

Guido PERSOONE
 ASSISTENT
 Lab voor OEKOLOGIE
 Ledeganckstraat 35

VERÄNDERUNGEN DES ZOOPLANKTONS WÄHREND EINER TIDE IN DER ELBMÜNDUNG BEI CUXHAVEN

Heinrich Kühl

146411

In der Elbmündung unterhalb von Cuxhaven befindet sich im Polyhallinikum in der Gegend des Elbe-Feuerschiffes 3 ein Plankton-Maximumgebiet, wie Thiemann (1934) und Bursche, Kühl und Mann (1953, 1958, 1962) zeigen konnten; in diesem Gebiet ist auch das Benthos in reichem Masse vertreten (Caspers 1951). Durch die Gezeiten wird das Plankton mit den Wasserkörpern hin und hergeschoben. Thiemann nahm bei den Elbe-Feuerschiffen 1, 3 und 4¹⁾ Planktonproben während einer Tide, um die Veränderungen in der Planktonzusammensetzung kennen zu lernen, und Bursche, Kühl und Mann (1958) untersuchten das Phytoplankton im Zusammenhang mit chemischen Faktoren während einer Tide bei Cuxhaven bei unterschiedlicher Wasserführung. Bei diesen Untersuchungen wurden Schöpfproben genommen und damit in erster Linie das Phytoplankton und einige kleine Zooplankter erfasst. Hentschel (1949 und 1964) führte in einer methodischen Arbeit eine Analyse des Gesamtplanktons bei Cuxhaven durch, wobei er auch Angaben über das Plankton einige Stunden vor Tiden-Niedrigwasser machte.

Die Absicht dieser Arbeit ist es, in Fortführung früherer Untersuchungen, die Veränderungen des Zooplanktons bei Cuxhaven während einer Tide durch Vertikal-Netzfänge zu untersuchen. Es war ursprünglich vorgesehen, die Planktonfänge während eines vollen Jahres zu nehmen. Da das Winterplankton aber im allgemeinen recht arm ist, ausserdem die Probenentnahme im Winter oft auf erhebliche Schwierigkeiten stösst (Eisgang), wurden die Fänge nur in der Zeit von April bis Oktober gemacht, da auch hierdurch das Wesentliche erkannt werden konnte.

METHODE

An der „Alten Liebe“ bei Cuxhaven wurden während einer Tide alle zwei Stunden mit einem kleinen Netz Vertikalfänge gemacht. Die obere Öffnung betrug 40 cm, die Maschenweite 280 μ . Die Wassertiefe beträgt an der Probenentnahmestelle 6–7 m, der Tidenhub ist 2.93 m. Nur an ruhigen Tagen wurden die Untersuchungen durchgeführt. Im April und Oktober wurden die Serien mit Tidenniedrigwasser begonnen, in den übrigen Monaten lief die Untersuchung von Tidenhochwasser über Tidenniedrigwasser zu Tidenhochwasser.

¹⁾ Es liegen jetzt nur noch drei Feuerschiffe aus, das Feuerschiff Elbe 3 ($53^{\circ} 58'N$, $8^{\circ} 36'O$) liegt zwischen den früheren Feuerschiffen Elbe 3 ($53^{\circ} 58'N$, $8^{\circ} 31'O$) und Elbe 4 ($53^{\circ} 56'N$, $8^{\circ} 40'O$).

Gleichzeitig mit den Planktonfängen wurden die Wassertemperaturen an der Oberfläche gemessen, und die Salzgehalte der Oberfläche und Tiefe titriert. Andere chemische Faktoren wurden bei diesen Serien nicht bestimmt, da das bereits früher bei der Untersuchung des Phytoplanktons geschah (Bursche, Kühl, Mann 1958) und ausserdem im Zusammenhang mit anderen Fragestellungen getan werden soll.

Alle Planktonproben wurden im Ganzen ausgezählt, nur für *Noctiluca miliaris*, das Phytoplankton und den Detritus wurden die Absetzvolumina bestimmt. Es wurden jeweils immer Doppelproben genommen, deren Werte im allgemeinen sehr gut übereinstimmten, mit den Vertikalfängen waren also gut vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, wie auch schon aus früheren Untersuchungen hervorging.

Die Untersuchungen wurden an folgenden Tagen durchgeführt:

26. September	1962
4. April	1963
16. Mai	1963
14. Juni	1963
11. Juli	1963
13. August	1963
2. Oktober	1963

Die Serie vom September 1962 wurde zunächst durchgeführt, um zu erfahren, ob mit dem kleinen Netz brauchbare Werte erzielt werden konnten, nachdem das der Fall war, wurde mit den Untersuchungen im April 1963 begonnen.

UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Hydrographische Daten

Die hydrographischen und meteorologischen Daten an der „Alten Liebe“ sind für die betreffenden Tage in Tabelle 1 zusammengestellt: die Abflussmenge am Pegel Darchau ($Q \text{ m}^3/\text{sec}$), Wind-Stärken und -Richtungen, die Zeiten für Tiden-Hochwasser (Thw) und Tiden-Niedrigwasser (Tnw), der Pegelstand (NN — 5 m), die Wassertemperatur an der Oberfläche (WT° C) und der Salzgehalt ($S^{\circ}/_{\text{oo}}$) an der Oberfläche und am Boden.

Die Zusammenstellung zeigt, dass die Schwankungen der Wassertemperaturen und Salzgehalte während einer Tide ganz beträchtlich sein können, worauf schon früher hingewiesen wurde (Kühl, 1952, 1964). Bei der Wassertemperatur betragen sie bis zu 1° C, beim Salzgehalt bis über 10 $\text{^{\circ}}/\text{oo}$. Die gleichzeitigen Unterschiede zwischen Oberflächen- und Bodenwasser konnten an den Untersuchungstagen bis zu 1.1° C und 4 $\text{^{\circ}}/\text{oo}$ differieren (die Unterschiede können an sich noch erheblich grösser sein). Die Tabelle zeigt weiterhin, dass an der „Alten Liebe“ die Kurve für den Salzgehalt derjenigen des Pegels um etwa zwei Stunden nachläuft, d.h. dass man den höchsten Salzgehalt erst zwei Stunden nach Tiden-Hochwasser findet. Als Ganzes und für längere Zeit ist die Höhe des Salzgehaltes von der Wasserführung der Elbe abhängig (Kühl-Mann 1952, Kühl 1964). Bei grosser Oberwasser-

Tabelle 1.

Datum	Abfluss $Q \text{ m}^3/\text{s}$	Wind- Richtg Stärke	Uhrzeit	Thw	Tnw	Pegel NN - 5 m	WT °C	Salzgehalt ‰	
								Oberfläche	Tiefe
26.9.62	378	ESE 2	0945			5.50	13.4	14.56	
			1145	1152		5.86		17.73	
			1345			5.30		18.78	
			1545		1847	4.17		17.89	
6.4.63	745	N 1	0640		0621	2.71	3.9	6.43	6.56
			0835			3.97	3.9	6.49	7.58
			1030			5.28	3.7	12.19	11.74
			1200	1159		5.46	3.7	12.13	16.09
			1330			5.02	4.0	14.62	17.69
			1530			3.74	4.0	14.94	15.45
			1730		1836	2.89	4.2	8.61	8.67
16.5.63	630	NNE 2	0800			5.42	11.5	20.25	22.05
			1000			4.27	11.5	18.40	18.85
			1200		1205	3.47	11.6	14.11	14.17
			1400			4.32	12.3	10.78	11.29
			1600			5.68	12.8	13.28	17.31
			1800	1801		6.10	11.7	20.25	20.89
			2000			5.47	11.3	21.41	22.17
14.6.63	345	NNW 2-3	0740	0538		5.40	16.8	23.26	24.73
			0940			4.30	16.8	21.09	21.92
			1140		1206	3.56	17.2	18.97	19.10
			1340			4.31	17.3	14.81	15.16
			1540			5.90	16.9	17.76	20.51
			1740	1753		6.46	16.5	23.71	24.09
			1945			5.82	16.4	24.80	25.18
11.7.63	400	WSW 4	0620	0352		5.20	16.5	24.16	24.48
			0810			4.55	16.5	23.77	23.93
			1010		1028	3.80	16.7	20.25	20.32
			1215			4.95	16.9	15.71	18.59
			1415			6.35	16.6	23.13	23.07
			1610	1604		6.80	16.7	24.41	24.48
			1810			5.90	16.7	23.01	24.93
13.8.63	230	SW 4	0845	0646		5.60	17.6	25.25	25.98
			1100			4.40	17.7	24.54	24.41
			1300		1321	3.70	17.9	21.63	21.76
			1510			4.70	18.2	17.60	20.64
			1710			6.10	17.8	22.88	24.29
			1920	1908		6.60	17.6	25.79	25.73
			2030			6.20	17.6	25.05	25.98
2.10.63	290	SSW 4	0935		0653	5.90	12.2	16.67	19.55
			1220	1222		6.93		25.63	24.90
			1420			6.15		25.25	25.57
			1525			5.50		23.90	24.51
			1900		1920	3.95		19.55	20.57

menge, wie im April 1963 ($Q\ 745\ m^3/s$) ist der Salzgehalt niedrig mit 6.4 bis 12.1% ; umgekehrt, bei geringer Abflussmenge, z.B. im Oktober 1963 mit $Q\ 230\ m^3/s$ sind die Salzgehalte hoch: 17.6 bis 25.8% . Diese langfristigen Änderungen des Salzgehaltes wirken sich biologisch besonders stark aus, da sich die halinen Zonen für längere Zeit flussaufwärts verschieben. (Kühl 1964).

Zooplankton

Coelenteraten. Die hier behandelten Hydromedusen und Ctenophoren kommen in der Elbmündung regelmässig vor und treten teilweise in grosser Anzahl auf, ihre Fortpflanzung findet ebenfalls im Gebiet statt. (Kühl 1962).

Ectopleura dumortieri wurde immer nur in einzelnen Exemplaren gefangen, was auch den früheren Beobachtungen entspricht. In den Monaten April bis September wurden zwei Stunden vor, bis zwei Stunden nach Tiden-Hochwasser *Ectopleuren* — 1—3 Exemplare — gefangen.

Margelopsis haeckeli. Diese Hydromeduse wird ebenfalls regelmässig, aber gewöhnlich nicht in grösseren Mengen angetroffen. In unseren Serienfängen kamen sowohl die Meduse, wie auch der pelagische Polyp in der Zeit von Juni bis September bei auflaufendem Wasser vor. Die höchsten Zahlen waren zwei Stunden nach Tiden-Hochwasser mit 8 Medusen bzw. 12 Polypen.

Rathkea octopunctata tritt in der Elbmündung zeitweise in grosser Menge auf, daher konnte diese Meduse auch in unseren Serienfängen mit dem kleinen Netz in grösserer Zahl erbeutet werden (Fig. 1). *Rathkea* wird schon bei Beginn des Jahres im Plankton angetroffen, wir finden sie daher in unseren Proben schon im April in zwei Exemplaren bei Thw und zwei Stunden danach. Dann setzt die Massenvermehrung ein, und im Juni/Juli erhalten wir die höchsten Fangzahlen, wiederum zwei Stunden nach Tiden-Hochwasser mit 101 (VI) und 87 (VII) Medusen; die entsprechenden Zahlen bei Tiden-Niedrigwasser sind 5 bzw. 3 Tiere. Im August und Oktober 1963 sind nur noch 3—5 Rathkeen in den Fängen, im September 1962 waren es 12—36 Tiere, wiederum die höchste Zahl um Thw.

Nemopsis bachei wurde in der Elbmündung zuerst im Jahre 1949 beobachtet; seitdem tritt diese grosse Hydromeduse jedes Jahr regelmässig und zeitweise in Massen in den Monaten Mai/Juni bis Oktober (November) auf. In den Serien kam sie zuerst im Juni vor, erreichte im Juli das Maximum, auch im August war *Nemopsis* noch zahlreich, im Oktober wurden noch zwei Exemplare in den Fängen gefunden. Die höchsten Zahlen um Tiden-Hochwasser waren 45 im Juni, 90 im Juli und 41 Exemplare im August, die entsprechenden Minimal-Zahlen bei Tiden-Niedrigwasser waren 1, 10 und 2 Exemplare. Im September 1962 waren es, ähnlich wie bei *Rathkea* noch 3—12 Tiere (Fig. 1).

Bei *Obelia* spec. (grösstenteils wohl von *Laomedea dichotoma* stammend) waren die Mengen in den Netzen ähnlich wie bei *Nemopsis*: in den Monaten Juni bis August um Thw mit Maximalwerten von 51 (VI), 26 (VII) und 75 (VIII), bei Tiden-Niedrigwasser wurden nur einzelne Obelien gefangen. (Fig. 1).

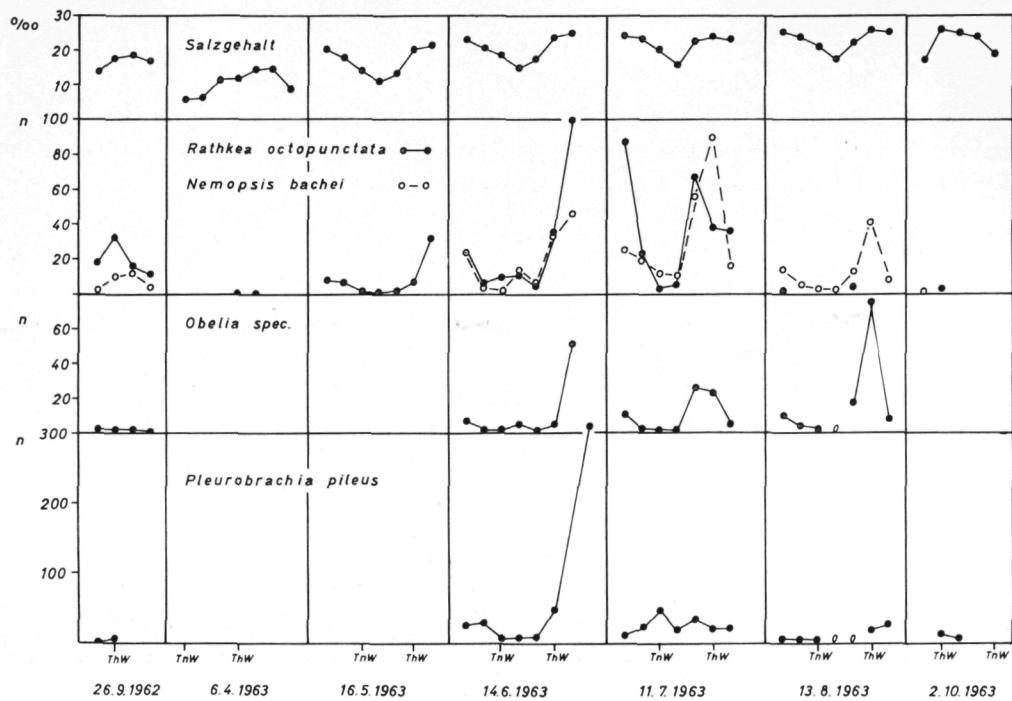


Fig. 1. Auftreten von *Rathkea octopunctata*, *Nemopsis bachei*, *Obelia spec.* und *Pleurobrachia pileus* in den Serienfängen an der „Alten Liebe“ von April bis Oktober mit Angabe des Salzgehaltes (%).

n = Anzahl, Thw = Tiden-Hochwasser, Tnw = Tiden-Niedrigwasser.

Eutonina indicans ist eine Hydromeduse, die früher in der Elbmündung nur als Gast anzusehen war (Kühl 1962). In den Jahren 1962–1964 jedoch trat sie in den Monaten Juni bis August recht häufig auf. Sie wurde daher in den Serienfängen im Juni und Juli in einzelnen Exemplaren, jedoch nur bei Tiden-Hochwasser beobachtet.

Eucheilota maculata ist im Elbegebiet sehr häufig, das Maximum liegt im August und September. In unseren Fängen war diese Meduse allerdings nicht in den Mengen vorhanden, die ihrer Häufigkeit entsprechen müsste, die etwa der von *Nemopsis* gleichkommt. Die grössten Fangmengen lagen im August 1963 bei 15 Exemplaren, im September 1962 bei 10 Tieren, ebenfalls bei Tiden-Hochwasser.

Pleurobrachia pileus kann das ganze Jahr über im Aestuar in wechselnden Mengen vorkommen (Kühl-Mann 1962). In unseren Fängen bekamen wir die Kugelrippenquelle von Juni bis Oktober. Im Juni wurden zwei Stunden nach Thw mit 323 Rippenquallen die höchste Zahl gefischt, im Juli waren es bei Tiden-Niedrigwasser 47 Exemplare und im August bei Tiden-Hochwasser 23 Tiere (Fig. 1).

Beroe cucumis ist im Gebiet im Ganzen etwas seltener als *Pleurobrachia*, sie tritt später auf, kann aber auch in grösserer Zahl vorkommen. In unseren Fängen fan-

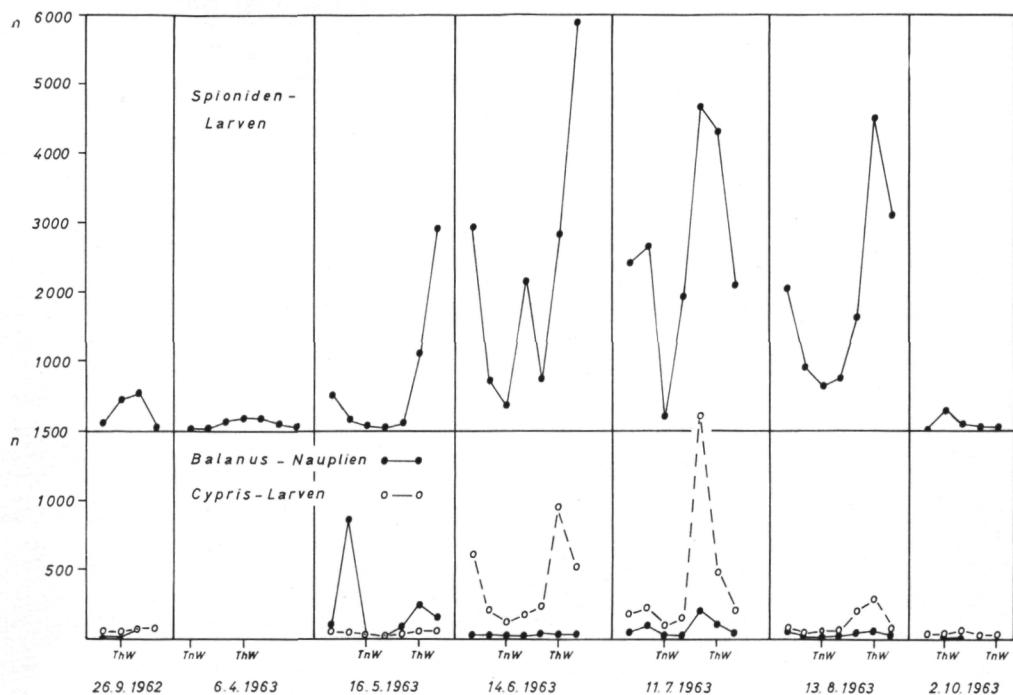


Fig. 2. Auftreten der Spioniden-Larven, *Balanus*-Nauplien und *Cypris*-larven in den Serienfängen.
n = Anzahl, Thw = Tiden-Hochwasser, -Niedrigwasser. Angabe des Salzgehaltes s. Abb. 1.

den wir die Melonenquelle nur im August und September mit 6—9 Exemplaren, auch wieder um Tiden-Hochwasser.

Polychaeten. Die Spioniden-Larven bilden zu bestimmten Zeiten einen Hauptbestandteil des Aestuarplanktons. Sie sind das ganze Jahr über in wechselnden Mengen anzutreffen, haben ihr Maximum aber in den Sommermonaten. Aus früheren Untersuchungen ging hervor, dass die grösste Menge von Spionidenlarven im Raum beim Elbe-Feuerschiff 3 zu finden war (Kühl-Mann 1962), Thiemann (1934) fand ein Maximum der Spioniden-Larven bei den Feuerschiffen Elbe 1 und 3 (s. Anmerkung S. 000) bei Tiden-Niedrigwasser, dagegen beim früheren Elbe-Feuerschiff 4, also dem Cuxhaven am nächsten liegenden Feuerschiff bei Tiden-Hochwasser. Wir fanden die Spionidenlarven in allen unseren Serienfängen. Mit fast 6000 Larven hatten wir im Juni die höchste Fangmenge im Netz. Wenn bei den hohen Zahlen auch Schwankungen bei den einzelnen Fängen auftraten, so zeigte sich doch deutlich eine Zunahme der Larven in der Zeit von zwei Stunden vor bis zwei Stunden nach Tiden-Hochwasser (Fig. 2).

Um die Unterschiede zu verdeutlichen, seien nachfolgend einige Zahlen für das Tiden-Niedrigwasser und -Hochwasser gegenübergestellt.

Die Larven von *Lanice conchilega* sind im Cuxhavener Plankton ebenfalls nicht

Tabelle 2. Anzahl der Spioniden-Larven bei Tnw und Thw von April bis Oktober 1963.

	6.4.	16.5.	14.6	11.7.	13.8.	2.10.
Tnw	1	8	368	205	650	33
Thw	168	2900	5900	4300	4500	310

selten. Nach früheren Untersuchungen liegt das Verbreitungsmaximum allerdings weiter seewärts im Raum von Feuerschiff Elbe 1—2. (Kühl-Mann 1962). In den Fängen kamen *Lanice*-Larven in der Zeit von Juni bis Oktober vor, am häufigsten im Juni bis August, wieder bei auflaufendem Wasser von zwei Stunden vor bis zwei Stunden nach Tiden-Hochwasser. Bei Tiden-Niedrigwasser, bzw. zwei Stunden danach, wurden oft keine Larven gefangen. Die höchste Fangmenge waren 33—37 Exemplare. Rechnet man den Durchschnitt für fünf Serien aus, so verteilen sich *Lanice*-Larven in folgender Weise über eine Tide:

Anzahl	Stunden vor		Thw	Stunden nach		Tnw
	Tnw	— 4	— 2	+ 2	+ 4	
		1	19	25	19	6
						1

Die Larven von *Magelona papilliformis* sind im Plankton regelmässig bei Cuxhaven anzutreffen, wenn auch meist nur in geringer Anzahl. Aehnlich wie für *Lanice*, wurde bei früheren Untersuchungen das maximale Vorkommen weiter seewärts bei Feuerschiff Elbe 2 festgestellt (Kühl-Mann 1962). Caspers (1951) fand beim FS Elbe 2 auf sandigem Schlick ebenfalls eine reiche Besiedlung mit *Magelona* (279 auf $\frac{1}{10}$ m²). Im Juli und August wurden in unseren Fängen bei Thw bis zu 15 Exemplaren gezählt, bei Tnw wurden keine Larven gefangen. Im April, September und Oktober kamen ebenfalls keine *Magelona*-Larven in den Fängen vor.

Bei den im Cuxhavener Plankton im allgemeinen nicht sehr häufigen Polynoid-Larven — im Gebiet kommen *Harmothoe sarsi* und *Lepidonotus squamatus* vor — konnten im Juli und August keine wesentlichen Unterschiede im Auftreten bei Ebbe und Flut festgestellt werden, in den Fängen waren meist 1—5 Tiere, maximal wurden 16 Larven gefangen. Die Trochophora und Nectochaeta verschiedener Polychäten wurden im Plankton ebenfalls recht häufig angetroffen, für sie gilt das Gleiche, was für die Spioniden-Larven gesagt wurde: die grösste Larvenzahl wird 2 Stunden vor bis zwei Stunden nach Tidenhochwasser gefunden.

Die Copepoden spielen im Cuxhavener Plankton eine grosse Rolle. Thiemann (1934) fand beim Feuerschiff Elbe 1 bei Tiden-Hochwasser um etwa ein Drittel niedrigere Werte, als bei Tiden-Niedrigwasser. Bei den weiter elbaufwärts liegenden Feuerschiffen Elbe 3 und 4 (s. Anmerkung S. 000) waren keine Unterschiede zwischen Ebbe und Flut zu bemerken, auch waren die Zahlen zu niedrig und ungleichmässig. Kühl-Mann (1962) fanden etwa 12 km unterhalb Cuxhaven (beim Feuerschiff Elbe 3) ein Copepoden-Verbreitungsmaximum in der Aussenelbe. Die

Copepoden sind das ganze Jahr über im Plankton anzutreffen, wir fanden sie daher auch in allen Proben. Die höchsten Zahlen erhielten wir im Mai mit fast 10 000 Copepoden im Fang, im Durchschnitt waren es 4000 Copepoden. Ganz deutlich lag das Maximum wieder bei Tiden-Hochwasser, bzw. zwei Stunden danach. Die Durchschnittszahlen aus 44 Planktonfängen ergeben folgendes Verteilungsbild über eine Tide.

	Stunden vor		Thw	Stunden nach		
	Tnw	-4	-2	+2	+4	Tnw
Anzahl ♂		230	570	1475	1825	300

Die Balaniden-Nauplien und Cypris-Larven von *Balanus balanoides*, *Balanus improvisus*, *Elminius modestus* und auch *Balanus crenatus* kommen im Cuxhavener Plankton in der Zeit von April—Mai bis Oktober—November vor. Die Cyprislarven, die schon im April, — meist nur in geringerer Zahl — auftreten, stammen immer von *Balanus balanoides*. Wenn die Wassertemperatur die 10° Grenze übersteigt, nimmt die Anzahl schnell zu. In unseren Fängen sind in den Aprilfängen noch keine Balanidenlarven zu finden. Im Mai erhalten wir die höchsten Fangzahlen für die *Balanus*-Nauplien mit 840 Exemplaren zwei Stunden vor Tiden-Niedrigwasser (Fig. 2) im Juni gehen die Fangzahlen stark zurück, die Schwankungen sind aber auch nicht gross, die Zahlen bewegen sich zwischen 12 (Thw) und 34 (2 Stunden vor Thw) Larven. Im Juli und August sind wieder mehr Nauplien in den Fängen, damit werden auch die Unterschiede während der Tide grösser. Die Beziehungen zum Tidenverlauf kommen bei den Balaniden-Nauplien nicht so deutlich zum Ausdruck, wie bei den anderen Planktern. In einigen Fällen finden wir die höchsten Werte bei Thw, aber auch bei Tnw können hohe Fangzahlen festgestellt werden.

Die Cyprislarven nehmen erst vom Juni an stark zu und erreichen im Juli mit über 1600 Larven im Fang die höchsten gefundenen Werte. Die meisten Cyprislarven wurden von zwei Stunden vor bis zwei Stunden nach Tiden-Hochwasser gefunden (Fig. 2). Bei früheren Untersuchungen fanden wir eine starke Anhäufung von Balanidenlarven im Raume Feuerschiff Elbe 3. (Kühl-Mann 1962).

Die Amphiopoden (meist Gammariden) sind substratgebunden, sie leben im *Balanus-Mytilus*-Bewuchs und unter Steinen und *Fucus*, sie werden meist nur als kleine Tiere mit dem Planktonnetz erfasst. Irgendwelche Beziehungen zum Tidenverlauf lassen sich nicht erkennen.

Die Larven von *Crangon crangon* finden sich sehr oft in geringer Zahl in den Fängen. Auch hier liessen sich keine Zusammenhänge mit Ebbe und Flut ersehen.

Die Durchschnittswerte aus allen Fängen sind für einige zahlreich vorkommende Plankter über eine Tide hinweg, zusammen mit der Pegel-Kurve (T in m) und der gemittelten Salzgehalts-Kurve ($S^{\circ}/_{\text{oo}}$) in den Fig. 3 und 4 zusammengestellt. Es zeigt sich sehr deutlich, dass die Maxima für *Nemopsis bachei* und *Obelia spec.* sehr prägnant mit dem Tiden-Hochwasser zusammenfallen, dass sie für *Rathkea octo-*

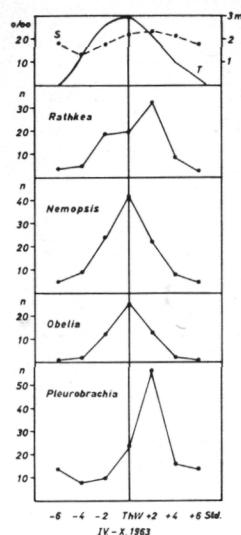


Fig. 3

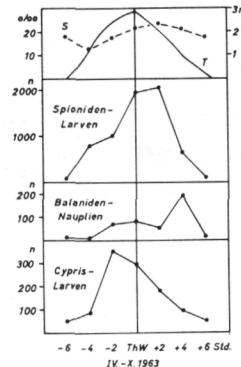


Fig. 4

Fig. 3. Vorkommen von *Rathkea octopunctata*, *Nemopsis bachei*, *Obelia* spec. und *Pleurobrachia pileus* während einer Tide; Mittel aus allen Fängen, mit Angabe des gemittelten Salzgehaltes ($S^{\circ}/_{\text{oo}}$) und der Pegelkurve (T, m), n = Anzahl. — = Stunden vor, + = Stunden nach Tiden-Hochwasser (Thw).

Fig. 4. Auftreten der Spioniden-Larven, *Balanus*-Nauplien und Cyprislarven während einer Tide mit Angabe des gemittelten Salzgehaltes ($S^{\circ}/_{\text{oo}}$) und der Pegelkurve (T, m). n = Anzahl. — = Stunden vor, + = Stunden nach Tiden-Hochwasser (Thw).

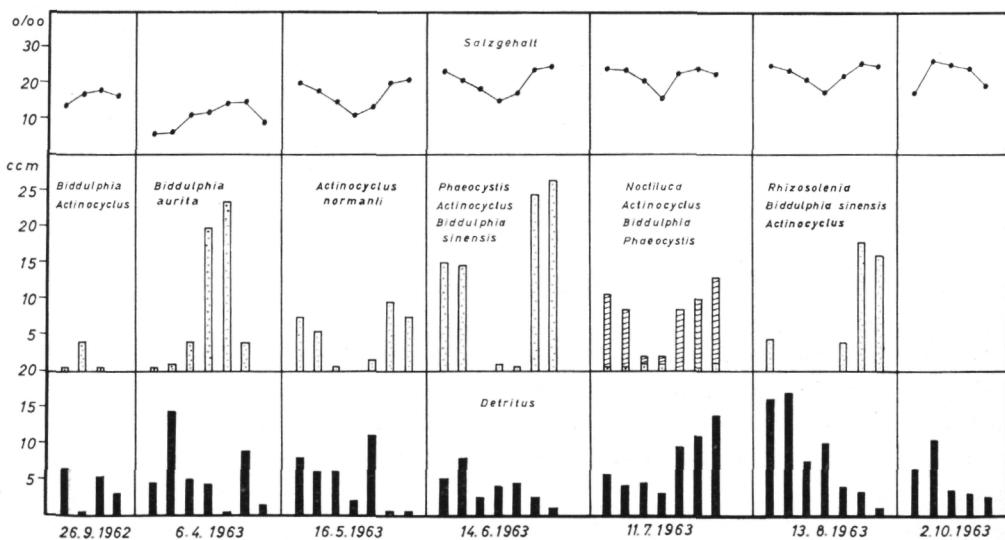


Fig. 5. Absetzvolumina (ccm) von Phytoplankton, *Noctiluca miliaris* (VII) und Detritus während einer Tide von April bis Oktober, mit Angabe des Salzgehaltes ($^{\circ}/_{\text{oo}}$).

punctata, *Pleurobrachia pileus* und die Spioniden-Larven bei dem höchsten Salzgehalt, zwei Stunden nach Hochwasser liegen. Das Maximum der Cyprislarven ist zwei Stunden vor Tiden-Hochwasser. Für die *Balanus*-Nauplien basiert der Anstieg der Kurve zwei Stunden vor Tiden-Niedrigwasser auf mehreren höheren Werten, wird also nicht durch einen zufällig sehr hohen Wert bedingt.

Phytoplankton und Detritus

In einer früheren Arbeit wurden die Veränderungen des Phytoplanktons während einer Tide bei unterschiedlicher Wasserführung im Zusammenhang mit hydrochemischen und anderen Faktoren eingehend untersucht. (Bursche, Kühl und Mann 1958). An dieser Stelle sollen daher nur als Ergänzung und der Vollständigkeit halber einige Angaben über das Phytoplankton und den Detritus der Serienfänge gemacht werden. Zu diesem Zweck wurden nur die Absetzvolumina für das Phytoplankton und den Detritus getrennt bestimmt und zusammengestellt (Fig. 5).

Es zeigt sich deutlich, dass die Menge des Phytoplanktons bei Tiden-Hochwasser am grössten ist, dass bei Tidenniedrigwasser oft nur minimale Werte gefunden wurden. Im April bestand das Phytoplankton fast ausschliesslich aus *Biddulphia aurita*, im Juni war *Phaeocystis*, im August *Rhizosolenia*-Arten der Hauptbestandteil des Phytoplanktons. Daneben kamen in mehr oder weniger grosser Zahl andere *Biddulphia*-Arten, *Actinocyclus Normanii* Coscinodiscen, *Eucampia* usw. vor. Genaue Artenlisten finden sich bei Thiemann (1934), Bursche-Kühl-Mann (1958) und Schulz (1961). Im Juli ist *Noctiluca miliaris* in grosser Menge vorhanden, auch hier wiederum die höchsten Werte bei Tiden-Hochwasser. Das Phytoplankton tritt daneben ganz zurück.

Beim Detritus sind bezüglich der Menge keine so deutlichen Beziehungen zum Tidenverlauf zu erkennen, indem manchmal entgegen der Erwartung auch bei Tiden-Hochwasser erhebliche Mengen festzustellen waren (z.B. im VII., VIII. und X. 1963). Hier spielen jedoch die Wind-Stärken und -Richtungen eine wichtige Rolle. Die Art des Detritus ist aber im Verlauf einer Tiden sehr unterschiedlich: bei ablaufendem Wasser überwiegen Schmutz, Holzteilchen, Pflanzenfasern und wachssähnliche Substanzen, bei auflaufendem Wasser sind es dagegen mehr sandige und tonige Bestandteile, Kotpillen u.a. Die höheren Detritusmengen bei Thw bestehen zum grössten Teil aus den letztgenannten Stoffen, wie es in oben genannten Beispielen der Fall war (s. Tab. 1 Windstärken u. -Richtungen). Das Verhältnis des Detritus zum Phytoplankton ist sehr ausgeprägt, indem bei höherem Detritusgehalt die Phytoplanktonmenge gering ist und umgekehrt, unabhängig von der Tide.

Die Probenserien gaben auch Gelegenheit, für einige Zooplankter den jahreszeitlichen Verlauf ihres Auftretens von April bis Oktober zu verfolgen. Da hierbei die Wassertemperatur eine wesentliche Rolle spielt, sind in der Zusammenstellung auf den Fig. 6 und 7 die Monatsmittel für die Wassertemperatur im Jahre 1963 angegeben, zusammen mit der prozentualen Verteilung der Plankter.

Rathkeea octopunctata hat im Juni—Juli das Maximum ihres Auftretens, diese Meduse kann aber das ganze Jahr über im Cuxhavener Plankton angetroffen werden (Kühl 1962).

Nemopsis bachei tritt zuerst im Mai bei Cuxhaven auf, im Juli hat sie ihr Maximum, im Oktober verschwindet sie wieder.

Die Obelien erscheinen zuerst im Mai; am häufigsten sind sie im August, vom September ab sind sie im Plankton nicht mehr zu beobachten.

Pleurobrachia pileus wurde vom März bis Dezember im Cuxhavener Plankton festgestellt, in den Wintermonaten ist sie jedoch selten. Am häufigsten trat sie im Juni auf.

Die Spioniden-Larven sind ebenfalls das ganze Jahr über im Plankton anzutreffen, in den Wintermonaten jedoch nur in geringerer Anzahl. Im Juni—Juli treten sie in grossen Massen auf, sie stellen dann einen beträchtlichen Teil des Planktons dar.

Aehnlich ist es mit den Copepoden, die schon im März—April in grosser Menge zu beobachten sind, ihr Massenvorkommen liegt im Mai, also noch vor dem der Spionidenlarven.

Die Larven der Balaniden, — Nauplien und Cyprislarven — erscheinen im Plankton erst, wenn die 10°C Grenze erreicht ist, das ist gewöhnlich im Mai der Fall, die Larven von *Balanus balanoides* können schon etwas früher, im April erscheinen, wie oben bereits gesagt wurde. Die Balaniden-Nauplien sind im Mai dann gleich in grossen Massen im Plankton, sie erscheinen also gleich mit einem Maximum. Nach dem ersten Larvenausstoss geht ihre Zahl dann auf ein Drittel zurück, erst im Juli—August kommt es dann zu einem zweiten Anstieg. Im September—Oktober geht ihre Zahl gewöhnlich zurück, sie verschwinden dann aus dem Plankton. Sind die Wassertemperaturen im Oktober noch hoch, so können bis Ende Oktober, Anfang November noch *Balanus*-Nauplien im Plankton sein.

Das Maximum für die Cyprislarven liegt naturgemäß einige Wochen später, im Juni—Juli. Für sie gilt im Herbst das Gleiche, wie für die Nauplien. Bei höheren Oktoberwassertemperaturen kann es Anfang November noch zum Ansatz von Balaniden kommen.

In die Fig. 6 und 7 sind die Grenzen für die 10°C Wassertemperatur eingetragen. Es ist deutlich zu ersehen, dass die Maximalentwicklung für viele Zooplankter im Cuxhavener Raum innerhalb dieser Grenzen liegt.

Die Serienfänge an der „Alten Liebe“ bei Cuxhaven zeigen, dass bei auflaufendem Wasser mit zunehmendem Salzgehalt die Zahl der Zooplankter und des Phytoplanktons zunimmt, dass auch die artliche Zusammensetzung reicher wird, und manche Arten, wie *Phoronis*-Larven, *Tomopteris* etc. nur bei Tiden-Hochwasser oder kurz danach bei Cuxhaven anzutreffen sind. Es ist schon darauf hingewiesen worden, dass sich etwa 12—15 km unterhalb von Cuxhaven, im Raum von Feuerschiff Elbe 3, ein Plankton-Maximum befindet, das durch besonders günstige Nährstoffverhältnisse bedingt ist. (Thiemann 1934, Bursche-Kühl-Mann 1953, 1958, 1962). Es ist daher verständlich, dass mit dem Flutstrom Plankter aus diesem

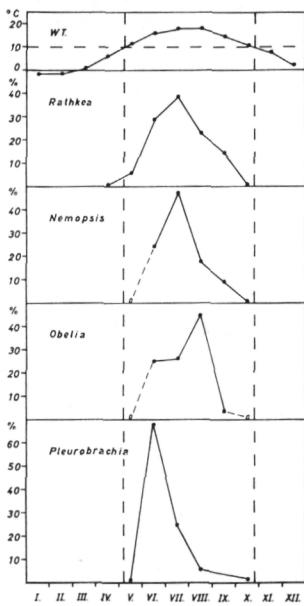


Fig. 6

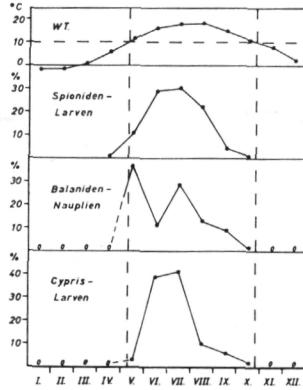


Fig. 7

Fig. 6. Prozentuale jahreszeitliche Verteilung von *Rathkea octopunctata*, *Nemopsis bachei*, *Obelia* spec. und *Pleurobrachia pileus* mit Angabe der Wassertemperatur im Monatsmittel.
Gestrichelt: 10° C-Grenzen.

Fig. 7. Prozentuale jahreszeitliche Verteilung der Spioniden-Larven, Balaniden-Nauplien und Cypris-larven mit Angabe der Wassertemperatur im Monatsmittel. Gestrichelt = 10° C-Grenzen.

Gebiet herangeführt werden. Das trifft in besonderen Masse für holoplanktische Formen (z.B. *Pleurobrachia*, *Sagitta*) zu, und für Larven von Organismen, deren Siedlungsgebiet sich weiter seewärts befindet (z.B. *Lanice*, *Magelona*). Andererseits finden sich im Plankton die Larven von Bewuchs- und Wattorganismen, die teilweise massenhaft am Bollwerk „Alte Liebe“ und im angrenzenden Watt, z.B. einem abgegrenzten, genauer untersuchten, Bezirk in unmittelbarer Nähe der Probenentnahmestelle vorkommen („Molendreieck“ Kühl 1964).

Der Tidenhub von 3 m reicht nicht für die Planktonzunahme bei Flut aus, da keine Relation des Pegelstandes zur Menge des Planktons besteht. (Tab. 2).

ZUSAMMENFASSUNG

1. In Cuxhaven wurden von April bis Oktober während einer Tide zweistündlich Wassertemperatur und Salzgehalt bestimmt und Vertikalfänge mit einem kleinen Netz (Maschenweite 280 µ) durchgeführt. Das Zooplankton wurde aus dem ganzen Fang ausgezählt, vom Phytoplankton und Detritus wurde das Absetzvolumen bestimmt.

2. Der Salzgehalt nimmt mit auflaufendem Wasser zu, aber die Salzgehaltskurve läuft dem Pegel-

stand um etwa 2 Stunden nach, d.h. der höchste Salzgehalt wird bei Cuxhaven an der „Alten Liebe“ erst 2 Stunden nach Tiden-Hochwasser gefunden.

3. Mit auflaufendem Wasser, bzw. zunehmendem Salzgehalt enthalten die Fänge zunehmende Mengen an Zooplankton, auch die Artenzahl steigt an.

4. Es werden Angaben über einige Hydromedusen, Ctenophoren, Polychätenlarven, Copepoden und Balanuslarven gemacht. Die Maxima liegen im allgemeinen von zwei Stunden vor bis zwei Stunden nach Tiden-Hochwasser.

5. Das Phytoplankton zeigt ebenfalls bei Tiden-Hochwasser deutlich höhere Werte, während dies für den Detritus nicht so deutlich in Erscheinung tritt. Hier spielen noch andere Faktoren eine Rolle (Wind). Qualitativ ist der Detritus sehr unterschiedlich bei Ebbe und bei Flut. Ist viel Detritus vorhanden, so ist die Phytoplanktonmenge geringer und umgekehrt. Im Juli trat *Noctiluca* in Massen auf, der Phytoplankton gehalt war gering.

6. Die Zunahme des Planktons bei Flut kann zum Teil dadurch erklärt werden, dass sich unterhalb von Cuxhaven im Raum des Feuerschiffs Elbe 3 ein Plankton-Maximumgebiet befindet, von dem Teile mit der Flut elbaufwärts gebracht werden.

7. Für das jahreszeitliche Auftreten des Zooplanktons spielt die Wassertemperatur eine entscheidende Rolle. Für viele Planktonformen liegt die Massenentwicklung oberhalb der 10° C-Grenze.

SUMMARY

In the Elbe-Estuary at the "Alte Liebe" pier near Cuxhaven, plankton samples were made monthly from April to October whilst a whole tide. In the estuary the changes of salinity and other abiotic factors are very significant. Short time changes are caused by the tides. At the "Alte Liebe" pier the highest salinity is two hours after high tide. In the outer parts of the estuary near the light ship "Elbe 3" the maximum density of plankton occurs, that is the polyhaline zone. Therefore plankton samples at Cuxhaven contain more organisms and also species with increasing salinity, maxima are two hours before to two hours after high tide. Data are given for some groups of plankton organisms as hydromedusae, ctenophores, polychaet larvae, copepods and balanid larvae, also for phytoplankton and detritus. The detritus content is high at low tide, sometimes also at high tide, caused by meteorological factors (e.g. wind), but qualitative differences are significant at low- and high tide. The seasonal distribution of the mentioned plankton is recorded.

ZITIERTE LITERATUR

- BURSCHE, E. M., KÜHL, H., & MANN, H., 1958 a: Hydrochemische Faktoren und Phytoplankton während einer Tide in der Elbmündung. — Gewäss. u. Abwäss. 8, 13—39.
— — 1958 b: Hydrochemie und Phytoplankton in der Unterelbe. — Veröff. Inst. Meeresforsch. 5, 165—192.
- CASPERS, H., 1952: Bodengreiferuntersuchungen über die Tierwelt in der Fahrrinne der Unterelbe und Vormündungsgebiet der Nordsee. — Verh. dtsch. zool. Ges. Wilhelmshaven 1951. 404—418.
— — 1958: Biologie der Brackwasserzonen im Elbaestuar. — Verh. int. Ver. Limnol. 13, 686—698.
- HENTSCHEL, E., (1949) 1964: Analyse einer benthoplanktischen Lebensgemeinschaft. — Mitt. Hamburg. Zool. Mus. 61, 93—115.
- KÜHL, H., 1952: Ueber die Hydrographie von Wattenpfützen. — Helgol. Wiss. Meeresunters. 4, 101—106.
— — 1962: Die Hydromedusen der Elbmündung. — Abh. naturw. Ver. Hamburg. NF. 1961. 6, 209—232.
— — 1964: Ueber die Schwankungen der abiotischen Faktoren in der Elbmündung bei Cuxhaven. — Helgol. Wiss. Meeresunters. 10, 202—216.

- — 1964: Wassertemperatur, Salzgehalt und andere chemische Faktoren an der „Alten Liebe“ Cuxhaven im Jahre 1963. — Veröff. Inst. f. Küsten- u. Binnenfischerei 28/1964. 1—19.
- KÜHL, H., & MANN, H., 1953: Beiträge zur Hydrochemie der Unterelbe. — Veröff. Inst. Meeresforsch. 2, 236—268.
- — 1962: Ueber das Zooplankton der Unterelbe. — Ibid. 8, 53—70.
- SCHULZ, H., 1961: Qualitative und quantitative Planktonuntersuchungen im Elbe-Aestuar. — Arch. Hydrobiol. Suppl. XXVI/1, 5—105.
- THIEMANN, K., 1934: Das Plankton der Flussmündungen. — Meteor 12, 199—273.

DISCUSSION

NEUNES: 1) Haben Sie statistische Tests hinsichtlich der Reproduzierbarkeit Ihrer Ergebnisse vorgenommen?

2) Haben Sie auch Proben in einigen weiteren Entfernung von einander vorgenommen, da im offenen Meer, bei augenscheinlich gleichen hydrographischen Bedingungen, oftmals die Verteilung des Planktons sehr verschieden sein kann?

Answer: Statistisch wurde unser Material nicht ausgewertet. Wir kennen aber die Verteilung des Planktons qualitativ und quantitativ sehr gut, im Zusammenhang mit hydrographischen Faktoren.

Die hydrographischen Verhältnisse sind in der Elbmündung sehr schwankend, daher kann sich die Verteilung und Zusammensetzung ebenfalls schnell ändern. Innerhalb eines Wasserkörpers dagegen sind die Änderungen gering.