

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.

Nährstoff- und Chlorophylluntersuchungen in der Kieler Förde 1939.

Von JOHANNES KREY.

(Mit 4 Textabb. und 5 Tabellen.)

Meereskundliche Arbeiten der Universität Kiel, Nr. 73.

Seit 1935 werden vom Institut für Meereskunde in Abständen von 1—2 Wochen parallel mit den rein hydrographischen Untersuchungen innerhalb der Kieler Förde auch Bestimmungen der Planktonnährstoffe vorgenommen. Die Beobachtungen des Jahres 1935 sind in einer Arbeit von H. WATTENBERG und HELGA MEYER [9] ausgewertet worden. Seit Ende 1938 sind nun auch laufende Bestimmungen des Chlorophylls nach der vom Verfasser [5] ausgearbeiteten Methode aufgenommen worden. Diese Untersuchungen sind auf längere Sicht geplant, und es war beabsichtigt, erst nach einer Reihe von Jahren eine zusammenfassende Darstellung zu geben. Aus äußeren Gründen wird bereits jetzt, nach Ablauf eines Jahreszyklus, das gewonnene Beobachtungsmaterial vorgelegt und diskutiert. Im Mittelpunkt der Bearbeitung stehen die, soweit bekannt, erstmalig in solcher Häufigkeit vorgenommenen Chlorophyllbestimmungen. Es sollen hier die Beziehungen zwischen dem Chlorophyll einerseits und den Nährstoffen P, Nitrit-N, Si, sowie der Trübung und dem Planktongehalt andererseits untersucht werden.

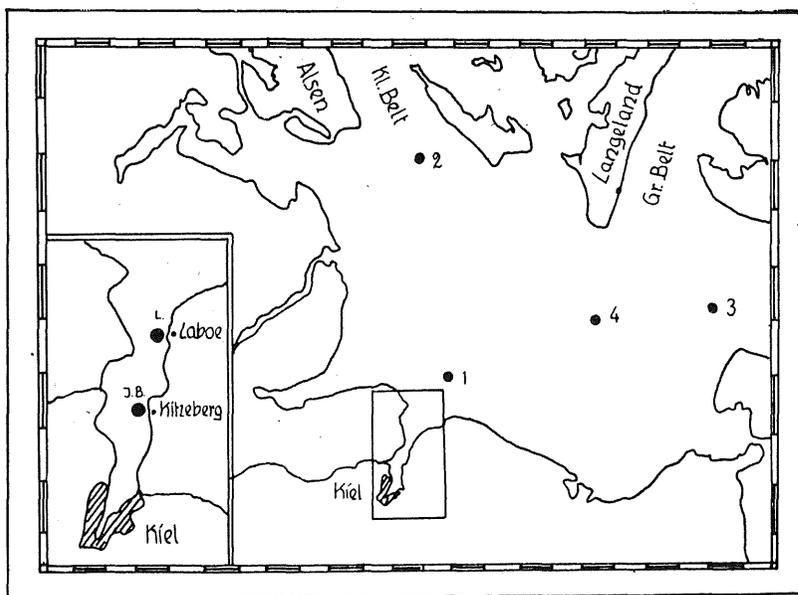


Abb. 1. Stationskarte: L. = Laboe, I.B. = Institutsbrücke, 1 = Feuerschiff Kiel, 2 = Kleiner Belt, 3 = Fehmarnbelt, 4 = Millionenviertel.

Die nebenstehende Karte (Abb. 1) zeigt die Lage der beiden Untersuchungspunkte in der Kieler Förde. Zunächst, seit November 1938, wurden Beobachtungen an der Institutsbrücke, also in der Innenförde, angestellt. Von Mitte März 1939 ab wurden sie auf die Außenförde ausgedehnt. Die Station in der Außenförde unterliegt nicht in solch starkem Maße wie die Station der Innenförde den lokalen Einflüssen, die sich im Hafen geltend machen; ferner vermittelt sie den Anschluß an die Verhältnisse in der freien westlichen Ostsee.

Die Station „Institutsbrücke“ liegt am Ostufer der Kieler Förde in etwa 50 m Entfernung vom Strand. Die Wassertiefe beträgt bei Mittelwasser 3,5 m. Die Station „Laboe“ liegt am Ostrand des Hauptfahrwassers etwa 500 m von Land; sie hat ungefähr 16 m Wassertiefe. Auf beiden Stationen wurden in wöchentlichen Abständen Oberflächenproben entnommen. An diesen Proben wurden bestimmt: Salzgehalt, Temperatur, Trübung, Gelbfärbung, Phosphat, Silikat, Nitrit-Stickstoff und die Pflanzenfarbstoffe Chlorophyll und Carotinoide¹⁾. Außerdem wurde an der Station Laboe jeweils eine Planktonsiebprobe entnommen. Der Salzgehalt wurde durch Cl-Titration bestimmt. Die Messung der Trübung geschah im Zeiß'schen Pulfrich-photometer bei 25 cm Rohrlänge und Filter S 72. Die Werte sind angegeben in Extinktionseinheiten für 25 cm Rohrlänge (K. KALLE [2]). Phosphat, Silikat und Nitrit-Stickstoff werden bestimmt nach den Methoden, wie sie H. WATTENBERG angibt in: Critical Review of the Methods used for Determining Nutrient Salts and related Constituents in Saltwater [10]. Die Angabe der Werte erfolgt in mg-Atom/m³. Das Chlorophyll wurde nach einer vom Verfasser im Journal du Conseil [5] veröffentlichten Methode gemessen; die Mengen sind in mg/m³ und in γ -Mol/m³ angegeben. Das Molekulargewicht von Chlorophyll, das nach H. FISCHER [11] die Formel C₅₅H₇₂O₅N₄ Mg trägt, beträgt 892,93. Die Gelbfärbung des Wassers und die Carotinoide werden hier nicht behandelt.

Bei den Planktonzählungen wurde nur das Siebplankton berücksichtigt, um einen Überblick über die mengenmäßig ausschlaggebenden Gattungen des Phytoplanktons zu erhalten. An der Entnahmestelle wurden 3—5 Ltr. Wasser durch ein Kolkwitzsieb gegossen, der Rückstand quantitativ in ein Pulverglas gebracht, mit Formol konserviert und später mit Hilfe des Utermöhlmikroskopes ausgezählt (8 u. 9). Nicht sämtliche Planktonzahlen sind unbedingt quantitativ richtig. So können bei der Filtrierung durch das Kolkwitzsieb mit einer maximalen Porenweite von 80 μ sehr wohl Ketten von *Skeletonema* und *Nitzschia seriata* sowie einzelne *Rhizosolenia*-Zellen verloren gehen. Die Zahlen für diese Arten sind aber, wie frühere noch unveröffentlichte Untersuchungen zeigten, größenordnungsmäßig richtig. Bei dem genannten Ziel der Zählungen konnte darauf verzichtet werden, seltene, d. h. quantitativ nicht hervortretende Arten, mitzuzählen, sowie bei den einzelnen Gattungen eine Artbestimmung durchzuführen. Aus diesem Grunde wurde auch das Zooplankton nicht mit aufgeführt.

Bevor wir die Beobachtungsergebnisse einer näheren Untersuchung unterziehen, muß die Hydrographie des Gebietes kurz behandelt werden. Nach den Darlegungen

¹⁾ Frl. Dr. WITTIG besorgte die Cl-Titrationen, Frau Dr. SCHULZ-MEYER die chemischen Bestimmungen bis zum 1. März 1939 und Verf. selbst die übrigen Bestimmungen.

von H. WATTENBERG und HELGA MEYER [9] ist die Kieler Bucht als Randgebiet des Großen Belttes, der ja die Hauptverbindungsstraße zwischen Nord- und Ostsee ist, beträchtlichen Salzgehaltsschwankungen unterworfen. Vor allen Dingen ist eine Salzgehaltssprungschicht vorhanden, die eine relativ arme Salzoberschicht von durchschnittlich 12—14‰ von einer Unterschicht mit 25—27‰ trennt.

In diesem Gebiet nimmt die Kieler Förde eine besondere Stellung ein. Tägliche Untersuchungen an der Institutsbrücke haben ergeben, daß der Salzgehalt innerhalb von 24 Stunden um einen Betrag von über 10‰ schwanken kann (z. B. am 6./7. März 1939 von 21,27‰ bis 10,68‰). Tägliche Schwankungen von 4‰ sind nicht selten (im Jahre 1939 9mal). Die Ursache dafür ist zu suchen: 1. in dem Schwentinezufluß, 2. in der Wirkung der lokalen Wind- und Wasserstandsverhältnisse. Auf diese besonderen hydrographischen Verhältnisse wird Frau Dr. HELGA SCHULZ-MEYER noch näher eingehen. Die Untersuchungspunkte liegen also in einem Gebiet mit stark wechselnden und sich vermischenden Wasserkörpern. Davon zeugen auch die Salzgehaltsangaben aus den hier mitgeteilten wöchentlichen Untersuchungen.

Als weiterer Faktor, der von besonderer Bedeutung für die chemische Untersuchung ist, kommt hinzu, daß ein wenn auch kleiner Teil der Abwässer von Kiel in die Förde geleitet wird. Das muß zu einer Erhöhung der Werte für die Nährstoffe und die Trübung führen. Beim Vergleich zwischen den Stationen „Institutsbrücke“ und „Laboe“ wird man einige Hinweise auf diese Verschmutzung finden.

Die Beobachtungswerte.

I. Trübung.

Wenn man in Tab. 1 u. 2 bzw. in Abb. 2 u. 3 die Trübungswerte von den Stationen „Institutsbrücke“ und „Laboe“ — abgekürzt IB. und L. — betrachtet, so fallen ihre großen Schwankungen auf. So sind z. B. an der IB. der Trübungswert vom 19. 12. 38 zum 27. 12. 38 von 102 auf 36 Einheiten gefallen (vom 14. 11.—21. 11. von 138 auf 46 und vom 5. 6.—12. 6. von 382 auf 81) und an der Station L. vom 14. 11.—21. 11. von 152 auf 48. Die graphische Darstellung der Werte vermittelt einen Eindruck von den starken Schwankungen sowohl von der Station L. als auch von der Station IB. Es ergibt sich kein ausgesprochener Jahresgang. Der Mittelwert der Trübung ist für beide Stationen etwa gleich. Er beträgt für die Station IB. für den Zeitraum vom 28. 11. 1938 bis 11. 12. 1939 111 Einheiten, vom 13. 3. 1939—11. 12. 1939 115 Einheiten; für die Station L. vom 13. 3.—11. 12. 1939 113 Einheiten. Die Werte der Station IB. zeichnen sich gegenüber denen von L. durch einige besondere hohe Trübungsspitzen aus (an der Stat. IB. am 5. 6. mit 382 und am 14. 8. mit 280 Einheiten). Bei dem letzten Wert von 280 zeigt sich ein besonders niedriger Salzgehalt von 11,67‰. Man kann hier die Ursache im Schwentinewasser annehmen. Auf die möglichen Ursachen der Trübung und besonders der Trübungsspitzen und ihren Zusammenhang mit dem Plankton an beiden Beobachtungspunkten wird bei der Besprechung der Chlorophyll- und Planktonwerte eingegangen.

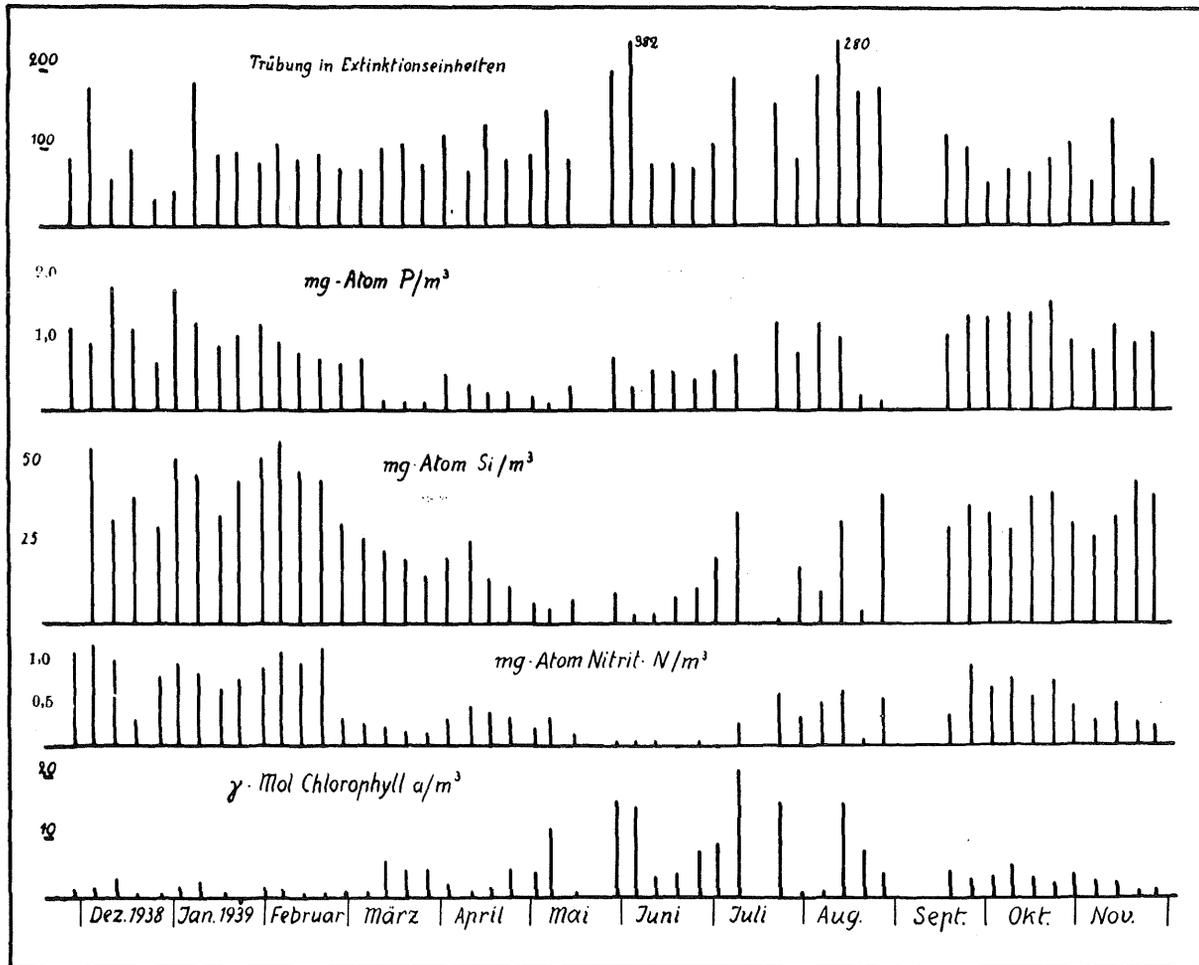


Abb. 2. Trübung, Phosphat, Silikat, Nitrit und Chlorophyll an der Station „Institutsbrücke“.

Tabelle 1. Station Institutsbrücke.
Hydrographische, chemische und Chlorophyllwerte.

	1938					1939						
	28.11.	5. 12.	12.12.	19.12.	27.12.	2. 1.	9. 1.	17. 1.	23. 1.	31. 1.	6. 2.	13. 2.
Temperatur t°	9,1	7,2	6,3	4,2	0,6	1,4	0,8	2,8	3,4	2,2	2,1	2,5
Salzgehalt S ‰	19,74	19,34	19,83	18,84	16,96	16,82	15,75	16,31	16,20	12,14	15,01	12,29
Trübung (E)	86	181	61	102	36	46	187	92	97	81	108	86
mg-Atom P/m³	1,09	0,85	1,60	1,07	0,62	1,55	1,10	0,81	0,97	1,11	0,88	0,75
mg-Atom Si/m³	—	57,2	33,2	41,1	31,1	53,8	48,4	35,1	46,4	54,0	59,0	49,6
mg-Atom Nitrit-N/m³	1,22	1,32	1,13	0,34	0,89	1,06	0,98	0,73	0,86	1,01	1,21	1,07
γ-Mol Chlorophyll/m³	1,5	1,5	3,0	—	—	1,4	2,4	0,8	0,0	1,4	1,2	—
mg Chlorophyll/m³	1,3	1,3	2,6	—	—	1,3	2,1	0,7	0,0	1,3	1,1	—

	1939											
	20. 2.	27. 2.	6. 3.	13. 3.	20. 3.	27. 3.	3. 4.	11. 4.	17. 4.	24. 4.	2. 5.	8. 5.
Temperatur t°	2,4	3,4	4,0	3,2	2,8	2,9	4,2	6,8	6,6	7,3	7,3	9,4
Salzgehalt S ‰	15,07	21,44	21,15	13,86	15,97	15,81	15	12,76	12,27	13,68	10,93	14,29
Trübung (E)	92	76	76	102	108	81	119	71	131	86	92	152
mg-Atom P/m³	0,67	0,60	0,65	0,12	0,11	0,09	0,44	0,34	0,21	0,22	0,18	0,07
mg-Atom Si/m³	47,1	32,7	27,4	23,7	20,8	15,2	21,4	27,1	14,1	11,9	6,7	4,6
mg-Atom Nitrit-N/m³	1,30	0,36	0,29	0,24	0,19	0,13	0,36	0,51	0,44	0,31	0,22	0,36
γ-Mol Chlorophyll/m³	—	0,8	—	5,7	4,5	4,6	1,9	0,9	1,4	4,4	4,2	11,4
mg Chlorophyll/m³	—	0,7	—	5,1	4,0	4,1	1,7	0,8	1,2	4,0	3,8	10,2

	1939											
	15. 5.	30. 5.	5. 6.	12. 6.	19. 6.	26. 6.	3. 7.	10. 7.	24. 7.	31. 7.	7. 8.	14. 8.
Temperatur t°	11,6	15,6	18,9	17,4	—	17,0	15,6	14,0	15,8	19,0	17,10	16,5
Salzgehalt S ‰	14,52	12,81	12,32	12,36	13,50	13,15	13,10	14,07	12,86	15,88	15,72	11,67
Trübung (E)	86	201	382	81	81	76	108	194	158	86	194	280
mg-Atom P/m³	0,30	0,67	0,28	0,50	0,53	0,39	0,51	0,70	1,15	0,74	1,12	0,96
mg-Atom Si/m³	7,3	10,0	2,9	2,9	8,3	11,3	21,4	36,2	0,6	18,6	9,7	33,5
mg-Atom Nitrit-N/m³	0,12	0,04	0,04	0,03	0,0	0,04	0,0	0,27	0,69	0,39	0,53	0,71
γ-Mol Chlorophyll/m³	—	15,6	14,7	3,2	3,7	7,4	8,5	20,7	15,5	—	—	15,3
mg Chlorophyll/m³	—	13,9	13,1	2,8	3,3	6,6	7,6	18,5	13,8	—	—	13,7

	1939												
	21. 8.	28. 8.	19. 9.	26. 9.	3. 10.	10. 10.	17. 10.	24. 10.	31. 10.	7. 11.	14. 11.	21. 11.	27. 11.
Temperatur t°	20,2	20,6	17,7	14,3	13,9	11,7	10,7	9,6	8,4	7,9	7,9	6,7	7,1
Salzgehalt S ‰	12,70	12,72	13,46	12,05	12,72	12,76	12,68	12,97	13,62	14,60	14,43	13,42	16,44
Trübung (E)	174	181	119	102	55	74	70	87	107	57	138	46	86
mg-Atom P/m³	0,19	0,10	1,00	1,23	1,20	1,24	1,26	1,44	0,90	0,79	1,09	0,86	1,00
mg-Atom Si/m³	3,5	41,3	31,4	38,9	35,5	30,0	41,3	42,6	32,9	28,9	35,1	46,1	41,6
mg-Atom Nitrit-N/m³	0,09	0,61	0,40	1,04	0,74	0,89	0,63	0,86	0,48	0,29	0,55	0,30	0,26
γ-Mol Chlorophyll/m³	7,6	3,8	4,2	2,8	3,4	5,2	3,1	2,3	3,8	2,6	2,5	1,2	1,2
mg Chlorophyll/m³	6,8	3,4	3,7	2,5	3,0	4,6	2,8	2,1	3,4	2,3	2,3	1,1	1,1

II. Phosphat, Silikat und Nitrit.

Alle hier laufend untersuchten Nährstoffe zeigen, im großen gesehen, einen regelmäßigen parallelen Gang. Und zwar finden wir übereinstimmend an beiden Beobachtungspunkten nach einem sommerlichen Minimum, das bis zum Anfang September reicht, einen herbstlichen Anstieg aller drei Nährstoffe. Der Anfang des Sommerminimums liegt an der Stat. IB. Mitte März. Leider beginnen die Beobachtungen an der Station L. erst zu dieser Zeit. Es ist aber wahrscheinlich, daß infolge der übrigen Parallelität auch hier das Minimum um diese Zeit beginnt. Die beiden Stationen unterscheiden sich hauptsächlich durch die mittlere Höhe der Nährstoffwerte. Diese liegt in der Innenförde wesentlich höher als bei Laboe, wenn auch die Verhältnisse im einzelnen verschieden sind.

Tabelle 2. Station Laboe.
Hydrographische, chemische und Chlorophyllwerte.

	1939											
	13. 3.	20. 3.	27. 3.	3. 4.	11. 4.	17. 4.	24. 4.	2. 5.	8. 5.	15. 5.	30. 5.	5. 6.
Temperatur t°	3,2	2,4	3,0	5,1	6,5	6,8	7,3	7,2	8,6	11,2	13,8	16,8
Salzgehalt S ‰	15,37	18,40	16,22	—	13,73	15,21	10,81	15,53	15,19	15,28	13,30	13,15
Trübung	97	125	208	119	97	97	81	149	155	149	125	125
mg-Atom P/m³	0,03	0,23	0,13	0,29	0,21	0,07	0,10	0,04	0,05	0,13	0,04	0,03
mg-Atom Si/m³	15,8	22,4	12,6	24,5	23,5	12,3	11,4	7,1	6,9	4,1	10,9	16,6
mg-Atom Nitrit-N/m³	0,0	0,12	0,09	0,34	0,41	0,12	0,20	0,04	0,31	0,12	0,0	0,0
γ-Mol Chlorophyll/m³	5,1	4,7	7,1	2,1	1,9	4,7	3,6	2,5	13,3	—	0,9	4,4
mg Chlorophyll/m³	4,6	4,2	6,3	1,9	1,7	4,2	3,2	2,2	11,9	—	0,8	3,9

	1939										
	12. 6.	19. 6.	26. 6.	3. 7.	10. 7.	24. 7.	31. 7.	7. 8.	14. 8.	21. 8.	28. 8.
Temperatur t°	17,4	16,8	16,5	16,8	12,9	16,4	18,9	17,5	17,0	20,2	20,8
Salzgehalt S ‰	12,97	14,27	14,13	14,20	17,59	17,27	16,33	17,76	13,19	13,19	14,89
Trübung	181	108	131	143	108	58	102	97	143	137	108
mg-Atom P/m³	0,12	0,03	0,05	0,06	0,13	0,16	0,48	0,18	0,20	0,04	0,04
mg-Atom Si/m³	9,7	7,1	10,0	3,1	24,5	0,0	15,8	8,8	9,3	2,0	12,3
mg-Atom Nitrit-N/m³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,48	0,18	0,0	0,09	0,06
γ-Mol Chlorophyll/m³	3,3	3,6	8,7	15,5	13,6	12,8	—	—	6,5	5,1	1,7
mg Chlorophyll/m³	3,0	3,2	7,8	13,8	12,1	11,4	—	—	5,8	4,5	1,6

	1939										
	19. 9.	26. 9.	3. 10.	10. 10.	17. 10.	24. 10.	31. 10.	7. 11.	14. 11.	21. 11.	27. 11.
Temperatur t°	17,2	15,0	13,6	11,3	11,2	9,7	8,2	7,3	7,8	7,0	7,5
Salzgehalt S ‰	12,05	12,65	12,81	13,13	14,10	13,71	14,09	14,43	14,63	14,90	16,24
Trübung	150	97	90	76	66	118	98	95	152	48	89
mg-Atom P/m³	0,34	0,61	0,50	0,68	0,85	1,18	0,62	0,62	0,93	0,55	0,84
mg-Atom Si/m³	19,3	30,7	23,1	20,7	26,9	33,9	25,7	31,8	33,8	30,5	36,6
mg-Atom Nitrit-N/m³	0,09	0,30	0,30	0,41	0,27	0,54	0,20	0,27	0,54	0,17	0,25
γ-Mol Chlorophyll/m³	9,9	4,0	5,3	9,1	7,8	4,6	4,6	3,8	4,3	2,2	2,9
mg Chlorophyll/m³	8,9	3,6	4,7	8,1	7,0	4,1	4,1	3,4	3,8	2,0	2,6

Die Phosphatwerte für die Station L. zeigen ein sommerliches Minimum von durchschnittlich etwa 0,10 mg-Atom P/m³ (3 mg P/m³). Die Regeneration des Phosphors setzt am 19. September ein, nachdem kurz zuvor Ende Juli bis Anfang August ein kleines sommerliches Zwischenmaximum auftrat von 0,48 mg-Atom P/m³. Den winterlichen Normalstand des P-Spiegels kann man mit etwa 0,60—0,80 mg-Atom P/m³ annehmen. Von dieser Station liegen keine Frühjahrsbeobachtungen vor.

An der Stat. IB. liegen die Verhältnisse ähnlich, nur daß, wie bereits früher angedeutet, die Werte höher liegen. Den Stand des winterlichen P-Spiegels von 1938/39 kann man mit etwa 0,80—1,00-mg/Atom-P/m³ angeben. Anfang März 1939 setzt der sommerliche Tiefstand ein, der hier aber mit etwa 0,30 mg Atom P/m³ den dreifachen Betrag erreicht als bei der Außenstation. Hier tritt auch das sommerliche Zwischenmaximum viel deutlicher zutage. Es dauert von Ende Mai bis Mitte August

und erreicht in seinem Höchstwert mit 1,15 mg-Atom P/m³ den Stand des Winters. Den Mittelwert kann man mit 0,70 mg-Atom P/m³ ansetzen. Der Mittelwert des Winters erreicht mit 1,00—1,20 mg-Atom P/m³ fast das Doppelte der Werte von Station L.

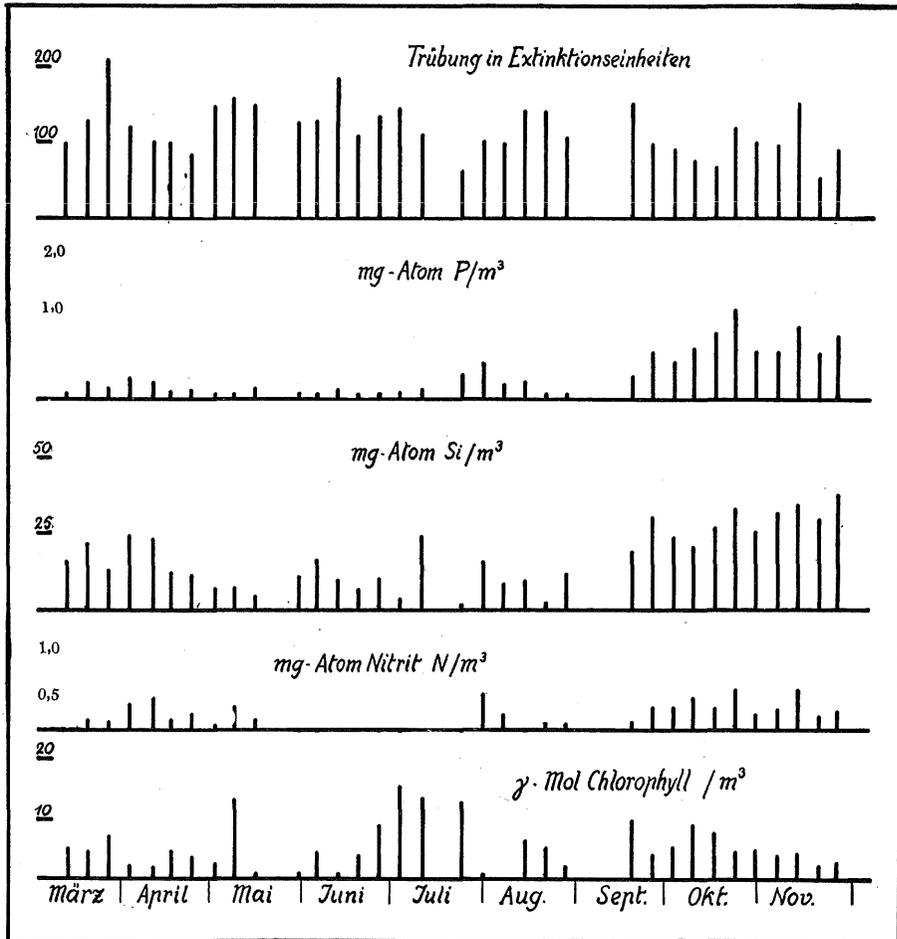


Abb. 3. Trübung, Phosphat, Silikat, Nitrit und Chlorophyll an der Station Laboe.

Ein Vergleich der P-Werte mit dem Salzgehalt zeigt, daß in einigen Fällen mit einer starken Salzgehaltsänderung eine gleichsinnige P-Änderung verknüpft ist. (So z. B. an der Stat. IB. der Übergang vom 6. auf 13. 3. 1939.) Es besteht jedoch keine feste Beziehung zwischen ΔS und ΔP ; ja, es kann bei einem relativ großen Salzgehaltssprung der P-Wert sich kaum ändern (vgl. Stat. IB. 20.—27. 2. 1939).

Die Silikatwerte von der Stat. L. zeigen durchschnittlich einen sommerlichen Tiefstand von etwa 7,0—9,0 mg-Atom Si/m³ (200—260 mg Si). Die Schwankungen sind freilich erheblich. Der Höchstwert liegt mit 16,6 im Frühjahr, der Mindestwert mit <1 mg-Atom Si/m³ im Juli. Ein Zwischenmaximum wie beim P kann man nicht feststellen. Der winterliche Normalstand beginnt etwa Ende September; er liegt bei 25—30 mg-Atom. Somit beträgt er etwa das Vierfache des sommerlichen Tiefstandes.

Die Stat. IB. zeigt auch hier wesentlich höhere Werte als Stat. L. Der winterliche Hochstand liegt bei etwa 40—50 mg-Atom. Die Si-Zehrung setzt Ende Februar ein. Im Sommer ist der Si-Stand sehr starken Schwankungen unterlegen, so daß es gewagt erscheint, einen Mittelwert für den sommerlichen Tiefstand anzugeben. Wenn man ihn mit 12 ansetzt, erreicht er wie in Stat. L. ein Viertel des Winterstandes. Im Herbst 1939 erreichte das Wintermaximum nicht die Höhe wie im Winter 1938/39. Man kann es mit 35 mg-Atom ansetzen.

Die Nitrit-Stickstoff-Werte von der Stat. L. sind allgemein in ihrem Verlauf den P-Werten ähnlich. Der Nitrit-N verschwindet jedoch für eine längere Zeit im Gegensatz zu den entsprechenden P-Werten vollkommen. Im Frühjahr finden wir ein kleines Maximum angedeutet mit einem Höchstwert von 0,41 mg-Atom N/m³ am 11. 4. 1939. Dem sommerlichen P-Zwischenraum entspricht ein solches des Nitrit-Stickstoffs. Es erreicht nur einen geringen Durchschnittswert, jedoch maximal 0,48 mg-Atom N/m³. Da dieses Maximum später liegt als das entsprechende P-Maximum, kann man es als Vorläufer zum winterlichen Hochstand des Nitrits rechnen. Dessen Durchschnittswert kann man mit 0,30 mg-Atom ansetzen; der Höchstwert beträgt 0,54 mg-Atom.

Weit höhere Nitrit-N-Werte finden wir in der Innenförde. Die Durchschnittswerte des Winters an der Stat. IB. liegen im Zeitraum von November 1938 bis Mitte Februar 1939 bei ungefähr 1,00 mg-Atom und die Herbstwerte von Ende Juli bis Mitte November bei etwa 0,55 mg-Atom N/m³. Der sommerliche Tiefstand herrscht nur relativ kurze Zeit. Er zeigt ein Mittel von etwa 0,20 mg-Atom im ersten und von 0,04 mg-Atom im zweiten Teil. Von einem sommerlichen Zwischenmaximum kann hier keine Rede mehr sein. Ein Vergleich der Stationen IB. und L. zeigt, daß an der Stat. IB. der entsprechende winterliche Hochstand mit 6,00 mg-Atom etwa doppelt so hoch liegt als an der Station L.

Ein Vergleich der drei Minimumstoffe zur Zeit des herbstlichen Hochstandes 1939 zwischen Innen- und Außenförde zeigt, daß das Phosphat an der Stat. IB. mit 1,0 bis 1,2 mg-Atom gegen 0,60—0,80 mg-Atom an der Stat. L. fast das Zweifache, das Silikat mit etwa 35,0 mg-Atom gegen 25,0—30,0 mg-Atom fast die gleiche Höhe und das Nitrit mit 0,60 mg-Atom gegen 0,30 mg-Atom das Zweifache der Werte von Stat. L. ausmachen. Auch die Sommerminima liegen an der Stat. IB. höher als an der Stat. L.: sie liegen für Stat. IB. bei 0,30 mg-Atom P, 12,0 mg-Atom Si und 0,20 bis 0,04 mg-Atom Nitrit-N und für Stat. L. bei 0,10 mg-Atom P, 7,0—9,0 mg-Atom Si und 0 mg-Atom Nitrit N/m³. Die Ursachen für diese Verhältnisse sind einmal im Schwentinezufluß zu suchen, dann aber in wohl höherem Maße in der Abgabe von Abwässern sowohl von der Stadt als auch von den Schiffen in die Innenförde.

Vergleich mit anderen Meeresgebieten.

In Tab. 3 sind die Oberflächenwerte für die eben besprochenen Stoffe von einigen Vergleichspunkten aus der Kieler Bucht angegeben. Feuerschiff „Kiel“ liegt auf 18 m Wassertiefe, Stat. „Kleiner Belt“ auf etwa 35 m, Stat. „Fehmarnbelt“ auf 30 m und Stat. „Millionenviertel“ auf 22 m. Die Lage der Stationen ist in Abb. 1 gezeigt. Leider

sind die Beobachtungen zu weitabständig, als daß man mittlere Werte bzw. Differenzen angeben könnte. Sie lassen jedoch schon einen qualitativen Unterschied erkennen.

Tabelle 3. Kieler Bucht.
Hydrographische, chemische und Chlorophyllwerte.
(Vgl. Abb. 4.)

	Feuerschiff Kiel										
	18. 8. 1937	16.12. 1937	24. 2. 1938	15. 7. 1938	6. 11. 1938	31. 3. 1939	26. 4. 1939	24. 5. 1939	24. 6. 1939	19. 7. 1939	10. 8. 1939
Temperatur t°	19,7	3,9	2,5	16,7	10,5	3,2	7,3	13,3	17,8	17,2	18,2
Salzgehalt S ‰	15,01	17,64	11,80	16,23	18,87	16,44	15,68	11,13	13,86	14,94	14,72
Trübung	22	22	66	32	46	143	97	56	32	27	13
mg-Atom P/m³	0,20	0,47	1,02	0,19	0,33	0,06	0,02	0,00	0,03	0,06	0,07
mg-Atom Si/m³	7,8	28,7	28,7	1,6	19,9	9,6	8,8	36	11,8	24,5	7,8
mg-Atom Nitrit-N/m³	0,32	0,00	0,33	0,06	0,18	0,08	0,00	0,08	0,00	0,40	0,00
γ-Mol Chlorophyll/m³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
mg Chlorophyll/m³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

	Kleiner Belt											
	17. 8. 1937	15.12. 1937	23. 2. 1938	15. 7. 1938	6. 11. 1938	31. 3. 1939	25. 4. 1939	23. 5. 1939	13. 6. 1939	23. 6. 1939	18. 7. 1939	9. 8. 1939
Temperatur t°	19,4	4,2	2,3	16,4	10,3	2,7	6,4	13,5	15,3	18,4	16,7	18,0
Salzgehalt S ‰	15,27	17,49	11,52	14,80	18,80	15,64	16,35	12,45	15,81	13,26	15,77	15,01
Trübung	22	56	32	36	71	51	41	32	22	41	41	27
mg-Atom P/m³	0,07	0,40	0,85	0,02	0,1	0,10	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03	0,04
mg-Atom Si/m³	1,3	29,1	20,6	2,8	33,8	10,0	9,1	15,2	9,5	36,0	3,4	7,6
mg-Atom Nitrit-N/m³	0,16	0,30	0,29	0,00	1,3	0,24	0,13	0,03	0,01	0,10	0,00	0,00
γ-Mol Chlorophyll/m³	—	—	—	—	4,7	2,0	1,4	0,7	1,4	1,8	2,9	1,4
mg Chlorophyll/m³	—	—	—	—	4,2	1,7	1,2	0,6	1,2	1,6	2,6	1,2

	Fehmarnbelt					Millionenviertel				
	19. 8. 1937	8. 12. 1937	25. 2. 1938	16. 7. 1938	6. 11. 1938	31. 3. 1939	25. 4. 1939	22. 5. 1939	24. 6. 1939	17. 7. 1939
Temperatur t°	18,8	5,4	2,4	16,8	10,2	2,9	6,8	11,0	17,51	17,31
Salzgehalt S ‰	11,04	14,86	11,91	9,08	18,39	10,50	15,53	9,29	13,03	14,02
Trübung	22	81	76	18	56	108	36	32	18	22
mg-Atom P/m³	0,12	0,16	0,23	0,04	0,03	0,07	0,00	0,00	0,00	0,06
mg-Atom Si/m³	17,6	20,7	28,6	28,3	19,2	17,6	7,8	16,5	15,3	7,5
mg-Atom Nitrit-N/m³	0,23	0,16	0,49	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
γ-Mol Chlorophyll/m³	—	—	—	—	—	4,1	1,3	1,1	1,3	1,7
mg Chlorophyll/m³	—	—	—	—	—	3,7	1,2	1,0	1,2	1,5

Die nächstbenachbarte Station — Kiel Feuerschiff — zeigt außer beträchtlich geringeren Trübungswerten auch geringere P-Werte sowohl im Winter als auch im Sommer. Die Si- und Nitrit-N-Werte zeigen keine festen Beziehungen. Das gleiche Bild gibt die Stat. „Kleiner Belt“. Die beiden anderen Stationen geben trotz noch geringeren Beobachtungsmaterials Andeutungen in demselben Sinne, nämlich, daß zumindest die P-Werte geringer sind als auf Stat. L. Wir müssen deshalb schließen, daß die vorher angedeuteten Landeinflüsse (Schwentine und Abwässer) auch noch auf der Stat. L. wirksam sind, wenn auch nur in geringerem Maße.

Ein Vergleich mit der Nordsee zeigt folgendes: Aus Werten von K. KALLE [3] läßt sich für das Gebiet der südlichen Nordsee (Hoofden) im Januar 1935 ein Mittel von 0,53 mg-Atom P/m³ und für die mittlere Nordsee im Februar 1936 von 0,58 mg-Atom P/m³ errechnen. Diese Zahlen sind nur wenig niedriger als die für Stat. Laboe als Wintermittelwert angegebenen. Aus COOPER's Werten [1] für die Stat. E1 im Englischen Kanal ergibt sich aus 8 Beobachtungsjahren mit monatlichen Beobachtungen ein Mittel von 0,48 mg-Atom P/m³ für den Monat Januar. Es liegt ebenfalls in derselben Größenordnung wie die P-Werte in der Kieler Außenförde. Für den Monat August kann man aus COOPER's Werten ein Mittel von 0,02 mg-Atom errechnen. Es liegt wesentlich niedriger als das von Laboe. Ein Vergleich mit KALLE's Si-Werten (12,85 mg-Atom Si/m³ im Hoofden im Januar 1935 und 18,60 mg-Atom in der mittleren Nordsee im Februar 1936) zeigt, daß das Wintermittel von Stat. L mit 25 bis 30,0 mg-Atom etwa die doppelte Höhe erreicht. Auch die entsprechenden Nitrit-N-Werte bei Laboe sind wesentlich größer als die Mittel von KALLE's Werten (im Hoofden im Januar 1935 und in der mittleren Nordsee im Februar 1936 0,20 mg-Atom Nitrit-N/m³).

Wegen der Ungleichwertigkeit des Materials muß leider auf eine nähere vergleichende Untersuchung verzichtet werden. Hier mögen nur die Hinweise genügen, aus denen sich ergibt, daß der P-Gehalt in der Kieler Außenförde von der gleichen Größenordnung ist wie in der Nordsee und im Kanal, daß aber Si und NO₂-N wesentlich höhere Werte zeigen als die zum Vergleich herangezogenen Gebiete.

III. Chlorophyll und Plankton.

Die Chlorophyllwerte zeigen kein solch einheitliches Verhalten, wie die Werte der Nährstoffe. Ein Frühjahrsmaximum kann man bei Laboe wegen des späteren Beginns der Beobachtungen nur vermuten. Dann hebt sich nach einem frühsummerlichen Minimum ein hochsummerliches Maximum mit einer Spitze von 13,8 mg Chlorophyll/m³ am 3. Juli klar heraus. Es umfaßt, trotz wechselnder Wasserverhältnisse, einen Zeitraum von mindestens 4 Wochen. Ein kurzer spätsommerlicher Tiefstand leitet über zu den stark schwankenden hohen herbstlichen Werten. Diese klingen von Ende Oktober an ab. Wegen der zahlreichen Schwankungen und Spitzen erscheint es nicht angebracht, Durchschnittswerte für die gesamte Zeit zu geben. Wichtig ist jedoch, daß der Minimalwert mit 1,6 mg/m³ am 28. August liegt. Damit ist die Grenze der Nachweisbarkeit (1 mg/m³) noch nicht erreicht.

Die Chlorophyllwerte der Innenförde zeigen, in ihrem großen Verlauf gesehen, ein großes Maximum im Juli. Am 10. Juli wurde es mit 20,7 γ -Mol = 18,5 mg/m³ gemessen. Vom 28. November 1938 bis zum 27. Februar 1939 herrschte ein winterliches Minimum, in dem zeitweise die Grenze der quantitativen Nachweisbarkeit unterschritten wurde. Der darauf folgende sommerliche Hochstand läßt sich, wenn man die entsprechenden Werte von Stat. L. heranzieht, in 3 Perioden aufteilen: 1. die Frühjahrszeit von Mitte März bis Mitte Mai; 2. den Sommer von Anfang Juni bis Ende August. Die beiden am Anfang dieser Zeit gelegenen Spitzen kann man auch noch zum Frühjahr rechnen. In diesem Falle würde eine Zweiteilung der Frühjahrsperiode vorzuziehen sein, und zwar würde der erste Teil in die Zeit von Mitte März

bis Mitte April fallen und der zweite von Mitte April bis Mitte Juni. Wegen der Beobachtungslücken kann eine sichere Entscheidung nicht getroffen werden.

Ein Vergleich mit den Werten von Stat. L. zeigt einmal eine Übereinstimmung in den drei Perioden. Im einzelnen decken sich viele Spitzen auffallend; Ausnahmen finden vorerst keine Erklärung. Wenn man die Spitzenwerte der Sommerperiode miteinander vergleicht, findet man höhere Werte an der Station IB. (Stat. IB. 20,7, 15,5, 15,3 γ -Mol am 10.—24. 7. und 14. 8. gegen Station L. 15,5; 13,6; 12,8 γ -Mol am 3., 10. und 24. 7.). Dagegen zeigen sich während der Herbstperiode bei Stat. L. die höheren Werte (Mittel vom 19. 9.—27. 11. an Stat. IB. 2,9 γ -Mol, an Stat. L. 5,3 γ -Mol).

In Tab. 3 sind für zwei Punkte der Kieler Bucht (vgl. Abb. 4) noch Oberflächenchlorophyllwerte für verschiedene Beobachtungszeiten angegeben. Diese Werte unterscheiden sich von denen der Kieler Förde vor allem darin, daß sie kein hochsommerliches Maximum zeigen. Obwohl das Zahlenmaterial statistisch gesehen nicht gleichwertig ist, können wir den Schluß ziehen, daß das hochsommerliche Chlorophyllmaximum in der Kieler Förde eine lokale Angelegenheit ist, die keinen Anschluß hat an die Verhältnisse der freien Kieler Bucht. Dieses Chlorophyllmaximum wird wahrscheinlich verursacht durch Zufuhr von Planktonnährstoffen von Land her.

Auf einer Reise durch die östliche, mittlere und westliche Ostsee wurden Anfang August 1939 eine Anzahl (17) Oberflächen-Chlorophyllproben genommen. Ihre Werte liegen zwischen 3,6 und 1,2 γ -Mol/m³ mit einem Mittel von 2,1 γ -Mol/m³, ohne sichtbare Zonierung. Leider fehlen die entsprechenden Beobachtungen in der Kieler Förde. Aus den Chlorophyllwerten vor und nach dieser Zeit ist jedoch mit einiger Wahrscheinlichkeit zu schließen, daß ein wesentlich höherer Chlorophyllgehalt in der Kieler Förde vorhanden war. Er dürfte schätzungsweise in der Innenförde bei 15 γ -Mol und in der Außenförde bei 9 γ -Mol/m³ liegen. Auch dieser Vergleich führt zu dem Schluß, daß die Kieler Förde zumindest im Hochsommer chlorophyll-, d. h. planktonreicher ist als die anschließende freie Ostsee.

Schließlich seien noch Chlorophyllwerte von RILEY [7] zum Vergleich herangezogen. Er untersuchte das Oberflächenwasser des Westatlantik von Cuba bis Woods Hole (23° N—41° N) im Mai bis Juni 1939. Seine Ergebnisse zeigt die folgende Tabelle:

mg Chlorophyll/m ³	in trop. Wässern (23—37° N)	und nördl. Wässern (nach RILEY) (37—41° N)
Maximum	2,5	3,6
Minimum	0,4	1,4
Mittel	1,0	2,1

Die Werte der Innen- und Außenförde liegen also beträchtlich höher als die von RILEY für den Westatlantik gefundenen. Die in der freien Ostsee in den entsprechenden Monaten gefundenen Werte bewegen sich aber in gleicher Höhe (vgl. Tab. 3).

In Tab. 4 sind die Planktonzählungen der Station L. und die daraus errechneten Volumina wiedergegeben. Die Zählungen wurden, wie bereits in der Einleitung betont, unter dem Gesichtspunkt einer Erfassung der Phytoplanktonmasse durchgeführt. Es wurden demzufolge nur die Hauptkomponenten, nicht aber die selteneren

Tabelle 4. Station Laboe. Planktonzahlen und Volumina.
Angabe in Zellenzahl/L bzw. Volumen in μ^3 .

	1939										
	13. 3.	20. 3.	27. 3.	3. 4.	11. 4.	17. 4.	24. 4.	2. 5.	8. 5.	15. 5.	30. 5.
<i>Chaetoceras</i> -Gattung · 10 ³	19,7	78,0	170,4	45,3	89,0	20,9	84,6	42,0	548,6	17,6	0
<i>Skeletonema</i> · 10 ³	725,0	17,8	17,2	40,0	0,8	0	0	0	23,8	0	139,2
<i>Rhizosolenia</i> · 10 ³	1,9	2,1	1,6	0,4	0,3	271,0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia seriata</i> · 10 ³	1,8	18,4	13,0	2,2	0,3	0	0	0	0	0	0
sonstige Diatomeen · 10 ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> -Gattung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe der Diatomeen · 10 ³	748,4	106,3	202,2	87,9	90,4	291,9	84,6	42,0	572,4	17,6	139,2
<i>Ceratium tripos</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium macroceros</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe der Zellzahlen · 10 ³	748,4	106,3	202,2	87,9	90,4	291,9	84,6	42,0	572,4	17,6	139,2
Summe der Zellvolumina · 10 ³	953,0	541,8	955,8	285,5	453,3	524,5	423,0	210,0	2766,8	118,0	139,2

	1939										
	5. 6.	12. 6.	19. 6.	26. 6.	3. 7.	10. 7.	24. 7.	7. 8.	14. 8.	21. 8.	28. 8.
<i>Chaetoceras</i> -Gattung · 10 ³	0	0	0	0	0,7	20,0	1,4	4,4	2,7	0,7	0,1
<i>Skeletonema</i> · 10 ³	236,3	41,3	2,0	0,4	2,3	2,6	2,8	0	9,1	0,9	0
<i>Rhizosolenia</i> · 10 ³	0	0	0	0	0,5	0,1	0	0,8	1,7	0,2	0
<i>Nitzschia seriata</i> · 10 ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sonstige Diatomeen · 10 ³	0	0	0	0,3	1,1	0	0	0,2	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> -Gattung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe der Diatomeen · 10 ³	236,3	41,3	2,0	0,7	4,6	22,7	4,2	5,4	13,5	1,8	0,1
<i>Ceratium tripos</i>	0	0	143	78	172	151	12	0	648	231	377
<i>Ceratium macroceros</i>	0	0	0	10	80	204	7	0	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe der Zellzahlen · 10 ³	236,3	41,3	2,1	0,8	4,9	23,0	4,2	5,4	14,1	2,0	0,5
Summe der Zellvolumina · 10 ³	236,3	41,3	145,0	88,8	260,6	418,8	27,4	42,0	704,6	239,4	377,5

	1939									
	19. 9.	3. 10.	10. 10.	17. 10.	24. 10.	31. 10.	7. 11.	14. 11.	21. 11.	27. 11.
<i>Chaetoceras</i> -Gattung · 10 ³	0	21,5	9,0	4,1	2,2	2,9	2,9	5,3	4,6	0
<i>Skeletonema</i> · 10 ³	0	0	0	1,9	5,8	24,3	10,1	29,3	52,3	49,3
<i>Rhizosolenia</i> · 10 ³	0	0	0	0,3	0,6	0,7	1,2	0,9	0,5	0
<i>Nitzschia seriata</i> · 10 ³	0	0	0	0	1,0	0,4	2,3	11,5	4,4	0
sonstige Diatomeen · 10 ³	0	0,7	0,4	0,3	0,3	0,1	0,1	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> -Gattung	0	1420	5360	3890	0	0	0	0	0	0
Summe der Diatomeen · 10 ³	0	23,6	14,8	10,5	9,9	28,4	16,6	47,0	61,8	49,3
<i>Ceratium tripos</i>	5015	5540	6420	4590	1875	2420	2165	766	1646	5170
<i>Ceratium macroceros</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	1090	348	197	360	570	167	230	1110
Summe der Zellzahlen · 10 ³	5,0	29,1	22,3	15,5	12,0	31,2	19,4	48,0	63,7	55,6
Summe der Zellvolumina · 10 ³	5015,0	6264,5	8159,8	5667,9	2117,7	2674,8	2467,6	959,1	1838,3	5630,3

Arten und Gruppen berücksichtigt. Nur die nach ihrem Volumen größeren Arten wurden genauer ausgezählt; bei den anderen beschränken sich die Angaben auf ein Vielfaches von Tausend. In der letzten Spalte sind nebeneinander die Summen der Zellzahlen und die nach der von A. LOHMANN [6] (Tab. 5) angegebenen Tabelle errechneten

Zellvolumina enthalten. Die in Tab. 5 angegebenen Durchschnittsvolumina sind selbstverständlich nur rohe Mittelwerte; sie werden sich häufig genug von den natürlichen Werten unterscheiden. Trotzdem zeigen die mit ihrer Hilfe errechneten Gesamtvolumina besser die Produktionsverhältnisse als die Summen der Zellzahlen. Das tritt besonders während der Ceratienblüte hervor. Die Planktonzahlen selbst zeigen das bekannte Bild, daß die Frühjahrsproduktion durch Diatomeen, und zwar besonders die Gattungen *Chaetoceras*, *Skeletonema*, *Rhizosolenia* und *Nitzschia seriata* hervorgerufen wird. Die gleichen Arten geben unter geringer Beteiligung von *Ditylium Brightwelli* im Herbst von September bis November nochmals ein kleines Maximum. Von August ab treten die Ceratien mit ihren großen Volumina hervor. Sie haben während des ganzen Herbstes den Hauptanteil am Gesamtvolumen.

Tabelle 5. Zellvolumina nach Lohmann [6] in μ^3
(abgerundet, geändert und ergänzt).

<i>Ceratium tripos</i>	100000	<i>Guinardia flaccida</i>	2000
<i>Ceratium fusus</i>	37000	<i>Rhizosolenia alata</i>	2000
<i>Ceratium macroceros</i>	80000	<i>Chaetoceras</i>	500
<i>Coscinodiscus</i>	20000	<i>Nitzschia seriata</i>	500
<i>Ditylium Brightwelli</i>	50000	<i>Rhizosolenia jaeroensis</i>	800
		<i>Skeletonema Cost.</i>	100

Die Beziehungen zwischen dem Chlorophyll und den anderen Beobachtungsdaten.

1. Chlorophyll und Plankton.

In Abb. 5 ist der jahreszeitliche Gang der Planktonzahlen, Planktonvolumina und der Chlorophyllmengen wiedergegeben. In ihrer Gesamtheit zeigt die Abbildung, daß diese drei Werte nicht unbedingt miteinander parallel gehen. Das tritt nach Beendigung der Frühjahrsproduktion ab Mitte Juni sehr deutlich zutage. Das große Chlorophyllmaximum im Juli findet weder in den Zellzahlen, noch in den Zellvolumina einen Gegenwert. Das überrascht um so mehr, als man bisher glaubte annehmen zu dürfen, daß die Zahlen bzw. die Volumina des Meso-Phytoplanktons für den Chlorophyllgehalt von überragender Bedeutung seien. Diese Annahme trifft wohl für die Zeit der Frühjahrsproduktion zu. Dort decken sich die Spitzen der einzelnen Werte gut, wenn auch keine strenge Proportionalität besteht. Die Kurven verlaufen gleichsinnig und nicht wie ab 19. Juni häufig entgegengesetzt. Erst von Mitte Oktober ab beginnt wieder eine begrenzte Gleichsinnigkeit. Dabei ist wieder bemerkenswert, daß zur Zeit der Ceratienblüte das Chlorophyll wohl einen höheren Betrag annimmt, jedoch bei weitem nicht einen Wert erreicht, den man nach dem Volumen annehmen müßte.

Aus diesem Vergleich läßt sich folgern: 1. Während der Diatomeenwucherung im Frühjahr besteht eine gewisse Proportionalität zwischen Zellenzahl, Zellvolumen und Chlorophyllgehalt. 2. Das sommerliche Chlorophyllmaximum, das keine Erklärung findet in den hier gezählten Zellen, wird möglicherweise verursacht durch nicht mit-erfaßte Nannoplanktonen. Diese müßten in außerordentlich reicher Zahl vorhanden

sein. Über ihre Beteiligung an den anderen Chlorophyllwerten läßt sich vorerst nichts aussagen. 3. Das von Ceratien hervorgerufene große Herbstvolumen hat wohl einen Anstieg des Chlorophylls hervorgerufen. Da dieser aber bei weitem nicht proportional dem Volumen ist, liegt die Annahme nahe, daß der relative Chlorophyllgehalt der Ceratien geringer ist als der der Diatomeen. Diese Vermutung muß freilich durch Laboratoriumsexperimente, besonders mit Hilfe von Reinkulturen, bestätigt werden.

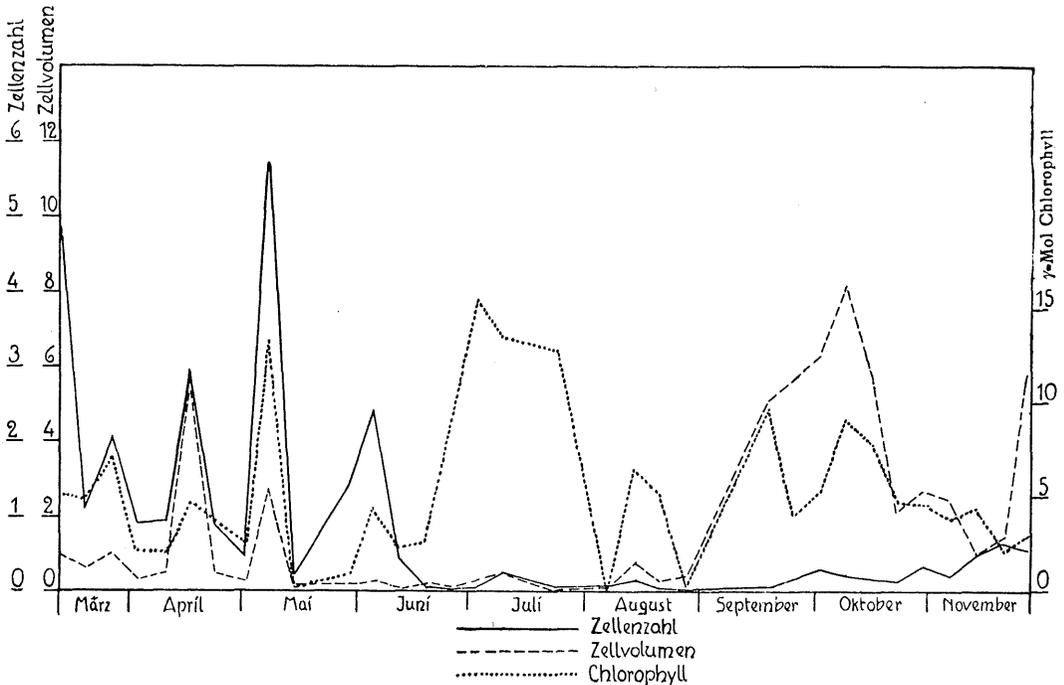


Abb. 4.

Zellenzahlen, Zellvolumen und Chlorophyll von der Station Laboe vom 13. 3. 39 bis 27. 11. 39.

2. Chlorophyll und Trübung.

Die Trübung des Wassers kann als Ursache planktonische und benthonische Bestandteile haben. Dabei rechnen wir zu den planktonischen nur solche, die primär im freien Wasser entstanden sind, und zwar sowohl organische (Phyto- und Zooplankton, Detritus, soweit er nicht vom Boden aufgerührt ist) als auch anorganische (z. B. Kalkausfällungen und Kolloide). Die benthonischen Bestandteile entstammen dem Boden, also zumeist dem Sediment. Es kann sich dabei auch um abgelagerte planktonische Körper handeln, die wieder aufgewirbelt worden sind. Diese Einteilung der Trübungskörper ist für unsere Betrachtung zweckmäßig, da wir wegen der ufernahen Lage der beiden Beobachtungsstationen mit benthonischer Trübung zu rechnen haben.

Ein Vergleich des unruhigen Verlaufs der Trübungs- und Chlorophyllwerte an der Station L. und IB. läßt sich am besten durchführen, wenn wir die Deckung gleichzeitiger Maxima und Minima untersuchen. Für den Zeitraum vom 13. 3. 1939 ab ergibt sich dann folgendes Bild:

	Deckung von Chlorophyll und Trübung	Maxima		Deckung von Chlorophyll und Trübung	Minima	
		keine Deckung Trübung	Chlorophyll		keine Deckung Trübung	Chlorophyll
Stat. L.	5	3	4	4	5	5
Stat. IB.	6	5	1	3	6	4

Während sich die 18 Fälle der Deckung durch einfachen und direkten Zusammenhang zwischen Chlorophyll und Trübung erklären lassen, sind für die übrigen Fälle, in denen keine Deckung eintritt, die Verhältnisse komplizierter. Wahrscheinlich wirken mehrere Faktoren zusammen, benthonische Trübung, anorganische Trübung, das Verhältnis Chlorophyll zu Plankton, von denen jeder für sich stark variabel ist. Außerdem dürften bei der besonderen Lage der Stationen Wind- und Wasserstandsverhältnisse nicht ohne Einfluß sein. Da jedoch Untersuchungen über diese Zusammenhänge fehlen, ist eine eindeutige Erklärung für die verschiedenen Fälle der Deckungsgleichheit im einzelnen nicht möglich.

3. Chlorophyll und Nährstoffe.

Ein Vergleich der Chlorophyll- und Nährstoffwerte von der Stat. IB. zeigt, daß die Werte beider, im Großen gesehen, entgegengesetzt verlaufen. Man kann die allgemeine Regel aufstellen, daß bei viel Chlorophyll wenig Nährstoffe und bei wenig Chlorophyll viele Nährstoffe vorhanden sind. Das tritt in drei Abschnitten besonders gut hervor: 1. Im Winter 1938/39 bis Anfang März. Wir haben einen hohen Stand von P, Si und Nitrit-N und einen niedrigen von Chlorophyll. 2. Die darauf folgende Periode von März bis Ende September zeigt im ganzen einen niedrigen Stand der Nährstoffe und einen hohen Chlorophyllstand. 3. Der Herbst 1939 zeigt wieder, wie der Winter 1938/39, einen relativ niedrigen Chlorophyll- und hohen Nährstoffstand. Dieser in großen Zügen verfolgte Verlauf findet seine Erklärung im Phytoplankton. Nur unter der Annahme, daß das Phytoplankton Träger des Chlorophylls und Zehrer der Nährstoffe ist, kann dieser Verlauf verständlich werden. Unregelmäßigkeiten im großen Verlauf finden ihre Erklärung wohl zum Teil in den hydrographischen Verhältnissen. Wir können diese Ausnahmen jedoch nicht mit dem hier vorliegenden Material erklären, da die Beobachtungen infolge des vorher erwähnten schnellen Wasserwechsels zu weitabständig sind.

Während des Sommers von Juni bis August finden wir manche Abweichungen von dem allgemeinen Bild: hohe Chlorophyllwerte gehen parallel mit relativ hohen P- und Si-Werten. Das ist der Fall beispielsweise am 30. Mai 1939. Man kann hier einen Zufluß von P-reichem Schwentinewasser annehmen (Abfall des Salzgehalts, Anstieg von P), der eine schnelle Planktonwucherung hervorgerufen hat. Diese hat den P-Vorrat nicht so schnell aufzehren können, so daß neben hohen P- auch hohe Chlorophyllwerte bestehen. Ein Nebeneinander hoher P- und Chlorophyllwerte von Mitte Juli bis Mitte August ist besonders auffällig. Die Salzgehaltsdaten lassen die Deutung zu, daß neben dem P-Zufluß aus der Schwentine sich auch noch P-reiches Tiefenwasser mit dem Oberflächenwasser gemischt hat. Die Zehrung durch das Plankton hat mit der Zufuhr nicht Schritt halten können, evtl. bedingt durch das Vorhandensein eines anderen Minimumfaktors.

Ein Vergleich der Chlorophyll- und Nährstoffwerte der Außenförde gibt wegen des späten Beginns der Beobachtungen kein solch klares Bild wie das von der Stat. IB. Andererseits sind die Werte nicht solchen Schwankungen unterlegen wie die von der Stat. IB. Unter Anlehnung an die Verhältnisse der Innenförde ergibt sich auch hier die allgemeine Regel, daß ein relativ hoher P-Gehalt parallel geht mit relativ niedrigem Chlorophyllgehalt und umgekehrt. Das gilt in vielen Einzelfällen. Nur der Herbst macht davon eine Ausnahme. Hohe P- und Chlorophyllwerte fallen zusammen. Diese Verhältnisse werden am besten durch die Mittelwerte dargestellt. Diese betragen für die Zeit vom 13. 3. bis 28. 8. 1939 0,12 mg-Atom P und 6,1 γ -Mol Chlorophyll/m³, in der anschließenden Periode vom 19. Sept. bis 27. Nov. 0,70 mg-Atom und 51,3 γ -Mol Chlorophyll. Aus dem Befund der mikroskopischen Planktonuntersuchungen ist bekannt, daß um diese Zeit eine starke Ceratienblüte herrscht. Sie ist die Ursache des relativ hohen Chlorophyllstandes. Man wird vielleicht vermuten können, daß die Ceratien durch einen anderen Minimumfaktor an der restlosen Aufzehrung des P gehindert sind.

Wie wenig P und Nitrit-N im Herbst bei sonst offenbar gleichen Bedingungen in fester Beziehung zum Chlorophyll stehen, zeigt ein Vergleich der Mittel von P, Nitrit-N und Chlorophyll für die Stationen IB. und L. Diese betragen im Zeitraum vom 19. 9. bis 27. 11. 1939 an der Stat. IB.: 1,09 mg-Atom P, 0,59 mg-Atom Nitrit-N und 2,9 γ -Mol Chlorophyll/m³. An der Stat. L. lauten die entsprechenden Zahlen 0,70 mg-Atom P, 0,30 mg-Atom Nitrit-N und 5,3 γ -Mol Chlorophyll. Hier wäre die Erklärung möglich, daß das relativ P- und nitritreiche Wasser der Innenförde nach außen getrieben wird, und daß im Laufe der Zeit durch die Tätigkeit des Phytoplanktons ein Teil dieser Stoffe aus dem gelösten in den organisch gebundenen Zustand übergeht. Doch bedarf diese Vermutung noch des Beweises. Es wäre andererseits auch denkbar, daß bei sofortiger Einstellung des Chlorophyllmaximums ein unbekannter anderer Minimumfaktor die Entwicklung des Phytoplanktons begrenzt, und daß dieser Faktor auf der Stat. L. in größerer Quantität als auf der Stat. IB. vorhanden ist.

Zusammenfassung.

1. In der Kieler Förde werden vom Institut für Meereskunde seit 1935 regelmäßige hydrographische und chemische Beobachtungen ausgeführt. Diese werden für die Station Institutsbrücke (IB.) in der Innenförde für die Zeit vom 28. 11. 1938 bis 27. 11. 1939 und für die Station Laboe (L.) in der Außenförde vom 13. 3. bis 27. 11. 1939 veröffentlicht. Es wurden Trübungsmessungen, P-, Si-, Nitrit-N- und Chlorophylluntersuchungen sowie Temperatur- und Salzgehaltsbestimmungen vorgenommen.

2. Diese Untersuchungen ergeben in dem angegebenen Beobachtungszeitraum für die Station IB. einen herbstlichen Hochstand von etwa 1,00—1,20 mg-Atom P, 35,0 mg-Atom Si, 0,60 mg-Atom Nitrit-N/m³ und ein sommerliches Minimum von 0,30 mg-Atom P, 12,00 mg-Atom Si, 0,20 bzw. 0,04 mg-Atom Nitrit-N/m³. Die entsprechenden Daten für die Station L. lauten im Herbst: 0,60—0,80 mg-Atom P, 25,0—30,0 mg-Atom Si und 0,30 mg-Atom Nitrit-N/m³ und im Sommer: 0,10 mg-Atom P, 7,0—9,0 mg-Atom Si und 0,0 mg-Atom Nitrit-N/m³. Die Ursachen für diese Unterschiede sind zu suchen, a) im Zufluß der Schwentine und b) in den Abwässern

der die Förde umfassenden menschlichen Siedlungen. Die Mittelwerte für die Trübung sind für beide Stationen etwa gleich mit 115 Einheiten für die Station IB. und 113 Einheiten für die Station L.

3. Das Chlorophyll zeigt ein dreiteiliges sommerliches Maximum. Davon finden der Frühjahrs- und Herbstteil eine Erklärung in starken Planktonwucherungen. Das hochsommerliche Maximum kann durch das Mesophytoplankton nicht erklärt werden. Es ist wahrscheinlich auf das Nannoplankton zurückzuführen. Sonst besteht gute Übereinstimmung zwischen Phytoplanktonvolumen und Chlorophyllwerten. Eine allgemein gültige Verhältniszahl kann nicht gegeben werden.

4. Durch Vergleich mit gleichzeitigen Untersuchungen in der freien Ostsee wird wahrscheinlich gemacht, daß das hochsommerliche Maximum nur eine lokale Erscheinung der Kieler Förde ist, die vielleicht durch Stillwasserplanktonformen bedingt ist.

5. Im großen Verlauf gesehen, fallen hohe Chlorophyllwerte mit niedrigen Nährstoffwerten zusammen. Nur im Herbst zeigen sich an der Außenstation hohe P-Werte mit relativ hohen Chlorophyllwerten gekoppelt.

6. Insgesamt ist die Innenförde eutropher als die Außenförde und diese wieder stärker eutroph als die freie westliche Ostsee. Das zeigt sich sowohl in den Planktonnährstoffen als auch im Chlorophyllgehalt.

Literaturverzeichnis.

1. COOPER, L. H. N.: Phosphate in the English Channel, 1933—38, with a Comparison with earlier Years, 1916 and 1923—32. Journ. Mar. Biol. Assoc., Vol. XXIII, 1. 1938.
2. KALLE, K.: Die Bestimmung des Gesamtphosphorgehaltes, des Planktonphosphorgehaltes und Trübungsmessung. Ann. d. Hydrogr. und Marit. Meteor., Bd. 63, 1935.
3. —: Nährstoffuntersuchungen als hydrographisches Hilfsmittel zur Unterscheidung von Wasserkörpern. Ann. d. Hydrogr. und Marit. Meteor., Bd. 65, 1937.
4. KÄNDLER, R. und WATTENBERG, H.: Einige Ergebnisse der Untersuchungsfahrten mit dem RFD. „Poseidon“ in der westlichen Ostsee 1938. Ber. d. D. wiss. Komm. f. Meeresf., N.F., Bd. IX, 1939.
5. KREY, J.: Die Bestimmung des Chlorophylls in Meerwasserschöpfproben. Journ. du Conseil, Vol. XIV, 2. 1939.
6. LOHMANN, H.: Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. Wiss. Meeresunters., Abt. Kiel, N.F., Bd. X, 1908.
7. RILEY, GORDON A.: Plankton Studies. II. The Western North Atlantic, May—June, 1939. Journ. of Marine Research, Vol. II, 2. 1939.
8. UTERMÖHL, H.: Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. Verhandl. d. Int. Vereinig. f. theor. u. angew. Limnol. Bd. V. 1937.
9. WATTENBERG, H. und MEYER, HELGA: Der jahreszeitliche Gang des Meerwassers an Planktonnährstoffen in der Kieler Bucht im Jahre 1935. Kieler Meeresf. Bd. I. 1936.
10. —: Critical Review of the Methods used for Determining Nutrient Salts and related Constituents in Salt Water. Rapp. et Proc.-Verbeaux de Réunions, Vol. CIII. 1937.
11. ZECHMEISTER, L. und v. CHOLNOKY, L.: Die chromatographische Adsorptionsmethode. Wien. 1938.