutzen zu können. Damit gelang es, die dort seit 1924 vorliegende Zeitreihe an einer für die Austauschprozesse in der Ostsee besonders geeigneten Position weiterzuführen. Der *Leuchtturm Kiel* war zwar wegen seiner leichten Erreichbarkeit und der dort vorhandenen Infrastruktur besonders für den Test neuer Systeme geeignet, aus meereskundlicher Sicht war seine Lage nicht ideal, da er auf einer leichten untermeerischen Kuppe lag und nur mit Hilfe einer Außenstation tiefere Wasserschichten erreicht wurden, was für die vollständige Beschreibung der hydrographischen Verhältnisse in der Kieler Bucht zwingend notwendig ist.

⁵⁵¹ BINE, 2011, 4 S.

Nach der Wiedervereinigung im November 1990 wurden Mittel bereitgestellt, um vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns drei weitere automatische Messstationen zu errichten. Die Messstationen im Bereich der Darßer Schwelle und im Arkona Becken sind für die Überwachung der Ein- und Ausstromvorgänge in der Ostsee von grundlegender Bedeutung. Die Position der dritten Station vor der Odermündung vor der Insel Usedom ist weniger optimal, da aus hoheitsrechtlichen Gründen keine weiter östlich gelegene, die Abwasserfahne der Oder erfassende Messposition eingenommen werden konnte, da diese Position in polnischen Hoheitsgewässern gelegen hätte.

Diese drei Stationen stellen eine Besonderheit dar. Sie wurden mit Mitteln des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie* errichtet und im Rahmen einer Verwaltungsvereinbarung mit dem *Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde* von diesem für das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* betrieben⁵⁵³.

Nördlich der Insel Rügen wurde im Rahmen des FINO-Projektes eine dritte Großplattform errichtet. Ab 2007 kann auch diese Station für meteorologische und meereskundliche Messungen genutzt werden (Abb. 42).

Die Tabelle Nr. 2 gibt einen Überblick über die auf den jeweiligen Stationen zu beobachtenden meereskundlichen Besonderheiten.

War die Zahl der Messungen an Bord der bemannten Feuerschiffe dadurch begrenzt, dass sie keinen Einfluss auf den Routinebetrieb nehmen durften, fielen nun diese Beschränkungen weg. Die Zahl der Messungen war nur noch von der Leistungsfähigkeit der Sensoren und der Datenaufbereitungssysteme abhängig. Ebenso war es nun möglich, Messungen in unterschiedlichen Messtiefen simultan vorzunehmen. Die Zahl der Messparameter nahm zu. Es wurden nicht nur Temperatur und Salzgehalt des Meerwassers gemessen, sondern auch der Sauerstoffgehalt und die Strömung in unterschiedlichen Tiefen sowie die Wassertiefe. Später kamen weitere Messungen wie die der Radioaktivität, der Alkalinität, des Nitrat/Nitrit- des

Phosphat- und des Ammoniumgehaltes des Meerwassers hinzu. Die meteorologischen Messungen erfolgten auf den drei Feuerschiffersatzsystemen durch das *Seewetteramt Hamburg* des *Deutschen Wetterdienstes*. Auf den übrigen Stationen wurden diese Messungen als Ergänzung zu den meereskundlichen Messwerten vom *Deutschen Hydrographischen Institut* erhoben und wurden nur für interne Zwecke

⁵⁵² Kahle, Müller, 2004, S. 210-214.

⁵⁵³ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Verwaltungsvereinbarung über die Durchführung meereskundlicher Aufgaben vor der Küste des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Hamburg, 8. März 1991.

verwendet. Bei der Umstellung der Datenerfassungsanlagen auf den automatischen Stationen übernahm einige Jahre später der *Deutsche Wetterdienst* die Messung der meteorologischen Parameter auf allen Stationen des *MARNET*-Messnetzes.

Ein großer Fortschritt gegenüber der Verfügbarkeit der Daten, die auf den bemannten Feuerschiffen gewonnen und die nur zu einem ganz geringem Teil per Funk übertragen wurden, stellte die stündliche Übertragung der Daten der automatischen Stationen per Satellit dar. Die Daten standen nun in Echtzeit zur Verfügung, was besonders für die Vorhersage der Entwicklung von Extremsituationen besonders hilfreich war.

Die stündlichen Messungen erfassten die zeitliche Variabilität der hydrographischen Verhältnisse in der Deutschen Bucht und der westlichen Ostsee mit Zeitskalen von weniger als einem Tag. Mit den Messungen die auf den bemannten Feuerschiffen nur einmal oder maximal dreimal täglich durchgeführt wurden, konnten diese kurzfristigen Schwankungen nicht erkannt werden

Tabelle 2: Übersicht über die MARNET-Messstationen in Nord- und Ostsee und die besonderen Beobachtungsobjekte auf den jeweiligen Positionen

Station	Position	Beobachtungsobjekt
Nordsee		
Großtonne NSB 2	55°00' N, 06°20' E	Wasser der zentralen Nordsee
Großtonne NSB 3	54°41' N, 06°47' E	Wasser der äußeren Deutschen Bucht, Durchzug von Wasser aus dem Englischen Kanal
Feuerschiff UFS Ems	54°10' N, 06°21' E	Westliches Küstenwasser, Einstrom in die Deutsche Bucht
Feuerschiff UFS Deutsche Bucht	54°10' N, 07°27' E	Zentrale Deutsche Bucht, Westausdehnung der Elbfahne
WE Messplattform FINO1	54°01' N, 06°35' E	Westliches Küstenwasser
WE Messplattform FINO3	55°11,7' N, 07°9,5' E	Nördliches Küstenwasser, Nordausdehnung der Elbfahne

Station Ostsee	Position	Beobachtungsobjekt
Leuchtturm LT Kiel	54°30' N, 10°16' E	Wasserkörper der Kieler Bucht, sommerliche Schichtung, Sauerstoffdefizit
Diskusboje Fehmarn Belt	54°36' N, 11°09' E	Einstrom des Nordseewassers aus dem Kleinen und Großen Belt in die westl. Ostsee
Messmast Darßer Schwelle	54°42' N, 12°42' E	Einstrom des Nordseewassers in das Arkonabecken, Ausstrom des Ostseewassers aus der zentralen Ostsee
Spierenboje Ar- kona Becken	54°53' N, 13°52' E	Einstrom des Nordseewassers in das Bornholmbecken, sommerliche Schichtung, Eisbildung
Diskusboje Oderbank	54°05' N, 14°10' E	Ausbreitung des Oderwassers in die Ostsee; Eisbildung, NATURA 2000
WE Messplattform FINO2	55°00,2'N, 13°09,1' E	Einstrom des Nordseewassers in das Arkonabecken ⁵⁵⁴

Mit den stündlichen Messungen war es möglich, den Tagesgang der Wassertemperatur, der besonders im Sommer eine große Spanne aufweist, zu bestimmen. In dieser Jahreszeit kann innerhalb eines Tages die Temperatur an der Oberfläche um bis zu einem halben Grad zwischen dem nächtlichen Tiefstwert und dem nachmittäglichen Höchstwert, der meist gegen 16 Uhr erreicht wird, variieren. Da bedeutet, dass der Maximalwert, der auf einem bemannten Feuerschiff gemessen worden ist, nicht direkt mit dem Maximalwert, der von einer automatischen Messstation stammt, verglichen werden kann, denn der Wert des bemannten Feuerschiffs wurde um 8 Uhr, der der automatischen Station um 16 Uhr gemessen und weisen damit eine tageszeitlich bedingte Differenz auf. Bei der Zusammenführung der Maximalwerte der Feuerschiffsdaten und der der automatischen Stationen muss dies berücksichtigt werden, sonst ergibt sich eine künstliche Erhöhung der Maximalwerte mit Beginn der Einführung der automatischen Messungen.

⁵⁵⁴ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Gesamtkonzept über den Betrieb und die Weiterentwicklung des marinen Umweltüberwachungsmessnetzes auf dem Deutschen Festlandssockel, MARNET, 2015, S. 16.

Da es nun möglich war, die Wassertemperatur in bis zu acht Tiefenstufen gleichzeitig zu messen, konnte ein Profil der Temperatur der Wassersäule erstellt werden, mit dem der Wärmeinhalt und seine Schwankungen in Raum und Zeit berechnet wurden.

Stündliche Pegelwerte, zusammen mit den Temperatur- und Salzgehaltswerten ergaben ein genaues Bild der Gezeit, wobei es möglich war, die Größe der die astronomische Gezeit überlagernden meteorologischen Einflüsse zu erfassen und Prognosen der weiteren Entwicklung zu erstellen, was für die Sturmflutvorhersage von großem Nutzen war.

6.1 Die Messungen

Hatte man bei den bemannten Feuerschiffen die Zahl der täglich vorgenommen meteorologischen und meereskundlichen Messungen begrenzen müssen, da diese zusätzlich zu der normalen täglichen Arbeit erfolgten und daher nicht genügend Zeit für häufigere Messungen zu Verfügung stand, so stellt dies auf den automatischen Messstationen kein Problem mehr dar.

Die Zahl der Messungen wird hier nur durch den für eine einzelne Meldung zur Verfügung stehenden Speicherplatz und die Häufigkeit mit der die Meldungen abgeschickt werden können, begrenzt.

Bei der Errichtung der automatischen Messstationen entschloss man sich, die überwiegende Zahl der Messparameter einmal stündlich zu erfassen und einer Meldung abzuschicken⁵⁵⁵. Eine Ausnahme bildeten hierbei lediglich die Strömungsdaten, die in zwei Tiefen gemessen wurden. Sie wurden alle 10 Minuten erfasst und dann mit den einmal pro Stunde ermittelten Werten zusammen in einer Meldung zusammengefasst.

Für die drei Stationen, *Darßer Schwelle*, *Arkona Becken* und *Oder Bank* in der Ostsee, die vom *Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde* im Auftrag für das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* betrieben werden, können sogar zwei Meldungen pro Stunde abgeschickt werden.

Bei Errichtung dieser Stationen gab es schon akustische Strömungsmesser, die nach dem Mehrfrequenzprinzip arbeiteten. Diese Geräte konnten Strömungsrich-

⁵⁵⁵ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Gesamtkonzept über den Betrieb und die Weiterentwicklung des marinen Umweltüberwachungsmessnetzes auf dem deutschen Festlandssockel, MARNET, 2015, S. 18.

tung und Strömungsgeschwindigkeit in mehreren frei wählbaren Tiefenstufen auf einmal messen. Die Werte wurden einmal pro Stunde kurz vor dem Sendetermin ermittelt und, da ihre Zahl für die Übermittlung in einer Meldung zu groß war, wurden die Messwerte auf die beiden Meldungen, die pro Stunde zur Verfügung stehen, verteilt.

Bei den pro Stunde übermittelten Werten einer Reihe von Parametern handelte es sich nicht nur um Einzelmessungen, sondern viele Messparameter wurden als Mittelwerte von einer Zahl von Messwerten, die über einen bestimmten Zeitraum hinweg ermittelt worden waren, in die Meldungen übernommen⁵⁵⁶.

Bei den Temperaturmessungen, die mit den zuerst eingesetzten Einzelsensoren erfolgten, wurde 10 Minuten vor Absendung der Meldung mit der Erfassung der Temperatur begonnen. Jede Sekunde erfolgte eine Messung, so dass am Ende des Messzyklusses 600 Temperaturwerte ermittelt worden waren. Daraus wurde dann der Mittelwert berechnet und dieser Wert in die Meldung aufgenommen.

Das Gleiche galt auch für die meteorologischen Messparameter wie Luftdruck, Lufttemperatur und Windrichtung und Windgeschwindigkeit der vom *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* betriebenen Stationen⁵⁵⁷. Auf den drei Messstationen *Ems*, *Deutsche Bucht* und *Elbe 1* wurden die meteorologischen Parameter vom *Deutschen Wetterdienst* erfasst. Hier wurde kein Mittelwert, sondern jeweils ein einziger Messwert gemessen und übermittelt. Ebenso verhielt es sich bei den drei vom *Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde* betriebenen Stationen. Da auf diesen nur ein bestimmtes Maß an regenerativer Energie zur Verfügung stand, war ihre Elektronik konsequent auf einen möglichst niedrigen Energieverbrauch hin ausgelegt worden. Dies bedeutete auch, dass die Sensoren nicht über einen längeren Zeitraum hinweg Daten erfassen konnten, da sonst der Energieverbrauch zu hoch war.

Bei der Ermittlung des Leitfähigkeitswertes verhielt es sich wie bei den ersten Temperatursensoren. Der Mittelwert aus 600 Messungen wurde in die Meldung übernommen. Ausnahme bildeten auch hier die drei Stationen *Arkona Becken*, *Darßer Schwelle* und *Oder Bank* in der Ostsee. Hier wurde der Mittelwert über 20 Messungen gebildet und in das Datentelegramm geschrieben. Mit dem Einsatz von T

⁵⁵⁶ Die Messzyklen der Sensoren einzelner Parameter wurden mehrfach geändert. Diese Änderungen wurden nicht dokumentiert, so dass die hier gemachten Angaben keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben können, da sie auf Informationen beruhen, die dem Autor im Zuge seiner Tätigkeiten nur mündlich mitgeteilt wurden. Trotz Zertifizierung werden in den betreffenden Verfahrensanweisungen keine Angaben über die Art und Weise der Datengewinnung gemacht. Soweit Quellen vorliegen, sind diese im Text angegeben.

⁵⁵⁷ Dies hatte keinerlei meteorologische Gründe, sondern erleichterte die Programmierung des Datenerfassungssystems.

40-Temperatursensoren und der Multiparameter-Sonden⁵⁵⁸ änderte man den Messzyklus und erfasste die Temperatur nun als stündliche Einzelmesswerte.

Bei den Messwerten der auf einigen Stationen eingesetzten Nährstoffanalytoren handelte es sich ebenfalls um stündliche Einzelmessungen⁵⁵⁹. Der Verarbeitungsprozess der einzelnen Wasserproben dauerte fast eine Stunde. Mit den stündlichen Werten war damit das Maximum der zeitlichen Auflösung erreicht.

Die Sauerstoffwerte wurden bei den im Lauf der Zeit eingesetzten Sensoren mit geschlossenen und offenen Elektroden, als auch bei den opto-chemischen Sensoren als stündliche Einzelmessungen ermittelt.

2007 entschloss man sich, die meteorologischen Messungen zu vereinheitlichen. Alle nur vom *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* betriebenen Stationen erhielten im Rahmen der Standardisierung der Systeme die gleiche Sensorausrüstung wie die der Stationen des *Deutschen Wetterdienstes*. Ebenso wurde der Messzyklus angepasst. Nun wurden auf allen Station Einzelmessungen vorgenommen.

Mit der Umrüstung auf moderne Messsysteme nahm man im Lauf der Zeit weitere Vereinheitlichungen der Messzyklen vor. Man ging dazu über, alle Messparameter als Einzelmessungen und nicht als Mittelwert über einen Zeitraum hinweg zu erheben. Damit wurde erreicht, dass nun alle Parameter nach einem einheitlichen Zeitschema ermittelt werden und die Daten direkt untereinander verglichen und bewertet werden können.

Die Tatsache, dass über lange Zeit hinweg Messparameter wie die Wassertemperatur in unterschiedlichen Messtiefen in voneinander abweichenden Messzyklen ermittelt wurden, hatte gravierende Auswirkungen auf die Vergleichbarkeit der Messwerte.

Auf der Messstation *Fehmarnbelt* ist die zeitliche Variabilität der Wassertemperatur so groß, dass sie innerhalb von 10 Minuten um etwa 0,2 bis 0,3 K variieren kann. Wenn nun beispielsweise in den letzten 10 Minuten vor dem Sendetermin der Messzyklus mit sekundlichen Messungen beginnt und neun Minuten eine Temperatur von 10° C und in der letzten Minute aufgrund eines anderen Wasserkörpers, der dann die Messstation erreicht, eine Temperatur von 10,2° C gemessen wird, ergibt die Mitteltemperatur aus 540 Messungen à 10° C und 60 Messungen à 10,2° C einen Wert von 10,02° C, der als Temperaturwert in das Meldungstelegramm eingefügt

⁵⁵⁸ Hierbei handelt es sich um Messsonden, die in der Lage sind mehrere, unterschiedliche Parameter gleichzeitig messen zu können.

⁵⁵⁹ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Prüfanweisung M31500, Hamburg, 2003, S. 4.

wird, während hingegen bei dem Sensor, der nur einen einzelnen Messwert erfasst, der erfasste Wert $10,2^{\circ}\text{C}$ beträgt, der dann in das gleiche Meldungstelegramm geschrieben wird. Somit ergibt sich für zwei benachbarte Temperatursensoren bei unterschiedlichen Messzyklen eine scheinbare Temperaturdifferenz von $0,18\text{ K}$, obwohl es keinen realen Temperaturunterschied gibt. Da der Nutzer keine Information über die Art und Weise, wie diese zwei unterschiedlichen Temperaturwerte zu Stande gekommen sind, erhält, kann es zu Missdeutungen und Fehlinterpretationen kommen.

6.1.1 Temperatur

Um eine unbemannte Messstation betreiben zu können, benötigte man geeignete Sensoren, die in der Lage sind, die gewünschten Messparameter zu erfassen und die Messwerte automatisch an das Datenerfassungssystem der Station weiter zu leiten.

Zur Erfassung der Wassertemperatur kommen auf den automatischen Messstationen elektrische Thermometer zum Einsatz. Bei diesen Thermometern macht man sich die Temperaturabhängigkeit eines elektrischen Widerstandes zu Nutze. Verändert sich die Temperatur, ändert sich auch der Widerstandswert des elektrischen Widerstandes. Da der Widerstandswert des Widerstandes bei einer genau definierten Temperatur bekannt ist, kann jede Änderung des Widerstandswertes mit Hilfe einer Formel in einen entsprechenden Temperaturwert umgerechnet werden⁵⁶⁰.

Bei den auf den Messstationen eingesetzten Thermometern handelte es sich um Pt100-Temperatursensoren, die als Messeffekt die Abhängigkeit des elektrischen Widerstands von der Temperatur bei Platin anwenden. Die Sensoren waren zum Schutz von einem Gehäuse aus mehreren Millimeter starken Kupferblech umgeben. In diesen Temperatursensoren wurde der Widerstandswert nicht vor Ort in einen Temperaturwert umgewandelt sondern erst durch ein mehr als 35 m langes Kabel zu einer Schaltung geleitet, der sogenannten Pt100-Box, und dann erst in einen digitalen Wert umgewandelt. Bei diesen Boxen handelte es sich um speziell für die Messstationen in Kleinserie hergestellte Schaltungen. Allerdings musste dieser Wert mit Hilfe einer Formel noch einmal berechnet werden. Für die Formel benötigte man einen Widerstandswert und zwei Konstanten, die speziell für jedes einzelne Thermometer individuell festgelegt waren. Erst dann lag ein korrekter Temperaturwert vor.

⁵⁶⁰ Lexikon der Physik, Bd. 2, 1999, S. 168-169.

Die Genauigkeit, die mit diesen Temperatursensoren erzielt werden konnte, lag bei $\pm 0,02^\circ \text{C}$.

Diese Sensoren wurden durch T40-Temperatursensoren abgelöst (Abb. 43). Es handelt sich hierbei wiederum um Pt100-Temperatursensoren, bei denen allerdings die Umwandlung des Analogwertes in einen Digitalwert schon im Sensor selbst erfolgt. Dies hat den Vorteil, dass die sensorspezifischen Koeffizienten zur Berechnung des korrekten Temperaturwertes direkt im Sensor zur Verfügung stehen und externe Berechnungen entfallen, wobei Fehler wie die falsche Zuordnung von Sensorkoeffizienten von vornherein vermieden werden.

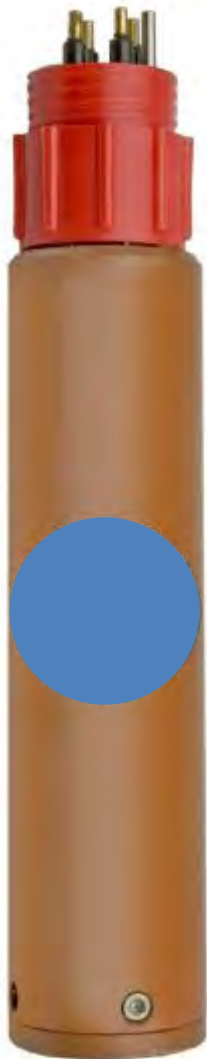


Abb. 43: T40-Temperatursensor, (Autor)

Der Sensor selbst ist wie sein Vorgänger ebenfalls in ein Kupfergehäuse eingefasst, das einen Durchmesser von 39 mm hat und dessen Wandstärke 4 mm beträgt. Der Platinwiderstand befindet sich im Inneren des Kupfergehäuses und ist von einer temperaturleitenden Flüssigkeit gegen Schock und Vibrationen geschützt.

Die Genauigkeit, die mit diesen Temperatursensoren erzielt wird, liegt bei $\pm 0,005^\circ \text{C}$. Sie ist damit vier Mal höher als bei den zuvor verwendeten Sensoren⁵⁶¹.

Die Entwicklung leistungsstarker Messsonden, die sowohl die Wassertemperatur, die elektrische Leitfähigkeit und damit den Salzgehalt, als auch den Wasserdruck in einem einzigen Gerät als Messwerte zu Verfügung stellen konnten, führte dazu, dass man immer mehr dazu überging, Einzelsensoren die jeweils nur einen Parameter messen, gegen diese Geräte zu tauschen. Sie liefern drei Messwerte, benötigen aber nur ein Versorgungs- und Datenkabel wo früher drei einzelne Sensoren und drei Kabel nötig waren.

Das erste dieser Messsysteme, das auf den Messnetzstationen zum Einsatz kam, war mit einem Gewicht von 16,8 kg noch recht schwer und unhandlich. Es besaß standardmäßig je einen Temperatur- Leitfähigkeits- und Drucksensor sowie eine Pumpe, die die zum Schutz in einer Röhre angebrachten Sensoren mit Seewasser anströmte. Zusätzliche Sensoren konnten modular hinzugefügt werden. Der Temperatursensor dieser Messsonden besaß eine Genauigkeit von $0,002^\circ \text{C}$ ⁵⁶².

⁵⁶¹ Sea & Sun Technology GmbH, 2009, 9 S.

Allerdings bewährte sich dieses System im Dauerbetrieb nicht besonders. Es benötigte viel Pflege und neigte aufgrund seiner vielen Kabel und Steckverbindungen zu Undichtigkeiten, was irreparable Schäden der Elektronik zur Folge hatte.

Dieses System wurde durch ein wesentlich kleineres und handlicheres System mit einem Gewicht von nur 3,8 kg abgelöst. Da keine zusätzlichen Sensoren angeschlossen werden können, entfallen zusätzliche Kabel- und Steckverbindungen. Die Ausfallwahrscheinlichkeit aufgrund von Undichtigkeiten besteht deshalb nicht. Der Temperatursensor dieser Messsonden besitzt ebenfalls eine Genauigkeit von $0,002^{\circ}\text{C}$ ⁵⁶³.

6.1.2 Leitfähigkeit, Salzgehalt und Dichte

Zur Messung der Leitfähigkeit auf den Messstationen kamen Sonden zum Einsatz, die nach dem gleichen Messprinzip arbeiteten, wie die im Labor benutzten Salinometer.

Die induktive Leitfähigkeitszelle basiert auf dem Prinzip eines Transformators⁵⁶⁴. Das Seewasser innerhalb des Sensorkopfes bildet dabei den Transformator-kern. Auf der einen Seite des Sensorkopfes befindet sich die Primärspule, die mit einer Wechselspannung gespeist wird. Auf der anderen Seite der Öffnung wird die durch die Sekundärspule induzierte Spannung gemessen. Da die Leitfähigkeit des Seewassers temperaturabhängig ist, braucht man auch diese, um aus der Leitfähigkeit und der Temperatur den Salzgehalt bestimmen zu können.

Die ersten Sonden lieferten lediglich einen Leitfähigkeitswert, eine spätere Version enthielt sowohl einen eigenen Temperatur- als auch einen Drucksensor (Abb. 44). Der für die Berechnung des Salzgehaltes notwendige Temperaturwert wurde bei den ersten Sonden durch einen externen Sensor ermittelt. Die Leitfähigkeitssonden mussten präzise in die im Geräteträger befindliche Halterung montiert werden. Für jede einzelne Sonde war ein sogenannter Formfaktor im Labor bestimmt worden, mit dem der von der Sonde ausgegebenen Leitfähigkeitswert multipliziert werden musste, damit ein korrekter Leitfähigkeitswert für die Salzgebhaltsberechnung zur Verfügung stand. Wurde die Sonde nicht nach Vorgabe exakt montiert, lieferte der vorgegebene Formfaktor zusammen mit dem Sondenwert, falsche Leitfähigkeitswerte, da durch die geänderte Geometrie eine Neuberechnung des Formfaktors

⁵⁶² Sea-Bird Electronics, Inc., 2010, 29 S.

⁵⁶³ Sea-Bird Electronics, Inc., 2003, 65 S.

⁵⁶⁴ Grasshoff, Kremling, Ehrhardt, (ed.), 1999, S. 48.

nötig gewesen wäre, was vor Ort nicht möglich war; ein Problem, das immer wieder auftrat.

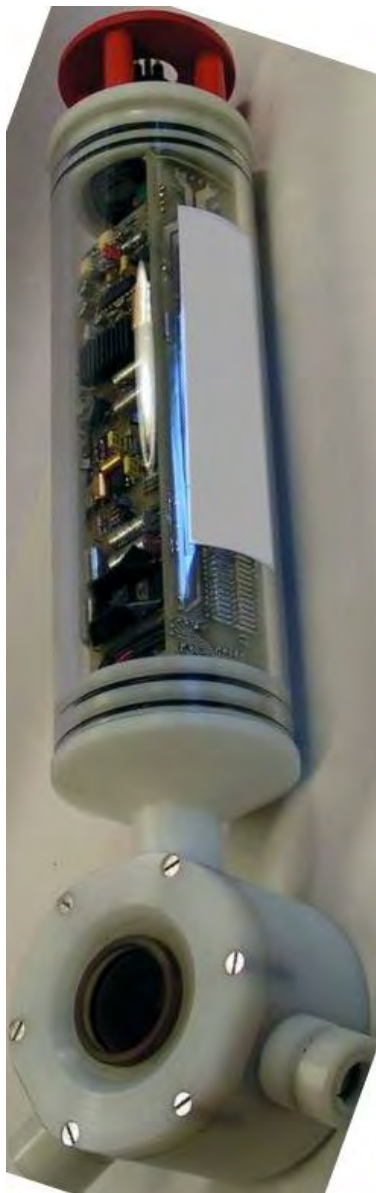


Abb. 44: Offener Leitfähigkeitssensor,
(Autor)

Da das Sensorgehäuse aus einem Glasrohr und das Bodenstück, wie auch der Sensorkopf aus Plastikmaterial gefertigt waren, gab es Dichtigkeitsprobleme, denn selbst wenn die Gummidichtungsringe ordnungsgemäß eingelegt worden waren, entstanden im Einsatz vor Ort durch Relativbewegungen von Bodenstück und Sensorkopf zum Glasrohr immer wieder Undichtigkeiten. Seewasser konnte in das Glasrohr eindringen und die Elektronik zerstören. Maßnahmen, diese Walkbewegungen zu unterbinden, griffen nur bedingt und das Dichtigkeitsproblem konnte nicht vollständig gelöst werden.

War die Montage korrekt erfolgt und die Dichtungsringe hielten dicht, lieferten die Leitfähigkeitssonden präzise Werte. Das Problem, das sich beim Betrieb ergab, war die Anfälligkeit der völlig offenen Leitfähigkeitssonden gegenüber Bewuchs. Dabei siedelten sich nicht nur Pflanzen in der Öffnung des Sensorkopfes an, sondern auch Seepocken und Muscheln. Das führte zu einer völlig irregulären Veränderung der Leitfähigkeitswerte. Dies daraus berechneten Salzgehalte konnten auch mit Hilfe von Vergleichsmessungen in den seltensten Fällen korrigiert werden, da die Bewuchsvorgänge im Allgemeinen nicht linear verlaufen. Mitunter gab es sogar Phasen, in denen sich der Einfluss des Bewuchses auf die Leitfähigkeit verminderte, was nur den Schluss zulässt, dass sich der Bewuchs vermindert haben musste.

Die Gründe, die dieses Phänomen hervorriefen, konnten nie ermittelt werden.

Bei den Messsystemen, die neben der Leitfähigkeit auch die Temperatur und den Druck erfassen können, versucht man dem Bewuchsproblem auf anderem Wege zu begegnen. Die Leitfähigkeitzellen dieser Systeme sind sehr viel kleiner als die der offenen Sonden. An beiden Enden befindet sich eine Röhre, durch die das Meerwasser strömt. Bei einigen Sondentypen gibt es eine Zwangsanströmung, in dem eine Pumpe das Meerwasser durch die Röhre drückt. Die Röhren mit ihrem ge-

ringen Durchmesser schirmen die Messzelle gegen Umgebungslicht ab. Ohne ausreichende Lichtverhältnisse ist aber ein Bewuchs der Zelle nicht möglich. Im Einsatz vor Ort zeigten diese Sonden kaum Ausfälle aufgrund des Biofouling⁵⁶⁵-Effektes. Die Zahl der nutzbaren Leitfähigkeitswerte übertraf die der offenen Sonden um ein Mehrfaches.

Da die ersten Leitfähigkeitssensoren lediglich den Leitfähigkeitswert übermittelten, mussten die Korrektur des Leitfähigkeitswertes durch den Formfaktor unter Einbeziehung einer extern gemessenen Wassertemperatur, zur Berechnung des Salzgehaltes und der Dichte gesondert erfolgen⁵⁶⁶. Bei den Messsystemen, die neben der Leitfähigkeit auch Wassertemperatur und Wasserdruck erfassen, werden der Salzgehaltswert und die Dichte intern ausgerechnet und zusammen mit der Leitfähigkeit ausgegeben. Die externe Berechnung entfällt, was die Datenaufbereitung erleichtert und Fehlerquellen minimiert. Da alle Werte zur Verfügung stehen, kann im Labor bei der Kalibrierung der Sonden vor dem Einsatz vor Ort sofort überprüft werden, ob die Formeln für die Berechnung von Salzgehalt und Dichte korrekte Werte liefern und bei fehlerhaft berechneten Werten können die Berechnungsformeln korrigiert werden.

Die Genauigkeit der berechneten Salzgehaltswerte liegt sowohl bei den offenen Sensoren als auch bei den Multiparameter-Sonden bei mindestens 0,01 PSU⁵⁶⁷. Da immer mehrere Systeme unterschiedlicher technischer Entwicklungsstufen zum Einsatz kommen, kann die Genauigkeit je nach Messsystem variieren, ist aber immer größer oder gleich dem oben genannten Wert.

6.1.3 Sauerstoff

Bis Mitte des letzten Jahrhunderts konnte der Gehalt an gelöstem Sauerstoff in Flüssigkeiten nur durch eine labortechnische Untersuchung einer Seewasserprobe bestimmt werden.

Der ungarische Chemiker Lajos Winkler (1863 - 1939) hatte schon 1888 die noch heute zu Bestimmung des Sauerstoffgehaltes verwendete Methode, die sog-

⁵⁶⁵ Unter Biofouling versteht man die Anreicherung von Mikroorganismen, Algen, Pflanzen und Lebewesen auf benetzten Oberflächen.

⁵⁶⁶ UNESCO, Nr. 36, 1981a, S. 13, siehe Anhang: A.7 The Practical Salinity Scale 1978 (UNESCO, Nr. 37, 1981b, S. 7), siehe Anhang: A.8 The One Atmosphere International Equation of State of Seawater, 1980 (UNESCO, Nr. 38, 1981c).

⁵⁶⁷ Der Salzgehalt wird als dimensionslose Zahl wiedergegeben, oder mit der Angabe PSU (Practical Salinity Units), für weitere Erläuterungen siehe: UNESCO, Intergovernmental Oceanographic Commission, 2010, 196 S.

nannte „Winkler“-Titration, die auf der Oxidation von zweifach positiv geladenen Manganionen durch den gelösten Sauerstoff beruht, entwickelt⁵⁶⁸.



Abb. 45:
Clark-Zelle,
(Autor)

Erst Anfang der 50er Jahre des letzten Jahrhunderts entwickelte der amerikanische Biochemiker Leland C. Clark (1918 – 2005) einen Sensor, mit dem es erstmalig möglich war, den Sauerstoffgehalt in Flüssigkeiten automatisch zu bestimmen⁵⁶⁹.

Dieser Sensortyp (Abb. 45) besitzt eine sauerstoffdurchlässige Membrane, die die Messzelle von der zu untersuchenden Flüssigkeit trennt. Die Messzelle enthält eine Platin-Kathode und eine Silber-Anode und ist mit einer Elektrolytlösung gefüllt. An die Platin-Kathode wird eine elektrische Spannung angelegt. Wird der Sensor in die Flüssigkeit getaucht, führt der Sauerstoffdruckunterschied zwischen Flüssigkeit und Elektrolyt zu einer Sauerstoffdiffusion durch die Membrane hindurch in die Messzelle. Es erfolgt eine Sauerstoffreduktion an der Kathode. An der Anode wird Silber zu Silberchlorid oxidiert. Der dabei fließende Strom ist direkt proportional zum Partialdruck des Sauerstoffs und damit zur Sauerstoffkonzentration in der Flüssigkeit⁵⁷⁰.

Sensoren dieses Typs werden in den unterschiedlichsten Bereichen an Land eingesetzt und liefern dabei verlässliche Daten. Beim Einsatz der *Clark-Zellen*-Sensoren auf den automatischen Messstationen ergaben sich allerdings mannigfaltige Probleme, die aufgrund der Unzugänglichkeit der Stationen, in einigen Fällen konnten einzelne Messstationen mehrere Monate für Wartungsarbeiten nicht erreicht werden, dazu führten, dass die an Land bewährten Sensoren beim dauerhaften Einsatz auf See im Meerwasser nur unbefriedigende Ergebnisse zeigten.

Die im Labor geeichten Sensoren zeigten nach dem Einbau in die Messkette auf den Messstationen immer wieder ein Messverhalten, das sich nicht erklären ließ. Häufig zeigten sie nach dem Zuwasserlassen der Messkette völlig unrealistische, viel zu hohe Werte an. Sauerstoffsättigungswerte von mehr als 400 % wurden übertragen. Im Laufe der nächsten Tage, meist waren es drei oder vier, sanken die Werte dann auf plausibel erschein-

⁵⁶⁸ Entz, 2008, S. 7-11.

⁵⁶⁹ National Academy of Engineering, 2007, S. 58-63.

⁵⁷⁰ Hesse, Schnell, 2014, S. 430-431.

nende Werte ab. Allerdings gab es keine Möglichkeit zu diesem Zeitpunkt Vergleichsmessungen durchführen zu können, die die aktuellen Sensorwerte bestätigen konnten. Trotz des Transports der Sensoren in einer speziell entwickelten Transportkiste, in der die Sensoren unter Spannung standen und sich die Membrane in Meerwasser befand, besserte sich das Messverhalten nicht.

Um eine höhere Ausfallsicherheit zu erreichen, wurden jeweils zwei Sauerstoffsensoren in einer Messtiefe eingebaut. Bei korrekter Funktion hätten beide Sensoren im Rahmen ihrer Genauigkeit, gleiche Werte liefern müssen, doch häufig wiesen die beiden Zeitreihen beträchtliche Unterschiede auf oder zeigten sogar ein gegenläufiges Verhalten.

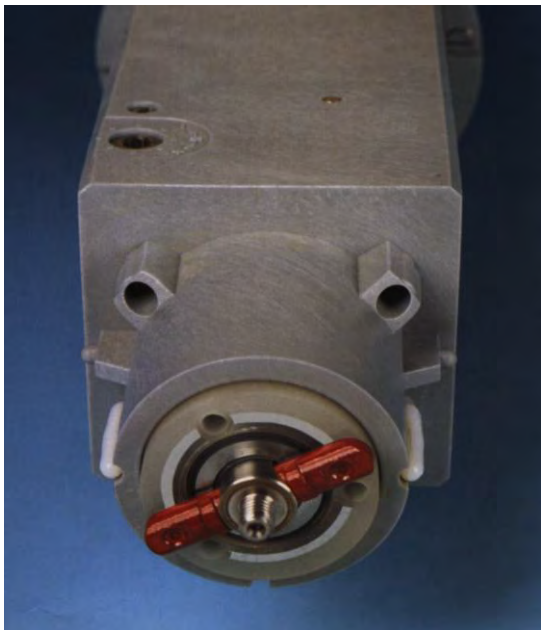


Abb. 46: Sauerstoffsonde mit offenen Elektroden und mechanischer Reinigung mittels Schleifstein (rot),
(Autor)

Die Erfahrung zeigte, dass die Elektrolytflüssigkeit alterte und möglichst nach sechs Wochen ausgetauscht werden sollte, da sonst die Messwerte verfälscht wurden. Dieser Prozess war häufig in den Wintermonaten zu beobachten, wenn es aufgrund des schlechten Wetters nicht gelang, die Sensoren zu ersetzen, bevor dieser Prozess in den Messwerten sichtbar wurde.

Hinzu kam, dass die Membrane anfällig für Bewuchs war, was selbst bei geringem Bewuchs schon zu völlig unbrauchbaren Werten führte. Die Maßnahmen, die einem Bewuchs entgegenwirken sollten, erwiesen sich als nur bedingt wirksam, denn chemische Schutzmaßnahmen konnten wegen des prinzipiellen Aufbaus der Sensoren

nicht angewendet werden. Abschottungsmaßnahmen in Form von Kupferschilden durften die freie Anströmung der Membranoberfläche nicht zu sehr einschränken, was die Wirksamkeit der Maßnahme limitierte.

Es gelang über einen Zeitraum von mehr als 10 Jahren hinweg trotz aller Bemühungen nicht, auf Dauer ein befriedigendes Messverhalten der Sensoren auf See zu erzielen. Eine Alternative ergab sich erst, als Sensortypen, die ohne Membrane und Elektrolytflüssigkeit arbeiteten, zur Verfügung standen.

Ab dem Frühjahr 2003 kamen solche Sensoren auf den Messstationen zum Einsatz. Dabei handelte es sich um eine Sonde mit offenen Elektroden und einer mechanischen Selbstreinigung (Abb. 46).

Bei dem von Fritz Toedt (1897 – 1984)⁵⁷¹ entwickelten Verfahren bildet sich zwischen zwei Elektroden aus unterschiedlichen Metallen in einer elektrolytischen Flüssigkeit ein galvanisches Element⁵⁷² aus. Der Stromfluss kommt infolge von Polarisation zum Stillstand. Enthält die Flüssigkeit, in die ein auf diesem Prinzip basierender Sensor eingetaucht wird, Sauerstoff, so wirkt dieser als Depolarisator und hält einen Stromfluss aufrecht, der proportional zur Sauerstoffkonzentration in der Flüssigkeit ist⁵⁷³.

Die ursprünglich für die Überwachung des Sauerstoffgehaltes bei der Behandlung von Abwässern entwickelten Sensoren mussten für den Einsatz auf den Messstationen modifiziert werden. Besonders wichtig war, die Gehäuse druckfest zu bekommen, da die Sonden bis zu einer Wassertiefe von 40 Metern einsetzbar sein mussten und die ursprünglichen Sonden für einen solchen Einsatz nicht geeignet waren.

Die Sonden lieferten belastbare Sauerstoffwerte und zeigten keinerlei Drift, sodass sie auch ohne Wartung über einen längeren Zeitraum hinweg betrieben werden konnten. Allerdings benötigten sie eine Einschwingzeit von mehreren Stunden. Danach mussten sie auf den zuvor per Winkler-Titration bestimmten aktuellen Sauerstoffwert ankalibriert werden. Durch den rotierenden Schleifstein wurden die beiden ringförmigen Elektroden permanent gereinigt und der Effekt des Biofouling spielte keine Rolle⁵⁷⁴.

Ein großes Problem stellte der hohe Energieverbrauch der Sonden besonders bei den mit Solarzellen und Windgenerator ausgestatteten Messstationen dar. Um Energie zu sparen wurden die Systeme der Stationen erst kurz vor dem Sendetermin der jeweiligen Station eingeschaltet, die Messungen vorgenommen und das Datentelegramm zum Satelliten geschickt. Danach wurden alle Systeme wieder abgeschaltet. Die neuen Sauerstoffsonden mussten permanent in Betrieb bleiben und der Elektromotor, der den Schleifstein antrieb, verbrauchte vergleichsweise viel Strom. Dies führte dazu, dass es Zeiten gab, in denen der Gesamtenergiebedarf der Station über der Energieleistung von Solarzellen und Windgenerator lag. Da zwischen den

⁵⁷¹ Poggendorff, 2003, S. 2312.

⁵⁷² Ein galvanisches Element ist eine Vorrichtung zur spontanen Umwandlung von chemischer in elektrische Energie.

⁵⁷³ Arbeitskreis der Dozenten für Regelungstechnik (Hrsg.), 1997, S. 221.

⁵⁷⁴ Bremer, 2008, S. 22-23.

Energieerzeugern und den Verbrauchern ein Batteriepaket zur Speicherung von Energie zwischengeschaltet war, konnten solche Zustände kurzzeitig überbrückt werden. Bei längeren Zeiträumen hingegen, in denen der Verbrauch die Energiegewinnungsleistung überstieg, entleerte sich die Batterie und wenn ihre Spannung einen bestimmten Spannungswert unterschritt, schaltete sich die gesamte Anlage ab. Erst wenn die Batterie wieder aufgeladen worden war, wurde der Messbetrieb wieder



Abb. 47: Sauerstoffoptode mit Halterung und kupfernem Biofouling-Schutz, (Autor)

Dauer nicht beheben. Es gelang nicht, die Welle des Elektromotors, der den Schleifstein antrieb, so abzudichten, dass kein Meerwasser in das Sondeninnere eindringen konnte. Sobald Meerwasser in die Sonde eingedrungen war, zerstörte es die gesamte Elektronik und verursachte einen Totalschaden. Dies führte zu finanziellen Belastungen die auf Dauer nicht tragbar waren, denn es musste jedes Mal eine Ersatzsonde beschafft werden.

Als sich abzeichnete, dass auch mit diesen Sonden keine zufriedenstellenden Sauerstoffdauermessungen auf den Messstationen zu erzielen waren, wurden im *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* Tests mit einem Sensor, der den Sauerstoffgehalt mit Hilfe eines optochemischen Messverfahrens bestimmte, durch-

aufgenommen.

Die permanente Reinigung der Elektroden durch den Schleifstein verursachte neben dem normalen Abrieb hin und wieder winzige Beschädigungen der geometrischen Struktur der ringförmigen Elektroden, was dazu führte, dass unrealistische Sauerstoffwerte angezeigt wurden. An Land konnte die Sonde in solchen Fällen angepasst werden, auf See war dies nicht möglich. Durch Abschleifen der Elektroden konnte es nach längerer Zeit passieren, dass die angezeigten Sauerstoffwerte wieder plausibel erschienen. In wie weit sie aber dann tatsächlich den korrekten Sauerstoffgehalt wiedergaben, ließ sich nur dann klären, wenn es möglich war, zeitnah Vergleichsmessungen durchzuführen.

Ein Problem ließ sich allerdings auf

geführt. Dieses Verfahren nutzt die Eigenschaft der Veränderung der optischen Strahlung eines physikalischen Systems, die beim Übergang von einem angeregten Zustand zum Grundzustand bei Anwesenheit eines bestimmten Stoffes entsteht.

Hans Wilhelm Kautsky (1891 – 1966)⁵⁷⁵ beschreibt 1938 das Phänomen, dass fluoreszierende Substanzen aufgenommene Energie in Form von Licht oder aber in einem bestimmten System auch an andere Moleküle abgeben können. Dies wird als Quenchen des Leuchtstoffs bezeichnet. Er fand durch Experimente Leuchtstoffe, die bei Anwesenheit von Sauerstoff gequencht werden⁵⁷⁶.

Die Sensoren, die auf der Basis dieses Prinzips arbeiten, werden Optoden oder aber auch Optroden genannt. Bei Optoden zur Sauerstoffmessung kommt es beim Zusammenstoß von Sauerstoffmolekülen mit dem Leuchtstoff zu einer Energieübertragung. Die Abklingzeit und die Intensität des Nachleuchtens des vorher angestrahlten Leuchtstoffes sind abhängig von der Sauerstoffkonzentration des Mediums in dem sich der Sensor befindet. Mit Hilfe der von Otto Stern (1888 – 1969) und Max Volmer (1885 – 1965) entwickelten sogenannten Stern-Volmer-Gleichung kann über die Abklingzeit der Sauerstoffgehalt berechnet werden⁵⁷⁷.

Die bei den Tests verwendeten Sensoren (Abb. 47) arbeiten mit einem Platin-Porphyrin-Komplex⁵⁷⁸. Dieser ist in einem Polymer eingelassen, das auf einer dünnen Polyesterschicht aufgebracht wurde. Die Folie wird von einer schwarzen, gasdurchlässigen Schicht vor Fremdeinstrahlung wie Sonnenlicht oder anderen fluoreszierenden Partikeln geschützt. Im Inneren des Sensors strahlt eine Leuchtdiode blaugrünes Licht einer Wellenlänge von 505 Nanometern aus, das auf die Leuchtschicht trifft. Ein Filter vor der Leuchtdiode verhindert die Ausbreitung von Lichtwellen mit längeren Wellenlängen. Damit kein reflektiertes Licht auf die als Detektor fungierende Photodiode fällt, ist sie ebenfalls durch einen Filter geschützt. Die Abklingzeit ist eine direkte Funktion der Phasenverschiebung zwischen der Modulation des Anregungslichtes und der der Fluoreszenzabstrahlung. Die vorhandene Sauerstoffmenge kann direkt der Phasenverschiebung zugeordnet werden⁵⁷⁹. Für die korrekte Berechnung des Sauerstoffwertes werden vom Hersteller sensorfolienspezifische Kalibrierfaktoren verwendet.

⁵⁷⁵ Poggendorff, 2003, S. 1638-1639.

⁵⁷⁶ Kautsky, 1939, S. 216-219.

⁵⁷⁷ Stern, Volmer, 1919, S. 183-188.

⁵⁷⁸ Porphyrine sind organisch-chemische Farbstoffe, die aus vier Pyrrol-Ringen (Tetrapyrrol) bestehen, die ihrerseits durch vier Methingruppen zyklisch miteinander verbunden sind und für den menschlichen Stoffwechsel von zentraler Bedeutung sind.

⁵⁷⁹ Bremer, 2008, S. 26-27.

Der Vorteil dieses Sensors besteht darin, dass er keine beweglichen Teile enthält. Außerdem verbraucht man bei dieser Messmethode keinen Sauerstoff, wie das bei den Sensoren, die Elektroden zur Sauerstoffmessung verwenden, der Fall ist. Dementsprechend benötigen sie für die Anzeige korrekter Messwerte keine Mindestanströmung. Allerdings ist die Sensorfolie nicht alterungsbeständig. Ihre Lebensdauer hängt von der Intensität der Bestrahlung mit blauem Licht ab, denn sie bleicht auf Dauer aus. Bei einem Messintervall von 2 Sekunden muss die Sensorfolie nach einem Jahr, bei einem Messintervall von 10 Sekunden nach fünf Jahren getauscht werden. Die Langzeitstabilität beträgt etwa ein Jahr⁵⁸⁰.

Dieser Sensor lieferte erstmalig belastbare Sauerstoffwerte über einen längeren Zeitraum hinweg ohne Wartung zu benötigen. Allerdings ist auch er in seiner Funktion durch Bewuchs gefährdet. Dem versucht man durch eine geeignet Abschirmung des recht kleinen Sensorfensters mit Kupferblech zu begegnen.

6.1.4 Strömung

Bei dem Aufbau der automatischen Messstationen musste ein passendes Messsystem für die Erfassung der Strömungsrichtung und der Strömungsgeschwindigkeit gefunden werden. Mechanische Strömungsmesser, wie sie schon seit vielen Jahren in Verankerungen zum Einsatz kamen, eigneten sich hierfür nicht. Diese Strömungsmesser besitzen ein Schaufelrad, welches durch die Strömung angetrieben wird. Über die Umdrehungszahl pro Zeiteinheit lässt sich dann die Geschwindigkeit des vorbeiströmenden Wassers berechnen, was intern im Gerät geschieht. Die Werte werden in einem Datenspeichermodule archiviert. Eine Strömungsfahne, die über ein Verbindungsstück mit dem Gehäuse verbunden ist, richtet das Gehäuse in Strömungsrichtung aus. Im Gehäuse befindet sich ein Kompass, dessen Werte ebenfalls aufgezeichnet werden und die die Richtung der Strömung wiedergeben. Das Gerät ist ausbalanciert, so dass es sich immer waagrecht in der Strömung hält. Eine Stange, die die obere und untere Seilverbindung der Verankerung aufnimmt, ist so in das Verbindungsstück eingebaut, dass sich der Strömungsmesser in bestimmten Grenzen frei bewegen kann und leichte Schrägstellungen des Verankerungsseiles nicht zu einer Schrägstellung des Strömungsmesser führt, da sonst das Gerät nicht mehr korrekt funktionieren kann und die dann aufgezeichneten Werte un-

⁵⁸⁰ Aanderaa Data Instruments AS, 2007, 78 S.

brauchbar sind⁵⁸¹. Da bei einer Verankerung ein starkes Auftriebsglied, bestehen aus mehreren geschützten Glaskugeln⁵⁸², dafür sorgt, dass die Verankerung nur sehr wenig durch die Strömung aus der Senkrechten abgelenkt wird, spielt sie für das ordnungsgemäße Funktionieren des mechanischen Strömungsmessers keine Rolle.

In dieser technischen Konstellation war dieser Strömungsmesser nicht in die Messkette zu integrieren, da es nicht möglich war, ihn so in der Messkette zu befestigen, dass die notwendige Bewegungsfreiheit gewährleistet werden konnte.



Abb. 48: Akustischer Strömungsmesser,
(Autor)

Dieses Problem löste man, in dem man ein zylindrisches Gerät entwickelte, das zuoberst den Rotor und dann eine Strömungsfahne enthielt. Darunter befand sich Datenerfassungseinheit. Dieses Gerät konnte in einen Geräteträger⁵⁸³ in der Messkette montiert werden⁵⁸⁴. Allerdings war dann nicht mehr gewährleistet, dass die Strömung, durch die Messkette selbst, als auch durch die Verbindungsstege von Rotoreinheit und Strömungsfahne beeinflusst, ungestört erfasst werden konnte und die Messwerte mit einer nicht bestimmbaren Unsicherheit behaftet waren. Hinzu kam, dass keinerlei Möglichkeit vorgesehen war, eine größere Abweichung der Messkette von der Senkrechten zu kompensieren.

Bei Stationen mit starken Strömungsgeschwindigkeiten wie *Elbe 1* und *Fehmarnbelt* gelang es trotz

⁵⁸¹ Aanderaa Data Instruments AS, 1994, 4 S.

⁵⁸² Die Glaskugeln befinden sich in einem Plastikgehäuse, das sie vor Beschädigung schützt. Es gibt sie in unterschiedlichen Größen, um den Auftrieb dem Bedarf anpassen zu können.

⁵⁸³ Dabei handelt es sich um ein aus Titan gefertigtes Gestell, das so konstruiert ist, dass es mehrere unterschiedliche Sensoren aufnehmen kann.

⁵⁸⁴ Es konnte nicht geklärt werden, ob es sich bei dem im *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* vorhandenen Gerät um eine Einzelanfertigung, oder um ein Seriengerät handelt. Ebenso gibt es keine Hinweise auf den Hersteller.

der Ausrüstung der Messkette mit schweren Grundgewichten bis maximal 50 Kg nicht, diese senkrecht zu halten⁵⁸⁵. Auf der Station *Fehmarnbelt* wurden maximale Auslenkungen der Messkette von nahezu 71° erreicht⁵⁸⁶. Bei solchen Auslenkungen funktioniert ein mechanischer Strömungsmesser nicht mehr.

1979 kam ein Strömungsmesser auf den Markt, mit dem auf akustischer Basis die Strömungsrichtung und die Strömungsgeschwindigkeit bestimmt werden konnten⁵⁸⁷. Ein von einem Sonar⁵⁸⁸ ausgelöster Schallimpuls wird reflektiert und die durch die Wasserströmung bedingte Doppler-Frequenzverschiebung⁵⁸⁹ gemessen. Die den ausgesendeten Impuls aufnehmenden Empfänger, üblicherweise vier, sind so angeordnet, dass die gegenüberliegenden Empfänger ein Paar über Kreuz bilden. Jeweils ein Empfängerpaar misst die Horizontalbewegung in einer Richtung⁵⁹⁰. Der Vorteil dieses Strömungsmessers im Vergleich zu einem mechanischen Strömungsmesser besteht darin, dass er keinerlei bewegliche Teile enthält. Damit ist er wesentlich weniger störanfällig. Ein weiterer Vorteil des akustischen Strömungsmesser besteht darin, dass er in der Lage ist, wesentlich schwächere Strömungen als der mechanische Strömungsmesser erfassen zu können. Ein mechanischer Strömungsmesser benötigt eine Anströmgeschwindigkeit von etwa zwei cm/s, bevor der Rotor sich zu drehen beginnt⁵⁹¹. Aufgrund der Trägheit der mechanischen Teile kann er geringere Strömungsgeschwindigkeiten deshalb nicht erfassen, ein akustischer Strömungsmesser hingegen Strömungen bis 0,1 cm/s⁵⁹².

Der erste akustische Strömungsmesser, der im Oktober 1988 operativ auf der Messstation *Ems* eingesetzt wurde⁵⁹³, besaß einen Schallsender, dessen Impulse von einem an einem Arm in etwa 20 cm Entfernung befestigten Reflektor zum Gehäuse zurückgeschickt wurden (Abb. 48). Vier Empfänger nahmen die reflektierten Schallwellen auf und berechneten aus den empfangenen Signalen Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit. Das Gerät konnte die Strömung nur in der Tie-

⁵⁸⁵ Eine Messkette besteht aus einem stählernen Tragseil und je nach Bestückung mit Sensoren über unterschiedlich viele elektrische Kabel sowie über zwei Geräteträger. Das ergibt eine solch große Angriffsfläche für die Strömung, dass die Messkette erheblich aus der Senkrechten abgelenkt wird.

⁵⁸⁶ Machoczek, 2008a, S. 13.

⁵⁸⁷ Rowe, Young, 1979, S. 292-297.

⁵⁸⁸ Sonar = **S**ound **N**avigation and **R**anging, Schallnavigation und Schallentfernungsbestimmung.

⁵⁸⁹ Die Schallwellen des ausgesendeten Schallimpulses erhalten bei ihrem Weg durch das Wasser eine zusätzliche Geschwindigkeitskomponente, die zu einer Veränderung der ursprünglichen Frequenz führt.

⁵⁹⁰ Eine ausführliche Beschreibung findet man in: Teledyne RD Instruments, 2011, 56 S.

⁵⁹¹ Aanderaa Data Instruments AS, 1994, 4 S.

⁵⁹² Teledyne RD Instruments, 2008, 2 S.

⁵⁹³ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch UFS GW-Ems, Hamburg. Es handelt sich bei den Stationsbüchern um eine Kladde, in der bei Wartungsfahrten die Tätigkeiten auf jeder Station handschriftlich aufgezeichnet werden.

fe, in der es ausgebracht war, messen. Da die Geräte noch sehr teuer waren, die Preise lagen bei etwa 20.000,- DM, kamen diese Geräte nur auf ausgesuchten Stationen zum Einsatz. Man beschränkte sich dabei auf eine Messung in Oberflächennähe und auf eine am Boden. Die Geräte bewährten sich im Einsatz nicht sonderlich. Da sie, um die Strömung ungestört erfassen zu können, bautechnisch nicht gegen Bewuchs geschützt werden konnten, kam es vor allem bei den in Oberflächennähe eingesetzten Strömungsmessern zu massiven Bewuchsproblemen auf dem Reflektor und den vier Empfängern. Sobald Bewuchs einsetzte, ergaben die Messungen unbrauchbare Werte. Hinzu kam, dass die Bewegungen der Messkette die Messwerte verfälschten, da zu der Wasserbewegung auch die Bewegung der Messkette Einfluss auf die Frequenzverschiebung des Ausgangsimpulses nahm. Dieser Fehler konnte nicht quantitativ abgeschätzt werden.

Ein weiteres Problem ergab sich bei der Handhabung des Strömungsmessers. Der Arm, an dem Reflektor befestigt war, war sehr dünn gehalten um möglichst keinen Einfluss auf die Strömung auszuüben. Er musste möglichst geringen Belastungen ausgesetzt werden, damit er nicht verbog. Wurde das Gerät am Arm gepackt und transportiert, etwas dass immer wieder vorkam, da er als Griff recht praktisch war, führte dies häufig dazu, dass es zu Verbiegungen des Arms kam, die per Augenschein nicht ohne Weiteres zu erkennen, aber immerhin so groß waren, dass der Reflektor nicht mehr ausreichend auf die Empfänger ausgerichtet war. Daraus resultierten dann Fehlmessungen.

Ab August 2006 kam auf der Messstation *Fehmarnbelt* versuchsweise ein Mehrfrequenz-Strömungsmesser zu Einsatz⁵⁹⁴. Diese Version eines akustischen Strömungsmessers ist in der Lage, die Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit in mehreren vorher definierten Tiefenstufen gleichzeitig zu erfassen. Schallimpulse unterschiedlicher Frequenzen werden vom Gerät ausgesendet. Diese werden von kleinen Partikeln im Wasser (Kleinstlebewesen, Schwebstoffe, et cetera) reflektiert und von den Empfängern wieder aufgenommen. Über die Laufzeit der Schallimpulse kann man sie bestimmten Tiefenstufen zuordnen. Die für die Impulse berechneten Strömungswerte gelten dann für die jeweilige Tiefenstufe⁵⁹⁵. Das Gerät war an der Großtonne befestigt und schickte die Schallimpulse nach unten in Richtung Meeresboden. Der Vorteil in dieser Anordnung lag darin, dass die Daten in Echtzeit für das Meldungstelegramm der Station übernommen werden konnten. Allerdings waren die Nachteile so groß, dass diese Anordnung nicht für den Routine-

⁵⁹⁴ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Fehmarnbelt, Hamburg.

messbetrieb geeignet war. Bei der Station handelt es sich um eine den Oberflächenwellen folgende Diskusboje. Schon Wellen geringer Höhe verursachen spürbare Schaukelbewegungen. Das hat zur Folge, dass die Schallimpulse häufig nicht senkrecht abgestrahlt werden, was dazu führt, dass ein Teil der Rückstrahlung die Empfänger nicht erreicht. Bei stärkerem Seegang nehmen die Schaukelbewegungen so stark zu, dass Luft unter die Boje gelangt. Daraus resultiert eine Bläschenbildung in der oberflächennahen Wasserschicht. Die vom Strömungsmesser ausgesendeten Schallimpulse werden von diesen sofort reflektiert und liefern keine brauchbaren Messwerte.

Dieses Problem wurde gelöst, in dem man den akustischen Strömungsmesser in einem Gestell auf dem Meeresboden absetzte und damit sicherstellte, dass weder Bewegungen noch Blasenbildung die Schallimpulse stören konnten. Allerdings ergab sich aus der Ausbringung des Strömungsmessers auf dem Meeresgrund ein neues Problem. Bei den festen Stationen *Darßer Schwelle*, *Kiel* und *Fino 2* in der Ostsee und *Fino 1* und *Fino 3* in der Nordsee konnte man den Strömungsmesser mit einem Kabel mit der Messkette verbinden und ihn so mit Strom versorgen und die gemessenen Daten direkt in das Meldungstelegramm der Station aufnehmen. Bei den beweglichen Stationen war dies nicht möglich. Der Strömungsmesser wurde als autarkes Messgerät in einem besonders dafür konstruierten Gestell auf dem Meeresboden abgesetzt und durch ein Batteriepaket mit Strom versorgt, was einen kontinuierlichen Betrieb von etwa einem Jahr möglich machte. Die Daten konnten aber nicht direkt an die Messstation weitergeleitet werden, sondern wurden intern gespeichert und konnten erst, nachdem der Strömungsmesser geborgen worden war, ausgelesen und für die weitere Bearbeitung bereitgestellt werden.

Da man aber an einer Übermittlung der Strömungsdaten in Echtzeit interessiert war, musste ein Weg gefunden werden, die Daten vom Strömungsmesser zur Messkette ohne Kabel und in Echtzeit senden zu können. Am *Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde* begann man 2002, die Daten per Unterwasserschall vom Strömungsmesser mittels eines Unterwasserschallsenders⁵⁹⁶ in Richtung Messkette zu senden⁵⁹⁷. In der Messkette war ein Hydrophon⁵⁹⁸ angebracht, das die Schallwellen aufnahm. Die durch Modulation der Schallwellen übertragenen Werte

⁵⁹⁵ Teledyne RD Instruments, 2011, S. 6.

⁵⁹⁶ EvoLogics, 2015, 5 S.

⁵⁹⁷ Wolfgang Roeder, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, E-Mail vom 19. November 2015.

⁵⁹⁸ Hydrophon = Unterwassermikrofon.

wurden dekodiert und anschließend in das Datentelegramm eingefügt⁵⁹⁹. Nach anfänglichen Schwierigkeit und einem Wechsel des Herstellers dieser Geräte, gelang es, die Daten permanent und ohne größere Ausfälle auf diesem Wege vom Strömungsmesser zur Messstation zu übermitteln. Augenblicklich sind nur die Stationen *Arkona Becken* und *Darßer Schwelle* mit einem solchen System versehen. Zukünftig wird auch die Station *Fehmarnbelt* ein solches System erhalten.

Da die unbemannten Feuerschiffe nur eine Einpunkt-Verankerung, um die sie sich in einem Radius von 300 m frei bewegen können besitzen, müssen Test durchgeführt werden, um zu ermitteln, ob die vom Unterwassermodem abgegebene Schallimpulse über eine im Extremfall mehr als 600 m betragende Strecke vom Hydrophon in ausreichender Stärke und Qualität empfangen werden, so dass die Daten ohne Verlust übertragen werden können.

6.1.5 Seegang

Zum Zeitpunkt der Errichtung der Messnetzstationen gab es keinen Sensor, der in der Lage war, den Seegang zu messen und der in die Messkette eingebaut werden konnte. Da diese Information aber für viele Anwendungen, besonders für den Sturmflutwarndienst von besonderem Nutzen ist, positionierte man eine Seegang messende Boje neben der Messstation. Diese Boje ist mit einem Gummi- und einem Kunststoffseil an einem Betonstein, der auf den Meeresboden abgelassen wird, befestigt. Diese Befestigung ist in ihrer Länge so bemessen, dass sich die Boje in einem vorher festgelegten Radius um den Betonstein herum, frei bewegen kann. In dem Bojenkörper ist die Stromversorgung in Form einer Batterie und die gesamte Elektronik untergebracht⁶⁰⁰. An ihrem oberen Ende befindet sich eine Antenne. Die Boje misst die Beschleunigung, die durch die Wellen erfolgt und zwar in alle drei Richtungskomponenten. Daraus lässt sich die Wellenhöhe, die Wellenrichtung und die Oberflächenströmung bestimmen.

Im Messnetz kommen drei Arten des Datentransfers von der Boje zum Nutzer zum Einsatz. Eine Möglichkeit besteht darin, die Daten per Funk über die Antenne an die Messstation direkt zu senden, die über ein entsprechendes Empfangsgerät verfügt. Die Daten werden dann in die Stationsmeldung eingefügt und zusammen mit den anderen Daten über Satellit verschickt. Liegt die Boje in Landnähe, werden ihre

⁵⁹⁹ Eine Beschreibung der Grundlagen der Unterwasserakustik findet man bei: Brekhovskikh, Lysanoy, 2003, 278 S.

⁶⁰⁰ Datawell, 2001, 4 S.

Daten per Funk an eine Empfangsanlage an Land gesendet und separat verarbeitet. Für Bojen auf hoher See können die Daten direkt an einen Satellitensender abgesetzt werden. Sie werden dann von der Empfangsstation zum Nutzer weitergeleitet.

Diese Bojen haben sich im Einsatz auf den Messstationen bewährt. Sie sind sehr robust und selbst unter den schwierigen Bedingungen, die in der Nordsee herrschen, treten nur selten Probleme auf⁶⁰¹. Vereinzelt löst sich die Boje vom Betonstein, da das Gummiseil gerissen ist. Dies tritt meistens dann auf, wenn die Boje über die geplante Einsatzzeit hinaus vor Ort bleiben muss und nicht durch eine Ersatzboje ausgetauscht werden kann, da schlechte Witterungsverhältnisse oder kein zur Verfügung stehendes Schiff eine Wartungsreise unmöglich machen.

Die Weiterentwicklung der akustischen Strömungsmesser führte dazu, dass sie nun zusätzlich zur Messung von Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit in mehreren Tiefenstufen auch die Wellenhöhe und die Richtung des Seegangs erfassen können⁶⁰².

Diese Strömungsmesser haben zusätzlich einen Drucksensor eingebaut, dessen Messwerte zusammen mit Messungen der Strömung direkt an der Oberfläche und im oberflächennahen Bereich für die Berechnung der Wellenhöhe und zur Bestimmung der Richtung verwendet werden.

Dabei macht man sich zu Nutze, dass ein Wasserteilchen von einer Welle nicht vorwärts transportiert wird, sondern beim Durchlauf eine Welle eine Kreisbahn vollführt⁶⁰³, sodass es sich, nachdem eine Welle durchgelaufen ist, an der gleichen Stelle befindet, an der es sich befand, bevor es von der Welle erfasst wurde.

Die Orbitalbahn der Wasserteilchen ist an der Oberfläche am Größten und nimmt mit zunehmender Wassertiefe ab. Die Größe der Orbitalbahnen der Wasserteilchen und ihre räumliche Orientierung werden in unterschiedlichen Tiefen gemessen. Zusammen mit der Druckinformation ist dann die Bestimmung des Seegangs möglich⁶⁰⁴.

Diese Geräte haben den Vorteil, dass sie den Einsatz einer Seegangsboje überflüssig machen. Damit können Kosten eingespart und die Logistik vereinfacht werden.

⁶⁰¹ Dies zeigte sich am 3. Dezember 1999. Im Orkan „Anatol“ kenterte das unbemannte Feuerschiff auf der Position *Elbe 1*. Die daneben liegende Wellenmessboje nahm keinen Schaden und lieferte permanent Daten, die zeigten, dass Wellen mit einer Maximalhöhe von 13 m bei einer Wassertiefe von etwas mehr als 20 m zum Kentern des unbemannten Feuerschiffs geführt haben.

⁶⁰² Nortek AS, 2006, 4 S.

⁶⁰³ Dietrich, Kalle, Krauss, Siedler, 1975, S. 335-336.

Eine dritte Methode, den Seegang zu erfassen, besteht in der Nutzung der Radartechnologie⁶⁰⁵. Allerdings kann diese Technik nur auf einer fest auf dem Meeresboden stehenden Messstation verwendet werden.

Aufgrund des Messprinzips benötigt man drei Geräte, um den Seegang bestimmen zu können⁶⁰⁶. Die Geräte senden Radarimpulse aus, die von der Wasseroberfläche reflektiert werden. Die zurückgestrahlten Impulse dienen zur Bestimmung der Wassertiefe und des Seegangs. Dazu muss die Höhe der Geräte über dem mittleren Wasserstand, der als Bezugsgröße benutzt wird, sehr genau bestimmt werden, da sonst die Pegelwerte nicht präzise genug sind.

Der Vorteil dieser Messung besteht darin, dass das Messgerät nicht direkt den physikalischen Belastungen der See ausgesetzt ist. Allerdings entspricht momentan der Preis eines einzigen Radarpegels dem einer Seegangsboje⁶⁰⁷. Damit bietet das System aus drei Radarpegeln zur Erfassung des Seegangs aus wirtschaftlicher Sicht keine Alternative.

6.1.6 Nährstoffe

Da zu den Aufgaben der Überwachung von Nord- und Ostsee auch die Erfassung von Nährstoffen gehört, war man bestrebt diese zusätzlich zu den schiffsgebundenen Messungen, die immer nur während weniger Überwachungsfahrten pro Jahr durchgeführt werden konnten, auch automatisch über längere Zeiträume hinweg kontinuierlich erfassen zu können.

Zu diesem Zweck wurden auf den Messstationen *Deutsche Bucht* und *Nordseeboje III* in der Deutschen Bucht und *Fehmarnbelt* in der westlichen Ostsee Nährstoffanalysatoren zur Bestimmung des Phosphat-, Nitrat/Nitrit- und Silikatgehaltes eingesetzt (Abb. 49).

Bei den Nährstoffanalysatoren⁶⁰⁸ handelte es sich um automatische arbeitende Kleinstlabore. Seewasser wurde auf den Stationen aus 6 m Tiefe heraufgepumpt und jeder Analysator erhielt eine Seewasserprobe zur Analyse. Diese Probe wurde je

⁶⁰⁴ Eine Beschreibung liefert: Nortek As, 2011, 5 S. Einzelheiten werden aber nicht genannt, da es sich um ein von der Firma entwickeltes Verfahren handelt, welches als Betriebsgeheimnis nicht veröffentlicht wird.

⁶⁰⁵ RADAC, 2015, 32 S.

⁶⁰⁶ Mit zwei Geräten kann die Wellenhöhe und die Frequenz, mit einem weiteren auch die Richtung des Seegangs ermittelt werden.

⁶⁰⁷ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Gesamtkonzept über den Betrieb und die Weiterentwicklung des marinen Umweltüberwachungsmessnetzes auf dem deutschen Festlandssockel, MARNET, 2015, Anlage 2, S. 4.

⁶⁰⁸ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Prüfanweisung M31500, Hamburg, 2003, 22 S.

nach zu untersuchendem Nährstoff mit speziellen Chemikalien versetzt, was zu einer Farbreaktion führte. Die Intensität dieser Farbreaktion wurde mittels eines Photometers bestimmt. Die gemessene Intensität ist proportional zu Konzentration des untersuchten Nährstoffes. Nach den Messungen wurden die Analysatoren mit demineralisiertem Wasser gereinigt. Der ganze Vorgang von der Probennahme bis zum Abschluss der Reinigung nahm fast eine Stunde in Anspruch. Dies hatte zu Folge, dass bei stündlicher Probennahme der Analysator permanent in Betrieb war.

Der gesamte Aufbau war recht komplex⁶⁰⁹. Die Analysatoren benötigen unterschiedliche Reagenzien, die in separaten Behältern gelagert wurden. Diese waren

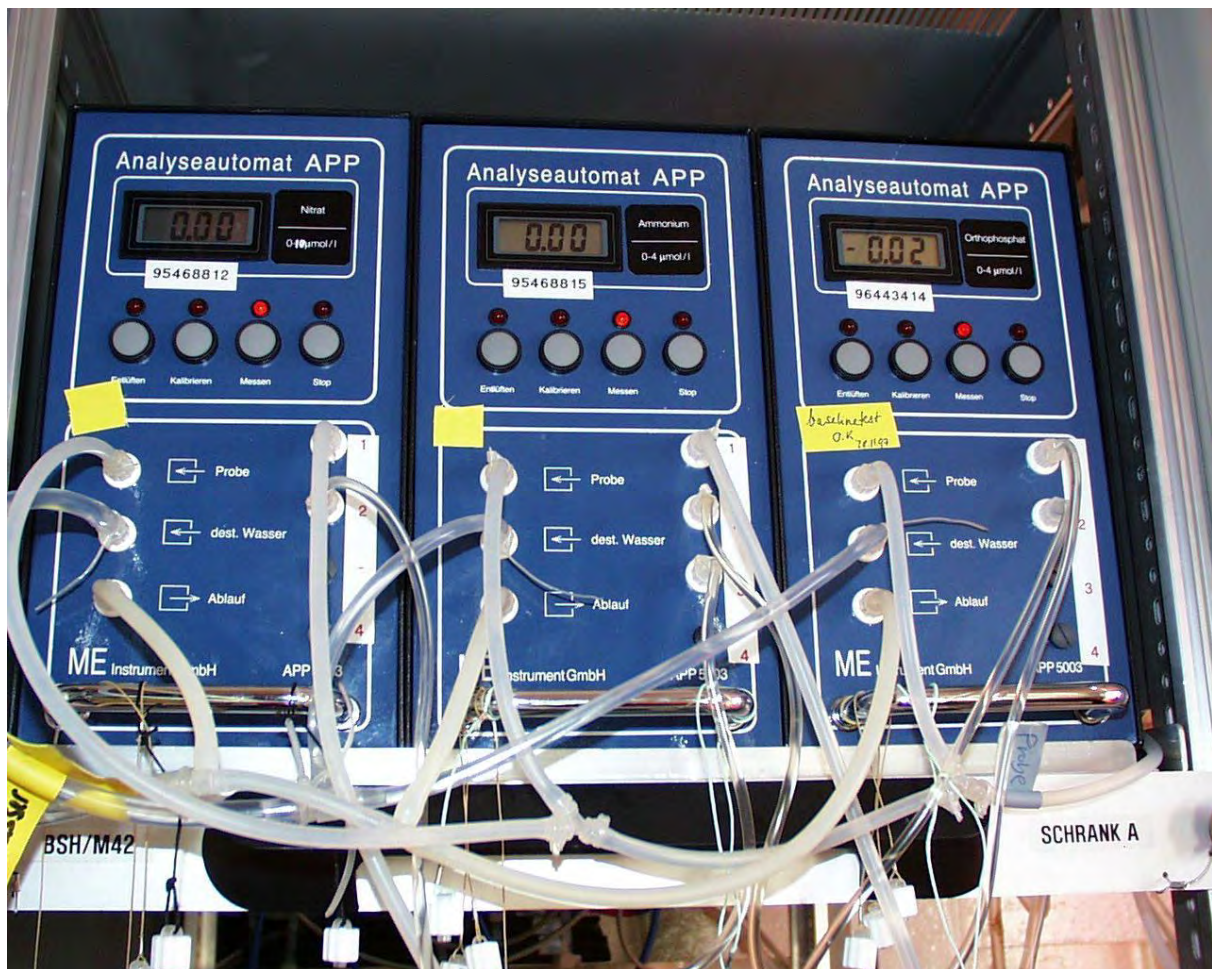


Abb. 49: Phosphat-, Nitrat/Nitrit- und Silikatanalysatoren, (Autor)

über Schlauchverbindungen mit den Analysatoren verbunden. Ebenso musste eine relativ große Menge demineralisierten Wassers zur Verfügung stehen. Die Analysatoren enthielten viele mechanische Teile, unter anderem ein Mehrwegeventil, eine und eine Pumpe zur Füllung der Messzelle.

⁶⁰⁹ Meerestechnik Elektronik GmbH, 1992, 51 S.

Da die Reagenzien nicht alterungsbeständig waren, mussten sie innerhalb von vier bis sechs Wochen ausgetauscht werden, da sonst die Messwerte keine Aussagekraft mehr hatten.

Um einen störungsfreien, kontinuierlichen Betrieb gewährleisten zu können, musste ein hoher Aufwand betrieben werden. Die Wartung der Nährstoffanalysatoren erforderte speziell geschultes Personal, nahm vor Ort viel Zeit in Anspruch und war sehr mühsam, da bei den sich im Seegang bewegenden Stationen die Arbeit mit gefährlichen Chemikalien und die durchzuführenden mechanischen Wartungseingriffe hohe Anforderungen an das ausführende Personal stellte. Hinzu kam, dass diese Arbeiten möglichst monatlich erfolgen mussten, um den kontinuierlichen Betrieb aufrecht halten zu können, was bedeutete, dass dafür immer ein Schiff zu Verfügung gestellt werden musste und dass das Wetter eine Wartungsfahrt erlaubte.

Aufgrund der Komplexität der gesamten Anlage ergab sich eine Reihe von Problemen. Besonders störanfällig war das Pumpsystem, das das Meerwasser aus der Tiefe herauf pumpte. Es handelte sich um eine Schlauchquetschpumpe, bei der ein Exzenter einen flexiblen Teflonschlauch so quetschte, dass das Meerwasser von unten nach oben gepumpt wurde ohne dass dabei die Pumpe direkt mit dem Meerwasser in Berührung kam. Diese Anordnung war gewählt worden, um eine Kontamination des Seewassers durch Fremdstoffe zu vermeiden. Die vielen Schlauchverbindungen zwischen den Chemikalienbehältern und dem Mehrwegventil mussten mit großer Sorgfalt befestigt werden, damit sie sich nicht durch die permanenten Bewegungen der Messstation im Seegang lockerten. Auch die Mechanik der Nährstoffanalysatoren zeigte sich nicht immer den harten Bedingungen im Dauerbetrieb auf See gewachsen.

Trotzdem gelang es mit großem Aufwand auf der Station *Deutsche Bucht* in den Jahren 1998 bis 2011 und auf der Station *Fehmarnbelt* in den Jahren 2001 bis 2005 den Phosphat-, Nitrat/Nitrit- und Silikatgehalt mit den Analysatoren zu bestimmen. Allerdings weisen die Zeitreihen in diesen Jahren immer wieder große Lücken auf, denn es war fast immer nicht möglich, die Wartungsintervalle von vier bis sechs Wochen, die sich aus der fehlenden Stabilität der Reagenzien über einen längeren Zeitraum hinweg ergaben, einhalten zu können.

Da der Hersteller der Nährstoffanalysatoren den Betrieb einstellte, war eine Versorgung und Ersatz der vorhandenen Geräte nicht mehr gewährleistet. Alternativ gab es nur noch einen einzigen Hersteller eines ähnlichen Gerätes, das aber die Anforderungen nicht uneingeschränkt erfüllte.

Da eine Verbesserung hinsichtlich der Häufigkeit der Wartungsfahrten nicht zu erzielen war und auch die Zukunftsfähigkeit der Messmethode angesichts kaum brauchbarer Geräte auf dem Markt nicht gewährleistet werden konnte, entschloss man sich nach 2011 die Messungen einzustellen, denn trotz des hohen Arbeitsaufwandes erzielte man nur eine vergleichsweise geringe Datenausbeute.

6.1.7 Radioaktivität

Dem *Deutschen Hydrographischen Institut* war mit dem Seeaufgabengesetz vom 24. Mai 1964 die Überwachung der Radioaktivität im Meerwasser aufgetragen worden⁶¹⁰. Dieser Aufgabe kam es durch schiffsgebundene Messungen nach. Es wurden Wasserproben analysiert, als auch registrierende Messanlagen an Bord benutzt⁶¹¹. 1969 wurde eine Weiterentwicklung dieser Geräte in Betrieb genommen. Die Entwicklung erfolgte im Hause, da keine geeigneten kommerziellen Messgeräte zur Erfassung der Gamma-Strahlung⁶¹² des Meerwassers existierten⁶¹³.

Nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl im April 1986 und der daraus resultierenden Strahlungsbelastung großer Regionen Europas, entschlossen sich die politisch verantwortlichen Stellen in Deutschland zur permanenten Überwachung der Radioaktivität und zum Aufbau eines *Integrierten Mess- und Informationssystem für die Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS)* in dem die ermittelten Daten zusammengefasst werden sollten. Der Betrieb lag in der Verantwortung des Bundesamtes für Strahlenschutz als Zentralstelle des Bundes. Dies wurde im Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung vom 19. Dezember 1986 festgelegt⁶¹⁴.

Da mit schiffsgebundenen Messungen eine kontinuierliche Überwachung der Meere nicht möglich war, sollten ausgewählte Messstationen in Nord- und Ostsee mit entsprechenden Sensoren zur Messung der Radioaktivität ausgerüstet werden.

Als erste Stationen wurden die Stationen *Deutsche Bucht*, *Ems* und *Nordseeboje II* in der Nordsee und die Stationen *Kiel* und *Fehmarnbelt* in der westlichen Ost-

⁶¹⁰ Siehe hierzu den Abschnitt: 4. Das Deutsche Hydrographische Institut und (Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1965, 1966, S. 102).

⁶¹¹ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1961, 1962, S. 41-42.

⁶¹² Bei der Gamma-Strahlung handelt es sich um eine hochenergetische elektromagnetische Strahlung. Diese Art der Strahlung wurde erstmals als magnetisch nicht ablenkbarer Teil der radioaktiven Strahlung radioaktiver Elemente entdeckt (Lexikon der Physik, Bd. 2, 1999, S. 49).

⁶¹³ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1969, 1970, S. 43-44.

⁶¹⁴ Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz, 2015, 7 S.

see mit Sensoren versehen. Nach der Wiedervereinigung 1990 kamen dann in der Ostsee die beiden Stationen *Darßer Schwelle* und *Arkona Becken* hinzu.

Die Sensoren sind in 6 m Tiefe angebracht und messen direkt die Bruttogamma-Strahlung. Dabei werden sowohl die Gesamtgammaimpulse pro Stunde gemessen, als auch die Energie der Strahlung bestimmt und daraus ein Tagesspektrum erstellt⁶¹⁵.

Um die künstlich erzeugte Strahlungsbelastung aus der Gesamtstrahlungsbelastung bestimmen zu können, musste ein Verfahren entwickelt werden, mit dem der Anteil der natürlichen Belastung von dem künstlich erzeugten Anteil getrennt werden konnte.

Dabei nutzt man die Tatsache aus, dass die natürliche Strahlung Energien des gesamten Energiespektrums aufweist, künstliche Strahlung, wie sie beispielsweise bei Reaktorhavarien freigesetzt wird, hingegen im Energiespektrum auf den Bereich bis 900 keV⁶¹⁶ beschränkt wird. Mit Hilfe eines Quotienten, der am *Deutschen Hydrographischen Institut* ermittelt wurde⁶¹⁷, kann der künstliche Anteil der Strahlung mathematisch herausgefiltert werden.

Das Gerät liefert eine Vielzahl von Informationen. Dazu gehören Datum, Uhrzeit, Anfang und Ende der Messungen, die Sondeninnentemperatur um die Temperaturabhängigkeit der Sonde bestimmen zu können, die Anzahl der bewerteten Impulse, die Gesamtzahl aller aufgetretener Impulse, ein Spektrum als Anzahl der Ereignisse pro Kanal⁶¹⁸ und das Energieverhältnis als Summe der Impulse unter 900 keV geteilt durch die Summe der Impulse über 900 keV⁶¹⁹.

Da die bislang eingesetzten Messsonden nach mehr als 20jährigem Einsatz das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben, werden sie demnächst durch ein kommerzielles Produkt ersetzt. Aufgrund der angespannten Personallage ist eine eigene Geräteentwicklung im *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* nicht mehr möglich.

⁶¹⁵ Dr. Birte-Marie Ehlers, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, E-Mail vom 12. Oktober 2015.

⁶¹⁶ „Elektronenvolt, Einheitszeichen: eV, zulässige Einheit außerhalb des SI zur Angabe von Energien in der Atom- und Kernphysik. 1 Elektronenvolt ist die Energie, die ein Elektron beim Durchlaufen einer Potentialdifferenz von 1 Volt im leeren Raum gewinnt.“ (Lexikon der Physik, Bd. 2, 1999, S. 203).

⁶¹⁷ Der Quotient wird gebildet aus: Summe der Impulse unter 900 keV geteilt durch die Summe der Impulse über 900 keV.

⁶¹⁸ Es stehen 1014 Kanäle zur Verfügung. Jeder Kanal erfasst einen bestimmten Energiebereich.

⁶¹⁹ Dr. Birte-Marie Ehlers, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, E-Mail vom 12. Oktober 2015.

6.1.8 Die meteorologischen Messungen

Mit der Errichtung automatischer Messstationen fielen die von den Beobachtern auf den bemannten Feuerschiffen erhobenen Wetterbeobachtungen weg. Da die Meldungen von besonderer Wichtigkeit für die meteorologischen Dienste, insbesondere für die Warndienste, waren, musste ein adäquater Ersatz gefunden werden.

Der *Deutsche Wetterdienst* richtete eigene automatische Wetterstationen auf den unbemannten Feuerschiffen *Deutsche Bucht*, *Elbe 1* und *Ems* sowie auf dem *Leuchtturm Kiel* ein. Diese Stationen erhielten eine eigene Sendezeit für die Übertragung der Daten per Satellit und die Daten wurden nach dem für Wettermeldungen vorgegeben international gültigen Format zusammengestellt und verschickt.

Auf den anderen Stationen wurden ebenfalls meteorologische Messungen durchgeführt. Dies geschah in der Verantwortung des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie*. Diese Messungen dienten zur Ergänzung der meereskundlichen Messungen und wurden in das Meldungsformat für diese Daten integriert. Im Gegensatz zu den Meldungen des *Deutschen Wetterdienstes* wurden sie nur für interne Zwecke verwendet und nicht in das internationale Datennetz des *Global Telecommunication System (GTS)* für die weltweite Verbreitung meteorologischer und meereskundlicher Daten eingespeist, aus dem sie von öffentlichen Institutionen, die Zugang zu diesem Kommunikationssystem haben, entnommen werden konnten.

Die Einrichtung automatischer Wetterstationen litt nicht unter den Problemen, die es für die Errichtung eines meereskundlichen Messsystems zu lösen galt. Es gab geeignete Sensoren, die sich schon im Einsatz auf Landstationen bewährt hatten.

Auf den Wetterstationen des *Deutschen Wetterdienstes* wurde die Lufttemperatur, die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit, der Luftdruck, die relative Feuchte, die Sichtweite und auf den sich bewegenden Feuerschiffen der Kompasskurs zu Berechnung der wahren Windrichtung in 14⁶²⁰ m Höhe, gemessen⁶²¹. Da es keine automatischen Sensoren für die Ermittlung des Bedeckungsgrades des Himmels durch Wolken auf See gibt⁶²², entfiel diese, früher von den Wetterbeobachtern gelieferte Information. Für automatische Bestimmung des Wolkentyps gibt es momentan keine Sensoren. Auch diese Information kann nicht mehr zur Verfügung ge-

⁶²⁰ Aus bautechnischen Gründen konnte der Sensor nicht in 10 m Höhe angebracht werden, da in dieser Höhe eine störungsfreie Anströmung des Sensors nicht gegeben war.

⁶²¹ Deutscher Wetterdienst, Richtlinie für automatische Klimastationen, Abteilung Messnetze und Daten, 2001, 71 S.

⁶²² Die an Land eingesetzten Messgeräte (Ceilometer mit speziellen Algorithmen zu Berechnung des Wolkenbedeckungsgrades (Deutscher Wetterdienst, 2015, S. 22)) benötigen einen festen Untergrund.

stellt werden. Die Sichtweite wurde nur auf den unbemannten Feuerschiffen ermittelt, wobei über eine Messstrecke von einem Meter die Intensität eines Lichtstrahles von einem Empfänger gemessen wurde⁶²³. Die Differenz der Intensität zwischen Sender und Empfänger bestimmte die Sichtweite.

Auf den vom *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* betriebenen Stationen wurden anfangs mit Ausnahme des *Leuchtturms Kiel* lediglich die Lufttemperatur, die Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie der Luftdruck erfasst. Eine Messung der Luftfeuchtigkeit entfiel, da diese Informationen für den Betrieb der Stationen nicht benötigt wurden. Auf der Station *Fehmarnbelt* kam wie auf den sich bewegenden Feuerschiffen ein Kompass zur Berechnung der wahren Windrichtung hinzu. Auf dem Leuchtturm gab es lediglich einen Temperatursensor zur Erfassung der Lufttemperatur.

Sowohl der *Deutsche Wetterdienst* als auch das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* betrieben ihre Messungen ohne Absprache, sodass unterschiedliche Sensoren auf den Stationen zum Einsatz kamen und die Wartung und der Ersatz von defekten Sensoren von den Mitarbeitern der jeweilig verantwortlichen Behörde vorgenommen wurde. Ebenso kam es vorerst nicht zu einer gemeinsamen Nutzung der Daten. Die meteorologischen Daten der Feuerschiffe durften vom *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* für interne Zwecke genutzt aber nicht an Dritte weitergegeben werden. Der *Deutsche Wetterdienst* zeigte kein Interesse an der Nutzung der meteorologischen Daten der *Nordseebojen II* und *III*, die in 10 m Höhe erfasst wurden sowie der Großboje *Fehmarnbelt* deren Sensoren sich in 8 m Höhe befanden⁶²⁴.

Angesichts des hohen Aufwandes der für die Gewinnung meteorologischer Daten betrieben wurde, war ihre Nutzung höchst ineffizient. Die beteiligten Behörden suchten nach einer Lösung, die für beide Seiten von Vorteil war und den für den Betrieb der Wetterstationen notwendigen Aufwand möglichst effektiv gestaltete.

Ab 2007 ging die Verantwortung für die Erfassung meteorologischer Daten auf den Stationen, auf denen diese Parameter vom *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* gemessen wurden, an den *Deutschen Wetterdienst* über. Eine Ausnahme bilden nur die drei Ostseestationen *Arkona Becken*, *Darßer Schwelle* und *Oder Bank*, die nach der Wiedervereinigung vom *Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde* im Auftrag für das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* be-

⁶²³ Deutscher Wetterdienst, Sensorik und Systeme für den Wetterbeobachtungs- und den Wettermeldedienst, Handbuch zur Richtlinie Flugwetterdienste, 2015, S. 13.

⁶²⁴ Machoczek, 2014, S. 12, S. 19-20.

trieben werden. Diese Stationen gehören nicht zum Messnetz meteorologischer Stationen des *Deutschen Wetterdienstes*. Bei diesen Stationen werden die meteorologischen Daten weiterhin durch das *Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde* erfasst.

Auf den vom *Deutschen Wetterdienst* übernommenen Stationen wurden die alten Sensoren abgebaut und die Wetterstationen mit den gleichen Sensoren, wie sie schon auf den vorher vom *Deutschen Wetterdienst* betriebenen Stationen zum Einsatz kamen, ausgerüstet. Auf jeder Stationen installierte man noch zusätzlich ein Sensor zur Erfassung der Sonnenscheindauer⁶²⁵.

Alle Stationen erhielten im Lauf der Zeit eine einheitliche Sensorbestückung und werden vom *Deutschen Wetterdienst* gewartet. Die Wettermeldungen auf den beiden *Nordseebojen II* und *III* und auf der Großboje *Fehmarnbelt* haben ebenfalls einen eigenen Sendetermin für die Übertragung der Daten per Satellit erhalten und die Daten werden in das internationale Datennetz des *Global Telecommunication System (GTS)* eingespeist.

Auf den drei Ostseestationen *Arkona Becken*, *Darßer Schwelle* und *Oder Bank* werden die Lufttemperatur, die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit, die relative Luftfeuchtigkeit, der Luftdruck und die Globalstrahlung⁶²⁶ gemessen. Die Daten werden zusammen mit den meereskundlichen Messwerten in die für die Stationen vorgegebene Datenstrukturen eingefügt und die Daten einer Stunde in zwei Teilmeldungen per Satellit verschickt und weiterhin nur für interne Zwecke im *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* verwendet.

Die drei Stationen des *Fino*-Projektes, *Fino 1*, *Fino 2* und *Fino 3* wurden ebenfalls nicht in das Stationsnetz der Wetterstationen des *Deutschen Wetterdienstes* aufgenommen. Aufgrund ihrer Bauweise können dort die meteorologischen Sensoren nicht so angebracht werden, wie es der Standard für die Errichtung und den Betrieb einer Wetterstation des Messnetzes vorschreibt.

Lediglich auf der Station *Fino 1* werden die Lufttemperatur in 40 m Höhe, die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 33 m Höhe und der Luftdruck in 20 m Höhe für das Datentelegramm mit den meereskundlichen Werten erfasst und in die Meldung eingefügt. Diese Höhen entsprechen nicht der Vorgabe des *Deutschen*

⁶²⁵ Deutscher Wetterdienst, Richtlinie für automatische Klimastationen, Abteilung Messnetze und Daten, 2001, S. 30.

⁶²⁶ Deutscher Wetterdienst, Richtlinie für automatische Klimastationen, Abteilung Messnetze und Daten, 2001, S. 30.

Wetterdienstes von 10 m Höhe⁶²⁷ für die meteorologischen Messungen auf See und werden deshalb ebenfalls nur für interne Zwecke benutzt.

6.2 Datenstruktur

Die Einführung automatischer Messsysteme machte es möglich, die Zahl der Messungen im Vergleich zu den Messungen auf den bemannten Feuerschiffen wesentlich zu erhöhen. Sie war abhängig von der Kapazität der Datentransmission via Satellit. Für die Datenübertragung mit dem METEOSAT-Satelliten stand pro Station pro Stunde je eine Meldung zur Verfügung, in der ein Datenvolumen von 640 Byte pro Satellitentransfer zur Verfügung stand⁶²⁸. Erst mit dem Aufbau der Messstationen *Arkona Becken*, *Darßer Schwelle* und *Oder Bank* konnte das Datentransfervolumen verdoppelt werden, da für diese drei Stationen zwei Meldungen pro Stunde bereitgestellt wurden.

Die Daten jeder Stunde wurden vom Datenerfassungssystem in ein vorgegebenes Schema gebracht, den sogenannten „Bulletins“ oder „Datentelegrammen“ und dann mit Hilfe eines Satellitensenders zum vorgegebenen Sendetermin an den Satelliten gesendet. Von dort gelangten sie zur *EUMETSAT*- Bodenstation⁶²⁹ in Darmstadt, von dort zum Datenverarbeitungszentrum des *Deutschen Wetterdienstes* in Offenbach und von dort per Direktleitung zum *Deutschen Hydrographischen Institut* beziehungsweise nach 1990 zum *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie*.

Die Bulletinstruktur der Meldungen der ersten Jahre war sehr technisch orientiert und ließ Probleme bei der Datenbearbeitung völlig außer Acht. Oberste Priorität hatte eine möglichst platzsparende Wiedergabe der Messwerte um das pro Meldung zur Verfügung stehende Datenvolumen maximal nutzen zu können. Das führte dazu, dass die Originalmeldung keinerlei Zeitstempel enthielt. Im Datenverarbeitungszentrum des *Deutschen Wetterdienstes* erhielt sie eine Stationskennung in Form von vier Buchstaben und zwei Ziffern, die Kennung, dass es sich um eine Satellitenmeldung handelte und einen Zeitstempel, der den Tag, die Stunde und die Minute der Sendung enthielt. Damit war die Meldung an sich nicht eindeutig definiert und benötigte noch zusätzlich als Zeitangabe den Monat und das Jahr, in dem die Meldung erstellt

⁶²⁷ Deutscher Wetterdienst, Richtlinie für automatische Klimastationen, Abteilung Messnetze und Daten, 2001, S. 10.

⁶²⁸ Machoczek, 2006, 10 S.

wurde. Ohne diese zusätzlichen Informationen war die Meldung nur für die sofortige Verwendung nutzbar. Für die Archivierung und weitere Nutzung mussten zusätzliche Schritte erfolgen, um die zusätzlichen Informationen dauerhaft mit den Meldungen zu verknüpfen.

Jedem Messwert wurde eine zweistellige Nummer, die als Kanalnummer bezeichnet wurde, vorgeordnet, die definierte, um welchen Messparameter es sich handelte und in welcher Tiefe sich der Messsensor befand. Pro Datenzeile konnten bis zu acht Kanalnummern und Messwerte zusammengefasst werden. Da es sich um ein variables Format handelte, konnten die Positionen innerhalb einer Datenzeile variieren. Dies bedeutete beispielsweise, dass bei Fortfall eines Temperatursensors in der Datenzeile für die Wassertemperatur, die Kanalnummer für diesen Temperatursensor ebenfalls wegfiel und die Kanalnummer und der Temperaturwert des darauf folgenden Sensors aufrückte.

Das hatte zur Folge, dass die Bearbeitungsprogramme möglichst alle Kombinationen, die bei Ausfall einzelner Sensoren entstanden, erfassen konnten. Hinzu kam, dass auch die Zahl der Datenzeilen variabel war, was ebenfalls berücksichtigt werden musste.

Bei bis zu 50 Messwerten, verteilt auf 16 Zeilen plus je eine Zeile zur Kennzeichnung des Meldungsbeginns beziehungsweise des Meldungsendes, war ein erheblicher Aufwand nötig, die Bulletins automatisch einzulesen und die Daten für die weitere Nutzung bereitzustellen. Hinzu kam, dass alle übermittelten Werte keine Endwerte darstellten, sondern jeder Wert musste noch mit Hilfe von Berechnungsformeln und Kalibrierkoeffizienten in den endgültigen Wert umgerechnet werden. Das Bearbeitungsprogramm benötigte auch diese Formeln und Werte für die Bereitstellung korrekter Daten in Echtzeit. Da diese Information von der Technik erst nach Abschluss einer Wartungsreise zur Verfügung stand, denn vor Ort kam es immer wieder zu Änderungen der geplanten Auswechslung von Sensoren, standen zwar die Messwerte der neuen Sensoren zur Verfügung, die Kalibrierkoeffizienten aber nicht. Damit entstand für eine gewisse Zeit ein Datensatz bei dem einzelne Messwerte mit für sie nicht zugehörigen Kalibrierkoeffizienten in Endwerte umgerechnet wurden. Diese Werte wichen zwar in der Regel nicht sehr von den Werten, die mit korrekten Kalibrierkoeffizienten berechnet wurden, ab, waren aber dennoch falsch und konnten im Echtzeitbetrieb nicht korrigiert werden. Lagen die korrekten Kalibrierkoeffizienten

⁶²⁹ EUMETSAT = **E**uropean **O**rganisation for the **E**xploitation of **M**eteorological **S**atellites. Die Europäische Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten mit Sitz in Darmstadt betreibt die Meteosat- und MetOp-Wettersatelliten.

vor, wurden die falschen Daten aus dem Archivdatensatz entfernt und mit Hilfe der Rohdaten und den aktuellen Koeffizienten, korrekte Werte berechnet und in den Datensatz eingefügt. War letzteres mit einem erheblichen Arbeitsaufwand verbunden, was aber letztendlich zu einem korrekten Datensatz führte, so war die Nutzung nicht ganz korrekter Echtzeitdaten völlig unbefriedigend.

2006 wurde ein neues *MARNET*-Datenmanagementsystem⁶³⁰, das Stations-gestützte Automatische Monitoring System (SAMS), für die Messnetzstationen eingeführt und nach und nach auf den einzelnen Stationen installiert. Dieses System stellte eine wesentliche Verbesserung gegenüber dem alten Datenerfassungssystem dar, berücksichtigte es doch die negativen Erfahrungen, die man mit dem alten System gemacht hatte und es war zudem in enger Absprache mit der Datenbearbeitung zuständigen Stelle gemeinsam entwickelt worden.

Das neue Datenmanagement zeichnete sich durch folgende Eigenschaften aus. Die aus den Messwerten zusammengestellten Meldungen enthielten ausschließlich ASCII-Zeichen⁶³¹. Die Wiedergabe aller Messwerte erfolgte als physikalische Messwerte unter Berücksichtigung von Kalibrier und Korrekturkoeffizienten und notwendigen Berechnungsformeln. Es gab keine ganzzahligen Formate, sogenannte INTEGER-Formate, sondern die Messwerte wurden als Dezimalwerte mit Dezimalpunkt in der gewünschten Maßeinheit übermittelt. Die Position der Messwerte war nicht variabel, sondern fest vorgegeben. Falls keine Sensoren in der vorgegebenen Position eingebaut worden waren, oder wenn Messwerte aufgrund des Ausfalls eines Sensors fehlten, traten Blindwerte an die Stelle der fehlenden Messwerte. Die Zahl der Datenzeilen war fest vorgegeben und die Kennzeichnung der Parameter erfolgte durch einen aus zwei Buchstaben bestehenden Code wobei die Messtiefe des Parameters durch die Position eines Messwertes in der jeweiligen Datenzeile definiert wurde. Dies hatte zur Folge, dass die vorher benötigten Kanalnummern, die für die Kennzeichnung jeden einzelnen Messwertes obligatorisch waren, entfielen und das eingesparte Datenvolumen für Messwerte genutzt werden konnte.

Der strukturierte Aufbau jeder Meldung ermöglichte eine weitgehend automatisierte Bearbeitung der Datentelegramme und hielt den manuellen Pflegeaufwand der Bearbeitungsprogramme in Grenzen, was für den reibungslosen Datentransfer in Echtzeit unbedingt notwendig war. Da alle notwendigen Kalibrier- und Korrekturkoeffizienten bei Wechsel der Messsensoren vor Ort auf den Stationen aktualisiert und

⁶³⁰ WERUM, 2005, 104 S.

⁶³¹ ASCII = **A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange, eine 7-Bit-Zeichenkodierung, die in der elektronischen Datenverarbeitung verwendet wird (Gehrke, 1987, A2-A4).

geändert wurde, war gewährleistet, dass immer korrekt berechnete Messwerte in Echtzeit zur Verfügung standen und eine nachträgliche Korrektur der Archivdaten entfiel.

Trotz der einzuhaltenden Vorgaben war das Format nicht starr, sondern ließ sich bei Änderungen der Messparameter oder Einführung neuer Parameter anpassen und verändern, wobei die Grundstruktur aber immer erhalten blieb.

Diese Datenstruktur hat sich so bewährt, dass sie nach 10jährigem Einsatz noch immer alle durch die Weiterentwicklung der Messsensoren und die Aufnahme neuer Messparameter hervorgerufenen Änderungen bewältigen kann.

6.3 Die Methoden zur Qualitätssicherung

Bei den Messungen an Bord der bemannten Feuerschiffe wurde die Qualität der Messung durch die Sorgfalt der Beobachter gewährleistet. Gab es fehlerhafte Messungen oder schienen die Werte zweifelhaft, wurde eine Ersatzmessung durchgeführt. Dabei konnte festgestellt werden, ob es sich dabei um unsachgemäße Probenahme oder um einen Gerätefehler handelte. Aufgrund der Ausstattung der Feuerschiffe mit relativ simplen Messinstrumenten, konnte das Problem recht schnell erkannt und behoben werden.

Dies änderte sich mit der Einführung der automatisch registrierenden Messstationen. Es gab keine ständige Kontrolle der Messungen mehr und die Komplexität der Mess- und Datenerfassungs- und Datenübertragungssysteme führte zu einer großen Störanfälligkeit der Messstationen, was sich sehr nachteilig auf die Datenqualität auswirkte. Deshalb wurden verschiedene Maßnahmen getroffen, die eine größtmögliche Qualität der Messwerte gewährleisten sollen und die routinemäßig zur Anwendung kommen.

Die ozeanographischen Sensoren (Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoffgehalt), die auf den *MARNET*-Stationen zum Einsatz kommen, werden vor ihrem Einsatz im Kalibrierlabor des *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* oder des *Leibniz-Instituts für Ostseeforschung Warnemünde* kalibriert. Dabei werden Tripel-Punkt⁶³² und Gallium Zellen⁶³³, Referenzwiderstände und Widerstandsmessbrücken der höchsten verfügbaren Genauigkeit sowie Salinometer, die mit *Kopenhage-*

⁶³² Bernhard, 2004, S. 453-456.

⁶³³ Isothermal Technology Limited, 2011, 20 S.

ner *Standardseewasser* kalibriert werden, und *Winkler*-Titrierstände für den Sauerstoffgehalt benutzt.

Grundvoraussetzung für die Sicherung der Datenqualität der Daten der *MAR-NET*-Stationen neben der Kalibrierung der Sensoren ist die Durchführung von Vergleichsmessungen an den Stationen. Generell gilt, je mehr Vergleichsmessungen, möglichst auch in regelmäßigen zeitlichen Abständen, an den Stationen vorgenommen werden können, desto besser kann die Qualität der Daten abgesichert werden. Zusätzlich erhöht sich damit die Chance, bei Fehlern gegebenenfalls Korrekturen durchzuführen zu können.

Es gibt unterschiedliche Vorgehensweisen bei der Durchführung von Vergleichsmessungen. Alle momentan angewendeten Methoden haben ihre Vor- und Nachteile, eine Methode, die allen Gesichtspunkten Rechnung trägt, gibt es bislang nicht.

Eine Methode die Vergleichsmessungen durchzuführen besteht darin, die Sensoren aus der Messkette auszubauen und sie dann zusammen mit dem Referenzmesssystem räumlich möglichst dicht beieinander an einem geeigneten Trägersystem anzubringen und in einem möglichst homogenen Wasserkörper mit konstanter Temperatur und konstantem Salzgehalt, Sauerstoff, et cetera zu verbringen, um dann Messungen mit allen Sensoren und dem Referenzsystem gleichzeitig durchzuführen.

Dieses Verfahren hat den großen Vorteil, dass alle störenden räumlichen und zeitlichen Einflüsse ausgeschlossen werden können und höchstmögliche Genauigkeit erzielt wird.

Allerdings wird dieser Vorteil durch einen hohen zeitlichen Aufwand und viel Arbeit erkauft, muss doch die Messkette komplett gehoben, alle Sensoren abgebaut und an das Referenzsystem angebaut, die Messungen durchgeführt und die Sensoren anschließend abgebaut und wieder in die Messkette eingebaut werden, um dann die Messkette wieder zu Wasser zu lassen.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass mit dieser Methode nur die korrekte Funktion der Sensoren selbst überprüft werden kann, Probleme, die durch die nachgeschaltete Elektronik (Analog - Digitalwandlung, elektrische Leitung, et cetera) entstehen können, werden nicht erfasst.

Eine andere Variante der Vergleichsmessung besteht darin, eine in situ Messung mit einem Referenzsystem direkt auf der Station und möglichst zeitnah zum Sendetermin der Station durchzuführen. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass

eine solche Messung wenig Zeit in Anspruch nimmt und die Messkette dafür nicht gehoben werden muss. Zusätzlich können mit dieser Methode Probleme mit der den Sensoren nachgeschalteten Elektronik oder andere Probleme direkt erkannt werden.

Problematisch aber wird hierbei die räumliche und zeitliche Distanz der Vergleichsmessungswerte zu den Messwerten der Sensoren der Messkette. Selbst bei Durchführung der Vergleichsmessung auf der Messstation beträgt der Abstand der Messkette zum profilierenden Referenzmesssystem mehrere Meter. Hinzu kommt, dass die Messkette durch Strömung bedingt von der Senkrechten abweicht und sich damit die Messsensoren nicht in der Solltiefe befinden, ihre tatsächliche Tiefenlage aber nur sehr unbestimmt ist⁶³⁴.

Weiterhin werden in der Stationsmeldung unterschiedliche Daten zusammengefasst. So kann der in der Meldung wiedergegebene Messwert sowohl den Mittelwert aus 600 in den 10 Minuten vor dem Sendetermin ermittelten Messwerten, als auch nur der Mittelwert aus 20 Messungen oder sogar nur einen einzelnen aktuell ermittelten Wert beinhalten. Dies muss bei der Bewertung der Daten im Vergleich zu den Vergleichsmessungen berücksichtigt werden. Dies setzt aber notwendigerweise umfangreiche Kenntnisse über die hydrographischen Verhältnisse an den betrachteten Stationen, als auch ebenso umfangreiche Kenntnisse über die Messprinzipien der Stationen voraus, was bei der erstgenannten Methode nicht in gleichem Maße benötigt wird.

In der Praxis kommt allerdings fast ausschließlich das zweite Vergleichsmessungsverfahren zur Anwendung, da der Gewinn an Genauigkeit bei der Anwendung des ersten Vergleichsmessungsverfahrens in keinem Verhältnis für die dafür aufzuwendende Arbeit und Zeit steht, da der Zeitrahmen der Wartungsfahrten so eng gesteckt ist, dass für das aufwendigere Verfahren kaum Zeit bereitgestellt werden kann, ohne das Abstriche bei anderen Aufgaben gemacht werden müssen.

Das profilierende Vergleichsmessungsverfahren liefert allerdings nur Vergleichsmessungen für Temperatur und Leitfähigkeit (Salzgehalt) und Sauerstoff.

Zur Kontrolle weiterer Parameter kommt ein Wasserschöpfer zusammen mit dem profilierenden CTD-Referenzsystem (**C**onductivity, **T**emperature, **D**epth) zum Einsatz.

Für die Analyse der Wasserproben hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes benötigt man eine Winkler-Titrationsstation, denn die Winkler-Titration ist immer noch die geeignetste Methode, Referenzwerte für die Sauerstoffwerte zu erhalten. Da das

⁶³⁴ Machoczek, 2008a, S. 13-16.

Verfahren zeitaufwendig ist, Chemikalien und Laborgerät benötigt, sowie die Fähigkeiten, diese Analyse durchzuführen, vorhanden sein muss, werden Vergleichsmessungen zur Kontrolle der automatischen Sensoren nur in geringer Zahl durchgeführt. Nach einer mehrjährigen Erprobung wird ein spezieller optochemischer Sauerstoffsensor mit geringer Ansprechzeit, eine sogenannte schnelle Optode (RINKO III – Sensor), im Vergleichsmessungs-CTD-System für die Kontrolle der Sauerstoffwerte der in der Messkette eingesetzten trägen Optoden verwendet⁶³⁵.

Vergleichsmessungen zur Kontrolle der Strömungsmessungen sind prinzipiell möglich, erfordern aber einen noch höheren Aufwand, muss doch zu dem Strömungsmesser der Messstation, ein, oder mehrere autonome Strömungsmesser, die möglichst auch nach einem anderen Messprinzip als der Messkettenströmungsmesser arbeiten, verankert und nach ausreichend langer Messzeit dann auch wieder an Bord geholt und die Daten ausgewertet werden.

Eine Kontrolle der Strömungsdaten ist bislang nicht möglich, da kein geeigneter Strömungstank zur Verfügung steht, in dem die Funktion der eingesetzten Strömungsmesser vor und nach dem Einsatz aus einer Messstation geprüft werden kann. Hier besteht zur Zeit die ausgesprochen unbefriedigende Situation, dass, solange keine prinzipiellen Probleme auftreten und die Fehlfunktion des Strömungsmessers offensichtlich ist, den Angaben des Herstellers und der korrekten Einstellung des Gerätes durch den selben geglaubt werden muss.

Vergleichsmessungen zur Kontrolle meteorologischer Parameter können zur Zeit ebenfalls nicht durchgeführt werden, da es an geeigneten Messgeräten für einen nicht fest installierten Betrieb, sowie an einer ausreichend ausgearbeiteten Messstrategie für solche Messungen mangelt.

Vergleiche können nur mit der Bordwetterwarte des für die Wartungsarbeiten zum Einsatz kommenden Schiffs gemacht werden, wobei auch hier nicht gegeben ist, dass dieses System korrekte Werte liefert, die als Vergleich herangezogen werden, solange auftretende Fehler so klein bleiben, dass sie mangels Kontrollmöglichkeiten unentdeckt bleiben.

⁶³⁵ Coppola, Salvatat, Delauney, Machoczek, Karstensen, Sparnocchia, Thierry, Hydes, Haller, Nair, Lefevre, 2012, 22 S.

6.4 Probleme bei der Aufrechterhaltung des Messbetriebes

Um einen kontinuierlichen Messbetrieb auf den bemannten Feuerschiffen aufrecht zu halten, war nur ein vergleichsweise geringer Aufwand von Nöten. Dazu gehörte die Versorgung der Feuerschiffe mit Protokollheften und Kisten mit leeren Wasserflaschen in die die gewonnenen Seewasserproben für die Salzgehaltsbestimmung an Land abgefüllt wurden. Ergänzend dazu mussten defekte oder beschädigte Messgeräte getauscht werden was aufgrund der einfachen und robusten Bauweise relativ selten vorkam. Die Versorgungsschiffe brachten neues Material auf die Feuerschiffe und nahmen auf dem Rückweg die ausgefüllten Protokollhefte und die vollen Wasserflaschenkisten wieder mit an Land, die dann in die *Deutsche Seewarte* beziehungsweise das *Deutsche Hydrographische Institut* zur weiteren Bearbeitung verbracht wurden.



Abb. 50: Akustischer Strömungsmesser auf der Station Fehmarnbelt vor und nach der Reinigung, (Autor)

Mit Inbetriebnahme der automatischen Messstationen ergaben sich völlig neue Probleme bei der Aufrechterhaltung des Messbetriebes. Die früher bestehende Infrastruktur existierte nicht mehr. Die Versorgungsfahrten zu den bemannten Feuerschiffen waren mit dem Einzug des letzten bemannten Feuerschiffs zum Erliegen gekommen. Möglichkeiten zum regelmäßigen Besuch der Stationen zu Wartungszwecken mussten gefunden werden. Dies erwies sich als sehr schwierig, da es nicht möglich war, einen regelmäßigen Zugang zu den automatischen Stationen einzurichten, wie es bei den 14tägigen Versorgungsfahrten zu den bemannten Feuerschiffen der Fall gewesen war, die zudem nur bei schlechtesten Wetterbedingungen ausfielen

und dann zum nächst möglichen Zeitpunkt nachgeholt wurden. Die Schiffe des *Deutschen Hydrographischen Instituts* und nach 1990 des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie* konnten und können nicht so flexibel genutzt werden, dass bei Bedarf sofort ein Schiff zu Verfügung steht. Fällt eine geplante Wartungsreise, weil kein Schiff zur Verfügung steht, oder die Wetterbedingen eine Bereisung der Stationen unmöglich macht, aus, wird zwar versucht, möglichst bald eine neue Reise durchzuführen, was aber sehr häufig nicht möglich ist und ein längerer Zeitraum verstreicht, bevor eine Wartung der Stationen erfolgen kann. Dies kann dazu führen, dass eine Station über mehrere Monate hinweg nicht gewartet werden kann, eine Situation die hauptsächlich in den Wintermonaten mit langanhaltenden Schlechtwetterperioden auftritt, was zu einer erhöhten Ausfallrate führt.

Ein weiter kritischer Punkt stellt die permanente Verweilzeit der Messsensoren im Meerwasser dar. Bei den Messungen auf den bemannten Feuerschiffen wurden die Messinstrumente nur für kurze Zeit dem Meerwasser ausgesetzt, was keinen Einfluss auf die Geräte hatte. Bei den automatischen Messstationen verbleiben die Messgeräte mitunter mehrere Monate ununterbrochen im Meerwasser und unterliegen permanenten mechanischen, chemischen und biologischen Einflüssen und Belastungen.

Biologischer Bewuchs (Abb. 50) stellt ein prinzipielles Problem beim Betrieb der Sensoren dar. Solange alternative Mittel nicht zur Verfügung stehen, bleibt als einzige Abhilfe die Reinigung der Sensoren, um Funktionsstörungen und nicht tragbare Verminderung der Datenqualität zu vermeiden. Monatliche Reinigung hat sich als annehmbarer Kompromiss herausgestellt. Zukünftig sollen neuartige, Bewuchs unempfindliche Sensoren verwendet werden. Um den Einfluss von Bewuchs auf die Werte der akustischen Strömungsmesser (ADCP) beurteilen zu können, müssen erst genügend lange Zeitreihen und geeignete Vergleichsmöglichkeiten vorliegen.

Ein spezielles Problem war lange Zeit die ungenügende Stabilität und Genauigkeit der Sauerstoff-Sensoren. Alle, bis zur Einführung optochemischer Sensoren auf dem Markt verfügbaren Sensoren benutzten Clark-Zellen und litten unter denselben Unzulänglichkeiten. Durch Einführung von Sensoren mit offenen Clark-Zellen und kontinuierlicher Selbstreinigung konnten diese Probleme vermindert werden, wobei allerdings das Problem des Einschwingverhaltens nicht befriedigend gelöst werden konnte. Zusätzlich traten bei diesen Sensoren nach einiger Zeit vermehrt mechanische Probleme auf. Die seit 2008 eingesetzten optochemischen Sensoren liefern aussagekräftige Sauerstoffsättigungswerte wobei es auch bei diesen Senso-

ren zu Ausfällen durch Biofouling-Prozesse kommen kann. Das robuste Messverfahren und die mechanische Stabilität garantieren aber eine hohe Verfügbarkeit der Messwerte.

6.5 Die Daten

Ab 1982 konnten neben den Daten der bemannten Feuerschiffe auch Messwerte der automatischen Messstation *Kiel* bereitgestellt werden. Sie wurden im Heft Nr. 54 der *Meereskundlichen Beobachtungen und Ergebnisse* erstmalig abgedruckt⁶³⁶. Allerdings enthielt das Heft nur graphische Darstellungen der Messwerte der Station, aber keine Zahlentabellen. 1985 wurden erstmalig auch die Messwerte der Station *Fehmarnbelt* graphisch dargestellt⁶³⁷. Im darauffolgenden Jahr 1986 kamen dann auch die Zahlentabellen der Station *Kiel* hinzu⁶³⁸. Ein Jahr später, 1987, erfolgte der Abdruck der Tabellenwerte der Station *Fehmarnbelt*. Neu hinzu kamen graphische Darstellungen der Messwerte und die dazugehörigen Tabellenwerte der Station *Forschungsplattform Nordsee*⁶³⁹. Von 1989 an wurden bei den Stationen, auf denen der *Deutsche Wetterdienst* Messungen durchführte, die meereskundlichen Werte durch den Abdruck der meteorologischen Parameter von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur ergänzt.

Dieses Schema der Veröffentlichung der Daten der automatischen Messstationen in Papierform wurde bis 1994 beibehalten⁶⁴⁰. Nach der Veröffentlichung des Heftes Nr. 82 der *Meereskundlichen Beobachtungen und Ergebnisse* wurde diese Publikation aufgrund von Sparmaßnahmen eingestellt und ab diesem Zeitpunkt liegen die Messwerte der automatischen Stationen nicht mehr in Papierform vor. Sie sind ab diesem Zeitpunkt lediglich in digitaler Form archiviert.

Sowohl maritim-meteorologische als auch ozeanographische Daten des stationären Überwachungsmessnetzes sind in Echtzeit verfügbar und werden auf Anforderung vom *Deutschen Wetterdienstes* beziehungsweise des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie* verteilt.

⁶³⁶ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1982, 1983, S. 108.

⁶³⁷ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1985, 1986, S. 81-85.

⁶³⁸ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1986, 1987, S. 81-89.

⁶³⁹ Deutsches Hydrographisches Institut, *Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse* 1987, 1988, S. 98-111.

Kommerzielle Nutzer müssen für die Versorgung mit Daten und Produkten eine Gebühr errichten. Die Höhe der Gebühr wird durch das Entgeltverzeichnis für digitale Daten des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie* (Stand: 1. Januar 2013) festgelegt. Öffentliche und wissenschaftliche Einrichtungen erhalten die Daten kostenlos.

Ein Teil der Echtzeitdaten, dazu gehören Temperatur- und Salzgehaltswerte, wird in das Netz des *Global Telecommunication System (GTS)* eingespeist, aus dem sie von öffentlichen Institutionen, die Zugang zu diesem Kommunikationssystem haben, entnommen werden können.

Die geprüften Jahresdatensätze der Messnetzstationen werden an das *Deutsche Ozeanographische Datenzentrum (DOD)* im *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* abgegeben und können ebenfalls von dort angefordert werden.

Alle Informationen über die Messstationen und die verfügbaren Daten zusammen mit graphischen Darstellungen der Messwerte findet man auch im Internet.

6.6 Ausblick

Das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* erhebt seit 2009 Messungen auf insgesamt 12 Messnetzstationen, von denen nur fünf ihm selbst gehören. Vier Stationen gehören Wasser- und Schifffahrtsverwaltungen an Nord- und Ostsee und weitere drei Stationen nämlich die Stationen *Fino 1* und *Fino 3* vom *Forschungs- und Entwicklungszentrum der Fachhochschule Kiel GmbH*⁶⁴¹ und die Station *Fino 2* seit 2010 von *DNV GL* (vormals *GL Garrad Hassan*)⁶⁴² von nichtstaatlichen Trägern betrieben werden.

Der älteste feste Geräteträger, der Leuchtturm *Kiel*, ist nun schon 48 Jahre in Betrieb und bedarf dringend einer umfangreichen Renovierung, die ältesten schwimmenden Geräteträger, die Großtonne *Fehmarnbelt* und die *Nordseeboje II* sind ebenfalls schon über 40 Jahre alt. Beide wurde im Laufe ihres Einsatzes umgebaut und renoviert. Die jüngste Station ist die Station *Fino 3*, die im Jahre 2009 errichtet wurde.

⁶⁴⁰ Deutsches Hydrographisches Institut, Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse 1994, 1997, 184 S.

⁶⁴¹ Forschungs- und Entwicklungs-Zentrum FH Kiel GmbH, Pressemitteilung vom 7. 3. 2012.

⁶⁴² Det Norske Veritas Germanischer Lloyd.

In Anbetracht des fortgeschrittenen Alters einiger Geräteträger, auch die beiden unbemannten Feuerschiffe und das Reservefeuerschiff sind mittlerweile zwischen 28 und 33 Jahre alt, ist damit zu rechnen, dass sie in einigen Jahren ans Ende ihrer Lebenszeit gelangen und ersetzt werden müssen (Tabelle 3). Damit ein reibungsloser Übergang erfolgen kann, müssen die Planungen für einen Ersatz der alten Geräteträger schon mehrere Jahre vor ihrer Außerdienststellung beginnen.

Tabelle 3: Übersicht über die garantierte Laufzeit der MARNET-Messstationen in Nord- und Ostsee

Station	Garantierte Laufzeit bis	Station	Garantierte Laufzeit bis
Deutsche Bucht	2023	Kiel	
Ems	2023	Fehmarnbelt	2024
NSB 2	2028*	Darßer Schwelle	2023**
NSB 3	2038*	Arkonabecken	2023**
FINO 1	2028	Oderbank	2023**
FINO 3	2028	FINO 2	2023

* gemäß letzter Generalüberholung mit entsprechender Befundung; längere Laufzeit möglich

** Laufzeitgarantie aufgrund der letzten Generalüberholung; längere Laufzeit möglich

Laufzeiten aller WSV- Geräteträger gemäß Zusagen WSV

Laufzeiten der FINO Plattformen gemäß Auslegung bei Bauwerksplanung

643

Da das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* lediglich fünf eigene Stationen besitzt, von denen nur die *Nordseeboje II* über ein hohes Alter verfügt, ist es beim Ersatz der restlichen Stationen auf die Zusammenarbeit mit den anderen Betreibern der Stationen angewiesen. Die von den Wasser- und Schifffahrtsämtern betriebenen Stationen werden in ihrer jetzigen Form als Seezeichen für die Sicherheit der Schifffahrt nicht mehr gebraucht. Sie könnten durch einfachere Seezeichen ersetzt werden, auf denen es aber dann nicht mehr möglich wäre,

⁶⁴³ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Gesamtkonzept über den Betrieb und die Weiterentwicklung des marinen Umweltüberwachungsmessnetzes auf dem Deutschen Festlandssockel, MARNET, 2015.

meteorologische und meereskundliche Messungen durchführen, oder dies im besten Fall nur eingeschränkt fortgeführt werden könnte.

Die Zukunft wird zeigen, ob es gelingt, eine für alle Beteiligten akzeptable Lösung zu finden. Das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* alleine wird aufgrund fehlender finanzieller Möglichkeiten nicht in der Lage sein, alle Stationen durch eigene Systeme ersetzen zu können. Dies wäre nur dann möglich, wenn diese Systeme wesentlich kleiner und preiswerter als die alten wären. Um für alle Fälle gerüstet zu sein, hat seitens des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie* die Suche nach akzeptablen Ersatzlösungen bereits begonnen.

Für die langfristige Überwachung der See zum Schutz der Bevölkerung und zur Unterstützung der Schifffahrt und der Offshore-Industrie sowie als Entscheidungshilfe für zukünftige Maßnahmen um den Folgen des sich abzeichnenden Klimawandels begegnen zu können, leistet das *Marine Umweltmessnetz in Nord- und Ostsee* wertvolle Dienste. Dies ist eine langfristige Aufgabe, die über Generationen hinweg fortgeführt werden muss. Dafür kommen besonders staatliche Stellen in Frage, denn weder Forschungseinrichtungen noch private Betreiber können einen Dauerbetrieb von Messstationen über Jahrzehnte hinweg garantieren.

Damit auch weiterhin diese Aufgaben wahrgenommen werden können, bedarf es in der Zukunft einer gesicherten Finanzierung. Der demnächst anstehende Ersatz vieler Stationen des Messnetzes wird zusätzliche Mittel erfordern. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen herkömmlicher Art sind nur bedingt auf das Messnetz anwendbar. Es ist beispielsweise sehr schwer abzuschätzen, wie groß der durch eine exakte Sturmflutwarnung und rechtzeitig getroffene Sicherungsmaßnahmen abgewendete Schaden ohne diese Maßnahmen wäre. Daher ist es sehr schwierig, politisch verantwortliche Entscheidungsträger von der Notwendigkeit der Bereitstellung ausreichender Finanzmittel für ein marines Messnetz zu überzeugen. Dies gilt besonders in Zeiten knappen Geldes, wenn aus politischer Sicht andere Maßnahmen wichtiger erscheinen. Zudem kommt hinzu, dass nur selten das Verständnis für die Notwendigkeit einer auf Jahrzehnte ausgerichteten Aufgabe in einer von kurzfristigen Veränderungen geprägten Welt vorhanden ist.

Es bleibt zu hoffen, dass es zum Wohle kommender Generationen auch weiterhin gelingt, die vor 140 Jahren begonnenden meteorologischen und meereskundlichen Messungen in Nord- und Ostsee sinnvoll weiterführen zu können.

7. Resümee

1868 errichtete der Hamburger Kaufmann H. A. Meyer erstmalig in Deutschland ein marines Messnetz mit acht Küstenstationen an den Ufern der westlichen Ostsee. Zu einer Zeit, als sich die Erforschung der Meere noch am Anfang befand, wurden systematische meteorologische und meereskundliche Messungen durch freiwillige Mitarbeiter durchgeführt.

Diese Daten halfen ihm, die Lebensbedingungen von Fauna und Flora in der westlichen Ostsee zu erfassen, um damit unter anderem Rückschlüsse auf die Verbreitung der Pflanzen und Tiere ziehen zu können.

Mit seinen Messstationen in der Ostsee hat Meyer damit die Grundlagen für die erste systematische Erforschung der deutschen Küstengewässer unter Benutzung fester Stationen und zeitlich regelmäßig vorgenommener Messungen gelegt. Dieses Prinzip gilt auch heute noch, sowohl für die Küstenstationen, als auch für die sich auf See befindlichen Messstationen.

Die von Meyer initiierten Messungen wurden von der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere*,⁶⁴⁴ nach ihrer Gründung im Jahre 1870 weitergeführt.

Eins der vier Mitglieder der Kommission, der Kieler Universitätsprofessor Gustav Karsten, übernahm die Aufgabe, ein erweitertes Netz von Messstationen an Nord- und Ostsee, zu denen auch bemannte Feuerschiffe gehörten, ab 1871 zu errichten sowie die Bearbeitung der Daten vorzunehmen⁶⁴⁵.

Vergleichstests mit modernen Messgeräten zeigten, dass die mit bescheidenen Mitteln erhobenen Daten, unter anderem wurde eine Bierflasche als Wasserschöpfer verwendet, auch heute noch zur Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen herangezogen werden können.

Zusammen mit anderen Daten startete Karsten einen Versuch, die grundlegenden hydrographischen Eigenschaften der deutschen Küstengewässer und ihre Veränderlichkeit mit der Zeit zu erfassen⁶⁴⁶.

⁶⁴⁴ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1871, 1873, S. V-XI.

⁶⁴⁵ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1871, 1873, S. 1-36.

⁶⁴⁶ Aufgrund des geringen Datenmaterials konnten die grundlegenden hydrographischen Eigenschaften der deutschen Küstengewässer zu dieser Zeit nur unvollständig erfasst werden. Die Linien gleicher Temperatur erscheinen daher in den Abbildungen der unterschiedlichen Monate teilweise nur buchstückhaft.

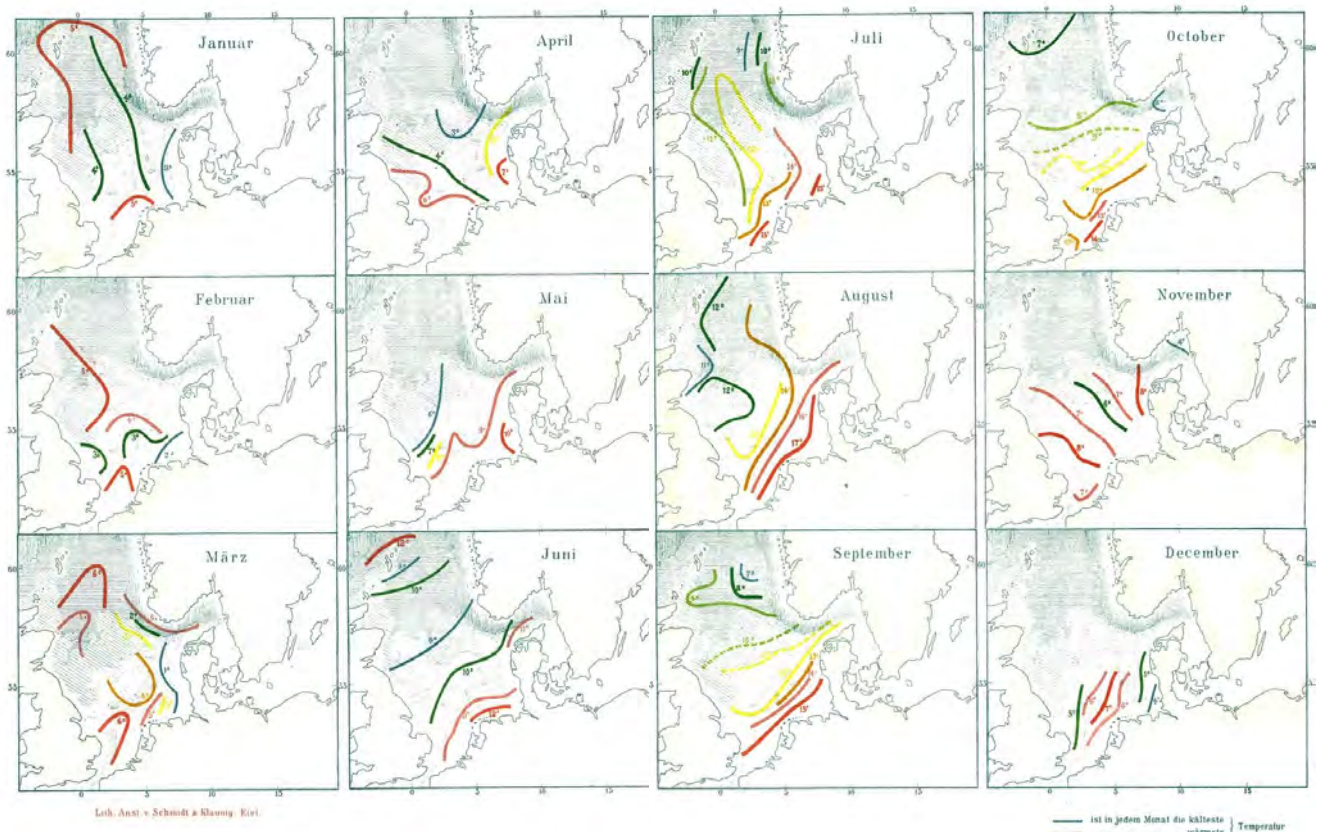


Abb. 51: Monats-Isothermenkarte der Nordsee, (Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1877-1878-1879-1880-1881, 1884, S. 58-59.)

Von ganz besonderer Bedeutung hierfür ist die von ihm erstellte Abbildung (Abb. 51) der Monats-Isothermen des Oberflächenwassers der Nordsee⁶⁴⁷. Es handelt sich bei den Zeichnungen um einen ersten Versuch, die jährliche Schwankung der Oberflächentemperatur der Nordsee darzustellen⁶⁴⁸.

Von 1873 bis 1893 wurden die gemessenen Daten in einer eigenen Veröffentlichungsreihe den *Ergebnissen der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten*, abgedruckt⁶⁴⁹. Nach dem altersbedingten Ausscheiden Karstens wurden die Messungen zwar nicht eingestellt, denn in Promotionen und anderen wissenschaftlichen Arbeiten mit speziellen Problemstellungen finden sich Teile der gemessenen Daten, doch erfolgte keine weitere Bearbeitung und Veröffentlichung der Daten seitens der Kommission.

⁶⁴⁷ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1877-1878-1879-1880-1881, 1884, S. 58-59.

⁶⁴⁸ Diese Art der Temperaturdarstellung der Oberflächenwassertemperatur der Nordsee nahm das *Deutsche Hydrographische Institut* vor nahezu 50 Jahren wieder auf. Seit 1968 wird die monatliche Temperaturverteilung der Nordsee in Isothermenkarten dargestellt.

⁶⁴⁹ Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Ergebnisse der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten 1873-1893, 1874-1895.

Dies hatte mehrere Gründe. Nach dem Ausscheiden Karstens gab es kein Mitglied mehr in der Kommission, das sich in dem Maße, wie er es getan hatte, mit der Erfassung der physikalischen Eigenschaften der Wassermassen in Nord- und Ostsee beschäftigte. Die verbliebenen Mitglieder legten den Schwerpunkt ihrer Forschung auf biologische Fragestellungen.

Da die finanziellen Mittel der Kommission beschränkt waren und über die Jahre hinweg konstant blieben, die Aufgaben, besonders nach der Gründung der Biologischen Anstalt Helgoland im Jahre 1892, aber stetig zunahmen, wurde nach Einsparmöglichkeiten gesucht, damit die der Kommission zur Verfügung stehenden Mittel durch die Kosten des Messnetzes nicht zu Lasten der anderen Aufgaben zu sehr belastet wurden. Die Einstellung der Veröffentlichung der Daten des Messnetzes und damit die Einsparung der Druckkosten, lieferte einen Beitrag dazu, dass finanzielle Mittel für andere Aufgaben frei gemacht werden konnten.

Karsten hatte das Messnetz mit seinen Stationen in Nord- und Ostsee errichtet und mehr als 20 Jahre betrieben, um Daten für die Beschreibung des hydrographischen Zustandes und seiner Veränderlichkeit in Raum und Zeit von diesen Meeresregionen zu erhalten. Eine weitere Verwendung der Daten hinsichtlich spezieller Forschungen hatte er nicht. Nach seinem Ausscheiden sahen die verbliebenen Mitglieder keinen weiteren Nutzen in diesen Daten für ihre eigenen Arbeiten. Man entwickelte kein Konzept, wie diese Daten zur Unterstützung der unterschiedlichen Forschungsprojekte herangezogen werden konnten.

Dies lag daran, dass die Errichtung und der Betrieb eines Messnetzes nicht in das Aufgabenbild der Kommission passten. Ihre Forschung bezog sich auf die Lösung spezieller Problemstellungen, die innerhalb einer bestimmten Zeit erarbeitet wurden. Die dafür notwendigen Daten wurden im Rahmen dieser Projekte erhoben. Nach Beendigung des jeweiligen Projektes war keine Notwendigkeit mehr gegeben, weitere Messungen durchzuführen.

Die Errichtung und der Betrieb eines Messnetzes dienen aber weniger dazu, Daten zur Lösung spezieller wissenschaftlicher Fragestellungen zu liefern, sondern sie bilden die Grundlage für Aufgaben wie beispielsweise das Sammeln meteorologischer Daten um Wettervorhersagen und Unwetterwarnungen zu erstellen, die routinemäßig und zeitlich unbegrenzt durchgeführt werden müssen. Für Aufgaben dieser Art sind wissenschaftliche Institutionen nicht geeignet, da ihre Projekte zeitlich be-

grenzt sind und sie zudem keine hoheitlichen Aufgaben⁶⁵⁰ übernehmen. Staatliche Institutionen hingegen führen vielfach regelmäßige Aufgaben durch, die ihnen per Gesetz übertragen werden und für die sie geeignetes Datenmaterial benötigen. Daher werden von ihnen Messnetze errichtet und betrieben, die auf die speziellen Aufgaben der Institutionen hin ausgerichtet sind.

Nach Ende des Ersten Weltkrieges übernahm die *Deutsche Seewarte* die Aufgabe, meteorologische und meereskundliche Messungen auf den bemannten Feuerschiffen in Nord- und Ostsee zu erheben. Dies erfolgte jedoch nicht in dem der *Deutschen Seewarte* diese Aufgabe von staatlicher Seite übertragen wurde, sondern geschah, weil ihr ein großer Teil ihrer Aufgaben durch die Bestimmungen der Siegermächte abhanden gekommen war und sie sich gezwungenermaßen nach einem neuen Tätigkeitsfeld umsehen musste, denn die bisherige, ozeanweite Erforschung der Meere zur Unterstützung der weltweit operierenden Handelsflotte verlor ihre Grundlage mit der weitgehenden Ablieferung der Handelsflotte an die Siegermächte und der Reduzierung der Kriegsmarine auf die Verteidigung der Küstengewässer⁶⁵¹.

Da die *Deutsche Seewarte* schon seit 1884⁶⁵² meteorologische und meereskundliche Messungen auf einigen Feuerschiffen für ihre eigenen Aufgaben, zu denen unter anderem der Sturmwarndienst, der Eismeldedienst und das Erstellen von Atlanten und Karten der Wind- und Wetterverhältnisse auf See sowie der Gezeiten- und Stromverhältnisse zur Unterstützung der Schifffahrt gehörten⁶⁵³, erhob, lag es auf der Hand, weitere Feuerschiffe für Messungen zu nutzen, um damit eine wesentlich größere Datenbasis für die Erledigung der eignen Aufgaben zu erhalten.

Ab 1920 begannen die regelmäßigen Messungen. Zuerst waren es zwei, ab 1936 dann 16 bemannte Feuerschiffe, die meteorologische und meereskundliche Daten für die *Deutsche Seewarte* erhoben. Besonderer Wert wurde dabei auf die Messungen von Windstärke und Windrichtung (Abb. 52) und die Erfassung der Strömung und des Seegangs gelegt, da diese Informationen von großer Bedeutung für die Schifffahrt waren und bislang kaum Messungen dieser Parameter vorlagen.

⁶⁵⁰ Hoheitliche Aufgaben sind solche Aufgaben, deren Erfüllung dem Staat kraft öffentlichen Rechts obliegen (Bundeszentrale für politische Bildung, Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland, Artikel 33, Absatz 4, S. 26, 2006). Dazu gehört beispielsweise die Aufgabe, die Bevölkerung vor Unwettern und anderen Naturkatastrophen zu warnen und Maßnahmen zu ihrem Schutz zu treffen.

⁶⁵¹ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1919-1920, 1921, S. 19.

⁶⁵² Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1884, 1884, S. 13.

⁶⁵³ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1919-1920, 1921, S. 12.

Nachdem die wirtschaftlichen Schwierigkeiten in den ersten Nachkriegsjahren überwunden worden waren, wurden die auf den Feuerschiffen erhobenen Daten ab 1924 in einer eigenen Publikationsreihe, den *Meereskundlichen Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*⁶⁵⁴, veröffentlicht. Die Daten von 1920 bis 1923 konnten, obwohl schon aufbereitet, aufgrund der fehlenden Mittel nicht abgedruckt werden und sind verloren gegangen⁶⁵⁵. Ab 1932 konnten dann auch die meteorologischen Messungen als Beiheft zum *Deutschen Meteorologischen Jahrbuch* in Druckform herausgegeben werden.

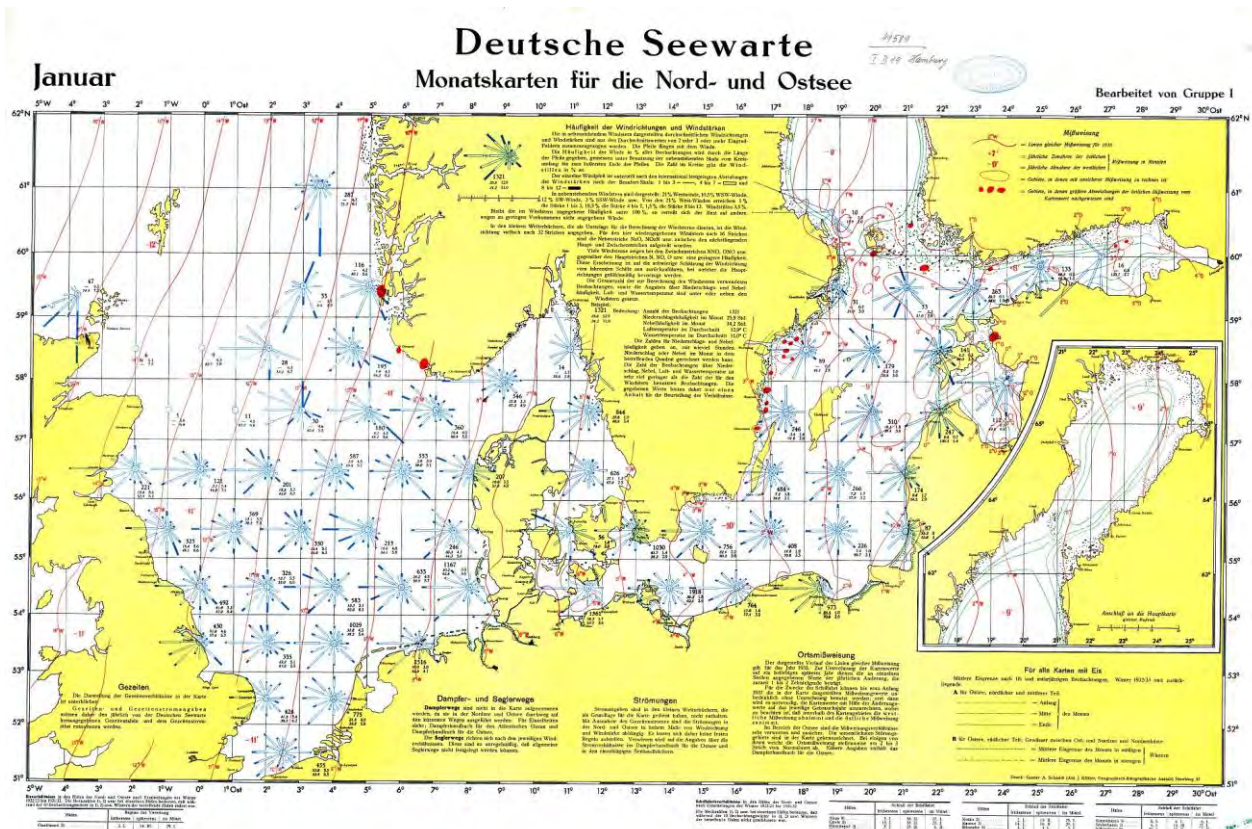


Abb. 52: Monatskarte der Häufigkeit der Windrichtungen und Windstärken, Januar, (Deutsche Seewarte, Monatskarten für die Nord- und Ostsee, 1935.)

Die Herausgabe der deutschen Daten ergänzte entsprechende meteorologische und meereskundliche Daten die schon über viele Jahre hinweg in Finnland, Schweden, Dänemark und Holland regelmäßig erhoben und veröffentlicht wurden⁶⁵⁶.

Die Daten wurden aber nicht nur von der Deutschen Seewarte als Grundlage für ihre routinemäßigen Aufgaben genutzt, sondern dienten unter anderem auch der Unterstützung der fischereibiologischen Forschung der *Deutschen Wissenschaftli-*

⁶⁵⁴ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1924-1942, 1928-1944.

⁶⁵⁵ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1926, 1927, S. 31.

⁶⁵⁶ Deutsche Seewarte, Meereskundliche Beobachtungen 1924/1925, 1928, S. III.

chen Kommission für Meeresforschung. Neben Schiffsdaten wurden alle Daten der Feuerschiffe in der Nordsee der Jahre 1920 bis 1932 zur Erfassung und Kontrolle des Schollenbestandes in der Deutschen Bucht herangezogen. In den Jahren 1930 bis 1933 wurde dafür zeitweilig ein verstärkter Beobachtungsdienst auf den Feuerschiffen eingerichtet⁶⁵⁷.

Im Laufe der Jahre wurden die alten Messgeräte, die noch von der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere* übernommen worden waren, durch modernere Instrumente ersetzt. Die Bierflasche zur Entnahme von Wasserproben musste einem „Pettersson-Nansen-Wasserschöpfer“ weichen und das gummiisolierte Thermometer für die Tiefentemperaturmessungen wurde durch ein spezielles Thermometer im Wasserschöpfer ersetzt. Dies vereinfachte die Messungen erheblich und auch der Zeitaufwand verringerte sich. Die Salzgehaltsbestimmung erfolgte nicht mehr durch Dichtemessung mittels eines Aerometers an Bord, sondern bis 1924 mit Hilfe einer optischen Messmethode, es kam ein Zeißsches Wasserinterferometer zum Einsatz⁶⁵⁸, und von da an durch Titration im Labor der *Deutschen Seewarte*. Dies entlastete die Besatzung der Feuerschiffe und schloss die Fehler, die bei der Messung an Bord durch die schwierige Handhabung des Aerometers möglich waren, aus.

Ebenso wurden die bisher benutzten meteorologischen Messinstrumente nach und nach durch modernere Geräte ersetzt beziehungsweise ergänzt. Auf einigen Feuerschiffen wurden Standardwetterhütten installiert und Minimum- und Maximum-Thermometer, Aßmannsche Psychrometer zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit sowie selbstregistrierende Schalenkreuzanemometer⁶⁵⁹ zur Erfassung der Windstärke eingeführt.

Bei Beginn des Zeiten Weltkrieges wurden die Feuerschiffe eingezogen, um feindlichen Seestreitkräften die Annäherung an die Deutsche Küste zu erschweren. Damit entfielen die meteorologischen und meereskundlichen Messungen. Im Laufe des Krieges wurden vereinzelt Feuerschiffe für kurze Zeit ausgelegt, um Aktionen der eigenen Marine zu unterstützen. Während dieser Zeit wurden die Messungen wieder aufgenommen. Die einzige Feuerschiffposition, auf der auch während des Krieges ohne allzu große Unterbrechungen weiter Messungen vorgenommen wurden, war die Feuerschiffposition *Fehmarnbelt*, da sie außerhalb der Reichweite alliierter Seestreitkräfte lag.

⁶⁵⁷ Deutsche Wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung 1933, S. 180.

⁶⁵⁸ Deutsche Seewarte, Jahresbericht 1921, 1922, S. 21.

⁶⁵⁹ Deutsche Seewarte, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch 1938, 1940 S. VI.

Nach Beendigung des Zweiten Weltkrieges wurde die *Deutsche Seewarte* durch die alliierten Siegermächte aufgelöst. Da aber dringender Bedarf an der Weiterführung hydrographischer Arbeiten bestand, wurde ein Provisorium ohne definierte Rechtsgrundlage, das *German Maritime Institut* ins Leben gerufen, das diese Aufgaben wahrnahm. Es wurde im Dezember 1945 in *Deutsches Hydrographisches Institut* umbenannt und vom alliierten Kontrollrat genehmigt.

Bereits im Oktober 1945 wurden die meteorologischen Messungen auf den wieder ausgelegten Feuerschiffen aufgenommen. Der Beginn meereskundlicher Messungen verzögerte sich, da aufgrund anderer dringlicherer Arbeiten keine Kapazitäten dafür bereit standen⁶⁶⁰. Vom Herbst 1947 bis zum Frühjahr 1948 nahmen dann die Feuerschiffe nach und nach die meereskundlichen Messungen wieder auf⁶⁶¹.

Bei der Wiedereinführung der meteorologischen und meereskundlichen Messungen auf den Feuerschiffen in der Deutschen Bucht und in der westlichen Ostsee war man seitens des *Deutschen Hydrographischen Instituts* bemüht, die Messungen, wie sie von der *Deutschen Seewarte* eingeführt waren, möglichst mit der damals angewendeten Systematik weiterzuführen, damit ein quantitativer wie auch qualitativer Bruch in den Messungen vermieden wurde.

Auch blieben die bislang verwendeten Messinstrumente im Einsatz, da sie auch weiterhin den Ansprüchen genügten. Lediglich das Verfahren zur Bestimmung des Salzgehaltes änderte sich. Nach 1961 wurde der Salzgehalt nicht mehr durch Titration sondern über die Bestimmung der Dichte mit Hilfe eines Klein-Aräometers und einer Torsionswaage bestimmt⁶⁶². Ab 1967 kam das bis heute verwendete Verfahren der Bestimmung des Salzgehaltes durch Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit des Meerwassers zum Einsatz.

Die vom *Deutschen Hydrographische Institut* auf den Feuerschiffen erhobenen meereskundlichen Daten wurden in einer eigenen Publikationsreihe, den *Meereskundlichen Beobachtungen und Ergebnisse, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*, bis zu Außerdienststellung der letzten bemann-ten Feuerschiffe im Jahre 1988 veröffentlicht. Gleichzeitig wurden diese Daten, zusammen mit den Daten die zuvor von der *Deutschen Seewarte* erfasst worden waren, digitalisiert und stehen so in elektronischer Form zu Verfügung.

⁶⁶⁰ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1946, 1947, S. 9-10.

⁶⁶¹ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1947, 1948, S. 32.

⁶⁶² Deutsches Hydrographisches Institut, *Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee* 1961, 1962, Einleitung.

Die Aufbereitung der meteorologischen Messungen oblag nach dem Krieg bis 1952 dem *Meteorologischen Amt Nordwestdeutschlands* und danach dem *Seewetteramt Hamburg* des *Deutschen Wetterdienstes*. Bis 1954 erfolgte der Abdruck der Daten im *Deutschen Meteorologischen Jahrbuch* und danach als Einzelveröffentlichung, den *Meteorologischen Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee*, deren letzter Band mit den Daten des Beobachtungsjahres 1987 ein Jahr später veröffentlicht wurde. Auch diese Daten wurden digitalisiert und stehen in elektronischer Form zur Verfügung.

In den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts zeichnete es sich ab, dass die Ära der bemannten Feuerschiffe in absehbarer Zeit zu Ende gehen würde. Zum einen war der Betrieb der bemannten Feuerschiffe aufgrund des hohen Personalaufwands sehr teuer und zum anderen wurden sie für die Sicherheit der Seeschifffahrt nicht mehr benötigt, da neue technische Entwicklungen preiswertere Alternativen boten⁶⁶³.

Der Einzug der bemannten Feuerschiffe hatte aber für Erhebung von meteorologischen und meereskundlichen Daten durch das *Deutsche Hydrographische Institut* tiefgreifende Folgen. Sollten weiterhin Daten erhoben werden, musste eine Technik entwickelt werden, die diese Daten automatisch bereitstellen konnte sowie geeignete Geräteträger, auf denen diese Technik zum Einsatz kommen sollte, entwickelt werden.

Die an die Geräteträger und alle ihre Untersysteme und Komponenten zu stellende Bedingungen betrafen eine hohe mechanische Belastbarkeit gegenüber dynamischen Belastungen durch Wind und See, geringe Anfälligkeit gegen Korrosion und Verschmutzung, hohe Langzeitbetriebszuverlässigkeit die mit großer Langzeitfunktionsstabilität einhergeht sowie Genauigkeitsanforderungen an die Messwertfassung-, Datenmanagement- und Datenübertragungssysteme.

Mit der Entwicklung dieser Geräteträger und der dazugehörigen Messsysteme betrat man technisches Neuland. Im Laufe der Zeit erkannte man, dass viele Probleme wie die Seefestigkeit der Systeme unterschätzt und Probleme erst im Laufe der Entwicklung der einzelnen Komponenten entstanden, die bei der Planung nicht vorhergesehen worden waren.

Im Laufe der Jahre gelang es, eine Vielzahl dieser Probleme wie Korrosion durch Seewasser, Kabelbrüche und Kabelabrisse, Geräteundichtigkeiten und Versagen der Hardwarekomponenten der Datenerfassungs- und Datentransfersysteme in

⁶⁶³ Wiedemann, 1998, S. 372.

den Griff zu bekommen. Damit konnte die Verfügbarkeit der Daten spürbar erhöht werden.

Ein Problem, das ebenfalls direkten Einfluss auf die Verfügbarkeit der Daten hat, ist die Erreichbarkeit einer Station. Sie ist entscheidend, ob bei Ausfall der Station eine Reparatur ohne größere Zeitverzögerung möglich ist. Lediglich die beiden einzigen per Hubschrauber erreichbaren Forschungsplattformen sind bis auf wenige Ausnahmen ganzjährig erreichbar. Bei den übrigen, nur per Schiff zu erreichenden Stationen⁶⁶⁴ zeigt sich, dass die Nordseestationen aufgrund ihrer exponierten Lage und der dort besonders im Winter herrschenden schlechten Witterungsverhältnisse bei Ausfall nicht sofort erreicht werden können und größere Ausfallzeiten entstehen. Bei den Ostseestationen sind die Ausfallzeiten geringer, da sie nicht so weit von Land entfernt sind und die Witterungsverhältnisse nicht ganz so schlecht wie in der Nordsee sind. Da die Wetterverhältnisse hierbei der entscheidende Faktor sind, kann dieses Problem prinzipiell nicht gelöst werden. Daher muss versucht werden, die Zahl der technisch bedingten Ausfälle so weit wie möglich zu minimieren um die Zahl der witterungsabhängigen Wartungsfahrten zu reduzieren.

Nach Errichtung einer automatischen Versuchsstation auf dem Leuchtturm Kiel⁶⁶⁵ und jahrelangen Tests konnte erstmalig 1985 der Routinebetrieb aufgenommen werden. Nach und nach wurden weitere automatische Messstationen eingerichtet bis der Ausbau dieses *Marinen Umweltmessnetzes in Nord- und Ostsee (MAR-NET)* mit der Einrichtung der 12ten Messstation im Jahre 2009⁶⁶⁶ vorerst ein Ende fand. Die Stationen verteilen sich auf jeweils sechs Stationen in der Nord- und der Ostsee. Als Geräteträger kommen drei Forschungsplattformen, zwei unbemannte Feuerschiffe, zwei Großbojen, zwei Diskusbojen und je ein Spierenhalbtaucher, ein Messmast und ein Leuchtturm zum Einsatz.

War die Zahl der Messungen an Bord der bemannten Feuerschiffe dadurch begrenzt, dass sie keinen Einfluss auf den Routinebetrieb nehmen durften, fielen nun diese Beschränkungen bei den automatischen Stationen weg. Die Zahl der Messungen war nur noch von der Leistungsfähigkeit ihrer Sensoren und der ihrer Datenaufbereitungssysteme abhängig. Ebenso war es nun möglich, Messungen in unterschiedlichen Messtiefen simultan vorzunehmen. Die Zahl der Messparameter nahm zu. Es wurden nicht nur Temperatur und Salzgehalt des Meerwassers gemessen,

⁶⁶⁴ Diese Stationen sind bautechnisch nicht so konzipiert, dass dort ein Hubschrauber landen oder Personal und Material abgeseilt werden könnte.

⁶⁶⁵ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1968, 1969, S. 54.

⁶⁶⁶ BINE, 2011, S. 1.

sondern auch der Sauerstoffgehalt und die Strömung in unterschiedlichen Tiefen sowie die Wassertiefe. Später kamen weitere Messungen wie die der Radioaktivität, der Alkalinität, des Nitrat/Nitrit- des Phosphat- und des Ammoniumgehaltes des Meerwassers hinzu. Bei Bedarf können die Stationen mit weiteren Sensoren bestückt und damit die Zahl der Messparameter weiter vergrößert werden.

Ein großer Fortschritt gegenüber der Verfügbarkeit der Daten, die auf den bemannten Feuerschiffen gewonnen und die nur zu einem ganz geringem Teil per Funk übertragen wurden, stellte die stündliche Übertragung der Daten der automatischen Stationen per Satellit dar. Die Daten standen nun in Echtzeit zur Verfügung, was besonders für die Vorhersage der Entwicklung von Extremsituationen besonders hilfreich war.

Mit der gestiegenen Zahl der Messparameter, der höheren Zahl der Messungen in Raum und Zeit und der sofortigen Verfügbarkeit der Daten ergaben sich neben den bisherigen Verwendungen eine Vielzahl neuer Nutzungsmöglichkeiten.

Die vermehrten Offshore-Tätigkeiten im Bereich der Energiegewinnung riefen einen erhöhten Bedarf an unterschiedlichen Daten hervor, die für die Planung und Errichtung der Windkraftanlagen notwendig sind.

Messungen der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung zeigen, ob der für einen Windpark vorgesehene Standort für die Erzeugung von Windenergie geeignet ist, denn die Errichtung von Windkraftanlagen macht nur dann Sinn, wenn ausreichend Wind vorhanden ist.

Seegangsdaten wie Wellenhöhe und Wellenrichtung werden beispielsweise benötigt, um berechnen zu können, welchen Extrembelastungen die Konstruktionen im Meer widerstehen müssen.

Die Kenntnisse über die Bodenwassertemperatur sind für die Dimensionierung der Stromkabelverbindungen zum Festland wichtig, denn die Kabel erwärmen sich und zwar um so stärker, je mehr Strom fließt. Eine übermäßige Erwärmung kann man durch entsprechende Kühlung oder einen vergrößerten Kabelquerschnitt verhindern. Die genaue Kenntnis der Bodenwassertemperatur mit der sich die zu erzielende Kühlung berechnen lässt, ermöglicht die optimale Dimensionierung der Kabel, was hilft, die Produktionskosten dieser teuren Spezialkabel zu minimieren.

Die in Echtzeit zur Verfügung stehenden Wetter- und Seegangsdaten ermöglichen eine optimale Planung der Wartungsfahrten zu den Windparks, denn Wind- und Wellenverhältnisse bestimmen, ob eine Fahrt möglich ist oder nicht.

Die kontinuierliche Erfassung unterschiedlicher Messgrößen über die gesamte Wassersäule ermöglicht es, spezielle meereskundliche Ereignisse präzise zu erfassen und in Echtzeit zu dokumentieren, was mit den wenigen, manuell erfassten Messdaten auf den Feuerschiffen nur unzureichend möglich war.

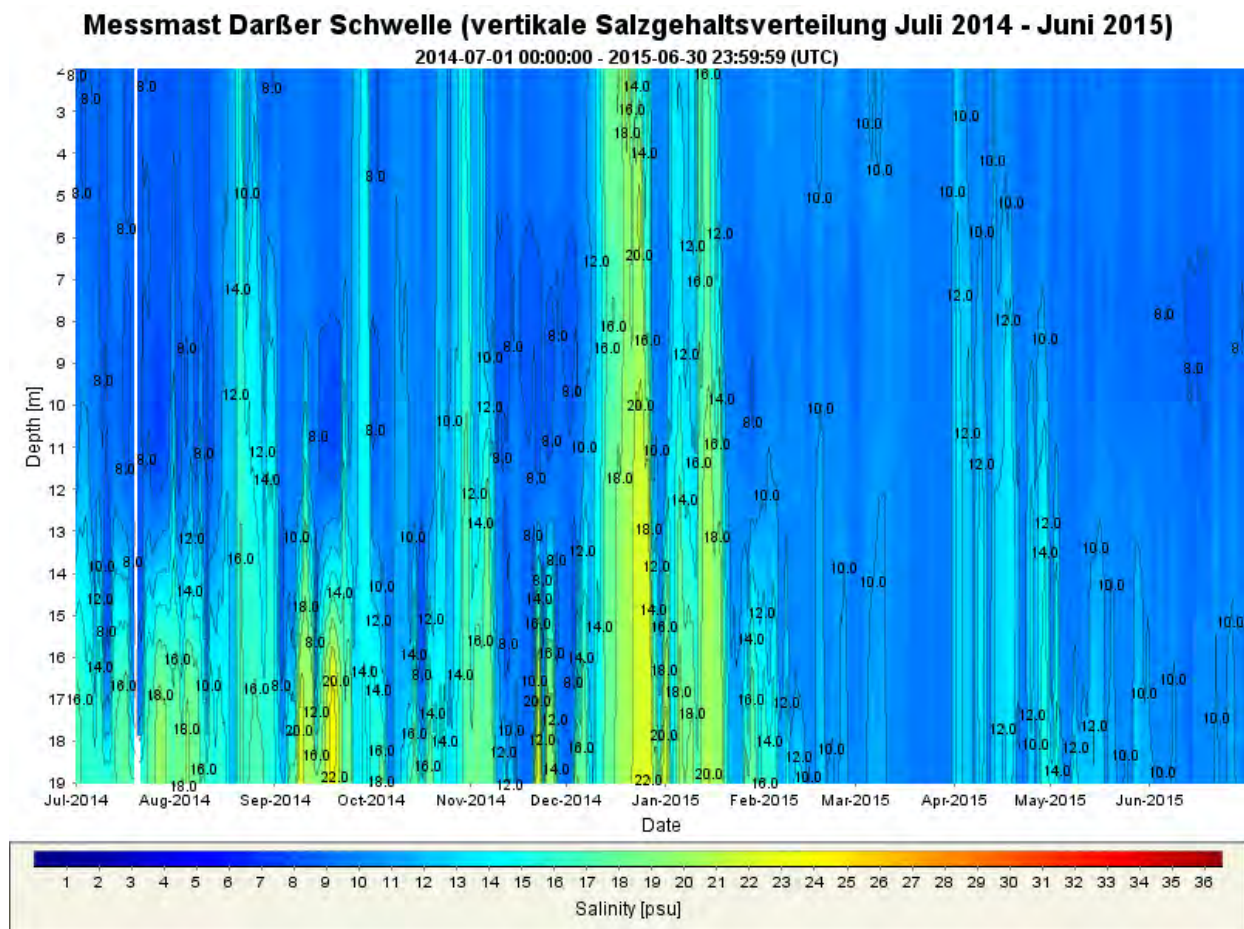


Abb. 53: Salzwassereinschub in die Ostsee im Dezember 2014, gelb = hohe Salzgehalte, blau = niedrige Salzgehalte, (Autor)

Ein besonders gutes Beispiel hierfür ist das Erfassen von Salzwassereinschüben in die Ostsee (Abb. 53). Da die Ostsee nur über drei schmale und relativ flache Öffnungen, den Kleinen Belt, den Großen Belt und den Sund mit Schwellentiefen von circa 15 bis 16 Metern mit der Nordsee verbunden ist, steht das Tiefenwasser der Ostsee nicht in direkten kontinuierlichem Austausch mit der Nordsee, was dazu führt, dass der Sauerstoffgehalt aufgrund biologischer Prozesse vermindert wird. In unregelmäßigen Abständen, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind⁶⁶⁷, strömt salz- und sauerstoffreiches Wasser aus der Nordsee ein und dringt aufgrund seiner Dichte in die Tiefenbereiche der Ostsee vor, wobei es das dortige sauerstoffarme,

⁶⁶⁷ Siehe hierzu: Matthäus, Franck, 1992, S. 1375-1400.

manchmal, wenn der Zeitraum zwischen den Einströmen mehrere Jahre beträgt, auch sauerstofffreie, Tiefenwasser ersetzt. Damit werden die Lebensbedingungen der in diesen Bereichen lebenden Tiere wesentlich verbessert.

Im Rahmen der Überwachung des Zustandes der Meere auf Schadstoffeinträge und Verschmutzungen liefern die automatischen Messstationen wichtige Hintergrundinformationen, um die Verteilungsmuster der überwachten Parameter erklären zu können. Die Überwachungsfahrten in die Deutsche Bucht finden vier bis fünf Mal im Jahr statt. Die kontinuierlich erhobenen Daten der automatischen Messstationen helfen, die auf diesen Fahrten zeitlich wie räumlich punktuell erfassten Parameter in einem Gesamtzusammenhang betrachten zu können.

Die Daten der automatischen Messstationen werden aber auch zusammen mit den auf den bemannten Feuerschiffen erhobenen Daten für aktuelle Forschungsprojekte genutzt. Zusammen mit anderen Daten bildeten sie die Grundlage für die Entwicklung neuer Klimatologien⁶⁶⁸ für die Nordsee. Diese Arbeiten erfolgten im Rahmen des Projektes „Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland (KLIWAS)“ des *Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur* in den Jahren 2009 bis 2013⁶⁶⁹.

Die Nutzungsmöglichkeiten der erhobenen Daten und damit die Bedeutung des *Marinen Umweltmessnetzes in Nord- und Ostsee* haben im Laufe der Jahre immer mehr zugenommen. Sogar die historischen Messungen, die auf den Feuerschiffen erhoben wurden, dienen heute als Basis für weitere Betrachtungen, an die bei ihrer Gewinnung vor vielen Jahrzehnten noch niemand dachte. Dies wird unter anderem auch dadurch deutlich, dass die meteorologischen und meereskundlichen Daten der Jahre 1873 bis 1893 momentan digital erfasst werden, um den bestehenden Satz historischer Daten zu vergrößern.

Für die langfristige Überwachung der See zum Schutz der Bevölkerung und zur Unterstützung der Schifffahrt und der Offshore-Industrie sowie als Entscheidungshilfe für zukünftige Maßnahmen um den Folgen des sich abzeichnenden Klimawandels begegnen zu können, leistet das *Marine Umweltmessnetz in Nord- und Ostsee* und die auf den Feuerschiffen erhobenen Daten, wertvolle Dienste.

⁶⁶⁸ Klimatologien sind Referenzdatensätze, mit denen aktuelle Daten verglichen werden und die Aufschlüsse auf Veränderungen liefern.

⁶⁶⁹ Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, KLIWAS Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland, Abschlussbericht, 2015, 111 S.

Deshalb ist es notwendig, dass das *Marine Umweltmessnetz in Nord- und Ostsee* auch in Zukunft weiter betrieben werden kann. Um dies zu gewährleisten, ist es notwendig, politisch verantwortliche Entscheidungsträger von der Notwendigkeit der Bereitstellung ausreichender Finanzmittel für ein marines Messnetz zu überzeugen⁶⁷⁰. Dies gilt besonders in Zeiten knappen Geldes, wenn aus politischer Sicht andere Maßnahmen wichtiger erscheinen. Zudem kommt hinzu, dass nur selten das Verständnis für die Notwendigkeit einer auf Jahrzehnte ausgerichteten Aufgabe in einer von kurzfristigen Veränderungen geprägten Welt vorhanden ist.

Vor nahezu 150 Jahren begann die Geschichte meteorologischer und meereskundlicher Messungen auf deutschen Feuerschiffen und automatischen Messstationen. Die über Jahrzehnte hinweg gesammelten Daten gehören zu den längsten meereskundlichen Zeitreihen in Deutschland und sind im Rahmen der Untersuchungen des sich abzeichnenden Klimawandels wieder stärker ins Blickfeld der Forschung gerückt.

Das Interesse an der Beschreibung der Art und Weise, wie diese Daten erhoben wurden und welchem Zweck sie ursprünglich dienten, war und ist aber, - zu Unrecht -, vergleichsweise gering. Dies drückt sich darin aus, dass bislang eine Gesamtbeschreibung der Geschichte der Erhebung meteorologischer und meereskundlicher Messungen fehlte. Diesem Umstand soll diese Arbeit abhelfen.

⁶⁷⁰ Die jährlichen Kosten für den Betrieb und Erhalt des *Marinen Umweltmessnetzes in Nord- und Ostsee* belaufen sich auf circa 3,85 Millionen €. Sie setzen sich aus den Personalkosten für insgesamt 19 Personen, den laufenden Mitteln, Investitionskosten und den für die Wartung der Stationen notwendigen Schiffstagen zusammen.

8. Liste der Abbildungen

- Abb. 1: Heinrich Adolph Meyer (1822 – 1899), (Anon. 1890)
- Abb. 2: Karl August Möbius (1825 – 1908), IFM-Geomar, Kiel)
- Abb. 3: Gustav Karsten (1820 – 1900), (IFM-Geomar, Kiel)
- Abb. 4: Victor Hensen (1835 – 1924), (IFM-Geomar, Kiel)
- Abb. 5: Übersichtskarte der Messstationen auf deutschen Feuerschiffen der
Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere (1872 - 1919)
- Abb. 6: Gummiisoliertes Wasserthermometer in Messinghülse, (Meyer, 1871, S. 13)
- Abb. 7: Messing-Aräometer, (Meyer, 1871, S. 10)
- Abb. 8: Glas-Aräometer, (Meyer, 1875, Tafel 1)
- Abb. 9: Wasserschöpfer nach Meyer, (Kommission zur wissenschaftlichen Untersu-
chung der deutschen Meere, Jahresbericht 1872-1873, 1875, Tafel 1)
- Abb. 10: Niskin – Wasserschöpfer und Bierflasche, (Autor)
- Abb. 11: Meereskundliche und meteorologische Daten der Station Wilhelmshaven
(Aussenjahde (Außenjade)) Juni 1873, (Ergebnisse der Beobachtungsstati-
onen an den deutschen Küsten über die physikalischen Eigenschaften der
Ostsee und der Nordsee und die Fischerei, 1874, Heft VI, S. 14)
- Abb. 12: Erste graphische Darstellung der Wassertemperaturen auf der Feuer-
schiffposition Aussenjahde (Außenjade) 1873 – 1876, (Autor)
- Abb. 13: Tabellen der Monatsmittelwerte der Temperatur und des Salzgehaltes an
der Station Fehmarnbelt, die aus den Werten der Jahre 1903 – 1911 ermit-
telt wurden, (Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Kiel, 1912, S. 219)
- Abb. 14: Auszug aus dem meteorologischen Journal der Feuerschiffstation Borkum-
riff vom Januar 1904, (Deutscher Wetterdienst)
- Abb. 15: Deutsche Seewarte (1868–1881), links, das neue Gebäude (1881 - 1945),
rechts, (BSH, Stabsstelle, Fotoarchiv)
- Abb. 16: Die Messstationen der Deutschen Seewarte (1920 – 1939) in Nord- und
Ostsee, (Meereskundliche Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der
Nord - und Ostsee, Jahr 1939, S. IV)
- Abb. 17: Chlortitration im Labor der Deutschen Seewarte, (BSH, Stabsstelle, Fotoar-
chiv)
- Abb. 18: Kopenhagener Standard-Wasserproben zur Bestimmung des Salzgehaltes,
(Autor)
- Abb. 19: Wasserprobenflaschen der Deutschen Seewarte, (Autor)

- Abb. 20: Pettersson-Nansen-Isolierwasserschöpfer, (McConnell, 1982, S. 126)
- Abb. 21: Stromkreuz zur Bestimmung der Oberflächenströmung, (Meereskundliche Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, Jahr 1936, S. VI)
- Abb. 22: Standardwetterhütte, (Standard Meteorological Instruments, Negretti & Zambra, 1939)
- Abb. 23: Aßmansches Psychrometer, (Standard Meteorological Instruments, Negretti & Zambra, 1939)
- Abb. 24: Schleuderthermometer, (Autor)
- Abb. 25: Selbstregistrierendes Schalenkreuzanemometer, (Standard Meteorological Instruments, Negretti & Zambra, 1939)
- Abb. 26: Das Dienstgebäude des Deutschen Hydrographischen Instituts in Hamburg Mitte der 1970er Jahre, (BSH, Stabsstelle, Fotoarchiv)
- Abb. 27: Die Messstationen des Deutschen Hydrographischen Instituts (1947 – 1988) in Nord- und Ostsee, (Meereskundliche Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, Jahr 1950, S. 3, Jahr 1951, S. 3 und Jahr 1978, S. 7)
- Abb. 28: Zwangswege in der Deutschen Bucht und der westlichen Ostsee, (Autor)
- Abb. 29: „Wasserschöpf“-Thermometer, (DHI, Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse, Nr. 6, 1954, S. 4)
- Abb. 30: Klein-Äräometer und Torsionswaage, (Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 1957, S. 103)
- Abb. 31: Wengersches Salinometer an Bord des U. S. amerikanischen Forschungsschiffs „Carnegie“ im Jahre 1928, (Carnegie Institution of Washington, 1946, S. 20)
- Abb. 32: „Australisches“ Salinometer, (Brown, Hamon, 1961, Fig. 5)
- Abb. 33: „Beckman“ Salinometer, (Grasshoff, Kremling, Ehrhardt, 1999, S. 57)
- Abb. 34: „Guildline 8400 B“ Salinometer, (Grasshoff, Kremling, Ehrhardt, 1999, S. 57)
- Abb. 35: Wasserprobenflaschen des Deutschen Hydrographischen Instituts, (Autor)
- Abb. 36: Hellmannscher Regenmesser (Handbuch der Meteorologischen Instrumente und ihrer Auswertung, 1935, S. 276)
- Abb. 37: Meteorologische Messungen auf der Feuerschiffposition Fehmarnbelt im Mai 1945, (Deutsches Meteorologisches Jahrbuch Britische Zone 1945/46, Teil IV, Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee) Lufttemperatur (T), Wassertemperatur (Tw), Sicht (V), Windrichtung

- (D), Windstärke (F), Wolkengebilde (C_L , C_M , C_H), Niederschlag (N, N_h)
- Abb. 38: Forschungsplattform Nordsee, (GKSS/IMS, 1975)
- Abb. 39: Wellenfolgende Diskusboje Meta 1, (Müller, 1978, S. 73)
- Abb. 40: Nordseeboje II, (Müller, 1978, S. 74)
- Abb. 41: Automatische Messstation am Leuchtturm Kiel, Schema der Datenerfassung und Datenfernübertragung, (BSH, Archiv, Band XLIII, Blatt4)
- Abb. 42: Die Messstationen des Marinen Umweltmessnetzes in Nord- und Ostsee (MARNET) seit 1985, (Autor)
- Abb. 43: T40-Temperatursensor, (Autor)
- Abb. 44: Offener Leitfähigkeitssensor, (Autor)
- Abb. 45: Clark-Zelle, (Autor)
- Abb. 46: Sauerstoffsonde mit offenen Elektroden und mechanischer Reinigung mittels Schleifstein (rot), (Autor)
- Abb. 47: Sauerstoffoptode mit Halterung und kupfernem Biofouling-Schutz, (Autor)
- Abb. 48: Akustischer Strömungsmesser, (Autor)
- Abb. 49: Phosphat-, Nitrat/Nitrit- und Silikatanalysatoren, (Autor)
- Abb. 50: Akustischer Strömungsmesser auf der Station Fehmarnbelt vor und nach der Reinigung, (Autor)
- Abb. 51: Monats-Isothermenkarte der Nordsee, (Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Jahresbericht 1877-1878-1879-1880-1881, 1884, S. 58-59.)
- Abb. 52: Monatskarte der Häufigkeit der Windrichtungen und Windstärken, Januar, (Deutsche Seewarte, Monatskarten für die Nord- und Ostsee, 1935.)
- Abb. 53: Salzwassereinschub in die Ostsee im Dezember 2014, gelb = hohe Salzgehalte, blau = niedrige Salzgehalte, (Autor)
- Abb. 54: Feuerschiff Aussen-Jade (Außenjade) von 1871, (Reichskanzler-Amt, Die Schiffsfahrtszeichen an der Deutschen Küste, 1878, Tafel 21, Fig. 33)
- Abb. 55: Das Feuerschiff Bremen (1853 – 1902), (Reichskanzler-Amt, Die Schiffsfahrtszeichen an der Deutschen Küste, 1878, Tafel 19, Fig. 29)
- Abb. 56: Das Feuerschiff Bürgermeister O'Swald (II) (1948-1988), (BSH, Stabsstelle, Fotoarchiv)
- Abb. 57: Feuerschiff Fehmarnbelt (1905-1965), (Wiedemann, 1998, S. 377)
- Abb. 58: Feuerschiff Minsener Sand von 1876, (Reichskanzler-Amt, Die Schiffsfahrtszeichen an der Deutschen Küste, 1878, Tafel 21, Fig. 34)
- Abb. 59: Schematischer Aufbau der MARNET-Station Akona Becken, (Stand: 2006),

(IOW)

Abb. 60: Schematischer Aufbau der MARNET-Station Darßer Schwelle, (Stand: 2000), (IOW)

Abb. 61: Schematischer Aufbau der MARNET-Station Deutsche Bucht, (Stand: 2015), (BSH)

Abb. 62: Schematischer Aufbau der MARNET-Station Fehmarnbelt, (Stand: 2001), (BSH)

Abb. 63: Modell der MARNET-Station Fino 1, (Autor)

Abb. 64: Modell der MARNET-Station Fino 3, (Autor)

Abb. 65: Schematischer Aufbau der MARNET-Station Kiel, (Stand: 2013), (BSH)

Abb. 66: Schematischer Aufbau der MARNET-Station Nordseeboje II, (Stand: 2001), (BSH)

9. Liste der Tabellen

Tabelle 1: Meteorologische Beobachtungen auf den Deutschen Feuerschiffpositionen (1945 – 1987), D. B. = Deutsche Bucht, F. B. = Fehmarn Belt

Tabelle 2: Übersicht über die MARNET-Messstationen in Nord- und Ostsee und die besonderen Beobachtungsobjekte auf den jeweiligen Positionen

Tabelle 3: Übersicht über die garantierte Laufzeit der MARNET-Messstationen in Nord- und Ostsee

10. Liste der Abkürzungen

ADCP	Acoustic Current Doppler Profiler Akustischer Strömungsmesser
AEG	Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft
AIOF	Association International d'Océanographie Physique
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
CANVAS	Contaminants and Nutrients in variable Sea Areas
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
CTD	Conductivity, Temperature, Depth „Leitfähigkeit, Temperatur, Tiefe“
DCP	Data Collection Platform
DGON	Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation e.V.
DHI	Deutsches Hydrographisches Institut
DIN	Deutsches Institut für Normung
DNV GL	Det Norske Veritas Germanischer Lloyd
DOD	Deutsches Ozeanographisches Datenzentrum
DS	Deutsche Seewarte
DWD	Deutscher Wetterdienst
DWK	Deutsche Wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung
DWKI	Deutsche Wissenschaftliche Kommission für die Internationale Meeresforschung
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
FINO	Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee
FuE-Zentrum	Forschungs- und Entwicklungs-Zentrum
GKSS	Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schif- fahrt mbH
GMT	Greenwich Mean Time
GTS	Global Telecommunications System
IAPSO	International Association for the Physical Sciences of the Oceans
ICES	International Council for the Exploration of the Sea Internationaler Rat für Meeresforschung
IfM (Berlin)	Institut für Meereskunde an der Universität Berlin

IfM (Kiel)	Institut für Meereskunde an der Universität Kiel
IFM-GEOMAR	GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung
IMS	Ingenieursgemeinschaft Meerestechnik und Seebau GmbH
IOW	Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde früher: Institut für Ostseeforschung Warnemünde
LANBY	Large automatic navigation buoy
LORAN	Long Range Navigation
MANWD	Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland
MARNET	Marines Umweltmessnetz in Nord- und Ostsee
MERMAID	Marine Environmental Remote-controlled Measuring and Integrated Detection
METEOSAT	Meteorological satellite
MetOp	Meteorological Operational Satellite
MGZ	Mittlere Greenwich Zeit (deutsche Übersetzung von GMT)
NfS	Nachrichten für Seefahrer
NSB 2	Nordseeboje 2
NSB 3	Nordseeboje 3
RADAR	Radio Detecting and Ranging
SAMS	Satelliten-gestütztes Automatisches Monitoring System
SONAR	Sound Navigation and Ranging
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
VEMNO	Vorentwicklung Messnetz Nord/Ostsee
WERUM	Werum Software & Systems AG (Wulf Werum)
WSD	Wasser- und Schifffahrtsdirektion(en) jetzt: Generaldirektion(en) Wasserstraßen und Schifffahrt

11. Quellen- und Literaturverzeichnis

11.1 Quellen

Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, Herausgeber 1875-1876: Hydrographisches Bureau des Marine-Ministeriums; 1877-1882: Hydrographisches Bureau der kaiserlichen Admiralität; 1883-1890: Hydrographisches Amt der Admiralität; 1891: Reichs-Marine-Amt; 1892-1944: Deutsche Seewarte, Berlin.

Arbeitskreis der Dozenten für Regelungstechnik (Hrsg.), Messtechnik in der Versorgungstechnik, Gebäude Automation, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1997.

Bernhard, Frank, (Hrsg.), Technische Temperaturmessung, Band III, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2004.

Biologische Anstalt Helgoland, Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 1 (1937-1939), Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig, 1939.

Boyle, Robert, Tracts Consisting of Observations About the Saltness of the Sea, E. Flesher, London, 1674.

Brandt, Karl, Die zoologischen Arbeiten der Kieler Kommission 1870-1920, in: Festschrift der Preussischen Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere zu Kiel aus Anlaß ihres 50jährigen Bestehens, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig, 1921.

Bremer, Ole, Qualifizierung von Sauerstoffoptroden für den operationellen Betrieb auf MARNET-Stationen, Bachelorarbeit im Studiengang Maritime Technologien an der Hochschule Bremerhaven, Bremerhaven, 2008.

Brown, N. L., Hamon, B. V., An inductive salinometer, in: Deep-Sea Research, Vol. 8, Pergamon Press Ltd., London, 1961.

Bruns, Erich, Ozeanologie, Band II, Ozeanometrie I, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1962.

Büse, Theodor, Quantitative Untersuchungen von Planktonfängen des Feuerschiffs „Fehmarnbelt“ vom April 1910 bis März 1911, in: Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel und der biologischen Anstalt auf Helgoland, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, neue Folge, Bd.17, Abteilung Kiel, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig, 1915.

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Klima und Wetter in der Nordsee, Sonderdruck aus Nordsee-Handbuch, östlicher Teil, Hamburg und Rostock, 1994.

- Jahresberichte 1989 – 2014 , Hamburg und Rostock, 1999 - 2015.
- Ostsee Handbuch, dritter Teil, Von Flensburg bis zum Sund und zur deutsch-polnischen Grenze, Hamburg und Rostock, 2007.
- Gezeitentafeln, Europäische Gewässer 2013, Hamburg und Rostock, 2012.
- 25 Jahre Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie im wiedervereinigten Deutschland, 1990 – 2015, Hamburg und Rostock, 2015.

Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft, Gesamtprogramm Meeresforschung und Meerestechnik in der Bundesrepublik Deutschland 1972 – 1975, Bonner Universitäts-Buchdruckerei, Bonn, 1972.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Auflösung der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung, Erlass vom 14. 6. 2010, Bonn, 2010.

Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz, Strahlenschutzvorsorgengesetz vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2610), das zuletzt durch Artikel 91 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist, Berlin, 2015.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, KLIWAS, Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland, Abschlussbericht des BMVI, fachliche Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des Forschungsprogramms KLIWAS, Berlin, 2015.

Cox, R. A., Moorey, J., The Portable Salinity/Temperature Bridge, N.I.O. Internal Report No. C4, National Institute of Oceanography, Wormley, Godalming, Surrey, England, 1962.

Culkin, Fred, Smed, Jens, The history of standard seawater, in: Oceanologica Acta, Vol. 2, No. 3, Paris, 1979.

Dansk Meteorologisk Institut, Nautisk-Meteorologiske Observationer, København, 1897 – 1961.

Deutscher Fischerei-Verein, Circulare des Deutschen Fischerei-Vereins im Jahre 1870, W. Moeser, Berlin, 1871.

- Mittheilungen der Section für Küsten- und Hochseefischerei, 1885 - 1894, W. Moeser, Berlin, 1885 - 1894.

Deutsche Forschungsgemeinschaft, meeresforschung in den achtziger jahren, Senatskommission für Ozeanographie, Harald Boldt Verlag, Boppard, 1979.

Deutsches Hydrographisches Institut, Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 1948 – 1989, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, 1990 - 1999, Hamburg, 1948 – 1999.

- Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse, Beobachtungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, Nr. 1 – 12, 14, 16, 18, 20 – 25, 30 – 31, 34 – 36, 39 – 40, 42, 44, 47 – 48, 50, 52 – 54, 56, 58, 60, Hamburg, 1953 – 1986.
- Meereskundliche Beobachtungen und Ergebnisse, Beobachtungen auf den deutschen Meßstationen der Nord- und Ostsee, Nr. 63 – 65, 69 – 70, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, 76, 79, 81 – 82, Hamburg, 1987 – 1994.
- Jahresberichte 1946 – 1989, Hamburg, 1947 – 1990.
- Minengefährdete Gebiete und Abgesuchte Wege, Hamburg, 1965.

Deutsche Seewarte, Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, Herausgeber 1875-1876: Hydrographisches Bureau des Marine-Ministeriums; 1877-1882: Hydro-graphisches Bureau der kaiserlichen Admiralität; 1883-1890: Hydrographisches Amt der Admiralität; 1891: Reichs-Marine-Amt; 1892-1944: Deutsche Seewarte, Berlin.

- Jahresbericht über die T(h)ätigkeit der Deutschen Seewarte, 1878 -1938, Hammerich & Co., Altona, 1878 – 1908, 1936 – 1938, H. W. Köbner & Co. G. m. b. H. in Altona, Hamburg, 1909 – 1921, E. S. Mittler und Sohn, Berlin, 1922 - 1935.
- Instruktionen für den Meteorologischen Dienst der Deutschen Seewarte, Hammerich & Lesser, Altona, 1879.
- Tagebuch der Signalstelle Borkumriff 1904, Hamburg, 1904.
- Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme für das Gebiet der Nordsee, des Kanals und der Britischen Gewässer, L. Friederichsen & Co., Hamburg 1905, Eckhardt & Messtorff, Hamburg, 1921, 1923, 1925, E. S. Mittler & Sohn, Berlin, 1936, 1939, 1943.
- Meereskundliche Beobachtungen auf deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, 1924 - 1942, Hammerich & Lesser, Hamburg, 1928 – 1944.
- Atlas für Temperatur, Salzgehalt und Dichte der Nordsee und Ostsee, L. Friederichsen & Co., Hamburg, 1927.

- Deutsches Meteorologisches Jahrbuch, 1932 – 1933, H. W. Köbner & Co. GmbH, Altona, 1934.
- Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, Bd. 54, Hamburg, 1935.
- Monatskarten für die Nord- und Ostsee, Hamburg, 1935.

Deutscher Wetterdienst, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch, Teil IV, Heft 4, 1939 – 1941, 1942 – 1944, Hamburg, 1954.

- Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, 1953, Einzelveröffentlichungen, Nr. 13, Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt, Hamburg, 1957.
- Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, 1971, Einzelveröffentlichungen, Nr. 89, Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt, Hamburg, 1976.
- Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, 1987, Einzelveröffentlichungen, Nr. 116, Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt, Hamburg, 1988.

Deutsche Wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung, Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung, neue Folge, Band 1, Verlag von Otto Salle, Berlin, 1925.

- Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung, neue Folge, Band VI, Akademische Verlagsgesellschaft M. B. H. Leipzig, 1933.

Dornier System, Systeme automatisch arbeitender Mess-Stationen im Meer mit Datenfernübertragung, Dornier-System GmbH, Friedrichshafen, 1969.

Ehrenbaum, Ernst, 50 Jahre Kieler Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere, in: Der Fischerbote, XII Jahrgang, Verlag des Fischerboten G.m.b.H., Cuxhaven, 1920.

- Die Deutsche wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung und die Internationale Meeresforschung, in: Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, Band X, H. 1/2, Kommissionsverlag Dr. Werner Klinkhardt, Leipzig, 1922.

Eick, Rudolf, Kolzkamm, Fritz, Klages, Walther, Messboje mit Datenübertragung über „Meteosat“, in: Meerestechnik, Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure für Meeresforschung und Meerestechnik, Bd. 11, 1, Düsseldorf, 1980.

- Ekman, Frederik Laurents**, Description of Hydrographical and Meteorological Instruments exhibited by Götheborgs och Bohus Läns Hushållnings-Sällskap at the Philadelphia Exhibition 1876, Stockholm, 1876.
- Finländische Hydrographisch-Biologische Untersuchungen**, Beobachtungen von Temperatur und Salzgehalt an festen Stationen in den Jahren 1900 – 1910, No. 8, Helsingfors, 1912.
- Forchhammer, Johann Georg**, On the Composition of Sea-Water in the Different Parts of the Ocean, in: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 155, London, 1865.
- Fuess, Rudolf**, Meteorologische Instrumente und physikalische Hilfs-Apparate, H. S. Hermann, Berlin, 1891.
- GKSS/IMS**, Forschungsplattform „Nordsee“ Meßstation und Erprobungsstation, Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH., Ingenieurgemeinschaft Messtechnik + Seebau GmbH., Geesthacht, Hamburg, 1975.
- Grasshoff, Klaus, Kremling, Klaus, Ehrhardt, Manfred, (ed.)**, Methods of Seawater Analysis, Third, completely revised and extended edition, WILEY-VCH, Weinheim, New York, Chichester, Brisbane, Singapore, Totonto, 1999.
- Handbuch der Meteorologischen Instrumente und ihrer Auswertung**, Verlag von Julius Springer, Berlin, 1935.
- Hensen, Victor**, Ansprache des geschäftsführenden Vorsitzenden der Kommission, in: Festschrift der Preussischen Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere zu Kiel aus Anlaß ihres 50jährigen Bestehens, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig, 1921.
- Herwig, Walter**, Die Beteiligung Deutschlands an der Internationalen Meeresforschung, 1. Bericht, Verlag von Otto Salle, Berlin, 1905.
- Hesse, Stefan, Schnell, Gerhard**, Sensoren für die Prozess- und Fabrikautomation, Funktion – Ausführung – Anwendung, 6. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014.
- Hofmann, August Wilhelm, (Hrsg.)**, Bericht über die wissenschaftlichen Apparate auf der Londoner Internationalen Ausstellung im Jahre 1876, Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1881.
- Holzmann, Fritz**, Das automatische ozeanographische Meßnetz des DHI in Nord- und Ostsee (Stand 1988), Wissenschaftlich-Technische Berichte, 1988 – 3, Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg, 1988.

Hydrographisches Amt der Admiralität, Handbuch der Nautischen Instrumente, E. S. Mittler und Sohn, Berlin, 1882.

Institut für Meereskunde an der Universität Berlin, Hydrographische und biologische Untersuchungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nordsee 1919/11, Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin, Neue Folge, Heft 3, Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Berlin, 1913.

Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Aufbaubericht 1992 – 1996, Rostock, 1997.

- Zweijahresbericht 2001 - 2002, Rostock, 2003.

Kahle, Hans, Müller, Gerhardt, Forschungsplattform „FINO 1“ nördlich Borkum Riff, in: Bautechnik, Zeitschrift für den gesamten Ingenieurbau, Vol. 81, Issue 3, 2004.

Kautsky, Hans Wilhelm, Quenching of luminescence by oxygen, Transactions of the Faraday Society, No. 35, London, 1939.

Knudsen, Martin Hans Christian, Hydrographische Tabellen, Kopenhagen G. E. C. GAD, Hamburg, L. Friederichsen & Co., 1901.

Knudsen, Martin Hans Christian, Forch, Carl Friedrich Otto Hugo, Sørensen, Søren Peter Lauritz, Berichte über die Konstantenbestimmung zur Aufstellung der Hydrographischen Tabellen, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter, Naturvidenskabelig og Mathematisk Afdeling , XII, 1, Kopenhagen, 1902.

Kohlmann, Rudolph, Beiträge zur Kenntnis der Strömungen der westlichen Ostsee, Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der hohen philosophischen Fakultät der Königl. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Schmidt & Klaunig, Kiel, 1905.

Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Ergebnisse der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten über die physikalischen Eigenschaften der Ostsee und der Nordsee und die Fischerei, 1873 – 1893, Wiegandt & Hempel, Paul Parey, Berlin 1873 – 1892, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig, 1896.

- Jahresbericht 1871, Verlag von Wiegand & Hempel, Berlin, 1873.

- Jahresbericht 1872, 1873, Verlag von Wiegand, Hempel & Parey, Berlin, 1875.

- Jahresbericht 1874, 1875, 1876, Verlag von Wiegand, Hempel & Parey, Berlin, 1878.

- Jahresbericht 1877, 1878, 1879, 1880, 1881, Paul Parey, Berlin, 1884.
- Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Bd. 1, 1894, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig.
- Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abt. Helgoland, Bd. 19, 1932 – 1935, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig.
- Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abt. Kiel, Bd. 8, 1905, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig.
- Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abt. Kiel, Bd. 5, 1901, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig.
- Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abt. Kiel, Bd. 20, 1923 – 1927, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig.
- Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abt. Kiel, Bd. 21, 1928 – 1933, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig.

Krümmel, Otto, Ueber die Bestimmung des specifischen Gewichts des Seewassers an Bord, in: Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, 18. Jahrgang, Hydrographisches Amt des Reichs-Marine-Amtes, E. S. Mittler und Sohn, Berlin, 1890.

- Handbuch der Ozeanographie, Bd. 1, Verlag von J. Engelhorn, Stuttgart, 1907, Bd. 2, Verlag von J. Engelhorn Nachf., Stuttgart, 1911.

Lücke, Fr., Quantitative Untersuchungen an dem Plankton bei dem Feuerschiff „Borkumriff“ im Jahre 1910, in: Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel und der biologischen Anstalt auf Helgoland, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, neue Folge, Bd.14, Abteilung Kiel, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig, 1912.

Löwe, Friedrich, Das Wasserinterferometer, in: Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloide, Bd. 11, Nr. 5, Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden, 1912.

Marcet, Alexander John Gaspard, Ueber das specifische Gewicht, die Temperatur und die Salze des Meerwassers in verschiedenen Theilen des Weltmeers und in eingeschlossenen Meeren, in: Annalen der Physik, dritter Band, Joh. Ambrosius Barth, Leipzig, 1819.

Marquardt, Richard, Feuerschiffe in der Jademündung und deren weitere Verwendung, in: Schifffahrt international, 1 – 94, 9 – 94, 1 – 95, 8 – 95, 1 – 96, Schifffahrts-Verlag Hansa, Hamburg, 1994, 1995, 1996.

Matthäus, Wolfgang, Zur Geschichte der Entwicklung ozeanographischer Messtechnik in den Warnemünder Meeresforschungseinrichtungen, in: Historisch-

- Meereskundliches Jahrbuch, Bd. 15, Deutsches Meeresmuseum Stralsund, 2009.
- McConnel, Anita**, No Sea Too Deep, The History of Oceanographic Instruments, Adam Hilger Ltd., Bristol, 1982.
- Merentutkimuslaitoksen Julkaisu**, Regelmässige Beobachtungen von Temperatur und Salzgehalt des Meeres im Jahre 1924, No. 38, Valtioneuvoston Kirjapaino, Helsinki, 1926.
- Merz, Alfred**, Stark- und Schwachstrommesser, Sonderabdruck, Institut für Meereskunde Berlin, Berlin, 1921.
- Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland**, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch Britische Zone 1945/46, Teil IV, Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, Hamburg, 1950.
- Deutsches Meteorologisches Jahrbuch Britische Zone 1947, Teil IV, Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, Hamburg, 1949.
 - Deutsches Meteorologisches Jahrbuch Britische Zone 1949, Teil IV, Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, Hamburg, 1951.
 - Deutsches Meteorologisches Jahrbuch Britische Zone 1950, Teil IV, Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee, Hamburg, 1953.
- Meyer, Heinrich Adolph**, Untersuchungen über physikalische Verhältnisse des westlichen Theiles der Ostsee, Schwers'sche Buchhandlung, Kiel, 1871.
- Die Expedition zur physikalisch-chemischen und biologischen Untersuchung der Nordsee im Sommer 1872, in: Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel, Bericht 2, Wiegandt & Hempel, Paul Parey, Berlin 1875.
- Meyer, Heinrich Adolph, Möbius, Karl August**, Die Fauna der Kieler Bucht, 2 Bände, W. Engelmann, Leipzig, 1865, 1871.
- Mohr, Friedrich**, Lehrbuch der chemisch – analytischen Titrimethode, Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1870.
- Müller, Henning**, Erfahrungsbericht über die See-Erprobung automatischer Meßstationen, in: Meerestechnik, Band 9, Nummer 3, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1978.
- Nachrichten für Seefahrer**, 1870 - 1876, Hydrographisches Bureau des Marine-Ministeriums, 1877 - 1882, Hydrographisches Bureau der kaiserlichen Admiralität, 1883 - 1890, Hydrographisches Amt der Admiralität, 1891 - 1894, Reichs-Marine-Amt, Hydrographisches Amt, 1895 - 1902, Reichs-Marine-Amt, Nauti-

sche Abteilung, 1903 - 1914, Reichs-Marine-Amt, 1915 - 1920, Reichs-Verkehrs-Ministerium, 1921 - 1935, Marineleitung, 1936 - 1945, 1945, Oberkommando der Kriegsmarine, 1946, Deutsches Maritimes Institut, 1946 - 1990, Deutsches Hydrographisches Institut, ab 1990, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie; E. S. Mittler und Sohn, Berlin, Broschek, Hamburg, Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg.

Nautisk-Meteorologiska Byrån, Instruktion för meteorologiska observationers utförande vid svenska fyrstationer, P. A. Norstedt & Söner, Stockholm, 1879a.

- Instruktion för hydrokafiaka observationers utförande vid svenska fyr- och lotsstationer, P. A. Norstedt & Söner, Stockholm, 1879b.

Negretti, Henry, Zambra, Joseph, A Treatise on Meteorological Instruments, Williams and Strahan, London, 1864.

Negretti, & Zambra, Negretti & Zambra's encyclopædic illustrated and descriptive reference catalogue of optical, mathematical, physical, photographic and standard meteorological instruments, manufactured and sold by them, Hayman Brothers and Lilly, London, 1873, 1887?

- Standard Meteorological Instruments, London, 1939.

Pape, C., Über die Verwendbarkeit des Interferometers zur Bestimmung des Salzgehaltes von Meerwasser, in: Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, Vol. 50, 1922, E. S. Mittler & Sohn, Berlin, 1923.

Preußisches Meteorologisches Institut, Anleitung zur Anstellung und Berechnung der Beobachtungen an den deutschen meteorologischen Stationen, zweiter Teil, besondere Beobachtungen und Instrumente, Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts, Behrend & Co., Berlin, 1913.

- Anleitung zur Anstellung und Berechnung der Beobachtungen an den deutschen meteorologischen Stationen, erster Teil, Beobachtungen an Stationen II. und III. Ordnung, Veröffentlichungen des Preußischen Meteorologischen Instituts, Behrend & Co., Berlin, 1924.

Rowe, F. D., Young, J. W., An ocean current profiler using doppler sonar, Oceans' 79 Proceedings, San Diego, 1979.

Reichsamt für den Wetterdienst, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch, Teil IV, Heft 4, 1934 – 1938, Julius Springer, Berlin, 1936 – 1940.

Ruppin, Ernst, Beitrag zur Hydrographie der Belt- und Ostsee, in: Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel und der biolo-

- gischen Anstalt auf Helgoland, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, neue Folge, Bd.14, Abteilung Kiel, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig, 1912.
- Schulz, Bruno**, Die Hydrographischen Arbeiten der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung 1930 – 1933, in: Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung, Neue Folge, Band VII, Akademische Verlagsgesellschaft M. B. H., Leipzig, 1935.
- Schulze, Hartmut, Govaers, Siegfried**, Vorentwicklung Messnetz Nord-/Ostsee (VEMNO I und II) Experimentalstudien, Entwicklungs- und Erprobungsarbeiten für Einrichtungen automatischer Meßstationen im Meer mit Datenfernübertragung, Bundesministerium für Forschung und Technologie, Forschungsbericht M 80-003, Technologische Forschung und Entwicklung – Meeresforschung, Freiburg, 1980.
- Schwere, R.**, Wetterinstrumente, Wetterkarten und die Wettervorhersage, C. A. Ulbrich & Co., Zürich, 1908.
- Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionen**, Fyrskeppsundersökning, År 1923 – År 1930, Elanders Boktryckeri Aktiebolaget, Göteborg, 1924 – 1931.
- Sørensen, Søren Peter Lauritz**, Chlor und Salzbestimmung, in: Berichte über die Konstantenbestimmungen zur Aufstellung der hydrographischen Tabellen. D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, 6. Række, naturvidensk. og mathem. Afd., XII (1), 1902.
- Türk, Matthias**, Ermittlung designrelevanter Belastungsparameter für Offshore-Windkraftanlagen, Inaugural-Dissertation, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität zu Köln, Köln, 2008.
- UNESCO**, Report of the joint panel on the equation of state of seawater. UNESCO Internal Reports Code NS/9/114B, 1962.
- The Practical Salinity Scale 1978 and the International Equation of State of Seawater 1980, UNESCO technical papers in marine science 36, 1981a.
 - Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978, UNESCO technical papers in marine science 37, 1981b.
 - Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater 1980, UNESCO technical papers in marine science 38, 1981c.
 - Processing of Oceanographic Station Data, 1991.
 - The international thermodynamic equation of seawater – 2010, Intergovernmental Oceanographic Commission, Manual and Guides 56, 2010.

- Volk, D.**, Meßstation in der Nordsee, in: Meerestechnik, Band 6, Nummer 5, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1975.
- Wendicke, Fritz, Merz, Alfred**, Hydrographische und biologische Untersuchungen auf den deutschen Feuerschiffen der Nordsee 1910/1911, die hydrographischen Ergebnisse, Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin, neue Folge, A. Geographisch - naturwissenschaftliche Reihe, Heft 3, Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Berlin, 1913.
- Wenner, Frank, Smith, Edward H., Soule, Floyd M.**, Apparatus for the Determination aboard Ship of the Salinity of Sea Water by the Electrical Conductivity Method, Bureau of Standards Journal of Research, J5, RP223, U. S. Department of Commerce, Washington D. C., 1930.
- Wiedemann, Gerhard, (Hrsg.)**, Das deutsche Seezeichenwesen, 1850 - 1990, DSV-Verlag, Hamburg, 1998.
- Zorell, Franz**, Beiträge zur Hydrographie der Deutschen Bucht auf Grund der Beobachtungen von 1920 bis 1932, in: Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, 54. Band Nr. 1, Hammerich & Lesser, Hamburg, 1935.

11.2 Unveröffentlichte Quellen

Aanderaa Data Instruments AS, Recording Current Meter RCM7 & RCM8, Data Sheet, Bergen, 1994.

- TD218 Operating Manual Oxygen Optode 3830, 3835, 3930, 3975, 4130, 4175, 16th edition, Bergen, 2007.

Archiv des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie, Ordner 7091, 2. Fassung des Seewartenberichts: Die Deutsche Seewarte (DS) nach der Niederlage von 1945 von Dr. Johannes Georgi, 19. 5. 1945.

- Dokument Dr. Spieß, 29. 5. 1945.
- Band XLIII, Wissenschaftliche Geräte und Instrumente, Verschmutzungsüberwachung.

BINE Informationsdienst, Forschen mitten im Meer, Plattformen FINO 1 – 3 liefern Planungsdaten für die Offshore-Windenergienutzung in Nord- und Ostsee, Projektinfo 17, 2011.

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Verwaltungsvereinbarung über die Durchführung meereskundlicher Aufgaben vor der Küste des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Hamburg, 8. März 1991.

- Presse-Information vom 4. Januar 2001, Hamburg, 2001.
- Ozeanographisches Messnetz Nord- und Ostsee von 1970 bis 1990, Arbeitsunterlagen und Informationsmaterial aus der Abteilung Meereskunde des DHI/BSH, AR 1008, Nr. 19/05, Hamburg, 2001.
- Prüfanweisung M31500, Bestimmung von Phosphat, Nitrat/Nitrit und Silikat im Meerwasser bei Dauermessbetrieb, Hamburg, 2003.
- Pressemitteilung 29. August 2008, Hamburg, 2008.
- Gesamtkonzept über den Betrieb und die Weiterentwicklung des marinen Umweltüberwachungsmessnetzes auf dem Deutschen Festlandssockel, MARNET, Hamburg, 2015.
- Betriebsmeldungen Leuchtturm Kiel, Fehmarnbelt, Nordseeboje II, GW Ems, Hamburg, 1987 - 2015.
- Stationsbücher Leuchtturm Kiel, Fehmarnbelt, Nordseeboje II, Nordseeboje III, Deutsche Bucht, GW Ems, Hamburg 1987 - 2015.
- Störungsvermerke Fehmarnbelt, Hamburg, 1987 - 1996.

Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, FG IV 5/405 A-606; Az.: 90-66-55 (23), Koblenz, 23. März 1965, Privatbesitz.

- FG IV 5/405 A-606; Az.: 90-66-60-90 (23), Koblenz, 3. Januar 1966, Privatbesitz.

Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft, III 7 – 3891 – MF 3, Bonn, 26. Januar 1970, Privatbesitz.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, 2002.

Coppola, L., Salvatat, F., Delauney, L., Machoczek, D., Karstensen, J., Sparnocchia, S., Thierry, V., Hydes, D., Haller, M., Nair, R., Lefevre, D., White Paper on dissolved oxygen measurements: scientific needs and sensors accuracy, JERICO, 2012.

Datawell, History of Datawell, Haarlem, 2001.

Deutsches Hydrographisches Institut, Hinweise für eine Systemstudie über automatisch arbeitende Meßstationen im Meer mit Datenfernübertragung, Hamburg, 27. November 1968, Privatbesitz.

- Az.: 0984/68 A 41, Schreiben vom 10. Dezember 1968, Privatbesitz.
- Technischer Bericht Nr. 3, 1979, Privatbesitz.

Deutsche Seewarte, Anleitung zur Durchführung der meereskundlichen Beobachtungen auf den deutschen Nordseefeuerschiffen, Hamburg, 1934.

Deutscher Wetterdienst, Richtlinie für automatische Klimastationen, Abteilung Messnetze und Daten, Offenbach, 2001.

- Sensorik und Systeme für den Wetterbeobachtungs- und den Wettermeldedienst, Handbuch zur Richtlinie Flugwetterdienste - Band Tech, Version 1.0, Offenbach, 2015.

EvoLogics, Underwater Acoustic Modems, info paper, Berlin, 2015.

Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH, Pressemitteilung vom 7. 3. 2012, Kiel 2012.

- Informationsbroschüre FINO 3.

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Merkblatt 893, Edelstahl Rostfrei für die Wasserwirtschaft, Düsseldorf, 2007.

Isothermal Technology Limited, Gallium Aparatus Model 17402 Includes Gallium Cell Model 17401, User Maintenance Manual / Handbook, Southport, England, 2011.

- Machoczek, Detlev**, Datenformat der WERUM-Station, interner Bericht des BSH, Hamburg, 2006.
- Datenaufbereitung der MARNET-Stationen 2007, interner Bericht des BSH, Hamburg, 2008a.
 - Datenaufbereitung der MARNET-Stationen 2013, interner Bericht des BSH, Hamburg, 2014.
- Meerestechnik Elektronik GmbH**, Analyseautomat App 5003 Handbuch, Trappenkamp, 1992.
- Mengelkamp, Heinz-Theo**, Der neue anemos Windatlas für Deutschland als Grundlage für Marktwertanalysen, 24. Windenergietage, Linstow, Mecklenburg-Vorpommern, 2015.
- Niskin, Shale J.**, Water Sampler System, US-Patent No. 3,242,740, US Patent Office, Alexandria, Virginia, 1966.
- Nortek As**, AWAC with Acoustic Surface Tracking (AST), info paper, Rud, Norwegen, 2006.
- AWAC Wave And Current Profiler, info paper, Rud, Norwegen, 2011.
- Ocean Scientific International Ltd.**, Marine Environment, Instruments and Systems, OSIL Culkin House, Havant, 2014.
- RADAC**, WaveGuide Height & Tide, User manual, Delft, 2015.
- Retzlaff, Torsten**, Forschungsplattform "FINO 2", in HANSA International Maritime Journal, 144. Jahrgang, Nr. 3, Schiffahrts-Verlag Hansa GmbH & Co. KG, Hamburg, 2007.
- Sea-Bird Electronics, Inc.**, SBE Sealogger CTD Operating Manual, Bellevue, Washington, 2010.
- SBE 37-IM MicroCat User's Manual, Bellevue, Washington, 2010.
- Sea & Sun Technology GmbH**, T40 Temperature sensor Manual, Trappenkamp, 2009.
- Teledyne Rd Instruments**, Workhorse Sentinel, data sheet, Teledyne Rd Instruments, Poway, California, 2008.
- Acoustic Doppler Current Profiler, Principles of Operation, A Practical Primer, Teledyne Rd Instruments, Poway, California, 2011.
- WERUM**, MARNET-Datenmanagementsystem, Benutzerhandbuch 1.0, Lüneburg, 2005.

Wissenschaftsrat, Wissenschaftspolitische Stellungnahme zum Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Hamburg und Rostock, Drs. 8478-08, Rostock, 2008.

Zorell, Franz, Lebenslauf, maschinengeschriebenes Manuskript, 1949, Leibniz-Institut für Länderkunde, Archiv für Geographie, Kasten 918, Signatur 10-12, Leipzig.

11.3 Literatur

- Aczel, Amir D.**, Der Kompass, Rowohlt Verlag GmbH, Reinbek bei Hamburg, 2005.
- Abendroth, Amandus Augustus**, Ritzenbüttel und das Seebad zu Cuxhaven, Perthes & Besser, Hamburg, 1818.
- Anonymus**, Erinnerungen an Dr. H. A. Meyer. Nach seinen eigenen Aufzeichnungen., Hamburg, 1890.
- Anonymus**, Seemannschaft: Handbuch für Segler und Motorbootführer, Deutscher Hochseesportverband Hansa e. V., Delius, Klasing & Co., Bielefeld und Berlin, 1955.
- Anonymus**, Prof. Dr. Phil. Curt Hoffmann, gest. am 1. Juni 1959, Kieler Meeresforschungen, Bd. 15, Kommissionsverlag Walter G. Mühlaus, Kiel, 1959.
- Asmussen, Georg**, Findbuch des Bestandes Abt. 47, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Teil 1: 1665 – 1945, Veröffentlichungen des Landesarchivs Schleswig-Holstein, Bd. 90, Hamburg University Press, Hamburg, 2007.
- Bartky, Ian R. and Dick, Steven J.**, The First Time Balls, in: Journal for the History of Astronomy, 12, Science History Publications Ltd., Cambridge, 1981.
- Bowditch, Nathaniel**, The American Practical Navigator, 2002 Bicentennial Edition, Lighthouse Press, Annapolis, 2002.
- Brekhovskikh, Leonid M., Lysanov, Yuri P.**, Fundamentals of Ocean Acoustics, Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, 2003.
- Brockhaus' Konversations-Lexikon**, Bd. 1 – 17, F. A. Brockhaus, Leipzig, 1908.
- Brockhaus, Die Enzyklopädie**, Bd. 1 – 24, F. A. Brockhaus, Leipzig, Mannheim, 1998.
- Brosin, Hans-Jürgen**, Erich Bruns und das Institut für Meereskunde Warnemünde, in: Historisch-Meereskundliches Jahrbuch, Bd. 8, Deutsches Meeresmuseum Stralsund, 2001.
- Brustat-Naval, Fritz**, Lichter über dem Meer, Eberhard Brockhaus, Wiesbaden, 1950.
- Bundeszentrale für politische Bildung**, Weimarer Republik, Informationen zur politischen Bildung, Nr. 261, Bonn, 1998.
- Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, 2006.
- Carnegie Institution of Washington**, Scientific Results of Cruise VII of the CARNEGIE during 1928 - 1929 under Command of Captain J. P. Ault, Oceanogra-

- phy-IV, Carnegie Institution of Washington, Department of Terrestrial Magnetism, Publication 571, Washington, D. C., 1946.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft, Deutsches Hydrographisches Institut**, Forschungsschiff Meteor 1964 – 1985, Hamburg, 1985.
- Deutsches Hydrographisches Institut**, Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Forschungsschiff „Meteor“, Ergänzungsheft, Reihe A, Nr. 5, Hamburg, 1964.
- Atlas der Gezeitenströme in der Deutschen Bucht, Hamburg, 1983.
- Deutscher Wetterdienst**, 50 Jahre Deutscher Wetterdienst, Ein Spiegelbild für wissenschaftlich-technischen Fortschritt, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach, 2002.
- Dietrich, Günter, Kalle, Kurt, Krauss, Wolfgang, Siedler, Gerold**, Allgemeine Meereskunde, 3. Auflage, Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 1975.
- Doepgen, Peter**, Die Washingtoner Konferenz, das Deutsche Reich und die Reichsmarine, Deutsche Marinepolitik 1921 bis 1935, Deutsche maritime Studien, Band 2, Verlag H. M. Hauschild GmbH, Bremen, 2005.
- Entz, B.**, The Dissolved Oxygen Determination Method is 120 Years Old, In Memoriam Lajos Winkler (1863 – 1939) and Rezső Maucha (1882 – 1964), Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 54 (Suppl.), Budapest, 2008.
- Ferber, Kurt**, Die Entwicklung des Hamburger Tonnen-, Baken- und Leuchtfeuerwesens, in: Zeitschrift des Vereins für Hamburgische Geschichte, Band 18, Heft 1, Hamburg, 1913.
- Freeden, Wilhelm von, Neumayer, Georg**, Entwurf eines Organisationsplanes für das nautisch-meteorologische und hydrographische Institut, Die Deutsche Seewarte. Auf der Basis der bereits in Hamburg bestehenden Norddeutschen Seewarte, Berlin 1871.
- Gebauer, Jürgen, Krenz, Egon**, Maritimes Wörterbuch, Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin, 1989.
- Gehrke, Wilhelm**, FORTRAN-77-Handbuch, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1987.
- Gerdau, Kurt**, Elbe 1 Feuerschiff der Stürme, Koehlers Verlagsgesellschaft mbH, Herford, 1988.
- Gerlach, Sebastian Adam, Kortum, Gerhard**, Zur Gründung des Instituts für Meereskunde der Universität Kiel 1933 – 1945, in: Historisch-Meereskundliches Jahrbuch, Bd. 7, Deutsches Meeresmuseum, Stralsund, 2000.
- Gilcher, Julius, Kolb, Thomas**, Julius der Städtebauer, epubli GmbH, Berlin, 2009.

- Gröner, Erich**, Die deutschen Kriegsschiffe 1815 - 1945 Fortgeführt von Dieter Jung und Martin Maass, Bd. 5, Hilfsschiffe II: Lazarettsschiffe, Wohnschiffe, Schulschiffe, Forschungsfahrzeuge, Hafenbetriebsfahrzeuge, Bernard & Graefe Verlag, Koblenz, 1988.
- Grübeler, P.**, Die Betonung und Befeuerung der Elbe durch Hamburg, in: Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, Band 10, 1927, Hamburg, 1928.
- Harbord, Davis, J.**, Seefahrt A-Z, Schiffe, Seefahrer, Seemannschaft, Tips für die Praxis, Franz Schneider Verlag GmbH, München, 1987.
- Harrecker, Stefanie.**, Degradierete Doktoren, Die Aberkennung der Doktorwürde an der Ludwig-Maximilians-Universität München während der Zeit der Nationalsozialismus, Beiträge zur Geschichte der Ludwig-Maximilians-Universität München, Bd. 2, Herbert Utz Verlag, München, 2007.
- Heise, Günter**, Das Deutsche Hydrographische Institut, in: Schifffahrt und Meer, 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland, E. S. Mittler & Sohn, GmbH, Herford, Berlin, Bonn, 1993.
- Heise, Günter, Walden, Hans**, In Memoriam Günther Böhnecke, in: Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 34. Jahrgang, Hamburg, 1981.
- Helland-Hansen, Bjørn, Nansen, Fridtjof**, The Norwegian Sea, in: Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations, Vol. II, Part 1, A/S John Griegs Boktrykkeri, Bergen, 1909.
- Hildebrand, Hans, H., Henriot, Ernest**, Die Deutschen Admirale 1849 – 1945, Die militärischen Werdegänge der See-, Ingenieur-, Sanitäts-, Waffen-, und Verwaltungsoffiziere im Admiralsrang, 3 Bände, Biblio Verlag, Osnabrück, 1988.
- Hildebrand, Hans, H., Röhr, Albert, Steinmetz, Hans-Otto**, Die Deutschen Kriegsschiffe, Bd.1 – 7, Koehlers Verlagsgesellschaft mbH, Herford, 1979 - 1983.
- Hoffmann, Bernt, Schmidt, Nikolaus**, Die schönsten Leuchttürme Deutschlands, HEEL Verlag GmbH, Königswinter, 2003.
- Hoheisel-Huxmann, Reinhard**, Die Deutsche Atlantische Expedition 1925 – 1927, Planung und Verlauf, Deutsches Schifffahrtsarchiv, 28 (2005), Beiheft, Deutsches Schifffahrtsmuseum, Bremerhaven und Convent Verlag GmbH, Hamburg, 2007.
- Hydrographisches Amt des Reichs-Marine-Amts (Hrsg.)**, Die Forschungsreise S. M. S. „Gazelle“ in den Jahren 1874 bis 1876 unter Kommando des Kapitän See Freiherrn von Schleinitz, Band 1, Erster Theil: Der Reisebericht, Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Berlin, 1889.

- Jung, Erhard**, Das Grosse Maritim Lexikon, Heel Verlag GmbH, Königswinter, 2004.
- Karsten, Gustav**, Die Verbreitung der Wärme in den Herzogthümern Schleswig und Holstein, Ernst Homann, Kiel, 1869.
- Luftfeuchtigkeit, Niederschläge, Verdunstung in den Herzogthümern Schleswig und Holstein, Wiegand & Hempel, Berlin, 1872.
 - Tafeln zur Berechnung an den Küsten-Stationen und zur Verwandlung der angewendeten Maasse in metrisches Maass, Universitäts-Buchhandlung, Kiel, 1874.
 - Dr. Heinrich Adolph Meyer, in: Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, Sechster Bericht für die Jahre 1887-1891, Paul Parey, Berlin, 1893.
- Kohnke, Dieter, P.**, Ein Datenzentrum entsteht, in: Schifffahrt und Meer, 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland, E. S. Mittler & Sohn, GmbH, Herford, Berlin, Bonn, 1993.
- Lang, Arend Wilhelm**, Entwicklung, Aufbau und Verwaltung des Seezeichenwesens an der deutschen Nordseeküste bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts, Bonn, 1965.
- Lange, Perry**, Navigation der Wikinger, in: Nuncius Hamburgensis – Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, Bd. 14, Navigare necesse est, Geschichte der Navigation, Hamburg, 2008.
- Lass, Hans Ulrich, Maagard, Lorenz**, Wasserstandsschwankungen und Seegang, in: Meereskunde der Ostsee, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1995.
- Leitstelle Meteor**, Meteor Benutzerhandbuch & Leitfaden, Institut für Meereskunde der Universität Hamburg, Hamburg, 1998.
- Lexikon der Biologie in acht Bänden**, Bd. 1 – 8, Herder, Freiburg, Basel, Wien, 1983 - 1987.
- Lexikon der Physik in sechs Bänden**, Bd. 1 – 6, Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg, 1998 – 2000.
- Loewe, Fritz**, Johannes Georgi, in: Polarforschung, Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung, 42, Münster, 1972.
- Lübbert, Hans, Ehrenbaum, Ernst, (Hrsg.)**, Handbuch der Seefischerei Nordeuropas, Band VI, Band VIII, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1929, 1931.

- Lüdecke, Cornelia**, Erich von Drygalski und die Gründung des Instituts und Museums für Meereskunde in Berlin, in: Historisch-Meereskundliches Jahrbuch, Bd. 4, Deutsches Museum für Meereskunde und Fischerei, Stralsund, 1997.
- Machoczek, Detlev**, Vom Hafen auf die hohe See – Seezeichen auf der Elbe, in: Nuncius Hamburgensis – Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, Bd. 14, Navigare necesse est, Geschichte der Navigation, Hamburg, 2008b.
- Operationelle Meereskunde in Deutschland: Georg Balthasar von Neumayer und sein Wirken an der Deutschen Seewarte, in: Historisch-Meereskundliches Jahrbuch, Bd. 16, Deutsches Meeresmuseum Stralsund, 2010.
- Mahn, Anne, Wegner, Gerd**, Frischer Fisch und Heidekraut, Walther Herwig Präsident der Klosterkammer Hannover und „Vater der Fische“, Hinstorff Verlag GmbH, Rostock, 2012.
- Marineleitung**, Ostsee-Handbuch, südlicher Teil, E. S. Mittler und Sohn, Berlin, 1931.
- Nordsee-Handbuch, östlicher Teil, E. S. Mittler und Sohn, Berlin, 1932.
- Marshall, Amy K.**, A history of buoys and tenders, U. S. Coast Guard, Coast Guard Historian Office, Washington DC, 1995.
- Matthäus, Wolfgang**, Germany and the investigation of the Baltic Sea hydrography during the 19th and early 20th century, in: Meereswissenschaftliche Berichte No. 83, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Rostock, 2010.
- Matthäus, Wolfgang, Franck, Herbert**, Characteristics of major Baltic inflows – a statistical analysis, in: Continental Shelf Research, Volume 12, Nos. 7/8, Pergamon Press, Oxford, New York, Seoul, Tokyo, 1992.
- Meldau, Heinrich Friedrich Konrad, Steppes, Otto**, Lehrbuch der Navigation, Artur Geist Verlag, Bremen, 1958.
- Meyers Enzyklopädisches Lexikon**, Bd. 1 – 28, Bibliographisches Institut, Mannheim, Wien, Zürich, Lexikon Verlag, 1971 - 1981.
- Meyers Kleines Lexikon**, Meteorologie, Bibliographisches Institut, Mannheim, Wien, Zürich, Lexikon Verlag, 1987.
- Middeldorff, Swantje**, „Gleichschaltung“ und Militarisierung der Deutschen Seewarte im „Dritten Reich“, in: Schifffahrt und Meer, 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland, E. S. Mittler & Sohn, GmbH, Herford, Berlin, Bonn, 1993.
- Müller-Navarra, Sylvin, H.**, Zu den selbständigen Gezeiten der Ostsee, in: Meereswissenschaftliche Berichte, Institut für Ostseeforschung Warnemünde, No. 54, Warnemünde, 2003.

National Academy of Engineering, Memorial Tributes, Volume 11, The National Academies Press, Washington, D. C., 2007.

Neue Deutsche Biographie, Bd. 1 – 24, Duncker & Humblot, Berlin, 1953 – 2010.

Pemsel, Helmuth, Weltgeschichte der Seefahrt, Band 1, Koehlers Verlagsgesellschaft mbH, Hamburg, 2000.

Poggendorff, Johann Christian, J. C. Poggendorff's Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften, erster Band, Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1863a.

- J. C. Poggendorff's Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften, zweiter Band, Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1863b.
- Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften, dritter Band, Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1898.
- Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften, vierter Band, Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1904.
- Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, Band VI, Teil 1, Verlag Chemie GmbH., Berlin, 1936.
- Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, Band VII a, Teil 4, I, Akademie – Verlag, Berlin, 1961, II, Akademie – Verlag, Berlin, 1962.
- Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, Band VII b, Teil 3, Akademie – Verlag, Berlin, 1970.
- Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, Band VII a, Supplement, Akademie – Verlag, Berlin, 1971.
- Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, Band VII b, Teil 4, Akademie – Verlag, Berlin, 1973.
- Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, Band VII b, Teil 6, Akademie – Verlag, Berlin, 1980.
- Biographisch-literarisches Handwörterbuch der exakten Naturwissenschaften, Band VIII, Teil 3, WILEY-VCH Verlag Berlin GmbH, Berlin, 2003.
- Biographisch-literarisches Handwörterbuch der exakten Naturwissenschaften, Band VIII b, Teil 3, WILEY-VCH Verlag Berlin GmbH, Berlin, 2003.

Pohlmann, Thomas, A meso-scale model of the central and southern North Sea: Consequences of an improved resolution, Continental Shelf Research, 26,

- Elsevier, Amsterdam, Boston, Jena, London, New York, Oxford, Paris, Philadelphia, San Diego, ST. Louis, 2006.
- Porep, Rüdiger**, Victor Hensen (1835 – 1924) Sein Leben und sein Werk, in: Kieler Beiträge zur Geschichte der Medizin und Pharmazie, Heft 9, Karl Wacholtz Verlag, Neumünster, 1970.
- Quedens, Georg**, Amrumer Seezeichen, Leuchtfeuer, Bojen und Baken, Verlag Jens Quedens, Amrum, 2000.
- Rappenglück, Michael A.**, Sternenkompas, Stabkarte und Heilige Kalebasse: Navigation in Ozeanien, in: Nuncius Hamburgensis – Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, Bd. 14, Navigare necesse est, Geschichte der Navigation, Hamburg, 2008.
- Reichskanzler-Amt**, Die Schifffahrtszeichen an der Deutschen Küste, G. Reimer, Berlin, 1878.
- Reichsministerium des Inneren**, Reichsgesetzblatt, Reichsdruckerei, Berlin, 1875.
- Reichsgesetzblatt, Reichsdruckerei, Berlin, 1919.
- Rice, L. A.**, British Oceanographic Vessels 1800 – 1950, The Ray Society, London, - 1986.
- Rozwadowski, Helen M.**, The Sea Knows No Boundaries, A Century of Marine Science under ICES, ICES Copenhagen in association with University of Washington Press Seattle and London, 2002.
- Rübner, Hartmut**, Konzentration und Krise der deutschen Schifffahrt. Maritime Wirtschaft und Politik im Kaiserreich, in der Weimarer Republik und im Nationalsozialismus, Deutsche maritime Studien, Band 1, Verlag H. M. Hauschild GmbH, Bremen, 2005.
- Sauer, Albrecht**, Anfänge der Großschiffsnavigation in Nordeuropa, in: Nuncius Hamburgensis – Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, Bd. 14, Navigare necesse est, Geschichte der Navigation, Hamburg, 2008.
- Schopper, Heinrich**, Das nächste Hochwasser wird..., in: Kehr wieder, Jahrgang 7, Nr. 2, Seefahrt-Verlag GmbH., Hamburg, 1963
- Schwabe, Klaus, (Hrsg.)**, Die preußischen Oberpräsidenten 1815 - 1945, Büdinger Forschungen zur Sozialgeschichte, Harald Boldt Verlag, Boppard, 1985.
- Smed, Jens**, Otto Krümmel's Participation in the International Oceanographic Cooperation in the 1890's and his Troubles with the Kiel Commission, in: Historisch-Meereskundliches Jahrbuch, Bd. 2, Dietrich Reimer Verlag, Berlin, Hamburg, 1994.

- The relations between Otto Krümmel and Martin Knudsen during the foundation and early years of ICES, in: Historisch-Meereskundliches Jahrbuch, Bd. 12, Deutsches Meeresmuseum, Stralsund, 2006.
- Spieß, Fritz**, Das Forschungsschiff und seine Reise, Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff „Meteor“ 1925 – 1927, Band 1, Verlag von Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1932.
- Stern, Otto, Volmer, Max**, Über die Abklingzeit der Fluoreszenz, Physikalische Zeitschrift, Nr. 20, Verlag von S. Hirzel, Leipzig, 1919.
- Stocks, Heinrich**, Helgoland im Versailler Friedensvertrag, Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Rechtswissenschaften, der hohen juristischen Fakultät der Universität zu Greifswald, Greifswald, 1927.
- Tauber, Heidi**, Landmarken, Gestirne, Winde, Leuchttürme – Nautik im Altertum, in: Nuncius Hamburgensis – Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, Bd. 14, Navigare necesse est, Geschichte der Navigation, Hamburg, 2008.
- Thies, Andreas R.**, Die Gründung und Entwicklung des Hydrographischen Dienstes nach 1945, Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, 2009.
- Thomson, Charles Wyville**, The Voyage of the ‘Challenger’, Volume 1, McMillan and Co., London, 1877.
- Ulrich, Johannes, Kortum, Gerhard**, Otto Krümmel (1854 - 1912), Geograph und Wegbereiter der modernen Ozeanographie, Kieler Geographische Schriften, Band 93, Selbstverlag des Geographischen Instituts der Universität Kiel, Kiel, 1997.
- Ulsamer, Gregor**, Feuerschiff Borkumriff, Emden, 2004.
- Wagner, Jörg F., Perlmutter, Mike**, The ISS Symposium Turns 50: Trends and Developments of Inertial Technology during Five Decades, Inertial Sensors and Systems 2015, Karlsruhe, 2015.
- Wauchope, Robert**, Meteorological and Hydrographical Notes. In a letter to Professor Jameson, in: Memoirs of the Wernerian Natural History, Society, Edinburgh, 4. 1821/23.
- Webster**, Webster’s Biographical Dictionary, G. & C. Merriam Co. Springfield, Mass., 1948.

- Wegner, Gerd**, Behördenentwicklung im Spiegel der Dienstgebäude, : Schifffahrt und Meer, 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland, E. S. Mittler & Sohn, GmbH, Herford, Berlin, Bonn, 1993.
- Werner, Petra**, Die Gründung der Königlichen Biologischen Anstalt auf Helgoland und ihre Geschichte bis 1945, in: Helgoländer Meeresuntersuchungen, 47 (Suppl.), Boyens & Co., Heide, 1993.
- Westphal, Gerhard**, Lexikon der Seefahrt, Hamburg, 1967.
- Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff METEOR**, Das Forschungsschiff und seine Reise, Verlag von Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1932.
- Wolfschmidt, Gudrun**, Vom Kompaß und Sextant zu Radar und GPS – Geschichte der Navigation, in: Nuncius Hamburgensis – Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, Bd. 14, Navigare necesse est, Geschichte der Navigation, Hamburg, 2008.
- Zemke, Friedrich-Karl**, Feuerschiffe der Welt, Koehlers Verlagsgesellschaft mbH, Hamburg, 1995.

12. Index

- A Feuerschiff 294
Aanderaa Data Instruments AS 186, 187, 188
Adlergrund 29, 51, 52, 58, 61, 76, 77, 100, 108, 112, 114, 115, 125, 265, 266, 285, 287, 291
Adlergrund (II) 291
Adlergrund (III) 266
AEG 157
AEG Schiffbau 156
Alexander von Humboldt 286
Almirante Abreu 266
Amrumbank 76, 100, 101, 104, 108, 112, 114, 115, 125, 266, 267, 274, 285, 290, 292
Amrumbank (II) 267
Apstein 25
Archimedes (um 285-212) 36
Arkona Becken (MARNET) 173, 174, 191, 197, 199, 200, 201, 295, 300
Aßmann, Richard (1845-1918) 102, 103
Atlas-Hagenuk 156
Außeneider 61, 76, 101, 108, 112, 125, 266, 269, 283, 285, 289, 290, 292
Außenjade 28, 29, 47, 50, 55, 77, 100, 103, 107, 110, 113, 114, 115, 116, 125, 268, 288, 292
Außenjade (II) 269
Äußere Eider 269
Babcock-Wilcox 156
Banana 280
Bartsch von Sigsfeld, Hans (1861-1902) 103
Beaufort, Francis (1774-1857) 104
Behm, Karl (1864-1919) 67
Bennecke, Berthold Adolph (Heinrich?) (1843-1886) 23
Bernhardus 275
Boguslawski, Heinrich Georg (1827-1884) 24
Böhnecke, Günther (1896-1981) 117, 118, 119, 120
Bölkow-Messerschmidt 156
Borkum 28, 29, 47
Borkumriff 52, 61, 76, 100, 101, 104, 107, 108, 112, 113, 115, 128, 129, 145, 146, 149, 152, 153, 269, 270, 271, 286, 292
Borkumriff (II) 270
Borkumriff (III) 82, 83, 270
Borkumriff (IV) 271
Boyle, Robert (1627-1692) 12, 36, 85
Brandt, Andreas Heinrich Carl (1854-1931) 23, 25, 26, 57
Bremen 76, 101, 107, 108, 109, 113, 271, 272, 273, 277, 293, 294
Bremen (II) 273
Bremer Bake 271
Breuch-Moritz, Monika (1953-) 125
Buchanan, John Young (1844-1925) 31
Bülk 286, 287, 292

Bürgermeister O'Swald (I) 81
 Bürgermeister Abendroth 279, 281
 Bürgermeister Abendroth (II) 281
 Bürgermeister Bartels 280, 281
 Bürgermeister Kirchenpauer 275, 282,
 289, 290, 292
 Bürgermeister O'Swald (I) 276, 277,
 294
 Bürgermeister O'Swald (II) 277
Büse 25, 52, 54
 C. Plath 156
Capelle, Hans Hector Bernhard (1864-1948) 67, 68, 69
 Cappeln 29
 Caspar 275, 279, 282
Celsius, Anders (1701-1744) 12, 33
 Challenger 12, 31, 98
Clark, Leland C. (1918-2005) 181
 Darsser Ort 27, 29
 Darßer Schwelle (MARNET) 173, 174,
 190, 191, 197, 199, 200, 201, 295,
 297
 Datawell 191
 Der neue Pilot 271
 Der Pilot 271
 Deutsche Bucht 128, 129, 147, 149,
 152, 267, 274, 286, 290
 Deutsche Bucht (MARNET) 174, 193,
 195, 196, 198, 300, 302, 303, 304,
 320
 DNV GL (vormals GL Garrad Hassan)
 211, 310
Dominik, Hugo (1871-1933) 69
 Dornier System 156, 157
Driver 25
 E Feuerschiff 289, 294
 Eckernförde 27, 29, 49
Ehlers, Peter (1943-) 124
 Eider 61, 269, 280, 281, 282
 Eiderschiff 2 61
Ekman, Frederik Laurentz (1830-1890)
 31, 42
Ekman, Vagn Walfrid (1874-1954) 96
 Elbe 1 64, 76, 77, 81, 100, 101, 104,
 108, 110, 112, 113, 114, 115, 126,
 127, 144, 146, 149, 152, 153, 187,
 274, 275, 276, 277, 278, 279, 281,
 282, 286, 294
 Elbe 1 (MARNET) 129, 149, 174, 198,
 303
 Elbe 2 77, 101, 109, 110, 113, 115,
 116, 275, 277, 278, 279, 280, 281,
 282, 294
 Elbe 3 77, 101, 109, 110, 112, 274,
 275, 279, 280, 281, 282, 293
 Elbe 4 64, 76, 77, 101, 107, 108, 109,
 113, 125, 275, 276, 279, 280, 281,
 282
 Elbe 5 275, 280, 282
 Ems (MARNET) 174, 188, 196, 198,
 303, 304
Engler, Adolph Gustav Heinrich (1844-1930) 23
 Ernst 280, 282
 Europa 281
 EvoLogics 190
Eylert, H. 66
Fahrenheit, Daniel Gabriel (1686-1736)
 12

Fehmarnbelt 29, 51, 52, 53, 58, 76,
 77, 100, 101, 108, 109, 112, 113,
 114, 115, 116, 125, 128, 130, 142,
 144, 149, 152, 269, 270, 282, 283,
 284, 285, 286, 287
 Fehmarnbelt (MARNET) 44, 45, 46,
 164, 169, 175, 187, 188, 189, 191,
 193, 195, 196, 199, 200, 210, 211,
 284, 300, 302, 304, 307, 320, 322
 Fehmarnsund 27, 29
Fein, Otto (1895-1953) 117, 119
 Finngrundet 60
 Fino 1 (MARNET) 190, 200, 211, 308,
 309
 Fino 2 (MARNET) 190, 200, 211, 309,
 310
 Fino 3 (MARNET) 190, 200, 211, 309,
 310, 311
 Flensburg 77, 101, 113, 114, 115,
 116, 125, 128, 142, 144, 146, 285,
 287
Forch, Carl Friedrich Otto Hugo (1870-1955) 139
Forchhammer, Johann Georg (1794-1865) 86
 Forschungs- und Entwicklungszentrum
 Fachhochschule Kiel GmbH 211,
 309, 311
 Forschungsplattform Nordsee 159
Freden, Wilhelm von (1822-1894)
 65, 66
 Friedericia 27
 Friedrichsort 27, 29
 FS Gauss 124
 Gabelsflach 285, 286, 287, 292
 Gazelle 12
 Geniusbank 288
Georgi, Johannes (1888-1972) 70
Gilcher, Julius (1875-1955) 67
 Gustav Heinrich 275
 H Feuerschiff 294
Heincke, Friedrich (1852-1929) 23
 Hela 27, 29, 49
 Helgoland 28, 29, 47, 288
Helland-Hansen, Bjørn (1877-1957)
 92
Hellmann, Johann Georg Gustav
(1854-1939) 142
 Helsingör 27
Hensen, Victor (1835-1924) 17, 18,
 22, 23, 48, 54, 57
Hermann, Frede Evan (1917-1977) 89
Herwig, Walther (1838-1912) 23
Herz, Alfred (1850-1936) 66, 67
Hoffmann, Curt (1898-1959) 26
 Horns Reff 267
 Horst Ebert, Nachrichtentechnisches
 Büro 156
 HR 1 Feuerschiff 126, 127, 152, 276,
 292
 Innere Eider 281
 Isothermal Technology Limited 205
 Jacob Hinrich 275, 279, 280
 Jasmund 273, 285
 Kalkgrund 285
 Kalkgrund (I) 285
 Kallundborg 27
Karsten, Gustav (1820-1900) 17, 21,
 22, 24, 28, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 40,

46, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 73,
74, 82, 214, 215, 216

Kautsky, Hans Wilhelm (1891-1966) 185

Kiel 77, 101, 113, 114, 115, 116, 125,
128, 142, 144, 146, 266, 274, 285,
286, 287, 290, 312

Kiel (I) 287

Kiel (II) 287

Kiel (III) 287

Kiel (MARNET) 44, 45, 46, 128, 147,
163, 164, 169, 190, 196, 198, 199,
210, 211, 285, 286, 287, 290, 312,
313

Kieler Bucht 27

Kirstein, M. 66

Knudsen, Martin Hans Christian (1871-1949) 57, 87, 88, 89, 139, 337

KO 6/T 63 Tonne 284, 306

Kohlmann, Rudolph 51, 52, 58

Koldewey, Kurt (1837-1908) 66

Korsör 27

Kraefft 25

Krümmel, Otto (1854-1912) 24, 39,
40, 51, 57, 58

Kuhlbrodt, Erich (1891-1972) 68

Kupffer, Karl von (1829-1902) 22

Laima 279

Leuchtschiff D 269, 273

Leuchtschiff F 293

Lohme 27, 29

Löwe, Friedrich (1874-1955) 90

Lücke, Fr. 52

Marcet, Alexander (1770-1822) 85

Maury, Matthew Fontaine (1806-1873) 60

McConnell, Anita 12

Mecking, Ludwig (1879-1952) 24, 59

Meerestechnik Elektronik GmbH 195

Merz, Alfred (1880-1925) 70, 96

Meta 1 Boje 157, 160, 161, 316

Meteor (I) 68, 70, 119

Meteor (II) 121, 123

Meteor (III) 123

Mewes, E. 66

Meyer, Heinrich Adolph (1822-1889) 13, 14, 18, 19, 20, 21, 27, 30, 31, 32,
33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 56,
57, 82, 214

Mielck 25

Minsener Sand 76, 101, 108, 110,
113, 125, 275, 288

Minsener Sand (II) 288

Möbius, Karl August (1825-1908) 18,
20, 23

Mohr, Karl Friedrich (1806-1879) 40,
85

Müller, K. 25

Nansen, Fridtjof (1861-1930) 84, 88,
92, 95, 132, 219

Negretti & Zambra 19, 30, 34

Neptun 279, 281, 282

Neubauer 26

Neufahrwasser 27

Neumayer, Georg Balthasar von (1826-1909) 34, 60, 65, 66, 67, 68

Niskin, Shale Jack (1926-1988) 44

Norderney 76, 101, 108, 112, 125,
277, 289, 294

Norderney (I) 277, 289, 293, 294
 Norderney (II) 289
 Nordseeboje I (MARNET) 157
 Nordseeboje II (MARNET) 157, 161, 164, 168, 196, 199, 200, 211, 212, 316, 319, 320, 321
 Nordseeboje III (MARNET) 193, 199, 200, 320
 Nortek AS 192
 Ocean Scientific International Ltd. 89
 Ocean Wind 286
 Oder Bank (MARNET) 173, 174, 199, 200, 201, 321
 Osteriff 280
 P 11 Feuerschiff 113, 126, 127, 144, 145, 276, 289
 P 12 Feuerschiff 126, 128, 145, 147, 267, 274, 286, 290
 P 15 Feuerschiff 126, 127, 144, 145, 267, 276, 290
 P 8 Feuerschiff 126, 128, 145, 269, 281, 286, 290
Pape, C. 90
 Patricia 280
Pettersson, Sven Otto (1848-1941) 36, 57, 84, 95, 132, 219
 Pit Buoy 126, 127, 130, 292
 Pit Feuerschiff 267, 270
 Poel 28, 29
 Poleau Bras 277
 Pommerania 31, 37, 38, 39
 Poseidon 25, 58, 109, 110, 111
 R Feuerschiff 273
Raben 25
Rauschenplat 25
Réaumur, René Antoine Ferchault de (1683-1757) 12, 33
Reibisch, Johannes (1868-1948) 25, 26
Reinert, W. 66
Reinke, Johannes (1849-1931) 23, 57
Remane, Robert Gustav Adolf (1898-1976) 26
 Reserve Außenjade 290
 Reserve Borkumriff 290, 292
 Reserve Holtenau 284, 285
 Reserve Minsener Sand 287
 Reserve Ostsee 265, 287, 291
 Reserve Sonderburg 285, 287
 Reserve Tönning 266
 Reservefeuerschiff Ostsee 287
 Reserve-Jade 291
Roll, Hans Ulrich (1910-2000) 122, 123
Ruppin, Ernst 51
 S 2 Feuerschiff 113, 126, 127, 144, 145, 152, 267, 270, 276, 292
 Schleswig 29
Schott, Gerhard (1866-1961) 67, 72
Schück, A. 66
Schultze Jena, Leonhard Siegmund Friedrich Kuno Klaus (1872-1955) 24, 59
Schumacher, Arnold (1889-1967) 68
Seebohm, Hans-Christoph (1904-1967) 117
 Seestern 275
Selchow, Werner Ludolph Erdmann von (1806-1884) 17
 Senator Brockes 281, 282, 290

Siemens 156
 Sigmund 278
Sigsbee, Charles Dwight (1845-1923) 31
 Sonderburg 27, 29, 51, 52, 58
Sørensen, Søren Peter Lauritz (1868-1939) 87, 139
Spieß, Fritz (1881-1959) 69, 70, 71
 Steingrund 288
Stern, Otto (1888-1969) 185
 Stollergrund 29, 51, 52, 58, 61, 286, 291, 292
 Stollergrund (II) 286, 291
 Svendborg-Sund 27
 Sylt 29
 Sylt (Ellenbogen) 28, 47, 49
 Telefunken 157
 The President 277
Thomson, Charles Wyville (1830-1882) 31
Toedt, Fritz (1897-1984) 183
Torricelli, Evangelista (1608-1647) 11
 Travemünde 27, 29
 TW/Ems 128, 147, 148, 269, 286
 Varberg 60
Volger, Otto (1822-1897) 65
Volhard, Jacob (1834-1910) 85, 86
Volmer, Max (1885-1965) 185
 Warnemünde 28, 29
Wauchope, Robert (1788-1862) 94
Wegener Alfred (1880-1930) 68
Wegener, Kurt (1878-1964) 68
 Weser 29, 55, 76, 77, 101, 107, 108, 109, 112, 126, 127, 128, 129, 144, 148, 149, 272, 273, 275, 277, 281, 284, 286, 289, 292, 293, 294
 Weser (I) 273, 292, 293
 Weser (II) 271, 293
 Weser-Aussenleuchtschiff 29
 Westerland 29, 49
 Wilhelmshafen (Außenjade) 28
Winkler, Lajos (1863-1939) 180
Wulff 25
Zickwolff, Gerhard (1924-1997) 123
Zorell, Franz (1898-1956) 72, 107, 111
Zwiebler, Gerhard (1900-1983) 121, 122

⁶⁷¹ Der Index enthält *Personennamen*, Schiffsnamen, Firmennamen, Feuerschiffsnamen und Feuerschiffpositionsnamen.

A. Anhang

A.1 Die Nachrichten für Seefahrer

Die *Nachrichten für Seefahrer (NfS)* erschienen erstmalig unter diesem Namen am 8. Juli 1870 als Beiblatt zum *Marine=Verordnungs=Blatt* des *Hydrographischen Bureaus des Marine=Ministeriums*⁶⁷². In ihnen werden für die Schifffahrt wichtige Ereignisse, Veränderungen und Maßnahmen bekannt gegeben. Von 1870-1876 wurden die *Nachrichten für Seefahrer* vom *Hydrographischen Bureau des Marine-Ministeriums* herausgegeben, 1877-1882 vom *Hydrographischen Bureau der kaiserlichen Admiralität*, 1883-1890 vom *Hydrographischen Amt der Admiralität*, 1891-1894 vom *Hydrographischen Amt des Reichs-Marine-Amtes*, 1895-1902 von der *Nautischen Abteilung des Reichs-Marine-Amtes*, 1903-1914 vom *Reichs-Marine-Amt*, 1915-1920 vom *Reichs-Verkehrs-Ministerium*, 1921-1935 von der *Marineleitung*, 1936-1945 vom *Oberkommando der Kriegsmarine*, 1945–1946 vom *Deutschen Maritimen Institut*, 1946-1990 vom *Deutschen Hydrographischen Institut* und ab Juli 1990 vom *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie*.

Da in vielen Publikationen voneinander abweichende Daten und Fakten über die deutschen Feuerschiffe zu finden sind, werden nachfolgend die Meldungen aus den *Nachrichten für Seefahrer* für die von der *Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Meere*, der *Deutschen Seewarte* und dem *Deutschen Hydrographischen Institut* als Messstationen verwendeten Feuerschiffe wiedergegeben, da die dort gemachten Angaben verbindlich sind, denn bei den *Nachrichten für Seefahrer* handelt es sich um eine amtliche Veröffentlichung, auf deren Angaben in dieser Arbeit Bezug genommen wird.

⁶⁷² Nachrichten für Seefahrer, 1870, S. 1.

A.2 Die Messstationen auf See

A.2.1 Die Feuerschiffposition Adlergrund

Das Feuerschiff *Adlergrund* wurde 1883/84 auf der Kaiserlichen Schiffswerft in Danzig für das *Hydrographische Amt der Admiralität* erbaut. Es handelte sich um ein rotes zweimastiges Holzschiff ohne Eigenantrieb mit einer Länge von 40 m, einer Breite von 7 m und einem Tiefgang von 3 m bei einer Verdrängung von 296 t⁶⁷³.

In den *Nachrichten für Seefahrer (NfS)* vom 15. November 1884 gibt das *Hydrographische Amt der Admiralität* mit der Nachricht No. 1829 die beabsichtigte Auslegung eines Feuerschiffes zwischen Rügen und Bornholm bekannt⁶⁷⁴:

Eine Woche später wird mit der No. 1872 vom 22. November die erfolgte Auslegung des Feuerschiffes veröffentlicht:

„Das Feuerschiff ‚*Adler Grund*‘ (vgl. No. 1829 d. diesj. ‚Nachr. f. Seef.‘) hat seine Station eingenommen und liegt auf: 54° 48,2‘ N-Br, 14° 20,8‘ O⁶⁷⁵.“

Da sich im Laufe der Zeit Grundberührungen von Schiffen häuften, die das Feuerschiff direkt nördlich passierten, wurde es am 30. Juni 1901 auf eine neue Position verlegt. Wie die Meldung No. 1488 der *NfS* des Jahres 1901 wiedergibt, befand sich das Feuerschiff nun weiter nordöstlich als bisher. Die Position betrug jetzt 54° 50‘ 2“ N und 14° 56‘ 0“ O-Lg⁶⁷⁶.

Das Feuerschiff blieb bis zum Ausbruch des ersten Weltkrieges auf dieser Position⁶⁷⁷. Dann wurde es eingezogen um während des Ersten Weltkrieges in der *Kaiserlichen Marine* Verwendung zu finden. 1919 wurde es außer Dienst gestellt⁶⁷⁸.

Die Feuerschiffposition blieb bis zum 20. Juni 1920 unbesetzt. Dann übernahm das Feuerschiff *Reserve Ostsee* diese Position. Das Feuerschiff war 1902 in Stettin erbaut worden und wies bei einer Länge von 35,50 m eine Verdrängung von 300 t auf. 1905 erfolgte eine Verlängerung um 5 m, um das Feuerschiff auch als Re-

⁶⁷³ Marquardt, 1995, Nr. 1, S. 35.

⁶⁷⁴ Nachrichten für Seefahrer, 1874, S. 487.

⁶⁷⁵ Nachrichten für Seefahrer, 1874, S. 499. Wie durch diese offiziellen Meldungen ersichtlich ist, muss das Feuerschiff in der Zeit zwischen dem 15. und 22. November 1884 auf seiner Position ausgebracht worden sein, ein genauer Zeitpunkt wird aber nicht genannt. Für eine Auslegung des Schiffes am 21. August 1884, wie bei Marquardt nachzulesen ist, gibt es keinerlei Hinweise (Marquardt, 1995, S. 35).

⁶⁷⁶ Nachrichten für Seefahrer, 1901, S. 505.

⁶⁷⁷ Wiedemann, 1998, S. 620-625 gibt an, dass das Feuerschiff *Adlergrund* ab 1905 bis 1914 als Reservefeuerschiff diente und die Feuerschiffposition in dieser Zeit vom Feuerschiff *Reserve Ostsee* eingenommen wurde. Die Nachrichten für Seefahrer 1914, S. 558 zeigen aber, dass das Feuerschiff *Adlergrund* erst 1914 die Station verließ.

⁶⁷⁸ Marquardt, 1995, Nr. 1, S. 35.

servefeuerschiff für die Feuerschiffposition *Adlergrund* nutzen zu können. Bis zum 5. Januar 1922 verblieb es auf der Station, um dann wieder als Reservefeuerschiff für die Feuerschiffe in der Ostsee zu dienen. 1929 bis 1931 erfolgte ein tiefgreifender Umbau in Kiel und nach Umbenennung in Feuerschiff *Kiel* wurde es auf der dortigen Feuerschiffposition bis zu seiner Versenkung am 4. Mai 1945 eingesetzt⁶⁷⁹.

Ab 1922 wurde die Feuerschiffposition von dem 1913/14 erbauten Feuerschiff *Adlergrund (III)* eingenommen. Es hatte eine Länge von 47,50 m, einen Raumgehalt von 282 BRT und war mit zwei Dieselmotoren für den Antrieb ausgerüstet, die 1938 durch zwei neue Aggregate ersetzt wurden. Das ursprünglich als *Almirante Abreu* gebaute Feuerschiff konnte der brasilianischen Regierung wegen des Ausbruchs des Ersten Weltkriegs nicht mehr als Geschenk übergeben werden und wurde nach seinem Dienst in der *Kaiserlichen Marine* auf seine neue Position verbracht. Mit Ausbruch des Zweiten Weltkrieges wurde das Feuerschiff wieder eingezogen. Es wurde als Wachschiff in der Ostsee eingesetzt und sank nach einem Fliegerangriff am 3. Mai 1945⁶⁸⁰.

Die Station blieb während des Kriegs unbesetzt und wurde auch nach seinem Ende nicht wieder aktiviert.

A.2.2 Die Feuerschiffposition Amrumbank

Das Feuerschiff *Amrumbank* wurde am 1. Januar 1908⁶⁸¹ auf seiner Position 54° 33,2' N und 7° 53,2' O ausgelegt⁶⁸². Das Schiff war 1906 vom *Preußischen Ministerium für öffentliche Arbeiten, Abteilung Wasserbau* für das Königliche Wasserbauamt Husum bei der A. G. Weser für 255 700 Mark in Auftrag gegeben worden⁶⁸³. Mit seinen 53,50 m Länge gehörte es zu den größeren Feuerschiffen an der deutschen Küste. 1919 wurde es in *Reserve Tönning* umbenannt und diente von da an als Reservefeuerschiff für die Stationen *Amrumbank* und *Außeneider*. Im Zweiten Weltkrieg diente das Feuerschiff der *Kriegsmarine* als Hafenschutzboot. Infolge Kriegseinwirkung ging das Schiff 1944 verloren⁶⁸⁴ und wurde ab Juli 1952 abgewrackt.

⁶⁷⁹ Marquardt, 1995, Nr. 4, S. 35.

⁶⁸⁰ Marquardt, 1996, Nr. 7, S. 34-35.

⁶⁸¹ Marquardt, 1995, Nr. 10, S. 33, gibt fälschlich als Auslegedatum für das Feuerschiff Frühjahr 1908 an. Die Nachricht Nr. 44/08 der Nachrichten für Seefahrer vom 2. Januar 1908 besagt: „Das Feuerschiff *Amrumbank* ist am 1. Januar 1908 auf seiner Station ausgelegt worden. Die genaue Lage wird später angegeben werden.“

⁶⁸² Nachrichten für Seefahrer, 1908, S. 14, 359.

⁶⁸³ Quedens, 2000, S. 44.

⁶⁸⁴ Der genaue Zeitpunkt lässt sich nicht mehr feststellen. Gröner, 1988, gibt als Position des Wracks 54° 29' N und 10° 24' O an. Die Nachrichten für Seefahrer aus dem Jahr 1944 melden am 15. Mai

Ab 1919 wird ein zweites Schiff mit dem Namen *Amrumbank (II)* auf diese Position verbracht. Das 52,20 m lange Schiff wurde in den Jahren 1914 bis 1918 bei Jos. L. Meyer in Papenburg gebaut. Bis 1939 versieht es auf der Station *Amrumbank* seinen Dienst. 1929 erfolgt eine umfangreiche Modernisierung, wobei die dem Antrieb dienende Dampfmaschine durch einen Dieselmotor ersetzt wurde. Während des Zweiten Weltkrieges lag es als Feuerschiff *R* in der Wesermündung⁶⁸⁵.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde auf der Station *Amrumbank* kein weiteres Feuerschiff ausgelegt. Das Feuerschiff kam schon am 23. August 1945 auf der Feuerschiffposition *P 15* auf dem minenfreien Zwangsweg⁶⁸⁶ zwischen dem Humber und der Elbe zum Einsatz⁶⁸⁷. Von 1945 bis 1949 wurde das Schiff auf unterschiedlichen Positionen ausgebracht. In der Zeit vom 3. November 1945 bis zum 8. April 1947 lag es auf der Feuerschiffposition *Pit* auf 54° 18' 45" N und 4° 28' 45" O weit nördlich der niederländischen Insel Texel. Es wurde dann am 9. April 1947 auf die Position 54° 28' 30" N und 3° 32' 0" O verlegt. Auf dieser Position hatte vorher eine Leuchtheultonne mit der Bezeichnung *S 2* gelegen. Die neu eingerichtete Feuerschiffposition behielt diese Bezeichnung bei⁶⁸⁸.

Vom 29. Mai 1948 bis zum 4. Mai 1949 kam das Feuerschiff auf der Position *Horns Reef* vor der dänischen Westküste zum Einsatz um dann ab dem 27. Juli 1949 als Stammfeuerschiff bis zum 7. November 1969 wieder die Station *P 15*, die später in *P 12* umbenannt wurde, zu besetzen⁶⁸⁹.

Am 7. November 1969 wurde das Feuerschiff zum letzten Mal verlegt. Bis zu seiner endgültigen Ablösung am 10. Oktober 1983 versah das Feuerschiff *Amrumbank (II)* nun auf der Position *Deutsche Bucht* seinen Dienst⁶⁹⁰.

Glücklicherweise wurde das Feuerschiff nach seiner Außerdienststellung nicht verschrottet, sondern wurde als Museumsschiff hergerichtet und kann im Hafen von Emden besichtigt werden.

(Meldung Nr. 1110) ein gesunkenes Schiff etwa auf dieser Position. Alle weiteren Wrackmeldungen für das Jahr entsprechen nicht der Positionsangabe von Gröner.

⁶⁸⁵ Marquardt, 1996, Nr. 10, S. 33.

⁶⁸⁶ Bei einem Zwangsweg handelt es sich um eine festgelegte Schifffahrtsroute, die von den sie befahrenden Schiffen nicht verlassen werden darf. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden auf verschiedenen Routen alle Minen geräumt und diese dann als Zwangswege ausgewiesen, um so das Risiko eines Minentreffers zu minimieren.

⁶⁸⁷ Nachrichten für Seefahrer, 1945, S. 307.

⁶⁸⁸ Nachrichten für Seefahrer, 1945, S. 355-366, 1947, S. 704.

⁶⁸⁹ Nachrichten für Seefahrer, 1948, S. 372, 1949, S. 370, S. 698, 1969, S. 1914–1915.

⁶⁹⁰ Marquardt, 1996, Nr. 10, S. 33.

A.2.3 Die Feuerschiffposition Aussen-Jade (Außenjade)

Das Feuerschiff *Aussen-Jade*(*Außenjade*) (Abb. 54) wird erstmalig in der Nachricht No. 85 des zweiten Jahrgangs der *Nachrichten für Seefahrer* im Jahre 1871 erwähnt⁶⁹¹. Die Meldung kündigt die baldige Auslegung des Feuerschiffs an. In den *Nachrichten für Seefahrer* vom 28. April wird dann angezeigt, dass das Feuerschiff am 22. April 1871 ausgelegt worden ist⁶⁹².

Das Schiff war 1869 vom *Hydrographischen Bureau* des *preußischen Marineministeriums* bei der Königlichen Schiffswerft in Danzig in Auftrag gegeben worden. Der Ausbruch des deutsch-französischen Krieges (1870/71) verhinderte nach Fertigstellung die Überführung nach Wilhelmshaven. Erst im April 1871 konnte die Reise von Kiel-Friedrichsort, wo das Feuerschiff bis zum Ende des Krieges festgelegt hatte, in die Nordsee fortgesetzt werden⁶⁹³.

Das hölzerne Schiff mit einer Länge von 36 m und einer Verdrängung von 226 t⁶⁹⁴ besaß keine Maschine, sondern war bei Gefahr durch Aufkommen eines Orkans oder im Falle eines möglichen Rammens einzig auf seine Segel angewiesen.

Aufgrund seines schlechten Bauzustandes wurde es 1902 durch einen eiser-

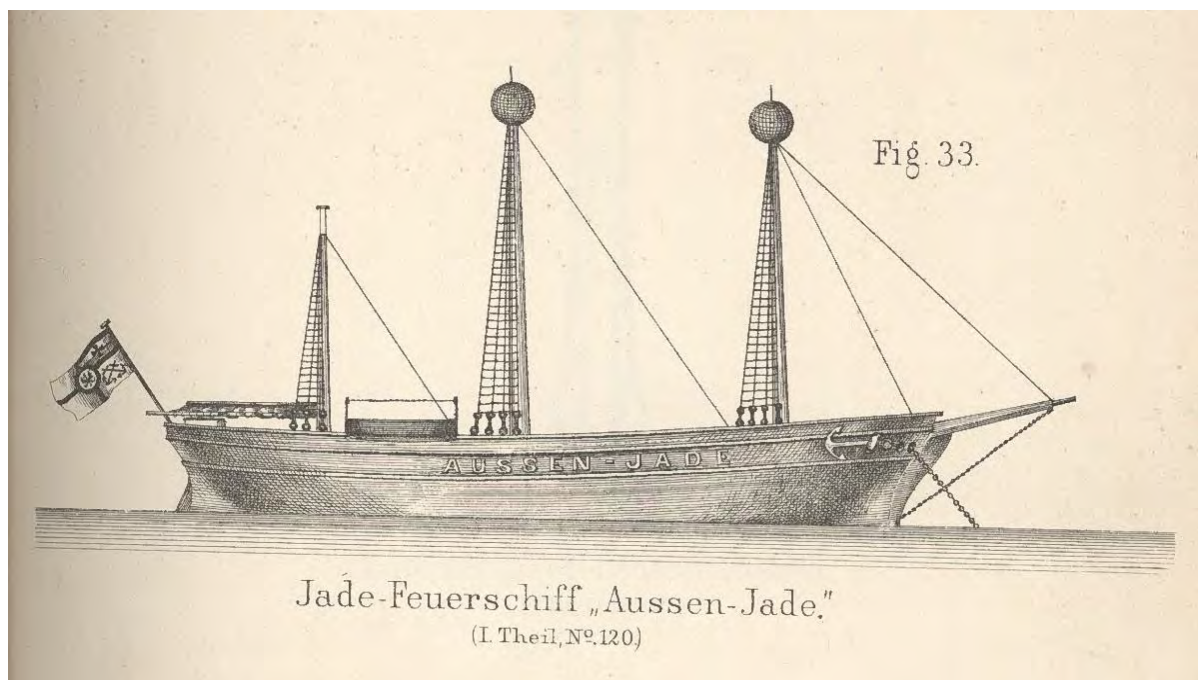


Abb. 54: Feuerschiff Aussen-Jade (Außenjade) von 1871, (Reichskanzler-Amt, Die Schiffszeichen an der Deutschen Küste, 1878, Tafel 21, Fig. 33)

⁶⁹¹ *Nachrichten für Seefahrer*, 1871, S. 67-68.

⁶⁹² *Nachrichten für Seefahrer*, 1871, S. 69.

⁶⁹³ Marquardt, 1994, Nr. 1, S. 19.

⁶⁹⁴ Gröner, Koblenz, 1988, S. 235.

nen Neubau *Außenjade (II)* ersetzt. Das ursprünglich 36,00 m lange Schiff wurde in den Jahren 1931/32 um 5 m verlängert und ein Fahrmotor eingebaut. Während des Zweiten Weltkriegs wurde es als Leuchtschiff *D* der *Kriegsmarine* in der Jade-Mündung eingesetzt. Es ging am 30. März 1945 durch Bombentreffer verloren⁶⁹⁵. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde diese Position nicht mehr mit einem Feuerschiff besetzt. Eine Leuchttonne trat an seine Stelle.

Das Feuerschiff selbst wurde 1946 gehoben und repariert. Ab dem 12. Dezember 1951 wurde es als Stammfeuerschiff auf der Feuerschiffposition *P 8* eingesetzt⁶⁹⁶. Am 13. November 1972⁶⁹⁷ wurde die neue Feuerschiffposition *TW/Ems* durch das Feuerschiff *Außenjade (II)* in Betrieb genommen. Am 13. März 1978 erfolgte die Außerdienststellung⁶⁹⁸.

A.2.4 Die Feuerschiffposition Außeneider

Schon 1868 wurde zu besserer Ansteuerung der Eider und der Hever ein hölzerner Dreimastschoner mit dem Namen *Eider* auf der Position 54° 16,1' N und 8° 16,9' O ausgelegt. Es versah dort seinen Dienst bis 1877. Von 1878 bis 1902 diente es als Reservefeuerschiff⁶⁹⁹ für die Positionen *Borkumriff* und *Äußere Eider*, von 1902 bis 1905 dann noch als Feuerschiff für die Station *Fehmarnbelt*.

1877 legte man dicht bei der alten Position auf 54° 15' 53" N und 8° 17' 30" O das Feuerschiff *Äußere-Eider* aus. Es verblieb dort bis 1909. Auch dieses Schiff war als hölzerner Dreimastschoner gebaut.

Ab dem 25. April 1908⁷⁰⁰ übernahm dann der eiserne Dreimastschoner *Außeneider* auf 54° 16,1' N und 8° 18,3' O die Aufgaben seiner Vorgänger vor der Eidermündung⁷⁰¹. Im Ersten Weltkrieg wurde das Feuerschiff auf anderen Positionen eingesetzt, um nach Ende des Krieges wieder seinen Stammpatz einzunehmen.

⁶⁹⁵ Marquardt, 1995, Nr. 5, S. 34.

⁶⁹⁶ Nachrichten für Seefahrer, 1951, S. 1434.

⁶⁹⁷ Nachrichten für Seefahrer, 1972, S. 1895-1900, Marquardt, 1995, Nr. 5, S. 34 gibt hier als Datum abweichend den 15. November 1972 an.

⁶⁹⁸ Marquardt, 1995, Nr. 5, S. 34.

⁶⁹⁹ Ein Reservefeuerschiff ist ein überzähliges Feuerschiff, das immer dann zum Einsatz kommt, wenn das Stammfeuerschiff wegen Reparaturen oder Wartungseinsätzen vorübergehend seine Position verlässt.

⁷⁰⁰ Nachrichten für Seefahrer, 1908, S. 288.

⁷⁰¹ Marquardt, 1996, Nr. 1, S. 35, gibt für die Auslegung des Feuerschiffes den 12. Juni 1909 an. Dieses Datum ist nicht korrekt, da die Nachrichten für Seefahrer des Jahres 1909 keinen Hinweis für die Auslegung des Feuerschiffes zu diesem Zeitpunkt liefern. Die Meldung Nr. 685 der Nachrichten für Seefahrer des Jahres 1908 kündigt die Auslegung des Feuerschiffes für den 1. April 1908 an und gibt noch eine ausführliche Beschreibung des neuen Feuerschiffes. In Meldung 945 wird dann als tatsächliches Auslegedatum der 25. April vermeldet.

1931 erhielt das bislang antriebslose Schiff einen eigenen Antrieb. Mit Ausbruch des Zweiten Weltkrieges wurde das Feuerschiff eingezogen und als Hilfsschiff genutzt. Bis Ende 1956 kam es immer wieder auf unterschiedlichen Positionen in Nord- und Ostsee zum Einsatz, bevor es in den Jahren 1955/56 umgebaut wurde. Ab 1965 bis zur Außerdienststellung am 30. März 1984 versah es auf der Feuerschiffposition *Fehmarnbelt* seinen Dienst in der westlichen Ostsee⁷⁰². Das Schiff ist erhalten geblieben und kann in Lübeck besichtigt werden.

Nach dem Zweiten Weltkrieg kam auf der Position kein weiteres Feuerschiff mehr zum Einsatz. Die Sicherung des Schiffsverkehrs erfolgte auf dieser Position dann durch eine Leuchttonne.

A.2.5 Die Feuerschiffposition Borkum Riff

Am 27. Oktober 1875 vermelden die *Nachrichten für Seefahrer* in der Meldung Nr. 683, dass einen Tag vorher das Feuerschiff *Borkum Riff* auf der Position 53° 51' N und 6° 26' O seine Station eingenommen und den Betrieb aufgenommen hatte⁷⁰³. Der dreimastige Holzbau war vom Emdener Schiffbaumeister Klattenhoff für circa 155 000 Mark gebaut worden. Bemerkenswert ist, dass die Auslegung eines Feuerschiffes auf dieser Position für die niederländische Schifffahrt so wichtig war, dass sich die Niederlande mit einem Drittel an den Baukosten beteiligten⁷⁰⁴. Dieses Schiff versah seinen Dienst bis 1902 und diente dann noch als Reservefeuerschiff bis 1911.

1902 übernahm ein eiserner Neubau *Borkum Riff (II)* die Aufgaben des alten Feuerschiffs. Ab 1911 diente es als Reservefeuerschiff für diese Position. Nach dem Zweiten Weltkrieg kam es 1946 auf der Station *Pit*, dem minenfreien Zwangsweg zwischen Humber und Elbe und danach bis zu seiner Außerdienststellung im Jahre 1951 auf unterschiedlichen Feuerschiffpositionen in der Nordsee zum Einsatz⁷⁰⁵.

1911 trat ein weiterer Neubau mit dem Namen *Borkumriff (III)* seinen Dienst an. Nach dem Zweiten Weltkrieg kam es dann nach Reparatur kriegsbedingter Schäden 1947 ebenfalls auf dem minenfreien Zwangsweg zwischen Humber und Elbe auf der Station S 2 zum Einsatz, bevor es dann noch einmal in den Jahren 1954

⁷⁰² Marquardt, 1996, Nr. 1, S. 35.

⁷⁰³ Nachrichten für Seefahrer, 1875, S. 238.

⁷⁰⁴ Ulsamer, 2004, S. 22-23.

⁷⁰⁵ Marquardt, 1995, Nr. 5, S. 34.

bis 1956 als Stammfeuerschiff *Borkumriff* auf seiner angestammten Position seinen Dienst versah⁷⁰⁶.

1956 kam der letzte und modernste Neubau eines bemannten Feuerschiffes in Deutschland als *Borkumriff (IV)* zum Einsatz. Zuerst wurde das Feuerschiff auf 53° 43' N und 6° 23' O ausgelegt, wurde dann aber bei der Erweiterung des Verkehrstrennungsgebietes vor der deutschen Küste am 30. September 1970 auf die Position 53° 48' N und 6° 22' O verlegt. Am 15. Juli 1988 endete dann mit der Außerdienststellung dieses Schiffes die Ära der bemannten Feuerschiffe in Deutschland⁷⁰⁷. Auch dieses Feuerschiff ist der Nachwelt erhalten geblieben und kann im Hafen der Insel Borkum besichtigt werden.

A.2.6 Die Feuerschiffposition Bremen

Auf dieser Position kamen in den Jahren 1818 bis 1966 insgesamt sieben unterschiedliche Feuerschiffe zum Einsatz. Das erste Feuerschiff auf dieser Position trug den Namen *Der Pilot*. Es handelte sich um eine hölzerne Galiote⁷⁰⁸ von etwa 22 m Länge, die vom Senat der Freien Hansestadt Bremen in Auftrag gegeben worden war. Es wurde im Oktober 1818⁷⁰⁹ östlich der Nordspitze der Mellum-Platte ausgelegt und versah dort bis zu seiner Außerdienststellung im Herbst 1830 seinen Dienst und wurde noch im gleichen Jahr verkauft⁷¹⁰.

Bei dem Nachfolgebau von 1830 mit dem Namen *Der neue Pilot* handelte es sich ebenfalls um eine hölzerne Galiote, die allerdings mit etwa 25 m Länge ein wenig größer war als ihre Vorgängerin. Dieses Feuerschiff verblieb bis 1842 auf dieser Station. Dann wurde es auf die Station *Bremer Bake* verlegt, um dort ab 1856 von einem Leuchtturm ersetzt zu werden. Ein Jahr später, 1857, wurde das Feuerschiff vom Norddeutschen Lloyd ersteigert⁷¹¹.

1842 wurde das 1840 ebenfalls als hölzerne Galiote von etwa 23 m Länge erbaute Feuerschiff *Weser II* von seiner Station *Bremer Bake* auf die Feuerschiffpositi-

⁷⁰⁶ Marquardt, 1996, Nr. 4, S. 34.

⁷⁰⁷ Ulsamer, 2004, S. 210.

⁷⁰⁸ Kleines Segelschiff, das in Nord- und Ostsee bis in die Neuzeit als Küstensegler zum Einsatz kam. Auch unter der Bezeichnung Kuff bekannt. Die Takelage besteht aus Großmast und Besanmast (Westphal, 1967, S. 128).

⁷⁰⁹ Zemke, 1995, S. 96.

⁷¹⁰ Marquardt, 1994, Nr. 5, S. 14.

⁷¹¹ Marquardt, 1994, Nr. 5, S. 15.

on *Bremen* verlegt und verblieb dort bis 1853. Das Schiff wurde aufgelegt und erst 1869 verkauft⁷¹².

Von 1853 bis 1902 kam das Feuerschiff *Bremen* (Abb. 55) auf dieser Position zum Einsatz. Ebenfalls als Galiote erbaut, war es das letzte und mit einer Länge von 27 m das größte Holzschiff, das auf dieser Position seinen Dienst versah. Wie seine Vorgänger wurde es anschließend verkauft⁷¹³.

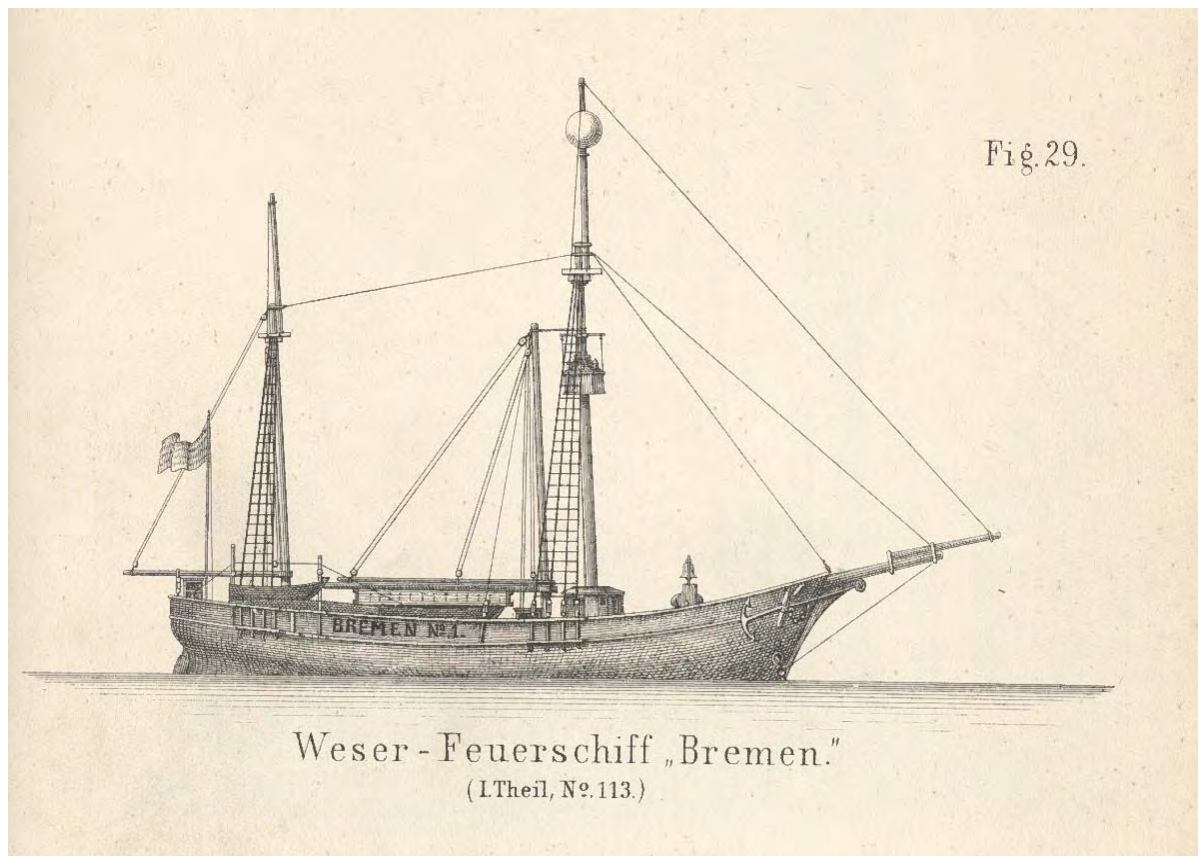


Abb. 55: Das Feuerschiff Bremen (1853 – 1902), (Reichskanzler-Amt, Die Schifffahrtszeichen an der Deutschen Küste, 1878, Tafel 19, Fig. 29)

Vom 23. Januar 1902⁷¹⁴ an versah der als Feuerschiff *Weser* 1873/74 gebaute 40 m lange eiserne Dreimastschoner seinen Dienst auf der Feuerschiffposition *Bremen* (53° 47' N, 8° 9' O). Zusätzlich wechselte es seinen Namen und wurde in *Bremen* umgetauft⁷¹⁵. Es blieb bis zum Beginn des ersten Weltkrieges auf dieser Positi-

⁷¹² Marquardt, 1994, Nr. 5, S. 15-16.

⁷¹³ Marquardt, 1994, Nr. 5, S. 16-17.

⁷¹⁴ Nachrichten für Seefahrer, 1902, S. 59.

⁷¹⁵ Marquardt, 1994, Nr. 9, S. 36. Allerdings gibt Marquardt für den Beginn des Einsatzes dieses Feuerschiffs das Jahr 1900 an, während der Einsatz des vorherigen Feuerschiffs *Bremen* auf dieser Position nach seinen Angaben erst im Herbst 1901 endet. Beide Daten entsprechen nicht dem Datum, das in den *Nachrichten für Seefahrer (NfS)* 1902 auf Seite 59 in der Meldung 141 für den Wechsel des Feuerschiffs genannt wird. Auch geben die *NfS* der Jahre 1900 und 1901 keine Hinweise auf einen Feuerschiffswechsel auf dieser Position. Da es sich bei den *NfS* um eine amtliche Publikation handelt,

on, wurde von 1914 – 1918 als Hilfsfahrzeug bei der *Kaiserlichen Marine* eingesetzt und übernahm von 1919 bis 1925 wieder seine Aufgaben auf seiner angestammten Position. Danach fungierte es noch bis 1939 als Reserveschiff, um bei Ausbruch des Zweiten Weltkrieges erneut bei der *Kriegsmarine* eine militärische Verwendung zu finden. Im Mai 1945 ist es dann in der Ostsee gesunken⁷¹⁶.

1925 kommt es zu einem weiteren Feuerschiffswechsel auf dieser Position. Das ehemalige Feuerschiff *Jasmund* wird in *Bremen II* umbenannt und kommt bis zum Ausbruch des Zweiten Weltkrieges und dann noch einmal von 1949 bis 1954 auf dieser Station zum Einsatz. Das Feuerschiff wurde in den Jahren 1911/12 von Jos. L. Meyer in Papenburg für das königliche Wasserbauamt Stralsund erbaut. Das Schiff hatte eine Länge von 34 m bei einer Vermessung von 186 BRT und verfügte über eine Dampfmaschine mit einer Leistung von 124 PS. Von 1912 bis 1914 versah es seinen Dienst nördlich der Insel Rügen. Während des Ersten Weltkrieges kam es als Kriegsfeuerschiff *D* auf der Jade zum Einsatz, um 1918 in sein ursprüngliches Revier zurückzukehren. 1957 wurde es in Bremerhaven abgewrackt⁷¹⁷.

Bis zur Aufhebung der Feuerschiffsstation *Bremen* am 22. Juni 1966⁷¹⁸ diente das ehemalige Feuerschiff *Weser I* von 1954 an als Schifffahrtszeichen auf dieser Position. Das Feuerschiff war 1888 als eiserner Dreimastschoner mit einer Länge von 43 m bei Johann Lange, Grohn-Vegesack, dem Vorgänger des Bremer Vulkan, erbaut worden. Von 1889 bis 1939, mit Ausnahme des ersten Weltkrieges, versah das Feuerschiff auf der Station *Weser* seinen Dienst. 1926/27 erfolgte eine Modernisierung, bei der das Schiff unter anderem elektrifiziert und 1936/37 bei der Seebeck-Werft in Bremerhaven ein tiefgreifender Umbau, bei dem der Großmast entfernt und ein 300 PS starker Fahrmotor eingebaut wurde. Von 1939 bis 1943 kam es als Feuerschiff *R* bei der *Kriegsmarine* zum Einsatz, um nach dem Krieg wieder auf der Station seinen Dienst zu versehen. In der Zeit vom 14. Februar 1955 bis zum 18. Oktober 1956 verließ es noch einmal die Feuerschiffsposition *Bremen* um auf seiner alten Position ausgelegt zu werden. Nach der Aufhebung der Feuerschiffsstation *Bremen*

muss davon ausgegangen werden, dass die von Marquardt genannten Jahreszahlen falsch sind. Auch trägt sein Hinweis auf die *NfS* des Jahres 1900 Meldung Nr. 1931 nicht zur Klärung dieses Problems bei, denn in dieser Nachricht wird die Errichtung einer Kohlenstation auf *Palo Weh* in der Sabang-Bucht an der Nordküste Sumatras bekannt gegeben. Sollte sich der Hinweis aber nur auf das Jahr 1931 beziehen, gibt das aber keinen Sinn, da für das ganze Jahr 1931 keine Eintragungen über das Feuerschiff *Bremen* in den *NfS* vorhanden sind. Auch Gröner, 1988, S. 240 gibt fälschlicherweise das Jahr 1900 für den Feuerschiffswechsel an.

⁷¹⁶ Marquardt 1994, Nr. 9, S. 36 gibt als Untergangsort die Eckernförder Bucht, Gröner 1988, S. 240 unter Angabe von Koordinaten die Kieler Förde an. Auch die *NfS* liefern keine Hinweise über den tatsächlichen Untergangsort.

⁷¹⁷ Marquardt, 1996, Nr. 5, S. 33, Wiedemann, 1998, S. 620-621, Gröner, 1988, S. 241.

⁷¹⁸ Nachrichten für Seefahrer, 1966, S. 891.

kam das Feuerschiff zu einem weiteren Einsatz. Es wurde in *Elbe 3* umbenannt und versah noch bis 1977 auf der gleichnamigen Feuerschiffposition seinen Dienst. Das Feuerschiff blieb erhalten und kann im Museumshafen Oevelgönne in Hamburg besichtigt werden⁷¹⁹. Es ist mit einem Alter von mehr als 125 Jahren das älteste noch fahrfähige Museumsfeuerschiff Deutschlands⁷²⁰.

A.2.7 Die Feuerschiffposition Deutsche Bucht

Die Feuerschiffposition *Deutsche Bucht* wurde als letzte deutsche Feuerschiffposition 1969 eingerichtet und mit einem bemannten Feuerschiff besetzt. Diese Maßnahme erfolgte im Zuge der Einrichtung des Verkehrstrennungsgebietes Deutsche Bucht, in dem in die Deutsche Bucht ein- und auslaufenden Schiffen getrennte Zwangswege zugewiesen wurden⁷²¹. Das Feuerschiff *Amrumbank* hatte nach Auflösung der Feuerschiffposition *P 12* am 3. November 1969 seine alte Position verlassen und war am 6. November 1969 auf der neuen Position Deutsche Bucht auf 54° 5' N und 7° 34' O südwestlich der Insel Helgoland ausgelegt worden. Zusammen mit dem Feuerschiff *Kiel* war es bis zum Jahr 1986 im Dienst auf dieser Position. Am 21. Mai 1986 wurde das bemannte Feuerschiff eingezogen und als erste Feuerschiffposition in der Deutschen Bucht mit einem unbemannten Feuerschiff versehen⁷²².

A.2.8 Die Feuerschiffposition Elbe 1

In Mai 1816 kam erstmalig ein hölzernes Segelschiff, die *Seestern*, mit einer Besatzung von elf Mann als Feuerschiff vor der Elbmündung zum Einsatz⁷²³. Die Feuerschiffposition erhält den Namen *Elbe*, der, nachdem noch weitere Feuerschiffe den Weg in die Elbe absichern, in *Elbe 1* erweitert wird, wobei die 1 ersichtlich macht, dass es sich bei dem Schiff auf dieser Station um das am weitesten seewärts positionierte Feuerschiff vor der Elbmündung handelt. Nachdem es acht Jahre auf dieser Station seinen Dienst versehen hatte, fiel das Schiff mit seiner gesamten Besatzung am 26. Dezember 1824 einem Orkan zum Opfer⁷²⁴.

⁷¹⁹ Marquardt, 1995, Nr. 1, S. 35-36, Wiedemann, 1998, S. 632-633.

⁷²⁰ Zemke, 1995, S. 32.

⁷²¹ Nachrichten für Seefahrer, 1969, S. 1914-1915.

⁷²² Nachrichten für Seefahrer, 1986, S. 785.

⁷²³ Abendroth, 1818, S. 78-80.

⁷²⁴ Lang, 1965, S. 97.

Als Ersatz für die gesunkene *Seestern* wurde die schon 1787 als Lotsengalio-
te erbaute *Bernhardus* zum provisorischen Feuerschiff umgebaut und bis Dezember
1826 auf der Station eingesetzt⁷²⁵.

Im Dezember 1826 wurde dann der 27 m lange hölzerne Ersatzbau *Jacob
Hinrich* auf der Station *Elbe 1* ausgebracht. 19 Jahre lang versah es dort seinen
Dienst bis 1845, bevor es von 1846 bis 1858 auf die Feuerschiffposition *Elbe 2*
wechselte. 1858 erfolgte ein weiterer Wechsel auf die Position *Elbe 3*. Von 1883 bis
1900 diente es noch als Reservefeuerschiff bevor es 1900 abgewrackt wurde⁷²⁶.

Ab 1845 kam der hölzerne Dreimastschoner *Caspar* auf der Feuerschiffstation
Elbe 1 zu Einsatz. Nach 34 Jahren wurde er 1879 auf die Position *Elbe 2* verlegt und
kam 1905 dann noch einmal auf der Position *Elbe 4* zum Einsatz. Ab 1911 wurde
das Feuerschiff in den Reservestatus versetzt und 1916 verkauft⁷²⁷. Sowohl die *Ja-
cob Hinrich*, als auch die *Caspar* erreichten Einsatzzeiten von über 70 Jahren, was
für Holzschiffe in diesen Gewässern eine bemerkenswert lange Zeit darstellt.

1879 ließ die Stadt Hamburg einen hölzernen Dreimast-Gaffelschoner⁷²⁸ bei
der Stücken Werft in Hamburg erbauen. Erstaunlicherweise wurde kein Eisenschiff
gebaut, obwohl schon 1873/74 die Feuerschiffe *Weser* und *Minsener Sand* aus Ei-
sen erbaut worden waren. Das lag daran, dass ein Holzschiff zu dieser Zeit noch we-
sentlich preiswerter als ein Eisenschiff war und die Stadt Hamburg die Kosten für
sein Leuchtfeuerwesen auf der Elbe möglichst niedrig halten wollte. Das Schiff mit
dem Namen *Gustav Heinrich* verblieb bis 1892 auf der Position *Elbe 1* (auf 54° N und
8° 18' O)⁷²⁹, um dann von 1892 bis 1910 als Reservefeuerschiff eingesetzt zu wer-
den. Von 1910 bis 1912 besetzte es die Station *Elbe 5*, um dann bis 1928 erneut als
Reservefeuerschiff zur Verfügung zu stehen. Danach wurde es verkauft und ein Jahr
später abgewrackt⁷³⁰.

Mit dem Bau der *Bürgermeister Kirchenpauer* kam erstmalig ein eisernes
Feuerschiff auf dieser Position zu Einsatz. Der Dreimastschoner hatte bei einer Län-
ge von 43,50 m einen Raumgehalt von 222 BRT, aber keinen eigenen Antrieb. Bis
1912 versah er auf der Position *Elbe 1* seinen Dienst um dann für zwei Jahre bis zum
Beginn des Ersten Weltkriegs als Feuerschiff auf der Station *Elbe 5* eingesetzt zu

⁷²⁵ Wiedemann, 1998, S. 626-627.

⁷²⁶ Marquardt, 1994, Nr. 5, S. 14-15.

⁷²⁷ Wiedemann, 1998, S. 628-629.

⁷²⁸ Schoner der mit trapezförmigen Längssegeln, die an einer Art Spiere oder Rah befestigt sind, aus-
gerüstet ist (Jung, 2004, S. 98).

⁷²⁹ Gerdau, 1988, S. 42.

⁷³⁰ Marquardt, 1995, Nr. 1, S. 34.

werden⁷³¹. Während des Krieges 1914 bis 1918 diente er als Kriegsfeuerschiff der *Kaiserlichen Marine*. Von 1919 bis 1939 lag das Feuerschiff auf der Position *Elbe 4*.



Abb. 56: Das Feuerschiff Bürgermeister O'Swald (II) (1948-1988), (BSH, Stabsstelle, Fotoarchiv)

Während des Zweiten Weltkriegs von 1939 bis 1945 kam es abermals als Kriegsfeuerschiff zum Einsatz⁷³². Nach Kriegsende wurde es ab dem 3. November 1945 auf der Feuerschiffposition *P15* eingesetzt⁷³³. Bis 1952 wurde das Feuerschiff mehrfach verlegt und versah seinen Dienst auf den Feuerschiffpositionen *P 11*, *P 15*, *S 2* und *HR 1*⁷³⁴. 1952 wurde das Feuerschiff außer Dienst gestellt und ein Jahr später zum Abwracken verkauft.

1911/12 erfolgte der Bau eines weiteren Feuerschiffs, das die Position *Elbe 1* besetzen sollte. Das 52,70 m lange, einen Raumgehalt von 416 BRT aufweisende Schiff gehörte zu den größten Feuerschiffen, die in Deutschland zum Einsatz kamen. Das auf den Namen *Bürgermeister O'Swald (I)* getaufte Schiff erhielt von Beginn an einen eigenen Antrieb. Da bei Dampftrieb immer ein Kessel geheizt werden musste, um die Dampfmaschine mit Dampf versorgen zu können, was sehr viel Zeit beanspruchte, wenn der Kessel erst angeheizt werden musste und damit in Gefahrensitu-

⁷³¹ Marquardt, 1995, Nr. 3, S. 31-32.

⁷³² Gröner, 1988, S. 240.

⁷³³ Nachrichten für Seefahrer, 1945, S. 355-356.

ationen der Antrieb nicht sofort zur Verfügung stand, erhielt das Feuerschiff als eines der ersten Schiffe weltweit einen Dieselmotor als Antriebsquelle. Damit stand sofort nach Anlassen des Motors der Antrieb zur Verfügung und das Schiff konnte bei Gefahr seine Position sofort verlassen und sich in Sicherheit bringen. Das Schiff wurde auf 54° 0' N und 8° 16' O ausgelegt. Während des Ersten Weltkriegs diente es als Kriegsfeuerschiff auf der Position *Elbe 2*, um nach dem Krieg wieder auf seiner ursprünglichen Position ausgelegt zu werden. 1931 wurde die Station geringfügig nach Nordwesten verlegt. Die Position betrug nun 54° 1' N und 8° 13' O. 1933 erfolgte im Rahmen eines Werftaufenthalts der Ausbau des alten Dieselmotors. Er wurde durch ein moderneres, stärkeres Aggregat ersetzt⁷³⁵. Am 26. Oktober 1936 kenterte das Feuerschiff in einem schweren Orkan. Der englische Frachter *The President* und das niederländische Motorschiff *Poelau Bras* wurden Zeugen der Katastrophe, konnten aber keine Hilfe leisten. Mit dem Untergang der *Bürgermeister O'Swald (I)* verloren 15 Menschen ihr Leben⁷³⁶. Es handelt sich bis heute um die größte Tragödie in der Geschichte der bemannten Feuerschiffe weltweit.

Als Ersatz für das gesunkene Feuerschiff wurde das Feuerschiff *Norderney (I)*, das seit 1921 als Reservefeuerschiff für die Stationen *Norderney*, *Elbe 1*, *Bremen* und *Weser* diente, bereits drei Tage nach der Katastrophe am 29. Oktober 1936 auf die Position *Elbe 1* verholt. Es tat dort bis zum Beginn des Zweiten Weltkriegs Dienst und noch einmal vom 13. August 1945 bis zum 7. November 1948, da der Ersatzbau für die gesunkene *Bürgermeister O'Swald (I)* erst nach dem Krieg fertig gestellt werden konnte⁷³⁷.

Ab dem 7. November 1948 kam der Ersatzbau für die gesunkene *Bürgermeister O'Swald (I)* auf der Position *Elbe 1* zum Einsatz (Abb. 56). Auch er erhielt diesen Namen, allerdings mit dem Zusatz *(II)* um anzuzeigen, dass es sich um das zweite Feuerschiff dieses Namens handelte. Es war mit einer Länge von 57,30 m und einer Verdrängung von circa 1000 t noch ein wenig größer als sein Vorgänger und damit das größte Feuerschiff weltweit. Im Vergleich zu seinem Vorgänger hatte es einen etwa doppelt so leistungsstarken Dieselmotor für den Antrieb erhalten und es waren bauliche Maßnahmen ergriffen worden⁷³⁸, die ein Kentern oder Sinken verhindern

⁷³⁴ Nachrichten für Seefahrer, 1948, S. 99-100, 1949, S. 126, 1951, S. 616.

⁷³⁵ Marquardt, 1996, Nr. 7, S. 34.

⁷³⁶ Brustat-Naval, 1950, S. 71-80.

⁷³⁷ Nachrichten für Seefahrer 1945, S. 303-304, 1948, S. 840.

⁷³⁸ Es wurde beispielsweise eine neuartige Ankerklüse, eine in der Wasserlinie angebrachte Mittelklüse, eingebaut. Das Schiff erhielt ein Kreuzerheck, damit es achterlich aufkommende Wellen besser aufnehmen konnte. Das Heck wurde zusätzlich mit einer runden Kappe versehen, die die wind- und wasserabweisende Wirkung des Hecks verstärkte (Gerdau, 1988, S. 108).

sollten. Diese Maßnahmen bewährten sich insofern, als dass das Feuerschiff weder durch Orkane oder mehrmalige Kollisionen verlustig ging. 1970 wurde im Rahmen der Reparaturarbeiten nach einer Kollision mit einem argentinischen Frachter eine neue Hauptmaschine mit noch größerer Leistung eingebaut⁷³⁹. Am 22. April 1988 wurde das Feuerschiff außer Dienst gestellt⁷⁴⁰. Es ist als Museumsfeuerschiff erhalten geblieben und kann in Cuxhaven besichtigt werden.

Anstelle eines bemannten Feuerschiffs kam ihm Rahmen der Einsparungsmaßnahmen, die zur Außerdienststellung aller bemannten Feuerschiffe führte, ein unbemanntes, vollautomatisiertes Feuerschiff auf dieser Position zum Einsatz. Damit verbunden wurde eine Umbenennung der Feuerschiffposition, die nun nur noch *Elbe* hieß. Das unbemannte Feuerschiff hatte eine Länge von 26,00 m⁷⁴¹. Die wichtigen Systeme waren doppelt ausgelegt und das Schiff wurde von der Revierzentrale Wilhelmshaven fernüberwacht⁷⁴². Es versah dort seinen Dienst, bis es in die Nacht vom 3. auf den 4. Dezember 1999. In dieser Nacht brachte der Orkan „Anatol“ das Feuerschiff zum Kentern, allerdings sank es nicht. Da sich eine Reparatur nicht lohnte und ein Feuerschiff aus navigatorischen Gründen nicht mehr auf der Position *Elbe* notwendig war, wurde das Feuerschiff durch eine rot-weiße Leuchttonne mit Ball-Topzeichen⁷⁴³ ersetzt⁷⁴⁴.

A.2.9 Die Feuerschiffposition Elbe 2

11 Jahre nachdem ein Feuerschiff auf der Position *Elbe 1* ausgelegt worden war und es trotzdem danach immer wieder zu Problemen bei der Einfahrt in die Elbe gekommen war, wurde deutlich, dass weitere Navigationshilfen in der Elbmündung für ein sicheres Navigieren notwendig waren. Deshalb wurde eine weitere Feuerschiffposition, die sich näher zur Mündung der Elbe befand, eingerichtet. Sie trug die Bezeichnung *Elbe 2*. Als erstes Feuerschiff auf dieser Position kam die hölzerne Lotsengaliote *Siegmund* zum Einsatz. Dieses Feuerschiff war insofern bemerkenswert,

⁷³⁹ Marquardt, 1996, Nr. 8, S. 34-35.

⁷⁴⁰ Nachrichten für Seefahrer, 1988, S. 338.

⁷⁴¹ Insgesamt wurden vier baugleiche Schiffe in Auftrag gegeben. *FS 1* wurde 1983 fertig gestellt, *FS 2* und *FS 3* 1986 und *FS 4* 1988. Drei Feuerschiffe lagen auf den Feuerschiffpositionen *Ems*, *Deutsche Bucht* und *Elbe*. Das vierte Schiff diente als Reserveschiff (Marquardt, 1996, Nr. 11, S. 34-35).

⁷⁴² Wiedemann, 1998, S. 394-395.

⁷⁴³ Ein Toppzeichen ist ein charakteristisch gestalteter Körper, Ball, Kegel, et cetera, der an der Spitze eines Seezeichens angebracht ist und zu seiner Kennzeichnung dient.

⁷⁴⁴ Machoczek, 2008b, S. 351.

als es zusätzlich zu seiner Aufgabe als Seezeichen auch noch als Lotsenstation⁷⁴⁵ diente⁷⁴⁶. Sie blieb dort bis 1846 und wurde anschließend noch als Reservefeuerschiff für diese Station bereitgehalten⁷⁴⁷.

Von 1846 bis 1858 versah das Feuerschiff *Jacob Hinrich* auf dieser Station seinen Dienst. Das 1826 gebaute Schiff hatte vorher auf der Feuerschiffstation *Elbe 1* gelegen. Es wurde bis 1883 noch auf der Feuerschiffstation *Elbe 3* eingesetzt um dann bis 1900 noch als Reservefeuerschiff zu dienen⁷⁴⁸.

Von 1858 versah der 29,65 m lange Dreimastschoner *Neptun*, das erste eiserne Feuerschiff Deutschlands, auf der Station *Elbe 2* als Navigationshilfe seinen Dienst. 1867 erhielt das Schiff als einziges deutsches Feuerschiff ein Rettungsboot, das nicht nur für die Eigenrettung vorgesehen war, sondern um in Not geratene Seeleute bergen zu können⁷⁴⁹. 1879 wurde es auf die Feuerschiffposition *Elbe 4* und 1883 auf die Position *Elbe 3* verlegt. Von 1900 an diente es bis 1931 als Reservefeuerschiff, um dann noch bis 1951 als Wrack-Feuerschiff⁷⁵⁰ eingesetzt zu werden. 1951 wurde es verkauft und anschließend abgewrackt⁷⁵¹.

1879 wurde das Feuerschiff *Caspar* von der Feuerschiffposition *Elbe 1* auf die Position *Elbe 2* verlegt. Es tat dort bis 1905 seinen Dienst und wurde dann von der *Bürgermeister Abendroth* abgelöst.

Die *Bürgermeister Abendroth* war 1899 in Hamburg vom Stapel gelaufen. Das 37,00 m lange Schiff verfügte über keinen eigenen Antrieb und wies einen Raumgehalt von 272 BRT auf. Von 1900 bis 1905 besetzte es die Feuerschiffposition *Elbe 3*, um dann von 1905 bis zum Beginn des Ersten Weltkriegs 1914 Dienst auf der Station *Elbe 2* zu tun. Im Ersten Weltkrieg wurde es als Kriegsfeuerschiff an der lettischen Küste eingesetzt, strandete dort und wurde aufgegeben. 1919 wurde es von lettischen Behörden geborgen, umgebaut und als lettisches Feuerschiff *Laima* in Dienst gestellt. Im Laufe des Zweiten Weltkriegs fiel es beim Einmarsch deutscher Truppen in die Sowjetunion wieder in deutsche Hände und sank am 26. Dezember

⁷⁴⁵ Die Lotsen waren auf dem Feuerschiff untergebracht, wo sie dann bei Bedarf auf die die Elbe hinaufsegelnden Schiffe stiegen, während die Lotsen der seewärts gehenden Schiffe, diese am Feuerschiff verließen, um dann auf dem Schiff auf neue Aufträge zu warten.

⁷⁴⁶ Ferber, 1913, S. 66.

⁷⁴⁷ Marquardt, 1994, Nr. 5, S. 15.

⁷⁴⁸ Wiedemann, 1998, S. 626-627.

⁷⁴⁹ Grübeler, 1928, S. 172.

⁷⁵⁰ Zur Markierung besonders gefährlicher Wracks wurden alte Feuerschiffe statt Markierungstonnen eingesetzt, da die Feuerschiffe im Gegensatz zu den viel kleineren Tonnen früher und besser von den passierenden Schiffen wahrgenommen wurden.

⁷⁵¹ Marquardt, 1994, Nr. 5, S. 17.

1944 auf der Schleppfahrt nach Westen vor Stolpmünde⁷⁵² dem heutigen Ustka in Polen.

Für kurze Zeit, bevor der Erste Weltkrieg ausbrach, kam das Feuerschiff *Bürgermeister Bartels* noch 1914 auf der Feuerschiffposition *Elbe 2* zum Einsatz⁷⁵³. Das 1905 erbaute, 42,50 m lange und mit 232 BRT vermessene Feuerschiff diente in den Jahren 1905 bis 1914 als Stammfeuerschiff auf der Position *Elbe 3* bevor es als Stammfeuerschiff auf die Position *Elbe 2* verlegt wurde. Diese Position behielt es bis zu seiner Außerdienststellung 1974 nach einer schweren Kollision mit dem dänischen Frachter *Banana* am 10. Dezember, unterbrochen nur durch Kriegseinsätze in beiden Weltkriegen. Die Station wurde danach nicht wieder besetzt und als Feuerschiffposition aufgehoben. Das beschädigte Feuerschiff wurde bis 1979 aufgelegt, dann erfolgte der Verkauf. Es wurde zu einer Dreimast-Barquette⁷⁵⁴ umgebaut und wird für Segeltouren angeboten⁷⁵⁵.

A.2.10 Die Feuerschiffposition Elbe 3

Die Einfahrt in die Elbe barg nach Einrichtung zweier Feuerschiffpositionen immer noch Risiken für die Schifffahrt, sodass 1854 eine dritte Feuerschiffposition, die den Namen *Elbe 3* trug, eingerichtet wurde⁷⁵⁶. Der im gleichen Jahr vom Stapel gelaufene Dreimastschoner *Ernst* bezog seine Position im Nordergatt in der Elbe. Ab 1858 diente er bis 1875 als Reserveschiff für die Feuerschiffpositionen *Elbe 3*, *Osterriff* und *Eider*. Von 1875 bis 1878 versah es seinen Dienst auf der Feuerschiffposition *Elbe 4*, um von 1879 bis 1882 wiederum als Reservefeuerschiff eingesetzt zu werden. 1883 bis 1905 kam es noch einmal auf der Feuerschiffposition *Elbe 4* zum Einsatz, um dann bis zu seiner Versenkung am 2. Januar 1910 durch den Hapag-Dampfer *Patricia* auf der Feuerschiffposition *Elbe 5* seinen Dienst zu versehen⁷⁵⁷.

Bis zum Ausbruch des Ersten Weltkriegs kamen noch vier weitere Feuerschiffe, die schon auf anderen Feuerschiffpositionen gelegen hatten, auf der Position *Elbe 3* zum Einsatz. Von 1858 bis 1883 war dies die *Jacob Hinrich*. Sie wurde bis 1900

⁷⁵² Marquardt, 1995, Nr. 3, S. 33.

⁷⁵³ Wiedemann, 1998, S. 630-631.

⁷⁵⁴ Als Barquette bezeichnet man ein Segelschiff mit Fock- Groß- und Besanmast, wobei der Fockmast voll getakelt ist und Groß- und Besanmast Schratsegel tragen (Jung, 2004, S. 33).

⁷⁵⁵ Marquardt, 1995, Nr. 8, S. 33.

⁷⁵⁶ Grübeler, 1927, S. 206.

⁷⁵⁷ Marquardt, 1994, Nr. 5, S. 17.

von der *Neptun* ersetzt, der 1900 die *Bürgermeister Abendroth* folgte, die ihrerseits dann 1905 von der *Bürgermeister Bartels* abgelöst wurde⁷⁵⁸.

1919 besetzte die *Senator Brockes* die Position *Elbe 3*. Das 1911 erbaute, 42,50 m lange und mit 230 BRT vermessene Feuerschiff hatte von 1911 bis 1914 auf der Feuerschiffposition *Elbe 4* seinen Dienst versehen. Nach seinem Einsatz in der *Kaiserlichen Marine* blieb es bis zum Ausbruch des Zweiten Weltkriegs Stammfeuerschiff der Feuerschiffposition *Elbe 3*. Während des Zweiten Weltkriegs wurde es von der *Kriegsmarine* in der Ostsee eingesetzt. Von 1945 bis 1974 diente es als Reservefeuerschiff der Stationen *Elbe 2* und *Elbe 3* und wurde kurzfristig auch auf den Stationen *Elbe 1* und *P 8* eingesetzt. 1975 wurde es zum unbemannten Feuerschiff umgebaut und das Leuchtfeuer automatisiert, um bis 1977 als Versuchsschiff in der Deutschen Bucht ausgelegt zu werden. Nach seinem Verkauf und einem umfassenden Umbau ist das Feuerschiff noch heute als Kreuzfahrtsegler *Europa* in Fahrt⁷⁵⁹.

Nach dem Zweiten Weltkrieg kam 1945 auf der Feuerschiffposition *Elbe 3* die *Bürgermeister Abendroth (II)* zum Einsatz. Es handelte sich hierbei um das 1927 als *Eider* in Dienst gestellte Feuerschiff auf der Position *Innere Eider*⁷⁶⁰. Das 39 m lange mit 220 BRT vermessene wurde für seinen Einsatz auf der Elbe umbenannt und verblieb als Stammfeuerschiff auf seiner Position bis Oktober 1966. Danach wurde es außer Dienst gestellt und kann im Deutschen Schifffahrtsmuseum Bremerhaven besichtigt werden⁷⁶¹.

Von 1966 bis zur Auflösung der Station am 23. Mai 1977 kam nach Umbenennung in *Elbe 3* die ehemalige *Weser* als Feuerschiff auf der gleichnamigen Feuerschiffposition zum Einsatz⁷⁶². Das Feuerschiff liegt heute als *Elbe 3* im Museumshafen Oevelgönne in Hamburg.

A.2.11 Die Feuerschiffposition Elbe 4

1875 wurde die vierte Feuerschiffposition als Navigationshilfe für die Schifffahrt auf der Elbe eingerichtet⁷⁶³. Zuerst wurde die Station nur während der Winter-

⁷⁵⁸ Wiedemann, 1998, S. 626-631.

⁷⁵⁹ Marquardt, 1996, Nr. 4, S. 35.

⁷⁶⁰ Wiedemann, 1998, S. 626-627.

⁷⁶¹ Marquardt, 1996, Nr. 3, S. 32.

⁷⁶² Marquardt, 1995, Nr. 1, S. 35-36.

⁷⁶³ Insgesamt wurden fünf Feuerschiffpositionen vor der Elbe besetzt. Allerdings wurde die Feuerschiffposition *Elbe 5* nur in den Jahren 1905 bis 1918 von einem Feuerschiff besetzt (Wiedemann, 1998, S. 370).

monate von einem Feuerschiff besetzt. Erst ab 1878 lag an dieser Position ein Feuerschiff ganzjährig vor Anker⁷⁶⁴.

Von 1875 bis 1878 kam das Feuerschiff *Ernst*, das vorher die Feuerschiffposition *Elbe 3* besetzt hatte, zum Einsatz.

1879 wurde die *Neptun* von der Position *Elbe 2* auf die Position *Elbe 4* verlegt und blieb dort bis 1883. Sie wurde von der *Ernst* abgelöst, die erneut bis 1905 die Feuerschiffstation *Elbe 4* besetzte.

Ab 1905 übernahm die *Caspar*, die schon seit 1845 auf den Stationen *Elbe 1* und *Elbe 2* ausgelegt hatte, diese Aufgabe.

Sie wurde ihrerseits von der neu gebauten *Senator Brockes* abgelöst, die bis zu Beginn des Ersten Weltkriegs dort verblieb.

Von 1919 bis 1939 kam dann die *Bürgermeister Kirchenpauer*, die zuvor auf den Stationen *Elbe 1* und *Elbe 5* ihren Dienst als Feuerschiff versehen hatte, auf der Station *Elbe 4* zum Einsatz. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde diese Feuerschiffposition nicht wieder besetzt.

A.2.12 Die Feuerschiffposition Fehmarnbelt

Für die Auslegung eines Feuerschiffs im Fehmarnbelt zwischen den Inseln Lolland auf dänischer Seite und der Insel Fehmarn sollte ein Feuerschiffsneubau eingesetzt werden. Da aber dafür zunächst keine Finanzmittel bereitgestellt werden konnten, musste eine Ersatzlösung gefunden werden, bis das neue Feuerschiff fertiggestellt werden konnte. So kam es, dass im März 1902 der schon 1866/67 gebaute hölzerne Dreimastschoner, das ehemalige Feuerschiff *Eider*, trotz seines hohen Alters als Stammfeuerschiff auf dieser Position eingesetzt wurde⁷⁶⁵.

Die *Nachrichten für Seefahrer* vom 22 März 1902 kündigen in der Nachricht No. 513 das baldige Ausbringen des Feuerschiffs an⁷⁶⁶. Tatsächlich erfolgte die Auslegung dann schon am gleichen Tag, allerdings gelang es nicht, die genaue Position des Feuerschiffs zu bestimmen. Mit der Meldung vom 5. April wurde eine Korrektur der Toppzeichen bekannt gegeben. Es kamen jetzt nicht mehr abgestumpfte Kegel, sondern Kugeln zum Einsatz, was die Identifizierung erleichterte. Die Position war aber immer noch nicht ermittelt worden. Das Feuerschiff wurde dann am 12. Dezember wegen Reparaturarbeiten, das hölzerne Schiff war zu diesem Zeitpunkt immerhin

⁷⁶⁴ Grübeler, 1927, S. 207.

⁷⁶⁵ Marquardt, 1994, Nr. 9, S. 35-36.

⁷⁶⁶ Nachrichten für Seefahrer, 1902, S. 183-184.

schon 35 Jahre im Einsatz, eingezogen und erst am 28. Mai 1903 wieder ausgelegt. Allerdings wurde es nun circa 2 Seemeilen⁷⁶⁷ nordöstlich der alten Position auf 54° 35' 45" N und 11° 9' 6" O vor Anker gelegt und konnte nun von beiden Seiten passiert werden⁷⁶⁸.



Abb. 57: Feuerschiff Fehmarnbelt (1905-1965), (Wiedemann, 1998, S. 377)

Am 4. März 1905 nahm dann das neue Feuerschiff *Fehmarnbelt* seine Position ein und blieb dort als Stammfeuerschiff für 60 Jahre (Abb. 57). Die eiserne Dreimastbark ohne Eigenantrieb war bei der A. G. Weser 1904 vom Stapel gelaufen. Mit einer Länge von 41,0 m in der Wasserlinie, 7,33 m Breite, 4,20 m Tiefgang und einer Verdrängung von 750 t gehörte es zu den größten deutschen Feuerschiffen⁷⁶⁹. Erst 1965 wurde es durch das 1908 gebaute, ehemalige Feuerschiff *Außeneider* ersetzt⁷⁷⁰.

Das Feuerschiff *Außeneider* wurde von G. H. Thyen in Brake als dreimastiger Schoner mit Notbesegelung an der Unterweser gebaut. Wiesen Länge und Breite mit 40,0 m und 7,1 m nur wenig geringere Maße als die des Vorgängers auf der Position *Fehmarnbelt* auf, hatte es aber einen wesentlich geringeren Tiefgang von nur 3,67 m, was sich dann auch in der knapp 30 % geringeren Verdrängung von 536 t be-

⁷⁶⁷ 1 Seemeile entspricht 1852 m.

⁷⁶⁸ Nachrichten für Seefahrer, 1903, S. 414.

⁷⁶⁹ Gröner, 1988, S. 238.

⁷⁷⁰ Marquardt, 1996, Nr. 1, S. 35.

merkbar macht⁷⁷¹. Durch die geringere Größe sanken zwar die Baukosten, der geringere Tiefgang dürfte aber zu einem etwas schlechteren Seeverhalten geführt haben, da bei sonst etwa gleich großen Schiffen das mit dem größeren Tiefgang auch ein besseres Seeverhalten aufweist.

Dieses Feuerschiff erhielt bei einem Umbau 1931 einen 221 kW starken Sechszylinder Dieselmotor als Antrieb und konnte damit unabhängig vom Wind bei Gefahr seine Position aus eigener Kraft verlassen. In den Jahren 1955/56 wurde es nochmals umgebaut und modernisiert und erhielt den Namen *Reserve Holtenau*. Im Februar 1965 wurde es noch einmal auf den Namen *Fehmarnbelt* umgetauft und nahm anschließend seine Aufgabe als Leuchtzeichen im Fehmarnbelt war⁷⁷².

Am 29. März 1984 wurde das Feuerschiff außer Dienst gestellt und durch eine Großtonne gleichen Namens ersetzt. Das Feuerschiff konnte vor dem Abwracken bewahrt werden und liegt nun als restauriertes Museumsschiff in Lübeck.

1976 wurde als Ersatz für bemannte Feuerschiffe eine, aus einer in den 60er Jahren in den USA entwickelten Messboje für ozeanographische Messungen, hervorgegangene *Large Automatic Navigation Bouy (Lanby)* angeschafft. Bei Tests nördlich Helgoland vom Herbst 1976 bis Herbst 1978 zeigte sich, dass die Großtonne als Oberflächenfolger⁷⁷³ in der Nordsee mit kurzen und steilen Wellen für den Ersatz der bemannten Feuerschiffe wenig geeignet war.

Ab 1981 übernahm diese Boje auf der Position des Feuerschiffs *Weser* dessen Aufgaben, war aber auch hier nicht erfolgreich. Deshalb ersetzt sie ab 1984 das bemannte Feuerschiff *Fehmarnbelt* in der Ostsee, da hier der im Vergleich zur Nordsee eine andere Charakteristik aufweisende Seegang einen sinnvollen Betrieb zulässt⁷⁷⁴.

Die Großtonne *Fehmarnbelt* befindet sich auf 54° 36' Grad nördlicher Breite und 11° 9' Grad östlicher Länge, hat einen Durchmesser von circa 12 m und wiegt etwa 95 Tonnen. Vor dem Umbau, der in den Jahren 1996 bis 2000 erfolgte, befand sich das Leuchtfeuer auf einem Turm in 12 m Höhe. Beim Umbau wurde dieser Turm entfernt und eine Plattform auf dem unteren Betriebsraum errichtet. Die Tonne dient nun nicht mehr als Leuchtzeichen, sondern hat nach Umbenennung in *KO 6/T 63* nur noch die Funktion eines einfachen Seezeichens⁷⁷⁵, wird aber weiterhin als

⁷⁷¹ Gröner, 1988, S. 239.

⁷⁷² Marquardt, 1996, Nr. 1, S. 35.

⁷⁷³ Als Oberflächenfolger bezeichnet man einen Schwimmkörper mit geringem Tiefgang, der in seinen Bewegungen den Wellen an der Meeresoberfläche folgt.

⁷⁷⁴ Wiedemann, 1998, S. 393-394.

⁷⁷⁵ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Ostseehandbuch dritter Teil, 2007, S. 86.

automatische Messstation für meereskundliche und meteorologische Messungen genutzt.

Damit werden an dieser Station seit mehr als 100 Jahren, wenn auch mit Unterbrechungen, in der Ära der bemannten Feuerschiffe manuell und nach dem Ausbringen der Großtonne automatisch, Messungen vorgenommen. Die Daten der Station *Fehmarnbelt* bilden die längste Zeitreihe aller hier betrachteten Messstationen.

A.2.13 Die Feuerschiffposition Flensburg (Kalkgrund)

Die Feuerschiffposition *Flensburg* wurde zum 23. September 1924 auf 54° 50' 18" N und 9° 53' 55" O eingerichtet⁷⁷⁶. Gleichzeitig wurde die seit 21. April 1876 bestehende Feuerschiffposition *Kalkgrund* auf 54° 49' 45" N und 9° 53' 30" O⁷⁷⁷ aufgelöst. Da beide Positionen sehr dicht beieinander liegen, die Feuerschiffposition *Flensburg* liegt nur etwa 1100 m nordöstlich der Feuerschiffposition *Kalkgrund*, werden beide Stationen als zusammengehörig betrachtet.

Der 20,25 m lange mit zwei Pfahlmasten ausgestattete Holzbau tat als Feuerschiff *Kalkgrund (I)* bis 1906 auf dieser Position Dienst und wurde dann außer Dienst gestellt.

Von 1906 bis 1910 kam das Feuerschiff *Reserve Sonderburg* auf der Station *Kalkgrund* zum Einsatz. Das 1906 gebaute, 53,30 m lange Schiff war mit 458 BRT vermessen und verfügte über einen eigenen Antrieb in Form einer 260 PS starken Dampfmaschine. Es wurde als Reservefeuerschiff bis 1925 für die Stationen *Adlergrund*, und *Jasmund*, ab 1925 bis 1939 für die Stationen *Fehmarnbelt*, *Gabelsflach*, *Kiel*, *Kalkgrund/Flensburg*, *Amrumbank* und *Außeneider* eingesetzt. 1920 wurde es in *Reserve-Holtenau* umbenannt⁷⁷⁸. 1945 wurde es erneut umbenannt. Es erhielt den Namen *Kiel* und übernahm die gleichnamige Feuerschiffposition. 1950 wurde die Dampfmaschine gegen einen 200 PS starken Dieselmotor getauscht. 1957 wurde es nach einer Kollision wieder instandgesetzt und modernisiert. Mit Inbetriebnahme des *Leuchtturms Kiel* am 5. Juli 1967 wurde die Feuerschiffposition *Kiel* aufgehoben und das Feuerschiff für eine weitere Verwendung auf anderen Feuerschiffpositionen ein weiteres Mal modernisiert.

⁷⁷⁶ Nachrichten für Seefahrer, 1924, S. 625. Die Einrichtung der Station Flensburg als auch die Umbenennung des auf dieser Position ausgelegten Feuerschiffs *Kalkgrund (II)* in *Flensburg* erfolgte nicht, wie bei Marquardt, 1996, Nr. 3, S. 33 zu lesen ist, 1925, sondern zu dem oben genannten Zeitpunkt.

⁷⁷⁷ Nachrichten für Seefahrer, 1876, S. 99.

Das Feuerschiff diente dann noch als Reservefeuerschiff für die Feuerschiffpositionen *Fehmarnbelt*, *Elbe 1*, *Weser*, *Borkumriff*, *P 8*, *P 12*, *Deutsche Bucht* und *T/W Ems*. 1970 erfolgte ein weiterer Motorwechsel, wobei nun ein 510 PS starker Dieselmotor als Antrieb diente. Am 10. Oktober 1983 wurde es als Stammfeuerschiff auf die Feuerschiffposition *Deutsche Bucht* verlegt, um 1986 kurzzeitig auf die Feuerschiffposition *Elbe 1* und dann auf der Feuerschiffposition *Weser* zum Einsatz zu kommen. Auf der *Weser*-Station kollidierte am 17. September 1986 der liberianische Frachter *Ocean Wind* mit dem Feuerschiff und beschädigte es so schwer, dass es anschließend außer Dienst gestellt wurde. Der neue Eigner, die *Deutsche Stiftung Sail Training* ließ das ehemalige Feuerschiff zur Bark mit dem Namen *Alexander von Humboldt* umbauen und nutzte es bis 2011 als Trainingsschiff⁷⁷⁹. Danach wurde es erneut verkauft und wird nun auf den Bahamas für Segeltouren mit Touristen eingesetzt.

A.2.14 Die Feuerschiffposition Kiel

Die Feuerschiffposition *Kiel* wurde erst am 29. April 1922⁷⁸⁰ in Betrieb genommen. Zuvor waren in der Kieler Förde verschiedene Feuerschiffpositionen eingerichtet und wieder aufgehoben worden. Von 1892 bis 1905 kam auf 54° 30' 25" N und 10° 17' 40" O ein Feuerschiff auf der Feuerschiffposition *Stollergrund* zum Einsatz. Diese Position wurde am 6. Juni 1905 aufgehoben. Gleichzeitig wurden zwei neue Feuerschiffpositionen eingerichtet, nordöstlich der alten Position wurde für die Sicherung des Kiel-Ostsee-Weges auf 54° 30' 48" N und 10° 24' 20" O die Feuerschiffposition *Gabelsflach* und südöstlich davon für die Sicherung der inneren Kieler Förde auf 54° 27' 52" N und 10° 15' 24" O die Feuerschiffposition *Bülk* in Betrieb genommen⁷⁸¹, die ihrerseits zum 29. April 1922 eingezogen und durch die Feuerschiffposition *Kiel* auf 54° 29' 00" N und 10° 16' 18" O ersetzt wurden.

Das auf dieser Position eingesetzte Feuerschiff war 1898 als Feuerschiff *Stollergrund (II)* in Dienst gestellt worden. Es handelte sich um ein 34,00 m langes, 248 t verdrängendes, antrieblooses Schiff. Von 1898 bis zur Aufhebung der Station *Stollergrund* im Jahr 1905 versah es auf dieser Position seinen Dienst, um dann als *Ga-*

⁷⁷⁸ Nach der Volksabstimmung in Nordschleswig nach dem verlorenen Weltkrieg am 10. Februar 1920 wurde das Gebiet Dänemark angegliedert und Sonderburg wieder dänisch. Daher erfolgte der Namenswechsel.

⁷⁷⁹ Marquardt, 1995, Nr. 10, S. 32-33.

⁷⁸⁰ Nachrichten für Seefahrer, 1922, S. 251.

⁷⁸¹ Nachrichten für Seefahrer, 1905, S. 393.

belsflach auf der gleichnamigen Feuerschiffposition bis zur Aufhebung dieser Station 1922 eingesetzt zu werden.

1922 erfolgte die Verlegung auf die neu eingerichtete Feuerschiffstation *Kiel* bei gleichzeitiger Umbenennung. 1925 wurde das Feuerschiff außer Dienst gestellt und bis 1941 noch als *Reserve Minsener-Sand* vorgehalten. Anschließend wurde es abgewrackt⁷⁸².

1925 übernahm das 1903/04 erbaute ehemalige Feuerschiff *Bülk*, das zuvor auf gleichnamiger Feuerschiffposition eingesetzt worden war, die Feuerschiffposition *Kiel* und wurde ebenfalls umbenannt. 1928/29 erfolgte ein Umbau des Feuerschiffs *Kiel (I)*. Es erhielt ein elektrisches Leuchtfeuer, das auf einem Laternenmast angebracht war. 1929 kehrte es bis 1931 wieder auf seine Stammposition zurück. Danach diente es als Reservefeuerschiff unter dem Namen *Reserve Ostsee* für die Positionen *Flensburg*, *Kiel*, *Fehmarnbelt* und *Adlergrund*. Im Zweiten Weltkrieg fand es bei der *Kriegsmarine* Verwendung. Von 1945 bis 1953 wurde es nochmals als Reservefeuerschiff für die verbliebenen Ostseestationen verwendet, bevor am 6. Februar 1953 außer Dienst gestellt und im darauffolgenden Jahr abgewrackt wurde⁷⁸³.

Ab 1931 kam dann das 1902 erbaute *Reservefeuerschiff Ostsee*, umbenannt in *Kiel (II)*, auf dieser Feuerschiffposition zum Einsatz. Das 35,50 m lange, circa 300 t verdrängende, antriebslose Schiff, war schon 1905 um 5 m verlängert worden um auf der Feuerschiffposition *Adlergrund* Dienst tun zu können. Zu Beginn des Ersten Weltkriegs wurde es auf die Feuerschiffposition *Bülk* verlegt. 1919 bis 1929 diente es als Reservefeuerschiff für die Stationen *Bülk*, *Adlergrund* und *Gabelsflach*. 1929 bis 1931 erfolgte ein umfangreicher Umbau. Das Leuchtfeuer wurde elektrifiziert und das Schiff erhielt einen Laternenmast. Bis zu seiner Versenkung am 4. Mai 1945 verblieb das Feuerschiff auf der Position *Kiel*⁷⁸⁴.

Nach dem Zweiten Weltkrieg übernahm die ehemalige *Reserve Sonderburg* als Feuerschiff *Kiel (III)* die Aufgaben auf dieser Feuerschiffposition und versah dort seinen Dienst bis zur Inbetriebnahme des *Leuchtturms Kiel* am 5. Juli 1967. Der Leuchtturm wurde zirka 1100 m nordwestlich der Feuerschiffposition auf 54° 30' 1,04" N und 10° 16' 29,59" O⁷⁸⁵ errichtet.

⁷⁸² Marquardt, 1995, Nr. 3, S. 33.

⁷⁸³ Marquardt, 1995, Nr. 5, S. 34-35.

⁷⁸⁴ Marquardt, 1995, Nr. 4, S. 33.

⁷⁸⁵ Nachrichten für Seefahrer, 1967, S. 1021-1022.

A.2.15 Die Feuerschiffposition Minsener Sand

Am 1. Juli 1876 wurde südlich der Feuerschiffposition *Aussen-Jade* (*Außenjade*) ein weiteres Feuerschiff auf der Position *Minsener Sand* ausgelegt, das auch den Namen dieser Station trug⁷⁸⁶. Es handelte sich um einen 36,00 m langen und 226 t verdrängenden Holzbau ohne Antrieb, der 1873/74 von der Kaiserlichen Werft in Danzig erbaut worden war⁷⁸⁷. Es blieb bis 1914 auf dieser Position und wurde dann außer Dienst gestellt (Abb. 58).

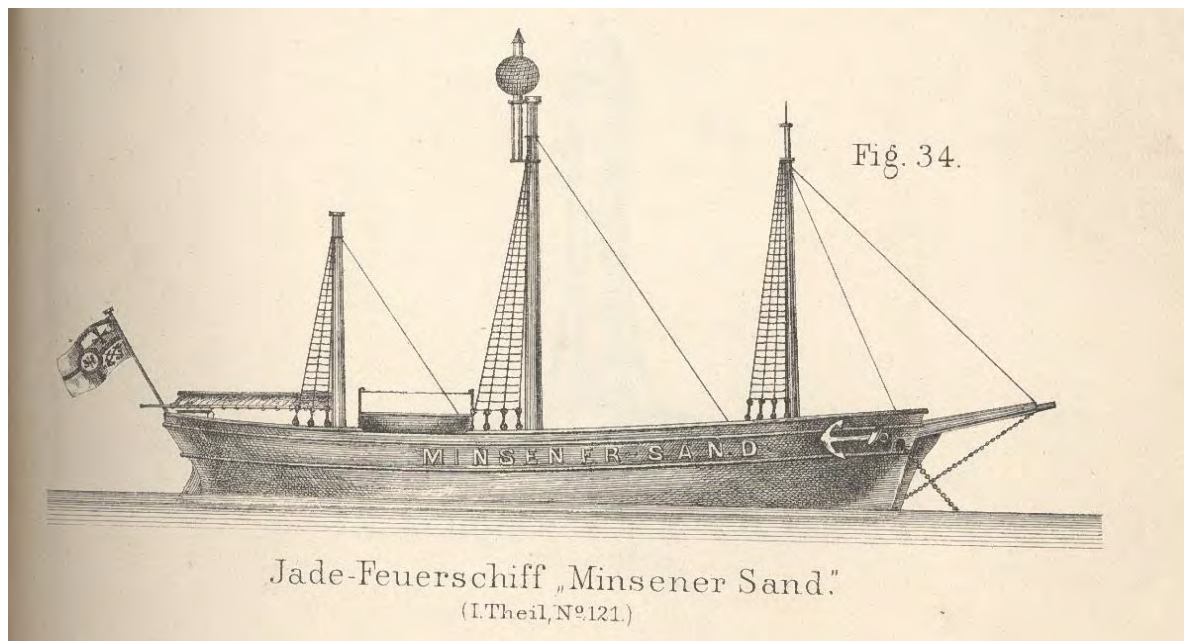


Abb. 58: Feuerschiff Minsener Sand von 1876, (Reichskanzler-Amt, Die Schifffahrtszeichen an der Deutschen Küste, 1878, Tafel 21, Fig. 34)

Das Feuerschiff sollte durch einen gleichnamigen Neubau *Minsener Sand (II)* ersetzt werden, was aber durch den Ausbruch des Ersten Weltkriegs unterblieb, da der Neubau von der *Kaiserlichen Marine* in Anspruch genommen wurde und zeitweise die Feuerschiffpositionen *Helgoland*, *Geniusbank* und *Steingrund* besetzte. 1918 – 1919 kam er zwischen Libau und Reval zum Einsatz. Erst 1920 konnte das 35,50 m lange und einen Raumgehalt von 252 BRT aufweisende, antriebslose, eiserne Feuerschiff die ihm zugedachte Position *Minsener Sand* besetzen. Bis zum Ausbruch des Zweiten Weltkriegs verblieb das Schiff dort, um dann Verwendung bei der *Kriegsmarine* unter anderem als Vorpostensicherungs- und Wachschiff⁷⁸⁸ zu finden.

⁷⁸⁶ Nachrichten für Seefahrer, 1876, S. 145.

⁷⁸⁷ Marquardt, 1994, Nr. 10, S. 35.

⁷⁸⁸ Gröner, 1988, S. 237.

Dabei wurde das Feuerschiff 1945 vor Swinemünde versenkt⁷⁸⁹. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Station aufgehoben und nicht wieder mit einem Feuerschiff besetzt.

A.2.16 Die Feuerschiffposition Norderney

In den Jahren 1906/07 entstanden bei der A. G. Weser in Bremen zwei baugleiche Feuerschiffe. Die Schiffe hatten eine Länge von 52,50 m und einen Raumgehalt von 382 BRT⁷⁹⁰. Von Anfang an waren sie mit einem eigenen Antrieb ausgerüstet, der aus einer 150 PS starken Dampfmaschine bestand. Die *Norderney (I)* kam nicht als Stammfeuerschiff auf der Position *Norderney* zum Einsatz, sondern diente sowohl als Reservefeuerschiff⁷⁹¹, als auch später nach Umbenennung als Stammfeuerschiff auf der Position *Weser*.

Die *Norderney (II)* wurde erstmalig am 5. Mai 1907 auf seiner Stammposition auf 53° 55' 39" N und 7° 13' 58" O⁷⁹² eingesetzt und verblieb dort bis zum Beginn des Ersten Weltkriegs, um dann Verwendung als Hilfsschiff in der *Kaiserlichen Marine* zu finden. Erst 1920 bezog sie wieder ihre vorgesehene Feuerschiffposition. Bei Beginn des Zweiten Weltkriegs verließ das Feuerschiff seine angestammte Position und wurde von der *Kriegsmarine* als temporäres Feuerschiff mit der Bezeichnung Feuerschiff *E* vor der Wesermündung eingesetzt. Dort wurde es 1944 versenkt⁷⁹³. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Station aufgehoben und nicht wieder mit einem Feuerschiff besetzt.

A.2.17 Die Feuerschiffposition P 11 / P 8

Die Feuerschiffposition *P 11* wurde am 24. August 1945 auf 54° 16' N und 7° 12' O nordwestlich der Insel Helgoland zu Sicherung der Schifffahrt in Betrieb genommen⁷⁹⁴. Das Feuerschiff *Außeneider* blieb dort bis zum Dezember 1946 auf Position, bevor es vom Feuerschiff *Bürgermeister Kirchenpauer* abgelöst wurde. Im Laufe der Jahre wechselten die auf dieser Position eingesetzten Stammfeuerschiffe. 1949

⁷⁸⁹ Marquardt, 1996, Nr. 7, S. 35.

⁷⁹⁰ Marquardt, 1995, Nr. 12, S. 36.

⁷⁹¹ Reservefeuerschiffe wurden benötigt, um bei Bedarf die für Wartungs- und Reparaturarbeiten abgezogenen Stammfeuerschiffe ersetzen zu können.

⁷⁹² Nachrichten für Seefahrer, 1907, S. 359.

⁷⁹³ Wiedemann, 1998, S. 636-637.

⁷⁹⁴ Nachrichten für Seefahrer, 1945, S. 307.

war dies das Feuerschiff *Reserve Außenjade*, 1950 das Feuerschiff *Bürgermeister Kirchenpauer* und ab 1951 wieder *Reserve Außenjade*. Am 27. Februar 1951 wurde die Feuerschiffposition in *P 8* umbenannt, verblieb aber auf der alten Position⁷⁹⁵. Bis 1968 wechselten sich die Feuerschiffe *Reserve Außenjade* und *Amrumbank* auf dieser Position, wobei auch die Feuerschiffe *Reserve Borkumriff* 1958 und *Senator Brockes* 1959 zum Einsatz kamen. Von 1968 bis 1972 übernahm das Feuerschiff *Kiel*, das nach dem Bau des *Leuchtturms Kiel* frei geworden war, Einsätze auf dieser Position. Am 14. November 1972 wurde das Feuerschiff *Kiel* abgezogen und die Feuerschiffposition wurde gestrichen⁷⁹⁶, da wegen der Verlegung der Schifffahrtswege in der Deutschen Bucht der Einsatz eines Feuerschiffes zur Sicherung des Seeverkehrs dort nicht mehr notwendig war.

A.2.18 Die Feuerschiffposition P 15 / P 12

Am 23. August 1945 kam das Feuerschiff *Amrumbank* auf der Feuerschiffposition *P 15* bei 54° 0' N und 7° 51' O südlich der Insel Helgoland zur Absicherung des Schiffsverkehrs zum Einsatz⁷⁹⁷. Von 1945 bis 1949 teilte es sich die Position mit dem Feuerschiff *Bürgermeister Kirchenpauer*, ab 1950 bis 1956 mit dem Feuerschiff *Außenneider*. Von da an lag das Feuerschiff *Amrumbank* alleine auf dieser Position, was zu längeren Zeiträumen, an denen die Station unbesetzt blieb, führte, da kein Reservefeuerschiff bereitgestellt werden konnte, da die Zahl der Feuerschiffe aus Wirtschaftlichkeitsgründen immer mehr reduziert worden war. In einzelnen Jahren betrug der Zeitraum, an denen kein Feuerschiff auf dieser Position ausgelegt war, bis zu einem halben Jahr. 1969 kam das Feuerschiff *Kiel* zu einem kurzzeitigen Einsatz, bevor am 3. November 1969 das Feuerschiff *Amrumbank* seine Position verließ um am 6. November auf der neu eingerichteten Feuerschiffposition *Deutsche Bucht* seinen Dienst zu versehen. Die Feuerschiffposition *P 12* wurde aufgrund geänderter Schifffahrtswege aufgegeben und nicht wieder mit einem bemannten Feuerschiff besetzt⁷⁹⁸.

⁷⁹⁵ Interessanter Weise findet sich kein Eintrag für die Umbenennung der Feuerschiffposition in den *Nachrichten für Seefahrer* des Jahres 1951. Die letzte Meldung über die Position *P 11*, Nr. 366 bezieht sich auf den Wechsel des Feuerschiffes und stammt vom 25. Januar 1951. 1952 wird mit der Meldung Nr. 2621 vom 22. Juli der Wechsel des auf der Feuerschiffposition *P 8* ausliegenden Feuerschiffs *Außenjade* gegen eine rot-weiße Leucht-Heultonke berichtet.

⁷⁹⁶ *Nachrichten für Seefahrer*, 1972, S. 1895-1900.

⁷⁹⁷ *Nachrichten für Seefahrer*, 1945, S. 307.

⁷⁹⁸ *Nachrichten für Seefahrer*, 1969, S. 1947.

A.2.19 Die Feuerschiffposition Stollergrund

Das Feuerschiff *Stollergrund* war 1884 ebenfalls als rotes zweimastiges Holzschiff ohne eigenen Antrieb mit den gleichen Maßen wie das Feuerschiff Adler Grund bei der Kaiserlichen Schiffswerft in Danzig für das Hydrographische Amt der Admiralität erbaut worden. Allerdings kostete es nur 198.098,- Mark im Vergleich zu den 257.000 Mark, die das Feuerschiff Adler Grund gekostet hatte, da der Bauausführung einfacher als jenes gestaltet worden war. Ursprünglich unter dem Namen Adler Grund II als Reservefeuerschiff für das Feuerschiff Adler Grund eingesetzt, wurde es 1892 in Stollergrund umbenannt und kam als Stammfeuerschiff⁷⁹⁹ auf dieser neu geschaffenen Position nordwestlich des Ausganges der Kieler Förde zum Einsatz⁸⁰⁰.

In den *Nachrichten für Seefahrer* vom 10. September 1892 gibt das *Hydrographische Amt des Reichs-Marine-Amtes* mit der Nachricht No. 1920 die Auslegung eines Feuerschiffes in der Kieler Bucht bekannt⁸⁰¹.

Allerdings scheint die Lage des Feuerschiffs vor dem Stollergrund noch nicht optimal gewählt gewesen zu sein, denn einige Monate später wurde eine geringfügige Verlegung nach Osten vorgenommen⁸⁰².

Das Feuerschiff blieb nur drei Jahre auf dieser Position. Nach weiteren 9 Jahren auf anderen Positionen und einer Gesamteinsatzzeit von lediglich 12 Jahren wurde das Schiff 1896 für seeuntüchtig erklärt, da der Holzrumpf verrottet war, außer Dienst gestellt und noch im gleichen Jahr abgewrackt⁸⁰³.

An seine Stelle trat als Ersatz das 1894 erbaute Feuerschiff *Reserve-Jade*, das unter Umbenennung in *Reserve-Ostsee* bis zum 21. Oktober 1898 seinen Dienst auf der Feuerschiffposition *Stollergrund* versah. Von diesem Zeitpunkt an kam der Neubau *Stollergrund II* auf dieser Position zum Einsatz⁸⁰⁴. Das auf der kaiserlichen Werft in Danzig gebaute 34,0 m lange Schiff hatte eine Verdrängung von 248 t und erhielt keinen eigenen Antrieb⁸⁰⁵.

Allerdings blieb das neue Feuerschiff nur wenige Jahre auf dieser Position im Einsatz. 1905 nahm man eine Veränderung der Betonung und Befeuerung der Kieler Förde und der Kieler Bucht vor. Das Feuerschiff *Stollergrund II* wurde in *Gabels-*

⁷⁹⁹ Als Stammfeuerschiff wird ein Feuerschiff bezeichnet, wenn es überwiegend auf einer bestimmten Position eingesetzt wird und diese nur bei Wartung und Reparaturen verlässt.

⁸⁰⁰ Marquardt, 1995, Nr. 1, S. 35.

⁸⁰¹ *Nachrichten für Seefahrer*, 1892, S. 499-500.

⁸⁰² *Nachrichten für Seefahrer*, 1893, S. 258.

⁸⁰³ Marquardt, 1995, Nr. 1, S. 35.

⁸⁰⁴ Marquardt, 1995, Nr. 1, S. 35.

⁸⁰⁵ Marquardt, 1995, Nr. 3, S. 33.

flach umbenannt und zusammen mit dem neuen Feuerschiff *Bülk* Ende Mai bis Anfang Juni des Jahres auf die neuen Positionen gebracht. Die alte Feuerschiffposition *Stollergrund* wurde nicht mehr besetzt⁸⁰⁶.

A.2.20 Die Feuerschiffposition S 2

Die Feuerschiffposition S 2 wurde 29. April 1947 in Betrieb genommen⁸⁰⁷. Auf 54° 1' N und 3° 32' O wurde das Feuerschiff *Amrumbank* zur Sicherung des englischen Nachschubweges vom Humber in die Deutschen Bucht auf halbem Wege zwischen der Elbe- und der Humbermündung am Schnittpunkt mehrerer Zwangswege ausgelegt. Es wies von allen deutschen Feuerschiffpositionen die exponierteste Lage auf. Auf dieser Position wechselten sich anschließend das Feuerschiff *Borkumriff* als Stammfeuerschiff und *Reserve Borkumriff* als Ersatzfeuerschiff ab. 1950 kamen das Feuerschiff *Außeneider*, 1951 das Feuerschiff *Bürgermeister Kirchenpauer* und 1953 das Feuerschiff *Außenjade* zu kurzzeitigen Einsätzen auf dieser Position. Am 10. November 1953 wurde das Feuerschiff ersatzlos eingezogen und durch eine Boje ersetzt⁸⁰⁸. Diese Position wurde nur sieben Jahre mit bemannten Feuerschiffen besetzt. Nur die Positionen *HR 1* und *Pit Buoy* wiesen mit drei beziehungsweise fünf Jahren eine geringere Besetzungszeit auf.

A.2.21 Die Feuerschiffposition Weser

Die Feuerschiffpositionsbezeichnung *Weser* ist nicht eindeutig, da diese Bezeichnung auch für eine Position weiter landeinwärts in den Jahren 1818 bis 1906 galt, die zeitweilig auch *Weser I* genannt wurde⁸⁰⁹. Die nachfolgend beschriebene Feuerschiffposition wird auch als *Weser* mit dem Zusatz „neu“ versehen.

Drei Jahre nachdem das Feuerschiff *Aussen-Jade* (*Außenjade*) seinen Betrieb aufgenommen hatte, wurde, diesmal von der Stadt Bremen, ein weiteres Feuerschiff in diesem Seegebiet, nur circa 10 Seemeilen nordwestlich der Position des Feuerschiffs *Aussen-Jade* (*Außenjade*), auf 53° 54' N und 7° 49' O ausgebracht.

⁸⁰⁶ Nachrichten für Seefahrer, 1905, S. 393.

⁸⁰⁷ Nachrichten für Seefahrer, 1947, S. 223.

⁸⁰⁸ Nachrichten für Seefahrer, 1953, S. 1375.

⁸⁰⁹ Wiedemann, 1998, S. 370.

In den *Nachrichten für Seefahrer* vom 15. August 1874 gibt das *Hydrographische Bureau der Kaiserlichen Admiralität* mit der Nachricht No. 413 die beabsichtigte Auslegung eines Feuerschiffes in der Mündung der Weser bekannt⁸¹⁰.

Es dauerte dann noch vier weitere Wochen, bis dann in der Nachricht No. 552 vom 17. Oktober 1874 die Auslegung des Feuerschiffes offiziell bekannt gegeben wurde⁸¹¹.

Das Feuerschiff *Weser* wurde in den Jahren 1873/74 als eiserner Dreimastschoner mit Pfahlmasten von der A. G. Weser als Bau Nr. 6 für den Bremer Senat der Freien Hansestadt Bremen ausgeführt. Auch dieses Feuerschiff hatte keinen eigenen Antrieb und war ebenfalls nur auf seine Segel zur Fortbewegung angewiesen. Das Schiff blieb bis Juni 1889 auf seiner Position, wurde dann eingezogen und durch das 1888 erbaute Feuerschiff *Weser I* ersetzt⁸¹². Der 45,0 m lange, eiserne Dreimastschoner ohne eigenen Antrieb besetzte die Position von 1889 bis 1914, von 1919 bis 1939 und noch einmal von 1945 bis 1954. 1926/27 erfolgte eine Modernisierung und 1936/37 ein Umbau, bei dem der Großmast ausgebaut und ein 300 PS starker Dieselmotor eingebaut wurde. Von 1956 bis 1966 versah das Feuerschiff seinen Dienst auf der Feuerschiffposition *Bremen*, um dann noch einmal das Revier zu wechseln und von 1966 bis 1977 nach Umbenennung in *Elbe 3* als Feuerschiff auf der gleichnamigen Feuerschiffposition eingesetzt zu werden⁸¹³. Es liegt heute im Museumshafen Oevelgönne in Hamburg.

Das Feuerschiff *Weser I* teilte sich von 1900 bis 1939 die Feuerschiffposition *Weser* mit dem 1900 erbauten, nahezu baugleichen Feuerschiff *Weser II* im halbjährlichen Wechsel. Die *Weser II* wurde in beiden Weltkriegen sowohl von der *Kaiserlichen Marine* als auch der *Kriegsmarine* eingesetzt. Zwischen den beiden Kriegen erfolgten ebenfalls in den Jahren 1936/37 der Ausbau des Mittelmastes und der Einbau eines Dieselmotors. Das Feuerschiff wurde als Leuchtschiff *F* eingesetzt und am 15. Oktober 1944 vor der ostfriesischen Insel Wangerooge versenkt⁸¹⁴.

Ab 1956 kam dann das Feuerschiff *Norderney I* als Stammfeuerschiff auf der Feuerschiffposition *Weser* zum Einsatz. Dieses 1906/07 erbaute Schiff hatte schon eine wechselhafte Geschichte hinter sich, bevor es seine neue Aufgabe übernahm. Das 52,50 m lange, einen Raumgehalt von 382 BRT aufweisende Feuerschiff war schon von Anfang an mit einem aus einer 150 PS starken Dampfmaschine beste-

⁸¹⁰ *Nachrichten für Seefahrer*, 1874, S. 147-148.

⁸¹¹ *Nachrichten für Seefahrer*, 1874, S. 207.

⁸¹² Marquardt, 1994, Nr. 9, S. 36.

⁸¹³ Marquardt, 1995, Nr. 1, S. 35-36.

⁸¹⁴ Marquardt, 1995, Nr. 4, S. 33.

henden Eigenantrieb ausgestattet. Es diente in den Jahren 1907 bis 1914 als Reservefeuerschiff für die Stationen *Norderney* und *Elbe 1*. Während des Ersten Weltkriegs diente es als Reservefeuerschiff für die Feuerschiffe *A* und *E* auf der Jade. Ab 1921 bis 1936 kam es als Reservefeuerschiff der Stationen *Norderney*, *Elbe 1*, *Weser* und *Bremen* zum Einsatz. Nach dem Untergang der *Bürgermeister O'Swald (I)* auf der Feuerschiffposition *Elbe 1* am 26. Oktober 1936 übernimmt die *Norderney I* deren Aufgabe bis zum Beginn des Zweiten Weltkriegs. Bis zu seinem Ende liegt das Feuerschiff als Leuchtschiff *H* auf der Feuerschiffposition *Elbe 2*. Danach wird es wieder auf die Position *Elbe 1* verlegt, die es am 7. November 1948 verlässt⁸¹⁵, um wieder als Reservefeuerschiff für die Stationen *Elbe 1*, *Weser* und *Bremen* zu dienen. Ende 1952 bis März 1954 erfolgt eine Modernisierung des Feuerschiffs, wobei die Dampfmaschine gegen einen Dieselmotor ausgetauscht wird. Am 28. März 1954 erfolgt die Auslegung auf der alten Feuerschiffposition *Weser*, wobei eine geringfügige Verlegung der Position auf 53° 52' N und 7° 53' O erfolgt. Da die Seeeigenschaften nicht überzeugten und die Motorleistung nur unzureichend war, kam das Feuerschiff zwischen Februar 1955 bis August 1956 auf der Feuerschiffposition *Bremen*, die weniger den Unbilden der See ausgesetzt war, zum Einsatz. Von August bis Oktober 1956 wurden Änderungsarbeiten durchgeführt um diese Mängel zu beseitigen. Danach übernahm es wieder seine Aufgaben als Stammfeuerschiff auf der Feuerschiffposition *Weser* bis zum 23. September 1981⁸¹⁶. Das Feuerschiff blieb der Nachwelt als Museumsschiff in Wilhelmshaven erhalten⁸¹⁷.

Als Ersatz für das bemannte Feuerschiff kam erst eine Großtonne, die 1984 in den Fehmarnbelt verlegt wurde⁸¹⁸, von 1983 bis 1988 ein unbemanntes Feuerschiff⁸¹⁹ und ab 1988 eine Leuchttonne zum Einsatz⁸²⁰. Die unbemannte Großtonne und das unbemannte Feuerschiff wurden nur als Leuchtfeuer genutzt und nicht mit automatischen Messgeräten ausgerüstet.

⁸¹⁵ Nachrichten für Seefahrer, 1948, S. 840.

⁸¹⁶ Marquardt, 1995, Nr. 12, S. 35.

⁸¹⁷ Zemke, 1995, S. 32.

⁸¹⁸ Wiedemann, 1998, S. 394.

⁸¹⁹ FS 1, eins von vier baugleichen unbemannten Feuerschiffen die in den Jahren 1982 bis 1988 als Ersatz für die bemannten Feuerschiffe dienen sollten (Marquardt, 1996, Nr. 11, S. 34-35).

⁸²⁰ Wiedemann, 1998, S. 201.

A.3 Die Messstationen des Marinen Umweltmessnetzes in Nord- und Ostsee

A.3.1 Die Messstation Arkona Becken

Mit der Ausbringung des Spierenhalbtauchers *Arkona Becken* auf 54° 53' N und 13° 52' O bei einer Wassertiefe von 43 m im September 2002 wurde der Ausbau des *Marinen Umweltmessnetzes in Nord- und Ostsee* abgeschlossen. Diese Messstation wird vom *Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)* im Auftrag des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie* betrieben (Abb. 59)⁸²¹.

Der Geräteträger hat eine Höhe von circa 17 Metern und wiegt 32 Tonnen⁸²². Die Boje taucht zu dreiviertel ihrer Höhe in das Wasser ein. Das entspricht einem Tiefgang von 12 m. Sie wird mit zwei Verankerungen, an deren Ende sich zwei Schlickanker befinden, auf Position gehalten.

In fünf Metern über dem Meeresspiegel befindet sich eine 3 m x 6 m messende Arbeitsplattform. Auf ihr ist ein Mast angebracht, der in 10 m Höhe die meteorologischen Messgeräte trägt.

Die Station ist so konzipiert, dass sie bei Eisgefahr nach Abbau der Messgeräte geflutet und auf dem Meeresboden abgesetzt werden kann. Sie kann anschließend mit Pressluft wieder in ihre Ausgangslage über Wasser gebracht werden⁸²³.

Ende Februar 2011 wurde die Spiere durch Treibeis neun Seemeilen nach Norden in schwedische Gewässer versetzt. Sie konnte geborgen und eingeschleppt werden⁸²⁴.

Nach einer Überholung wurde sie erneut auf ihrer Position ausgelegt und im Juni 2012 wieder in Betrieb genommen.

Bei der Planung war, wie auch bei der Station *Darßer Schwelle*, besonders großer Wert auf einen möglichst niedrigen Energieverbrauch aller Komponenten gelegt worden. Dies ermöglichte es, die Station ausschließlich mit regenerativer Energie betreiben zu können. Zu diesem Zweck wurden ein Windgenerator und Solarzellen installiert.

⁸²¹ Institut für Ostseeforschung Warnemünde, 2003, S. 10.

⁸²² Institut für Ostseeforschung Warnemünde, 2003, S. 89.

⁸²³ Diese Möglichkeit wurde aber selbst bei Eisgang nicht wahrgenommen, da bei einer Wassertiefe von etwas mehr als 43 Metern der Aufwand und das Risiko die Station nicht wieder an die Oberfläche bekommen zu können, zu groß ist.

⁸²⁴ Wolfgang Roeder, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, E-Mail vom 31. November 2015.

Überwachung der Austauschprozesse im Arkona - Becken Messbetrieb ab 2002

Spierenhalbtaucher
ARKONA-BECKEN
54° 52,9' N
13° 51,5' E

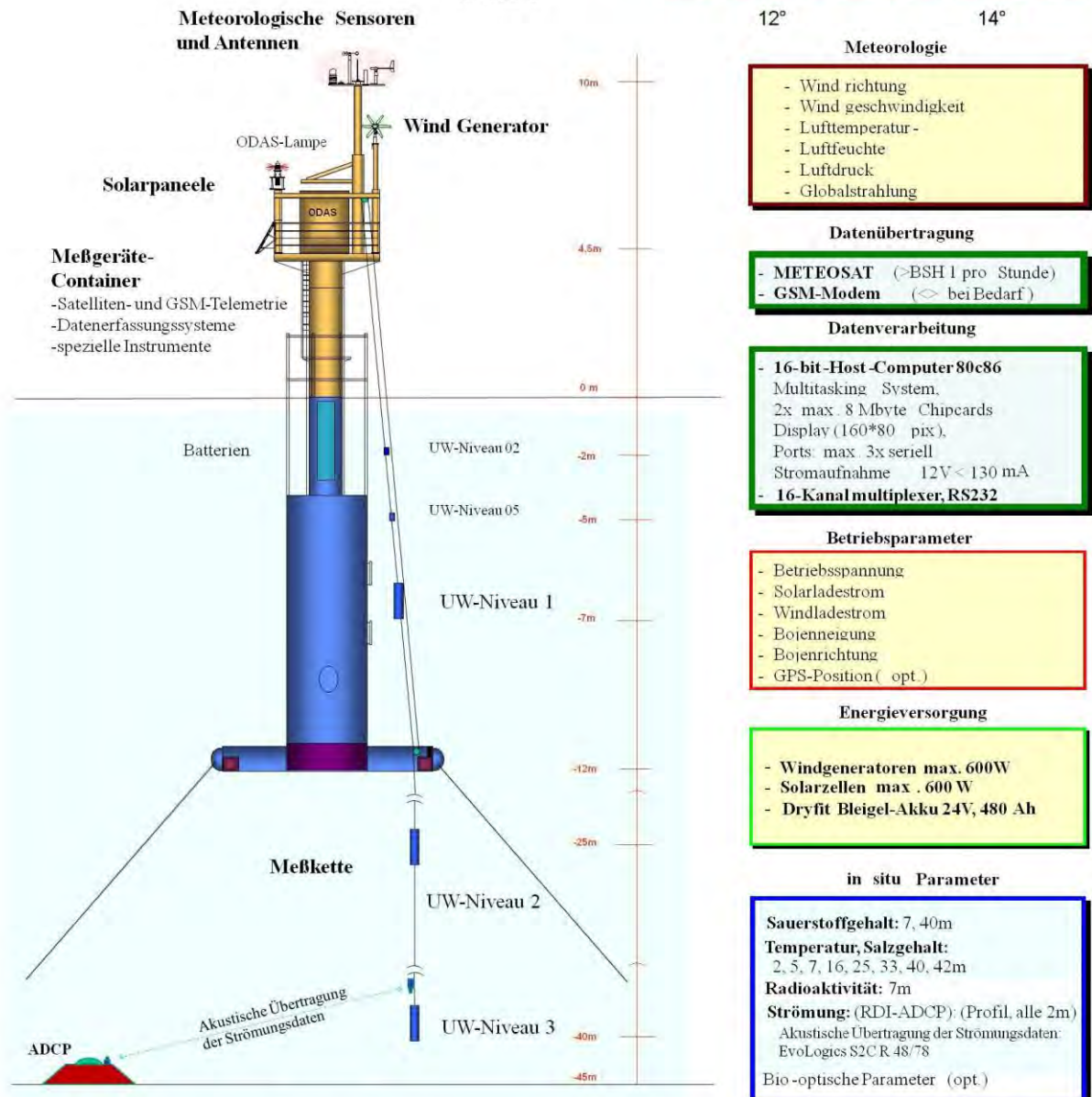
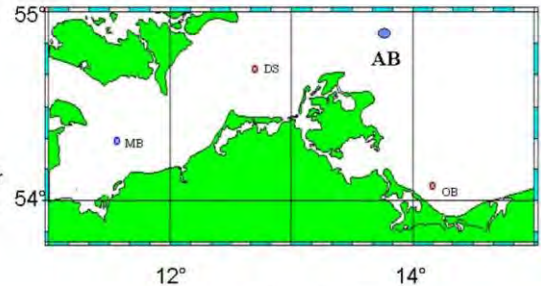


Abb. 59: Schematischer Aufbau der MARNET-Station Arkona Becken, (Stand: 2006),
(IOW)

Die Wahl der Messtiefen auf den Ostseestationen erfolgte zum überwiegenden Teil nach hydrographischen Gesichtspunkten. Die starre Festlegung auf 5 Meter Intervalle, wie sie auf den bemannten Feuerschiffen in der Ostsee gewählt worden waren, hatte sich als problematisch erwiesen. Mit diesen Tiefen war es nicht gelungen, die Struktur der Wassersäule auf den Ostseestationen ausreichend gut aufzulösen. Deshalb entschloss man sich die Messtiefen für jede Station individuell den örtlichen hydrographischen Verhältnissen entsprechend anzupassen, auch wenn damit die direkte Vergleichbarkeit mit den Messwerten der bemannten Feuerschiffe nicht mehr gegeben war.

In der ursprünglichen Ausrüstung der Spiere wurden die Wassertemperatur und der Salzgehalt in 7 m, 25 m und in 40 m Tiefe gemessen. Zusätzlich kamen Sauerstoffsensoren in 7 m und in 40 m Tiefe hinzu. In 7 m Tiefe war ein außerdem noch ein Messgerät zur Erfassung der Radioaktivität installiert.

Sehr bald erkannte man, dass mit den drei Tiefenniveaus die hydrographische Struktur der Wassersäule nicht vollständig erfasst werden konnte. Deshalb wurden im September 2006 fünf neue Tiefenniveaus zusätzlich in 2 m, 5 m, 16 m, 33 m und in 43 m Tiefe mit Sensoren, die die Wassertemperatur und den Salzgehalt erfassen, versehen.

Ein Mehrfrequenz-Strömungsmesser auf dem Meeresboden ist in der Lage, die Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit in mehreren vorher definierten Tiefenstufen (alle 2 m) gleichzeitig zu erfassen.

Die meteorologischen Messgeräte erfassen die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit, der Luftdruck, die Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie die Globalstrahlung, die mit Hilfe eines Pyranometers⁸²⁵ ermittelt wird.

Die Datenübertragung erfolgt sowohl über Satellit als auch über Mobilfunk. Bei der Funkverbindung handelt sich um eine bidirektionale Verbindung, die eine Steuerung der Station von Land aus ermöglicht.

A.3.2 Die Messstation Darßer Schwelle

Im November 1993 wurde die Messstation *Darßer Schwelle* auf der Position 54° 42' N und 12° 42' O bei einer Wassertiefe von 21 m vom *Leibniz-Institut für Ost-*

⁸²⁵ Ein Pyranometer misst die Sonnen- und die diffuse Himmelsstrahlung. Die auf eine Thermosäule mit schwarzem Gehäuse fallende Strahlung erzeugt eine elektrische Spannung, die sich proportional zu Strahlung verhält (Meyers Kleines Lexikon, Meteorologie, 1987, S. 311).

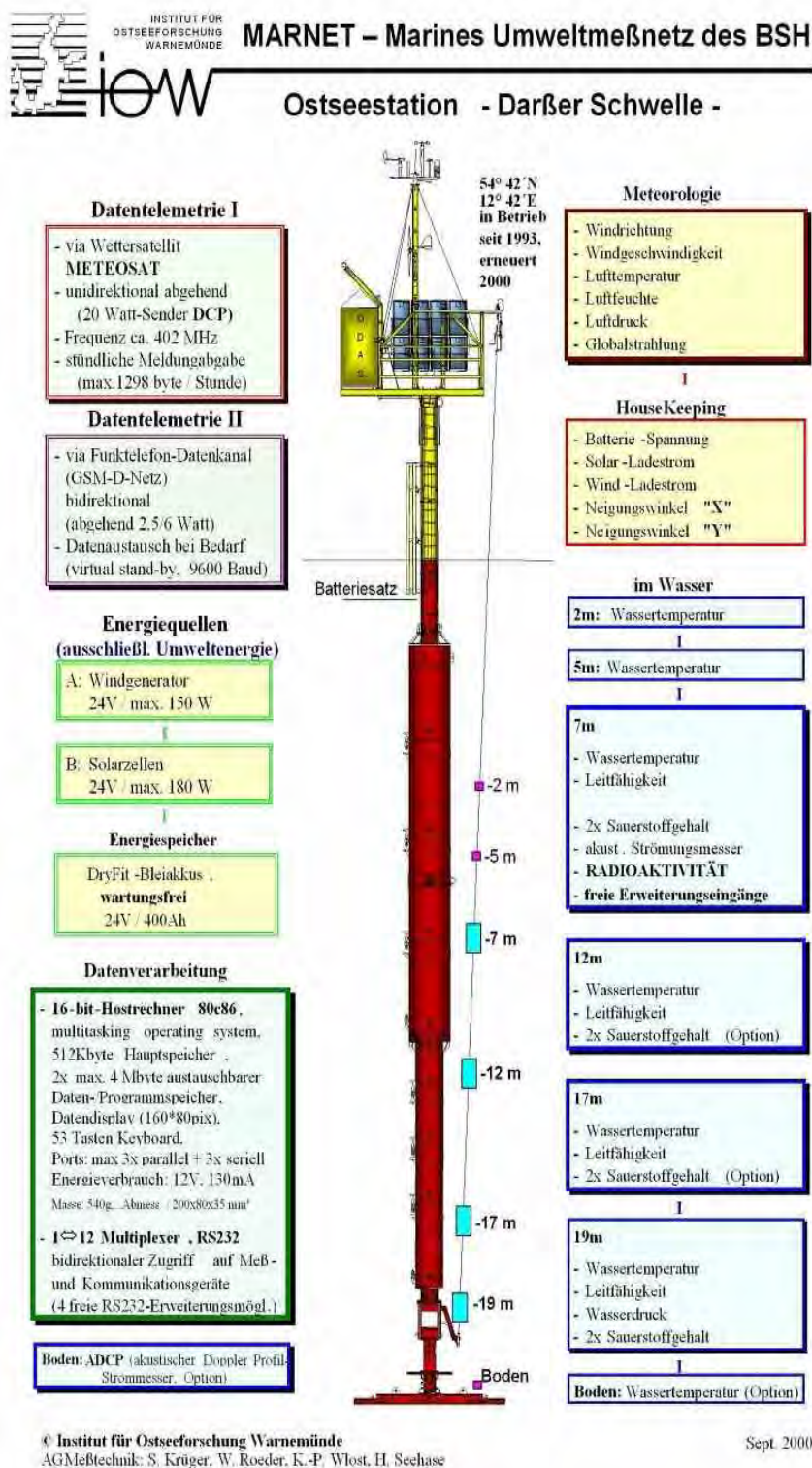


Abb. 60: Schematischer Aufbau der MARNET-Station Darßer Schwelle, (Stand: 2000), (IOW)

genommen (Abb. 60)⁸²⁶.

Es handelt sich dabei um einen Messmasten, der von einem fünf Tonnen schweren Gewicht auf dem Meeresboden auf Position gehalten wird. Das Rohsegment erzeugt den Auftrieb, der notwendig ist, um in 5 m Höhe über dem Meeresspiegel die Arbeitsplattform und die für den Betrieb notwendigen Versorgungseinrichtungen tragen zu können.

Die Geschichte dieses Geräteträgers reicht bis 1983 zurück, als mit der Entwicklung eines selbstaufrichtenden, kardanisch auf dem Meeresboden verankerten starren Messmastes begonnen wurde⁸²⁷.

⁸²⁶ Institut für Ostseeforschung Warnemünde, 1997, S. 102-106.

⁸²⁷ Matthäus, 2009, S. 30-32.

Bis Ende 1985 konnte die Erprobung dieses Mastes erfolgreich abgeschlossen werden. Aufgrund mangelnder Finanzmittel musste das Projekt 1987 dann aber abgebrochen werden.

Erst nach der Wiedervereinigung konnten die Entwicklungsarbeiten im Rahmen des Ausbaus des *Marinen Umweltmessnetzes in Nord- und Ostsee (MARNET)* des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie* fortgeführt werden.

Im Dezember 1991 konnte der Mast zur Erprobung ausgebracht werden⁸²⁸. Am 26. Januar 1993 wurde der Messmast durch einen Orkan mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 185 km/h schwer beschädigt. Ein Rohrflansch brach und die Arbeitsplattform trieb ab.

Nach Bergung, Reparatur und Umbau konnte die Station im Oktober 1993 wieder in Betrieb genommen und mit dem Messbetrieb begonnen werden.

Eine Besonderheit des Messmastes besteht darin, dass er zum Schutz vor Eisgang geflutet und auf dem Meeresboden abgelegt werden kann. Anfang Februar 1996 machte man erstmalig von dieser Möglichkeit Gebrauch. Dazu wurden alle Mess- und Datenverarbeitungssysteme abgebaut und anschließend durch Fluten des Mastrohres der Auftrieb soweit herabgesetzt, dass der Mast langsam auf den Meeresboden hinabsank. Ende April wurde er dann wieder aufgerichtet, wobei ein Taucher mit Pressluft das Wasser aus dem Rohr herausdrückte. Anschließend wurde alle abgebauten Systeme wieder installiert und der Messbetrieb Ende Mai 1996 erneut aufgenommen.

Ende September 2000 ersetzte man den alten Mast durch einen verbesserten Geräteträger, der ein besseres Seegangsverhalten besaß und dessen Arbeitsbühne einen größeren Abstand zu Meeresoberfläche aufwies. Zusätzlich wurde ein neuer Messcontainer installiert.

Im Juli 2011 wurden bei Taucharbeiten schwerwiegende Beschädigungen am Kreuzgelenk des Bodengewichts festgestellt. Im November konnte der Mast geborgen und zur Reparatur und Überholung an Land gebracht werden

Anfang Juni 2013 konnte der Mast nach dem Ausbringen wieder in Betrieb genommen werden.

Die Station wird ausschließlich mit regenerativer Energie betrieben. Zu diesem Zweck wurden ein Windgenerator und Solarzellen installiert.

Anfangs wurden in 7 m, 12 m, 17 m und in 19 m Tiefe die Wassertemperatur, die Leitfähigkeit und damit der Salzgehalt sowie der Sauerstoffgehalt gemessen. In 7

m Tiefe waren zusätzlich ein akustischer Strömungsmesser und ein Sensor zur Erfassung der Radioaktivität installiert. Seit 1995 wird die Wassertemperatur auch in 2 m und in 5 m Tiefe ermittelt⁸²⁹ um die Temperaturverteilung in der oberflächennahen Wasserschicht und kleinräumige Prozesse besser erfassen zu können⁸³⁰.

Der Strömungsmesser in 7 m Tiefe (Abb. 48) bewährte sich, wie schon auf den anderen Messnetzstationen nicht und wurde durch einen Mehrfrequenz-Strömungsmesser auf dem Meeresboden ersetzt.

Die Datenübertragung erfolgte über ein Kabel, das mit dem Messmast verbunden war. Mit Ausbringung des Mastes im Juni 2013 verzichtet man auf die Kabelanbindung des Strömungsmessers mit dem Mast und sendet die Daten per Unterwasserschall vom Strömungsmesser zur Messkette.

Die Ausrüstung der Station mit meteorologischen Sensoren entspricht der der Station *Arkona Becken*.

Die Datenübertragung erfolgt sowohl über Satellit als auch über Mobilfunk. Bei der Funkverbindung handelt sich um eine bidirektionale Verbindung, die eine Steuerung der Station von Land aus ermöglicht.

A.3.3 Die Messstation Deutsche Bucht

Die Messstation *Deutsche Bucht* auf 54° 5' N und 7° 34' O südwestlich der Insel Helgoland wurde 21. Mai 1986 als erste Feuerschiffposition in der Deutschen Bucht mit einem unbemannten Feuerschiff versehen (Abb. 61)⁸³¹. Das unbemannte Feuerschiff hatte eine Länge von 26,00 m⁸³². Die Energieversorgungssysteme waren doppelt ausgelegt.

Die Messkette wurde, wie auch bei der Messstation *Fehmarnbelt*, anfangs über einen Ausleger am Heck des unbemannten Feuerschiffs geführt.

Die Wassertemperatur wird in 3 m, 6 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m und in 30 m Tiefe, der Salzgehalt, der Sauerstoffgehalt und die Strömung in 6 m und in 30 m Tiefe sowie in 6 m Tiefe die Radioaktivität erfasst. Zusätzlich wurde mit einem am Schiffsrumpf angebrachten Echolot die Wassertiefe ermittelt. Da aber mit diesem Ge-

⁸²⁸ Wolfgang Roeder, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, E-Mail vom 31. November 2015.

⁸²⁹ Wolfgang Roeder, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Telefax vom 5. September 1995.

⁸³⁰ Zur Wahl der Tiefenstufen siehe: A.3.1 Die Messstation Arkona Becken.

⁸³¹ Nachrichten für Seefahrer, 1986, S. 785.

rät nicht die geforderte Genauigkeit erreicht werden konnte, stellte man die Messung mit Einführung des neuen Datenmanagements im Mai 2006 ein⁸³³.

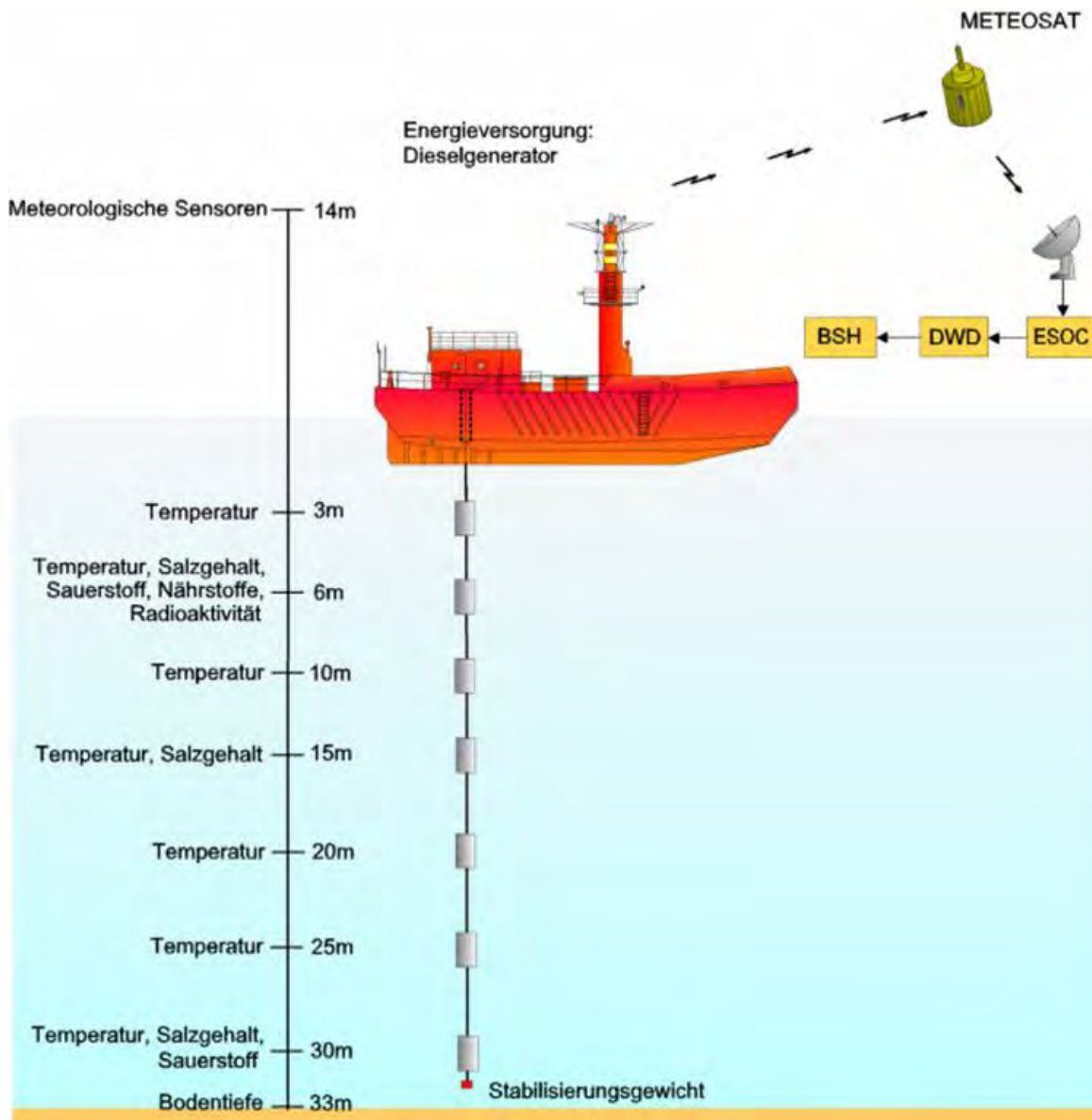


Abb. 61: Schematischer Aufbau der MARNET-Station Deutsche Bucht, (Stand: 2015), (BSH)

Die Wahl der Messtiefen hatte unterschiedliche Gründe. Die erste Messtiefe in 3 m Tiefe war so gewählt, dass sich der Temperatursensor etwas unterhalb des Tiefgangs der unbemannten Feuerschiffe befand und damit frei angeströmt werden konnte. Dies war nach dem Umbau, bei dem die Messkette durch ein Rohr durch den Schiffsrumpf geführt wurde, besonders wichtig, denn sonst hätten alle Sensoren in ge-

⁸³² Insgesamt wurden vier baugleiche Schiffe in Auftrag gegeben. FS 1 wurde 1983 fertig gestellt, FS 2 und FS 3 1986 und FS 4 1988. Drei Feuerschiffe lagen auf den Feuerschiffpositionen *Ems*, *Deutsche Bucht* und *Elbe*. Das vierte Schiff diente als Reserveschiff (Marquardt, 1996, Nr. 11, S. 34-35).

⁸³³ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Deutsche Bucht, Nr. 3/6.

ringeren Messtiefen innerhalb des Rohres gelegen. Der Geräteträger in 6 m Tiefe, war im Vergleich zu den Messtiefen der bemannten Feuerschiffe um einen Meter nach unten versetzt worden, was zwar die Vergleichbarkeit mit den Werten der bemannten Feuerschiffe in 5 m Tiefe beeinträchtigte, doch verringerte man damit die Gefahr, dass der Messgeräteträger beim Stampfen des unbemannten Feuerschiffs im Seegang mit dem Schiffsrumpf zusammenstoßen und beschädigt werden konnte.

Die weiteren Messtiefen auf den Stationen in der Nordsee entsprachen den Messtiefen, die schon bei den Messungen auf den bemannten Feuerschiffen verwendet worden waren, was eine direkte Vergleichbarkeit der Messwerte ermöglichte.

Mit Einbau von Messgeräten im Juni 2005, die kontinuierlich die Wassertemperatur, den Salzgehalt und den Wasserdruck messen können, wird nun in 6 m und in 30 m Tiefe auch der Wasserdruck ermittelt⁸³⁴.

Die Befestigung der Messkette an einem Ausleger am Heck des Feuerschiffes schuf die gleichen Probleme, wie sie schon auf der Station *Fehmarnbelt* aufgetreten waren. Die Messkette befand sich circa 12 Meter vom Mittelpunkt des Schiffskörpers des unbemannten Feuerschiffs entfernt. Auch wenn die Bewegungen des Schiffes weicher als die der Großboje waren, führten sie dennoch bei Seegang zu großen mechanischen Belastungen, die das Tragekabel und die elektrischen Kabel stark beanspruchten.

Um Abhilfe zu schaffen, wurden die vier unbemannten Feuerschiffe nach und nach bei Werftliegezeiten umgebaut. Sie erhielten am Heck eine durch das Schiff hindurch führende Öffnung, durch die die Messkette ausgebracht wurde. Damit konnte ihre mechanische Belastung wesentlich reduziert werden. Allerdings kam es bei starker Strömung zu Problemen, die Messkette an Bord bringen zu können, weil die Geräteträger dazu neigten, sich in dem Rohr zu verkeilen.

Da zu den Aufgaben der Überwachung von Nord- und Ostsee auch die Erfassung von Nährstoffen gehört, wurden in den Jahren 1998 bis 2011 auf der Messstation *Deutsche Bucht* Nährstoffanalysatoren zur automatischen Bestimmung des Phosphat-, Nitrat/Nitrit- und Silikatgehaltes eingesetzt (Abb. 49).

Mit großem Aufwand gelang es auf der Station *Deutsche Bucht* in den Jahren 1998 bis 2011 den Phosphat-, Nitrat/Nitrit- und Silikatgehalt mit den Analysatoren zu bestimmen. Allerdings weisen die Zeitreihen in diesen Jahren immer wieder große Lücken auf.

⁸³⁴ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Deutsche Bucht, Nr. 4/5.

Nach 2011 entschloss man sich die Messungen einzustellen, denn trotz intensiver Anstrengungen erzielte man nur eine vergleichsweise geringe Datenausbeute.

Die meteorologischen Parameter auf dem unbemannten Feuerschiff werden vom *Deutschen Wetterdienst* erfasst. Dazu gehörten die Lufttemperatur, die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit, der Luftdruck, die relative Feuchte, die Sichtweite in 14 m Höhe⁸³⁵ und auf den sich bewegenden Feuerschiffen der Kompasskurs zu Berechnung der wahren Windrichtung⁸³⁶.

A.3.4 Die Messstation Elbe 1

Die Messstation *Elbe 1* auf 54° 00' N und 8° 7' O wurde im April 1988 in Betrieb genommen. Da auf dieser Position die Wassertiefe mit circa 23 Metern etwa 10 Meter geringer als auf den Stationen *Deutsche Bucht* und *Ems* war, kam hier eine Messkette mit lediglich 20 Metern Länge zum Einsatz⁸³⁷. Ihre Bestückung mit meereskundlichen Messgeräten war identisch mit der der Messstation *Deutsche Bucht*. Die Sensoren zur Erfassung der Temperatur, des Salz- und des Sauerstoffgehaltes befand sich in 6 m Tiefe und wegen der geringeren Wassertiefe in 20 m Tiefe. In den Jahren 1989 und 1999 kamen auch auf dieser Station automatische Nährstoffanalytoren und ein Pegel zum Einsatz.

Auf der Station wurden die gleichen meteorologischen Parameter wie auf den Feuerschiffen *Deutsche Bucht* und *Ems* erfasst.

In der Nacht vom 3. auf den 4. Dezember 1999 zog der Orkan „Anatol“ über das Feuerschiff hinweg und brachte es zum Kentern⁸³⁸. Da das Feuerschiff für die Sicherheit der Schifffahrt nicht mehr gebraucht wurde und durch eine einfache Leuchttonne ersetzt werden konnte, war das zuständige Wasser- und Schifffahrtsamt nur dann bereit, das Schiff wieder in Stand zu setzen, wenn sich die übrigen Nutzer, das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* und der *Deutsche Wetterdienst* an Reparaturkosten beteiligen würden. Die zu tragende Summe wurde auf etwa 800.000 DM geschätzt und lag damit weit über den Mitteln die beide Institutionen bereit waren zu investieren. Da sich das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* gegen die Verlegung eines der beiden im Dienst verbliebenen unbemannten Feuerschiffe auf die Position *Elbe 1* aussprach, gab es fort an keine Möglichkeit

⁸³⁵ Siehe hierzu Abschnitt 6.1.8 Die meteorologischen Messungen

⁸³⁶ Deutscher Wetterdienst, Richtlinie für automatische Klimastationen, Abteilung Messnetze und Daten, 2001, 71 S.

⁸³⁷ Zur Wahl der Tiefenstufen siehe: A.3.3 Die Messstation Deutsche Bucht.

mehr, auf dieser Position meteorologische und meereskundliche Daten erfassen zu können⁸³⁹.

A.3.5 Die Messstation Ems

Die Messstation *Ems* auf 54° 10' N und 6° 21' O wurde im Juli 1988 in Betrieb genommen. Ihre Bestückung mit meteorologischen und meereskundlichen Messgeräten, sowie ihre Tiefenverteilung, sind identisch mit der der Messstation *Deutsche Bucht*⁸⁴⁰. Einzig die Messung von Nährstoffen entfiel. Mit Einführung des neuen Datenmanagements im September 2006 entfielen aus dem gleichen Grund wie bei der Station *Deutsche Bucht* die Pegelmessungen⁸⁴¹. Die Erfassung der meteorologischen Parameter erfolgt in der Verantwortung des *Deutschen Wetterdienstes*.

A.3.6 Die Messstation Fehmarnbelt

Am 29. März 1984 wurde das bemannte Feuerschiff auf der Position *Fehmarnbelt* auf 54° 36' N und 11° 9' O durch eine automatische Großboje ersetzt. Die Boje hat einen Durchmesser von 12,4 Metern und wog mit Leuchtturm und vollen Dieseltanks etwa 95 Tonnen. Die Messkette hing an einem mannshohen Ausleger und reichte etwa einen Meter über den Rand hinaus. Die Sensorkabel wurden in die Aufbauten geführt, Dort befanden sich das Datenerfassungssystem und die Sendeanlage.

Ursprünglich erfasste man die Wassertemperatur in 1 m, 3 m, 6 m, 10 m, 15 m, und in 20 m Tiefe, den Salzgehalt, den Sauerstoffgehalt und die Strömung in 6 m und in 20 m Tiefe, wobei der Temperatursensor in 1 m Tiefe am Bojenkörper und nicht in der Messkette angebracht war⁸⁴². Dies hatte den Vorteil, dass bei Eisgang

⁸³⁸ Machoczek, 2008b, S. 351.

⁸³⁹ Im Nachhinein stellte sich diese Entscheidung als wenig glücklich heraus. Sie fiel ohne die Beteiligung des Referatsleiters „Physik des Meeres“ und der Bedeutung der Position *Elbe 1* für die Überwachung dieses Übergangsbereiches von der Elbe in die südliche Nordsee wurde bei der Entscheidung nicht genügend Aufmerksamkeit geschenkt. Mit der Zeit häuften sich die Stimmen, die für eine Wiederaufnahme der Messungen auf dieser Position plädierten. Allerdings ließ sich dies bislang nicht realisieren. Das ist umso bedauerlicher, da auf dieser Position meteorologische und meereskundliche Messungen seit 1924 vorlagen. Diese 75jährige Zeitreihe stellte eine der längsten Zeitreihen im Gebiet der südlichen Nordsee dar und wäre bei Fortführung für klimatische Fragestellungen von besonderem Wert gewesen.

⁸⁴⁰ Zur Wahl der Tiefenstufen siehe: A.3.3 Die Messstation Deutsche Bucht.

⁸⁴¹ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung GW Ems, Nr. 6/6.

⁸⁴² Zur Wahl der Tiefenstufen siehe: A.3.1 Die Messstation Arkona Becken.

und der zum Schutz vor Beschädigung eingeholten Messkette, immer noch die Wassertemperatur im oberflächennahen Bereich erfasst werden konnte.

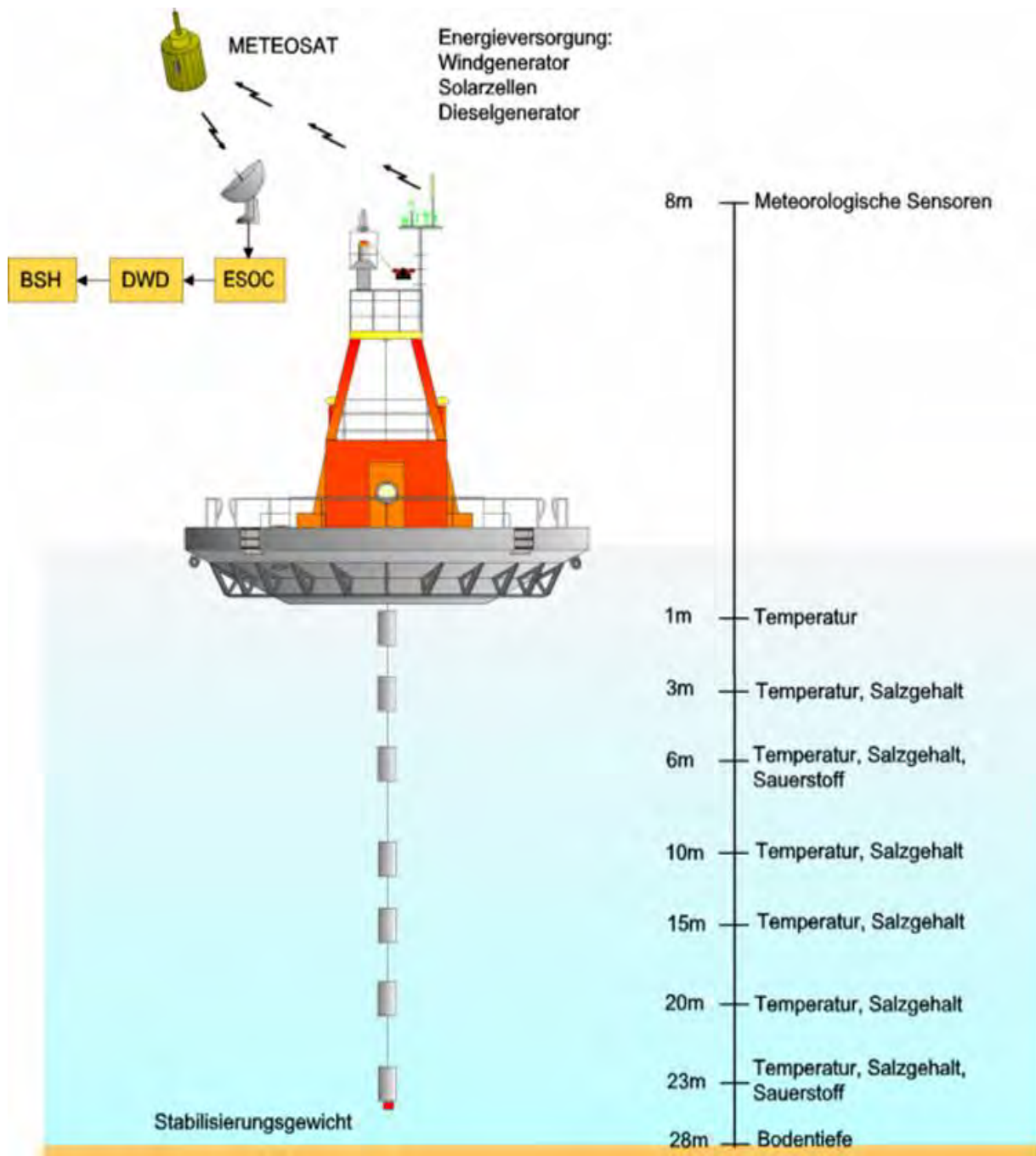


Abb. 62: Schematischer Aufbau der MARNET-Station Fehmarnbelt, (Stand: 2001), (BSH)

Die meteorologischen Parameter umfassten Lufttemperatur und Luftdruck die in 4 m Höhe und Windrichtung und Windgeschwindigkeit die in 10 m Höhe gemessen wurden.

Im Juni 1990 wurde die Temperaturmessung in 3 m Tiefe eingestellt. Man hielt eine Messtiefe in der oberflächennahen Schicht für ausreichend und konnte so das

vorhandene Kabel für eine weitere Messstelle frei machen. Dafür führte man in 25 m Tiefe ein neues Messniveau ein, dass die Messungen von Salzgehalt, Sauerstoffgehalt und Strömung, die vorher in 20 m Tiefe erhoben wurden, übernahm. In 20 m Tiefe wurde nun nur noch die Wassertemperatur erfasst⁸⁴³.

Die Einführung des neuen Tiefenniveaus bei einer Bodentiefe von 28 m etwa drei Meter über Grund, sollte dazu führen, dass die im Normalfall drei bis fünf Meter mächtige Bodenschicht erfasst werden konnte. In diesem Tiefenbereich finden die Einströme von salzreichem und sauerstoffreichem Nordseewasser statt.

Die Verlängerung der Messkette von 20 m auf 25 m macht es zwar nun möglich, die Bodenschicht zu erfassen, führte aber dazu, dass die Messkette bei niedrigen Wasserständen auf den Boden aufsetzte. Dies hatte mehrfach die Beschädigung des unteren Messgeräteträgers und der darin befestigten Sensoren zur Folge. Deshalb entschloss man sich nach dem Umbau der Station vom Seezeichen zum Geräteträger in den Jahren 1996 bis 2000, die Messkette um 2 m zu verkürzen, um weitere Beschädigungen zu vermeiden⁸⁴⁴.

Dabei wurde der Turm, auf dem sich das Leuchtfeuer befand, abgebaut und eine Plattform auf dem unteren Betriebsraum errichtet (Abb. 62). Die Station erhielt die Bezeichnung *KO 6/T 63* und hat seit dieser Zeit nur noch die Funktion eines einfachen Seezeichens⁸⁴⁵. In diesem Zeitraum konnten keine Daten gewonnen werden, da kein Ersatzsystem zur Verfügung stand.

Mit Einbau von Messgeräten im März 2001, die kontinuierlich die Wassertemperatur, den Salzgehalt und den Wasserdruck messen können, wird nun in 3 m⁸⁴⁶, 6 m, 10 m, 15 m, 20 m, und in 23 m Tiefe auch der Wasserdruck ermittelt⁸⁴⁷.

Die Befestigung der Messkette an einem Ausleger schuf große Probleme. Die Messkette befand sich circa sieben Meter vom Mittelpunkt des Bojenkörpers entfernt, Dies führte bei Seegang zu großen mechanischen Belastungen, die das Tragekabel und die elektrischen Kabel stark beanspruchten. Die auftretenden Belastungen waren so groß, dass der Ausleger im Dezember 1990 bei einer Wartungsfahrt abgebrochen an Bord der Boje vorgefunden wurde⁸⁴⁸. Im Januar 1992 stellte man fest, dass

⁸⁴³ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Fehmarnbelt, Nr. 1/1.

⁸⁴⁴ Da die Großboje nicht mehr als Leuchtzeichen gebraucht wurde, erfolgte in den Jahren 1996 bis 2000 der Umbau zu einem Geräteträger, wobei das Leuchtfeuer und die dazugehörige Stromversorgung entfernt wurden.

⁸⁴⁵ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, 2007, Ostseehandbuch dritter Teil, S. 86.

⁸⁴⁶ Die Messungen in 3 m Tiefe waren wieder aufgenommen worden um kleinräumige Prozesse in der oberflächennahen Schicht besser erfassen zu können.

⁸⁴⁷ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Fehmarnbelt, Nr. 6/6.

⁸⁴⁸ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Störungsvermerk Fehmarnbelt, Nr. 2/90.

die Messkette in etwa 12 m Tiefe abgerissen war⁸⁴⁹. Im September 1994 fehlte sie ab der Wasseroberfläche ganz⁸⁵⁰. Vermutet wurde, dass im ersten Fall die Messkette in die Schiffsschraube eines zu dicht vorbeifahrenden Schiffes gekommen war, im zweiten Fall hatte offensichtlich eine Kollision zwischen einem Schiff und der Großboje stattgefunden. Dabei war die Messkette zwischen dem Bojenkörper und dem Schiffsrumpf abgequetscht worden. In beiden Fällen konnten die verloren gegangenen Messgeräte nicht geborgen werden.

Die Beschädigungen hatten jeweils einen mehr monatigen Ausfall der Station zu Folge, denn es musste erst eine Ersatzmesskette konstruiert und die dazugehörigen Sensoren beschafft werden.

Die wichtigste Änderung bestand darin, dass nach dem Umbau in den Jahren 1996 bis 2000 die Messkette nicht mehr an einem Ausleger befestigt war, sondern durch eine neu geschaffene Öffnung in der Mitte des Bojenkörpers ausgebracht wurde. Zum einen war die Messkette nun gegen Beschädigungen von außen gut geschützt, zum anderen wurde die durch die Hebelwirkung entstehende Belastung bei Seegang minimiert.

Die Station erhielt eine neue Messdatenerfassungs- und Sendeanlage.

Die meteorologischen Sensoren wurden im Rahmen der Umbauarbeiten einheitlich in 8 m Höhe angebracht⁸⁵¹. Zu den bisherigen Parametern wurde nun auch die relative Luftfeuchtigkeit ermittelt. Die Erfassung der meteorologischen Parameter erfolgt ab 2007 in der Verantwortung des *Deutschen Wetterdienstes*.

In den Jahren 2001 bis 2005 wurde mit automatischen Analysatoren der Phosphat-, Nitrat/Nitrit- und Silikatgehalt bestimmt.

Ab August 2006⁸⁵² kam auf der Messstation *Fehmarnbelt* versuchsweise ein Mehrfrequenz-Strömungsmesser, der an dem Bojenkörper angebracht war, zum Einsatz. Allerdings bewährte sich diese Anordnung nicht⁸⁵³.

Im September 2013 wurde die Großboje erneut für umfangreiche Reparatur- und Umbaumaßnahmen eingezogen. Im Laufe des Jahres 2016 soll sie wieder in Betrieb genommen werden.

⁸⁴⁹ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Störungsvermerk Fehmarnbelt, Nr. 1/92.

⁸⁵⁰ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Störungsvermerk Fehmarnbelt, Nr. 6/94.

⁸⁵¹ Zu diesem Zeitpunkt war noch nicht absehbar, dass die Station vom *Deutschen Wetterdienst* genutzt werden würde. Daher sah man von zusätzlichen Baumaßnahmen, um die meteorologischen Sensoren in 10 m Höhe anbringen zu können, ab. Für die Belange des Messnetzes war eine einheitliche Festlegung der Messhöhe der meteorologischen Sensoren auf 10 Meter nicht notwendig.

⁸⁵² Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Fehmarnbelt, Eintrag vom 24. 8. 2006.

A.3.7 Die Messstation Fino 1



Abb. 63: Modell der
MARNET-Station Fino 1,
(Autor)

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee, FINO“ wurden ab 2002 zwei Forschungsplattformen in der Nordsee und eine in der Ostsee errichtet⁸⁵⁴. Ziel des Projektes war es, mögliche Auswirkungen auf die Flora und Fauna im Meer zu ermitteln sowie Daten und Ergebnisse als Unterstützung der Genehmigungsbehörden als auch für mögliche Betreiber von Windparks zu liefern⁸⁵⁵.

Die erste Station in der Nordsee, die Messstation *Fino 1* wurde 2003 auf der Position 54° 1' N, 6° 35' O bei einer Wassertiefe von circa 28 m in Betrieb genommen (Abb. 63). Diese Großplattform besteht aus einer Fachwerkkonstruktion mit einer quadratischen Basisfläche von 26 x 26 Metern, deren vier Eckrohre 30 m tief in den Meeresboden getrieben wurden. In 20 m Höhe über dem Meeresspiegel befindet sich die Arbeitsplattform mit einer Kantenlänge von 16 x 16 Metern. Sie trägt einen 80 m hohen Gitterturm auf dem an Auslegern in 33 m, 40 m, 50 m, 60 m, 70 m, 80 m, 90 m und in 100 m Höhe über dem Meeresspiegel die Messgeräte zu Erfassung der Windrichtung und der Windstärke befinden⁸⁵⁶. Die Hauptplattform trägt das Fundament des Helikopterdecks, dass sich 5 m über der Hauptplattform erhebt. In 15 m Höhe ist unter der Hauptplattform eine umlaufende Podestebene angebracht.

Das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* nutzt als Gast die seit 2012 von dem *Forschungs- und Entwicklungszentrum der Fachhochschule Kiel*

⁸⁵³ Siehe dazu Abschnitt: 6.1.4 Strömung.

⁸⁵⁴ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2002, S. 22.

⁸⁵⁵ Kahle, Müller, 2004, S. 210.

⁸⁵⁶ Türk, 2008, S. 43.

GmbH⁸⁵⁷ betriebene Station zur Erfassung meereskundlicher Daten. Auf der Station wurde eine Messkette mit Sensoren zur Bestimmung der Wassertemperatur, des Salz- und des Sauerstoffgehalts installiert.

Die Wassertemperatur wird in 3 m, 6 m, 10 m, 15 m, 20 m und in 25 m Tiefe, der Salzgehalt und der Sauerstoffgehalt in 6 m und in 25 m Tiefe erfasst⁸⁵⁸. In 28 m Tiefe ist in Bodennähe ein Pegel in Form eines Drucksensors zur Bestimmung der Wassertiefe installiert.

Auf der Station *Fino 1* werden die Lufttemperatur in 40 m Höhe, die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 33 m Höhe und der Luftdruck in 20 m Höhe für das Datentelegramm mit den meereskundlichen Werten erfasst und in die Meldung eingefügt. Diese Höhen entsprechen nicht der Vorgabe von 10 m Höhe⁸⁵⁹ für die meteorologischen Messungen auf See und werden deshalb ebenfalls nur für interne Zwecke benutzt.

Neben der Messstation positionierte man eine Seegang messende Boje (Waveriderboje). Die Messwerte der Boje werden per Funk über die Antenne direkt an die Messstation, die über ein entsprechendes Empfangsgerät verfügt, gesendet.

Die Datenübertragung von der Messstation zur Landstation erfolgt durch Richtfunk⁸⁶⁰. Von dort werden die Daten ins *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* weitergeleitet und in einer speziellen Datenbank für Nutzer zur Verfügung gestellt⁸⁶¹. 2012 wurde als Notfallsystem eine Satellitenverbindung eingerichtet.

A.3.8 Die Messstation Fino 2

2006 wurde mit dem Bau der Forschungsplattform *Fino 2* in der Ostsee begonnen⁸⁶². Sie ähnelt in ihrer Konstruktion der Station *Fino 3*. Allerdings ist die Station nicht mit einem Helikopterdeck ausgestattet.

Die Messstation wurde 2007 auf der Position 55° 0' N, 13° 9' O bei einer Wassertiefe von circa 25 m in Betrieb genommen⁸⁶³. Ein 63 mm starkes Stahlrohr mit einem konischen Durchmesser von 3300 mm bis 2700 mm wurde 25 m tief in den

⁸⁵⁷ Forschungs- und Entwicklungs-Zentrum FH Kiel GmbH, Pressemitteilung vom 7. 3. 2012.

⁸⁵⁸ Zur Wahl der Tiefenstufen siehe: A.3.3 Die Messstation Deutsche Bucht.

⁸⁵⁹ Deutscher Wetterdienst, Richtlinie für automatische Klimastationen, Abteilung Messnetze und Daten, 2001, S. 10.

⁸⁶⁰ Da auf dieser Station eine Vielzahl von Messwerten erhoben wird, ist die Übertragung der anfallenden Datenmengen per Richtfunk einfacher und preiswerter als bei der Übertragung der Daten per Satellit.

⁸⁶¹ BINE, 2011, S. 2.

⁸⁶² Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2002, S. 22.

⁸⁶³ BINE, 2011, S. 1.

Meeresboden gerammt⁸⁶⁴. In 10 m Höhe über dem Meeresspiegel befindet sich die Arbeitsplattform mit einer Kantenlänge von 12,2 x 12,2 Metern. Sie trägt einen 90 m hohen Gitterturm auf dem an Auslegern in 32 m, 42 m, 52 m, 62 m, 72 m, 82 m, 92 m und in 102 m Höhe über dem Meeresspiegel die Messgeräte zur Erfassung der Windrichtung und der Windstärke befinden⁸⁶⁵.

Das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* nutzt als Gast die seit 2010 von *DNV GL*⁸⁶⁶ (vormals *GL Garrad Hassan*) betriebene Station zur Erfassung meereskundlicher Daten⁸⁶⁷. Es hat die für die Einrichtung und den Betrieb der Messstation notwendigen Arbeiten dem *Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde* übertragen.

Die Wassertemperatur, der Salzgehalt und der Druck werden in 2 m, 4 m, 6 m, 8 m, 10 m, 12 m, 14 m, 16 m, 18 m und in 20 m Tiefe und in 2 m, 12 m und in 20 m Tiefe zusätzlich der Sauerstoffgehalt, der Chlorophyllgehalt, die Trübung und der pH-Wert erfasst⁸⁶⁸.

Auf der Messstation *Fino 2* kommt ein Mehrfrequenz-Strömungsmesser zu Einsatz, der die Strömungswerte in Tiefenintervallen von 2 Metern erfasst.

Die auf der Station erfassten Daten werden über Richtfunk zur weiteren Bearbeitung an die Landstation übermittelt und für Nutzer bereitgestellt⁸⁶⁹.

Neben der Messstation positionierte man eine Seegang messende Boje (Waveriderboje).

Die Messwerte der Boje werden per Funk über die Antenne direkt an die Messstation, die über ein entsprechendes Empfangsgerät verfügt, gesendet.

A.3.9 Die Messstation Fino 3

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee, FINO“ wurde 2008 mit dem Bau der zweiten Forschungsplattform *Fino 3* in der Nordsee begonnen (Abb. 64)⁸⁷⁰.

⁸⁶⁴ Retzlaff, 2007, S. 119-124.

⁸⁶⁵ Mengelkamp, 2015, S. 5.

⁸⁶⁶ Det Norske Veritas Germanischer Lloyd.

⁸⁶⁷ BINE, 2011, S. 4.

⁸⁶⁸ Zur Wahl der Tiefenstufen siehe: A.3.1 Die Messstation Arkona Becken.

⁸⁶⁹ Retzlaff, 2007, S. 123.

⁸⁷⁰ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2002, S. 22.

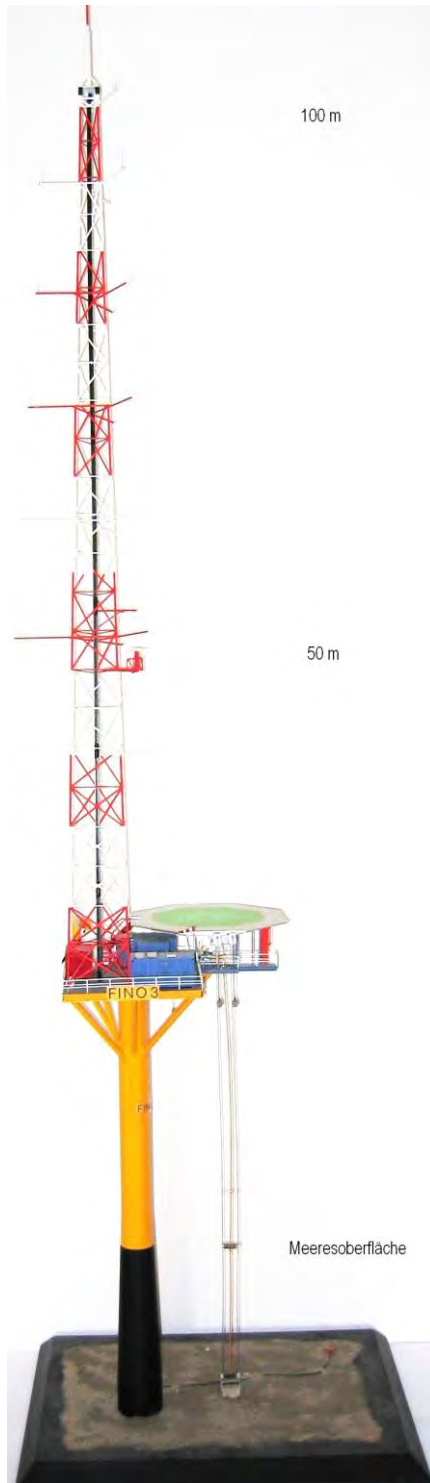


Abb. 64: Modell der MARNET-Station Fino 3, (Autor)

Die Messstation wurde 2009 auf der Position $55^{\circ} 12' \text{ N}$ und $7^{\circ} 10' \text{ O}$ bei einer Wassertiefe von circa 22 m in Betrieb genommen⁸⁷¹. Ein Stahlrohr mit einem konischen Durchmesser von 4750 mm bis 2650 mm und Wandstärken von 45 mm bis 65 mm wurde 30 m tief in den Meeresboden gerammt⁸⁷². In 22 m Höhe über dem Meeresspiegel befindet sich die Arbeitsplattform mit einer Kantenlänge von 13 x 13 Metern. 4 Meter darüber befindet sich das Helikopterdeck. Die Arbeitsplattform trägt einen 98 m hohen Gitterturm auf dem an Auslegern in 49,3 m, 59,3 m, 69,3 m, 79,3 m, 89,3 m, 99,3 m und in 105 m Höhe über dem Meeresspiegel die Messgeräte zur Erfassung der Windrichtung und der Windstärke befinden⁸⁷³.

Das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* nutzt als Gast die von dem *Forschungs- und Entwicklungszentrum der Fachhochschule Kiel GmbH*⁸⁷⁴ betriebene Station zur Erfassung meereskundlicher Daten. Auf der Station wurde eine Messkette mit Sensoren zur Bestimmung der Wassertemperatur, des Salz- und des Sauerstoffgehaltes sowie des Drucks installiert.

Die Wassertemperatur und der Salzgehalt werden in 6 m, 12 m und in 18 m Tiefe, der Sauerstoffgehalt und der Druck in 6 m und in 18 m Tiefe erfasst⁸⁷⁵.

Auf der Messstation *Fino 3* kommt ein Mehrfrequenz-Strömungsmesser zu Einsatz. Der Strömungsmesser wurde in einem besonders dafür konstruierten Gestell auf dem Meeresboden abgesetzt und ist mit der Plattform durch ein Kabel verbunden. Die Daten werden über diese Kabel in das Datenver-

⁸⁷¹ BINE, 2011, S. 1.

⁸⁷² Forschungs- und Entwicklungszentrum FH Kiel GmbH, Informationsbroschüre FINO 3.

⁸⁷³ Mengelkamp, 2015, S. 5.

⁸⁷⁴ Forschungs- und Entwicklungszentrum FH Kiel GmbH, Pressemitteilung vom 7. 3. 2012.

⁸⁷⁵ Zur Wahl der Tiefenstufen siehe: A.3.3 Die Messstation Deutsche Bucht.

arbeitungssystems eingefügt.

Die auf der Station erfassten Daten werden über Satellit zur weiteren Bearbeitung an die Landstation übermittelt und für Nutzer bereitgestellt.

Neben der Station ist eine Seegang messende Boje (Waveriderboje) ausgelegt. Die Messwerte der Boje werden, wie auch schon bei der Station *Fino 2*, per Funk über die Antenne direkt an die Messstation, die über ein entsprechendes Empfangsgerät verfügt, gesendet.

A.3.10 Die Messstation Kiel

Nach der Aufgabe der Feuerschiffposition *Kiel* wurde der neu errichtete *Leuchtturm Kiel* am 5. Juli 1967 in Betrieb genommen (Abb. 65). Er wurde zirka 1100 m nordwestlich der alten Feuerschiffposition auf 54° 30' 1,04" N und 10° 16' 29,59" O⁸⁷⁶ errichtet.

In den Jahren 1965 bis 1967 brachte man auf einer untermeerischen Kuppe bei etwa 11 m Wassertiefe drei Fundamentkörper aus Stahlbeton aus. Diese an Land hergestellten Betonkästen schleppte man auf den vorher vorbereiteten Untergrund und senkte sie dort ab. Anschließend wurden sie mit Sand verfüllt. Der Leuchtturm selbst besteht aus Aluminium, um die Gewichtsbelastung der drei Fundamentkörper so gering wie möglich zu halten. Der an Land vorgefertigte Turm wurde mit Hilfe eines Schwimmkranes auf die Fundamentkörper gesetzt.

Der Turm hat eine Höhe von 33,5 m. Das Leuchtfeuer befindet sich in 29,5 m Höhe und ist automatisiert. Auf dem Leuchtturm befindet sich eine Lotsenstation für den Lotsendienst in der Kieler Bucht⁸⁷⁷.

Die Station eignet sich besonders für die Errichtung einer Messstation. Die auf dem Leuchtturm vorhandene Infrastruktur erleichtert den Aufbau und Betrieb einer solchen Station ganz erheblich. Zum einen steht immer ausreichend Energie zu Verfügung und muss nicht selbst produziert werden, zum anderen gibt es keinerlei Platzprobleme und die Messsensoren können an einem festen Baukörper angebracht werden, wo die Belastung durch die See durch bautechnische Maßnahmen abgefangen werden kann, was die Gefahr eines Ausfalls der Sensoren erheblich reduziert. Zudem ist die Station sehr leicht zu erreichen, da sie nur etwa eine Stunde

⁸⁷⁶ Nachrichten für Seefahrer, 1967, S. 1021-1022.

⁸⁷⁷ Hoffmann, Schmidt, 2003, S. 140-141.

Fahrzeit vom Land entfernt liegt und selbst bei schlechtem Wetter fast immer zugänglich ist⁸⁷⁸.

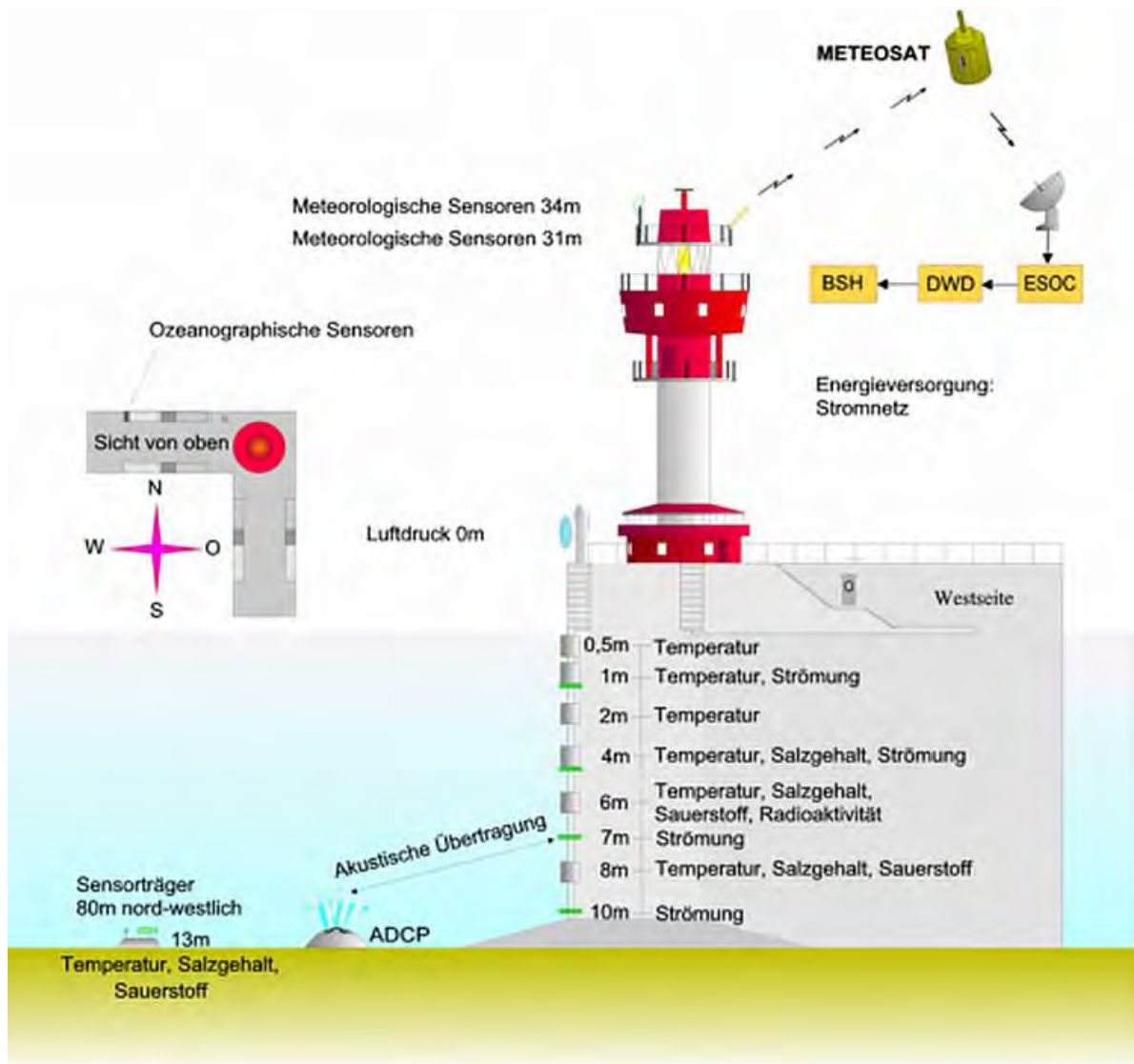


Abb. 65: Schematischer Aufbau der MARNET-Station Kiel, (Stand: 2013), (BSH)

Der Messstation *Kiel* kam beim Aufbau des Marinen Umweltmessnetzes in Nord- und Ostsee eine Schlüsselstellung zu. Sie diente als Teststation für die Entwicklung von Mess- und Datenbearbeitungssystemen und ihre Verwendbarkeit auf zukünftigen autonomen Stationen auf hoher See.

Von 1968 bis 1969 wurden in einem Schacht an der Außenseite des nord-westlichen Pontons vier Temperatursensoren in 0,5 m, 2 m, 4 m und in 8 m Tiefe eingebaut und die Messwerte von einem Blattschreiber aufgezeichnet⁸⁷⁹.

⁸⁷⁸ Dem Autor ist es in mehr als 25 Jahren nur zwei Mal nicht gelungen, den Leuchtturm wegen schlechten Wetters betreten zu können, da der herrschende Seegang ein Übersetzen vom Schiff auf den Leuchtturm in diesen Fällen nicht möglich machte.

1970 baute man die Anlage um. Zur Erfassung der Leitfähigkeit experimentierte man mit einem Pumpsystem, bei dem das Wasser über drei Saugrohre aus 2 m, 4 m und in 8 m Tiefe angesaugt und zum Sensor geführt wurde. Zwischengeschaltet war ein Temperaturfühler, der die Wassertemperatur des heraufgepumpten Wasser erfasste. Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte ebenfalls mit einem Blattschreiber.

Das Pumpsystem konnte nie störungsfrei betrieben werden. Alle Verbesserungsversuche griffen nicht. Die Probleme, die sich durch Sandeinspülung und Planktonbildung ergaben, ließen einen störungsfreien Betrieb trotz aller Bemühungen über mehr als drei Wochen nicht zu⁸⁸⁰.

Daraufhin erfolgte, nachdem die Anlage nach einem Rohrbruch Anfang 1972 stillgelegt worden war, ein Neuaufbau der Messstation. Man installierte eine Messkette mit Temperatursensoren in 0,5 m, 1 m, 2 m, 4 m und in 8 m Tiefe und verzichtete vorerst auf die Erfassung weiterer Messparameter⁸⁸¹. Da die Wassertiefe am Leuchtturm nur etwa 10,5 m bei mittlerem Wasserstand beträgt, erfasst man in dieser Tiefe nicht die salzreiche Tiefenschicht in der Kieler Bucht. Um diese aber zu ermöglichen, wurde die Temperaturmessstelle in 13 m Tiefe 80 m nordwestlich des Pontons eingerichtet.

Die Datenerfassung wurde ebenfalls umgestellt. Die bis dahin verwendeten Papierschreiber hatten sich nicht bewährt. Eine Datenfernübertragung per Richtfunk vom Leuchtturm bis zum Schornstein des Kraftwerkes in Kiel Wik und die Weiterleitung der Messwerte von dort bis zum *Deutschen Hydrographischen Institut* via Telefonleitung wurde installiert. Die Messwerte wurden dort mit einem Fernschreiber auf Papier ausgedruckt und zusätzlich ein Lochstreifen zur Archivierung gestanzt⁸⁸².

1977 wurden erste Versuche mit einer in 8 m Tiefe in die Messkette eingebauten Leitfähigkeitssonde unternommen. Später kamen noch weitere Leitfähigkeitssonden in 2 m und in 13 m Tiefe hinzu.

⁸⁷⁹ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Ozeanographisches Messnetz Nord- und Ostsee von 1970 bis 1990, Arbeitsunterlagen und Informationsmaterial aus der Abteilung Meereskunde des DHI/BSH, AR 1008, Nr. 19/05, 2001, S. 1.

⁸⁸⁰ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Ozeanographisches Messnetz Nord- und Ostsee von 1970 bis 1990, Arbeitsunterlagen und Informationsmaterial aus der Abteilung Meereskunde des DHI/BSH, AR 1008, Nr. 19/05, 2001, S. 1-2.

⁸⁸¹ Zur Wahl der Tiefenstufen siehe: A.3.1 Die Messstation Arkona Becken.

⁸⁸² Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Ozeanographisches Messnetz Nord- und Ostsee von 1970 bis 1990, Arbeitsunterlagen und Informationsmaterial aus der Abteilung Meereskunde des DHI/BSH, AR 1008, Nr. 19/05, 2001, S. 2.

Ab November 1981 erfolgte dann die Datenübertragung mittels einer Satellitensendeanlage (Data Collection Platform, DCP)⁸⁸³.

Ab 1983 entfiel die Leitfähigkeitsmessung in 2 m Tiefe, dafür kamen zusätzlich Clark-Zellen zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes zum Einsatz.

Im November 1992 wurde eine neue Messkette installiert, da die alte Messkette starke Korrosionsschäden aufwies und eine Reparatur nicht mehr sinnvoll erschien⁸⁸⁴.

Mit Einbau von Messgeräten im November 2011, die kontinuierlich die Wassertemperatur, den Salzgehalt und den Wasserdruck messen können, wird nun in 4 m, 8 m, und in 13 m Tiefe auch der Wasserdruck ermittelt⁸⁸⁵.

Im November 2011 wiederholte sich dieser Vorgang erneut, da nach mehr als neunjährigem Einsatz die alte Messkette aufgrund umfangreicher Schäden ersetzt werden musste⁸⁸⁶. Die neue Messkette enthielt zu Testzwecken eine zusätzliche Messstelle in 6 m Tiefe. Das dort angebrachte neue Messsystem erfasste die Wassertemperatur, die Leitfähigkeit, die Trübung und die Fluoreszenz. In 4 m Tiefe erfasste man nun nicht nur die Wassertemperatur, sondern zusätzlich auch die Leitfähigkeit. In 8 m und in 13 m Tiefe wurden zusätzlich moderne optochemische Sauerstoffsensoren installiert. Die Außenstation in 13 m Tiefe wurde mit einem akustischen Strömungsmesser ausgerüstet⁸⁸⁷.

Da sich das Messsystem in 6 m Tiefe nicht bewährte, wurde es im Dezember 2013 wieder ausgebaut und die Messstelle aufgegeben⁸⁸⁸.

Die meteorologischen Parameter, Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Luftdruck, relative Feuchtigkeit und Sonnenscheindauer werden in 23 und 24 m Höhe gemessen. Aus baulichen Gründen war eine ungestörte Erfassung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe nicht möglich.

Die Messstation mit ihrer fest eingebauten Messkette, die nicht direkt den physikalischen Belastungen der See ausgesetzt ist, weist die geringsten Ausfallzei-

⁸⁸³ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Leuchtturm Kiel, Hamburg, Eintrag vom 11. 11.–13. 11. 1981. Es handelt sich bei den Stationsbüchern um eine Kladde, in der bei Wartungsfahrten die Tätigkeiten auf jeder Station handschriftlich aufgezeichnet werden.

⁸⁸⁴ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Leuchtturm Kiel, Nr. 1/92, Hamburg.

⁸⁸⁵ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Leuchtturm Kiel, Nr. 2/11, Hamburg.

⁸⁸⁶ Im Laufe der Zeit waren Stecker undicht geworden und der Kunststoff der Kabel neigte nach einigen Jahren zu Brüchen, was elektrische Kurzschlüsse verursachte.

⁸⁸⁷ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Leuchtturm Kiel, Nr. 2/11, Hamburg.

⁸⁸⁸ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Leuchtturm Kiel, Nr. 4/13, Hamburg.

ten aller Stationen, die vom *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* selbst betrieben werden, auf. Nur die drei Ostseestationen, die vom *Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde* im Auftrag für das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie* betrieben werden, erreichen ähnliche hohe Verfügbarkeitszeiten. Die die hohe Ausfallsicherheit ermöglichende Konstruktion hat aber zur Folge, dass für die Reinigung und den Austausch von Sensoren immer Taucher von den Schiffen des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie* benötigt werden, denn die Messkette kann nicht gehoben werden.

A.3.11 Die Messstation Nordseeboje II

Die 1976 erbaute *Nordseeboje II*⁸⁸⁹ auf 55° 0' N und 6° 20' O, hat eine Gesamthöhe von 23,2 m wobei der im Wasser befindliche Teil bis in eine Tiefe von 10,4 m hinabreicht⁸⁹⁰ (Abb. 66). Der Schwimmkörper ist in der Wasserlinie schmal gehalten, um den Oberflächenwellen möglichst wenig Angriffsfläche zu bieten. Am unteren Ende befindet sich ein Stabilisierungsring mit 10 m Durchmesser. Damit wird erreicht, dass die Boje bei normalen Seegangsbedingungen stabil bleibt und nicht den Wellen folgt. Erst bei extremem Wellengang mit Wellenhöhen über 10 m wird die Boje zum Wellenfolger. Die Boje hat ein Gesamtgewicht von circa 56 Tonnen⁸⁹¹.

Auf der *Nordseeboje II* kam zuerst der gleiche Container wie auf der *Meta 1* Boje zum Einsatz⁸⁹². Nach Beendigung des Projektes wurde die *Nordseeboje II* dem *Deutschen Hydrographischen Institut* übergeben, das die Boje ab 1979 beim Aufbau eines Messnetzes in Nord- und Ostsee einsetzt⁸⁹³. Dafür wurde sie umfangreich umgebaut. Dabei erhielt sie einen vollständig neuen Messcontainer und ein neues Datenerfassungssystem sowie neue Sensoren. Sie wurde nach einer Kollision mit einem unbekannten Schiff 1986⁸⁹⁴ repariert und neu ausgerüstet. Erst am 24. März 1991 konnte sie wieder auf ihrer alten Position verankert werden⁸⁹⁵.

Die Wassertemperatur wurde in 8 m, 13 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m und in 35 m Tiefe, der Salzgehalt und die Strömung in 13 m und in 35 m Tiefe erfasst. Zusätz-

⁸⁸⁹ Die erste Nordseeboje war schon vor Beginn der eigentlichen Messerprobung durch einen Sturm so schwer beschädigt worden, dass sich eine Reparatur nicht mehr lohnte und eine zweite, verbesserte Version gebaut wurde.

⁸⁹⁰ Eick, Holzkamm, Klages, 1980, S. 17-22.

⁸⁹¹ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Jahresbericht 2003, 2004, S. 27.

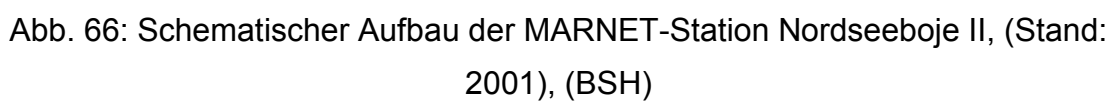
⁸⁹² Siehe hierzu: 5. Der Ersatz – Die automatischen Messstationen.

⁸⁹³ Holzkamm, 1988, S. 4.

⁸⁹⁴ Deutsches Hydrographisches Institut, Jahresbericht 1986, 1987, S. 59.

⁸⁹⁵ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Nordseeboje II, Hamburg, Eintrag vom 24. 3. 1991.

Die meteorologischen Parameter umfassten Lufttemperatur, Luftdruck, Windrichtung und Windgeschwindigkeit die in 10 m Höhe gemessen wurden.



317

Am 20. September 1992 erfolgten umfangreicher Umbaumaßnahmen, wobei zur besseren Zugänglichkeit der Messcontainer vom Unterwasserteil abgebaut wurde⁸⁹⁶. Erst am 6. April 1993 konnte nach dem Wiedereinbau des Containers der Messbetrieb erneut aufgenommen werden.

In der neuen Messkette waren die oberen beiden Messstellen geändert worden. Nun wurde in 3 m Tiefe die Temperatur und in 12 m Tiefe zusätzlich der Salzgehalt ermittelt⁸⁹⁷. Die Änderungen waren vorgenommen worden, um die oberflächennahe Schicht besser erfassen zu können und um Störungen durch den Bojenkörper zu vermeiden.

Ab Februar 1994 wurde in 12 m und in 35 m Tiefe der Sauerstoffgehalt gemessen⁸⁹⁸.

Im Mai 1995 wurde eine neue Messkette installiert, die erneut eine Änderung der Messstellen mit sich brachte. Die Wassertemperatur wurde nun in 3 m, 6 m, 11 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m und in 35 m Tiefe, der Salz- und der Sauerstoffgehalt sowie die Strömung in 6 m und in 35 m Tiefe erfasst. Dies diente der Vereinheitlichung der Messtiefen auf den Nordsee-Stationen. Allerdings wurde der dritte Sensor nicht in 10 m sondern in 11 m Tiefe angebracht, da er aufgrund der Bojenkonstruktion in dieser Tiefe nicht frei angeströmt werden konnte⁸⁹⁹.

Von September 1999 bis zum August 2001 gelang es aufgrund unterschiedlicher Probleme mit der Energieversorgung nicht, einen kontinuierlichen Messbetrieb zu gewährleisten. Sowohl der Dieselmotor, als auch die Steuerung des Motors konnten trotz umfangreicher Reparatur- und Umbaumaßnahmen nicht in einen betriebsfähigen Zustand gebracht werden.

Mit dem Ausbringen der neuen Messkette im August 2001 entfielen die Strömungsmessungen in 6 m und in 35 m Tiefe da sich die Strömungsmesser nicht im Einsatz bewährt hatten⁹⁰⁰.

Ende 2004 zeigten sich erneut schwerwiegende Probleme, denn die Zahl der Störungen des Messbetriebes nahmen immer mehr zu, bis kein regelmäßiger Messbetrieb möglich war. Da eine Grundsanierung der mittlerweile fast 30jährigen Großboje anstand, wurde sie an Land gesetzt und bis zu ihrer erneuten Ausbringung im

⁸⁹⁶ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Nordseeboje II, Hamburg, Eintrag vom 20. 9. 1992.

⁸⁹⁷ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Nordseeboje II, Hamburg, Eintrag vom 6. 4. 1993.

⁸⁹⁸ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Nordseeboje II, Nr. 1/94, Hamburg.

⁸⁹⁹ Zur Wahl der Tiefenstufen siehe: A.3.3 Die Messstation Deutsche Bucht.

Oktober 2007 überholt und im Bereich des Messcontainers umgebaut. Es wurden Solarzellen und ein Windgenerator installiert⁹⁰¹. Mit Einführung des neuen Datenmanagements entfielen die Pegelmessungen, die sich für eine sinnvolle Nutzung als zu ungenau erwiesen hatten⁹⁰².

Mit Einbau von Messgeräten im Oktober 2007, die kontinuierlich die Wassertemperatur, den Salzgehalt und den Wasserdruck messen können, wird nun in 6 m, 11 m, und in 35 m Tiefe auch der Wasserdruck ermittelt⁹⁰³. Die Angabe des Wasserdrucks gibt die tatsächliche Tiefe des Sensors an, der durch Strömungseinflüsse aus der Senkrechten ausgelenkt werden kann. Der aktuelle Wert lässt erkennen, wie groß die Differenz zwischen Nominalwert und tatsächlichem Tiefenwert ist.

Mitte 2010 musste die Tonne eingeschleppt werden, um Schäden am Schwimmkörper, die durch den Bruch der Verankerung entstanden waren, zu beheben⁹⁰⁴. Nach deren Beseitigung konnte der Messbetrieb im Mai 2011 wieder aufgenommen werden.

Ende 2011 wurde die Boje von einem Schiff gerammt und der Container schwer beschädigt. Nach Beendigung der Reparatur wurde sie Ende September 2013 wieder auf ihre Position geschleppt und der Messbetrieb aufgenommen⁹⁰⁵.

Die Boje hat sich als Schwimmkörper auf hoher See bewährt und stärkste Stürme ohne größere Schäden abgewettert. Allerdings ist es bis jetzt, auch aufgrund fehlender personeller wie finanzieller Mittel, nicht gelungen, eine störungsfreie Energieversorgung sicher zu stellen. Die auf den unbemannten Feuerschiffen permanent laufenden Großdieselmotoren, die zudem redundant ausgelegt sind, zeigen keinerlei ausgeprägte Neigung zu Ausfällen. Der Kleindieselmotor der *Nordseeboje II*, der über die Batteriespannung der Pufferbatterie gesteuert wird, ist, trotz mannigfaltiger Bemühungen, immer wieder für den Ausfall der Station verantwortlich. Ein permanentes Durchlaufen des Motors ist aber aufgrund der geringen Tankkapazität der Boje nicht möglich, denn dies würde die Wartungsintervalle auf einen zu kurzen Zeitraum verkleinern.

⁹⁰⁰ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Nordseeboje II, Hamburg, Einträge vom 1. 10. 1999 bis zum 15. 8. 2001.

⁹⁰¹ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Nordseeboje II, Hamburg, Einträge vom 7./8. 10. 2007 und 15. 11. 2007.

⁹⁰² Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Jahresbericht 2003, 2004, S. 27.

⁹⁰³ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Nordseeboje II, Nr. 1/7, Hamburg.

⁹⁰⁴ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Nordseeboje II, Nr. 4/10, Hamburg.

⁹⁰⁵ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Nordseeboje II, Nr. 1/13, Hamburg.

Bei der Konzeption des Messsystems gab es keine alternative Energiequelle, die die für den Betrieb der Messanlage notwendige elektrische Leistung liefern konnte. Später wurden Solarzellen und Windgeneratoren zur Erzeugung alternativer Energie auf der Boje angebracht. Ihr Einsatz kann allerdings die für den kontinuierlichen Stationsbetrieb benötigte Energie nicht vollständig erzeugen. Hinzu kommt, dass es immer wieder zu Beschädigungen der Windgeneratoren durch See- und Vögelschlag sowie durch Starkwindereignisse kommt.

Um die Station vollständig mit regenerativer Energie versorgen zu können, muss der Energieverbrauch reduziert werden. Dies bedeutet, dass in der Zukunft völlig neue, Energie sparende, Messdatenerfassungs- und Datentransfersysteme installiert werden müssen.

A.3.12 Die Messstation Nordseeboje III

Anfang August 2003 wurde die Messstation *Nordseeboje III* auf ihrer Position von 54° 41' N und 6° 47' O verankert⁹⁰⁶. Bei ihr handelt es sich um eine leicht modifizierte Form der *Nordseeboje II*.

Aufgrund der Erfahrungen, die man mit dieser Boje gemacht hatte, war der Messcontainer der *Nordseeboje III* größer als der der *Nordseeboje II* ausgelegt. Er war so geplant, dass er die Pumpe und die automatischen Analysatoren zur Bestimmung der Nährstoffe aufnehmen konnte. Dies hatte zur Folge, dass trotz der Probleme, die sich damit bei der *Nordseeboje II* ergeben hatten, ein Dieselmotor für die Energieversorgung eingebaut werden musste, da der Betrieb der Pumpe und der Nährstoffanalysatoren recht energieintensiv war.

Allerdings kam es dann nicht zum Einbau der Nährstoffanalysatoren, da sich der Betrieb der Analysatoren auf den Stationen *Deutsche Bucht* und *Fehmarnbelt* als so schwierig und arbeitsintensiv erwiesen hatte, dass mit den vorhandenen Ressourcen keine weitere Station mit diesen Geräten ausgerüstet werden konnte.

Die Wassertemperatur wird in 4 m, 6 m, 11 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m und in 35 m Tiefe, der Salz- und der Sauerstoffgehalt in 6 m und in 35 m Tiefe erfasst. Allerdings wurde der oberflächennahe Sensor nicht in 3 m sondern in 4 m Tiefe angebracht, da er aufgrund der Bojenkonstruktion in dieser Tiefe nicht frei angeströmt werden konnte⁹⁰⁷.

⁹⁰⁶ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Jahresbericht 2003, 2004, S. 27.

⁹⁰⁷ Zur Wahl der Tiefenstufen siehe: A.3.3 Die Messstation Deutsche Bucht.

Mit Einbau von Messgeräten im August 2003, die kontinuierlich die Wassertemperatur, den Salzgehalt und den Wasserdruck messen können, wird nun in 6 m, 11 m, und in 35 m Tiefe auch der Wasserdruck ermittelt⁹⁰⁸.

Die Bestückung der Station mit meteorologischen Messgeräten und ihre Wartung liegt in dem Verantwortungsbereich des *Deutschen Wetterdienstes*⁹⁰⁹. Die meteorologischen Parameter umfassen Lufttemperatur, Luftdruck, Windrichtung und Windgeschwindigkeit, die in 10 m Höhe gemessen werden.

Im Oktober 2007 wurde die Boje zu Wartungs- und Umbauarbeiten eingeholt⁹¹⁰. Nach Beendigung der Arbeiten nahm die Boje am 26. April 2009 ihren Betrieb wieder auf⁹¹¹. Eine neue Messkette wurde installiert und ein neues Datenmanagementsystem in Betrieb genommen.

Auf der Wartungsfahrt am 31. Januar 2011 wurde festgestellt, dass die Station durch eine Kollision mit einem Schiff leicht beschädigt worden war. Ihre Funktionstüchtigkeit war aber dadurch nicht in Mitleidenschaft gezogen worden⁹¹².

Beim Betrieb des Dieselmotors für die Stromversorgung der Station ergaben sich die gleichen Probleme wie auf der Station *Nordseeboje II*⁹¹³. Auch auf dieser Station ist es bis jetzt, wiederum aufgrund fehlender personeller wie finanzieller Mittel, nicht gelungen, eine störungsfreie Energieversorgung sicher zu stellen.

Ein Windgenerator zur Erzeugung alternativer Energie war schon 2003 auf der Boje angebracht worden. Im August 2015 wurden 11 Solarzellen montiert⁹¹⁴. Damit kann zwar die Stromversorgung nicht vollständig abgedeckt, aber die Laufzeit des Dieselmotors wesentlich verringert werden.

A.3.13 Die Messstation Oder Bank

Die Messstation *Oder Bank* wurde im Jahre 1996 auf der Position 54° 5' N, 14° 10' O bei einer Wassertiefe von circa 13,5 m als östlichste Messstation des marinen Umweltmessnetzes in Nord- und Ostsee vom *Leibniz-Institut für Ostseefor-*

⁹⁰⁸ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Nordseeboje III, Nr. 1/3, Hamburg.

⁹⁰⁹ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Nordseeboje III, Hamburg, Eintrag vom 6. 11. 2003.

⁹¹⁰ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Nordseeboje III, Eintrag vom 7. 10. 2007.

⁹¹¹ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Stationsbuch Nordseeboje III, Eintrag vom 26. 04. 2009.

⁹¹² Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Nordseeboje III, Nr. 1/11.

⁹¹³ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldungen Nordseeboje III, Nr. 1/13, 2/13, 3/13 und 4/13.

⁹¹⁴ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Betriebsmeldung Nordseeboje III, Nr. 4/15.

schung Warnemünde im Auftrag des *Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie* in Betrieb genommen⁹¹⁵.

Bei dieser Messstation handelt es sich wie bei der Station *Fehmarnbelt* um eine diskusförmige, den Oberflächenwellen folgende, Großboje mit einem Durchmesser von 10 Metern⁹¹⁶.

Die Boje enthielt einen Dieselmotor zur Stromerzeugung. Dieser diente aber nur als Notfallsystem, da auf der Boje ein Windgenerator und Solarzellen installiert sind, deren Leistung den Betrieb der Station garantiert. Da der Motor nie zum Einsatz kam, wurde er im Rahmen einer Generalüberholung der Boje in den Jahren 2009 und 2010 abgebaut.

Die Boje ist aufgrund ihrer weit nach Osten vorgeschobenen Lage immer als erste Station durch Eisbildung und Eisgang bedroht. Dies führte im Winter 2001/2002 zu einer ernsthaften Beschädigung der Messkette, da es nicht gelang, die Boje rechtzeitig einzuschleppen. Danach erhielt die Boje eine Dämpfungsschürze zur Verbesserung des Seegangverhaltens und einen Eisabweiser, der verhindern soll, dass sich die Eisschollen unter den Bojenkörper schieben und die Messkette beschädigen⁹¹⁷.

Ende Januar 2006 gelang es nicht, die Boje rechtzeitig vor dem Einsetzen der Eisbildung einzuschleppen. Der sich entwickelnde Eisgang war dann so stark, dass die Boje circa einen halben Kilometer nach Norden versetzt wurde. Sie konnte geborgen und eingeschleppt werden und nahm im Mai desselben Jahres den Betrieb wieder auf.

Im Winter 2007/2008 musste die Boje erneut wegen Eisgefahr eingezogen werden. Die Zeit nutzte man, um umfangreiche Wartungsarbeiten vorzunehmen.

Nach der Generalüberholung im Winter 2009/2010, bei der die Boje an Land gesetzt und Arbeiten am Unterwasserteil vorgenommen wurden, konnte der Messbetrieb Anfang Juli 2010 wieder aufgenommen werden.

In 3 m und in 12 m Tiefe werden die Wassertemperatur, der Salz- und der Sauerstoffgehalt sowie der Wasserdruck erfasst⁹¹⁸.

Auf dem Messcontainer befindet sich eine Plattform, auf der in 10 m Höhe die Sensoren zur Erfassung der meteorologischen Parameter angebracht sind. Es wer-

⁹¹⁵ Institut für Ostseeforschung Warnemünde, 1997, S. 102-106.

⁹¹⁶ Wolfgang Roeder, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, E-Mail vom 19. November 2015.

⁹¹⁷ Wolfgang Roeder, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, E-Mail vom 19. November 2015.

⁹¹⁸ Zur Wahl der Tiefenstufen siehe: A.3.1 Die Messstation Arkona Becken.

den die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit, der Luftdruck, die Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie die Globalstrahlung ermittelt.

Die Datenübertragung erfolgt sowohl über Satellit als auch über Mobilfunk. Bei der Funkverbindung handelt sich um eine bidirektionale Verbindung, die eine Steuerung der Station von Land aus ermöglicht.

A.4 Anleitung zur Ausführung meereskundlicher Beobachtungen

Anleitung

Zur Ausführung der meereskundlichen Beobachtungen

auf den deutschen Nordseefeuerschiffen

für die Deutsche Seewarte, Hamburg 3.⁹¹⁹

⁹¹⁹ Es handelt sich hierbei um die Abschrift einer Originalanweisung zur Durchführung der meteorologischen und meereskundlichen Messungen auf den bemannten Feuerschiffen aus dem Jahre 1934. Die Abbildungen wurden vom Autor erstellt. Es handelt sich um Kopien aus der Originalschrift.

Größtmögliche Sorgfalt und Genauigkeit muß der oberste Grundsatz der ganzen Beobachtungstätigkeit sein. Kann eine Beobachtung zu der vorgeschriebenen Zeit nicht angestellt werden, so soll im Beobachtungsheft unter „Bemerkungen“ der Vermerk: „Beobachtung ausgefallen“ gemacht werden. Später gemachte Beobachtungsdaten ohne Zeitangabe oder gar ausgedachte Beobachtungen einzutragen, ist sinnlos und schädlich.

Es ist wichtig, daß neben den dem Seemann vertrauten Wind=, Seegangs= und Dünungsbeobachtungen die Richtung und Geschwindigkeit des Oberflächenstroms mit aller Sorgfalt gemessen werden. Das jetzt auf allen Feuerschiffen anstelle der Logge getretene Stromkreuz mit einer Beobachtungszeit von 60 sec. dürfte eine genaue Messung namentlich auch schwächeren Stromes möglich machen.

Die einzelnen Beobachtungen des meereskundlichen Dienstes.

1. Wind (Spalte 2 und 3). Die in dem „Schlüssel und Anweisung zur Aufstellung von Seeobstelegrammen“ gegebenen Anweisungen zur Beurteilung der Windstärken sind für fahrende Schiffe in offener See bestimmt. Auf den Feuerschiffen der Nordsee, die alle als feste Stationen in einem Gebiet ständiger, teilweise starker Gezeitenströme liegen, sind die Verhältnisse insofern andere, als je nach der Stromrichtung das Verhältnis von Windstärke zum Seegang verschieden ist. Darauf ist bei der Schätzung der Windstärke auf Grund des Seegangs Rücksicht zu nehmen. Die Angabe der Windstärke erfolgt nach der 13teiligen Beaufortskala:

0 Windstille	4 mäßige Brise	8 stürmischer Wind
1 leiser Zug	5 frische Brise	9 Sturm
2 leichte Brise	6 starker Wind	10 schwerer Sturm
3 schwache Brise	7 steifer Wind	11 orkanartiger Sturm
	12 Orkan	

Die Windrichtung wird über den Kompaß abgelesen.

2. Seegang (Spalte 4 und 5).

3. Dünung (Spalte 6 und 7).

Es ist notwendig, die beiden wellenförmigen Bewegungsformen der Meeresoberfläche bei der Beobachtung scharf zu trennen. Die Stärke wird bei beiden nach einer 10teiligen Skala geschätzt:

Seegang:	0 glatte See	5 sehr grobe See	
	1 ruhige See	6 hohe See	
	2 leichtbewegte See	7 sehr hohe See	
	3 mäßig bewegte See	8 gewaltige, schwere Steilsee	
	4 grobe See	9 durcheinanderlaufende See	
Dünung:	0 keine Dünung		
	1 kurze oder mittellange Dünung)	
	2 lange Dünung)	niedrig
	3 kurze Dünung)	
	4 mittellange Dünung)	mäßig hoch
	5 lange Dünung)	
	6 kurze Dünung)	
	7 mittellange Dünung)	hoch
	8 lange Dünung)	
	9 durcheinanderlaufende Dünung		

4. Strom (Spalte 8 bis 11).

Man mißt zunächst mit dem Stromkreuz die Geschwindigkeit. Die in ganze Meter gemarkte Leine wird an Deck lose aufgeschossen gehalten. Der Vorläufer zwischen Stromkreuz und dem Beginn der Markierung soll ungefähr 25 m betragen. Die gewöhnliche Beobachtungszeit beträgt 60 sec., bei ganz schwachem Strom soll jedoch unter Umständen 120 oder 180 sec. beobachtet werden. Die Anzahl der ausgelaufenen Meter wird in Spalte 8 eingetragen, die Zeit, wie lange gemessen wurde, in Spalte 9. Danach wird mit dem Quadranten der Winkel gepeilt, um den die Treibrichtung des Stromkreuzes von der Schiffslängsachse abweicht, bei der Eintragung dieses Winkels in Spalte 11 ist anzugeben, ob die Abweichung nach Steuerbord (St.B.) oder nach Backbord (B.B.) erfolgte in Spalte 10 wird der anliegende Kurs des Schiffes nach der Ablesung am Kompaß eingetragen, ohne Verbesserung wegen Mißweisung und Deviation.

5. Stromkentern (Spalte 14 bis 16.)

In Spalte 14 und 15 wird die Zeitdauer des Kenterns, also Beginn und Schluß eingetragen, in Spalte 16 die Richtung des Kenterns, ob über N-O-S oder W.

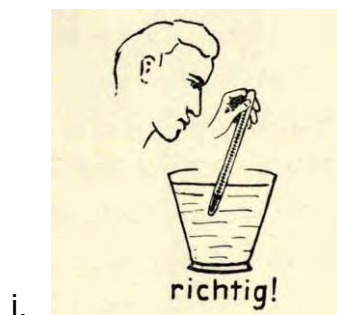
6. Wassertemperaturen und Wasserproben (Spalte 19 bis 22).

Diese Beobachtungen werden an denjenigen Tagen angestellt, die auf einer von der Deutschen Seewarte zu Beginn jedes Jahres übersandten Liste verzeichnet stehen. An diesen Tagen wird bei zwei aufeinanderfolgenden Stillwassern eine Pütze mit Wasser aufgeschlagen, die Temperatur dieses Wassers gemessen (auf 1/10°C) und dann eine Wasserprobe genommen.

Deutsche Seewarte

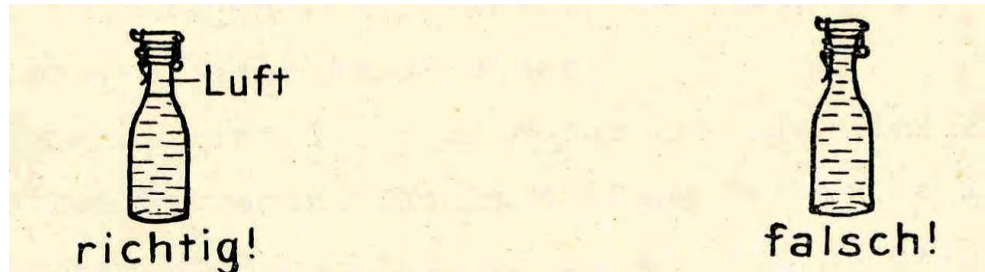
Anleitung zur Bestimmung der Wassertemperatur und zur Entnahme von Wasserproben auf Handelsschiffen.

1. Zum Aufschlagen benutze man eine möglichst große Pütze. Eine eiserne (Zinkblech) ist einer solchen aus Segeltuch vorzuziehen; auf Schiffen mit Geschwindigkeit bis 12 Knoten sollte jedenfalls eine eiserne Pütze genommen werden.
2. Pütze vom Vorschiff aus aufschlagen, jedenfalls vor dem Ausfluß von Pumpen und Klosetts oder sonstigen Ausgüssen.
3. Pütze einige Male untertauchen bzw. nachschleppen, damit sie die Temperatur des Wassers annimmt.
4. Unmittelbar vor dem Herausholen Pütze nicht zu tief eintauchen; die zur Temperaturmessung benutzte Wasserprobe soll tunlichst von der obersten Wasserschicht genommen werden.
5. Pütze nach dem An-Deck-nehmen schnell an einen schattigen und windgeschützten Platz stellen.
6. Thermometer oben anfassen, eintauchen, langsam umrühren und dann ablesen, sobald sich der Stand der Quecksilbersäule nicht mehr ändert, was nach $\frac{3}{4}$ -1 Minute der Fall ist.
7. Während der Ablesung das Thermometer im Wasser eingetaucht halten.



8. Ablesung des Thermometers auf 1/10 Grad. Schätzung der Zehntel sorgfältig vornehmen.
9. Die Wasserprobe wird nach der Temperaturmessung entnommen.

10. Wasserflasche am Verschuß anfassen, zweimal ausspülen. Flasche nur bis etwa 5 cm unter dem Rand vollfüllen. (Bis zum Verschuß vollständig gefüllte Flaschen platzen leicht, wenn sie in eine nur wenig wärmere Umgebung kommen.)



11. Kasten mit Wasserflaschen an kühler, vor direkter Sonnenstrahlung und auch vor Ausstrahlung von Heizkörpern u. dergl. geschützter Stelle aufbewahren, jedoch vor Gefrieren schützen.
12. Verpackung der vollen Kiste für Transport:
Papier zwischen die Flaschenreihen stopfen.
13. Temperatur –und Flaschennummereintragung sofort machen. Eintragung der Thermometernummer am Kopf der Beobachtungsblätter nicht vergessen!
14. Die Positionseintragung soll stets nach Breite und Länge erfolgen. Eintragungen, wie „passierten 3.15 Uhr Borkum F.Sch.“ oder „16.30 Uhr Start Point 315°“ m/w“ erschweren die Verarbeitung des Materials.

Erläuterung zur Messung des Oberflächenstromes mittels des Stromkreuzes

Bei der Bearbeitung der von den Feuerschiffen seit 1921 in der Nordsee angestellten Strombeobachtungen stellte es sich heraus, daß die Messung der Stromgeschwindigkeit in der bisher üblichen Weise mit dem Loggscheit nicht genügend genau ist. Vor allem Dingen schwache Ströme sind damit nur schwer zu messen.

Die Deutsche Seewarte hat deswegen im September 1934 auf Feuerschiff „Elbe1“ Vergleichsmessungen anstellen lassen zwischen der Logge und dem Stromkreuz. Letzteres gestattet eine weit genauere Bestimmung der Stromgeschwindigkeit und wird deshalb vom 1. Januar 1935 ab auf allen Feuerschiffen gleichmäßig eingeführt.

Fig.1 zeigt das Stromkreuz. Es besteht aus dem Schwimmer (a) und dem Blechkreuz (b), beide sollen durch einen 15-20 cm langen Draht (c) verbunden sein, so daß die ganze Höhe des Instruments 80 cm beträgt. Die Platten des Blechkreuzes werden unter Benutzung der kleinen Löcher durch Eisendraht so miteinander verbunden, daß sie stets senkrecht zueinander stehen.

Die Beobachtungszeit beträgt nicht wie bei der Logge 14 sec., sondern im allgemeinen 60 sec., bei ganz schwachem Strom auch $2 \times 60 = 120$ sec. oder $3 \times 60 = 180$ sec.

Die Leine wird in ganze Meter geteilt, der Vorläufer soll ungefähr 25 m betragen. Die Einteilung der Leine in Meter und eine dementsprechende Markierung hat an Bord zu erfolgen. Die Leine ist zuvor nass zu machen und zu recken. Für die Markierung macht man am besten an Deck eine 5 oder 10 m lange Meterteilung und kontrolliert die Einteilung einige Zeit nach Ingebrauchnahme der Leine nach.

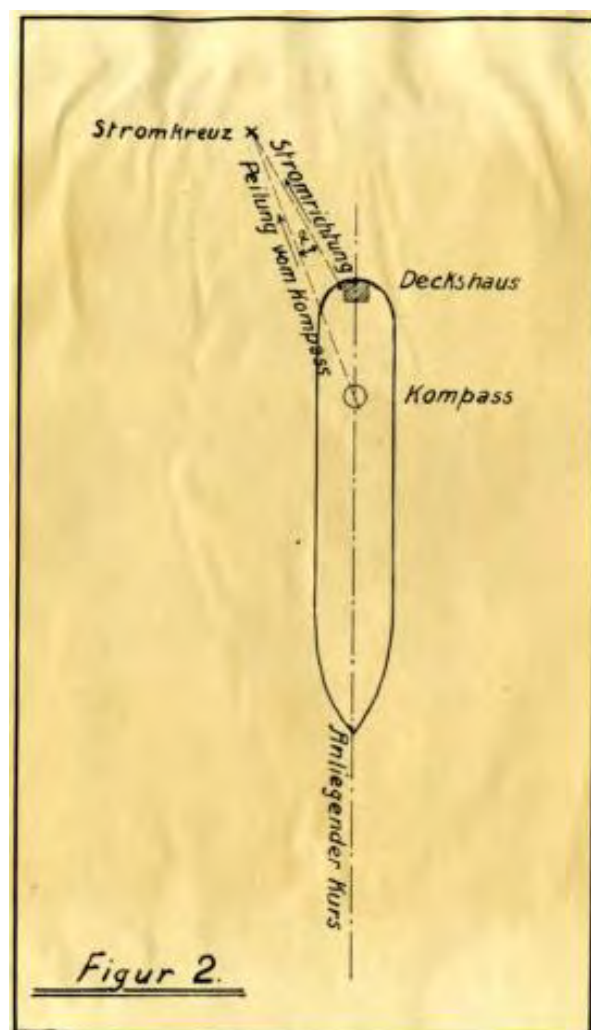
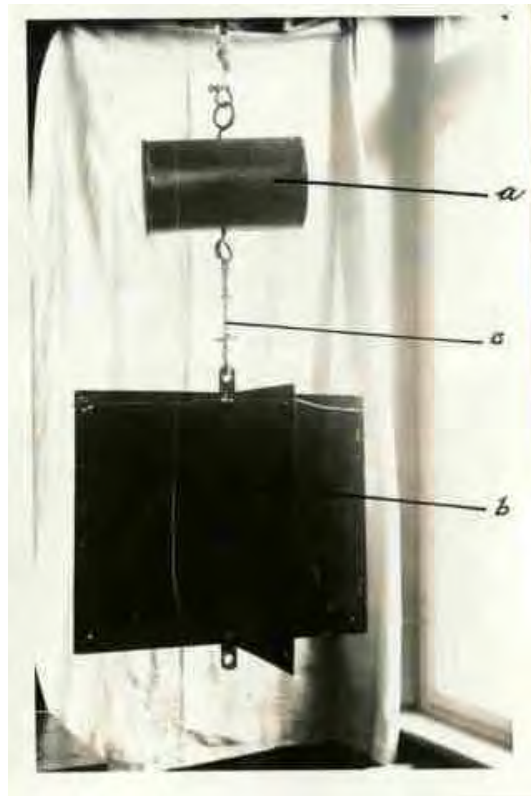
Die Stromrichtung soll künftig ebenfalls genau gemessen werden. Auf Fig.2 ist dargestellt daß, wenn das Stromkreuz vom Heck aus, wie es immer geschieht, weggeführt wird und wenn dann die Richtung, die das Stromkreuz genommen hat, über den auf der Brücke aufgestellten Kompaß gepeilt wird – daß dann ein Fehler in der Richtungsangabe (α in der Zeichnung) entstehen muß. Bisher war es nun meist üblich, wenn das Loggscheit nicht recht achteraus setzte, den Winkel zu schätzen und entsprechend dem abgelesenen Schiffskurs die Stromrichtung anzuschreiben. Weil diese Schätzung doch nur ungenau ist, sind die bisherigen Stromrichtungsangaben mit einem erheblichen Fehler belastet. Deshalb soll jetzt der Winkel, um den die Strom-

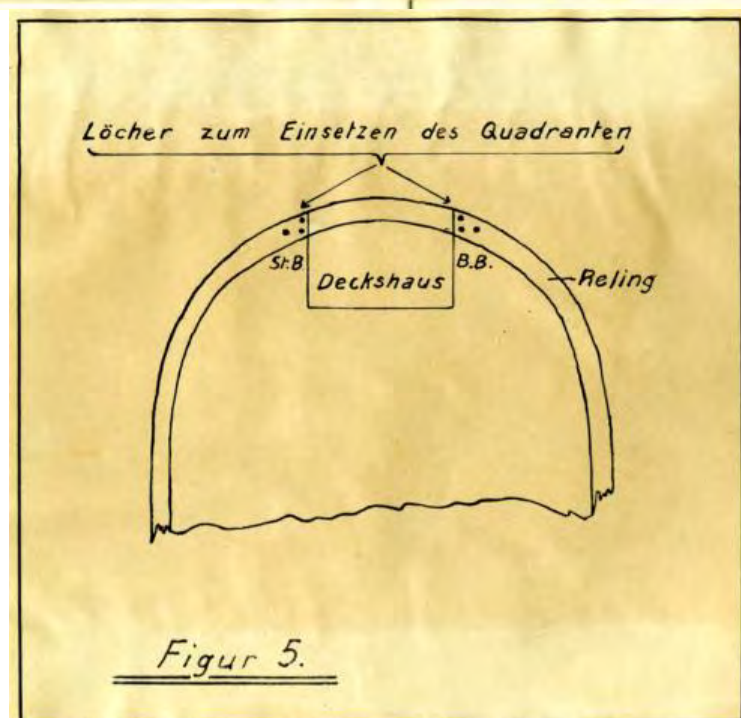
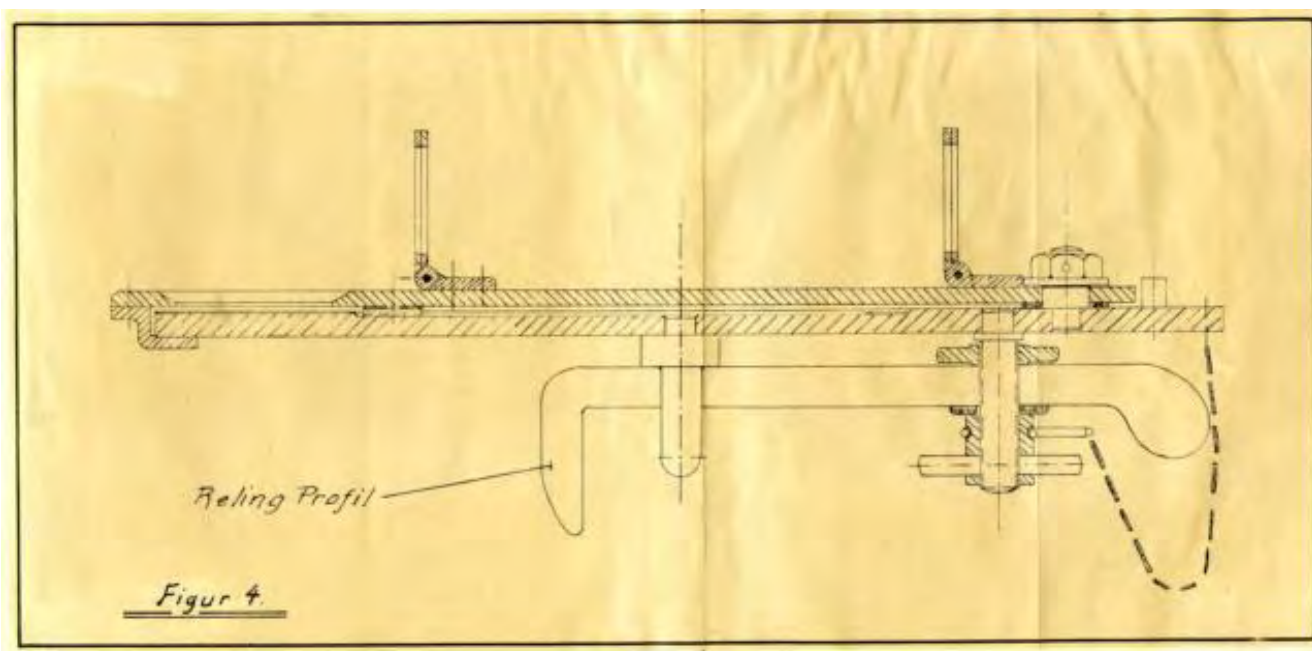
richtung (Treibrichtung des Stromkreuzes) von der Schiffslängsachse abweicht, gemessen werden.

Dazu dient der Peilquadrant (Fig.3). Der Quadrant hat 3 Zapfen, von denen einer mit einer Flügelschraube versehen ist. Man bohrt nun achtern in das Reelingseisen 3 entsprechende Löcher so, daß der Quadrant mit seinen Zapfen in diese Löcher gesetzt werden kann (Fig.4). Die Löcher müssen so angebracht werden, daß eine Kante des Quadranten genau parallel zur Schiffslängsachse liegt. Da auf den meisten Feuerschiffen achtern ein kleines Haus steht und der hinterste Punkt der Reeling nicht zugänglich ist, werden auf beiden Seiten des Hauses die Löcher in die Reeling gebohrt (vgl.Fig.5). Je nach dem, ob nun der Strom mehr nach Steuerbord oder mehr nach Backbord setzt, wird die entsprechende Seite des Schiffes für die Beobachtung benutzt. Die Eintragung in das Journal erfolgt dann dementsprechend:

Anliegender Kurs: NNW

Messung am Quadranten: 1 1/2 Strich.B.B.





A.5 Originalprotokolle der meereskundlichen Beobachtungen

Bei den hier abgebildeten Seiten handelt es sich um die letzten erhaltenen Originalprotokolle mit den an Bord der Feuerschiffe erhobenen meereskundlichen Beobachtungen⁹²⁰. Diese Hefte wurden im *Deutschen Hydrographischen Institut* ausgewertet und nachdem die Daten erfasst worden waren, vernichtet. Somit besteht keinerlei Möglichkeit, die bearbeiteten Daten anhand der Originalprotokolle bei zweifelhaften Messwerten auf ihre Korrektheit hin zu überprüfen.

ELBE 1

Nr. 1

Deutsche Feuerschiffe der Nordsee
und der Ostsee

Meereskundliche Beobachtungen

für das

Deutsche Hydrographische Institut, Hamburg

Feuerschiff: ELBE 1 Kapitän: Ehlers, K. OGGEB, Oad. in

Jahr: 1983 Monat: Januar

Schiffsort: 54° 00' N Br. 08° 07' O Lg. Wassertiefe: 24 m

Wasserkasten-Nr. 12 115

24

NB. Das ausgefüllte Beobachtungsheft ist zu senden an das Deutsche Hydrographische Institut, Abt. M, Hamburg 4, Bernhard-Noche-Straße 78

⁹²⁰ Der Autor konnte die Hefte der Feuerschiffpositionen *Borkumriff* und *Elbe 1* von 1983 bis 1987 und der Position *Fehmarnbelt* von 1983 und 1984 bei Aufnahme seiner Tätigkeiten im *Deutschen Hydrographischen Institut* im Dezember 1987 aus dem Altpapier vor der Vernichtung retten.

② Tägliche bzw. wöchentliche 8 Uhr - Oberflächen- und Tiefenbeobachtungen

Beob. Zeit		Beob. Tiefe m	Wind		Seegang (Windsee)		Wetterbeobachtungen		Wasser- Tempe- ratur °C	Salzgehalt ‰ (wird vom DHI ausgefüllt)	Thermometer- Nr.	Flaschen- Nr.	Bemerkungen (Kisten-Nr. usw.)													
Tag	Std.		Richtung in 10°	Stärke in 10°	Wellen- Höhe in m	Wellen- Periode in sec	Luft - trocken	Temp. feucht																		
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46			
1	3	0	8	0	0	0	7	1	2	0	7	1	2	0	1	2	0	1	2	0	2	8	6	4		
0	1	0	8	0	0	0	3	2	0	4	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	3	5	4	9		
0	1	0	8	0	5																					
0	1	0	8	1	0																					
0	1	0	8	1	5																					
0	1	0	8	2	0																					
				0	8	2	5																			
				0	8	3	0																			
				0	8	3	5																			
				0	8	4	0																			
0	1	0	8	2	4																					

← Beobachtungstiefe in Bodennähe in m eintragen

Angaben duplizieren

③ Tägliche Beobachtungen an der Oberfläche zu den Kenterzeiten

Salz- Nr.		Anweisung zum Lochen	Beob. Zeit		Beob. Tiefe m	Stromkern				Dreh- sinn rechts- links- Dreh- sinn	zur H.W. Zeit	zur N.W. Zeit	Wasser- Tempe- ratur °C	Salzgehalt ‰ (wird vom DHI ausgefüllt)	Thermometer- Nr.	Flaschen- Nr.	Bemerkungen (Kisten-Nr. usw.)									
5	6		Tag	24		von	bis	Dauer	Std.									Min.								
2	2		23	24	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		
1	3		1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Spalten 1-4 und 7-22 wie bei ① lochen

1. Beobachtung
2. Beobachtung

A.6 Die Hydrographischen Tabellen nach Knudsen

Die von Martin Knudsen eingeführten Hydrographischen Tabellen dienen zur schnellen Bestimmung hydrographischer Größen wie Salzgehalt und Dichte. Bei bekanntem Chlorgehalt der Wasserprobe konnte man mit einer der in diesem Werk enthaltenen Tabellen den Salzgehalt und die Dichte ohne Berechnung direkt aus dem Tabellenwerk entnehmen⁹²¹.

Cl = Chlorgehalt in ‰ (erste Spalte)

S = Salzgehalt in ‰ (zweite Spalte)

σ_0 = Spezifisches Gewicht des Meerwassers bei 0° bezogen auf destilliertes Wasser bei 4° (dritte Spalte)

$\rho_{17,5}$ = Dichte von Meerwasser bei 17,5° bezogen auf destilliertes Wasser bei 4°⁹²² (vierte Spalte)

1

$$S = 0.030 + 1.8050 Cl \quad \sigma_0 = -0.069 + 1.4708 Cl - 0.001570 Cl^2 + 0.0000398 Cl^3.$$

Cl	S	σ_0	$\rho_{17,5}$	Cl	S	σ_0	$\rho_{17,5}$
1.00	1.84	1.40	1.44	1.50	2.74	2.13	2.13
.01	.85	.41	.46	.51	.76	.15	.15
.02	.87	.43	.47	.52	.77	.16	.16
.03	.89	.44	.48	.53	.79	.18	.18
.04	.91	.46	.50	.54	.81	.19	.19
.05	.93	.47	.51	.55	.83	.21	.20
.06	.94	.49	.53	.56	.85	.22	.22
.07	.96	.50	.54	.57	.86	.24	.23
.08	.98	.52	.55	.58	.88	.25	.25
.09	2.00	.53	.57	.59	.90	.27	.26
1.10	2.02	1.55	1.58	1.60	2.92	2.28	2.27
.11	.03	.56	.60	.61	.94	.30	.29
.12	.05	.58	.61	.62	.95	.31	.30
.13	.07	.59	.62	.63	.97	.32	.31
.14	.09	.61	.64	.64	.99	.34	.33
.15	.11	.62	.65	.65	3.01	.35	.34
.16	.12	.64	.66	.66	.03	.37	.36
.17	.14	.65	.68	.67	.04	.38	.37
.18	.16	.66	.69	.68	.06	.40	.38
.19	.18	.68	.71	.69	.08	.41	.40
1.20	2.20	1.69	1.72	1.70	3.10	2.43	2.41
.21	.21	.71	.73	.71	.12	.44	.42
.22	.23	.72	.75	.72	.13	.46	.44
.23	.25	.74	.76	.73	.15	.47	.45
.24	.27	.75	.78	.74	.17	.49	.47
.25	.29	.77	.79	.75	.19	.50	.48
.26	.30	.78	.80	.76	.21	.51	.49
.27	.32	.80	.82	.77	.22	.53	.51
.28	.34	.81	.83	.78	.24	.54	.52
.29	.36	.83	.84	.79	.26	.56	.54

⁹²¹ Hier ist nur ein Teil der ersten Seite der Tabelle zur Bestimmung des Salzgehaltes wiedergegeben. Die Tabelle enthält insgesamt 22 Seiten. Der maximale Chlorgehalt, für den Salzgehalts- und Dichtewerte abgedruckt sind, beträgt 23,0. Das entspricht einem Salzgehalt von 41,55 ‰.

⁹²² Knudsen, 1901, 63 S.

A.7 The Practical Salinity Scale 1978

Der Salzgehalt wird als das Verhältnis K_{15} zwischen der elektrischen Leitfähigkeit einer Seewasserprobe mit einer Temperatur von 15° C bei Standardluftdruck und der einer Kaliumchloridlösung mit einem Anteil von Kaliumchlorides von 32.4356×10^{-3} bei gleicher Temperatur und gleichem Luftdruck definiert⁹²³.

THE PRACTICAL SALINITY, 1978

DEFINITION

The practical salinity, symbol S , of a sample of seawater, is defined in terms of the ratio K_{15} of the electrical conductivity of the seawater sample at the temperature of 15°C and the pressure of one standard atmosphere, to that of a potassium chloride (KCl) solution, in which the mass fraction of KCl is 32.4356×10^{-3} , at the same temperature and pressure. The K_{15} value exactly equal to 1 corresponds, by definition, to a practical salinity exactly equal to 35. The practical salinity is defined in terms of the ratio K_{15} by the following equation

$$S = 0.0080 - 0.1692 K_{15}^{1/2} + 25.3851 K_{15} \\ + 14.0941 K_{15}^{3/2} - 7.0261 K_{15}^2 + 2.7081 K_{15}^{5/2}$$

formulated and adopted by the Unesco/ICES/SCOR/IAPSO Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards, Sidney, B.C., Canada, 1 to 5 September 1980 and endorsed by the International Association for the Physical Sciences of the Ocean (IAPSO) in December 1979, the International Council for the Exploration of the Sea (ICES) in October 1979, the Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR) in September 1980 and the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of Unesco in June 1981. This equation is valid for a practical salinity S from 2 to 42.

⁹²³ UNESCO, Nr. 37, 1981b, S. 7.

A.8 The One Atmosphere International Equation of State of Seawater, 1980

Die Dichte (ρ , kg, m⁻³) von Seewasser bei Standardluftdruck wird aus dem berechneten Salzgehalt und der Temperatur nach folgender Gleichung berechnet⁹²⁴:

The One Atmosphere International Equation of State of Seawater, 1980

Definition

The density (ρ , kg m⁻³) of seawater at one standard atmosphere ($p = 0$) is to be computed from the practical salinity (S) and the temperature (t , °C) with the following equation :

$$\begin{aligned} \rho(S, t, 0) = & \rho_w + (8.244\,93 \times 10^{-1} - 4.0899 \times 10^{-3} t \\ & + 7.6438 \times 10^{-5} t^2 - 8.2467 \times 10^{-7} t^3 + 5.3875 \times 10^{-9} t^4) S \\ & + (-5.724\,66 \times 10^{-3} + 1.0227 \times 10^{-4} t - 1.6546 \times 10^{-6} t^2) S^{3/2} \\ & + 4.8314 \times 10^{-4} S^2 \end{aligned}$$

where ρ_w , the density of the Standard Mean Ocean Water (SMOW) taken as pure water reference, is given by

$$\begin{aligned} \rho_w = & 999.842\,594 + 6.793\,952 \times 10^{-2} t - 9.095\,290 \times 10^{-3} t^2 \\ & + 1.001\,685 \times 10^{-4} t^3 - 1.120\,083 \times 10^{-6} t^4 \\ & + 6.536\,332 \times 10^{-9} t^5 \end{aligned}$$

The one atmosphere International Equation of State of Seawater, 1980 is valid for practical salinity from 0 to 42 and temperature from -2 to 40°C.

⁹²⁴ UNESCO, Nr. 38, 1981c, S. 7.

Danksagung

Bei der Erstellung dieser Arbeit ist mir vielfältige Unterstützung zuteil geworden. Es ist mir eine angenehme Pflicht, all denjenigen, die mich bei meinem Unterfangen mit Rat und Tat unterstützt haben, meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Frau Professor Dr. Gudrun Wolfschmidt ist ursächlich für das Zustandekommen dieser Arbeit verantwortlich. Ihr Interesse an diesem Thema und ihre Anregung, mich im Rahmen einer Promotion intensiv mit der Geschichte der meteorologischen und meereskundlichen Messungen auf den Feuerschiffen und ihren Ersatzsystemen zu befassen, hat mir Mut gemacht, mich nach langen Jahren wieder an ein so umfangreiches wissenschaftliches Thema zu wagen. Nach 25 Jahren Tätigkeit in einer Bundesoberbehörde unterstützte sie mich, wieder in der universitären Welt Fuß zu fassen. Etwas, was mir trotz der Belastung viel Freude bereitet hat.

Frau PD Dr. Cornelia Lüdecke begleitete das Werden dieser Arbeit in all ihren Phasen. Immer dann, wenn Probleme auftraten, konnte ich ihrer Unterstützung sicher sein. In vielen Diskussionen und Gesprächen half sie mir, fachliche Klippen zu meistern, gab Anregungen, einzelne Aspekte, die mir entgangen waren, neu aufzunehmen und Strukturen zu überarbeiten, damit das Ganze besser verständlich wurde. Ohne ihr Engagement und ihren Zuspruch hätte ich diese Arbeit wohl kaum zu einem Ende gebracht.

Herr PD Dr. Thomas Pohlmann war in einer kritischen Phase, als es durch Organisationänderungen an der Universität Hamburg nicht klar war, wie es mit dieser Arbeit weiter gehen sollte, sofort bereit, mein Vorhaben zu unterstützen und sich dieser Arbeit anzunehmen.

Die jetzigen und ehemaligen Mitarbeiter des Sachgebietes „Marine Messnetze“ haben mich, den Nichttechniker, über mehr als zwei Jahrzehnte in die Probleme, die beim Aufbau und Betrieb eines automatischen Messnetzes entstehen, eingeführt. Ihre kollegiale Zusammenarbeit hat mir geholfen, Wissen zu erlangen, das für die Erstellung dieser Arbeit zwingend notwendig war. Wann immer ich Fragen hatte oder ihre Hilfe benötigte, waren sie zur Stelle.

Besonders erwähnt sei hier mein ehemaliger Kollege Herr Heinz-Otto Kult. Er hat sich der Mühe unterzogen, aus der Erinnerung heraus die Anfänge des Messnetzes zu dokumentieren und bislang unbekanntes Bildmaterial bereit zu stellen, da aus

der Entstehungsphase des Messnetzes so gut wie keine schriftlichen Quellen existieren. All dieses Material hat er mir für meine Arbeit zur Verfügung gestellt.

Frau Dr. Sieglinde Weigelt-Krenz, Frau Dr. Birte-Marie Ehlers und Herr Frank Oestereich aus dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie sowie Herr Wolfgang Roeder vom Leibniz-Institut für Ostseeforschung in Warnemünde haben mich mit wichtigen Informationen aus ihren speziellen Arbeitsgebieten versorgt.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Bibliothek des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie in Hamburg, Frau Kersten Bärthel, Frau Fritzi Becker, Frau Stella Dahaba, Frau Sarah Ehmke, Frau Anita Lubiszewski, Frau Pamela Machoczek, Herr Niels Peters, Frau Martina Plettendorff, Frau Jutta Schiefelbein und Frau Katja Thieler sowie Frau Antje Schröder aus der Bibliothek in Rostock haben mir jeden noch so ausgefallenen Literaturwunsch erfüllt. Ihre Unterstützung, besonders bei komplexen Recherchen, kann gar nicht hoch genug bewertet werden.

Die Leiterin der Bibliothek, Frau Martina Plettendorff ermöglichte es mir darüber hinaus, die Einrichtungen der Bibliothek in einem, für sonstige Nutzer unüblichen Maß, zu nutzen. Ein Privileg, das das viele Suchen für mich erheblich leichter gemacht hat.

Erwähnt werden müssen auch der ehemalige Abteilungsleiter der Abteilung „Meereskunde“, Herr Niels-Peter Rühl und der ehemalige Referatsleiter „Physik der Meeres“ Herr Dr. Gerd-Axel Becker. Sie sind, ohne es zu wissen, mitverantwortlich dafür, dass diese Arbeit zu einem Ende gekommen ist. Immer dann, wenn ich drohte die Hoffnung zu verlieren, diese Arbeit beenden zu können, dienten sie mir als Motivation, doch weiter zu machen und nicht aufzugeben.

Meine Frau Pamela hat mir in all der Zeit immer den Rücken frei gehalten, die Phasen des Zweifels mit viel Ruhe und Geduld ertragen und mir immer wieder Mut zugesprochen. Auch gab es von ihr keinerlei Klagen, wenn ich wieder einmal meine Freizeit mit dem Abfassen dieser Arbeit verbrachte, anstatt mit ihr. Ihr Verständnis und ihre positive Haltung sind aller Ehren wert.

Sollte es bei meiner Aufzählung jemanden geben, den ich vergessen habe, namentlich zu erwähnen, so bitte ich dies zu entschuldigen und möchte ihm versichern, dass auch ihm mein herzlichster Dank für die geleistete Unterstützung gilt.