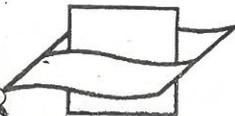


16318



Vlaams Instituut voor de Zee  
Flanders Marine Institute

## Hydrochemische Faktoren und Phytoplankton während einer Tide in der Elbmündung bei Cuxhaven

Von Eva-Maria Bursche, Heinrich Kühl und Hans Mann

Mit 13 Abbildungen.

- I. Einleitung
- II. Hydrochemischer Teil
  - 1. Methodik
  - 2. Ergebnisse
- III. Phytoplankton
  - 1. Methodik
  - 2. Gesamtphytoplankton
  - 3. Meeresalgen
    - a) Artenbestand
    - b) Individuenzahl
  - 4. Süßwasseralgen
    - a) Artenbestand
    - b) Individuenzahl
  - 5. Detritus
- IV. Besprechung der Ergebnisse
- V. Zusammenfassung
- VI. Literatur

*Bestand von Literatur (1958-1961) 16318  
Institut für Meeresbiologie  
Prinsep Otsabankum 69  
Bredene - Belgien - Tel. 059/180 37 15*

### I. Einleitung

Bei unseren früheren Elbuntersuchungen (KÜHL u. MANN (16/17) konnten wir, wie auch schon andere Untersucher (KIRCHENPAUER (9), LENTZ (19), HENSEN (4), LÜNEBURG (21), LUCHT (20) feststellen, daß im Cuxhavener Gebiet die Veränderungen im Salzgehalt besonders ausgeprägt sind. Hier liegt die Zone des Salzgehaltssprunges und damit im Zusammenhang auch das Gebiet der größten Salzgehaltsschwankungen. Es erschien daher lohnend, die Änderungen im Salzgehalt, in den anderen hydrochemischen Faktoren und im Phytoplankton während einer Tide zu verfolgen. Eine ähnliche Untersuchung über die Veränderungen des Zoo- und Phytoplanktons wurde schon von

THIEMANN (23) bei den Feuerschiffen Elbe 1, Elbe 3 und Elbe 4\* durchgeführt. Seine Untersuchungen erstreckten sich auf stündliche Probenentnahmen bei den Feuerschiffen, außerdem wurden von ihm auch Planktonproben von Hamburg bis See genommen.

Wir entnahmen am Bollwerk „Alte Liebe“ bei Cuxhaven stündlich von Tideniedrigwasser über Tidehochwasser bis Tideniedrigwasser Schöpfproben und sahen unsere Aufgabe darin, die Ergebnisse der Wasseruntersuchung mit den Befunden der Phytoplanktonanalyse in Beziehung zu setzen.

## II. Hydrochemischer Teil

### 1. Methodik

Die Proben, und zwar Oberflächenproben, wurden stündlich, beginnend bei Niedrigwasser über Hochwasser bis Niedrigwasser, an der Alten Liebe bei Cuxhaven geschöpft (Abb. 13). Es wurden zwei Schöpfserien entnommen: am 18. September 1956 von 8 bis 20 Uhr und am 29. März 1957 von 7 bis 19 Uhr.

Der Abfluß am Pegel Darchau betrug am 18. 9. 1956  $490 \text{ m}^3/\text{s}$ , am 29. 3. 1957 dagegen  $1818 \text{ m}^3/\text{s}$ , also fast viermal soviel wie im Herbst 1956. Zur Zeit der Wasserprobenentnahme wurde der Pegelstand an der Alten Liebe in Cuxhaven abgelesen (NN-5m). Die chemische Untersuchung der Wasserproben erstreckte sich auf folgende Faktoren:

1. Wassertemperatur, 2. Salzgehalt nach MOHR, 3. pH kolorimetrisch nach CZENSNY, 4. SBV mit  $n/10 \text{ HCl}$  und Methylorange, 5. Sauerstoff nach WINKLER-ALSTERBERG und Sauerstoffsättigung berechnet, 6. Ammonium kolorimetrisch nach CZENSNY, 7. Nitrit kolorimetrisch nach CZENSNY, 8. Nitrat photometrisch nach GAD, 9. Phosphat gelöst und Gesamtphosphat nach KALLE, 10. Silicium nach KALLE, 11. Trübung photometrisch, 12. Seestonengehalt in  $\text{mg/l}$ , 13. organische Substanz in  $\text{mg/l}$ , 14. Eiweiß in  $\text{mg/l}$  (Biuretreaktion nach KREY), 15. Chlorophyll in  $\gamma/\text{l}$  (nach KREY).

### 2. Ergebnisse

Die Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchungen sind in den nachfolgenden Kurven (Abb. 1—3) zusammengestellt. Sie werden für beide Untersuchungsserien hier in ihrem Ablauf besprochen. Nach Darstellung der Phytoplanktonuntersuchungen werden sie dann im Zusammenhang mit diesen diskutiert.

Ausgangspunkt für alle Daten ist die Tidekurve, wie sie vom Cuxhavener Pegel abgelesen wurde (Abb. 1). Am 18. September 1956 war um 0636 Uhr Tideniedrigwasser. Die Probenentnahme begann um 8 Uhr, also mit dem ersten ablaufenden Wasser. Das Abendtideniedrigwasser lag an diesem Tage

---

\* Das frühere Elbe-Feuerschiff Elbe 4 ist seit dem Jahre 1945 nicht wieder ausgelegt worden. Das heutige Feuerschiff Elbe 3 ( $53^{\circ}58' \text{ N } 8^{\circ}36' \text{ O}$ ) liegt zwischen den früheren Feuerschiffen Elbe 3 ( $53^{\circ}58' \text{ N } 8^{\circ}31' \text{ O}$ ) und Elbe 4 ( $53^{\circ}56' \text{ N } 8^{\circ}40' \text{ O}$ ).

bei 1902. Eine Stunde später, um 20 Uhr, wurde die letzte Probe entnommen. 1209 war Tidehochwasser. Für die Frühjahrsserie am 29. März 1957 waren die Tideverhältnisse folgende. Tnw 0641 Uhr, Beginn der Untersuchung um 7 Uhr, Abendniedrigwasser 1856 Uhr, letzte Wasserprobe um 19 Uhr, Tidehochwasser um 1216 Uhr. Die Tidekurve in Abbildung 1 gibt diese Verhältnisse recht gut wieder. Die Kurve des Salzgehaltes läuft in großen Zügen wohl ähnlich wie die Tidekurve. Bemerkenswert und sehr wesentlich für die Beurteilung der späteren Ergebnisse ist, daß das Salzgehaltsmaximum nicht zur Zeit des Tidehochwassers liegt, also nicht mit dem höchsten Pegelstand übereinstimmt. Die Salzgehaltskurve läuft der Tidekurve um etwa 2 Stunden nach. Dieses Phänomen hängt mit den unterschiedlichen Dichteverhältnissen von See- und Flußwasser zusammen (HENSEN (4), GOEDECKE und KÜHL (3)).

In Abhängigkeit von der Wasserführung an den beiden Untersuchungstagen unterscheiden sich die Salzgehaltskurven wesentlich. Im September 1956 bewegt sich der Salzgehalt zwischen 8,5 und 20<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, während er im März 1957 zwischen 5,3 und 13,5<sup>0</sup>/<sub>00</sub> liegt. Die niedrigeren Werte im Frühjahr entsprechen der großen Zufuhr an Süßwasser (490 m<sup>3</sup>/s am 18. 9. 1956 gegenüber 1818 m<sup>3</sup>/s am 29. 3. 1957). Diese Unterschiede sind bestimmend für alle anderen Faktoren, wie weiter unten noch ausführlich dargetan wird.

Die Wassertemperatur bewegt sich im September zwischen 14,6 und 15° C, wobei die höheren Werte bei Tidehochwasser gefunden wurden. Im März liegen die Temperaturen zwischen 6,4 und 7° C. Die pH-Werte schwanken im Herbst zwischen 7,5 und 7,8, sie zeigen einen deutlichen Anstieg entsprechend der Salzgehaltskurve. In der Märzserie kommt dies nicht so deutlich zum Ausdruck, außerdem sind im ganzen die Werte etwas niedriger. Vom Säurebindungsvermögen ist nur zu sagen, daß die Frühjahrswerte etwas niedriger liegen als im Herbst. Bedeutende Abhängigkeiten vom Tideverlauf sind nicht zu erkennen. Die Sauerstoffwerte schwanken naturgemäß, es ist keine Beziehung zum Tideverlauf zu erkennen. Doch zeigt sich bei Vergleich der relativen Sauerstoffgehalte (Prozent der Sättigung), daß die Septemberwerte im ganzen höher liegen als die im März. Der geringere Sauerstoffgehalt ist mitbedingt durch die höhere Abflußmenge, da das Flußwasser weniger Sauerstoff enthält als das Seewasser.

Besonders interessant sind die Werte der Stickstoffverbindungen (Abb. 2). Bei dem Ammonium und Nitrat sind deutlich Veränderungen im Verlauf einer Tide festzustellen. Mit Zunahme des Salzgehaltes geht eine Abnahme des Nitratgehaltes, und im März auch des Ammoniumgehaltes parallel. Die an sich niedrigen Nitritwerte machen diese Schwankungen nicht mit. Im März sind sowohl Ammonium wie Nitrat in wesentlich größeren Mengen vorhanden als im September. Diese unterschiedlichen Verhältnisse kommen durch die Mischung von Fluß- und Seewasser zustande, wobei das Flußwasser einen höheren Gehalt an diesen Salzen besitzt. So sind auch die höheren Märzwerte erklärbar. Außerdem sind im März die abgestorbenen Phytoplankter in stärkerem Maße vertreten als im September, worauf unten noch näher eingegangen wird (vgl. Abb. 4).

Abb. 1: Pegelstand (NN-5 m), Salzgehalt ‰, Wassertemperatur (WT), pH, Säurebindungsvermögen (SBV) und Sauerstoffgehalt in Prozent der Sättigung am 18. 9. 56 und 29. 3. 57 an der „Alten Liebe“ in Cuxhaven.

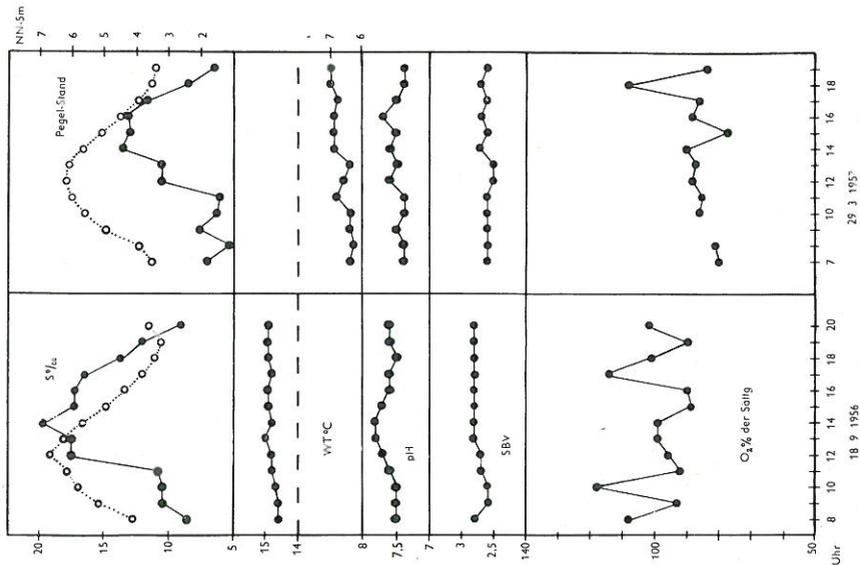


Abb. 2: Ammonium ( $\text{NH}_4$ ), Nitrit ( $\text{NO}_2$ ), Nitrat ( $\text{NO}_3$ ), Gesamtphosphat und gelöstes anorganisches Phosphat ( $\text{PO}_4$ ) und Silicium (Si).

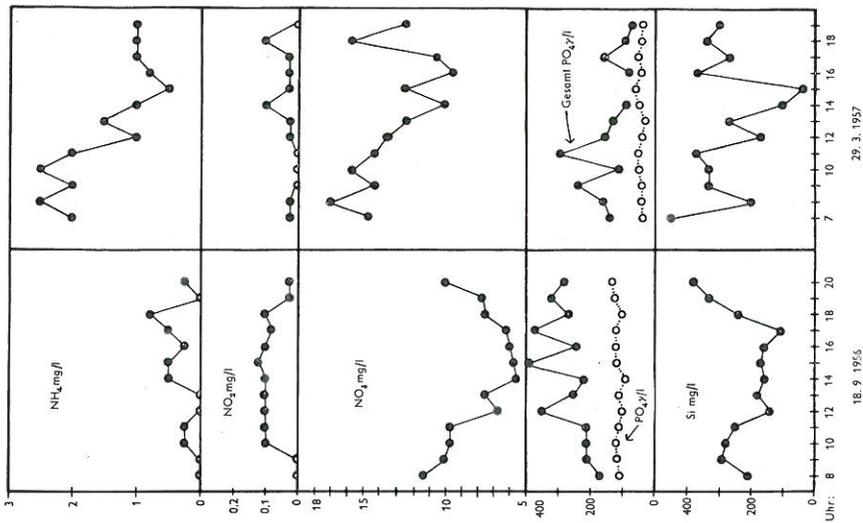


Abb. 3: Trübung  
(K-Wert), Seston,  
organische Substanz,  
Eiweiß und  
Chlorophyll.

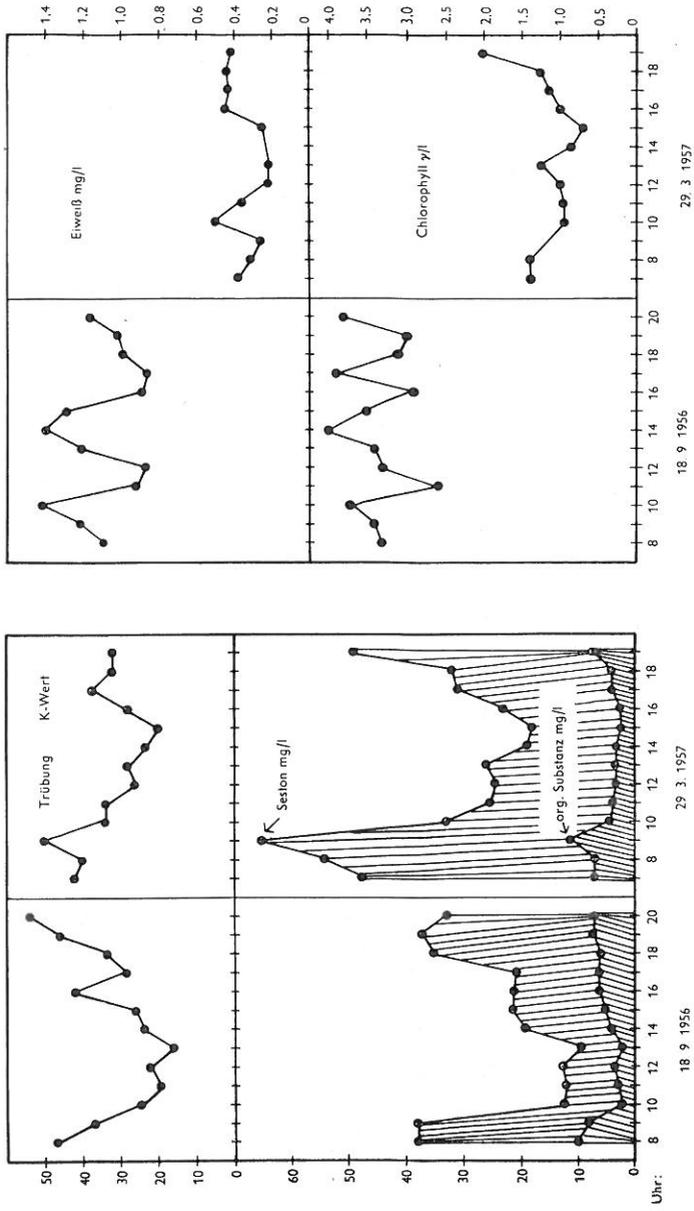


Abb. 4: Anzahl der lebenden und toten Phytoplankter in 10 ccm mit Angabe des Salzgehaltes. (Thw = Tidenhochwasser, Tnw = Tidenmiedrigwasser).

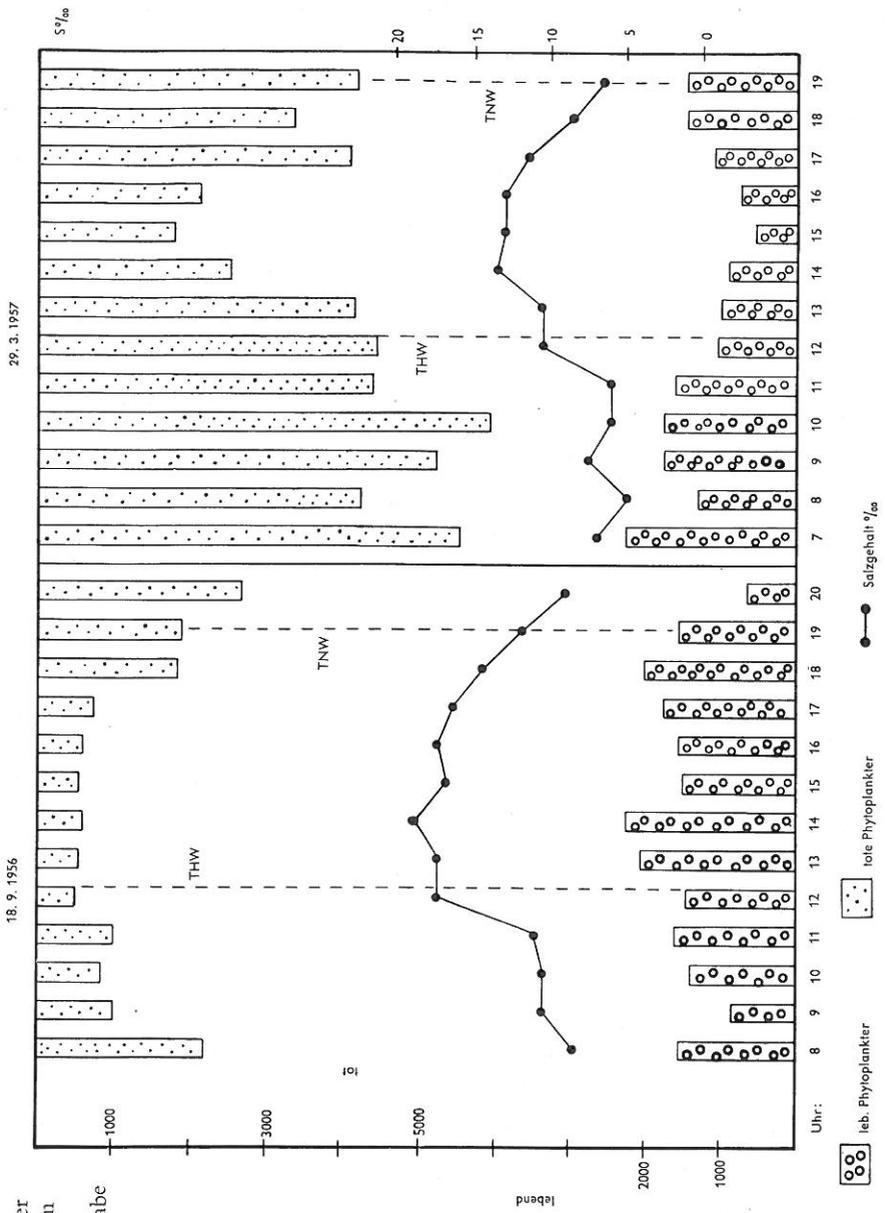
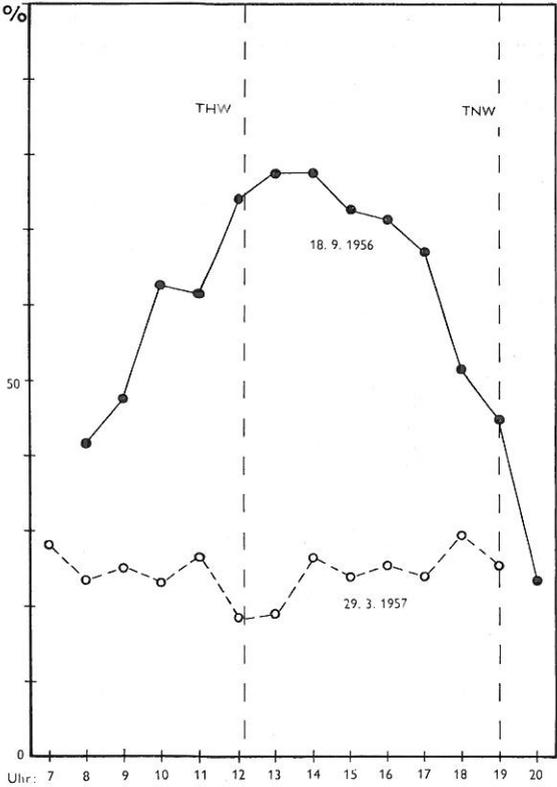


Abb. 5: Prozentualer Anteil der lebenden Phytoplankter am Gesamtplankton.



Uhr	$\frac{\text{Organ-Substanz} \cdot 100}{\text{Seston}}$		$\frac{\text{Eiwei\ss} \cdot 100}{\text{Organ-Substanz}}$	
	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr
	7	—	15	—
8	26	13	11	4
9	22	18	15	2
10	20	14	44	11
11	25	15	31	9
12	28	15	24	6
13	22	14	61	6
14	25	17	33	—
15	26	12	23	10
16	29	11	15	19
17	30	12	14	11
18	17	12	16	11
19	20	15	14	6
20	21	—	16	—

Tabelle 1.  
Prozentualer Anteil der organischen Substanz im Seston und des Eiwei\ss in der organischen Substanz

Die Werte für gelöstes anorganisches Phosphat und Gesamtphosphat sind schwierig zu deuten. Merkwürdigerweise sind die Phosphatwerte bei der Bestimmung im September höher als im März. Beziehungen zur Tidekurve kommen nicht klar zum Ausdruck.

Beim Silicium dagegen sind durchaus Veränderungen festzustellen, indem bei niedrigem Salzgehalt die Werte ansteigen, was besonders im September zum Ausdruck kommt. Da Silicium ein Baustoff für die Diatomeen ist, werden die Zusammenhänge deutlicher, wenn man den Verlauf der Siliciumkurve mit der Menge der lebenden und toten Diatomeen in Beziehung bringt (Abb. 6). Die Diskussion der Siliciumgehalte wird daher zweckmäßigerweise an die Besprechung der Phytoplanktonbefunde angeschlossen. Hinzu kommt noch, daß bei Aufmischung mit Seewasser der Siliciumgehalt abnimmt.

Weitere chemische Untersuchungen befaßten sich mit der Bestimmung von Trübung, Seston und organischer Substanz (Abb. 3). Da diese drei Faktoren in engster Beziehung stehen, sollen sie gemeinsam besprochen werden. Zunächst ist festzustellen, daß die Kurven für die Trübung und das Seston in beiden Serien das gleiche Bild zeigen, wie auch nicht anders zu erwarten war. Weiterhin ist zu sagen, daß wiederum in beiden Serien die Werte bei Niedrigwasser hoch liegen, hierauf wies auch schon KRAEFFT (10) mit Bezug auf den Detritusgehalt hin. Seine Untersuchungsstellen liegen allerdings etwas elbabwärts bei den Feuerschiffen. Im März 1957 liegen alle Werte höher als im September 1956. Zieht man nun noch die Kurven der organischen Substanz heran, so zeigt sich auch hier die gleiche Abhängigkeit von der Tidekurve. Dagegen sind bei der organischen Substanz keine Unterschiede zwischen den beiden Serien zu erkennen. Das bedeutet also, daß die hohen Trübungswerte auf die mineralischen Bestandteile zurückzuführen sind. Am 29. 3. bringt die Elbe mit dem hohen Süßwasserabfluß auch größere Mengen an Schwemmstoffen mit, die durch diese beiden Bestimmungen erfaßt werden. Ein ähnliches Bild ergibt sich, wenn man den prozentualen Anteil der organischen Substanz im Seston in beiden Serien gegenüberstellt. Auch hier ist der mineralische Anteil in der Märzprobe größer als in der Herbstprobe (Tab. 1). Eine Abhängigkeit vom Tideverlauf ist nicht zu erkennen.

Weiterhin können wir die Ergebnisse der Bestimmungen von Eiweiß und Chlorophyll zusammenfassen. Die Beurteilung der einzelnen Kurven macht Schwierigkeiten, da sie sehr unruhig verlaufen (besonders bei der Septembrisserie). Es sei zunächst dahingestellt, ob die geringen Schwankungen in den Werten innerhalb der Fehlergrenzen der Bestimmungsmethode liegen. Dagegen ist aber auffällig, daß sowohl bei Eiweiß wie bei Chlorophyll die absoluten Mengen bei den Bestimmungen im März höchstens die Hälfte derjenigen der Septembrisserie betragen. Wie weiter unten noch gezeigt werden soll, ist dies offensichtlich auf den geringen Anteil lebender Phytoplankter im Gesamtphankton im März 1957 zurückzuführen (vgl. Abb. 5).

Abb. 6: Lebende und tote Diatomeenzellen in 10 cm mit Angabe des Siliciumgehaltes.

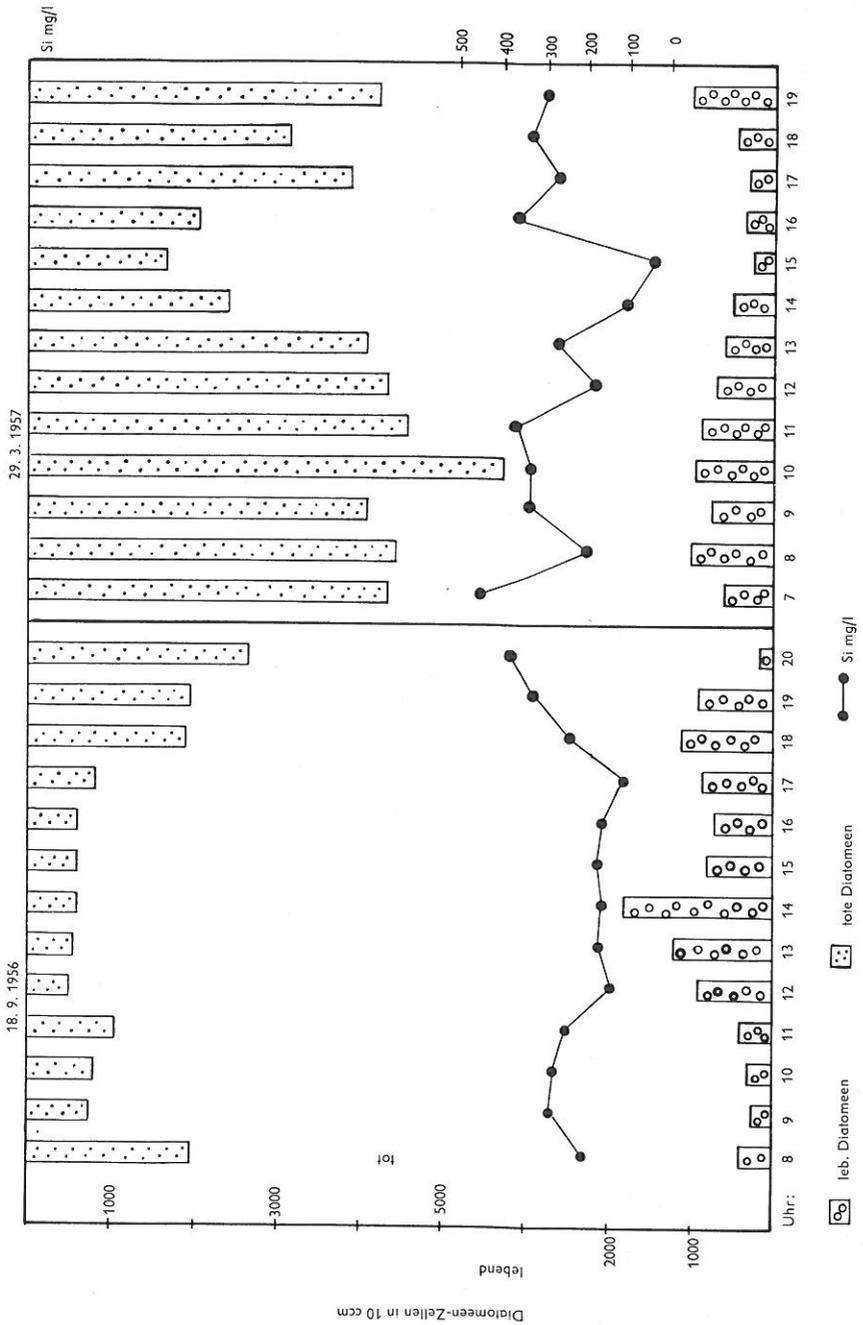
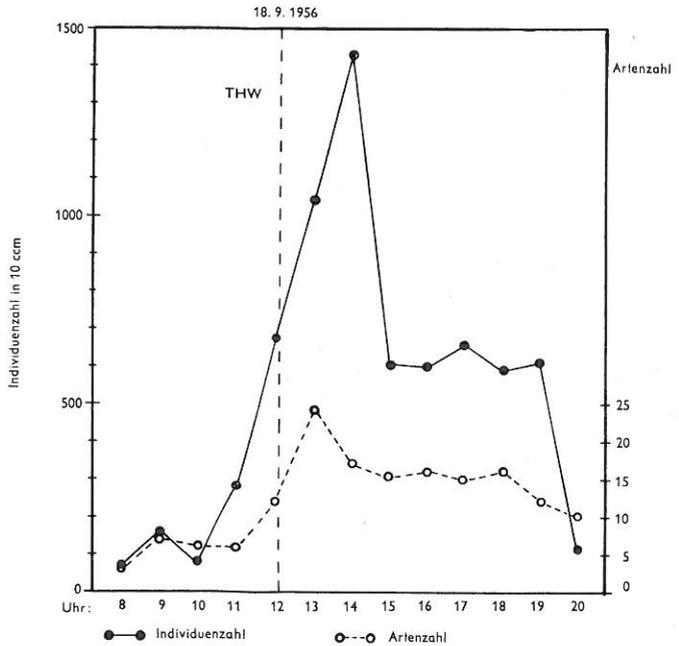




Abb. 8: Individuen- und Artenzahl in 10 ccm während der Tide am 18. 9. 56.



daran gedacht worden, die großen Plankter, die meist nur in geringerer Zahl vorliegen, mit Hilfe von Netzplankton (Gaze Nr. 20) besser quantitativ zu erfassen. Daß das jedoch nur bedingt der Fall ist, sollen die folgenden Hinweise verdeutlichen. So betrug die Anzahl der Rhizosolenien wie auch die Individuenzahl von *Actinocyclus Normanii* (Gregory) nov. comb. (*Coscinodiscus Rothii* var. *Normani*)\* im Schöpfplankton immer das Vielfache von der des Netzplanktons. Selbst Biddulphien müssen die Netzmaschen passiert haben, bzw. vom Staudruck herausgeschwemmt worden sein, denn sie waren im Schöpfplankton stets stärker vertreten. Bei *Chaetoceros*-Arten dagegen war das Verhältnis umgekehrt, eine Erklärung kann dafür nicht gegeben werden. Große *Coscinodiscen* waren, sofern überhaupt, nur vereinzelt vorhanden, so daß für die Formen kein Vergleich angestellt werden kann.

Bei der zur Zeit der Probenentnahme vorliegenden Planktongemeinschaft hätten jedenfalls quantitative Netzfänge keine größere Genauigkeit als die Schöpfproben erbracht, weil weder im September 1956 noch im März 1957 große Meeresformen ausschlaggebend gewesen sind.

Die pennaten Diatomeen konnten bis auf einige markante Formen nicht im einzelnen bestimmt, bzw. beim Zählen erkannt werden. Sie sind deshalb in einer Gruppe „unbestimmbare Diatomeen“ zusammengefaßt worden. Ähnliche Schwierigkeiten boten manche *Coscinodiscen*, besonders dann, wenn

\* Von HUSTEDT wurde neuerdings (4 S. 218) *Coscinodiscus Rothii* var. *Normanii* aus der Gattung *Coscinodiscus* ausgeschlossen und in die Gattung *Actinocyclus* gestellt.

Abb. 9: Lebende und tote Süßwasser- und Salzwasserphytoplankton in 10 ccm.

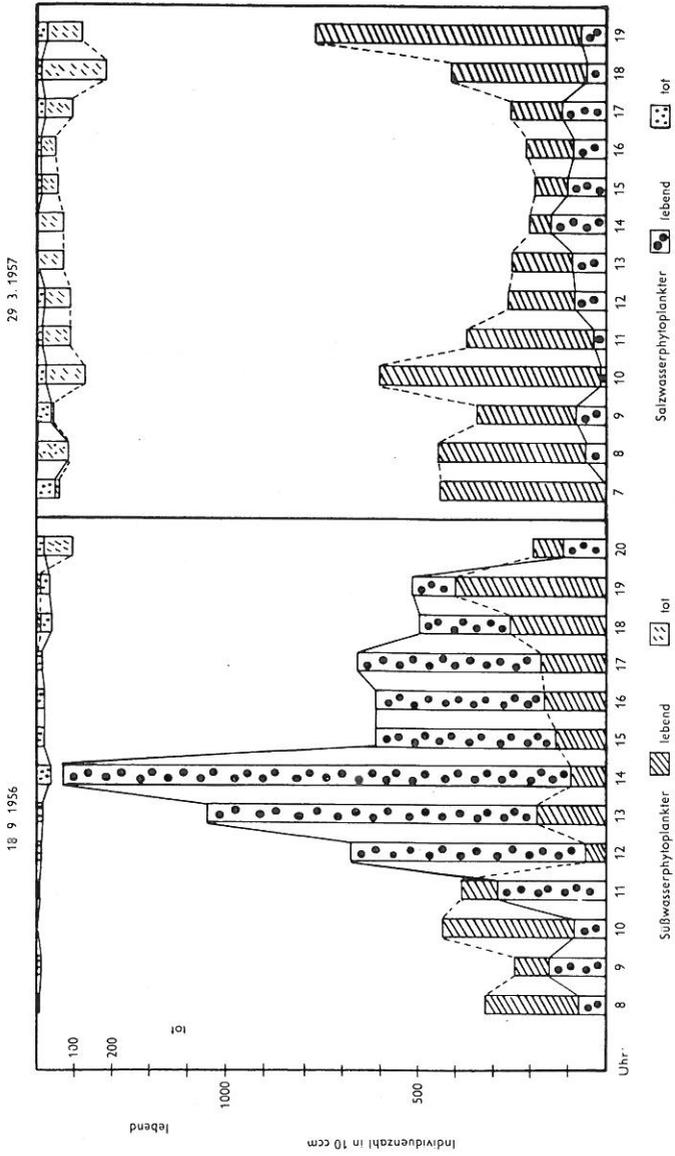


Abb. 10: Lebende und tote Süßwasser- und Salzwasser-Diatomeen (Zellen in 10 cc),

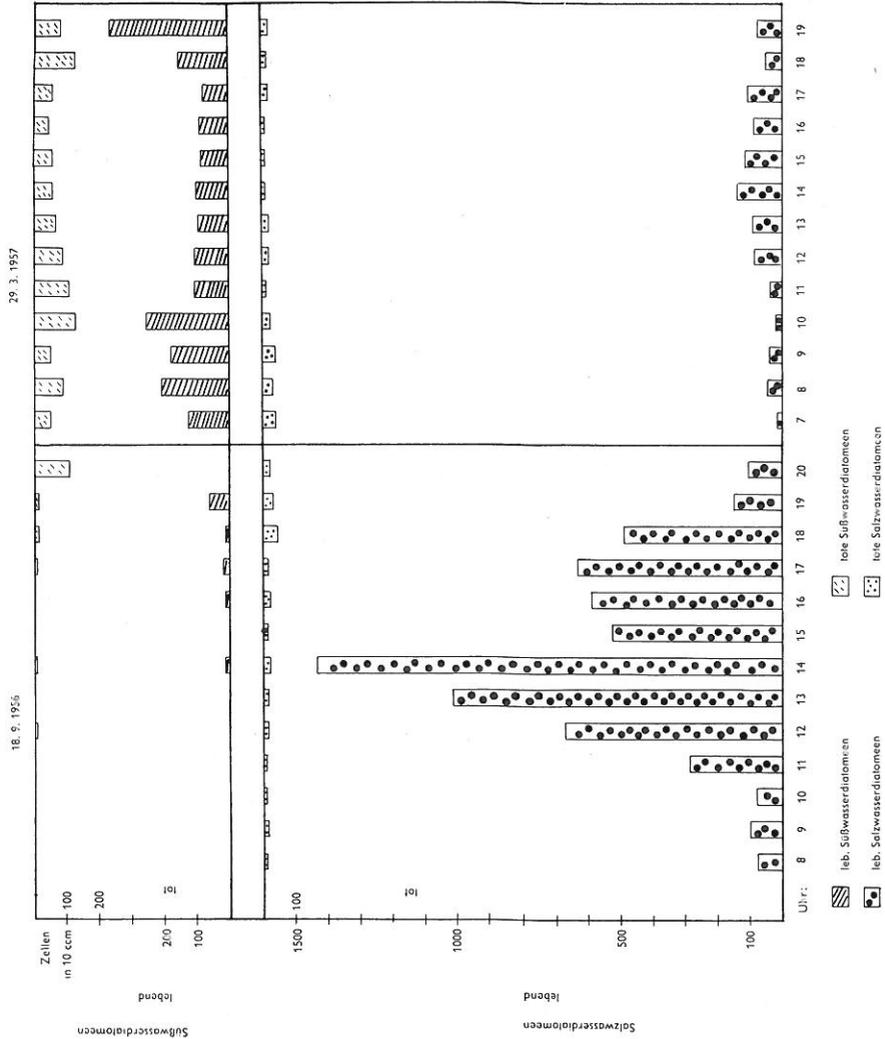
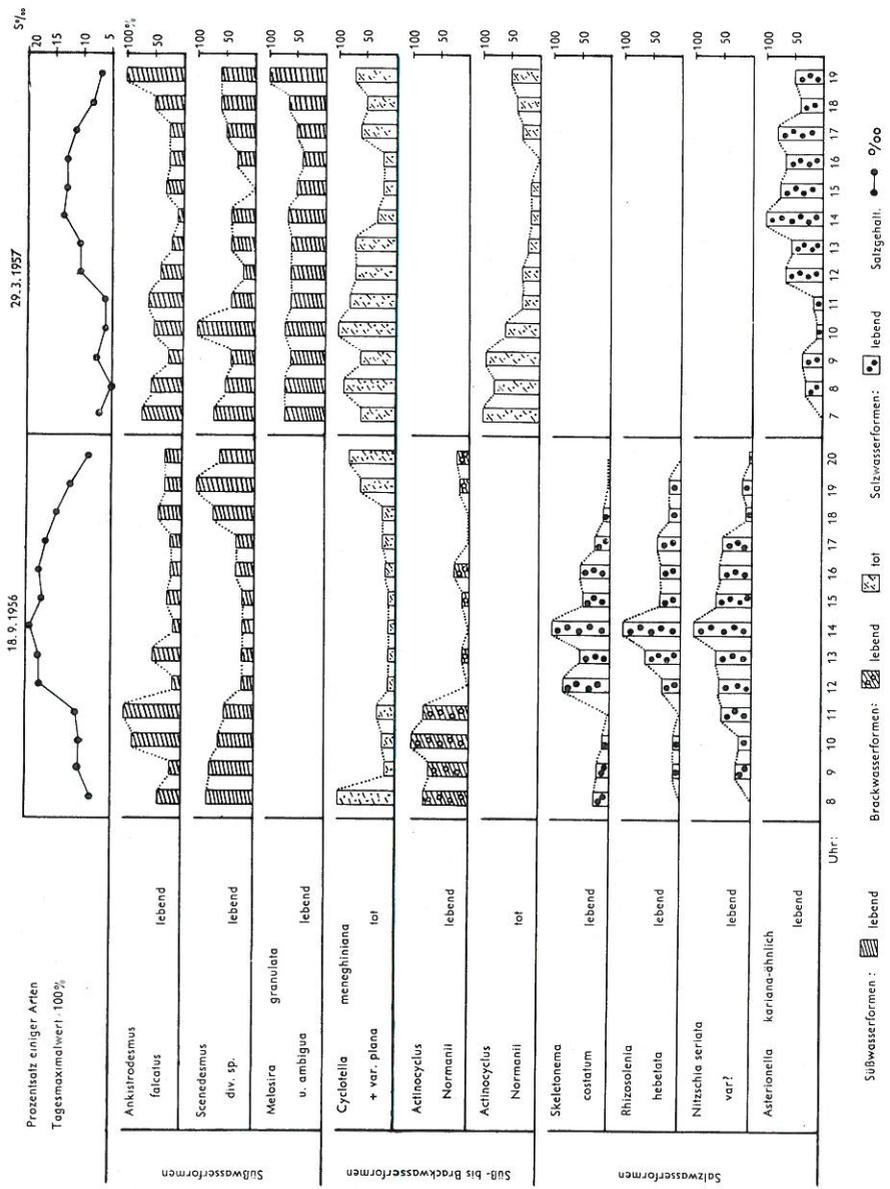


Abb. 11: Prozentualer Anteil einiger Süßwasser-, Brackwasser- und Salzwater-Arten im Verlauf der Tide mit Angabe des Salzgehaltes (Tagesmaximalwert = 100%).



beim Zählen nur die Gürtelbandseite sichtbar war. Gleiches gilt für *Cyclotella Meneghiniana* und *Cyclotella Meneghiniana* var. *plana*. Besitzen die Cyclotellen Chromatophoren, sind sie als solche schon nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Sind die Schalen jedoch leer, dann ist die Struktur in der Schöpfprobe bei der verhältnismäßig schwachen Vergrößerung (Objektiv = 20fache — und Okular = 7- bis 10fache Vergrößerung) nicht in jedem Fall zu erkennen. Auch *Melosira granulata* und *M. ambigua* konnten aus gleichen Gründen beim Zählen nicht getrennt werden.

## 2. Gesamtphytoplankton

Die Schwankungen der Phytoplanktonmenge im Verlauf eines Tidewechsels sind aus Abb. 4 zu entnehmen. Während die September-Proben hinsichtlich der lebenden Phytoplankter keine direkte Beziehung zum Salzgehalt oder Pegelstand erkennen lassen, wird die Abhängigkeit bei den Märzproben deutlich. Dieser Unterschied in den beiden Probenserien erklärt sich daraus, daß die Phytoplanktongesellschaft vom September sich sowohl aus Meeres- wie Süßwasserphytoplanktern zusammensetzt, während in den Märzproben die Meeresformen vollkommen zurücktreten und die Phytoplanktongesellschaft fast nur aus Süß- bzw. Brackwasserformen besteht. Die Tatsache, daß — wie später noch zu zeigen sein wird — im März die Süßwasserformen während des ganzen Tages vorherrschen, kann mit der an dem Tage der Probenentnahme auffallend starken Süßwasserführung in Zusammenhang gebracht werden. (29. März 1957 1818 m<sup>3</sup>/s gegenüber 490 m<sup>3</sup>/s am 18.9.1956). Auch die abgestorbenen Phytoplankter lassen die an den beiden Untersuchungsterminen andersartigen Salzgehaltsverhältnisse bzw. die unterschiedliche Wasserführung erkennen. Am 18.9.1956 ist die Abflußmenge des Süßwassers und damit auch die Zahl der Süßwasserplankter (lebende und tote) geringer. Infolgedessen sind die Unterschiede zwischen Ebbe und Flut auch deutlicher: Niedriger Salzgehalt, viel tote Plankter, hoher Salzgehalt geringere Menge toter Plankter. Im Gegensatz dazu macht sich der starke Süßwassereinfluß am 29.3.1957 dadurch bemerkbar, daß große Mengen abgestorbener Plankter während des ganzen Tages vorhanden waren. Nur einige Stunden nach Thw nimmt die Menge der abgestorbenen Formen etwas ab, was — wie aus einem Vergleich mit der Salzgehaltskurve ersichtlich ist — auf die stärkere Vermischung mit Salzwasser zurückzuführen ist.

Kurz gefaßt ergeben sich folgende Beziehungen. Im September überwiegen im Durchschnitt die lebenden Phytoplankter, im März dagegen die abgestorbenen Formen. Im ersten Fall (September) ist dies vorwiegend auf die Zufuhr lebender Salzwasserformen im anderen Fall (März) auf die Zufuhr toter Süßwasserformen zurückzuführen.

Der Anteil der lebenden Phytoplankter an den gesamten als Mikrophyten erkennbaren Organismen ist dementsprechend im September prozentual viel größer als im März (Abb. 5). Der hohe Prozentsatz lebender Formen und der

dementsprechend geringe Anteil abgestorbener Algen nach Thw im September beruht nur auf dem mit dem Salzwasserstrom hereingebrachten Meeresplankton. Daher hier der deutliche Zusammenhang mit der Salzgehaltskurve. Im März dagegen fehlen die marinen Phytoplankter und nur die Süßwasserphytoplankter bestimmen das Bild. Der Anteil der abgestorbenen Organismen ist erheblich höher, und es sind kaum Schwankungen in Abhängigkeit vom Tideverlauf festzustellen, denn der Anteil ist über die ganze Tide relativ gleichbleibend. Das lebende Phytoplankton besteht zu einem nicht geringen Anteil aus Diatomeen, wie aus Abb. 6 im Vergleich mit Abb. 4 zu ersehen ist. So sind auch die abgestorbenen Phytoplankter größtenteils Kieselalgen. Ihre Kieselpanzer bleiben erhalten und können deshalb beim Auszählen leicht erfaßt werden.

Wie oben schon erwähnt, bestehen Beziehungen zwischen dem im Wasser vorhandenen Silicium als Baustoff für die Kieselpanzer und der Menge an Diatomeen. Je mehr tote Diatomeen im Wasser vorhanden sind und die Mineralisation der Kieselpanzer fortgeschritten ist, desto höher ist der Gehalt an Silicium. Daher wurde in Abb. 6 noch einmal der Siliciumgehalt eingetragen. Betrachtet man in dieser Abbildung die Mengen an toten Diatomeen und den Siliciumgehalt unter diesem Gesichtspunkt, so zeigen sich recht gute Übereinstimmungen. Zu berücksichtigen ist, wie schon oben dargetan, daß hierbei auch die Mischung der beiden Wasserkörper eine wesentliche Rolle spielt.

### 3. Meeresalgen

#### a) Artenbestand

Einen aufschlußreichen Einblick in das hydrobiologische Geschehen im Verlauf der Gezeitenbewegung bietet die getrennte Betrachtung der Salz- und Süßwasserphytoplankter.

Abb. 7 gibt einen Überblick über den Artenwechsel. Deutlich spiegelt die Artenzahl am 18. 9. 56 den Einfluß des Salzwassers wider. Der größte Artenreichtum ist eine Stunde nach Thw (= eine Stunde vor dem Maximum des Salzgehaltes) erreicht. Danach wird die Salzwasserphytoplanktongemeinschaft wieder artenärmer. Betont werden muß noch, daß nicht sämtliche vorkommenden Arten in dieser Aufstellung berücksichtigt werden konnten. So war es, wie zu Beginn des Kapitels erwähnt, nicht möglich, beim Auszählen des Planktons alle *Coscinodiscus*-Arten zu trennen. Das gleiche gilt für *Chaetoceros*- und *Thalassiosira*-Arten. Diese Gattungen sind dann (ausgenommen *Actinocyclus Normanii*) zu einer Art zusammengefaßt worden. Vollkommen ausgeschlossen aus dieser Betrachtung sind pennate Diatomeen, es sei denn, es handelt sich um solche Formen, die deutlich erkennbare Kolonien, wie *Asterionella*-Arten und *Nitzschia seriata* var. (?). Die Arten sind also nicht vollständig erfaßt worden, und die Artenliste am Schluß der Arbeit soll demnach nur einen groben Überblick über die Zusammensetzung der Phytoplanktongesellschaft bei Cuxhaven vermitteln.

Trotz dieser vereinfachenden Verfahrensweise entsteht ein durchaus treffendes, die Gezeitenbewegung kennzeichnendes biologisches Bild. Der Artenreichtum der Meeresalgen nimmt mit auflaufendem Wasser zu. Der Kulminationspunkt fällt jedoch nicht mit dem Zeitpunkt des höchsten Pegelstandes oder höchsten Salzgehaltes zusammen, sondern liegt eine Stunde nach bzw. vor diesem. Danach verringert sich der Artenbestand allmählich wieder. Wenn BÄHR (1) schreibt: „Die Formenfülle des marinen Planktons (in der Unterelbe zwischen Flußkilometer 710 bis zur Kugelbake [km 728] Verff.) ist außerordentlich groß und weist im wesentlichen bereits alle Formen der See auf. Diese Arten sind in beiden Tidenphasen bereits zu finden, was als Beweis für die Zugehörigkeit dieses letzten Flußabschnittes zu den ausgesprochen marinen Biocönos anzu sehen ist.“, so trifft diese Behauptung wohl nicht immer und in vollem Umfang zu. Auch THIEMANN (23) schreibt, daß man in diesem Gebiet noch nicht von einem marinen Plankton sprechen könnte. Ganz anders liegen dagegen die Verhältnisse im März 1957. Auf Grund der starken Süßwasserzufuhr setzt sich am 29. 3. 1957 das Meereswasser bei Cuxhaven nicht durch, und folglich dringt auch die Meeresphytoplanktongesellschaft nicht bis zur Untersuchungsstation vor. Die Artenzahl bleibt so während des Tidenwechsels ziemlich gleich. Sie ist im allgemeinen niedrig, und nur nach Thw — aber auch wieder danach! — ist eine leichte Artenvermehrung zu erkennen.

#### b) Individuenzahl

Vergleicht man nun Arten- und Individuenzahl miteinander, so wird, jedenfalls bei der Probenserie vom 18. 9. 56, die gleichlaufende Tendenz zur Salzgehaltskurve, also ein Anstieg bis nach Thw und danach ein mehr oder weniger starker Abfall, deutlich (Abb. 8). Allerdings erreicht die Individuenzahl im Gegensatz zur Artenzahl ihren Maximalwert erst zwei Stunden nach Thw, also eine Stunde nachdem der Höchstwert der Artenzahl verzeichnet worden ist. Damit fallen der Zeitpunkt des höchsten Salzgehaltes während einer Tidephase mit dem des größten Individuenreichtums an marinen Phytoplanktern zusammen. Schon LEMMERMANN (18) weist auf den Unterschied zwischen Flut- und Ebbeproben hin, ohne jedoch volle Klarheit über die Ursache dieser „eigentümlichen Erscheinung“ zu besitzen.

Für die Märzserie erübrigt sich eine solche Darstellung, weil sowohl die Arten- wie Individuenzahl verhältnismäßig gering und so die Werte nicht als repräsentativ anzusehen sind.

Eine Gegenüberstellung der Individuenzahlen der Meeresalgen vom 18. 9. 56 und 29. 3. 57 ist jedoch in Abb. 9 versucht worden. Diese Darstellung läßt nun eindeutig die Stärke des Salzwassereinflusses, die am Tage der Probeentnahme im September groß und am Untersuchungstag im März gering war, erkennen. Am 18. 9. 56 überwiegen zur Zeit des höchsten Salzgehaltes die marinen Formen bei weitem, während am 29. 3. 57 wohl ein kleiner Anstieg der Salzwasserphytoplankter mit steigendem Salzgehalt zu verzeichnen ist, aber das Meeresplankton erreicht nicht die Vorherrschaft. Die abgestorbenen Salz-

wasserformen spielen kaum eine Rolle. Die Werte können im einzelnen nicht diskutiert werden, weil sie zu klein und dadurch mit einem zu großen Zählfehler behaftet sind. Es sei noch darauf hingewiesen, daß in beiden Serien das Individuenmaximum nicht mit dem Pegelhöchststand, sondern ungefähr mit dem Zeitpunkt des stärksten Salzgehaltes zusammenfällt. Wenn THIEMANNs Individuenzahlen seiner stündlich entnommenen Planktonproben ihre Maximalwerte schon vor Thw bzw. bei Thw aufweisen, so mag das damit zusammenhängen, daß seine Probeentnahmestelle (FS. „E 1“) weiter elbabwärts lag und die dort herrschenden Salzgehaltsverhältnisse, die für den Untersuchungspunkt selbst nicht angegeben sind, andere waren als an unserer Probeentnahmestelle.

Ein Vergleich zwischen den Abbildungen 9 und 10 verdeutlicht, daß die Meeresphytoplankter fast ausschließlich Diatomeen sind. Das ist eine Tatsache, auf die schon KRAEFFT (10) hingewiesen hat. Deshalb können auch bei den tageszeitlichen Schwankungen der Individuenzahlen einzelner Algenarten für die marinen Algen nur Diatomeen als Beispiele herangezogen werden (Abb.11). Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, erreichen die einzelnen Meeresdiatomeen am 18. 9. 57 ihre größte Häufigkeit um 14 Uhr, also zum Zeitpunkt des höchsten Salzgehaltes. (In der Abbildung ausgedrückt in Prozenten des Tagesmaximums.) Auch die Gattung *Biddulphia* mit ihren Arten, die hier in die Darstellung nicht mehr mit aufgenommen worden ist, zeigt ihre größte Häufigkeit zum gleichen Zeitpunkt. Das gleiche gilt für die der *Asterionella kariana* ähnliche Diatomee. Auch HENTSCHEL (6) erwähnt *Asterionella kariana* im Phytoplankton von Cuxhaven, versieht die Form jedoch mit einem Fragezeichen. Sie ist die einzige Meeresalge am 29. 3. 57, die während der Tidephase in fast allen Proben vorhanden ist.

#### 4. Süßwasseralgen

##### a) Artenbestand

Im Gegensatz zum Wechsel der Artenzahl bei den Meeresalgen im Verlauf der Tidenphase tritt eine derart sichtbare Veränderung des Artenbestandes bei den Süßwasseralgen nicht ein. Das geht eindeutig aus der Abb. 7 hervor. Auch erreichen die Süßwasserphytoplankter niemals so hohe Artenzahlen wie die Salzwasserphytoplankter. Das ist ebenfalls auf die Salzwasserhältnisse an der Probeentnahmestelle — jedoch in einem anderen Sinne — zurückzuführen. Der geringste Salzgehalt beträgt an beiden Untersuchungstagen immerhin noch  $50/_{00}$ . Nach KÜHL kann der Salzgehalt an der Alten Liebe bei Cuxhaven je nach der Wasserführung zwischen 2 und  $280/_{00}$ , im Durchschnitt zwischen 12 und  $150/_{00}$  liegen.

Das sind Werte, die im Süßwasser normalerweise nicht erreicht werden. Folglich ist das Untersuchungsgebiet hinsichtlich seines Salzgehaltes für das Süßwasserplankton ein extremer Lebensraum, und es können dort, abgesehen von „Brackwasserformen“, nur Süßwasserorganismen mit breiter ökologischer

Valenz erwartet werden, bzw. solche, denen gesteigerter Salzgehalt nicht sofort schadet. Die Anzahl derartiger Phytoplankter ist natürlich nicht allzu groß. Da diese Organismen dem Salzgehalt gegenüber verhältnismäßig tolerant sein müssen, wirkt sich auf sie der Tidewechsel auch nicht allzu kraß aus, und so bleibt der Artenbestand zwischen den Tidephasen gleich. Es sei hier schon erwähnt, daß das Absterben vieler Süßwasserplankter schon weiter oberhalb bei Glückstadt (km 675) an der oberen Brackwassergrenze einsetzt.

#### b) Individuenzahl

Eine Änderung innerhalb der Süßwasser-Phytoplanktongesellschaft kommt jedoch durch die Schwankungen der Individuenzahlen zum Ausdruck (Abb. 9). Sowohl im September 1956 als auch im März 1957 ist eine abfallende Tendenz, hervorgerufen durch das auflaufende Meereswasser, und eine steigende Tendenz, bedingt durch das Vordringen des Flußwassers, zu beobachten. Die Anzahl der Süßwasseralgae ist am 18. 9. 56 geringer als am 29. 3. 57. Im September sind es vornehmlich *Ankistrodesmus falcatus*, *Scenedesmus*-, *Crucigenia*- und *Tetraëdron*-Arten und *Tetrastrum staurogeniiforme*, von denen *Ankistrodesmus* und *Scenedesmus* zahlenmäßig bei weitem überwiegen. Am 29. 3. 57 kommen zu den zuvor erwähnten Grünalgen noch die Diatomeen *Melosira granulata* und *ambigua* und *Asterionella formosa* hinzu, die an diesem Tage unter den Süßwasseralgae die Vorherrschaft besitzen (Abb. 10). Damit hängt auch der größere Anteil an abgestorbenen Formen an diesem Tage zusammen. Die Diatomeen liefern mehr zählbare abgestorbene Individuen als die Grünalgen.

Im Vergleich mit der Abb. 4 sind jedoch verhältnismäßig wenige abgestorbene Formen aufgeführt, und es ist gesagt worden, daß der Anteil der abgestorbenen Meeresphytoplankter unbedeutend sei. Folglich erhebt sich die Frage, welche Phytoplankter die Masse der toten Formen ausmachen. Es sind dies *Cyclotella*-Arten, und zwar die Arten *striata*, *Meneghiniana* und *Meneghiniana* var. *plana*, sowie die „unbestimmbaren“ pennaten Diatomeen, die auf Grund ihrer Brackwassertendenz bzw. ihrer unbekanntenen Lebensansprüche wegen nicht in die Abbildungen 9 und 10 mit aufgenommen worden sind.

Aus Abb. 11 geht auch der Einfluß des Austausches der Wassermassen im Verlauf des Tidewechsels auf die einzelnen Süßwasserphytoplankter deutlich hervor. Sowohl am 18. 9. 56 wie auch am 29. 3. 57 drückt das auflaufende Meereswasser die Individuenzahl (hier aufgeführt als Prozentsatz zum Tagesmaximalwert) zurück. Es verändern sich aber die Individuenzahlen nicht derart auffällig wie bei den Meeresformen. Kurz sei an dieser Stelle auch auf die „Brackwasserformen“ verwiesen (Abb. 9). Ob sie im lebenden oder abgestorbenen Zustand vorhanden sind, der Wechsel der Individuenzahlen zeigt die gleiche, dem Salzgehalt entgegengesetzte Tendenz wie bei den Süßwasserformen. Unsere Untersuchungsergebnisse stimmen damit mit der THIEMANNschen Feststellung, daß es ein Brackwasserplankton im eigentlichen Sinne nicht gibt und daß das Plankton im Brackwasser der Flußmündungen eine Mischgemeinschaft von Salz- und Süßwasserplanktonformen sei, überein.

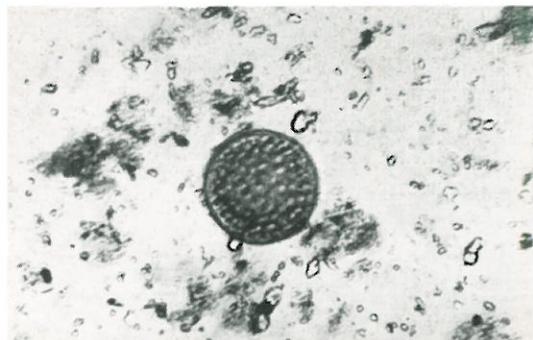
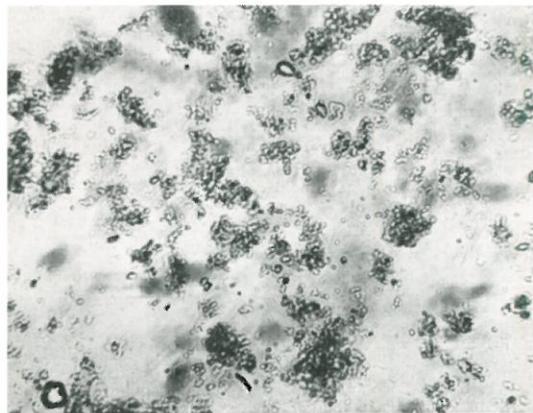
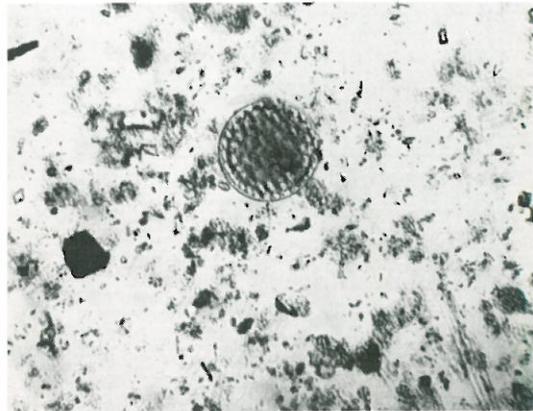
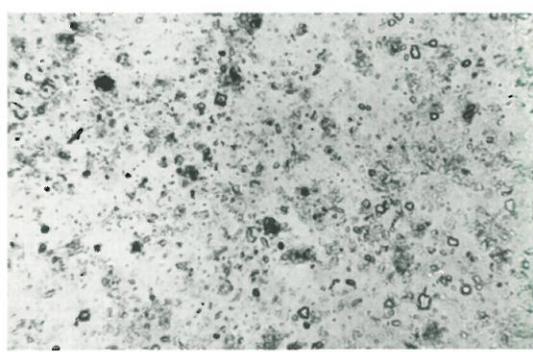
## 5. Detritus

Beim Auszählen der Phytoplankter fällt die Veränderung des Detritusgehaltes in der Probenserie auf. Die Abbildungen 12 a—m sollen einen Eindruck davon vermitteln. Danach ist der Detritusgehalt in den Proben September 1956 — wie nicht anders zu erwarten — zur Zeit des Hochwassers, also dann, wenn der Anteil des Meeresswassers am größten ist, am geringsten. Mit dem Abflauen des Salzwassers und dem Vordringen des Süßwassers werden immer größere Detritusmengen mitgeführt. Auch THIEMANN (23) stellte bei seinen Untersuchungen an den Elbefeuerschiffen fest, daß der Detritusgehalt bei Tnw am größten ist und das stärkste Ausmaß bei dem damaligen Feuerschiff 4 — dem am weitesten elbaufwärts liegenden Feuerschiff — erreicht. Ihm entstanden dadurch Schwierigkeiten beim Auszählen des Zooplanktons; bezüglich des Phytoplanktons wurde das gleiche bereits oben bei der Besprechung der Methodik erwähnt.

Aus allen Aufnahmen läßt sich unschwer entnehmen, daß das Phytoplankton gegenüber dem Detritusgehalt vollkommen zurücktritt. Das ändert sich jeweils in geringem Maße entsprechend der Wasserführung und der jeweiligen Tidephase. Das Meeresswasser ist detritusarm, das Elbewasser dagegen detritusreich. Der Detritusgehalt ist demnach an der Untersuchungsstelle von verschiedenen Faktoren abhängig und dauernden, aber rhythmischen Schwankungen unterworfen. Schon bei

---

Abb. 12a-d: Bilder vom Detritus der Tagesserie vom 18. 9. 56 (8 Uhr bis 11 Uhr).



der Besprechung von Trübung, Seston und organischer Substanz konnte auf diese Erscheinung hingewiesen werden.

#### IV. Besprechung der Ergebnisse

Für die Ausbildung einer Planktongesellschaft im Flußmündungsgebiet sind zwei Erscheinungen von grundlegender Bedeutung. Das ist einmal die Wasserführung, d. h. die Menge Wasser, die der Fluß zu einem bestimmten Zeitpunkt mit sich führt, zum anderen ist es der Wechsel von Ebbe und Flut. Beide Erscheinungen führen zu einer ständig wechselnden Mischung von Süß- und Seewasser.

Die Süßwasserplankter, die mit der Elbe mitgeführt werden, kommen etwa in der Gegend von Glückstadt (km 675) zum ersten Male mit Seewasser in Berührung. Vgl. KÜHL u. MANN (16/17), LÜNEBURG (21), LUCHT (20). Von hier ab nimmt der Salzgehalt zunächst langsam stetig zu, um dann etwa von der Ostemündung — Medem — an (km 710) plötzlich anzusteigen (Abb. 13). Je nach ihrer Empfindlichkeit gegenüber dem Salzwassereinfluß sterben nun die Süßwasserplankter ab, es bleiben nur wenige oligohalobe Formen bei Cuxhaven (km 725) übrig.

Umgekehrt stoßen die marinen Phytoplankter, die im Raum von Feuerschiff Elbe 3 nach THIEMANN (23) eine Massentwicklung zeigen, von See her gesehen bei Cuxhaven im Gebiet des sogenannten Salzgehaltssprunges auf plötzlich stark verminderte Salzgehalte (Abb. 13). Daraus wird ersichtlich, daß besonders das marine Phytoplankton

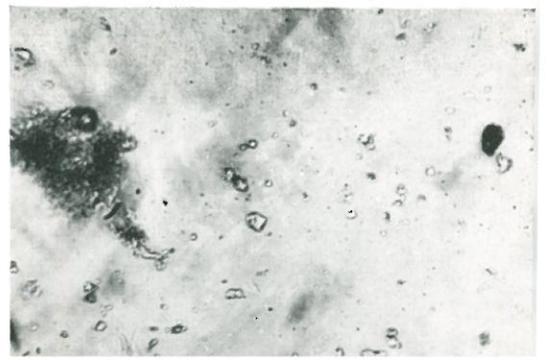
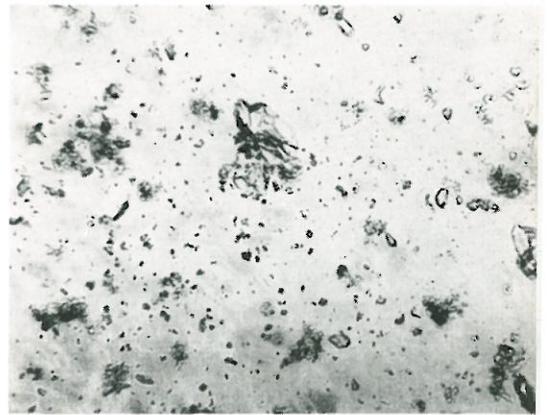
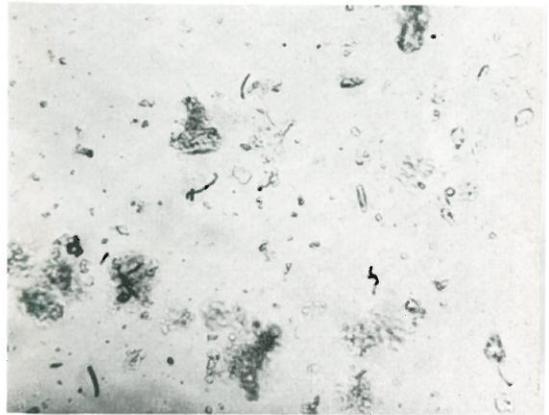
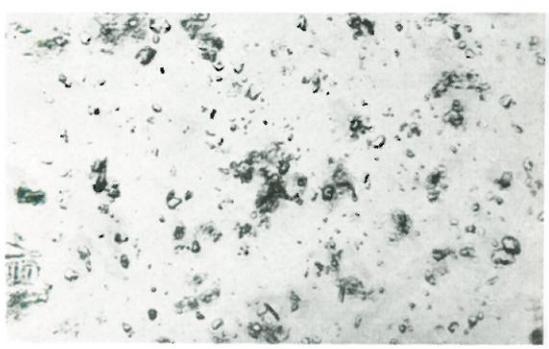
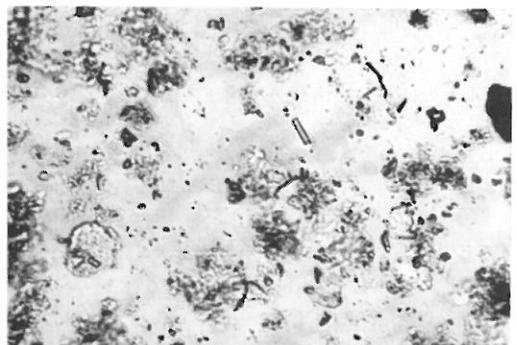
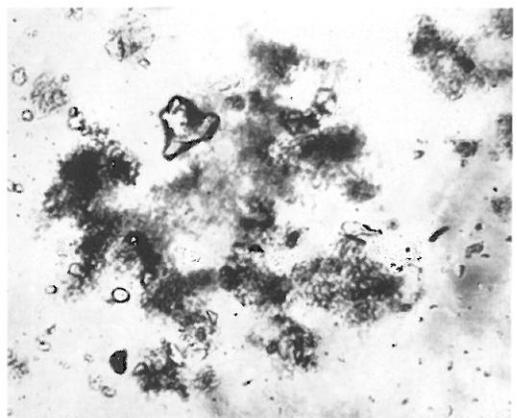
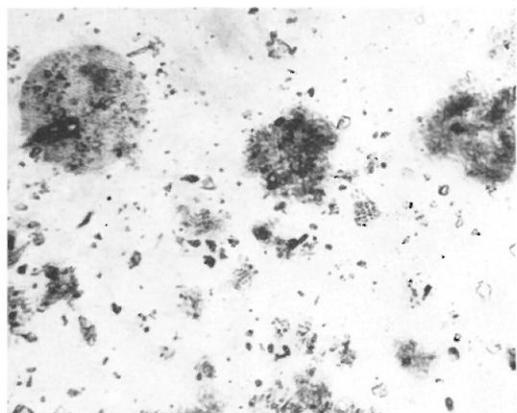
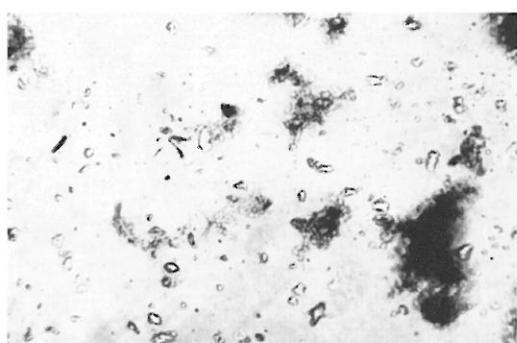


Abb. 12e-h: Bilder vom Detritus der Tagesserie vom 18. 9. 56 (12 Uhr bis 15 Uhr).  
Thw 12e,  $S_{max}$  12g



an Arten- und Individuenzahl von dem Wechsel in Ebbe und Flut betroffen wird. Je nach der Größe der Abflussumenge verschiebt sich diese Zone entweder seewärts oder elbaufwärts (Abb. 13 unterste Kurven).

Diese Verhältnisse spiegeln sich in unseren beiden Reihenuntersuchungen ganz deutlich wider. Im September hatten wir einen wesentlich geringeren Süßwasserzufluß als im März. Folglich herrschten die marinen Formen vor, und es war eine deutliche Abhängigkeit von der Tide zu erkennen (Abb. 7, 9, 10). Die marinen Plankter haben ihre größte Häufigkeit zur Zeit des größten Salzgehaltes. THIEMANN (23) hatte bereits festgestellt, daß das Plankton bei dem früheren Feuerschiff Elbe 4 ähnlich wie bei unseren Proben um die Hochwasserzeit sein Maximum und bei Niedrigwasser sein Minimum hatte. Außerdem hatte er beobachtet, daß bei den weiter seewärts gelegenen Feuerschiffen Elbe 3 und Elbe 1 das umgekehrte der Fall war, nämlich ein Maximum der Diatomeen bei Niedrigwasser. Es ergab sich daraus, daß das Maximum der Planktonentwicklung zwischen Feuerschiff Elbe 3 und Elbe 4 lag. Im März 1957 hingegen bei der etwa vierfach so großen Süßwassermenge war die Hauptmasse der marinen Formen weiter seewärts hinausgeschoben. Daher sind die marinen Formen an unserem Untersuchungsplatz noch nicht in größeren Mengen festzustellen. Die Artenzahl ist ebenfalls gering.

Die Artenzahl der Süßwasserplankter ist dagegen bei beiden Untersuchungsreihen nicht sehr unterschiedlich, da in

---

Abb. 12 i-m: Bilder vom Detritus der Tagesserie vom 18. 9. 56 (16 Uhr bis 19 Uhr).

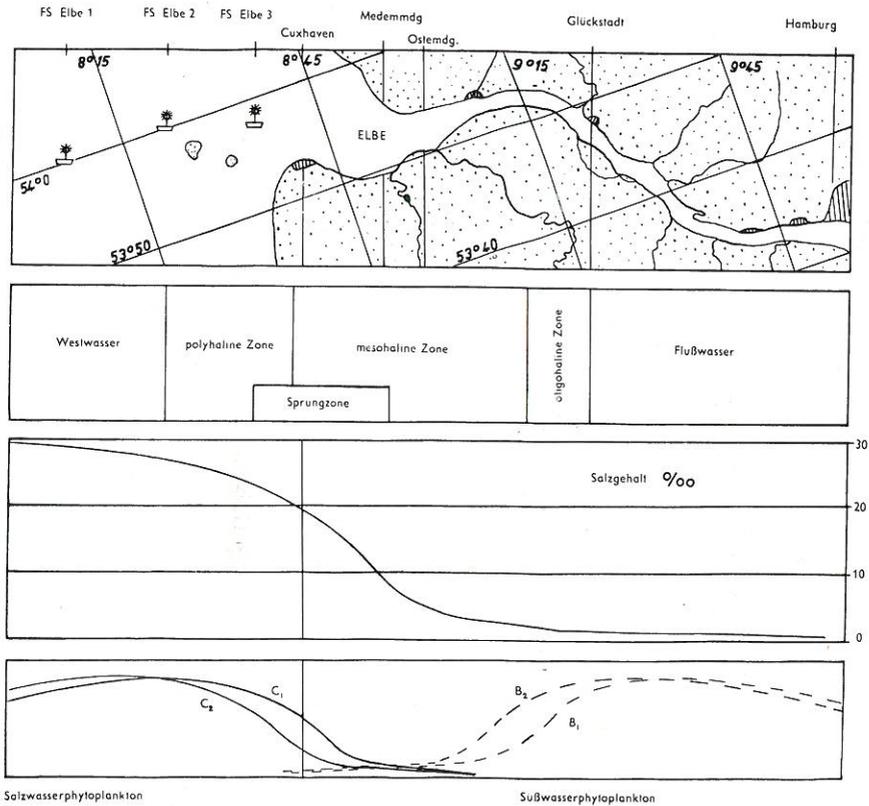


Abb. 13: Übersichtsbild der Elbmündung mit Angabe des Salzgehaltes der Bevölkerungsdichte von Süßwasser- (B<sub>1</sub>) und Seewasser-(C<sub>1</sub>)Phytoplankton, bei höherer Wasserführung (B<sub>2</sub> und C<sub>2</sub>).

Cuxhaven, wie oben schon angegeben, nur die auf der 50 km langen Strecke übriggebliebenen wenigen oligohaloben Formen zu finden sind. Aus dem gleichen Grunde zeigen sich auch keine Abhängigkeiten von den Tiden (Abb. 7 und 13).

Die stärkere Wasserführung im März ist der Grund dafür, daß auch eine größere Menge Süßwasserphytoplankter bei Cuxhaven auftritt, von denen ein großer Teil im Bereich des höheren Salzgehaltes bereits abgestorben ist (Abb. 4).

Noch einmal zusammengefaßt stellt Abb. 5 den Anteil der lebenden Formen am Gesamtplankton in Abhängigkeit von der Tide im September dar, im März bei der hohen Wasserführung kann keine solche Beziehung zum Tideverlauf festgestellt werden. Im September basiert der höhere Anteil hauptsächlich auf den marinen Formen, während er im März im wesentlichen von den Süßwasserplanktern gestellt wird.

Ausschlaggebend unter den chemischen Faktoren ist, wie schon mehrfach betont, der Salzgehalt, während die übrigen chemischen Werte ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  und Si) die Folgeerscheinungen des Phytoplanktonlebens und -absterbens darstellen, daneben ist natürlich die verschiedenartige Vermischung des nährstoffreicheren Flußwassers mit dem Seewasser von Bedeutung.

Die Deutung der Eiweiß- und Chlorophyll-Werte stößt auf Schwierigkeiten. Klar ersichtlich ist jedoch die durchschnittlich geringere Menge, sowohl an Eiweiß als auch an Chlorophyll in den Märzproben, was nicht ohne weiteres mit den gefundenen Phytoplanktonmengen in Übereinstimmung zu bringen ist. Mit der Eiweißbestimmung erfassen wir nicht nur die Menge an Phytoplankton, sondern auch Zooplankton und Bakterien, die in ihren Mengen nicht bestimmt wurden. Trotzdem zeigt aber ein Vergleich der Kurvenformen von Herbst und Frühjahr bei Chlorophyll und Eiweiß auffällige Übereinstimmungen, so daß mit der Eiweißbestimmung wohl doch im wesentlichen das Phytoplankton erfaßt werden dürfte.

Die Größenordnung der von uns gefundenen Eiweißmenge stimmt gut mit den von KREY (14) und KALLE (8) gefundenen Werten überein.

Neben dem Phytoplankton bringt die Elbe große Mengen mineralischen Materials und Detritus mit, die mit der Aufmischung mit detritusarmem Seewasser verdünnt werden (Abb. 3 und 12), daher die Abnahme von Trübung, Seston und organischer Substanz bei zunehmendem Salzgehalt.

Unsere Ergebnisse zeigen, daß zwischen Tide und Wasserführung bzw. Salzgehalt und Phytoplankton sehr klare Beziehungen bestehen, dies gilt in gleichem Maße für einige chemische Faktoren jedoch nicht, z. B. Eiweiß und Chlorophyll. KREY wies mehrfach darauf hin (14), daß die Ausbildung der im Eiweiß erfaßten Lebenssubstanz „sich grundsätzlich nicht unbedingt an hydrographische Faktoren halten muß“.

#### V. Zusammenfassung

1. Am 18. 9. 56 und 29. 3. 57 wurden an der „Alten Liebe“ in Cuxhaven (Elbemündung) stündlich während einer ganzen Tide Wasser- und Phytoplanktonproben geschöpft.
2. Die Wasserproben wurden untersucht auf: Temperatur, Salzgehalt, pH, SBV, Sauerstoff, Ammonium, Nitrit, Nitrat, Phosphat (anorganisch gelöstes und Gesamtphosphat), Trübung, Seston, Organische Substanz, Eiweiß und Chlorophyll.
3. In Phytoplanktonproben wurde das Verhältnis von lebenden und toten Süßwasser- und Salzwasserformen untersucht.
4. Die beiden Untersuchungsreihen unterscheiden sich voneinander; ausschlaggebend hierfür ist die unterschiedliche Wasserführung der Elbe; am 18. 9. 56 betrug die Abflußmenge  $490 \text{ m}^3/\text{s}$  und am 29. 3. 57:  $1818 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dadurch sind die Salzgehaltswerte im März nur halb so groß wie im September.

5. Die chemischen Faktoren zeigen einerseits eine bestimmte Beziehung zur Tidekurve, resp. zum Salzgehalt. Andererseits macht sich auch die unterschiedliche Wasserführung bemerkbar. Besonders deutliche Unterschiede zwischen den beiden Serien fanden wir, abgesehen von Salzgehalt und Wassertemperatur, bei Ammonium, Nitrat, Phosphat, Seston, Eiweiß und Chlorophyll.
6. Im Septemberplankton überwiegen die marinen Formen — größtenteils Diatomeen — sowohl nach Arten wie Individuenzahl. Im Märzphytoplankton treten infolge des hohen Süßwasserzuflusses die marinen Phytoplankter weitgehend zurück.
7. Die Artenzahl der Süßwasserphytoplankter ist bei beiden annähernd gleich. In der Märzserie überwiegen die toten Phytoplankter.
8. Die Seewasserformen nehmen mit steigendem Salzgehalt zu, während die Anzahl der Süßwasserformen gleichzeitig zurückgeht. Dies wird an Hand einiger Arten noch im einzelnen behandelt.
9. Der Detritusgehalt ist in allen Proben hoch, er nimmt bei Flut ab und bei Ebbe zu, entsprechendes gilt für Gehalt an Seston und Trübung.

#### Artenliste

1. <i>Oscillatoria Agardhii</i>	Gomont
2. <i>Oscillatoria Redekei</i>	van Goor
3. <i>Gymnodinium sp.</i>	
4. <i>Peridinium div sp.</i>	
5. <i>Ceratium furca</i>	(E.) Claparède et Lachmann
6. <i>Ceratium tripos</i>	(O. F. Müll.) Nitzsch.
7. <i>Chrysococcus sp.?</i>	
8. <i>Tetraëdron caudatum</i>	(Corda) Hansg.
9. <i>Tetraëdron muticum</i>	(A. Br.) Hansg.
10. <i>Lagerheimia genevensis</i>	
11. <i>Ankistrodesmus falcatus</i>	(Corda) Ralfs
12. <i>Pediastrum Boryanum</i>	(Turpin) Meneghin.
13. <i>Pediastrum tetras</i>	(E.) Ralfs
14. <i>Scenedesmus acuminatus</i>	(Lagerh.) Chod.
15. <i>Scenedesmus obliquus</i>	(Turpin) Kütz.
16. <i>Scenedesmus opoliensis</i>	Richter
17. <i>Scenedesmus quadricauda</i>	(Turpin) Bréb.
18. <i>Crucigenia quadrata</i>	Morren
19. <i>Crucigenia rectangularis</i>	(A. Br.) Gay
20. <i>Tetrastrum staurogeniiformis</i>	(Schröd.) Lemm.
21. <i>Melosira ambigua</i>	(Grun.) O. Müll.
22. <i>Melosira distans</i>	(E.) Kütz.
23. <i>Melosira granulata</i>	(E.) Ralfs
24. <i>Melosira moniliformis</i>	(O. F. Müll.) Ag.
25. <i>Melosira sulcata</i>	(E.) Kütz.
26. <i>Thalassiosira sp.</i>	

## Artenliste

27. <i>Sceletonema costatum</i> . . . . .	(Grev.) Cl.
28. <i>Coscinodiscus concinnus</i> . . . . .	W. Sm.
29. <i>Coscinodiscus excentricus</i> . . . . .	E.
30. <i>Coscinodiscus lacustris</i> . . . . .	Grun.
31. <i>Coscinodiscus lineatus</i> . . . . .	E.
32. <i>Coscinodiscus radiatus</i> . . . . .	E.
33. <i>Actinocyclus Normanii</i> ( <i>Coscinodiscus Rothii</i> <i>var. Normanii</i> ) . . . . .	Gregory
34. <i>Cyclotella Meneghiniana</i> . . . . .	Kütz.
35. <i>Cyclotella Meneghiniana f. plana</i> . . . . .	Fricke
36. <i>Cyclotella striata</i> . . . . .	Kütz.
37. <i>Actinoptychus undulatus</i> . . . . .	(Bail.) Ralfs
38. <i>Auliscus sculptus (sp.?)</i> . . . . .	(W. Sm.) Ralfs
39. <i>Rhizosolenia hebetata</i> . . . . .	(Bail.) Gran
40. <i>Rhizosolenia imbricata</i> . . . . .	Brightw.
41. <i>Rhizosolenia setigera</i> . . . . .	Brightw.
42. <i>Chaetoceros div sp.</i> . . . . .	
43. <i>Eucampia zoodiacus</i> . . . . .	E.
44. <i>Cerataulina Bergoni</i> . . . . .	(?) Per.
45. <i>Triceratium alternans</i> . . . . .	Bail.
46. <i>Biddulphia aurita</i> . . . . .	(Langb.) Bréb. u. God.
47. <i>Biddulphia mobiliensis</i> . . . . .	Bail.
48. <i>Biddulphia regia</i> . . . . .	(Schultze) Ostf.
49. <i>Biddulphia rhombus</i> . . . . .	(E.) W. Sm.
50. <i>Biddulphia sinensis</i> . . . . .	Grev.
51. <i>Fragilaria sp.</i> . . . . .	
52. <i>Raphoneis amphiceros</i> . . . . .	E.
53. <i>Synedra sp.</i> . . . . .	
54. <i>Thalassionema nitzschioides</i> . . . . .	Grun.
55. <i>Asterionella formosa</i> . . . . .	Hassall
56. <i>Asterionella kariana-ähnlich</i> . . . . .	(?) Grun.
57. <i>Asterionella japonica</i> . . . . .	Cleve
58. <i>Pleurosigma sp.</i> . . . . .	
59. <i>Nitzschia closterium</i> . . . . .	W. Sm.
60. <i>Nitzschia seriata</i> . . . . .	Cleve
61. <i>Nitzschia fraudulentula</i> . . . . .	(?) Cleve
62. <i>Nitzschia tryblionella</i> . . . . .	Hantzsch, Grun.
63. <i>verschiedene nicht bestimmte naviculoide Diatomeen</i> . . . . .	

## LITERATURVERZEICHNIS

- (1) BAHR, H.: Der Zustand der Unterelbe. Mitt. d. Niedersächs. Landesgesundheitsrates. H. 9. 1954.
- (2) CZENSNY, R.: Untersuchungsverfahren zur chemischen Wasseranalyse. Stuttgart 1943.
- (3) GOEDECKE, E., und H. KÜHL: Hydrographische Faktoren an der Alten Liebe in Cuxhaven (Elbmündung) in den Jahren 1947—1956 in Abhängigkeit von Wetter und Wasserführung. MS.

- (4) HENSEN, W.: Das Eindringen von Salzwasser in die Gezeitenflüsse und ihre Nebenflüsse, Seekanäle und in Häfen. Mitt. Hannov. Versuchsanst. f. Grundbau u. Wasserbau Hann. H. 3. S. 20—50.
- (5) HENTSCHEL, E.: Biologische Wirkung der Gezeiten im Süßwasser der Niederelbe. Verh. Int. Vereinig. f. Limnologie 1923, S. 33—36.
- (6) — Analyse einer benthoplanktischen Lebensgemeinschaft (Elbemündung). Kieler Meeresforsch. 1942.
- (7) HUSTEDT, F.: Die Diatomeenflora des Flußsystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. Abh. Naturwiss. Ver. Bremen XXXIV/3. 1957.
- (8) KALLE, K.: Chemisch-hydrographische Untersuchungen in der inneren deutschen Bucht. Dtsch. Hydrogr. Z. 9. 1956. S. 55—65.
- (9) KIRCHENPAUER, G. H.: Die Seetonnen der Elbmündung. Abh. a. d. Geb. d. Naturwiss. IV/2. S. 1—59. 1862.
- (10) KRAEFFT, F.: Über das Plankton der A, B, C-Stationen in der Elbmündung in den Jahren 1905—1907. Mitt. d. Deutsch. Seefischerei-Vereins. Bd. XXIV. 1908.
- (11) KREY, J.: Quantitative Bestimmung von Eiweiß im Plankton mittels der Biuretmethode. Kieler Meeresf. 8. 1951/52. S. 16—19.
- (12) — Die Untersuchung des Eiweißgehaltes in kleinen Planktonproben. Kieler Meeresf. 8. 1951/52. S. 164—172.
- (13) — Die Biomasse des marinen Planktons. Kieler Meeresf. 9. 1952/53. S. 43—61.
- (14) — Die Trophie küstennaher Meeresgebiete. Kieler Meeresf. 12. 1956. S. 46—64.
- (15) KÜHL, H.: Wassertemperatur, Salzgehalt und andere chemische Faktoren an der „Alten Liebe“ in Cuxhaven im Jahr 1956. Veröff. Inst. f. Küsten- u. Binnenfischerei 15/1957.
- (16) KÜHL, H., und H. MANN: Beiträge zur Hydrochemie der Unterelbe. Veröff. Inst. f. Meeresforschung Bremerhaven. II/1953. S. 236—268.
- (17) — Protokolle für die Hydrochemie der Elbe auf Grund der Untersuchungsfahrten 1949—1953. Veröff. Inst. f. Küsten- u. Binnenfischerei 5/1954.
- (18) LEMMERMANN, E.: Das Plankton der Weser bei Bremen. Arch. Hydrobiol. Bd. II. 1907. S. 393—447.
- (19) LENTZ, H.: Strömung und Salzgehalt der Elbe bei Cuxhaven. Z. Bauwesen. 38. S. 1—14. 1888.
- (20) LUCHT, F.: Hydrographische Untersuchungen der Brackwasserzone der Elbe. Deutsch. Hydrogr. Z. 6. 1953. S. 18—32.
- (21) LÜNEBURG, H.: Hydrographische Untersuchungen der Elbmündung mittels Elektrokolorimeter. Arch. Dtsch. Seewarte. 59,5. 1939. S. 1—27.
- (22) MEYER, R., und J. BUNGER: Stufenphotometrische Bestimmungen der Stickstoffverbindungen und des Eisens in kleinsten Trinkwassermengen. Ges. Ing. 367—370. 1952.
- (23) THIEMANN, K.: Das Plankton der Flußmündungen. Meteor Werk Bd. 12/1. S. 199—273. 1934.

