

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 Urheberrechtinhabers. 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.

Aus dem Institut für Meereskunde der Universität Kiel

Eine Methode zur Messung optischer Eigenschaften des Meerwassers in großen Meerestiefen

VON GUNTHER KRAUSE

Zusammenfassung: Es wird eine Methode zur kontinuierlichen Registrierung der mit einer künstlichen Lichtquelle meßbaren optischen Eigenschaften des Meerwassers (Extinktion, Streuung, Streufunktion) beschrieben, die es ermöglicht, in-situ-Messungen bis in größte Meerestiefen durchzuführen. Mit dem beschriebenen System können über ein Einleiterkabel bis zu 10000 m Länge 6 verschiedene Meßwerte übertragen sowie die Lichtquelle und die Meßwandler mit elektrischer Energie versorgt werden. Es werden 3 Meßwandler angegeben, die die Meßgrößen Lichtintensität, Temperatur und Druck in die vom System benötigten Frequenzänderungen von Wechselströmen umsetzen. Diese Meßwandler werden in einem Meßgerät benutzt, das kontinuierliche Registrierungen der Lichtextinktion und der Temperatur in Abhängigkeit von der Tiefe bis zu 6000 m liefert. Erste Messungen aus dem Skagerrak und dem Nordatlantik werden mitgeteilt.

A method for the measurement of optical properties of sea water in the deep-sea (Summary): A method is described for continuous recordings of those optical properties (light attenuation, scattering, scattering funktion) of sea water, measurable when using an artificial light source. This method makes in-situ-measurements possible down to greatest oceanic depths. The described system allows to transmit six different measuring values as well as the power supply for the light source and the transducers over a single conductor cable with a length up to 10000 m. Three transducers are described which convert the light intensity, temperature and pressure data into the respective different frequency signals of ac-currents, as required for the system. These transducers are used in an instrument for continuous recordings down to 6000 m of light transmission and temperatur as a function of depth. As example, first measurements from the Skagerrak and the North Atlantic are presented.

Einleitung

Optische Eigenschaften des Meerwassers in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung sind in zweifacher Hinsicht für die meereskundlichen Wissenschaften von Bedeutung. Sie bestimmen einmal die Intensitätsverteilung der natürlichen Einstrahlung, ihre Kenntnis ist daher für das Studium aller von ihr abhängigen Vorgänge im Meere notwendig. Zum anderen werden optische Eigenschaften oftmals als Hilfsgrößen zur Lösung spezieller ozeanographischer Probleme herangezogen. So bieten sie die Möglichkeit der Bestimmung des Gehaltes vieler im Meer gelöster oder suspendierter Stoffe. In vielen Meeresgebieten sind derartige Substanzen, z. B. die sog. Gelbstoffe, für die Wassermassen, in denen sie vorkommen, charakteristisch, so daß sie über ihre Verteilung und ihren Transport Aufschluß geben können.

In zahlreichen Arbeiten hat vor allem JOSEPH (1949, 1950, 1955) gezeigt, daß der sog. „Vertikale Extinktionskoeffizient“, in geeigneten Spektralbereichen gemessen, eine Kenngröße für eine Wassermasse darstellt, so daß für diese hydrographische Anwendung einfache Durchsichtigkeitsmessungen genügen.

Die exakte Bestimmung von Teilchengrößen und -mengen erfordert dagegen — soweit sie bei der großen Mannigfaltigkeit der Meeresspartikel möglich ist — die volle Ausschöpfung des Informationsgehaltes des Streulichts (HINZPETER 1962). JERLOV (1961) erzielte jedoch schon mit in-situ-Messungen der Streufunktion gute Ergebnisse.

Für die oftmals sehr geringen Unterschiede in der Verteilung optischer Parameter im Meer ist zu ihrer Messung ein empfindliches in-situ-Meßinstrument notwendig, da bei

optischen Messungen an Proben durch Verunreinigungen und Gasblasenbildung sehr leicht Fehler unterlaufen können.

Bei in-situ-Messungen mit künstlichen Lichtquellen treten jedoch eine Reihe physikalischer und technischer Schwierigkeiten auf, die den Anwendungsbereich der bisher zu diesem Zweck entwickelten Meßinstrumente auf die oberen Schichten des Meeres beschränkten. Diese Schwierigkeiten resultieren aus der Notwendigkeit, daß sich die Meßelemente mit der zugehörigen Lichtquelle in großer Entfernung von den Anzeigeelementen befinden müssen. Von einer in-situ-Methode für die Tiefsee muß also die Versorgung der Lichtquelle mit konstanter elektrischer Energie sowie die ungestörte Übertragung der Meßsignale über ein Kabel bis zu 10.000 m Länge gefordert werden, dessen Übertragungseigenschaften stark von Umwelteinflüssen abhängig sein werden. Die Besonderheit des ozeanographischen Einsatzes verlangt überdies, daß das Kabel gleichzeitig als Trageseil für das Tauchgerät dienen muß. Diese Forderung wird von einem stahlarmierten Einleiterkabel erfüllt. Stromversorgung und Meßsignale müssen daher über einen einzigen isolierten Draht fortgeleitet werden.

Die geometrische Anordnung der Meßelemente ist durch das vorliegende Meßproblem gegeben. Das Licht einer Lampe wird durch eine oder mehrere Linsen parallel gemacht, legt eine bestimmte Strecke im Meerwasser zurück und wird von einem Empfänger in der Richtung des Strahles oder unter einem bestimmten Winkel empfangen. Die folgenden Betrachtungen sind von einer speziellen geometrischen Anordnung unabhängig. Es wird zunächst allgemein gezeigt, wie die oben erwähnten Schwierigkeiten, die bei der Versorgung der Lichtquelle und der Übertragung der Meßsignale entstehen, überwunden werden können. Danach wird ein Gerät beschrieben, das für optische Messungen bis zu 6000 m Tiefe geeignet ist.

Zur Energieversorgung des Meßgerätes

Die von einer Glühlampe in einen bestimmten Spektralbereich ausgesandte Lichtintensität hängt sehr empfindlich von der elektrischen Leistung ab. Bei einer hier verwendeten Lampe (50 V, 5 W) mit einer eng gewickelten Heizwendel wächst die Lichtintensität mit der 3.ten Potenz im roten und mit der 5.ten Potenz im blauen Spektralbereich in Abhängigkeit vom Lampenstrom in der Umgebung des normalen Arbeitspunktes. Für die relative Intensitätsänderung in Abhängigkeit von der Stromänderung besteht im ungünstigsten Fall also die Beziehung

$$\frac{\Delta J}{J} = 5 \frac{\Delta i}{i} \quad (1)$$

Betreibt man die Lampe mit dem Widerstand R_L mit konstanter Spannung U_0 und berücksichtigt den Kabelwiderstand R_k , so sieht man aus

$$i = \frac{U_0}{R_k + R_L}$$

daß der schwankende Kabelwiderstand den Strom i und damit die Lichtintensität erheblich beeinflusst. Insbesondere machen sich Temperaturschwankungen beim Eintauchen des Kabels in das Wasser sehr störend bemerkbar. Bei kurzen Fierlängen genügt es, die Lichtintensität mit einem Kontrollempfänger zu überwachen (JOSEPH 1949) oder

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 1)

Abb. 1: Konstantstromquelle.

Abb. 2: Zur Ermittlung des Innenwiderstandes der Konstantstromquelle.

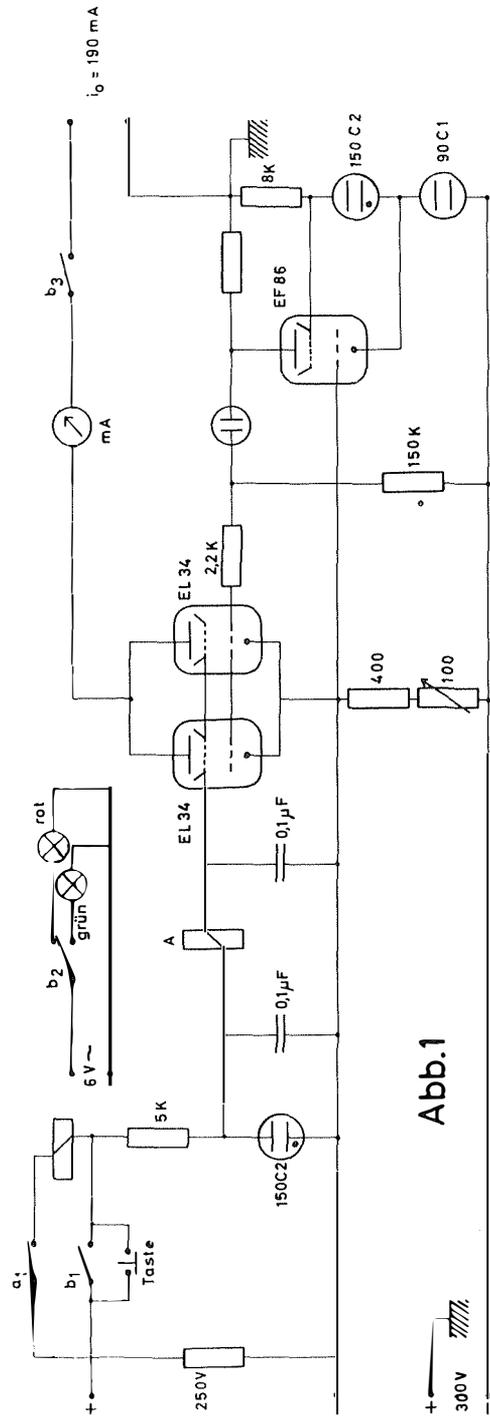


Abb.1

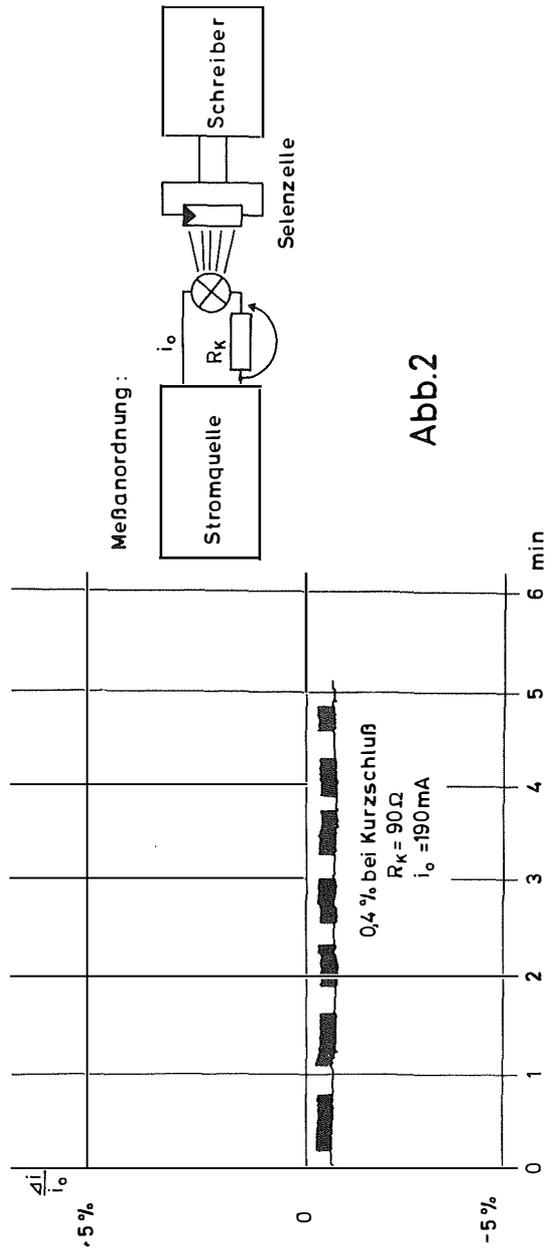
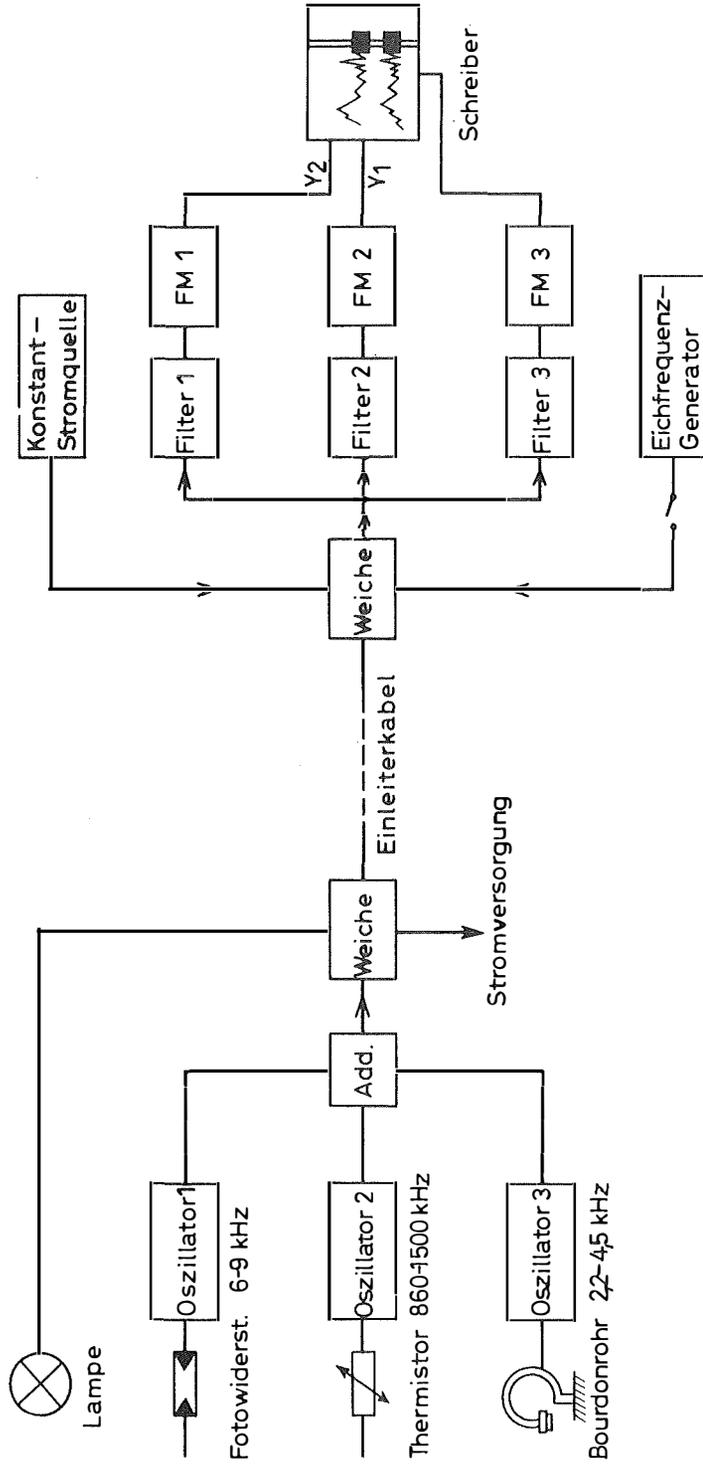


Abb.2

Tafel 1 (zu G. Krause)



Tafel 2 (zu G. Krause)

Prinzip Schaltbild der Meßanordnung

Abb.3

diesen mit dem Meßelement in eine Differenzschaltung zu legen (FUKUDA 1958). Für sehr lange Fierlängen bewährt sich die Speisung der Lampe mit konstantem Strom i_0 besser. Dafür gilt

$$U = i_0 R_k + i_0 R_L$$

Man sieht, daß bei veränderlichem R_k der Spannungsabfall über der Lampe konstant bleibt. Konstantstromquellen müssen mit elektronischen Hilfsmitteln realisiert werden.

Betrachten wir allgemein eine Spannungsquelle mit der konstanten EMK E und dem Innenwiderstand R_i , die mit einem Widerstand R_a belastet wird, so fließt der Strom

$$i = \frac{E}{R_i + R_a} \quad (2)$$

Ändert sich R_a , so beträgt die Stromänderung

$$\Delta i = \frac{\partial i}{\partial R_a} \Delta R_a = -\frac{i}{R_i + R_a} \Delta R_a \quad (3)$$

Als Stabilität des Stromes gegen Belastungsänderungen bezeichnet man (vergl. STEIMEL 1957):

$$\sigma = \frac{i}{\Delta i} = \frac{R_i + R_a}{\Delta R_a} \quad (4)$$

Und für die Schwankung der Lichtintensität folgt dann

$$\frac{\Delta J}{J} = \frac{5}{\sigma}$$

Damit sie bei schwankendem Kabelwiderstand klein bleibt, muß σ sehr groß werden. Aus (4) folgt dann

$$R_i \gg R_a$$

Mit dieser Bedingung und mit (1) und (4) ist dann die Schwankung der Lichtintensität

$$\frac{\Delta J}{J} = 5 \frac{\Delta R_a}{R_i}$$

Eine Konstantstromquelle mit großem Innenwiderstand ist in Abb. 1 dargestellt. Mit der Anordnung in Abb. 2 wurde ihr Innenwiderstand bestimmt zu $R_i = 60 \text{ k}\Omega$ bei Kurzschluß eines Widerstandes von 90 Ohm, der dem eines Einleiterkabels von 2000 m Länge entspricht. Schwankt der Kabelwiderstand eines Kabels mit denselben Daten von 10.000 m Länge also um ein Zehntel seines Widerstandes, ein Betrag, der beim praktischen Betrieb sicher nicht erreicht wird, so erhält man für diesen ungünstigsten Fall eine Intensitätsänderung

$$\frac{\Delta J}{J} = 0,4\%$$

Im Rahmen dieser Genauigkeit ist die ausgesandte Lichtintensität unabhängig von den Kabeleigenschaften.

Übertragung der Meßsignale

Zur Übertragung mehrerer Meßgrößen über einen isolierten Leiter macht man im allgemeinen Gebrauch von dem Gesetz der ungestörten Superposition von Wechselspannungen, das in jedem linearen System gilt. Dabei ist es sehr zweckmäßig, die Frequenz der Wechselspannung mit der zu übertragenden Meßgröße zu steuern (HINKEL-

MANN 1956, 1957; BROWN 1961; KROEBEL 1961). Die Frequenz einer Wechselspannung wird durch Schwankungen der elektrischen Kabeleigenschaften in keiner Weise beeinflusst, ferner ist es bei der Übertragung mehrerer Meßgrößen sehr leicht, die den einzelnen Meßgrößen zugeordneten Frequenzbereiche in Filterschaltungen wieder zu trennen. Die Größe eines Frequenzbereiches ist abhängig von der Genauigkeit, mit der eine Größe im Meere gemessen werden soll, und der Gesamtzahl der über das Kabel zu übertragenden Meßgrößen. Es wird hier ein Frequenzhub von 1 : 1,6 gewählt, die damit erzielbare Genauigkeit wird später gezeigt. Mit einem Einleiterkabel von nur 20 kHz Bandbreite lassen sich dann 6 Meßgrößen gleichzeitig übertragen. Das System ist damit sehr gut geeignet, rationell messende ozeanographische Geräte zu verwirklichen.

Aus diesen Überlegungen entstand die in Abb. 3 dargestellte elektrische Meßanordnung, mit der in einem speziell entwickelten Gerät zur Zeit die Lichtextinktion, die Temperatur und die Tiefe gemessen werden. Diese drei Meßgrößen werden entsprechend ihrem Meßbereich in die angegebenen Frequenzbereiche der Oszillatorschaltungen 1 bis 3 umgesetzt. Nach Addition gelangen sie über das Einleiterkabel in die Filterschaltungen und über die Frequenzmesser FM 1 bis FM 3 auf die Eingänge eines XY_1Y_2 -Schreibers. Steuert man mit dem Tiefensignal die X-Achse, mit den beiden anderen Meßgrößen die Y-Achsen des Schreibers, so erhält man beim Wegfieren des Gerätes eine kontinuierliche Registrierung der Extinktion und der Temperatur in Abhängigkeit von der Tiefe. Durch Hinzunahme eines vierten Kanals kann gleichzeitig auch der Streukoeffizient des Lichtes mitgemessen werden.

Mit dem Eichfrequenzgenerator, der die zu den Endpunkten der Meßbereiche gehörenden Frequenzen liefert, kann die gesamte Anordnung mit großer Genauigkeit nachgecheckt werden.

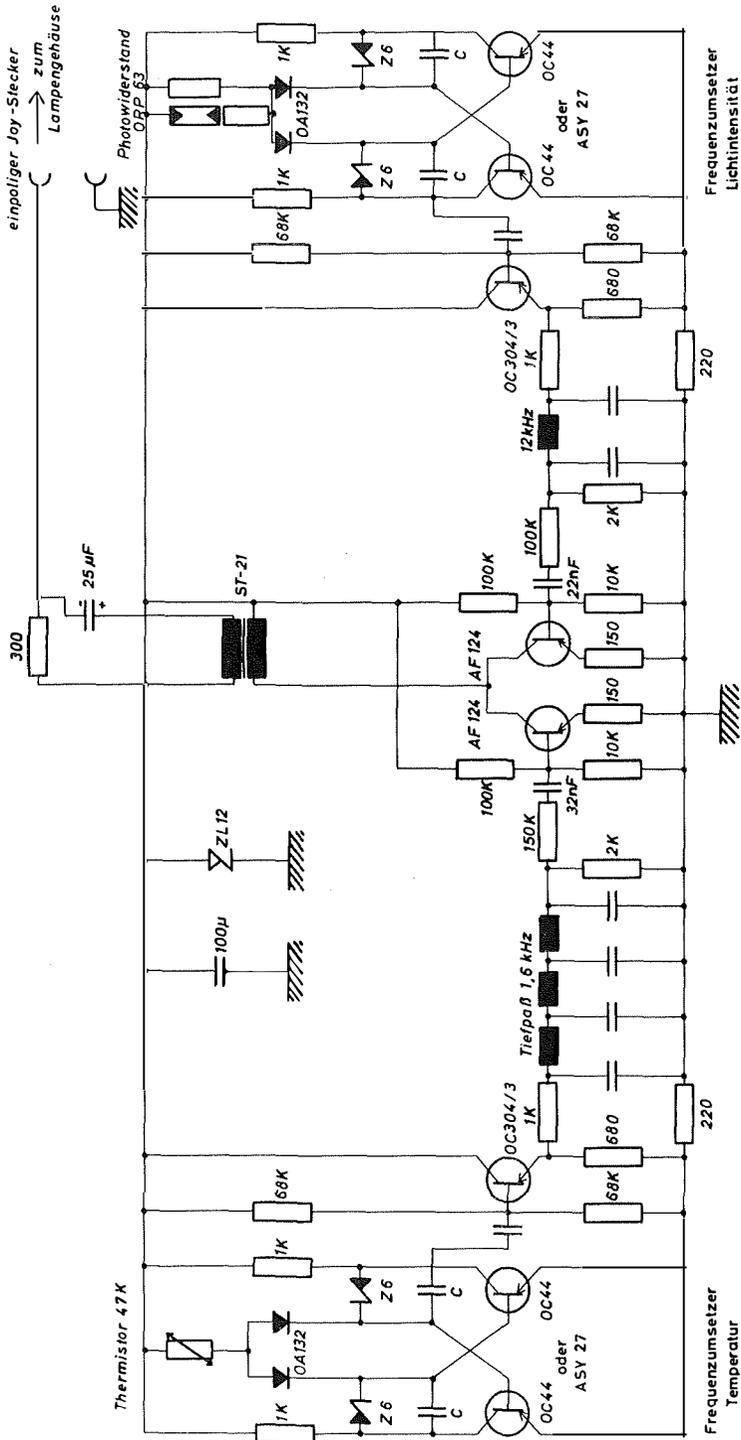
Das geschilderte System benötigt Meßwandler, die die Lichtintensität und den Druck in Frequenzänderungen von Oszillatoren umsetzen, ferner ist für die ozeanographische Anwendung die gleichzeitige Messung der Temperatur wünschenswert.

Frequenzumsetzer und Meßelemente

Als Meßelement für Lichtintensitäten stehen Sелеlemente, Photomultiplier, Photowiderstände und andere Halbleiterphotoelemente zur Verfügung. Von diesen Bauelementen ist bekannt, daß ihre elektrischen Daten Drift- und Schwankungserscheinungen aufweisen. Sie werden daher meist als Nullindikatoren geschaltet. (vergl. JOSEPH 1950). Für den Einsatz in großen Tiefen bereitet jedoch die Einführung eines Referenzlichtweges große Schwierigkeiten, deshalb wird hier ein Photowiderstand als Meßelement benutzt (vergl. WILLIAMS 1961). Da diese Bauelemente größenordnungsmäßig den gleichen Widerstandswert wie Thermistoren haben, ergibt sich die günstige Möglichkeit, für Lichtintensitäten und Temperaturen den gleichen Umsetzertyp zu verwenden.

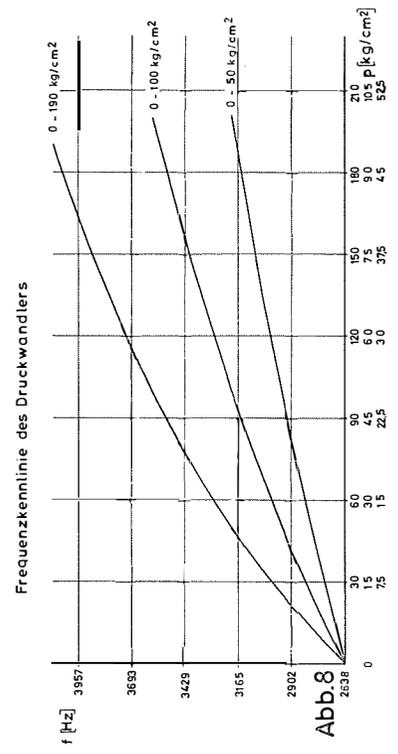
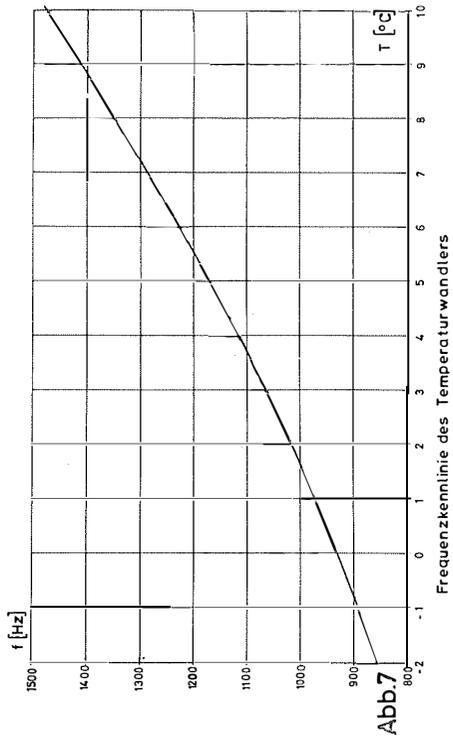
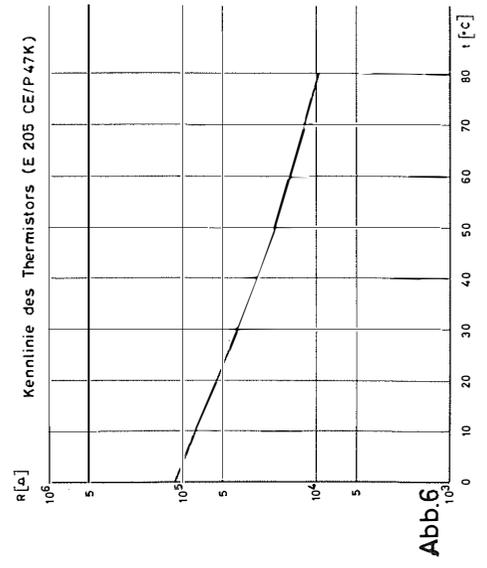
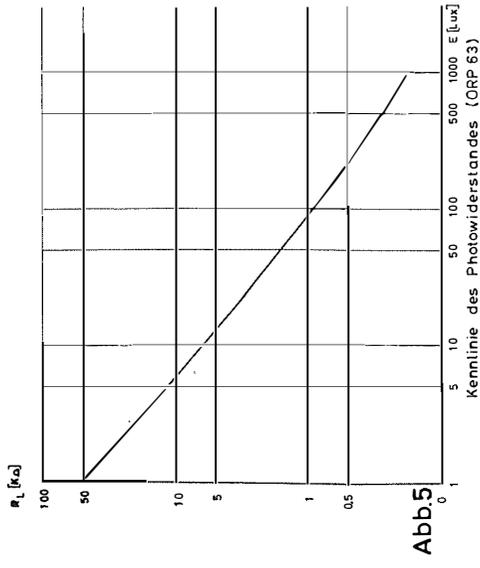
In Abb. 4 ist ein solcher Umsetzer dargestellt. Es handelt sich um einen astabilen Multivibrator, in dessen zeitbestimmendem Glied der veränderliche Widerstand (Thermistor oder Photowiderstand) über die Dioden OA 132 wechselweise mit den Aufladekondensatoren C verbunden wird (vergl. GOSSEL 1962). Dies bewirkt, daß die gelieferte Rechteckimpulsfolge unabhängig von der Frequenz immer das gleiche Tastverhältnis von 1 : 1 besitzt. Da die Frequenzvariation nur 1 : 1,6 beträgt, erhält man am Ausgang des nachgeschalteten Tiefpaßfilters eine sinusförmige Wechselspannung. Die Frequenz ist dem veränderlichen Widerstand umgekehrt proportional.

Bei festem Wandlerwiderstand wird die Frequenz in geringem Maße von der Batteriespannung und der Temperatur beeinflusst. Durch Anwendung einer Stabilisierungsschaltung mit einer Zenerdiode kann der erste Effekt vernachlässigbar klein gehalten werden, die Temperaturabhängigkeit wird durch einen Gegenkopplungswiderstand her-



Tafel 3 (zu G. Krause)

Temperatur- und Trübungsoszillator
Abb.4



Tafel 4 (zu G. Krause)

abgesetzt. In der angegebenen Schaltung ist der Temperaturkoeffizient $+0,02\%/^{\circ}\text{C}$. Durch besondere Stabilisierungsmaßnahmen mit NTC-Widerständen kann dieser Wert noch erniedrigt werden.

Der Umsetzer für Lichtintensitäten entsteht durch Einfügen eines Photowiderstandes als veränderlichen Widerstand in diese Schaltung (Abb. 4 rechts). Die Kennlinie dieses Elementes ist in Abb. 5 dargestellt. Bei 25 Lux beträgt die Empfindlichkeit

$$\alpha = 4 \left[\frac{\%}{\text{Lux}} \right] \text{ mit } \alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dJ} \quad (6)$$

Es handelt sich also um ein sehr empfindliches Wandlerelement. Um die Frequenzvariation von 1 : 1,6 einhalten zu können, muß daher durch die Widerstände parallel und in Serie zum Photowiderstand die Frequenzvariation auf den zulässigen Hub begrenzt werden. Damit werden auch die Schwankungs- und Drifterscheinungen dieses Bauelementes in günstiger Weise herabgesetzt. Außerdem bietet diese Widerstandskombination eine Vielzahl von möglichen Kennlinieneinstellungen.

Die Drift eines guten Photowiderstandes, z. B. Valvo ORP 63, unter extremen Umweltbedingungen beträgt

$$\left(\frac{\Delta R}{R} \right)_L = \pm 15\%$$

Für die Dauer einer Messung (ca. 2 Std.) besitzen ausgesuchte Widerstände jedoch eine gute Kurzzeitkonstanz. Für den genannten Typ beträgt die Größe

$$\left(\frac{\Delta R}{R} \right)_k \leq 2\%$$

Vor Beginn jeder Messung muß die Anordnung in jedem Falle nachgecheckt werden.

Die erzielbare Genauigkeit sei am Beispiel einer Extinktionsmessung beschrieben, Lichtquelle und Empfänger stehen sich genau gegenüber. Tritt das Licht mit der Intensität I_0 in die Meßstrecke der Länge l ein, so verbleibt nach Durchlaufen dieser Strecke e bei einem Extinktionskoeffizienten E_k die Intensität

$$J = J_0 e^{-E_k l}$$

Ändert sich E_k um dE_k , so ist der Betrag der relativen Intensitätsänderung

$$\left| \frac{dJ}{J} \right| = l dE_k$$

Gemäß (6) beträgt die relative Widerstandsänderung des Photowiderstandes

$$\frac{dR}{R} = \alpha J l dE_k$$

Definiert man die Empfindlichkeit (vergl. KRAUSE und SIEDLER 1962) des Frequenzumsetzers

$$\beta = \frac{1}{f} \frac{df}{dR} \left[\frac{\%}{\Omega} \right]$$

des Frequenzmessers

$$\gamma = f \frac{dU}{df} \left[\frac{V}{\%} \right]$$

des Schreibers

$$\delta = \frac{d a}{d U} \left[\frac{S k T}{V} \right]$$

so ergibt sich für das Gesamtsystem

$$\frac{d a}{d E_k} = \alpha J \cdot \beta R \cdot \gamma \cdot \delta \cdot l \text{ [SKT} \cdot \text{m]}$$

Der relative Fehler der Meßanordnung wird

$$\epsilon = \frac{\Delta J_0}{J_0} + \left(\frac{\Delta R}{R} \right)_k + \frac{\Delta f}{f_2 - f_1} + \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta a}{a}$$

Bei Verwendung eines Frequenzmessers mit einer Genauigkeit von 0,25% und eines Kompensationsschreibers (XY₁Y₂-Schreiber) mit einer Reproduzierbarkeit von 0,1% wird $\epsilon = 3\%$.

Schaltet man in den Frequenzumsetzer einen Thermistor als veränderlichen Widerstand, so erhält man den vom System benötigten Temperaturwandler. Die Kennlinie eines Thermistors ist in Abb. 6 dargestellt, aus Abb. 7 ist der Zusammenhang zwischen Frequenz und Temperatur des gesamten Wandlers zu ersehen. Der hier benutzte Thermistortyp (Fa. VALVO) zeichnet sich durch eine sehr gute Konstanz der elektrischen Eigenschaften aus, so daß der Wandler nur sehr selten nachgeiecht werden muß.

Die Berechnung der Empfindlichkeit des Temperaturkanals verläuft analog zu obiger Rechnung. Der relative Fehler der Anzeige ist hier

$$\epsilon = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta f}{f_2 - f_1} + \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta a}{a}$$

Mit den schon angegebenen Daten erhält man $\epsilon = 0,65\%$. Das entspricht bei einem gewählten Bereich von 12°C einer Genauigkeit von 0,08°C. Die Zeitkonstante des Wandlers beträgt 0,25 sec.

Als Druckwandler zur Gewinnung der Tiefenkoordinate für die Registrierung wurde eine Anordnung gewählt, die schon an anderer Stelle beschrieben wurde (KRAUSE und SIEDLER 1962). Durch Anwendung eines besseren Bourdonrohres, eines besseren Frequenzmessers und eines genaueren Schreibers wird hier eine Genauigkeit von 0,8% vom Gesamtbereich erzielt. Die Kennlinien für 3 Tiefenbereiche sind aus Abb. 8 zu ersehen.

Die geschilderte Methode wurde an einem Gerät zur kontinuierlichen Registrierung der Extinktion und der Temperatur in Abhängigkeit von der Tiefe praktisch erprobt. Das optische System entspricht der von JOSEPH (1949) gewählten Anordnung. Die Druckkörper wurden nach der Hypothese der größten Gestaltsänderungsarbeit für einen Druck von $p = 600 \text{ at}$ berechnet. Danach ist das notwendige Verhältnis des Außen- zum Innendurchmesser eines zylindrischen Körpers

$$\mu \geq \sqrt{\frac{\sigma_{zul.}}{\sigma_{zul.} - 1,73 p}}$$

wobei $\sigma_{zul.}$ die zulässige Materialspannung ist. Für Messing mit $\sigma_{zul.} = 1500 \text{ kp/cm}^2$ ergibt sich $\mu = 1,8$. Da die Schaltung von Abb. 4 nur einen Raum von 300 cm^3 benötigt, konnte der Druckkörper recht handlich bleiben. Der Druckmeßwandler ist als gesonderte Einheit angebracht, die leicht gegen andere mit größerem oder kleinerem Meßbereich ausgetauscht werden kann. Als Lichtquelle diente eine Lampe, die von der Fa. Plechati, Kiel, in einer Sonderanfertigung hergestellt wurde.

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 5)

Abb. 9: Trübungsregistrierung aus dem Skagerrak im Mai 1962.

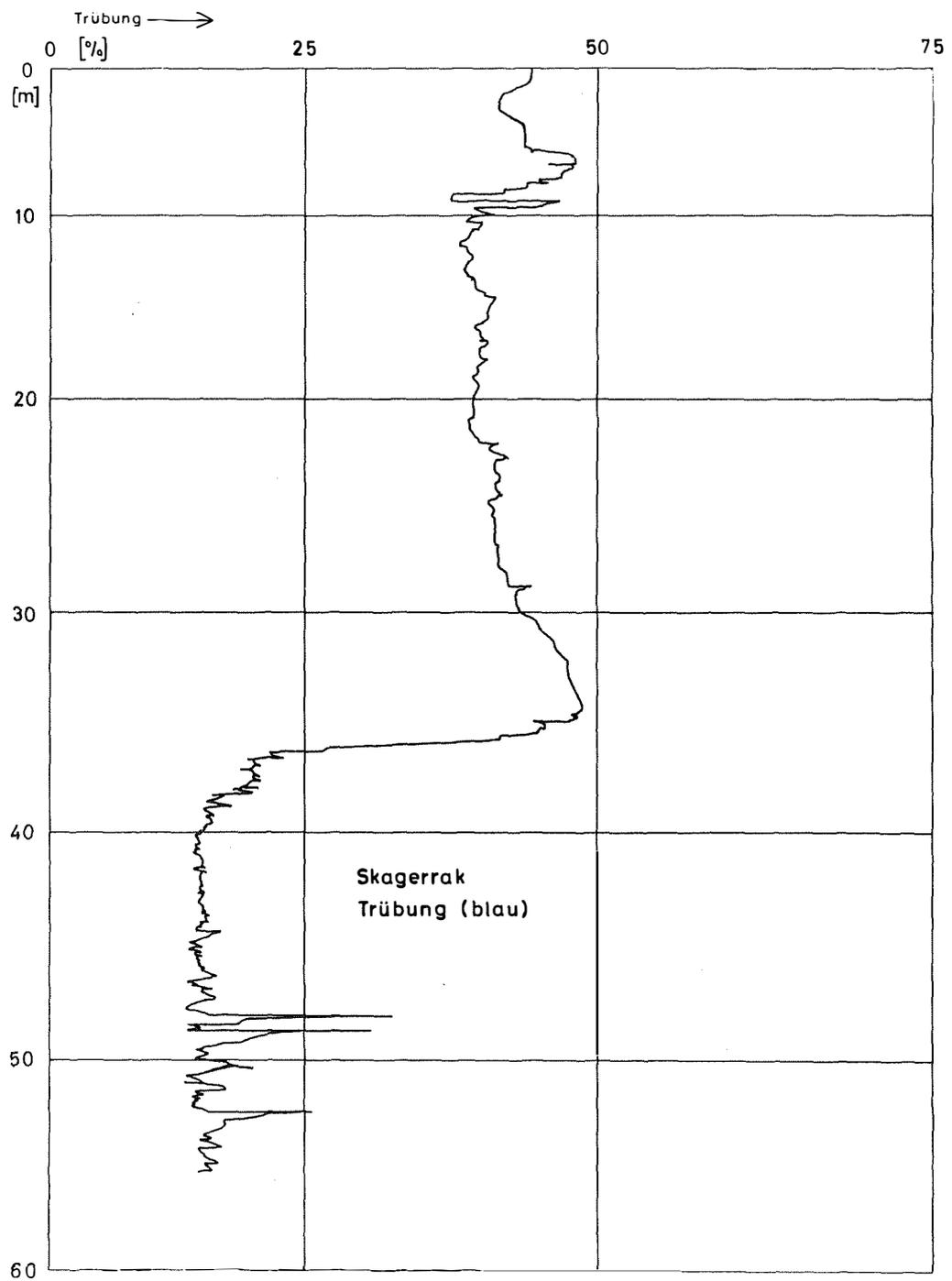


Abb.9

Tafel 5 (zu G. Krause)

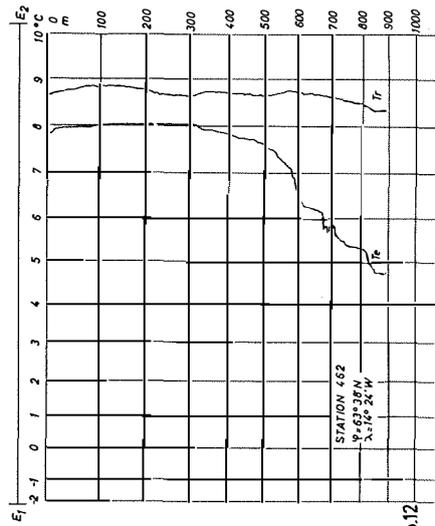


Abb.12

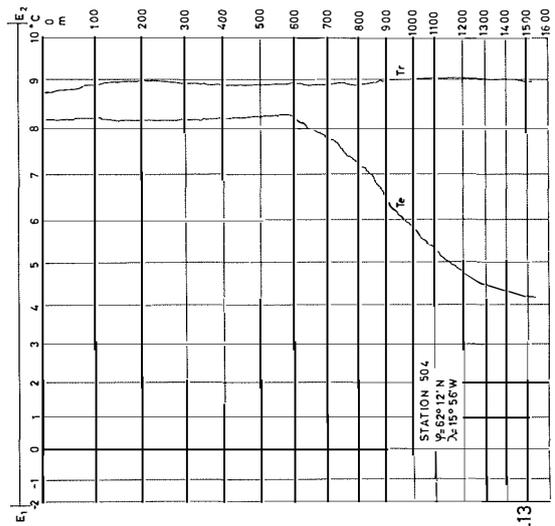


Abb.13

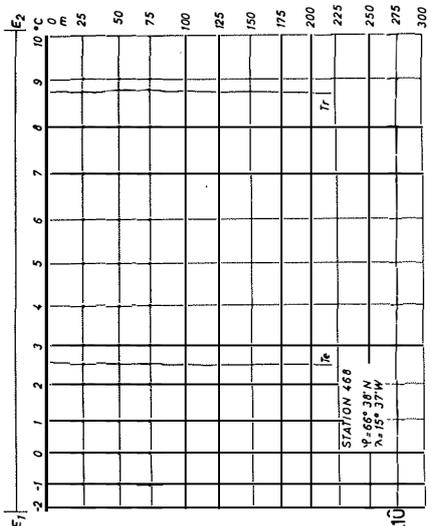


Abb.10

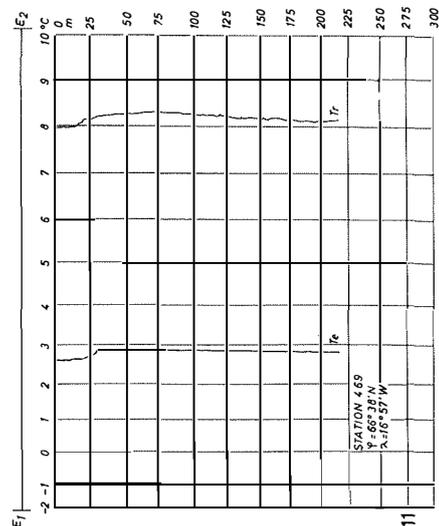


Abb.11

T_e : Temperatur
 T_r : Trübung (tot)

Meßergebnisse

Die Abbildungen 9 bis 13 zeigen Beispiele von Registrierungen, die mit dem beschriebenen Gerät erhalten wurden. Es handelt sich dabei um durchgezeichnete Originalregistrierungen, die in der dargestellten Form in DIN A 3-Größe beim Wegfieren des Tauchgerätes aufgezeichnet werden.

Als Beispiel für die ozeanographische Anwendung von Durchsichtigkeitsregistrierungen kann Abb. 9 dienen. Bei dieser Registrierung, die im Skagerrak aufgenommen wurde, sind Ostseewasser und klares Nordseewasser zu erkennen. Die Beispiele aus Abb. 10 und Abb. 11 stammen aus einem Gebiet nördlich von Island. Sie wurden im März 1963 gemessen und zeigen die dort in dieser Jahreszeit zu erwartende Homogenität. Ganz anders liegen die Verhältnisse südlich Islands. Auf einem Schnitt von Südisland bis zu den Hebriden ergab sich das in Abb. 12 und 13 dargestellte charakteristische Bild: Eine mächtige Deckschicht von 300 bis 600 m Dicke ging in ein Gebiet mit stetigem Temperaturabfall über. 10 bis 50 m über dem Grund lag eine Schicht kälteren Wassers mit Temperaturen zwischen 4°C und 5°C. Leider konnte der letzte Bereich oftmals nicht erreicht werden, da nur ein 1600 m langes Kabel zur Verfügung stand. In der Trübung sind nur geringe Unterschiede festzustellen, wie es in dieser Jahreszeit auch nicht anders zu erwarten ist. Der Bereich zwischen E_1 und E_2 entspricht einer Intensitätsänderung von 60%, die Meßstrecke betrug 50 cm.

Für die Unterstützung bei der Entwicklung der Konstantstromquelle danke ich Herrn Dipl.-Phys. H. M Ihme.

Literaturverzeichnis

- BROWN, N. (1961): Unpublished report about the salinometer constructed at Woods Hole Oceanographic Institution. Symposium on the in situ measurement of salinity and temperature in the sea, National Institute of Oceanography, Wormley. — FUKUDA, M. (1958): Design of an improved Turbidity Meter. Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, 9 (1), 66—67. — GOSSEL, D. (1962): Multivibratorschaltungen mit Transistoren für extrem große kontinuierlich steuerbare Frequenzänderungen. NTZ 10, 511—525. — HINKELMANN, H. (1956): Ein Gerät zur Schnellregistrierung des Druckes, der Temperatur und des Salzgehaltes für Anwendungen in der Ozeanographie. Kieler Meeresf. 12 (2), 200—201. — HINKELMANN, H. (1957): Ein Gerät zur Schnellregistrierung in der Ozeanographie. Z. Angew. Physik 10 (11), 500—503. — HINZPETER, H. (1962): Messungen der Streufunktion und der Polarisation des Meerwassers. Kieler Meeresf. 18 (1), 36—41. — JERLOV, N. G. (1961): Optical Measurements in the Eastern North Atlantic. Kungl. Vetenskaps- och Vitterhets-Samhälles Handlingar Ser. B., 8 (11). — JOSEPH, J. (1949): Über die Messung des „Vertikalen Extinktionskoeffizienten“. Dtsch. Hydrogr. Z. 2 (6), 255—267. — JOSEPH, J. (1949): Durchsichtigkeitsmessungen im Meere im ultravioletten Spektralbereich. Dtsch. Hydrogr. Z. 2 (5), 212—218. — JOSEPH, J. (1950): Durchsichtigkeitsregistrierungen als ozeanographische Untersuchungsmethode. Dtsch. Hydrogr. Z. 3 (1/2), 69—77. — JOSEPH, J. (1955): Extinction measurements to indicate distribution and transport of water masses. Proc. of the UNESCO Symposium on Physical Oceanography, Tokyo 1955, p. 59. — KRAUSE, G. und G. SIEDLER (1962): Zur kontinuierlichen Bestimmung der Tiefenlage von Schleppgeräten im Meere. Kieler Meeresf. 18 (1), 29—33. — KROEBEL, W. (1961): Zur Meßmethodik von ozeanographischen Sondenmeßgeräten. Kieler Meeresf. 17 (1), 17—24. — STEIMEL, K. (1957): Elektronische Speisegeräte. Franzis-Verlag München. — WILLIAMS, J. (1961): A Small Battery-Operated Hydrophotometer. Chesapeake Bay Inst. Techn. Report XXIV Ref. 61—3.

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 6)

- Abb. 10: } Trübungs- und Temperaturregistrierung nördlich Islands im März 1963.
Abb. 11: }
Abb. 12: } Trübungs- und Temperaturregistrierung südlich Islands im März 1963.
Abb. 13: }