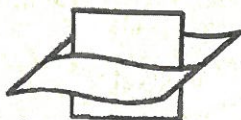


Sonderdruck aus

INTERNATIONALE REVUE DER GESAMTEN HYDROBIOLOGIE

1959, Band 44, Heft 2, S. 277—298



**Vlaams Instituut voor de Zee**  
*Flanders Marine Institute*

16321

**Instituut voor Zeewetenschappelijk onderzoek**  
**Institute for Marine Scientific Research**  
Prinses Elisabethlaan 69  
8401 Bredene - Belgium - Tel. 059 / 80 37 15

VEB DEUTSCHER VERLAG DER WISSENSCHAFTEN  
BERLIN 1959



E.-M. BURSCHE, H. KÜHL und H. MANN

Aus der Hydrobiologischen Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft, Plön, und dem Institut für Küsten- und Binnenfischerei der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg

## BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEM CHEMISMUS UND DER PHYTOPLANKTONENTWICKLUNG AUF DER UNTEREN WESER

### INHALTSVERZEICHNIS

I. Fragestellung . . . . .	277
II. Hydrochemischer Teil . . . . .	278
1. Methoden . . . . .	278
2. Ergebnisse . . . . .	279
III. Phytoplankton . . . . .	287
1. Methodik . . . . .	287
2. Ergebnisse . . . . .	287
a) Gesamtphytoplankton . . . . .	287
b) Meeresphytoplankton . . . . .	288
b <sub>1</sub> ) Artenbestand . . . . .	288
b <sub>2</sub> ) Individuenzahl . . . . .	290
c) Süßwasserphytoplankton . . . . .	290
c <sub>1</sub> ) Artenbestand . . . . .	290
c <sub>2</sub> ) Individuenzahl . . . . .	292
IV. Besprechung der Ergebnisse . . . . .	292
V. Zusammenfassung . . . . .	295
Literaturverzeichnis . . . . .	297

### I. FRAGESTELLUNG

In den Jahren 1954 bis 1956 führten wir Untersuchungen über die Hydrochemie der unteren Weser durch (KÜHL und MANN 1957). Hierbei ergab sich, daß man auf Grund des unterschiedlichen Salzgehaltes eine Gliederung des Mündungsgebietes in einzelne Zonen vornehmen kann, die sich an das von REDECKE entwickelte Schema eng anlehnen. Danach kann man auf der Unterweser folgende Regionen unterscheiden: Außenweser — euhaline Zone vom Weser-Feuerschiff bis Bremen-Feuerschiff, die polyhaline Zone im Bereich der Sände bis Imsum, die mesohaline Zone bis Nordenham und anschließend die oligohaline Zone. Infolge der Versalzung der oberen Weser gibt es in unserem Untersuchungsbereich keine eigentliche Begrenzung der oligohalinen Zone zum Süßwasser. In unseren früheren Untersuchungen hatten wir zunächst nur das hydrochemische Geschehen behandelt, konnten aber schon auf die engen Beziehungen des Chemismus zu der Entwicklung des Phytoplanktons hinweisen. Durch die unterschiedliche Höhe des Salzgehaltes werden die Lebensgemeinschaften stark beeinflußt, indem die limnischen Formen flußabwärts absterben und umgekehrt die marinen Formen eine Aussüßung mehr oder weniger nicht vertragen.

Bei diesem Wechselspiel werden bestimmte Stoffe frei und wieder verbraucht. Das Ziel dieser Arbeit ist, festzustellen, wie sich die hydrographischen und chemischen Verhältnisse der Unterweser im Verhalten der Phytoplanktongemeinschaft widerspiegeln, und zu untersuchen, wie weit die quantitative Chlorophyll- und Eiweißbestimmung als Maßstab für die Phytoplanktonmengen Gültigkeit besitzen.

## II. HYDROCHEMISCHER TEIL

### 1. Methoden

Durch die Einteilung in die verschiedenen halinen Zonen wurde die Lage unserer Untersuchungsstationen bestimmt.

Wir entnahmen Proben bei:

1. Vegesack-Tonne 0 (km 18,0). Stark durch Abwasser versalzene Flußzone
2. Brake-Tonne 45 (km 40,0). Oligohaline Zone, untere Grenze der Weserversalzung
3. Imsum Tonne 26 (km 75,0). Grenze der mesohalinen zur polyhalinen Zone
4. Bremen-Feuerschiff (km 110,0). Grenze der polyhalinen zur euhalinen Zone
5. Weser-Feuerschiff. Euhaline Zone.

Gelegentlich entnahmen wir auch Proben an folgenden Zwischenstationen:

- 2a. Nordenham-Tonne (km 58,5)
- 3a. „Hohe-Weg“-Tonne (km 95,0) (Abb. 1).

Es war vorgesehen, die Proben jeweils in Berg- (Flut) und Talfahrt (Ebbe) zu entnehmen. Aus äußeren Gründen war dies leider nicht immer möglich; so gingen uns auch bei einem plötzlichen Frosteinbruch eine größere Anzahl Proben im November 1956 verloren.

Es wurden die gleichen chemischen Methoden wie bei unseren früheren Untersuchungen (KÜHL und MANN 1957) angewandt, zusätzlich bestimmten wir: Seston mg/l, organische Substanz, Eiweiß und Chlorophyll. Hierbei benutzten wir die von KREY (1951/52a, b, 1952/53) entwickelten Methoden.

Die Proben wurden auf 3 Fahrten entnommen:

1. Fahrt: 11.—15. November 1955;
2. Fahrt: 13.—17. Mai 1956;
3. Fahrt: 19.—22. November 1956.

Die Abflußmengen der Weser an den betreffenden Untersuchungstagen am Pegel Intschede waren wie folgt:

11. November 1955	196 m <sup>3</sup> /s	17. Mai 1956	246 m <sup>3</sup> /s
13. November 1955	193 m <sup>3</sup> /s	19. November 1956	379 m <sup>3</sup> /s
15. November 1955	187 m <sup>3</sup> /s	20. November 1956	380 m <sup>3</sup> /s
13. Mai 1956	260 m <sup>3</sup> /s	21. November 1956	355 m <sup>3</sup> /s
14. Mai 1956	260 m <sup>3</sup> /s	22. November 1956	347 m <sup>3</sup> /s
15. Mai 1956	259 m <sup>3</sup> /s		

### 2. Ergebnisse

Die chemischen Ergebnisse der Fahrten sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. Besonders interessierende Faktoren sind in den Abb. 2, 3 und 4 dargestellt.

Die Wassertemperaturen bewegen sich auf der Untersuchungsstrecke der einzelnen Fahrten zwischen folgenden Grenzwerten:

November 1955	7,3 und 10,8° C
Mai 1956	8,5 und 14,2° C
November 1956	3,8 und 8,1° C (Tabelle 1).

Zum Temperaturverlauf ist allgemein zu sagen, daß im Herbst das Wasser der Außenweser wärmer, im Frühjahr kälter als das Inlandflußwasser ist (KÜHL-MANN 1957).



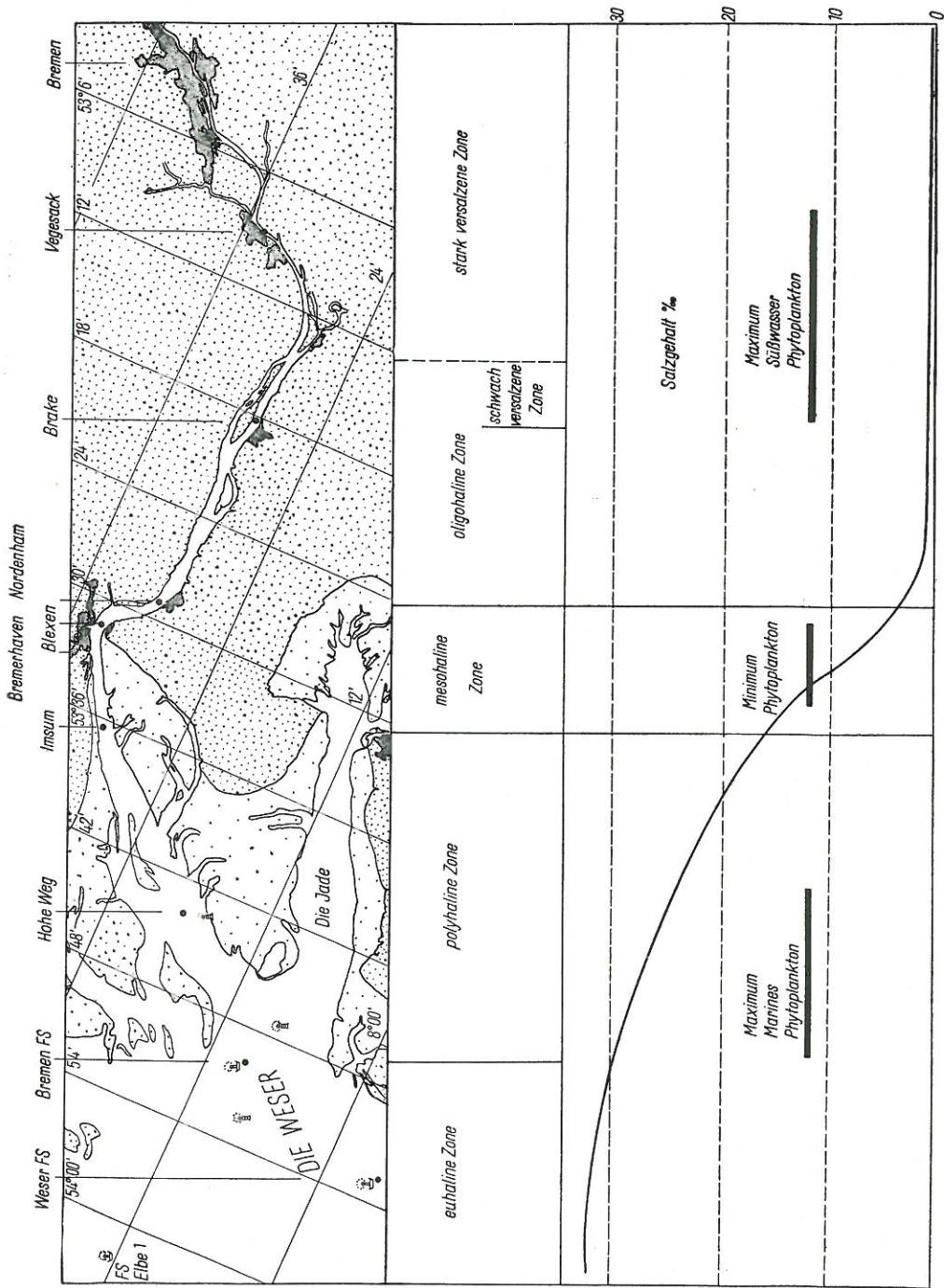


Abb. 1. Übersichtsplan der Unter- und Außenweser von Bremen bis Weser-Feuerschiff mit Angabe der Untersuchungsstationen, der halinen Zonen, dem Salzgehaltsverlauf, der Lage der Maxima des Süßwasser- bzw. des marinen Phytoplanktons sowie des Minimums des Phytoplanktons in der mesohalinen Zone (Sprunzone).

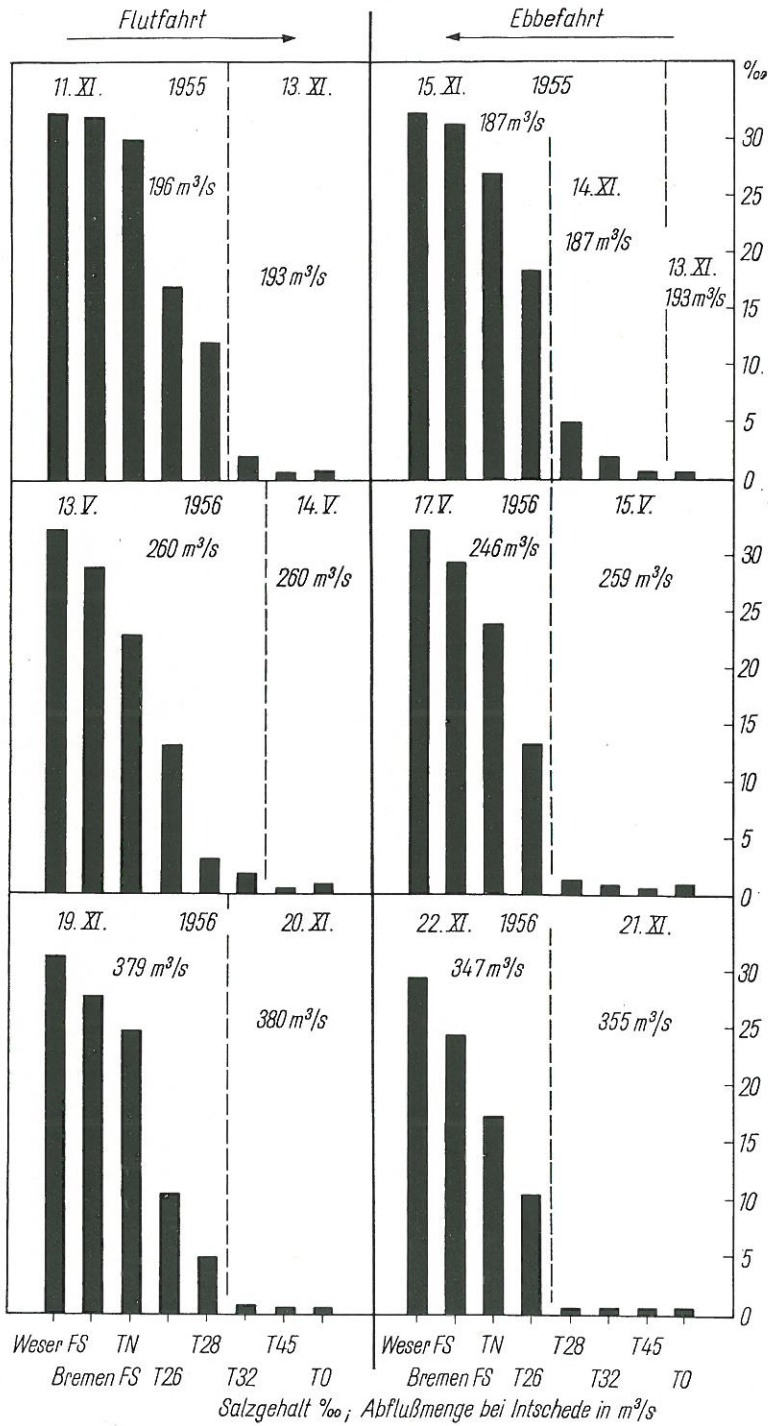


Abb. 2. Der Salzgehalt an den Untersuchungsstationen während der Fahrten im November 1955, Mai und November 1956, mit Angaben über die Abflussumengen beim Pegel Intschede. Flut- und Ebbefahrten.

Bremen F.S. 10,45  
 Weser FS ... 12,35  
 11,0  
 8,8  
 7,8  
 7,9  
 2,7  
 2,6  
 12  
 10  
 30  
 108  
 104  
 0  
 0  
 2,0  
 2,13  
 29

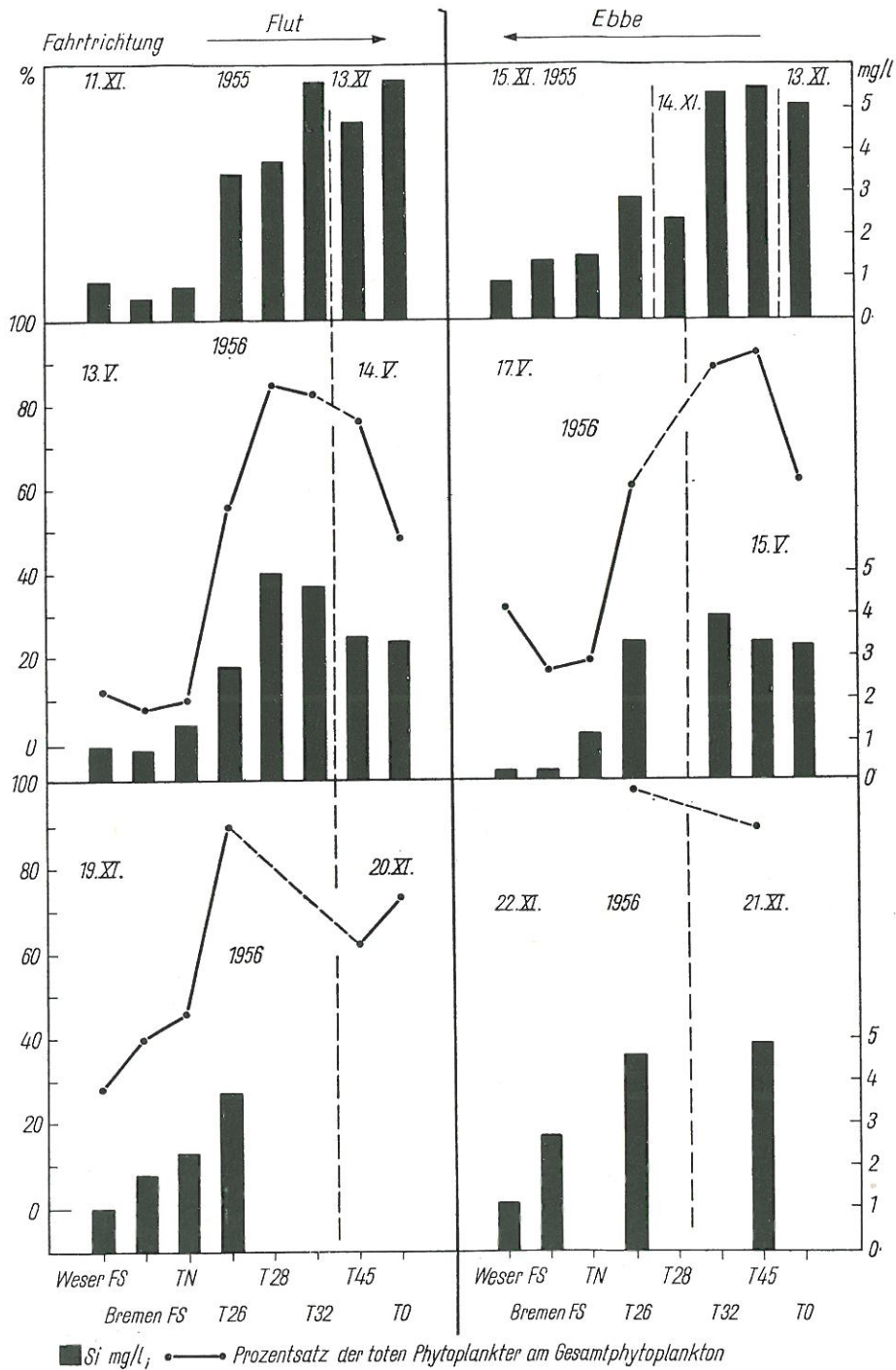


Abb. 3. Silicium (mg/l) an den Untersuchungsstationen. Eingetragen ist ferner noch der Anteil der abgestorbenen Phytoplankter (%) am Gesamtphytoplankton.



Sauerstoffminimum entspricht ein Maximum an Trübung, Seston und organischer Substanz (Abb. 3). Außerdem soll hier schon darauf hingewiesen werden, daß der Anteil der toten Phytoplankter am Gesamtphytoplankton, wie bei den Reisen Mai und November 1956 festgestellt wurde, im Raum Imsum bis Nordenham bzw. Brake höchste Werte erreichte.

Tabelle 2. Sauerstoff in Prozent der Sättigung

	Weser- Feuerschiff	Bremerhaven Nordenham Brake	Bremen
November 1955.....	102—94%	63—54%	66—65%
Mai 1956 .....	108—107%	55—56%	79—82%
November 1956 .....	98—94%	78%	86—88%

Allen Siliciumkurven ist gemeinsam, daß der Gehalt flußabwärts zur See hin abnimmt, wie die Abb. 3 zeigt. In vielen Fällen tritt im Poly-Mesohalimum eine Steigerung ein. Bei den Fahrten im Jahre 1956 wurden auch die toten Phytoplankter gezählt und ihr Anteil am Gesamtphytoplankton bestimmt. Es zeigt sich offensichtlich ein Zusammenhang zwischen Siliciumgehalt und toten Phytoplanktern, wie aus Abb. 3 zu ersehen ist. Auf diese Beobachtung wird weiter unten noch näher eingegangen.

Über die einzelnen Komponenten des Stickstoffs im Weserwasser ist an dieser Stelle nur so viel zu sagen, daß der Nitratgehalt des Flußwassers relativ hoch ist (KÜHL und MANN 1958). Von der mesohalinen Zone nach See zu nimmt er sehr schnell wieder ab. Wie weit hier die Vermischung mit Seewasser oder der Verbrauch durch Salzwasserphytoplankter verantwortlich zu machen ist, soll nicht entschieden werden. Es sei aber darauf hingewiesen, daß im Gebiet der Außenweser zwischen Hohe Weg (T N, km 95) und Bremen-Feuerschiff das marine Phytoplankton gut entwickelt ist. Das Phosphat beginnt auf der Unterweser ebenfalls mit höheren Werten und nimmt nach See hin stark ab.

Der abiotische Anteil der Schwebstoffe spielt eine erhebliche Rolle im Stoffhaushalt der Fließgewässer. Einerseits stellt er eine Nährstoffquelle für die Tier- und Pflanzenwelt dar, andererseits beeinflußt er das Lichtklima; schließlich sind auch die mechanischen Wirkungen, besonders der anorganischen Partikel u. a. m., zu berücksichtigen. Wir haben daher zusätzlich neben den üblichen hydrographischen Faktoren auch den Gehalt an Seston und organischer Substanz sowie den Trübungswert auf unseren Fahrten bestimmt. Da diese Faktoren in engem inneren Zusammenhang stehen, sollen sie gemeinsam besprochen werden. Die Abb. 4 bringt deutlich zum Ausdruck, daß ein ausgeprägtes Maximum für Trübung, Seston und organische Substanz im Raum von Imsum (km 75) bis Brake (km 40) liegt. Diese Trübungswolke verschiebt sich, wie LÜNEBURG u. a. (LÜNEBURG 1952—1955, LÜNEBURG 1950/51, POSTMA und KALLE 1955) feststellten, mit Tide und Wasserführung stromauf- oder stromabwärts. Sie setzt dort ein, wo auch der Salzgehalt stärker ansteigt. An der Zusammensetzung der Wassertrübe sind sowohl organische wie anorganische Stoffe beteiligt. Der anorganische Anteil (Sand, Quarzteilchen u. a.) war bei unseren Fahrten immer etwa vier- bis sechsmal höher als der organische Anteil. Die organische Substanz wiederum besteht hauptsächlich aus Pflanzenfaser, Holzteilchen u. a. Wie weiter unten noch näher ausgeführt wird, ist in ihr auch das Phytoplankton enthalten, dieses tritt jedoch mengenmäßig in den Hintergrund.



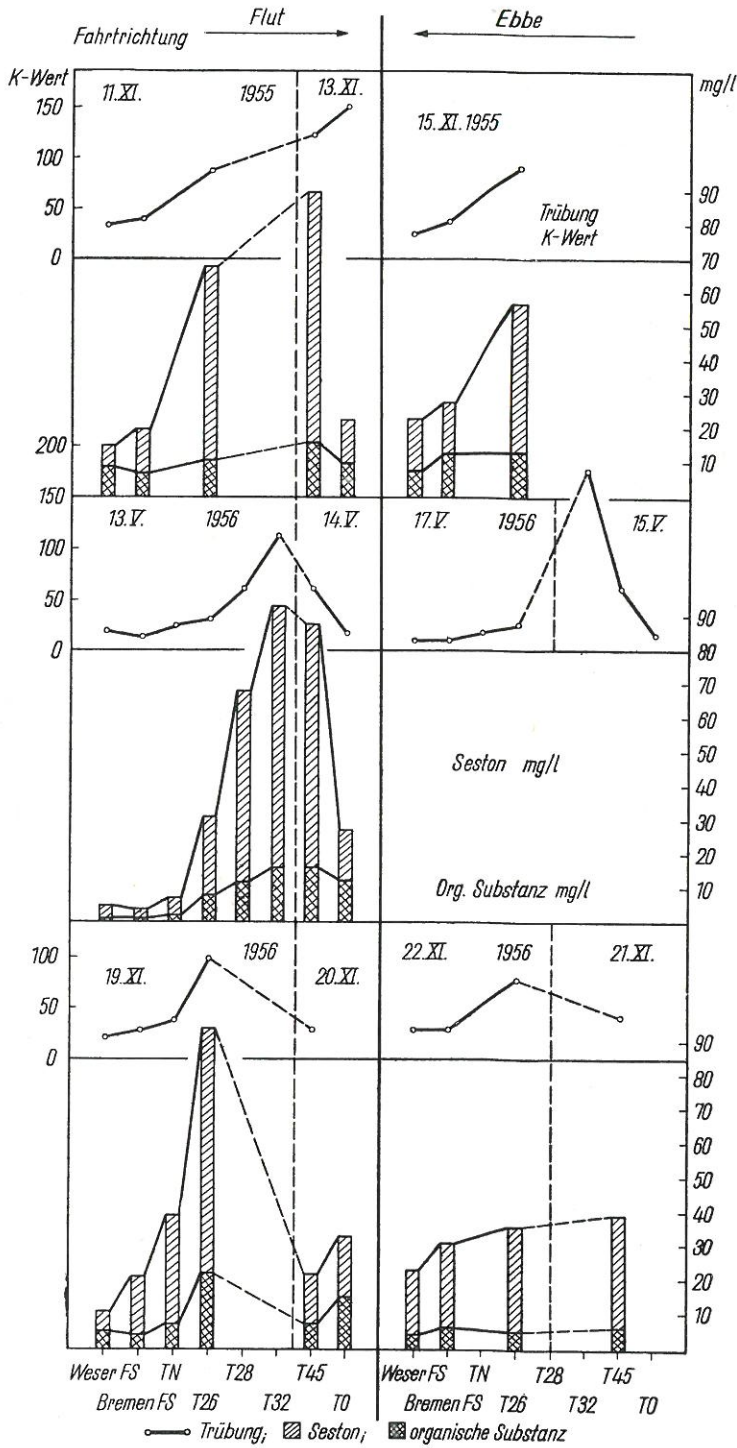


Abb. 4. Trübung (K-Wert), Seston (mg/l) und organische Substanz (mg/l) an den Untersuchungsstationen.

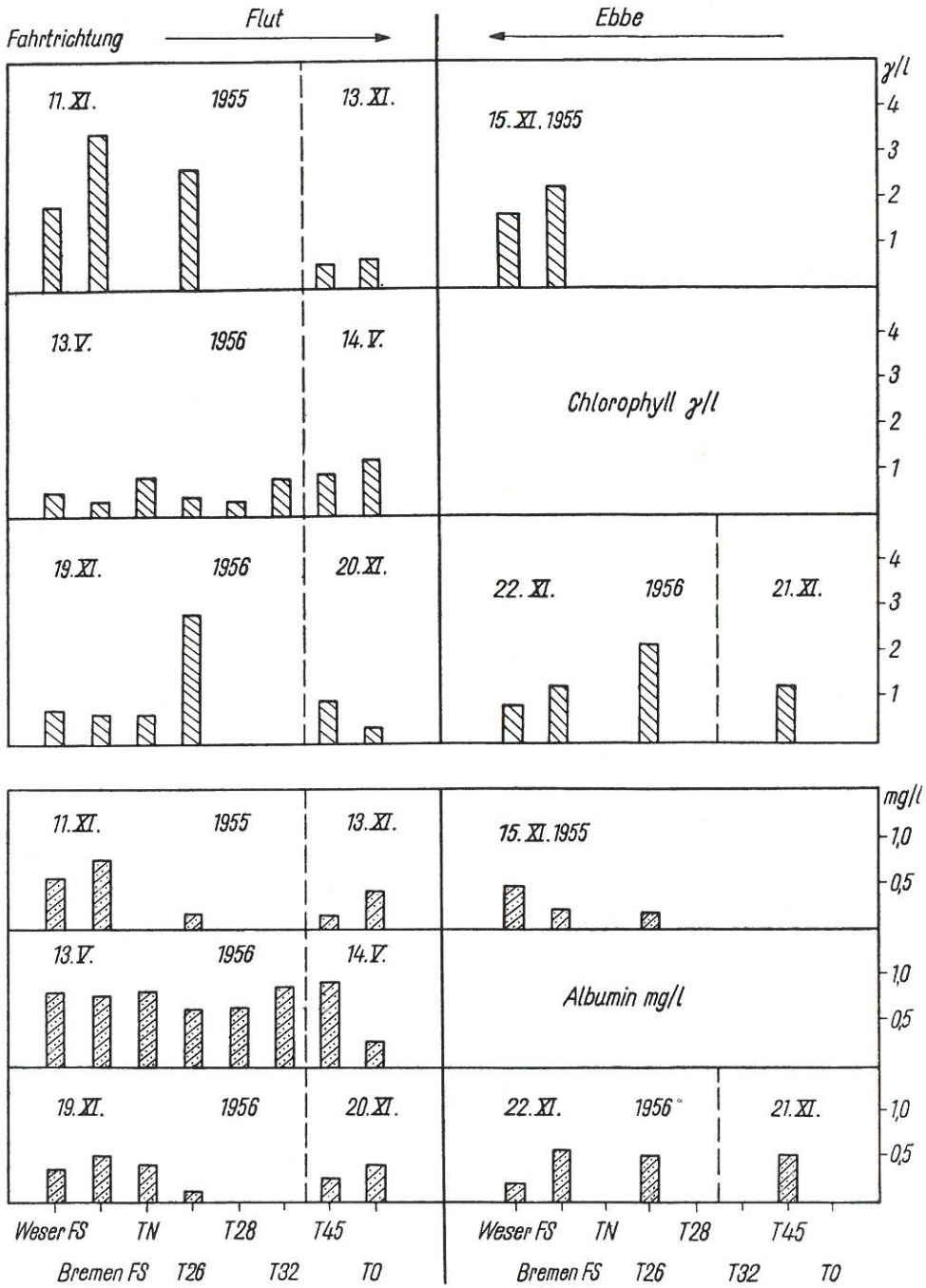


Abb. 5. Chlorophyll (8/l) oben und Albumin (mg/l) unten.

Schon bei unseren früheren Untersuchungen (BURSCHE, KÜHL und MANN 1958a, b) mußten wir feststellen, daß es außerordentlich schwierig ist, aus den gefundenen Chlorophyll- und Albuminwerten Beziehungen zum Gehalt an Phytoplankton zu finden. Wenn man die in Abb. 5 zusammengestellten Kurven für Chlorophyll und Albumin mit den Werten der organischen Substanz und des Sestons (Abb. 4) vergleicht, so liegt es nahe, einen Zusammenhang in der Gegenläufigkeit der Kurven zu sehen: Höhere Gehalte an Albumin entsprechen niedrigeren Mengen an organischer Substanz bzw. Seston. Doch können wir aus unserem gesamten vorliegenden Material, das an der Weser und Elbe gewonnen wurde, bisher noch keine weitergehenden Schlüsse ziehen. Auf die Beziehungen zur Menge und Zusammensetzung wird weiter unten noch einmal eingegangen.

### III. PHYTOPLANKTON

#### 1. Methodik

Das Phytoplankton ist als Schöpfplankton mit dem umgekehrten Mikroskop (Utermöhl-Mikroskop) ausgezählt worden. Je nach der Menge der Algen und des Detritus mußten 1,5 oder 10 cm<sup>3</sup> Weserwasser bearbeitet werden. Sofern die Zahl der Plankter sehr gering war, sind mehrere Planktonkammern durchgezählt worden. Es wurden lebende und tote Algen dem Augenschein nach getrennt.

Schwierigkeiten bereitet bei der angewendeten Untersuchungsmethodik das Erkennen mancher Arten. Es mußten deshalb oftmals Diatomeen, um die es sich vornehmlich handelt, als *Cyclotella spec.*, *Melosira spec.*, *Coscinodiscus spec.* bzw. einige pennate Formen als „nicht bestimmbare Diatomeen“ angegeben werden. Das heißt nicht, daß diese Diatomeen unbestimmbar waren; sie sind lediglich bei der verhältnismäßig schwachen Zählvergrößerung und auf Grund der Tatsache, daß die Algen mit Zelloinhalt, also unpräpariert, bearbeitet werden mußten, nicht immer sicher als Art oder sogar Gattung zu erkennen.

Ziel der Arbeit war ja, die hydrochemischen Verhältnisse gemeinsam mit dem Vorkommen des Phytoplanktons im Unterlauf der Weser zu betrachten. Daher war von vornherein keine ins einzelne gehende Bearbeitung der Phytoplanktonarten und eine Untersuchung ihrer Ökologie geplant. Hier liegt auch die umfassende Arbeit von HUSTEDT (1957) aus neuester Zeit vor, aus der die Milieuansprüche der in der Weser bei Bremen vorkommenden Diatomeenarten genauestens zu ersehen sind. Wir begnügten uns mit einer grundlegenden Bestimmung der massenhaft vorkommenden Algen und der ihrer Form nach auch beim Auszählen sicher erkennbaren Phytoplankter. Allgemein sind einzelne Zellen gezählt worden. *Scenedesmus*, *Pediastrum* und *Skeletonema* (4 Zellen) wurden jeweils als ein Individuum gewertet.

#### 2. Ergebnisse

##### a) Gesamtphytoplankton

Das Phytoplankton der Weser zwischen Vegesack und Feuerschiff Weser unterliegt dem Einfluß der beiden unterschiedlichen, im Untersuchungsgebiet täglich zweimal aufeinander treffenden Wasserkörper genauso wie das Phytoplankton in der Elbe und anderen Mündungsgebieten von Gezeitenströmen.

Die festgestellte Individuenmenge läßt erkennen, daß im Süßwasserbereich bei Vegesack und Brake die höchsten Planktonwerte vorliegen, während sie sich in Richtung auf die See hin immer mehr vermindern. Selbstverständlich ist hier der Einfluß des Salzwassers, das zweimal täglich in den Süßwasser führenden Fluß eindringt, einerseits als Vernichtungsfaktor in bezug auf das mitgeführte Flußplankton



Die Abnahme der Artenzahl nach See hin im Mai ist wohl auf das Vordringen des planktonärmeren Seewassers zurückzuführen. Ähnliche Tendenzen sind auch in der Elbe beobachtet worden (BURSCHE, KÜHL und MANN 1958a, b).

Die Meeresalgen finden allgemein bei Imsum ihre Grenze, über die sie nicht weiter hinaus in den Fluß vordringen. Allein *Skeletonema costatum* wurde einmal bei Blexen und ein Faden sogar bei Nordenham angetroffen. *Biddulphia mobiliensis*, *B. sinensis*, *Dinophysis acuta*, *Triceratium alternans*, *Asterionella japonica*, *Nitzschia seriata*, *Gymnodinium*- und *Peridinium*-Arten gehören zu den Planktern, die in der Zeit der Untersuchung nur im Gebiet zwischen Feuerschiff Weser und Tonne N „Hohe Weg“ vorkamen.

Die Algen, die das Bild der Planktongesellschaft beherrschten, waren im Mai *Chaetoceros*-Arten und *Rhizosolenia hebetata*, im November dagegen *Eucampia zoodiacus* und *Thalassionema nitzschioides*.

Das Minimum der Arten, sowohl für das Meeres- als auch für das Süßwasserplankton, dürfte bei Blexen liegen. Leider liegt von dieser Station nur eine Planktonprobe vor, deren Auswertung nicht zu Schlußfolgerungen berechtigt. Doch darf auf Grund der vorliegenden Probenserien und der daraus abzuleitenden absinkenden Tendenz der Artenzahl von Vegesack in Richtung auf die See hin und von Feuerschiff Weser in umgekehrter Richtung wohl zumindest die Vermutung geäußert werden, daß bei Blexen die Planktongesellschaft am artenärmsten ist.

#### b<sub>2</sub>) INDIVIDUENZAHLE

Wie Abb. 7 erkennen läßt, war das Meeresphytoplankton im Mai individuenreicher als im November, was als jahreszeitlich bedingt anzusehen ist.

Im Mai fällt das Maximum der Artenzahl mit dem Maximum der Individuenzahl der Meeresalgen bei der Untersuchungsstation Tonne N „Hohe Weg“ zusammen. Ähnlich wie beim Abfall der Artenzahl zwischen „Hohe Weg“ und „Imsum“ verringert sich auch die Individuenzahl in dieser Zone sprunghaft. Bei Nordenham ist die Zahl der vorkommenden Meeresplankter nur noch ganz gering, und bei Tonne 32 wurden bei den Untersuchungsfahrten gar keine Küstenformen mehr lebend angetroffen.

Die Tatsache, daß im Mai von Feuerschiff Weser nach Tonne N „Hohe Weg“ hin die Planktonzahl zunahm, im November dagegen eine Abnahme zu verzeichnen war, kann nur jahreszeitlich und temperaturbedingt gedeutet werden.

#### c) Süßwasserphytoplankton

##### c<sub>1</sub>) ARTENBESTAND

Die in Abb. 6 aufgeführten Arten sind, wie schon bei der Besprechung der Meeresalgen sinngemäß ausgeführt, solche, die als Süßwasserplankter anzusprechen und beim Auszählen eindeutig zu erkennen sind. Wenn Arten nicht genau zu unterscheiden waren, ist nur die Gattung mit einer Art angenommen worden. Ferner wurden auch hier nur lebend vorkommende Algen berücksichtigt. Weil *Cyclotella*- und *Stephanodiscus*-Arten in lebendem Zustand beim Auszählen nicht immer einwandfrei zu unterscheiden sind, ist nur *Stephanodiscus Hantzschii* als Süßwasserart mitgezählt worden. Algen wie *Cyclotella striata* sowie *Actinocyclus normanii* sind auf Grund ihrer ausgesprochenen Brackwassertendenz in die Aufstellung nicht mit einbezogen worden. Unter Berücksichtigung dieser Verfahrensweise erklärt sich die geringe Anzahl der aufgeführten Arten.

Gezählt wurden demnach nur Algen wie *Melosira granulata* bzw. *ambigua* (beide zu einer Art zusammengefaßt), *Melosira varians*, *Stephanodiscus Hantzschii*, *Asterionella formosa*, *Synedra ulna*, *Nitzschia acicularis*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus opoliensis*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Pediastrum boryanum* und *Pediastrum simplex*.

Süßwasser-algen finden sich, wie aus Abb. 6 hervorgeht, zwischen Vegesack und Tonne N („Hohe Weg“), und das artenreichste Plankton kommt bei Vegesack und



Brake vor. Flußabwärts nehmen die Süßwasserformen auf Grund des steigenden Salzgehaltes mehr und mehr ab.

Wie in der Elbe handelt es sich bei den bis in die polyhaline Zone vordringenden Süßwasseralgeln um *Scenedesmus* und *Ankistrodesmus*. Die anderen Süßwasserformen wurden flußabwärts allenfalls bis Nordenham gefunden.

Die Feststellung LEMMERMANN'S (1907), daß Bacillariaceen die Hauptkomponente des Weserplanktons darstellen, läßt sich auch heute noch aufrechterhalten.

Im einzelnen ist die Verbreitung der Arten zur Zeit der Untersuchungen aus der Artenliste zu entnehmen.

Die Algen mit ausgesprochener Brackwassertendenz sollen auch an dieser Stelle Erwähnung finden. Es hatte sich bei unseren Untersuchungen von Tagesserien bei Cuxhaven gezeigt, daß der Wechsel der Individuenzahl von *Actinocyclus normanii*

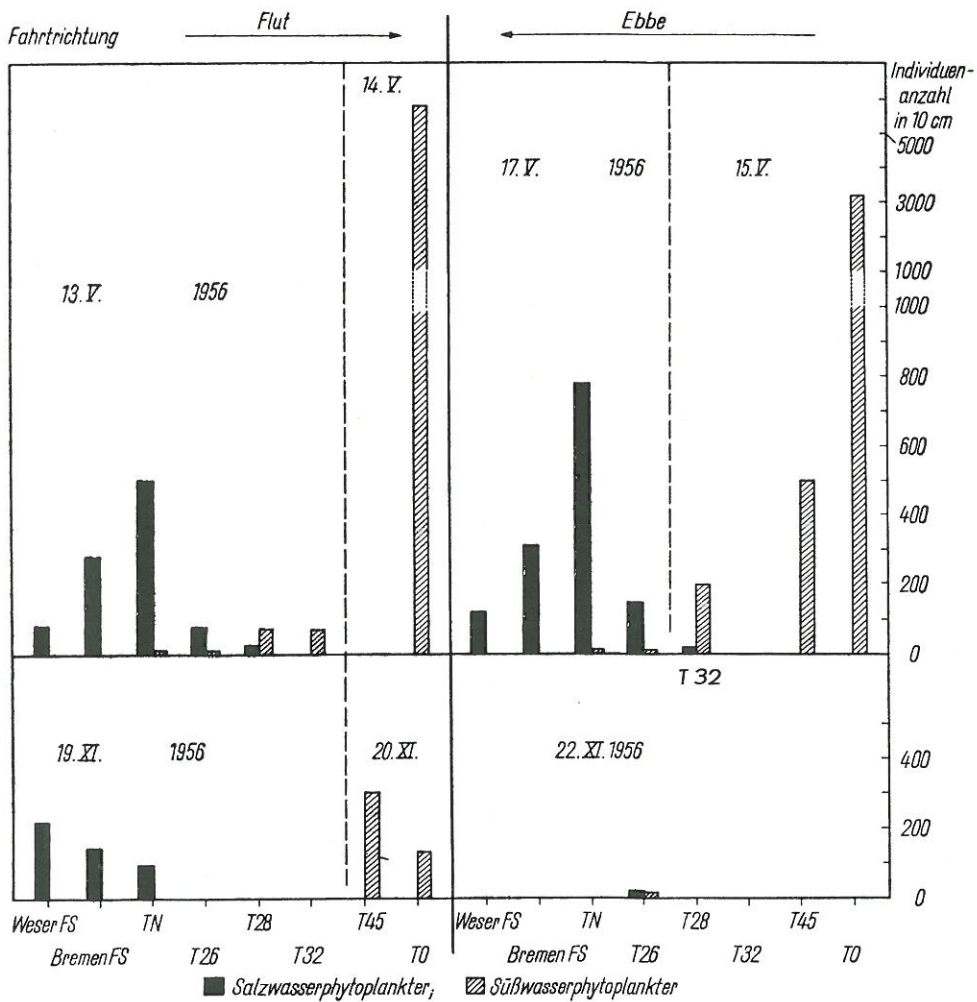


Abb. 7. Individuenzahl der lebenden Süßwasser- und Salzwasserphytoplankter in 10 cm<sup>3</sup> Wasser.

(HUSTEDT 1957) im Verlauf der Tiden dem Verhalten der Süßwasseralgen gleicht, womit die Beobachtungen THIEMANN'S (1934) und BROCKMANN'S (1929) bestätigt werden konnten. *Actinocyclus normanii* ist im untersuchten Weserbereich nur zwischen Brake und Tonne 26 (Imsum) festgestellt worden. Allerdings trat sie nur im Mai lebend auf.

#### c<sub>2</sub>) INDIVIDUENZAHL

Auch in diese Zahlen sind, wie bei der Betrachtung des Artenbestandes, nur lebend vorgefundene Phytoplankter mit einbezogen worden, ferner nur die einwandfrei als Süßwasseralgen beim Auszählen erkennbaren Formen, d. h. diejenigen, die im Artendiagramm herangezogen wurden (Abb. 7), jedoch ohne *Stephanodiscus*

Das Süßwasserplankton des untersuchten Weserabschnittes ist nur bei Vegesack und Brake individuenreich, im mesohalinen Bereich sinken die Zahlen auf unbedeutende Werte herab.

Im Gegensatz zu den Verhältnissen in der Elbe, wo in der oligohalinen Zone mehrere Süßwasserarten durch ihren Individuenreichtum auffielen, ist es in der Weser allein *Stephanodiscus Hantzschii* (!) gewesen, die im Mai in Massen auftrat und somit produktionsbiologisch von Bedeutung war. [BROCKMANN (1929) fand *Cyclotella meneghiniana* (neben *Actinocyclus normanii*) im Plankton vorherrschend.] Dieses Überwiegen von *Stephanodiscus* verleiht dem Weserplankton das Bild gewisser Eintönigkeit, die bei einem Vergleich mit der Algengesellschaft der Elbe sehr auffällig ist.

*Stephanodiscus* ist in die Darstellung nicht mit einbezogen worden, weil eine klare Abtrennung gegenüber *Cyclotella* nicht immer möglich war. Die Individuenzahl betrug bei Vegesack und Brake etwa 10000/10 cm<sup>3</sup> und mehr. *Melosira granulata* bzw. *ambigua*, *Ankistrodesmus falcatus* und *Scenedesmus div. spec.* waren nach *Stephanodiscus* die individuenreichsten Vertreter der Weserplanktongesellschaft. In nennenswerter Anzahl kamen sie jedoch nur bei Vegesack und Brake vor.

Am deutlichsten ist wohl die Grenze zwischen mesohaliner und polyhaliner Zone insofern zu erkennen, als die Individuenzahl auf Werte unter 25 Zellen in 10 cm<sup>3</sup> absinkt.

*Cyclotella striata* fand sich zwischen Vegesack und Tonne N („Hohe Weg“), *Cyclotella meneghiniana* mit ihren Varietäten zwischen Vegesack und Tonne 26 (Imsum). Somit wäre nur *Actinocyclus normanii* als stenohaliner Brackwassertyp (KOLBE 1927) zu bezeichnen, eine Diatomee also, die allein auf den Flußabschnitt mit mittlerem Salzgehalt beschränkt ist. *Scenedesmus quadricauda* und *Ankistrodesmus falcatus* aber, die sowohl in der Weser als auch in der Elbe noch lebend (jedenfalls grün und unbeschädigt erscheinend) im polyhalinen Bereich zu finden sind, dürften demnach den halophilen Algen zuzurechnen sein, zumal die Individuenzahlen der Elbe einen Anstieg in der oligohalinen Zone flußabwärts erkennen ließen.

#### IV. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

So grob und lückenhaft unsere Methode der Darstellung der Artenzahl auch ist, läßt sich doch ein Zusammenhang zwischen der Zoneneinteilung REDEKES nach dem Salzgehalt und der Artenzusammensetzung der Phytoplanktongesellschaft erkennen. Denn in der oligohalinen Zone besteht die Phytoplanktongesellschaft nur aus Vertretern des Süßwassers, während in der mesohalinen Zone schon marine Elemente hinzukommen, und in der polyhalinen Zone beherrschen dann die polyhaloben Algen das Bild des Phytoplanktons. Gleiche Verhältnisse fanden wir bei unseren Untersuchungen in der Elbemündung. Am deutlichsten ließ sich jedoch der Zusammen-



hang zwischen dem Salzgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Phytoplanktongesellschaft an Hand unserer stündlichen Untersuchungen während einer Tide bei Cuxhaven zeigen. Damit schließen wir uns den Ausführungen von HUSTEDT (1957) an, der schreibt: „Wenn auch das Cl kein lebenswichtiger Nährstoff ist und daher die Lebensvorgänge keinen bestimmenden Einfluß auf die Verteilung der Chloride in Binnengewässern haben (RUTTNER 1937, S. 224), so sind doch die Chlorverbindungen von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung ihrer Flora und Fauna und damit auch des übrigen Lebens.“ In Mündungsgebieten von Tidenflüssen kommt noch als bedeutender Faktor die mechanische Wirkung von Ebbe und Flut hinzu, die die Verbreitung der verschiedenen Algentypen mitbedingt.

Eine weitere Frage ist, wieweit das Phytoplankton sich in den Sestonwerten oder denen der organischen Substanz zu erkennen gibt bzw. die Trübung zu beeinflussen vermag. Zunächst seien vergleichende Betrachtungen an Hand der Maiproben vorgenommen. Danach waren die Flutproben zwischen Vegesack und Nordenham individuenreicher als die Ebbeproben; zwischen „Hohe Weg“ und Feuerschiff Weser waren die Verhältnisse umgekehrt. Das Individuenmaximum lag eindeutig bei Vegesack. Weder die Trübungswerte noch die des Sestons oder der organischen Substanz lassen dieses Phytoplanktonmaximum erkennen, ihr Maximalwert ist bei Tonne 32 Nordenham festgestellt worden. Wie aus dem Vergleich von Seston und organischer Substanz zu ersehen ist, bestehen die absiebbarer Stoffe im wesentlichen aus nicht organischem Material. Das besagt, daß die Trübung in erster Linie durch anorganische Teilchen hervorgerufen werden muß.

Die Individuenzahl der Phytoplankter gibt kein Maß für die Menge der von ihnen gebildeten organischen Substanz, denn sie berücksichtigt nicht die oft ganz beträchtlichen Größenunterschiede der Phytoplankter. Um Anhaltspunkte zu gewinnen, wieweit das lebende Phytoplankton seinem Volumen entsprechend anteilmäßig am Gesamtvolumen des absetzbaren Materials beteiligt ist, wurden die Volumina der lebenden und der toten Algen sowie des Detritus durch Ausmessen der Teilchen mit Hilfe des umgekehrten Mikroskops ermittelt (BURSCHE 1955). Das Volumen einiger Organismen, die nicht einfachen geometrischen Körpern entsprechen, ist nach Modellen berechnet worden, die aus Plastilin hergestellt wurden. In ähnlicher Weise ist auch TAMÁS (1955) vorgegangen.

Auf Grund der Tatsache, daß die Volumina ähnlicher Körper sich wie die 3. Potenz ihrer Längen verhalten, ist für die einzelnen Algenarten weiterhin noch ein Faktor errechnet worden. Er wird mit der durch Messung ermittelten und in die 3. Potenz erhobenen Durchschnittlänge der betreffenden Alge multipliziert. Einige Zahlen entstammen den Tabellen LOHMANN'S (1908). Die Volumenwerte entsprechen, bis auf die wenigen aus LOHMANN'S Arbeit entnommenen, den Maßen der äußeren Umrisse der Phytoplankter, d. h., die Vakuolen sind in dem Volumenwert mit einbezogen und nicht wie bei LOHMANN nach Abschätzung der Größe abgezogen worden. Der Gesamtvolumenwert kann im Hinblick auf seine organische Substanz also eher zu hoch als zu niedrig angegeben sein. Allerdings ist in den Volumenwerten der Kieselpanzer der Diatomeen mit eingeschlossen.

Von den Weserproben liegen zwar nur von 7 Stationen der Maiuntersuchungsserie derartige Berechnungen vor. Da sie jedoch der Größenordnung nach den Werten, die von Proben aus der Elbemündung vorliegen, weitgehend ähnlich sind, dürften diese Zahlen immerhin als richtungsweisend angesehen werden.

Der Volumenanteil des lebenden Phytoplanktons am Volumen aller absatzbaren Stoffe (Tiere nicht einbegriffen) lag im Mai zwischen 0,6 und 3,3%, für Proben aus der

7. Es wurden auch Bestimmungen des Volumens der Phytoplankter vorgenommen und mit dem Volumengehalt des Detritus bzw. der Menge an Seston und organischer Substanz verglichen. Es konnten nicht in allen Fällen eindeutige Beziehungen gefunden werden.

8. Der Anteil des Phytoplanktons am Seston bzw. der organischen Substanz ist so gering, daß er keinen Einfluß auf die Menge des Albumins und Chlorophylls ausübt.

Artenliste und Verbreitungsangaben von den bei den Untersuchungsfahrten im November 1955, Mai 1956 und November 1956 festgestellten Algen

	Eu- haline Zone	Poly- haline Zone	Meso- haline Zone	Oligo- haline Zone	Stark ver- salzene Zone
<i>Gomphosphaeria lacustris</i> .....					
<i>Lyngbia spec.</i> .....					
<i>Euglena spec.</i> .....					
<i>Cryptomonas spec.</i> .....					
<i>Dinophysis acuta</i> .....	.....	.....			
<i>Gymnodinium ?</i> .....	.....				
<i>Peridinium</i> .....	.....				
<i>Ceratium furca</i> .....	.....				
<i>Chrysococcus spec.</i> .....					.....
<i>Melosira varians</i> .....				.....	
<i>Melosira ambigua</i> .....				.....	
<i>Melosira binderana</i> .....					
<i>Melosira distans</i> .....					
<i>Melosira dubius</i> .....					
<i>Melosira moniliformis</i> .....					
<i>Melosira sulcata</i> .....		.....	.....	.....	
<i>Skeletonema costatum</i> .....	.....				
<i>Stephanodiscus Hantzschii</i> .....				.....	.....
<i>Cyclotella meneghiniana</i> .....			.....	.....	.....
<i>Cyclotella striata</i> .....			.....	.....	.....
<i>Coscinodiscus radiatus</i> .....					
<i>Coscinodiscus concinnus</i> .....	.....	.....			
<i>Coscinodiscus spec.</i> .....	.....				
<i>Actinopterychus undulatus</i> .....		.....			
<i>Actinocyclus normanii</i> .....		.....	.....	.....	
<i>Guinardia flaccida</i> .....	.....				
<i>Rhizosolenia stouterfothii</i> .....					
<i>Rhizosolenia faerøensis</i> .....					
<i>Rhizosolenia imbricata</i> .....					
<i>Rhizosolenia setigera</i> .....					
<i>Rhizosolenia hebetata</i> .....					
<i>Chaetoceros borealis</i> .....					
<i>Chaetoceros pseudocrinitus</i> .....					
<i>Chaetoceros teres</i> .....					
<i>Chaetoceros socialis</i> .....	.....				
<i>Chaetoceros spec.</i> .....					
<i>Eucampia zoodiacus</i> .....					
<i>Ditylium brightwellii</i> .....					
<i>Triceratium al'ernans</i> .....					
<i>Biddulphia sinensis</i> .....					
<i>Biddulphia regia</i> .....					
<i>Biddulphia mobiliensis</i> .....					
<i>Biddulphia rhombus</i> .....					
<i>Biddulphia aurita</i> .....					



	Eu- haline Zone	Poly- haline Zone	Meso- haline Zone	Oligo- haline Zone	Stark ver- salzene Zone
<i>Cerataulina bergoni</i> .....	.....	.....			
<i>Fragilaria spec.</i> .....	.....	.....			
<i>Raphoneis amphiceros</i> .....					
<i>Synedra acus</i> .....					
<i>Synedra ulna</i> .....					
<i>Synedra affinis</i> .....					
<i>Thalassionema nitzschioides</i> .....	.....	.....			
<i>Asterionella formosa</i> .....				.....	.....
<i>Asterionella japonica</i> .....	.....	.....			
<i>Rhicosphaenia curvata</i> .....					
<i>Navicula viridula</i> .....					
<i>Nitzschia acicularis</i> .....					
<i>Nitzschia closterium</i> .....	.....	.....	.....		
<i>Nitzschia tryblionella</i> .....				.....	.....
<i>Nitzschia longissima</i> .....	.....	.....			
<i>Nitzschia sigmoidea</i> .....					
<i>Surirella ovata</i> .....				.....	.....
<i>Pediastrum boryanum</i> .....					
<i>Pediastrum duplex</i> .....					
<i>Pediastrum simplex</i> .....					
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> .....					
<i>Kirchneriella lunaris</i> .....					
<i>Tetraedron spec.</i> .....					
<i>Scenedesmus quadricauda</i> .....					
<i>Scenedesmus acuminatus</i> .....					
<i>Scenedesmus hystrix</i> .....					
<i>Scenedesmus obliquus</i> .....					
<i>Tetrastrum staurogeniforme</i> .....					

Es sind nur lebend vorkommende Arten aufgeführt; die Verbreitung ist dann angegeben, wenn Algen mehrmals an einer Untersuchungsstelle bzw. bei einer Untersuchungsfahrt an aufeinanderfolgenden Probeentnahmestellen festgestellt worden sind. Die Artenliste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

### Literaturverzeichnis

- BROCKMANN, CH., 1929: Das Brackwasser der Flußmündungen als Heimat und Vernichter des Lebens. *Natur u. Museum* **4**, 8.
- BURSCHE, E.-M., 1955: Beitrag zur Frage des „Krautschwundes“ in H<sub>2</sub>S Oscillatorien Seen. *Zschr. f. Fischerei*, Bd. **IV**, N. F., H. 1/2.
- KÜHL, H., u. MANN, H., 1958a: Hydrochemie und Phytoplankton in der Unterelbe. *Veröff. Inst. f. Meeresf. Bremerhaven* **V**.
- — 1958b: Hydrochemische Faktoren und Phytoplankton während einer Tide in der Elbmündung bei Cuxhaven. *Gewässer u. Abwasser* **20**.
- CZENSNY, R., 1943: Untersuchungsverfahren zur chemischen Wasseranalyse. Stuttgart.
- HUSTEDT, FR., 1957: Die Diatomeenflora des Flußsystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. *Abh. naturw. Ver. Bremen* **34**, H. 3.
- KOLBE, R. W., 1927: Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasserdiatomeen. *Pflanzenforsch.* **7**.
- KREY, J., 1951/52: Quantitative Bestimmung von Eiweiß im Plankton mittels der Biuret-methode. *Kieler Meeresforsch.* **8**.
- 1951/52b: Die Untersuchung des Eiweißgehaltes in kleinen Planktonproben. *Kieler Meeresforsch.* **8**.
- 1952/53: Die Biomasse des marinen Planktons. *Kieler Meeresforsch.* **12**.

- KÜHL, H., u. MANN, H., 1958: Beiträge zur Hydrochemie der Unterelbe. Veröff. Inst. f. Meeresforsch. Bremerhaven **II**.
- — 1957: Beiträge zur Hydrochemie der unteren Weser. Veröff. Inst. f. Meeresforsch. Bremerhaven **V**.
- — 1958: Das Verhalten anorganischer Stickstoffverbindungen im Mündungsgebiet eines Flusses. Arch. f. Fischereiwiss. **9**.
- LEMMERMANN, E.: 1907: Das Plankton der Weser bei Bremen. Arch. f. Hydrobiol. **II**.
- LOHMANN, H., 1908: Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. Wiss. Meeresunters., N. F., **10**, Abt. Kiel.
- LÜNEBURG, H., 1950/51: Über Messung und Bedeutung der Sinkstoffe in Elbe und Weser. Vom Wasser **18**.
- 1952—55: Beiträge zur Hydrographie der Wesermündung. 1.—4. Teil. Veröff. Inst. f. Meeresforsch. Bremerhaven **I—III**.
- POSTMA, H., u. KALLE, K., 1955: Die Entstehung von Trübungszonen im Unterlauf der Flüsse, speziell im Hinblick auf die Verhältnisse in der Unterelbe. Dtsch. Hydrogr. Zschr. **8**.
- SCHRÄDER, TH., 1932: Über die Möglichkeit einer quantitativen Untersuchung der Boden- und Ufertierwelt.
- 1941: Fischereibiologische Untersuchungen im Wesergebiet II. Hydrographie, Biologie und Fischerei der Unter- und Außenweser. Zschr. f. Fischerei **39**.
- TAMÁS, G., 1955: Quantitative plankton studies on lake Balaton II. Biomass of the phytoplankton of the forties. Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academiae Scientiarum, Vol. **XXIII**.
- THIEMANN, K., 1934: Das Plankton der Flußmündungen. Meteor **12/1**.

Dr. E.-M. BURSCHÉ, Schlitz/Hessen, Fuldastation  
Dr. H. KÜHL, Cuxhaven, Alte Liebe 1  
Dr. H. MANN, Hamburg 36, Neuer Wall 72