

331 Mit dem besten Gruß
1387

Überreicht vom Verfasser

Veröffentlichungen
des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven

Lab. voor
1966 Ledeganckstraat, 35
GENT

Band X

S. 61—70

146403

Der Abfluß der Elbe im Jahre 1965 und seine Wirkung auf Salzgehalt, Plankton und Bewuchsbildung bei Cuxhaven

Von Heinrich Kühl

Der Abfluß der Elbe im Jahre 1965 und seine Wirkung auf Salzgehalt, Plankton und Bewuchsbildung bei Cuxhaven

Von Heinrich Kühl

In Flußmündungen treten durch die Mischung von Meeres- und Flußwasser Schwankungen der abiotischen Faktoren auf, die das biologische Geschehen weitgehend beeinflussen. Von ausschlaggebender Bedeutung für die Verteilung der Organismen im Aestuar ist dabei der Salzgehalt. In bestimmten Gebieten sind die Schwankungsbreiten des Salzgehaltes besonders groß. In der Elbmündung liegen sie etwa zwischen dem Feuerschiff „Elbe 3“—Cuxhaven—Medemmündung/Otterndorf (KÜHL und MANN 1953, LUCHT 1964). Diese Gebiete zeichnen sich durch Artenarmut und Individuenreichtum aus, da nur relativ wenige Arten diese großen Schwankungen ertragen können.

Kurzfristige und regelmäßige Schwankungen des Salzgehaltes treten im Verlauf der Gezeiten auf; unregelmäßige, oft etwas länger andauernde Änderungen der abiotischen Faktoren sind durch Winde bedingt. Bei westlichen Winden, verbunden mit Wasserstau, erhöht sich der Salzgehalt, das Umgekehrte ist bei stärkeren östlichen Winden der Fall. Im ganzen wirken sich die Wetterbedingungen am Ort biologisch aber nur geringfügig aus.

Den größten Einfluß auf die Organismen im Mündungsgebiet haben aber die gewöhnlich langfristigen Änderungen der hydrographischen Faktoren, die durch die Wasserführung der Elbe bedingt sind, also letztlich die Wetterverhältnisse im Einzugsgebiet der Elbe. Die Elbezuflüsse unterhalb von Hamburg spielen dabei nur eine untergeordnete Rolle.

Ist die Oberwassermenge sehr groß, so verschieben sich die halinen Zonen seewärts, das bedeutet, daß an bestimmten Punkten der Unter- und Außenelbe, z. B. Cuxhaven, der Salzgehalt sich für längere oder kürzere Zeit vermindert; das Umgekehrte ist der Fall, wenn eine Trockenperiode im Mittel- oder Oberlauf der Elbe die Abflußmenge herabsetzt, wobei dann die Brackwassergrenze elbaufwärts verschoben wird.

Von RUNNSTRÖM (1936) wurde der Einfluß der Wassertemperatur auf die Fortpflanzung und Entwicklung mariner Tiere unter tiergeographischen Gesichtspunkten untersucht. Er unterschied zwischen einer vegetativen Temperaturspanne, die die Lebensmöglichkeiten des einzelnen Individuums erfaßt, und dem propagativen Temperaturbereich, innerhalb dessen eine Fortpflanzung möglich ist. Der vegetative Bereich ist im allgemeinen größer

als der propagative. In Gebieten mit stark schwankenden Salzgehalten konnte am Beispiel *Teredo navalis* gezeigt werden, daß man auch beim Salzgehalt eine ähnliche Unterscheidung treffen kann. (KÜHL 1957).

Mit der Flut werden zahlreiche marine Plankter in die Elbe verfrachtet, von denen früher angenommen wurde, daß sie größtenteils im verbrackten Wasser zugrunde gingen. Es konnte gezeigt werden, daß ein beträchtlicher Teil dieser Organismen endemisch ist, sich also im Gebiet auch fortpflanzt (KÜHL 1962). Wo die Verbreitungsgrenzen liegen, wird z. T. durch die Oberwassermenge bestimmt.

Seit vielen Jahren werden täglich an der „Alten Liebe“, Cuxhaven, um 9.00 Uhr Wasserproben aus 0,5 m Tiefe genommen und auf verschiedene Faktoren hin untersucht (KÜHL 1964—1966). Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Wassertemperatur und den Salzgehalt gerichtet. Da die Proben täglich um die gleiche Zeit genommen werden, „läuft die Tide durch“; es kann dann wohl sein, daß die absolut höchsten und niedrigsten Werte nicht erfaßt werden, was aber im Hinblick auf das biologische Geschehen auch nicht so entscheidend ist. Es sei nebenbei bemerkt, daß an der „Alten Liebe“ die Ganglinie des Salzgehaltes nicht mit der Pegelkurve übereinstimmt, sondern um etwa zwei Stunden nachläuft. Routinemäßige Untersuchungen des Elbewassers werden durch die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg durchgeführt, wobei die Maxima und Minima erfaßt werden (LUCHT 1964).

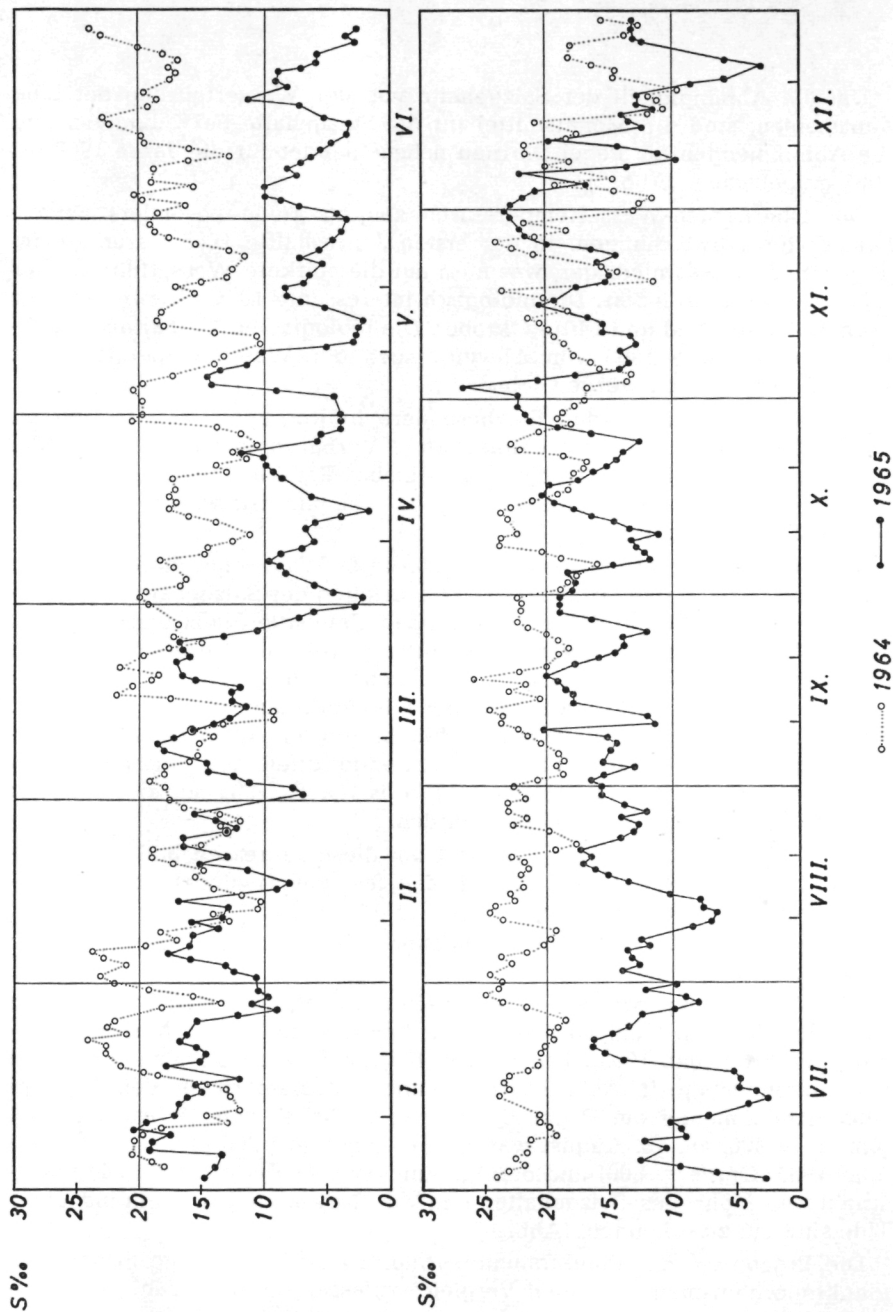
In Serienuntersuchungen während einer Tide wurden auch Proben in Bodennähe entnommen. Es ergab sich daraus, daß die Salzgehalte in der Tiefe im allgemeinen um einige Promille höher liegen; das Ausmaß der Differenz ist von den Tiden abhängig.

Im Jahre 1965 lagen nun ganz besonders interessante Verhältnisse vor, wie sie seit langer Zeit nicht beobachtet worden waren. Als Folge langandauernder und starker Niederschläge im Einzugsgebiet der Elbe nahm die Abflußmenge ganz beträchtlich zu. In den Frühjahrsmonaten ist normalerweise auch mit einem größeren Oberwasser als Folge der Frühjahrs-hochwässer, ggf. auch nach Eisstau, zu rechnen, doch sind diese Hochwässer im allgemeinen nicht von allzulanger Dauer.

Im Jahre 1965 hielt jedoch der starke Abfluß der Elbe lange Zeit an, dadurch wurde der Salzgehalt, wie die täglichen Beobachtungen zeigten, weitgehend herabgesetzt (Abb. 1).

Von Januar bis März lagen die Salzgehalte noch zwischen 10 und 20 ‰, in der dritten Märzdekade sank der Salzgehalt innerhalb von einer Woche von 16,99 ‰ auf 2,69 ‰ ab. Bis zum Juli hin bewegten sich die Salzgehalte zwischen 14,49 ‰ (6. Mai) und 1,85 ‰ (15. April).

Erst vom Juli an stiegen die Salzgehalte wieder an und erreichten bis zum Jahresende wieder Werte, die dem langjährigen Mittel nahe kamen. Im Jahre 1964 dagegen war das Abflußdefizit der Elbe groß und die Salzgehalte dementsprechend hoch, wie die Abb. 1 zeigt.



Um die Abhängigkeit der Salzgehalte von der Wasserführung der Elbe aufzuzeigen, sind die Monatsmittel für die Salzgehalte bei Cuxhaven und die Abflussmengen am Pegel Darchau nebeneinander für die Jahre 1963 bis 1965 aufgetragen. (Abb. 2)

Die Oberflächen-Wassertemperaturen zeigten keine besonders bemerkenswerten Abweichungen. In der ersten Jahreshälfte 1965 waren sie im allgemeinen etwas niedriger, was auch auf die stärkere Wasserführung der Elbe zurückzuführen war. Die biologisch interessante 10°C -Grenze lag aber normal Anfang Mai und Mitte Oktober. Die biologischen Verhältnisse dürften also im Jahre 1965 von Abweichungen der Wassertemperatur nicht wesentlich beeinflusst worden sein.

Es war zu erwarten, daß die besondere hydrographische Situation im Jahre 1965 sich auf die hydrobiologischen Verhältnisse auswirken würde. Dadurch, daß seit Jahren an der „Alten Liebe“ Planktonfänge durchgeführt werden und auch die Bewuchsbildung gut bekannt ist, waren brauchbare Vergleichsmöglichkeiten gegeben.

Wie oben schon gesagt, werden bei stärkerer Wasserführung die halinen Zonen nach See hin verschoben. Die Erniedrigung des Salzgehaltes bei Cuxhaven hatte zur Folge, daß für einige Zeit limnische Planktonorganismen bei Cuxhaven anzutreffen waren, die normalerweise ihr Verbreitungsgebiet oberhalb der Brackwassergrenze haben. *Daphnia longispina* O. F. MÜLLER z. B., die sonst im limnischen Bereich der Elbe vorkommt (SCHULZ 1961, KÜHL und MANN 1962), wurde bis zum Juni 1965 in gut lebendem Zustand in verschiedenen Altersstadien in größerer Zahl angetroffen, das gleiche gilt auch für Oligochäten, wie z. B. *Paranais litoralis* (O. F. MÜLLER), die ebenfalls in einzelnen Exemplaren gefangen wurden.

Andererseits waren einige der sonst um diese Jahreszeit häufigen marinen Arten bei Cuxhaven für längere Zeit fast verschwunden bzw. ihr Bestand war weitgehend reduziert.

Durch den Vergleich einiger Serienfänge sollen diese Änderungen näher gekennzeichnet werden.

Die Vertikalfänge wurden an der „Alten Liebe“ über eine Tide hinweg mit einem kleinen Netz von 40 cm Durchmesser und $280\ \mu$ Maschenweite durchgeführt (KÜHL 1965). Die Kurven für die Salzgehalte sind für einige Untersuchungstage in Abb. 3 zusammengestellt, nämlich für den 14. Juni 1963 (Abflußmenge am Pegel Darchau = $345\ \text{m}^3/\text{s}$) den 17. August 1964 ($\text{Qm}^3/\text{s} = 400$, am 16. August waren es dagegen nur $260\ \text{m}^3/\text{s}$), den 26. Januar 1965 ($\text{Qm}^3/\text{s} = 800$) und den 24. Juni 1965 ($\text{Qm}^3/\text{s} = 1950$). Die unterschiedliche Höhe des Salzgehaltes und die Schwankungen während einer Tide sind gut zu erkennen. (Abb. 3)

Die Ergebnisse der Planktonuntersuchungen sind für einige Serien und Planktonorganismen, die einen Vergleich zulassen, in einer Tabelle zusammengefaßt. Das Winterplankton am 25. Januar 1965 wurde hier wegen seiner Einförmigkeit nicht berücksichtigt, es besteht zur Hauptsache aus Cope-

poden und Amphipoden, vereinzelt sind noch Pleurobrachien, Sagitten und Mysideen vertreten.

Rathkea octopunctata M. Sars pflanzt sich im Frühjahr vegetativ durch Medusenknospung fort und erreicht daher hohe Bestandsdichten (KÜHL 1962). Deshalb sind die Unterschiede bei den Serien vom 14. Juni 1963 und 24. Juni 1965 bei Thw nicht so auffallend; mit ablaufendem Wasser und Salzgehalten unter 5 ‰ verschwinden die Medusen jedoch.

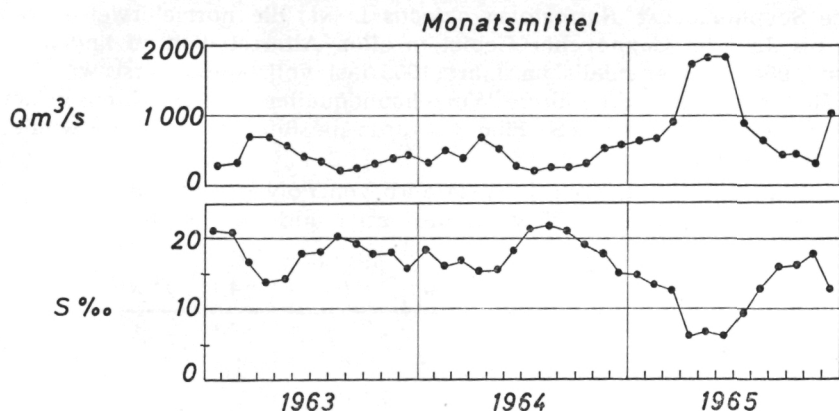


Abb. 2: Monatsmittel für die Abflußmengen der Elbe am Pegel Darchau ($Q \text{ m}^3/\text{sec}$) und die Salzgehalte bei Cuxhaven für die Jahre 1963—1965.

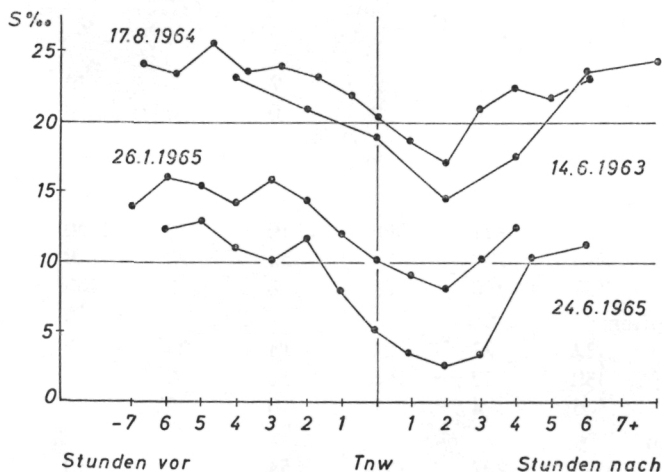


Abb. 3: Verlauf der Salzgehalte an der Oberfläche bei der „Alten Liebe“ in Cuxhaven im Verlauf einer Tide an vier Tagen: 14. VI. 1963 (Abfluß $Q \text{ m}^3/\text{sec} = 345$), 17. VIII. 1964 ($Q \text{ m}^3/\text{sec} = 400$), 25. I. 1965 ($Q \text{ m}^3/\text{sec} = 800$) und 24. VI. 1965 ($Q \text{ m}^3/\text{sec} = 1950$).

Die im Brackwasser der Elbe sehr häufige Hydromeduse *Nemopsis bachei* AGASSIZ ist bei dem niedrigen Salzgehalt am 24. Juni 1965 nur vereinzelt in den Fängen vorhanden, während sie im Juni 1963 nicht selten ist.

Auch *Pleurobrachia pileus* (O. MÜLL.), die sich ebenfalls im Cuxhavener Gebiet fortpflanzt, ist in der Serie vom Juni 1965 verschwunden, sie war auch in den anderen Fängen der ersten Jahreshälfte 1965 nur sehr vereinzelt in den Fängen.

Die Scyphomeduse *Rhizostoma octopus* LINNÉ, die normalerweise vom Mai bis Juni im Cuxhavener Gebiet in allen Altersstadien zu finden ist (KÜHL 1964), war ebenfalls im Jahre 1965 fast vollständig verschwunden, erst später im Jahr waren ältere Wurzelmundquallen zu beobachten. In der Außenelbe seewärts von FS „Elbe 3“ wurde die Blumenkohlqualle wieder häufiger bemerkt.

Bei den Spioniden-Larven, hauptsächlich von *Polydora ciliata* (JOHNSTON) sind die Unterschiede bei Thw für die Serien nicht so deutlich, bei Tnw

	Stunden vor			Stunden nach			
	—4	—2	Tnw	+2	+4	Thw	+2
<i>Rathkea octopunctata</i>							
14. VI. 1963	24	5	10	12	5	36	101
24. VI. 1965	28	19	6	0	1	16	31
<i>Nemopsis bachei</i>							
14. VI. 1963	24	4	1	14	6	35	45
24. VI. 1965	1	0	1	0	0	0	3
<i>Pleurobrachia pileus</i>							
14. VI. 1963	22	26	6	7	7	49	323
24. VI. 1965	1	0	0	0	0	0	0
Spioniden-Larven vorwiegend von <i>Polydora ciliata</i>							
14. VI. 1963	2895	721	368	2140	736	2800	5900
17. VIII. 1964	515	230	34	53	70	8	210
24. VI. 1965	760	250	68	6	3	460	150
<i>Balanus</i> -Nauplien							
14. VI. 1963	22	27	24	14	34	12	31
17. VIII. 1964	339	32	105	18	9	3	52
24. VI. 1965	6	4	1	0	0	0	5
Cypris-Larven							
14. VI. 1963	605	207	120	154	231	910	504
17. VIII. 1964	148	44	20	11	24	7	73
24. VI. 1965	7	53	14	0	2	5	17

Tabelle 1 Erläuterung im Text

macht sich der starke Abfluß jedoch auch bemerkbar. Die Spioniden kommen im Gebiet in sehr großen Mengen vor.

Besonders interessant sind die Verhältnisse bei den Balaniden, einmal weil außer der Anzahl der Nauplien und Cyprislarven in den Fängen auch die Bewuchsbildung untersucht wurde, zum andern aber, weil es sich in der Hauptsache um zwei sehr gut untersuchte euryhaline Arten handelt: *Balanus improvisus* DARWIN und *Elminius modestus* DARWIN.

Balanus improvisus, ein Charaktertier der Brackwasserregion in der Elbe, wurde bereits von KIRCHENPAUER (1862) auf Tonnen bis fast zur oberen Brackwassergrenze bei St. Margarethen-Brockdorf (zwischen Brunsbüttelkoog und Glückstadt) festgestellt, und CASPERS (1958) traf diese Seepocken noch auf Tonnen bei Pagensand, also im limnischen Bereich, an. In allen diesen Fällen wurden die erwachsenen Tiere bzw. ihre leeren Schalen gefunden.

Der Salzgehaltsbereich, in dem *Balanus improvisus* leben kann, wird mit 40 ‰ bis 0 ‰ angegeben. Hierbei dürfte es sich bei den Grenzwerten um den vegetativen Bereich handeln. Für einige Gebiete, wie z. B. die östliche Ostsee, wird das dauernde Vorkommen von *Balanus improvisus* in Brackwasser von 6 ‰ angegeben (SEGERSTRÅLE 1953, 1957).

Die Anzahl der Balaniden-Nauplien und Cyprislarven ist in allen Fängen am 24. Juni 1965 geringer als im Juni 1963 und August 1964 (Tabelle). Besonders eindrucksvoll sind jedoch die Unterschiede, wenn man die Zahlen der Cyprislarven miteinander vergleicht, die sich während einer Woche auf einer Fläche von 100 cm² angesetzt haben (Abb. 4).

Die Besiedlung durch *Balanus improvisus* beginnt, wenn die 10° C-Grenze überschritten wird (VAN BREEMEN 1934), was zumeist im Mai der Fall ist, wie langjährige eigene Beobachtungen zeigten.

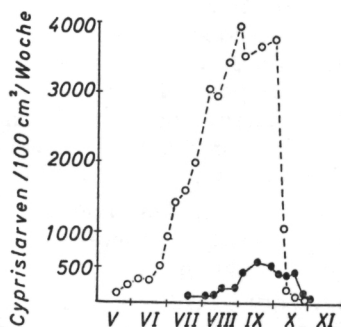


Abb. 4: Anzahl der angehefteten Cyprislarven von *Balanus improvisus* und *Elminius modestus* auf 100 cm² in einer Woche in den Monaten V—XI 1964 (gestrichelte Linie) und 1965 (ausgezogene Linie). Von Mitte Mai bis Oktober liegen die Wassertemperaturen über 10° C.

Die Besiedlung durch *Balanus improvisus* war im Jahre 1965 um zwei Monate verzögert, sie begann erst Mitte Juli, während sie im Jahre 1964 wie in früheren Jahren auch im Mai einsetzte.

Die Gegenüberstellung zeigt deutlich, daß auch die Zahl der angehefteten Cyprislarven und der eben metamorphosierten Seepocken von 1 mm ϕ im Jahre 1965 erheblich geringer war als im Jahre 1964. Es wurden im September 1965 maximal nur wenig mehr als 500 Tiere/100 cm²/Woche gezählt, während sich im August 1964 fast 4000 Exemplare auf der gleichen Fläche angesetzt hatten. In manchen Jahren konnten sogar bis zu 7000 Individuen gezählt werden.

Auf anderen Testplatten wurden ähnliche Beobachtungen gemacht. Vom 21. Juni bis 8. Juli 1965, also nach 18 Tagen, befanden sich 260 Seepocken von 1 bis 2 mm ϕ auf 100 cm²; nur sieben Tiere hatten eine Größe von 3 mm ϕ , d. h., daß sich fast alle Tiere im Juli angeheftet hatten. Nach 26 Tagen saßen auf einer anderen Platte 376 Balanen, und nach 42 Tagen waren es insgesamt 140 Tiere, von diesen hatten im August nur 28 Seepocken eine Größe von 5 bis 8 mm ϕ erreicht. Im Jahre 1959 hatten sich vom 16. Juni bis 23. Juli bereits insgesamt 5866 *Balanus improvisus* und *Elminius modestus* angesetzt.

Vergleicht man nun die Mengen der im Jahre 1965 angesetzten *Balanus improvisus* mit den dazu gehörigen Salzgehalten (Abb. 1), so zeigt sich deutlich, daß in der Zeit, während der sich die Salzgehalte zwischen 5 und 3 ‰ bewegen, keine Neuanheftung stattfand.

Aus den Befunden geht somit hervor, daß die untere Grenze des propagativen Salzgehaltsbereiches für *Balanus improvisus* bei 5 ‰ liegt. Für *Elminius modestus* dürfte sie noch etwas höher sein.

Wenn nun *Balanus improvisus* auf Tonnen oberhalb der „Brackwassergrenze“ gefunden wurde (CASPER 1958), so besagt das, daß zur Zeit der Anheftung der Cyprislarven die Elbe nur eine geringe Wasserführung hatte, die halinen Zonen also elbaufwärts verschoben waren. Die mit der Flut aufwärts transportierten Larven konnten sich dann ansetzen und auch weiter wachsen, da die vegetative Salzgehaltsspanne für diese Art sehr groß ist. Nach dem Tode fand man dann die Schalen, eine Fortpflanzung konnte hier jedoch nicht stattfinden. Es handelte sich im Sinne EKMANNs um eine sterile Zerstreuung in den limnischen Bereich hinein.

Die extreme hydrographische Situation in der ersten Jahreshälfte 1965 zeigte uns sehr gut die Unterschiede zwischen vegetativem und propagativem Salzgehaltsbereich für eine sehr euryhaline Art.

Es kam damit aber auch zum Ausdruck, daß der Fluß ein „offenes Gewässer“ ist, oder anders ausgedrückt „abhängig“ ist, im Gegensatz zu einem See (THIENEMANN 1953), denn die meteorologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet der Elbe beeinflussen Hunderte von Kilometern unterhalb die Hydrographie und Hydrobiologie im Mündungsgebiet.

Zusammenfassung

Im Jahre 1965 waren, als Folge der Wasserführung der Elbe, die Salzgehalte bei Cuxhaven in den Monaten I—III recht hoch, dann aber von III bis VII außerordentlich niedrig — meist unter 10 ‰ — erst ab VII nahmen die Salzgehalte wieder zu.

Die langandauernde Verschiebung der halinen Zonen nach See hin wirkte sich auf das Plankton aus, bei Cuxhaven erschienen limnische Formen, und marine Plankter verschwanden weitgehend aus dem engeren Bereich.

Die Besiedlung mit *Balanus improvisus* und *Elminius modestus* verzögerte sich um zwei Monate, die Besiedlungsdichte war auch erheblich geringer als in früheren Jahren.

Die untere Grenze der propagativen Salzgehaltsspanne konnte an Hand der Feststellungen für die euryhaline Seepocke *Balanus improvisus* auf 5 ‰ gelegt werden.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Heinrich Kühn,

Institut für Küsten- und Binnenfischerei, Laboratorium, 219 Cuxhaven,
Bei der Alten Liebe 1

Literaturverzeichnis

- BARNES, H. und M. BARNES, 1962. A note on *Balanus improvisus* in Finnish waters. Soc. Scient. Fennica Comm. Biologicae XXIV, 4. S. 1—11.
- VAN BBREEMEN, L., 1934. Zur Biologie von *Balanus improvisus* (DARWIN). Zool. Anz. 105/9—10. S. 247—257.
- CASPERS, H., 1958. Biologie der Brackwasserzonen im Elbe-Aestuar. Verh. Int. Ver. Limnol. 13. S. 686—698.
- KIRCHENPAUER, H. G., 1862. Die Seetonnen der Elbmündung. Ein Beitrag zur Thier- und Pflanzentopographie. Abh. a. d. Gebiet d. Naturw. Verein zu Hamburg IV. Abt. 3.
- KÜHL, H., 1957. Der Befall durch Bohrmuscheln und Bohrkrebse in Norderney, Wilhelmshaven, List a. Sylt und Kiel in den Jahren 1953—1955. Z. f. Angew. Zoologie. 44/3. S. 257—269.
- 1962. Die Hydromedusen der Elbmündung. Abh. u. Verh. d. Naturwiss. Vereins in Hamburg. NF. Bd. VI. S. 209—232.
- 1964. Die Scyphomedusen der Elbmündung. Veröff. Inst. f. Meeresforsch. Bremerhaven IX/1. S. 84—94.
- 1964. Über die Schwankungen der abiotischen Faktoren in der Elbmündung bei Cuxhaven. Helgol. Wiss. Meeresunters. 10, 202—216.
- 1965. Veränderungen des Zooplanktons während einer Tide in der Elbmündung bei Cuxhaven. Botanica Gothoburgensia III. Proc. of the Fifth Marine Biological Symposium Göteborg 1965.
- 1964—66. Wassertemperatur, Salzgehalt und andere chemische Faktoren an der „Alten Liebe“ in Cuxhaven im Jahre 1963, 1964, 1965. Veröff. Inst. f. Küsten- u. Binnenfischerei, Hefte 28/1964, 34/1965 und 38/1966.
- und H. MANN, 1953. Beiträge zur Hydrochemie der Unterelbe. Veröff. Inst. f. Meeresforsch. Bremerhaven II. S. 236—268.
- — 1962. Über das Zooplankton der Unterelbe. Ibid. VIII. S. 53—70.

- LUCHT, F., 1964. Hydrographie des Elbe-Aestuars. Hydrographische und hydrochemische Verhältnisse im Mündungsbereich der Elbe mit Einschluß des angrenzenden Oberlaufes. Arch. Hydrobiol. Suppl. XXIX/II. S. 1—96.
- 1965. Qualitative Untersuchungen des Elbewassers. Monatsberichte der Untersuchungsstelle für die Wassergüte in der Elbe bei der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg.
- Qualitative Untersuchungen des Elbewassers. Jahresbericht Abflußjahr 1965. Ibidem.
- RUNNSTRÖM, S., 1936. Die Anpassung der Fortpflanzung und Entwicklung mariner Tiere an die Temperaturverhältnisse verschiedener Verbreitungsgebiete. Bergens Mus.Årb. Naturvidensk. R 3.
- SCHULZ, H. 1961. Qualitative und quantitative Planktonuntersuchungen im Elbe-Aestuar. Arch. Hydrobiol. Suppl. XXVI/1. S. 5—115.
- SEGERSTRÅLE, S., 1953. Further Notes on the Increase in Salinity of the Inner Baltic and its Influence on the Fauna. Soc. Scient. Fennica. Comm. Biologicae XIII. 15. S. 3—7.
- 1957. Baltic Sea. Treatise on Marine Ecology and Paleoecology. Vol. 1. Geol. Soc. America, Memoir 67. S. 751—800.
- THIENEMANN, A., 1953. Fluß und See. Ein limnologischer Vergleich. Gewässer und Abwässer. H. 1. S. 13—30.