

Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Meerwassers aus der Ostsee III. Frühjahr 1969 — Herbst 1970

Von KLAUS KREMLING

Zusammenfassung: Diese Analyse der chemischen Hauptbestandteile des Ostseewassers basiert auf 126 Proben (von 21 Stationen) vom Frühjahr und Herbst 1969 und 1970. Untersucht werden die Ionenverhältnisse und das Salzgehaltsproblem.

Die mittleren K^+/Cl^- Verhältnisse liegen mit 0,0204; 0,0205 und 0,0206 $\left(\frac{g/kg}{\text{‰}}$) in der Nähe des ozeanischen Wertes; es treten allerdings auch starke lokale Anomalien auf. Das Kalzium liefert die meisten Überschüßionen im Ostseewasser. Die Ca^{2+} (+ Sr^{2+})/Cl-Korrelationen weisen für Oberflächen- und Tiefenwasser charakteristische Unterschiede in Steigung und additivem Glied auf. Die Mg^{2+} /Cl-Faktoren deuten mit Werten zwischen 0,0670 und 0,0674 auf einen relativen Mg^{2+} Überschuß in der Ostsee hin.

Bei allen mittleren Cl-Verhältnissen der Anionen können Abweichungen von den ozeanischen Relationen beobachtet werden. Der Sulfat-Überschuß ergibt sich aus den Cl-Verhältnissen zwischen 0,1403 und 0,1411. Für Bromid bestehen die Beziehungen Br^- (g/kg) = 0,00341₅ Cl⁰/₀₀ + 0,00010 (1969) bzw. Br^- (g/kg) = 0,00335₅ Cl⁰/₀₀ + 0,00009 (1970), was einem Defizit entspricht. Der Borgehalt weist mit Gleichungen von B (mg/kg) = 0,214 Cl⁰/₀₀ + 0,20 (1969) und B (mg/kg) = 0,217 Cl⁰/₀₀ + 0,16 (1970) eine deutliche positive Anomalie auf, obwohl auch lokale negative Abweichungen vom ozeanischen Verhältnis auftreten. Die einzelnen Fluoridverhältnisse zeigen eine starke Abhängigkeit von Ort und Zeit. Die mittleren F⁻/Cl-Faktoren variieren erheblich, z. B. zwischen $8,05 \times 10^{-5}$ im Frühjahr 1969 und $6,83 \times 10^{-5}$ im Herbst 1969.

Durch Addition der gemessenen Kationen- und Anionenkonzentrationen wird der „wahre“ Salzgehalt gebildet und mit den indirekt ermittelten Konzentrationen verglichen. Dabei ergeben sich bei den salinometrisch und titrimetrisch ($S^0/_{00} = 1,80655$ Cl⁰/₀₀) bestimmten Salzgehalten zu niedrige Werte. Für die Ostsee wird eine spezifische $S^0/_{00}$ -Cl⁰/₀₀-Beziehung entwickelt.

Investigations on the Chemical Composition of Baltic Sea Water. III. Spring 1969 — Fall 1970 (Summary): This analysis of the main components of Baltic Sea water is based on 126 samples (from 21 stations) collected during the Spring and Fall of 1969 and 1970. The study includes the investigation of the ionic relationships and the salinity problem.

In respect of the cations the mean K^+/Cl^- ratios of 0,0204; 0,0205 and 0,0206 $\left(\frac{g/kg}{\text{‰}}$) are similar to the oceanic values, though clear anomalies at some stations appear. The highest ionic excess in Baltic Sea water is afforded by calcium. In the relationship between Ca^{2+} (+ Sr^{2+}) and chlorinity the slope and the constant show characteristic differences in surface and deep water. The average Mg^{2+} /Cl ratios — with values between 0,0670 and 0,0674 — indicate a relative excess of Mg^{2+} in Baltic water.

By all the mean chlorinity ratios of the anions deviations from the respective oceanic values can be observed. The sulfate excess results in SO_4^{2-} /Cl ratios between 0,1403 and 0,1411. The bromide content can be described by Br^- (g/kg) = 0,00341₅ Cl⁰/₀₀ + 0,00010 (1969) and Br^- (g/kg) = 0,00335₅ Cl⁰/₀₀ + 0,00009 (1970), which indicates the bromide deficiency. The equations of B (mg/kg) = 0,214 Cl⁰/₀₀ + 0,20 (1969) and B (mg/kg) = 0,217 Cl⁰/₀₀ + 0,16 (1970) show a definite positive anomaly for the boron concentration, although clear negative deviations from the oceanic values occur at some stations. The results of the fluoride determinations indicate that there is a local and seasonal variation of the F⁻/Cl ratios. The average values vary considerably between $8,05 \times 10^{-5}$ in Spring 1969 and $6,83 \times 10^{-5}$ in Fall 1969.

The actual salinity will be determined by the addition of the found cation and anion concentrations. In comparison to this the salinities determined by salinometers and chlorinity titration ($S^0/_{00} = 1,80655 \text{ Cl}^0/_{00}$) are too low. A specific $S^0/_{00}-\text{Cl}^0/_{00}$ relation will be developed. It could be clearly demonstrated that only the second decimal in salinity measurements is of significance in Baltic waters.

I. Einleitung

Untersuchungen über die chemischen Hauptbestandteile des Ostseewassers werden im hiesigen Institut seit 1966 durchgeführt. Ziel dieser Arbeiten ist die Ermittlung der physikalisch-chemischen Konstanten und die Festlegung bestehender Anomalien zum Ozeanwasser. Erforderlich ist dafür die Bestimmung der Ionenverhältnisse, eine Analyse des Salzgehaltsproblems sowie Messungen zur Leitfähigkeits-Dichte-Temperatur-Beziehung im Ostseewasser.

Die Ergebnisse aus den Jahren 1966—1968 sind in 2 Veröffentlichungen mitgeteilt worden (KREMLING, 1969 u. 1970). Mit der Analyse von weiteren 126 Proben aus den Jahren 1969 und 1970, über die hier berichtet wird, sollen die Untersuchungen über die Ionenverhältnisse zu einem vorläufigen Abschluß gebracht werden.

Die Proben dieser Arbeit sind auf Fahrten mit F.F.S. „Anton Dohrn“ (Frühjahr 1969), W.F.S. „Planet“ (Herbst 1969) sowie mit F.K. „Alkor“ (Frühjahr und Herbst 1970) gewonnen worden. (Siehe Abb. 1 und Tab. I und II.)*

Die Behandlung des Wassers nach der Probennahme geschah in der bereits beschriebenen Art und Weise (KREMLING, 1969). Auch analytische Methoden sollen nur dann erwähnt werden, wenn es sich um die Einführung neuer Verfahren handelt.

Die ermittelten Einzelwerte der Kationen- und Anionen-Konzentrationen bzw. ihrer Cl-Verhältnisse sind im Tabellenanhang dieser Arbeit enthalten.

II. Ergebnisse

A. Kationen

1. Kalium

Die gefundenen K^+/Cl -Verhältnisse (Tab. 1) ergeben für 1969 und 1970 nahezu identische Mittelwerte. Ihre Differenzen liegen innerhalb der Standardabweichungen.

Tabelle 1
 K^+/Cl -Verhältnisse in der westlichen und zentralen Ostsee 1969 und 1970

Probenahme	Stationen	Probenzahl	K^+/Cl $\left(\frac{\text{g/kg}}{100}\right)$ (Mittelwert)	Standardabweichung
Frühjahr 1969 . . .	F ₁ —F ₁₄	37	0,0204	± 0,0003
Herbst 1969	F ₁₂ , F ₃ , F ₄ , F ₅ , F ₁₁	13	0,0204	± 0,0006
Frühjahr 1970 . . .	F ₁ —F ₁₂ , F ₁₄	37	0,0205	± 0,0003
Herbst 1970	F ₁ —F ₃ , F ₅ , F ₈ —F ₁₁	23	0,0206	± 0,0002

*) Herrn Dr. F. Koroleff vom Institut für Meeresforschung in Helsinki möchte ich an dieser Stelle für die Übersendung der Proben aus dem Bottnischen Meerbusen besonders danken; ebenso Herrn Dr. E. Hollan vom I.f.M. für die freundlicherweise durchgeführte Probenahme auf dem W.F.S. „Planet“, sowie Herrn W. Kijowski vom Institut für Fischereibiologie in Gdynia für die Überlassung der Wechsel-Proben.

Damit werden die Ergebnisse aus den Jahren 1966—68 bestätigt (KREMLING, loc. cit.), bei denen zwar ebenfalls innerhalb der statistischen Abweichungen eine Übereinstimmung mit dem ozeanischen Wert ($K^+/Cl = 0,0206$; $s = \pm 0,0002$; CULKIN und COX, 1966) bestand, aber deutliche negative Anomalien auftraten. Diese Abweichungen vom ozeanischen K^+/Cl -Verhältnis sind lokal begrenzt, verursachen aber die relativ hohen Standardabweichungen (Tab. 1), die um teilweise das 6-fache über der analytisch bedingten Streuung ($s = \pm 0,0001$) liegen. Auch 1969/70 treten diese Anomalien vor allem wieder deutlich im Tiefenwasser des Fehmarn Belts (F_1) auf, wo Kalium-Differenzen bis zu 0,04 g/kg festgestellt werden konnten (s. Tabelle I, Herbst Nr. 2). Zwar weiß man vom Kalium, daß es sich sehr gern an Detrituspartikel anlagert und dem Ionenaustausch an Tonteilchen unterliegt, doch muß bezweifelt werden, ob dieses Verhalten den beträchtlichen Kaliumverlust verursachen kann.

Ein erhöhtes K^+/Cl -Verhältnis tritt dagegen im Herbst 1970 im Bottnischen Meerbusen auf (F_{17}), wo mit 0,0214 die Werte von 1966 und 1968 wiedergefunden worden sind. Im Frühjahr 1969 konnten allerdings nur Relationen zwischen 0,0202 und 0,0206 beobachtet werden (Tab. I, Nr. 38—41).

Die Messungen im Finnischen Meerbusen (F_{18} — F_{20}), die trotz des hohen Flußwasseranteils der Newa nahezu ozeanische Verhältnisse liefern, bestätigen die Analyse aus dem Newa-Mündungsgebiet (KREMLING, 1969), die bei einem Cl -Gehalt von nur 0,434‰ einen K^+/Cl -Wert von 0,0205 erbrachte. Aufgrund dieses Verhältnisses sind im Finnischen Meerbusen keine Kaliumanomalien zu erwarten.

2. Kalzium

Mit der Einführung eines neuen komplexometrischen Analysenverfahrens durch TSUNOGAI, NISHIMURA und NAKAYA (1968) ist eine sehr genaue Bestimmung des Kalziumgehaltes — und damit auch des Magnesiumgehaltes (s. unten) — im Meerwasser möglich geworden. Die Methode unterscheidet sich von der normalen komplexometrischen Titration dadurch, daß das Calcium als Komplex mit Glyoxal — bis (2-hydroxy-anil) in eine kleine Schicht organischen Lösungsmittels extrahiert wird, in der dann die Titration mit dem Natriumsalz der ÄGTE-Lösung (Äthylenglykoll- bis (2-amino-äthyläther)-N, N, N', N'-tetraessigsäure) stattfindet. Der Umschlagspunkt erfolgt von rot nach farblos und ist sehr prägnant. Die im Ostseewasser erzielte Genauigkeit beträgt $\pm 0,08\%$ gegenüber $\pm 0,43\%$ nach dem Verfahren von PATE und ROBINSON (1958). Eine Beeinflussung durch Magnesiumionen konnte bei den Konzentrationen, wie sie im Ostseewasser maximal vorliegen, nicht beobachtet werden. Allerdings erfolgt auch bei

Tabelle 2
 Ca^{2+} - $Cl^{0/100}$ Korrelationen in der westlichen und zentralen Ostsee 1969 und 1970

Probenahme	Stationen	Probenzahl	Cl-Bereich	Gleichung	Standardabweichungen
1969	F_3 bis F_{14}	17	$< 4,5^{0/100}$	$Ca^{2+} \text{ (g/kg)} = 0,0219 Cl^{0/100} + 0,0168$	$s_y = \pm 0,0009$ $s_b = \pm 0,0008$
		27	$> 4,5^{0/100}$	$Ca^{2+} \text{ (g/kg)} = 0,0203 Cl^{0/100} + 0,0228$	$s_y = \pm 0,0012$ $s_b = \pm 0,0002$
1970	F_3 — F_{12}	17	$< 4,5^{0/100}$	$Ca^{2+} \text{ (g/kg)} = 0,0226 Cl^{0/100} + 0,0126$	$s_y = \pm 0,0007$ $s_b = \pm 0,0006$
	F_{14}	35	$> 4,5^{0/100}$	$Ca^{2+} \text{ (g/kg)} = 0,0207 Cl^{0/100} + 0,0199$	$s_y = \pm 0,0023$ $s_b = \pm 0,0003$

dieser komplexometrischen Titration eine Mitbestimmung des Strontiums, so daß also die Kalziumangaben in der Arbeit als Summe der Konzentrationen von Kalzium und Strontium verstanden werden müssen.

Von allen Ionen des Ostseewassers weist das Kalzium die größten Anomalien zum Ozeanwasser auf. Ursache ist der relativ hohe Kalziumgehalt der zugeführten Flußwässer, was z. B. bei den Weichselproben mit Werten von 1,1029 bzw. 2,1612 (Tab. II, Nr. 44 u. 45) für das Ca^{2+}/Cl -Verhältnis zum Ausdruck kommt (ozeanischer Ca^{2+}/Cl -Wert: 0,0216₆). Die Differenzierung des Ostseewassers in salzarmes und salzreiches Wasser führt daher bei der Aufstellung der Ca^{2+} -Cl-Korrelationen zu signifikanten Unterschieden, wie aus den Ergebnissen der Tabelle 2 für die westliche und zentrale Ostsee hervorgeht. Die Gleichungen für das Oberflächenwasser weisen gegenüber denen des salzreichen Wassers eine höhere Steigung und ein niedrigeres additives Glied auf (s. Abb. 2). Das bestätigt die von TRZOSINSKA (1968) gegebene zusammenfassende Darstellung aller durchgeführten Kalziumanalysen in der Ostsee.

Charakteristisch ist die gute Konstanz der Ca^{2+} -Cl-Korrelation für das salzreiche Ostseewasser. So fand GRIPENBERG im Jahre 1937 für das Tiefenwasser die Beziehung Ca^{2+} (g/kg) = 0,0204 Cl‰ + 0,0226 in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen von 1966—1970 (KREMLING, loc. cit.; Tab. 2).

Größere jährliche Schwankungen treten dagegen in den Gleichungen für das Oberflächenwasser (Cl < 4,5‰) sowohl in der Steigung als auch im konstanten Glied auf. (KREMLING, loc. cit.) Das ist wegen des engen Salzbereichs der Deckschicht z. T. statistisch bedingt, liegt aber zum größten Teil an den unterschiedlichen Ca^{2+}/Cl -Verhältnissen der zugeführten Flußwässer und den klimatisch bedingten Veränderungen der Süßwasserzufuhr.

3. Magnesium

Die Bestimmung des Magnesiums erfolgt — wie bereits beschrieben (KREMLING, 1969) — über die Gesamttitration der Erdalkalien und nach Abzug der gefundenen Kalzium- und Strontiumkonzentration. Bekanntlich macht die visuelle Endpunktbestimmung bei der komplexometrischen ÄDTE-Titration nach PATE und ROBINSON (1961) oft erhebliche Schwierigkeiten. Aus diesem Grunde sind die Analysen in dieser Arbeit durch die Verwendung eines Beckman-Spektralphotometers (Modell B) mit nachgeschaltetem Potentiographen (E 436 der Fa. Metrohm) vollautomatisch durchgeführt worden. Außer dem Vorteil der „neutralen“ Äquivalenzpunktermittlung erlaubt dieses Verfahren die Bestimmung der doppelten Probenzahl. Die im Ostseewasser gemessene Reproduzierbarkeit für die Gesamttitration der Erdalkalien liegt bei

Tabelle 3

Die mittleren Mg^{2+}/Cl -Verhältnisse in der westlichen und zentralen Ostsee 1969 und 1970

Probenahme	Stationen	Probenzahl	Mg^{2+}/Cl ($\frac{\text{g/kg}}{\text{‰}}$) (Mittelwert)	Standardabweichung
Frühjahr 1969 . . .	F ₁ —F ₁₄	37	0,0674	± 0,0003
Herbst 1969 . . .	F ₁ , F ₃ , F ₄ , F ₅ , F ₁₁	13	0,0670	± 0,0004
Frühjahr 1970 . . .	F ₁ —F ₁₂ ; F ₁₄	37	0,0671	± 0,0005
Herbst 1970 . . .	F ₁ —F ₃ ; F ₅ ; F ₈ —F ₁₁	23	0,0670	± 0,0004

$\pm 0,22\%$, so daß sich unter Berücksichtigung der Kalziumanalyse (s. oben) für die Magnesiumkonzentration eine Standardabweichung von rund $\pm 0,30\%$ ergibt. Das entspricht einer Streuung im Mg^{2+}/Cl -Verhältnis von $\pm 0,0002$.

Wenn man sich dagegen die Standardabweichungen der Einzelbestimmungen in den Ergebnissen von Tabelle 3 betrachtet, so erkennt man, daß sie rund doppelt so hoch sind wie die experimentell bedingte Streuung. Das wird verursacht durch starke lokale Anomalien im Mg^{2+}/Cl -Verhältnis der Ostsee, wie sie z. B. im Fehmarn Belt, Arkona- und Bornholmbecken oder im Landsort-Tief mit Werten von 0,0660 bzw. 0,0680 auftreten (s. Tabelle I u. II, Stat. F₁, F₃, F₅, F₁₁).

Alle Mittelwerte der Jahre 1969 und 1970 für die westliche und zentrale Ostsee liegen wie in den Jahren 1966—1968 über dem ozeanischen Verhältnis von 0,0669 (CULKIN u. COX, loc. cit.). Damit erhärtet sich die Vorstellung, daß in der Ostsee ein relativer Überschuß an Magnesiumverbindungen vorliegt, was anhand der Flußwasserzusammensetzung — siehe Mg^{2+}/Cl -Verhältnisse der Weichselproben von 0,1431 und 0,2202 (Таб. II, Nr. 44 u. 45) — und den relativ hohen Cl-Werten im Finnischen (Stat. F₁₈—F₂₀) und Bottnischen Meerbusen (Stat. F_{16A}—F_{17B} und F₁₆—F₁₇) erwartet werden muß. Daß dieser Überschuß im Ostseewasser im Gegensatz zum Kalzium nicht deutlicher in Erscheinung tritt, liegt an der relativ geringen Magnesiumkonzentration der Süßwässer. So errechnet sich z. B. aus den Mg^{2+}/Cl -Verhältnissen von Weichsel zu Ozeanwasser ein Quotient von etwa 3, während er für Kalzium bei ca. 50 liegt.

B. Anionen

1. Sulfat

Die mittleren SO_4^{2-}/Cl -Verhältnisse für die westliche und zentrale Ostsee sind in Tabelle 4 wiedergegeben. Alle Mittelwerte liegen über dem ozeanischen Verhältnis von 0,1400 (MORRIS und RILEY, 1966) und zeigen die bekannten hohen Standardabweichungen der Einzelwerte, die die experimentell bedingte Streuung von $\pm 0,0002$ (KREMLING, loc. cit.) erheblich übertreffen. Das weist wie bei nahezu allen Ionenverhältnissen im Ostseewasser auf das Vorhandensein von starken lokalen Anomalien hin, wie aus den Tabellen III und IV zu ersehen ist. Überraschend ist, daß die Differenzierung in Oberflächen- und Tiefenwasser nicht die erwartete deutliche Abnahme des SO_4^{2-}/Cl -Wertes mit zunehmendem Salzgehalt bringt. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von 1966—1968 liefern sogar die salzreichen Proben ($Cl > 4,5\%$) des Jahres 1969

Tabelle 4

Die mittleren SO_4^{2-}/Cl -Verhältnisse in der westlichen und zentralen Ostsee 1969 und 1970

Probenahme	Stationen	Probenzahl	Cl-Bereich	SO_4^{2-}/Cl ($\frac{g}{kg}$) ($\frac{\%}{100}$) (Mittelwert)	Standardabweichung
1969	F ₁ —F ₁₄	17	< 4,5 ⁰ / ₁₀₀	0,1408	$\pm 0,0011$
		33	> 4,5 ⁰ / ₁₀₀	0,1411	$\pm 0,0009$
1970	F ₁ —F ₁₂ ; F ₁₄	17	< 4,5 ⁰ / ₁₀₀	0,1404	$\pm 0,0013$
		33	> 4,5 ⁰ / ₁₀₀	0,1403	$\pm 0,0011$

mit 0,1411 den höchsten Mittelwert. In diesem Jahr findet sich auch das im Tiefenwasser des Landsort-Tiefs mit 0,1423 gemessene Maximum aller Proben.

Nicht mehr nachgewiesen werden konnte die 1967 und 1968 gefundene stark negative Sulfatanomalie im Tiefenwasser des Fehmarn Belts, obwohl der niedrige K^+/Cl^- -Wert (s. oben) als Charakteristikum dieses Wasserkörpers erhalten geblieben ist.

2. Bromid

Das Ergebnis der Bromid-Untersuchungen hat auch für die Jahre 1969 und 1970 eine negative Anomalie gegenüber dem ozeanischen Br^-/Cl^- -Verhältnis ($Br^-/Cl^- = 0,00347$; MORRIS und RILEY, loc. cit.) ergeben, wie aus den in Tabelle 5 wiedergegebenen Cl^- -Korrelationen hervorgeht.

Tabelle 5

Br^-/Cl^- -Korrelationen in der westlichen und zentralen Ostsee 1969 und 1970

Probenahme	Stationen	Probenzahl	Gleichung	Standardabweichung
1969	F ₁ —F ₁₄	50	$Br^- \text{ (g/kg)} = 0,00341_5 Cl^0/_{00} + 0,00010$	$S_y = \pm 0,00024$ $s_b = \pm 0,00001_7$
1970	F ₁ —F ₁₂ ; F ₁₄	60	$Br^- \text{ (g/kg)} = 0,00335_5 Cl^0/_{00} + 0,00009$	$S_y = \pm 0,00051_7$ $s_b = \pm 0,00003_3$

Der Vergleich mit den Ergebnissen der Jahre 1966—1968 (KREMLING, loc. cit.) läßt zwar deutliche Unterschiede in den Steigungen der Gleichungen erkennen, liefert aber für einen mittleren Cl^- -Gehalt der Ostsee von etwa 5‰ maximale Differenzen von nur 0,35 mg/kg Bromid. Das entspricht etwa der Streuung der Gleichungen.

Signifikante Differenzen in den Ergebnissen von Herbst und Frühjahr sowie zwischen Oberflächen- und Tiefwasser konnten in der eigentlichen Ostsee nicht beobachtet werden, obwohl Süßwasser normalerweise ein wesentlich niedrigeres Br^-/Cl^- -Verhältnis als Ozeanwasser besitzt. Das geht aus den Messungen im Finnischen und Bottnischen Meerbusen hervor, wo die meisten Werte bei 0,00320 liegen (Tab. III und IV, Stat. F₁₆ bis F₂₀). Allerdings besitzen zahlreiche Zuflüsse je nach „Lebenslauf“ auch ihre individuelle Zusammensetzung, wie z. B. aus den Weichselanalysen des Jahres 1970 mit den extrem hohen Cl^- -Faktoren von 0,01395 bzw. 0,00857 (Tab. IV, Nr. 44 und 45) hervorgeht. Schon 1968 (KREMLING, loc. cit.) war ja in der Weichselmündung ein relativ hoher Br^-/Cl^- -Wert gefunden worden. Das läßt den Schluß zu, daß industrielle Zuflüsse diese Bromidbelastungen der Weichsel verursachen müssen.

3. Bor

Im Gegensatz zu der früher angewendeten Mannit-Methode sind die Boranalysen dieser Arbeit mit Hilfe des verbesserten Curcumin-Verfahrens nach UPPSTRÖM (1968) durchgeführt worden. Die Reaktion beruht auf der Bildung des sehr stabilen Rosocyanin-Farbkomplexes, dessen Extinktion bei 545 nm bestimmt wird. Die Methode besitzt gegenüber dem Mannit-Verfahren den Vorteil des geringen Probenvolumens (nur 0,5 cm³) und eine wesentlich höhere Probenfrequenz. Die Messungen, die mit Hilfe eines Beckman-Spektralphotometers (Modell B) durchgeführt worden sind, haben eine Reproduzierbarkeit von $\pm 1\%$ ergeben.

Tabelle 6
Die Bor-Cl-Korrelationen in der westlichen und zentralen Ostsee
1969 und 1970

Probenahme	Stationen	Probenzahl	Gleichung	Standardabweichung
1969	F ₁ —F ₁₄	50	B (mg/kg) = 0,214 Cl ⁰ / ₀₀ + 0,20	s _y = ± 0,10 s _b = ± 0,007
1970	F ₁ —F ₁₂ ; F ₁₄	60	B (mg/kg) = 0,217 Cl ⁰ / ₀₀ + 0,16	s _y = ± 0,10 s _b = ± 0,007

Die in Tabelle 6 wiedergegebene Darstellung der Borkonzentration als Funktion des Cl-Gehaltes liefert innerhalb der Standardabweichungen für 1969 und 1970 identische Gleichungen und bestätigt die im Jahre 1968 gefundene Beziehung $B(\text{mg/kg}) = 0,220 \text{ Cl}^0/_{00} + 0,15$ (KREMLING, 1970). Die Gesamtbilanz für die eigentliche Ostsee besteht also in einer positiven Boranomalie (ozeanisches B/Cl-Verhältnis: 0,230 mg/kg/⁰/₀₀ CULKIN, 1965). Dieser relative Borüberschuß wird von den Zuflüssen verursacht, wie vor allem aus den Daten des Finnischen Meerbusens (Tab. IV, Stat. F₁₈—F₂₀) deutlich hervorgeht.

Es existieren in der Ostsee aber auch Stellen, an denen Cl-Faktoren von < 0,230 gefunden worden sind. Die Extremwerte dieser negativen Anomalien liegen mit 0,205 bzw. 0,213 im Jahre 1970 wieder im Tiefenwasser des Fehmarn Belts (F₁), wo schon des öfteren deutliche Abweichungen im chemischen Verhalten registriert worden sind (s. oben). Ob dieser relative Borverlust, der an insgesamt 20 Stellen der Ostsee gemessen worden ist (Tab. III und IV) auf eine „Maskierung“ infolge Komplexbildung mit Polyhydroxoverbindungen zurückzuführen ist, wie von GAST und THOMPSON (1958) bzw. NOAKES und HOOD (1961) vermutet wird, ließ sich anhand dieser Analysen nicht nachweisen.

4. Fluorid

Die Fluoridchemie des Ostseewassers läßt sich aufgrund der Untersuchungen von 1966—1970 zu folgendem Ergebnis zusammenfassen:

1. Die Gesamtanalyse liefert gegenüber dem ozeanischen F /Cl-Verhältnis ($6,7 \times 10^{-5} \text{ g/kg}/_{00}$, GREENHALGH und RILEY, 1963) eine positive Anomalie in der Ostsee (Tab. 7 und KREMLING, loc. cit.).

Tabelle 7
F-/Cl-Verhältnisse in der westlichen und zentralen Ostsee 1969 und 1970

Probenahme	Stationen	Probenzahl	Mittelwert	F-/Cl $\times 10^5 \left(\frac{\text{g/kg}}{0/_{00}} \right)$			
				Standardabweichung	Max.	Min.	
1969	Frühjahr	F ₁ —F ₁₄	37	8,05	± 1,12	11,10	6,22
	Herbst	F ₁ , F ₃ , F ₄ , F ₅ , F ₁₁	13	6,83	± 0,44	7,76	6,21
	Frühjahr	F ₁ —F ₁₂ ; F ₁₄	37	7,07	± 0,29	7,71	6,64
1970	Herbst	F ₁ —F ₃ ; F ₅ ; F ₈ —F ₁₁	23	7,15	± 0,45	7,91	6,42

2. Die mittleren Cl-Faktoren können erheblichen saisonalen Schwankungen unterliegen, deren Ursachen ungeklärt sind. So treten im Herbst 1967 und Frühjahr 1969 mittlere Cl-Verhältnisse von 8,45 bzw. 8,05 auf, während die Mittelwerte für die restliche Zeit in einem relativ engen Bereich zwischen 6,83 und 7,33 variieren. Die Standardabweichungen der Einzelproben liegen — analog zu den anderen Ionen — erheblich über der experimentell bedingten Streuung von $\pm 0,007 \times 10^{-5}$ g/kg/0/00.

3. Die lokalen F⁻/Cl-Werte zeigen erhebliche Jahresschwankungen und teilweise große Differenzen zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser. Dabei treten Unterschiede von $> 3 \times 10^{-5}$ g/kg/0/00 auf (Tab. III, Stat. F₁₂). In den meisten Fällen nimmt das Cl-Verhältnis mit der Tiefe ab. Eine Beziehung zwischen Cl-Faktor und Salzgehalt besteht aber nicht. Vielmehr existiert für jede Station ein typisches Fluoridprofil. Das läßt die Vermutung zu, daß das Fluorid in irgendeiner Weise am biologisch-chemischen Kreislauf beteiligt sein muß, möglicherweise durch den Ersatz der O²⁻ bzw. OH-Gruppen in den Silicatverbindungen des Wassers bzw. des Phytoplanktons (SILLEN, 1959). Sicherlich hat auch der unterschiedliche „Lebenslauf“ des Oberflächenwassers einen erheblichen Einfluß auf die Variation der F⁻/Cl-Werte (KULLENBERG und SEN GUPTA, 1972), erklärt aber nicht die Anomalien in Tiefenwasser mit Werten von z. B. 5,51 im Farö-Tief 1966 (KREMLING, 1969) oder 10,26 im Gotland-Tief vom Frühjahr 1969 (Tab. III, Nr. 23).

4. Alle analysierten Zuflüsse bzw. Gebiete mit niedrigem Salzgehalt weisen deutliche positive Anomalien auf. So liegen im Bottnischen Meerbusen und im Oberflächenwasser des Finnischen Meerbusens der Jahre 1969 und 1970 die Cl-Verhältnisse zwischen 8,02 und 13,08 bzw. 9,22 und 10,40 (Tab. III und IV, Stat. F₁₆—F₂₀). Im Finnischen Meerbusen macht sich in der Deckschicht besonders der Einfluß des Nawa-Zuflusses bemerkbar, was durch den 1966 gemessenen F⁻/Cl-Wert von 38,71 im Nawa-Mündungsgebiet bestätigt wird (KREMLING, 1969). Noch deutlicher tritt der hohe Fluorgehalt bei den Weichselanalysen von 1970 auf, wo Cl-Faktoren von 186,92 bzw. 270,21 gemessen worden sind (Tab. IV, Nr. 44 u. 45).

C. Bestimmung des Salzgehaltes

Wie aus den Ergebnissen der früheren Untersuchungen und auch aus dieser Arbeit hervorgeht, kommt es bei nahezu allen Ionenverhältnissen zu deutlichen Anomalien der Ostsee. Die konstante Zusammensetzung des Meersalzes, die ja mit wenigen Einschränkungen für die Ozeane gilt, kann daher beim Ostseewasser nicht vorausgesetzt werden. Daraus folgt, daß bei der Salzgehaltsbestimmung die Methoden problematisch werden, die, wie das Leitfähigkeitsverfahren oder die Cl-Titration, auf einer Konstanz der Ionenverhältnisse beruhen. Die Diskussion dieses Problems soll daher in dieser Arbeit mit der Darstellung auftretender Differenzen zwischen dem „wahren“ und gemessenen Salzgehalt fortgesetzt werden.

1. Errechnung des „wahren“ Salzgehaltes

Bekanntlich stellt der Salzgehalt die Gesamtmenge an gelösten Stoffen dar, die in einem Kilogramm Meerwasser unter der Voraussetzung vorhanden sind, daß die organischen Stoffe oxidiert, die Karbonate im Oxid, und die Bromide und Jodide in Chlorid überführt worden sind (FORCH, KNUDSEN und SØRENSEN, 1902). Wenn wir unter Berücksichtigung dieser Definition — und unter Vernachlässigung der im Wasser immer vorhandenen Spurenstoffe — die gemessenen Kationen und Anionenkonzentrationen jeder Probe addieren (Tab. I—IV), so erhalten wir den sog. „wahren“ Salzgehalt, der in den Tabellen V und VI (Spalte 3) als S⁰/00 ($\Sigma K^+ + A^-$) aufgeführt ist. Dabei ist für die Berechnung der Natrium-Konzentrationen das im 1. Bericht (KREMLING, 1969) nachgewiesene konstante Na⁺/Cl-Verhältnis von 0,5547 zugrunde gelegt worden.

Tafel 1 (zu K. Kremling)

Abb. 1: Stationskarte (siehe auch Tab. 1 und 2)

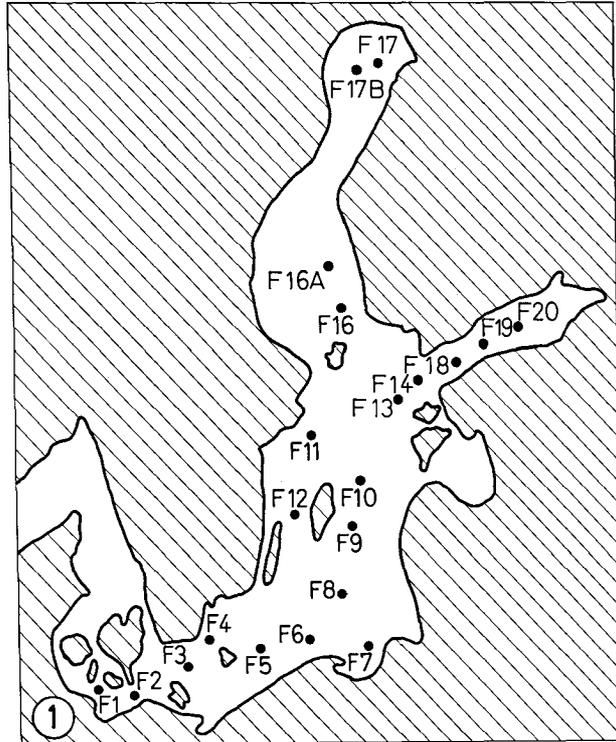
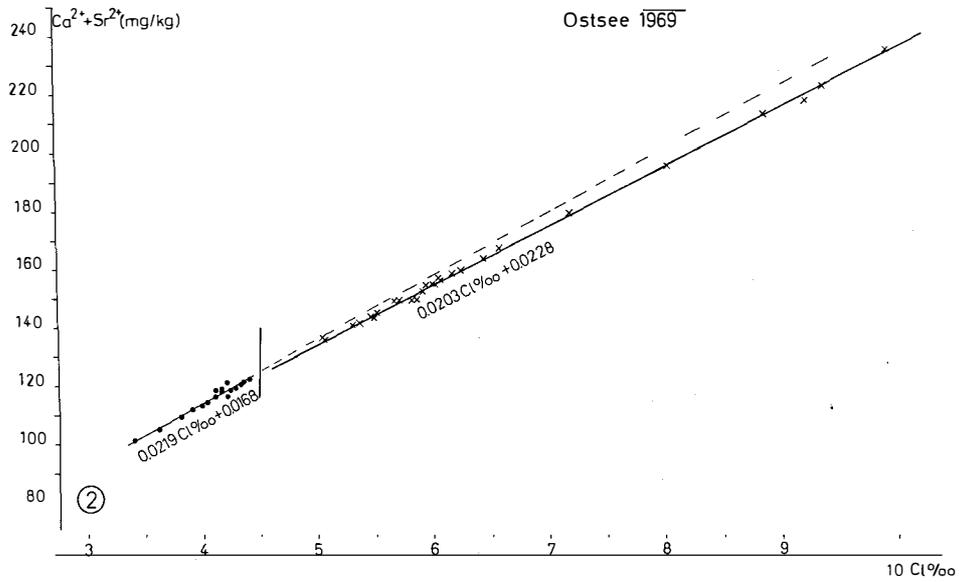


Abb. 2: $\text{Ca}^{2+} (+ \text{Sr}^{2+})/\text{Cl}$ -Korrelation für Oberflächen- und Tiefenwasser — Ostsee 1969.



Tafel 2 (zu K. Kremling)

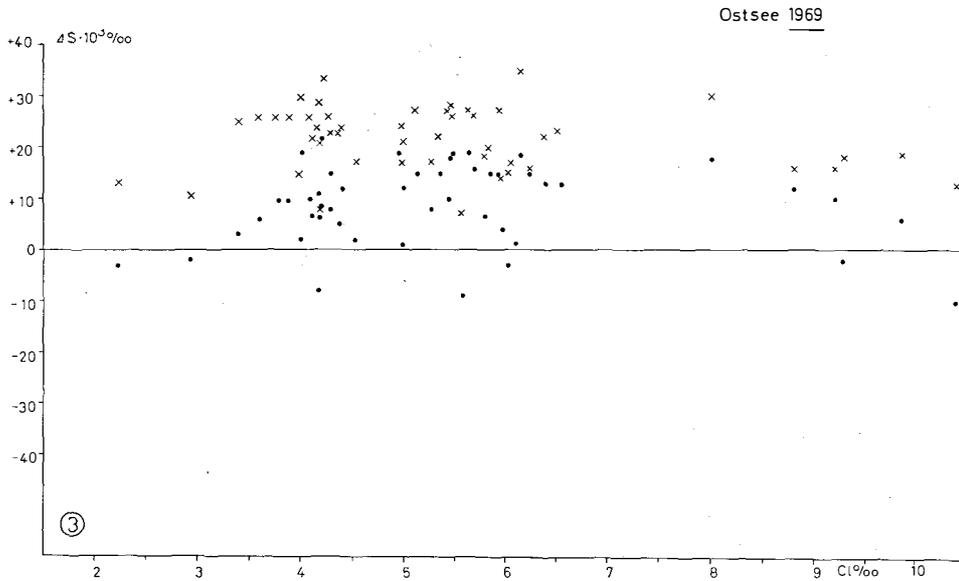


Abb. 3: Darstellung der Differenzen zwischen „wahrem“ und indirekt bestimmtem Salzgehalt — Ostsee 1969.

$$S^0_{/00} = S^0_{/00} (\Sigma K^- + A^-) - S^0_{/00} (\text{Salin.}) \quad (.)$$

$$S^0_{/00} = S^0_{/00} (\Sigma K^+ + A^-) - S^0_{/00} (\text{Tit.}) \quad (×)$$

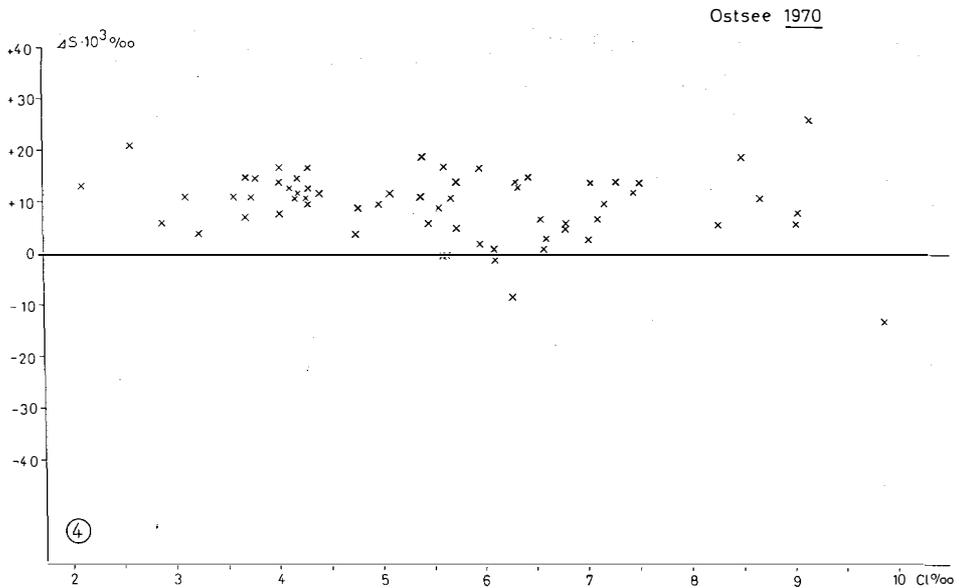


Abb. 4: Differenzen zwischen dem salinometrisch und titrimetrisch gewonnenen Salzgehalt ($S^0_{/00} = 1,80655 \text{ Cl}^0_{/00}$) — Ostsee 1970.

$$S^0_{/00} = S^0_{/00} (\text{Salin.}) - S^0_{/00} (\text{Tit.})$$

2. Vergleich zwischen „wahrem“ und indirekt ermitteltem Salzgehalt

In der Praxis wird die Bestimmung des Salzgehaltes heute weitgehend indirekt durch Messung der relativen Leitfähigkeit vorgenommen. Anhand von Umrechnungstabellen (UNESCO u. N.I.O., 1966), die allerdings nur für ozeanische Ionenverhältnisse strenge Gültigkeit besitzen, wird dann der Salzgehalt ermittelt, dessen Genauigkeit z. B. für die Berechnung der Dichte oder die Kalibrierung von „Salzsonden“ von erheblicher Bedeutung sein kann. Diskrepanzen zwischen dem wirklichen oder „wahren“ Salzgehalt und der durch Leitfähigkeit gewonnenen Konzentration sind daher nicht nur vom chemischen Gesichtspunkt aus von Interesse.

In der Abb. 3 sind diese Differenzen zwischen $S^0_{/00}$ ($\Sigma K^+ + A^-$) und den mit Hilfe des „Autolab“-Salinometers gewonnenen Werten ($S^0_{/00}$ (Salin.); Tab. V) für 1969 gegen den Cl-Gehalt aufgetragen worden. Miteingezeichnet worden sind auch die Differenzen zwischen $S^0_{/00}$ ($\Sigma K^+ + A^-$) und den aus der Cl-Titration unter Verwendung der Formel $S^0_{/00} = 1,80655 \text{ Cl}^0_{/00}$ erhaltenen Salzgehalten ($S^0_{/00}$ (Tit.) Tab. V). Letztere Gleichung ist von COX, CULKIN und RILFY (1967) für ozeanische Wässer vorgeschlagen worden und liegt den heutigen Salzgehaltstabellen zugrunde (WOOSTER, LEE und DIETRICH, 1969).

Tabelle 8

Mittlere Differenz zwischen dem errechneten „wahren“ $S^0_{/00}$ ($\Sigma K^+ + A^-$) und dem salinometrisch ($S^0_{/00}$ Salin.) bzw. titrimetrisch ($S^0_{/00}$ Tit.) gewonnenen Salzgehalt in der Ostsee 1969 und 1970

Probenahme	Stationen	Probenzahl	Differenz	$\Delta S^0_{/00}$
1969	F ₁ —F ₁₇	52	$S^0_{/00} (\Sigma K^+ + A^-) - S^0_{/00} (\text{Salin.})$	+ 0,009
			$S^0_{/00} (\Sigma K^+ + A^-) - S^0_{/00} (\text{Titr.})$	+ 0,022
1970	F ₁ —F ₂₀	65	$S^0_{/00} (\Sigma K^+ + A^-) - S^0_{/00} (\text{Salin.})$	+ 0,007
			$S^0_{/00} (\Sigma K^+ + A^-) - S^0_{/00} (\text{Titr.})$	+ 0,017

Wie aus der Abbildung zu ersehen ist, sind die Differenzen bis auf wenige Proben positiv, d. h. die indirekt ermittelten Salzgehalte liefern zu niedrige Werte. Die mittleren Differenzen, die in Tab. 8 für 1969 und 1970 zusammengestellt worden sind, liegen für das Leitfähigkeitsverfahren bei + 0,009 und + 0,007 $S^0_{/00}$, während sie bei der Cl-Titration sogar auf + 0,022 bzw. + 0,017 $S^0_{/00}$ steigen. Die Ursache dieser Diskrepanzen ist im Ionenüberschuß des Ostseewassers begründet. Der Vergleich zwischen den salinometrisch und titrimetrisch ermittelten Salzgehalten — Darstellung der Differenzen für 1970 siehe Abb. 4 — läßt erkennen, daß durch die Leitfähigkeitsmethode zumindest ein Teil der Überschußionen miterfaßt wird, so daß die Salinometer-Messungen wesentlich günstigere Resultate liefern. Das war auch das Ergebnis der Untersuchungen von 1966-1968 (KREMLING, loc. cit.).

Die negativen Differenzen in der Abb. 3 haben verschiedene Ursachen. Sie sind einmal statistisch bedingt durch die Errechnung des „wahren“ Salzgehaltes, zum anderen durch erhöhte Leitfähigkeitswerte infolge biochemischer Prozesse (PARK, 1968). Der negative Wert in Abb. 4 von - 0,013 $S^0_{/00}$ ($\text{Cl}^0_{/00} = 9,868$) dagegen wird durch das niedrige Mg^{2+}/Cl -Verhältnis von 0,0660 (Arkonabecken 1970) hervorgerufen, was bei Anwendung der Formel $S^0_{/00} = 1,80655 \text{ Cl}^0_{/00}$ gegenüber dem durch Leitfähigkeit gewonnenen Salzgehalt zu einem erhöhten Wert führen muß.

3. Korrelation zwischen $S^0/_{00}$ ($\Sigma K^+ + A^-$) und $Cl^0/_{00}$

Die Gleichung $S^0/_{00} = 1,80655 Cl^0/_{00}$ liefert für den Salzbereich der Ostsee zu niedrige Werte, wie aus den Tab. V und VI sowie den Abb. 3 und 4 hervorgeht. Die anomalen Ionenverhältnisse erfordern deshalb die Entwicklung einer speziellen $S^0/_{00}$ - $Cl^0/_{00}$ -Beziehung für das Ostseewasser.

Bei Verwendung des „wahren“ Salzgehaltes ergeben sich nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate für 1969 und 1970 die in Tabelle 9 wiedergegebenen Gleichungen. Zwar weichen sie in Steigung und additivem Glied geringfügig von den Gleichungen der vorhergehenden Jahre ab (KREMLING, loc. cit.), doch errechnet sich bei einem angenommenen mittleren Cl-Gehalt von $6^0/_{00}$ zwischen 1966 und 1970 eine maximale Differenz von $S = 0,007^0/_{00}$, die etwa der Standardabweichung dieser Korrelationen entspricht (Tab. 9).

Tabelle 9

Beziehung zwischen $Cl^0/_{00}$ und dem „wahren“ Salzgehalt $S^0/_{00}$ ($\Sigma K^+ + A^-$) in der Ostsee 1969 und 1970

Jahr	Stationen	Probenzahl	$Cl^0/_{00}$ -Bereich	Gleichung	Standardabweichungen
1969	F ₁ —F ₁₇	52	1,596—10,397	$S^0/_{00} = 1,806_3 Cl^0/_{00} + 0,023$	$s_y = \pm 0,007$ $s_b = \pm 0,0005$
1970	F ₁ —F ₂₀	64	2,141— 9,423	$S^0/_{00} = 1,804_5 Cl^0/_{00} + 0,029$	$s_y = \pm 0,009$ $s_b = \pm 0,0007$

Das „Salzgehaltsproblem“ des Ostseewassers besteht also in einer erheblichen Streuung der 3. Dezimale, die durch den Ionenüberschuß und durch die variierenden Ionenverhältnisse hervorgerufen wird und sowohl lokalen als auch jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt. Das Anbringen von evt. Korrekturwerten erweist sich aus diesem Grunde als sinnlos. Salzgehaltsangaben, die mit Hilfe des Salinometers oder durch Cl-Titration gewonnen werden, können daher in der Ostsee lediglich einen Genauigkeitsanspruch von $\pm 0,01^0/_{00}$ erheben. Erhaltene Meßergebnisse sollten deshalb nur auf die 2. Dezimale angegeben werden.

Natürlich entstehen Fehler, wenn in der Ostsee gemessene Salzgehalte in ozeanische Gleichungen eingesetzt werden, wie z. B. bei der Berechnung der Dichte nach der Formel von COX, McCARTNEY und CULKIN (1970). Daher ist für Ostseewasser auch eine spezielle Dichte-Leitfähigkeit-Temperatur-Beziehung erforderlich, über die aber an anderer Stelle berichtet werden soll (KREMLING, in Vorbereitung).

Herrn Petersen möchte ich für die sorgfältige Durchführung der Analysen an dieser Stelle besonders danken.

Literaturverzeichnis

- COX, R. A.; M. J. McCARTNEY und F. CULKIN (1970): The specific gravity/salinity/temperature relationship in natural sea water. *Deep-Sea Res.*, **17**, 679—689.
- CULKIN, F. und R. A. COX (1966): Sodium, potassium, magnesium, calcium and strontium in sea water. *Deep-Sea Res.*, **13**, 789—804.

- CULKIN, F. (1965): The major constituents of sea water. In: J. P. Riley and G. Skirrow (1965): *Chemical Oceanography*, 121—161.
- FORCH, C.; M. KNUDSEN und S. P. L. SØRENSEN (1902): Berichte über die Konstantenbestimmungen zur Aufstellung der hydrografischen Tabellen. D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, 6. Række, Naturvidensk. og Mathem. Afd. XII, 1—151.
- GAST J. A. und T. G. THOMPSON (1958): Determination of the alkalinity and borate concentration of sea water. *Anal. Chem.*, **30**, 1549.
- GREENHALGH, R. und J. P. RILEY (1963): Occurrence of abnormally high fluoride concentrations at depth in the oceans. *Nature*, **197**, 171—172.
- GRIPENBERG, S. (1937): The calcium content of Baltic water. *J. du Conseil*, **12**, 293—304.
- KREMLING, K. (1969): Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Meerwassers aus der Ostsee, I. Frühjahr 1966. *Kieler Meeresf.* XXV, 1, 81—104.
- KREMLING, K. (1970): Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Meerwassers aus der Ostsee, II. Frühjahr 1967—Frühjahr 1968. *Kieler Meeresf.* XXVI, 1, 1—20.
- KREMLING, K. (in Vorbereitung): The relationship between density, salinity and temperature in Baltic sea water.
- KULLENBERG, B. und R. SEN GUPTA (1972); Fluoride in the Baltic (unveröffentlicht).
- MORRIS, A. W. und J. P. RILEY (1966): The bromide/chlorinity and sulphate/chlorinity ratio in sea water. *Deep-Sea Res.*, **13**, 699—705.
- NOAKES, J. E. und D. W. HOOD (1961): Boron-boric acid complexes in sea water. *Deep-Sea Res.*, **8**, 121—129.
- PARK, K. (1968): The influence of pH on the electrolytic conductance of sea water. Information of techniques and methods for sea water analysis; Interlab. Rep. Nr. 2 (ICES).
- PATE, J. D. und R. J. ROBINSON (1958 u. 1961): The (ethylene-dinitrilo)-tetraacetate titration of calcium and magnesium in ocean waters. I. Determination of calcium. *J. Mar. Res.*, **17**, 390—402. II. Determination of magnesium *J. Mar. Res.*, **19**, 12—20.
- SILLEN, G. (1959): The physical chemistry of sea water; In: M. Sears. (1961): *Oceanography*, S. 549—581.
- TRZOSINSKA, A. (1968): Distribution of the calcium and magnesium ion content in the Baltic water. VI. Konferenz Balt. Ozeanogr., Sopot, 6.—8. 6. 68.
- TSUNOGAI, S., M. NISHIMURA und S. NAKAYA (1968): Complexometric titration of calcium in the presence of larger amounts of magnesium. *Talanta*, **15**, 385—390.
- UNESCO und National Institute of Oceanography of Great Britain (1966): *International oceanographic tables*.
- UPPSTRÖM, L. R. (1968): A modified method for determination of boron with curcumin and a simplified water elimination procedure. *Anal. Chim. Acta*, **43**, 475—486.
- WOOSTER, W. S.; A. J. LEE und G. DIETRICH (1969); Redefinition of salinity. *Zeitschr. f. Geophys.*, **35**, 611—613.

Tabelle I Kationen-Konzentrationen und ihre Cl-Verhältnisse
Ostsee Frühjahr und Herbst 1969

Probe	Station	Position	Tiefe	Cl ‰	K+	K+/Cl	Ca ²⁺ (+Sr ²⁺)	Ca ²⁺ (+Sr ²⁺)	Mg ²⁺	Mg ²⁺ /Cl
Nr.			m		g/kg		g/kg	/Cl	g/kg	
Frühjahr 1969										
1	F ₁	54°36'N	0	5,583	0,1133	0,0203	0,1335	0,0239	0,3781	0,0677
2		11°09'O	27	10,397	0,2090	0,0201	0,2355	0,0227	0,6949	0,0668
3	F ₂	54°28'N	0	4,538	0,0923	0,0203	0,1158	0,0255	0,3066	0,0676
4		12°12'O	20	5,148	0,1044	0,0203	0,1291	0,0251	0,3465	0,0673
5	F ₃	54°58'N	0	4,432	0,0910	0,0205	0,1129	0,0255	0,3000	0,0677
6		14°03'O	40	9,863	0,2056	0,0208	0,2245	0,0228	0,6592	0,0668
7	F ₄	55°25'N	0	4,271	0,0855	0,0200	0,1092	0,0256	0,2881	0,0674
8		14°32'O	50	5,488	0,1129	0,0206	0,1333	0,0243	0,3711	0,0676
9	F ₅	55°17'N	0	4,240	0,0871	0,0205	0,1089	0,0257	0,0884	0,0680
10		15°57,5'O	75	8,010	0,1694	0,0211	0,1853	0,0231	0,5369	0,0670
11			90	9,192	0,1807	0,0197	0,2070	0,0225	0,6173	0,0671
12	F ₆	55°14'N	0	4,218	0,0870	0,0206	0,1113	0,0264	0,2835	0,0672
13		17°20'O	90	7,166	0,1465	0,0204	0,1690	0,0236	0,4829	0,0674
14	F ₇	55°10'N	0	4,190	0,0853	0,0204	0,1064	0,0254	0,2815	0,0672
15		19°23'O	75	5,799	0,1161	0,0200	0,1387	0,0239	0,3919	0,0676
16			90	5,935	0,1213	0,0204	0,1442	0,0243	0,3978	0,0670
17	F ₈	55°42'N	0	4,154	0,0847	0,0204	0,1080	0,0260	0,2802	0,0674
18		18°38'O	75	5,021	0,0999	0,0199	0,1263	0,0251	0,3374	0,0672
19			100	6,154	0,1288	0,0209	0,1486	0,0242	0,4150	0,0674
20	F ₉	57°03'N	0	4,105	0,0837	0,0209	0,1088	0,0265	0,2756	0,0671
21		19°50'O	75	5,507	0,1129	0,0205	0,1347	0,0245	0,3714	0,0674
22			100	5,891	0,1205	0,0205	0,1419	0,0241	0,3962	0,0672
23			200	6,422	0,1317	0,0205	0,1531	0,0238	0,4316	0,0672
24	F ₁₀	58°00'N	0	4,013	0,0815	0,0203	0,1046	0,0261	0,2716	0,0677
25		19°55'O	75	5,067	0,1025	0,0202	0,1256	0,0248	0,3420	0,0675
26			150	6,549	0,1342	0,0205	0,1573	0,0240	0,4406	0,0673
27	F ₁₁	58°38'N	0	3,801	0,0783	0,0206	0,0992	0,0261	0,2566	0,0675
28		18°15'O	75	5,283	0,1091	0,0207	0,1302	0,0246	0,3573	0,0676
29			100	5,656	0,1166	0,0206	0,1390	0,0246	0,3794	0,0671
30			300	5,993	0,1230	0,0205	0,1445	0,0241	0,4058	0,0677
31			450	5,988	0,1224	0,0204	0,1449	0,0242	0,4017	0,0671
32	F ₁₂	57°29'N	0	3,992	0,0788	0,0197	0,1030	0,0258	0,2698	0,0676
33		17°58'O	90	5,467	0,1146	0,0208	0,1336	0,0244	0,3645	0,0667
34	F ₁₃	58°53'N	0	3,900	0,0775	0,0199	0,1026	0,0263	0,2641	0,0677
35		20°19'O	165	6,238	0,1261	0,0202	0,1494	0,0239	0,4200	0,0673
36	F ₁₄	59°17,5'N	0	3,416	0,0683	0,0200	0,0915	0,0268	0,2306	0,0675
37		21°34'O	110	5,849	0,1202	0,0205	0,1392	0,0238	0,3941	0,0674
38	F _{16A}	62°09'N	0	2,949	0,0603	0,0205	0,0768	0,0260	0,2039	0,0691
39		19°44'O	110	3,680	0,0758	0,0206	0,0946	0,0257	0,2496	0,0678
40	F _{17B}	64°53'N	0	1,596			0,0435	0,0273	0,1082	0,0678
41		22°48'O	74	2,243	0,0453	0,0202	0,0603	0,0269	0,1528	0,0681
Herbst 1969										
1	F ₁	54°36'N	0	4,983	0,1043	0,0209	0,1274	0,0256	0,3323	0,0669
2		11°09'O	25	14,065	0,2454	0,0174	0,3080	0,0219	0,9353	0,0665
3	F ₃	54°28'N	0	4,338	0,0903	0,0208	0,1108	0,0255	0,2890	0,0666
4		14°03'O	16	4,364	0,0904	0,0207	0,1119	0,0256	0,2895	0,0663
5	F ₄	55°25'N	0	4,100	0,0847	0,0206	0,1064	0,0259	0,2754	0,0672
6		14°32'O	50	4,140	0,0854	0,0206	0,1084	0,0262	0,2783	0,0672
7	F ₅	15°57,5'O	75	8,820	0,1813	0,0206	0,2025	0,0229	0,5903	0,0669
8		15°58'O	90	9,275	0,1904	0,0205	0,2118	0,0228	0,6192	0,0667
9	F ₁₁	58°38'N	0	3,606	0,0755	0,0209	0,0951	0,0264	0,2440	0,0677
10		18°15'O	75	5,350	0,1106	0,0207	0,1314	0,0245	0,3599	0,0672
11			100	5,722	0,1185	0,0207	0,1397	0,0244	0,3846	0,0672
12			300	6,044	0,1249	0,0207	0,1466	0,0242	0,4042	0,0669
13			420	6,051	0,1248	0,0206	0,1456	0,0240	0,4091	0,0676
Ozean						0,0206	0,0216₆	0,0669₂		

Tabelle II
Kationen-Konzentrationen und ihre Cl-Verhältnisse
Ostsee Frühjahr und Herbst 1970

Probe Nr.	Station	Position	Tiefe m	Cl ‰	K+ g/kg	K+/Cl	Ca ²⁺ (+Sr ²⁺) g/kg	Ca ²⁺ (+Sr ²⁺) /Cl	Mg ²⁺ g/kg	Mg ²⁺ /Cl
Frühjahr 1970										
1	F ₁	54°36'N	0	6,920	0,1420	0,0205	0,1616	0,0233	0,4667	0,0674
2		11°09'O	25	12,989	0,2467	0,0190	0,2825	0,0218	0,8578	0,0660
3	F ₂	54°28'N	0	4,982	0,1027	0,0206	0,1247	0,0250	0,3343	0,0671
4		12°12'O	20	9,027	0,1855	0,0205	0,2072	0,0229	0,6049	0,0670
5	F ₃	54°28'N	0	4,287	0,0879	0,0205	0,1099	0,0256	0,2867	0,0669
6		14°03'O	45	9,868	0,2013	0,0204	0,2226	0,0226	0,6516	0,0660
7	F ₄	55°25'N	0	4,142	0,0855	0,0206	0,1058	0,0255	0,2784	0,0672
8		14°32'O	46	4,776	0,0982	0,0206	0,1205	0,0252	0,3206	0,0671
9	F ₅	55°17'N	0	4,308	0,0884	0,0205	0,1101	0,0256	0,2909	0,0675
10		15°58'O	75	8,671	0,1792	0,0207	0,1989	0,0229	0,5767	0,0665
11			85	9,423	0,1940	0,0206	0,2261	0,0240	0,6219	0,0660
12	F ₆	55°14'N	0	4,290	0,0872	0,0203	0,1094	0,0255	0,2897	0,0675
13		17°20'O	87	7,449	0,1535	0,0206	0,1752	0,0235	0,4990	0,0670
14	F ₇	55°10'N	0	4,327	0,0879	0,0203	0,1110	0,0257	0,2910	0,0673
15		19°23'O	75	6,432	0,1314	0,0204	0,1521	0,0236	0,4332	0,0674
16			90	7,267	0,1497	0,0206	0,1709	0,0235	0,4846	0,0667
17	F ₈	55°42'N	0	4,188	0,0874	0,0209	0,1074	0,0256	0,2831	0,0675
18		18°38'O	75	5,962	0,1207	0,0203	0,1440	0,0242	0,4006	0,0672
19			100	6,599	0,1363	0,0207	0,1549	0,0235	0,4442	0,0673
20	F ₉	57°03'N	0	4,200	0,0861	0,0205	0,1082	0,0258	0,2773	0,0674
21		19°50'O	75	5,628	0,1169	0,0206	0,1356	0,0241	0,3799	0,0675
22			100	6,331	0,1297	0,0205	0,1518	0,0240	0,4238	0,0669
23			200	7,104	0,1459	0,0205	0,1683	0,0237	0,4758	0,0670
24			230	7,162	0,1475	0,0206	0,1670	0,0233	0,4784	0,0668
25	F ₁₀	58°00'N	0	4,041	0,0838	0,0206	0,1046	0,0259	0,2739	0,0678
26		19°55'O	75	5,564	0,1135	0,0204	0,1361	0,0245	0,3725	0,0669
27			150	6,276	0,1283	0,0204	0,1498	0,0239	0,4220	0,0674
28			190	6,795	0,1402	0,0206	0,1603	0,0236	0,4538	0,0668
29	F ₁₁	58°38'N	0	3,621	0,0744	0,0205	0,0950	0,0262	0,2462	0,0680
30		18°15'O	75	5,392	0,1106	0,0205	0,1332	0,0247	0,3652	0,0677
31			100	5,454	0,1108	0,0203	0,1337	0,0244	0,3695	0,0678
32			300	6,096	0,1248	0,0205	0,1466	0,0240	0,4085	0,0670
33			435	6,099	0,1257	0,0206	0,1474	0,0242	0,4086	0,0670
34	F ₁₂	57°29'N	0	3,746	0,0781	0,0208	0,0975	0,0260	0,2551	0,0681
35		17°58'O	90	5,629	0,1145	0,0203	0,1369	0,0243	0,3754	0,0667
36	F ₁₅	59°17,5'N	0	3,727	0,0769	0,0206	0,0988	0,0265	0,2504	0,0672
37		21°34'O	140	5,946	0,1220	0,0205	0,1443	0,0243	0,3986	0,0670
38	F ₁₈	59°42,5'N	0	3,244	0,0658	0,0203	0,0869	0,0268	0,2187	0,0674
39		24°00'O	70	4,400	0,0911	0,0206	0,1125	0,0256	0,2967	0,0674
40	F ₁₉	59°51'N	0	2,933	0,0597	0,0204	0,0796	0,0271	0,1976	0,0674
41		24°50'O	75	5,086	0,1038	0,0204	0,1246	0,0245	0,3426	0,0674
42	F ₂₀	59°55'N	0	2,641	0,0536	0,0203	0,0722	0,0273	0,1808	0,0684
43		25°36'O	65	4,788	0,0974	0,0203	0,1193	0,0249	0,3275	0,0684
44	Weichsel		0	0,086			0,0944	1,1029	0,0122	0,1431
45	Weichsel		0	0,047			0,1020	2,1612	0,0104	0,2202

Noch zu Tabelle II

Probe Nr.	Station	Position	Tiefe m	Cl ‰	K+ g/kg	K+/Cl	Ca ²⁺ (+Sr ²⁺) g/kg	Ca ²⁺ (+Sr ²⁺) /Cl	Mg ²⁺ g/kg	Mg ²⁺ /Cl
Herbst 1970										
1	F ₁	54°36 'N	0	8,254	0,1704	0,0206	0,1892	0,0229	0,5471	0,0663
2		10°09 'O	25	12,022	0,2356	0,0196	0,2652	0,0221	0,7950	0,0661
3	F ₂	54°28 'N	0	7,008	0,1435	0,0205	0,1638	0,0234	0,4653	0,0664
4		12°12 'O	20	7,507	0,1558	0,0208	0,1748	0,0233	0,5044	0,0672
5	F ₃	54°28 'N	0	4,310	0,0897	0,0208	0,1098	0,0255	0,2892	0,0671
6		14°03 'O	40	9,011	0,1849	0,0205	0,2043	0,0227	0,5991	0,0665
7	F ₅	55°17 'N	0	4,138	0,0860	0,0208	0,1058	0,0256	0,2787	0,0674
8		15°58 'O	75	8,481	0,1750	0,0206	0,1934	0,0228	0,5661	0,0668
9			95	9,141	0,1873	0,0205	0,2065	0,0226	0,6114	0,0669
10	F ₈	55°42 'N	0	4,035	0,0827	0,0205	0,1043	0,0259	0,2706	0,0671
11		18°38 'O	75	5,686	0,1175	0,0207	0,1377	0,0242	0,3839	0,0675
12			100	6,572	0,1359	0,0207	0,1552	0,0236	0,4394	0,0669
13	F ₉	57°03 'N	0	4,036	0,0838	0,0208	0,1040	0,0258	0,2712	0,0672
14		19°50 'O	75	5,725	0,1180	0,0206	0,1380	0,0241	0,3877	0,0677
15			100	6,433	0,1325	0,0206	0,1526	0,0237	0,4300	0,0668
16			190	6,656	0,1366	0,0205	0,1566	0,0235	0,4441	0,0668
17	F ₁₀	58°00 'N	0	3,713	0,0711	0,0208	0,0961	0,0259	0,2507	0,0675
18		19°55 'O	75	5,382	0,1116	0,0207	0,1310	0,0243	0,3620	0,0673
19			175	6,535	0,1344	0,0206	0,1541	0,0236	0,4370	0,0669
20	F ₁₁	58°38 'N	0	3,502	0,0721	0,0206	0,0907	0,0259	0,2348	0,0671
21		18°15 'O	75	5,629	0,1162	0,0206	0,1360	0,0242	0,3765	0,0669
22			300	5,729	0,1184	0,0207	0,1385	0,0242	0,3831	0,0669
23			414	6,305	0,1295	0,0205	0,1515	0,0240	0,4220	0,0669
24	F ₁₆	61°11 'N	0	3,131	0,0649	0,0207	0,0824	0,0263	0,2116	0,0676
25		20°09 'O	120	3,805	0,0793	0,0208	0,0988	0,0259	0,2533	0,0666
26	F ₁₇	65°17 'N	0	1,422	0,0304	0,0214	0,0385	0,0271	0,0969	0,0682
27		23°37 'O	70	2,141	0,0447	0,0209	0,0570	0,0266	0,1457	0,0680
Ozean						0,0206		0,0216₆		0,0669₂

Tabelle III Konzentrationen der Anionen und ihre Cl-Verhältnisse
Ostsee Frühjahr und Herbst 1969

Probe Nr.	Station	Tiefe	Cl ⁰ / ₀₀	SO ₄ ²⁻ (g/kg)	SO ₄ ²⁻ /Cl	Alkali-nitrit (mäq./l)	Alkal. /Cl	F- mg/kg	F-/Cl × 10 ⁵ g/kg/ ₀₀	Br- (g/kg)	Br-/Cl	B mg/kg	B/Cl mg/kg/ ₀₀
Frühjahr 1969													
1	F ₁	0	5,583	0,7727	0,1384	1,78	0,320	0,412	7,38	0,0191	0,00342	1,33	0,238
2		27	10,397	1,4735	0,1417	1,87	0,180	0,647	6,22	0,0358	0,00344	2,47	0,238
3	F ₂	0	4,538	0,6308	0,1392	1,62	0,358	0,314	6,92	0,0157	0,00346	1,10	0,242
4		20	5,148	0,7292	0,1416	1,64	0,319	0,401	7,79	0,0175	0,00340	1,19	0,231
5	F ₃	0	4,432	0,6224	0,1404	1,65	0,372	0,387	8,73	0,0152	0,00344	1,15	0,259
6		40	9,863	1,3947	0,1414	1,94	0,196	0,764	7,75	0,0329	0,00334	2,39	0,242
7	F ₄	0	4,271	0,6062	0,1419	1,72	0,403	0,423	9,90	0,0145	0,00338	0,95	0,223
8		50	5,488	0,7768	0,1415	1,82	0,333	0,460	8,38	0,0185	0,00337	1,39	0,253
9	F ₅	0	4,240	0,6029	0,1422	1,61	0,379	0,300	7,08	0,0142	0,00334	1,15	0,271
10		75	8,010	1,1382	0,1421	1,85	0,231	0,655	8,18	0,0274	0,00342	1,83	0,228
11		90	9,192	1,3071	0,1422	1,90	0,206	0,729	7,93	0,0311	0,00339	2,05	0,223
12	F ₆	0	4,218	0,5873	0,1392	1,68	0,399	0,294	6,97	0,0144	0,00341	1,16	0,275
13		90	7,166	1,0157	0,1417	1,84	0,257	0,479	6,68	0,0247	0,00344	1,89	0,264
14	F ₇	0	4,190	0,5762	0,1385	1,61	0,391	0,287	6,85	0,0141	0,00336	1,18	0,282
15		75	5,799	0,8161	0,1407	1,69	0,291	0,393	6,78	0,0200	0,00345	1,51	0,260
16		90	5,935	0,8414	0,1418	1,75	0,295	0,486	8,19	0,0206	0,00346	1,56	0,263
17	F ₈	0	4,154	0,5834	0,1404	1,67	0,402	0,319	7,68	0,0142	0,00341	1,24	0,298
18		75	5,021	0,7039	0,1402	1,78	0,355	0,403	8,03	0,0169	0,00337	1,31	0,261
19		100	6,154	0,8693	0,1413	1,83	0,298	0,393	6,39	0,0208	0,00337	1,64	0,266
20	F ₉	0	4,105	0,5815	0,1416	1,66	0,404	0,310	7,55	0,0139	0,00340	0,97	0,236
21		75	5,507	0,7792	0,1415	1,80	0,327	0,487	8,84	0,0193	0,00351	0,31	0,238
22		100	5,891	0,8359	0,1419	1,82	0,308	0,520	8,83	0,0202	0,00344	1,52	0,258
23		200	6,422	0,9070	0,1412	1,76	0,275	0,659	10,26	0,0222	0,00346	1,66	0,258
24	F ₁₀	0	4,013	0,5701	0,1420	1,60	0,399	0,388	9,67	0,0137	0,00342	1,14	0,284
25		75	5,067	0,7139	0,1409	1,84	0,363	0,421	8,31	0,0170	0,00335	1,45	0,286
26		150	6,549	0,9237	0,1410	1,90	0,290	0,510	7,79	0,0220	0,00336	1,77	0,270
27	F ₁₁	0	3,801	0,5358	0,1409	1,59	0,420	0,402	10,58	0,0129	0,00338	1,27	0,334
28		75	5,283	0,7359	0,1397	1,78	0,337	0,413	7,82	0,0181	0,00343	1,35	0,255
29		100	5,656	0,8011	0,1416	1,83	0,324	0,450	7,96	0,0194	0,00343	1,45	0,256
30		300	5,993	0,8506	0,1419	1,95	0,325	0,507	8,46	0,0206	0,00343	1,62	0,270
31		450	5,988	0,8519	0,1423	1,85	0,310	0,388	6,48	0,0200	0,00334	1,62	0,271
32	F ₁₂	0	3,992	0,5555	0,1391	1,68	0,422	0,443	11,10	0,0134	0,00336	1,02	0,255
33		90	5,467	0,7755	0,1418	1,78	0,325	0,422	7,72	0,0183	0,00335	1,81	0,331
34	F ₁₃	0	3,900	0,5509	0,1412	1,59	0,409	0,307	7,87	0,0132	0,00340	0,93	0,230
35		165	6,238	0,8753	0,1403	1,62	0,260	0,489	7,84	0,0214	0,00342	1,37	0,220
36	F ₁₄	0	3,416	0,4829	0,1414	1,30	0,381	0,294	8,61	0,0114	0,00334	0,82	0,240
37		110	5,849	0,8243	0,1409	1,80	0,309	0,487	8,33	0,0193	0,00330	1,31	0,224
38	F _{17A}	0	2,949	0,4021	0,1363	1,32	0,450	0,344	11,67	0,0100	0,00338	0,72	0,244
39		110	3,680			1,48	0,404	0,367	9,97	0,0123	0,00334	0,88	0,239
40	F _{17B}	0	1,596	0,2239	0,1403			0,148	9,27	0,0051	0,00320	0,41	0,257
41		74	2,243	0,3087	0,1376			0,180	8,02	0,0074	0,00330	0,59	0,236
Herbst 1969													
	F ₁	0	4,983	0,6991	0,1403	1,64	0,329	0,342	6,86	0,0167	0,00335	1,09	0,219
2		25	14,065	1,9804	0,1408	2,15	0,152	0,897	6,38	0,0478	0,00340	3,11	0,221
3	F ₃	0	4,338	0,6117	0,1409	1,59	0,366	0,288	6,64	0,0144	0,00332	1,16	0,267
4		16	4,364	0,6166	0,1413	1,62	0,372	0,294	6,74	0,0148	0,00343	1,06	0,243
5	F ₄	0	4,100	0,5789	0,1412	1,58	0,385	0,287	7,00	0,0138	0,00337	1,04	0,254
6		50	4,140	0,5793	0,1399	1,57	0,379	0,292	7,05	0,0140	0,00339	0,95	0,229
7	F ₅	75	8,820	1,2454	0,1412	1,87	0,212	0,572	6,49	0,0299	0,00339	2,01	0,228
8		90	9,275	1,3142	0,1417	1,94	0,209	0,652	7,03	0,0318	0,00343	2,13	0,230
9	F ₁₁	0	3,606	0,5069	0,1406	1,50	0,418	0,280	7,76	0,0121	0,00336	0,92	0,255
10		75	5,350	0,7526	0,1407	1,74	0,325	0,360	6,73	0,0180	0,00337	1,23	0,230
11		100	5,722	0,8085	0,1423	1,75	0,305	0,367	6,41	0,0193	0,00337	1,37	0,238
12		300	6,044	0,8455	0,1399	1,81	0,299	0,451	7,46	0,0206	0,00341	1,39	0,230
13		420	6,051	0,8459	0,1398	1,81	0,299	0,376	6,21	0,0206	0,00340	1,22	0,230
Ozean				0,1400		0,123		6,7		0,00347₃		0,230	

Tabelle IV
Konzentration der Anionen und ihre Cl-Verhältnisse
Ostsee Frühjahr und Herbst 1970

Probe Nr.	Station	Tiefe	Cl ⁰ /‰	SO ₄ ²⁻ -SO ₄ ²⁻ /Cl (g/kg)	Alkali-nitrität (mäq./l)	Alkal. F/Cl	F- mg/kg	F-/Cl × 10 ⁵ g/kg/‰	Br- (g/kg)	Br-/Cl	B mg/kg	B/Cl mg/kg/‰	
Frühjahr 1970													
1	F ₁	0	6,920	0,9757	0,1407	1,49	0,216	0,492	7,11	0,0233	0,00337	1,63	0,236
2		25	12,989	1,8279	0,1407	2,05	0,157	0,865	6,66	0,0435	0,00335	2,77	0,213
3	F ₂	0	4,982	0,6982	0,1402	1,57	0,316	0,346	6,95	0,0168	0,00337	1,25	0,251
4		20	9,027	1,2688	0,1406	1,83	0,203	0,599	6,64	0,0270	0,00337	2,31	0,234
5	F ₃	0	4,287	0,6001	0,1399	1,47	0,342	0,312	7,28	0,0144	0,00336	1,12	0,261
6		45	9,868	1,3795	0,1398	1,85	0,187	0,672	6,81	0,0344	0,00338	2,39	0,242
7	F ₄	0	4,142	0,5813	0,1403	1,89	0,456	0,312	7,53	0,0143	0,00344	0,92	0,222
8		46	4,776	0,6728	0,1409	1,66	0,347	0,339	7,10	0,0162	0,00340	1,06	0,222
9	F ₅	0	4,308	0,6091	0,1414	1,59	0,369	0,319	7,40	0,0145	0,00338	1,10	0,255
10		75	8,671	1,2157	0,1402	1,84	0,212	0,592	6,83	0,0297	0,00342	2,13	0,245
11		85	9,423	1,3323	0,1414	1,85	0,196	0,652	6,92	0,0322	0,00342	2,25	0,238
12	F ₆	0	4,290	0,6062	0,1413	1,52	0,355	0,312	7,27	0,0146	0,00341	1,03	0,240
13		87	7,449	1,0557	0,1417	1,74	0,233	0,512	6,87	0,0253	0,00340	1,72	0,230
14	F ₇	0	4,327	0,6088	0,1407	1,59	0,368	0,332	7,67	0,0147	0,00340	1,09	0,252
15		75	6,432	0,9069	0,1410	1,69	0,263	0,452	7,03	0,0218	0,00338	1,56	0,243
16		90	7,267	1,0137	0,1395	1,77	0,244	0,499	6,87	0,0246	0,00338	1,66	0,228
17	F ₈	0	4,188	0,5930	0,1415	1,59	0,380	0,319	7,62	0,0142	0,00339	1,14	0,272
18		75	5,962	0,8252	0,1394	1,51	0,253	0,426	7,15	0,0200	0,00336	1,49	0,250
19		100	6,599	0,9216	0,1397	1,72	0,261	0,446	6,76	0,0222	0,00337	1,56	0,236
20	F ₉	0	4,200	0,5797	0,1380	1,57	0,374	0,299	7,12	0,0142	0,00339	0,98	0,233
21		75	5,628	0,7888	0,1402	1,72	0,306	0,392	6,97	0,0190	0,00338	1,45	0,258
22		100	6,331	0,8983	0,1419	1,88	0,297	0,439	6,93	0,0215	0,00339	1,64	0,259
23		200	7,104	1,0049	0,1415	1,80	0,253	0,489	6,88	0,0239	0,00336	1,82	0,256
24		230	7,162	1,0075	0,1407	1,77	0,247	0,499	6,97	0,0240	0,00335	1,70	0,237
25	F ₁₀	0	4,041	0,5581	0,1381	1,52	0,377	0,299	7,40	0,0136	0,00337	0,98	0,243
26		75	5,564	0,7792	0,1400	1,47	0,265	0,399	7,17	0,0186	0,00335		
27		150	6,276	0,8768	0,1397	1,71	0,272	0,432	6,88	0,0210	0,00334	1,58	0,252
28		190	6,795	0,9484	0,1396	1,76	0,254	0,465	6,84	0,0227	0,00334	1,74	0,256
29	F ₁₁	0	3,621	0,5062	0,1398	1,26	0,347	0,279	7,71	0,0123	0,00340	0,82	0,226
30		75	5,392	0,7701	0,1428	1,96	0,364	0,386	7,16	0,0182	0,00338	1,27	0,235
31		100	5,454	0,7626	0,1398	1,67	0,307	0,366	6,71	0,0183	0,00335	1,31	0,240
32		300	6,096	0,8438	0,1384	1,77	0,290	0,406	6,66	0,0204	0,00335	1,41	0,231
33		435	6,099	0,8491	0,1392	1,89	0,309	0,419	6,87	0,0205	0,00337	1,39	0,228
34	F ₁₂	0	3,746	0,5309	0,1417	1,31	0,350	0,265	7,07	0,0127	0,00339	1,04	0,236
35		90	5,629	0,7885	0,1401	1,69	0,300	0,392	6,96	0,0189	0,00336	1,33	0,278
36	F ₁₄	0	3,727	0,5218	0,1400	1,48	0,397	0,279	7,49	0,0124	0,00332	0,99	0,266
37		140	5,946	0,8318	0,1398	1,71	0,288	0,439	7,38	0,0197	0,00331	1,27	0,213
38	F ₁₈	0	3,244	0,4548	0,1402	1,40	0,430	0,299	9,22	0,0106	0,00326	0,80	0,247
39		70	4,400	0,6228	0,1416	1,66	0,376	0,332	7,55	0,0143	0,00324	1,31	0,300
40	F ₁₉	0	2,933	0,4108	0,1401	1,22	0,415	0,305	10,40	0,0097	0,00330	0,84	0,286
41		75	5,086	0,7089	0,1394	1,67	0,328	0,352	6,92	0,0169	0,00332	1,35	0,295
42	F ₂₀	0	2,641	0,3714	0,1406	1,37	0,520	0,272	10,30	0,0084	0,00318	0,76	0,288
43		65	4,788	0,6694	0,1398	1,63	0,340	0,265	5,53	0,0152	0,00318	1,27	0,265
44	Wechsel	0	0,086					0,160	186,92	0,0012	0,01395		
45	Wechsel	0	0,047					0,127	270,21	0,0004	0,00851		

Noch zu Tabelle IV

Probe Nr.	Station	Tiefe	Cl ⁰ / ₁₀₀	SO ₄ ²⁻ -SO ₄ ²⁻ /Cl (g/kg)	Alkali-nitrit (mäq./l)	Alkal. /Cl	F- mg/kg	F-/Cl × 10 ⁵ g/kg/ ₁₀₀	Br- (g/kg)	Br-/Cl	B mg/kg	B/Cl mg/kg/ ₁₀₀		
Herbst 1970														
1	F ₁	0	8,254	1,1632	0,1409	1,71	0,207	0,573	6,94	0,0282	0,00342	2,09	0,253	
2		25	12,022	1,6816	0,1399	2,05	0,171	0,772	6,42	0,0408	0,00339	2,46	0,205	
3	F ₂	0	7,008	0,9927	0,1417	1,60	0,228	0,497	7,09	0,0238	0,00340	1,74	0,248	
4		20	7,507	1,0419	0,1387	1,84	0,245	0,492	6,55	0,0255	0,00340	1,84	0,245	
5	F ₃	0	4,310	0,6121	0,1420	1,51	0,350	0,300	6,96	0,0146	0,00338	1,14	0,265	
6		40	9,011	1,2673	0,1406	1,84	0,204	0,626	6,95	0,0304	0,00337	2,10	0,233	
7	F ₅	0	4,138	0,5839	0,1411	1,48	0,358	0,325	7,85	0,0141	0,00340	1,06	0,256	
8		75	8,481	1,1945	0,1409	2,09	0,246	0,592	6,98	0,0287	0,00388	2,21	0,261	
9		95	9,141	1,2951	0,1417	1,71	0,187	0,612	6,70	0,0308	0,00337	2,14	0,234	
10	F ₈	0	4,035	0,5742	0,1423	1,47	0,364	0,319	7,91	0,0138	0,00342	1,04	0,258	
11		75	5,686	0,7990	0,1405	1,55	0,273	0,405	7,12	0,0192	0,00338	1,32	0,232	
12		100	6,572	0,9155	0,1393	1,74	0,265	0,452	6,88	0,0224	0,00341	1,65	0,251	
13	F ₉	0	4,036	0,5658	0,1402	1,59	0,394	0,305	7,56	0,0135	0,00336	1,03	0,255	
14		75	5,725	0,8164	0,1426	1,67	0,292	0,432	7,55	0,0193	0,00337	1,45	0,253	
15		100	6,433	0,9046	0,1406	1,66	0,258	0,439	6,82	0,0216	0,00336	1,59	0,247	
16		190	6,656	0,9172	0,1378	1,73	0,259	0,439	6,60	0,0224	0,00337	1,68	0,252	
17	F ₁₀	0	3,713	0,5053	0,1381	1,48	0,399	0,292	7,86	0,0126	0,00339	0,98	0,264	
18		75	5,382	0,7604	0,1413	1,59	0,296	0,385	7,15	0,0182	0,00338	1,39	0,260	
19		175	6,535	0,9203	0,1408	1,67	0,255	0,459	7,02	0,0220	0,00336	1,63	0,249	
20	F ₁₁	0	3,502	0,4912	0,1403	1,37	0,391	0,272	7,77	0,0118	0,00338	0,92	0,262	
21		75	5,629	0,7744	0,1384	1,53	0,271	0,380	6,75	0,0189	0,00336	1,41	0,250	
22		300	5,729	0,7940	0,1385	1,68	0,293	0,425	7,42	0,0193	0,00337	1,45	0,253	
23		414	6,305	0,8858	0,1405	1,65	0,262	0,478	7,58	0,0212	0,00336	1,55	0,246	
24	F ₁₆	0	3,131	0,4363	0,1394	0,98	0,314	0,306	9,77	0,0101	0,00323	0,70	0,223	
25		120	3,805	0,5359	0,1408	1,36	0,358	0,459	12,06	0,0121	0,00318	0,84	0,220	
26	F ₁₇	0	1,422	0,1936	0,1362				0,186	13,08	0,0046	0,00323	0,45	0,316
27		70	2,141						0,265	12,38	0,0069	0,00322	0,46	0,215
Ozean					0,1400	0,123	6,7	0,00347₃	0,230					

Tabelle V
Vergleich zwischen „wahrem“ und indirekt bestimmtem Salzgehalt
in der Ostsee vom Frühjahr und Herbst 1969

Probe Nr.	Cl ‰	S ‰ (ΣK ⁺ + A ⁻)	S ‰ (Salin.)	S ‰ [*] (Titrim.)
Frühjahr 1969				
1	5,583	10,093	10,104	10,086
2	10,397	18,796	18,806	18,783
3	4,538	8,215	8,213	8,198
4	5,148	9,327	9,312	9,300
5	4,432	8,031	8,019	8,007
6	9,863	16,837	17,831	17,818
7	4,271	7,742	7,727	7,716
8	5,488	9,942	9,924	9,914
9	4,240	7,693	7,671	7,660
10	8,010	14,500	14,482	14,470
11	9,192	16,622	16,612	16,606
12	4,218	7,641	7,632	7,620
13	7,166	12,972	12,954	12,946
14	4,190	7,577	7,585	7,569
15	5,799	10,494	10,490	10,476
16	5,935	10,748	10,733	10,721
17	4,154	7,528	7,517	7,504
18	5,021	9,088	9,087	9,071
19	6,154	11,145	11,126	11,110
20	4,105	7,445	7,436	7,416
21	5,507	9,975	9,956	9,949
22	5,891	10,669	10,648	10,642
23	6,422	11,624	11,611	11,602
24	4,013	7,280	7,261	7,250
25	5,067	9,177	9,165	9,154
26	6,549	11,854	11,841	11,831
27	3,801	6,893	6,883	6,867
28	5,283	9,561	9,553	9,544
29	5,656	10,245	10,226	10,218
30	5,993	10,857	10,836	10,827
31	5,988	10,832	10,828	10,818
32	3,992	7,227	7,225	7,212
33	5,467	9,903	9,893	9,876
34	3,900	7,072	7,062	7,046
35	6,238	11,285	11,270	11,269
36	3,416	6,196	6,193	6,171
37	5,849	10,587	10,572	10,567
38	2,948	5,339	5,341	5,328
40	1,596	2,897	2,894	2,883
41	2,243	4,065	4,068	4,052
Herbst 1969				
1	4,983	9,026	9,007	9,002
3	4,338	7,860	7,852	7,837
4	4,364	7,907	7,902	7,884
5	4,100	7,433	7,423	7,407
6	4,140	7,501	7,494	7,479
7	8,820	15,950	15,938	15,934
8	9,275	16,774	16,776	16,756
9	3,606	6,540	6,534	6,514
10	5,350	9,687	9,672	9,665
11	5,722	10,363	10,347	10,337
12	6,044	10,934	10,937	10,919
13	6,051	10,948	10,947	10,931

*) Erklärung im Text

Tabelle VI
 Vergleich zwischen „wahrem“ und indirekt bestimmtem Salzgehalt
 in der Ostsee vom Frühjahr und Herbst 1970

Probe Nr.	Cl ‰	S ‰ (ΣK+ + A-)	S ‰ (Salin.)	S ‰ (Titrim*)
Frühjahr 1970				
1	6,920	12,521	12,515	12,501
3	4,982	9,020	9,010	9,000
4	9,027	16,320	16,316	16,308
5	4,287	7,764	7,756	7,745
6	9,868	17,816	17,814	17,827
7	4,142	7,504	7,496	7,483
8	4,776	8,651	8,632	8,628
9	4,308	7,810	7,793	7,783
10	8,671	15,670	15,676	15,665
12	4,290	7,777	7,767	7,750
13	7,449	13,482	13,469	13,457
14	4,327	7,839	7,832	7,817
15	6,432	11,639	11,625	11,620
16	7,267	13,134	13,142	13,128
17	4,188	7,595	7,577	7,566
18	5,962	10,774	10,773	10,771
19	6,599	11,932	11,924	11,921
20	4,200	7,594	7,600	7,588
21	5,628	10,200	10,184	10,167
22	6,331	11,462	11,450	11,437
23	7,104	12,856	12,841	12,834
24	7,162	12,952	12,949	12,939
25	4,041	7,316	7,314	7,300
26	5,564	10,067	10,061	10,052
27	6,276	11,336	11,330	11,338
28	6,795	12,284	12,282	12,276
29	3,621	6,563	6,553	6,542
30	5,392	9,777	9,760	9,741
31	5,454	9,870	9,859	9,853
32	6,096	11,017	11,012	11,013
33	6,099	11,029	11,019	11,018
34	3,746	6,798	6,778	11,767
35	5,629	10,182	10,169	10,169
36	3,727	6,755	6,748	6,733
37	5,946	10,757	10,759	10,742
38	3,244	5,882	5,864	5,860
39	4,400	7,977	7,961	7,949
40	2,933	5,319	5,305	5,299
41	5,086	9,202	9,200	9,188
42	2,641	4,794	4,792	4,771
43	4,788	8,672	8,659	8,650

Noch zu Tabelle VI

Probe Nr.	Cl ‰	S ‰ (ΣK+ + A-)	S ‰ (Salin.)	S ‰ (Titrim.)
Herbst 1970				
1	8,254	14,921	14,917	14,911
3	7,008	12,677	12,663	12,660
4	7,507	13,564	13,576	13,562
5	4,310	7,815	7,799	7,786
6	9,011	16,284	16,285	16,279
8	8,481	15,333	15,340	15,321
9	9,141	16,531	16,540	16,514
10	4,035	7,318	7,306	7,289
11	5,686	10,293	10,283	10,272
12	6,572	11,880	11,874	11,873
13	4,036	7,313	7,299	7,291
14	5,725	10,376	10,352	10,342
15	6,433	11,637	11,637	11,622
16	6,656	12,019	12,000	12,024
17	3,713	6,715	6,715	6,708
18	5,382	9,752	9,734	9,723
19	6,535	11,822	11,813	11,806
20	3,502	6,346	6,336	6,327
21	5,629	10,170	10,169	10,169
22	5,729	10,354	10,364	10,350
23	6,305	11,406	11,407	11,390
25	2,141	3,868	3,881	3,868
26	3,131	5,674	5,667	5,656
27	3,805	6,896	6,889	6,874