

## Über Hydrochemie und Plankton der Eidermündung

Heinrich Küh l und Hans Mann

16201

**Abstract: Hydrography and plankton of the Eider-estuary.** Water and plankton samples were collected from 1967 to 1970 at 10 stations in the "Tide-Eider" between Nordfeld and the „Seegrenze“. This area (30 km) according to the salinity division of RØDØKE can be divided into three sections: 1. the polyhaline zone from the seaborder (Seegrenze) till km 107, 2. the mesohaline zone till Tönning, 3. the oligohaline zone upstream till Friedrichstadt.

Other chemical factors as pH, alkalinity, oxygen, the nitrogenous compounds, turbidity and detergents are determined and discussed.

The plankton samples in the polyhaline zone were rich with several species of hydromedusa, especially *Rathkea octopunctata* (may 1970), *Pleurobrachia pileus*, mysidea, *Sagitta setosa* and *Oikopleura dioica*. Further we found the larvae of polychaets, barnacles, *Carcinus maenas*, *Asterias rubens* and *Littorina littorea*. The copepods form two maxima in the polyhaline and oligohaline zones.

The Eider cannot be considered as a "normal" river because there were made many artificial constructions, as sluices and dams. In spite of this we could state the typical picture of a tidal estuary.

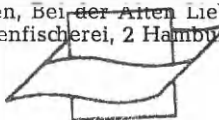
Im Zusammenhang mit den Vorarbeiten zur Abdämmung der Eider in der Linie Hundeknöll-Vollerwiek ergab sich die Gelegenheit, Untersuchungen zur Hydrochemie und Planktonbevölkerung der Eidermündung anzustellen. Auf die Problematik und Vorgeschichte der Abdämmung der Eider soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden, da diese Fragen bereits eingehend bearbeitet und von SINDERN und ROHDE (1970) zusammenfassend dargestellt wurden. In dieser Arbeit ist auch die gesamte diesbezügliche Literatur aufgeführt.

Unsere Untersuchungen an der Eidermündung sollten den jetzigen Zustand feststellen, um Unterlagen zu schaffen, wenn durch den Ausbau und die Abdämmung sich Veränderungen in den hydrochemischen und biologischen Verhältnissen einstellen sollten.

Im Rahmen unserer Arbeiten über die Hydrochemie und das Plankton in den Mündungen der großen deutschen Flüsse Elbe, Weser und Ems (KÜHL und MANN 1953—1969) war es von Interesse, einmal auch

Eingegangen am 10. 8. 1970.

Anschrift der Verfasser: Dr. Heinrich Küh l, Institut für Küsten- und Binnenfischerei, 219 Cuxhaven, Bei der Alten Liebe 1; Prof. Dr. Hans Mann, Institut für Küsten- und Binnenfischerei, 2 Hamburg 50, Palmaille 9.



die Verhältnisse in einem kleinen Fluß, wie der Eider, zu untersuchen.

### Methodik

Das Untersuchungsgebiet, die Tide-Eider von 32 km Länge, erstreckt sich von der Tonne 22, die etwa 3 km unterhalb der Seegrenze, also der späteren Abdämmungslinie Vollerwiek-Hundeknöll liegt, bis zu Eiderkilometer 81 (Tonne 7—c Nordfeld). Auf dieser Strecke wurden 10 Stationen jeweils bei Flut und bei Ebbe in gleicher Weise wie bei unseren früheren Flußuntersuchungen aufgesucht. Die Fahrten gingen immer von Tönning aus. Mit einer Ausnahme (2. Fahrt, 12. 9. 1968) fanden sie an zwei Tagen statt, einmal eiderabwärts von Tönning bis Seegrenze, zum anderen eideraufwärts von Tönning über Eisenbahnbrücke (EBR), Friedrichstadt (FR) bis in die Gegend Nordfeld (km 83), nach Möglichkeit mit dem jeweiligen Tidenstrom. Insgesamt wurden sechs Fahrten in den Jahren 1967 bis 1970 ausgeführt, die zusammen mit den meteorologischen Daten und Tidezeiten in Tab. 1 zusammengestellt sind.

Die Stationen sind durch die Fahrwassertonnen bzw. die Flußkilometer gekennzeichnet. In Abb. 1 ist die Untersuchungsstrecke mit den Entnahmestellen eingezeichnet. Infolge der stellenweise sehr geringen Wassertiefe war es nicht angebracht, Proben aus verschiedenen Tiefen zu entnehmen. Wir beschränkten uns daher auf Oberflächenproben.

Tab. 1: Fahrttermine, meteorologische Daten und Tidezeiten

Fahrt Nr.	Datum		Windrichtung u. Windstärke	bei Tönning Thw	Tnw
1.	28. Juni	1967	W bis SW 3	1755	1228
	29. Juni	1967	SW bis W 5	1838	1307
2.	12. September	1968	O 3 — W 2	1655	1138
3.	16. April	1969	W 2 — 3 u. WNW 5 — 6	1348	2053
	17. April	1969	NW 4 — 5 u. N 4	1425	2134
4.	5. August	1969	O 2 u. NO 2	1852	1321
	6. August	1969	NO 2 u. NW 3 — 4	0716	1405
5.	27. November	1969	N 3 — 4 u. SW 6	1541	2235
6.	25. Mai	1970	S 2 u. W 3	1635	1118
	26. Mai	1970	W 3 — 4	1723	1201

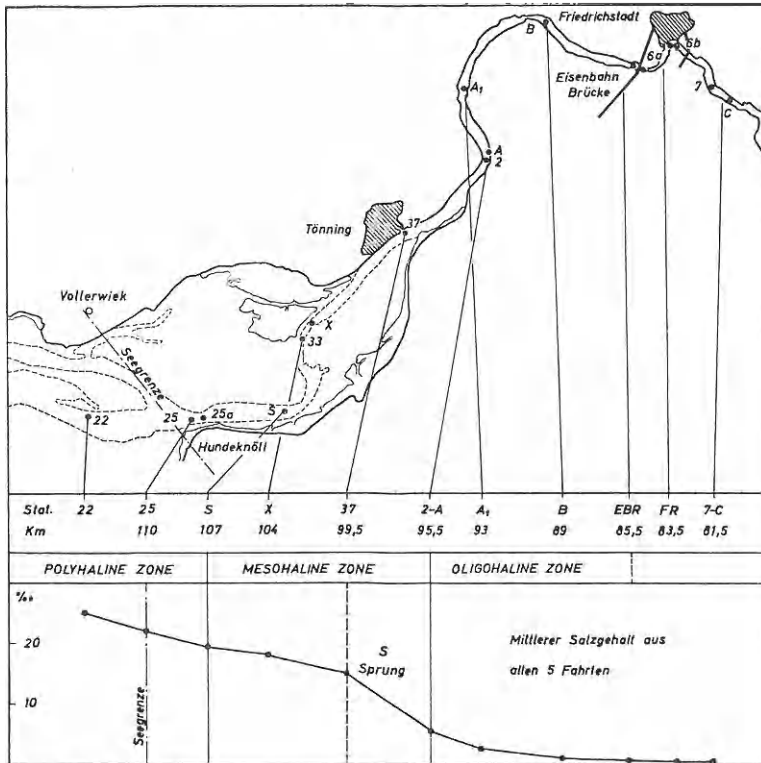


Abb. 1: Übersichtsbild der Tide-Eider mit Angaben der Untersuchungsstationen, der halinen Zonen und der mittleren Salzgehalte, ermittelt aus fünf Untersuchungen.

In den Wasserproben wurden bestimmt:

- a) Wassertemperatur
- b) Salzgehalt
- c) pH
- d) SBV
- e) Calcium
- f) Sauerstoff und Sauerstoffgehalt berechnet
- g) Sauerstoffzehrung
- h) Ammonium
- i) Nitrit
- k) Nitrat
- l) Eisen
- m) Trübung

- n) Permanganatverbrauch
- o) Detergentien

Bei einigen Fahrten wurden nicht alle angeführten Werte bestimmt. Bei der Besprechung der einzelnen Faktoren wird auf diese Frage jeweils eingegangen. Die fünfte Fahrt galt speziellen Fragen (Detergentien) und erstreckte sich nur auf den Raum von Tönning.

Wie auch bei den früheren Untersuchungen sind die gefundenen Werte im Zusammenhang mit den vorherrschenden meteorologischen Bedingungen, wie sie in Tab. 1 aufgeführt sind, zu sehen. Mit Ausnahme des Salzgehaltes haben wir daher von einer Berechnung der Mittelwerte abgesehen.

Auf den Fahrten 2, 3, 4 und 6 entnahmen wir auch Planktonproben. Sie wurden mit einem kleinen Netz (obere Öffnung 40 cm, Maschenweite 280  $\mu\text{m}$ ) genommen. Da die Wassertiefe vielfach nicht ausreichte, konnten keine Vertikalfänge mit dem Helgoländer Eiernetz gemacht werden, wie es bei früheren Untersuchungen in Elbe, Weser, Ems geschah. Wir mußten uns deshalb auf Horizontalfänge von 5 Minuten Dauer bei verminderter Fahrgeschwindigkeit beschränken. Die Bearbeitung dieser Proben zeigte jedoch, daß auch diese Fänge sogar quantitativ ausgewertet werden konnten. Jedoch ist ein direkter Vergleich mit den Werten der oben erwähnten Untersuchungen in Elbe, Weser und Ems selbstverständlich nicht möglich.

## Ergebnisse

Durch die seit Jahrhunderten vorgenommenen wasserbaulichen Veränderungen (SINDERN 1969), wie Eindämmungen und Abschleusungen, stellt die Eider im eigentlichen Sinne keinen Fluß mehr dar. Durch den Bau des Nord-Ostsee-Kanals wurde die ursprünglich 200 km lange Eider in eine Ober- und Untereider getrennt. Die heutige Untereider umfaßt eine Länge von 110 km, von der wiederum 32 km durch den Bau der Schleuse bei Nordfeld abgetrennt wurden, die als Tide-Eider bekannt sind. Diese Tide-Eider stellt unsere Untersuchungsstrecke dar. Bei unseren früheren Untersuchungen konnten wir immer wieder feststellen, welche ausschlaggebende Bedeutung die Oberwasser- menge des Flusses für die Hydrochemie und Hydrobiologie der Fluß- mündung hat (KÜHL und MANN 1967). Bei der Eider gilt dies nicht, vielmehr beeinflussen hier die Spülungen an der Schleuse Nordfeld und die örtlichen Niederschlagsmengen die Wasserführung. Die Spülungen werden nicht regelmäßig, sondern nach den jeweiligen wasserwirtschaftlichen Erfordernissen vorgenommen. Daher haben wir in Tab. 2 die Spülungen und Sielzüge im Tide-Eidergebiet und die durchschnittlichen Niederschlagsmengen für die unseren Untersuchungs-fahrten vorausgegangenen dreißig Tage zusammengestellt.

Diese Daten wurden uns dankenswerterweise von Herrn Dipl.-Ing. RICHTER, Wasser- und Schiffsamt Tönning, zur Verfügung gestellt. Die Durchschnittswerte wurden aus den Einzelangaben für die Meßstationen Friedrichstadt, Erde und Hennstedt errechnet.

### A. Hydrochemie

#### 1. Wassertemperaturen

Die Wassertemperaturen schwankten im Untersuchungsgebiet nur geringfügig, und zwar um 1—2° C. Auf der ersten und zweiten Fahrt lagen sie zwischen 17 und 19° C, auf der dritten zwischen 5 und 6° C, auf der vierten zwischen 21,5 und 23° C, auf der fünften zwischen 2 und 3° C und auf der sechsten zwischen 13 und 14° C. Durch die Wassertemperatur wird die Zusammensetzung des Planktons weitgehend bestimmt, worauf weiter unten bei Besprechung der Einzelergebnisse eingegangen wird.

Bei der geringen Tiefe und Ausdehnung der Tide-Eider und durch die künstlichen Eingriffe in die Wasserführung (Spülungen und Sielzüge) sind die Temperaturunterschiede zwischen marinem und limnischem Bereich nicht so ausgeprägt wie bei den anderen von uns untersuchten Flüssen.

Tab. 2: Spülungen und Sielzüge an der Schleuse Nordfeld an den Tagen der Untersuchung und durchschnittliche Niederschlagsmengen.

Fahrt-Nr.	Datum	Spülungen	Niederschlagsmengen in mm
1	28. 6. 1967	Einlaß und Auslaß	60,1
	29. 6. 1967	nichts	
2	12. 9. 1968	Einlaß und Auslaß	132,1
3	16. 4. 1969	schwacher Sielzug	11,2
	17. 4. 1969	schwacher Sielzug	
4	5. 8. 1969	intensiver Spülbetrieb	51,3
	6. 8. 1969	intensiver Spülbetrieb	
5	27. 11. 1969	nur Auslaß	204,8
6	25. 5. 1970	intensiver Spülbetrieb	31,2
	26. 5. 1970	kein Spülbetrieb	

## 2. Salzgehalt

Die Abdämmung der Eider bei Nordfeld hat zur Folge gehabt, daß der Flutstrom gegenüber dem Ebbstrom erheblich stärker wurde. Wenn auch Flut- und Ebbstrom nicht mehr gleich groß sind, so ist es doch bemerkenswert, daß wir in dem relativ kleinen Raum der Tide-Eider (32 km Länge) im ganzen gesehen ähnliche Verhältnisse im Salzgehalt feststellen konnten wie in den Mündungen der großen Flüsse. Wie später noch zu zeigen sein wird, gilt dies auch für die biologischen Folgeerscheinungen. Die bei den früheren Untersuchungen so bewährte Einteilung in haline Zonen nach REDEKE konnte auch auf die Tide-Eider angewandt werden (Abb. 1). Die polyhaline Zone = Küstenbrackwasser (30—18 ‰ Salzgehalt) reicht von See her bis etwa km 107. Daran schließt sich die mesohaline Zone = Flußbrackwasser (18—5 ‰ Salzgehalt) bis etwa km 95 an. In dieser Ge-

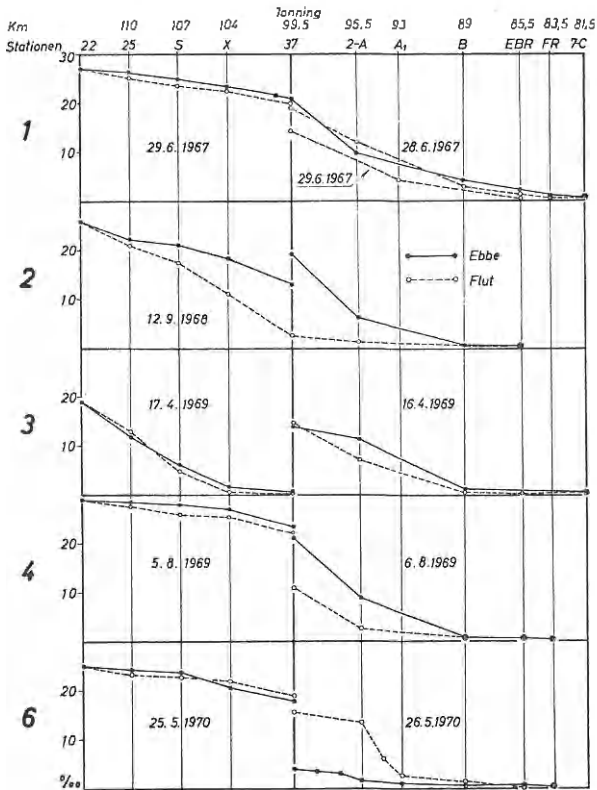


Abb. 2: Salzgehalte von fünf Untersuchungsfahrten mit Angabe der Fahrtdaten.

gend befindet sich auch der Salzgehaltssprung, der etwa im Raum um Tönning liegt. Nun folgt die oligohaline Zone = schwach versalzene Flußzone (5—0,5 ‰ Salzgehalt), deren obere Grenze zum limnischen Bereich wegen der Spülungen nur schwer festzulegen ist. Vielleicht kann der Beginn der reinen Flußwasserzone im Raum Friedrichstadt angenommen werden.

Die Veränderungen des Salzgehaltes während der einzelnen Fahrten sind in Abb. 2 aufgezeichnet. Da die Untersuchungsfahrten stets bei Tönning begannen, konnte es geschehen, daß sie bei unterschiedlichen Tideverhältnissen ausgeführt wurden, wodurch sich oft Sprünge im Verlauf der Kurven ergaben. So gehören jeweils die Kurvenpaare oberhalb oder unterhalb von Tönning zusammen.

Betrachtet man die Kurven im Vergleich untereinander, so sind doch erhebliche Unterschiede festzustellen. Die Werte an der Seegrenze bewegten sich bei unseren Fahrten zwischen 18,9 (April 1969) und 28,8 ‰ (August 1969). Damit sind aber noch nicht die äußersten Schwankungsgrenzen, besonders nach unten, erreicht, denn aus den langjährigen Untersuchungsergebnissen des Wasser- und Schiffsamtes Tönning (ROHDE 1965) ist zu entnehmen, daß z. B. im Januar 1962 nur etwa 12 ‰ an der Seegrenze gemessen wurden. Setzt man die in Tab. 2 angeführten Spülungen und Niederschlagsmengen mit den von uns bestimmten Salzgehalten in Beziehung, so ist festzustellen, daß der Einfluß dieser Faktoren auf den Salzgehalt nur sehr gering ist, jedenfalls erheblich niedriger, als dies bei normalen Flüssen die Wasserführung bewirkt. Für den niedrigen Salzgehalt im April 1969 ist vermutlich der lange Winter mit Eisstau und nachfolgendem hohem Zufluß von Schmelzwasser verantwortlich zu machen.

Die niedrigen Salzgehalte bei ablaufendem Wasser oberhalb Tönning auf der Fahrt vom 26. 5. 1970 sind offensichtlich auf den starken Spülbetrieb am 25. 5. 1970 zurückzuführen. Der verhältnismäßig hohe Salzgehalt bei auflaufendem Wasser bei der gleichen Fahrt kommt durch den Aufstau des Brackwassers zwischen Tönning und Friedrichstadt zustande.

### 3. pH, Säurebindungsvermögen und Kalk

Der pH-Wert und das Säurebindungsvermögen wurden auf allen Fahrten, der Kalkgehalt (CaO mg/l) nur auf den ersten drei Fahrten bestimmt. Der pH-Wert bewegte sich zwischen 7,2 und 8,0 auf dem Flußabschnitt oberhalb Tönning, unterhalb Tönning bis zur Seegrenze stieg er weiter an und erreichte bei Tonne 22 die höchsten Werte von 8,0 bis 8,2. Dies entsprach durchaus den Verhältnissen, wie wir sie von den anderen Flüssen her kannten. Abweichend hier-

von ist es bei dem Säurebindungsvermögen (Alkalität). Normalerweise nimmt das Säurebindungsvermögen (SBV) vom Süßwasser zum Salzwasser hin zu. Bei unseren Eiderfahrten fanden wir gelegentlich das Gegenteil. So nahm z. B. im Juni 1967 das SBV nach See hin von 3 auf 2,4 und im September 1968 von 2,3 auf 2,1 ab, wobei aber innerhalb der Untersuchungsstrecke Schwankungen zu verzeichnen waren, die über diese Grenzwerte hinaus gingen. Im Raum Tönning lagen sie auf dieser Fahrt z. B. bei 2,8. Ähnliche Verhältnisse wurden auch auf den übrigen Fahrten vorgefunden. Der erhöhte Wert im Bereich von Tönning beruht vermutlich darauf, daß oberhalb Tönning sich der Einlauf einer Kläranlage städtischer Abwässer befindet. Im übrigen sind die unterschiedlichen Alkalitäten sicherlich durch den Spülbetrieb bedingt.

Die Werte für den Kalkgehalt (erste bis dritte Fahrt) stimmen gut mit dem Verlauf der Salzgehaltskurve überein. Sie bewegen sich zwischen 70 und 90 mg/l CaO bei Nordfeld-Schleuse und 518 mg/l bei Tonne 22 (Seegrenze). Dieser höchste Wert wurde auf der ersten Fahrt mit hohem Salzgehalt bestimmt; bei der zweiten Fahrt lag er am gleichen Punkt bei 439 mg und bei der dritten Fahrt mit dem niedrigsten Salzgehalt (Abb. 2) bei 325 mg/l.

#### 4. Sauerstoff

Im allgemeinen läßt sich sagen, daß der Sauerstoffgehalt oberhalb Tönning niedriger war als auf dem unteren Abschnitt. Auf dem oberen Abschnitt fanden wir Sättigungswerte, die sich zwischen 55 und 90 % bewegten. Unterhalb Tönning lagen sie zwischen 80 und 100 %. Übersättigungen (110 %) traten einmal bei starker Wasserblüte im Juni 1967 auf. Diese Unterschiede zwischen oberem und unterem Abschnitt sind in der Hauptsache durch die Aufmischung mit Seewasser zu erklären. Im oberen Teil tragen wohl die Abwasser-einleitungen zu einem gewissen Teil zur Minderung des Sauerstoffgehaltes bei.

Diese Belastung mit organischen fäulnisfähigen Stoffen machte sich auch in den Werten der Sauerstoffzehrung (24 Stunden) bemerkbar. So fanden wir die höchsten Werte im oligohalinen Bereich, insbesondere unterhalb Friedrichstadts. Auf der ersten, vierten und sechsten Fahrt war eine starke Phytoplanktonentwicklung festzustellen, die einerseits zu einem hohen Sauerstoffgehalt führte, andererseits aber sich auch in einer starken Zehrung in den Wasserproben bemerkbar machte. Es sei z. B. angeführt, daß auf der vierten und sechsten Fahrt die höchsten Planktonwerte auch den höchsten Zehrungswerten entsprachen.

## 5. Stickstoffverbindungen

Auf allen Fahrten wurden die Stickstoffkomponenten Ammonium, Nitrit und Nitrat bestimmt. Zum Ammonium ist zu sagen, daß es nur in seltenen Fällen mit Mengen zwischen 0,1 und 0,5 mg/l nachzuweisen war. Der Gehalt an Nitrit bewegte sich zwischen 0,1 und 0,3 mg/l. Doch im allgemeinen wurden nur 0,1 bis 0,15 mg/l nachgewiesen. Auffällig war, daß die höchsten Werte meistens in Höhe der Tonne X (km 104) nachzuweisen waren. Möglicherweise stammten diese geringen nachweisbaren Mengen an Nitrit aus dem Hafengebiet von Tönnings; auch besteht die Möglichkeit, daß von der „grünen Insel“ Abspülungen sich auswirkten.

Beim Nitratgehalt waren recht deutliche Unterschiede zwischen dem oberen und dem unteren Abschnitt der Tide-Eider zu erkennen. Oberhalb Tönnings wurden Gehalte von 9,3 bis 3,6 mg/l festgestellt, während sie unterhalb stark abnehmen; in einzelnen Fällen war Nitrat nicht mehr nachzuweisen. Letzteres war dann der Fall, wenn eine starke Phytoplanktonentwicklung beobachtet wurde, z. B. auf der vierten und sechsten Fahrt. War in der Außeneider keine Phytoplanktonblüte vorhanden, so nahm zwar der Nitratgehalt durch Aufmischung stark ab, war aber immer noch mit 2 mg/l nachzuweisen.

## 6. Eisen

Wie auf den früheren Flußuntersuchungsfahrten wurde auf der Eider der Gehalt an Eisen bestimmt. Wir konnten auch die wesentlichen Ergebnisse der früheren Untersuchungen bestätigen. Im Oligohalinikum und Flußwasserbereich war in allen Fällen Eisen nachzuweisen. Die Gehalte bewegten sich zwischen 1,2 und 0,2 mg/l. Nach See hin unterhalb Tönnings wurden im Höchstfall 0,2 mg/l gefunden. Meistens war Eisen in diesem Flußabschnitt nicht mehr nachzuweisen. Auffällig war wieder, daß zwischen den Tonnen S (km 107) und X (km 104) der Gehalt an Eisen stets etwas anstieg. Möglicherweise machte sich auch hier wieder der Einfluß der „grünen Insel“ bemerkbar. Das Verschwinden des Eisens ist sicher nicht allein auf die Aufmischung mit Seewasser zurückzuführen, sondern hier spielen auch Flockungserscheinungen eine Rolle.

## 7. Trübung

Die Werte der Trübungsmessung der fünf Fahrten sind in der Abbildung 3 dargestellt. Obwohl die Eider durch die vielen wasserbaulichen Maßnahmen am Flußlauf nicht mehr als „normaler“ Fluß (SUNDERN 1969) anzusprechen ist, zeigten sich doch bei den Kurven der Trübungsmessungen ähnliche Verhältnisse, wie wir sie von den anderen Flußmündungen her kennen. Beim Zusammentreffen von Süßwasser und Seewasser war in vielen Fällen eine deutliche Trübungs-

spitze in der meso- oder oligohalinen Zone zu erkennen. Durch den Spülbetrieb wurden natürlich diese Trübungserscheinungen verdeckt oder verzerrt. Deutlich sind die Zusammenhänge zu erkennen, wenn man den Verlauf der Salzgehaltskurven (Abb. 2) mit denen der Trübung (Abb. 3) vergleicht. An zwei Beispielen sei dies gezeigt. Auf der dritten Fahrt (April 1969) war der Salzgehalt im allgemeinen recht niedrig, und die Mischung von Süßwasser und Seewasser fand bereits in der polyhalinen Zone (km 104) statt; infolgedessen fanden sich auch hier die höchsten Trübungswerte. Bei der zweiten war der Salzgehalt erheblich höher, und oberhalb Tönning traten große Salz-

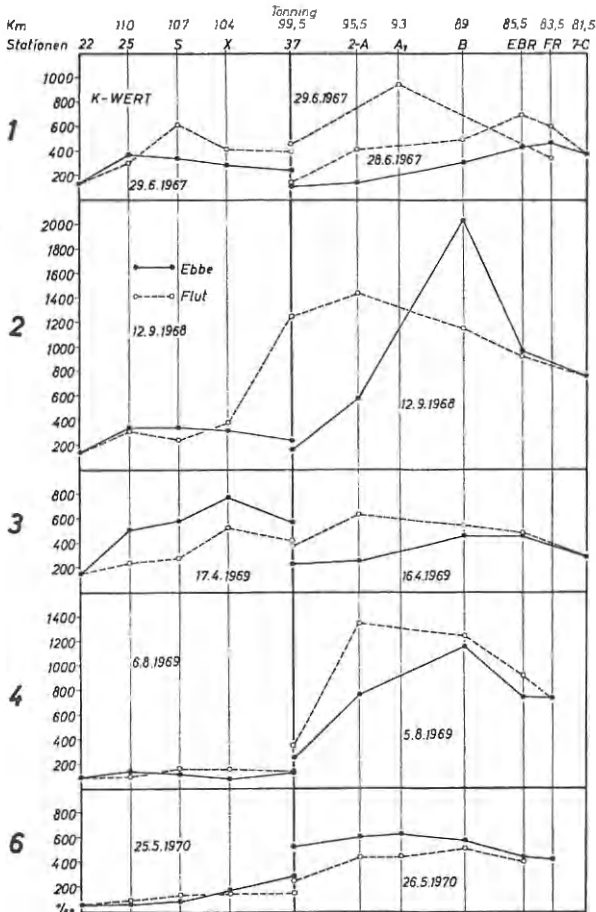


Abb. 3: Trübungsmessungen (K-Werte, gemessen mit ELKO II, 5 cm Küvette) von fünf Untersuchungsfahrten.

gehaltsunterschiede zwischen auflaufendem und ablaufendem Wasser auf; dementsprechend lagen die Trübungsspitzen einmal bei km 95 (auflaufendes Wasser), zum anderen bei km 89 (ablaufendes Wasser). Es bestätigte sich hier wiederum, was bei den früheren Untersuchungen schon beobachtet wurde, daß die größte Trübung in der Mischungszone von salzreicherem und salzärmerem Wasser stattfindet, wobei es gleichgültig ist, woher letzteres der Flußmündung zugeführt wird, entweder durch Oberwasser oder Spülbetrieb. Von besonderem Interesse ist es, daß selbst auf dem kleinen Raum von 30 km Tideinflußgebiet sehr starke Trübungen auftreten können.

## 8. Kaliumpermanganatverbrauch

Auf der fünften und sechsten Fahrt wurde in den filtrierten Wasserproben einiger ausgewählter Stationen der Kaliumpermanganatverbrauch als Maß für die Belastung mit oxydierbaren Stoffen bestimmt. Im Gebiet Tönning bewegte er sich auf der fünften Fahrt zwischen 101 mg/l und 126 mg/l. Im Mai 1970 (6. Fahrt) lag er an der Seegrenze bei 56 mg/l und stieg stetig an bis auf 158 mg/l vor Friedrichstadt (km 83,5). Aus anderen Untersuchungen kann man diese Werte als gerade noch normale Belastung ansehen.

## 9. Detergentien

Einer speziellen Frage nach der Belastung der Flußmündungen mit Detergentien war die fünfte Fahrt im Dezember 1969 gewidmet. Die Bestimmung wurde nach den Einheitsmethoden der chemischen Wasseruntersuchung vorgenommen, wobei im allgemeinen Werte von 0,1 mg/l waschaktive Substanzen (WAS) im Fluß gefunden wurden. Nur im oder vor dem Hafen stiegen die Werte auf 0,5 mg/l WAS an.

## B. Plankton

### 1. Coelenteraten

*Sarsia tubulosa* (M. Sars) kam in unseren Fängen nur im Mai 1970 in einzelnen erwachsenen Exemplaren bei auflaufendem Wasser bei den Stationen 25 (km 110), S (km 107) und X (km 104) vor. Vor Tönning (km 99,5) und eine Station oberhalb, 2-A (km 95,5), wurde je ein schlechterhaltenes Exemplar gefangen, das vermutlich durch stark verminderten Salzgehalt geschädigt war. Das zahlenmäßig geringe Auftreten von *Sarsia* ist jahreszeitlich bedingt; auch bei früheren Untersuchungen der Elbe, Ems und Weser trat diese Winterform im Mai nur noch vereinzelt auf.

*Rathkea octopunctata* (M. Sars) fand sich auf der 4. Eiderfahrt im April 1969 nur an der untersten Station 22 bei einer Wassertemperatur von 5° C mit wenigen Exemplaren. Im Mai 1970 dagegen (6. Eiderfahrt) bei einer Wassertemperatur von 13—14° C wurde

diese Hydromeduse im Polyhalinikum unterhalb Tönning (km 100) in beträchtlichen Mengen angetroffen. Bei ablaufendem Wasser nahm die Zahl der Rathkeen von Tonne 37 (km 99,5 Tönning) sehr schnell zu, von 2 Exemplaren (Salzgehalt = 17,85 ‰) über 25 (km 104), 320 (km 107), 390 (km 110) zu 430 auf der äußersten Station bei einem Salzgehalt von 25,47. Von hier aus nahm die Zahl an Medusen bei

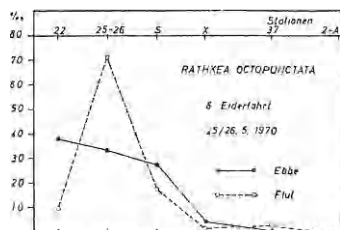


Abb. 4: Prozentuale Verteilung von *Rathkea octopunctata* (M. Sars) in der Tide-Eider im Mai 1970.

auflaufendem Wasser sehr stark zu und erreichte bereits bei km 110 (T. 25) den Höchstwert von 3000 Exemplaren. Die Menge ging dann auf 720 (km 107) und 60 bzw. 75 Medusen bei den km 104 und 100 (Tönning) zurück. Die Medusen hatten Knospen am Manubrium, wodurch bekanntlich die Massenentwicklung bedingt ist. In Abb. 4 ist die prozentuale Verteilung im Untersuchungsgebiet dargestellt. Die hohen Fangzahlen entsprechen denen, die im Mai auch in den übrigen Flüssen beobachtet wurden.

Es war besonders bemerkenswert, daß *Nemopsis bachei* (L. ACASSIZ) im August 1969 (4. Fahrt) bei auflaufendem Wasser im Polyhalinikum angetroffen wurde. Fünf Medusen bei Station 22 waren schlecht erhalten, die höchste Fangzahl mit 10 Exemplaren war bei km 110 (Station 25); bei km 104 und 99 wurde jeweils eine Meduse gefangen. Bei ablaufendem Wasser wurden nur bei km 107 (Station S) sechs Nemopsen gefunden.

Die Medusen hatten eine Größe von 4—10 mm Glockenhöhe; die größeren Tiere waren reif und gut erhalten.

Das Vorkommen von *Nemopsis bachei* in der Eider ist besonders deshalb interessant, weil diese Meduse an der deutschen Küste zuerst im Jahre 1949 in der Elbmündung festgestellt wurde; seither war die Elbmündung auch das einzige Wohngebiet. Im Juli 1967 wurde *Nemopsis* auch in der Außenweser in wenigen adulten, z. T. schlecht-erhaltenen Exemplaren beobachtet. Es scheint also, daß *Nemopsis* ihr Wohngebiet ausgedehnt hat.

Das Auftreten von jugendlichen Nemopsen zeigt an, daß im Eidergebiet offenbar auch eine Fortpflanzung stattfindet. Eine Ausbreitung vom Elbegebiet nach Norden liegt im Bereich des Küstenstromes.

*Eucheilota maculata* (HARTLAUB) wurde im September 1968 (2. Eiderfahrt) in geringer Zahl bei den Stationen 22 und 25 (km 110) gefangen. Die erwachsenen Medusen waren in einem schlechten Zustand. Da sie noch nicht voll abgelaidet hatten, besteht die Möglichkeit, daß sie mit dem Flutstrom in schwach salzhaltiges Wasser transportiert und dann wieder seawärts verdriftet worden sind. Im August 1969 waren die Eucheiloten bei den beiden Außenstationen 22 und 25 ebenfalls schlecht erhalten, während die bis nach Tönning hinauf auf jeder Station einzeln vorkommenden Medusen sich in gutem Zustand befanden. Alle Medusen waren geschlechtsreif.

*Obelia* sp. kam nur in einem halberwachsenen Exemplar im April 1969 (3. Fahrt) bei Station 22 vor. Diese Meduse war auch im Plankton von Elbe, Weser und Ems nicht in großer Zahl in den Vertikalfängen mit dem Helgoländer Eiernetz vertreten.

Die im Polyhalinikum der Eider gefangenen Hydromedusen gehören den gleichen Arten an, wie sie in der benachbarten Elbe, z. T. auch in Weser und Ems, angetroffen wurden. Wenn in der Eider einige Arten des Elbep planktons nicht festgestellt werden konnten (z. B. *Margelopsis haeckeli*, *Ectopleura dumortieri*, *Phialidium hemisphaericum* u. a.), so bedeutet das nicht, daß sie hier nicht vorkommen, da die Fängigkeit des kleinen Netzes nur beschränkt ist, außerdem kann auch das Fehlen dieser Arten jahreszeitlich bedingt sein.

Das gleiche gilt auch für die Scyphomedusen; die Wahrscheinlichkeit, die Ephyren zu fangen, war von vornherein gering.

*Rathkea octopunctata* pflanzt sich in der Eidermündung fort, wie die Befunde zeigten. Auch von *Nemopsis bachei* ist es anzunehmen, da juvenile Exemplare gefangen wurden. *Sarsia* und *Eucheilota* waren nur in adulten Tieren in den Fängen, doch ist auch bei ihnen eine Fortpflanzung im Gebiet wahrscheinlich. Über das Vorkommen der Ammenpolypen liegen keine Untersuchungen vor.

Die Ctenophore *Pleurobrachia pileus* (O. MÜLL.) wurde nur im Mai 1970 bei auflaufendem Wasser in größerer Zahl gefangen. Meist handelte es sich um kleinere bis sehr kleine Exemplare. Die Fangzahlen sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Danach liegt das Maximum im Bereich der Tonne S (km 107).

Tab. 3: *Pleurobrachia pileus*. Verteilung auf der 6. Eiderfahrt 25./26. Mai 1970 (\* = schlecht erhalten).

Station	22	25—26	S	X	37	2-A
km		110	107	104	99,5	95,5
Talfahrt (Ebbe)	0	1	13	0	0	0
Bergfahrt (Flut)	6	110	720	60	39	1*

## 2. Polychaeten

Von den Polychaeten wurden nur die Larven von Spioniden (*Polydora ciliata* JOHNST.) auf allen Fahrten im Polyhalinikum von Station 22—37 (km 99) in geringer Zahl von 3 bis 44 Exemplaren angetroffen. Die relativ niedrigen Fangzahlen sind sehr wahrscheinlich auf die Fangmethode zurückzuführen. Die meisten Larven wurden auf den unteren, mehr seewärts gelegenen Stationen gefunden.

Im August 1969 wurden vereinzelt auf Station 25 (km 110) Larven von *Nereis* gefangen.

Wie schon bei den Coelenteraten erwähnt, kann das Fehlen anderer Polychaeten, z. B. *Lanice conchilega* (PALLAS), *Magelona papilliformis* (O. F. MÜLLER) und *Pectinaria koreni* (MALMGREN) und Polynoiden in unseren Proben durch die von uns verwandte Fangmethode bedingt sein.

## 3. Crustaceen

Von den Cladoceren wurden im limnischen Bereich im Mai 1970 je 5 Exemplare von *Daphnia longispina* (O. F. MÜLLER) und *Bosmina longirostris* (O. F. MÜLLER) festgestellt, bei Tönning (km 100) eine *Podon spec.*

Die Copepoden wurden wie bei den früheren Untersuchungen in ihrer Gesamtheit erfaßt, ohne ihre artenmäßige Verteilung im einzelnen zu behandeln. Am häufigsten waren vertreten die euryhaline Form *Eurytemora affinis* (POPFÉ), ferner *Acartia bifilosa* (GIESLER) und *Centropages hamatus* (LILLY). Die Fänge sind nur untereinander vergleichbar, nicht mit denen von Elbe, Weser und Ems, da die Fangmethode eine andere war. Die Ergebnisse stimmen trotzdem aber gut mit dem früheren Gesamtbild überein. Auch auf der Eider wurden deutlich zwei *Maxima* festgestellt, das eine, etwas schwächere, in der polyhalinen Zone, das andere im oligohalinen-limnischen Bereich. Die Verteilung der Copepoden stimmte bei Berg-und-Tal-Fahrt recht gut überein (Abb. 5). Die höchsten Fangzahlen (über 5000 bis 32 000) wurden bei den Frühjahrsfahrten ermittelt; bei den Herbstfahrten waren die Copepoden nur in geringerer Zahl anzutreffen, etwas über 1000 je Fang.

Die Nauplien von *Balanus balanoides* (L.) kamen in unseren Fängen nur im April 1969 in geringer Zahl lediglich bei auflaufendem Wasser im Polyhalinikum von Station 22 mit maximal 17 Exemplaren bis Station S (km 107) mit 3 bzw. 8 Tieren vor. Im August 1969 fanden wir die Nauplien von *Balanus improvisus* (DARWIN) ebenfalls in geringer Zahl (maximal 40, zumeist Meta-Nauplien bei Station 25); dagegen waren die Cyprislarven im Raum Tönning bei Flut recht

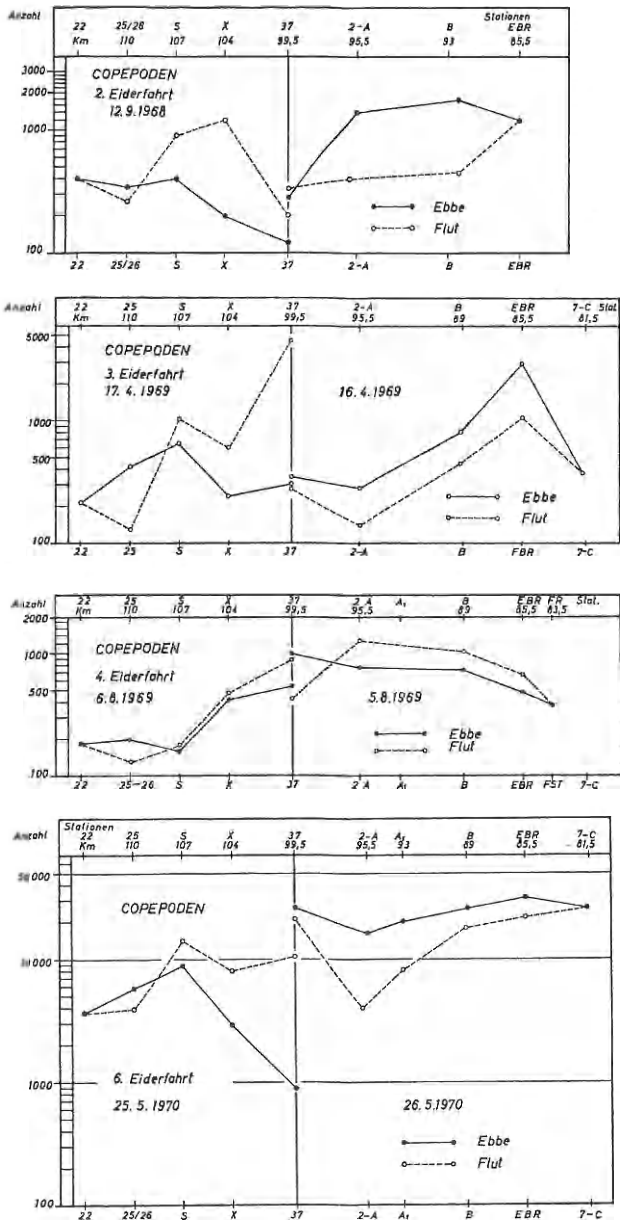


Abb. 5: Mengenmäßiges Auftreten der Copepoden in der Tide-Eider im September 1968, April 1969, August 1969 und Mai 1970.

häufig, maximal 585 bzw. 430 Larven von km 100—95, während es unterhalb Tönning nur 8 bis 20 Exemplare waren. Oberhalb km 95 waren die Cyprislarven noch bis Friedrichstadt (km 83,5) bei Flut anzutreffen (60—20 Larven), doch waren hier die Cyprislarven im geringen Salzgehalt von weniger als 5 ‰ bereits abgestorben. Bei ablaufendem Wasser waren die Cyprislarven bis Tönning hinunter tot. Am 5./6. August 1969 waren die Salzgehalte recht hoch (Abb. 2), daher wurden die Cyprislarven noch weit oberhalb Tönning lebend verdriftet; kamen sie für längere Zeit in einen Salzgehalt unter 5 ‰, so starben sie ab. Daher fanden wir bei Ebbe nur tote Cyprislarven, obwohl der gleichzeitig gemessene Salzgehalt mehr als 5 ‰ betrug.

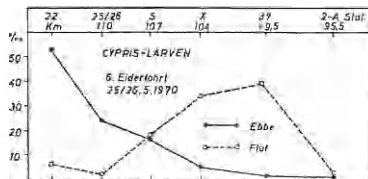


Abb. 6: Prozentuale Verteilung der Cyprislarven in der Tide-Eider im Mai 1970.

Im Mai 1970 wurden keine Nauplien festgestellt; die Cyprislarven stellten aber neben *Rathkea* und Copepoden die Hauptmenge der Planktonbevölkerung dar. Bei auflaufendem Wasser nahm die Zahl der Cyprislarven von der Seegrenze bis in den Raum Tönning von 500 auf 3400 Tiere zu, bei Ebbe war die Fangmenge wiederum geringer. Sie nahm aber nach See hin stetig zu. In Abb. 6 ist die prozentuale Verteilung der Cyprislarven der sechsten Fahrt dargestellt.

Die große Zahl der Balanidenlarven ist bemerkenswert; sie ist zum Teil auf die Wasserbauwerke der Eiderabdämmung zurückzuführen, die zusätzliche Siedelplätze für die Balaniden brachte. Hier wurde neben *Balanus balanoides* (L.) auch *Elminius modestus* (DARWIN) angetroffen, während im Tönninger Hafen *Balanus improvisus* (DARWIN) vorherrschte.

Von den Mysideen kam *Neomysis integer* (LEACH) vorwiegend in der mesohalinen Zone oberhalb Tönning (km 100) im April und August 1969 in wenigen erwachsenen Exemplaren bei auflaufendem Wasser vor. Es handelte sich vorwiegend um männliche Tiere.

*Mesopodopsis slabberi* (VAN BENEDEN) wurde im August 1969 von Station 25 (km 110) bis 2-A (km 95) in geringer Zahl bis zu fünf Tieren gefangen; im September 1968 war diese Mysidee von Station 25 (km 110) bis 2-A (km 95) sehr häufig. Im Gebiet Station 25 bis Station X fand sich das Maximum mit 45—55 vorwiegend halberwach-

senen bis adulten Tieren. Das Verhältnis von ♂♂:♀♀ war 3:1; bei auflaufendem Wasser war die Fangzahl etwa doppelt so groß wie bei Ebbe.

Von *Crangon crangon* L. wurden von uns nur juvenile Formen in geringer Zahl gefangen. Im August 1969 waren es 2 Exemplare bei Station 25 und im Mai 1970 von Station 25 bis Station X (von km 110 bis km 104) 7—9 erste Bodenstadien.

*Carcinus maenas* L. wurde im Polyhalinikum als Megalopalarve auf jeder Station in 1 bis 2 Exemplaren angetroffen.

#### 4. Echinodermen

Die Brachiolarien von *Asterias rubens* L. wurden im Mai 1970 (6. Fahrt) im Gebiet zwischen Station 22 und X (km 104) in 25 bis 5 Exemplaren gefangen. Es handelte sich zumeist um ältere Larven, die aber noch keine Knospen hatten. Das Maximum der Verbreitung dürfte noch weiter seewärts unseres Untersuchungsgebietes liegen.

#### 5. Mollusken

Ältere Larven von *Littorina littorea* L. waren in z. T. recht beträchtlicher Anzahl im September 1968 und August 1969 in unseren Fängen. Das Vorkommen erstreckte sich von Station S (km 107) bis 2-A (km 95), das Maximum lag bei beiden Fahrten bei auflaufendem Wasser im Raum von Station X (km 104) bis Tönning (km 100) mit 400 bis 1800 Larven. Auf der 4. Fahrt (VIII 1969) waren die *Littorina*-Larven noch etwas oberhalb Tönning anzutreffen; weiter eideraufwärts fanden wir nur noch leere Schalen in geringer Zahl bei Friedrichstadt (km 83,5). Gerieten die Larven in einen Bereich von 10‰ Salzgehalt, so gingen sie ein.

#### 6. Chaetognathen

*Sagitta setosa* (J. MÜLLER) fanden wir im April und August 1969 sowie September 1968 in nur wenigen kleinen Exemplaren im Polyhalinikum vorwiegend auf den äußeren Stationen (22—37 = km 100).

#### 7. Copelaten

*Oikopleura dioica* (Fol.) war nur vereinzelt im September 1968 und August 1969 bei den Stationen 22 bis 25 (km 110) in unseren Fängen vertreten.

#### 8. Fischlarven

Die Larven vom Stint (*Osmerus eperlanus* L.) kamen im Mai 1970 im ganzen Untersuchungsgebiet von Station 25 (km 110) bis zur obersten Station 6a (km 81) vor; hier waren sie mit 12 Exemplaren

am häufigsten vertreten. Auf der gleichen Fahrt fingen wir auch die Larven der Flunder (*Platichthys flesus* L.) von Station B (km 89) bis 6a (km 81) in 3 bis 4 Exemplaren. Im Juni 1967 wurden bei Station B (km 89) auch juvenile Stichlinge (*Gasterosteus aculeatus* L.) von 20 mm Länge gefangen.

## 9. Phytoplankton

Nicht unerwähnt bleiben soll, daß eine recht starke Diatomeenblüte im August 1969 und Mai 1970 (4. und 6. Fahrt) zu beobachten war. Die Hauptmenge bestand aus *Biddulphia sinensis* (GREV.) und *B. aurita* (LYNGB.) sowie *Coscinodiscus* sp. Das Maximum lag in der Nähe der Seegrenze (km 107—104) mit einem Absetzvolumen von 28 bzw. 18 ml. Oberhalb Tönning waren keine Diatomeen mehr vorhanden.

### Besprechung der Ergebnisse

Die Eider dürfte im Grunde genommen gar nicht mit den bisher von uns untersuchten Flüssen verglichen werden, denn durch den Einbau von Schleusen und Abdämmungen wurde der ursprüngliche Fluß mit einer Länge von über 200 km in mehrere Teile aufgeteilt, von denen nur die kurze Strecke von rund 30 km als Tide-Eider mit der offenen See in Verbindung steht. Ihr Oberwasser erhält sie durch Sielauslässe und Spülungen an der Schleuse Nordfeld. Dadurch werden die Tidenbewegungen zugunsten der Flut verändert. Trotz dieser abnormen Verhältnisse zeigen die Ergebnisse unserer Untersuchungen, daß sich auf diesem kurzen Abschnitt doch die gleichen Vorgänge abspielen wie in den großen Flußmündungen. Es bilden sich die typischen drei halinen Zonen mit dem Salzgehaltssprung aus. Auch die damit im Zusammenhang stehenden Faktoren, wie pH und Säurebindungsvermögen, passen sich dem gleichen Bild an. Ebenso treten auch die charakteristischen Trübungsspitzen beim Zusammentreffen von Süß- und Seewasser auf. Da die Eider nur in geringem Maße durch die Abwässer von Industrie und Städten verschmutzt ist, kommt es nicht zur Ausbildung von Verarmungs- oder Selbstreinigungszonen mit stark verminderten Sauerstoffgehalten. Die anderen von uns untersuchten Faktoren bewegten sich in den normalen Grenzen.

Die Planktonfänge zeigten, daß in der polyhalinen und mesohalinen Zone das gleiche Artenspektrum festzustellen war wie bei unseren früheren Untersuchungen von Elbe, Weser und Ems. Die Gegend um Tönning (km 100) stellte eine scharf ausgeprägte biologische Grenze für die marinen Formen dar; sie wurde im allgemeinen kaum überschritten. Obwohl wegen der geringen Wassertiefe nur Oberflächen-Horizontalfänge gemacht werden konnten, erbrachte die quantitative Auswertung doch bemerkenswert gute Ergebnisse.

Wenn jedoch nicht alle bei der früheren Bearbeitung der großen Flüsse festgestellten Arten wiedergefunden werden konnten, so mag dies einmal daran liegen, daß die befischte Wassermenge erheblich kleiner war, andererseits reichte aber das auf der Eider untersuchte Gebiet nicht bis in die euhaline Zone hinein. Es ist daher anzunehmen, daß die in den Unterläufen von Elbe, Weser und Ems vorkommenden Arten auch im Gebiet der Außeneider anzutreffen sind.

Wenn die Eider durch wasserbauliche Maßnahmen auch einen Sonderfall darstellt, so konnte durch die Planktonuntersuchungen doch gezeigt werden, daß es auch in einem kleinen Fluß entsprechend der halinen Gliederung eine typische autochthone Planktongesellschaft gibt, wie sie für Flußmündungen charakteristisch ist.

#### Literaturverzeichnis

- KÜHL, H., und H. MANN (1953): Beiträge zur Hydrochemie der Unterelbe. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 2: 236—268.
- (1954): Über die Hydrochemie der unteren Ems. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 3: 126—158.
- (1957): Beiträge zur Hydrochemie der unteren Weser. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 5: 34—62.
- (1962): Über das Zooplankton der Unterelbe. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 8: 53—70.
- (1968 a): Über das Zooplankton der unteren Ems. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 11: 119—136.
- (1968 b): Biologische Bedeutung der Wasserführung eines Tideflusses Gewässer und Abwässer 47: 41—60.
- (1969): Über das Zooplankton der Unterweser und Wesermündung. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 12: 43—64.
- ROHDE, H. (1965): Die Veränderung der hydrografischen Verhältnisse des Eidergebiets durch künstliche Eingriffe. Deutsch. Gewässerkundliche Mitteilungen, Sonderheft 1965: 57—68.
- SINDERN, J. (1969): Die Eider und ihre Probleme. Wasser-Jahrbuch 1969: 333—346. Berlin-München.
- SINDERN, J., und H. ROHDE (1970): Zur Vorgeschichte der Abdämmung der Eider in der Linie Hundeknöll—Vollerwiek. Wasserwirtschaft 60: 85—92.
- WOHLBERG, E. (1931): Die Grüne Insel in der Eidermündung. Eine entwicklungsgeschichtliche Untersuchung. Arch. Deutsche Seewarte 50: 5—30.

