

Die hydrographisch-chemischen Bedingungen der Ostsee im Jahre 1981

PROF. DR. D. NEHRING UND E. FRANCKE INSTITUT FÜR MEERESKUNDE DER
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER DDR ROSTOCK-WARNEMÜNDE

Durch die seit 1980 in der Ostsee anhaltende Stagnationsperiode entstanden im Bornholmbecken und im Gdanker Tief erneut anoxische Bedingungen, während sie im östlichen Gotlandbecken fort dauerten. Im Spätsommer 1981 war kurzzeitig auch im Bodenwasser der Lülbecker und Mecklenburger Bucht Schwefelwasserstoff vorhanden. Infolge der Nährstoffreaktivierung während dieser Extremsituation wurden im Oktober die bisher höchsten Phosphatkonzentrationen ($> 1 \mu\text{mol/l}$) im Oberflächenwasser der offenen Ostsee gemessen. Mit fast 150 % traten im Finnischen Meerbusen während der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons extreme Sauerstoffsättigungswerte auf. Untersuchungen über die Nährstoffassimilation während der Frühjahrsblüte ergaben, daß die anorganischen Stickstoff- und Phosphorverbindungen trotz der in der Ostsee vorhandenen Disproportionen wahrscheinlich in einem Verhältnis aufgenommen werden, welches der mittleren chemischen Zusammensetzung des ozeanischen Planktons entspricht.

1. Einleitung

Einer Empfehlung der 1. Konferenz der Ostseeoceanographen folgend (3), werden vom Institut für Meereskunde der Akademie der Wissenschaften der DDR seit 1957 Terminbeobachtungen in der Ostsee durchgeführt*, die sich zunächst auf die westlichen Teilgebiete bis zur Bornholmsee erstreckten, ab 1969 aber auch auf ihre zentralen Teile bis zum Finnischen Meerbusen ausgedehnt wurden. Gleichzeitig damit erfuhr das ozeanologische Meßprogramm, das zunächst auf die Bestimmung der Wassertemperatur sowie des Salz- und Sauerstoffgehalts beschränkt war, durch Untersuchungen über die Verteilung der wichtigsten Nährstoffe und produktionsbiologischen Größen eine wesentliche Erweiterung.

Als Grundlage für die Beurteilung der Umwelteinflüsse bilden die Untersuchungen über die ozeanologischen Bedingungen der Ostsee eine wichtige Voraussetzung zur Erarbeitung von Fangvorhersagen und von Regulierungsmaßnahmen der fischereilichen Rohstoffbasis. Ihre Bedeutung wird dadurch unterstrichen, daß die Ostsee gegenwärtig das stabilste Fanggebiet der Hochseefischerei der DDR ist und daher einen hervorragenden Platz bei der Versorgung unserer Bevölkerung mit Fisch und Fischprodukten einnimmt.

Auch 1981 wurden 5 Terminfahrten durchgeführt, die im Fehmarnbelt (Stat. 010) begannen und sich im Mai und im Oktober/November bis zum Finnischen Meerbusen (Stat. 22A), im August bis in die nördliche Gotlandsee (Stat. 29A) und im März/April bis zum Färötief (Stat. 20A) erstreckten (Abb. 1). Infolge schlechten Wetters konnten auf einigen Fahrten nicht alle Standardstationen bearbeitet werden. Aus dem gleichen Grunde mußten die Messungen im Februar in der südlichen Gotlandsee (Stat. 10B) abgebrochen werden. Das Datenmaterial aus dem Kattegat wurde im Rahmen des Programms WEDS-81 (Wasseraustausch-Experiment Darßer Schwelle) gesammelt.

Bei den bearbeiteten Standardstationen und Profilen (Abb. 1) handelt es sich vorrangig um Positionen, die anlässlich des Internationalen Ostseejahres 1969/70 oder des Monitoring-Programms der Konvention über den Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebietes von 22. 3. 1974 festgelegt wurden. Die Gewinnung der Wasserproben, die gemäß (21) analysiert wurden, erfolgte mittels der vom Institut für Meereskunde in Rostock-Warnemünde entwickelten Tiefseesonde OM 75 (13), die auch die Temperaturwerte lieferte.

2. Die hydrographisch-chemischen Bedingungen

Ebenso wie in den Vorjahren wurden die auf den Terminfahrten 1981 angetroffenen Verteilungsmuster der Wassertemperatur, des Salz- und Sauerstoffgehalts sowie der Phosphat- und Nitratkonzentrationen in Form von Vertikalprofilen dargestellt (Abb. 2–6). Trotz gewisser Unzulänglichkeiten, die auf der nicht synoptisch erfolgenden Datengewinnung und auf kurzfristigen raum-zeitlichen

* In ihrem Beitrag „Historische Entwicklung und aktuelle Bedeutung der Ostsee-Observatoriumsprogramme“ geben E. Francke und U. Reichel in Beitr. Meeresk. 48 (1982), im Druck, einen zusammenfassenden Überblick zu dieser Problematik.

Veränderungen beruhen, vermittelt diese seit 1969 verwendete Darstellungsform einen guten Überblick über die eingetretenen ozeanologischen Veränderungen.

2.1. Die Wassertemperatur

In Abb. 2 ist die 1981 in der Zentralen Ostsee beobachtete Temperaturverteilung dargestellt. Die Wintertemperaturen, die im März ihr Minimum erreichen (9), lagen bei 2°C ($1,7\text{--}2,1^\circ\text{C}$). Sie entsprachen damit etwa den langjährigen Mittelwerten (7, 9). Das gilt auch für das Baltische Zwischenwasser, das sich bei den Untersuchungen im Mai, im August sowie im Oktober/November deutlich abzeichnete. Auch die Sommertemperaturen, die in der ersten Augusthälfte ihr Maximum erreichen, wichen mit $16\text{--}17^\circ\text{C}$ nicht wesentlich von den langjährigen Mittelwerten ab. Wie auch in anderen Jahren (9, 17) sind im Westteil des Bornholmbeckens im Oktober Intrusionen aus dem Arkonabecken zu erkennen, die sich entsprechend ihrer Dichte im oberen Bereich der Salzgehaltssprungschicht einlagerten.

Unter Berücksichtigung des Langzeittrends (12) entsprechen die Temperaturen im Bodenwasser des Gotlandtiefs mit $5,6\text{--}5,8^\circ\text{C}$ etwa den mittleren Bedingungen, im Bornholm-, Gdanker, Färö- und Landsort-Tief lagen sie geringfügig, um $0,2\text{--}0,4\text{ K}$, darunter. Abgesehen vom Arkonabecken, das einen ausgeprägten Jahresgang bis in Grundnähe aufweist (8), waren die 1981 beobachteten Temperaturänderungen im Bodenwasser der Zentralen Ostsee gering.

2.2. Der Salzgehalt

Abbildung 3 enthält Angaben über die Verteilung des Salzgehalts im Jahre 1981. In den südlichen Teilgebieten der Zentralen Ostsee wurden im Winter in der oberflächennahen Salzgehalte von $7,8\text{--}8\text{‰}$ gemessen (vgl. auch Tab. 1), die auch bei Berücksichtigung des positiven Langzeittrends dieser Größe (17) über den jahreszeitlichen Mittelwerten (10, 12) liegen. Entsprechend dem Jahresgang nahm der Salzgehalt im Jahresverlauf ab, wobei die positive Anomalie erhalten blieb. In den nördlichen Teilgebieten wurden keine Anomalieerscheinungen festgestellt.

Im Tiefenwasser des Arkonabeckens, das sich im unmittelbaren Einflußbereich des Wasseraustausches über die Darßer Schwelle befindet, wurden die größten Salzgehaltsschwankungen beobachtet. Der Salzgehalt im Bodenwasser des Bornholmbeckens, der im Oktober 1980 noch vereinzelt bei 17‰ lag (18), zeigte im Verlauf des Jahres 1981 eine deutlich abnehmende Tendenz, die den Betrag von $0,8\text{‰}$ erreichte. Ähnlich war die Situation im Gdanker Tief, wo im Herbst 1980 etwa $12,2\text{‰}$, im Oktober 1981 aber nur noch $11,5\text{‰}$ gemessen wurden. Im Gotland-, Färö- und Landsort-Tief erreichte die Salzgehaltsabnahme etwa $0,1\text{‰}$ im Verlauf des Jahres 1981.

Obleich die Zunahme des Salzgehalts sowie Inversionen in der Nährstoffverteilung (vgl. Abschnitt 6.4.), die im Bodenwasser des westlichen Arkonabeckens im Oktober/November festgestellt wurden, auf den Einstrom salzreicheren Wassers hindeuteten, ergaben die im Dezember 1981 durchgeführten Messungen, daß im Südteil des Kattegats keine Wassermassen mit extrem hohem Salzgehalt vorla-

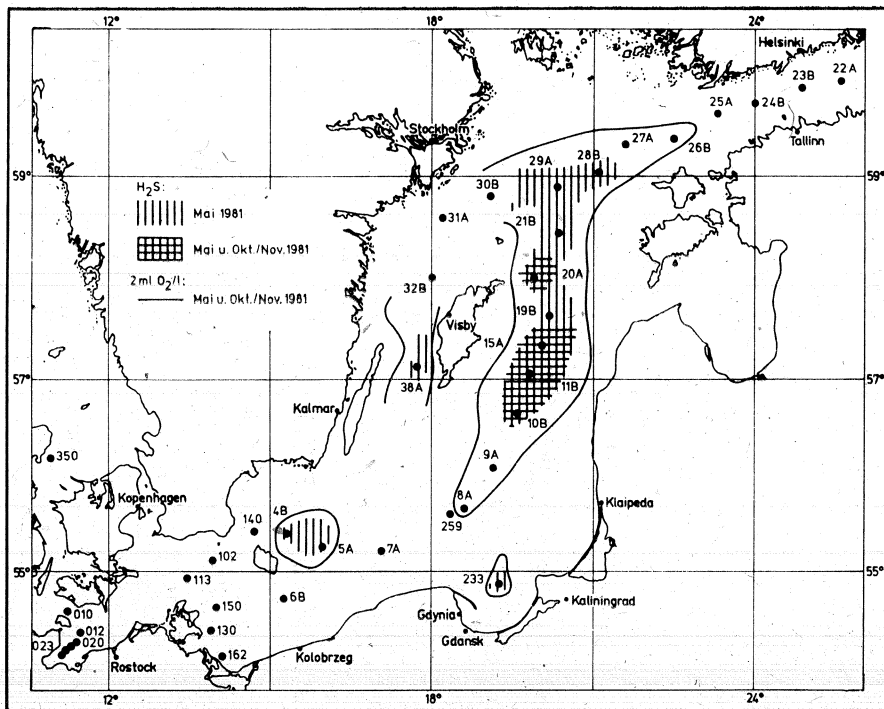


Abb. 1
Stationskarte und Gebiete ungünstiger Sauerstoffbedingungen in der grund-nahen Wasserschicht der Ostsee

gen (Abb. 7). Die Skagerrakfront endete nördlich des Ein-gangs zum Großen Belt. Der auf Stat. 350 in der Ober-flächenschicht ermittelte Salzgehalt lag nur geringfügig über dem langjährigen Dezembermittelwert des ehemali-gen Feuerschiffs „Kattegat SW“ (22). Beim Feuerschiff „Fehmarnbelt“ wurde sogar eine negative Anomalie, die zum Grund stark zunahm und dabei fast den Betrag von 4‰ erreichte, im Vergleich zu dem langjährigen Dezem-bermittelwert (20) festgestellt.

2.3. Sauerstoff und Schwefelwasserstoff

Als Größen, die im allgemeinen nicht nebeneinander be-ständig sind, wurde die Verteilung von Sauerstoff und Schwefelwasserstoff in den gleichen Abbildungen (1 und 4) dargestellt. Der Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers, der vorrangig vom Jahresgang der Temperatur und der Phytoplanktonentwicklung bestimmt wird (11), erreichte im Mai vor allem in den nördlichen Teilgebieten extreme Konzentrationen. Während in der Arkona- und Bornholmsee sowie im Gdansk'er Tief Sauerstoffsättigungswerte von 110–115‰ ermittelt wurden, lagen sie in der Gotlandsee zwischen 120 und 130‰ und stiegen im Finnischen Meer-busen sogar auf fast 150‰ an. Eine derartig hohe Sauer-stoffübersättigung bleibt infolge Austausches mit der At-mosphäre nur kurze Zeit erhalten. Im August entsprach die Sauerstoffverteilung in den oberflächennahen Wasser-schichten wieder annähernd dem von Temperatur und Salzgehalt abhängigen Sättigungswert.

Die Sauerstoffbedingungen im Tiefenwasser der westli-chen Ostsee waren im Spätsommer 1981 extrem ungünstig. So wurden im August im Fehmarnbelt (Stat. 010) nur 0,6 ml/l gemessen. In der Lübecker Bucht (Stat. 022 und 023) betrug der Sauerstoffgehalt sogar nur 0,1–0,2 ml/l. Unters-uchungen, die in der zweiten Septemberhälfte durchge-führt wurden, ergaben, daß in den Teilen der Lübecker Bucht sowie der westlichen und zentralen Mecklenburger Bucht, die tiefer als 22–24 m sind, 1 m über dem Grund kein Sauerstoff mehr vorhanden war*). Außerdem wurde in dieser Schicht Schwefelwasserstoff am Geruch wahrge-nommen. Taucher berichteten, daß die sonst dicht mit See-sterne besiedelten Steingebiete der Mecklenburger Bucht einen völlig ausgestorbenen Eindruck machten. Im Oktober war in der westlichen Ostsee wieder eine Zunahme des Sauerstoffgehalts auf 5–6 ml/l in der boden-

nahen Wasserschicht eingetreten. Niedrige Konzentrationen von 0,1 bis 0,2 ml/l wurden nur noch im Inneren der Lü-becker Bucht (Stat. 022 und 023) beobachtet.

Bereits im Herbst 1980 herrschten im Tiefenwasser der Zentralen Ostsee sehr ungünstige Sauerstoffbedingungen, wobei die schwefelwasserstoffhaltige Tiefenschicht beson-ders in der nördlichen Gotlandsee bis an die Salzgehalts-sprungschicht heranreichte (18). Da im Winter und Früh-jahr 1981 kein Salzwassereinbruch erfolgte, kam es im weiteren Jahresverlauf auch im Bornholmbecken und im Gdansk'er Tief zur Schwefelwasserstoffbildung. Nach über-gehender Besserung der Sauerstoffverhältnisse trat auch in der nördlichen Gotlandsee erneut Schwefelwas-serstoff auf.

2.4. Die Mikronährstoffe

In den Abb. 5 und 6 ist die Verteilung des Orthophosphats und des Nitrats dargestellt. Geringe Nitratkonzentrationen, die in Gegenwart von Schwefelwasserstoff auftraten, wur-den auf analytische Unzulänglichkeiten zurückgeführt und bei der Darstellung nicht berücksichtigt. Da für die Mas-senentwicklung des Phytoplanktons im Frühjahr vor allem die Mikronährstoffe von Bedeutung sind, die im Winter in der Oberflächenschicht der Ostsee angereichert worden sind, wurden die in dieser Jahreszeit beobachteten Kon-zentrationen in Tab. 1 zusammengefaßt. Wie diese Tabelle zeigt, bestehen keine regionalen Unterschiede in der win-terlichen Phosphatanreicherung. Niedrigere Werte in der westlichen Ostsee, die Ende März beobachtet wurden, hän-gen mit der beginnenden Frühjahrsentwicklung des Phyto-planktons zusammen. Generell lagen die Phosphatkonzen-trationen in der winterlichen Oberflächenschicht um 0,1–0,2 µmol/l über denen des Vorjahres (18). Sie übertrafen jedoch die Winterwerte des Jahres 1978 (14, 15) nicht.

Obleich auch im Winter 1981 hohe Nitratkonzentrationen im Oberflächenwasser der westlichen Ostsee vorhanden waren (Tab. 1), wurden die Extremwerte des Vorjahres (18) nicht erreicht. In der Zentralen Ostsee entsprachen sie den seit 1978 beobachteten Werten. Ende März wurden 15,6 µmol/l vor der Travemündung (Stat. 023) und mit 29,4 µmol/l auf der Oderbank (Stat. 162) sehr hohe Nitrat-konzentrationen gemessen, während der Phosphatgehalt keine Erhöhung aufwies.

Im August war die warme Deckschicht der Zentralen Ost-see nahezu vollständig an Phosphat und Nitrat verarmt (Abb. 5 und 6). Infolge einsetzender Vertikalkonvektion

*) Dr. D. Lange, persönliche Mitteilung

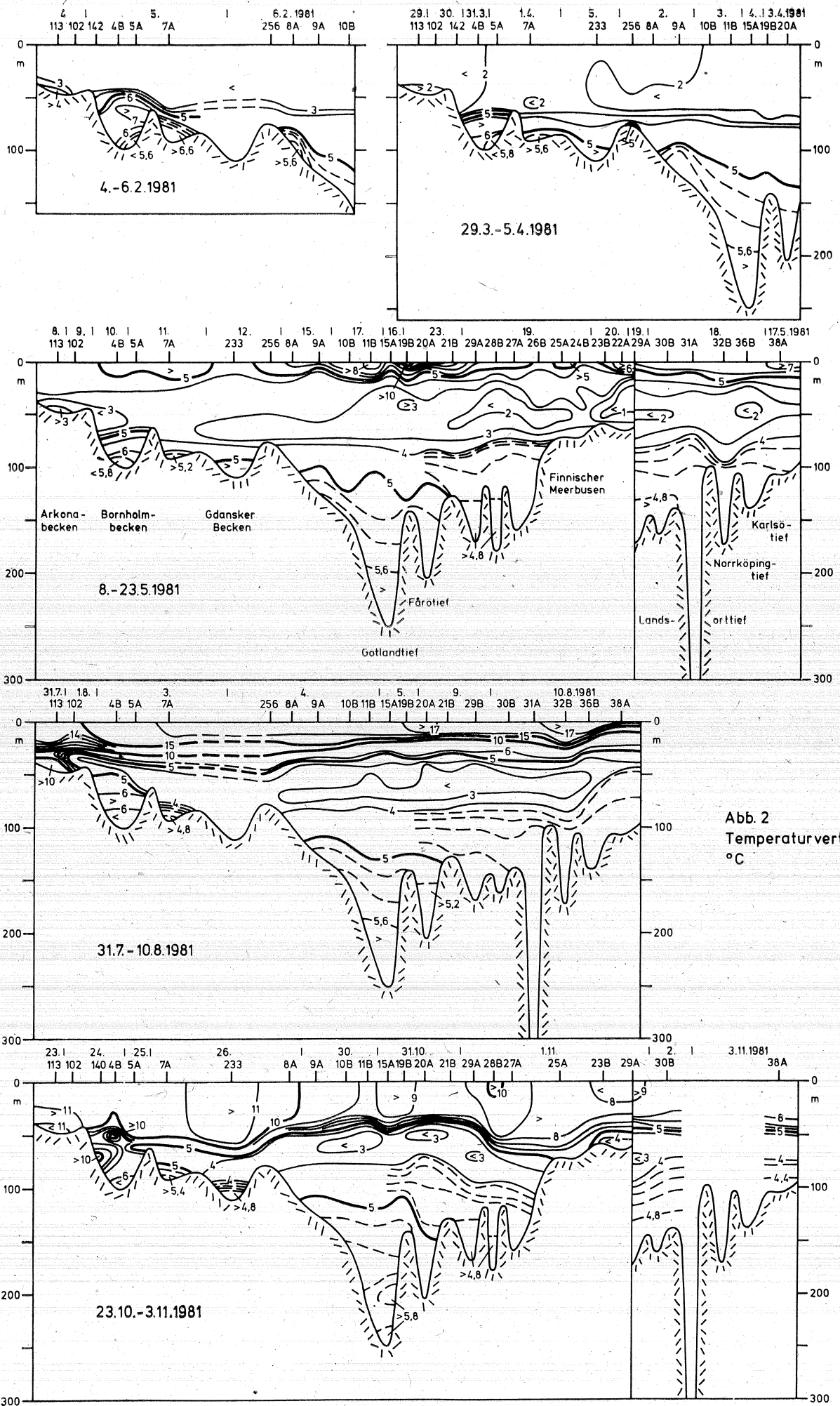


Abb. 2
Temperaturverteilung
°C

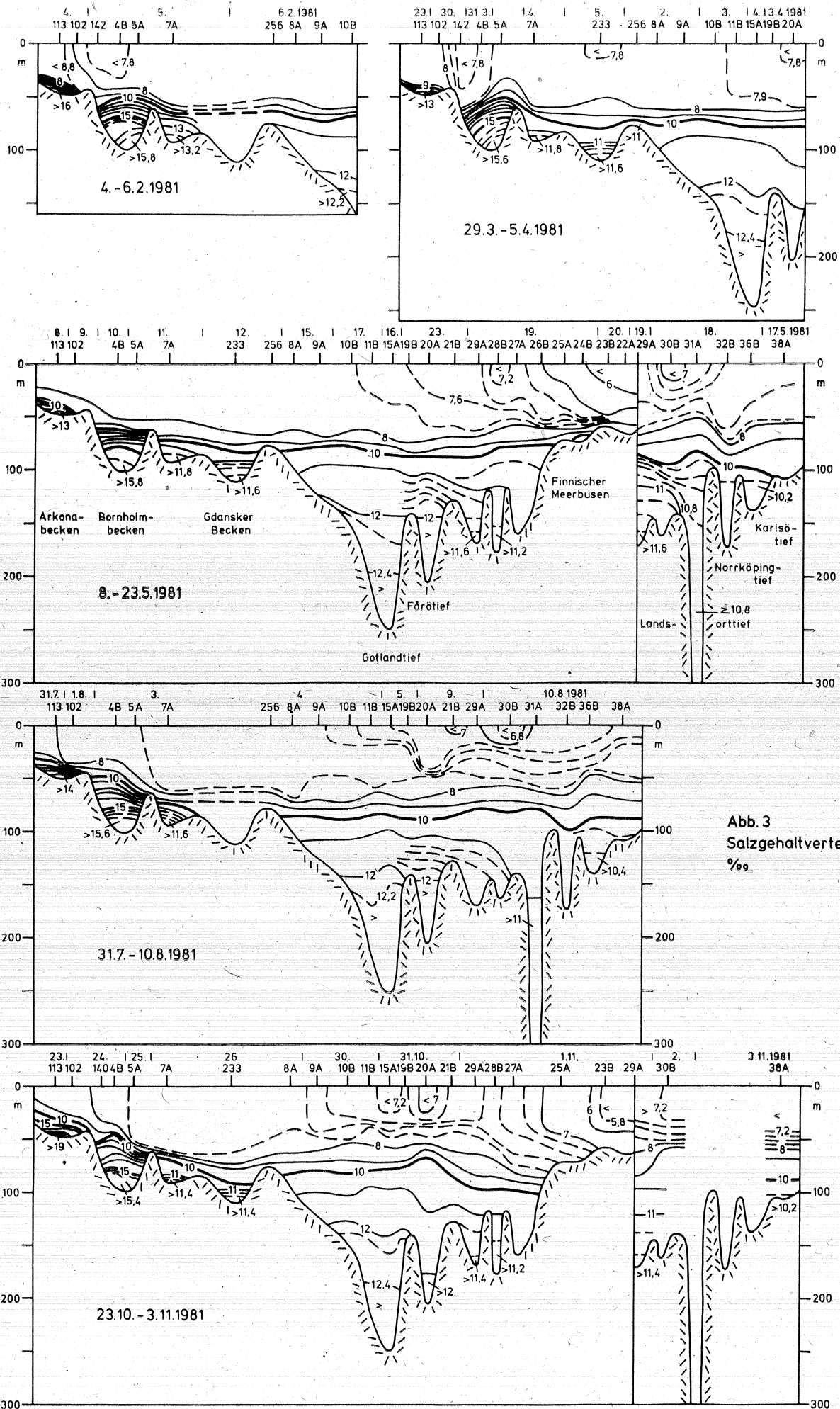


Abb. 3
Salzgehaltverteilung
‰

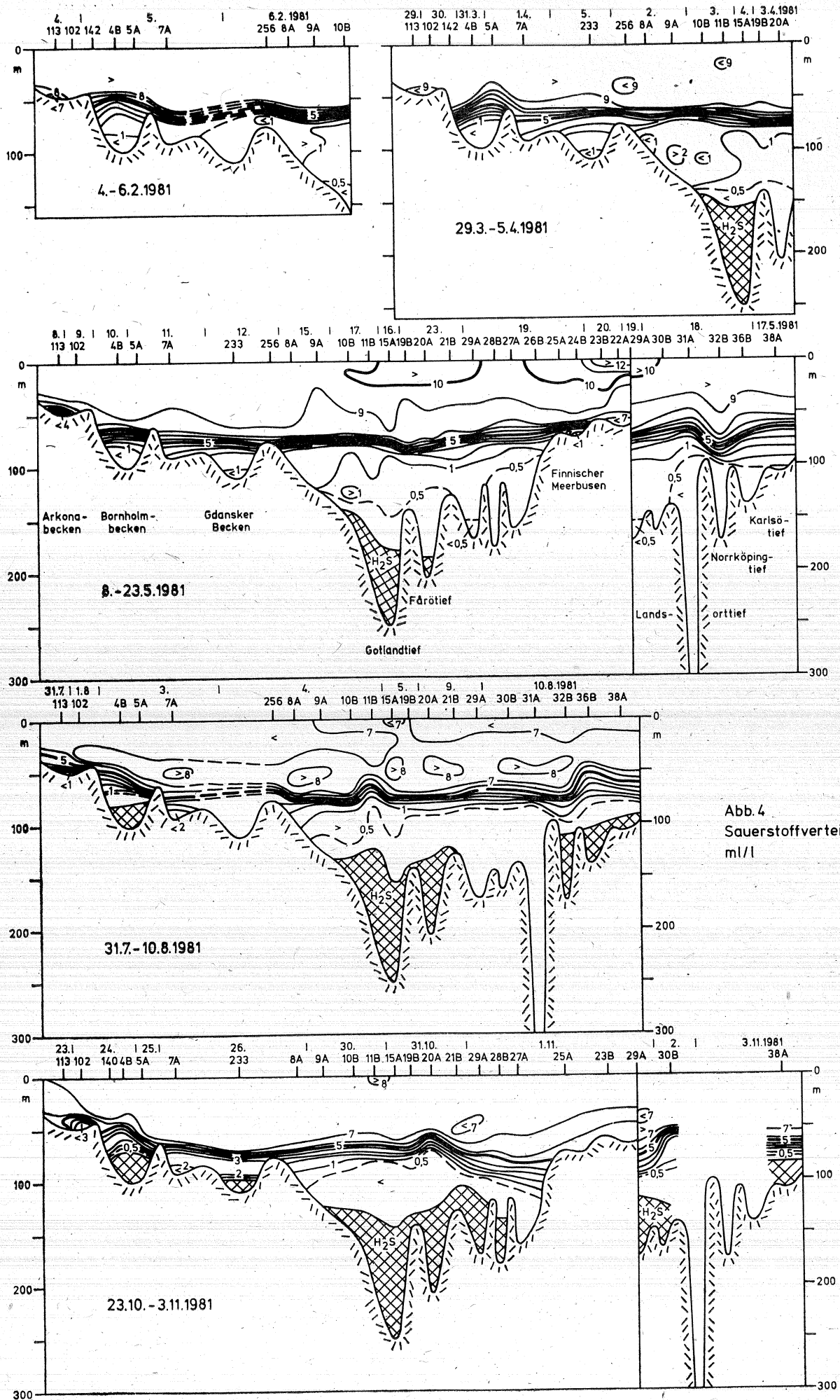


Abb. 4
Sauerstoffverteilung
ml/l

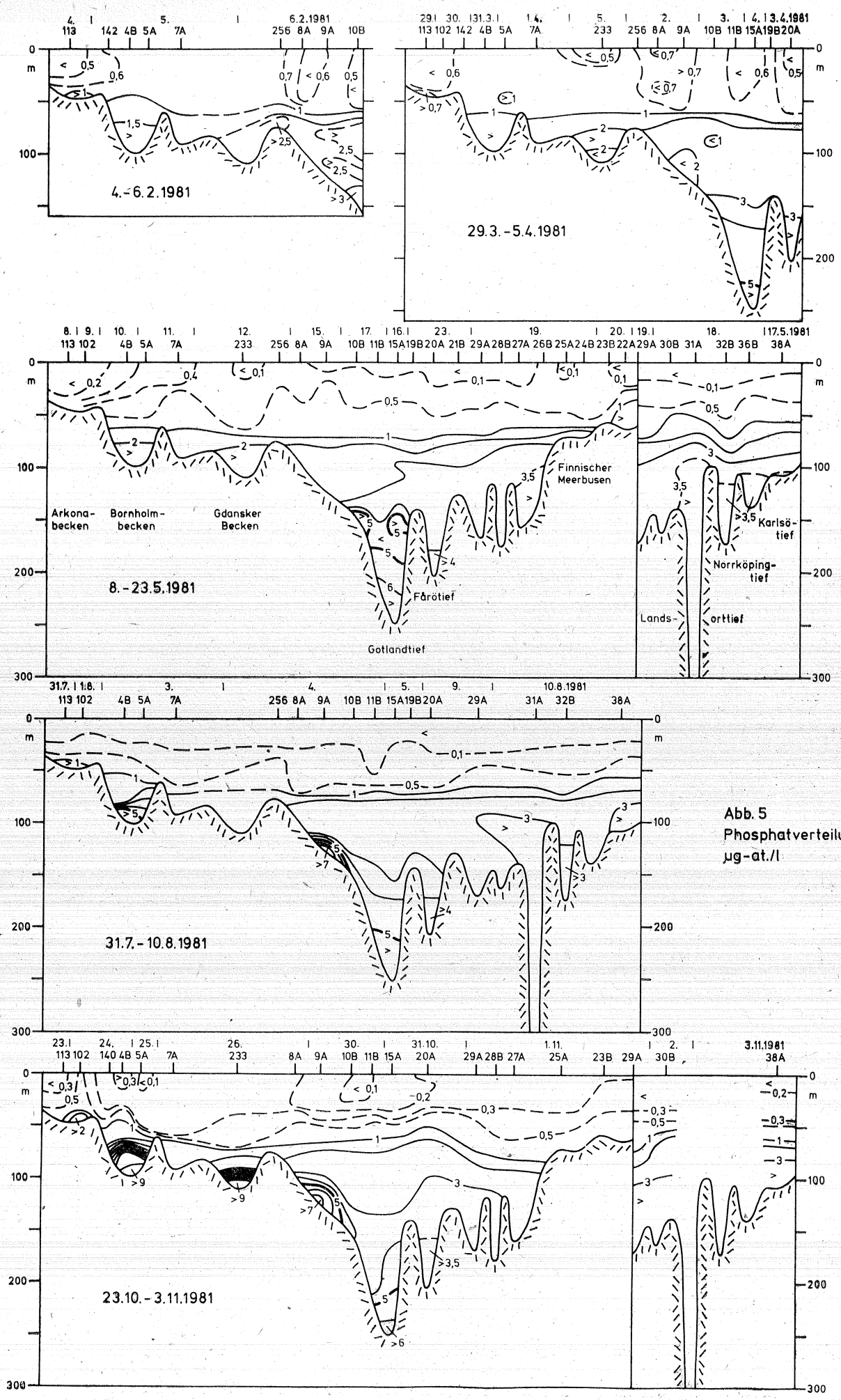


Abb. 5
Phosphatverteilung
µg-at./l

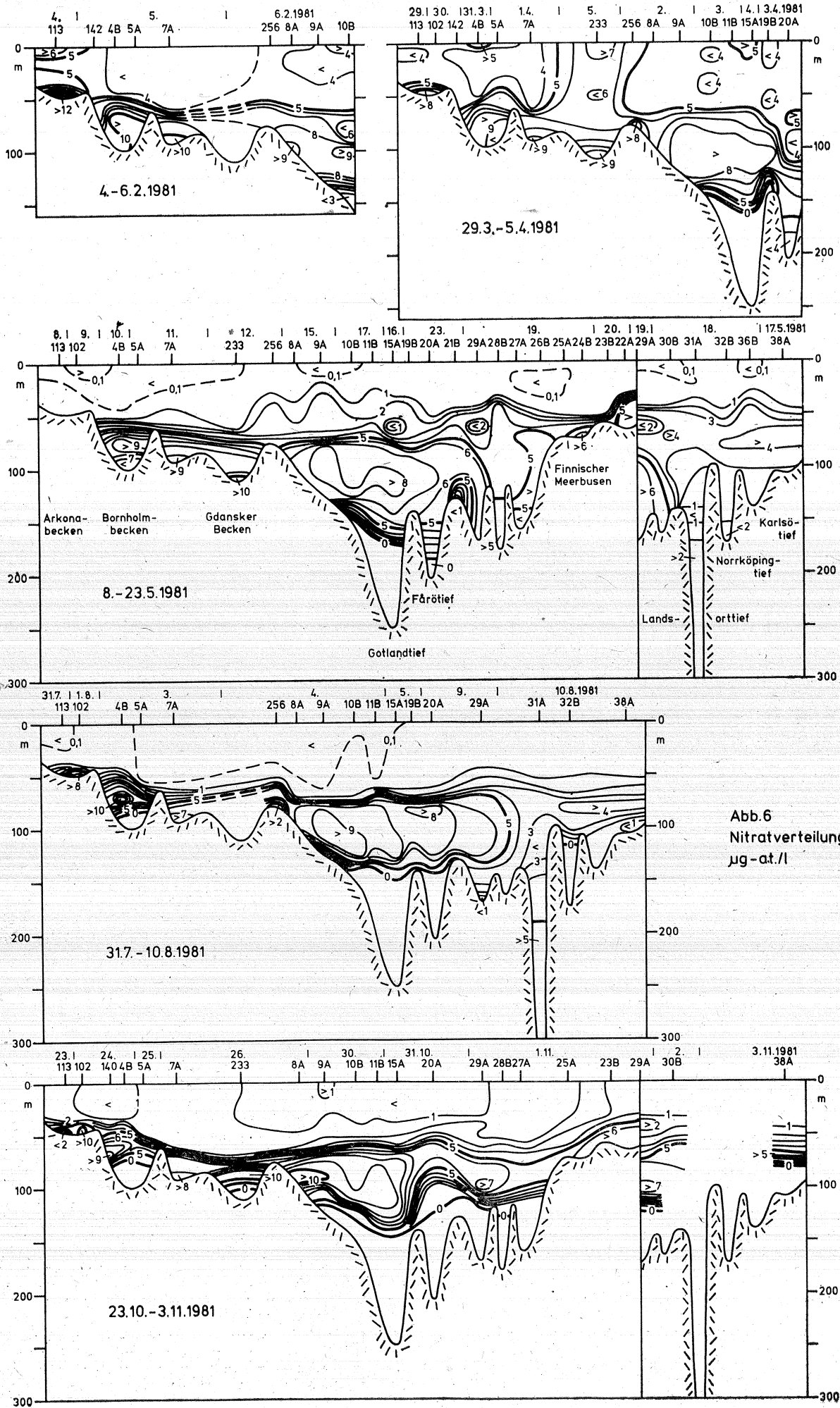


Abb.6
Nitratverteilung
µg-at./l

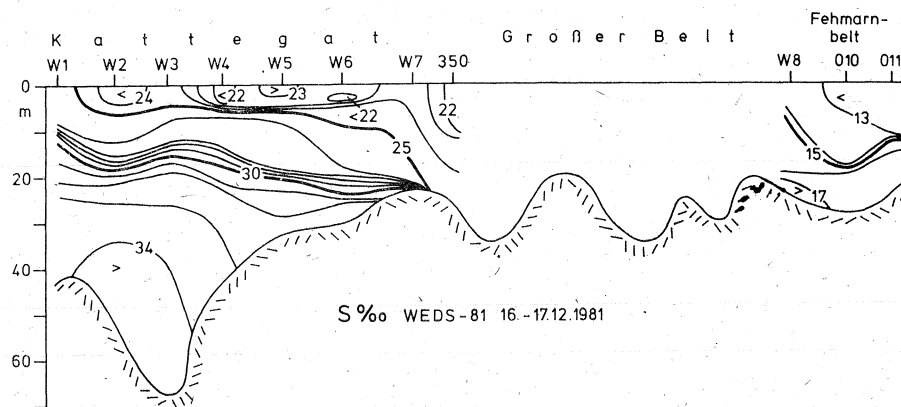


Abb. 7
Salzgehaltsverteilung im Übergangsgebiet zur Nordsee im Dezember 1981

Tabelle 1

Mittlere Salz-, Phosphat- und Nitratkonzentrationen sowie Nitrat-Phosphat-Verhältnisse in der winterlichen Oberflächenschicht (OS) ausgewählter Ostseeregionen

Station	Datum	OS m	S ‰	PO ₄ μmol/l	NO ₃ μmol/l	NO ₃ : PO ₄
010	30. 1. 1981	10	12,66	0,69	9,01	13,06
	25. 3. 1981	5	14,43	0,24	6,22	25,92
012	30. 1. 1981	15	11,43	0,64	8,81	13,77
	25. 3. 1981	5	12,66	0,39	7,87	20,18
022	31. 1. 1981	1	12,51	0,84	10,23	12,18
	24. 3. 1981	10	11,94	0,17	7,48	44,00
102	4. 2. 1982	20	7,94	0,45	3,88	8,62
	30. 3. 1981	35	8,05	0,57	4,16	7,30
113	4. 2. 1981	35	8,81	0,49	5,45	11,12
	29. 3. 1981	35	8,15	0,57	4,38	7,68
1B	28. 3. 1981	20	8,09	0,57	4,28	7,51
2A	30. 3. 1981	40	8,15	0,55	4,60	8,36
5A	5. 2. 1981	40	7,87	0,63	3,55	5,63
	1. 4. 1981	40	7,97	0,63	4,03	6,40
233	5. 4. 1981	50	7,33	0,59	6,75	11,44
	6. 2. 1981	50	7,82	0,58	4,01	6,91
8A	2. 4. 1981	60	7,95	0,69	4,07	5,90
	6. 2. 1981	60	7,84	0,61	3,99	6,54
9A	2. 4. 1981	60	7,94	0,71	4,59	6,46
	3. 4. 1981	60	7,89	0,60	4,81	8,02
20A	3. 4. 1981	60	7,80	0,51	4,36	8,55

werden der Oberflächenschicht im Herbst erneut Nährstoffe zugeführt. Dabei wurden im Oktober 1981 im Fehmarnbelt sowie in der Mecklenburger und Lübecker Bucht (Stat. 010, 012 und 020-023) mit 0,8-1,1 μmol/l extrem hohe Phosphatkonzentrationen gemessen. Mit 1-2 μmol NO₃/l und 2-2,5 μmol NH₄/l erreichten auch die anorganischen Stickstoffverbindungen in diesen Gebieten für die Jahreszeit relativ hohe Konzentrationen. Aber nicht nur in der westlichen Ostsee, sondern auch in ihren zentralen Becken wurden im Herbst 1981 verhältnismäßig hohe Nährstoffwerte im Oberflächenwasser ermittelt.

Durch die Entstehung anoxischer Bedingungen kam es im Tiefenwasser des Bornholm- und Gdanskener Beckens im Verlauf des Jahres 1981 zu einer starken Phosphatanreicherung, während der Nitratgehalt durch Denitrifikationsprozesse auf Null absank und Ammoniumstickstoff an Stelle dieser Stickstoffverbindung trat. Ähnlich war die Situation in den grundnahen Wasserschichten der Gotlandsee. Im Oktober 1981 war die Phosphat- und Nitratverteilung im westlichen Arkonabecken durch nährstoffärmeres Bodenwasser gekennzeichnet.

3. Diskussion

Die Temperaturverteilung in den oberflächennahen Wasserschichten entsprach 1981 den langjährigen mittleren Bedingungen. In der homohalinen Oberflächenschicht der Bornholmsee und der südlichen Gotlandsee wurden wiederum relativ hohe Salzgehalte gemessen. Im Vergleich

zu den Ende der 70er Jahre beobachteten Werten (14, 15) war jedoch kein weiterer Anstieg eingetreten.

Infolge einer windarmen, strahlungsreichen Wetterlage während der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons wurden in der euphotischen Schicht sehr hohe Sauerstoffsättigungswerte gemessen, die im Finnischen Meerbusen fast 150% erreichten. Dies ist der höchste Sättigungswert, der bisher bei unseren Untersuchungen in der Ostsee ermittelt wurde.

Im Winter und Frühjahr 1981 erfolgte kein Salzwasser-einbruch. Die Fortdauer der Stagnationsperiode führte dazu, daß auch im Tiefenwasser des Bornholm- und Gdanskener Beckens anoxische Bedingungen entstanden (Abb. 1). Nach vorübergehend oxischen Bedingungen trat im Tiefenwasser der nördlichen Gotlandsee erneut Schwefelwasserstoff auf.

Anoxische Bedingungen wurden im September 1981 auch im Bodenwasser der tieferen Teile der Lübecker und Mecklenburger Bucht beobachtet. In der Kieler Bucht wurde unterhalb 20 m Wassertiefe ebenfalls Schwefelwasserstoff festgestellt, der die Bodenfauna vernichtet hat (23). Nur 1972 herrschten in diesen Gebieten ähnlich ungünstige Bedingungen (16, 17). Ursache dieser Extremsituation war eine lang anhaltende, windarme Hochdruckwetterlage, durch die der horizontale und vertikale Wasseraustausch stark eingeschränkt wurde. Strömungsmessungen im Gebiet der Darßer Schwelle ergaben, daß ab der 2. Augusthälfte bis 20. September 1981 im Mittel schwacher Ausstrom herrschte. Infolgedessen besaß auch der kompensierende Tiefenstrom nur geringe Intensität und war auf eine flache Bodenschicht beschränkt.

Da der Wasseraustausch jahreszeitliche Schwankungen aufweist und im Herbst und Winter stark zunimmt, sind anoxische Bedingungen im Übergangsbereich zur Nordsee nicht von Dauer. So wurden Ende Oktober 1981 bereits wieder erhebliche Sauerstoffmengen im Bodenwasser der westlichen Ostsee festgestellt. Die Neubesiedlung der Gebiete, in denen die Bodenfauna durch Schwefelwasserstoffbildung vernichtet worden ist, wird dagegen längere Zeit in Anspruch nehmen.

Die Zunahme des Salzgehalts sowie Nährstoffinversionen im Bodenwasser des westlichen Arkonabeckens deuten darauf hin, daß im Oktober 1981 salzreicheres Wasser in die Ostsee eingeströmt ist. Die im Dezember durchgeführten Untersuchungen zeigten jedoch, daß im Südteil des Kattegats keine überdurchschnittlich salzreichen Wassermassen vorlagen. Zu diesem Zeitpunkt war daher die wichtigste Voraussetzung für einen Salzwassereinbruch nicht erfüllt. Durch die Abnahme des Salzgehalts haben sich andererseits die Voraussetzungen vor allem für die Erneuerung des Bodenwassers im Bornholmbecken und Gdanskener Tief verbessert.

Die Phosphat- und Nitratanreicherungen im winterlichen Oberflächenwasser der Zentralen Ostsee erreichten 1981 etwa die gleichen Beträge, die bereits seit Ende der 70er Jahre beobachtet werden. Durch die Bildung von Schwefelwasserstoff in den tieferen Teilen der Lübecker, Mecklen-

Tabelle 2 a

Mittlere Nährstoffkonzentration und mittlerer Nährstoffverbrauch *) in der durchmischten Oberflächenschicht der Zentralen Ostsee

Station	Datum	NO ₃ μ mol/l	Δ NO ₃	NH ₄ μ mol/l	Δ NH ₄	NO ₂ μ mol/l	Δ NO ₂	Σ N μ mol/l	Δ Σ N	PO ₄ μ mol/l	Δ PO ₄
4B	1. 4. 1981	4,00		0,33		0,27		4,60		0,66	
0-40 m	11. 5. 1981	0,08	3,92	0,28	0,05	0,00	0,27	0,36	4,24	0,35	0,31
5A	1. 4. 1981	4,10		0,55		0,25		4,90		0,63	
0-40 m	11. 5. 1981	0,03	4,07	0,15	0,40	0,06	0,19	0,24	4,66	0,38	0,25
233	5. 4. 1981	6,75		0,38		0,42		7,55		0,59	
0-50 m	12. 5. 1981	0,30	6,45	0,24	0,14	0,02	0,40	0,56	6,99	0,15	0,44
259	2. 4. 1981	4,08		0,32		0,12		4,52		0,68	
0-50 m	15. 5. 1981	0,96	3,12	0,41	-0,09	0,04	0,08	1,41	3,11	0,51	0,17
15A	4. 4. 1981	4,93		0,35		0,16		5,44		0,60	
0-50 m	16. 5. 1981	0,92	4,01	0,53	-0,18	0,04	0,12	1,49	3,95	0,27	0,33
20A	3. 4. 1981	4,36		0,45		0,06		4,87		0,50	
0-50 m	23. 5. 1981	0,28	4,08	0,28	0,27	0,03	0,03	0,59	4,28	0,22	0,28

*) Δ = Konzentrationsabnahme zwischen den beiden Meßterminen

Tabelle 2 b

Äquivalentverhältnisse der mittleren Nährstoffkonzentrationen und des mittleren Nährstoffverbrauchs in der durchmischten Oberflächenschicht der Ostsee (berechnet aus den Werten der Tab. 2 a)

Station	Datum	NO ₃ : PO ₄	Σ N : PO ₄	Δ NO ₃ : Δ PO ₄	Δ Σ N : Δ PO ₄
4B	1. 4. 1981	6,06	6,97	12,64	13,67
0-40 m	11. 5. 1981	0,23	1,02		
5A	1. 4. 1981	6,51	7,78	16,28	18,64
0-40 m	11. 5. 1981	0,08	0,63		
233	5. 4. 1981	11,44	12,80	14,66	15,88
0-50 m	12. 5. 1981	2,00	3,73		
259	2. 4. 1981	6,00	6,65	18,35	18,29
0-50 m	15. 5. 1981	1,88	2,76		
15A	4. 4. 1981	8,22	9,07	12,15	11,97
0-50 m	16. 5. 1981	3,41	5,52		
20A	3. 4. 1981	8,72	9,74	14,57	15,28
0-50 m	23. 5. 1981	1,27	2,68		
Mittel	April	7,10 *)	8,04 *)		
	Mai	1,48	2,72	14,78	15,62

*) ohne Station 233 (Gdanskner Tief)

burger und Kieler Bucht wurden offensichtlich erhebliche Nährstoffmengen aus dem Sediment freigesetzt, die infolge vertikaler Austauschprozesse später zu extremen Nährstoffanreicherungen im Oberflächenwasser der westlichen Ostsee führten. Die im Oktober 1981 beobachteten Konzentrationen lagen um das 2-3fache über den Werten, die sonst in dieser Jahreszeit auftreten. Phosphatkonzentrationen über 1 μmol/l wurden bisher noch nicht im Oberflächenwasser der offenen Ostsee gemessen.

Die chemische Zusammensetzung des ozeanischen Planktons ist durch ein mittleres Äquivalentverhältnis von C : N : P = 106 : 16 : 1 gekennzeichnet (5, 19). Untersuchungen an Algenkulturen haben ergeben, daß dieses Verhältnis nur bei hohen Wachstumsraten erreicht wird, wenn noch keine Limitierung durch Nährstoffe besteht (6).

Bezogen auf Orthophosphat ist in der Ostsee im Vergleich zum Weltmeer ein deutliches Defizit an anorganischen Stickstoffverbindungen vorhanden (15). Während das ozeanische Verhältnis nahe NO₃-N : PO₄-P = 16 : 1 liegt, wurden in der winterlichen Oberflächenschicht der Zentralen Ostsee mittlere Relationen von NO₃-N : PO₄-P = 6 bis 7 : 1 bzw. Σ (NO₃-N + NO₂-N + NH₄-N) : PO₄-P = 7 bis 8 : 1 (vgl. auch Tab. 1 und 2 a) gefunden.

Durch die Massenentwicklung des Phytoplanktons im Frühjahr werden die in der Oberflächenschicht vorhandenen Mikronährstoffe verbraucht. In diesem Zusammenhang ist es von Interesse, ob die anorganischen Stickstoff- und Phosphorverbindungen in dem Verhältnis, das in der euphotischen Zone vorliegt, oder das der mittleren Zusammensetzung des ozeanischen Phytoplanktons entspricht, assimiliert werden. Tab. 2 a enthält Angaben über die Abnahme der Mikronährstoffe durch die Phytoplanktonentwicklung. Während Nitrat im Mai nahezu vollständig aufgezehrt ist, weist der mittlere Phosphatgehalt in der euphotischen Schicht noch erhebliche Beträge auf. Die Konzentrationsabnahme des Phosphats ist vor allem im oberflächennahen Bereich besonders prägnant (Abb. 8 a).

Wie Tab. 2 b zeigt, werden die anorganischen Stickstoff- und Phosphorverbindungen in einem höheren Äquivalentverhältnis verbraucht, als es in der winterlichen Oberflächenschicht der Ostsee vorliegt. Infolgedessen nehmen die Disproportionen im Äquivalentverhältnis dieser Nährstoffe mit der Abnahme des Nährstoffgehalts weiter zu.

Die Zunahme des aus der Nährstoffassimilation resultierenden Äquivalentverhältnisses ist im oberen Bereich der euphotischen Zone zumeist erheblich niedriger als in ihrem unteren Bereich (Abb. 8 b). Dabei kann der im Vergleich zum Stickstoff schnellere „turnover“ des Phosphors (1, 4) eine Rolle spielen, weil infolge Remineralisierung die mit der Tiefe abnehmende Phosphatassimilation kompensiert und dadurch ein zu geringer Verbrauch dieses Nährstoffes vorgetäuscht wird.

Aus Tab. 2 b ergibt sich eine mittlere Nährstoffabnahme von Δ NO₃-N : Δ PO₄-P = 14,8 : 1 bzw. Δ Σ N : Δ PO₄-P = 15,6 : 1. Unter den Voraussetzungen, daß die räumlichen Variationen in der Nährstoffverteilung zu Beginn der Frühjahrsblüte sowie der Nährstoff-„turnover“ von untergeordneter Bedeutung sind, kann geschlossen werden, daß die Nährstoffassimilation entsprechend der mittleren chemischen Zusammensetzung des Planktons von C₁₀₆ : N₁₆ : P₁ (19) erfolgt ist und somit nicht durch die in der Ostsee vorhandenen Disproportionen im Verhältnis der anorganischen Stickstoff- und Phosphorverbindungen beeinflusst wird.

Die gleichmäßige Verteilung der Nährstoffe in der winterlichen Oberflächenschicht kann in den zentralen Teilen der Ostsee als gegeben vorausgesetzt werden (vgl. Tab. 1 und 2 a). Die Bedeutung des „turnover“ ist dagegen schwieriger abzuschätzen. Da die Untersuchungen jedoch in einer Jahreszeit durchgeführt wurden, in der die Produktionsraten des Phytoplanktons und seine Biomasse stark ansteigen, während die Zahl der Sekundärproduzenten und die Wassertemperaturen niedrig sind, kann angenommen werden, daß dieser Prozeß noch keine dominierende Rolle spielt.

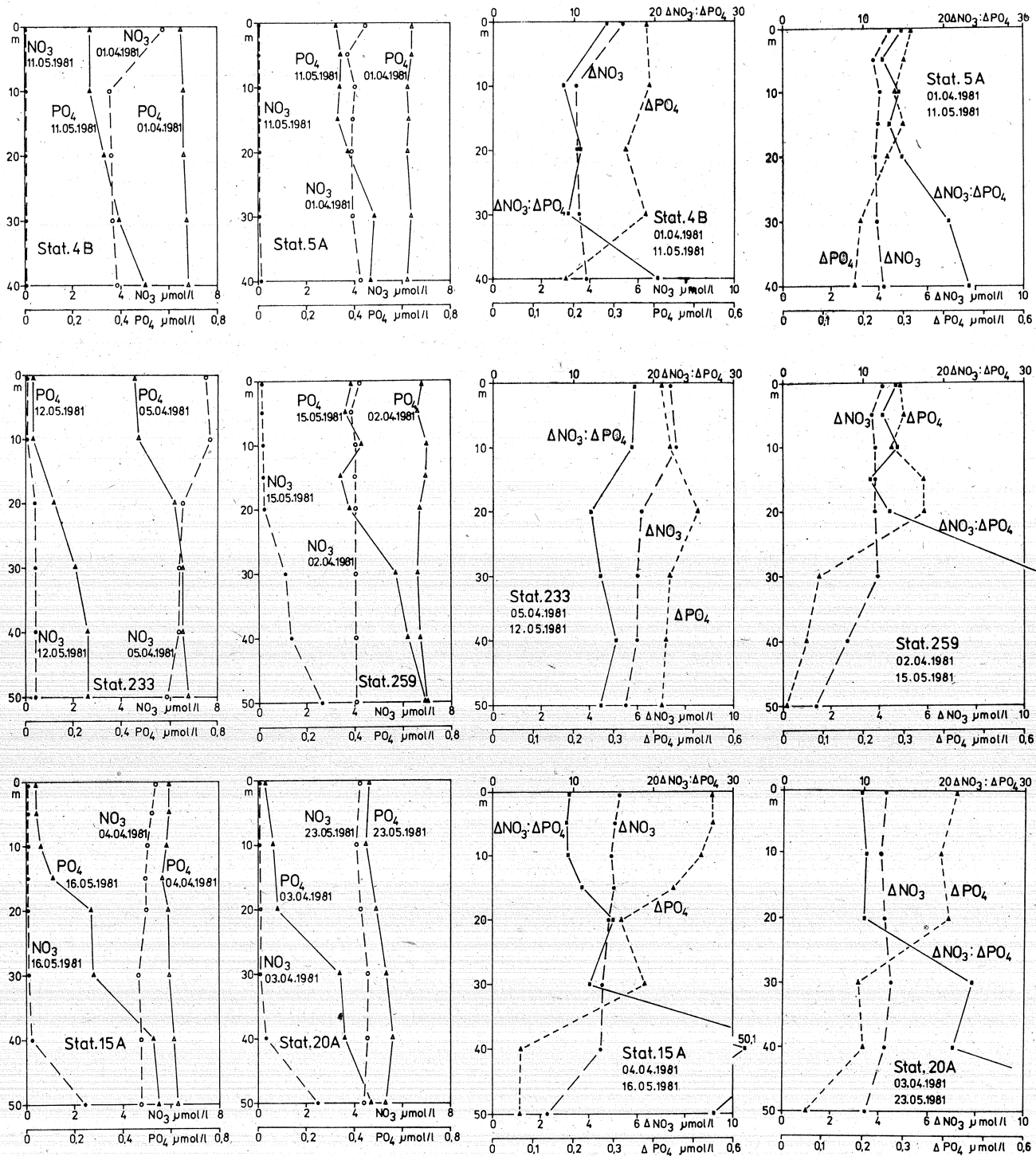


Abb. 8 a

Vertikale Nährstoffverteilung in der Oberflächenschicht ausgewählter Ostseestationen

Abb. 8 b

Nährstoffabnahme im Zeitraum April–Mai und daraus resultierende Nährstoffverhältnisse auf ausgewählten Ostseestationen

Literatur

- ANTIA, N. J., Mc ALLISTER, C. D., PARSONS, T. R., STEPHANS, K., STRICKLAND, J. D. H.: Further measurements of Primary production using a large-volume plastic sphere. *Limnol. Oceanogr.* 8 (1963), 166–183
- BOCK, K.-H.: Monatskarten des Salzgehalts der Ostsee. *Dt. Hydrogr. Z. Erg. H.* 1971, Reihe B, Nr. 12, 1–147
- CBO: Recommendations of the 1. Conference of Baltic Oceanographers. Helsinki 1957
- CORNER, E. D. S., HEAD, R. N., KILVINGTON, C. C. J.: On the nutrition and metabolism of zooplankton. VIII. The grazing of *Biddulphia* cells by *Calanus Helgolandicus*. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 52 (1972), 847–861
- FLEMING, R. H.: The composition of plankton and units for reporting population and production. *Proc. Sixth Pacific Sci. Cong. Calif.* 3 (1940), 535–540
- GOLDMAN, J. C., Mc CARTHY, J. J., PEAVEY, D. G.: Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. *Nature* 279 (1979), 210–215
- LENZ, W.: Monatskarten der Temperatur der Ostsee, dargestellt für verschiedene Tiefenhorizonte. *Dt. Hydrogr. Z. Erg. H.* 1971, Reihe B, Nr. 11, 1–148
- MATTHÄUS, W.: Mittlere Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse in der Arktis am Beispiel der Station BY 2A auf 55° N, 14° E. *Beitr. Meeresk.* 36 (1975), 5–27

9. MATTHÄUS, W.:
Zur mittleren jahreszeitlichen Veränderlichkeit der Temperatur in der offenen Ostsee. Beitr. Meeresk. 40 (1977), 117-155
10. MATTHÄUS, W.:
Zur mittleren jahreszeitlichen Veränderlichkeit des Oberflächensalzgehalts der Ostsee. Gerlands Beitr. Geophysik 87 (1978), 369-376
11. MATTHÄUS, W.:
Zur mittleren jahreszeitlichen Veränderung im Sauerstoffgehalt der offenen Ostsee. Beitr. Meeresk. 41 (1978), 61-94
12. MATTHÄUS, W.:
Langzeitvariationen von Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser der zentralen Ostsee. Beitr. Meeresk. 42 (1979), 41-93
13. MÜCKEL, F.:
Die ozeanologische Meßkette OM 75 - eine universelle Datenerfassungsanlage für Forschungsschiffe. Beitr. Meeresk. 43 (1980), 5-14
14. NEHRING, D.:
Salinity and increasing nutrient concentrations in the mixed winter surface layer of the Baltic from 1969 to 1978. Ann. Biol. 1978 35 (1980), 104-106
15. NEHRING, D.:
Hydrographisch-chemische Untersuchungen in der Ostsee von 1969-1978. II. Die chemischen Bedingungen und ihre Veränderungen unter besonderer Berücksichtigung des Nährstoffregimes. Geod. Geoph. Veröff. R. IV, H. 35 (1981), 39-137
16. NEHRING, D., FRANCKE, E.:
Hydrographisch-chemische Veränderungen in der Ostsee im Jahre 1972 unter besonderer Berücksichtigung des Salzwasser-einbruchs im März/April. 1972. Fischei-Forsch. 12 (1974), 23-33
17. NEHRING, D., FRANCKE, E.:
Hydrographisch-chemische Untersuchungen in der Ostsee von 1969-1978. I. Die hydrographischen Bedingungen und ihre Veränderungen. Geod. Geoph. Veröff. R. IV, H. 35 (1981), 5-38
18. NEHRING, D., FRANCKE, E.:
Die hydrographisch-chemischen Bedingungen in der Ostsee im Jahre 1980. Fischei-Forsch., 20 (1982), 69-77
19. REDFIELD, A. C., KETCHUM, B. H., RICHARDS, E. A.:
The influence of organisms on the composition of sea-water. In: Hill, M. N.: The sea. Bd. 2, New York, London 1963, 26-77
20. REICHEL, U.:
Mittlere monatliche Temperatur- und Salzgehaltswerte im Gebiet des Fehmarnbelt, Untersuchungen auf der Grundlage von Feuerschiffbeobachtungen 1949-1978. Inst. Meeresk., unveröff., 1980
21. RÖHDE, K.-H., NEHRING, D.:
Ausgewählte Methoden zur Bestimmung von Inhaltsstoffen im Meer- und Brackwasser. Geod. Geoph. Veröff. R. IV, H. 24 (1979), 6-68
22. Oceanografiske Observationer fra Danske Fyrskibe og Kyststationer 1970. Danske Meteorologiske Institut, Charlottenlund 1971
23. Sauerstoffmangel schädigt Kieler Bucht. Ozean + Technik 20 (1981), 3-4