

# Hydrographisch-chemische Veränderungen in der Ostsee im Jahre 1973

DR. D. NEHRING UND E. FRANCKE

INSTITUT FÜR MEERESKUNDE ROSTOCK-WARNEMÜNDE  
DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER DDR

Infolge des milden Winters 1972/73 wies das Oberflächenwasser der Ostsee eine positive Temperaturanomale auf. Im Tiefenwasser des Bornholm- und Gdänsker Beckens sowie des östlichen Gotlandbeckens dauerte 1973 die Stagnationsperiode an und führte zu einer weiteren Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse. Dagegen wurde im Landsorttief als Folge des Salzwassereintruchs vom Frühjahr 1972 eine Wassererneuerung beobachtet, bei der etwas salzreicheres Wasser mit geringen Sauerstoffmengen einströmte. Wegen der ungünstigen Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser der Ostsee war im Herbst 1973 keine erfolgreiche Fischerei unterhalb 70 m Tiefe möglich. Nur im Südteil des östlichen Gotlandbeckens herrschten etwas günstigere Bedingungen. Die Aussichten für eine erneute Besserung der Sauerstoffverhältnisse werden diskutiert.

## 1. Einleitung

Seit dem Internationalen Ostseejahr 1969/70 (11) werden vom Institut für Meereskunde der Akademie der Wissenschaften der DDR in Rostock-Warnemünde ozeanologische Beobachtungen in allen Teilgebieten der Ostsee mit Ausnahme des Bottnischen und Rigaer Meerbusens durchgeführt. Diese Untersuchungen dienen der systematischen Erfassung ausgewählter physikalischer, chemischer und biologischer Parameter. Sie bilden eine der wichtigsten Grundlagen für die Fischereiprognozen und für die Erforschung des Wasseraustausches in den tiefen Becken der Ostsee sowie für langfristige Observatoriumsprogramme über die anthropogenen und natürlichen Veränderungen dieses Binnenmeeres.

Aufbauend auf die Erfahrungen früherer Jahre (5, 6, 7), insbesondere des Internationalen Ostseejahres 1969/70 (11), wurden auch 1973 mit dem Forschungsschiff „Professor Albrecht Penck“ 5 ozeanologische Meßfahrten durchgeführt. Aus technischen Gründen und wegen ungünstiger meteorologischer Bedingungen mußten im Februar die Messungen auf Station 7 A (Slupsker Rinne) abgebrochen werden. Dafür konnte Ende März/Anfang April über das Programm hinausgehend auch der Nordteil des östlichen Gotlandbeckens sowie das west-

liche Gotlandbecken und das Landsorttief bearbeitet werden.

Auf der 3. Meßfahrt wurde von Mitte Mai bis Anfang Juni das gesamte Ostseeprogramm durchgeführt. Daran schloß sich im August eine verkürzte Meßfahrt bis ins Gotlandtief an. Im November mußte das Meßprogramm infolge schlechten Wetters erneut gekürzt werden. Dadurch konnten die Stationen im westlichen Gotlandbecken und im Westteil des nördlichen Beckens einschließlich des Landsorttiefs nicht bearbeitet werden. Die Meßergebnisse wurden wiederum in Form eines Längsschnitts durch die tiefen Becken und Mulden der Ostsee dargestellt. In Abb. 1 sind die dabei verwendeten Standardstationen eingetragen. Außerdem wurden in der westlichen Ostsee sowie im Arkona- und Bornholmbecken weitere hier nicht eingetragene Stationen untersucht. Da während der Februarfahrt nur ein stark reduziertes Meßprogramm durchgeführt werden konnte, sind die Ergebnisse dieser Messungen in tabellarischer Form zusammengefaßt.

## 2. Hydrographisch-chemische Veränderungen

Über ganz Nordeuropa herrschte 1972/73 ein sehr milder Winter. Dadurch kühlte sich das Oberflächenwasser

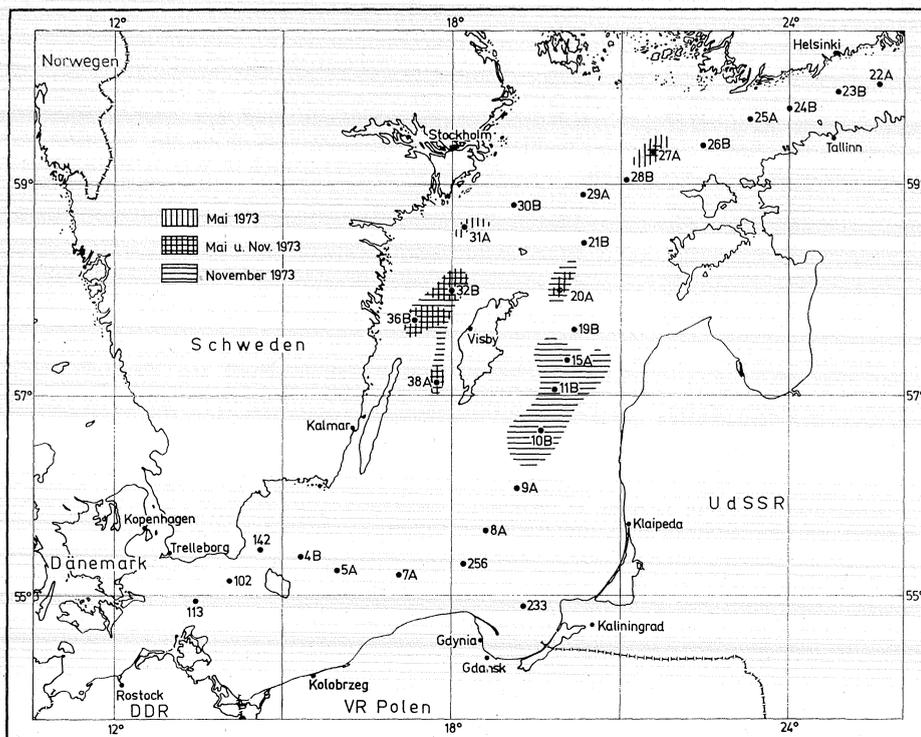


Abbildung 1

Stationskarte und Gebiete mit Schwefelwasserstoff in der grundnahen Schicht im Jahre 1973.

der Ostsee weniger als in den Vorjahren ab. So wurden bei den Untersuchungen im Februar und im März/April 1973 nur Tiefsttemperaturen von 3–4 °C gemessen (Tabelle 1, Abb. 2), die um 2–3 °C höher lagen als in den entsprechenden Winter- und Frühjahrsmonaten 1969 und 1970 (5). Die Temperaturunterschiede zu den Jahren 1971 und 1972 betragen 1–2 °C (7, 8). Abgesehen von der westlichen und nördlichen Gotlandsee und vom Finnischen Meerbusen begannen sich im Mai die Temperaturverhältnisse im Oberflächenwasser denen der Vorjahre anzugleichen. In der kalten Zwischenwasser-schicht, die durch die jahreszeitlich bedingte Erwärmung des Oberflächenwassers der Ostsee entsteht, blieben dagegen die relativ hohen Wintertemperaturen konserviert. Diese Schicht war 1973 um 1–2 °C wärmer als in den Jahren 1969–1972 (6, 7, 8). Sie begann sich darüber hinaus zeitiger als in den Vorjahren auszubilden und konnte im Arkona- und Bornholmbecken sowie im westlichen Gotlandbecken bereits Ende März, Anfang April nachgewiesen werden. In der nördlichen Gotlandsee und im Finnischen Meerbusen setzte die Erwärmung des Oberflächenwassers ebenfalls früher und viel heftiger als in den Vorjahren ein (6, 7, 8), wobei die auftretenden Temperaturunterschiede Ende Mai, Anfang Juni 4–6 °C betragen.

**Tabelle 1**  
Temperaturverteilung in °C im Februar 1973

Tiefe (m)	Stations-Bezeichnung				
	113 9. 2. 1973	102 9. 2. 1973	142 10. 2. 1973	5 A 12. 2. 1973	7 A 12. 2. 1973
1	3,30	3,60	3,85	4,00	3,84
10	3,30	3,62	3,86	4,01	3,84
20	3,10	3,63	3,85	4,10	3,86
30	2,88	3,91	3,85	3,92	3,92
40	3,13	5,04	5,39	4,00	3,99
50			6,90	4,06	4,06
60				7,67	6,04
70				7,36	6,77
80				5,23	7,78
G*)	3,34 (43 m)	5,82 (43 m)	6,44 (58 m)	4,98 (88 m)	8,00 (90 m)

Salzgehaltsverteilung in ‰ im Februar 1973					
1	8,56	8,34	8,09	7,85	7,86
10	8,56	8,35	8,09	7,85	7,86
20	9,86	8,31	8,09	7,90	7,88
30	13,40	8,65	8,09	7,94	7,89
40	15,05	12,26	10,15	8,06	7,89
50			12,26	8,14	7,93
60				12,14	10,17
70				16,05	11,22
80				17,03	13,54
G*)	16,00 (45 m)	16,99 (43 m)	12,54 (58 m)	17,33 (88 m)	14,21 (90 m)

Sauerstoffverteilung in ml/l im Februar 1973					
1	8,73	8,54	8,45	8,47	8,53
10	8,69	8,64	8,45	8,50	8,57
20	8,69	8,50	8,50	8,49	8,56
30	8,27	8,36	8,45	8,45	8,53
40	8,00	6,89	6,49	8,32	8,49
50			4,46	8,33	8,43
60				3,04	3,64
70				2,23	2,97
80				2,06	2,53
G*)	7,58 (45 m)	5,48 (43 m)	4,81 (58 m)	1,26 (88 m)	2,40 (90 m)

G\*) Grundnähe

Im Tiefenwasser unterhalb der Salzgehaltssprungschicht wurden im Jahresverlauf nur geringe Temperaturveränderungen beobachtet (Tabelle 1, Abb. 2). Während die Temperaturen im Bornholmbecken um 0,8 °C anstiegen und damit der Tendenz des Vorjahres folgten, sanken sie im Gdanker Becken nach einem im Frühjahr beobachteten Maximum um etwa 0,6 °C ab. Das relativ warme Wasser, das im Herbst 1972 in die Salzgehaltssprungschicht des Bornholmbeckens einströmt war (8), konnte auch im Winter und Frühjahr 1973 dort nachgewiesen werden. Im weiteren Jahresverlauf verteilte es sich zunächst, bevor im August erneut wärmeres Wasser einfloß. Im östlichen Gotlandbecken traten nur geringe Temperaturveränderungen im Tiefenwasser auf. Das Anfang April und im November 1973 am Südhang dieses Beckens einströmende Wasser zeichnete sich nicht nur

durch höhere Temperaturen, sondern auch durch höhere Salzgehalts- und Sauerstoffwerte sowie durch niedrigere Phosphatkonzentrationen aus.

Bei der Salzgehaltsverteilung ist die allmähliche Auslösung des Tiefenwassers im Bornholmbecken bemerkenswert, in deren Verlauf der Salzgehalt von 17,3 auf 16,5 ‰ absank (Tabelle 1, Abb. 3). Ein Rückgang um rund 0,4 ‰ war allein zwischen den beiden letzten Beobachtungsterminen nachweisbar. Ähnliche Tendenzen zeichneten sich auch im Gdanker Becken ab, während der Salzgehalt im Gotlandtief keine nennenswerten Änderungen aufwies. Im Gegensatz dazu konnte im Landsorttief im Mai 1973 eine Anhebung der 10,8 ‰-Isohalinen und damit der Zustrom etwa salzreicher Tiefenwassers festgestellt werden.

Für die Entstehung extremer Einstromsituationen in die Ostsee ist nach WOLF (9) der Salzgehalt im Bodenwasser des Fehmarnbelts von großer Bedeutung. Zeigt er im Spätherbst und Winter eine stark positive Anomalie, so ist damit eine der wichtigsten ozeanologischen Voraussetzungen für die Entstehung eines Salzwasser-einbruchs erfüllt. Messungen, die am 1. November und vom 1. bis 4. Dezember 1973 durchgeführt wurden, ergaben Werte von 16 und 20–21 ‰ in Grundnähe, die unter bzw. im Bereich der Normalwerte lagen.

Der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser des Bornholmbeckens, des Gdanker Tiefs und des östlichen Gotlandbeckens zeigte im Jahresverlauf einen weiteren starken Rückgang (Tabelle 1, Abb. 4). Im Färötief wurden nur Ende März geringe Sauerstoffmengen angetroffen. Während der anderen Jahreszeiten herrschte Schwefelwasserstoff vor. Auch im Gotlandtief bildete sich Schwefelwasserstoff. Der Übergang ins reduzierende Milieu war hier nach Untersuchungen auf dem schwedischen Forschungsschiff „Skagerak“ bereits im September erfolgt (1).

Der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser des Bornholm- und Gdanker Beckens war im Herbst auf Werte unter 0,1 ml/l abgesunken. Damit verbunden war eine Denitrifikation und Stickstoffentbindung.

Zu einer Besserung der Sauerstoffverhältnisse kam es dagegen im Landsorttief. Zusammen mit dem etwas salzreicheren Wasser wurden diesem Tief auch geringe Sauerstoffmengen zugeführt. Dabei entstand im Mai 1973 vorübergehend eine schwefelwasserstoffhaltige Zwischenschicht. Wie schwedische Untersuchungen zeigten (1), war das Landsorttief im September 1973 frei von Schwefelwasserstoff.

Im Arkonabecken, in der westlichen Ostsee und im Fehmarnbelt war das Tiefenwasser im Sommer und Herbst 1973 besser als im Vorjahr durchlüftet, so daß der Sauerstoffgehalt kaum unter 3–4 ml/l absank. Lediglich im Inneren der Lübecker Bucht wurden mit 0,5–1 ml/l niedrigere Konzentrationen in Grundnähe festgestellt, nachdem auch hier im Winter und Frühjahr sehr günstige Sauerstoffverhältnisse geherrscht hatten. Obgleich sich im Tiefenwasser des östlichen Gotlandbeckens Schwefelwasserstoff bildete, machte die Phosphatanreicherung in diesem Becken keine wesentlichen Fortschritte (Abb. 5). Auch im Bornholmbecken nahm der Phosphatgehalt im Verlauf des Jahres 1973 nur wenig zu. Bemerkenswert ist dagegen die starke Phosphatakkumulation im Tiefenwasser des Gdanker Beckens, ohne daß in diesem Becken Schwefelwasserstoff nachgewiesen werden konnte. Im Landsorttief wurde mit dem Einstrom des etwas salz- und sauerstoffreicheren Tiefenwassers eine Abnahme des Phosphatgehalts beobachtet.

Abgesehen von der Wassertemperatur zeigte die Verteilung der übrigen ozeanologischen Parameter in der Oberflächenschicht gegenüber anderen Jahren keine Besonderheiten. Auch der Phosphatgehalt, der als wichtiger produktionsbiologisch wirksamer Faktor in Abb. 6 speziell für die Schicht von 0–50 m Tiefe dargestellt ist, änderte sich im Jahresverlauf nur im Rahmen des Üblichen. Werte über 0,5 µg-at./l an der Oberfläche wurden auf der März/April-Meßfahrt nur vereinzelt beobachtet. Im westlichen Gotlandbecken sind die relativ hohen Phosphatwerte vermutlich auf Festland-einflüsse zurückzuführen.

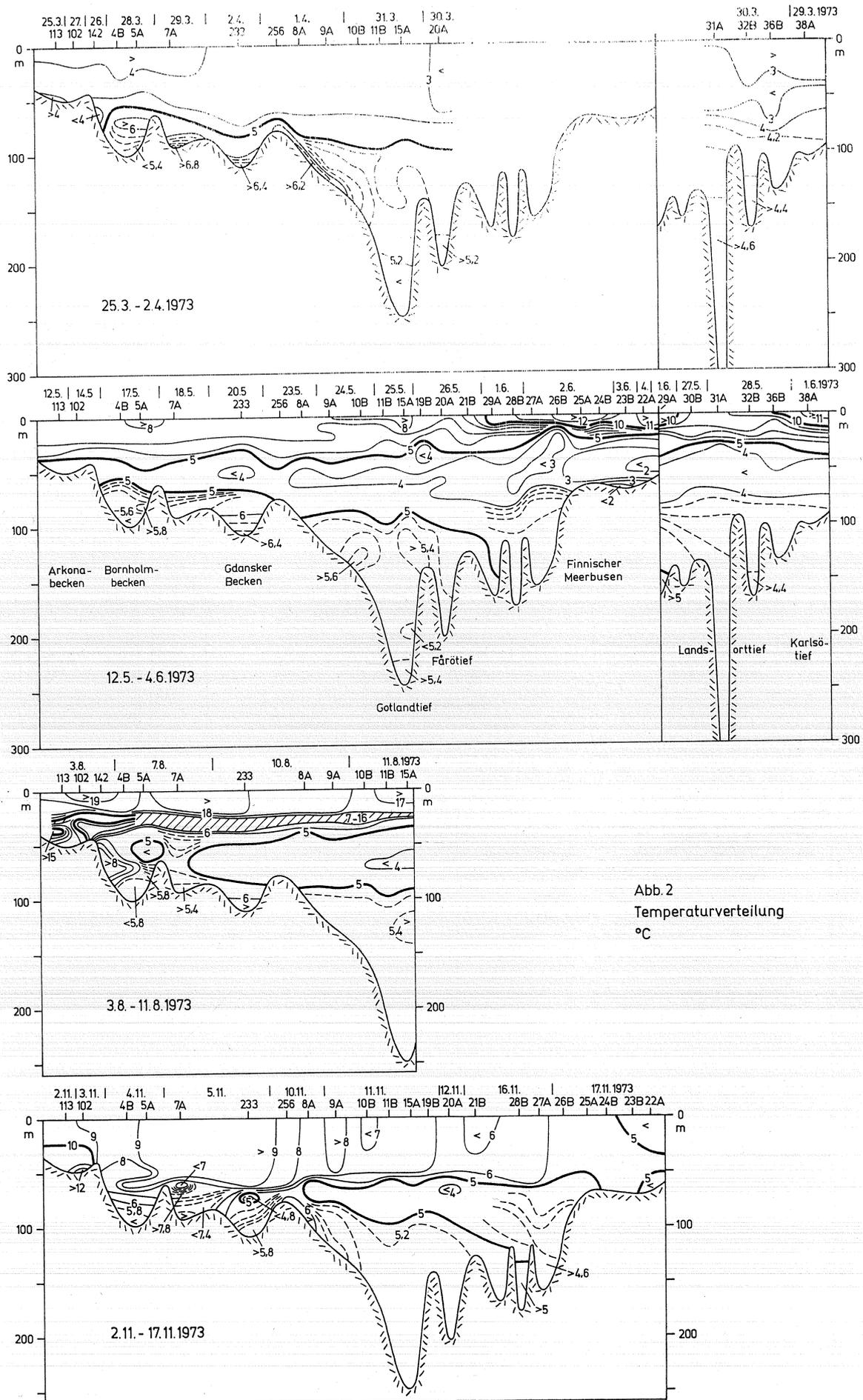


Abb. 2  
Temperaturverteilung  
°C

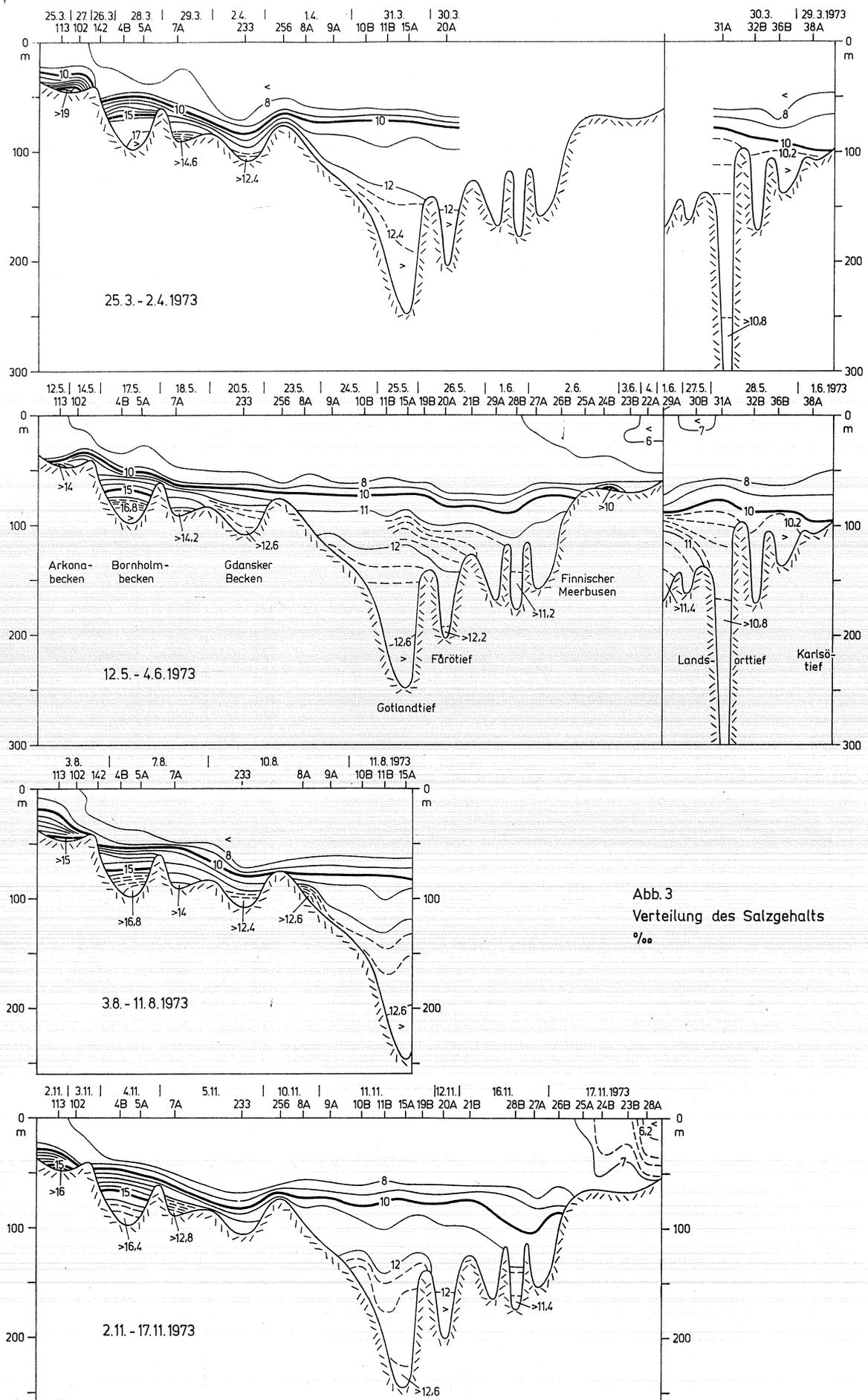


Abb. 3  
Verteilung des Salzgehalts  
‰

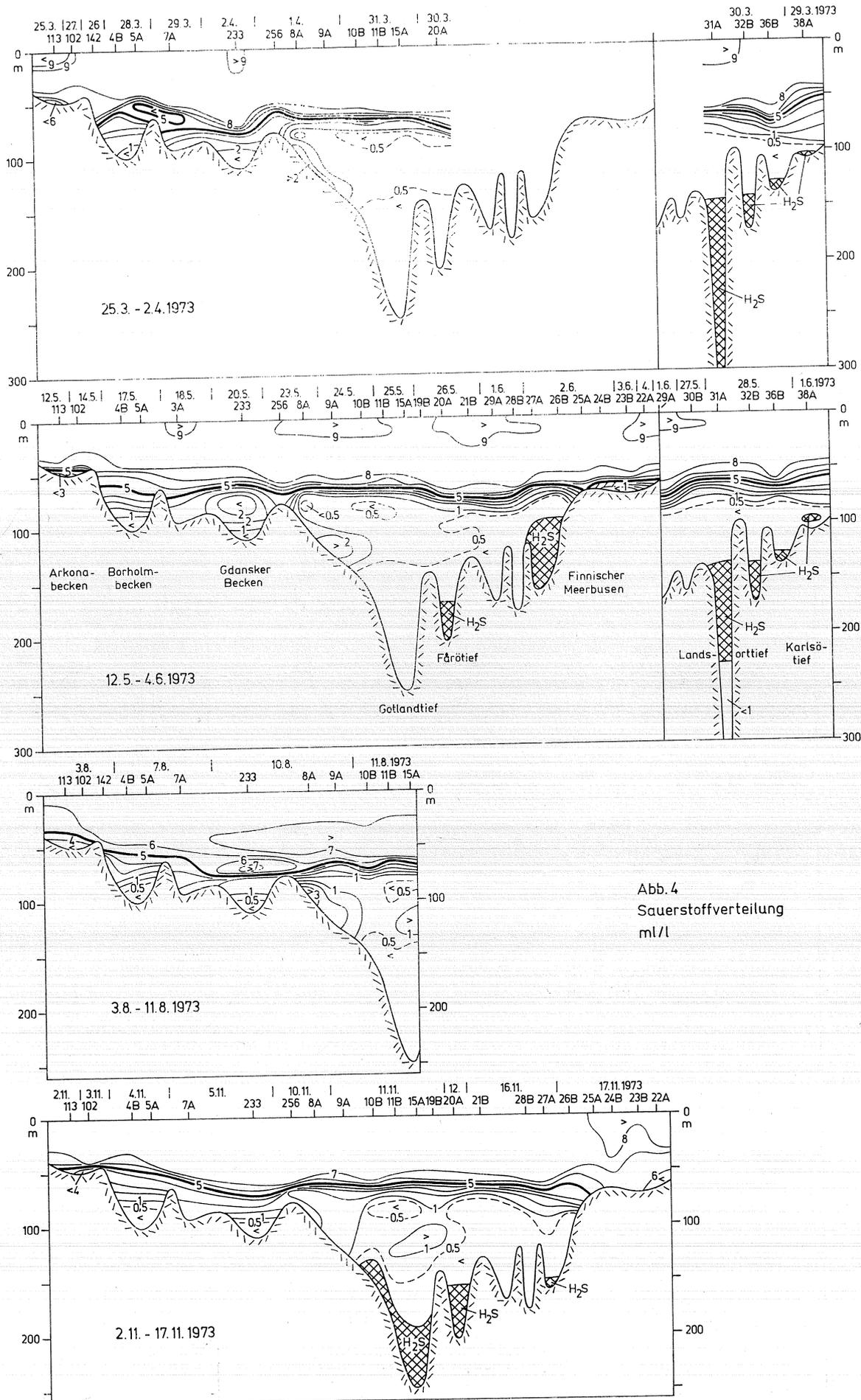


Abb. 4  
Sauerstoffverteilung  
ml/l

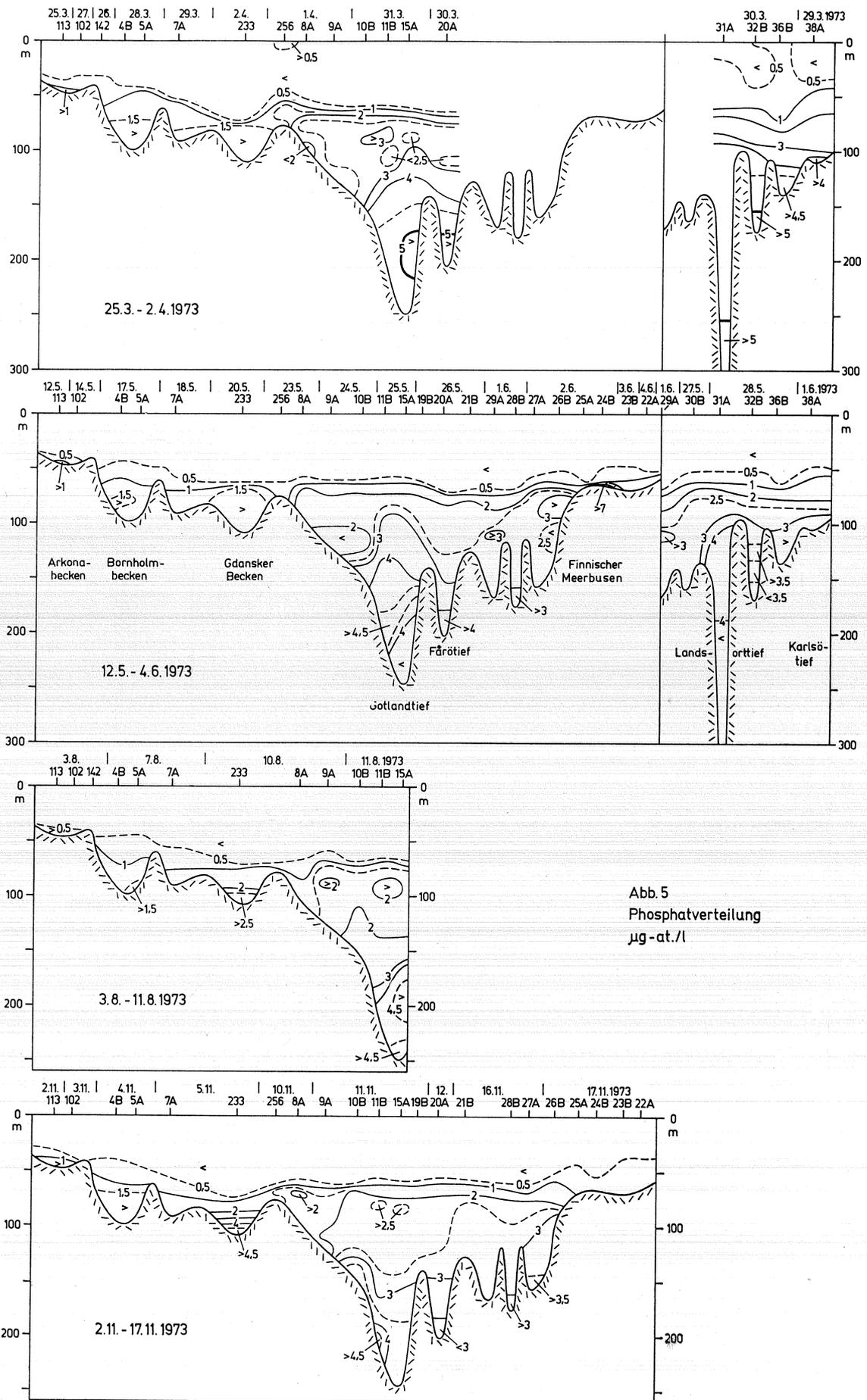


Abb 5  
Phosphatverteilung  
µg-at./l

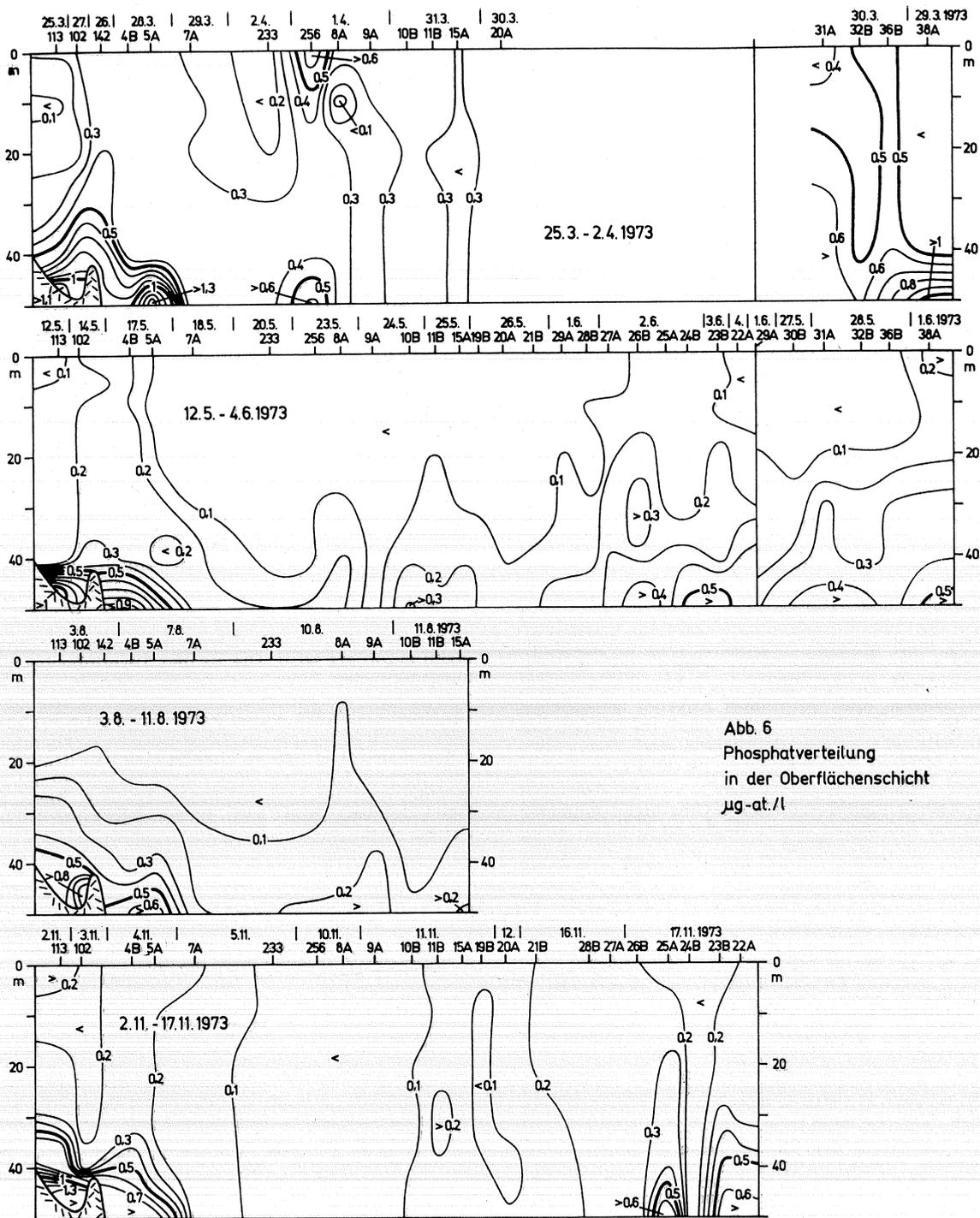


Abb. 6  
Phosphatverteilung  
in der Oberflächenschicht  
µg-at./l

### 3. **Schlussfolgerungen**

Der milde Winter 1972/73 führte zu einer positiven Temperaturanomale im Oberflächenwasser der Ostsee. Diese Anomalie war in den verschiedenen Teilgebieten und in Abhängigkeit von der Jahreszeit unterschiedlich stark ausgeprägt. Verglichen mit den langjährigen Mittelwerten (4), betrug sie bis in den April hinein 1–2 °C, wobei aus dem Finnischen Meerbusen und aus der nördlichen Gotlandsee keine eigenen Beobachtungen vorliegen.

Während Ende Mai, Anfang Juni in den meisten Ostseegebieten eine Normalisierung der Temperaturverhältnisse begonnen hatte, erreichte die positive Temperaturanomale in der westlichen und nördlichen Gotlandsee sowie im Finnischen Meerbusen mit 3–5 °C sehr hohe Werte. Die im Vergleich zu anderen Jahren schnelle Erwärmung des Oberflächenwassers dieser

Gebiete ist offensichtlich auf die geringe Eisbedeckung der nördlichen Ostseeregionen im Winter 1972/73 zurückzuführen.

Bis zum Sommer 1973 hatte sich die Temperaturanomale im Oberflächenwasser der Ostsee überall ausgeglichen. In der sich bildenden kalten Zwischenwasser-schicht konnte sie jedoch auch im weiteren Jahresverlauf nachgewiesen werden. Wie Messungen in den tiefen Becken der Ostsee erkennen ließen, besaß die positive Temperaturanomale der oberen Wasserschichten keinen Einfluß auf die Temperaturverhältnisse unterhalb der Salzgehaltssprungschicht.

Die hydrographisch-chemischen Untersuchungen im Tiefenwasser der Ostsee zeigten ferner, daß im Winter und Frühjahr 1973 kein Salzwassereintrich erfolgte. Im Bornholmbecken, im Gdanske Becken und im östlichen Gotlandbecken dauerte die Stagnationsperiode

an und führte zu einer weiteren Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse. Dabei bildete sich im Gotlandtief und im Färötief erneut Schwefelwasserstoff. Im Landsorttief wurde dagegen das schwefelwasserstoffhaltige Tiefenwasser verdrängt, wobei mit dem einströmenden, etwas salzreicheren Wasser auch geringe Sauerstoffmengen zugeführt wurden. Diese Wassererneuerung war vermutlich noch eine Folge des Salzwassereintruchs vom Frühjahr 1972. Abb. 1 gibt Aufschluß über die Veränderungen der Schwefelwasserstoffverteilung im Tiefenwasser der Ostsee, die im Verlauf des Jahres 1973 eintraten. Die Angaben für den Herbst wurden durch schwedische Untersuchungen (1) ergänzt.

Im Südtteil des östlichen Gotlandbeckens waren fische-reichlich ausreichende Sauerstoffkonzentrationen bis in etwa 125 m Tiefe vorhanden. In den anderen Teilgebieten der Ostsee war der Sauerstoffgehalt im Herbst 1973 bereits in 70 m Tiefe auf 1–2 ml/l abgesunken. Unterhalb dieser Schicht schlossen die ungünstigen Sauerstoffverhältnisse eine erfolgreiche pelagische oder Grundschneppen-Fischerei aus. Diese ungünstigen Umweltbedingungen gefährden auch die wichtigen Dorschlaichplätze im Bornholm- und Gdanker Becken. Eine Besserung ist erst zu erwarten, wenn ein weiterer Salzwassereintruch zu einer durchgreifenden Wassererneuerung führt. Durch die 1973 in beiden Becken erfolgte Aussüßung haben sich die Voraussetzungen für eine Verdrängung des Tiefenwassers günstig entwickelt.

Salzwassereintrüche, die extreme Einstromlagen darstellen, können jedoch nur dann eintreten, wenn nach WOLF (9) noch andere Voraussetzungen meteorologischer und ozeanologischer Natur erfüllt sind. Zu den wichtigsten Bedingungen dieser Art gehören anhaltende Westwetterlagen und ein hohes Angebot salzreichen Wassers in der westlichen Ostsee und im Gebiet des Fehmarnbelt. Die zweite Bedingung setzt ungewöhnlich große Mengen Nordseewasser im südlichen Kattegat voraus (10).

Im allgemeinen schließen beide Bedingungen einander aus, weil der Salzgehalt dieser Regionen nur von Mitte

April bis September und dann auch nur in Grundnähe, die für eine extreme Einstromsituation ausreichende Konzentration besitzt, anhaltende Westwetterlagen aber in der übrigen Zeit des Jahres vorherrschen. Salzwassereintrüche können daher nur erfolgen, wenn der Salzgehalt im Herbst und Winter eine stark positive Anomalie aufweist. Im Bodenwasser des Fehmarnbelt kann er bei einem ungewöhnlich hohen Nordseewasserangebot im südlichen Kattegat Werte von 26–28 ‰ erreichen, während die Normalwerte in dieser Zeit bei 18–22 ‰ liegen.

Es scheint, daß die meteorologischen Voraussetzungen für einen Salzwassereintruch viel häufiger vorhanden sind als die ozeanologischen. So zeichnete sich der Herbst 1973 durch anhaltende, stürmische Westwetterlagen aus, ohne daß eine extreme Einstromsituation entstand. Wie die im Normalbereich oder darunter liegenden Salzgehaltswerte im Bodenwasser des Fehmarnbelt zeigten, war zu dieser Zeit eine der wichtigsten ozeanologischen Voraussetzungen für einen Salzwassereintruch nicht erfüllt. Im Zusammenhang damit gewinnen Beobachtungen aus den Jahren 1968 und 1971 an Bedeutung. Im Herbst dieser beiden Jahre begannen Perioden intensiven Wassereinstromes ins Arkona- und Bornholmbecken (2, 3, 7), die durch umfangreiche Salzwassereintrüche im Winter 1969 und im Frühjahr 1972 beendet wurden (2, 3, 5, 8). Aus diesen Beobachtungen kann gefolgert werden, daß sich Salzwassereintrüche bereits einige Zeit vor ihrem Eintritt anzukündigen scheinen. Leider konnte nicht festgestellt werden, ob im Herbst 1968 und 1971 ungewöhnlich große Mengen Nordseewasser westlich der Darßer Schwelle vorhanden waren, wie dies von WOLF (9) vor extremen Einstromlagen gefordert wird. Die zu den Terminbeobachtungen durchgeführten Einzelmessungen geben darüber keinen eindeutigen Aufschluß.

Im November 1973 waren keine Anzeichen für die Entstehung einer extremen Einstromlage vorhanden. Die ozeanologische Situation ähnelte vielmehr den im Herbst 1970 und 1972 beobachteten Verhältnissen (6, 8). In den Winter- und Frühjahrsmonaten, die auf diese beiden Jahre folgten, fand kein Salzwassereintruch in die Ostsee statt.

#### Literatur

1. ENGSTRÖM, S. G.: Report from hydrographical cruise with R/V Skagerak 1973 - 09 - 10 - 21. Fishery Board of Sweden, Hydrographic Department.
2. FONSELIUS, S. H.: On the stagnation and recent turnover of the water in the Baltic. *Tellus* 22 (1970), S. 533–544.
3. FRANCKE, E. und NEHRING, D.: Erste Beobachtungen über einen erneuten Salzwassereintruch in die Ostsee im Februar 1969.\*) *Beitr. Meeresk.* 28 (1971), S. 33–47.
4. LENZ, W.: Monatskarten der Temperatur der Ostsee. *Dtsch. hydrogr. Z. Erg. H.* 1971, Reihe B, Nr. 11.
5. NEHRING, D. und FRANCKE, E.: Hydrographisch-chemische Veränderungen in der Ostsee seit Beginn dieses Jahrhunderts und während des Internationalen Ostseejahres 1969/70.\*) *Fischerei-Forschung, Rostock*, 9 (1971), S. 35–42.
6. NEHRING, D. und FRANCKE, E.: Zusammenfassende Darstellung der hydrographisch-chemischen Veränderungen in der Ostsee 1969/70. *Fischerei-Forschung, Rostock*, 11 (1973), S. 31–43.
7. NEHRING, D. und FRANCKE, E.: Hydrographisch-chemische Veränderungen in der Ostsee im Jahre 1971. *Fischerei-Forschung, Rostock*, 11 (1973), S. 45–52.
8. NEHRING, D. und FRANCKE, E.: Hydrographisch-chemische Veränderungen in der Ostsee im Jahre 1972 unter besonderer Berücksichtigung des Salzwassereintruchs im März/April 1972. *Fischerei-Forschung, Rostock*, 12 (1974), im Druck.
9. WOLF, G.: Salzwassereintrüche im Gebiet der westlichen Ostsee. *Beitr. Meeresk.* 29 (1972), S. 67–77.
10. WYRTKI, K.: Der große Salzwassereintruch in die Ostsee im November und Dezember 1951. *Kieler Meeresforsch.* 10 (1954), S. 19–25.
11. . . . The Baltic Year 1969/70. Program manual. Göteborg 1968.

\*) Diese Publikation enthält ausführliche Literaturzusammenstellungen.