

16316

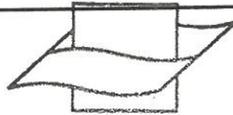
Überreicht vom Verfasser

Veröffentlichungen
des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven

1958

Band V

S. 165—192



Vlaams Instituut voor de Zee
Flanders Marine Institute

Hydrochemie und Phytoplankton
in der Unterelbe

Von Eva-Maria Bursche, Heinrich Kühl und Hans Mann
Mit 8 Tafeln

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

Kommissionsverlag Franz Leuwer, Bremen

Hydrochemie und Phytoplankton in der Unterelbe

Von Eva-Maria Bursche, Heinrich Kühl und Hans Mann

Mit 8 Tafeln

I. Fragestellung:

In Flußmündungsgebieten beeinflussen bekanntlich Wasserführung und Tidebewegung das gesamte Leben im Wasser. Die Urproduktion bzw. die Planktonzusammensetzung ist abhängig von dem jeweils herrschenden Mischungsverhältnis von Süß- und Salzwasser. Dieses wechselt sowohl zeitlich wie örtlich. In einer früheren Untersuchung (2) (BURSCHE, KÜHL u. MANN) beschäftigten wir uns mit den zeitlichen Veränderungen an einem Ort (Cuxhaven) in Abhängigkeit von der Tide. Wir konnten dabei feststellen, daß unter den chemischen Faktoren an erster Stelle der Salzgehalt von Bedeutung ist, der die Planktongemeinschaft direkt einflußt, während die Schwankungen einer Reihe anderer Faktoren nur als Folgeerscheinung von Abbau und Aufbau des Planktons zu werten sind. Die Aufgabe dieser Arbeit soll es sein, an einigen ausgewählten, charakteristischen Punkten der Unterelbe zwischen Hamburg und der See die Ausbildung des Phytoplanktons im Zusammenhang mit dem Salzgehalt zu untersuchen. Wie bei den oben erwähnten Untersuchungen bei Cuxhaven haben wir auch hier eine Auswahl anderer chemischer Faktoren in die Betrachtung mit einbezogen. Während in der früheren Untersuchung der zeitliche Wechsel von Phytoplankton und Hydrochemie im Vordergrund unseres Interesses stand, sollen in der vorliegenden Arbeit mehr die örtlichen Veränderungen behandelt werden. Es ist klar, daß einer solchen Untersuchung Schwierigkeiten rein technischer Art entgegenstehen, da die Probeentnahmen von einem Fahrzeug aus nicht gleichzeitig an verschiedenen Orten durchgeführt werden können. Neben den üblichen hydrographisch-chemischen Faktoren, wie Salzgehalt, Temperatur, Trübung usw., haben wir auch den Gehalt an organischer Substanz, Chlorophyll und Eiweiß bestimmt. KREY (1952—56) wies schon bei seinen Arbeiten über diese Faktoren in der freien See auf die Schwierigkeiten einer Deutung der Zusammenhänge mit dem Plankton hin. In einem Fluß werden diese Schwierigkeiten durch viele schwer übersehbare Einflüsse noch viel größer, z. B. Einleitungen von Abwässern, Zuflüsse, Einschwemmungen vom Ufergelände usw. Wir haben diese Faktoren trotzdem bestimmt und versucht, sie mit der Phytoplanktonentwicklung in Beziehung zu setzen.

II. Hydrochemischer Teil:

1. Methodik

Für die Untersuchung wurden einige charakteristische Untersuchungsstationen ausgewählt (Abb. 1).

1. Blankenese (km 635, Tonne G): Oberste Station, durch Hamburger städtische und Industrieabwässer mehr oder weniger verunreinigtes Flußwasser.

2. Glückstadt (km 675, Tonne 3 u. F): Die obere Begrenzung der oligohalinen Zone liegt in diesem Gebiet. Von hier ab macht sich schon der Salzgehalt in steigendem Maße bemerkbar.

3. Scheelenkuhlen (km 685, Tonne G u. 25): Gebiet starker Trübung und Sedimentationen, obere Grenze der mesohalinen Zone.

3a. Vor Brunsbüttel (km 700), dem Eingang zum Nordostseekanal, wurde nur einmal eine Probe entnommen (November 1956).

4. Vor Otterndorf-Medemmündung (km 710, Tonne 19): Obere Grenze der meio-mesohalinen Zone. Von hier ab nimmt der Salzgehalt schnell zu, außerdem beginnt hier das Gebiet der großen Salzgehaltsschwankungen.

5a/b. Cuxhaven (km 724 u. 728, in Abb. 1 als 725 zusammengefaßt): Obere Grenze der polyhalinen Zone, Salzgehaltssprungzone. Hier wurden auf kleinem Raum gelegentlich zwei Proben entnommen (Tonne 16 und Tonne 14, früher Tonne 14a bzw. 13).

6.—8. Elbefeuerschiff 3, Elbefeuerschiff 2, Elbefeuerschiff 1: Polyhaline Zone und Westwasserzone, Gebiet zunehmenden Salzgehalts.

Die Fahrten wurden zum Teil mit dem Forschungskutter „Uthörn“ unter Führung von Kapitän HORNSMANN, zum Teil mit dem Fischereiaufsichtsfahrzeug „Hannover“ unter Führung des 1. Fischmeisters ERMONEIT ausgeführt.*) Da die Fahrten für unsere Untersuchungen sich oftmals in den Rahmen größerer anderer Untersuchungsfahrten einfügen mußten und auch gelegentlich stürmisches Wetter die Probeentnahme besonders in der Außenelbe verhinderte, konnte unser Programm nicht so erfüllt werden, wie wir es geplant hatten. Auf diese Weise entstanden gelegentlich Lücken in dem Ablauf der Probeentnahmen. Ursprünglich war jeweils eine Talfahrt mit ablaufendem Wasser (Ebbe) und eine Bergfahrt mit auflaufendem Wasser (Flut) vorgesehen. Auch diese ließen sich meist aus Termingründen nicht einhalten. So fanden einige Talfahrten gegen die Flut statt. Auf die Einzelheiten wird weiter unten bei den Besprechungen eingegangen. Außerdem war es wie auch bei unseren früheren Fahrten nicht möglich, die gesamte Fahrt in einer Tide (besonders bei der Talfahrt) durchzuführen. Durch die hierdurch erforderlichen Fahrtunterbrechungen ergeben sich meist

*) An dieser Stelle möchten wir den Schiffsführern und den Schiffsbesatzungen für ihre Hilfe danken.

Sprünge im Kurvenverlauf, wenn z. B. eine Fahrt in Cuxhaven mit dem letzten ablaufenden Wasser beendet wird und am nächsten Tag mit dem ersten ablaufenden Wasser wieder beginnt. Insgesamt führten wir drei Fahrten durch:

- die erste Fahrt am 9., 10. und 16. November 1955,
- die zweite Fahrt am 11., 12. und 17. Mai 1956,
- die dritte Fahrt am 16., 17., 18. und 22. November 1956.

Die Abflußmengen am Pegel Darchau waren an den betreffenden Untersuchungsfahrten wie folgt:

9. 11. 1955:	575 m ³ /s
10. 11. 1955:	565 m ³ /s
16. 11. 1955:	490 m ³ /s
11. 5. 1956:	1400 m ³ /s
12. 5. 1956:	1370 m ³ /s
17. 5. 1956:	1195 m ³ /s
16. 11. 1956:	1180 m ³ /s
17. 11. 1956:	1150 m ³ /s
18. 11. 1956:	1150 m ³ /s
22. 11. 1956:	975 m ³ /s

Sämtliche Proben waren Oberflächenschöpfproben. Wir bestimmten wie in den früheren Untersuchungen folgende Faktoren: 1. Wassertemperatur, 2. Salzgehalt nach MOHR, 3. pH-Wert kolorimetrisch nach CZENSNY, 4. SBV mit n/10 HCl und Methylorange, 5. Ammonium kolorimetrisch nach CZENSNY, 6. Nitrit kolorimetrisch nach CZENSNY, 7. Nitrat kolorimetrisch nach GAD, 8. Silizium nach KALLE, 9. Gesamtphosphat nach KALLE, 10. Trübung photometrisch, 11. Sestongehalt in mg/l, 12. organische Substanz in mg/l, 13. Eiweiß in mg/l (Biuretreaktion) nach KREY, 14. Chlorophyll in γ /l nach KREY.

2. Ergebnisse

Die chemischen Ergebnisse aller Fahrten sind aus den Tabellen 1 bis 3, Seite 170—171, zu entnehmen, einzelne besonders interessierende Faktoren sind noch einmal graphisch dargestellt (Abb. 2 bis 5).

Die Wassertemperaturen bewegten sich bei unseren Fahrten in folgenden Grenzen:

November 1955: 7,1° bei km 635 (Blankenese), um 10,4° bei Feuerschiff Elbe 1; Mai 1956: 14,2° bei km 635 (Blankenese), 10,0° bei Feuerschiff Elbe 1; November 1956: 4,2° bei km 720 (Cuxhaven), 8,8° bei Feuerschiff Elbe 1. Da der Salzgehalt für die Zusammensetzung einer Phytoplanktongemeinschaft eine wesentliche Rolle spielt, wurden die Ergebnisse unserer Salzgehaltsbestimmungen in Abb. 2 zusammengefaßt. Es ergibt sich der für

eine Flußmündung typische Verlauf. Flußabwärts von Blankenese bis etwa Glückstadt-Scheelenkuhlen sind die Werte noch recht niedrig. Von hier ab beginnt dann der schnellere Anstieg, der sich bis zur See hin fortsetzt. Unregelmäßigkeiten im Kurvenverlauf erklären sich durch die notwendigen Fahrtunterbrechungen während der Untersuchungen bzw. durch den Tidenverlauf während der Fahrt.

Die pH- und SBV-Werte zeigen das typische, schon in unseren früheren Untersuchungen angegebene Bild. Nach See hin nehmen beide Werte etwas zu. Die pH-Werte liegen zwischen 7,4 und 7,8; die SBV-Werte zwischen 1,9 (km 635 Blankenese) und 3,2 (Westwasserzone).

Die Bestimmung auf Ammonium und Nitrit ist nicht auf allen Fahrten gemacht worden. Wo diese Stoffe bestimmt wurden, zeigt sich, daß die Werte im Hamburger Gebiet durch Abwässer relativ hoch sind und nach See hin abnehmen. In Cuxhaven können sich die Werte durch die Einleitung städtischer Abwässer und Absterbevorgänge im Plankton erhöhen. Ähnliches gilt auch für die Nitratwerte. Die Werte des Gesamtphosphors zeigen auf der Strecke zwischen Hamburg und Cuxhaven keine allzu großen Schwankungen. In der Außenelbe nach See hin ist im allgemeinen eine Abnahme festzustellen, die einmal durch die Aufmischung mit dem phosphatarmen Seewasser, zum anderen durch die Zehrungsvorgänge zu erklären ist. Besonders interessant sind die Verhältnisse beim Silizium, das ein wichtiger Baustoff der Kieselalgen ist. In unseren früheren Untersuchungen (1953 u. 1954) konnten wir bereits auf gewisse Beziehungen zwischen dem Bestand an Diatomeen und dem Vorkommen von Silizium hinweisen. In dem vorliegenden Material wurde nicht nur die Menge der lebenden, sondern auch die der toten Phytoplankter erfaßt. (Fahrten Mai und November 1956). Auf diese Weise ist es möglich, die Beziehungen deutlicher zum Ausdruck zu bringen. In Abb. 3 ist für die Fahrten Mai und November 1956 die Kurve des Siliziumgehaltes derjenigen des prozentualen Anteils toter Phytoplankter im Gesamtphytoplankton gegenübergestellt. Dieser Vergleich zeigt deutlich:

Mit der Zunahme des prozentualen Anteils toter Diatomeen steigt auch der Siliziumgehalt im Wasser und umgekehrt.

Neben den bisher besprochenen hydrographisch-chemischen Faktoren bestimmten wir auf den Fahrten an den ausgewählten Stationen den Trübungswert und den Gehalt an Seston und organischer Substanz. Die hierbei gefundenen Werte sind in der Abb. 4 dargestellt. Die Trübung erreicht ihre höchsten Werte zwischen Glückstadt und Brunsbüttel, also in dem Raum, in dem sich der erste Einfluß des Salzgehalts bemerkbar macht. In der Außenelbe, seewärts von Cuxhaven, nimmt die Trübung durch Aufmischung mit dem Seewasser ab. Parallel zu den Trübungswerten (K-Wert) verläuft die Kurve des Sestons (Seston mg/l). Beide Kurven unterliegen im Untersuchungsgebiet erheblichen Schwankungen. Wesentlich ausgeglichener ist

die Kurve für die im Seston enthaltene organische Substanz. Die starken Schwankungen der Trübungswolke bestehen also zum größeren Teil aus anorganischen Bestandteilen. Hierfür ist einmal das normale hydrographische Geschehen (KÜHL u. MANN 1953, LUCHT 1953, LÜNEBURG 1939) verantwortlich, wie wir es in allen Tideflüssen wiederfinden, zusätzlich werden aber der Elbe durch die Hamburger Abwässer und Einschwemmungen aus den Nebenflüssen und Entwässerungsgräben große Mengen an Detritus zugeführt, die sich im Bild der Trübungskurve bemerkbar machen. Eine Beziehung zum Planktongehalt konnte hier nicht erwartet werden.

Die Ergebnisse der Albumin- und Chlorophyllbestimmung sind in Abb. 5 für alle Fahrten dargestellt. Auch hier konnten keine eindeutigen Beziehungen zum Phytoplankton festgestellt werden. Es ist möglich, daß hier ebenso, wie schon beim Seston ausgeführt, störende Einflüsse durch Abwässereinleitungen, Einschwemmungen usw. vorhanden sind, die das Bild beeinträchtigen. Ferner muß man sich vor Augen halten, daß das Phytoplankton nur zu einem sehr geringen Anteil an der Zusammensetzung der organischen Substanz und des Albumins beteiligt ist. So ist es auch nicht verwunderlich, daß die vom Phytoplankton gebildeten Mengen an Albumin und organischer Substanz auch nicht von wesentlichem Einfluß auf die Gesamtmengen dieser Substanzen im Fluß sind. Doch müssen wir darauf hinweisen, daß deutliche Parallelen zwischen den Kurven des Gehaltes an Seston bzw. organischer Substanz und denen des Gehaltes an Albumin zu verzeichnen sind.

Eines kommt bei allen Kurven deutlich zum Ausdruck, das ist der Abfall in der Außenelbe nach See zu. Höhere Werte in der polyhalinen Zone stehen möglicherweise mit der stärkeren Entwicklung von Phytoplankton in diesem Gebiet im Zusammenhang.

Hydrographische und chemische Ergebnisse der Untersuchungsfahrten

Ort	Tag	Std.	WT	Cl ^o / ₀₀	pH	SBV	Si mg/l	NH ₄ mg/l	NO ₂ mg/l	NO ₃ mg/l	P ₂ O ₅ Ges. γ/l	Trbg. K.	Seston mg/l	Org.S. mg/l	Chlor- ph. γ/l	Albu- min mg/l
km 635	1955 9. 11.	1030	7,1	0,25									16,7	7,9	0,53	0,45
km 675		1315	7,6	0,25									23,8	4,9	0,77	0,55
km 685		1400	7,5	0,70									102,0	24,8	0,46	0,45
km 710		1515	7,7	4,96									78,7	25,0	0,77	0,15
km 724		1545	7,7	6,33									71,4	19,6	0,76	0,25
km 724	10. 11.	1030	8,3	12,13	7,5	2,5	3,2	0	+	8,25	60	54	43,9	10,1	0,70	0,45
FS E 3		1130	8,7	13,44	7,5	2,6	2,7	0	0	6,50	60	44	27,3	6,7	0,49	0,14
FS E 2		1215	9,1	15,69	7,6	2,4	1,7	+	+	3,50	69	54	20,6	5,0	0,34	0,60
FS E 1		1315	10,4	17,48		2,5	0,9			2,0	46	26	15,1	5,5	0,17	0,57
FS E 1	16. 11.	0950	9,6	17,23		2,6	1,5			1,5	55	24	18,2	7,2	0,17	0,55
FS E 2		1050	8,3	14,36	7,5	2,4	1,1			4,25	72	36	55,6	16,2	0,85	0,64
FS E 3		1145	7,6	12,20	7,5	2,4	2,0	0	0	6,25	69	74	89,8	21,6	0,73	0,55
km 724		1225	7,5	10,14	7,5	2,4	2,9	+	0,05	10,0	95	62	58,5	12,7	7,50	0,57
km 635	1956 11. 5.	1430	14,2	0,35		1,9	1,9			9,5	29	42	15,5	5,5		4,15
km 675		1745	13,5	0,39		2,9	3,0			12,0	23	28	16,3	4,0		1,56
km 685		1830	13,1	0,46		2,0	3,7			12,5	26	44	23,4	5,6		1,38
km 710		1945	12,5	0,82		2,1	4,8			14,7	32	90	55,0	8,7	0,29	1,60
km 724	12. 5.	1430	12,1	8,76		2,4	2,3			7,25	29	26	22,5	4,6	0,30	0,40
km 728		1455	11,2	12,52		2,5	1,4			6,5	23	28	8,9	0,7	0,85	0,33
FS E 3		1530	11,1	10,39		2,5	1,2			3,5	20	30	15,9		0,22	0,85
FS E 2		1620	10,6	14,40		2,6	1,0			3,25	14	26	10,6	6,1	0,29	0,85
FS E 1		1655	10,2	14,86		2,6	0,9			3,30	20	24	5,8	3,5	0,45	0,48

Ort	Tag	Std.	WT	Cl % ₀₀	pH	SBV	Si mg/l	NH ₄ mg/l	NO ₂ mg/l	NO ₃ mg/l	PaO ₅ Ges. γ/l	Trbg. K	Seston mg/l	Org.S. mg/l	Chlor- ph. γ/l	Albu- min mg/l
FS E 1	1956	1420	10,0	17,16		2,6		0	0	3,25	26	20				
FS E 2	17.	1510	12,4	13,97	7,7	2,6	1,1	0	+	7,25	17	12				
FS E 3		1600	12,7	8,83	7,7	2,2	1,7	0	0,12	9,75	52	36				
km 728		1635	12,3	8,62	7,7	1,9	2,3	0	0,18	10,0	63	32				
km 724		1650	12,0	9,11	7,6	2,3	2,1	+	0,18	9,75	49	34				
km 635	17. 11.	0900	6,7	0,18		1,9	5,0			19,5	61	14	38,0	7,25	0,36	1,80
km 675		1130	6,2	0,18		2,3	4,3			20,7	58	36	38,8	6,38	0,38	6,60
km 685		1230	6,5	0,28		2,4	5,6			21,0	75	66	15,0	4,12	0,37	3,0
km 700		1310	6,5	0,85		2,7	5,7			23,0	78	110				
km 710		1430	7,0	6,49		3,0	4,2			13,7	66	58	47,4	7,73	0,19	3,10
km 724		1505	7,3	8,33		2,7	3,7			14,0	61	60	120,0	30,46		2,90
km 724	18. 11.	0840	6,7	3,40	7,4	3,0	4,4	+	0,1	13,75	60	180	103,1	17,46	0,44	4,50
km 728		0920	6,7	4,01	7,4	2,8	4,8	0,5	0,1	18,75	55	98	67,8	12,22	0,11	4,10
FS E 3		1005	7,1	9,57	7,5	2,9	3,0	+	+	9,25	55	136	138,5	20,9	0,48	4,90
FS E 2		1125	8,0	13,51	7,5	3,2	2,6	0	+	4,50	52	28	32,4	5,95	0,83	1,30
FS E 1		1235	8,8	16,49	7,5	2,9	1,5	0	+	2,25	49	10	26,6	12,95	0,55	0,30
FS E 1	22. 11.	1210	6,9	17,48	7,7	2,9	0,8	0	0	2,0	26	16	10,6	1,71	0,55	0,21
FS E 2		1300	6,2	14,82	7,8	3,0	1,6	0,5	+	4,75	35	22	20,5	3,31	0,30	0,30
FS E 3		1340	5,2	11,54	7,6	3,0	2,7	+	0,05	8,25	43	62	74,7	10,42	0,68	0,67
km 728		1515	4,2	8,55	7,5	2,8	3,6	+	0,08	15,0	52	80	61,0	10,26	0,61	0,57
km 724		1530	4,8	7,34	7,5	2,8	3,9	+	0,10	15,0	63	104	135,5	22,58	0,35	1,58
km 724	16. 11.	0835	6,2	4,90	7,7	2,7	3,0	0,5	+	13,75	86	78	17,9	3,31	0,37	3,45
km 710		0900	6,6	2,90	7,7	2,7	3,9	0,5	0,1	15,0	133	98	39,5	7,10	0,42	6,0
km 685		1010	6,4	0,20	7,4	2,3	3,4	1,5	+	22,75	115	44	78,5	12,42	0,26	3,30
km 675		1045	6,2	0,16	7,4	2,4	3,4	1,5	+	11,0	121	52	50,0	7,44	0,44	4,85
km 635		1245	6,5	0,16	7,4	2,2	1,9	1,5	+	9,75	76	36	70,6	13,73	0,37	1,50

III. Phytoplankton

1. Methodik

In der vorliegenden Arbeit wurde das Phytoplankton in gleicher Weise wie bei unseren früheren Untersuchungen über die Verteilung des Planktons während einer Tide (BURSCHE, KÜHL u. MANN 1958) bearbeitet. Es wurden Schöpfproben von der Oberfläche an den oben gekennzeichneten Stationen entnommen und an Ort und Stelle zu 100 ccm Probenwasser 1 ccm Lugolsche Lösung und im Laboratorium 1 ccm Formalin zugegeben. Bei der Bearbeitung des Planktons der ersten Fahrt vom November 1955 wurden noch nicht lebende und tote Formen bei allen vorkommenden Algen unterschieden; auf Grund der Erfahrungen dieser Fahrt wurde bei den zwei folgenden Fahrten (Mai und November 1956) das Plankton getrennt nach toten und lebenden Individuen mit dem Utermöhlschen Mikroskop ausgezählt. Es war jedoch nicht möglich, alle Formen nach Arten zu erfassen. Schon HENTSCHEL (1942) weist auf die Schwierigkeiten bei der Durchführung derartiger Arbeiten hin. Es sind deshalb zum Teil nur Gattungen oder sogar Gruppen wie „unbestimmbare Diatomeen“ angegeben worden. Gezählt wurden in der Regel Einzelzellen; nur bei *Skeletonema costatum* gilt ein Faden mit einer durchschnittlichen Zellenzahl von 7 bis 8 Zellen oder bei *Scenedesmus* und *Pediastrum* ein Coenobium als ein Organismus. Auch in dieser Arbeit fand wieder nur das Schöpfplankton Berücksichtigung, obwohl ebenfalls Netzplankton quantitativ entnommen und auch im umgekehrten Mikroskop bearbeitet worden ist. Da jedoch in der überwiegenden Zahl der Fälle die in der Volumeneinheit der Probe ermittelten Individuenzahlen beim Netzplankton geringer waren als beim Schöpfplankton, ist das Netzplankton bei der Auswertung der Ergebnisse unbeachtet geblieben, zumal das Zooplankton nicht in die Bearbeitung einbezogen wurde. In der Regel sind 1, 5 oder 10 ccm des Probenwassers durchgezählt worden. Da der Detritusgehalt des Elbewassers vielfach sehr groß war, konnten größere Wassermengen nicht durchmustert werden. Gegebenenfalls mußten mehrere 1- oder 10-ccm-Kammern ausgezählt werden, Probenmengen jedenfalls, die nach HENTSCHELS Untersuchungsergebnissen die beste Ausbeute bei der Bearbeitung des pflanzlichen Planktons liefern.

2. Gesamtphytoplankton

Das Phytoplankton des von uns untersuchten Elbeabschnitts setzt sich aus der Mischung zweier ganz verschiedener Planktongemeinschaften zusammen. Einerseits haben wir bei Flußkilometer 635 (Blankenese) ein reines Flußplankton, auf der anderen Seite finden wir auf der äußersten Station, dem Feuerschiff Elbe 1, ein Küstenplankton. In dem Mündungsgebiet mischen sich beide Wasserkörper in breiter Front. Durch die jeweilige Einwirkung des gegensätzlichen Wasserkörpers auf das Phytoplankton, z. B. Meerwasser auf Süßwasserplankton, wird eine ungünstige oder sogar ver-

nichtende Wirkung ausgeübt. Möglicherweise wird im Gebiet der Trübungszone (GESSNER 1957, KOLBE 1927, VÄLIKANGAS 1923) auch die starke Lichtabsorption, die im Durchschnitt nach GESSNER in 15 cm Wassertiefe schon 68 % des einfallenden Lichtes beträgt, eine negative Rolle spielen. Im Trübungszentrum, das zwischen Glückstadt und Brunsbüttel hin- und herpendelt, gestalten sich die Lichtverhältnisse besonders ungünstig. Die Lichtdurchlässigkeit des Wassers wird also auf der untersuchten Strecke sehr unterschiedlich sein, was sich sicher auch auf den Umfang der Phytoplanktonentwicklung auswirkt. Hinzu kommt noch, daß in der Trübungszone durch die starke Bewegung der Trübungsteilchen die Entwicklung rein mechanisch erheblich beeinträchtigt werden kann. Ähnliche Erscheinungen sind vom Neusiedler See (GEYER u. MANN 1939) her bekannt. Schließlich spielen auch die Abwasserzuflüsse in der Elbe für die Zusammensetzung der Phytoplanktongemeinschaft eine Rolle.

Das Phytoplankton nimmt deutlich von Blankenese (Flußkilometer 635), unserer obersten Station, in Richtung auf die See hin ab (Abb. 6). Die größten Phytoplanktonzahlen finden wir bei Glückstadt (km 675) und Scheelenkuhlen (km 685), die geringsten in der Außenelbe bei den Feuerschiffen Elbe 1 und Elbe 2. Das Phytoplanktonmaximum bei Glückstadt und Scheelenkuhlen ist offensichtlich auf die düngende Wirkung der Hamburger Abwässer zurückzuführen. Das Hamburger Abwasser wird auf der Strecke bis Schulau-Wedel (km 640) mineralisiert und bildet die Grundlage für die starke Phytoplanktonentwicklung auf der Strecke etwas weiter abwärts. Auch die von KOLBE, VÄLIKANGAS u. a. erwähnte stimulierende Wirkung des Salzgehalts auf die halophilen Formen mag sich in diesem Gebiet bemerkbar machen.

Betrachtet man das Verhältnis lebender zu toten Algen, so wird das zuvor Gesagte noch einmal bestätigt. Ganz allgemein ist der Prozentsatz der toten Formen im Verhältnis zum Gesamtphytoplankton sehr hoch, durchschnittlich jedenfalls viel höher als normalerweise im Süßwasser. In der Gegend von Blankenese (km 635) findet das Süßwasserplankton gute Lebensbedingungen und weist einen dementsprechenden Individuenreichtum auf. Unterhalb Blankenese nimmt der Anteil toter Algen sehr bald zu. Er besteht zum größten Teil aus abgestorbenen Cyclotellen bzw. Stephanodiscen, *Melosira*-Arten und „unbestimmbaren“ Diatomeen. Da beim Auszählen dieser Algen in keinem Fall die Arten mit Sicherheit getrennt werden konnten, ist es auch nicht möglich, anzugeben, welche Oekotypen im engeren Sinne diesem Absterbeprozess anheimfallen. Er kann aber wohl allgemein darauf zurückgeführt werden, daß bei Glückstadt (km 675) die obere Brackwassergrenze verläuft. Das hat zur Folge, daß alle salzempfindlichen Formen absterben, während die indifferenten, besonders aber die halophilen Algen, günstige Lebensverhältnisse vorfinden.

Welche Algen bedingen die Planktonmaxima? Im November 1955 sind es cyclotellaartige Diatomeen, *Melosira*-Arten (*granulata* und *ambi-*

gua), *Ankistrodesmus falcatus* und *Scenedesmus*-Arten gewesen, deren Individuenzahl von Blankenese bis Scheelenkuhlen zunahm.

Am 11. Mai 1956 waren es ebenfalls die cyclotellaartigen Formen, *Ankistrodesmus falcatus* sowie *Nitzschia acicularis*, die in erster Linie bei Glückstadt den größeren Individuenreichtum gegenüber Blankenese herbeiführten.

Am 17. November 1956 kamen sowohl die cyclotellaartigen und *Ankistrodesmus*- als auch einige *Scenedesmus*-Arten bei Scheelenkuhlen in größerer Anzahl vor als bei Blankenese.

Am 16. November 1956 ist der erhöhte Individuenreichtum von *Melosira* ausschlaggebend für den Planktonreichtum bei Glückstadt.

Auch am 17. November 1956 war *Melosira* bei Glückstadt doppelt so stark vertreten wie bei Blankenese, doch sind die anderen Algen dort nur in geringfügigerer Anzahl vorhanden gewesen. Interessant ist ein Vergleich zwischen den Fahrten am 11. Mai und 17. November 1956. Bei der Maifahrt nimmt der Salzgehalt auf der Strecke bis Otterndorf (km 710) kaum zu, wohingegen am 17. November von Brunsbüttel (km 700) ab eine außerordentlich starke, sprunghafte Zunahme auftritt. Dementsprechend nimmt die Gesamtzahl der Phytoplankter im Mai auf der Strecke nicht im gleichen Maße wie bei der Fahrt im November ab. Die größere Gesamtmenge des Phytoplanktons im Mai mag auf die jahreszeitlichen Unterschiede zurückzuführen sein.

In der Gegend der Medem-Mündung—Otterndorf (km 710), der oberen Grenze der meio-mesohalinen Zone, ist auffallend wenig Plankton zu finden. Hier macht sich die sprunghafte Steigerung des Salzgehalts, der außerdem noch ständigen Schwankungen unterworfen ist, stark bemerkbar. Im Gebiet der Feuerschiffe, also in der Außenelbe, sind zwar die absoluten Individuenzahlen nicht so hoch, aber der Anteil der toten Formen ist außerordentlich gering. Es handelt sich um ein marines Phytoplankton, das bei diesen Salzgehalten gute Lebensbedingungen findet. Bei Feuerschiff Elbe 3, wo die Sprunzzone beginnt, ändert sich auch ebenso „sprunghaft“ die Planktonzusammensetzung.

3. Meeresalgen

a) Artenbestand:

Die Abbildung 7 gibt einen Überblick über den wechselnden Artenbestand in der Phytoplanktongesellschaft auf der Untersuchungsstrecke. In dieser Abbildung kamen nur lebende Formen zur Darstellung, und zwar solche, die bei der Auswertung der Planktonproben eindeutig als Art erkannt werden konnten, ferner nur diejenigen Arten, die als Meeres- oder Süßwasser-algen in ihren Milieuansprüchen bekannt sind. *Coscinodiscus*-Arten sind zusammengefaßt, weil sie lebend oft nicht auf die Art hin bestimmt werden konnten, denn das Chloroplastenmosaik verdeckt bei der

„schwachen“ Zählvergrößerung die Wandstruktur. Für die *Chaetoceras*-Gruppe gilt das gleiche.

Die Grenze für die Meeresalgen liegt im großen und ganzen bei Otterndorf (km 710). Selbstverständlich wird diese Grenze durch die ständig wechselnden Tiden und Oberwassermengen (BURSCHÉ, KÜHL u. MANN 1958) hin- und hergeschoben, so daß auch gelegentlich weit oberhalb noch Meeresformen zu finden sind. So war z. B. diese Grenze am 11. Mai 1956 elbeaufwärt und am 16. November 1956 elbeabwärts verschoben. Zu berücksichtigen ist außerdem noch, daß die weiter oberhalb vorkommenden Meeresplankter nur durch einige wenige Individuen repräsentiert werden, diese aber das Gesamtbild der Phytoplanktongesellschaft nicht maßgebend beeinflussen. Das Artenmaximum der Meeresplankter ist nicht an eine bestimmte Untersuchungsstation gebunden, sondern liegt fast bei jeder Untersuchungsfahrt an einer anderen Station. Selbstverständlich spielt hierfür der Salzgehalt eine ausschlaggebende Rolle. Bei einem Vergleich der Salzgehalte mit der Artenzahl hinsichtlich Größenordnung und Tendenz der Werte zeigt sich daher auch eine gute Übereinstimmung.

Besonders deutlich kommen diese Zusammenhänge zum Ausdruck, wenn man die Form der Salzgehaltskurve betrachtet und eine Trennung in Außenelbe (unterhalb von Cuxhaven) und Untereelbe (oberhalb von Cuxhaven) vornimmt. Am 10. November 1955 und 12. Mai 1956 z. B. ist der Salzgehalt in der Außenelbe hoch, dementsprechend ist auch die Artenzahl der Meeresplankter recht hoch. Im November 1956 fällt der Salzgehalt elbeaufwärts sehr stark ab, das gleiche gilt auch für die Artenzahl der Meeresformen. Auf der Untereelbe, also oberhalb Cuxhavens, lassen sich die Fahrten vom 9. November 1955 und 17. November 1956 derjenigen vom Mai 1956 gegenüberstellen. In den Novemberproben sind die Meeresplankter entsprechend dem höheren Salzgehalt stärker vertreten, während sie im Mai bei einem niedrigeren Salzgehalt auch nur in geringeren Mengen vorkommen. Außerdem darf bei dem Vergleich der Artenzahlen von Süß- und Seewasserformen nicht übersehen werden, daß neben dem direkten Einfluß des Salzgehalts noch die Vermischung mit dem planktonarmen Meerwasser eine Rolle spielt. So kann es vorkommen, daß bei Feuerschiff Elbe 1 die Artenzahl der Meeresplankter kleiner ist als bei Feuerschiff Elbe 2. Weiterhin spielt die Wasserführung, d. h. die Menge des Oberwassers, für das Auftreten von Meeresformen im Mündungsgebiet eine Rolle. Durch die größeren Mengen Süßwasser kann der Salzgehalt in seiner Höhe bei den Stationen stark beeinflußt werden (vgl. Mai und November 1956 Untereelbe Abb. 2).

Zur Zeit der Untersuchungen lag die Verbreitungsgrenze einzelner mariner Algen bei folgenden Stationen:

Feuerschiff Elbe 1 bis Elbe 2:

Dinophysis acuta, *Dictyocha fibula*,

Cuxhaven (km 720):

Biddulphia sinensis und *B. mobiliensis*, *Rhizosolenia hebetata* und *R. imbricata*, *Skeletonema costatum*, *Asterionella japonica*, eine ähnliche Form wie *Asterionella kariana*, *Thalassionema nitzschioides*, *Eucampia zodiacus*, *Nitzschia closterium*,

oberhalb von Cuxhaven:

Biddulphia aurita, *Actinopterychus undulatus* und *Coscinodiscus*-Arten.

b) Individuenzahl:

Abbildung 8 läßt deutlich erkennen, daß das Meeresphytoplankton im Mai 1956 viel individuenreicher war als im November 1956. Dieser Individuenreichtum der Maiprobe beruhte in erster Linie auf dem Vorkommen von *Skeletonema costatum* und *Nitzschia closterium* wie *Rhizosolenia*-Arten. In den Novemberproben trat keine Meeresalge in so reicher Zahl auf wie im Mai. Die auffallenden mengenmäßigen Unterschiede in den Monatsserien sind allein auf jahreszeitlich bedingte Unterschiede in der Zusammensetzung der Phytoplanktongesellschaft zurückzuführen. Die Individuenzahl der Meeresphytoplankter nimmt in der Unterelbe entsprechend der Zunahme des Süßwassers ab. Auffällig sind die hohen Individuenzahlen in der polyhalinen Zone zwischen Cuxhaven und Feuerschiff Elbe 3. In diesem Gebiet werden die Nährstoffe verbraucht, die in der oberhalb liegenden Absterbezone frei wurden. Bereits THIEMANN (1934) hatte auf die Massenentwicklung von Phytoplankton im Raum von Feuerschiff Elbe 3 hingewiesen.

4. Süßwasseralg en

a) Artenbestand:

Die Anzahl der Süßwasserarten ist bei Blankenese (km 635), unserer obersten Station, am höchsten. Von Glückstadt ab macht sich in zunehmendem Maße der Salzgehalt bemerkbar, der immer mehr Süßwasserarten aus der Phytoplanktongemeinschaft verschwinden läßt, wie auch von anderen Flußmündungsgebieten gut bekannt ist (GESSNER 1957, KRAEFFT 1908, THIEMANN 1934). Wenn der Süßwasserartenbestand z. B. bei Cuxhaven (km 725) um ein bis zwei Arten reicher ist als bei Otterndorf (km 710), so besagt das nichts Grundsätzliches. In diesem Gebiet kommen die Süßwasseralg en z. T. nur noch in ganz geringer Individuenzahl vor, und es liegt in der Natur der Untersuchungsmethodik, daß bei der Durchsicht der Proben einer Untersuchungsstation die individuenarme Art einmal zufällig vorhanden ist und das andere Mal nicht. Man darf die angegebenen Werte demzufolge nur größenordnungsmäßig und nicht absolut betrachten.

Die vorhandenen Arten waren: *Stephanodiscus Hantzschii*, *Cyclotella Meneghiniana* und *Cyclotella Meneghiniana f. plana*, *Melosira granulata* und *M. ambigua*, *Asterionella formosa*, *Diatoma elongatum*, *Nitzschia acicularis*, *Scenedesmus* div. spec. und *Ankistrodesmus talcatus*. Ferner wäre

noch *Actinocyclus Normanii* zu nennen, die nur mit Vorbehalt unter den Süßwasseralglen Erwähnung finden darf. Wenn diese Kieselalge trotzdem an dieser Stelle angeführt wird, dann deshalb, weil die Untersuchungsergebnisse der Tagesserien bei Cuxhaven (BURSCHE, KÜHL u. MANN 1958) gezeigt haben, daß *Actinocyclus Normanii* in ihrem tageszeitlichen Mengenvorkommen genau dem Rhythmus der Süßwasseralglen folgt. Dieses den Süßwasserphytoplanktern ähnliche Verhalten von *Actinocyclus Normanii* hatte auch schon THIEMANN (1934) in seiner Arbeit hervorgehoben. Nach unseren und den THIEMANNschen Untersuchungen kommt diese Diatomee zwischen Glückstadt und Cuxhaven vor. Wir möchten sie demzufolge nach KOLBE (1927) als stenohalinen Brackwassertyp bezeichnen, was der HUSTEDT'schen Formulierung (1957) „ β -mesohalob“ wohl nicht widerspricht. Alle anderen zuvor angeführten Alglen gehören zu den indifferenten Formen, bis auf die *Cyclotella*-Arten, die nach der KOLBE'schen und HUSTEDT'schen Definition dem ökologischen Typus der halophilen Alglen zuzurechnen wären. Ihrem Vorkommen nach müßten auch *Ankistrodesmus falcatus* und *Scenedesmus quadricauda* dieser Gruppe zugerechnet werden. Das Verbreitungsgebiet von *Scenedesmus* reicht auch nach THIEMANN über Cuxhaven hinaus.

b) Individuenzahl

In gleicher Weise, wie wir für die Artenzahl ausführten, ist auch die Individuenzahl der Süßwasserplankter zwischen Blankenese (km 635) und Glückstadt (675) am größten. Sie nimmt nach See hin deutlich ab. Jedoch spielt die Menge des Oberwassers eine wesentliche Rolle, ob Süßwasserformen bis Cuxhaven oder sogar darüber hinaus vordringen können. Nach unseren Untersuchungen können wir feststellen, daß bei Cuxhaven je nach der Wasserführung ein ausgesprochenes Mischplankton oder Küstenplankton vorherrscht. Dieser Flußabschnitt beherbergt also, nicht wie BARR (1954) angibt, stets in beiden Tidenphasen, sondern nur zu gewissen Zeiten eine marine oder Küsten-Biocoenose. Vergleicht man Abbildung 8 mit der Abbildung 2, in der der Salzgehalt auf den Stationen dargestellt ist, so zeigen sich die Zusammenhänge zwischen Salzgehalt und Entwicklung des Süßwasserplanktons deutlich.

Wenige halophile Süßwasserphytoplankter können weit abwärts in der mesohalinen, z. T. sogar in der polyhalinen Zone in geringen Mengen lebend angetroffen werden. Ähnliche Beobachtung machten wir auch bei unseren Untersuchungen über den Wechsel der Planktonzusammensetzung bei Cuxhaven während einer Tide.

5. Diatomeen

Ein Großteil des Phytoplanktons in unseren Probeserien waren Diatomeen. Zur Zeit unserer Untersuchungen herrschten auch unter den Süßwasseralglen zumeist die Diatomeen vor und nicht, wie THIEMANN (1934) für

seine Untersuchungen im Jahr 1932 angibt, die Grünalgen. Nur im November 1956 hatten an manchen Stellen die Grünalgen das Übergewicht. Bemerkenswert ist zunächst, daß im Mai die Anzahl der toten Individuen in der Unterelbe und der polyhalinen Zone besonders hoch ist. Im November 1956 übertrifft die Zahl der Toten bei weitem die der Lebenden. Auch hier bei den Diatomeen bestätigt sich wieder, daß die Individuenzahl im oberen Teil unserer Untersuchungsstrecke am stärksten ist, wie schon bei Besprechung des Gesamtphytoplanktons zum Ausdruck gebracht wurde.

IV. Besprechung der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit haben wir versucht, den Aspektwechsel in der Zusammensetzung des Elbephytoplanktons mit den hydrochemischen Faktoren des Elbewassers in Zusammenhang zu bringen. Es zeigt sich, daß wir den höchsten Gehalt an Phytoplanktern im Raum von Blankenese-Glückstadt finden. In diesem Gebiet wirken sich sowohl die auf diesem Flußabschnitt größtenteils mineralisierten Hamburger organischen Abwässer als auch der stimulierende Effekt des Salzgehalts in der Weise aus, daß eine Vermehrung der Süßwasserplanktongemeinschaft eintritt. Weiter elbeabwärts wird diese Gemeinschaft durch den zunehmenden Salzwasser-einfluß abgebaut, so daß wir dann zu einem Minimum im Gebiet von Otterndorf-Medem (km 710) kommen. Hier können nur noch diejenigen Süßwasserplankter leben, die auch einen größeren Salzwassergehalt vertragen können. Diese wenigen halophilen Formen können wir auch noch weiter elbeabwärts vorfinden. In dem gleichen Gebiet gehen auch diejenigen Salzwasserformen zugrunde, die den Transport in das salzärmere Wasser nicht vertragen. Außerdem wechselt hier mit Ebbe und Flut der Salzgehalt sehr stark (Sprungzone); das ist der Grund dafür, daß die Salzwasserformen schon auf relativ kurzer Strecke vernichtet werden. Diese Absterbezone stellt nun die Nährstoffbasis für ein zweites, marines Phytoplanktonmaximum dar, das sich zwischen Cuxhaven und Feuerschiff Elbe 3 befindet. Nach See zu „verdünnt“ sich die Planktongemeinschaft recht schnell.

In einem langen Flußabschnitt ist es infolge der außerordentlich komplizierten Strömungsverhältnisse äußerst schwer, den Ablauf des hydrochemischen Geschehens mit dem biologischen Aspekt in Einklang zu bringen. Auffällig und klar sind die Beziehungen zwischen Salzgehalt und Phytoplankton (Abb. 2, 6—8). Recht gute Übereinstimmungen zeigen sich auch zwischen dem Gehalt an Silizium und der Menge der abgestorbenen Phytoplankter (Abb. 3). Ähnliche Abhängigkeiten müßten auch zwischen dem Phytoplankton, organischer Substanz, Eiweiß und Chlorophyll gelten. Hier liegen die Verhältnisse aber schwieriger, da wir mit unseren Bestimmungen nicht nur das Plankton, sondern auch andere allochtone Elemente miterfassen, die die Ergebnisse stark beeinflussen können. Trotz dieser Beeinflussungen lassen unsere Zahlenwerte für Trübung und Seston doch gewisse Beziehungen zur Phytoplanktonentwicklung erkennen. Dort,

wo der Gehalt an Gesamtplankton hoch ist, finden sich auch hohe Werte im Seston. Wesentlich schwieriger ist die Deutung der Untersuchungen über den Gehalt an Albumin und Chlorophyll. Die höchsten Werte an Albumin finden wir in den Gebieten starker Phytoplanktonentwicklung, so z. B. im Raum Glückstadt-Scheelenkuhlen oder bei Cuxhaven. Ähnlich wie bei Seston und organischer Substanz nimmt der Gehalt an Albumin nach See hin ab, da sich hier die Vermischung mit dem nährstoffärmeren Seewasser bemerkbar macht. Wesentlich gleichmäßiger ist der Verlauf der Kurve des Chlorophyllgehaltes; hier zeigen sich nur geringe Schwankungen auf dem gesamten Flußabschnitt, so daß auch keine weiteren Aussagen gemacht werden können.

Wenn wir abschließend das Ergebnis unserer Untersuchungen noch einmal überblicken, so läßt sich dies auf eine Formel bringen. Die Entwicklung der Phytoplanktongemeinschaft besteht aus zwei Komponenten, dem Süßwasser- und Küstenphytoplankton. Das erstere hat sein Maximum am oberen Ende des Untersuchungsgebietes, das zweite am unteren Ende. Jedoch liegt die Individuenzahl der Küstenplanktongesellschaft nach unseren Untersuchungen im Gegensatz zu den Angaben von BAHN (1954) nicht höher als die der Süßwassergemeinschaft. Auf dem mittleren Abschnitt mischen sich Süßwasser- und Küstenphytoplankton. Es bleiben von beiden Komponenten nur diejenigen am Leben, die den wechselnden Milieubedingungen dieses Abschnitts widerstehen können. Zur Frage der „Brackwasserformen“ soll auf Grund der vorliegenden Untersuchungen nicht Stellung genommen werden.

Nicht zu vergessen ist die Menge des Oberwassers, die die räumliche Verteilung der verschiedenen Phytoplanktongemeinschaften beeinflusst. Bei großem Oberwasser geht das Süßwasserplankton wesentlich weiter flußabwärts als bei kleinem Oberwasser. Aus dem Wechselspiel zwischen Entstehen und Abbau des Planktons einerseits und Verbrauch und Freiwerden der Nährstoffe andererseits ergibt sich das jeweilige Bild in der Zusammensetzung der Planktongemeinschaften.

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

	Westwasser	Polyhaline Zone	Mesohaline Zone a	Mesohaline Zone b	Oligohaline Zone	Reines Flußwasser	Selbstreinigungszone
<i>Oscillatoria Agardhii</i> GOM.						—	—
<i>Oscillatoria Redekei</i> VAN GOOR						—	—
<i>Oscillatoria</i> spec.						—	—
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) RALFS						—	—
<i>Euglena</i> spec.				—	—	—	—
<i>Trachelomonas</i> spec.				—	—	—	—
<i>Cryptomonas erosa</i> EHRENBG.				—	—	—	—
<i>Dinophysis acuta</i> EHRENBG.	—	—					
<i>Peridinium</i> div. spec.	—	—					
<i>Ceratium furca</i> (E.) CLAPAR. et LACHM.	—	—					
<i>Ceratium tripos</i> O. F. MÜLLER	—	—					
<i>Chrysococcus</i> spec. ?	—	—	—	—	—	—	—
<i>Synura uvella</i> EHRENBG.						—	—
<i>Dinobryon divergens</i> IMHOF						—	—
<i>Dictyocha fibula</i> EHRENBG.	—						—
<i>Melosira dubia</i> KÜTZING		—					
<i>Melosira moniliformis</i> (MÜLL.) AGARDH.	—	—					
<i>Melosira varians</i> AGARDH.						—	—
<i>Melosira binderana</i> KÜTZING						—	—
<i>Melosira granulata</i> (EHRENBG.) RALFS		—	—	—	—	—	—
<i>Melosira ambigua</i> (GRUN.) MÜLLER		—	—	—	—	—	—
<i>Melosira distans</i> (EHRENBG.) KÜTZING		—	—	—	—	—	—
<i>Melosira sulcata</i> (EHRENBG.) KÜTZING	—	—	—	—	—	—	—
<i>Skeletonema costatum</i> (GREV.) CLEVE	—	—	—	—	—	—	—
<i>Thalassiosira</i> spec.							
<i>Cyclotella Meneghiniana</i> KÜTZING		—	—	—	—	—	—
<i>Cyclotella Meneghiniana</i> f. <i>plana</i> FRICKE		—	—	—	—	—	—
<i>Cyclotella striata</i> (KÜTZ.) GRUNOW		—	—	—	—	—	—
<i>Stephanodiscus Hantzschii</i> GRUNOW						—	—
<i>Coscinodiscus excentricus</i> EHRENBG.						—	—
<i>Coscinodiscus lineatus</i> EHRENBG.						—	—
<i>Coscinodiscus radiatus</i> EHRENBG.	—	—					

*) Die Artenliste erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit. Die Verbreitungsangaben beziehen sich auf die Fundstellen. Das Vorkommen ist nicht angegeben, wenn es sich um Arten handelt, die als solche nicht in allen Proben identifiziert werden konnten, oder die nur an ein oder zwei Stationen vorhanden waren. Nur lebend vorkommende Algen sind berücksichtigt.

	Westwasser	Polyhaline Zone	Mesohaline Zone a	Mesohaline Zone b	Oligohaline Zone	Reines Flußwasser	Selbstreinigungszone
<i>Coscinodiscus lacustris</i> GRUNOW							
<i>Coscinodiscus concinnus</i> W. SMITH	—						
<i>Actinocyclus Normanii</i> GREGORY		—					
<i>Actinoptychus undulatus</i> (BAIL.) RALFS	—						
<i>Aulacodiscus argus</i> (EHRENBG.) A. SCHMIDT							
<i>Auliscus sculptus</i> (W. SM.) RALFS							
<i>Leptocylindricus spec.</i>							
<i>Guinardia flaccida</i> (CASTR.) PERAGALLO	—						
<i>Rhizosolenia Stolterfothii</i> PERAGALLO	—						
<i>Rhizosolenia imbricata</i> BRIGHTWELL	—						
<i>Rhizosolenia setigera</i> BRIGHTWELL	—						
<i>Rhizosolenia hebetata f. semispina</i> (HENSEN) GRAN NORD	—						
<i>Chaetoceros borealis</i> BAILEY, SMITHSON	—						
<i>Chaetoceros decipiens</i> CLEVE spec. ?	—						
<i>Chaetoceros teres</i> CLEVE	—						
<i>Chaetoceros didymus</i> EHRENBG.	—						
<i>Chaetoceros socialis</i> LAUDER	—						
<i>Eucampia zoodiacus</i> EHRENBG.	—						
<i>Ditylium Brightwellii</i> (WEST) GRUNOW	—						
<i>Lithodesmium undulatum</i> EHRENBG.							
<i>Triceratium favus</i> EHRENBG.	—						
<i>Triceratium alternans</i> BAILEY, SMITHSON	—						
<i>Biddulphia sinensis</i> GREVILLE	—						
<i>Biddulphia regia</i> (SCHULTZE) OSTENFELD	—						
<i>Biddulphia mobiliensis</i> BAILEY	—						
<i>Biddulphia rhombus</i> (EHRENBG.) W. SMITH	—						
<i>Biddulphia aurita</i> (LYNGB.) BRÉBISSON u. GODEY	—						
<i>Cerataulina bergoni</i> PERAGALLO	—						
<i>Diatoma elongatum</i> (LYNGH) AGARDH							
<i>Fragilaria crotonensis</i> (KITTON)							
<i>Fragilaria capucina</i> DESMAZIÉRES							
<i>Fragilaria spec.</i>	—						
<i>Raphoneis amphicerus</i> EHRENBG.	—						
<i>Synedra acus</i> KÜTZING							
<i>Synedra ulna</i> (NITZSCH) EHRENBG.							
<i>Thalassionema nitzschioides</i> GRUNOW	—						
<i>Asterionella formosa</i> HASSALL							

	Westwasser	Polyhaline Zone	Mesohaline Zone a	Mesohaline Zone b	Oligohaline Zone	Reines Flußwasser	Selbstreinigungszone
<i>Asterionella japonica</i> CLEVE							
<i>Asterionella kariana</i> -ähnliche Alge							
<i>Navicula viridula</i> KÜTZING							
<i>Navicula gracilis</i> EHRENBG.							
<i>Navicula rhynchocepaia</i> KÜTZING							
<i>Navicula halophila</i> (GR.) CL.							
<i>Pinnularia spec.</i>							
<i>Pleurosigma spec.</i>							
<i>Nitzschia acicularis</i> W. SM.							
<i>Nitzschia closterium</i> W. SM.							
<i>Nitzschia actinastroides</i> (LEMM) v. GOOR							
<i>Nitzschia tryblionella</i> (HAUTZSCH) GRUN.							
<i>Nitzschia longissima</i> (BRÉB.) RALFS spez. ?							
<i>Nitzschia seriata</i> CLEVE							
<i>Nitzschia fraudulentula</i> CLEVE							
<i>Surirella ovata</i> KÜTZING							
<i>Campylodiscus Clypeus</i> (EHRENBG.) W. SM.							
<i>Campylodiscus echeneis</i> (EHRENBG.) V. H.							
<i>Chlamydomonas spec.</i>							
<i>Phacotus lenticularis</i> EHRENBG. (STEIN)							
<i>Pandorina morum</i> (MÜLLER) BORY							
<i>Dictyosphaerium Ehrenbergianum</i> NAEG.							
<i>Pediastrum Boryanum</i> (TURP.) MENECH.							
<i>Pediastrum duplex</i> MEYER							
<i>Pediastrum simplex</i> MEYER							
<i>Oocystis spec.</i>							
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (CORDA) RALFS							
<i>Kirchneriella spec.</i>							
<i>Tetraedron caudatum</i> (CORDA) HANSG.							
<i>Tetraedron minimum</i> (A. BR.) HANSG.							
<i>Tetraedron trigonum</i> (NAEG.) HANSG.							
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (TURP) BRÉB.							
<i>Scenedesmus hystrix</i> LAGERH.							
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (LAG.) CHOD.							
<i>Scenedesmus obliquus</i> (TURP.) KÜTZ.							
<i>Crucigenia rectangularis</i> (NAEG.) GAY							
<i>Crucigenia quadrata</i> MORREN							
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (SCHRÖDER) LEMM.							

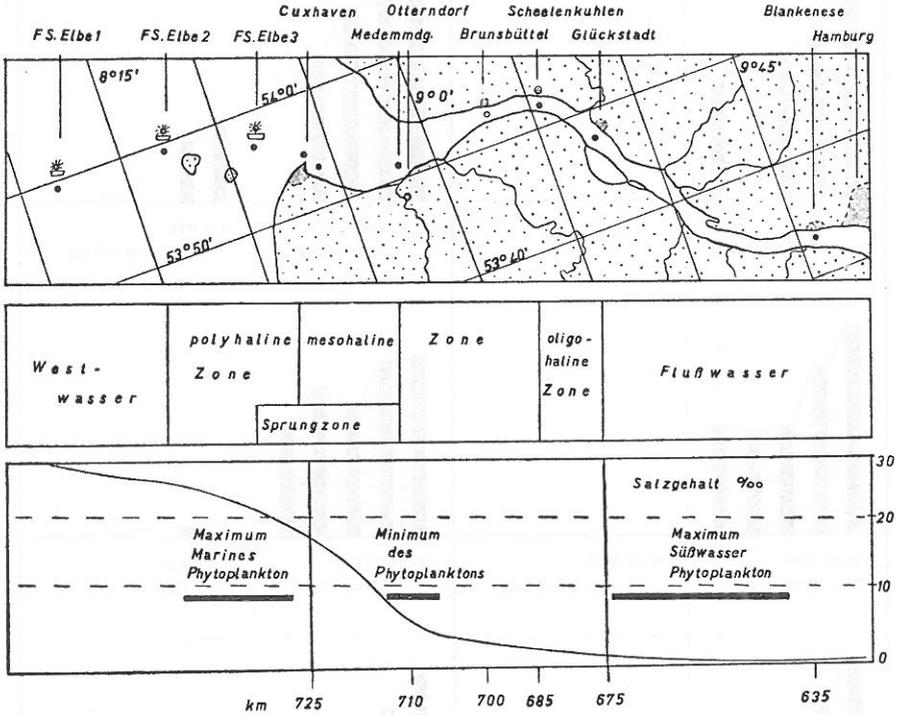


Abb. 1. Übersichtsplan der Unter- und Außenelbe von Hamburg bis Feuer Schiff Elbe 1, mit Angaben der Stationen, Zoneneinteilung, Salzgehaltsverlauf, Maximum des Süßwasser- und des marinen Phytoplanktons und des Minimums des Phytoplanktons.

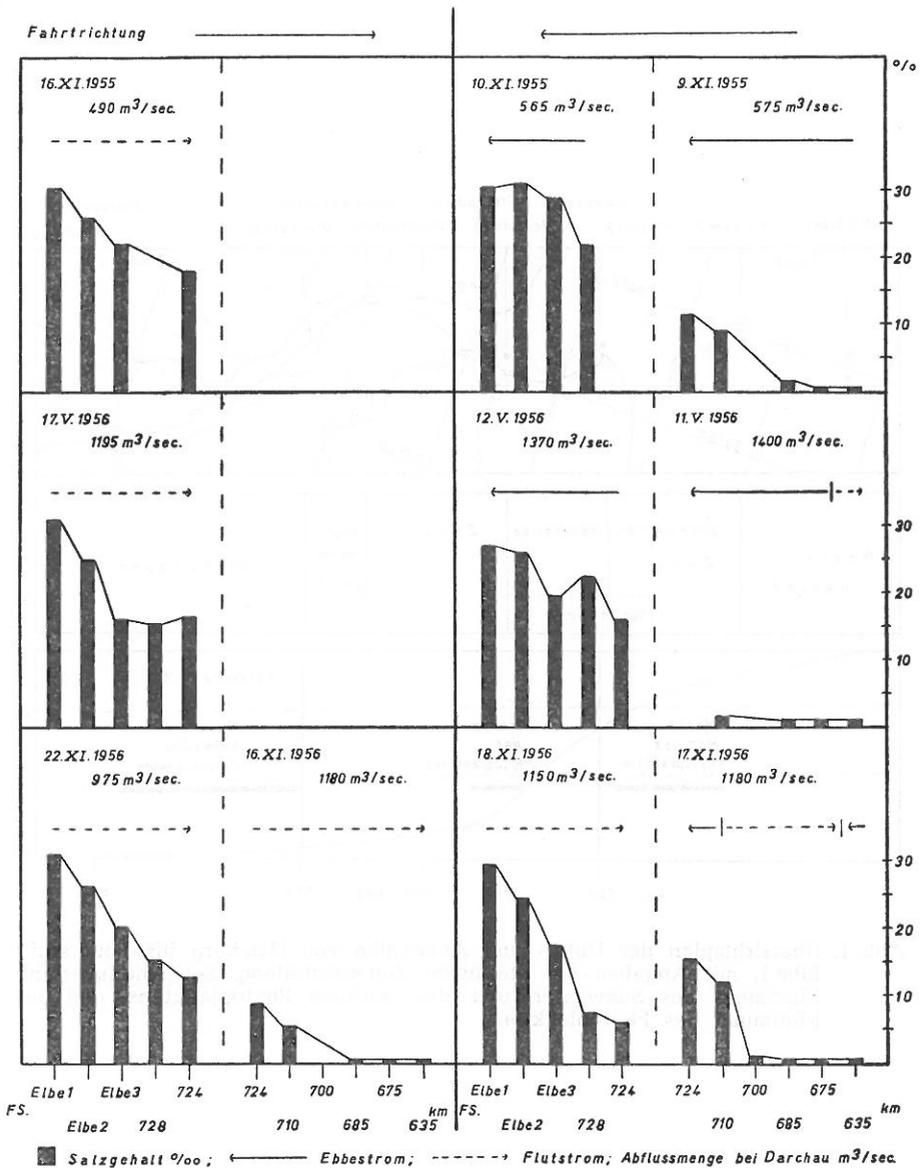


Abb. 2. Der Salzgehalt an den Untersuchungsstationen während der Fahrten im November 1955, Mai und November 1956. Angaben über die Abflussmenge bei Darchau an den betreffenden Tagen, Fahrtrichtung und Ebbe und Flut.

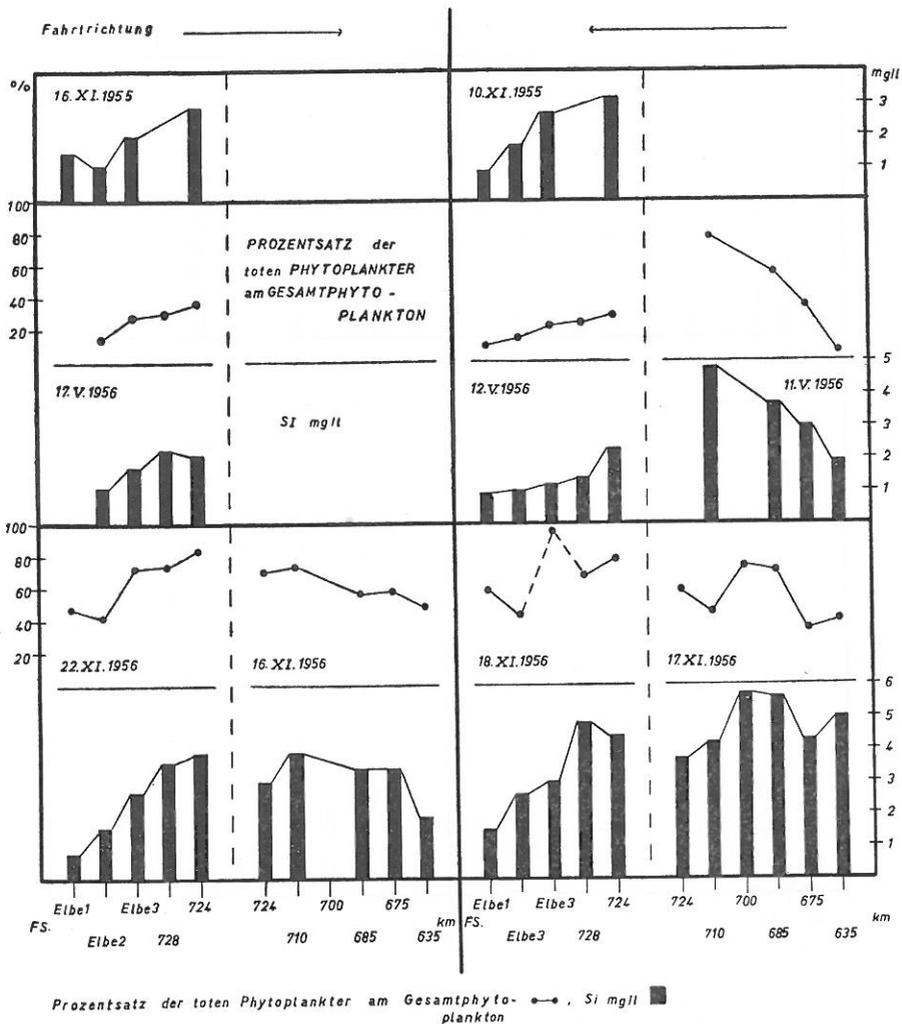


Abb. 3. Silizium (mg/l) an den Stationen. Eingetragen ist ferner noch der Anteil der abgestorbenen Phytoplankter (‰) am Gesamtphytoplankton. Tidenverhältnisse s. Abb. 2.

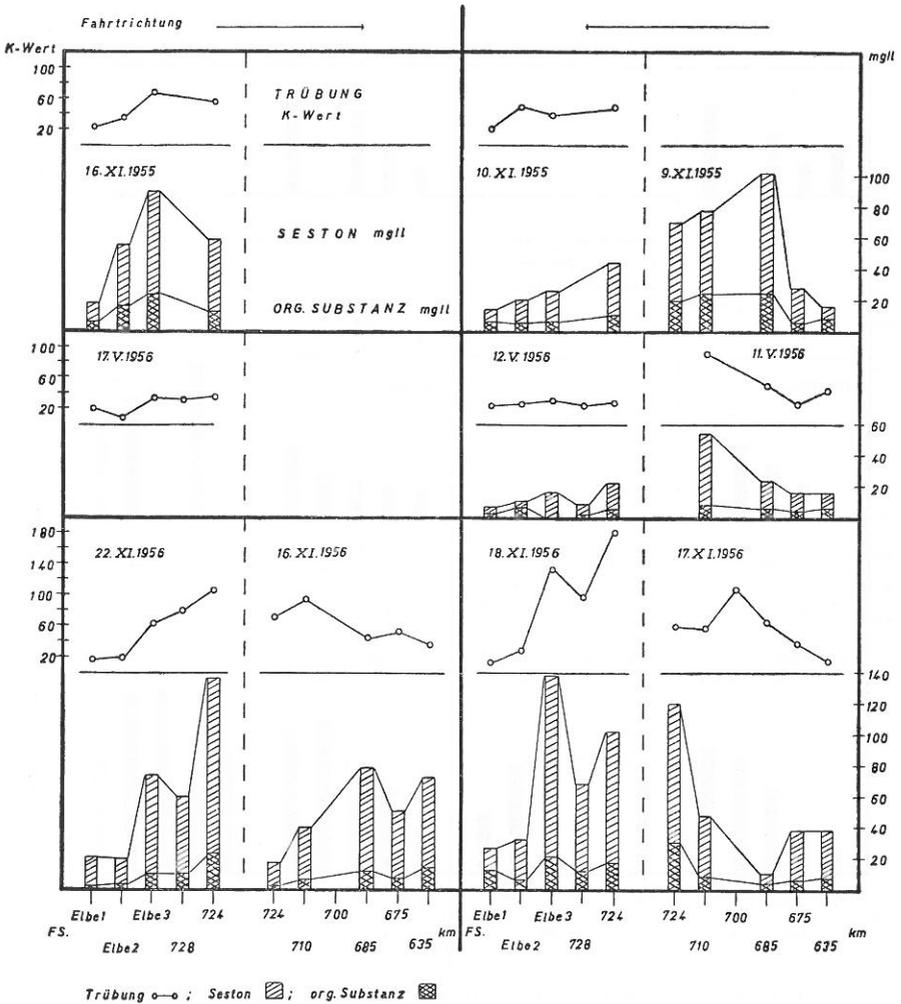


Abb. 4. Trübung (K-Wert), Seston (mg/l) und organische Substanz (mg/l).

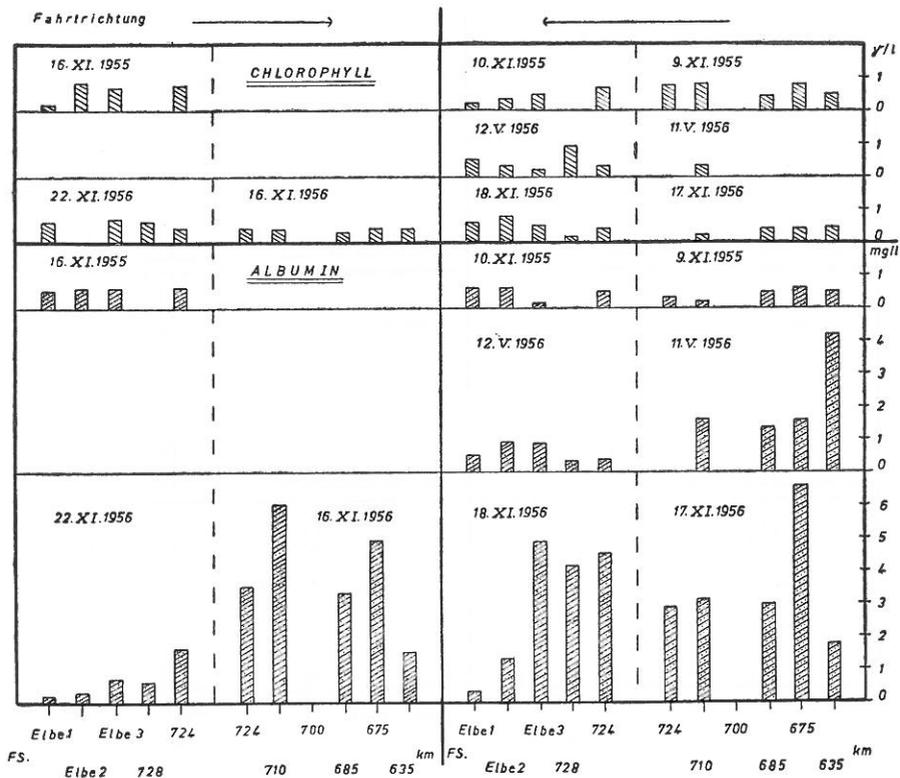


Abb. 5. Chlorophyll (γ/l) und Eiweiß (mg/l).

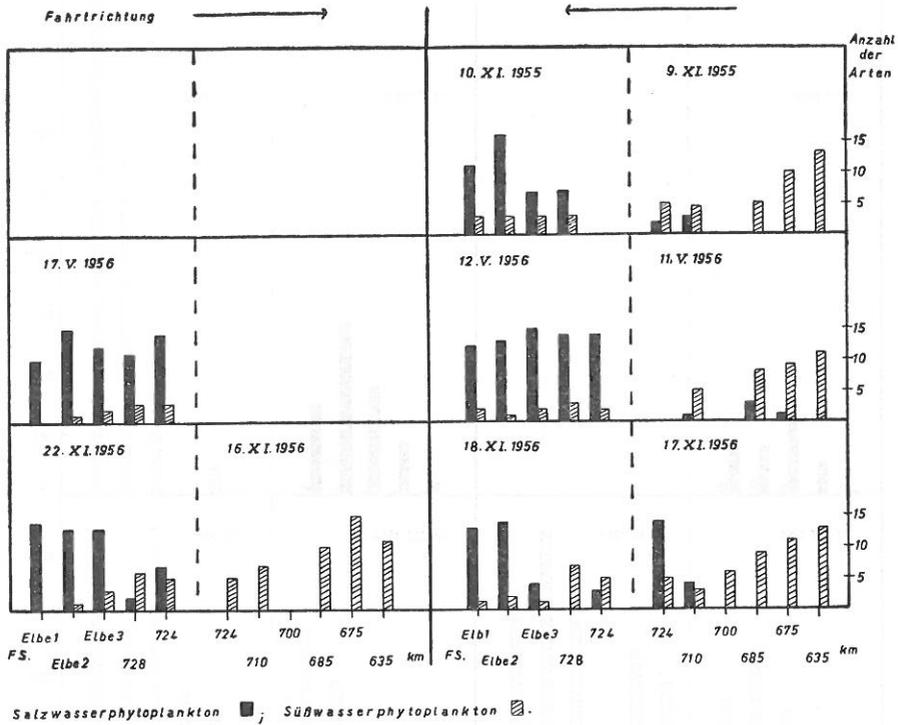


Abb. 7. Artenzahl der Süßwasser- und Seewasserphytoplankter auf der Unter- und Außenelbe während der Untersuchungsfahrten.

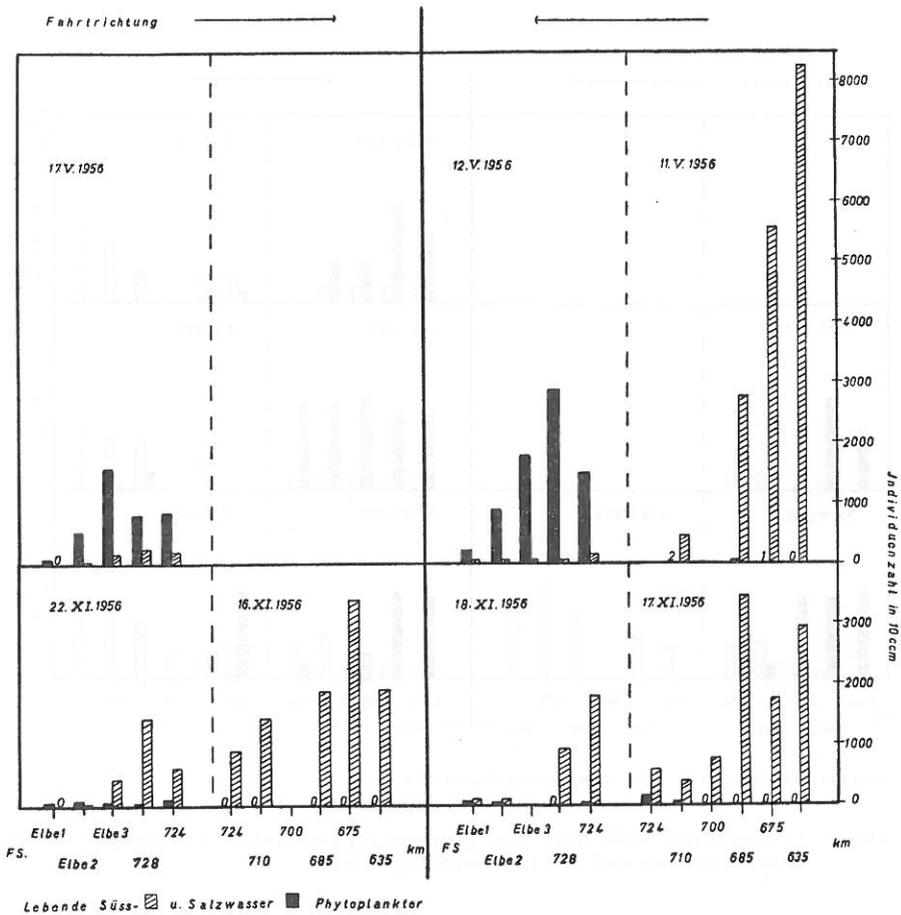


Abb. 8. Lebende Süß- und Salzwasserphytoplankter. Individuenzahl in 10 ccm Wasser.

V. Zusammenfassung

1. Im November 1955, Mai und November 1956 wurden an ausgewählten Stationen der Unter- und Außenelbe zwischen Hamburg und Feuerschiff Elbe 1 Wasser- und Phytoplanktonproben entnommen.
2. Die Oberflächenwasserproben wurden untersucht auf: Temperatur, Salzgehalt, pH, SBV, Ammonium, Nitrit, Nitrat, Phosphat, Gesamtphosphat, Trübung, Seston, organische Substanz, Eiweiß und Chlorophyll.
3. Die Phytoplanktonproben wurden auf ihren Gehalt an lebenden und toten Formen des Süß- und Seewassers untersucht.
4. Die chemischen Faktoren zeigen den gleichen charakteristischen Verlauf, wie er schon in früheren Untersuchungen festgestellt wurde.
5. Der erste Anstieg im Salzgehalt tritt im Raum von Glückstadt auf, an der oberen Grenze der polyhalinen Zone nimmt er sehr schnell zu.
6. Auf der Untersuchungsstrecke können zwei Maxima in der Phytoplanktonentwicklung festgestellt werden. Das Süßwasserphytoplankton hat sein Maximum zwischen Flußkilometer 635 und 675 (Blankenese-Glückstadt), das marine Phytoplankton zwischen Cuxhaven (km 725) und Feuerschiff Elbe 3. Die Menge des Oberwassers spielt eine wesentliche Rolle für die räumliche Verteilung der Phytoplanktongesellschaften.
7. Im Raum zwischen diesen beiden Gebieten tritt eine Mischung zwischen den Süß- und Salzwasserformen ein. Nur wenige widerstandsfähige Formen bleiben am Leben.
8. Das Minimum der Phytoplanktonentwicklung liegt in der Verarmungszone, dem Gebiet des Salzgehaltssprunges in der Gegend um km 710 (Otterndorf-Medemmündung).
9. Die Kurve des Siliziumgehalts deckt sich mit dem Prozentsatz abgestorbener Phytoplankter im Gesamtphytoplankton.
10. Es wird gezeigt, daß gewisse Beziehungen zwischen Seston, organischer Substanz, Eiweiß und Chlorophyll einerseits und dem Phytoplanktongehalt an den einzelnen Abschnitten der Unter- und Außenelbe andererseits bestehen.

Anschriften der Verfasser

- Dr. Eva-Maria Bursche, Berlin-Dahlem, Unter den Eichen 71
Dr. Heinrich Kühl, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Küsten- und Binnenfischerei, Laboratorium Cuxhaven, Cuxhaven, Bei der Alten Liebe 1
Dr. Hans Mann, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Küsten- und Binnenfischerei, Hamburg 36, Neuer Wall 72

Literaturverzeichnis

- BAHR, H. (1954) Der Zustand der Unterelbe. Mitteilungen des Niedersächsischen Landesgesundheitsrates. H. 9. S. 6—58.
- BURSCHE, E.-M., H. KÜHL und H. MANN (1958) Hydrochemische Faktoren und Phytoplankton während einer Tide in der Elbmündung bei Cuxhaven. Gewässer und Abwässer, H. 20.
- CASPER, H. (1951) Bodengreiferuntersuchungen über die Tierwelt in der Fahrrinne der Unterelbe und im Vormündungsgebiet der Nordsee. Verh. Deutsche Zool. Ges. Wilhelmshaven. S. 404—418.
- CZENSNY, R. (1934) Untersuchungsverfahren zur chemischen Wasseranalyse. Stuttgart.
- GESSNER, F. (1957) Meer und Strand, Berlin.
- GEYER, F. und H. MANN (1939) Limnologische und fischereibiologische Untersuchungen am ungarischen Teil des Fertö (Neusiedler See). Arbeiten d. Ungar. Biologischen Forschungsinstituts. 11. S. 64—193.
- HENTSCHEL, E. (1923) Biologische Wirkung der Gezeiten im Süßwasser der Niederelbe. Verh. Int. Vereinig. Limnologie. S. 33—36.
- 1942 Analyse einer benthoplanktischen Lebensgemeinschaft (Elbemündung). Kieler Meeresforschung.
- HUSTEDT, Fr. (1957) Die Diatomeenflora des Flußsystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. Abh. Naturw. Ver. Bremen. 34, 181—440.
- KALLE, K. (1956) Chemisch-hydrographische Untersuchungen in der inneren Deutschen Bucht. Deutsche Hydrographische Zeitschrift. 9, S. 55—65.
- KOLBE, R. W. (1927) Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasserdiatomeen. Pflanzenforschung 7.
- KRAEFFT, F. (1908) Über das Plankton der A-, B-, C-Stationen in der Elbmündung in den Jahren 1905—1907. Mitteilungen des Deutschen Seefischerei-Vereins. XXIV. S. 30—78.
- KREY, J. (1951/52) Quantitative Bestimmung von Eiweiß im Plankton mittels der Biuretmethode. Kieler Meeresforschung 8, S. 16—29.
- (1951/52) Die Untersuchung des Eiweißgehalts in kleinen Planktonproben. Kieler Meeresforschung. 8, S. 164—172.
- (1952/53) Die Biomasse des marinen Planktons. Kieler Meeresforschung. 9, S. 43—61.
- (1953) Plankton- und Sestonuntersuchungen in der südwestlichen Nordsee auf der Fahrt der „Gauss“ Februar/März 1952. Ber. Deutsch. Wiss. Komm. Meeresforsch. 13, S. 136—153.
- (1956) Die Trophie küstennaher Meeresgebiete. Kieler Meeresforschung. 12, S. 16—64.
- KÜHL, H. und H. MANN (1953) Beiträge zur Hydrochemie der Unterelbe. Veröffentlichungen d. Instituts f. Meeresforschung in Bremerhaven. II, S. 236—268.
- (1954) Protokolle für die Hydrochemie der Elbe auf Grund der Untersuchungsfahrten 1949—1952. Veröff. Inst. f. Küsten- und Binnenfischerei. 7.
- LUCHT, F. (1953) Hydrographische Untersuchungen der Brackwasserzone der Elbe. Deutsche Hydrographische Zeitschrift. 6, S. 18—32.
- LÜNEBURG, H. (1939) Hydrochemische Untersuchungen der Elbmündung mittels Elektrokolorimeter. Arch. Dtsch. Seewarte. 59, S. 1—27.
- THIEMANN, K. (1934) Das Plankton der Flußmündungen. Meteor, 12/1, S. 199—273.
- VÄLIKANGAS, I. (1933) Über die Biologie der Ostsee als Brackwassergebiet. Verh. Int. Vereinig. Limnologie. 62—112.

