

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.

Aus dem Institut für Meereskunde an der Universität Kiel

Der Jahresgang des Zooplanktons in der Kieler Bucht I. Das Verdrängungsvolumen¹⁾

Von ALAJOS MÜLLER

Zusammenfassung: In den Jahren 1970/71 wurden an Terminstationen in etwa vier Wochen Abstand mit zwei Geräten Planktonproben entnommen: das Bongo-Gerät filterte die gesamte Wassersäule gleichzeitig mit zwei Netzen von 300 μ und 500 μ Gaze. Das Neuston-Gerät befischte nur die obere 35 cm tiefe Wasserschicht mit zwei Netzen, beide mit 500 μ Gaze. Aus den Fängen des 300 μ Netzes wurde das Zooplankton volumemäßig bestimmt und die Resultate der Fangreisen auf Verbreitungskarten in ml Verdrängungsvolumen/100 m³ gefilterten Wassers dargestellt. Das typische Bild der Verbreitung ist die wolkenartige Verteilung des Planktons. Es wurde die Vermutung geäußert, daß es in der Kieler Bucht kein ungestörtes Planktonwachstum über längere Zeit hin wegen der kurzfristigen hydrographischen Veränderungen geben kann. Eine Umrechnung vom Verdrängungsvolumen in Trockengewicht wurde vorgenommen. Der Anteil an Trockensubstanz während der Untersuchungszeit betrug im Mittel 14,2%, es handelte sich überwiegend um Copepodenplankton.

Seasonal change of zooplankton in Kiel Bay. I. Displacement volume (Summary): In 1970/71 plankton samples were taken every four weeks on a 6 sm station grid in Kiel Bay. A Bongo net supplied with 300 μ and 500 μ gauze was used for sampling the water column (oblique hauls). Simultaneously a neuston net (500 μ gauze) collected surface plankton. The samples of the 300 μ Bongo net were used to determine displacement volumes of zooplankton. The distribution of zooplankton vol./100 m³ water of each cruise is given in distribution maps. Small patches seem to be the characteristic distribution of zooplankton in Kiel Bay. It is assumed that the short term hydrographical changes do not allow the undisturbed development of plankton populations. The displacement volume has been converted into dry weight. The average amount of dry substances during the sampling period was 14,2%. The plankton consisted mainly of Copepods.

1. Einleitung

Unsere Kenntnisse über das Plankton der Kieler Bucht, in engerem Sinne über das Netzplankton, fußen auf den ersten Arbeiten der Preußischen Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere. Ihre Forschungen sollten in erster Linie der Fischerei dienen. Hieraus entwickelte sich jedoch bald ein weites Feld der meereskundlichen Forschung, in welchem die Kommission koordinierende Aufgaben übernahm.

Während der „Pommerania-Expedition 1871“, der ersten Forschungsfahrt der Kommission in die Ostsee, wurden physikalische Grundbedingungen für das organische Leben im Meer erforscht. Verbreitung, Nahrung, Fortpflanzung und Wanderung der Organismen sollten Auskunft über die Ertragsfähigkeit des Meeres geben. In biologischen Fragen konnte die Expedition nur allgemeine Feststellungen treffen. Im Interesse der Fischerei hielt es HENSEN (1873) für notwendig, „aus der Häufigkeit des Fischlaichs und der Embryonen im Laufe der Jahre vergleichende Erfahrungen über die Häufigkeit, Größe, Zunahme und Abnahme der Fische zu machen“. HENSEN (1884) stellte erste Berechnungen an über die mögliche Anzahl treibender Fischeier in der Eckernförder Bucht anhand von Anlandungsstatistiken und Eierzählungen in Fischovarien. Es gelang ihm, die Ergebnisse mit einem neu konstruierten Vertikalnetz zu untermauern. Die Arbeit von HENSEN (1887) war der Beginn quantitativer Planktonforschung. Es folgten zahlreiche Forschungsfahrten in Nord- und Ostsee im Zeichen der neuen quantitativen Methode.

¹⁾ Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Bei der Suche nach den Ursachen der Schwankungen in Qualität und Quantität des Planktons erkannte man die Notwendigkeit von produktionsbiologischen Untersuchungen. Die Studien an den Gliedern der Nahrungskette, die Bestimmung von Vermehrungsgeschwindigkeit, Absterben und Zehrung, führten zur Ermittlung des Anteils der Nahrungsproduzenten am Gesamtplankton. Die quantitativen Messungen am Plankton wurden ständig durch Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung erweitert. Der große Komplex „Stoffwechsel im Meere“ begann die zentrale Fragestellung in der biologischen Meeresforschung zu werden.

Nach der Gründung der „Internationalen Meeresforschung“ (Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer) in Kopenhagen (1902) wurden hydrographisch-planktologische Untersuchungen auf termingebundenen Fahrten in die Ostsee durchgeführt. Die Reisen erfolgten, mit einigen Unterbrechungen, von 1903 bis 1939 mit dem R. F. D. „Poseidon“. Damals entstand eine Reihe von Arbeiten, die die Zusammensetzung des Ostsee-Planktons in großen geographischen Einheiten über die Jahre hindurch qualitativ, quantitativ und chemisch beschrieben. (BRANDT, 1898, 1902, 1919; HENSEN, 1901, 1910, 1916; LOHMANN, 1903, 1908; Apstein, 1905, 1906, 1909, 1911; EHRENBAUM und STRODTMANN 1904; STRODTMANN 1906; DRIVER 1908; HEINEN 1912; Büse 1915; RABEN 1916; BRANDT und RABEN 1920; MIELCK und KÜHNE 1935; KÄNDLER 1949 a, 1949 b.) Trotz vieler Fortschritte bei diesen Untersuchungen muß doch auf die zeitliche und gebietsmäßige Beschränkung der Probennahme hingewiesen werden. So wurden in der Kieler Bucht während der Terminfahrten nur drei Stationen regelmäßig besucht. Aus diesen Ergebnissen läßt sich, wie wir heute wissen, kaum ein wahrer Situationsbericht für die Kieler Bucht erstellen.

Wesentlich bessere Daten erhielt man von Dauerstationen. BÜSE (1915) und KÄNDLER (1950 und 1960) berichten über die Ergebnisse der Eiernetzfänge auf Feuerschiff „Fehmarnbelt“. BANSE (1955, 1956 und 1959), MÜLLER (1970) und HILLEBRANDT (1972) untersuchten drei, sieben bzw. neun Dauerstationen in der Kieler Bucht. Mehrere der zitierten Autoren sowie KÄNDLER und WATTENBERG (1940) wiesen darauf hin, daß ökologische und systematische Fragen nur in Verbindung mit der Hydrographie gelöst werden können. Der wechselhafte hydrographische Charakter der Kieler Bucht beeinflußt die Verbreitung der Organismen entscheidend. Das Überleben von eingewanderten Arten hängt von ihrer Salzgehaltstoleranz ab (REMANE und SCHLIEPER, 1958). BANSE (1955 und 1956) und KÄNDLER und WATTENBERG (1940) wiesen in der Kieler sowie Mecklenburger Bucht Kattgatplankton nach. Die Verbreitung dieser Arten zeigte enge Bindung an die von Norden in die Buchten eingedrungenen Wassermassen. Ein plötzliches Auflösen dieser Wasserkörper kann Massensterben hervorrufen.

Das Plankton in der Kieler Bucht besteht aus endemischen und fremden Arten. Der Anteil der fremden Arten wird von der jeweiligen hydrographischen Situation bestimmt. Besonders im Frühjahr und Sommer kommen Fisch- und Evertebraten-Larven im Plankton mit dem Einstrom aus dem Kattgat in die Kieler Bucht. Sie werden bei langanhaltendem Einstrom oft weiter nach Osten transportiert.

Die Aufgaben dieser Untersuchung sind es, neben jahreszeitlichen Veränderungen, die kurzzeitigen hydrographischen Einflüsse und deren Auswirkung auf das Plankton zu verfolgen.

Es sollten qualitative und quantitative Daten über die Verbreitung der wichtigsten Vertreter des Makroplanktons gewonnen werden. Besonders sollen die Fischeier und -larven betrachtet werden. Sie können Auskunft geben über Laichplätze und Aufwuchsbedingungen, sowie über Transport von Fischlarven in bzw. aus der Kieler Bucht. Die Fänge des Neuston-Netzes sollen die Vorgänge der oberen 35 cm Wasserschicht verdeutlichen. Die Anpassung der Organismen an das Leben an der Oberfläche ist zum ersten Mal Gegenstand der Untersuchung in der Kieler Bucht.

2. Das Untersuchungsgebiet

Die Kieler Bucht, der zentrale Teil der Beltsee, ist ein relativ junges Meeresgebiet. Während des Holozäns stieg der Meeresspiegel an (Beginn vor etwa 8000 Jahren), bedeckte die frühere glaziale Landschaft und bildete die sehr abwechslungsreiche Küstenlinie aus. Die Steilufer werden heute noch geformt. Die Bodentopographie der Kieler Bucht ist durch Moränen und Ablagerungen der letzten Eiszeit geprägt. Die Erhöhungen weisen auf Endmoränen hin, während die Rinnen Aushöhlungen oder Vertiefungen zwischen den Endmoränen darstellen. Die Rinnen des nördlichen Teiles der Kieler Bucht vertiefen sich ständig. Die Kieler Förde und die Eckernförder Bucht sind früheren Ursprungs, also ältere Formationen als die Kieler Bucht selbst (SEIBOLD et al., 1971).

Das untersuchte Areal erstreckt sich über 1210 sm² bzw. 4150 km² mit einem Wasservolumen von 79920 km³ bei einer mittleren Tiefe von 19 m. Ringsum von Festland oder Inseln umgeben, erfährt das Gebiet Einflüsse von anderen Seegebieten nur durch die Ausgänge nach Norden (Kleiner Belt und Großer Belt) und Südosten (Fehmarn Belt).

Die Beltsee bildet den Übergang zwischen Kattegat und Ostsee. In diesem Gebiet mischt sich das salzreiche Kattegatwasser, das im freien Austausch mit dem Skagerrak und letztlich mit dem Nordatlantik steht, mit dem salzarmen Ostseewasser.

Die hydrographischen Grenzen der Deutschen Beltsee werden im Osten durch die Darsser Schwelle mit 18 m Schwellentiefe gebildet, im Norden durch den Kleinen Belt und Großen Belt mit 10 bzw. 20 m Schwellentiefe. Der ständige Wechsel der Wassermassen, die um über 10‰ S differieren und in der Kieler Bucht auch Schichtungen ausbilden können, wird von wenigen Organismen gut vertragen. Das Gebiet kann unter extremen hydrographischen und meteorologischen Bedingungen vom mesohalinen zum oligohalinen Charakter wechseln. Nach dem „Venedig System“ ist die Kieler Bucht dem Typ nach als „mixo-(meso)-halin“ einzuordnen.

2.1. Das Stationsnetz

Von Januar 1970 bis Dezember 1971 wurden in Abständen von etwa 4 Wochen biologische und hydrographische Proben an 33 Stationen genommen (Abb. 2). Nur in wenigen Ausnahmefällen mußten einzelne Stationen ausfallen. Acht Stationen liegen in dem Hauptströmungsgebiet Langeland Belt—Fehmarn Belt, sieben auf dem zentralen Plateau, neun an der Küste, wovon fünf weniger als 3 sm vom Land entfernt sind, zwei in dem Muldengebiet und die übrigen Stationen an Hang- und Randgebieten. Über die Aufteilung der Stationen nach Tiefen gibt die folgende Tabelle Auskunft:

Tabelle 1

Wassertiefen auf den Stationen					
Tiefe (m)	8—9	10—15	15—25	25
Anzahl	1	9	14	9

Die tiefste Station lag im Langeland Belt (H VII) mit 35 m. Die Proben wurden von den Forschungskuttern „Hermann Wattenberg“ und „Alkor“ des Instituts für Meereskunde und mit dem gecharterten kleinen Erprobungsschiff der Firma Hagenuk „Benno“ genommen. (Tab. 2).

Die hydrographischen Werte wurden mit Hilfe einer T/S-Sonde vom Typ M.C. 5 der Elektronik Switschgear (London) Ltd., eines Bathythermographen und durch Serienmessungen mit Wasserschöpfern gewonnen. An jeder Station wurde die Oberflächentemperatur mit dem Handthermometer gemessen.

Tabelle 2
Ausfahrten in die Kieler Bucht 1970/71

Monat	Tag	Anzahl der Stationen		Hydro- graphische Messungen	Forschungsschiffe
		Bongo 300 μ , 500 μ	Neuston 500 μ		
1970					
Januar . . .	12., 13., 14.	17	7	1	F. K. „H. Wattenberg“
März/April . . .	31., 01., 02.	64*)	14	25	F. K. „H. Wattenberg“
April/Mai . . .	27., 28., 29., 04., 05.	33	15	63	F. K. „H. Wattenberg“
Juni . . .	15., 16., 17., 18.	33	15	6	F. K. „H. Wattenberg“
Juli . . .	06., 07., 08., 09.	33	15	33	F. K. „H. Wattenberg“
August . . .	25., 26., 27.	32	14	31	F. K. „H. Wattenberg“
September . . .	21., 22., 23.	33	14	64	F. K. „H. Wattenberg“
Oktober . . .	20., 21., 22.	33	16	34	F. K. „Alkor“
November . . .	17., 18., 19., 20.	25	13	25	F. K. „Alkor“
Dezember . . .	14., 15., 16., 17.	32	15	29	F. K. „Alkor“
1971					
Januar . . .	25., 26., 27.	33	15	25	F. K. „Alkor“
Februar . . .	22., 23., 24.	34	15	33	F. K. „Alkor“
März . . .	29., 30., 31.	35	16	30	F. K. „Alkor“
April . . .	20., 22., 23.	25	—	25	F. K. „Alkor“
Mai . . .	24., 25., 26.	34	7	32	F. K. „Alkor“
Juli . . .	27., 28., 29.	33	14	31	F. K. „Alkor“
August . . .	24., 25.	16	—	16	„Benno“
September . . .	13., 14., 15.	21	—	17	„Benno“
Oktober . . .	27., 28.	33	15	31	F. K. „Alkor“
Dezember . . .	01., 02., 03.	33	15	53	F. K. „Alkor“

*) nur Bongo 500 μ

Die Förden der Kieler Bucht wurden bei der vorliegenden Untersuchung wegen ihrer hydrographischen und biologischen Sonderstellungen nicht berücksichtigt.

3. Fanggeräte und Fangmethodik

Das Plankton wurde mit einem modifizierten Bongo-Netz (nach MCGOWAN and BROWN, 1966) und einem ebenfalls modifizierten Neuston-Netz (nach DAVID, 1965 und HEMPEL and WEIKERT, 1972) gefangen (Abbildung 1a und 1b).

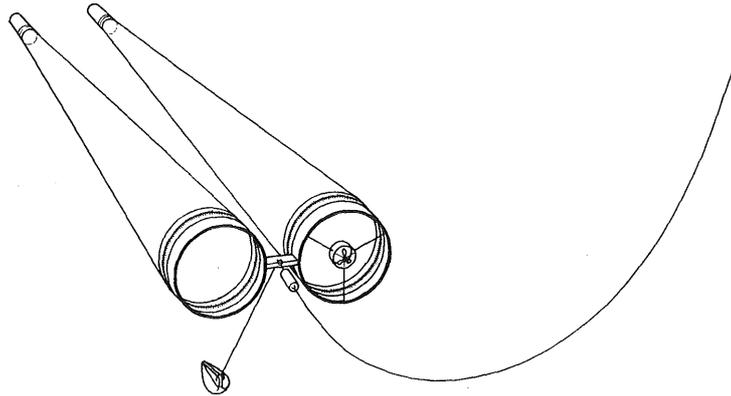
Das Bongo-Netz (Netzöffnung $2r = 60$ cm, filtrierende Netzlänge 250 cm) fischte gleichzeitig mit zwei Netzen von 300 μ bzw. 500 μ Maschenweite. Mit dem Bongo-Netz wurden Schräghols gemacht. Die Menge des filtrierten Wassers war abhängig von der Tiefe sowie den Schiffs-, Strömungs-, Hiev- und Fiergeschwindigkeiten sowie den Wetterlagen. Es war für jede Station erwünscht, mit dem Netz bis nahe an den Boden zu gelangen, um so aus der filtrierten Wassermenge quantitative Angaben über das Plankton in der gesamten Wassersäule machen zu können.

Da der verwendete Typ eines Durchströmungsmessers sich als unbrauchbar erwies, wurde bei der Volumenberechnung das Verhältnis von Schleppzeit/Schiffsgeschwindigkeit zugrundegelegt. Durch die mit Stoppuhr gemessene Zeit und die Fahrtstrecke wurde die Schiffsgeschwindigkeit geprüft. Die tatsächliche Schiffsgeschwindigkeit schwankte nur um $\pm 20\%$ gegenüber der angestrebten von 3 kn.

Ein für die Untersuchung gültiges Verhältnis zwischen Trossenlänge und Netztiefe konnte wegen der vielen Störfaktoren (Strömung, Wetterlage, verschiedene Schiffe etc.) nicht ermittelt werden.

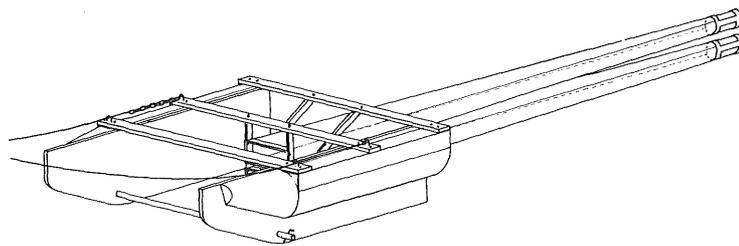
Tafel 1 (zu A. Müller)

1a



Das BONGO - Gerät mit 300 μ und 500 μ Gaze

1b



Das NEUSTON - Gerät mit 500 μ Gaze

Abb. 1a und 1b: Die Fanggeräte

Tafel 2 (zu A. Müller)

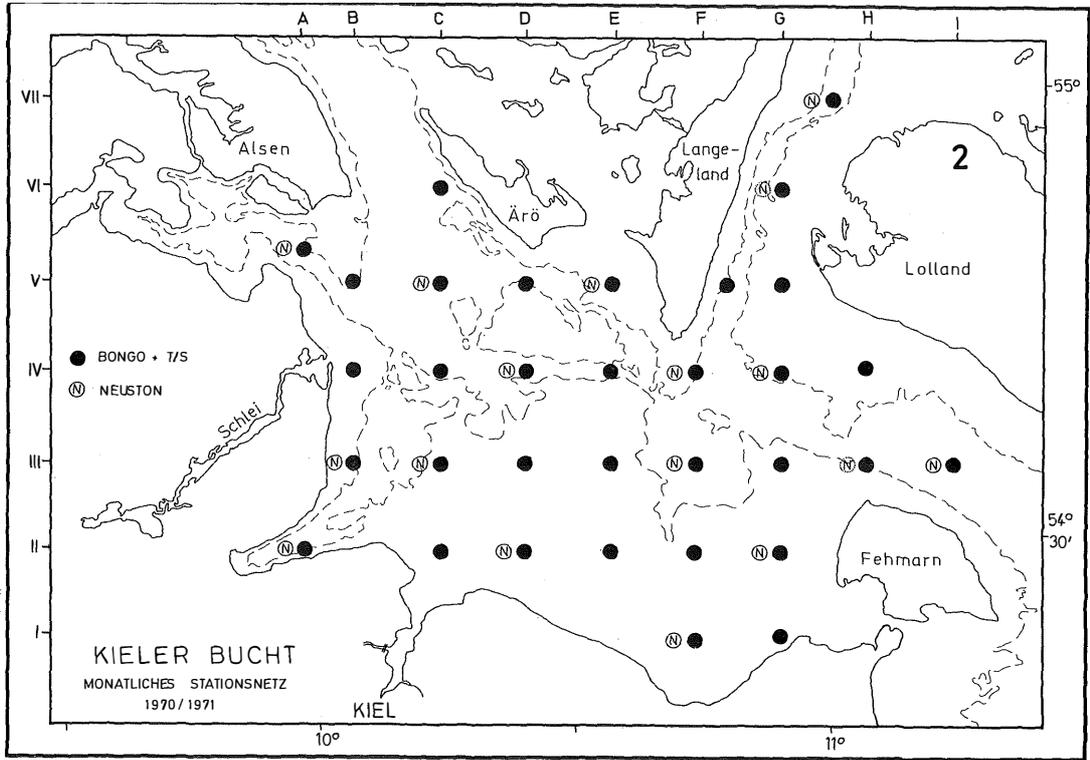


Abb. 2: Das Stationsnetz

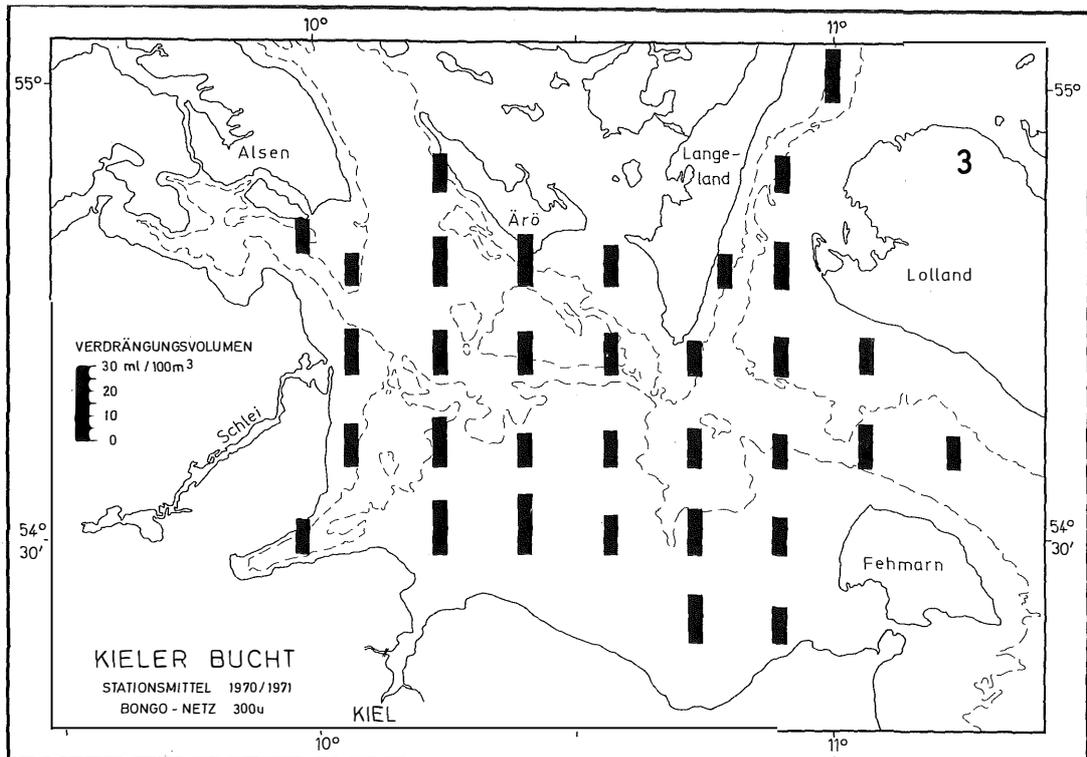


Abb. 3: Mittleres Zooplankton — Verdrängungsvolumen auf das siebende Sieb

Für die Ermittlung der befischten Wassertiefe wurden Tiefenschreiber mit Uhrwerkregistrierung und ab September 1970 mit elektronischer Decks-Anzeige verwendet (KRAUSE und SIEDLER, 1962). Die mechanische Registrierung hatte den Nachteil, erst nach der Probennahme die maximale Befischungstiefe erkennen zu lassen. Da oft die Bodennähe nicht erreicht wurde, sind Proben dieser Fahrten nur für die befischten Tiefenlagen nicht aber für die gesamte Wassersäule gültig.

Das Bongo-Netz wurde bei 3 kn Fahrt des Schiffes gefiert und bei Erreichen der Bodennähe wieder mit geringerer Hievgeschwindigkeit an Deck geholt. Der Verlauf der Fier- bzw. Hievkurve war nicht immer symmetrisch. Dies ist vermutlich auf unterschiedliche Strömungen zurückzuführen.

Da bei dem Bongo-Gerät beide Netze unter genau gleichen Bedingungen fischen, können mögliche Fangunterschiede fast nur auf die verschiedenen Maschenweiten zurückzuführen sein. Zur Bestätigung dieser Aussage wurden die Fischeier- und Larvenzahlen beider Netze miteinander verglichen. Bei dem Vergleich von 164 Doppelfängen (es wurden nur Proben, die mehr als 10 Fischeier je Netz enthielten, ausgewertet) wurde nachgewiesen, daß die Unterschiede nicht signifikant waren. Das Bongo-Netz fing mit 300 μ und 500 μ Gaze Fischeier und Fischlarven in der Kieler Bucht zahlenmäßig gleich gut.

Das Neuston-Fanggerät (Maschenweite der Netze 500 μ , Netzöffnung 30,5 \times 14,5 cm) befischte gleichzeitig die Horizonte von 0—10 und von 20—35 cm Wassertiefe. Das

Tabelle 3
Fischeier und -larven pro 100 m³ in den Fanggeräten

Jahr	Anzahl der Fänge	Bongo				Anzahl der Fänge	Neuston					
		300 μ		500 μ			oben 500 μ		unten 500 μ		beide Netze	
		Eier	Larven	Eier	Larven	Fänge	Eier	Larven	Eier	Larven	Eier	Larven
1970												
Januar .	17	1,5	1,9	2,2	1,6	7	0,6	0,3	0,6	0,0	0,6	0,1
Februar .	0	kein Fang		kein Fang		0	kein Fang		kein Fang			
März/Apr.	64	kein Fang		104,7	3,8	14	25,6	0,1	37,0	0,2	32,5	0,2
Apr./Mai	30	146,2	5,6	138,8	1,7	15	111,2	0,9	75,1	0,8	89,6	0,8
Juni . .	33	73,0	5,7	68,3	2,7	15	23,1	3,6	19,7	0,4	21,1	1,7
Juli . . .	33	27,8	7,0	25,5	4,5	15	10,1	6,9	2,6	0,8	5,6	3,3
August .	31	2,4	7,2	4,4	7,7	14	0,0	8,5	0,0	3,4	0,0	5,4
September	32	1,2	3,3	2,1	4,0	15	0,0	3,7	0,0	0,5	0,0	1,8
Oktober .	29	3,5	5,1	3,0	2,9	15	3,1	3,9	2,7	0,9	2,9	2,2
November	22	0,0	2,7	0,1	2,1	13	0,0	0,4	0,1	0,3	0,2	0,3
Dezember	31	2,6	1,9	2,2	1,2	15	0,7	5,2	0,5	0,8	0,6	2,6
	322	34,4	4,9	51,6	3,5	138	19,5	3,7	15,4	0,8	17,0	2,0
1971												
Januar .	32	19,8	5,0	17,1	5,2	15	8,3	3,0	12,5	1,2	10,9	1,9
Februar .	28	42,8	4,6	44,1	4,1	15	11,4	0,4	12,8	0,9	12,2	0,7
März . .	30	21,8	3,4	26,3	3,2	16	5,5	5,3	5,9	2,5	5,8	3,6
April . .	23	68,8	1,0	80,9	1,0	0	kein Fang		kein Fang			
Mai . . .	30	37,5	2,9	35,7	1,7	7	22,2	0,3	11,9	0,3	16,0	0,3
Juni . . .	0	kein Fang		kein Fang		0	kein Fang		kein Fang			
Juli . . .	32	35,6	86,4	36,7	84,5	14	2,7	53,5	1,3	44,1	1,8	47,9
August .	16	4,0	33,8	4,0	21,3	0	kein Fang		kein Fang			
September	21	1,2	16,9	0,8	8,8	0	kein Fang		kein Fang			
Oktober .	32	0,0	6,7	0,1	7,9	15	0,1	2,0	0,0	0,4	0,0	1,0
November	0	kein Fang		kein Fang		0	kein Fang		kein Fang			
Dezember	31	0,1	3,4	0,3	2,3	15	0,5	3,3	0,5	0,4	0,5	1,2
	275	21,8	18,5	23,0	16,6	97	6,0	10,7	6,2	8,0	6,1	9,1

Neuston-Doppelnetz wurde mit 5 kn geschleppt. Die Schleppzeit betrug auf allen 16 Stationen 20 Minuten, dabei fischte das Unternetz etwa 130 m³, das Obernetz um 90 m³ Wasser. Die Fangmenge wurde auf 100 m³ filtrierte Wassermenge umgerechnet und die Ergebnisse beider Netze miteinander verglichen. Beide Netze wiesen für Fischeier die gleiche Fängigkeit auf, jedoch für Fischlarven waren die Fangzahlen im Obernetz signifikant höher.

Der Vergleich von Bongo-Netz 500 μ und Neuston-Gerät zeigte nach Untersuchung von 122 Wertepaaren keine statistisch gesicherten Konzentrationen von Fischeiern an der Oberfläche im Vergleich zur Gesamtwassersäule (Tab. 3).

4. Das Verdrängungsvolumen des Netzplanktons in der Kieler Bucht

4.1. Methode und Begrenzungsfaktoren der Ergebnisse

Für die Biomassebestimmung wurden die Proben des 300 μ Bongo-Netzes verwendet. Das Plankton wurde in 4% Formalin/Seewasser konserviert und nach dem Aussortieren der Fischeier und -larven von Medusen, Pleurobrachien und Pflanzenteilen befreit. Mit Hilfe von Meßzylinder und Vakuumfiltration wurde das Verdrängungsvolumen von insgesamt 533 Fängen bestimmt. Es soll im Folgenden die verwendete Methode näher beschrieben werden. Die gemessenen Volumen der Planktonproben lagen zwischen 1 und 186 ml (Tab. 4). Je nach Umfang der Probe wurde das Plankton in einem Meßzylinder von 100, 250 oder 500 ml Inhalt gegossen. Da die Proben die Zylinder nicht bis an die obere Marke füllten, wurden sie mit Leitungswasser aufgefüllt und für kurze Zeit stehen gelassen. In dieser Zeit stiegen oft einige Luftblasen auf. Nach der Kontrolle der Volumenmenge an der Meßmarke wurde der Inhalt des Zylinders in die

Tabelle 4
Durchschnittliche Biomasse zu verschiedenen Jahreszeiten in der
Kieler Bucht

Jahr und Monat	Verdrängungsvolumen ml/100 m ³	Trockengewicht mg/m ³	Naßgewicht mg/m ³
1970			
Januar	3,6 (0,6— 9,1)	2,6	18,2
April/Mai	8,0 (1,6— 20,1)	5,7	40,2
Juni	38,0 (17,0— 91,0)	27,0	190,1
Juli	12,3 (5,0— 18,3)	8,7	61,6
August	15,2 (5,2— 61,5)	10,8	76,2
September	25,2 (12,8— 41,3)	17,9	126,0
Oktober	11,0 (3,0— 36,5)	7,8	55,0
November	8,4 (4,2— 18,2)	5,9	41,8
Dezember	2,1 (0,0— 4,9)	1,5	10,7
1971			
Januar	5,8 (1,0— 11,7)	4,1	28,9
Februar	8,9 (0,0— 39,4)	6,3	44,5
März	23,1 (8,4— 56,0)	16,4	115,5
April	18,9 (0,0— 52,0)	13,4	94,7
Mai	60,1 (14,9—129,5)	42,7	300,7
Juli	28,9 (10,3— 78,0)	20,5	144,3
August	16,4 (3,7—186,0)	11,6	81,8
September	11,9 (3,5— 31,8)	8,4	59,4
Oktober	7,7 (2,9— 14,5)	5,5	38,5
Dezember	5,2 (2,1— 11,0)	3,7	26,0

Büchner-Trichter der Vakuumflasche gegossen. In dem Trichter befand sich ein Filter von 300 μ Gaze. Das Vakuum wurde durch Wasserstrahl erzeugt. Die gefilterte Wassermenge wurde in einen Meßzylinder gegossen und abgelesen. Die Differenz zum ursprünglichen Wert bildete das Plankton.

Die Mengenangaben des Planktons sind mit einigen Fehlern behaftet. Voll quantitativ können erst die Proben nach September 1970 gewertet werden. Störungen bei der Probennahme traten in den planktonreichen Sommermonaten durch Medusen und Seegrasblätter auf. Blaualgen und Pleurobrachien störten im Herbst bzw. in den Wintermonaten den Fang auf einigen Stationen erheblich. Eine stärkere Verminderung der Filtrationsleistung des 300 μ Netzes gegenüber dem 500 μ Netz ist nach statistischer Prüfung nicht eingetreten. Weiterhin muß man Einschränkungen in Kauf nehmen bei der Darstellung der Verbreitung des Planktons. Die verwendete Konturmethode in den Verbreitungskarten mildert die größeren Unterschiede zwischen den benachbarten Stationen. Es wurden Konturen von 0—10, 10—20, 20—40, 40—60 und über 60 ml/100 m³ Wasser verwendet.

Unterschiede wie am Beispiel vom Juli 1971 auf den Stationen G III mit 29 ml und sechs Seemeilen nördlich auf Station G IV mit 78 ml sind recht häufig.

Die Stationen mußten je nach vorherrschenden Wetterbedingungen abgefahren werden, so war es nicht möglich, jede Station zu gleicher Uhrzeit zu erreichen. Ein Tag/Nacht Unterschied in den Planktonvolumina nachzuweisen, ist daher nicht möglich. Verfälschungen, die durch Nachtfänge entstanden sein könnten, wurden nicht ausgemerzt.

4.2. Die Verbreitung des Plankton-Volumens

Die ersten Proben wurden Mitte Januar 1970 genommen (Abb. 4a und 4b und 5 bis 23). Die Beobachtungen aus dieser Zeit zeigten sehr niedrige Planktonvolumina. Im Februar—März war das Gebiet zum größten Teil unter Eis. Während der Frühlingsmonate stieg die Zooplanktonbiomasse deutlich an, damit ist der Beginn der Wachstumsperiode angezeigt. Diese dauert zwei Monate, das Maximum wird Mitte Juni erreicht. Es wurden dann auf mehreren Stationen Werte über 90 ml/100 m³ Wasser registriert. Der größte Planktonreichtum wurde im zentralen und südlicheren Teil der Kieler Bucht angetroffen. Im Norden und im Osten schlossen sich deutlich planktonärmere Zonen an. Das läßt auf eine endemische Planktonpopulation schließen, die keine wesentlichen Einflüsse von anderen Gebieten erfahren hat.

Solche Verbreitungen können nur unter hydrographisch ruhigen Bedingungen beobachtet werden.

In den Sommermonaten Juli/August 1970 ist die Konzentration geringer, bleibt aber in den beiden Monaten etwa konstant, um dann im September erneut anzusteigen. Das Makroplankton erfährt eine zweite Blüte, die zwar die Frühlingskonzentration nicht erreicht, aber die ganze Bucht fast homogen erfüllt.

Ab Oktober verringern sich die Konzentrationen merklich bei sehr unterschiedlichen Einzelwerten (z. B. 3 ml auf Station A II, 36 ml auf B IV). Im Dezember erreicht das Plankton sein Minimum. An vielen Stationen lag das Verdrängungsvolumen unter 1 ml/100 m³ Wasser.

Der milde Winter 1970/71 erlaubte dem Plankton ein frühzeitiges Entfalten. Schon im Januar trafen wir schwache Ansammlungen an, die sich im Februar deutlich verstärkten. Die Verbreitung geht von zwei getrennten Gebieten aus. Die im März noch starke Planktonwolke in der Hohwachter Bucht löste sich im April auf. Die gesamte Kieler Bucht schien im März infolge hydrographischer Vorgänge wie leer gefegt. Im Gegensatz zu der natürlichen Wachstumstendenz im Frühjahr ist ein Rückfall einge-

treten. Wir beobachten im April zwei getrennte Planktonwolken, die die Kieler Bucht wieder aufzufüllen tendieren. Im Mai erfolgte dieser Vorgang, wobei die Zentren vom April sich weiter verstärkten. Es konnte eine bis dahin von uns nie registrierte hohe Konzentration angetroffen werden. Mehrere Stationen von über 100 ml Planktonvolumen pro 100 m³ Wasser sprechen für eine enorme Vermehrungs- und Wachstumsrate innerhalb von vier Wochen. Im Juli haben sich die Konzentrationen verringert, das südliche Zentrum vor der Kieler Förde ist aber noch geblieben. In den folgenden Monaten wird das Plankton merklich weniger. Ein Herbstmaximum wurde im Gegensatz zum Vorjahr nicht registriert. Im Dezember erreichte das Plankton die Anfangssituation vom Januar.

Die Verbreitung des Planktons wird hauptsächlich von den Strömungen bestimmt. Herrscht eine hydrographisch ruhige Lage vor, so hat das Plankton die Möglichkeit, sich über die gesamte Kieler Bucht auszudehnen. Beispiel Juni 1970. Oft werden dabei die Förden nicht mit einbezogen. Nur in wenigen Untersuchungsmonaten erreichen die Fördestationen die gleichen Planktonkonzentrationen wie die offene Kieler Bucht. Das typische Bild für die Kieler Bucht ist aber die wolkenartige Verteilung des Planktons. Dies ist die Folge unterschiedlich starken Ein- bzw. Ausstromes. WEBER (1971) gelang es mit Hilfe dieser Ströme den Weg der Larven des Herbstheringes in die Kieler Bucht zu deuten. Die Strömungen sind oft nur für einige Tage wirksam. Sie dringen unterschiedlich tief in westlicher Richtung in die Kieler Bucht hinein und wechseln einander kurzzeitig ab. Das Plankton wird daher streifenartig wie im März 1971, wolkenartig wie im Juli 1971 verteilt. Besonders planktonreiche Gebiete könnten die Hohwachter Bucht sowie der westliche und östliche Teil der Kieler Bucht darstellen, denn diese werden nur durch langanhaltende Stromperioden gestört. Die gemittelten Verdrängungsvolumina der einzelnen Stationen, gewonnen aus der Gesamtuntersuchungszeit, konnten dies allerdings nicht bestätigen (Abb. 3). Die planktonreichsten Stationen lagen vor der Kieler Förde (C II, C III und D II) mit Höchstwerten um 24 ml/100 m³. Der geringste Jahresmittelwert von 12,9 ml/100 m³ wurde auf der Station B V „Breit Grund“, in der nördlichen Kieler Bucht gefunden. Die übrigen Stationen weisen geringere Unterschiede auf. Die Stationswerte lassen vermuten, daß es in der Kieler Bucht über längere Zeit kein ungestörtes Planktonwachstum geben kann, da kein Gebiet ständig ohne den Einfluß der kurzfristigen hydrographischen Störfaktoren bleiben kann. Dementsprechend wechseln sich überall in der Kieler Bucht hohe Planktonkonzentrationen mit niedrigen ab.

4.3. Gewichtsberechnungen am Plankton

Es wurden Trockengewichtsbestimmungen an formolfixiertem Planktonmaterial durchgeführt. Die Bestimmungen sollten eine Umrechnung vom Verdrängungsvolumen auf Trockengewicht ermöglichen. Zwei Planktonproben von bestimmten Verdrängungsvolumina wurden bei einer Temperatur von 80 °C getrocknet. Im Mittel ergaben sich für 1 ml Volumen 71 mg Trockengewicht. Zur Bestimmung des Naßgewichtes wurde ein Umrechnungsfaktor von LAEVASTU (1958) (1 ml Verdrängungsvolumen = 500 mg Naßgewicht) benutzt. Mit diesen Konstanten wurden die Verdrängungsvolumina des Zooplanktons aus den Untersuchungsjahren umgerechnet (Tab. 4).

Quantitative Untersuchungen über das Zooplankton in der Kieler Bucht aus den Jahren 1966—68 wurden von HILLEBRANDT (1972) durchgeführt. In seiner Arbeit gibt er eine grobe Abschätzung des Zooplankton-Standing-Stock für eine beliebige Stelle der offenen Kieler Bucht an. Die monatlichen Planktongehalte der Jahre 1970/71 in der Tabelle 4 weisen Werte auf, die drei- bis fünffach niedriger sind als HILLEBRANDT's Angaben. Es ist unwahrscheinlich, daß es sich hier um eine so große Verminderung des Zooplanktongehaltes handelt. Es muß vielmehr an der unterschiedlichen Fang- und Aufarbeitungsmethode des Materials liegen. Es bedarf noch vieler eingehender Untersuchungen, um annähernd wahre Angaben über den vollständigen Gehalt an

Tafel 3 (zu A. Müller)

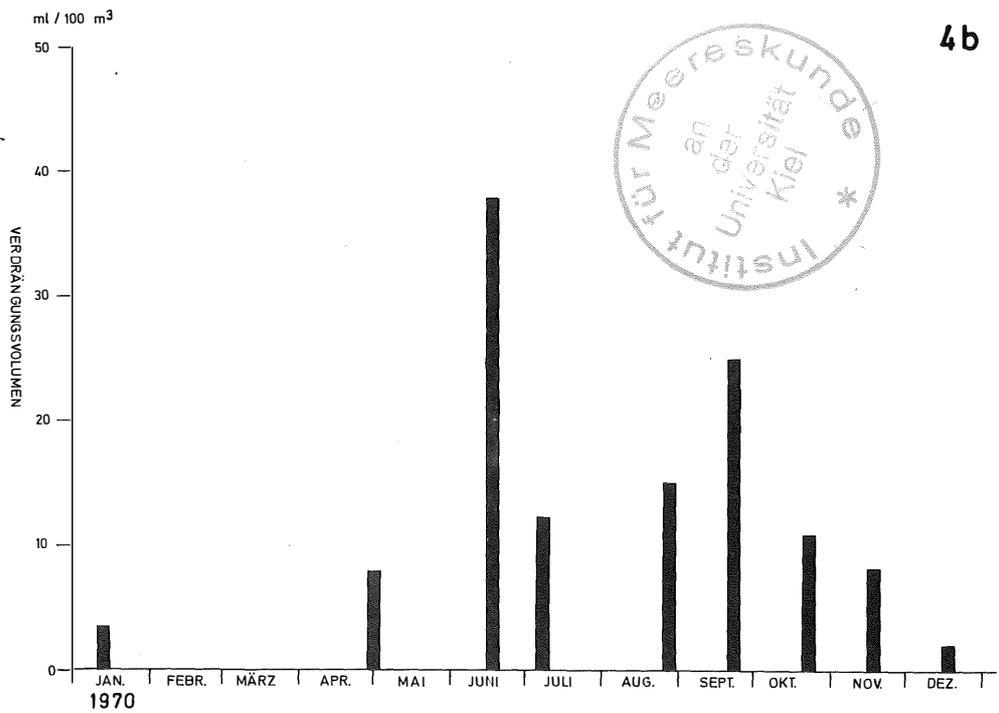
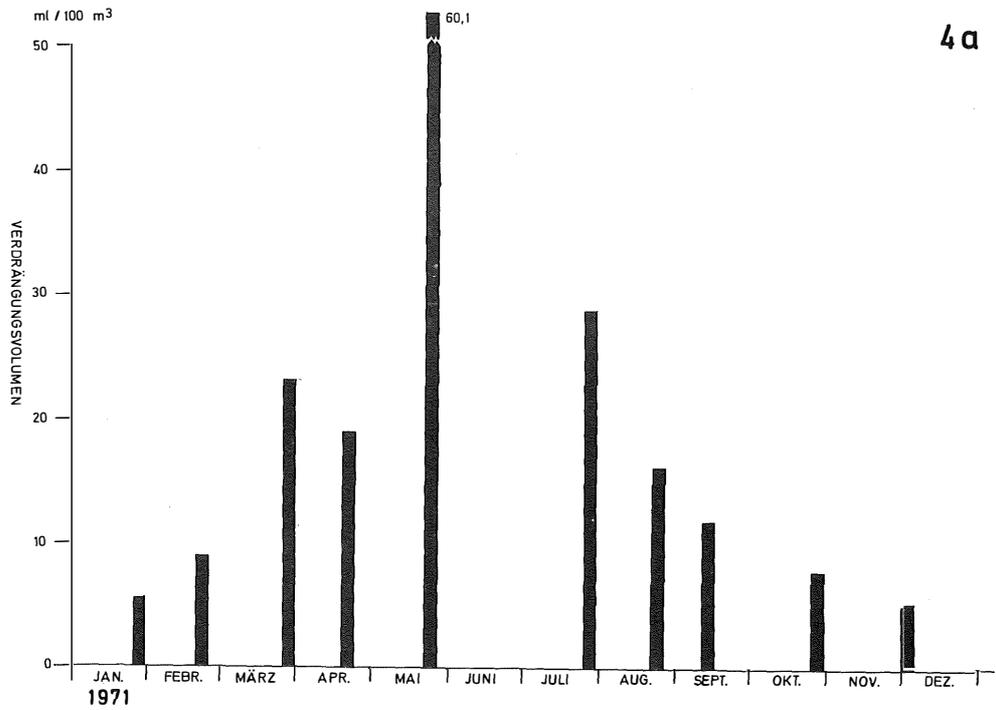


Abb. 4a u. 4b: Die Schwankungen der Zooplankton-Biomasse in der Kieler Bucht (Verdrängungsvolumen).

Tafel 4 (zu A. Müller)

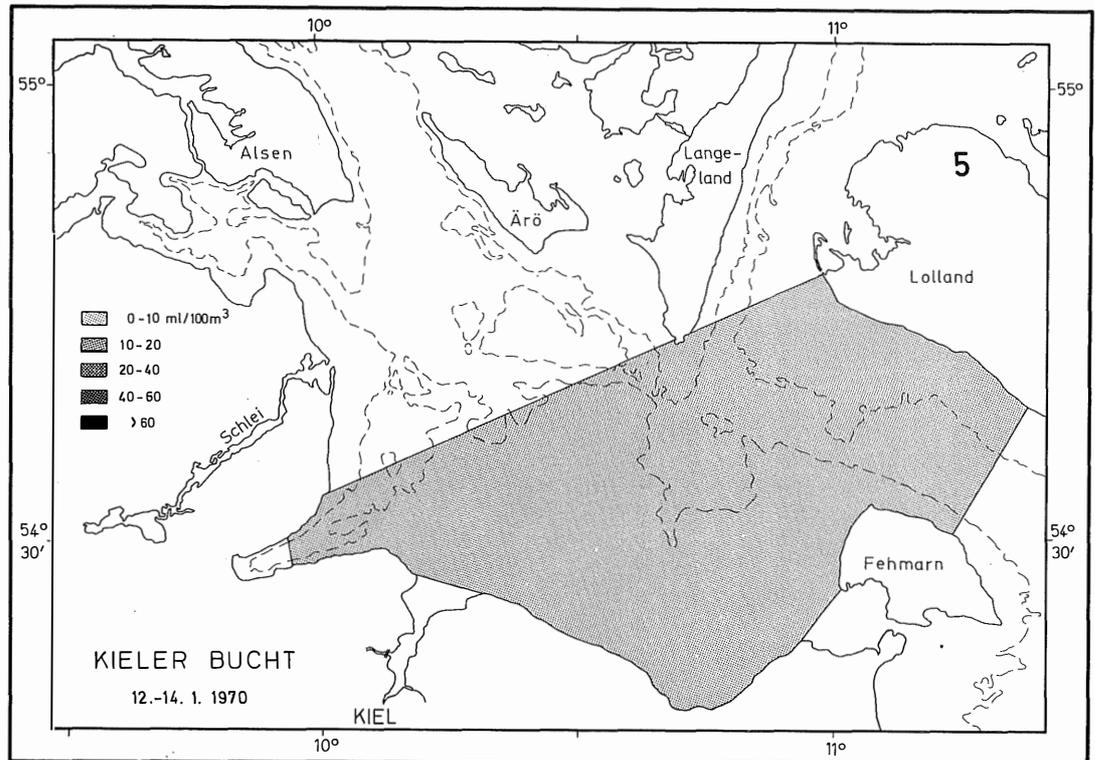
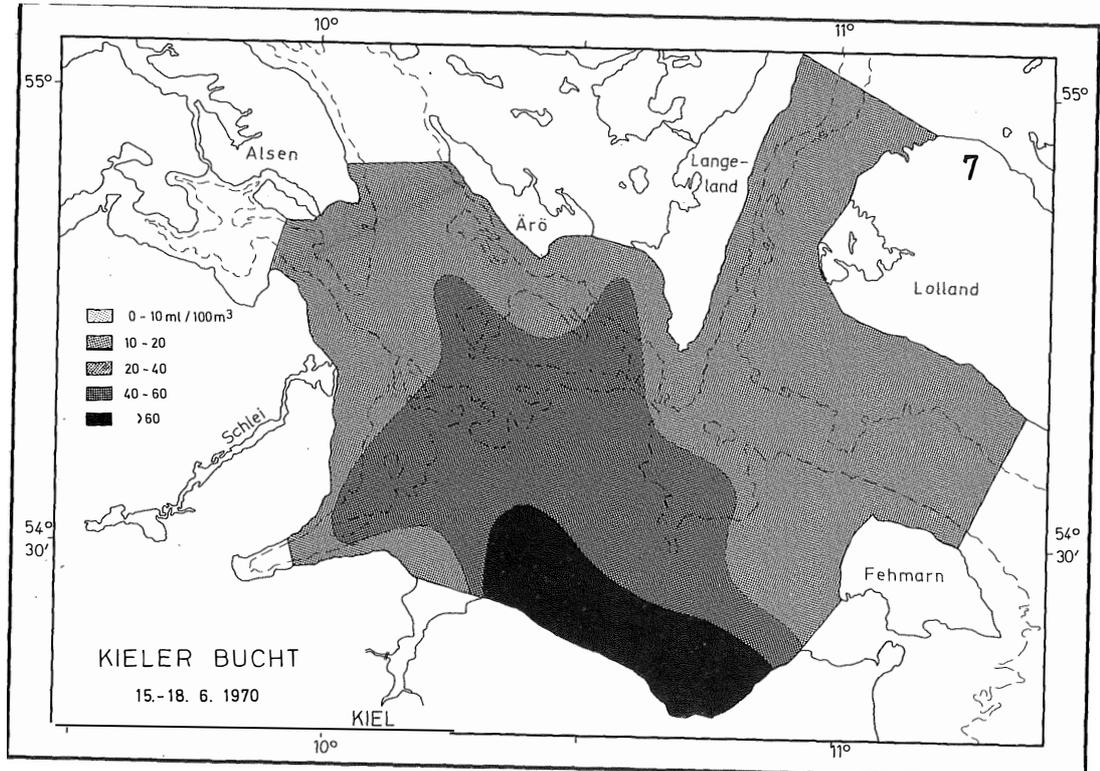
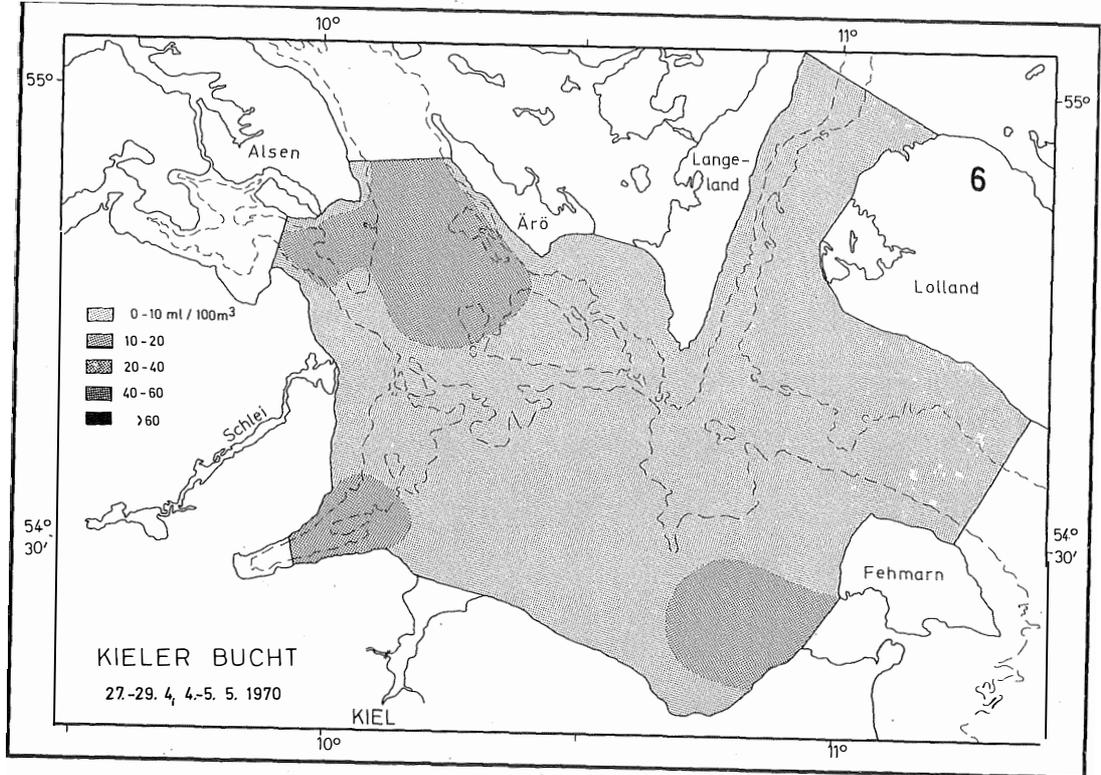
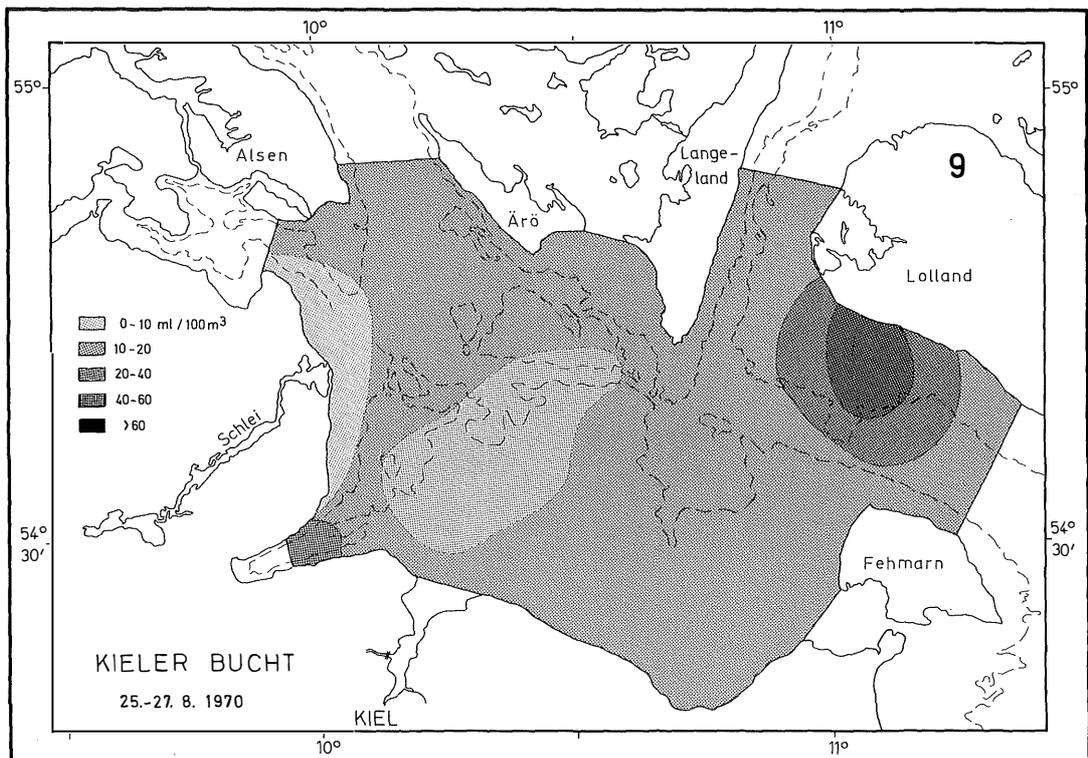
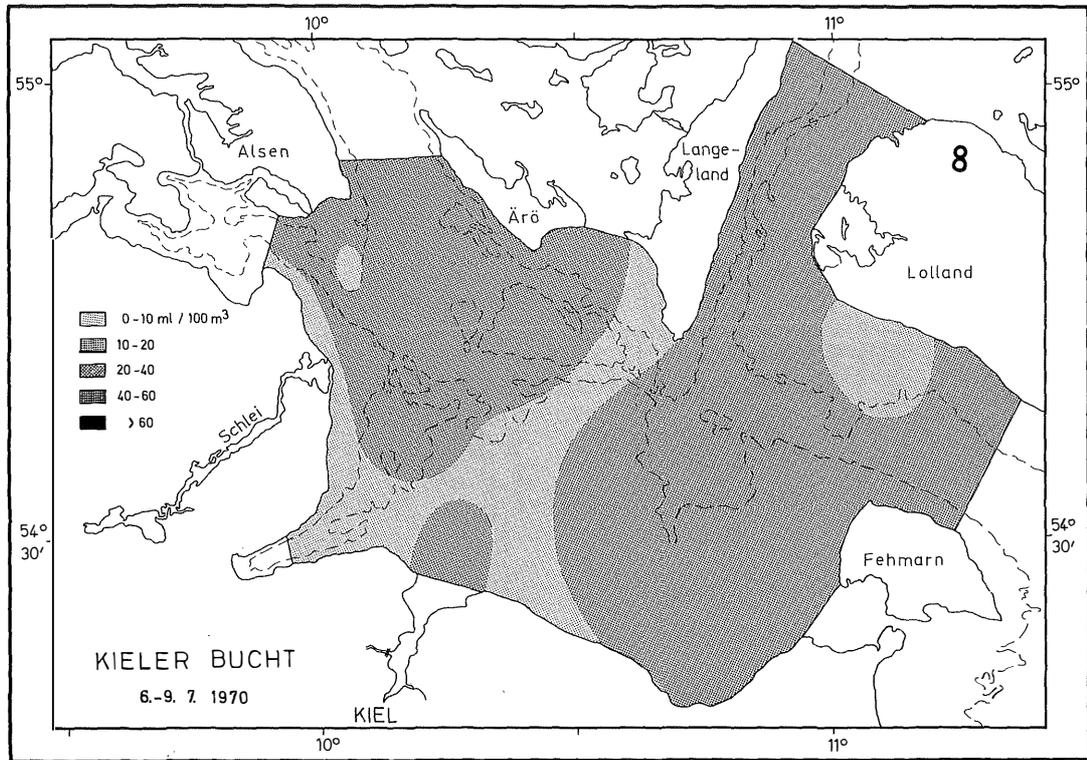


Abb. 5 bis 23: Verbreitung des Zooplanktons in der Kieler Bucht 1970/71 (Verdrängungsvolumen).

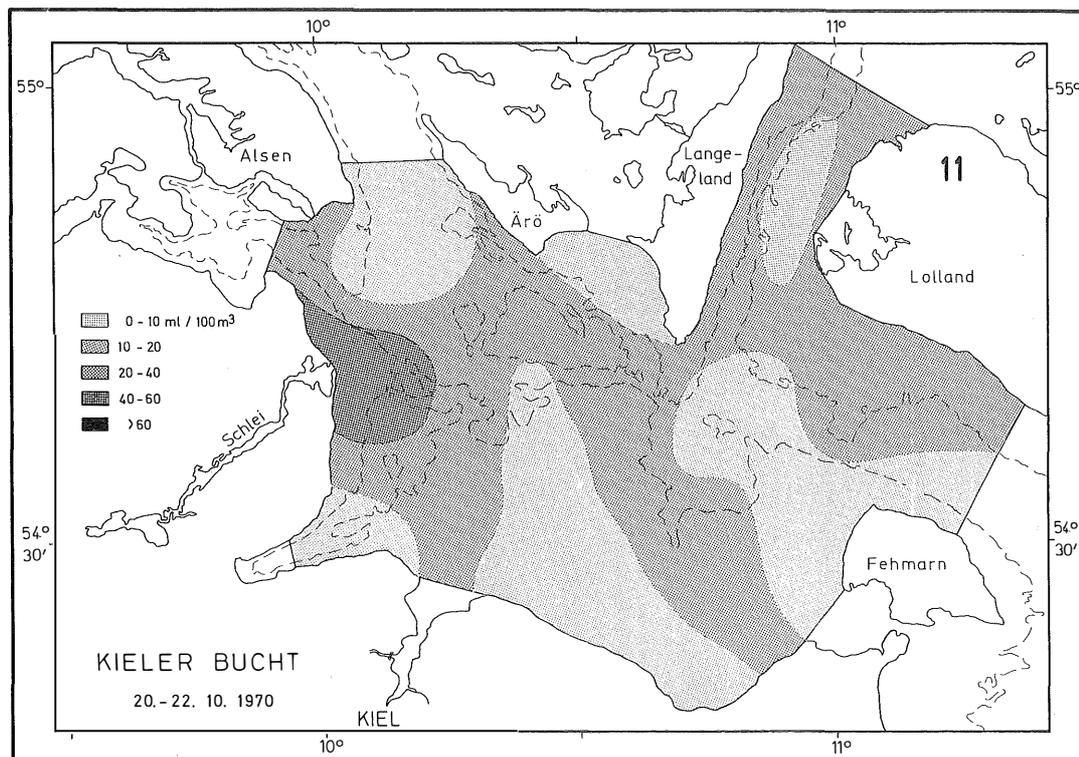
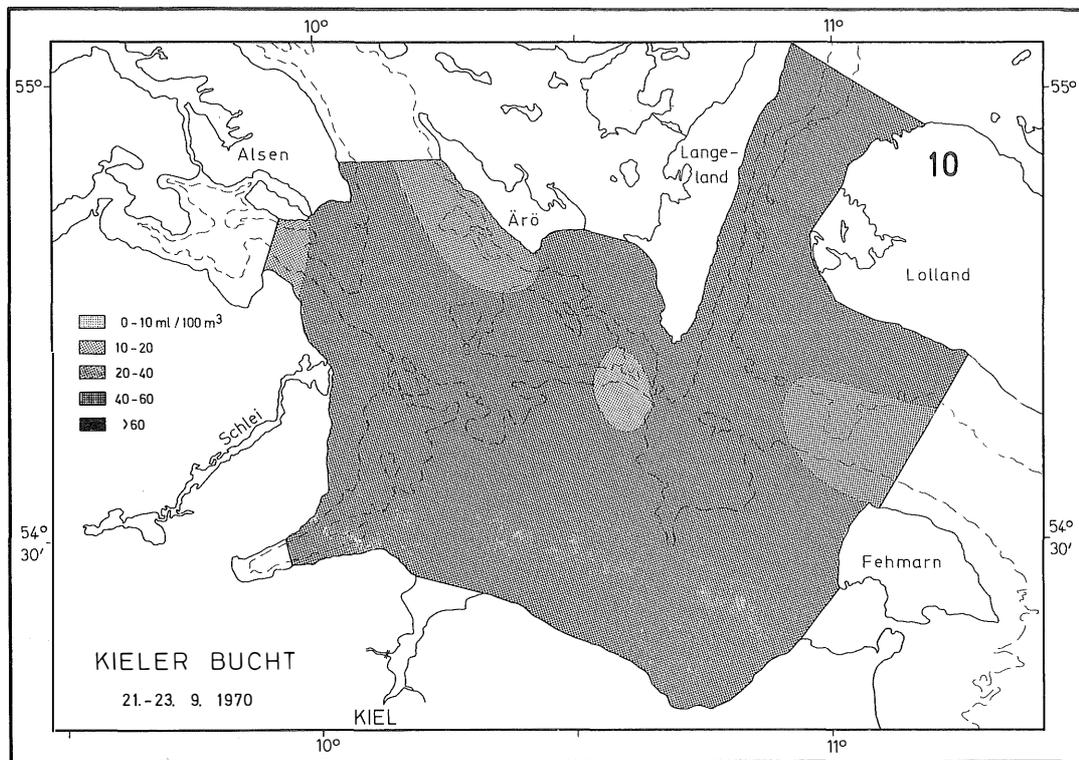
Tafel 5 (zu A. Müller)



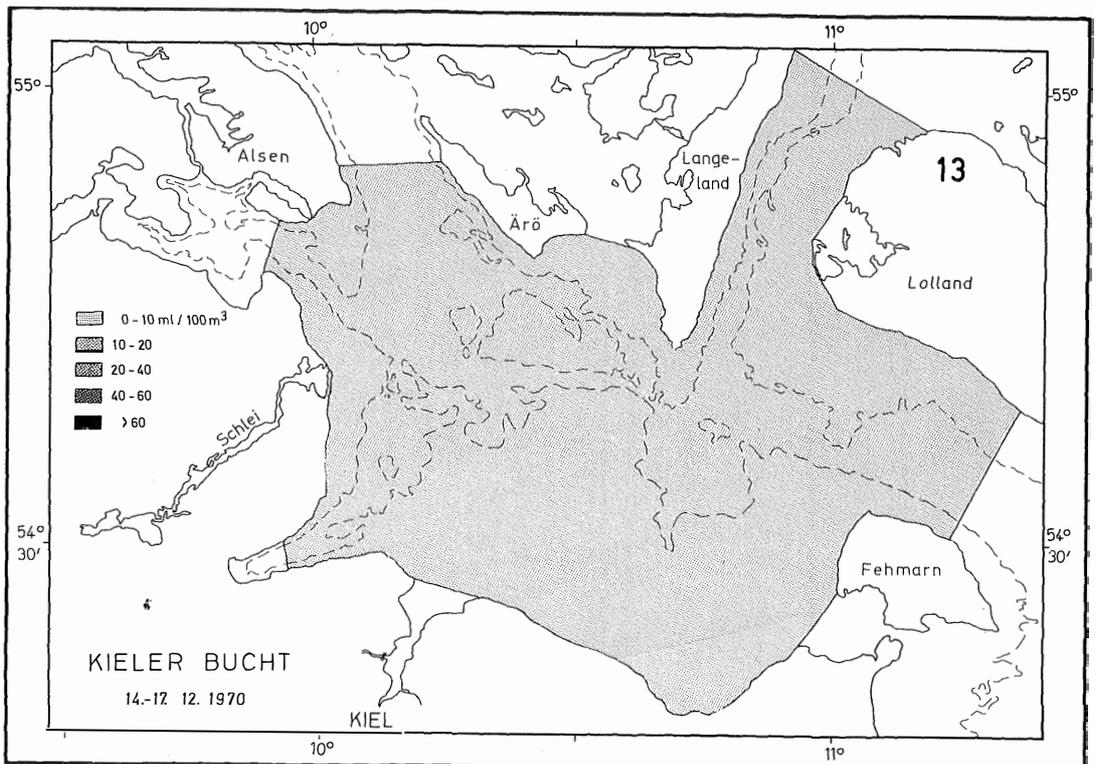
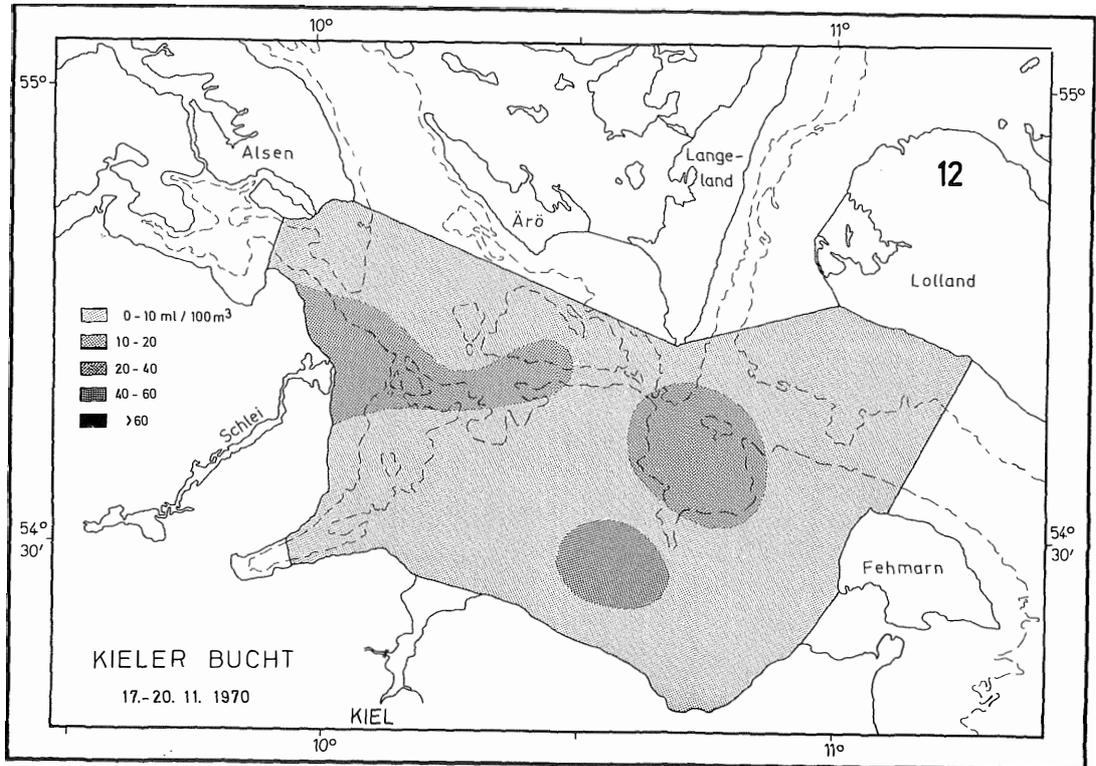
Tafel 6 (zu A. Müller)



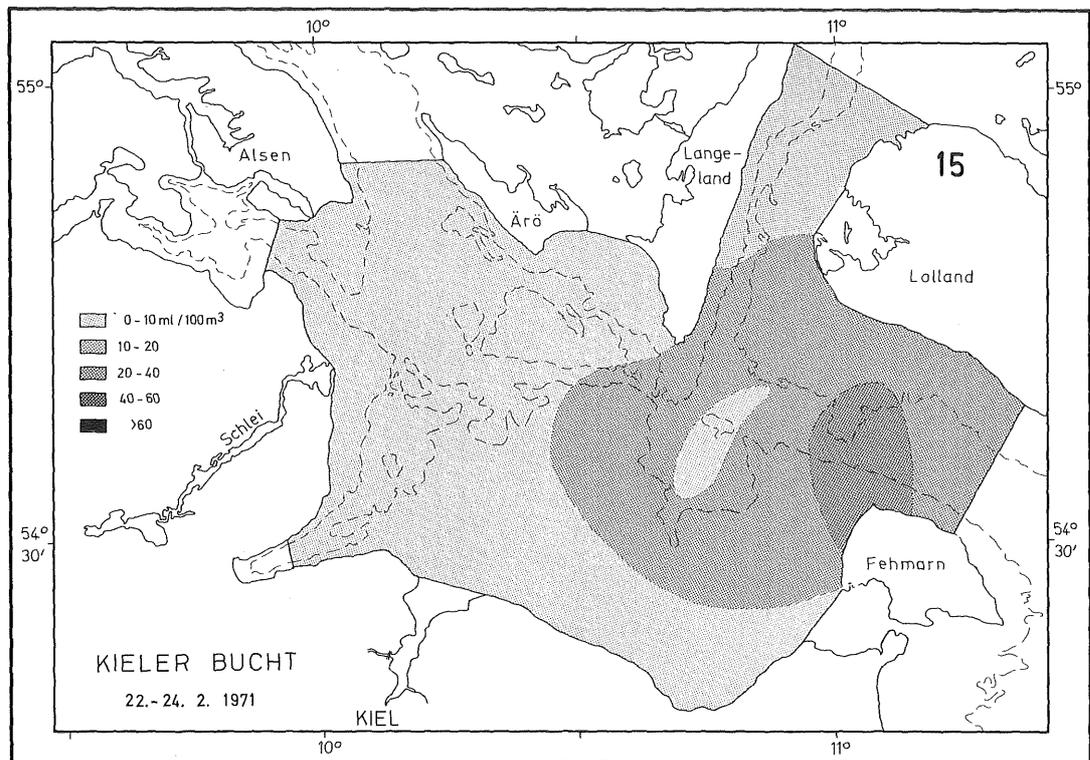
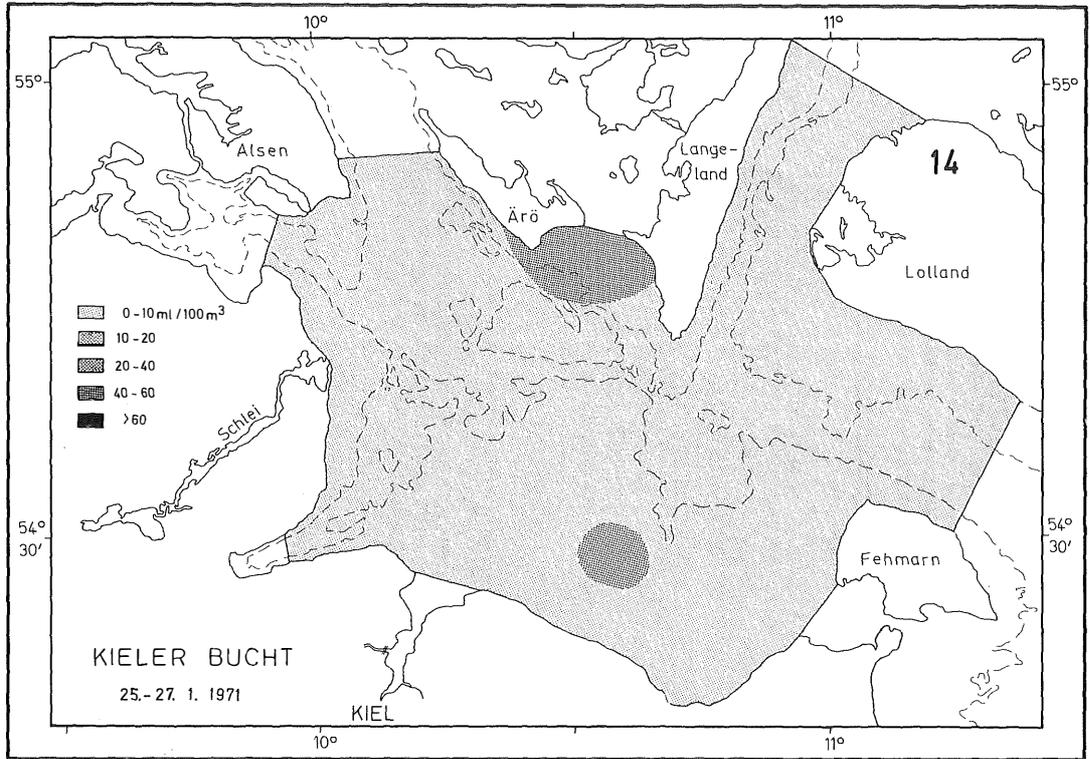
Tafel 7 (zu A. Müller)



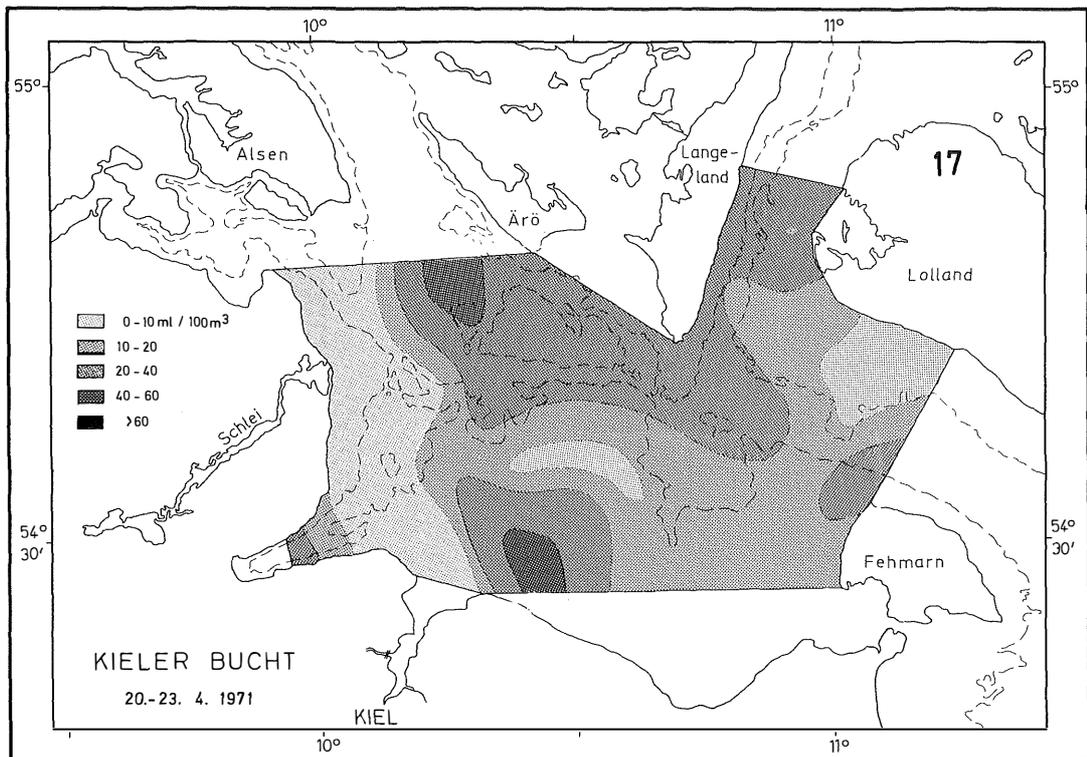
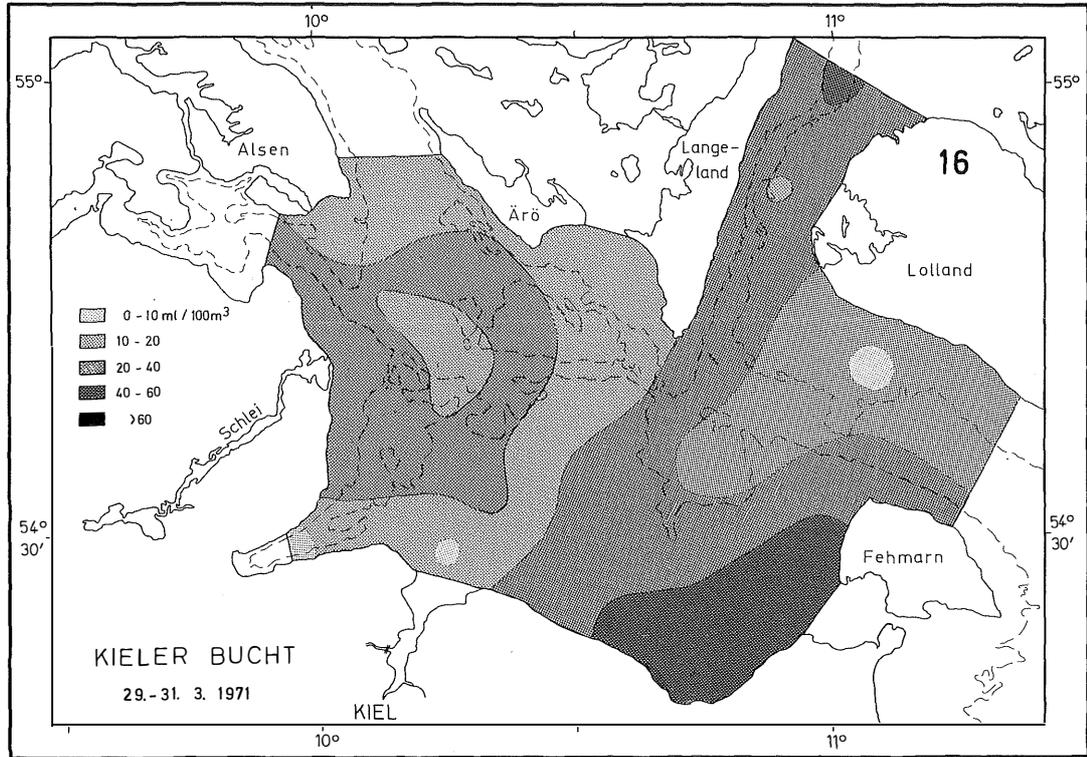
Tafel 8 (zu A. Müller)



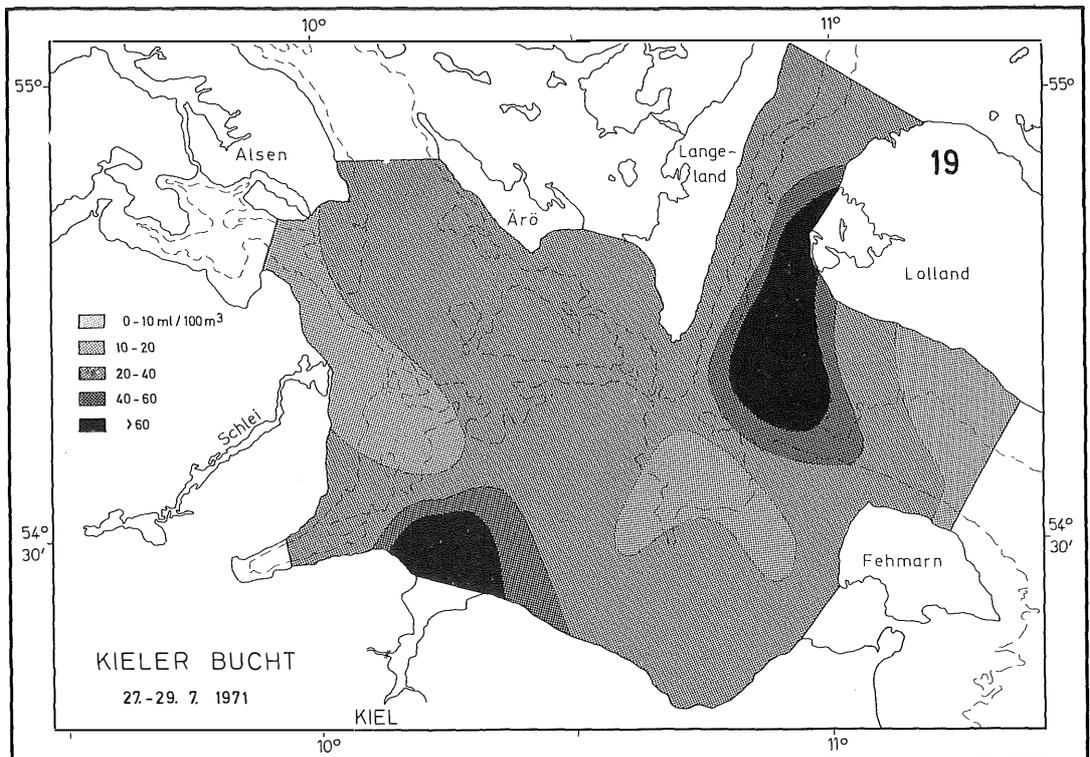
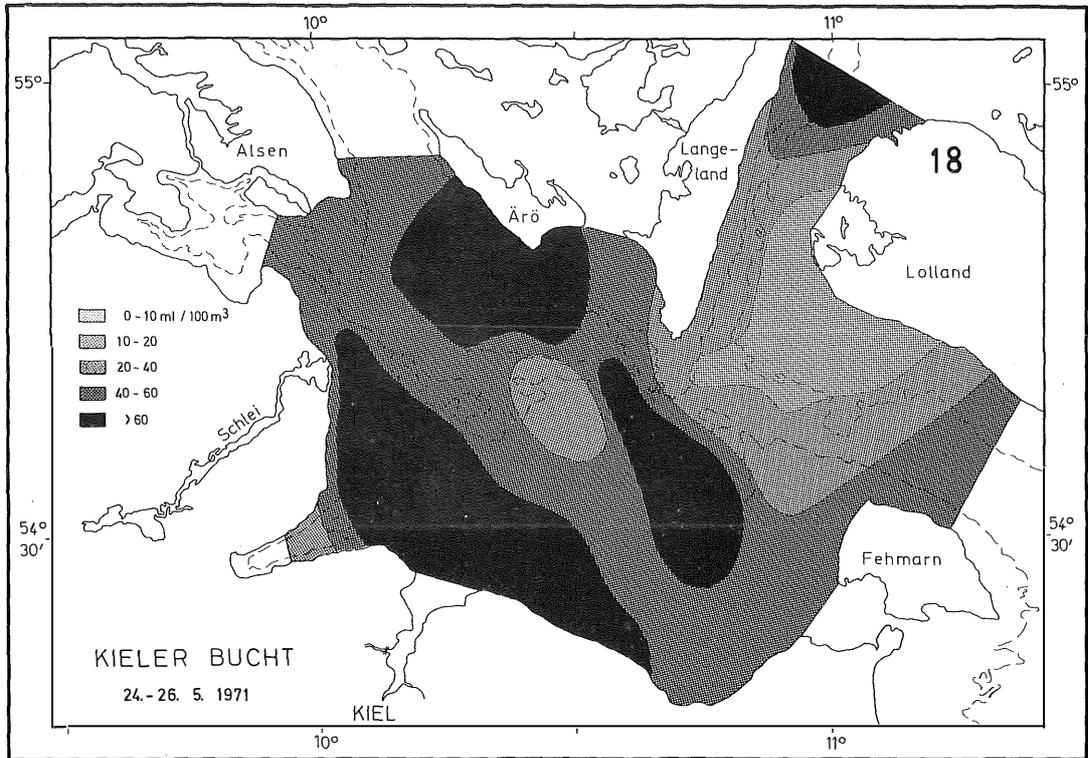
Tafel 9 (zu A. Müller)



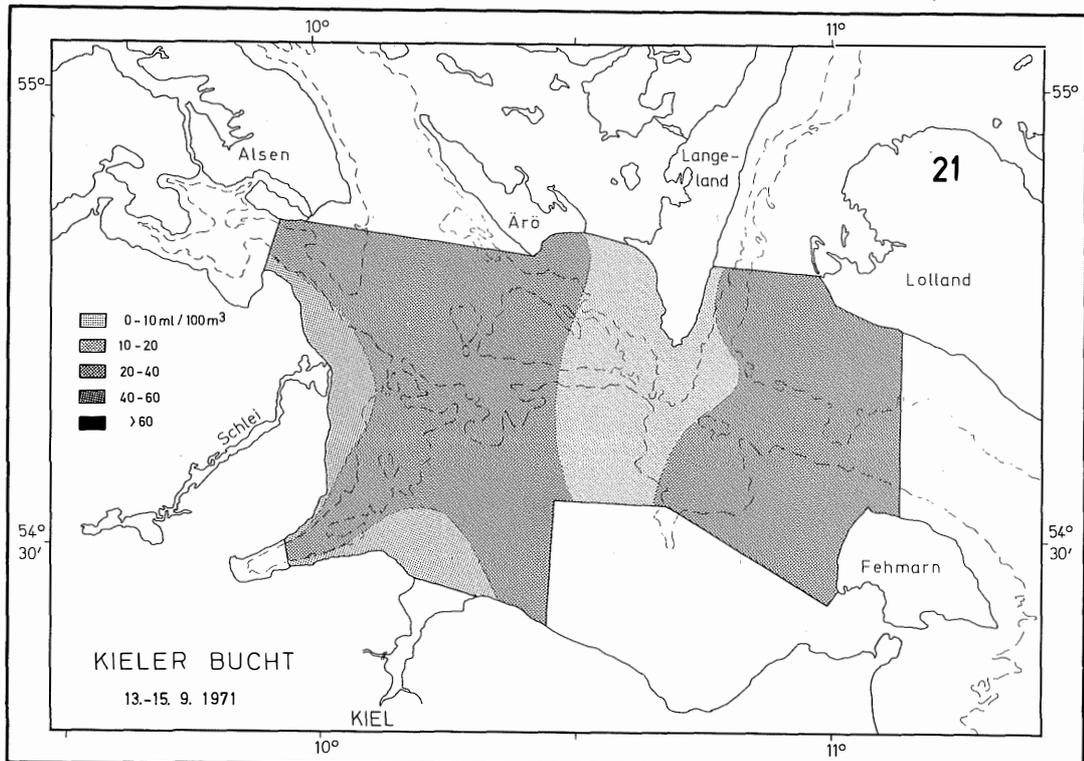
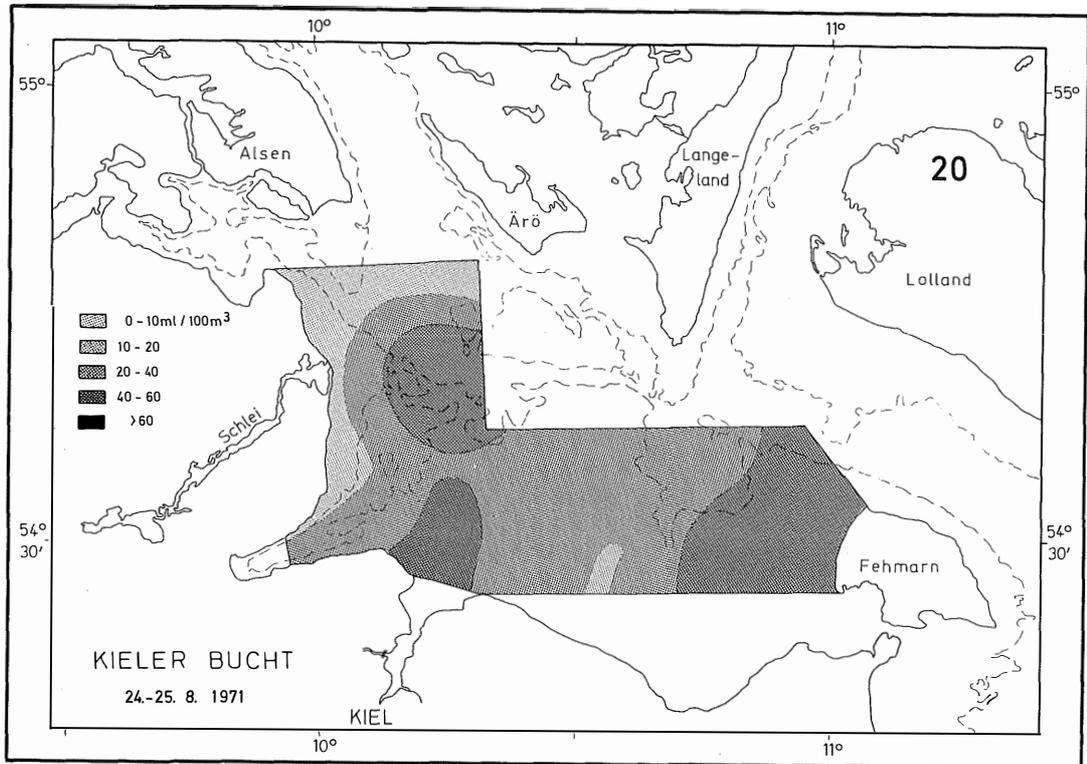
Tafel 10 (zu A. Müller)



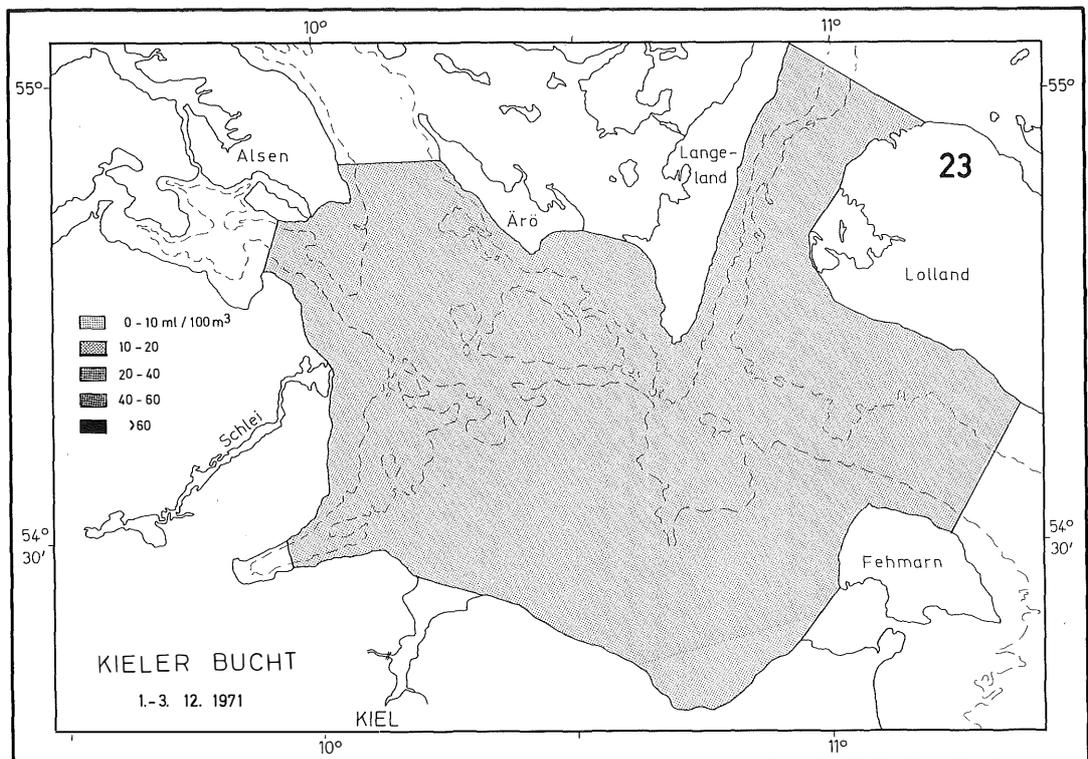
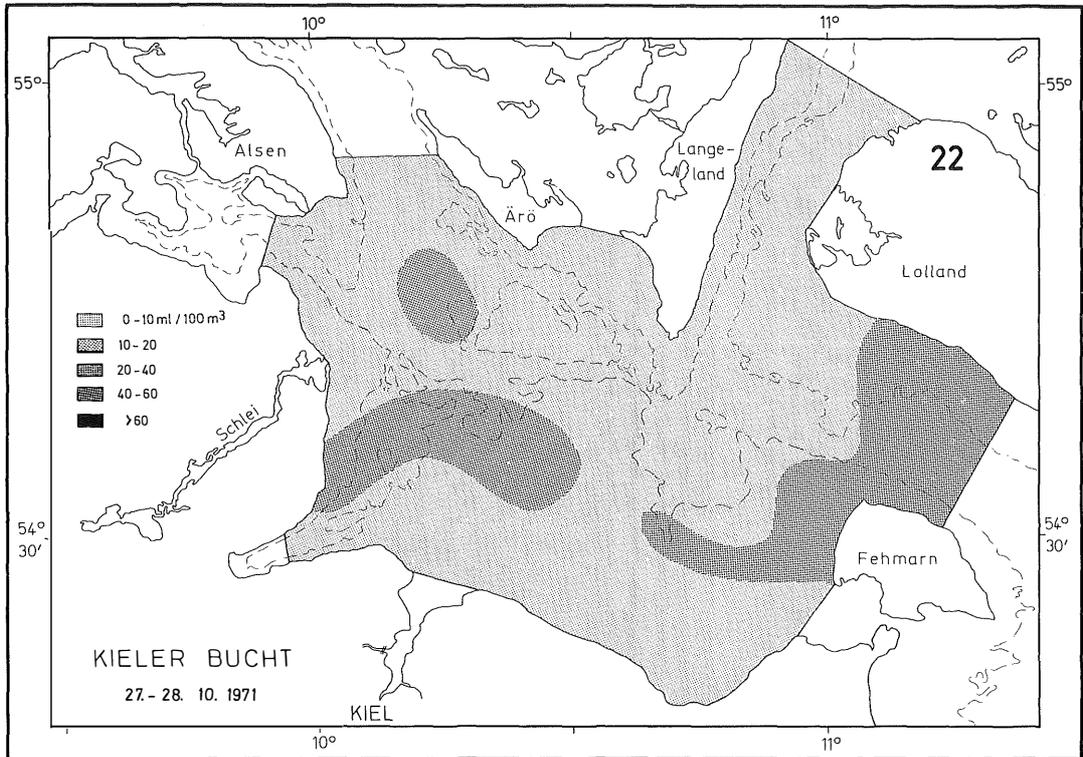
Tafel 11 (zu A. Müller)



Tafel 12 (zu A. Müller)



Tafel 13 (zu A. Müller)



Zooplankton in der Kieler Bucht zu erhalten. Der Vergleich der Gewichte ergibt nach Umrechnungen aus der Tabelle 4 einen Mittelwert von 14,2% an Trockensubstanz des Zooplanktons in der Kieler Bucht. HARRIS and RILEY (1956) geben für das gemischte Plankton der Long Island Meerenge 7,9% Trockensubstanz an, KREY (1958) ermittelte für Copepoden aus der Kieler Förde 13,6% und AHLSTROM and THRAILKILL (1963) nennen einen Bereich von 5,6 bis 11,6%, je nach Artenzusammensetzung des gemischten Zooplanktons. In den Jahren 1970/71 bestand das Plankton in der Kieler Bucht zum überwiegenden Teil aus Copepoden, dementsprechend zeigt sich mit dem Wert von KREY eine gute Übereinstimmung. Doch erscheint 14,2% Trockensubstanz für das unsortierte Plankton der Kieler Bucht etwas zu hoch. Wie AHLSTRÖM and THRAILKILL (1963) gezeigt haben, können bei Konservierungsdauer von mehreren Monaten erhebliche Volumenverluste eintreten. Der Umrechnungswert von 71 mg/ml Volumen wurde von Plankton bestimmt, das nicht länger als ein Monat konserviert war. Der Fehler müßte um 10% betragen, wenn man die Erfahrungen von AHLSTRÖM und THRAILKILL mit einbezieht.

4.4. Die Zusammensetzung des Planktons

Im Folgenden sollen kurz die wichtigsten Vertreter des Planktons genannt werden. Eine genaue qualitative Analyse desselben Materials wird in späteren Arbeiten erfolgen. Die Tabelle 3 gab uns Auskunft über den zahlenmäßigen Anteil der Fischeier und -larven im untersuchten Plankton. Volumenmäßig nehmen sie nur einen bescheidenen Anteil ein. Nur in planktonarmen Monaten können sie ein gleiches Volumen wie das Evertebratenplankton erreichen. Den zahlen- und volumenmäßig weitaus größten Anteil im Plankton bilden die Copepoden. Am häufigsten sind die Gattungen *Temora*, *Pseudocalanus*, *Centropages* und *Acartia*. Sie sind im ganzen Jahr mit wechselndem Anteil in der Kieler Bucht vorhanden. In den Winter- und Frühjahrsmonaten kommen besonders *Pseudocalanus* und *Temora* vor, im Sommer und Herbst dagegen *Acartia* und *Centropages*. Außer den Copepoden wurden Isopoden (*Idotea*), Amphipoden (z. B. *Hyperia*, *Gammarus*), Cumaceen (*Diastylis*) und Mysidaceen gefangen. Mit Ausnahme von *Hyperia* gehören die Vertreter dieser Gruppen nicht obligatorisch zum Plankton. Sie sind z. T. während ihres nächtlichen Aufsteigens ins Pelagial (z. B. *Diastylis*) und zum Teil mit treibendem Substrat (*Idotea*) auf Seegrassblättern erfaßt worden. In den Wintermonaten treten außerdem Chaetognathen in größerer Zahl auf.

Literaturverzeichnis

- AHLSTROM, E. H. and J. R. THRAILKILL (1963): Plankton volume loss with time of preservation. CalCOFI Repts. 9, 57—73.
- APSTEIN, C. (1905): Die Schätzungsmethode in der Planktonforschung. Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F. 8, 103—123.
- APSTEIN, C. (1906): Plankton in Nord- und Ostsee auf den deutschen Terminfahrten. Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F. 9, 1—26.
- APSTEIN, C. (1909): Die Bestimmung des Alters pelagisch lebender Fischeier. Mitt. dt. Seefisch. Ver. 12, 364—373.
- APSTEIN, C. (1911): Die Verbreitung der pelagischen Fischeier und Larven in der Beltsee und den angrenzenden Meeresteilen 1908/09. Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F. 13, 225—284.

- BANSE, K. (1955): Über das Verhalten von meroplanktischen Larven in geschichtetem Wasser. *Kieler Meeresforsch.* **11**, 188—200.
- BANSE, K. (1956): Über den Transport von meroplanktischen Larven aus dem Kattegat in die Kieler Bucht. *Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch.* **14**, 147—164.
- BANSE, K. (1959): Die Vertikalverteilung planktischer Copepoden in der Kieler Bucht. *Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch.* **15**, 357—390.
- BRANDT, K. (1898): Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **3**, 43—90.
- BRANDT, K. (1902): Über den Stoffwechsel im Meere. 2. Abhandlung. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **6**, 25—79.
- BRANDT, K. (1919): Über den Stoffwechsel im Meere. 3. Abhandlung. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **18**, 185—429.
- BRANDT, K. und E. RABEN (1920): Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons und von einigen Bodenorganismen. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **19**, 175—210.
- BÜSE, T. (1915): Quantitative Untersuchungen von Planktonfängen des Feuerschiffes „Fehmarnbelt“ vom April 1910 — März 1911. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **17**, 230—279.
- DAVID, P. M. (1965): The neuston net. A device for sampling the surface fauna of the ocean. *J. mar. biol. Ass. U.K.* **45**, 313—320.
- DRIVER, H. (1908): Das Ostseep plankton der 4 deutschen Terminfahrten im Jahre 1905. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **10**, 107—128.
- EHRENBAUM, E. und S. STRODTMANN (1904): Eier und Jugendformen der Ostseefische. I. Bericht. *Wiss. Meeresunters. Abt. Helg. N. F.* **6**, 57—126.
- HARRIS, E. and G. A. RILEY (1956): Oceanography of Long Island Sound 1952—54. VIII. Chemical composition of plankton. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.* **15**, 315—323.
- HEINEN, A. (1912): Die planktonischen Fischeier und Larven der Ostsee. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **14**, 129—189.
- HEMPEL, G. and H. WEIKERT (1972): The neuston of the subtropical and boreal North-eastern Atlantic Ocean. A. review. *Mar. Biol.* **13**, 70—88.
- HENSEN, V. (1873): Betreffend den Fischfang auf Expedition zur physikalischen und biologischen Untersuchung der Ostsee im Sommer 1871 auf S. M. Avisodampfer „Pommerania“. 1. Ber. *Komm. wiss. Unters. d. dtsh. Meere in Kiel*, 155—159.
- HENSEN, V. (1884): Über das Vorkommen und die Menge der Eier einiger Ostseefische, insbesondere derjenigen der Scholle, der Flunder und des Dorsches. 4. Ber. *Komm. wiss. Unters. d. dtsh. Meere in Kiel*, 297—313.
- HENSEN, V. (1887): Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Tieren. 5. Ber. *Komm. wiss. Unters. d. dtsh. Meere in Kiel*, 1—107.
- HENSEN, V. (1901): Über die quantitative Bestimmung der kleineren Planktonorganismen und über den Diagonal-Zug mittels geeigneter Netzformen. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **5**, 69—84.
- HENSEN, V. (1910): Zur Feststellung der Unregelmäßigkeiten in der Verbreitung der Planktonten. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **14**, 191—204.

- HENSEN, V. (1916): Die treibenden Fischeier und Fischlarven der westlichen Ostsee vom 19. März bis Anfang November 1912. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **18**, 157—184.
- HILLEBRANDT, M. (1972): Untersuchungen über die qualitative und quantitative Zusammensetzung des Zooplanktons in der Kieler Bucht während der Jahre 1966—1968. *Diss. Kiel.* 138 S.
- KÄNDLER, R. und H. WATTENBERG (1940): Einige Ergebnisse der Untersuchungsfahrten mit dem R.F.D. „Poseidon“ in der westlichen Ostsee 1938. *Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch.* **9**, 541—560.
- KÄNDLER, R. (1949a): Die Häufigkeit pelagischer Fischeier in der Ostsee als Maßstab für die Zu- und Abnahme der Fischbestände. *Kieler Meeresforsch.* **6**, 73—89.
- KÄNDLER, R. (1949b): Untersuchungen über den Ostseedorsch während der Forschungsfahrten mit dem R.F.D. „Poseidon“ in den Jahren 1925—1938. *Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch.* **11**, 137—245.
- KÄNDLER, R. (1950): Jahreszeitliche Vorkommen und unperiodisches Auftreten von Fischbrut, Medusen und Dekapodenlarven im Fehmarnbelt in den Jahren 1934 bis 1943. *Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch.* **12**, 49—85.
- KÄNDLER, R. (1960): 25 Years' quantitative sampling of pelagic fish eggs at the „Fehmarn-Belt“ light vessel. ICES meeting 1960, Nr. 85 (mimeo).
- KREY, J. (1958): Chemical determination of net plankton, with special reference to equivalent albumin content. *J. Mar. Res.* **17**, 312—324.
- LAEVASTU, T. (1958): Review of the methods used in plankton research and conversion Tables for recording the data and recommendations for standardisation. *FAO document 58/1/612.*
- LOHMANN, H. (1903): Neue Untersuchungen über den Reichthum des Meeres an Plankton und über die Brauchbarkeit der verschiedenen Fangmethoden. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **7**, 1—88.
- LOHMANN, H. (1908): Untersuchung zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, N. F.* **10**, 131—370.
- MCGOWAN, J. A. and D. M. BROWN (1966): A new opening-closing paired zooplakton net. *Univ. Calif. Scripps Inst. Oceanogr. Ref.* 66—23.
- MIELCK, W. und C. KÜNNE (1935): Fischbrut- und Plankton-Untersuchungen auf dem Reichsforschungsdampfer „Poseidon“ in der Ostsee, Mai—Juni 1931. *Wiss. Meeresunters. Abt. Helg. N. F.* **19**, 1—120.
- MÜLLER, A. (1970): Über das Auftreten von Fischlarven in der Kieler Bucht. *Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch.* **21**, 349—368.
- RABEN, E. (1916): Quantitative Bestimmung der im Meerwasser gelösten Phosphorsäure. *Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel,* **18**, 1—24.
- REMANE, A. und C. SCHLIEPER (1958): Die Biologie des Brackwassers. *Die Binnengewässer,* **22**, 348 S.
- SEIBOLD, E., N. EXON, M. HARTMANN, F.-C. KÖGLER, H. KRUMM, G. F. LUTZE, R. S. NEWTON, F. WERNER (1971): Marine Geology of Kiel Bay. VIII. *Int. Sediment. Congress 1971, Guidebook* 209—235.
- STRODTMANN, S. (1906): Laichen und Wandern der Ostseefische. II. Bericht. *Wiss. Meeresunters. Abt. Helg. N. F.* **7**, 193—216.
- WEBER, W. (1971): Die Laichplätze des Herings (*Clupea harengus* L.) der westlichen Ostsee. *Kieler Meeresforsch.* **27**, 194—208.