

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

Der Membran-Salzfühler als geeignetes Gerät zur Registrierung der Schichtung im Meere

Von JORIS M. T. M. GIESKES

Zusammenfassung: An Hand von erzielten Resultaten mit dem Membran-Salzfühler wird die Genauigkeit dieser Methode zur Registrierung der Salzsichtung diskutiert. Die Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse wird besprochen. Einige Messungen in der Ostsee werden als Beispiele angeführt.

The membrane salinity sensor as a suitable instrument for the registration of the layering in the sea (Summary): With the aid of some results the accuracy of the membrane salinity sensor is discussed. The reproducibility of the measurements is determined. Some recordings in the Baltic Sea demonstrate the usefulness of the method.

Während einer ozeanographischen Forschungsreise in der Ostsee 1956 benutzte WÜST (1963) einen Temperaturfühler zum Studium der thermischen Mikrostruktur auf verschiedenen Stationen. Mit Hilfe von Salzgehaltswerten, die er klassischen Hydroserien entnahm und mit den gemessenen Temperaturfühlerdaten bestimmte er anhand von T-S-Diagrammen die Salzgehaltswerte für je 2 m Wassertiefe. Eine derartige Interpolation basiert auf der Annahme, daß in der Verteilung von Temperatur und Salzgehalt keine Anomalien vorkommen. WÜST wies — insbesondere für das Arkona-Becken — auf die Schwäche dieser Annahme hin und betonte die Notwendigkeit kontinuierlicher Salzgehaltregistrierungen. SIEDLER (1961) hat auf einigen Dauerstationen in der Ostsee mit der Bathysonde derartige Messungen durchgeführt. Dabei wurde im Arkona-Becken, wo intermediäre Maxima und Minima in der Temperaturverteilung vorkommen, keine Salzgehaltsinversionen beobachtet. Im Gegensatz dazu ist im Bornholm-Becken eine Salzgehaltsinversion vorhanden, allerdings nicht im Zusammenhang mit einer Temperaturinversion.

Im Mai 1966 wurden erneut hydrographische Dauerstationen in verschiedenen Ostseebecken durchgeführt, wobei Temperatur- und Salzgehaltsregistrierungen mit einem von KOSKE (1964, 1965) beschriebenen Gerät gewonnen wurden. Position, Datum und Dauer der Stationen sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

Tabelle 1
Stationen in der Ostsee während der Forschungsfahrt „Alkor“
Mai—Juni 1966

Stationsnummer	Becken	Position	Datum	Dauer
3	Gotland-Tief	57°22'N 19°57'E	20. 5. 66	11.00—17.50
4	Finnischer Meerbusen	59°20'N 22°49'E	21. 5. 66	9.00—13.30
5	Finnischer Meerbusen	59°19'N 22°48'E	29. 5. 66	17.25—21.10
6	Landsort-Tief	58°38'N 18°16'E	30. 5. 66	10.05—14.25
7	Gotland-Tief	57°20'N 20°03'E	31. 5. 66	00.05—02.35
8	Arkona-Becken	55°05'N 14°09'E	1. 6. 66	01.05—01.40

Auf jeder Station wurden über mehrere Stunden in regelmäßigen Abständen Registrierungen durchgeführt. Die Eichung der Sonde erfolgte durch Hydroserien, die am Anfang oder am Ende der Station gefahren wurden. Die Salzgehaltswerte dieser Serien wurden mit dem Induktiv-Salinometer (Brown, Hamon 1961) bestimmt.

Die kontinuierlichen Messungen wurden mit Hilfe eines X-Y-Schreibers aufgezeichnet, wobei die X-Achse in Abhängigkeit von Druck gesteuert wurde. Dabei war der Schreiberausschlag proportional zur Tiefe. Das gleiche galt für die Temperaturmessung mit einem Thermistor, wobei 1 Skalenteil $0,1^{\circ}\text{C}$ entsprach. Die kontinuierlichen Registrierungen wurden mit Daten aus Hydroserien geeicht. Die Fiergeschwindigkeit wurde möglichst konstant gehalten und betrug $0,5\text{ m pro Sekunde}$. Die Zeitkonstanten des Thermistors und der Membranelektroden lassen solche Fiergeschwindigkeit zu. Da bei sehr niedrigen Fiergeschwindigkeiten anomale Potentiale auftreten können, soll mit diesem T-S-Fühler entweder in stationärem Zustand (Membranpotential hauptsächlich abhängig von Filmdiffusion), oder bei höheren Geschwindigkeiten, wie z. B. $0,5\text{ m pro Sekunde}$ (Potential abhängig von Membrandiffusion) gemessen werden.

Abb. 1 (Tafel 1) zeigt eine Eichkurve für Station 4. Die Abweichungen von der Eichkurve liegen innerhalb von $0,05\text{‰}$. KOSKE (1964) und auch GIESKES (1967) haben auf die zu erwartenden Fehler, die durch Temperaturänderungen entstehen können, hingewiesen. Solche Fehler hätten falsche Registrierwerte zur Folge. Aus Abb. 1 geht jedoch hervor, daß der Temperatureinfluß minimal ist. Die Abweichungen liegen innerhalb der Meßfehler. Die relative Genauigkeit der T-S-Sonde beträgt demnach $\pm 0,1\text{‰}$, die absolute Genauigkeit der Temperaturregistrierung etwa $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

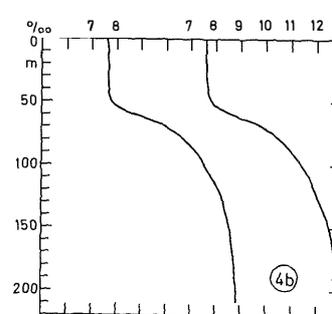
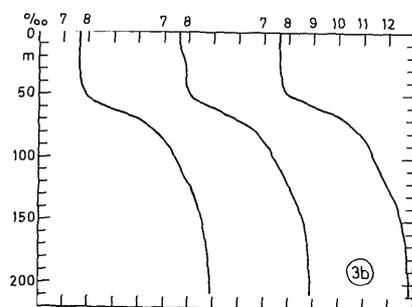
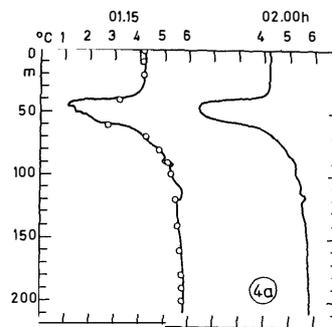
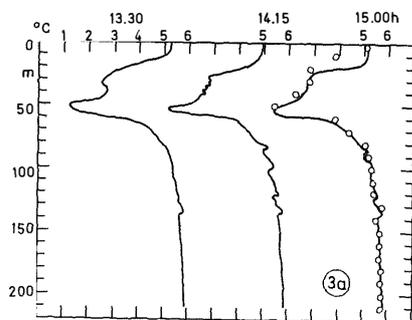
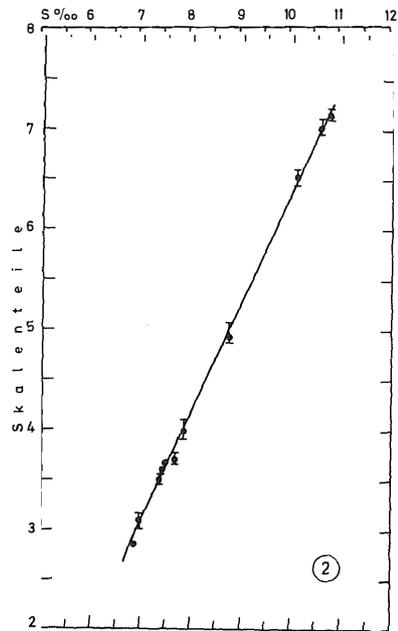
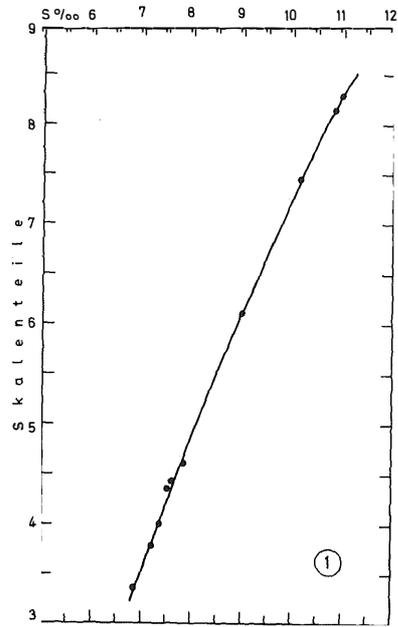
In Abb. 2 sind für alle Registrierungen auf Station 5 die von den hydrographischen Serien entnommenen Salzgehaltswerte gegen die von der Salzgehaltssonde aufgetragen. Dabei sind die Abweichungen von den mittleren Werten angegeben. Die Abbildung zeigt, daß die Abweichungen im allgemeinen innerhalb von $\pm 0,1\text{‰}$ liegen. Größere Streuungen sind auf kurzfristige Variationen der Schichtung zurückzuführen. Es ist deshalb zweckmäßig, die der Hydroserie zeitlich am nächsten liegende Registrierung für die Eichung zu benutzen.

In Tabelle 2 werden für Station 4 die den Registrierungen entnommenen Salzgehalt- und Temperaturwerte für Standardtiefen wiedergegeben. In den letzten zwei Spalten sind die Daten der Hydroserie eingetragen.

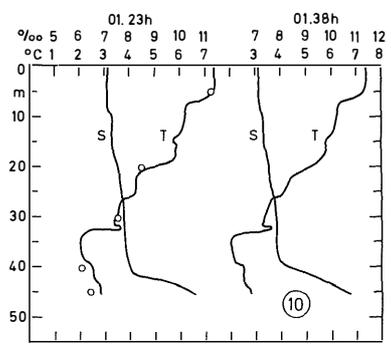
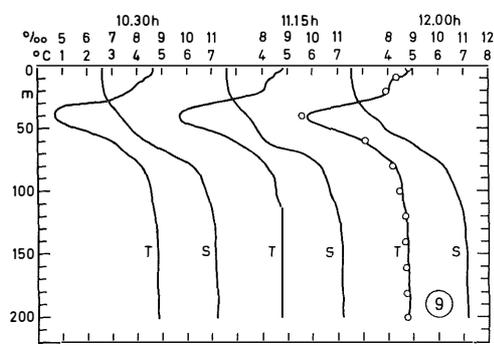
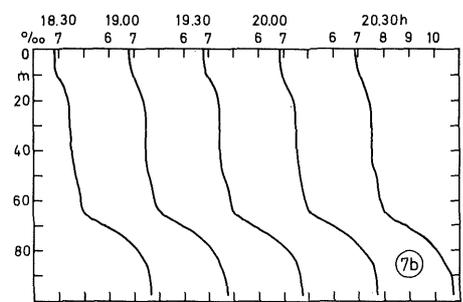
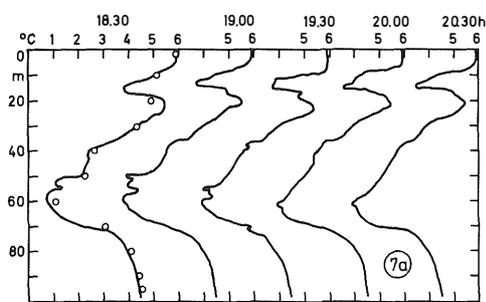
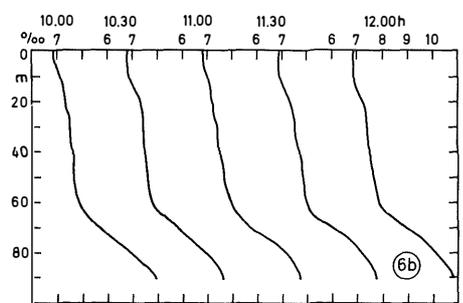
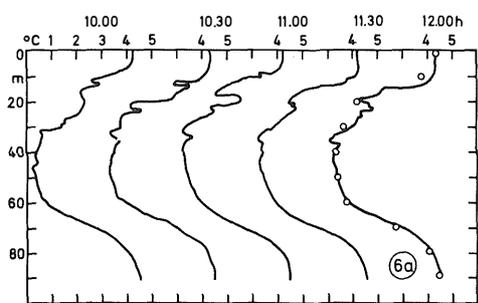
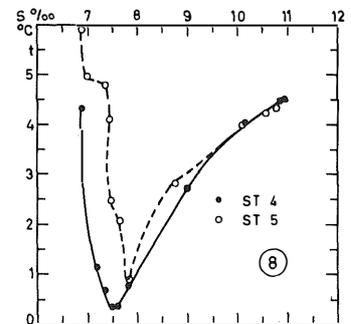
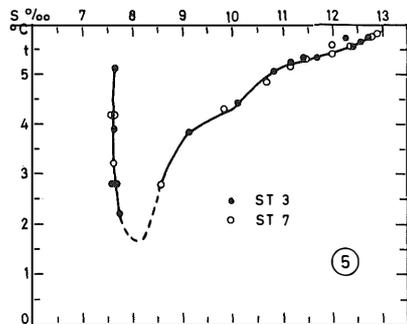
Die kontinuierlichen Registrierungen ergaben, daß der Oberflächensalzgehalt für hinreichend lange Zeit konstant blieb. Deshalb wurde für jede Registrierung ein Oberflächensalzgehalt (1 m Tiefe) von $S = 6,88\text{‰}$ angenommen. Auf 90 m Tiefe ergab sich dann ein Salzgehalt von $S = 10,79\text{‰} \pm 0,08$ (Tabelle 2). Man kann daraus folgern, daß eine Eichkurve über mehrere Stunden innerhalb eine Genauigkeit von $0,1\text{‰}$ verwendet werden kann. Erst größere Änderungen können als Variationen der Schichtung betrachtet werden. Diese größeren Änderungen kommen in Tiefen vor, in denen auch eine Unruhe in der Temperaturverteilung vorhanden ist. Tabelle 2 zeigt deutlich, daß in einigen Tiefen, wie z. B. 20 bis 40 Meter, große thermische Schwankungen vorhanden

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 1)

- Abb. 1: Eichkurve für Station 4
- Abb. 2: Sammeleichkurve für Station 5
- Abb. 3 a: Temperaturverteilung auf Station 3
- Abb. 3 b: Salzgehaltsverteilung auf Station 3
- Abb. 4 a: Temperaturverteilung auf Station 7
- Abb. 4 b: Salzgehaltsverteilung auf Station 7



Tafel 1 (zu J. M. T. M. Gieskes)



Tafel 2 (zu J. M. T. M. Gieskes)

Tabelle 2
Salzgehalt und Temperatur in Standardtiefen auf Station 4

Tiefe	11.00 h		11.30 h		12.00 h		14.45 h	
	S ‰	°C						
1	6.88	4.30	6.88	4.28	6.88	4.30	6.88	4.30
5	6.88	4.25	6.88	4.28	6.88	4.28		
10	7.05	3.20	6.88	4.15	6.89	4.20	6.89	3.91
15	7.13	1.85	7.20	2.20	6.93	2.15		
20	7.14	2.60	7.34	1.45	7.21	1.60	7.21	1.31
25	7.27	1.40	7.44	1.40	7.31	1.25		
30	7.41	0.40	7.51	1.00	7.38	1.00	7.38	0.89
35	7.45	0.50	7.58	0.20	7.48	0.15		
40	7.51	0.30	7.67	0.45	7.51	0.50	7.51	0.54
45	7.63	0.30	7.75	0.20	7.57	0.20		
50	7.68	0.40	7.80	0.40	7.63	0.40	7.63	0.57
55	7.78	0.60	7.90	0.60	7.74	0.50		
60	7.91	0.95	8.01	0.85	7.85	0.90	7.85	0.95
65	8.29	1.75	8.30	1.65	8.30	2.00		
70	8.89	2.75	8.96	2.75	9.01	3.00	9.01	2.88
75	9.58	3.70	9.58	3.70	9.68	3.80		
80	10.12	4.15	10.11	4.15	10.15	4.20	10.15	4.13
85	10.52	4.40	10.52	4.35	10.60	4.40		
90	10.71	4.50	10.83	4.55	10.84	4.55	10.84	4.54

sind. Die Temperatur ist hier ein besseres Maß für die innere Unruhe als der Salzgehaltswert, wie schon HELLA und KRAUSS (1959) gezeigt haben.

Die gute Übereinstimmung der Registrierung des Salzgehaltes mit der T-S-Sonde und den Daten der Hydroserie ist aus den obigen Überlegungen deutlich geworden. Die Sonde ermöglicht infolge ihres größeren Auflösungsvermögens eine bessere Interpretation der Salzgehaltskurve und erfaßt gleichzeitig die thermische Mikrostruktur über längere Zeitperioden.

Resultate in der Ostsee

Die Abbildungen 3a und 3b (Tafel 1) zeigen die Verteilung von Temperatur und Salzgehalt im Gotland-Tief. Eine ähnliche Verteilung in der unmittelbaren Nähe, jedoch 11 Tage später ist in den Abbildungen 4a und 4b dargestellt. Die Kreise in den Abbildungen sind Temperaturdaten der Hydroserien, die aber nicht gleichzeitig beobachtet wurden. Ein Vergleich der Abbildungen 3 und 4 zeigt, daß vermutlich unter Einfluß eines starken Windes, die Temperaturschichtung am 31. 5. 1966 viel ausgeprägter war

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 2)

- Abb. 5: T-S-Diagramm für die Stationen 3 und 7
- Abb. 6a: Temperaturverteilung auf Station 4
- Abb. 6b: Salzgehaltsverteilung auf Station 4
- Abb. 7a: Temperaturverteilung auf Station 5
- Abb. 7b: Salzgehaltsverteilung auf Station 5
- Abb. 8: T-S-Diagramm für die Stationen 4 und 5
- Abb. 9: Temperatur- und Salzverteilung auf Station 6
- Abb. 10: Temperatur- und Salzverteilung auf Station 8

als am 20. 5. 1966. Starke Durchmischung hat am 31. 5. 1966 eine kältere Oberflächentemperatur hervorgerufen. Die Abbildungen zeigen gleichzeitig die charakteristische Schichtung im Gotland-Tief: warmes Baltisches Oberflächenwasser, kaltes Baltisches Zwischenwasser, dann — im Zusammenhang mit einer Salzsprungschicht — wärmeres Wasser, das bis in 140 m Tiefe noch zeitliche Variationen zeigt und letztlich die Tiefenwasserschicht, die keine Unruhe aufweist. Der Windeinfluß wird nur in den obersten zwei Schichtungen merkbar. Auffallend ist eine augenscheinlich stabile Schicht von etwas wärmeren Wasser in 135 m Tiefe. Am 31. 5. 1966 ist eine ähnliche Schicht, aber nun in einer Tiefe von 120 m vorhanden.

Abb. 5 (Tafel 2) zeigt zwei T-S-Diagramme. Man erkennt daraus, daß dieselbe Wassermasse auf den zwei Stationen vorliegt. Die durch den Wind am 31. 5. 1966 veränderte Schichtung hat keinen Einfluß auf den Charakter der T-S-Diagramme. Dennoch ist keine große Stabilität in der obersten Schicht vorhanden, wie auch aus dem linken Teil des Diagramms zu ersehen ist.

Die Abbildungen 6a und 6b (Tafel 2) zeigen die Schichtung der Temperatur und des Salzgehaltes auf Station 4, und die Abbildung 7a und 7b die Situation eine Woche später auf derselben Position (Station 5). Während der dazwischenliegenden ersten Frühlingswoche war das Wetter in dieser Gegend erheblich wärmer geworden. Ein Vergleich der Abbildungen 6a und 7a zeigt eine erhebliche Erwärmung der obersten Schicht von 60 Metern. Interessant ist auch die Anwesenheit einer kälteren Zwischenschicht in 10 bis 20 m Tiefe am 29. 5. 1966. Die Veränderlichkeit der Schichtung auf Station 4 in etwa 20 m Tiefe kann wahrscheinlich auf die Tatsache zurückgeführt werden, daß sich diese Station gerade im Grenzgebiet zwischen salzarmen und salzreichen Wasser befand. Einen Hinweis darauf ergaben Oberflächenregistrierungen des Salzgehaltes, die während der Anreise zu dieser Station durchgeführt wurden. Da die Salzgehaltsschichtung in erster Näherung auf den beiden Stationen gleich ist, können Änderungen in der thermischen Schichtung hauptsächlich auf den Einfluß des wärmeren Wetters zurückgeführt werden. Die kalte Schicht in 15 m Tiefe auf Station 5 könnte durch das Einfließen einer kälteren Wassermasse während der dazwischenliegenden Woche erklärt werden. Die oberen 10 m müssen dann wieder erwärmt worden sein.

Abb. 8 (Tafel 2) zeigt zwei weitere T-S-Diagramme, aus denen zu ersehen ist, daß nur die untere Schicht ihren Charakter behalten hat, während die obere Schicht wesentlich geändert worden ist.

In den Abbildungen 9a und 9b (Tafel 2) ist die im Landsort-Tief beobachtete Schichtung dargestellt. Auch hier sieht man eindeutig die Ausbildung der verschiedenen Schichten, ähnlich wie auf den Stationen 3 und 7.

Abb. 10 (Tafel 2) charakterisiert schließlich die Situation im Arkona-Becken.

Die erhaltenen Resultate zeigen, daß die T-S-Sonde in der Ostsee und auch in Küstennähe, insbesondere in Flußmündungen, erfolgreich für ozeanographische Untersuchungen eingesetzt werden kann. Die komplizierte Struktur der Schichtung macht deutlich, daß eine kontinuierliche Registrierung in solchen Gebieten eine Notwendigkeit ist.

Literaturverzeichnis

- BROWN, N. L. and HAMON, B. V. (1961): An inductive salinometer. *Deep Sea Res.*, **8**, 65. — GIESKES, J. M. (1967): Continuous measurement of the horizontal and vertical distribution of salinity by means of the membrane salinometer. *Proc. Kon. Ned. Acad. Wetensch.*, (in Vorb.). — HELA, I. und KRAUSS, W. (1959): Zum Problem der starken Veränderlichkeit der Schichtungsverhältnisse im Arkona-Becken. *Kieler Meeresf.* **15**, 125. — KOSKE, P. H. (1964): Über ein potentiometrisches Verfahren zur Bestimmung von Chloridionenkonzentrationen im Meewasser. *Kieler Meeresf.* **20**, 138. — KREY, J., KOSKE, P. H. und SZEKIELDA, K. H. (1965): Produktionsbiologische und hydrographische Untersuchungen in der Eckernförder Bucht. *Kieler Meeresforsch.* **21**, 135. — SIEDLER, G. (1961): Über kurzfristige Veränderlichkeit von Temperatur- und Salzgehaltsschichtung in der östlichen und mittleren Ostsee im Sommer 1960. *Kieler Meeresf.* **17**, 148. — WÜST, G. (1963): Ergebnisse eines hydrographischen-produktionsbiologischen Längsschnittes durch die Ostsee im Sommer 1956. Die Verteilung von Temperatur, Salzgehalt und Dichte. *Kieler Meeresf.* **13**, 185.