

# Copyright ©

---

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

# Der jahreszeitliche Gang des Gehaltes des Meerwassers an Planktonnährstoffen in der Kieler Bucht im Jahre 1935

Von H. WATTENBERG und HELGA MEYER.

Mit 6 Abbildungen

Meereskundliche Arbeiten der Universität Kiel Nr. 10 (ab 1936)

---

Nachdem man in den letzten Jahren erkannt hat, daß die Untersuchung des Nährstoffgehaltes des Meerwassers allein nicht genügt, um die Eigenarten der Phytoplanktonproduktion zu erklären, wendet man in steigendem Maße seine Aufmerksamkeit den physikalischen Bedingungen des Lebens im Meere, wie Beleuchtung und Mischungsvorgängen zu, und schon die wenigen bisher vorliegenden Ergebnisse lassen erhoffen, daß man auf diesem Wege wieder einen erheblichen Schritt weiter kommen wird. Trotzdem bleibt die Kenntnis der chemischen Eigenschaften des Meerwassers eine äußerst wichtige und unerläßliche Grundlage für alle weiteren Untersuchungen über die Produktion im Meere — eine Grundlage, die noch nach verschiedenen Richtungen hin befestigt und erweitert werden muß. Diese Grundlage für die Kieler Bucht zu schaffen, war das Ziel der im folgenden wiedergegebenen Beobachtungen über den jahreszeitlichen Gang von Temperatur und Salzgehalt, von Phosphat, Nitrit, Ammoniak und Silikat, an die einige vorläufige Planktonzählungen und Lichtmessungen angeschlossen wurden. Ehe auf die Untersuchungen selbst eingegangen wird, seien ein paar Worte über die allgemeinen hydrographischen Verhältnisse in unserem Meeresgebiet vorausgeschickt.

## Die allgemeinen hydrographischen Verhältnisse in der Kieler Bucht.

Die Ostsee oder das Baltische Mittelmeer ist das größte Brackwassergebiet der Erde (mit einem mittleren Salzgehalt von etwa 7‰ an der Oberfläche) und ist mit der Nordsee, dem ozeanischen Randmeer, durch das dänisch-deutsche Inselmeer, die „Beltsee“ verbunden (s. Abb. 1). Die hydrographische Grenze zwischen Nord- und Ostsee liegt dort, wo die Durchlässe die geringste Schwellentiefe besitzen: einerseits im Sund bei der Drogden-Schwelle (7 m) und andererseits bei der Darsser Schwelle (18 m). An diesen beiden Schwellen findet also das salzreiche Wasser der Nordsee seine eigentliche Schranke in der Tiefe. Die Kieler Bucht ist daher in ihren tieferen Schichten (Durchschnittstiefe etwa 20 m) noch als ein Ausläufer der Nordsee zu betrachten, während an der Oberfläche das salzarme Wasser der inneren Ostsee eine vorherrschende Rolle spielt. Der mittlere Salzgehalt ist an der Oberfläche 12 bis 14‰, über dem Boden 25—27‰. Es kommen jedoch nach beiden Seiten erhebliche Ausschläge vor.

Das salzreiche Wasser der Tiefe strömt der Kieler Bucht und damit der Ostsee im wesentlichen durch den Großen Belt zu, der eine Mindesttiefe von etwa 30 m

besitzt. Der Einstrom durch den Kleinen Belt ist wegen dessen geringen Querschnittes unbedeutend. Das salzarme Wasser der inneren Ostsee fließt an der Oberfläche durch Sund und Belte ab, mit dem Unterschied, daß im Sund mit seiner geringen Schwellentiefe von 7 m das ausfließende Wasser meist bis zum Boden reicht. Im Großen Belt haben wir daher — wie auch sonst in der Ostsee und Beltsee — eine scharfe Trennung in die salzreiche Unterschicht und die salzarme Oberschicht, wobei bekanntlich im Normalfall das Oberflächenwasser ausströmen, das Unterwasser einströmen soll. Da Ein- und Ausstrom aber sehr stark von meteorologischen Bedingungen abhängt, so dürfte der Idealfall selten verwirklicht und die tatsächlichen Strömungsverhältnisse in den verschiedenen Tiefen recht kompliziert sein, wobei z. B. sowohl in Ober- wie Unterschicht Einstrom bzw. Ausstrom vorliegen kann.

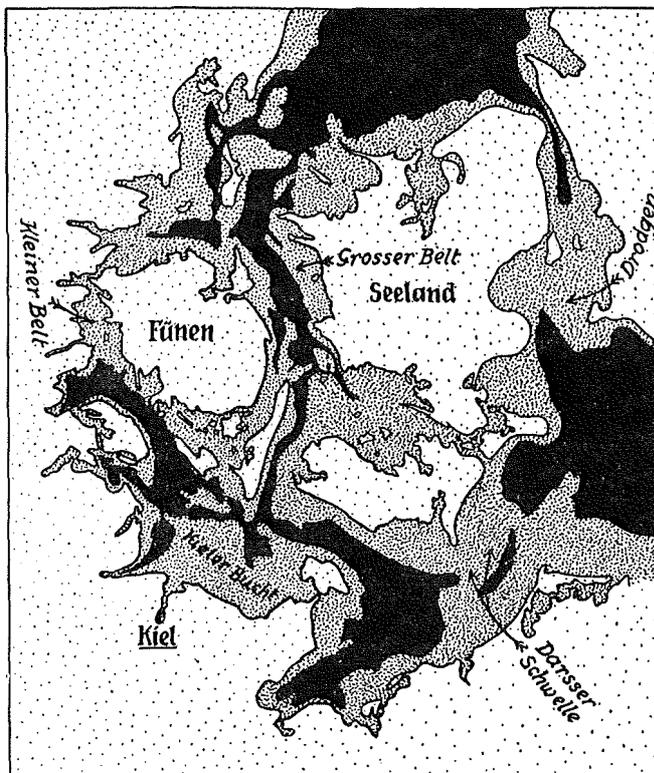


Abb. 1. Tiefenkarte der westlichen Ostsee (schwarz = tiefer als 20 m).

Die vertikale Salzgehaltsverteilung in der Beltsee ist naturgemäß von diesen unperiodischen Strömungsverhältnissen stark abhängig. Doch sind die Schwankungen in der Kiefer Bucht einigermaßen gedämpft, weil die durch die schmalen Eingangs-pforten, den Großen Belt bzw. den Fehmarnbelt zuströmenden Wassermassen sich auf eine große Fläche verteilen. Von erheblicher Bedeutung für den jahreszeitlichen Gang aller Wassereigenschaften ist der periodische, von der Jahreszeit abhängige Verlauf des Salzgehaltes der Ober- und Unterschicht, der in einer Abnahme des Salz-

gehaltenes der Oberschicht im Sommer infolge des verstärkten Zuflusses von Landwässern und gleichzeitiger Zunahme des Salzgehaltes des Tiefenwassers besteht. Mit anderen Worten: Im Sommer sind die Gegensätze gegenüber den Winterverhältnissen verstärkt. Auf diese wichtige Erscheinung wird später noch einzugehen sein.

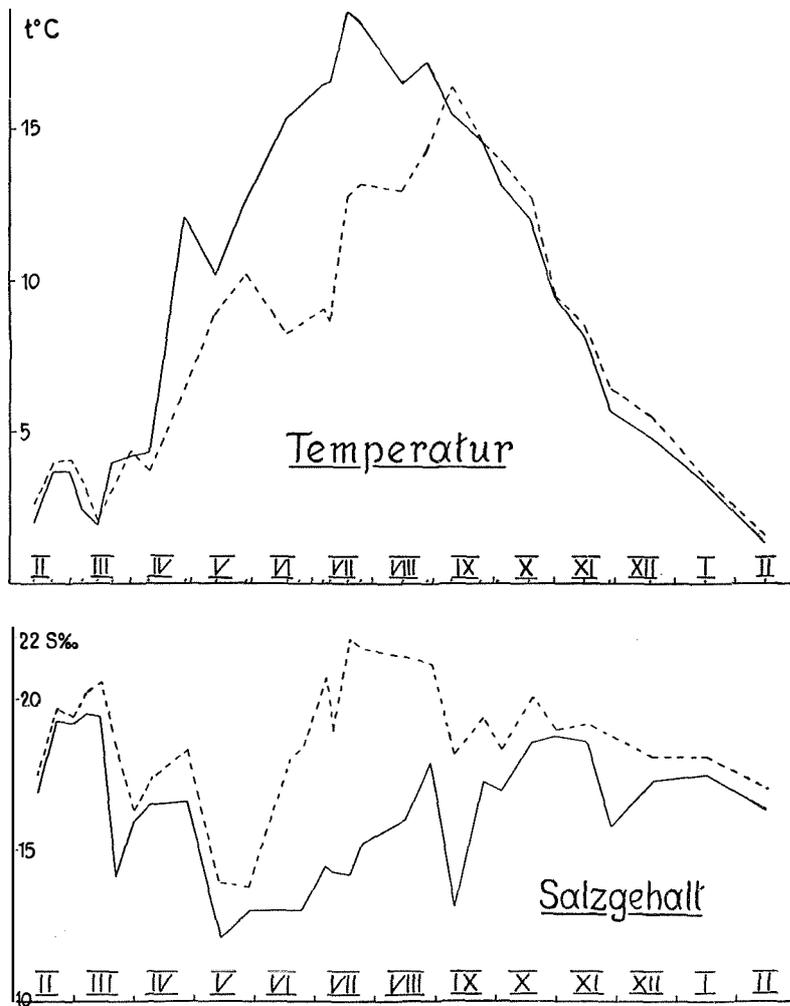


Abb. 2. Temperatur und Salzgehalt.

#### Probenahme und Methoden.

Die Proben wurden an der Mündung der Kieler Außenförde in etwa 2 km Abstand vom Land auf 16 m Wassertiefe etwa alle zwei Wochen an der Oberfläche und in 15 m Tiefe, d. h. 1 m vom Boden entfernt, genommen. Die Entnahmestelle (zwischen Tonne B und C der Einfahrtsrinne) liegt bereits fast auf der mittleren Tiefe der Kieler Bucht und so, daß das Tiefenwasser ungehinderten Zustrom hat. Der Kern des durch den Großen Belt einströmenden salzreichen Bodenwassers ist naturgemäß meist nicht angeschnitten. Die Station liegt andererseits bereits soweit außerhalb der Hauptachse der

Kieler Förde, daß sie von dem aus dieser ausfließenden Oberflächenwasser nicht unmittelbar berührt wird, wie durch Untersuchung verschiedener Punkte quer über die Förde bestätigt wurde.

Zu den angewandten Methoden ist nicht viel zu bemerken, da die üblichen Verfahren meist ohne weitere Modifikation verwendet wurden.

Der Salzgehalt wurde mit einem Eintauchrefraktometer von ZEISS gemessen, dessen Genauigkeit (etwa 0,1‰ S) für Untersuchungen in der Beltsee mit ihren großen Konzentrationsunterschieden ausreicht. Die Phosphatbestimmungen (nach DENIGÈS-ATKINS) wurden mit 30 cm langen Röhren nach dem HEHNERSchen Prinzip durchgeführt. Bisweilen traten Grünfärbungen auf, die besonders bei niedrigen Gehalten die Genauigkeit beeinträchtigten. Es wird daher neuerdings ein Zeiß-Pulfrichphotometer verwendet. Silikat wurde nach der Methode von DIENERT und WANDENBULCKE in der Vorschrift von ATKINS, und Nitrit nach GRIESS-ILOSWAY bestimmt. Bei den ebenfalls durchgeführten Nitratbestimmungen traten gelegentlich Schwierigkeiten auf, so daß die erhaltenen Werte nicht die genügende Zuverlässigkeit besitzen und auf ihre Veröffentlichung verzichtet werden soll. Zur Ammoniakbestimmung diente die Weinsäuremethode, die sehr zufriedenstellend arbeitete. Störende Trübungen traten nicht auf.

Tabelle 1.

Temperatur, Salzgehalt, Phosphat, Silikat, Ammoniak und Nitrit in 0 und 15 m.

Datum	Temperatur Grad C		Salzgehalt Promille		Phosphat mg P/m <sup>3</sup>		Silikat mg Si/m <sup>3</sup>		Ammoniak mg N/m <sup>3</sup>		Nitrit mg N/m <sup>3</sup>	
	0 m	15 m	0 m	15 m	0 m	15 m	0 m	15 m	0 m	15 m	0 m	15 m
12. Febr. 35	2,0	2,6	16,9	17,5	34,0	40,0	849	890	6	<3	9,5	10,5
22. Febr.	3,7	4,0	19,3	19,7	4,0	4,0	756	736	<3	<3	9,8	10,5
28. Febr.	3,7	4,1	19,2	19,4	*3,7	*3,8	1135	1330	16	7		
6. März	2,4	3,3	19,5	20,2	*3,6	*3,8	1160	1250	20	7		
14. März	1,9	2,1	19,4	20,6	*6,0	*5,8	765	748	20	5		
22. März	4,0	3,2	14,1	18,4	*6,0	*5,8	880	708	7	<3		
1. April	4,2	4,4	15,9	16,3	*5,8	*5,5	—	822	<3	<3		
9. April	4,3	3,7	16,5	17,4	*6,0	*6,0	935	624	10	<3		
27. April	12,1	6,6	16,6	18,3	*9,0	*6,5	710	795	5	<3	2,5	0
13. Mai	10,2	8,9	12,1	13,9	7,0	7,0	680	860	5	<3	0	0
28. Mai	12,7	10,2	13,0	13,8	6,0	8,2	905	905	<3	<3	0	0
18. Juni	15,4	8,3	13,0	18,0	0	18,0	116	1415	12	4	4,5	7,5
24. Juni	—	—	13,0	18,4	5,7	19,2	0	1415	7	8	0	10,5
5. Juli	16,5	9,1	14,5	20,7	0	17,5	0	1160	<3	—	0	<2
9. Juli	16,6	8,7	14,3	19,0	0	7,8	227	1810	10	7	0	<2
18. Juli	18,9	12,8	14,2	22,0	0	22,0	<100	1190	5	7	0	2,8
25. Juli	18,5	13,2	15,2	21,7	0	21,2	142	1330	<3	12	4	12
15. Aug.	16,5	13,0	16,0	21,4	0	24,5	450	1730	10	20	<2	<2
28. Aug.	17,2	14,3	17,9	21,2	0	36,0	<100	2090	<3	21	<2	13,5
9. Sept.	15,5	16,4	13,1	18,1	0	25,0	375	675	0	<3	8	16,5
23. Sept.	14,6	14,6	17,3	19,4	12,2	25,4	825	1200	6	0	0	2
3. Okt.	13,2	14,0	17,0	18,4	0	16,0	825	1185	0	0	0	<2
18. Okt.	12,0	12,8	18,6	20,1	0	21,8	825	1020	<3	0	0	2
1. Nov.	9,5	9,6	18,8	19,0	8,6	0	735	677	0	0	<2	3
14. Nov.	8,2	8,6	18,6	19,2	0	<3	662	735	0	0	<2	<2
28. Nov.	5,7	6,5	15,8	18,8	0	7,3	809	884	<3	10	2,9	4,3
17. Dez.	4,8	5,6	17,3	18,1	<3	<3	971	809	<3	<3	<2	<2
16. Jan. 36	3,2	3,4	17,5	18,1	5,8	5,8	912	912	<3	<3	6,3	6,7
16. Febr.	1,3	1,6	16,3	17,1	10,2	11,9	779	809	<3	<3	9	9,6

\* störende Grünfärbungen.

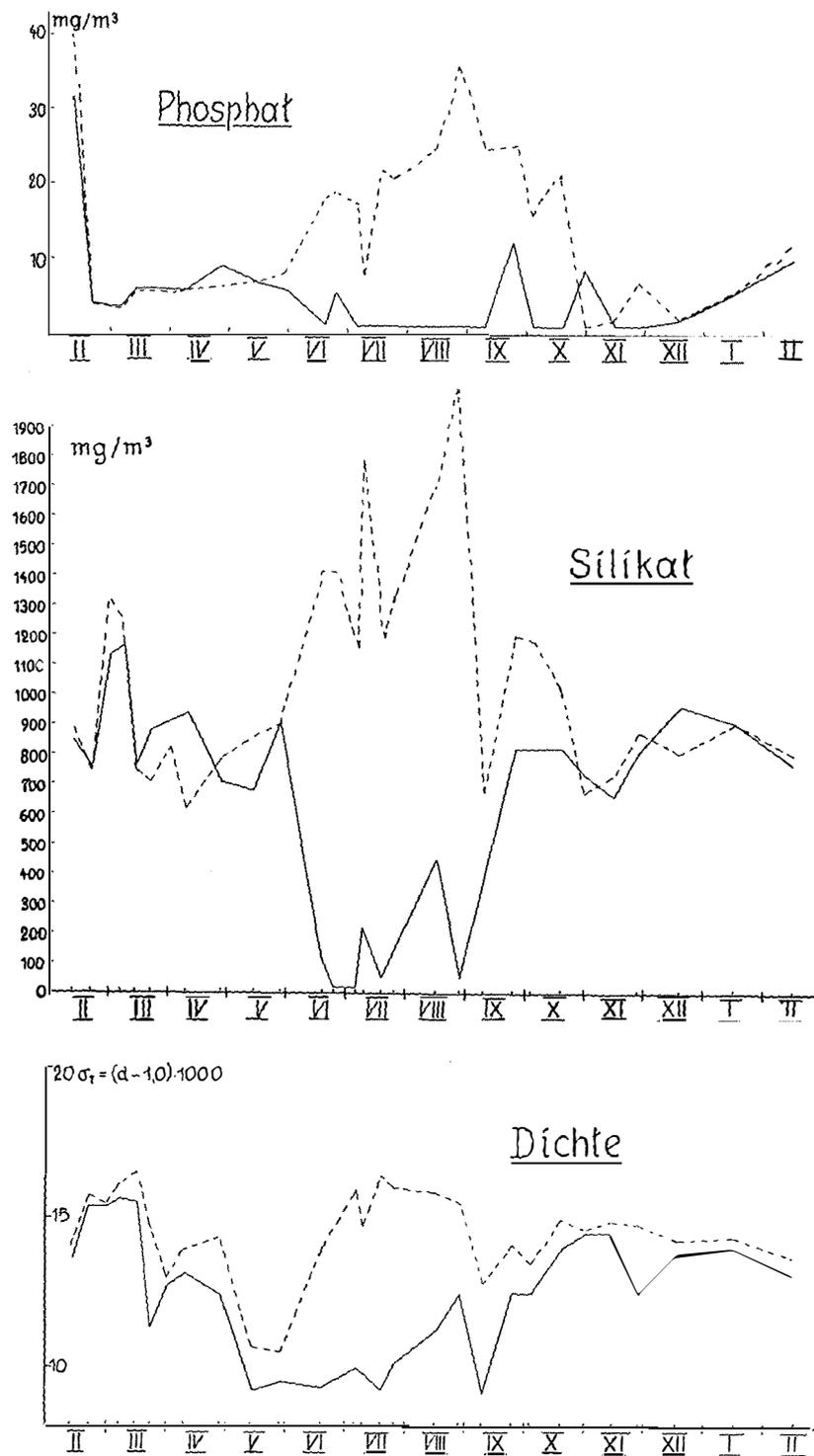


Abb. 3. Phosphat, Silikat und Dichte.

Der jahreszeitliche Gang von Phosphat und Silikat und ihre Ursachen.

Vergleicht man den jahreszeitlichen Gang der Konzentration an Phosphat und Silikat (Abb. 3) in der Kieler Bucht mit den Kurven aus dem Englischen Kanal von ATKINS und COOPER, so findet man einen typischen Unterschied. Während im Kanal zwischen dem Frühjahrsabfall und dem Anstieg im Herbst die Konzentrationen sowohl am Boden wie an der Oberfläche ziemlich gleichsinnig verlaufen, finden wir in der Kieler Bucht nach ähnlichem Verlauf bis zum Juni dann plötzlich eine starke Differenzierung zwischen Oberflächen- und Bodenwasser in der Weise, daß an der Oberfläche ein weiterer schneller Abfall eintritt, während gleichzeitig im Bodenwasser der Gehalt an Nährstoffen ebenso stark zunimmt. Im Herbst findet das entgegengesetzte statt: Die Konzentrationen oben und unten nähern sich zunächst einander, um dann erst zu den Winterwerten anzusteigen.

Die Erklärung für diese auffällige Erscheinung gibt uns ein Vergleich mit dem jahreszeitlichen Gang der Dichte (Abb. 3). Die scharfe Differenz zwischen Oberfläche und Boden fällt genau auf den Zeitpunkt, in dem die starke sommerliche Dichteschichtung infolge Verdünnung der Oberflächenschicht einsetzt. Der Abfall des Phosphats und Silikats an der Oberfläche in diesem Zeitpunkt ist also der Abschnürung vom Tiefenwasser, andererseits aber wohl auch der unmittelbaren Verdünnung durch die verhältnismäßig nährstoffarmen Zuflüsse von Land zuzuschreiben. Im Bodenwasser dagegen kann sich der durch Regeneration frei gewordene Nährstoff anreichern, da er nicht durch Mischung an die produzierende Schicht abgeführt wird.

Daß in der unteren Schicht die Produktion nur einen geringen Betrag erreichen kann, war von vornherein zu erwarten, da das Wasser der Kieler Bucht ziemlich wenig lichtdurchlässig ist. Dies konnte durch Messungen der Lichtmenge in verschiedenen Tiefen und durch Durchsichtigkeitsbestimmungen mit photoelektrischen Zellen (nach dem Prinzip von H. PETERSSON) zahlenmäßig bestätigt werden<sup>1)</sup>. Die Zusammenstellung in Tabelle 2 mag einen Begriff davon geben, wie sich das Wasser der Kieler Bucht in bezug auf Durchsichtigkeit verglichen mit anderen Meerestiefen verhält. Es muß auch hierbei betont werden, daß die Schwankungen je nach der hydrographischen Lage erhebliche Beträge erreichen. Die von CLARKE und STEEMANN-

Tabelle 2.  
Lichtdurchlässigkeit in verschiedenen Gebieten.

Gebiet	Autor	Tiefe, in der das Licht auf 1 % reduziert ist
Vestrahorn, äußere Station	STEEMANN-NIELSEN 1934	20 Meter
Atlantik	„	16 „
Farö Bank	„	13,3 „
Faxe Bay	„	2,5 „
Sargasso See	CLARKE 1936	90 „
Golf von Maine	„	45 „
Woods Hole Hafen	„	15 „
Kieler Bucht	WATTENBERG 1936	15 „

<sup>1)</sup> Die Messungen werden an anderer Stelle veröffentlicht.

NIELSEN ermittelten Werte gelten für grünes Licht. Größenordnungsmäßig ist aber doch ein Vergleich möglich, da die Selen-Photozelle ihre maximale Empfindlichkeit im grünen Licht des Spektrums hat.

Auffallenderweise steigt der Nährstoffgehalt nach Aufhebung der starken sommerlichen Schichtung im Herbst und Winter 1935/36 nicht wieder zu den hohen Werten des Winters 1934/35 an, ein Zeichen dafür, daß unperiodische Vorgänge eine beträchtliche Rolle spielen, wie es ja auch sonst in der westlichen Ostsee der Fall ist.

Wenn wir nun nach einer Erklärung für die starke sommerliche Dichteschichtung suchen, so könnte man versucht sein, in Analogie zu den Verhältnissen im offenen Meer und in Süßwasserseen anzunehmen, daß diese Schichtung, die ja in die Zeit der stärksten Erwärmung fällt, durch die Temperaturerhöhung der Oberschicht verursacht sei. Daß dieses in unserem Gebiet keineswegs der Fall ist, daß vielmehr die Temperaturerhöhung für die Dichteschichtung nur eine untergeordnete Rolle spielt, sei an zwei kleinen Beispielen dargestellt.

1. Kieler Bucht, Tonne B—C. 1935. Im Juli betrug an der Oberfläche:  $t = 17^\circ$ ,  $S = 14\text{‰}$ ; in 15 m Tiefe:  $t = 10^\circ$ ,  $S = 21\text{‰}$ . Die Dichten ( $\sigma_t$ ) würden betragen bei konstanter Temperatur ( $t = 10^\circ$ ) an der Oberfläche  $\sigma_t = 10,7$ , in 15 m Tiefe  $\sigma_t = 16,1$ . Wird die Temperatur an der Oberfläche von  $10^\circ$  auf  $17^\circ$  erhöht, so sinkt die Dichte von  $\sigma_t = 10,7$  auf  $\sigma_t = 9,5$ . Die Dichtedifferenz Oberfläche—Boden infolge Salzgehaltes allein wäre also  $\Delta\sigma_t = 5,4$ . Die Dichtedifferenz Oberfläche—Boden infolge Temperatur allein wäre also  $\Delta\sigma_t = 1,2$ .

2. Fehmarn Belt, Feuerschiff. 1935. Oberfläche:  $t = 16^\circ$ ,  $S = 10\text{‰}$ ; 19 m Tiefe:  $t = 9^\circ$ ,  $S = 22\text{‰}$ . Dichte bei  $t = 9^\circ$ : Oberfläche  $\sigma_t = 7,7$ , 19 m Tiefe  $\sigma_t = 17,0$ . Dichte bei  $t = 16^\circ$ , Oberfläche  $\sigma_t = 6,7$ . Dichtedifferenz Oberfläche—Boden infolge Salzgehaltes allein  $\Delta\sigma_t = 9,3$ , infolge Temperatur allein  $\Delta\sigma_t = 1,0$ .

Wie man sieht, spielt der Salzgehalt für die sommerliche Stabilität der Schichtung in unserem Gebiet eine mindestens 5—10mal größere Rolle als die Temperatur; denn auf Fehmarn-Belt ist bei 19 m Tiefe noch nicht einmal die eigentliche salzreiche Unterschicht erfaßt. Das ist demnach grundsätzlich anders als sonst im Meere und im Süßwasser, wo die Stabilität fast ganz thermisch bedingt ist, wie z. B. auch im Englischen Kanal, wo der Salzgehalt sich nur um Zehntel Promille in der Vertikalen unterscheidet. In der Ostsee ist das Primäre die sommerliche Verdünnung des Oberflächenwassers durch Niederschläge und Zuströme von Land.

Diese primäre Salzgehaltsschichtung begünstigt umgekehrt die Ausbildung des Temperaturgradienten, da der Abtransport der Wärme nach unten durch Mischung bedeutend geringer ist als in homohalinem oder salzfreiem Wasser. Es braucht durch die Einstrahlung nur eine verhältnismäßig dünne Oberschicht erwärmt zu werden. Daher finden wir in der Beltsee auch schon im Mai einen Temperaturgradienten von etwa  $3^\circ$  auf 30 m Tiefe, während in der Nordsee bei gleicher Tiefe das Oberflächenwasser nur um Zehntel Grade wärmer ist als das Bodenwasser. Ähnlich ist es im Herbst, wo in der Kieler Bucht sich die Oberfläche bereits im September und Oktober wieder abgekühlt hat und kälter als das Tiefenwasser ist, während zur gleichen Zeit in der Nordsee bereits der Temperaturgradient verschwunden ist. So dürfte die durch Schich-

tion bedingte Stabilität die Hauptursache für die „Kontinentalität“ des Klimas der oberen Wasserschichten der Ostsee sein.

Die außerordentliche starke Schichtung hat nun, abgesehen von ihrem Einfluß auf die Zufuhr der Nährstoffe von unten nach oben, für das Plankton auch zwei unmittelbare Folgen, die in gewisser Weise gegeneinander wirken:

1. Durch die große Stabilität wird das Plankton der Oberschicht immer in der euphotischen Zone gehalten und kann sich daher ungestört vermehren, soweit Nährstoffe zur Verfügung stehen. Daß die Stabilität bzw. die vertikale Schichtung für die Planktonproduktion eine große Rolle spielt, darauf haben besonders GRAN (1931), BRAARUD und KLEM (1931), HART (1934), GRAN und BRAARUD (1935) und STEEMANN-NIELSEN (1935) hingewiesen.

2. Durch die starke Dichteschichtung wird Detritus usw. seinem spezifischem Gewicht entsprechend in der Oberschicht, besonders aber an der Sprungfläche zurückgehalten und angereichert. Dieses wurde zuerst von H. PETTERSSON für einen schwedischen Fjord experimentell nachgewiesen mit seinem „Transparency Meter“. Durchsichtigkeitsmessungen mit einem etwas modifizierten handlicheren Apparat in der westlichen Ostsee ergaben, daß hier oft mehrere derartige „Detritus-Schirme“ an den Gradientenflächen auftraten.

Mit einigen Worten sei nun noch auf die Wirkung des Windes auf die Schichtung eingegangen. Sicher spielt für den Unterschied in der Schichtung zwischen Sommer und Winter auch die mittlere Windstärke bzw. Sturmhäufigkeit eine Rolle. Doch darf man diesen Einfluß nicht allzu hoch veranschlagen. Nach Angaben von K. BROSE beträgt in Hamburg die mittlere Windstärke im Sommer 5,0 Beaufort, im Winter dagegen 5,8 Beaufort. Ähnliche Werte werden wahrscheinlich für die Beltsee gelten. Daß diese Differenz keine wesentliche Bedeutung für die Schichtung haben kann, erkennt man, wenn man z. B. an Hand von Feuerschiffsbeobachtungen ermittelt, wie groß die mischende Wirkung von mehrtägigen starken Winden oder Stürmen in der Beltsee ist. Man findet in weitaus den meisten Fällen eine erstaunliche Widerstandsfähigkeit der Dichteschichtung selbst gegenüber längeren Sturmperioden. Als Beispiele seien in Tabelle 3 die hydrographischen Verhältnisse während einiger Sturmperioden auf den in der Beltsee liegenden Feuerschiffen „Kiel“ und „Schultz Grund“ (am Eingang des Großen Belt) angeführt. (Das Feuerschiff „Fehmarn Belt“ ließ sich wegen mangelnder Tiefenbeobachtungen leider nicht verwerten.)

Es sei bemerkt, daß über Bänken oder Schwellen der Einfluß des Windes bedeutend stärker ist, z. B. bei dem früheren Feuerschiff „Gabelsflach“ oder bei dem Feuerschiff „Gjedser Riff“. Hier worden offenbar durch die winderzeugten Strömungen an dem ansteigenden Meeresboden vertikale Staustrome hervorgerufen.

Wie wenig widerstandsfähig demgegenüber eine rein thermische Schichtung ist, ersieht man aus den Beobachtungen von L. H. N. COOPER im Englischen Kanal. Ein dreitägiger Wind von etwa 5 Beaufort durchmischte im Juli 1932 das Wasser bis 10 m Tiefe, eine längere Einwirkung von Beaufort 6—7 brachte 1931 die August-Schichtung im 70 m tiefen Kanal vollständig zum Verschwinden. Dies ist aber nicht überraschend, wenn man sich vergegenwärtigt, daß im Kanal die Dichteschichtung im Sommer etwa  $0,1 \sigma_t$ /Meter, in der Beltsee dagegen über  $0,5 \sigma_t$ /Meter beträgt.

Tabelle 3.  
Beispiele für den Einfluß des Windes auf die Schichtung.

1. Beobachtungen Feuerschiff „Kiel“.

Wind			Salzgehalt und Temperatur				
Datum	Beaufort	Richtung	Datum	S ‰		Temperatur	
				0 m	19 m	0 m	19 m
28. 7.—2. 8. 1933	3	W	27. 7. 33	13,2	19,6	10,1	15,0
	5		29. 7.	14,0	21,1	10,7	16,1
	3		3. 8.	14,4	22,3	11,0	17,0
13. 9. 1933	3	NW	13. 9. 33	10,9	20,5	8,4	15,7
14.—16. 9.	4—5		15. 9.	10,8	19,0	8,3	14,5
17. 9.	3		17. 9.	10,3	20,8	7,9	15,9
22. 6. 1933	3	W	22. 6. 34	15,3	21,1	11,7	16,1
23. 6.	7		23. 6.	17,3	19,7	13,2	15,1
24. 6.	2		24. 6.	15,9	21,2	12,2	16,2

2. Beobachtungen Feuerschiff „Schultz Grund“.

Wind			Salzgehalt						
Datum	Beaufort	Richtung	Datum	0 m	5 m	10 m	15 m	20 m	26 m
9. 10. 1929	2	WNW	9. 10. 29	20,8	21,1	21,5	30,1	31,0	31,7
11.—12. 10.	8—9		12. 10.	21,5	21,8	21,8	21,9	29,1	30,1
16. 10.	2		16. 10.	21,9	22,2	22,3	22,5	29,2	30,9
27. 6. 1930	2	W	27. 6. 30	17,2	17,3	19,4	32,7	33,2	33,5
28.—29. 6.	4—5		29. 6.	17,2	17,3	18,2	32,8	33,2	33,5
30. 6.	2		30. 6.	17,4	17,5	17,8	32,4	33,2	33,8
30. 8. 1930	2	WNW	30. 8. 30	18,6	19,1	20,7	23,9	30,1	31,0
31. 8.—1. 9.	9		1. 9.	20,7	20,8	20,9	21,9	24,2	26,5
2. 9.	3		2. 9.	20,6	20,6	20,7	21,0	30,0	31,4

Stickstoffverbindungen.

Von den Bestimmungen der Stickstoffverbindungen ist der jahreszeitliche Gang von Ammoniak- und Nitritgehalt in Abb. 4 wiedergegeben. Die ermittelten Ammoniakwerte liegen zwischen 0 und 22 mg/m<sup>3</sup>, meistens wurde nicht über 10 mg gefunden. Ein eindeutiger Unterschied des Oberflächen- und Tiefenwassers in bezug auf den Ammoniakgehalt läßt sich nicht feststellen, vielmehr ist die Ammoniakverteilung ziemlich unregelmäßig. Das Nitrit tritt in einer ähnlich geringen Konzentration auf, die Werte bleiben unterhalb 17 mg/m<sup>3</sup>. Das Tiefenwasser erwies sich fast stets nitritreicher. Große Schwankungen lassen sich während des Sommers beobachten. Im Herbst tritt sowohl im Oberflächenwasser wie im Tiefenwasser ein starker Abfall ein, ebenso sinkt die Konzentration im Frühjahr nach den hohen Winterwerten. Dieser letzte Abfall konnte nicht genau verfolgt werden, da durch zu langes Aufbewahren der Wasserproben die Werte nicht genügende Zuverlässigkeit besitzen.

Während der Verlauf der beiden Kurven sich im einzelnen nicht deuten läßt, so ist doch eine Beziehung zwischen dem Vorkommen von Ammoniak und Nitrit festzustellen: in Abb. 4 unten sind die mittleren Ammoniakwerte den mittleren Nitritwerten gegenübergestellt. Bei den in beiden Fällen im Sommer auftretenden Schwankungen folgt jedesmal auf ein Anwachsen des Ammoniakgehaltes ein etwas später

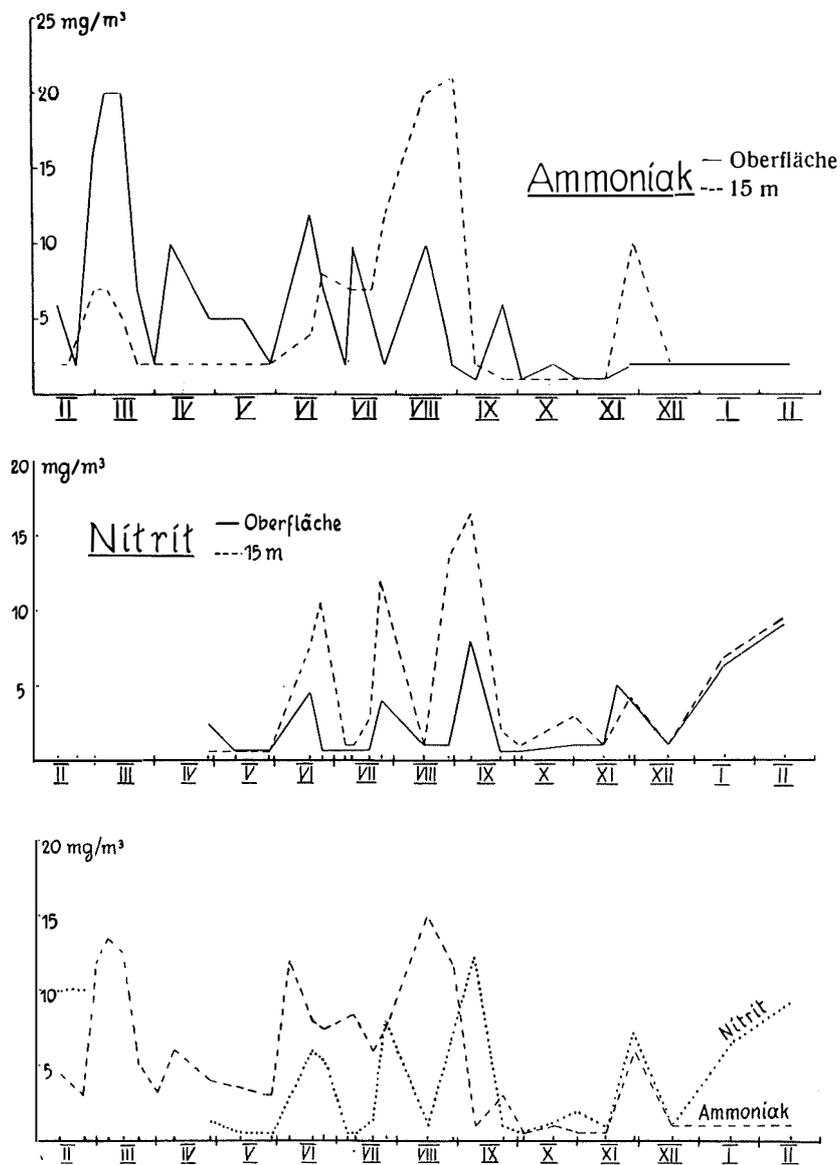


Abb. 4. Ammoniak, Nitrit, unten mittlerer Ammoniak- und Nitritgehalt.

liegendes Ansteigen des Nitritwertes. Die Nitrit-Maxima liegen ungefähr 1 Monat später als die entsprechenden Ammoniak-Höchstwerte. Zu einem ähnlichen Ergebnis gelangt auch COOPER bei seinen Bestimmungen im Englischen Kanal 1930/32. COOPER beobachtete eine zeitliche Folge vom Auftreten größerer Mengen Ammoniak und Nitrit, das die Zwischenstufe der Oxydation des Ammoniaks — des ersten Zersetzungsproduktes des Plankton — zu Nitrat darstellt. Weiter fand COOPER auf ein Ansteigen des Nitrts ein späteres Anwachsen des Nitrats als Endprodukt der Oxydation.

## Planktonuntersuchungen.

Die Planktonuntersuchungen tragen einen vorläufigen Charakter und sollen nur zur Ergänzung der chemischen Beobachtungen hier mitgeteilt werden.

Die Planktonfänge wurden an der gleichen Stelle gemacht, an der die Wasserproben für die chemischen Analysen entnommen wurden (Tonne B—C). Die Konzentrierung des Planktons erfolgte mit einem Kolkwitz-Sieb in der Arbeitsweise, wie sie UTERMÖHL angibt in „Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons“ (1927), S. 578. Es wurden abgemessene Wassermengen zwischen 6 und 12 Litern — je nach Planktonreichtum — durchgeseiht, und zwar wurde stets mit Oberflächenwasser gearbeitet. Das Plankton wurde mit Lugolscher Lösung (Jod-Jodkalium) fixiert und möglichst schnell verarbeitet. Zur quantitativen Bestimmung des Planktons diente das Kammerverfahren mit dem „Umgekehrten Mikroskop“; alle Einzelheiten über die Methode finden sich bei UTERMÖHL (1927). Wegen des relativ armen Planktongehaltes wurden Röhrenkammern benutzt, und zwar Größen von 2—100 ccm Inhalt: in großer Zahl auftretende Organismen konnten in der 2 ccm-Röhre ausgezählt werden, die Zahl der am wenigsten häufigen Individuen wurde in 100 ccm Röhren bestimmt. Diese Röhrenkammermethode ist in der quantitativen Planktonforschung der Zentrifugenmethode überlegen. Neuere Untersuchungen [STEEMANN-NIELSEN (1932) und SCHMIDT-RIES (1936)] sprechen der Zentrifugenmethode — gegenüber dem UTERMÖHLschen Verfahren als Standardmethode — für manche Arten nur den Wert einer Schätzungsmethode zu.

Mit dem benutzten Kolkwitz-Sieb wurden nur die größeren Formen erfaßt, von den *Metazoen* als wichtigste *Copepoden* und *Nauplien*, vom Phytoplankton an *Peridineen* noch quantitativ die *Ceratien* und die meisten *Peridinium*-Arten, von den *Diatomeen* wurden nicht alle Gattungen zurückgehalten. Da auch für die mit dem Kolkwitz-Sieb zu erfassenden *Diatomeen* die Bestimmungen nicht für das ganze Jahr durchgeführt werden konnten, wird auf eine zahlenmäßige Wiedergabe der ermittelten Werte verzichtet. Allgemein ließ sich aber folgendes mit Sicherheit feststellen: Die Frühjahrswucherung (vorwiegend *Diatomeen*) setzte Anfang März ein, die Herbstwucherung Anfang Oktober.

Diese Beobachtungen stimmen sowohl mit der Abnahme der Nährstoffe im Frühjahr und Herbst (s. Abb. 3) gut überein wie auch mit den Planktonkurven von LOHMANN 1905/06 und BUSCH 1912/13. Die jetzt ermittelten Planktonwerte lassen sich zahlenmäßig nur bedingt mit den Ergebnissen der früheren Untersucher vergleichen: zum Teil liegt dies an dem etwas anders gelegenen Fangort, hauptsächlich aber daran, daß zu den jetzigen Bestimmungen Oberflächenwasser benutzt wurde. LOHMANN dagegen — und ähnlich auch BUSCH — erfaßte mit dem APSTEIN-Netz eine Wassersäule unter 1 qm bis 15 m Tiefe, so daß er die Planktonten aller Wasserschichten gleichzeitig erhielt. Dies kann im Falle eines großen bzw. geringen Reichtums an Plankton in den tieferen Schichten den Zahlenwert für 1 ccm Wasser sehr verschieden beeinflussen. So findet z. B. LOHMANN in 5 und 10 m Tiefe, zuweilen sogar in 15 m Tiefe eine größere Anzahl *Ceratien* als an der Oberfläche. Derartige Beobachtungen erklären sich dadurch, daß die meisten Planktonten mehr oder weniger an einen bestimmten Salzgehalt gebunden sind, so daß bei der Frage nach der Entwicklung einer

Planktonform neben den Nährstoffgehalten, den Lichtverhältnissen der Salzgehalt und damit die gesamten hydrographischen Verhältnisse jedesmal in Betracht zu ziehen sind. Wie wir sehen, ist gerade in unserem Gebiet die horizontale Schichtung verschieden salzreichen Wassers sehr ausgebildet, die naturgemäß auch zu einem sehr verschieden zusammengesetzten Plankton — qualitativ und quantitativ — in Ober- und Unterschicht führen muß. Aber auch an der Oberfläche allein ließ sich eine Beziehung zwischen Plankton-Zusammensetzung und Salzgehalt feststellen. Bei einem extrem niedrigen Salzgehalt wurden in nicht geringer Zahl Süßwasser-Planktonen wie *Fragilaria*, *Asterionella*, *Pleurosigma* und verschiedene *Navicula*-Arten gefunden. Als Beispiel für eine bei hohem Salzgehalt gut gedeihende Form sei die *Diatomee Ditylium Brightwelli* genannt. Diese Art ist in der Beltsee an den salzreichen Tiefenstrom gebunden, LOHMANN fand sie in der Kieler Förde in der Bodenschicht im Herbst nach dem Eindringen von Kattegatwasser, BUSCH fand sie 1912 nur in wenigen Exemplaren. Im letzten Herbst nun trat sie in größerer Menge auch an der Oberfläche auf und zwar im Oktober und November, also zur gleichen Zeit, als eine Durchmischung des Wassers stattgefunden hatte und das Wasser an der Oberfläche sehr salzreich war.

Tabelle 4.  
Planktonproduktion an der Oberfläche.  
(Anzahl Organismen pro Liter).

Datum	<i>Ceratium</i>	<i>Peridinium</i>	<i>Nauplien</i>	<i>Copepoden</i>
28. 2. 35	110	2	6	6
6. 3.	46	4	10	4
1. 4.	179	6	25	10
13. 5.	42	0	19	42
18. 6.	710	0	204	79
5. 7.	385	0	109	33
25. 7.	530	21	38	124
27. 8.	187	47	34	38
27. 9.	830	40	30	10
3. 10.	18600	3	16	10
18. 10.	7670	115	50	50
1. 11.	2850	115	16	16
14. 11.	500	—	42	67
28. 11.	609	3	0	0
17. 12.	542	6	25	8
16. 1. 36	1237	63	50	12
16. 2.	233	33	33	17

Von den *Peridineen* sei der jahreszeitliche Produktionsverlauf an *Ceratium* und *Peridinium* wiedergegeben (Tabelle 4, Abb. 5). Von ihnen nehmen die *Ceratien*-Arten in der Beltsee sowohl in Größe wie in zahlenmäßigem Auftreten eine hervorragende Rolle im Phytoplankton ein. Im Herbst liegt die Hauptwucherungsperiode, ein charakteristisches Maximum wurde Anfang Oktober beobachtet. Das von LOHMANN und BUSCH ermittelte Maxima fällt bereits in den August, die Produktion nimmt dann in beiden folgenden Monaten ab, um in den Monaten November-Dezember noch einmal anzusteigen. Möglicherweise hängt die starke Ausprägung des Maximums im Oktober 1935 damit zusammen, daß infolge der Schichtung die Nährstoffarmut im

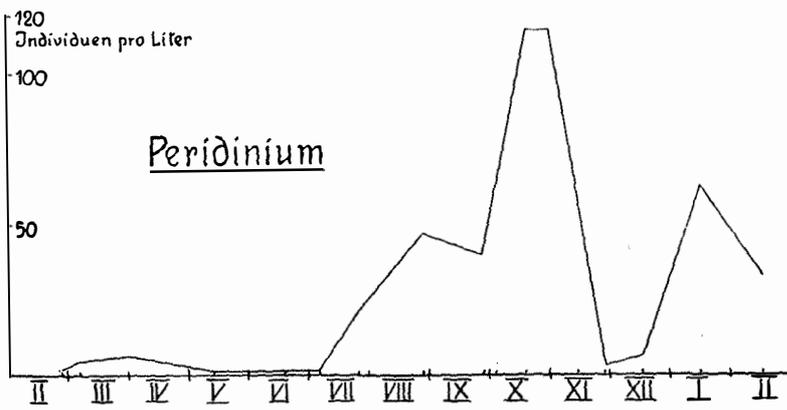
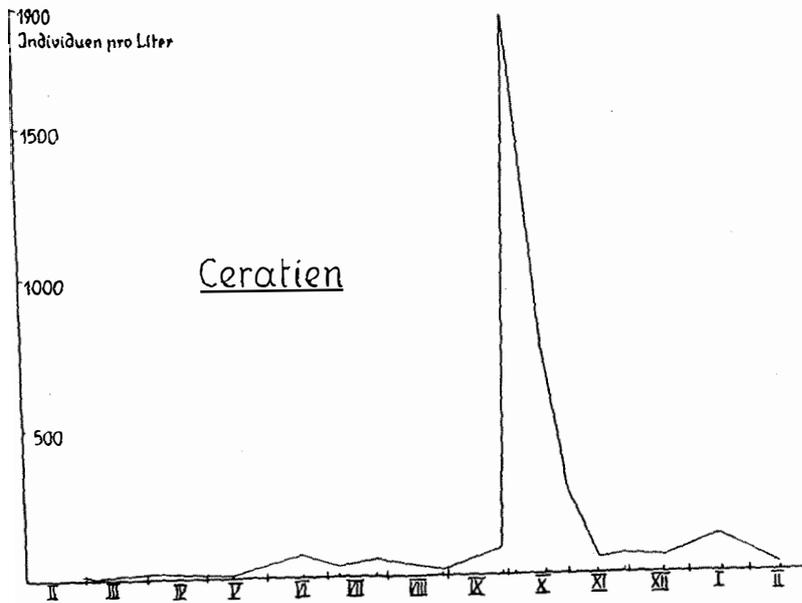


Abb. 5. Ceratium, Peridinium.

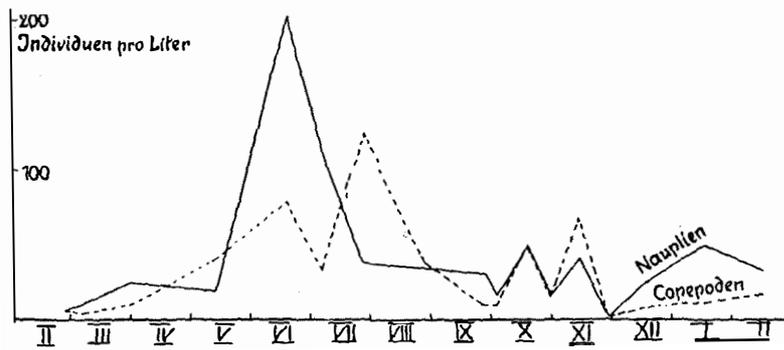


Abb. 6. Nauplien, Copepoden.

---

Sommer an der Oberfläche eine größere Entwicklung verhinderte, und erst nach der Durchmischung — und damit nach der Zuführung von neuen Nährstoffen an die produzierenden Oberflächenschichten — die Hauptproduktion einsetzen konnte. Das im Oktober beobachtete Maximum (18600 Individuen pro Liter) übersteigt das von LOHMANN ermittelte (11215). In die gleiche Zeit fällt das Maximum der auch sonst ähnlich verlaufenden Produktionskurve von *Peridinium* (Abb. 5).

Der jahreszeitliche Gang der *Nauplien-Copepoden*-Entwicklung (Arten zusammengefaßt) ist in Abb. 6 wiedergegeben: die *Nauplien* mit einem ausgesprochenen Höchstwert im Juni, die *Copepoden* mit dem Maximum im Juli. Die Extremwerte liegen etwas früher als die von LOHMANN beobachteten.

Zum Schluß sei Herrn Dr. J. HENSCHEL von der Biologischen Station in Schilksee gedankt, der durch seine unermüdliche Hilfe bei den Ausfahrten wesentlich zum Gelingen der vorliegenden Untersuchung beigetragen hat.

## Literaturverzeichnis.

- ATKINS, W. R. G., 1930. Seasonal variations in the Phosphate and Silicate content of Sea-water in relation to the Phytoplankton, part V. *J. Marine Biol. Assoc.* 16.
- BRAARUD, T. and KLEM, A., 1931. Hydrographical and Chemical Investigations in the Romsdalsfjord. *Hvalraadets Skrifter* Nr. 1, Oslo.
- BRANDT, K. und APSTEIN, 1908. Nordisches Plankton, botanischer Teil.
- BROSE, K., 1936. Der jährliche Gang der Windgeschwindigkeit auf der Erde. *Wiss. Abhdl. (Reichsamt f. Wetterdienst)*. Bd. 1, Nr. 4.
- BUSCH, W., 1916/20. Über das Plankton der Kieler Förde im Jahre 1912/13. *Wiss. Meeresunters.* N. F. Abt. Kiel, Bd. 18.
- CLARKE, G., 1936. Light Penetration in the western north Atlantic and its Application to Biological Problems. *Rapp. et Proc.-Verb. Conseil Int. pour l'Exp. de la Mer* 1936.
- COOPER, L. H. N., 1933. Chemical constituents of Biological importance in the English Channel, November, 1930, to January, 1932. Part I. *Journ. Marine Biol. Assoc.*, Bd. 18, 2.
- COOPER, L. H. N., 1933. Chemical Constituents of Biological Importance in the English Channel. Part III. Juni-December, 1932. Phosphate, Silicate, Nitrite, Hydrogen Ion Concentration, with a Comparison with Wind Record. *Journ. Marine Biol. Assoc.* Vol. XIX, Nr. 1, 1933.
- GRAN, H. H., 1931. On the conditions for the Production in the Sea. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions* 75.
- GRAN und BRAARUD, 1935. The Phytoplankton of the Bay of Fundy and the Gulf of Maine. Contributions to Canadian Biology and Fisheries.
- HART, T. J., 1934. On the Phytoplankton of the South-West Atlantic and the Bellinghausen Sea, 1929—31. *Discovery Reports* VIII. Cambridge.
- LOHMANN, H., 1908. Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. *N. F. Abt. Kiel*. Bd. 10.
- Nautisk-Meteorologisk Aarbog*. Kopenhagen 1929-1930.
- STEEMANN-NIELSEN, E., 1933. Über quantitative Untersuchung von marinem Plankton mit UTERMÖHLS umgekehrtem Mikroskop. *J. d. Conseil*. Vol. VIII.
- STEEMANN-NIELSEN, E., 1935. The Production of Phytoplankton at the Faroe Isles, Iceland, East Greenland and in the Waters around. *Medd. Komm. f. Havunders.* Serie: Plankton, Bd. 3, Nr. 1.
- PETTERSSON, H., 1935. Submarine Daylight and the Transparency of Sea Water. *Journ. Conseil Int. pour l'Exp. de la Mer*. vol. 10, Nr. 1.
- SCHMIDT-RIES, 1936. Grundsätzliches zur Zentrifugenmethode. *Archiv für Hydrobiologie*. Bd. 29, Heft 4.
- UTERMÖHL, H., 1927. Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. *Verh. d. Intern. Verein. f. theor. u. angew. Limnologie*. Bd. 5.
- WATTENBERG, H., 1931. Die Bestimmung von Phosphat, Nitrat, Nitrit, Ammoniak und Silikat im Meerwasser. *Ann. d. Hydrographie u. Marit. Meteorologie*. Heft IV.