

Abbildung 5 schließlich zeigt für einige Tiefen den zeitlichen Verlauf $w(t)$. Da w der vertikalen Teilchenauslenkung proportional ist, ähnelt das Bild demjenigen, das ein Beobachter erhält, der mit regelmäßigen Serienmessungen die Lage der Isothermen oder Isohalinen verfolgt. Charakteristisch für diesen Lösungstyp ist die Verschiebung der Eintrittszeit des Maximums bei Annäherung an die Oberfläche, die bei eigentlichen internen Wellen nicht auftritt. Sie wird von der vertikalen wandernden Grenzschichtwelle hervorgerufen und ist deshalb natürlich auch im Fall $\omega > f$ vorhanden. Vielleicht ist damit eine Möglichkeit gegeben zu entscheiden, ob beobachtete interne Wellen vom Wind oder von anderen Kräften angeregt worden sind.

Der Verfasser führte einen großen Teil der Rechnungen am Institut für Meereskunde der Universität Kiel durch. Erste Ergebnisse, besonders diejenigen der Abschnitte 3a-c, wurden während eines Sommerkurses der Woods Hole Oceanographic Institution erhalten. Für die dort geführten Diskussionen bin ich Dr. F. Bretherton und Dr. S. Jacobs sehr dankbar.

Schrifttum

- Boussinesq, J., 1903: *Théorie analytique de la chaleur*. 2. Paris.
- Eckart, C., 1960: *Hydrodynamics of oceans and atmospheres*. Oxford [usw.].
- Ekman, V. W., 1906: Beiträge zur Theorie der Meeresströmungen. 1-4. *Ann. Hydrogr. u. Marit. Meteorol.* **34**, 423, 472, 527, 566.
- Krauß, W., 1963: Zum System der internen Seiches der Ostsee. *Kieler Meeresforsch.* **19**, Nr. 2. 119.
- Krauß, W., 1966: Methoden und Ergebnisse der Theoretischen Ozeanographie. 2: Interne Wellen. Berlin: Borntraeger.
- Lamb, H., 1932: *Hydrodynamics*. New York.
- Eingegangen im Januar 1966
- LeBlond, P., 1966: On the damping of internal gravity waves in a continuously stratified ocean. *J. Fluid Mech.* **25**, Nr. 1, 121.
- Long, R. R., 1965: On the Boussinesq approximation and its role in the theory of internal waves. *Tellus.* **17**, Nr. 1, 46.
- Magaard, L., 1965: Zur Theorie zweidimensionaler nichtlinearer interner Wellen in stetig geschichteten Medien. *Kieler Meeresforsch.* **21**, Nr. 1, 22.
- Spiegel, E. A. und G. Veronis, 1960: On the Boussinesq approximation for a compressible fluid. *Astrophys. J.* **131**, 442.

Zur Messung der Wassertemperatur auf Handelsschiffen

(Hierzu Tafeln 1 und 2)

Von Hans Walden

UDC 551.46.087 + Measurement methods

Zusammenfassung. 13847 Beobachtungen der Wassertemperatur, die annähernd gleichzeitig mit der Pütz und am Maschinen-Einlaufstutzen auf deutschen Handelsschiffen angestellt wurden, werden nach Zonen geographischer Breite, Ortszeitbereichen und Windstärkeklassen geordnet und statistisch bearbeitet. Im Gesamtmittel wird die Temperatur mittels Pütz um etwa $0,3^{\circ}\text{C}$ niedriger gemessen als am Einlaufstutzen.

On water temperature measurements aboard merchant vessels (Summary). The 13,847 observations of water temperature made almost simultaneously on German merchant vessels with a bucket and at the engine inlet socket have been classified according to geographical latitudes, local time, and wind forces and statistically evaluated. In the total mean the temperature measured with the bucket is by about 0.3°C lower than that measured at the inlet socket.

Mesure de la température de l'eau sur des navires de commerce (Résumé). 13847 mesures de la température de l'eau qui ont été faites à peu près simultanément un thermomètre à seau et à la crépine d'aspiration de la machine, ont été classées par zones de latitude, fuseaux horaires, et numéros de l'échelle des vents, et étudiées statistiquement. En moyenne générale, la température donnée par le thermomètre à seau a été trouvée plus basse d'environ $0,3^{\circ}\text{C}$ que celle mesurée à la crépine d'aspiration.

Einführende Bemerkungen. Zu einer vollständigen Schiffs-Wetterbeobachtung gehört die Bestimmung der Oberflächentemperatur des Wassers. Im Wettertelegramm wird zur Zeit der Unterschied der Temperaturen von Luft und Wasser gemeldet.

Eine Messung der Temperatur genau in der Wasseroberfläche kommt für die große Mehrzahl der Handelsschiffe vorläufig nicht in Betracht, weil die Meßmethoden hierfür in jeder Hinsicht zu aufwendig sind. Man kommt also nicht umhin, in einer gewissen Wassertiefe zu messen. Sie schwankt zwischen etwa 10 cm und einigen Metern.

Auf gewöhnlichen Handelsschiffen kommen fast ausschließlich die folgenden zwei Meßverfahren zur Anwendung:

1. Schöpfen von Wasser mit einer Pütz und Ablesen an einem bei Spezialgeräten fest eingebauten Thermometer,
2. Ablesen der Temperatur am Einlaufstutzen für das Kühlwasser, das für die Maschine benötigt wird.

Auf Spezialschiffen werden auch

3. Einrichtungen verwendet, bei denen sich ein Bimetall-Thermometer außen am Schiff in einem ständig von Wasser durchflossenen Kasten befindet; die Meßgrößen werden elektrisch übertragen.

Mit der Pütz erfaßt man Wasser aus gewöhnlich – je nach Seegang – nur wenigen Dezimetern Tiefe.

Das Einlaufrohr für das Kühlwasser liegt 2 m und mehr unter der Wasseroberfläche. Ähnlich steht es mit dem Meßkopf für das elektrische Fernthermometer.

Bei schwerem Wetter und auf schnellen Schiffen kann die Pütz nicht mehr ohne Gefahr für den Beobachter ins Wasser und zurück an Deck gebracht werden. Man ist dann auf die Bestimmung der Temperatur am Einlaufrohr für die Maschine angewiesen. Aus diesem Grunde ist es wichtig, die Unterschiede kennen zu lernen, die sich bei Anwendung der beiden oder aller drei Methoden einstellen.

Es liegen bereits mehrere Reihen von gleichzeitigen Messungen mit der Pütz und am Kühlwassereinlauf sowie die zugehörigen Auswertungen vor. Im allgemeinen ergab sich, daß am Einlauf (T_E) höhere Wassertemperaturen festgestellt wurden als gleichzeitig mit der Pütz-Methode (T_P). Die Angaben über diese Unterschiede schwanken verhältnismäßig stark.

Nach F. W. Reicheldorfer [1952] war bei 1000 Vergleichsmessungen auf dem Ozean-Wetterschiff „C“ (etwa 53°N 35°W) im April und Mai 1949 das Mittel des Unterschiedes zwischen T_E und T_P kleiner als 0,5°F, wobei das Vorzeichen von $T_P - T_E$ schwankte.

T. H. Kirk und A. H. Gordon [1952] stellten fest, daß T_P im Durchschnitt 1°F höher liegt als T_E .

H. U. Sverdrup [1954] äußerte sich dahingehend, daß am Einlaufstutzen die Temperatur zum Teil um mehrere Grade (Fahrenheit) zu hoch gemessen werde.

Auch C. F. Brooks [1954] ist der Auffassung, daß sich am Maschineneinlauf Erwärmungserscheinungen geltend machen.

G. A. Franceschini [1955] führte Vergleichsmessungen Pütz/Einlaufstutzen im Golf von Mexiko durch und kam zu dem Ergebnis, daß die Übereinstimmung ausreichend sei. Allerdings betrug die Abweichungen bis zu 5°F.

A. Åmot [1955] bearbeitete die Beobachtungen von 09.00 MGZ auf dem norwegischen Ozean-Wetterschiff „M“ und fand nur sehr kleine Unterschiede zwischen T_P und T_E . Die durchschnittliche Differenz lag nahe 0,1°C.

Schon 1951 hatte H. U. Roll [1951] festgestellt, daß auf dem Fischereischutzboot „Meerkatze“ die Größe $T_P - T_E$ in 73,5% aller Beobachtungsfälle nicht größer als $-0,3^\circ\text{C}$ war. Höhere negative Differenzen traten speziell bei Winden > 4 Bft auf. Es ist zu beachten, daß diese Messungen auf einem Schiff mit meteorologischem Fachpersonal mit besonderer Sorgfalt durchgeführt wurden.

J. F. T. Saur [1963] beschreibt Ergebnisse von 2½-jährigen gleichzeitigen Messungen von T_P und T_E auf amerikanischen Marine-Transportschiffen. Es handelte sich hauptsächlich um Fahrten in den Tropen oder Subtropen. Aus insgesamt 6826 Beobachtungen ergibt sich ein Mittel von $T_P - T_E = -1,2^\circ \pm 0,6^\circ\text{F}$.

Mit den Ursachen für die Unterschiede bei Temperaturmessungen mit der Pützmethode und am Einlaufstutzen für die Maschine haben sich die Weltorganisation für Meteorologie und verschiedene Autoren befaßt, insbesondere C. F. Brooks [1951, 1954] und J. F. T. Saur [1963]. Die Möglichkeiten für Ungenauigkeiten bei den Messungen sind recht zahlreich. Es sei hier nur darauf hingewiesen, daß am Einlaufstutzen für das Kühlwasser wegen der Nähe der Maschine die Gefahr einer zusätzlichen Erwärmung sehr groß ist, während bei der Pütz-Methode Abkühlungsfaktoren einen beträchtlichen Einfluß ausüben können, wenn während der Messung nicht größte Sorgfalt geübt wird.

Das Beobachtungsmaterial und seine Behandlung. Der folgenden statistischen Untersuchung liegen insgesamt 13847 (nahezu) gleichzeitige Beobachtungen der Wassertemperatur nach der Pütz-Methode und am Maschineneinlauf auf deutschen Handelsschiffen zugrunde. Bei den Schiffen handelt es sich größtenteils um mittelgroße Frachter im Überseeverkehr; aber auch große Passagierschiffe und Fischdampfer sind beteiligt. Der wesentliche Teil der Aufzeichnungen stammt aus den Jahren seit 1960.

Hinsichtlich der Beobachtungsgenauigkeit sind die Verhältnisse auf Frachtschiffen und Fischdampfern weit schlechter als etwa auf Spezialschiffen mit meteorologischem oder ozeanographischem Fachpersonal. Auf einer ganzen Reihe von Schiffen wird nur mit einer Genauigkeit von $0,5^{\circ}\text{C}$ abgelesen. Diese Angaben konnten nicht ganz ausgeschieden werden. Viele Beobachter notieren aber auf $0,1^{\circ}\text{C}$ genau. Aufzeichnungen mit einer Ablesegenauigkeit von nur 1°C sind für die Auszählungen nicht – oder höchstens in sehr geringer Anzahl – berücksichtigt worden.

Nicht wenige Aufzeichnungen sind unrichtig. Leider ist es nicht ohne weiteres möglich, die fehlerhaften Beobachtungen zu eliminieren, weil die Ursache des Fehlers nicht bekannt ist. Bei der Berechnung von Mittelwerten wurden aber Werte von $\Delta T \geq +3^{\circ}$ und $\leq -3^{\circ}\text{C}$ nicht mit berücksichtigt. Im übrigen ermöglichen die Häufigkeitsstatistiken einen Einblick in die starke Streuung der ΔT -Werte und somit in die Verlässlichkeit der Aufzeichnungen.

Das Beobachtungsmaterial ist also wenig befriedigend. Wenn es trotzdem statistisch bearbeitet wurde, so, um einen Einblick in diese Beobachtungen, aus denen schon viele weitreichende wissenschaftliche Schlüsse gezogen worden sind, zu erhalten. Von den Ergebnissen der Auswertung kann also keine oder höchstens eine sehr durch andere Erscheinungen überdeckte Aussage über Unterschiede der tatsächlichen Temperaturen in der Pütz und am Einlaufstutzen erwartet werden. Die Statistik zeigt vielmehr, welcher Wert den Beobachtungen auf Handelsschiffen und Fischdampfern in den letzten Jahren beizumessen ist.

Die insgesamt 13847 Doppelbeobachtungen wurden zunächst unterteilt nach den drei Breitenzonen

$$\begin{array}{l} 0 \text{ bis } 24,9^{\circ} \\ 25 \text{ bis } 49,9^{\circ} \\ \text{und} \quad \geq 50^{\circ} \end{array}$$

nördlicher und südlicher Breite. Als sich zeigte, daß die statistischen Werte für die Zone $\geq 50^{\circ}$ Breite in starkem Maße beeinflußt wurden durch die Beobachtungen der Fischdampfer, auf denen oft besondere Verhältnisse vorliegen, wurde das verfügbare Material unabhängig von der genannten Einteilung nochmals geordnet, und zwar nach den Breitenzonen

$$\begin{array}{l} 40 \text{ bis } 54,9^{\circ} \\ \text{und} \quad \geq 55^{\circ} \text{ Breite.} \end{array}$$

Die Zone $\geq 55^{\circ}$ Breite enthält fast ausschließlich Fischdampfer-Beobachtungen, da Frachtschiffe nur relativ selten diese hohen Breiten aufsuchen.

Es ist zu erwarten, daß über den Sonnenstand auch die Tageszeit einen Einfluß auf den Unterschied $T_p - T_E$ – im folgenden stets mit ΔT bezeichnet – ausübt. Für jede einzelne Beobachtung wurde daher unter Benutzung von Hilfsdiagrammen die Ortszeit bestimmt. So konnte das Material nach Bereichen der Ortszeit-Stunden eingeteilt werden; diese sind:

07 bis 10 Uhr Ortszeit
11 bis 13 " "
14 bis 16 " "
17 bis 20 " "
21 bis 06 " "

Während des Zeitbereichs 11 bis 13 Uhr muß die Sonneneinstrahlung durchschnittlich am stärksten gewesen sein, während von 21 bis 06 Uhr überwiegend Ausstrahlung geherrscht haben sollte.

Auch die Seebewegung ist wegen des Durchmischungsgrades in oberen Wasserschichten nicht ohne Einfluß auf die Meßergebnisse bzw. auf die Größe von ΔT . Da der Zustand der Meereswellen wenigstens teilweise von dem am Orte herrschenden Wind abhängt, wurde das Material schließlich auch in folgende Klassen der zur Zeit der Beobachtung herrschenden Windstärke eingeteilt:

0 bis 1 Bft
2 bis 4 "
5 bis 7 "
≥ 8 "

Für die Kollektive, die sich aus der Unterteilung nach Breitenzonen, Ortszeitbereichen und Windstärkegruppen ergeben, wurden Häufigkeitsverteilungen und Mittelwerte der ΔT -Werte gebildet. Die sich ergebenden Häufigkeitstabellen sind zu umfangreich, als daß sie veröffentlicht werden könnten. Aus diesem Grunde wurden – getrennt nach Breitenzonen – die relativen Häufigkeiten in ‰ unter Zusammenfassung „für alle Windstärken“ bzw. „für alle Ortszeiten“ gebildet. Sie sind in den Tabellen 1a–d (s. Tafeln 1 und 2) wiedergegeben. Die Zahl der jeweils für die ‰-Bildung verwendeten ΔT -Einzelwerte ist am Fuß jeder Spalte beigefügt. Auch ΔT -Werte $> +3,0^\circ$ bzw. $< -3,0^\circ\text{C}$ sind berücksichtigt.

Für die Breitenzone 25° bis $49,9^\circ$ findet man diese relativen Häufigkeiten in Abb. 1 als Säulen graphisch dargestellt. So sind auffällige Besonderheiten und Unterschiede der Verteilungen leichter zu erkennen.

Tabelle 2 enthält die Mittelwerte von ΔT in der geschilderten Aufgliederung. Die Zahl der jeweils benutzten Beobachtungen ist auch hier beigefügt. $\Delta T \geq +3,0^\circ$ und $\leq -3,0^\circ\text{C}$ wurden hier nicht berücksichtigt. Auch diese Größen wurden zur Erleichterung von Vergleichen graphisch dargestellt (Abb. 2).

Bemerkungen zu den Ergebnissen. Die Tabellen 1a–d und Abb. 1 weisen zunächst die äußerst starke Streuung der ΔT -Werte aus. Der Unterschied bei Messungen der Wassertemperatur mit den beiden Verfahren ist vollständig überdeckt durch viele mehr oder weniger grobe Fehler. Daß die Verteilungen nicht zu $\Delta T = 0$ symmetrisch liegen, ist leicht zu erkennen. Anscheinend weisen sie auch „Schiefe“ in dem Sinne auf, daß der Abfall der Häufigkeiten in Richtung positiver ΔT stärker (steiler) ist als im Bereich der negativen ΔT .

Sehr deutlich tritt die Bevorzugung der ΔT -Werte, die die Ziffer 0 oder 5 als Dezimalstelle besitzen, auf. Dies ist darauf zurückzuführen, daß viele Schiffe – wie erwähnt – nur auf $1/2$ Grad genau beobachten.

Den Darstellungen der Mittelwerte von ΔT (Abb. 2 und Tab. 2) entnehmen wir, daß am Einlaufstutzen zur Maschine im großen Durchschnitt um etwa $0,3^\circ$ wärmer als mit der Pütz-methode beobachtet wird. Gründe hierfür sind oben bereits erwähnt worden.

In verhältnismäßig guter Übereinstimmung stehen die Mittelwerte im unteren Teil der Abb. 2 (alle Windstärken, Aufgliederung nach Ortszeitbereichen) für die Breitenzonen 0 bis $24,9^\circ$, 25 bis $49,9^\circ$ und $\geq 50^\circ$. Ein täglicher Gang kommt gut heraus. Möglicherweise unterliegt die Pütz am Tage und besonders in der Mittagszeit einer Erwärmung durch direkte Sonnenbestrahlung. Sie würde eine – wahrscheinlich fehlerhafte – Minderung der ΔT -Werte bewirken. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß der Tagesgang zumindest teilweise echt ist und dadurch hervorgerufen wird, daß das Oberflächenwasser, aus dem mit der Pütz geschöpft wird, durch Strahlung am Tage angewärmt wird. Für diese Annahme spricht insbesondere der Umstand, daß ΔT im Ortszeitbereich 07 bis 10 Uhr noch recht groß ist, zu einer Zeit also,

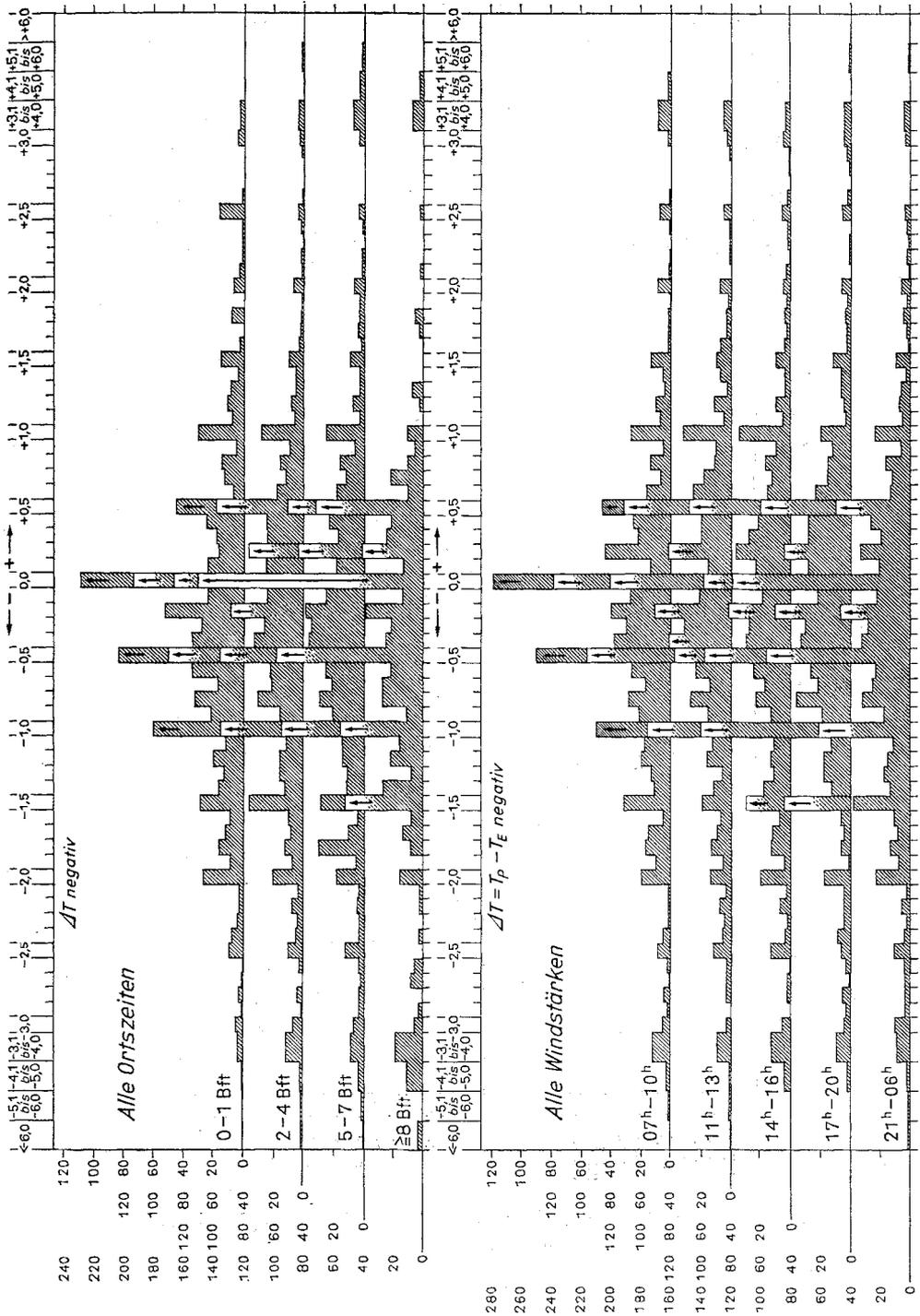


Abb. 1. Häufigkeitsverteilung der ΔT -Werte in % für die Breitenzone 25 bis 49,9°

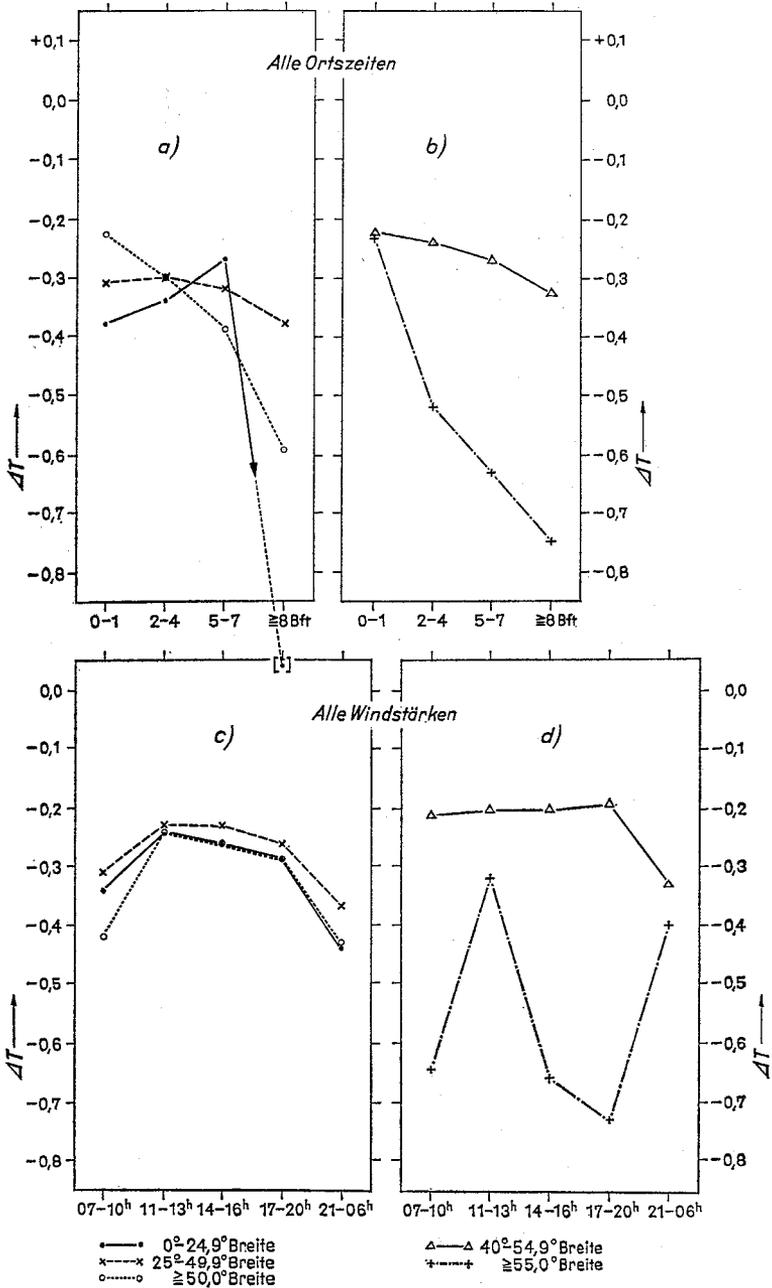


Abb. 2. Mittelwerte der ΔT für verschiedene Breitenzonen in Abhängigkeit von der Windstärke und der Ortszeit

in der die Sonne zumeist über dem Horizont steht. Ebenso hat zur mittleren Sonnenuntergangszeit der Tag-Effekt erst wenig nachgelassen. – Auffällig und nicht ohne weiteres erklärlich ist an Abb. 2, Teil c, daß die Beobachtungen in den Tropen mit den Auswertungen für $\geq 50^\circ$ Breite besser übereinstimmen als mit der Zwischenzone (25 bis $49,9^\circ$ Breite).

Gliedert man die Aufzeichnungen nach den Breitenzonen 40 bis $54,9^\circ$ und $\geq 55^\circ$ (Abb. 2, Teil d), so erhält man überraschenderweise Mittelwerte, die sowohl dem Betrage nach als auch in bezug auf ihren täglichen Gang von den Ergebnissen der Abb. 2c erheblich abweichen. Aus der Zone 44 bis $54,9^\circ$ Breite liegen insgesamt 5519 Doppelbeobachtungen vor, so daß die Ergebnisse als statistisch gesichert angesehen werden können. Daß ΔT durchschnittlich aber dem Betrage nach kleiner als bei anderen Zoneneinteilungen ist, kann bei der Zahl möglicher Einflüsse nicht geklärt werden. Für die Breitenzone $\geq 55^\circ$ konnten 1870 Beobachtungen verwendet werden. Es scheint, daß diese Zahl in Anbetracht der zahlreichen Abweichungen durch Fehler zu gering ist, um brauchbare Mittelwerte zu ergeben.

Bei der Abhängigkeit unserer Mittelwerte von der Windstärke (Abb. 2 oberer Teil) haben Meßfehler vermutlich auch einen starken Einfluß ausgeübt. Bei exakter Messung wäre zu erwarten, daß zunehmender Wind eine stärkere Durchmischung der oberen Wasserschichten und somit einen Ausgleich eventuell vorhandener Temperaturunterschiede nahe der Oberfläche (Pützmessung) und in einigen Metern Tiefe (Einlaufstutzen) bewirkt. Dieser Windeinfluß müßte am deutlichsten in den Tropen sein. Dies ist in unseren Ergebnissen auch der Fall: In Abb. 2, Teil a, wird ΔT für die Breitenzone 0 bis $24,9^\circ$ Breite mit zunehmender Windstärke wenigstens bis zur Gruppe 5 bis 7 Bft dem Betrage nach kleiner. Die Gruppe ≥ 8 Bft ist in den Tropen nur mit zehn Beobachtungen ausgestattet, so daß dem Ergebnis kein Gewicht beizulegen ist.

Je mehr wir uns von den Tropen entfernen, um so deutlicher wird die Zunahme des Temperaturunterschiedes mit stärkerem Wind. Wohl ist in der Zone vorherrschender Westwinde und veränderlichen Wetters die Ausbildung einer warmen Schicht an der Wasseroberfläche während des Tages seltener und im Durchschnitt schwächer, aber keinesfalls dürfte der Betrag von ΔT mit Windzunahme in so hohem Maße größer werden. Es ist daher zu befürchten, daß die Pütz nach dem Einholen vor der Ablesung zu lange dem Wind ausgesetzt wird oder daß das Wasser vor der Beobachtung sogar ausgeschüttet wird. Die mit der Windstärke zunehmende Verdunstung würde eine Abkühlung am Wasserthermometer und entsprechend eine fehlerhafte Beobachtung bewirken.

Unsere Statistik gewährt uns einen Einblick in die Zuverlässigkeit von Beobachtungen der Wassertemperatur auf Handelsschiffen. Es besteht wohl kein Zweifel daran, daß am Einlaufstutzen zur Maschine im Durchschnitt eine zu hohe Temperatur abgelesen wird. Besondere Maßnahmen zur Beseitigung dieses Fehlers sind auf norwegischen Schiffen (vgl. F. Spinnangr [1964]) mit Erfolg getroffen worden. – Mit der Pütz wird bei stärkerer Luftbewegung durchschnittlich eine zu niedrige Wassertemperatur notiert. Bei Sonneneinstrahlung tritt eine Fälschung der Wassertemperatur in umgekehrter Richtung auf. Beide Fehler können einander teilweise aufheben. Bei der Beobachtung mit der Pütz kann nur erhöhte Sorgfalt der Beobachter eine Besserung herbeiführen.

Die Untersuchung zeigt, mit welcher Vorsicht Beobachtungen von Wassertemperaturen, die nicht von Spezialpersonal ausgeführt wurden, zu behandeln sind. Dadurch, daß ein immer größerer Anteil der Wassertemperaturbeobachtungen am Maschineneinlauf vorgenommen wird, könnte sogar ein Anheben der Wasserwärme im Laufe der Jahre vorgetäuscht werden.

Schrifttum

- Ämot, A., 1955: Measurements of sea surface temperature for meteorological purposes. Results of observations from Ocean Weather Station M. Meteorologische Ann. 4, Nr. 1.
- Brooks, C. F., 1951: Zit. in: World Meteorol. Org., Comm. for Marit. Meteorol., 1st session, Doc. 5.
- Brooks, C. F., 1954: Zit. in: World Meteorol. Org., Techn. Note No. 2. Methods of observation at sea. P. 1. Sea surface temperature. S. 2.
- Franceschini, G. A., 1955: Reliability of commercial vessel reports of sea surface temperatures in the Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribbean. 5, 42.

- Kirk, T. H. u. A. H. Gordon, 1952: Comparison of intake and bucket methods for measuring sea temperature. *Mar. Observer*, **22**, 53.
- Reichelderfer, F. W., 1952: Zit. in: *World Meteorol. Org., Techn. Note No. 2*, S. 21; auch: Brief an d. Präs. d. Comm. for Marit. Meteorol. v. 4. Febr. 1952.
- Roll, H. U., 1951: Wassertemperaturmessungen an Deck und im Maschinenraum. *Ann. d. Meteorol.* **4**, 439.
- Saur, J. F. T., 1963: A study of the quality of sea water temperatures record in logs of ships' weather observations. *J. Appl. Meteorol.* **2**, 417.
- Spinnangr, F., 1964: Zit. in: *World Meteorol. Org., Comm. for Marit. Meteorol.*, 4th session, Doc. 4, Appendix B.
- Sverdrup, H. U., 1954: Zit. in: *World Meteorol. Org., Techn. Note No. 2*, S. 6.

Eingegangen im Dezember 1965

Eine Bestimmungsmethode für die radioaktiven Isotope ^{60}Co , ^{54}Mn und ^{65}Zn in Meerwasser

Von Dieter E. Schmitt

UDC 551.464.673.02
551.464.671.1.02
551.464.647.02

Zusammenfassung. Im Auftrage des Deutschen Hydrographischen Instituts in Hamburg wurde vom Verfasser ein radiochemisches Trennungsverfahren für die künstlich radioaktiven Isotope ^{60}Co , ^{54}Mn und ^{65}Zn aus Meerwasser ausgearbeitet. Das Verfahren ist in seiner Anwendung nicht allein auf Meerwasser beschränkt, sondern kann unter Berücksichtigung kleinerer Modifikationen auch auf Wasser niedrigerer Ionenkonzentration angewandt werden.

Die Methode ist ein rein anorganisches Verfahren ohne Verwendung von Ionenaustauschern (Kunstharzaustauschern). Die Endabtrennung der einzelnen radioaktiven Isotope zusammen mit ihrem entsprechenden inaktiven Trägerelement geschieht bei Co als $\text{Cs}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$, bei Mn als MnO_2 und bei Zn als $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Die Nachweisempfindlichkeit des Verfahrens ist bei der Aufarbeitung von 100 l Meerwasser für jedes Isotop besser als 0,2 pC/l.

A method of determining the radioactive isotopes ^{60}Co , ^{54}Mn , and ^{65}Zn in sea water (Summary). On behalf of the Deutsches Hydrographisches Institut in Hamburg a radiochemical method of separating the artificially radioactive isotopes ^{60}Co , ^{54}Mn , and ^{65}Zn from sea water has been developed by the author. This method can be applied not only to sea water but, after considering some slight modifications, also to water of a lower ion concentration.

It is a purely inorganic method without ion exchangers (synthetic resin exchangers). The final separation of the single radioactive isotopes together with their respective inactive carrier takes place in the case of Co as $\text{Cs}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$, in the case of Mn as MnO_2 , and in the case of Zn as $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$. The efficiency of this method for 100 l of sea water is better than 0.2 pC/l.

Une méthode pour déterminer les isotopes radioactifs ^{60}Co , ^{54}Mn et ^{65}Zn dans l'eau de mer (Résumé). A la demande du Deutsches Hydrographisches Institut à Hambourg l'auteur a mis au point un procédé de séparation radiochimique pour les isotopes radioactifs artificiels ^{60}Co , ^{54}Mn et ^{65}Zn tirés de l'eau de mer. Le procédé ne s'applique pas seulement à l'eau de mer mais, sous réserve de petites modifications, également à de l'eau de concentration ionique plus faible.

La méthode constitue un procédé purement inorganique sans utilisation d'échangeurs d'ions (échangeurs à résines synthétiques). La séparation finale des divers isotopes radioactifs avec leur élément porteur neutre correspondant, s'effectue pour Co sous forme de $\text{Cs}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$; pour Mn, sous forme de MnO_2 et pour Zn, sous forme de $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Pour 100 litres d'eau de mer traitée la sensibilité vérifiée du procédé est meilleure que 0,2 pC/l.

A. Allgemeiner Teil

Die durch Anwendung von Kernenergie in die Biosphäre gelangenden künstlich radioaktiven Isotope ^{60}Co , ^{54}Mn und ^{65}Zn werden, vor allem wenn sie im wässrigen Medium vorliegen, von pflanzlichen und tierischen Organismen, mit denen sie in Berührung kommen, durch chemische Bioakkumulation oder durch physikalische Adsorption aufgenommen. Hierbei sind Anreicherungsfaktoren von einigen 10000 in bezug auf die Konzentration des umgebenden wässrigen Mediums, besonders bei Mangan und Zink, nicht selten. Speziell bei tierischen Organismen, die der menschlichen Ernährung dienen, kann dies zur unmittelbaren