

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtlichsinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

Hydrographische Messungen mit einem Beobachtungsmast in der Ostsee

Von W. KRAUSS

Zusammenfassung: Für ozeanographische Messungen (Temperatur, Strömung) auf dem Schelfgebiet (0—200 m) wird ein Beobachtungsmast aus Al-Mg 3 beschrieben. Ein Schreibgerät registriert die Werte im Abstand von 30 sec in einem Gehäuse am Meeresboden. Der Schreiber wird durch Batterien gespeist und arbeitet zur Zeit $4\frac{1}{2}$ Tage. Ein schematisches Bild der Anlage gibt Abb. 13. Messungen mit der neuen Anlage aus der westlichen Ostsee werden mitgeteilt (Abb. 19—24).

Measurements on fixed hydrographic stations in the Baltic (Summary): A mast consisting of noncorrodible AlMg 3 has been constructed for oceanographical measurements in the shelf area (0—200 m). It consists of several collapsible 10 m-tubes and an iron case anchoring the mast. The case contains an electrical strip-chart-recorder, a transformer and batteries and a buoy (fig. 13). The device records every 30 sec temperature or velocity and operates $4\frac{1}{2}$ days. Results from the Baltic are presented in figures 19—24.

1. Einleitung

In mehreren Untersuchungen ist in den vergangenen Jahren gezeigt worden, daß die ozeanographischen Faktoren weitaus variabler sind als vor einigen Jahrzehnten noch angenommen wurde. Die außerordentlich komplizierte räumliche Feinstruktur ist insbesondere für die Region des Golfstromes (F. C. FUGLISTER and L. V. WORTHINGTON, 1951) und des Ostgrönlandstromes (G. DIETRICH, 1957) aufgezeigt worden. B. J. HELLAND-HANSEN (1939) hatte bereits früher im Europäischen Nordmeer die genaue Struktur zu erfassen versucht.

Bei Messungen mit nur einem Schiff ist es im allgemeinen sehr schwierig, die zeitlichen Veränderungen von diesen räumlichen zu trennen. Insbesondere können durch kurzperiodische Störungen (Gezeiten, Trägheitsschwingungen, Seiches usw.) erhebliche räumliche Unterschiede vorgetäuscht werden, die in Wirklichkeit darauf beruhen, daß eine periodische Änderung an verschiedenen Orten in verschiedener Phase erfaßt wird (A. DEFANT, 1950; W. KRAUSS 1957/58; I. HELA und W. KRAUSS, 1959). Es scheint daher notwendig zu werden, durch ein engmaschiges Beobachtungsnetz in den einzelnen Meeresräumen zu prüfen, inwieweit der Begriff „Quasisynopsis der Messungen“, der zur Zeit in der Ozeanographie recht unterschiedlich gebraucht wird, mit einer „Synopsis der Messungen“ vergleichbar ist.

2. Beobachtungsbojen

Wegen der großen Kosten, die Forschungsschiffe verursachen, lassen sich Messungen mit mehreren Schiffen nur auf internationaler Basis durchführen. Bedeutend rentabler ist es, ein System von Beobachtungsbojen auszulegen, die am Boden verankert sind und an deren Trosse Meßinstrumente befestigt werden. Solche Bojen können entweder Registrierapparate enthalten oder per Funk die Meßwerte ausstrahlen. Es ist zu hoffen, daß in der Tiefsee in Zukunft solche Apparaturen zum Einsatz kommen.

Für genaue Messungen, insbesondere bei der Analyse der Vertikalverlagerungen von Isothermen, Isohalinen usw. ergibt sich allerdings hier die Schwierigkeit, daß es nur in begrenztem Maße möglich ist, die Bewegung eines Seiles unter dem Einfluß der Meeresströmung zu kontrollieren. Die Erfahrungen, die bei der Ermittlung der Bewegungen verankerter Schiffe gesammelt worden sind, lassen eine recht komplizierte Dynamik erwarten (A. DEFANT, 1938; B. KULLENBERG, 1958). Bei der relativ geringen Genauigkeit der Bourdonrohre unter großen Drucken wird es daher sehr schwer, die Bewegungen

der Instrumente von denen des Wassers zu trennen. Weiterhin sind komplizierte Apparate für Strommessungen notwendig, da ein Seil neben den Horizontal- und Vertikalbewegungen auch noch axiale Drehungen durchführen kann. Dies macht absolute Richtungsmessungen des Stromes notwendig, was sich bei einem Instrumententräger, der axiale Bewegungen ausschließt, vermeiden ließe. Letzteres schien für flache Regionen realisierbar zu sein. Es war daher unser Ziel, für die Schelfmeere einen Instrumententräger zu entwickeln, der aus weitgehend starren Teilen besteht. Er kann auch in der Tiefsee zur Messung in bodennahen Schichten eingesetzt werden.

3. Modell eines Beobachtungsmastes

a) Kräfteverteilung am Mast

Die im Institut für Meereskunde der Universität Kiel entwickelte Anlage besteht aus den Maststücken, dem Gehäuse und den Instrumenten. Die Wahl der Maststücke basiert auf folgenden Überlegungen: Ein hohler Mast mit dem Eigenauftrieb A pro Längeneinheit wird im Meer der Strömung ausgesetzt. Er soll um ein Gelenk drehbar sein (Abb. 1). Wegen des Widerstandes, den der Mast der Strömung bietet, erfährt er eine Kraft

$$W = w_0 \cdot \frac{\rho}{2} v^2 F \quad (1)$$

(w_0 = Widerstandsziffer, ρ = Dichte des Wassers, v = Geschwindigkeit, F = umströmte Fläche des Mastes), die ihn in die Strömungsrichtung neigt, bis schließlich die auf das Längenelement dl bezogenen Querkomponenten der Kräfte, A_q und W_q , einander das Gleichgewicht halten:

$$d A_q = d W_q. \quad (2)$$

Bezeichnet man mit α die Auslenkung aus der Vertikalen, so wird aus (2)

$$A \sin \alpha \cdot dl = W \cos \alpha \cdot dl \quad (2 a)$$

bzw. für die Gesamtlänge des Mastes $L - L_0$

$$\int_{L_0}^L A \sin \alpha \cdot dl = \int_{L_0}^L W \cos \alpha \cdot dl. \quad (2 b)$$

Wegen der gleichmäßigen Verteilung des Auftriebes kann man dafür ferner schreiben

$$A \sin \alpha (L - L_0) = \cos \alpha \int_{L_0}^L W(z) dl \quad (2 c)$$

oder mit (1)

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha} = \frac{F}{2 (L - L_0) \bar{A}} \int_{L_0}^L v^2(l) dl \quad (3)$$

worin $\bar{A} = (L - L_0) \cdot A$ den Gesamtauftrieb eines Maststückes der Länge $(L - L_0)$ darstellt. Im Falle $v = \text{const.}$ erkennt man sofort, daß die Neigung des Mastes um so geringer wird in der Meeresströmung,

- a) je geringer das spezifische Gewicht s des Materiales ist, aus dem er besteht und
- b) je größer sein Durchmesser ist, da der Auftrieb mit r_1^2 wirksam wird gegenüber dem Widerstand, der nur mit r_1 eingeht:

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha} = \frac{F v^2}{2 A} \cdot \frac{2 \pi r_1 \cdot (L - L_0) v^2}{2 \pi (L - L_0) [r_1^2 - (r_1^2 - r_2^2) s]} = \frac{v^2}{r_1 - (r_1 - \frac{r_2^2}{r_1}) s}$$

(r_1 = Außenradius, r_2 = Innenradius des Mastes, s = spezifisches Gewicht).

Um diesen beiden Bedingungen weitgehend zu genügen, wurde als Material eine Aluminium-Magnesium-Legierung, Al-Mg 3, mit einem spezifischen Gewicht von $s = 2,7 \text{ g/cm}^3$ gewählt. Sie ist seewasserbeständig und corrosionsfest. Die verwendeten Rohre haben einen Außendurchmesser von 15,0 cm, die Wandstärke beträgt 6 mm, die Länge 10 m. Wie in Abschnitt c ausgeführt wird, sind daneben jedoch auch solche von 5 m Länge notwendig¹⁾.

Jedes Maststück ist in wasserdichte Kammern von 2—3 m Länge unterteilt, so daß auch bei Beschädigung der Wand ein Absinken des Mastes vermieden wird.

Im Abstand von 1 m enthält der Mast Durchführungen mit einer lichten Weite von 18 mm zum Befestigen der Instrumente (siehe jedoch Abschnitt 3 d). Die Enden der Maststücke sind durch V2A-Teile verstärkt und enthalten je zwei Augen, in denen ein Doppelkreuzgelenk mittels eines Bolzens befestigt wird. Die Doppelkreuzgelenke erlauben in einer Ebene Neigungen der Maststücke bis 180°, in jeder anderen Ebene bis etwa 60°. Auftrieb und Gewicht der Teile sind in Tabelle 1 gegeben:

Tabelle 1
Auftrieb und Gewicht einiger Mastteile

Mastteil	Auftrieb	Gewicht	Restauftrieb
10-m-Maststück	170,0 kg	75,0 kg	+ 95,0 kg
5-m-Maststück	82,1 kg	41,0 kg	+ 41,1 kg
Doppelkreuzgelenk mit 2 Steinen, 4 Bolzen und H-Stück	1,6 kg	8,0 kg	— 6,4 kg

Da der Mast in einer Ebene zusammenklappbar ist, benötigt er nur sehr wenig Raum an Bord. 100 m beanspruchen z. B. ein Volumen von 10 m Länge, 1,8 m Höhe und 15 cm Breite, lassen sich daher leicht längsseits eines Schiffes transportieren. Die Maststücke wurden auf einen Innendruck von 15 bzw. 30 atü geprüft und sind somit im gesamten Schelfbereich einsetzbar. Eindrücke von der wirklichen Form des Mastes vermitteln die Fotos 1 bis 4, Tafel 10. Die Anlage ist von der Firma AMBAU, Kiel, hergestellt worden.

b) Das Verhalten des Mastes in der Meeresströmung

Entsprechend Gleichung (3) neigt sich der Mast unter dem Einfluß der Meeresströmungen. Wählt man für die Dichte des Seewassers den Wert $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ und setzt die Widerstandsziffer w_0 ebenfalls gleich 1 — der tatsächliche Wert liegt zumindest für ein 5-m-Stück darunter — so wird die Neigung eines 10-m-Stückes

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha} = 25,29806 \cdot 10^{-8} \int_{L_0}^L v^2 (l) dl. \quad (3 a)$$

Die Neigung des Gesamtmastes läßt sich in erster Näherung nach dem Parallelogramm der Kräfte konstruieren, indem man berücksichtigt, daß das oberste Maststück I auf das darunter befindliche Maststück II einen Zug in die in I herrschende Mastrich-

¹⁾ Für eine Wassertiefe von 600 m wurden Maste aus Al-Mg 5 mit einem Außendurchmesser von 16 cm und einer Wandstärke von 6,5 mm verwendet.

tion ausübt. II stellt sich daher in die Resultierende der an seiner oberen Spitze und der längs II angreifenden Kräfte. Allgemein gilt danach für ein N-tes Maststück¹⁾

$$K_N = \sum_1^N K_n,$$

wobei N von oben nach unten zählt.

Abb. 2 zeigt die Neigung eines 10-m-Stückes bei konstantem Strom in allen Tiefen. Strömungen unter 20 cm/sec haben danach eine Neigung von weniger als 5° zur Folge. Für Strömungen zwischen 30 cm/sec und 60 cm/sec wächst die Neigung nahezu linear an und erreicht in Starkstromgebieten maximale Winkel zwischen 50° und 60°. Für solche Regionen empfiehlt sich die Verwendung eines zusätzlichen Auftriebskörpers am oberen Maststück. Für eine Kugel von 50 cm Radius mit einem Restauftrieb von 500 kg erhält man fast keine Neigungen mehr. Bei Strömungen von 1 m/sec neigt sich der Mast dann nur noch um ca. 9°.

Einen Einblick in das Verhalten eines 50-m-Mastes bei verschiedener Struktur der Meeresströmung vermitteln Abb. 3 a bis 3 d. Die Geschwindigkeitsverteilungen sind wie folgt:

$$\begin{aligned} \text{Fall a: } v &= 25 && \frac{\text{cm}}{\text{sec}} \\ \text{Fall b: } v &= 5 + 0,009 \cdot z && \text{,,} \\ \text{Fall c: } v &= 50 - 0,009 \cdot z && \text{,,} \\ \text{Fall d: } v &= 50 \sin\left(\frac{2\pi}{5000}z\right) && \text{,,} \end{aligned}$$

Zum Vergleich sind in Abb. 4 a bis 4 d die Neigungen unter Verwendung eines Auftriebskörpers von 500 kg angegeben. Auch an diesem Beispiel zeigt sich wiederum deutlich, daß eine spätere Tiefenkorrektur nahezu entfällt, wenn man zur Stabilisierung einen Auftriebskörper am oberen Mastende befestigt.

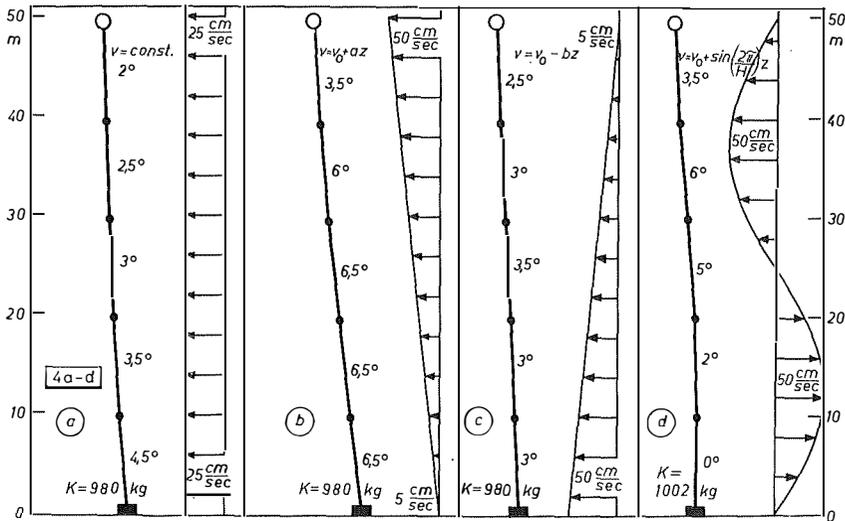
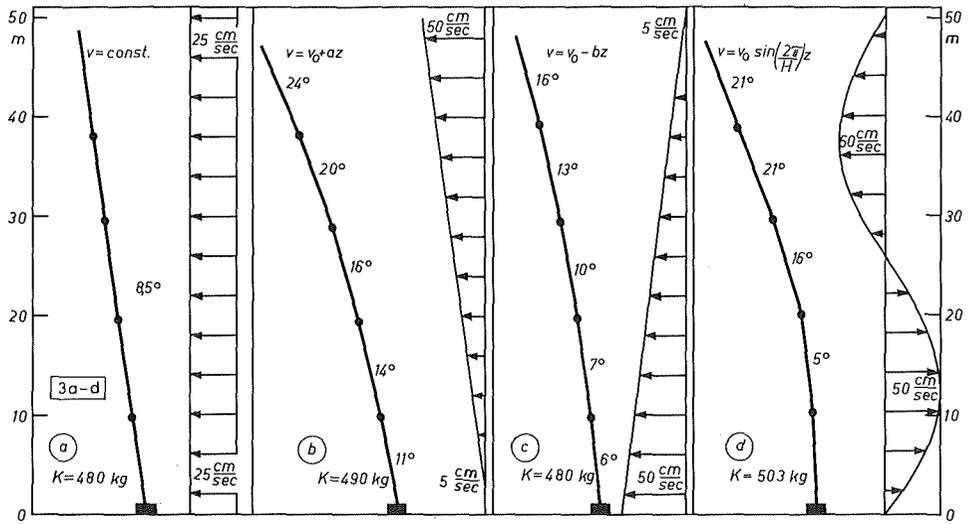
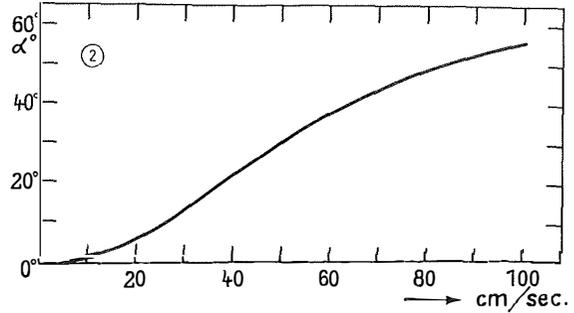
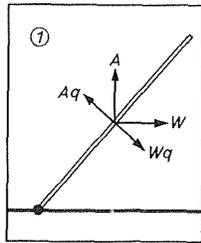
c) Das Verhalten des Mastes im Seegang

Um zu verhindern, daß von den Wellen der Meeresoberfläche Bewegungen auf den Mast in der Tiefe übertragen werden, muß sich die Mastspitze möglichst außerhalb der Orbitalbahnen befinden. Insbesondere dürfen zwischen Mast und Wellen keine Resonanzeffekte auftreten. E. BRUNS (1955) hat für die westliche Ostsee die vorliegenden Beobachtungsergebnisse über den Seegang zusammengestellt. Beim Feuerschiff „Fehmarnbelt“ sind danach die in Tabelle 2 gegebenen mittleren Verhältnisse zu erwarten.

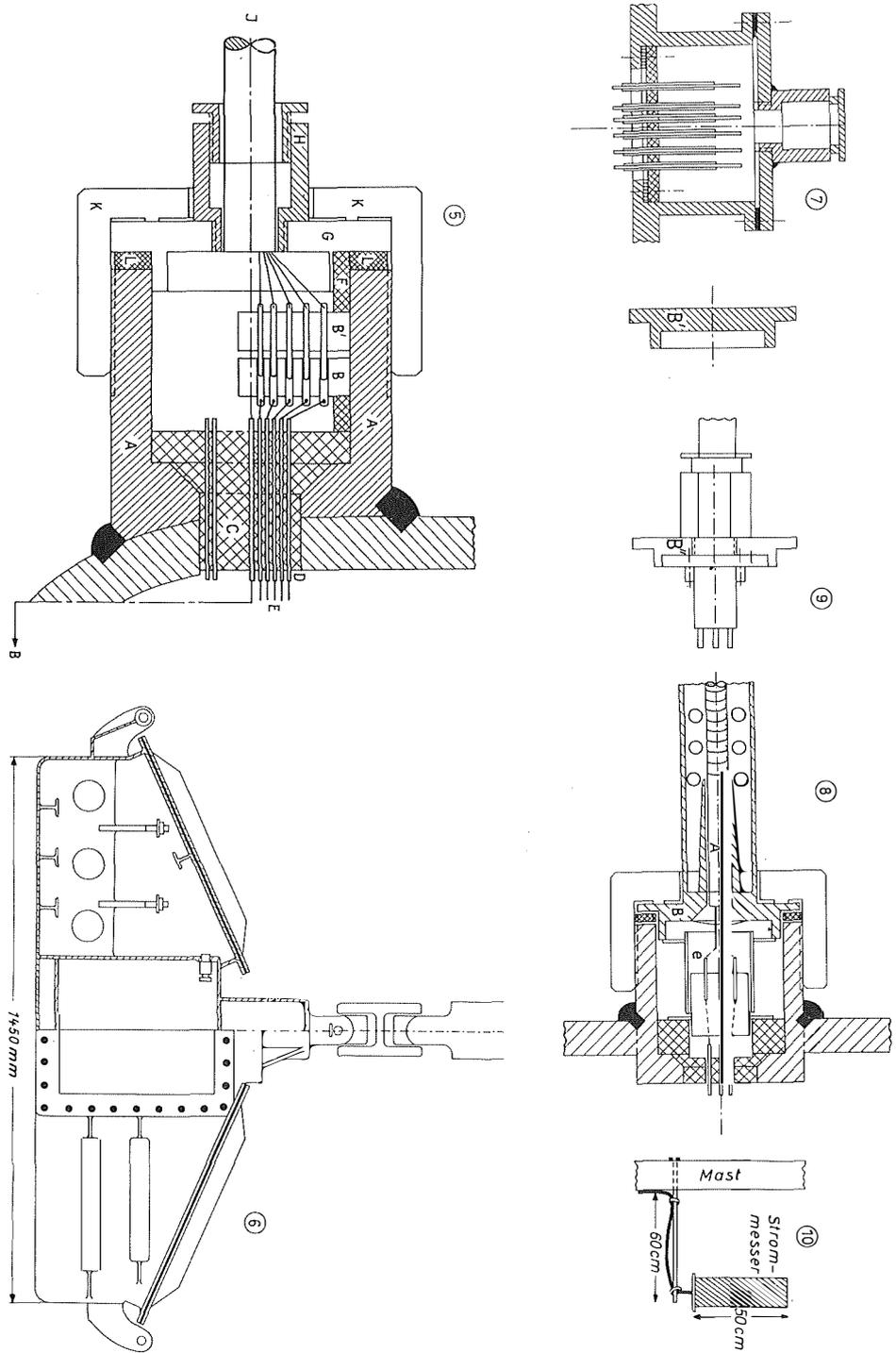
²⁾ Der Umstand, daß das N-te Maststück unter dem Einfluß der anderen Maststücke z. T. in einen anderen Tiefenhorizont gelenkt wird und dadurch bei starker vertikaler Änderung der horizontalen Strömungskomponente z. T. anderen Kräften ausgesetzt ist als den nach (3) berechneten, bleibt unberücksichtigt.

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 1)

- Abb. 1: Die Kräfteverteilung am Mast.
 Abb. 2: Neigung σ eines 10-m-Maststückes als Funktion der Geschwindigkeit.
 Abb. 3a—d: Neigung eines 50 m-Mastes bei verschiedenen vertikalen Geschwindigkeitsverteilungen. K kennzeichnet den am Gehäuse angreifenden Gesamtauftrieb.
 Abb. 4a—d: Neigung eines 50 m-Mastes unter den gleichen Bedingungen wie in Abb. 3, jedoch unter Verwendung eines 500 kg-Auftriebskörpers an der Mastspitze.



Tafel 1 (zu W. Krauß)



Tafel 2 (zu W. Krauß)

Tabelle 2
Der Seegang beim Feuerschiff „Fehmarnbelt“ in Abhängigkeit vom Wind

1	2	3	4	5	6	7	8
Windstärke	Seegangsstärke	Wellenhöhe ³⁾	Wellenlänge λ	Periode ⁴⁾ T	Halbachse der Orbitalbahn (entspr. Spalte 3) in einer Tiefe von		
Bft.		(m)	(m)	(sec)	0 m (m)	5 m ⁵⁾ (m)	10 m ⁵⁾ (m)
1—3	1—2	0,3	15	4,4	0,15	0,02	0
4	3	0,4	18	4,8	0,2	0,04	0,01
5	4	0,6	23	5,2	0,3	0,08	0,02
6	5	1,0	28	6,0	0,5	0,17	0,06
7	6	1,4	33	6,5	0,7	0,27	0,11
8—9	7	1,8	42	7,3	0,9	0,42	0,20
10	8	3,0	56	8,5	1,5	0,86	0,50

Danach hat man in 5 m Wassertiefe bei Seegangsstärke 6 noch eine periodische Horizontalversetzung der Wasserpartikel von 54 cm in 3,25 sec zu erwarten, was einer Geschwindigkeit von 17,5 cm/sec entspricht. In 10 m Tiefe sind die entsprechenden Werte 22 cm und 3,25 sec; daraus folgen 6,8 cm/sec.

Das obere Maststück kann als sogenanntes physikalisches Pendel wirken. Die Eigenperiode eines solchen läßt sich bekanntlich leicht berechnen, da es sich wie ein Fadenpendel mit der korrespondierenden Länge von $l = \frac{2}{3} L$ verhält. Für ein 10-m-Stück sind dies 6,66 m und für ein 5-m-Stück 3,33 m. Die Periode ist durch

$$T = 2 \sqrt{\frac{l}{g}}$$

gegeben. Danach betragen die Eigenperioden

$$T_0 = 5,18 \text{ sec für das 10 m-Stück und}$$

$$T_0 = 3,61 \text{ sec für das 5 m-Stück}$$

Das obere Maststück führt im Seegang erzwungene Schwingungen durch. Der Seegang hat an der Meeresoberfläche Amplituden A (siehe Tabelle 2) zwischen 15 und 150 cm. In 5 m Tiefe liegen die Werte zwischen 2 cm und 86 cm und in 10 m Tiefe zwischen 0 cm und 50 cm. Die Amplitude der erzwungenen Schwingungen ist durch

$$a = \frac{A}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\omega_1^2 \omega^2}} \quad (\omega_1 = \text{Reibungseinfluß})$$

³⁾ nach H. U. ROLL (1951): Ergebnisse der Wellenbeobachtungen aus Nordatlantik, Nordmeer, Nord- und Ostsee. „Nautik und Seemannschaft“.

⁴⁾ Berechnet nach der Formel $T = \sqrt{\frac{2 \pi \lambda}{g}}$ aus Spalte 4

⁵⁾ Berechnet nach der Formel $\zeta = \zeta_0 e^{-2 \pi z/\lambda}$ aus Spalte 4

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 2)

- Abb. 5: 42-polige Kabeinführung in den Mast.
- Abb. 6: Das Gehäuse mit Batterien- und Registrierraum.
- Abb. 7: 42-polige Kabeinführung in den Ballastkörper.
- Abb. 8: Widerstandsthermometer am Mast, 3-polig.
- Abb. 9a, b: Blindverschluß und 3-polige Kabeinführung.
- Abb. 10: Befestigung des Pendelstrommessers am Mast.

gegeben. Im ungedämpften Falle gilt

$$a = \frac{A}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

Der Relation ist zu entnehmen, daß die Periode der Eigenschwingung des oberen Maststückes möglichst unterschiedlich von der des Seegangs sein sollte. Dies ist, wie Tabelle 3 zeigt, noch am ehesten erreichbar bei einem 5-m-Stück, welches bis 5 m unter die Meeresoberfläche emporragt. Für eine solche Länge treten keine Resonanzeffekte auf und die übertragenen Bewegungen sind auch während Sturmpereoden noch relativ klein. Demgegenüber weist ein 10-m-Stück deutlich bei 5 Bft. eine Resonanzstelle auf, welche Messungen in 5 m Tiefe unmöglich macht und auch in 10 m Tiefe noch Ausschläge von ca 10° erzwingt. Ein 10-m-Stück ist somit als oberflächennahester Teil des Mastes nicht geeignet.

Tabelle 3
Amplituden erzwungener Schwingungen eines 5-m- bzw. 10-m-Stückes bei Vernachlässigung der Reibungskräfte

Wind- stärke Bft.	Seegangs- stärke	Amplitude der Orbitalbahn A in Tiefe von		Amplitude a des 5-m- 10-m- Maststückes in 5 m Tiefe		Amplitude a des 5-m- 10-m- Maststückes in 10 m Tiefe	
		5 m (cm)	10 m (cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1—3	1—2	2	0	1,9	3,9	0	0
4	3	4	1	3,1	17,2	0,8	4,3
5	4	8	2	5,5	698,4	1,4	174,6
6	5	17	6	8,6	132,0	3,0	46,5
7	6	27	11	12,9	51,7	5,2	20,1
8—9	7	42	20	18,1	58,0	8,6	29,0
10	8	86	50	36,8	93,3	21,4	54,0

Es ist zweckmäßig, den Mast oben durch ein 5-m-Stück zu begrenzen. Damit kann man alle Schichten mit Ausnahme der oberen 5 m erfassen und hat auch bei stärkstem Seegang nur Pendelbewegungen von weniger als 5° zu erwarten. Denn in 5 m Tiefe ist die Amplitude eines schwachen Seeganges bereits weitgehend abgeklungen, so daß er sich nicht mehr auswirken kann, und bei stärkerem Seegang entfernt sich die Periode des Seeganges so stark von der Eigenperiode, daß keine Resonanzen auftreten können.

Demgegenüber hat sich gezeigt, daß ein 10-m-Maststück im Resonanzbereich (Windstärke 5—6) auch in 10 m Tiefe noch so viel Energie aufnimmt, daß der Mast als Ganzes darauf reagiert. Für die Ostsee ist daher die Verwendung von 10-m-Stücken in den oberflächennahen Schichten unzulässig. Dasselbe gilt für die Nordsee und für andere Schelfregionen.

d) Verkabelung im Mast

Die bisherigen Untersuchungen wurden mit einer Anlage durchgeführt, bei der die Verbindung zwischen den Meßinstrumenten (siehe Abschnitt 3 f) und dem Registriergerät (siehe Abschnitt 3 e) an der Außenseite des Mastes durch dreiadrige, seewasserfeste Kabel hergestellt wurde, wie in Foto 2 zu erkennen ist. Bei 20 Meßinstrumenten und einem Kabeldurchmesser von 15 mm benötigen diese einen Querschnitt von ca. 40 cm². Die im Bau befindlichen weiteren Maste sehen deshalb eine Verkabelung im Inneren der Maststücke vor, wobei allerdings die Kreuzgelenke überbrückt werden müssen.

Um die Maststücke auch weiterhin untereinander austauschen zu können, ist es zweckmäßig, alle in gleicher Weise zu verkabeln. Dies erfolgte in folgender Weise:

Jedes 10-m-Stück enthält 42 durchlaufende Adern, von denen die stromzuführende Ader A sowie die Reserveader A' einen Querschnitt von 1,5 mm², die übrigen 40 Adern einen solchen von 0,75 mm² besitzen. An jedem 10-m-Stück sind 6 Meßstellen vorgesehen. Zu diesen führen folgende Abzweigungen:

Meßstelle I: Adern A, 1 und 2

Meßstelle II: Adern A, 3 und 4

— — — — —
Meßstelle VI: Adern A, 11 und 12.

Im zweiten 10-m-Stück führen zu den Meßstellen VII—XII in entsprechender Weise die Adern A und 13 bis 24, im dritten Stück zu XIII—XVIII die Adern A und 25 bis 36, im 5-m-Stück zu den Meßstellen XIX—XX die Adern A und 37 bis 40. Für alle folgenden Stücke wiederholt sich dieses Schema und man hat somit nur darauf zu achten, daß in den folgenden 10-m-Stücken kein Instrument mit Adern verbunden wird, die bereits im ersten 30-m-Abschnitt durch ein Instrument belegt sind.

Die Überbrückung der Kreuzgelenke erfolgt mit einem 42-adrigen Kabel, das mittels eines 42-poligen Steckers der Marke Tuchel seewasserdicht am Mast befestigt wird (Abb. 5). Auf dem Mast befindet sich ein aufgeschweißter Stutzen A, in dem der eine Teil des Steckers B befestigt ist. Durch eine Kunststoffplatte C führen 42 Messingstifte D ins Innere der Rohre (die nicht mehr unterschottet sind) zu den Adern E. Hierdurch wird gewährleistet, daß Seewasser, welches ins Innere des Stutzens A eindringt und dort einen Kurzschluß verursachen kann, nicht auch ins Innere des Mastes dringt. Der zweite Teil des Steckers B' ist über einen Kunststoffring F und eine Al-Mg-Platte G mit dem durch einen Quetschverschluß H eingeführten 42-adrigen Kabel I verbunden⁶⁾. Eine verschraubbare Überwurfmutter K dichtet mittels eines Gummiringes L die elektrischen Kontakte gegen Seewasser ab. Die dreipoligen elektrischen Ausführungen zu den Meßinstrumenten sind analog gebaut (siehe Abschnitt 3f).

e) Das Gehäuse

Das Gehäuse besteht aus Eisen und enthält einen Registrierraum und zwei Batterienkammern. Abb. 6 zeigt es im Aufriß, Foto 2 an Bord von „Hermann Wattenberg“. Das Gehäuse wiegt 518 kg und hat eine Wasserdrängung von 490 kg. Die beiden Batterienkammern enthalten je drei Bleiakumulatoren (12 V) mit einer Kapazität von je 180 Ampère-Std. Jede ist 52,3 cm lang, 29,5 cm breit und 26,5 cm hoch. Das Gesamtgewicht der sechs Batterien beträgt 444 kg. Die Batterieräume besitzen wasser- und gasdichte Durchführungen zum Geräteraum und sind nach oben durch je einen Luckendeckel mit Gummidichtung und Schrauben abgeschlossen. Die Batterien ermöglichen eine Meßperiode von ca. 4¹/₂ Tagen. Sinkt die Spannung unter einen Minimalbetrag, so wird automatisch abgeschaltet.

Der Geräteraum enthält einen Umformer und ein Registriergerät (Foto 5, Tafel 12) Der Umformer (Type Engel) benötigt einen Raum von 21,8 x 11,8 x 12,8 cm, hat ein Gewicht von 10,6 kg, nimmt primär 24 V auf und gibt sekundär 110 V und 50 Hz ab. Der Energieverbrauch des Umformers beträgt 72 Watt (70/142 Watt). Zur Zeit steht kein energiegünstigeres Gerät zur Verfügung.

Als Schreibgerät dient ein 12- bzw 20-Stellenschreiber (Elektronik-Streifenblattschreiber) der Firma Honeywell, welcher mit 110 V und 50 Hz arbeitet. Der Energie-

⁶⁾ Bei der Anlage für 600 m Wassertiefe sind die 42 Adern einzeln eingeführt und mit Araldit D vergossen.

verbrauch beträgt ca. 60 Watt. Die Gehäuseabmessungen sind 50,2 x 33,6 x 39,0 cm. Der Schreiber wiegt ca. 45 kg. Der Streifenblattschreiber war bei den bisherigen Messungen für Widerstandsthermometer Pt 100 mit einem Änderungsbereich von 100—107,8 Ω (0°—20°C) Meßbereich ausgelegt und wurde nunmehr — um das Abgleichen der Kabelwiderstände zu den einzelnen Meßwertgebern zu vermeiden — auf Pt 500 umgestellt. Der Änderungsbereich beträgt nunmehr 500—539 Ω , wodurch die Kabelwiderstände bei 50 m langen Kupferadern mit

$$R = \rho \cdot \frac{l}{q} = \frac{0,017 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^3}{0,75 \cdot 10^{-2}} = 1,133 \Omega$$

nur etwa 0,23% des Meßwertes betragen, was im Meßbereich 0°—20°C bei zwei um 50 m voneinander entfernten Thermometern einer Verfälschung von 0,04°C entspräche. In entsprechender Weise ist zu erkennen, daß Temperatureinflüsse bis 20°C auf die elektrischen Leitungen für die Messung unbedeutend sind, wenn man — wie bei unseren Untersuchungen — keine größere Genauigkeit als $1/10$ °C anstrebt:

$$R = R_0 + \alpha t = 1,133 + 0,433 \cdot 10^{-2} \cdot 20 = 1,2199 \Omega (0,24\%).$$

Der Schreiber arbeitet nach dem Prinzip der Wheatstoneschen Brücke und registriert die Meßwerte durch farbige Kreuze plus Zahl (Foto 6) auf einem 28 cm breiten Papierstreifen. Die Länge der Papierrolle beträgt 37 m. Als Zeitdifferenz zwischen zwei Registrierungen wurden 30 sec gewählt, so daß jeder Meßwert unter Berücksichtigung der Umschaltzeit (6 sec) beim 12-Stellenschreiber nach 7,2 Minuten, beim 20-Stellenschreiber nach 12 Minuten wiederkehrt. Die Umschaltung im Schreiber bewirkt, daß jeweils ein anderer der in Abschnitt 3 d genannten Meßkreise zur Registrierung gelangt. Der Papiervorschub kann durch Wechsellräder variiert werden. Die Ansprechempfindlichkeit des Schreibers beträgt 0,03% des Skalenbereiches; dem entsprechen etwa $6/1000$ °C.

Die Kabeleinführungen vom Mast zum Registrierraum erfolgten im alten Modell durch 12 Quetschverschlüsse. Die Quetschverschlüsse mündeten in einen Kabelkasten, der vergossen wurde, so daß bei evtl. Undichtigkeit eines Quetschverschlusses das Wasser nicht in den Geräteraum eindringen konnte. Obgleich bisher keinerlei Defekte auftraten, wurde die neue Anlage in der durch Abb. 7 skizzierten Weise abgeändert: Das 42-adrige Kabel führt in einen Kabelkasten, der auf den Geräteraum aufgeschweißt ist. 42 Messingstifte stellen die wasserdichte und isolierte Verbindung zum Geräteraum her. Die Stifte sind so lang, daß ihre oberen Spitzen (Lötstellen) bei eventuellem Eindringen von Seewasser in dem sich oben bildenden komprimierten „Luftpolster“ verbleiben. Kurzschlüsse können daher auch in diesem Falle nur schwerlich auftreten.

Das gesamte Gehäuse mit Instrumenten wiegt ca. 1020 kg, wovon 490 kg durch den Auftrieb des Gehäuses kompensiert werden (Restgewicht 530 kg). Daher müssen bei langen Masten bzw. bei Verwendung eines zusätzlichen Auftriebskörpers weitere Ballastgewichte angebracht werden⁷⁾.

⁷⁾Bei der Anlage für 600 m Wassertiefe ist das Gehäuse durch drei Stahlrohre von je 180 cm Länge und 46 cm Durchmesser mit einer Wandstärke von 1 cm ersetzt worden. Durch entsprechende Vermehrung der Batterien mit Hilfe weiterer Stahlrohre läßt sich die Arbeitsdauer der Anlage beliebig verlängern.

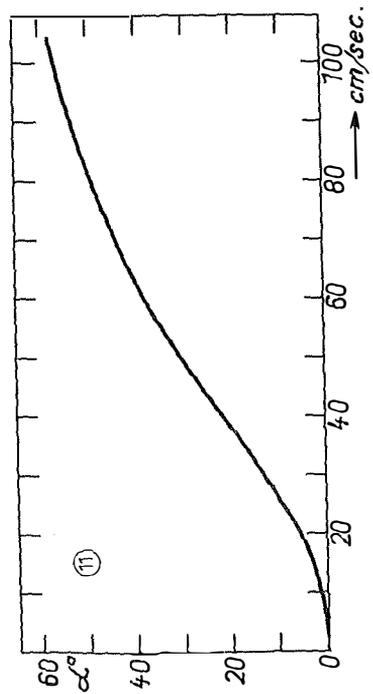
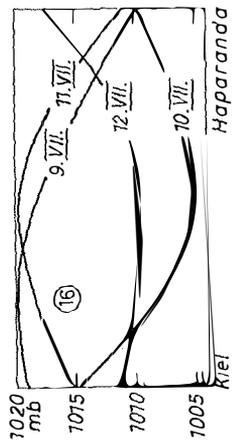
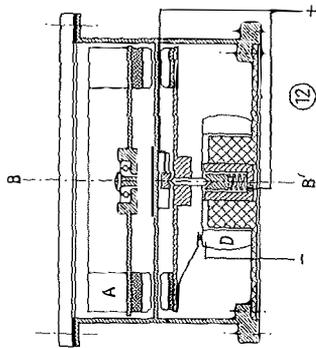
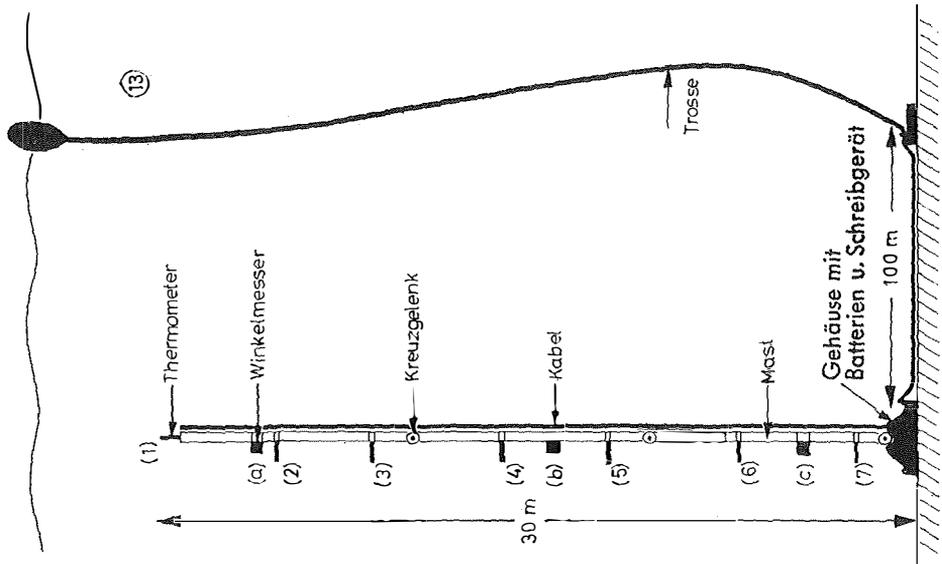
Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 3)

Abb. 11: Theoretische Eichkurve des Pendelstrommessers.

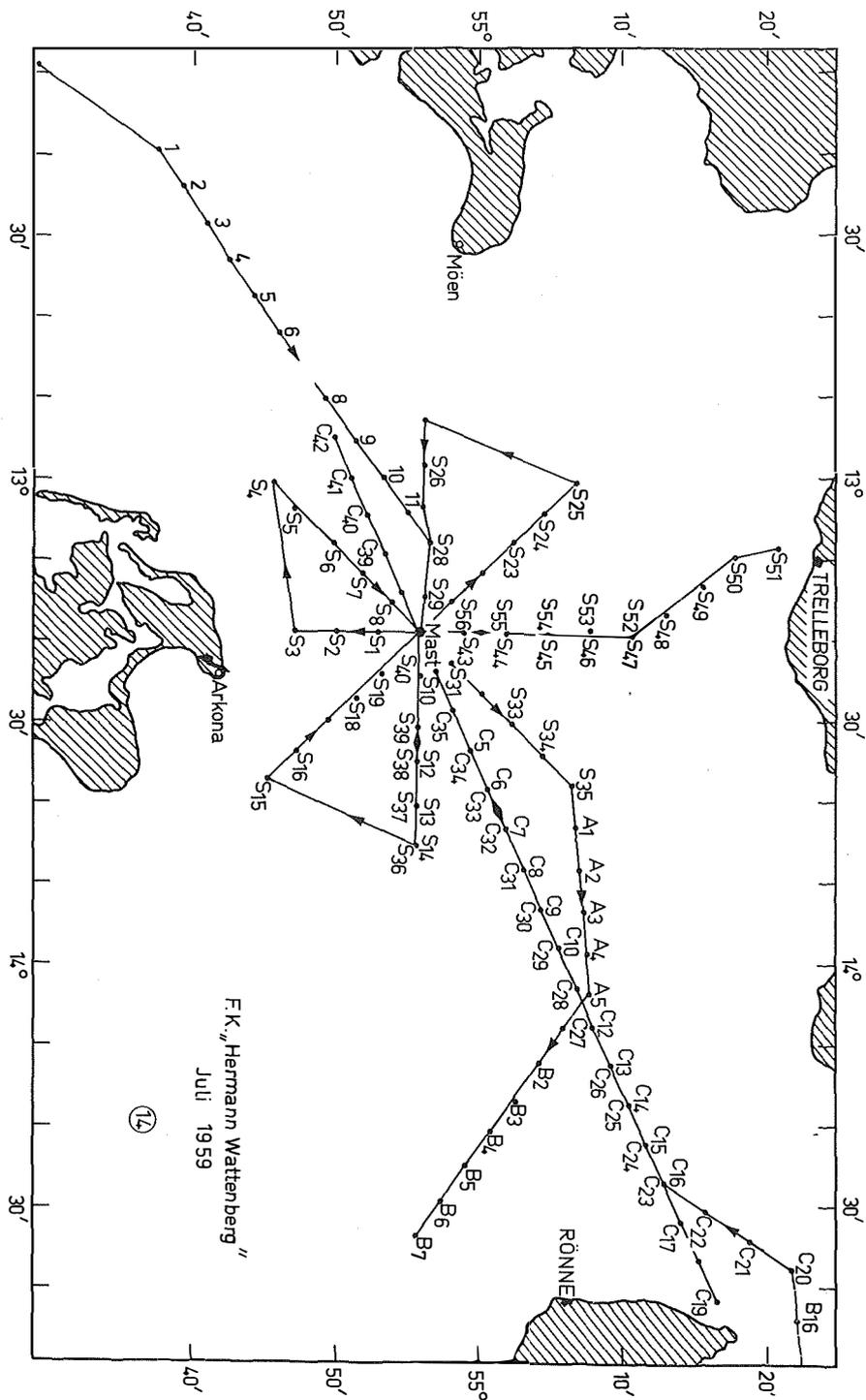
Abb. 12: Prinzipskizze des Richtungsmessers.

Abb. 13: Beobachtungsmast mit Markierungsboje.

Abb. 16: Schematischer Verlauf des Luftdruckes über der Ostsee zwischen Kiel und Haparanda vom 9.—12. Juli 1959.



Tafel 3 (zu W. Krauß)



Tafel 4 (zu W. Krauß)

f) Die Instrumente am Mast

Da das Schreibgerät generell auf Widerstandsmessung ausgelegt wurde, mußten alle Meßinstrumente auf dem Prinzip der Widerstandsänderung basieren. Die Anbringung der Instrumente an jeder beliebigen Stelle des Mastes setzt ferner eine einheitliche Befestigungsmöglichkeit voraus.

In der alten Anlage (Kabel außen) war dies leicht möglich, indem die Instrumente durch die 18 mm-Durchführungen gesteckt und mit einer V2A-Mutter verschraubt wurden. Die Kabel wurden mit Kabelhaltern am Mast befestigt.

α) Das Thermometer: Zur Temperaturmessung dienen Platinwiderstandsdrähte Pt 100 bzw. Pt 500. Die Befestigung der Instrumente der neuen Anlage (Kabel innen) ist in Abb. 8 skizziert. Das Thermometer A ist mit einer Al-Mg-3-Platte B und der einen Hälfte des 3-poligen Tuchelkontaktes C starr verbunden. Die übrigen Teile wurden bereits in Abb. 5 beschrieben.

Wird eine Meßstelle nicht durch ein Instrument besetzt, so tritt an Stelle der Platte B ein Blindverschluß B' (Abb. 9 a). Größere Instrumente werden direkt am Mast befestigt und das 3-adrige Kabel mittels eines Quetschverschlusses B'' in den Mast geführt (Abb. 9 b).

β) Der Neigungsmesser: Jedes Maststück ist unten mit einem Neigungsmesser versehen, um bei stärkerer Schrägstellung des Mastes die wahre Tiefe der Instrumente ermitteln zu können.

In Foto 7 ist ein Neigungsmesser aus Plexiglas mit Al-Mg-3-Gehäuse wiedergegeben. Ein logarithmisch auf einen Kern gewickelter Widerstandsdraht A wird bei verschiedener Neigung des starr mit dem Mast verbundenen Al-Mg-3-Gehäuses durch Quecksilber teilweise überbrückt. Die Widerstandsänderung ist nahezu proportional der Neigung. Es ist besonders darauf zu achten, daß die Widerstandsdrähte temperaturkonstant sind.

Die bisherigen Messungen haben gezeigt, daß die in Abb. 2 bis 3 gegebenen theoretischen Darstellungen über das Verhalten des Mastes in der Meeresströmung sehr weitgehend gültig sind (siehe „Ergebnisse“). Die logarithmische Wicklung des Widerstandsdrahtes hat allerdings zur Folge, daß im ungünstigen Meßbereich gleiche Neigungen in unterschiedlichen Neigungsrichtungen zu etwas unterschiedlichen Werten führen. Es ist daher zweckmäßiger, die logarithmische Wicklung durch geschlossene Ringe mit verschwindend kleinem Widerstand zu ersetzen und die Ringe durch konstante Widerstände zu verbinden.

γ) Der Strömungsmesser besteht aus zwei Teilen: dem Geschwindigkeitsmesser und dem Richtungsmesser. Der Geschwindigkeitsmesser ist vom Typ der Pendelstrommesser. Ein Al-Mg-3-Zylinder von 50 cm Höhe und 15 cm Außendurchmesser hat einen Restauftrieb von ca. 4,5 kg. Dieses „Auftriebspendel“ wird an einer Querstrebe von 60 cm Länge (Abb. 10) befestigt; seine Neigung läßt sich in einfacher Weise mit einem Neigungsmesser der oben beschriebenen Art kontrollieren. Wegen der „losen“ Befestigung ist nicht anzunehmen, daß der Mast Bewegungen auf den Strommesser übertragen kann. Abb. 11 zeigt die theoretische Eichkurve des Pendelstrommessers. Durch zusätzlichen Ballast im Pendeltopf läßt sich die Ansprechempfindlichkeit beliebig variieren.

Der Richtungsmesser befindet sich ebenfalls im Pendeltopf, sein Prinzip ist in

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 4)

Abb. 14: Stationskarten des F. K. „Hermann Wattenberg“, Arkona-Becken Juli 1959.

Abb. 12 skizziert: Ein Drehgewicht A, an dem sich Dämpfungsflügel befinden und das sich in einem ölgefüllten Raum um die Achse BB' drehen kann, fällt bei einer Neigung des Pendeltopfes in die Neigungsebene. Über eine magnetische Kuppung überträgt sich diese Bewegung auf einen Kontakt, der einen Widerstand D abgreift. Diese Widerstandsänderung ist proportional dem Drehwinkel, wodurch die relativen Änderungen der Strömung erfaßt sind. Die absolute Richtung läßt sich leicht bestimmen: da die Maststücke nicht drehbar sind, genügt es, wenn man einen Kompaß in Gelatine am Mast befestigt. Die Gelatine erstarrt nach 2—3 Stunden und fixiert den Kompaß, wodurch eine Bezugslinie festgelegt ist.

g) Auslegen und Einholen des Mastes

Der Forschungskutter „Hermann Wattenberg“ ist 24,5 m lang, 6,4 m breit und hat einen Brutto-Raumgehalt von ca. 90 BRT. Eine genaue Beschreibung mit Abbildungen haben G. WüST und Mitarbeiter (1956) gegeben.

Auf dem Forschungskutter wurde der Mast seeklar montiert — jedoch nicht mittels Kreuzgelenk mit dem Gehäuse verbunden — und an der Längsseite befestigt. Er wird so zu Wasser gelassen, entfaltet (Foto 3) und das Ende am Gehäuse befestigt. Sodann wird dieses auf Grund gefiert (Foto 4), wobei es den an der Meeresoberfläche schwimmenden Mast nachzieht. Das Entfalten des Mastes wurde anfangs mit Hilfe eines Schlauchbootes durchgeführt. Es läßt sich jedoch in einfacher Weise auch durch geeignetes Manövrieren des Schiffes erreichen.

Vom Gehäuse wird eine Trosse zu einem um 100 m entfernten Ankerstein gelegt und von dort zu einer Markierungstonne mit Radarreflektor geführt (Abb. 13).

Das Aufnehmen des Mastes beginnt mit dem An-Bord-Nehmen der Tonne und anschließendem Einholen der Trosse. Das Gehäuse wird an Bord gehievt, vom Mast getrennt und dieser entweder im Wasser zusammengefaltet oder — wenn die Meßperiode beendet ist — 10-m-stückweise an Bord gezogen und in den Kreuzgelenken getrennt. Insbesondere bei größerem Seegang hat sich letzteres bewährt.

Durch Verwendung mehrerer Zusatzgehäuse mit Batterien läßt sich die Meßperiode in einfacher Weise verlängern. Zwar könnte man auch durch Windmotoren die Batterien auf See aufladen, dabei entsteht jedoch das Problem, die Gase aus den Batterieräumen abzuleiten bzw. zu binden.

4. Ergebnisse

Der Mast wurde im Frühjahr 1959 in der Kieler Bucht mehrmals erprobt und erstmals im Sommer 1959 zu Messungen eingesetzt.

In Weiterführungen der im Jahre 1958 durchgeführten Messungen (I. HELA und W. KRAUSS, 1959), insbesondere zur Klärung der internen Seiches, wurde die in Abb. 14 dargestellte Untersuchungsfahrt durchgeführt. Auf insgesamt 134 Stationen (einschließlich Anreise) wurden Temperatur und Salzgehalt mit Hilfe der Bathysonde, teilweise auch mit Nansenschöpfern gemessen. Der Stationsabstand betrug im Arkona-Becken 3 sm. Zur Klärung der Verhältnisse östlich des Arbeitsgebietes wurde ein Temperaturprofil bis ins Bornholm-Becken ausgedehnt⁸⁾. Während dieser Zeit registrierte der Beobachtungsmast vom 13. VII. 1959, 11h bis zum 15. VII. 1959, 14h und vom 16. VII. 1959, 9h bis zum 18. VII. 1959, 8h auf der Position 54° 55' N, 13° 20' E (46 m Wassertiefe) Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit. Die Mastlänge betrug 35 m.

Tabelle 4 gibt das Stationsprotokoll der Bathysondenmessungen wieder.

⁸⁾ Den Herren cand. rer. nat. J. LENZ und S. WELLERSHAUS sei für die Durchführung des Bathythermographenschnittes auch an dieser Stelle gedankt.

Tabelle 4
 Stationsprotokoll des F. K. „Hermann Wattenberg“
 (12.—18. 7. 1959 im Arkona-Becken.)

Es bedeuten: B = Bathysonden-Messung
 S = Nansenschöpfer

Datum	Zeit	Station	Position		Tiefe m	Durchgeführte Arbeit
			φ	λ		
12. 7. 59	14.30	I	54°27,7'	10°17,5'	18,5	B + S
12. 7. 59	16.13	II	54°34,1'	10°34'	17	B + S
12. 7. 59	17.47	III	54°35,1'	10°47'	18,5	B + S
12. 7. 59	19.30	IV	54°36,1'	11°09,1'	29,5	B + S
12. 7. 59	21.23	V	54°31'	11°23,5'	29	B + S
12. 7. 59	23.06	VI	54°26,9'	11°39,6'	23	B + S
13. 7. 59	0.43	VII	54°24,1'	11°55,2'	19	B + S
13. 7. 59	2.11	VIII	54°27,3'	12°10,9'	28,5	B + S
13. 7. 59	3.47	1	54°36'	12°21'	18	B + S
13. 7. 59	4.22	2	54°37,5'	12°26'	16	B
13. 7. 59	4.50	3	54°39'	12°29'	17	B
13. 7. 59	5.16	4	54°41'	12°34'	17	B + S
13. 7. 59	5.50	5	54°43'	12°39'	18	B
13. 7. 59	6.24	6	54°44,5'	12°43'	18,5	B
13. 7. 59	6.53	7	54°46,5'	12°48'	19	B + S
13. 7. 59	7.21	8	54°48'	12°51'	20	B
13. 7. 59	7.50	9	54°50,5'	12°57'	22	B
13. 7. 59	8.23	10	54°52'	13°01'	38	B + S
13. 7. 59	9.09	11	54°54'	13°05'	43	B
13. 7. 59	9.39	12	54°55'	13°09'	43,5	B
13. 7. 59	10.10	13	54°55,5'	13°15,5'	45	B + S
13. 7. 59	13.30	14*)	54°55'	13°20'	46	B
13. 7. 59	14.12	S ₁	54°52'	13°20'	49	B
13. 7. 59	14.38	S ₂	54°49'	13°20'	47	B
13. 7. 59	15.05	S ₃	54°46'	13°20'	41	B
13. 7. 59	16.55	S ₄	54°44,5'	13°02'	25	B
13. 7. 50	17.22	S ₅	54°46,5'	13°05,5'	30	B
13. 7. 59	17.50	S ₆	54°49'	13°10'	41	B
13. 7. 59	18.15	S ₇	54°51'	13°13'	42	B
13. 7. 59	18.46	S ₈	54°53'	13°16'	49	B
13. 7. 59	19.17	S ₉ *)	54°55'	13°20'	46	B
13. 7. 59	19.43	S ₁₀	54°55'	13°25'	49	B
13. 7. 59	20.09	S ₁₁	54°55'	13°31'	46	B
13. 7. 59	20.35	S ₁₂	54°55'	13°36'	48	B
13. 7. 59	21.00	S ₁₃	54°55'	13°42'	47	B
13. 7. 59	21.26	S ₁₄	54°55'	13°46'	48	B
13. 7. 59	23.12	S ₁₅	54°44'	13°38'	39	B
13. 7. 59	23.46	S ₁₆	54°46'	13°35'	44	B
14. 7. 59	0.10	S ₁₇	54°48'	13°31'	48	B
14. 7. 59	0.40	S ₁₈	54°50'	13°28'	47	B
14. 7. 59	1.14	S ₁₉	54°53'	13°24'	49	B
14. 7. 59	1.40	S ₂₀ *)	54°55'	13°20'	46	B
14. 7. 59	2.14	S ₂₁	54°57'	13°16'	46	B
14. 7. 59	2.45	S ₂₂	54°59'	13°13'	45	B
14. 7. 59	3.15	S ₂₃	55°02'	13°09'	21	B
14. 7. 59	3.45	S ₂₄	55°04'	13°05'	19	B
14. 7. 59	4.17	S ₂₅	55°06'	13°01'	29	B
14. 7. 59	6.32	S ₂₆	54°55'	12°59'	39	B
14. 7. 59	7.07	S ₂₇	54°55'	13°05'	43	B
14. 7. 59	7.31	S ₂₈	54°55'	13°09'	43,5	B
14. 7. 50	8.00	S ₂₉	54°55'	13°15'	45	B

*) Mast

(Fortsetzung Tabelle 4)

Datum	Zeit	Station	Position		Tiefe m	Durchgeführte Arbeit
			φ	λ		
14. 7. 59	8.40	S ₃₀ *)	54°55'	13°20'	46	B
14. 7. 59	9.11	S ₃₁	54°57'	13°24'	45,5	B
14. 7. 59	9.37	S ₃₂	54°59'	13°27'	45	B
14. 7. 59	10.07	S ₃₃	55°01,5'	13°31'	45	B
14. 7. 59	10.33	S ₃₄	55°04'	13°35'	45	B
14. 7. 59	11.09	S ₃₅	55°06'	13°39'	45	B
14. 7. 59	11.31	A ₁	55°06,3'	13°43,7'	45	B
14. 7. 59	12.00	A ₂	55°06,5'	13°50'	45	B
14. 7. 59	12.20	A ₃	55°06,8'	13°54,2'	45	B
14. 7. 59	12.52	A ₄	55°07'	13°59,5'	45	B
14. 7. 59	13.21	A ₅	55°07,9'	14°05,5'	45	B
14. 7. 59	13.46	B ₁	55°05,5'	14°08,5'	46	B
14. 7. 59	14.42	B ₂	55°04'	14°13'	47,2	B
14. 7. 59	15.01	B ₃	55°02,5'	14°17'	45	B
14. 7. 59	15.35	B ₄	55°01'	14°22'	42	B
14. 7. 59	16.15	B ₅	54°59,2'	14°26'	32	B
14. 7. 59	16.46	B ₆	54°57,7'	14°30,5'	20	B
14. 7. 59	17.13	B ₇	54°54'	14°35'	19	B
15. 7. 59	11.28	S ₃₆	54°55'	13°46'	46	B
15. 7. 59	12.00	S ₃₇	54°55'	13°41,5'	46	B
15. 7. 59	12.27	S ₃₈	54°54,5'	13°36,5'	46	B
15. 7. 59	12.55	S ₃₉	54°55'	13°31'	46	B
15. 7. 59	13.21	S ₄₀	54°55'	13°25'	46	B
15. 7. 59	13.48	S ₄₁ *)	54°55,2'	13°20,3'	46	B
15. 7. 59	15.30	S ₄₂ *)	54°55,2'	13°20,3'	46	B
15. 7. 59	16.03	S ₄₃	54°58,2'	13°20'	45	B
15. 7. 59	16.33	S ₄₄	55°01,2'	13°20'	44	B
15. 7. 59	17.03	S ₄₅	55°04'	13°20'	42	B
15. 7. 59	17.19	S ₄₆	55°07'	13°20'	39	B
15. 7. 59	17.48	S ₄₇	55°10'	13°20'	41	B + S
15. 7. 59	18.30	S ₄₈	55°12,2'	13°17'	40	B
15. 7. 59	19.00	S ₄₉	55°14,6'	13°13,5'	39	B
15. 7. 59	19.30	S ₅₀	55°17'	13°10'	35	B
15. 7. 59	19.57	S ₅₁	55°19,8'	13°08,7'	16	B
16. 7. 59	5.51	S ₅₂	55°10'	13°20'	41	B
16. 7. 59	6.16	S ₅₃	55°07'	13°20'	37	B
16. 7. 59	6.43	S ₅₄	55°04,1'	13°20'	43	B
16. 7. 59	7.09	S ₅₅	55°01,2'	13°20'	44,5	B
16. 7. 59	7.35	S ₅₆	54°58'	13°20'	45	B
16. 7. 59	8.07	C ₁ *)	54°54,5'	13°20,2'	46	B
16. 7. 59	9.40	C ₂ *)	54°54,5'	13°20,2'	46	B
16. 7. 59	10.08	C ₃	54°56,2'	13°24,8'	47	B
16. 7. 59	10.41	C ₄	54°57,4'	13°29,7'	46,5	B
16. 7. 59	11.09	C ₅	54°58,8'	13°34,5'	47	B
16. 7. 59	11.37	C ₆	55°00'	13°39'	47	B
16. 7. 59	12.23	C ₇	55°01'	13°44'	47	B
16. 7. 59	12.50	C ₈	55°02,5'	13°49'	47	B
16. 7. 59	13.18	C ₉	55°03'	13°54'	47	B
16. 7. 59	13.41	C ₁₀	55°05,2'	13°49,2'	47	B
16. 7. 59	14.17	C ₁₁	55°06,5'	14°02,6'	46	B
16. 7. 59	14.44	C ₁₂	55°07,6'	14°08,8'	46	B
16. 7. 59	15.11	C ₁₃	55°09,0'	14°13'	46	B
16. 7. 59	15.37	C ₁₄	55°10,3'	14°18'	46	B
16. 7. 59	16.01	C ₁₅	55°12'	14°21,8'	45	B
16. 7. 59	16.33	C ₁₆	55°13,2'	14°26,7'	43	B

*) Mast

(Fortsetzung Tabelle 4)

Datum	Zeit	Station	Position		Tiefe m	Durchgeführte Arbeit
			φ	λ		
16. 7. 59	17.02	C ₁₇	55° 14,2'	14° 31'	49	B
16. 7. 59	17.29	C ₁₈	55° 15,2'	14° 36,8'	41	B
16. 7. 59	17.55	C ₁₉	55° 16,1'	14° 41,6'	25	B
17. 7. 59	9.48	C ₂₀	55° 21,8'	14° 38,5'	60	B
17. 7. 59	10.26	C ₂₁	55° 19'	14° 34'	49	B
17. 7. 59	10.57	C ₂₂	55° 16'	14° 31'	50	B
17. 7. 59	11.34	C ₂₃	55° 13'	14° 27,5'	43	B
17. 7. 59	12.02	C ₂₄	55° 11,8'	14° 22,4'	44	B
17. 7. 59	12.28	C ₂₅	55° 10'	14° 17'	47	B
17. 7. 59	13.01	C ₂₆	55° 09,5'	14° 12,5'	46	B
17. 7. 59	13.30	C ₂₇	55° 07,5'	14° 08,5'	46	B
17. 7. 59	14.00	C ₂₈	55° 06,5'	14° 03,5'	46	B
17. 7. 59	14.27	C ₂₉	55° 05'	13° 58'	46	B
17. 7. 59	14.54	C ₃₀	55° 03,5'	13° 52,5'	46	B
17. 7. 50	15.21	C ₃₁	55° 02'	13° 47'	46	B
17. 7. 59	15.49	C ₃₂	55° 00,5'	13° 41,5'	46	B
17. 7. 59	16.17	C ₃₃	54° 59'	13° 35,5'	46	B
17. 7. 59	16.38	C ₃₄	54° 58'	13° 32'	46	B
17. 7. 59	16.55	C ₃₅	54° 57,5'	13° 30'	46	B
17. 7. 59	17.22	C ₃₆	54° 56'	13° 24,5'	46	B
17. 7. 59	17.51	C ₃₇ *)	54° 55'	13° 20'	46	B
17. 7. 59	18.38	C ₃₈	54° 53,5'	13° 15'	45	B
17. 7. 59	19.03	C ₃₉	54° 52'	13° 10,5'	44	B
17. 7. 59	19.27	C ₄₀	54° 51'	13° 05,7'	42	B
17. 7. 59	19.53	C ₄₁	54° 50'	13° 01,5'	31	B
17. 7. 59	20.17	C ₄₂	54° 48,7'	12° 56,2'	22	B
17. 7. 59	23.00	C ₄₃ *)	54° 55'	13° 20'	46	B + S + Strommessung

*) Mast

Da die endgültige Auswertung der Registrierungen in Zusammenhang mit weiterem Beobachtungsmaterial erfolgen soll, geben wir hier nur die Meßresultate wieder.

Abb. 15 charakterisiert die Wetterlage jeweils um 6^h für die Zeit vom 9. VII. 1959 bis zum 18. VII. 1959 nach den täglichen Wetterberichten des Deutschen Wetterdienstes. Die Darstellung enthält die Isobaren, die Windpfeile und die Bewölkung.

Vor und während des Beobachtungszeitraumes herrschten nur sehr geringe Luftdruckunterschiede über der Ostsee, und der Wind war meist schwach. Dennoch treten im Beobachtungsmaterial — insbesondere zwischen dem 13. und 15. VII. — außerordentlich große zeitliche Schwankungen hervor. Wahrscheinlich ist hierfür die fortlaufende Änderung des Luftdruckverlaufes zwischen der südlichen und nördlichen Ostsee verantwortlich. Sie ist in Abb. 16 schematisiert wiedergegeben. Am 9. VII. liegt höherer Druck über der mittleren Ostsee als im Süden und Norden, am 10. VII. hingegen tieferer. Am 11. VII. findet man erneut hohen Druck und am 12. VII. wiederum tieferen. Am 13. VII. setzten dann unsere Messungen ein.

Abb. 17 a gibt ein Temperaturprofil durch das gesamte Arkona-Becken wieder. Bei Station 14 fand eine zeitliche Unterbrechung der Messungen statt. Man erkennt, daß die beiden Hälften des Schnittes am Schnittpunkt völlig verschieden sind. Das gleiche zeigt der Salzgehaltsverlauf (Abb. 17 b). Einen weiteren Einblick in diese Verhältnisse vermittelt Abb. 18, worin jedoch ebenfalls die während der Meßdauer eingetretenen Änderungen von den räumlichen Unterschieden nicht zu trennen sind. Wie groß die zeitlichen Änderungen sind, zeigen die Registrierungen der Temperatur mittels des Be-

obachtungsmastes. Die Abbildungen 19a und 19 b geben einen Einblick in die Strömungsverhältnisse während der Zeit vom 13. VII. bis zum 15. VII. 1959 in 16 m Tiefe (Abb. 19 a) und 31 m Tiefe (Abb. 19 b). Die dünnen Linien kennzeichnen die unmittelbaren Beobachtungen und die dicke Linie eine übergreifende Mittelung. Es treten Geschwindigkeiten bis zu 60 cm/sec auf. Die beobachteten Temperaturschwankungen sind in den Abbildungen 20 a—d für 15, 19, 26 und 33 m Wassertiefe wiedergegeben.

In der Zeit vom 16.—18. VII. waren die Schwingungen schon sehr stark abgeklungen, wie Abb. 21 für die Neigung eines 10-m-Maststückes und Abb. 22 für die Geschwindigkeit in 16 m Tiefe zeigen. Entsprechend sind auch die Temperaturschwankungen geringer. Sie sind in den Abbildungen 23 a—23 g für 11, 15, 18, 22, 26, 33 und 44 m Tiefe dargestellt.

Der Temperaturverlauf für 11 m Tiefe ist in Abb. 24 außerdem zusammenhängend für den gesamten Beobachtungszeitraum wiedergegeben, wobei die gestrichelte Linie eine Interpolation darstellt. Daß Einzelbeobachtungen in diesem Meeresraum nur unter besonderen Witterungsverhältnissen einen Sinn behalten, geht aus den Abbildungen unmittelbar hervor. Dies wird weiterhin durch Abbildung 25 unterstrichen, in welcher sämtliche auf der Position des Beobachtungsmastes gewonnenen Temperaturregistrierungen der Bathysonde dargestellt sind. Auch danach besitzt eine Einzelbeobachtung keinen repräsentativen Wert. Die sehr intensiven kurzperiodischen Schwankungen in allen Meßtiefen lassen nicht nur den Begriff der „Quasisynopsis“ sondern sogar den der „Synopsis“ für diesen Meeresraum fragwürdig erscheinen.

Parallel zu den Messungen des Mastes wurden während der ersten Meßperiode sternförmig Profile in der Umgebung abgelaufen, auf denen mittels Bathysonde Temperatur und Salzgehalt registriert wurden. Die Temperaturverteilungen sind in den Abbildungen 26 a—26 f wiedergegeben.

Nach unserer Ansicht sind die beobachteten Schwankungen vorwiegend durch Schwingungen im Inneren der Wassermasse bedingt. Abb. 27 soll dazu einen ersten orientierenden Überblick über die möglichen Schwingungsperioden in der westlichen und mittleren Ostsee geben. Neben den durch G. NEUMANN (1944) berechneten Seiches-Perioden B (Bottnischer Meerbusen — Ostsee), 1 L, 2 L, 3 L (Finnischer Meerbusen — Ostsee, 1., 2., und 3. Eigenschwingung), der Trägheitsperiode T sowie den ganztägigen

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 5)

Abb. 15: Die Wetterlage über der Ostsee zwischen dem 9. und 18. Juli 1959.

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 6)

Abb. 17a, b: Temperatur- und Salzgehaltsverteilung Darßer-Schwelle bis Bornholm.

Abb. 18: Temperaturverteilung Darßer-Schwelle bis Bornholm-Becken.

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 7)

Abb. 19a, b: Strömungsgeschwindigkeiten in 16 m und 31 m Tiefe nach den Registrierungen des Beobachtungsmastes im Zeitraum 13.—15. Juli 1959.

Abb. 20a—d: Temperaturschwankungen in 15, 19, und 33 m Tiefe nach den Registrierungen des Beobachtungsmastes im Zeitraum 13.—15. Juli 1959.

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 8)

Abb. 21: Neigungen eines 10 m-Maststückes im Zeitraum 16.—18. Juli 1959 in 10—20 m Tiefe.

Abb. 22: Strömungsgeschwindigkeit in 16 m Tiefe im Zeitraum 16.—18. Juli 1959 nach den Registrierungen des Beobachtungsmastes.

Abb. 23a—g: Temperaturschwankungen in 11, 15, 18, 22, 26, 33 und 44 m Tiefe nach den Registrierungen des Beobachtungsmastes im Zeitraum 16.—18. Juli 1959.

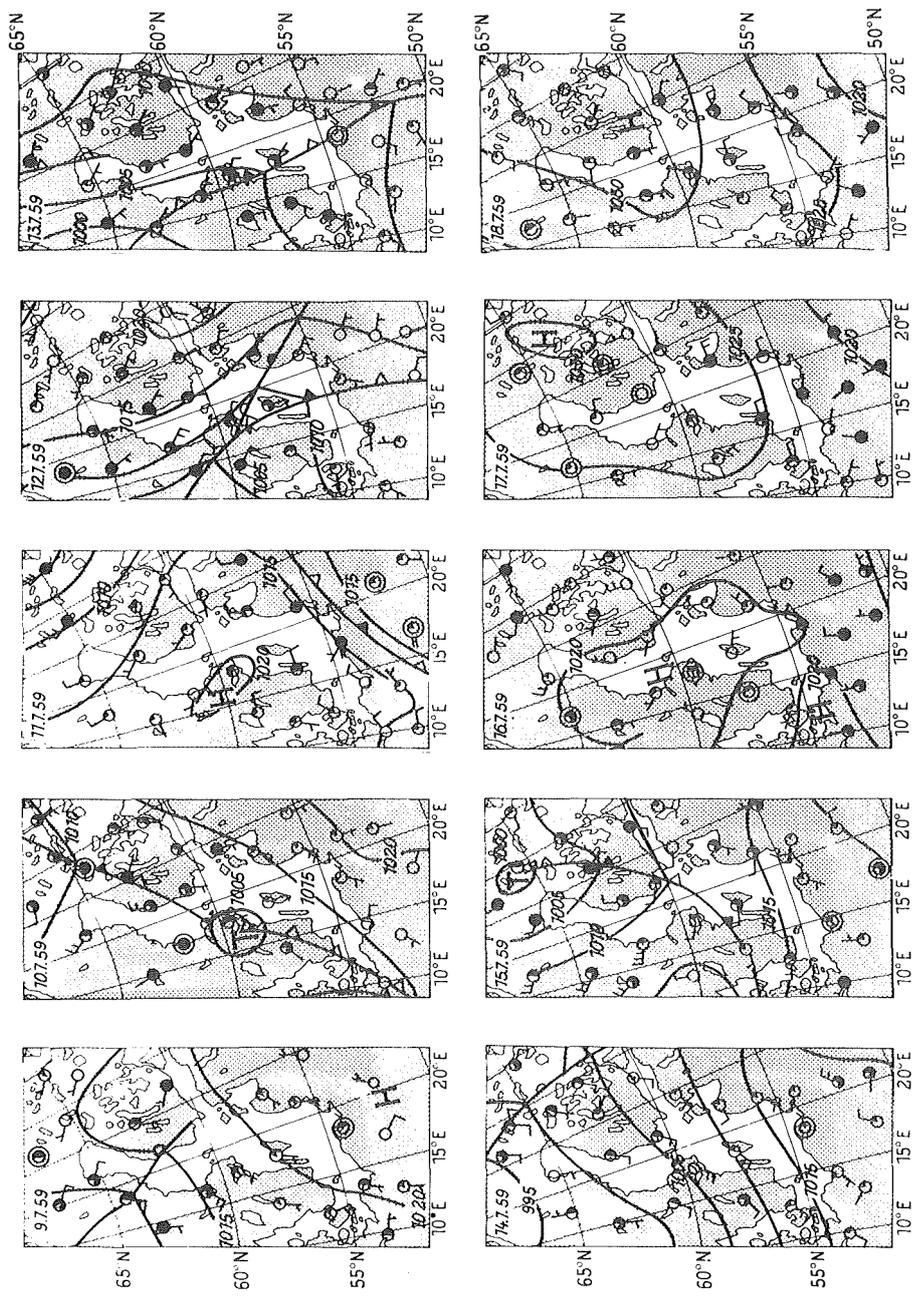
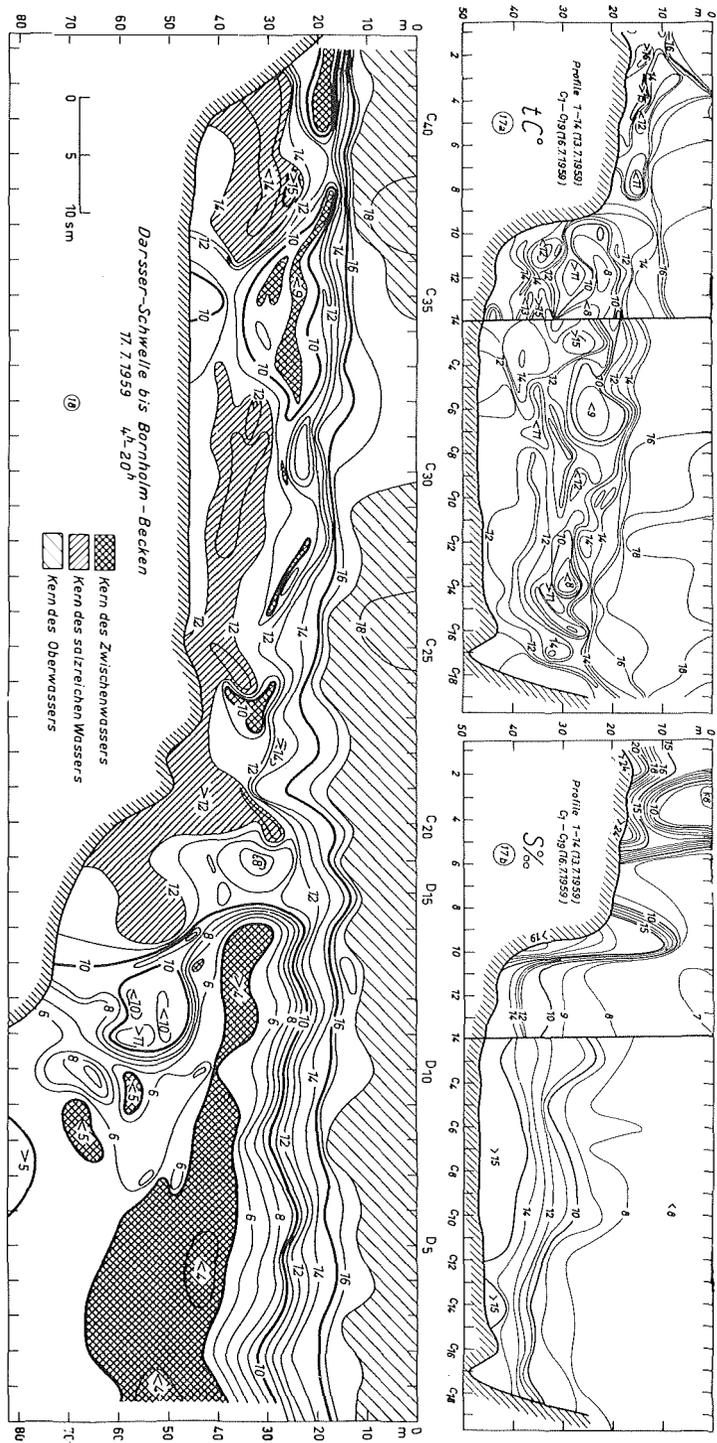
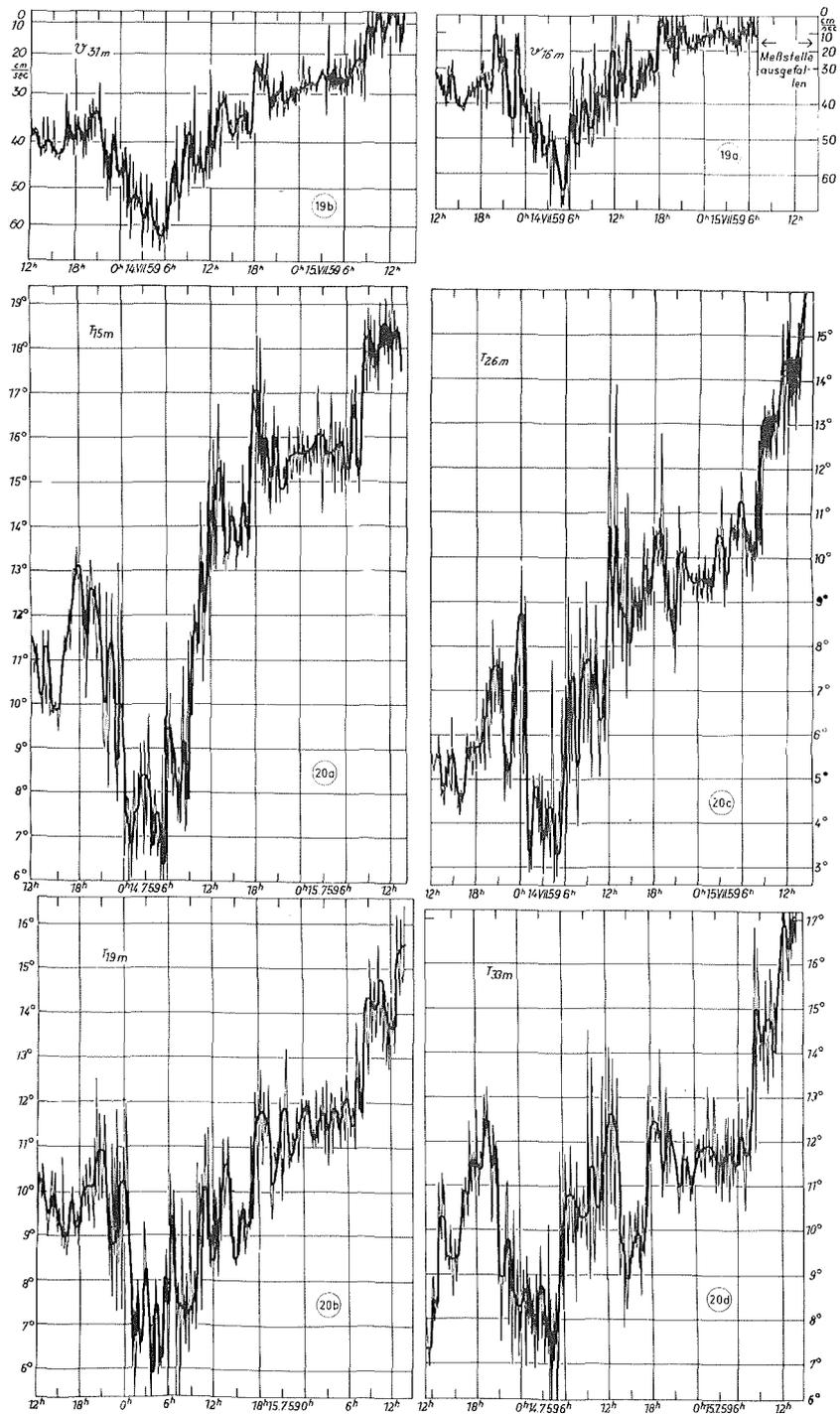


Abb.15

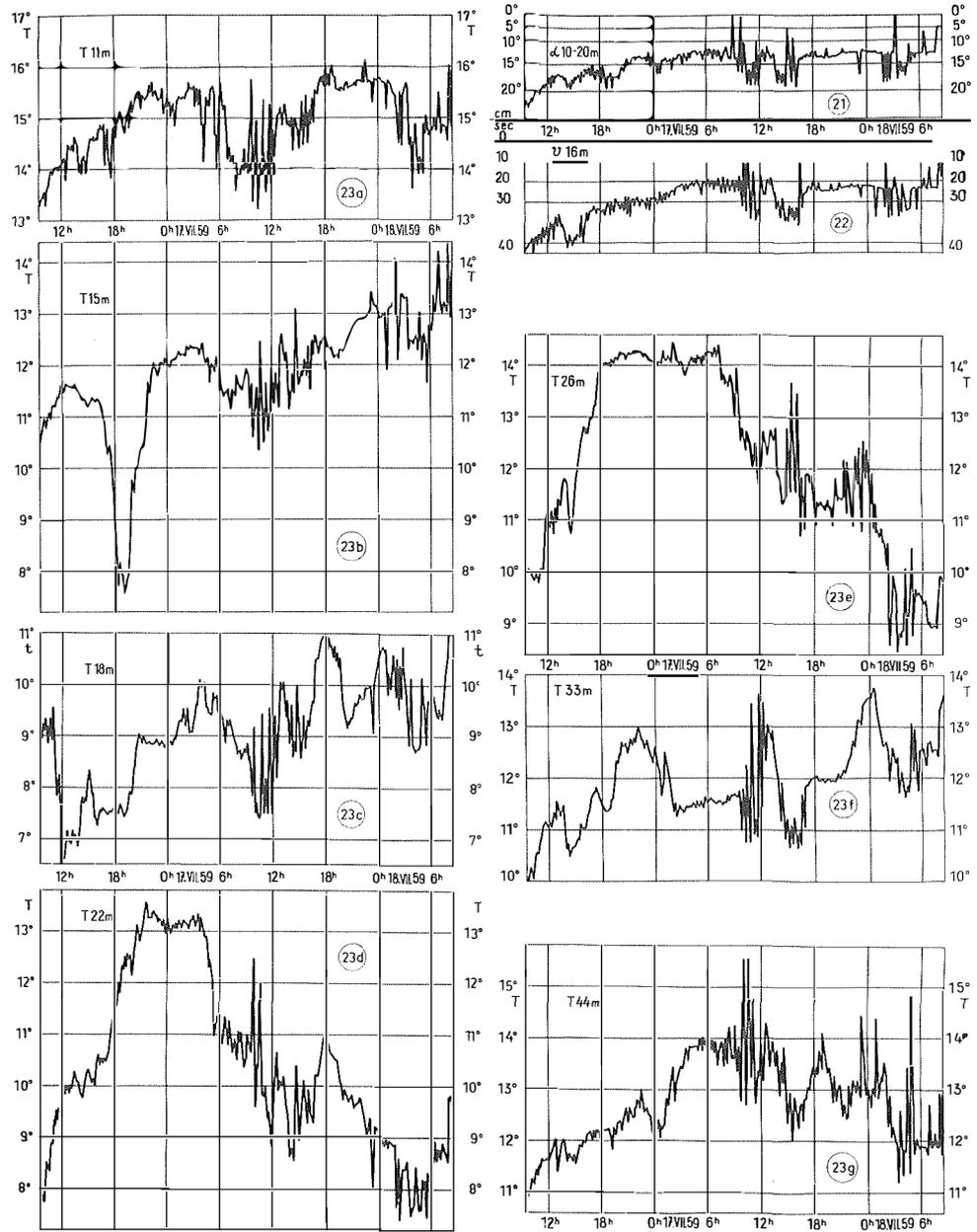
Tafel 5 (zu W. Krauß)



Tafel 6 (zu W. Krauß)

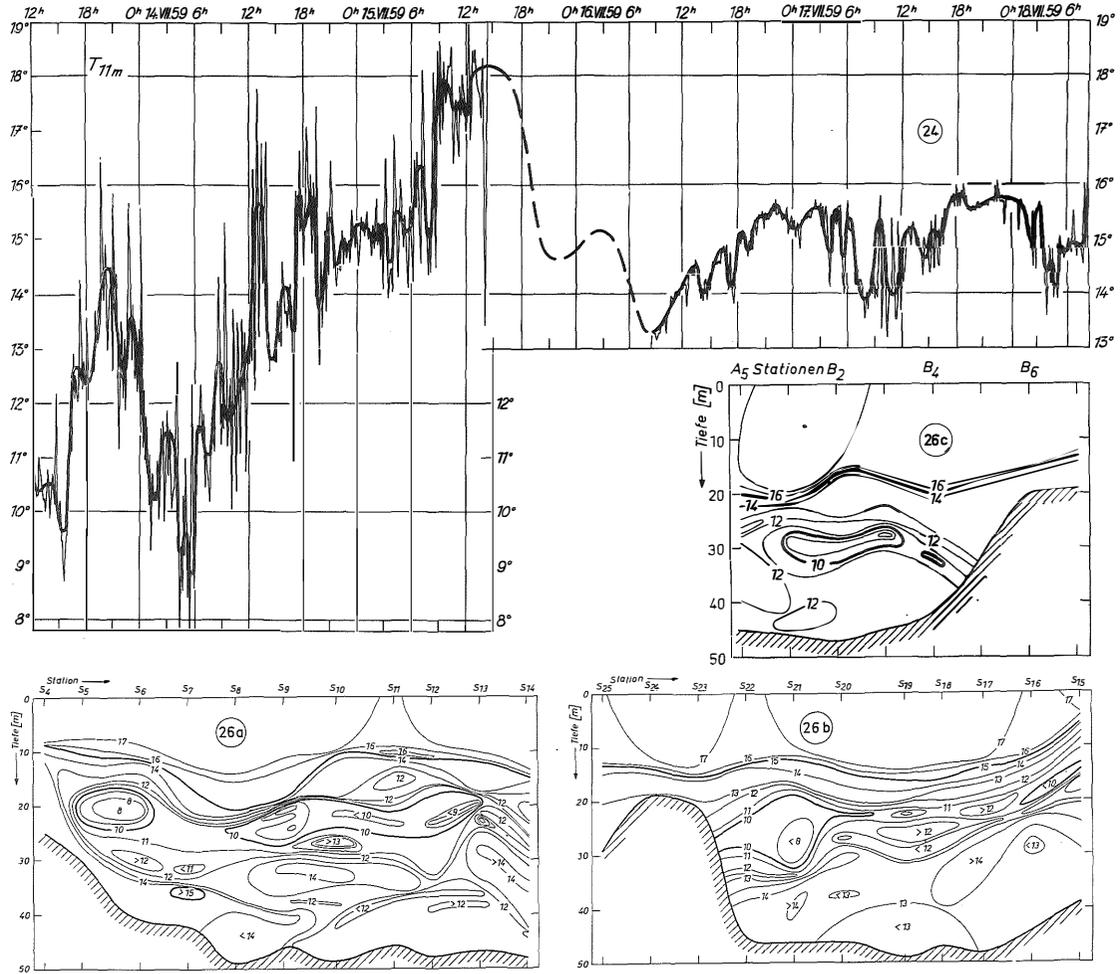


Tafel 7 (zu W. Krauß)

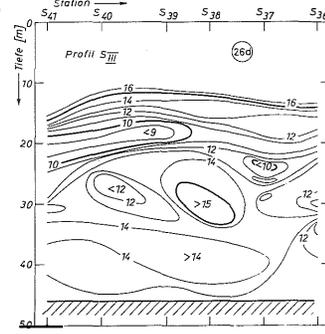
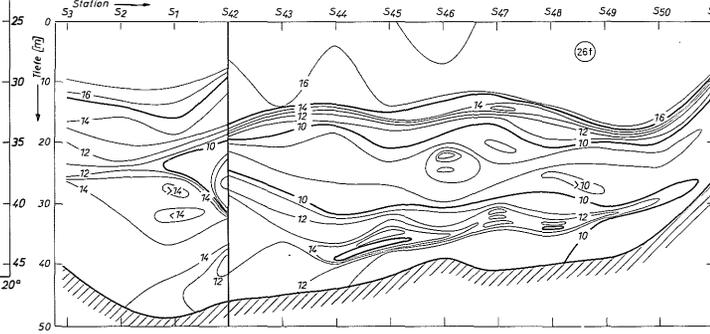
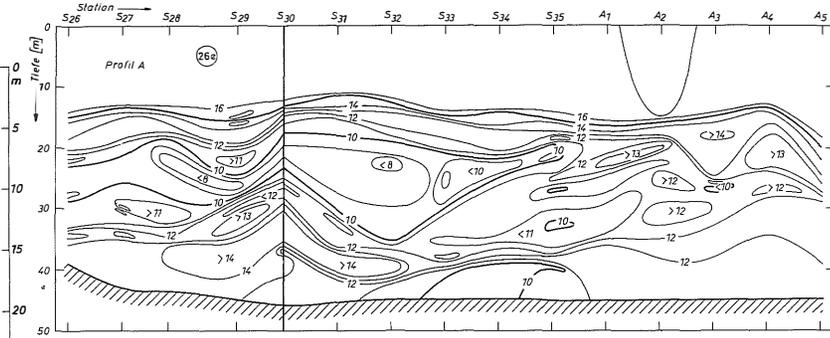
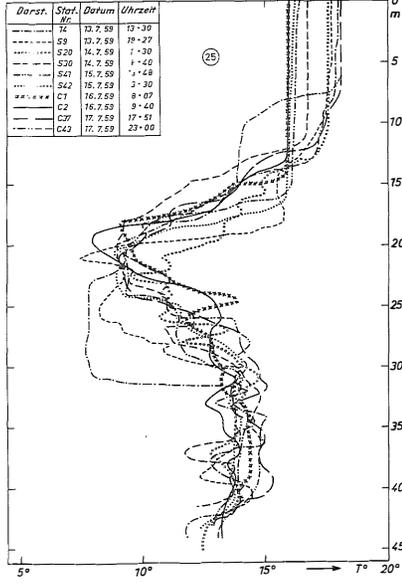


Tafel 8 (zu W. Krauß)

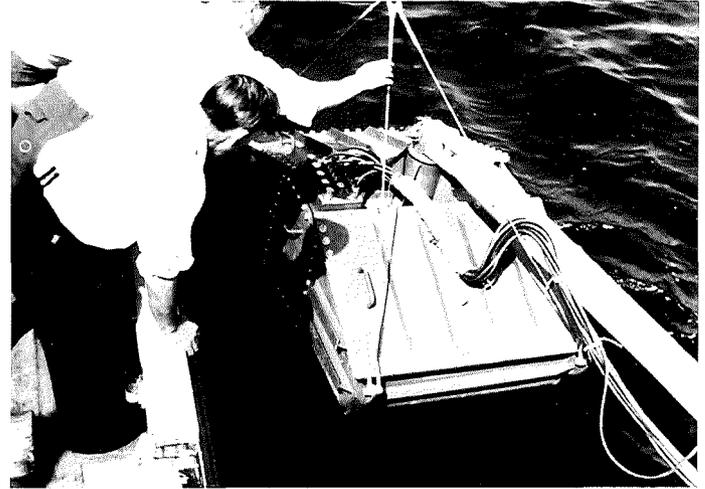
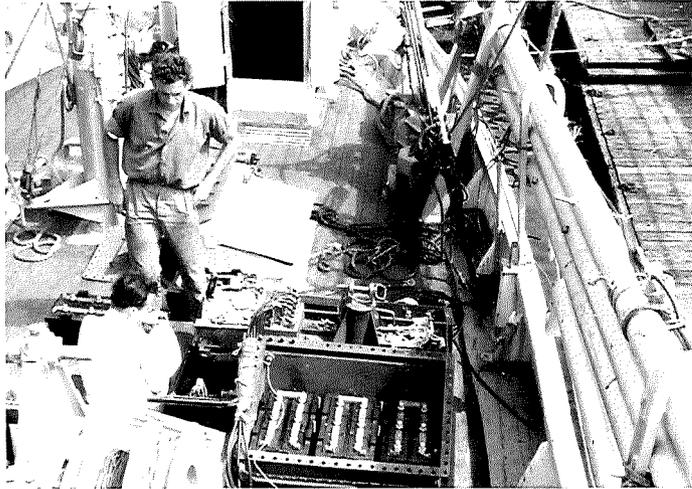
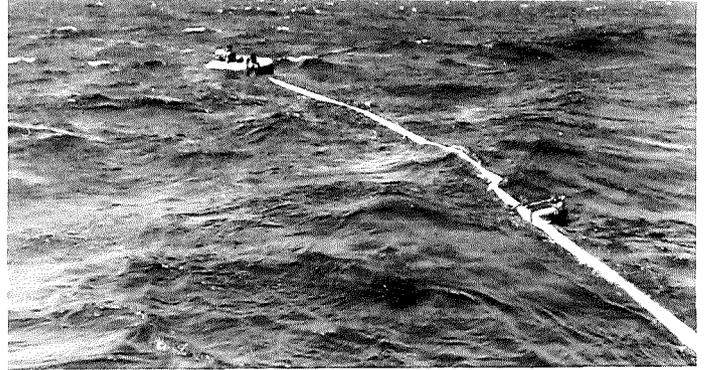
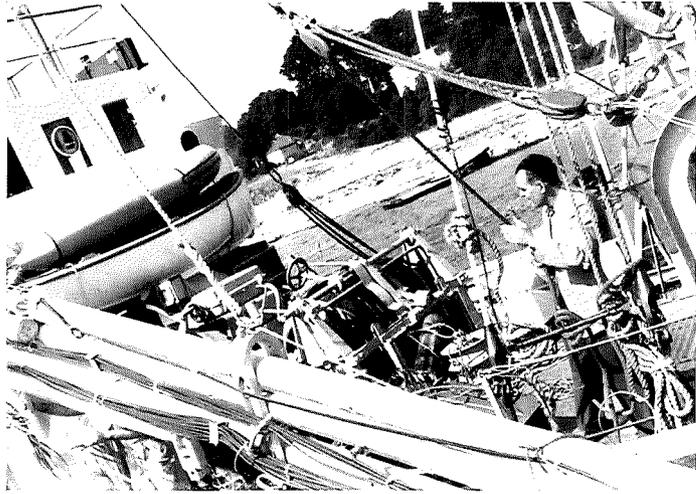
Tafel 9 (zu W. Krauß)



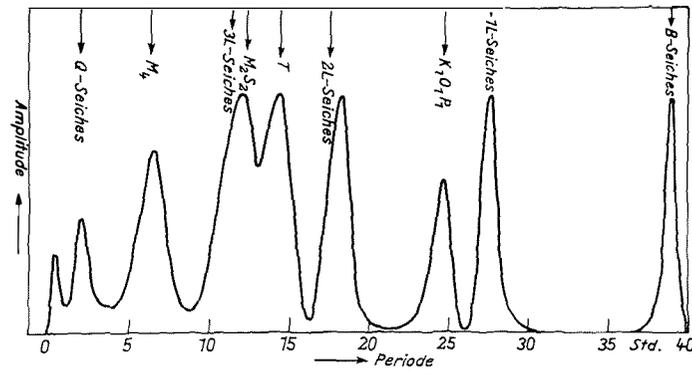
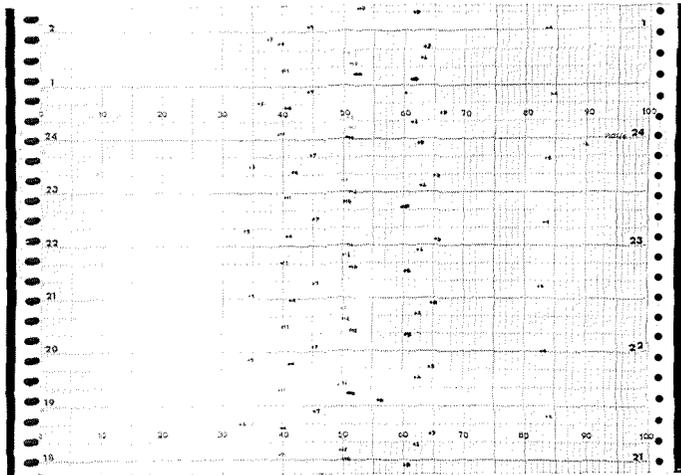
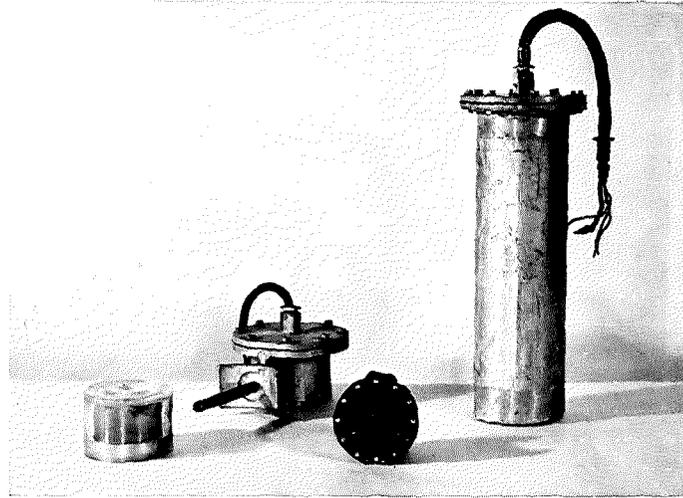
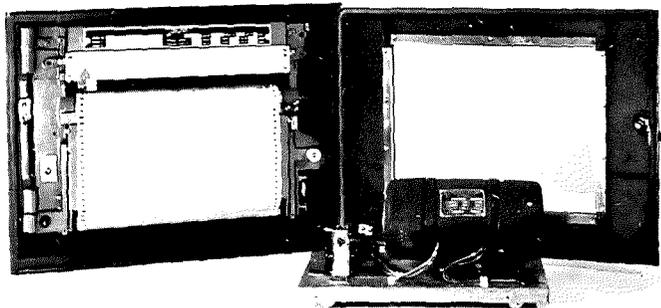
Darst.	Stat. Nr.	Datum	Uhrzeit
.....	74	13. 7. 59	13 - 30
.....	59	13. 7. 59	16 - 27
.....	529	14. 7. 59	1 - 30
.....	530	14. 7. 59	1 - 40
.....	541	15. 7. 59	1 - 48
.....	542	15. 7. 59	3 - 30
.....	C1	16. 7. 59	8 - 07
.....	C2	16. 7. 59	9 - 40
.....	C3	17. 7. 59	17 - 51
.....	C42	17. 7. 59	23 - 05



Tafel 10 (zu W. Krauß)



Tafel 11



Tafel 12

Gezeitenperioden K_1 , O_1 , P_1 , den halbtägigen M_2 , S_2 und der Seichtwasserzeit M_4 scheinen noch Querschwingungen von ca. 3,3 Std. aufzutreten. Ferner findet man fast immer eine Periode von ca. $\frac{1}{2}$ Std.

Im gegenwärtigen Stadium der Untersuchungen lassen sich endgültige Aussagen noch nicht machen. Systematische Messungen mit mehreren Masten bei verschiedenen Wetterlagen — insbesondere auch bei meteorologisch nicht gestörten Situationen, aus denen deutlich der Gezeitenanteil analysiert werden kann — sollen hier erst weitere Einblicke bringen.

An der Entwicklung des Beobachtungsmastes und seiner Instrumente haben die Herren K. BACH und W. DÜING maßgebenden Anteil. Ferner verdanken wir Herrn Kapitän H. OHL zahlreiche Anregungen. Den genannten Herren sei auch an dieser Stelle aufrichtig gedankt.

Literaturverzeichnis

DEFANT, A., 1940: Die ozeanographischen Verhältnisse während der Ankerstation des „Altair“ am Nordrand des Hauptstromstriches des „Golfstroms“ nördlich der Azoren. Ann. Hydrogr., 68, Nov, Beiheft. — DEFANT, A., 1950: Reality and illusion in oceanographic surveys. J. Marine Res., 9, 111—119. — DIETRICH, G., 1957: Ozeanographische Probleme der deutschen Forschungsfahrten im Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957/58. Dtsch. Hydrogr. Z., Bd. 10, 2. — FUGLISTER, F. C. and L. V. WORTHINGTON, 1951: Some results of multiple ship survey of the Gulf Stream. Tellus 3, 1. — HELA, I. und W. KRAUSS, 1959: Zum Problem der starken Veränderlichkeit der Schichtungsverhältnisse im Arkona-Becken. Kieler Meeresforschung, Bd. XV, 2. — HELLAND-HANSEN, Bj., 1938/39: Untersuchungen über örtliche und zeitliche Schwankungen des „Golfstroms“ im Norwegischen Meer. Norsk Geogr. Tidsskrift, 407—419. — KRAUSS, W., 1957/58: Interne Wellen großer Amplitude, Teil I—III. Dtsch. Hydrogr. Z., Bd. 10, 5; Bd. 11, 5 und 6. — KULLENBERG, B., 1958: On the shape and the length of the cable during a deep-sea trawling. Rep. Swed. Deep Sea Exped., Vol. II, 2, S. 29 ff. — NEUMANN, G., 1941: Eigenschwingungen der Ostsee. Archiv d. Seewarte, Bd. 61, 4.

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 9)

- Abb. 24: Temperaturschwankungen in 11 m Tiefe nach den Registrierungen des Beobachtungsmastes im Zeitraum 13.—18. Juli 1959.
Abb. 26a—c: Temperaturverteilung auf den Profilen S_4 — S_{14} , S_{25} — S_{15} und A_5 — B_6 .

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 10)

- Abb. 25: Temperaturregistrierungen der Bathysonde auf der Position des Beobachtungsmastes
Abb. 26d—f: Temperaturverteilungen auf den Profilen S_{41} — S_{36} , S_{26} — A_5 und S_x — S_{51} .

Legenden zu den nebenstehenden Fotos (Tafel 11)

- Foto 1: Der Mast wird in zusammengefaltetem Zustand an Bord von „Hermann Wattenberg“ gehievt.
Foto 2: Das Gehäuse mit Batterien. Links das Registriergerät, rechts 35 m-Mast.
Foto 3: Entfalten des Mastes bei 5 Bft in der Ostsee. (In der Mitte ein Strömungsmesser, am Mast festgebunden).
Foto 4: Wegfieren des Gehäuses.

Legenden zu den nebenstehenden Fotos (Tafel 12)

- Foto 5: Registriergerät und Umformer.
Foto 6: Registrierstreifen des Honeywell-Elektronik-Streifenblattschreibers (12 Meßstellen).
Foto 7: (von links nach rechts:) Neigungsmesser aus Plexiglas, Gehäuse des Winkelmessers, Richtungsmesser und Gehäuse des Pendelstrommessers.
Abb. 27: Mögliche Periode der internen Schwingungen in der Ostsee.