

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.

Gesamtkohlenstoff und Mikrobiomasse in der Ostsee im Mai 1962¹⁾

Von JOHANNES KREY und KARL-HEINZ SZEKIELDA

Total Carbon and Microbiomass in the Baltic in May 1962 (Summary): Along a section through the Baltic from the Belt Sea to the Landsort Deep during May 1962 investigations have been carried out concerning the progress of the spring bloom of the phytoplankton. This was met in its extreme in the Gotland basin with high mean values of chlorophyll and microbiomass up to 3,0 $\mu\text{g Chl/l}$ resp. 179 $\mu\text{g Mb/l}$ in the surface layer. The percentage of detritus increases generally from SW to NE as a consequence of digestion and sedimentation processes and those of primary production. The concentration of the total organic carbon depends as well on the high quantity of allochthonous humic substances which originates from the freshwater inflow as from autochthonous organic substances which have recently been built up by the spring bloom. The quantity of organic carbon ranges between 2020 and 4630 $\mu\text{g C/l}$. The average values amount at the surface layer to 3680 $\mu\text{g C/l}$ and at the deep layer to 3050 $\mu\text{g C/l}$. This is caused for a good deal by the high concentration of humic substances in the surface layer.

Die Mikrobiomasse (= Mb) und der organisch gebundene Kohlenstoff sind Ausdruck des Fließgleichgewichts zwischen Assimilations-, Akkumulations- und Mineralisationsvorgängen. Mit diesen Größen werden sehr wesentliche Glieder des Stoffkreislaufes im Meere erfaßt, ja, man kann die Hoffnung hegen, daß hierdurch analytisch relativ leicht faßbare Größen gewonnen werden, welche für bestimmte Gebiete, Tiefenzonen und Zeiten charakteristisch sind. Bereits in einer früheren Abhandlung (KREY, 1956) wurde eine Klassifizierung verschiedener Wasserkörper auf Grund ihres Gehalts an Mb vorgeschlagen. Dabei wurde ausdrücklich darauf hingewiesen, daß man hierfür Mittelwerte von längeren Zeiträumen verwenden muß. Zumindest sollen wiederholte Messungen die Klassifizierung aus der Zufallssituation, wie sie durch die heterogene räumliche Verteilung gegeben ist, herausheben.

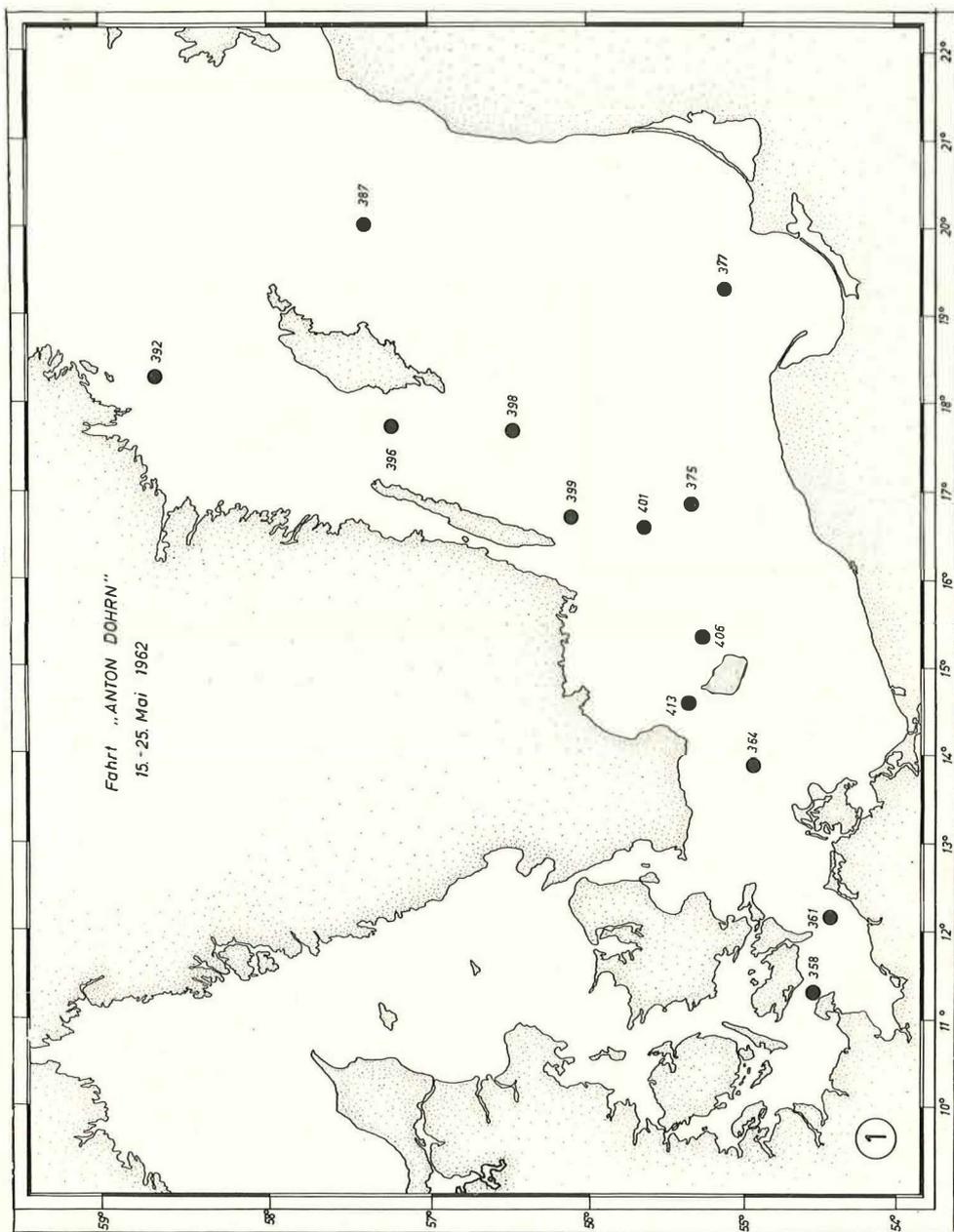
Hier sei über Ergebnisse einer Einzelfahrt auf „Anton Dohrn“ (Abb. 1) im Mai 1962 berichtet und diese mit einer ähnlich geführten im August 1956 verglichen. Die wichtigsten hier angewendeten Methoden sind in den Arbeiten von KREY, BANSE und HAGMEIER (1957), WELLERSHAUS (1963) und KREY und SZEKIELDA (1965) beschrieben. Als wichtigste Vorarbeit sei zunächst die von St. WELLERSHAUS (Diss. 1963) hervorgehoben, in der der jahreszeitliche Ablauf der Neubildung von Wasserkörpern im Bornholmbecken ausführlich behandelt wird.

Unsere Beobachtungen beschränken sich auf die nahezu homohaline Deckschicht, innerhalb der sich während der Beobachtungszeit erst eine Zweiteilung in warmes Oberflächenwasser und kaltes Winterwasser vollzieht. Dieser Prozeß ist naturgemäß im Westen des Untersuchungsgebiets stärker fortgeschritten als im Osten. Damit deuten sich die Ursachen für eine heterogene biologische Entwicklung an, die in dem Sinne

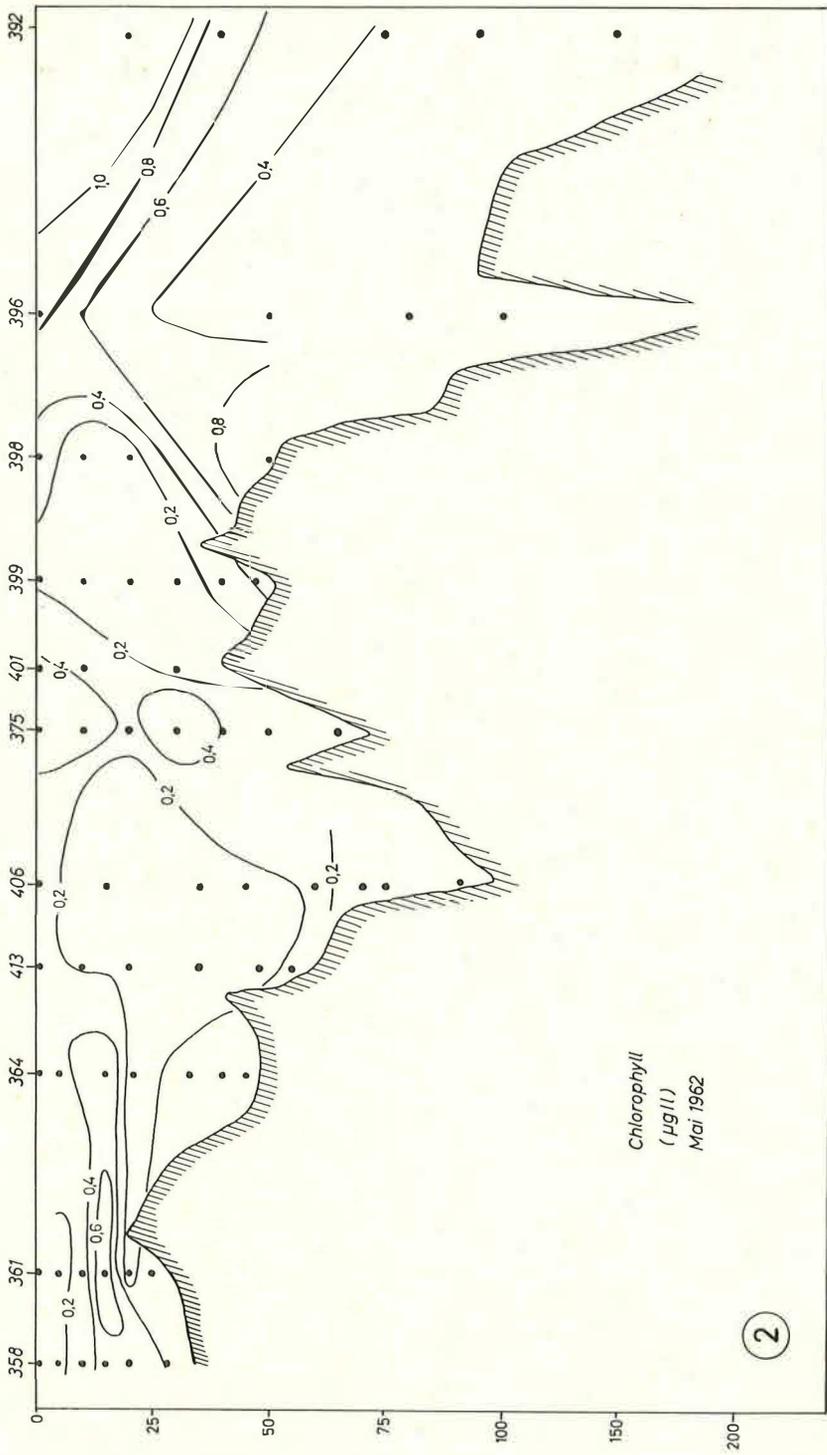
¹⁾ Der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung sei auch hier für die vielseitige Unterstützung der Arbeit gedankt.

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 1)

Abb. 1: Stationskarte der Untersuchungsfahrt von „Anton Dohrn“ im Mai 1962.



Tafel 1 (zu J. Krey u. K.-H. Szekiela)



Tafel 2 (zu J. Krey u. K.-H. Szekiolda)

verläuft, daß wir — abgesehen von der Beltsee — im Westen eine relativ weitgehend abgeklungene Entwicklung der Frühjahrsblüte beobachten. Dabei sind Minimumgebiete mit Werten $< 0,1 \mu\text{g Chl/l}$ auf der Station 413 und 406 festzustellen (s. Abb. 2). Weiter nach Osten folgt ein kleines Maximumgebiet am O-Rand des Bornholmbeckens (Stat. 375 und 401) und ferner eine anscheinend großräumige Entfaltung der Frühjahrsblüte, die an hohen Chlorophyllwerten der Stationen 396, 392 und vor allem 387 beobachtet werden kann, wobei ein Maximalwert von $3,5 \mu\text{g Chl/l}$ an der Oberfläche besonders hervortritt.

Man könnte erwarten, daß der Gehalt an Mb während der Frühjahrsblüte mit dem des Chlorophyll parallel geht. Das ist aber nur in recht begrenztem Maße der Fall. So zeigt sich ein Maximalgebiet der Mb-Konzentration nur im NO-Teil des Schnittes sowie auf der Station 387, also im Gebiet der lebhaften Frühjahrsblüte (s. Abb. 3). Dagegen kann man im Bornholmbecken (Stat. 406 und 375) nebeneinander sowohl eine gewisse Parallelität (Stat. 375) als auch eine Gegenläufigkeit (Stat. 406) in der Konzentration von Chlorophyll und Mb in der Deckschicht beobachten. Eine Erklärung dafür kann in unterschiedlichen Verwertungsprozessen der Frühjahrsblüte gesucht werden, für die wir jedoch keine Belege haben. Dagegen decken sich die westlichen Minimalgebiete für Chlorophyll und Mb relativ gut.

So ergibt sich aus der Analyse dieser beiden Größen das folgende Bild: Die Frühjahrsblüte ist von SW nach NO gewandert und wurde in voller Ausbildung im Gotlandbecken getroffen. Dort sind auch hohe Werte der Mb in den oberen Teilen der homohalinen Deckschicht zu bemerken. In den Gebieten, in denen die Frühjahrsblüte bereits überstanden ist, haben entweder Mineralisations- und Akkumulationsprozesse oder der passive und aktive Vertikaltransport für eine weitgehende Verminderung der Phytoplanktonbestände und der Konzentration an Mb gesorgt.

Die Verteilung der durch relativ komplexe Vorgänge verursachten hohen Konzentration von organisch gebundenem Kohlenstoff und von Seston läßt sich nicht auf das Fortschreiten der Frühjahrsblüte zurückführen. Wenn wir z. B. in Abb. 4 zwei relativ eng begrenzte Wasserkörper mit Konzentrationen von über $5\text{--}6 \text{ mg}$ organisch gebundenem Kohlenstoff beobachten, so stehen zur Erklärung dieser Werte wenige biologische Meßgrößen zur Verfügung. Man kann diese Erscheinungen wohl nur durch verschiedene Konzentration der mit Süßwasserzuflüssen eingebrachten „Gelbstoffe“ in Zusammenhang bringen. Eine Erklärung durch autochthone biologische Prozesse würde jedenfalls weder durch Verteilung des Chlorophylls noch der Mb eine Stütze finden.

Die Erklärung der Sestonverteilung in der Deckschicht fordert wegen der andersartigen Entstehung dieser Meßgröße wieder andere Überlegungen (s. Abb. 5). Während man im offenen Ozean davon ausgehen kann, daß das Seston allein aus biologischer Substanz und ihren Umformungsprodukten besteht, liegen die Verhältnisse in der Ostsee durch die Landnähe, durch die flachen Bänke sowie besonders durch die Zufuhr von relativ großen Mengen von Flußwasser wesentlich anders. Die Komponenten des Sestons lassen sich in solche biogenen und minerogenen Ursprungs teilen. Hier ist allein im Gebiet der Station 387 und 392 eine wohl wesentlich biologisch bedingte Erhöhung der Sestonwerte festzustellen. Das einheitliche Maximumgebiet in $20\text{--}40 \text{ m}$ im Bornholmbecken kann auch noch durch die in Sedimentation begriffene Frühjahrsblüte erklärt werden. Bei einer mittleren Sinkgeschwindigkeit von 1 m/Tag hätte in diesem Gebiet bei ausschließlich passivem Transport die Blüte vor $3\text{--}6$ Wochen stattgefunden.

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 2)

Abb. 2: Verteilung des Chlorophyllgehaltes auf einem Schnitt von Fehmarnbelt bis Landsort Tief. (Angaben in $\mu\text{g/l}$)

Da jedoch nur in begrenztem Maße eine örtliche Erhöhung des Chlorophyllgehalts im Seston (Abb. 6) an dieser Stelle beobachtet wurde, kann man hier sowohl einen aktiven Transport durch Zooplankton mit gleichzeitiger Umsetzung in körpereigene Substanz als auch einen passiven Transport von Detritus aus der Schicht von 0—10 m vermuten. Die hohen Sestonwerte der Bodenschicht sind zweifellos stark durch Bodenmaterial bedingt.

Eine Zusammenfassung der Meßdaten ist in der Tab. 1a und b mit Berechnungen verschiedener abhängiger Größen gegeben. Dabei kommt besonders klar zum Ausdruck, daß in der temperaturbegrenzten Deckschicht die Mittelwerte für alle gemessenen Größen im Gotlandbecken (= Stat. 387) ihre Höchstwerte finden. Das Verhältnis Mb/Chl liegt hier wie auf den beiden Nachbarstationen in der mittleren Ostsee niedrig. Das ist aber ein Ausdruck dafür, daß wir es hier mit einem jungen Bestand zu tun haben. Bei einem völlig reinen Phytoplanktonbestand kann diese Relation zwischen Werten von 10—20 liegen. Die Detritusberechnungen ergeben für die Deckschicht vorwiegend westlich gelegener Stationen relativ niedrige Anteile am Seston, wobei bemerkt werden muß, daß diese Berechnungen nur den minimalen Detritusgehalt berücksichtigen. Andererseits ist der hohe Detritusanteil im Seston in dem Gebiet der ausgesprochenen Frühjahrsblüte auffällig. Man kann daraus folgern, daß die Phytoplanktonblüte bereits von den Vegetariern unter den Zooplanktern genutzt worden ist.

Die Zusammenfassung der Beobachtungen der salzbegrenzten Tiefenschicht (Tab. 1b) zeigt für alle unmittelbar gemessenen Daten mit Ausnahme des organischen Kohlenstoffs wesentlich höhere Werte. Diese letzte Tatsache deutet wiederum darauf hin, daß viel organisch gebundener Kohlenstoff mit dem Flußwasser — wohl als Gelbstoff — eingetragen worden ist. Erwartungsgemäß liegt in dieser Schicht auch die Relation Ew/Chl fast ausnahmslos höher, was nur so zu deuten ist, daß das Phytoplankton einen geringeren Anteil an der Gesamt-Mb nimmt. Die Werte für den Detritus liegen fast immer wesentlich höher, was sowohl auf Abbauvorgänge wie auf Aufwirbelung von Bodenmaterial zurückgeführt werden muß. Dementsprechend findet man auch eine beträchtliche Erhöhung des Anteils des Detritus am Seston.

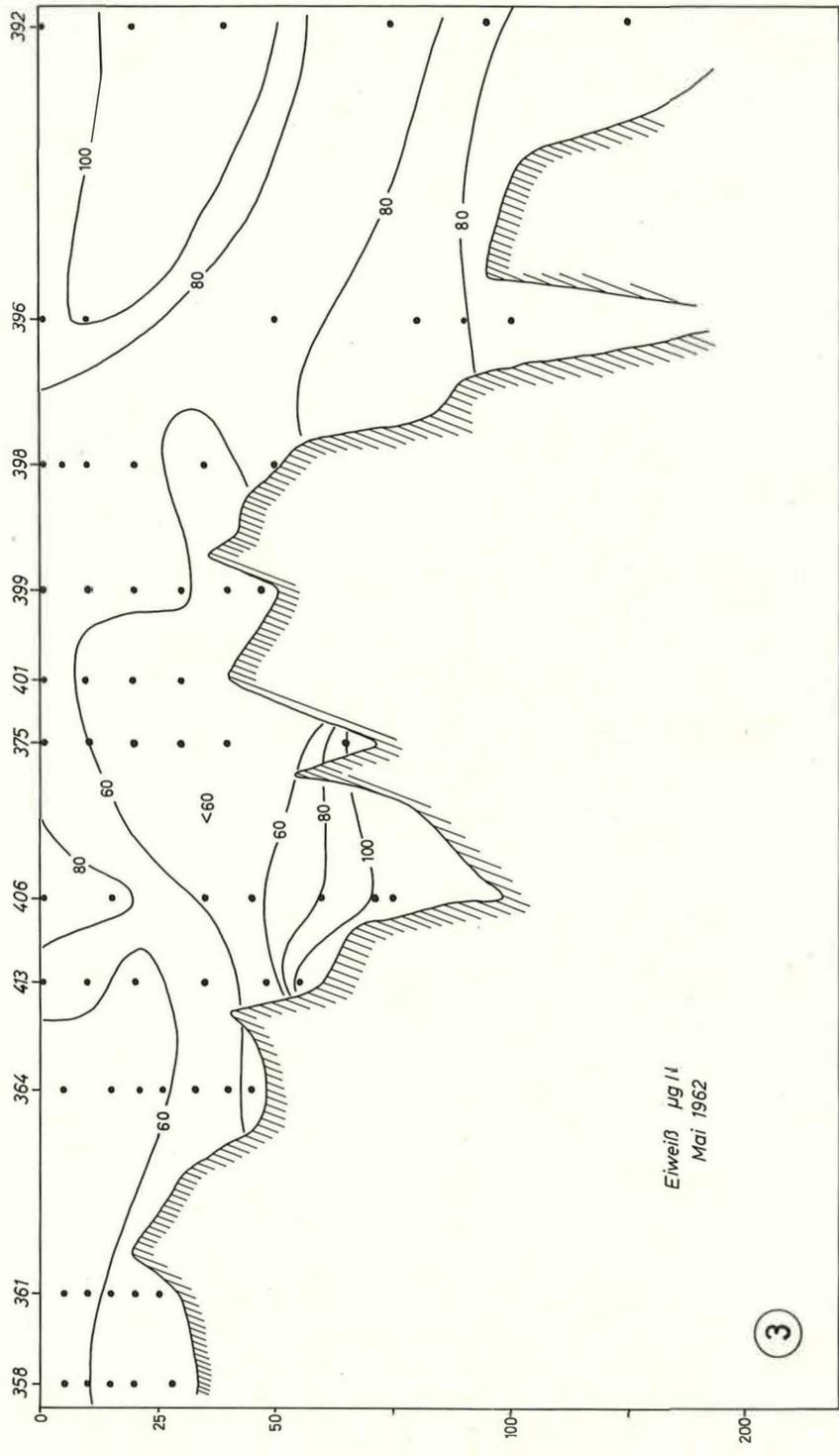
Tabelle 1

a) Mittelwerte Deckschicht Ostsee Mai 1962 (Angaben in $\mu\text{g/l}$)

Stat.	Chl.	Mb	Mb/Chl.	Sest.	Detr.	% Detr.	$\Sigma\text{C—Mb}$	Mb
358	0,2	47	235	460	364	79	2 020	42
361	0,2	50	250	260	135	51	3 580	71
364	0,4	44	110	180	70	39	4 630	104
375	0,6	74	123	450	265	59	4 440	59
377	1,2	63	53	760	602	79	2 610	40
387	3,0	179	60	1 550	1 102	71	4 670	25
392	1,8	96	53	1 290	1 040	80	3 850	39
396	0,8	101	126	470	217	46	3 260	31
399	0,1	68	680	280	110	39	3 420	49
401	0,3	47	157	310	192	62	4 010	84
406	0,2	92	460	320	90	28	4 560	49
413	0,2	64	320	230	30	30	3 130	48

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 3)

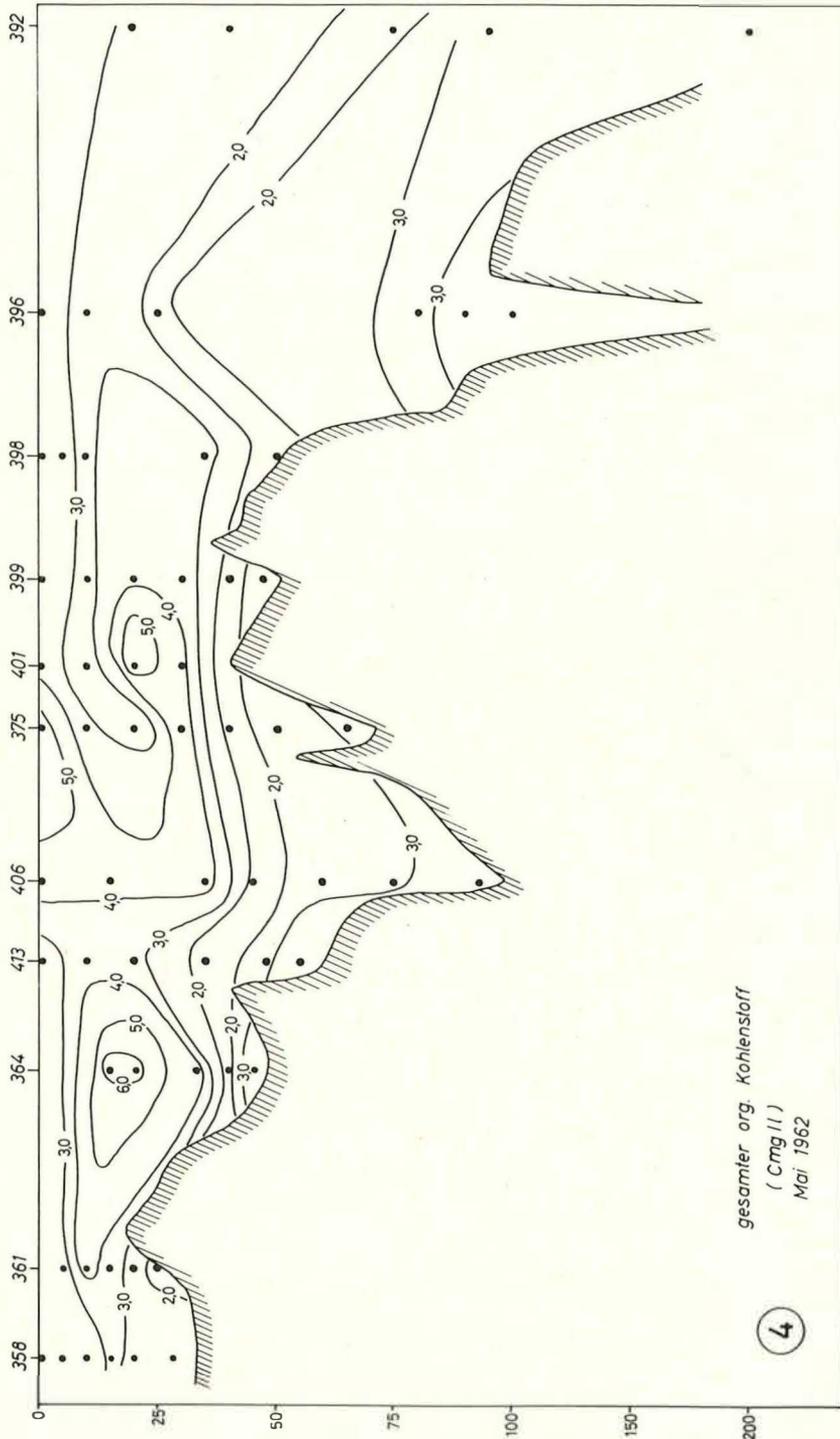
Abb. 3: Verteilung des Gehaltes an Mikrobiomasse auf einem Schnitt von Fehmarnbelt bis Landsort Tief. (Angaben in $\mu\text{g/l}$)



Etwelß µg/l
Mai 1962

3

Tafel 3 (zu J. Krey u. K.-H. Szekiolda)



Tafel 4 (zu J. Krey u. K.-H. Szekiolda)

b) Mittelwerte Tiefenschicht Ostsee Mai 1962

358	0,5	123	246	790	472	50	2 870	22
361	0,3	69	230	520	347	66	2 610	37
364	0,3	62	210	430	275	64	3 350	53
375	1,4	96	670	5 300	5 060	96	3 260	32
377	0,3	88	293	880	660	75	3 720	41
387	0,3	43	143	390	282	72	1 870	42
392	0,1	59	590	350	202	58	3 670	61
396	0,2	74	370	340	155	46	1 570	20
406	0,1	100	1 000	840	590	70	3 320	32
413	0,3	115	383	550	262	48	4 300	36

Die Berechnungen des Verhältnisses zwischen dem organisch gebundenen Kohlenstoff (abzüglich der Mb) und der Mb führt in beiden Tabellen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Wenn man die Mb allein für die Bildung von organischem Kohlenstoff als Detritus und gelöste organische Substanz verantwortlich machen will, dann dürfte man eine derartig weite Spanne von 20—104 µg C/l kaum erwarten. Hier wird die komplexe Herkunft des gesamten organisch gebundenen Kohlenstoffs besonders deutlich. Während auf Station 387 in der Deckschicht diese Relation am niedrigsten ist — vermutlich weil die Mb (das Phytoplankton) einen besonders hohen Wert hat — liegt sie in jenen Gebieten, in denen die Frühjahrsblüte abgeklungen ist, meist sehr hoch (> 40). Leider lassen sich wegen der unbekanntenen minerogenen Anteile des Detritus keine Berechnungen für den gelösten organischen Kohlenstoff aufstellen.

Schließlich sei noch ein Vergleich mit der Untersuchung von BANSE (1957) und WELLERSHAUS (1963, 1964) gezogen (Tab. 2): Während die Chlorophyllwerte für die Deck- und Tiefenschicht in allen drei Beobachtungsabschnitten sehr ähnlich sind, ergeben sich erhebliche Unterschiede im Gehalt an Mb. Hier wird nicht nur der jahreszeitliche Gang in der Entwicklung der einzelnen Größen wirksam sein, sondern auch die besonders in der Kieler Bucht beobachteten Unterschiede in der Entwicklung der Mb in einzelnen Gebieten und Jahren.

Tabelle 2
Mittelwerte für Chlorophyll, Mikrobiomasse und Seston
in der Ostsee (Angaben in µg/l)

Autor		Chlorophyll	Mb	Seston
BANSE (August 1956) östl. Bornholm	WD	0,9	29	240
	T	0,2	10	220
WELLERSHAUS (April und Juni 1960)	WD	1,0	38	520
	T	1,3	30	310
	T	0,1	(54)	450
KR / Sz (Mai 1962) nur O v. Bornholm	WD	0,9	102	600
	T	0,3	73	780

(WD = warme Deckschicht, T = Tiefenschicht)

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 4)

Abb. 4: Verteilung des Gehaltes des organisch gebundenen Kohlenstoffs auf einem Schnitt von Fehmarnbelt bis Landsort Tief. (Angaben in mg/l)

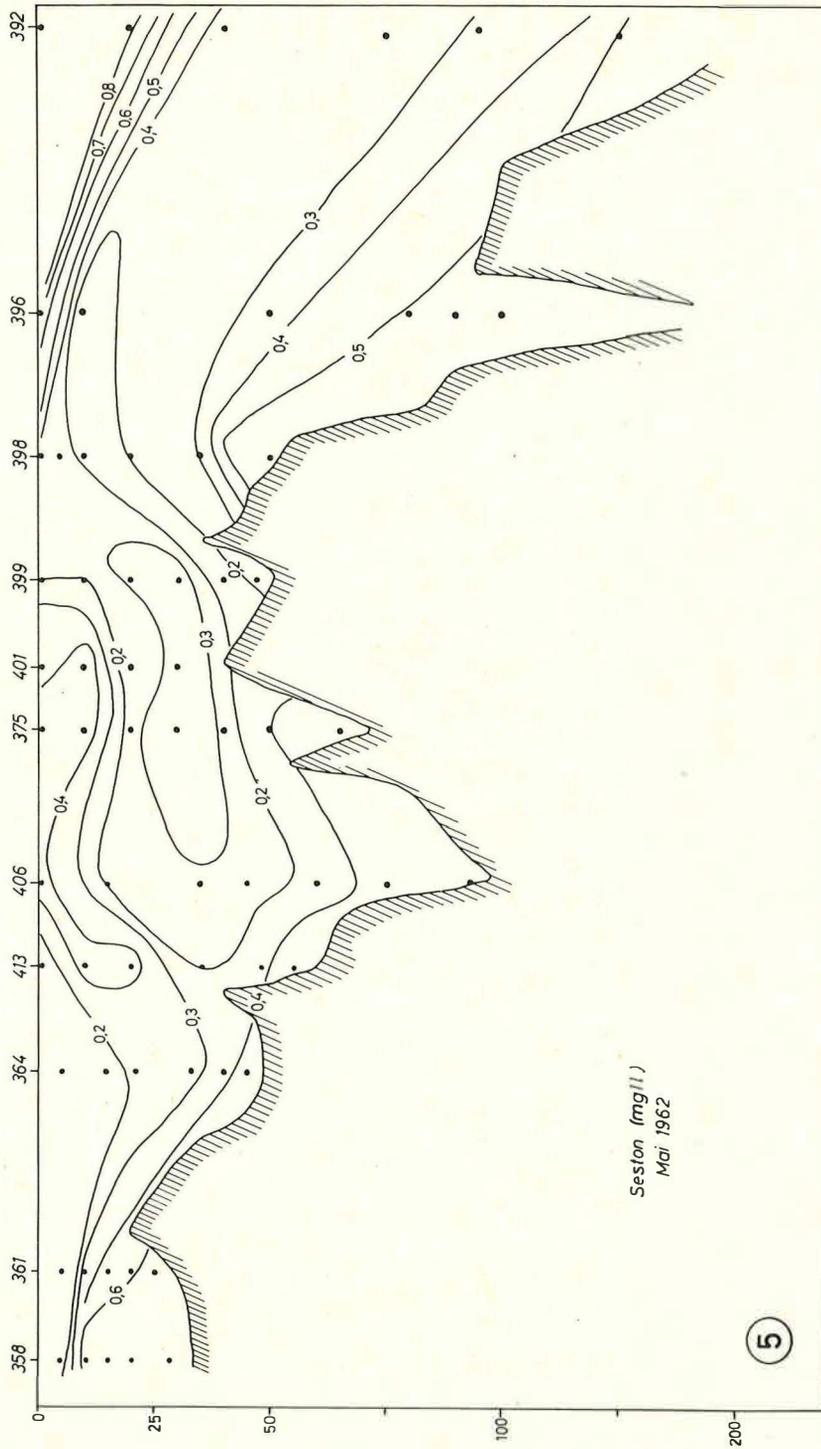
Tabelle 3

Analysendaten der Fahrt „Anton Dohrn“ 15.—25. Mai 1962
Angaben für Mikrobiomasse und Chlorophyll in $\mu\text{g/l}$,
für Seston und ΣC in mg/l

St. Nr.	m	Chlor	Mb	Sest.	ΣC	St. Nr.	m	Chlor	Mb	Sest.	ΣC	
358	5	0,14	35,5	0,27	2,61	392	150	0,06	50	0,54	4,44	
	10	0,28	57,5	0,65	1,44		250	0,14	58	0,23	3,26	
	15	0,52	189,5	0,71	3,39		350	0,28	45,5	0,37	6,00	
	20	0,48	97,5	0,95	2,48		430	0,01	56		2,87	
	28	0,38	81,5	0,73	2,74		396	0,5	0,92	96	0,76	4,43
361	5	0,14	66,5	0,13	2,74	10		0,64	105	0,17	2,08	
	10	0,28	32,5	0,39	4,43	50		0,20	65	0,34	1,96	
	15	0,76	109,5	0,49	3,39	80		0,38	104	0,48	3,52	
	20	0,14	58	0,38	2,87	90		0,34	80	0,27	1,30	
	25	0,28	90,5	0,69	1,57	100	0,12	68	0,41	1,83		
364	5	0,38	42	0,18	3,00	398	0,5	0,30	50	0,39	2,74	
	15	0,46	45	0,18	6,26		5		69,5	0,38	3,39	
	21	0,14	39	0,35	6,13		10	0,14	64,5	0,09	2,61	
	33	0,26	70,5	0,38	4,31		20	0,14	66	0,21	4,30	
	40	0,28	69	0,25	1,96		35		57	0,30	3,65	
	45	0,62	47,5	0,66	3,78		50	1,62	114	1,02	1,17	
375	0,5	0,48	74	0,43	5,74	399	9,5	0,14	64,5	0,20	3,65	
	10	0,76	—	0,46	3,13		10	0,14	73,5	0,28	2,61	
	20	0,28	49	0,23	2,35		20	0,14	62	0,32	3,78	
	30	0,68	39,5	0,47	4,57		30	0,14	73,5	0,34	3,65	
	40	0,38	45,5	0,18	1,83		40	0,30	57,5	0,13	1,69	
	50	0,62	—	0,38	2,22		47	0,38	43,5	0,23	2,35	
	65	1,36	96	5,30	3,26		401	0,5	0,44	74	0,37	3,65
	377	0,5	1,70	76,5	1,04			3,26	10	0,30	56	0,43
20		0,68	49	0,47	1,96	20			58	0,11	6,00	
40		0,62	43	0,30	3,39	30		0,06	48,5	0,33	4,17	
70		0,28	167	0,05	2,87	50		0,14	52	0,14	3,26	
80		0,28	55,5	0,39	3,39	63		0	44,5	0,18	2,35	
88		0,46	90,5	1,24	4,04	406	0,5	0,24	86,5	0,42	4,83	
98	0,21	118	1,00	—	15		0,06	96,5	0,22	4,30		
387	0,5	3,50	231,5	2,63	4,56		35	0,06	53,5	0,28	4,43	
	10	2,48	127	0,46	3,78		45	0	54,5	0,13	1,83	
	30	0,68	72	0,45	3,26		60	0,24	79,5	0,25	2,22	
	70	0,38	163,5	0,30	4,04	71	0,14	99,5	0,57			
	85	0,22	41,5	0,39	1,17	75	0,14	74,5	0,59	2,74		
	150	0,10	35	0,08	1,96	93	0	146	1,14	5,09		
	200	0,44	53	0,69	2,49	413	0,5	0,24	76	0,19	2,74	
	392	0,5	—	62	1,74		4,96	10	0,14	64,5	0,48	3,39
20		1,78	129,5	0,83	2,74		20	0,21	52	0,42	3,26	
40		0,70	156,5	0,35	2,74		35	0	75,5	0,20	1,44	
75		0,35	61	0,37	1,30		48	0,06	53,5	0,31	2,61	
95		0,01	82	0,26	4,17		55	0,28	115	0,55	4,30	

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 5)

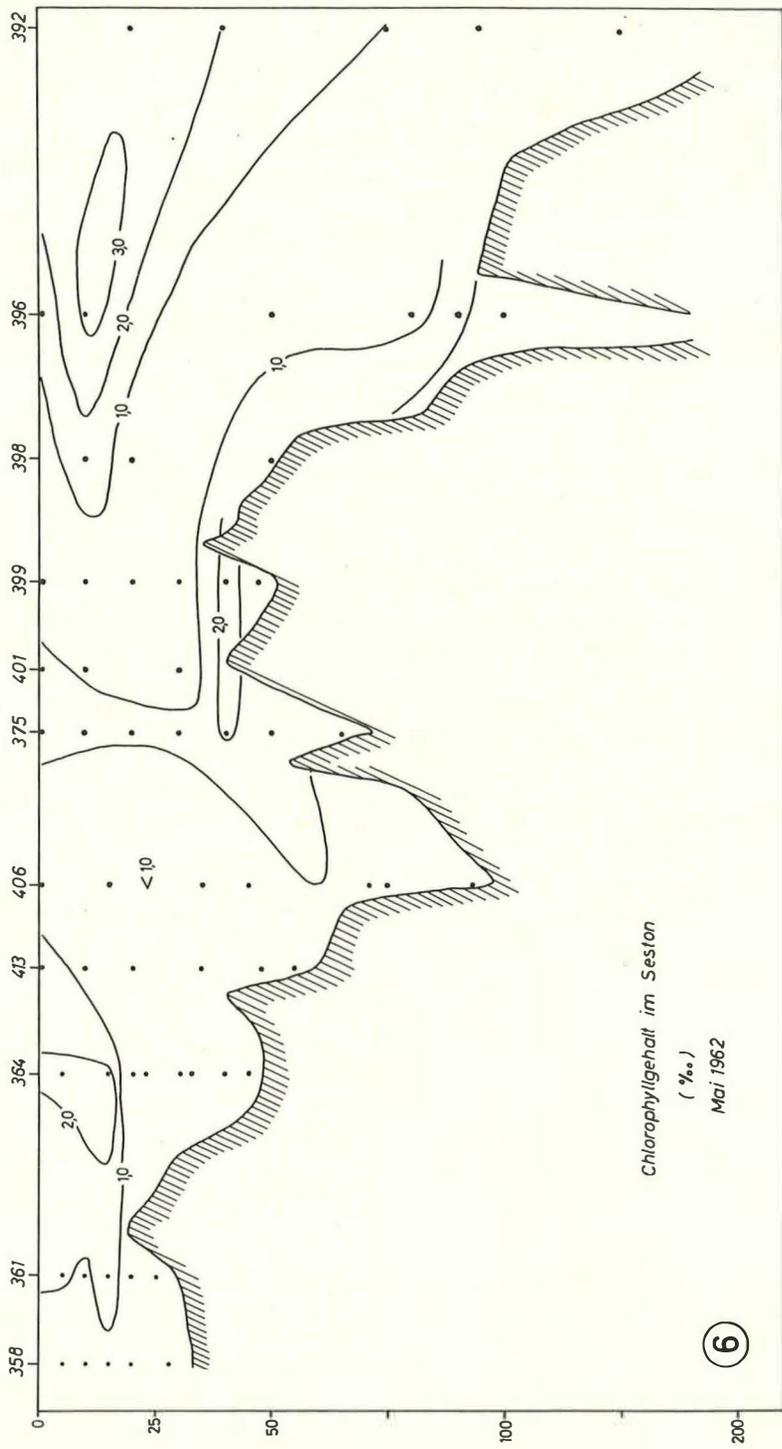
Abb. 5: Verteilung des Sestongehaltes auf einem Schnitt von Fehmarnbelt bis Landsort Tief.
(Angaben in mg/l)



Seston (mg/l)
Mai 1962

5

Tafel 5 (zu J. Krey u. K.-H. Szekiolda)



Tafel 6 (zu J. Krey u. K.-H. Szekiolda)

Angaben über die Änderung der Seston-Zusammensetzung können prinzipiell nur dann gemacht werden, wenn mindestens ein Parameter zusätzlich zum Seston-Gehalt gemessen wird (Tab. 3). Wechselnde Konzentration einzelner Komponenten im Seston sind vorwiegend folgendermaßen bedingt:

1. durch die verschiedenen Artenzusammensetzung des Phytoplanktons;
2. durch den Einfluß oder Vermischung verschiedener Wasserkörper und
3. durch den unterschiedlichen Abbau der einzelnen organischen Verbindungen im Seston.

Besonders die letzte Ursache soll hier näher betrachtet werden. Sie wird sich einschneidend bemerkbar machen, wenn das Seston mit seinen lebenden Bestandteilen aus der euphotischen Zone entweder durch Sedimentation oder durch vertikale Austauschprozesse in Tiefen gebracht wird, in denen die Assimilation durch Lichtmangel unterbunden wird, oder aber das Nährstoffangebot aufgebraucht ist und die Planktonorganismen absterben.

Da das Chlorophyll eine wenig beständige Verbindung ist im Vergleich zu den Hauptbestandteilen des Sestons (Eiweiß, Fette usw.), muß der Gehalt an Chlorophyll im Seston, sobald die Organismen abgestorben sind und die Urproduktion eingestellt ist, abnehmen. Dies ist aus den unterschiedlichen Abbaugeschwindigkeiten der einzelnen Substanzklassen verständlich. Wir finden auch in den Bodenwasserschichten während unserer Untersuchungen einen niedrigeren Anteil des Chlorophylls im Seston als in den oberen Zonen.

In der Abb. 6 können wir drei Hauptgebiete mit relativ hohen Chlorophyllanteilen im Seston erkennen, die auch in die Gebiete fallen, in denen ein stärkerer Vertikalaustausch vermutet werden kann, also nährstoffreiche Gebiete darstellen.

Nach der Frühjahrsblüte wird sich in der Deckschicht meistens ein Gleichgewichtszustand zwischen der Bildung und dem Abbau des gelösten organischen Materials einstellen. In der Tiefenschicht wird dagegen der Abbau des organischen gelösten Anteils überwiegen. Vergleicht man unter diesen Gesichtspunkten die gesamten gemittelten Werte des organischen Kohlenstoffs aus der Deckschicht mit denen der Tiefenschicht, so erkennt man die niedrigeren Konzentrationen von 3050 $\mu\text{g C/l}$ im Vergleich zur Deckschicht mit 3680 $\mu\text{g C/l}$.

Literaturverzeichnis

BANSE, K. (1957): Ergebnisse eines hydrographisch-produktionsbiologischen Längsschnittes durch die Ostsee im Sommer 1956. II: Die Verteilung von Sauerstoff, Phosphat und suspendierter Substanz. Kieler Meeresforsch., vol. XIII, 186—201. — KREY, J. (1956): Die Trophie küstennaher Meeresgebiete. Kieler Meeresforsch., vol. XII, 46—64. — KREY, J., BANSE, K., HAGMEIER, E. (1957): Über die Bestimmung von Eiweiß im Plankton mittels der Biuretreaktion. Kieler Meeresforsch., vol. XIII, 35—40. — KREY, J., SZEKIELDA, K.-H. (1965): Bestimmung des organisch gebundenen Kohlenstoffs im Meerwasser mit einem neuen Gerät zur Analyse sehr kleiner Mengen CO_2 . Z. anal. Chem., vol. CCVII, 338—346. — WELLERSHAUS, ST. (1963): Die Winterwasserschicht im Bornholmbecken. Diss. Kiel 1963. — WELLERSHAUS, ST. (1954): Die Schichtungsverhältnisse im Pelagial des Bornholmbeckens. Kieler Meeresforsch., vol. XX, 148—156.

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 6)

Abb. 6: Verteilung des Chlorophyllgehaltes des Seston auf einem Schnitt von Fehmarnbelt bis Landsort Tief. (Angaben in ‰)