

Die hydrographisch-chemischen Bedingungen in der Ostsee im Jahre 1980

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

Im Frühjahr 1980 erfolgte ein schwacher Salzwassereinbruch, der nur im Tiefenwasser des Bornholm- und Gdańsker Beckens zu einem nachhaltigen Anstieg des Sauerstoffgehalts führte. In den nördlichen Teilen der Zentralen Ostsee weitete sich die anoxische Tiefenschicht im Jahresverlauf auf 80–100 m Tiefe aus. Derartig ungünstige Bedingungen traten in diesen Gebieten bisher nicht auf.

Auch 1980 wurden relativ hohe Salz-, Phosphat- und Nitratkonzentrationen in der winterlichen Oberflächenschicht der südlichen Ostsee festgestellt. Der von 1969–1978 beobachtete, stark ansteigende Trend dieser Größen scheint sich jedoch nicht fortzusetzen.

Extrem hohe Nitratwerte, die teilweise erheblich über den bisher bekannten Angaben liegen, wurden im Februar und März im Oberflächenwasser der Beltsee und des zentralen Arkonabeckens gemessen. In Abhängigkeit davon ergaben sich Nitrat-Phosphat-Verhältnisse, die die ozeanische Relation übertreffen.

1. Einleitung

Im vorliegenden Beitrag wird das hydrographisch-chemische Datenmaterial, das 1980 auf Terminfahrten mit Forschungsschiffen des Instituts für Meereskunde der Akademie der Wissenschaften der DDR gewonnen wurden, zusammenfassend ausgewertet. Als Grundlage für die Beurteilung der Umwelteinflüsse bilden diese Untersuchungen eine wichtige Voraussetzung zur Erarbeitung von Fangvorhersagen und von Regulierungsmaßnahmen der fischereilichen Rohstoffbasis.

Ebenso wie in den Vorjahren (17, 18) wurden auch 1980 fünf Ostseeterminfahrten durchgeführt, die in der Beltsee (Stat. 010) begannen und sich im Mai und Oktober/November bis zum Finnischen Meerbusen sowie im März/April und August bis zum Färötief (Stat. 20 A) erstreckten. Im Februar mußten die Messungen infolge ungünstiger Witterungsbedingungen bereits im Bornholmbecken (Stat. 5 A) abgebrochen werden. Im November 1980 wurden auch im südlichen Kattegat ozeanologische Untersuchungen durchgeführt.

Die Messungen erfolgten vorrangig auf Standardstationen und -profilen (Abb. 1), die anlässlich des Internationalen Ostseejahres 1969/70 festgelegt wurden oder Bestandteil des Monitoring-Programms der Konvention über den Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebietes vom 22.3.1974 sind. Von einigen dieser Stationen liegen bereits seit Beginn dieses Jahrhunderts ozeanologische Beobachtungen vor.

Vor allem in den westlichen Teilgebieten der Ostsee, aber auch im Bornholmbecken, im Gdańsker Tief sowie im Südteil des östlichen Gotlandbeckens wurden zusätzliche Messungen durchgeführt, die jedoch in der nachfolgenden Auswertung nur berücksichtigt werden, wenn dies für die Charakterisierung der ozeanologischen Bedingungen erforderlich ist.

Das hydrographisch-chemische Standardmeßprogramm für die Ostsee umfaßt die Wassertemperatur, den Salz-, Sauerstoff- und Schwefelwasserstoffgehalt sowie die Mikro-nährstoffe Phosphat, Nitrat, Nitrit und Ammonium. Die Wassertemperatur sowie der Salz- und Sauerstoffgehalt

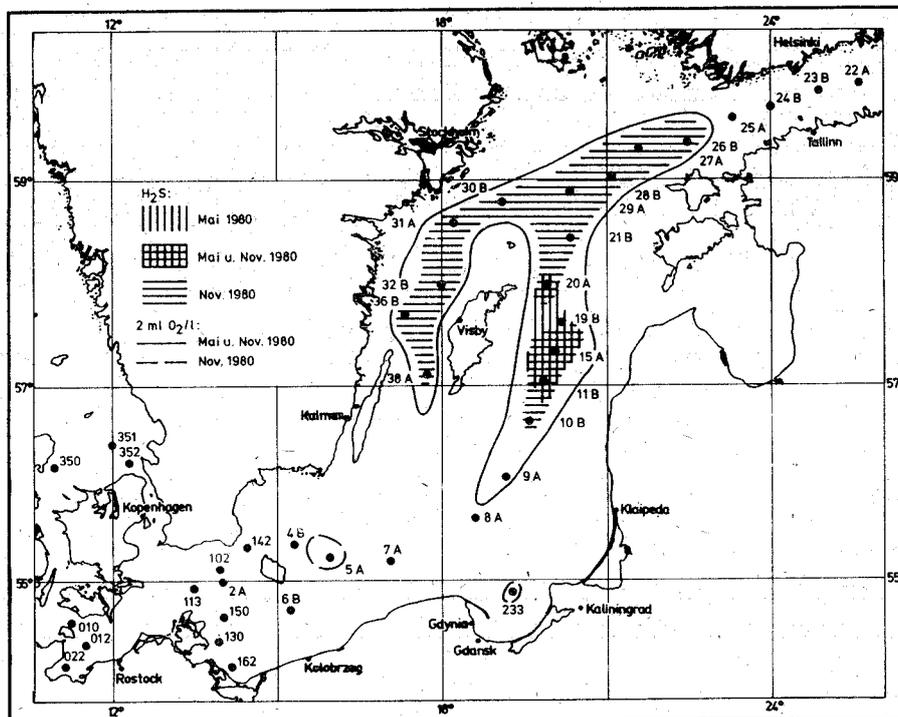


Abb. 1:
Stationskarte und Gebiete ungünstiger Sauerstoffverhältnisse in der grundnahen
Wasserschicht der Ostsee

wurden quasikontinuierlich mittels der vom Institut für Meereskunde in Rostock-Warnemünde entwickelten Tiefseesonde OM 75 (13), die auch die Entnahme von 12 Wasserproben gestattet, registriert. Die in den Schnittdarstellungen benutzten Salzgehalts- und Sauerstoffwerte wurden jedoch in Einzelproben bestimmt. Die für die hydrographisch-chemischen Messungen verwendeten Analysemethoden sind bei (22) zusammengefasst. Neben diesen Messungen gehören meteorologische Beobachtungen zum Standardmeßprogramm der Terminfahrten.

2. Die hydrologisch-chemischen Bedingungen

Die auf den jeweiligen Terminfahrten angetroffene Verteilung der Wassertemperatur, des Salz- und Sauerstoffgehalts sowie der Phosphat- und Nitratkonzentrationen wurde in Form ozeanologischer Profile längs des Talweges durch die Ostsee dargestellt (Abb. 2-6). Diese seit 1969 verwendete Darstellungsform zeichnet sich durch Übersichtlichkeit aus und ist gut zur Charakterisierung der saisonalen hydrographisch-chemischen Veränderungen geeignet. Ihre Nachteile bestehen vor allem in den allgemeinen Unzulänglichkeiten, die derartigen Schnittdarstellungen infolge kurzfristiger, raum-zeitlicher Veränderungen innewohnen, sowie in der unzureichenden quasi-synoptischen Datengewinnung, die wegen der großen Längs-erstreckung des Schnittes nicht möglich ist.

2.1. Die Wassertemperatur

Die in Abb. 2 dargestellte Temperaturverteilung läßt erkennen, daß die winterlich, homotherme Oberflächenschicht der Zentralen Ostsee kälter als 1 °C war. Die Temperaturen sanken jedoch nicht unter 0,5 °C ab. Im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten (7, 9) herrschte eine negative Temperaturanomale von 0,5-1 °C. In Abhängigkeit von den Wintertemperaturen war 1980 auch das Baltische Zwischenwasser, das sich bei den Untersuchungen im Mai bereits deutlich abzeichnete, um etwa 1 °C zu kalt.

In der sommerlich warmen Deckschicht, deren Erwärmung zumeist in der ersten Augsthälfte (9) am stärksten ausgeprägt ist, wurden 1980 Temperaturen gemessen, die um 0,5-1 °C unter den mittleren Bedingungen lagen.

Im Westteil des Bornholmbeckens zeichneten sich im August, vor allem aber im Oktober 1980 Intrusionen wärmeren Wassers aus dem Arkonabecken ab. Diese Intrusionen, die nahezu regelmäßig in der 2. Jahreshälfte zu beobachten sind (9, 17), schichten sich entsprechend ihrer Dichte im oberen Bereich der Salzgehaltssprungschicht ein.

Zwischen den Ende März und Anfang Mai 1980 durchgeführten Untersuchungen trat im Tiefenwasser des Bornholmbeckens ein starker Temperaturrückgang ein (Abb. 2), der etwa 3,5 °C betrug. Auch in der grundnahen Wasserschicht des Gdańsker Tiefs sank die Temperatur im Jahresverlauf um rund 2 °C ab. Im Gotland- und Färötief erreichte die Temperaturabnahme in dieser Schicht 0,6-0,7 °C bzw. 0,1 °C. Das Tiefenwasser der anderen zentralen Regionen der Ostsee zeigte 1980 keine nennenswerten Temperaturänderungen.

2.2. Der Salzgehalt

Die im Verlauf des Jahres 1980 eingetretenen Veränderungen des Salzgehalts sind aus Abb. 3 zu ersehen. In der Oberflächenschicht der Zentralen Ostsee wurden die höchsten Werte im Einklang mit dem Jahrestag dieser Größe Ende März beobachtet, wobei verbreitet Konzentrationen zwischen 7,9 und 8,1 ‰ auftraten (vgl. auch Tab. 2). Nur im Bornholmbecken wurde im Mai noch ein weiterer Anstieg auf nahe 8,2 ‰ registriert.

In den südlichen Teilgebieten der Zentralen Ostsee lag die Salzkonzentration deutlich über den jahreszeitlichen Mittelwerten (1, 10), auch wenn man den Mittel seit Beginn des Jahrhunderts ansteigenden Trend dieser Größe (12) berücksichtigt. Nördlich des Gotlandtiefs wurden keine nennenswerten Anomalieerscheinungen des Salzgehalts in der Oberflächenschicht beobachtet.

Im Tiefenwasser des Bornholmbeckens stieg der Salzgehalt von 16,2 ‰ im März auf über 18 ‰ im August an und nahm dann in der Folgezeit erneut stark ab. Auch in der Slupsker Rinne und im Südteil des Östlichen Gotlandbeckens wurden im August relativ hohe Salzkonzentrationen gemessen. In den grundnahen Wasserschichten der anderen zentralen Ostseeregionen wurden keine nennenswerten Veränderungen festgestellt.

Wenn im Spätherbst überdurchschnittlich salzreiche Wassermassen an den Ostseezugängen vorhanden sind, ist damit die wichtigste ozeanologische Voraussetzung für einen Salzwassereinbruch in die Ostsee erfüllt (6, 23, 24). Die Angaben in Tab. 1 zeigen, daß die Salzgehaltswerte, die im November 1980 im Südteil des Kattegats gemessen wurden, vor allem in der Oberflächenschicht unter den langjährigen Mittelwerten lagen. Auch im Fehmarnbelt wurde eine negative Salzgehaltsanomalie festgestellt.

2.3. Sauerstoff und Schwefelwasserstoff

Im allgemeinen sind Sauerstoff und Schwefelwasserstoff nicht nebeneinander beständig. Ihre Verteilung wurde daher in den gleichen Abbildungen (1 und 4) dargestellt. Der Sauerstoffgehalt in den oberflächennahen Wasserschichten zeigte die bekannten, vom Jahresgang der Temperatur und der Phytoplanktonentwicklung abhängigen Variationen (11). Im Tiefenwasser der untersuchten Beltseeregionen und des zentralen Arkonabeckens, deren grundnahe Wasserschicht ebenfalls durch ausgeprägte jahreszeitliche Veränderungen gekennzeichnet ist und im allgemeinen im Spätsommer die ungünstigsten Sauerstoffverhältnisse aufweist (4, 8), wurden im August Sauerstoffwerte von 1-2 ml/l gemessen. Niedrigere Werte, die zwischen 0,3 bis 0,7 ml/l lagen, wurden jedoch in der Lübecker Bucht (Stat. 022) festgestellt.

Im Tiefenwasser des Bornholmbeckens trat im Verlauf des Jahres 1980 eine erhebliche Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse ein. Wurde im Herbst 1979 noch spurenweise Schwefelwasserstoff im Bodenwasser dieses Beckens beobachtet (18), war der Sauerstoffgehalt im Mai 1980 auf Werte zwischen 4 und 6 ml/l angestiegen. Ende Oktober wurde bereits wieder ein Rückgang auf 1,5-2 ml/l festgestellt.

Eine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse trat auch im Gdańsker Tief ein, dessen Bodenwasser im Herbst 1979 anoxisch war, Ende März und Ende Oktober 1980 aber Sauerstoffkonzentrationen von 1-2 ml/l aufwies. Der Einstrom sauerstoffreicherer Wassermassen ins Östliche Gotlandbecken wurde im März beobachtet und erreichte im Mai sein Maximum. Im Gotlandtief wurden jedoch nur im August unterhalb einer anoxischen Zwischenschicht geringe Sauerstoffmengen festgestellt.

Im Nördlichen Gotlandbecken stieg die anoxische Tiefenschicht auf etwa 80 m Tiefe an. Im Landsorttief und im Westlichen Gotlandbecken, deren Tiefenwasser im Mai noch keinen Schwefelwasserstoff enthielt, herrschten im November ab 80-100 m Tiefe anoxische Bedingungen. Mit dieser Ausdehnung der anoxischen Tiefenschicht war auch eine Zunahme der Schwefelwasserstoffkonzentrationen verbunden. Die höchste Konzentration von über 3 mg/l wurde im Gotlandtief unmittelbar über dem Boden gemessen. Aber auch auf anderen Stationen im Östlichen Gotlandbecken wurden 2-3 mg H₂S/l in Grundnähe ermittelt.

Tabelle 1:

Vertikale Verteilung des Salzgehalts (in ‰) im südlichen Kattegat (Stat. 350, 351, 352) und im Fehmarnbelt (Stat. 010) im November 1980 sowie langjährige Novembermittelwerte bei den Feuerschiffen „Kattegat SW“ (25) und „Fehmarnbelt“ (21)

Tiefe (m)	350 12. Nov.	351 12. Nov.	352 12. Nov.	„Kattegat SW“ 1931-1960	010 11. Nov.	„Fehmarnbelt“ 1949-1978
0-1	20,8	15,5	16,2	19,8	10,8	15,21
10	20,7	21,6	23,4	22,5	-	16,32
20	23,8	24,1	28,7	29,2	17,5	19,84
30	27,2 (23 m)	32,4	31,9 (24 m)	30,6	18,3 (25 m)	20,82 (28 m)
37		32,4 (31 m)		30,9		

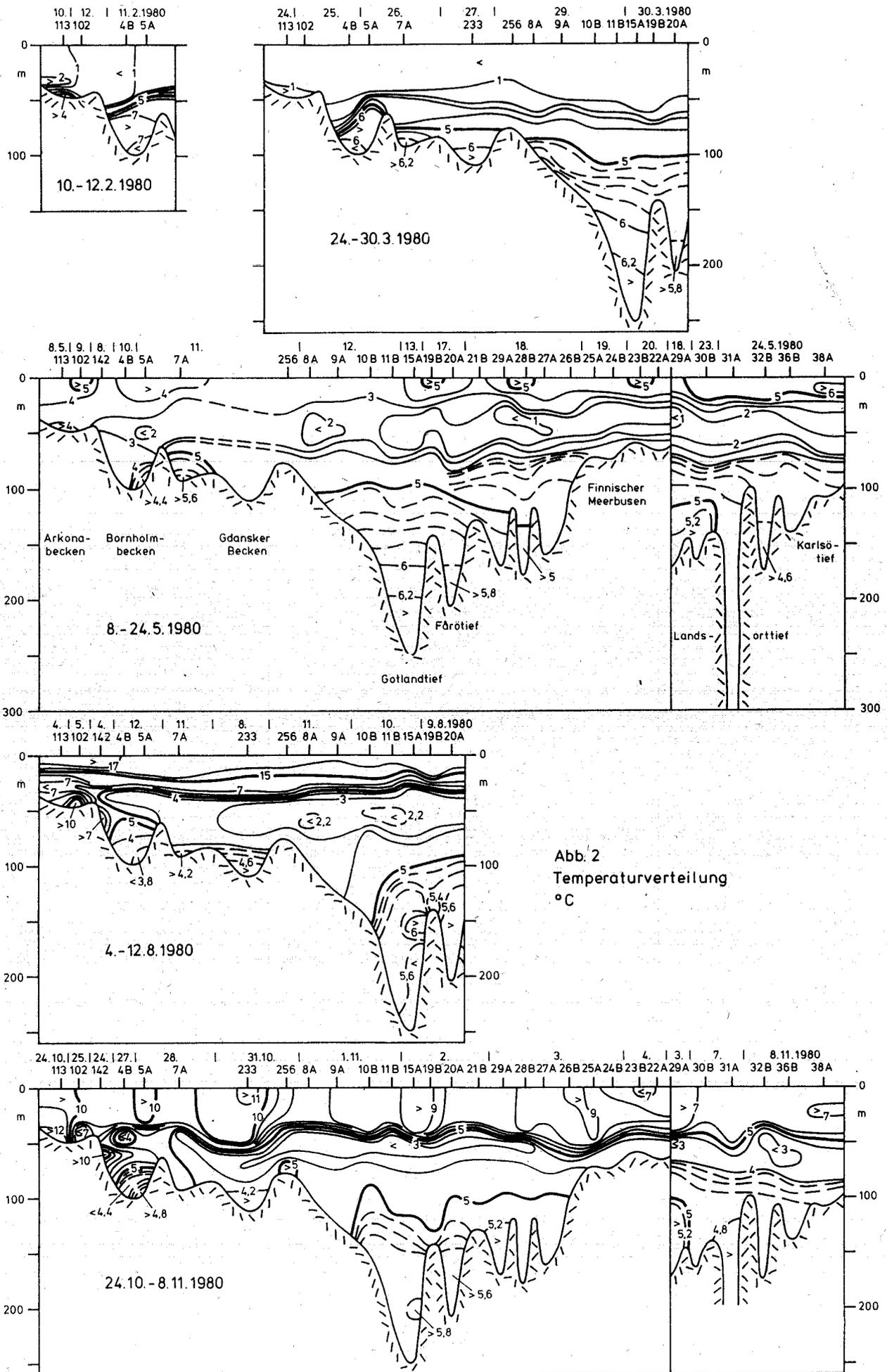


Abb. 2
Temperaturverteilung
°C

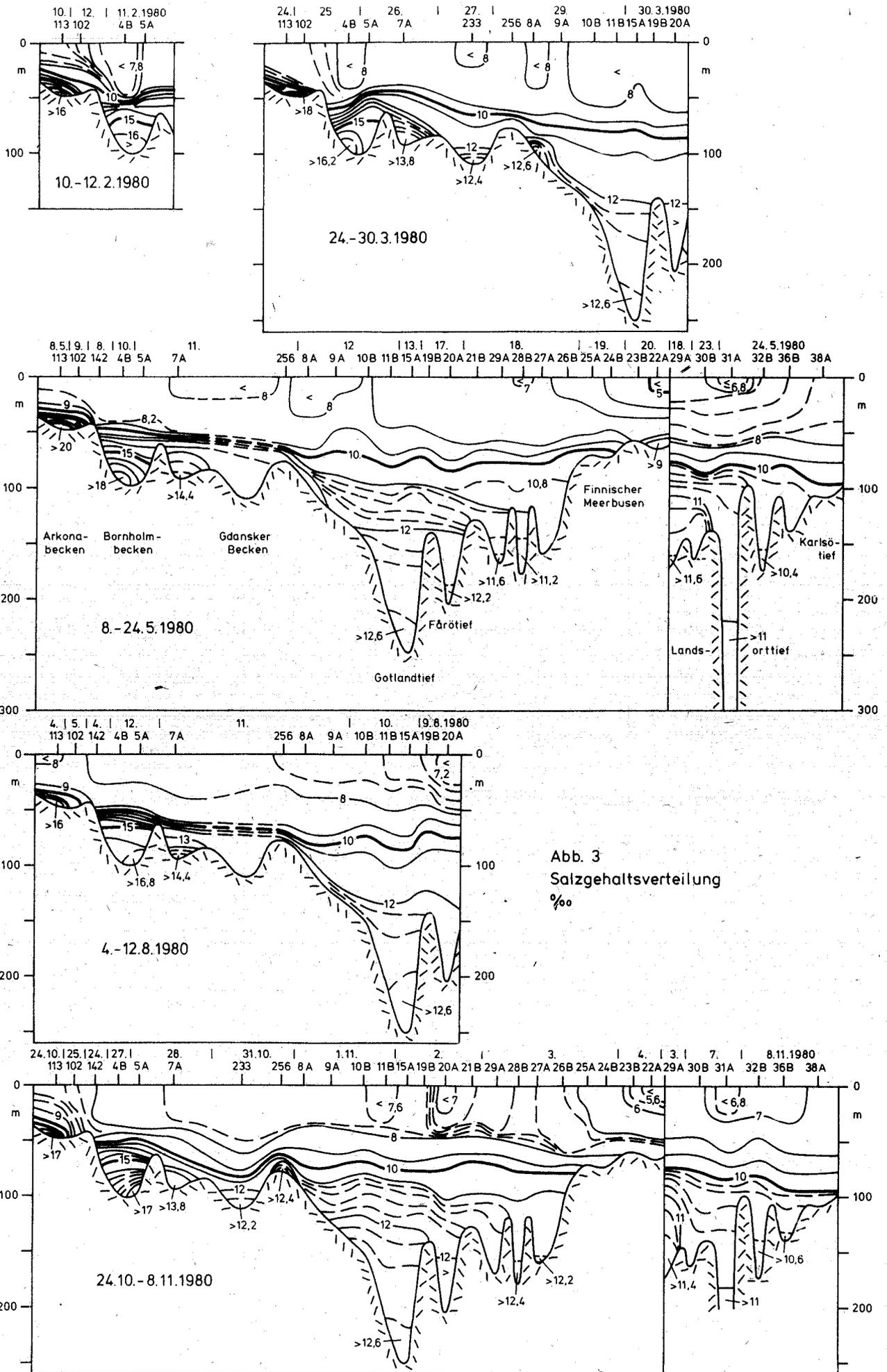


Abb. 3
Salzgehaltsverteilung
‰

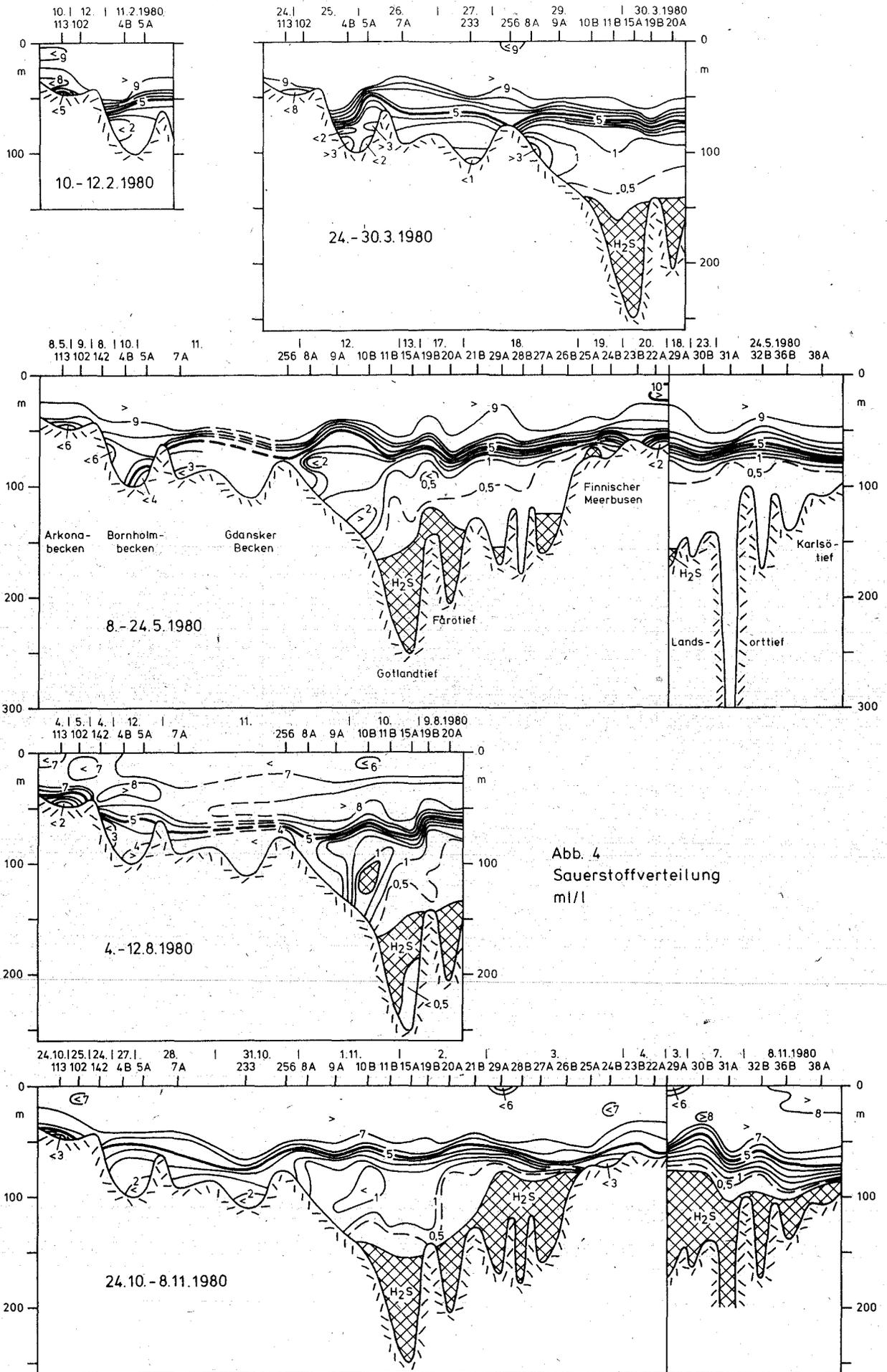


Abb. 4
Sauerstoffverteilung
ml/l

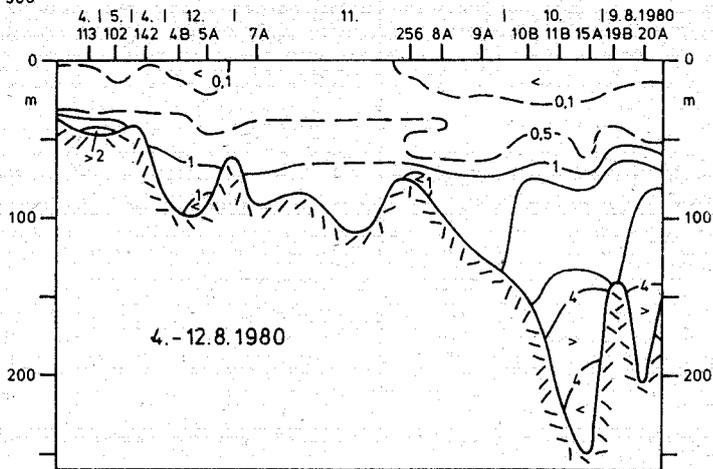
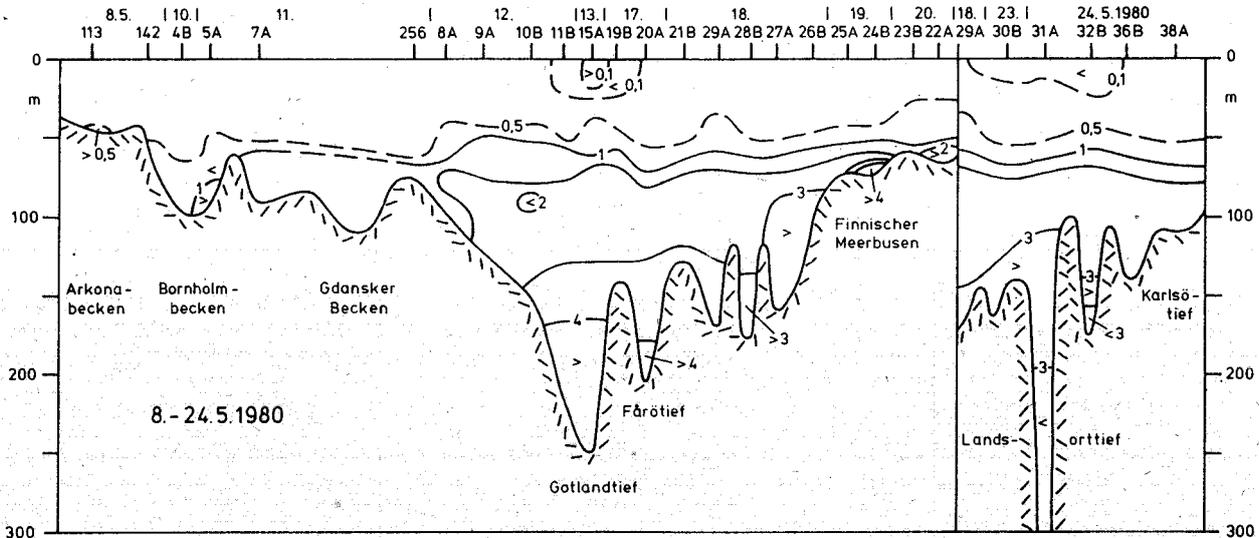
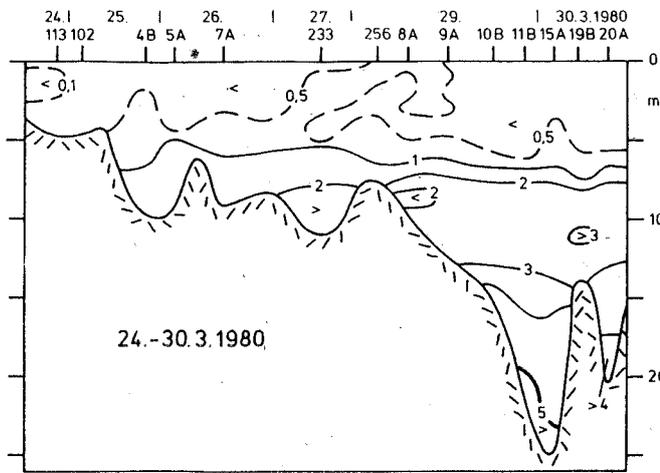
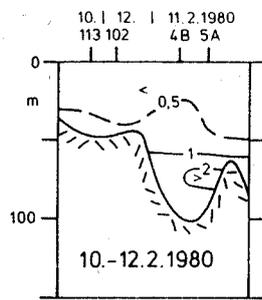
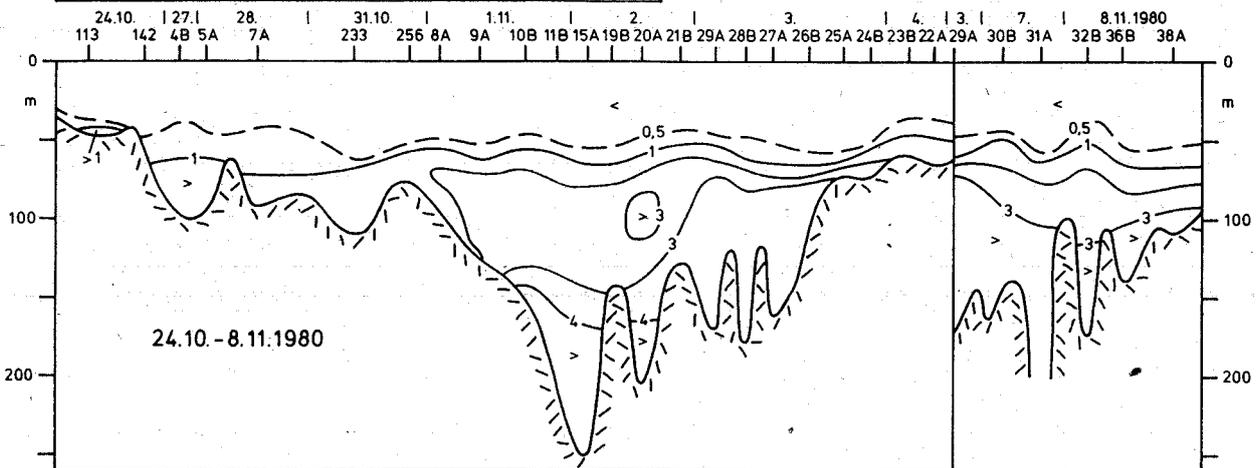


Abb. 5
Phosphatverteilung
 $\mu\text{g-at./l}$



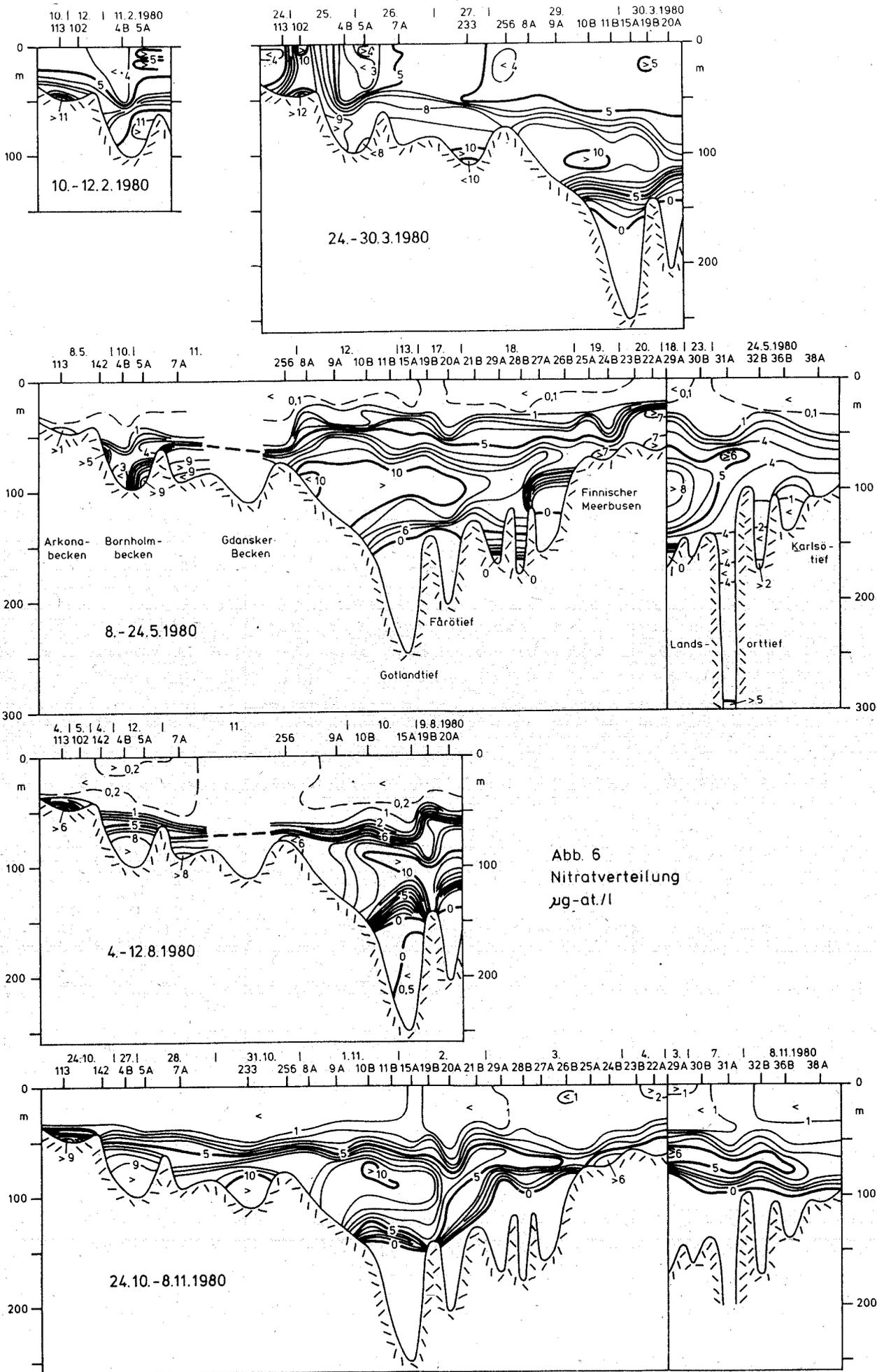


Abb. 6
Nitratverteilung
 $\mu\text{g-at./l}$

2.4. Die Mikronährstoffe

Die wichtigsten Nährstoffe in der Ostsee sind Orthophosphat und Nitrat. Ihre Verteilung ist in den Abb. 5 und 6 dargestellt. Da Nitratstickstoff neben Schwefelwasserstoff unbeständig ist, werden geringe Konzentrationen dieser Stickstoffverbindung, die unter anoxischen Bedingungen vorhanden sind, auf analytische Unzulänglichkeiten zurückgeführt (5). Sie wurden in Abb. 6 nicht berücksichtigt.

Für die Massentwicklung des Phytoplanktons im Frühjahr sind vor allem die Mikronährstoffe von Bedeutung, die im Winter in der homogenen Oberflächenschicht der Ostsee angereichert worden sind. Tab. 2 enthält Angaben über die mittleren Phosphat- und Nitratkonzentrationen, die 1980 in dieser Schicht beobachtet wurden. Danach waren im Februar in der Beltsee (Stat. 010, 012, 022) extrem hohe Nitratkonzentrationen, die zwischen 9,7 und 13,8 $\mu\text{g-at./l}$ lagen, vorhanden. Ende März wurden trotz beginnender Frühjahrsblüte immer noch 7,1–9,1 $\mu\text{g-at./l}$ nachgewiesen.

Tabelle 2:

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

Station	Datum	OS m	S ‰	PO ₄ -P $\mu\text{g-at./l}$	NO ₃ -N $\mu\text{g-at./l}$	NO ₃ :PO ₄ ($\mu\text{g-at./l}$)
010	13.2.1980	5	11,58	0,44	9,66	22,0
	20.3.1980	5	11,19	0,47	9,07	19,3
012	13.2.1980	1	14,04	0,57	11,53	25,6
	20.3.1980	5	11,23	0,45	7,13	15,8
022	13.2.1980	1	13,34	0,72	13,84	19,2
	12.2.1980	10	8,19	0,48	4,19	8,7
102	25.3.1980	30	8,37	0,43	10,02	23,3
	10.2.1980	30	9,10	0,42	6,35	15,1
2A	25.3.1980	40	8,41	0,39	12,47	32,0
	11.2.1980	30	8,15	0,45	4,85	10,8
5A	26.3.1980	40	8,04	0,44	3,20	7,3
	27.3.1980	50	8,00	0,50	5,43	10,9
8A	29.3.1980	50	7,99	0,50	4,85	9,7
9A	29.3.1980	50	7,87	0,43	4,28	10,0
15A	29.3.1980	60	7,94	0,49	4,19	8,6

In dieser Jahreszeit traten auch im zentralen Arkonabekken (Stat. 102, 2A) sehr hohe Nitratwerte, bis zu 12,5 $\mu\text{g-at./l}$, in der Oberflächenschicht auf. Zur gleichen Zeit wurden auf der benachbarten Stat. 113 nur etwa 4 $\mu\text{g-at./l}$ festgestellt (Abb. 6), was auf eine sehr inhomogene Verteilung dieser Stickstoffverbindung hindeutet.

Die höchste Nitratkonzentration von 35 $\mu\text{g-at./l}$ wurde Ende März vor der Odermündung (Stat. 162) unmittelbar an der Oberfläche beobachtet und ist offensichtlich durch Flußwasser beeinflusst. Der Einfluß des Oderwassers, das bei Ostwetterlagen längs der DDR-Küste nordwärts verfrachtet wird, war auch noch auf der östlich von Rügen gelegenen Stat. 130 durch Nitratwerte von rund 15 $\mu\text{g-at./l}$ zu erkennen, während auf Stat. 150 nur noch Konzentrationen von etwa 5 $\mu\text{g-at./l}$ an der Oberfläche vorlagen.

In den anderen Regionen der Zentralen Ostsee, die im Februar und März 1980 untersucht wurden, waren zwar hohe, aber keine extremen Nitratkonzentrationen in der Oberflächenschicht vorhanden. Der winterliche Phosphatgehalt dieser Schicht lag generell zwischen 0,4 und 0,5 $\mu\text{g-at./l}$ (Tab. 2). Nur in der Lübecker Bucht und vor der Odermündung wurden mit 0,7–0,9 $\mu\text{g-at./l}$ etwas höhere Werte beobachtet.

Im Tiefenwasser des Bornholmbeckens waren im Mai 1980 relativ geringe Phosphat- und Nitratkonzentrationen vorhanden, während sich im Östlichen Gotlandbecken eine mächtige nitratreiche Zwischenschicht abzeichnete, die im weiteren Jahresverlauf wieder etwas abgebaut wurde. Die Phosphatakkumulation, die unter anoxischen Bedingungen eintritt, erreichte 1980 keine extremen Beträge.

3. Diskussion

Die oberflächennahen Wasserschichten der untersuchten Ostseeregionen waren 1980 ganzjährig durch eine geringe negative Temperaturanomale gekennzeichnet. Der Salzgehalt der homohalinen Deckschicht lag in den südlichen Teilen der Ostsee ebenso wie in den Vorjahren (17) relativ hoch. Der stark ansteigende Trend dieser Größe, der im Zeitraum 1969–1978 beobachtet wurde (14, 15), scheint sich jedoch nicht fortzusetzen.

Bereits im Spätherbst 1979 passierten größere Mengen Kattegatwasser die Darßer Schwelle und führten zu merklichen Veränderungen der hydrographischen und chemischen

Bedingungen in den grundnahen Wasserschichten des Arkonabekken- und Bornholmbeckens (3). Infolge zu geringer Dichte waren diese Wassermassen jedoch nicht geeignet, eine durchgreifende Wasserumschichtung in den zentralen Teilen der Ostsee einzuleiten. Verdünnt mit ehemals stagnierendem Tiefenwasser scheinen sie im Frühjahr 1980 das Östliche Gotlandbecken erreicht zu haben, wo sie sich entsprechend ihrer Dichte in 80–90 m Tiefe einschichteten und vor allem aufgrund ihres höheren Sauerstoff- und Nitratgehalts (Abb. 4 und 6) zu erkennen sind.

Im November 1979 wurde im Bodenwasser des Bornholmbeckens ein Salzgehalt von 15,4 ‰ gemessen (18), der nur um 0,5 ‰ über dem Minimum des Zeitraums 1969–1978 liegt (17). Der Einstrom von Kattegatwasser hatte im Februar und März 1980 einen Anstieg um 0,6–0,8 ‰ bewirkt (Abb. 3). Gleichzeitig damit erfolgte eine Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser dieses Beckens.

Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß extreme Einstromlagen, die das Ausmaß von Salzwassereintrüben erreichen, im allgemeinen im Zeitraum Oktober bis Februar eintreten (23). Abweichend davon erfolgte 1972 der Einstrom salzreichen Wassers erst Ende März/Anfang April. Wie die im Mai im Tiefenwasser des Bornholmbeckens beobachteten hydrographischen und chemischen Veränderungen erkennen lassen, bildete das Jahr 1980 eine weitere Ausnahme.

Der vorübergehende Anstieg des Salzgehalts auf über 18 ‰ und des Sauerstoffgehalts auf 5–6 ml/l in den westlichen Teilen dieses Beckens (Stat. 4B) zeigen, daß der Einstrom salzreichen Wassers in die Ostsee im Frühjahr 1980 das Ausmaß eines Salzwassereintrübens erreicht haben muß. Nach Strömungsmessungen an der Bojenstation „Darßer Schwelle“ ist dieser Einstrom in zwei Etappen, vom 28.3.–13.4. und vom 18.–26.4. 1980, erfolgt (3). Dabei wurden in der gesamten Wassersäule Strömungsgeschwindigkeiten von 35–60 cm/s in östliche Richtungen registriert.

Im Bornholmbecken wurde das ehemals stagnierende Tiefenwasser frontartig ostwärts verdrängt. Reste dieser Wassermassen sind im Mai noch im Ostteil des Beckens (Stat. 5A) aufgrund ihrer höheren Temperaturen (Abb. 2) und Nährstoffkonzentrationen (Abb. 5 und 6) sowie ihres geringeren Sauerstoffgehalts (Abb. 4) zu erkennen.

Entsprechend der Jahreszeit, in welcher der Salzwassereintrüben erfolgte, waren die einströmenden Wassermassen relativ kalt und führten zu einem deutlichen Temperaturrückgang im Tiefenwasser dieses Beckens. Durch die Frühjahrsentwicklung des Phytoplanktons war außerdem ihr Nährstoffgehalt verringert. Ähnlich wie 1972 verursachten sie daher auch eine starke Abnahme des Phosphat- und Nitratgehalts in der grundnahen Wasserschicht.

Neben dem Bornholmbecken kam es auch im Gdańsker Tief zu einer Erneuerung des Bodenwassers. Im Gotlandtief wurden dagegen nur im August unterhalb einer anoxischen Zwischenschicht Wassermassen mit geringem Sauerstoffgehalt festgestellt. Der im Frühjahr 1980 beobachtete Salzwassereintrüben war daher nur von geringer Intensität. Seine Auswirkungen blieben auf die westlichen Teilgebiete der Zentralen Ostsee beschränkt und führten vor allem im Bornholmbecken sowie im Gdańsker Tief zu einer nachhaltigen Verbesserung der Sauerstoffverhältnisse, die jedoch nur von kurzer Dauer war.

In den nördlichen Teilgebieten der Zentralen Ostsee kam es im Verlauf des Jahres 1981 zu einer starken Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse (Abb. 1), wobei die anoxische Tiefenschicht teilweise den 80-m-Horizont erreichte (Abb. 4). Eine derartig geringe Tiefenlage der Redoxsprungschicht wurde bisher nicht in diesen Ostseeregionen beobachtet. Von der Einschränkung des marinen Lebensraumes sind vor allem die Sprottbestände betroffen, die im Nördlichen Gotlandbecken unterhalb der thermohalinen Sprungschicht Überwinterungskonzentrationen bilden (20).

Im November 1980 wurden an den Ostseezugängen Salzgehaltswerte registriert, die zumeist unter den langjährigen Mittelwerten lagen (Tab. 1). Zu diesem Zeitpunkt war daher die wichtigste ozeanologische Voraussetzung für einen Salzwassereintrüben nicht erfüllt.

Untersuchungen über das Nährstoffregime der Ostsee haben gezeigt, daß die Phosphat- und Nitratkonzentrationen in der winterlich durchmischten Oberflächenschicht von 1969–1978 stark angestiegen sind (14, 15, 17). Da diese Eutrophierung eng mit einer Zunahme des Salzgehalts korreliert war, wurde sie vorrangig auf verstärkte vertikale

Austauschprozesse, bei denen gleichermaßen Nährstoffe und Salz in die Oberflächenschicht gelangen, zurückgeführt. Relativ hohe Phosphat- und Nitratkonzentrationen wurden auch im Winter 1980 in der Oberflächenschicht der Ostsee ermittelt. Ein weiterer Anstieg gegenüber dem Zeitraum 1969–1978 ist jedoch nicht eingetreten. Das Verhalten der Mikronährstoffe entspricht damit der Tendenz des Salzgehalts, der 1980 ebenfalls keine weitere Zunahme zeigte. Eine Ausnahme bilden die extrem hohen Nitratkonzentrationen, die im Februar und März 1980 in der Oberflächenschicht der Belt- und Arkonasee beobachtet wurden. Mit teilweise mehr als $10 \mu\text{g-at./l}$ (Tab. 2) sind es die höchsten Werte, die nach unseren bisherigen Erfahrungen im anthropogen unbeeinflussten Oberflächenwasser der Ostsee nachgewiesen wurden. Sie scheinen mit dem Einstrom von Kattgatwasser und der Umschichtung des Tiefenwassers zusammenzuhängen. Dabei muß auch den günstigeren Sauerstoffverhältnissen, die im Vorjahr im Bodenwasser dieser Gebiete festgestellt wurden (18), Beachtung geschenkt werden. Unter diesen Bedingungen treten die Denitrifikationsprozesse zurück, während die Nitrifikation an Bedeutung gewinnt.

Die Beeinflussung des zentralen Arkonabeckens durch Oderwasser ist wenig wahrscheinlich. Dieser Einfluß, der sich vor allem bei Ostwetterlagen bemerkbar macht und wie im März 1980 zu örtlich sehr hohen Nitratkonzentrationen führen kann, bleibt auf die Oderbank und die flachen Teile der südlichen Arkonasee beschränkt. Denitrifikationsprozesse, die bei Sauerstoffmangel einsetzen, sind die Ursache dafür, daß das molare Verhältnis der anorganischen Stickstoff- und Phosphorverbindungen nicht nur im Tiefenwasser, sondern auch in der winterlichen Oberflächenschicht der Ostsee unter der ozeanischen Relation von 16:1 liegt (16). Aufgrund der extrem hohen Nitratkonzentrationen, die im Februar und März 1980 im Oberflächenwasser der Beltsee und des zentralen Arkonabeckens auftraten, ergibt sich ein Verhältnis von 19 bis 32:1 (Tab. 2), das das ozeanische erheblich übertrifft. Ein noch höherer relativer Nitratüberschuß, dessen Ursache jedoch ein extrem niedriger Phosphatgehalt ist, wird von anderen Autoren (2, 19) für die Bottenwiek angegeben.

Literatur

1. BOCK, K.-H.: Monatskarten des Salzgehalts der Ostsee. Dt. Hydrogr. Z. Erg. H. 1971, Reihe B, Nr. 12, 1–147.
2. FONSELIUS, S. H.: Nutrient relations in Baltic surface waters. Review and workshop on river inputs to ocean systems (RIOS). Rome 1979, paper, 1–5.
3. FRANCKE, E., NEHRING, D.: The beginning of the renewal of the deep water in the central basins of the Baltic in 1980. ICES C.M. 1980/C:18, 1–7.
4. FRANCKE, E., NEHRING, D., ROHDE, K.-H.: Zur Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser der Ostsee. Beitr. Meeresk. 39 (1977), 25–35.
5. GRASSHOFF, K.: The hydrochemistry of landlocked basins and fjords. In: Riley, J. P., Skirrow, G.: Chemical Oceanography, Bd. 2, London, New York, San Francisco 1975, 455–497.
6. KÄNDLER, R.: Einfluß der Wetterlage auf die Salzgehaltsschichtung im Übergangsgebiet zwischen Nord- und Ostsee. Dt. Hydrogr. Z. 4 (1951), 150–160.
7. LENZ, W.: Monatskarten der Temperatur der Ostsee, dargestellt für verschiedene Tiefenhorizonte. Dt. Hydrogr. Z. Erg. H. 1971, Reihe B, Nr. 11, 1–148.
8. MATTHÄUS, W.: Mittlere Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse in der Arkonasee 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), 117–115.
10. MATTHÄUS, W.: Zur mittleren jahreszeitlichen Veränderlichkeit des Oberflächensalzgehaltes 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. MÖCKEL, F.: Die ozeanologische Meßkette OM 75 – eine universelle Datenerfassungsanlage für Forschungsschiffe. Beitr. Meeresk. 43 (1980), 5–14.
14. NEHRING, D.: Relationships between salinity and increasing nutrient concentrations in the mixed winter surface layer of the Baltic from 1969 to 1978. ICES C.M. 1979/C:24, 1–8.
15. 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.
16. NEHRING, D.: On the mean nitrogen phosphorus ratio in the mixed winter surface layer of the Baltic. ICES C.M. 1980/C:19, 1–4.
17. NEHRING, D.: Das Nährstoffregime der Ostsee – seine Veränderungen im Zeitraum 1969 bis 1978 – Ursachen und Auswirkungen. Dissertation (B), Rostock 1980, 1–273.
18. NEHRING, D., FRANCKE, E.: Hydrographisch-chemische Veränderungen in der Ostsee nach dem extremen Eiswinter 1978/79. Fischerei-Forsch. 19 (1981), im Druck.
19. NIEMI, A.: Blue-green algal blooms and N:P ratio in the Baltic Sea. Acta Biol. Fennica 110 (1979), 57–61.
20. RECHLIN, O.: Beobachtungen zum Vorkommen, zur Verbreitung und zum Verhalten von Überwinterungskonzentrationen des Sprotts (*Spratus spratus* L.) in der nordöstlichen Ostsee. Fischerei-Forsch. 5 (1967), 33–38.
21. REICHEL, U.: Mittlere monatliche Temperatur- und Salzgehaltswerte im Gebiet des Fehmarnbelt. Untersuchungen auf der Grundlage von Feuerschiffbeobachtungen 1949–1978. Inst. Meeresk., unveröff., 1980.
22. ROHDE, K.-H., NEHRING, D.: Ausgewählte Methoden zur Bestimmung von Inhaltsstoffen im Meer- und Brackwasser. Geod. Geoph. Veröff., R. IV, 27 (1979), 1–68.
23. WOLF, G.: Salzwassereinbrüche im Gebiet der westlichen Ostsee. Beitr. Meeresk. 29 (1972), 67–77.
24. WYRTKI, K.: Der große Salzeinbruch in die Ostsee im November und Dezember 1951. Kieler Meeresforsch. 10 (1954), 19–25.
25. . . . : Oceanografiske Observationer fra Danske Fyrskibe og Kyststationer 1970. Danske Meteorologiske Institut, Charlottenlund 1971.