

A C T A A D R I A T I C A
INSTITUTI OCEANOGRAPHICI SPLIT
(JUGOSLAVIJA)

Vol. II - No. 3

WEITERE UNTERSUCHUNGEN ÜBER EINIGE
HYDROGRAPHISCHE VERHÄLTNISSE UND ÜBER
DIE PHYTOPLANKTONPRODUKTION IN DEN
GEWÄSSERN DER ÖSTLICHEN MITTELADRIA

Von

A. Ercegović

(Aus dem Ozeanographischen Institute in Split)



S P L I T 1940
OCEANOGRAFSKI INSTITUT
KRALJEVINE JUGOSLAVIJE

WEITERE UNTERSUCHUNGEN ÜBER EINIGE HYDROGRAPHISCHE VERHÄLTNISSE UND ÜBER DIE PHYTOPLANKTONPRODUKTION IN DEN GEWÄSSERN DER ÖSTLICHEN MITTELADRIA

Von

A. Ercegović

(Aus dem Ozeanographischen Institute in Split)

Einleitung

Im Jahre 1936 haben wir Beobachtungen über die qualitative und quantitative Phytoplanktonproduktion des Meerwassers in der Umgebung von Split mitgeteilt, welche wir im Jahre 1934 gemacht hatten. In dieser Mitteilung haben wir den Versuch unternommen, die biologischen Beobachtungsergebnisse mit einigen physikalisch-chemischen Faktoren in ursächliche Beziehung zu bringen, welche zu derselben Zeit untersucht worden waren.

Aus mehreren Gründen erschien es nun angezeigt die Untersuchung der Planktonproduktion in unseren Gewässern durch eine Periode von 12 Monaten hindurch fortzusetzen. Vor allem waren eingehender die engen Beziehungen zu studieren, welche zwischen den physikalisch-chemischen sowie den biologischen Faktoren des Meerwassers einerseits und einigen meteorologischen Faktoren andererseits bestehen. Weiters erschien es zweckmässig die zeitliche Verteilung im Verlaufe des Jahres besonders in Bezug auf die Meerestemperatur zu untersuchen und zwar nicht nur die wichtigsten Gruppen des Phytoplanktons, sondern auch verschiedene sehr häufige Arten. Es war ferner von Interesse auch während einer weiteren Jahresperiode die quantitativen Verhältnisse des Phytoplanktons zu verfolgen um die früher erhaltenen Ergebnisse bestätigen, ergänzen oder Korrigieren zu können, sowie um die Möglichkeit zu erlangen nach

eventuellen Beziehungen zu fahnden zwischen der Massenproduktion des Phytoplanktons und der Produktion von Copepodenplanktons; die letztere müsste in Parallelbestimmungen untersucht werden.

Aus allen diesen Gründen haben wir unsere Studien fortgesetzt und physikalisch-chemische Faktoren — Temperatur, Salz-, Sauerstoff- und Phosphatgehalt —, die Phytoplanktonproduktion des Meeres in der Umgebung von Split, sowie die Wirkung einiger meteorologischen Einflüsse, insbesondere der Winde, auf die genannten Faktoren geprüft. Diese weitere Beobachtungsserie wurde in der Periode November 1936 bis Oktober 1937 in den Station »A« und »D« (s. Fig. 1) ausgeführt. Hier will ich zusammenfassend die Ergebnisse dieser Beobachtungen mitteilen.

METHODIK

Im Verlaufe der 12 Monate haben wir 17 Meeresexcursionen unternommen, welche in mehr minder gleichen Intervallen auf die gesammte Beobachtungsperiode verteilt worden waren. Das für die chemischen und biologischen Analysen bestimmte Meerwasser wurde in dicht verschliessbaren Wasserschöpfern (Type Deutsche Atlantische *Meteor*-Expedition) gesammelt. Die Bestimmung der Meerestemperatur erfolgte mit einem Umkippthermometer nach Richter - Wiese. Der Nullpunkt des Thermometers wurde mit Eis kontrolliert. Die Salinität bestimmten wir nach der klassischen Methode von Mohr; zur Bestimmung des Silbernitratiters wurde Copenhagener Normalwasser verwendet. Die Berechnung des Salzgehaltes wurde nach den Tabellen von Knudsen ausgeführt (1901). Zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes folgten wir der Methode von Winkler und ermittelten den Sättigungsgrad aus den Tabellen von Fox (1905). Der Phosphatgehalt wurde mit der Molybdenmethode von Denigès in ihrer Modifikation durch Atkins (1923) bestimmt. Als Colorimeter diente ein Pulfrichphothometer von Zeiss. Das Phytoplankton wurde zur qualitativen Untersuchung mit einem Hensen-Netze (Gaze Nr. 25) gesammelt und hierauf mit 3% neutralisiertem Formol fixiert. Zur quantitativen Bestimmung dienten Glaskammern und ein umgekehrtes Mikroskop nach Utermöhl. Aus der gefundenen Zellzahl in 25 oder 50 ccm Wasser berechneten wir die Gesamtzahl pro Liter.

WEITERE UNTERSUCHUNGEN ÜBER EINIGE HYDROGRAPHISCHE VERHÄLTNISSE UND ÜBER DIE PHYTOPLANKTONPRODUKTION IN DEN GEWÄSSERN DER ÖSTLICHEN MITTELADRIA

Von

A. Ercegović

(Aus dem Ozeanographischen Institute in Split)

Einleitung

Im Jahre 1936 haben wir Beobachtungen über die qualitative und quantitative Phytoplanktonproduktion des Meerwassers in der Umgebung von Split mitgeteilt, welche wir im Jahre 1934 gemacht hatten. In dieser Mitteilung haben wir den Versuch unternommen, die biologischen Beobachtungsergebnisse mit einigen physikalisch-chemischen Faktoren in ursächliche Beziehung zu bringen, welche zu derselben Zeit untersucht worden waren.

Aus mehreren Gründen erschien es nun angezeigt die Untersuchung der Planktonproduktion in unseren Gewässern durch eine Periode von 12 Monaten hindurch fortzusetzen. Vor allem waren eingehender die engen Beziehungen zu studieren, welche zwischen den physikalisch-chemischen sowie den biologischen Faktoren des Meerwassers einerseits und einigen meteorologischen Faktoren andererseits bestehen. Weiters erschien es zweckmässig die zeitliche Verteilung im Verlaufe des Jahres besonders in Bezug auf die Meerestemperatur zu untersuchen und zwar nicht nur die wichtigsten Gruppen des Phytoplanktons, sondern auch verschiedene sehr häufige Arten. Es war ferner von Interesse auch während einer weiteren Jahresperiode die quantitativen Verhältnisse des Phytoplanktons zu verfolgen um die früher erhaltenen Ergebnisse bestätigen, ergänzen oder Korrigieren zu können, sowie um die Möglichkeit zu erlangen nach

eventuellen Beziehungen zu fahnden zwischen der Massenproduktion des Phytoplanktons und der Produktion von Copepodenplanktons; die letztere müsste in Parallelbestimmungen untersucht werden.

Aus allen diesen Gründen haben wir unsere Studien fortgesetzt und physikalisch-chemische Faktoren — Temperatur, Salz-, Sauerstoff- und Phosphatgehalt —, die Phytoplanktonproduktion des Meeres in der Umgebung von Split, sowie die Wirkung einiger meteorologischen Einflüsse, insbesondere der Winde, auf die genannten Faktoren geprüft. Diese weitere Beobachtungsserie wurde in der Periode November 1936 bis Oktober 1937 in den Station »A« und »D« (s. Fig. 1) ausgeführt. Hier will ich zusammenfassend die Ergebnisse dieser Beobachtungen mitteilen.

METHODIK

Im Verlaufe der 12 Monate haben wir 17 Meeresexcursionen unternommen, welche in mehr minder gleichen Intervallen auf die gesammte Beobachtungsperiode verteilt worden waren. Das für die chemischen und biologischen Analysen bestimmte Meerwasser wurde in dicht verschliessbaren Wasserschöpfern (Type Deutsche Atlantische *Meteor*-Expedition) gesammelt. Die Bestimmung der Meerestemperatur erfolgte mit einem Umkippthermometer nach Richter - Wiese. Der Nullpunkt des Thermometers wurde mit Eis kontrolliert. Die Salinität bestimmten wir nach der klassischen Methode von Mohr; zur Bestimmung des Silbernitratiters wurde Copenhagener Normalwasser verwendet. Die Berechnung des Salzgehaltes wurde nach den Tabellen von Knudsen ausgeführt (1901). Zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes folgten wir der Methode von Winkler und ermittelten den Sättigungsgrad aus den Tabellen von Fox (1905). Der Phosphatgehalt wurde mit der Molybdenmethode von Denigès in ihrer Modifikation durch Atkins (1923) bestimmt. Als Colorimeter diente ein Pulfrichphothometer von Zeiss. Das Phytoplankton wurde zur qualitativen Untersuchung mit einem Hensen-Netze (Gaze Nr. 25) gesammelt und hierauf mit 3% neutralisiertem Formol fixiert. Zur quantitativen Bestimmung dienten Glaskammern und ein umgekehrtes Mikroskop nach Utermöhl. Aus der gefundenen Zellzahl in 25 oder 50 ccm Wasser berechneten wir die Gesamtzahl pro Liter.

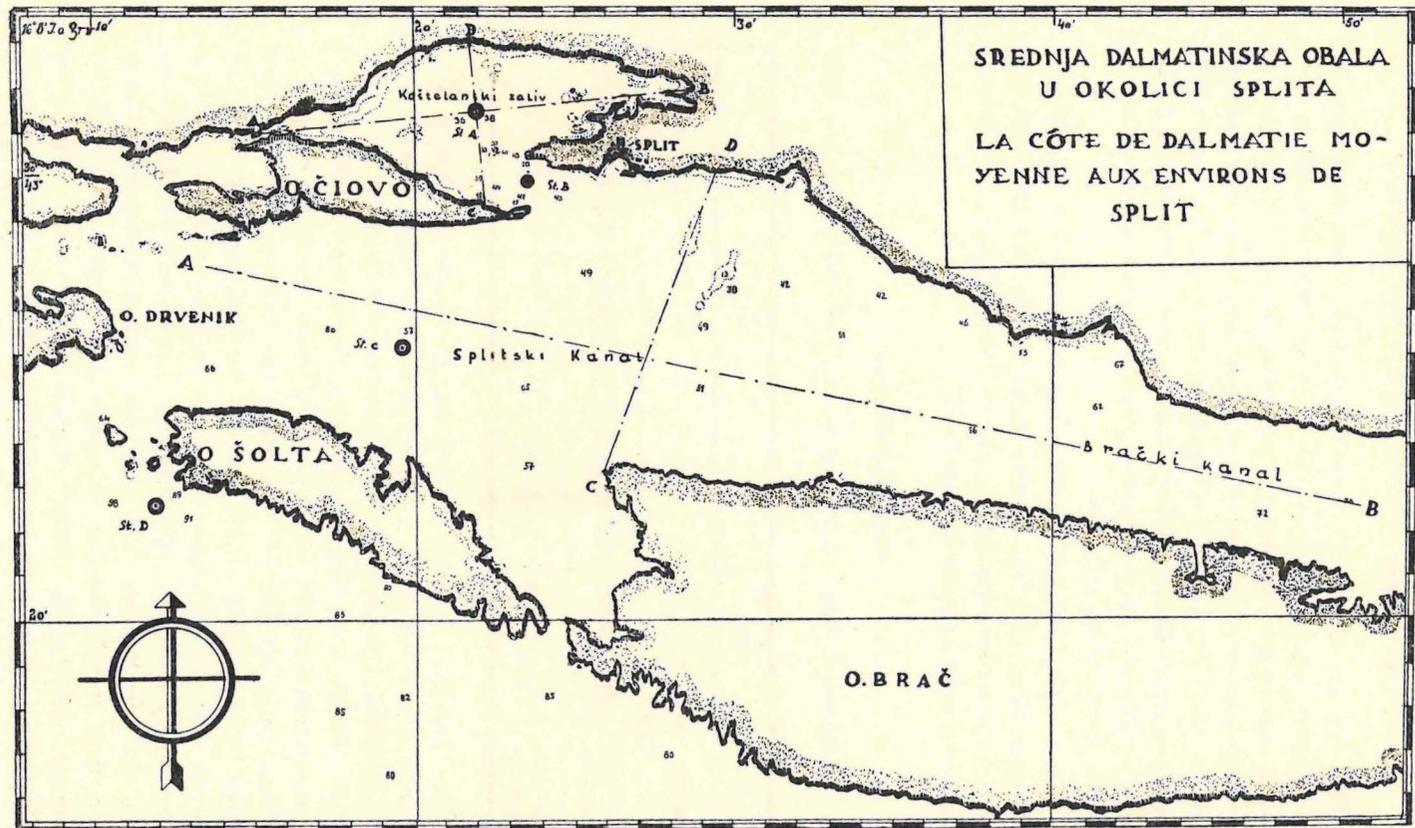


Abb. 1. Ostadriatische Küste in der Umgebung von Split. Die Lage der Stationen A, B, C und D.

EINIGE METEOROLOGISCHE ERGEBNISSE

Die von uns benutzten meteorologischen Daten stammen von den täglichen Beobachtungen der in einer Höhe von 180 m über den Meeresspiegel gelegener meteorologischen Zentrale des Hydrographischen Institutes die uns von dem Leiter der Zentrale Herrn M. Spasov zur Verfügung gestellt worden waren. Die meteorologischen Daten können aus äusseren Gründen in dieser Abhandlung nicht wiedergegeben werden, sind aber immer in unserem Institute zu erhalten.

Unter allen meteorologischen Faktoren will ich nur Winde und Regen herausgreifen, da mir diese beiden den grössten Einfluss auf die hydrographischen und die biologischen Verhältnisse des Meerwassers auszuüben scheinen.

Regenverhältnisse

Tab. 1 Regenverteilung im Zeitraum Oktober 1936—Oktober 1937

Jahr	1936			1937									
Monat	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Regenmenge in ccm	133·8	60·4	103·8	94·8	82·6	117·8	143·5	29·9	68·0	14·3	89·7	71·6	148·0
Zahl der Regentage	13	12	12	19	12	21	14	14	7	9	7	13	10

Der Tabelle 1 folgend können wir im Laufe des Jahres zwei Perioden und zwar eine regenreichere und eine regenärmere unterscheiden. Die erste Periode reichte von Oktober bis April und die zweite von Mai bis inclusive September. Während der regenreicheren Periode selbst konnte man zwei Maxima beobachten: eines im Herbst und eines im Frühling. Im Verlaufe unserer Untersuchung zeigte sich das Herbst-maximum im Oktober 1937, das des Frühjahrs im April. Folglich waren die diesbezüglichen Verhältnisse völlig analog denen anderer Jahre und nur darin verschieden, dass sich das Herbst-maximum gewöhnlicher nicht vor November zu zeigen pflegt und das Frühjahrs-maximum gewöhnlich einige Monate früher oder später, am häufigsten im März, auftritt (Rubić 1926, Ercegović 1936).

Winde

Tab. 2. Monatliche Prozentuelle Häufigkeit einiger Winde im Zeitraum Oktober 1936—Oktober 1937

Jahr	1936			1937									
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NE	40.8	44.5	37.5	50.3	31.0	11.9	25.5	22.5	15.6	27.7	32.2	26.7	38.6
SE	5.4	17.8	16.1	13.3	37.0	45.0	24.4	20.4	21.1	5.3	11.9	26.7	19.3
SW	10.8	4.3	5.3	4.3	4.7	10.7	17.8	23.7	25.5	24.0	18.2	14.4	11.7
Andere Winde	32.2	20.0	27.8	31.1	19.0	29.1	24.5	18.3	23.3	22.6	26.9	21.1	17.1
C	10.8	13.4	13.3	1.0	8.3	3.2	7.8	15.1	14.5	20.4	10.8	11.1	13.3

Aus der Tabelle 2 gehen für den Zeitraum Oktober 1936 bis Oktober 1937 folgende Tatsachen hervor.

Während der ganzen Periode haben drei Winde vorgeherrscht: Der Nordost-(Bora), der Südost-(Scirocco) und der Südwestwind (»Maistrak«). Der NO-Wind steht, was seine Häufigkeit betrifft, an erster Stelle. Er wehte vom Beginne des Sommers bis zur Mitte des Winters (Juli-Januar) am häufigsten unter allen Winden. Er trat besonders oft in der zweiten Herbsthälfte und der ersten Hälfte des Winters ein (Oktober-Jänner), in welchen Monaten er während eines Drittels oder sogar während der Hälfte dieser Zeit — 31% bis 50,3% — wehte.

An zweiter Stelle tritt der Scirocco, welcher besonders oft in der zweiten Hälfte des Winters und im Frühling (Februar-Juni) — mit einem Häufigkeitsmaximum von 37% (Februar) und 45% (März) — herrschte. — An dritter Stelle tritt der Südwestwind, ein Sommerwind, mit seinem Häufigkeitsmaximum von 23.7—25.5% in Mai und Juni. Alle andere Winde nahmen zusammen in keinem Monat auch nur ein Drittel der gesamten Windmenge ein.

Vom Standpunkt des Biologen scheint es uns von Interesse zwischen Land- und Seewinden zu unterscheiden.

In der ersten Gruppe sind die NW-, N-, NO- und O-Winde zusammengefasst, in der zweiten die SO-, S-, SW- und W-Winde. Die Winde der ersten Gruppe drängen das Wasser der Meeresoberfläche von der Ost- zur Westküste der Adria. Die Winde der zweiten Gruppe wirken in entgegengesetzter Richtung, indem sie das Oberflächenwasser gegen die Ostküste des adriatischen Meeres zurücktreiben.

Tab. 3. Monatliche perzentuelle Häufigkeit der Land- und der Seewindgruppe

Jahr	1936			1937									
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Landwind-Gruppe	58.0	58.8	59.1	75.2	46.4	25.8	43.3	36.5	31.1	47.3	51.6	37.3	51.6
Seewind-Gruppe	31.1	27.7	27.9	23.6	45.2	70.9	48.8	48.3	54.4	32.2	37.6	51.1	35.4
C	10.7	13.3	12.9	1.0	8.3	3.2	7.7	15.0	14.4	20.4	10.7	11.1	12.9

Aus der Tabelle 3 geht hervor, dass die Landwinde im Sommer und Herbst sowie in der ersten Winterhälfte (Juli-Februar), die Seewinde dagegen von März bis Juni vorgeherrscht haben.

EINIGE HYDROGRAPHISCHE ERGEBNISSE DES MEERWASSERS

Wärmeverhältnisse

Beobachtungsergebnisse: Das Diagramm in Abb. 2 zeigt uns den Temperaturverlauf in beiden Stationen im Zeitraum November 1936 bis Oktober 1937. Aus Diagramm gehen folgende Tatsachen hervor:

1. Es gibt eine Periode mit höherer (Frühling-Sommer) und eine mit niedriger Temperatur (Herbst-Winter).

2. Die Minima wurden im Januar (Station A in 0 m und in 30 m Tiefe), oder auch im Februar festgestellt. Sie hielten sich in Station A zwischen $11,38^{\circ}\text{C}$ (Oberfläche) und $12,20^{\circ}\text{C}$ (in 30 m Tiefe), in Station D zwischen $12,66^{\circ}\text{C}$ (0 m) und $13,51^{\circ}\text{C}$ (80 m).

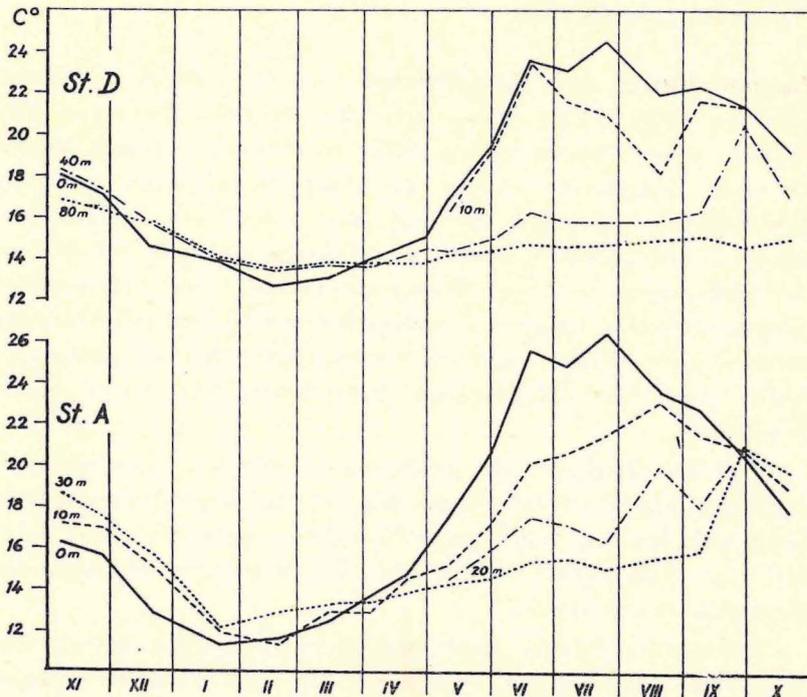


Abb. 2 Temperaturverlauf in Stat. A und D im Zeitraum
November 1936 — Oktober 1937

3. Die Maxima zeigten sich im Juni (Station D in 10 m Tiefe), im Juli (Oberfläche beider Stationen) und im August oder auch im September (in den übrigen Schichten von beiden Stationen). Sie variierten in St. A zwischen $20,79^{\circ}$ (in 30 m Tiefe) und $26,40^{\circ}\text{C}$ (Oberfläche), in St. D zwischen $15,12^{\circ}$ (80 m) und $24,50^{\circ}\text{C}$ (Oberfläche).

4. Dementsprechend wurde die Jahresschwankung umso grösser je höher die Schichte war, und betrug an der Oberfläche $15,02^{\circ}\text{C}$ (St. A) bzw. $11,84^{\circ}\text{C}$ (St. D), in der Tiefe von 30 m (St. A) $8,59^{\circ}\text{C}$ und in der Schichte von 80 m (St. D) nur mehr $1,61^{\circ}\text{C}$.

5. Während der Sommermonate, vor allem im Juli und August, liessen sich, besonders in den höheren Schichten, grosse Tempe-

raturschwankungen feststellen. Weniger erhebliche Schwankungen zeigten sich während der ganzen Beobachtungsperiode. Im Herbst und Winter konnte man einige plötzliche Abfälle des Wärmegradienten zwischen den verschiedenen Schichten der ganzen Wassersäule beobachten.

Besprechung der Ergebnisse. In der zitierten Arbeit (Ercegović 1936) haben wir die Wärmeverhältnisse des Meeres in der Umgebung von Split zu erklären versucht haben. Bei jener Gelegenheit wurden die engen Beziehungen zwischen den Wärmeverhältnissen der Luft und jenen des Meerwassers gezeigt. Gleichzeitig hob man den Einfluss heftiger Winde und der Strömungen auf die Wärmeverhältnisse des Meerwassers hervor, ohne den näheren Zusammenhang zwischen der Wirkung verschiedener Winde und den Strömungen näher zu prüfen. Es fehlte somit die eingehendere Betrachtung der Natur dieser Wirkungen.

Um den Einfluss von verschiedenen Winden und vielleicht von Strömungen auf den Temperaturverlauf besser verstehen zu können, haben wir Land- und Meerwinde gesondert betrachtet und die Wirkungsart beider auf die Wärmeverhältnisse des Meerwassers untersucht.

Zu diesem Zwecke haben wir an einer unserem Institut benachbarten Stelle (fig. 1. Station *B*) alle 2—5 Tage die Temperatur der Wasseroberfläche im Zusammenhang mit der durchschnittlichen Intensität beider Windgruppen bestimmt. Die Beobachtungsergebnisse sind im folgenden Diagramm wiedergegeben (Abb. 3).

Das Diagramm führt uns zu folgenden Schlussfolgerungen:

1. Im Winter (Januar, Februar) scheint die Oberflächentemperatur während der Maxima der Landwinde eine Steigerung (4.—11. und 25. Januar, 6.—9. und 16. Februar), während der Meereswinde dagegen eher eine Senkung (20. Januar, 24. Jan. — 4. Februar) zu erfahren.

2. In der zweiten Hälfte des Frühjahrs (April-Mai) und im Sommer (Juni-August), während des Vorherrschens der Landwinde, erkennt man am öftesten einen Temperaturabfall der Meeresoberfläche (10., 19. und 26. April, 1. und 31. Mai, 3. und 16. Juli, 10. und 24. August); während der Maxima der Meereswinde dagegen lässt sich eine Erhöhung der Temperatur fest-

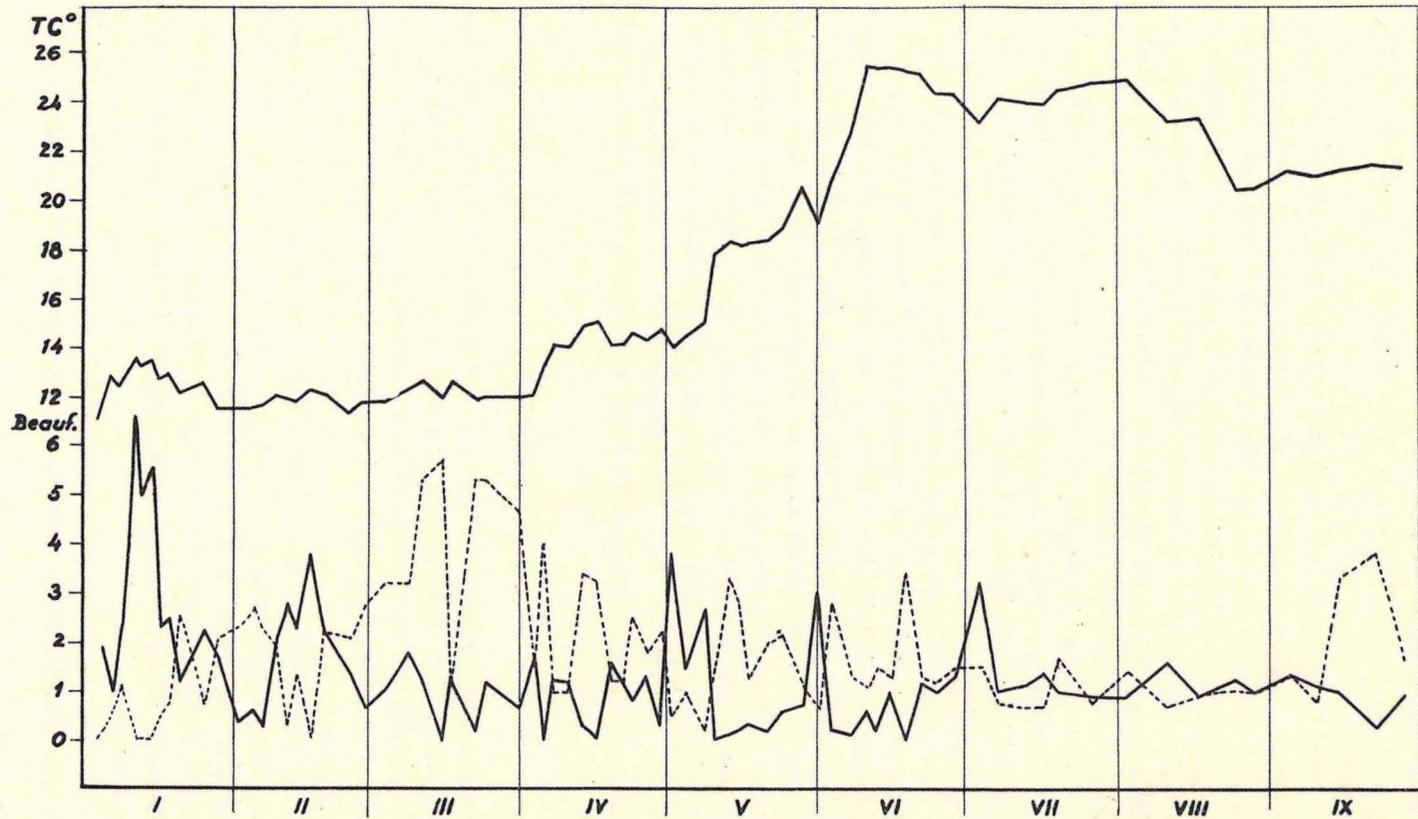


Abb. 3. Temperatur der Wasseroberfläche in St. B (oben) im Zusammenhag mit der durchschnittlichen Intensität der Land- (—) und Seewindgruppe (-----).

stellen oder dieselbe bleibt mehr minder unverändert (3.—5., 10.—16., 23. April; 10.—13., 21.—28. Mai; 3.—11. Juni; 2. und 19. August).

Diese Tatsachen wie auch die Erscheinung dass das Meerwasser in tieferen Schichten im Winter wärmer, im Sommer dagegen kälter ist als das der Oberfläche führte uns zum Schlusse, dass anhaltendere Landwinde vertikale Kompensationsströmungen erzeugen, welche das im Winter wärmere und im Sommer kältere Tiefenwasser gegen die Oberfläche hinaufführen. Die Meerwinde wirkten diesbezüglich umgekehrt.

Dass man nicht immer im Winter und im Frühjahr nach den Landwinden eine Temperatursteigerung in der oberflächlichen Schichten beobachten kann, ist aus der zugleich abkühlender Wirkung der Landwinde zu erklären.

Auf die hier oben angeführten Ergebnisse gestützt, vermögen wir nun den scheinbar unregelmässigen Verlauf der Wärmeverhältnisse an den beiden Stationen zu erklären; besonders diejenige Unregelmässigkeit, welche sich in der plötzlichen Verminderung des Wärmegradienten im Winter (22. Jan.) und in den jähen Temperaturstürzen im Sommer in den oberflächlichen Schichten (die plötzliche Verminderung am 7. Juli geschah nach einer längeren Periode von Landwinden) bemerkbar macht. Diese Abfälle kamen in den bemerkenswerten Temperaturschwankungen zum Ausdruck, welche bereits im Sommer 1934 beobachtet wurden (Ercegović 1936).

Salzgehalt

Beobachtungsergebnisse. Das Diagramm 4 zeigt uns das Verhalten des Salzgehaltes während unserer Beobachtung in Tiefen von 80, 40, 10 und 0 m in Station *D* und von 30, 20, 10 und 0 m in Station *A*. Das Diagramm lässt folgende Tatsachen erkennen:

1. Im Verlaufe des Jahres kann man zwei grosse Minima des Salzgehaltes erkennen: das eine im Herbst (November-Dezember) und das andere im Frühjahr (März-Juni). Zwischen diesen beiden Minima sind zwei Salzmaxima: eines im Winter (Jänner-Februar) und eines im Sommer (August-September) eingeschaltet.

2. Die jährliche Schwankung des Salzgehaltes bewegte sich an der Oberfläche in Station *A* zwischen 30, 81 (5. April) und

37,01 (8. September) und in Station *D* zwischen 35,9 (19. Dezember) und 38,21‰ (22. Januar). In der Schicht von 30 m Tiefe (Station *A*) hielt sich die Schwankung zwischen 37,05 (21. April) und 38,30‰ (8. September), während in der Tiefe von 80 m in Station *D* zwischen 37,87 (19. Juni) und 38,44‰ (21. Oktober).

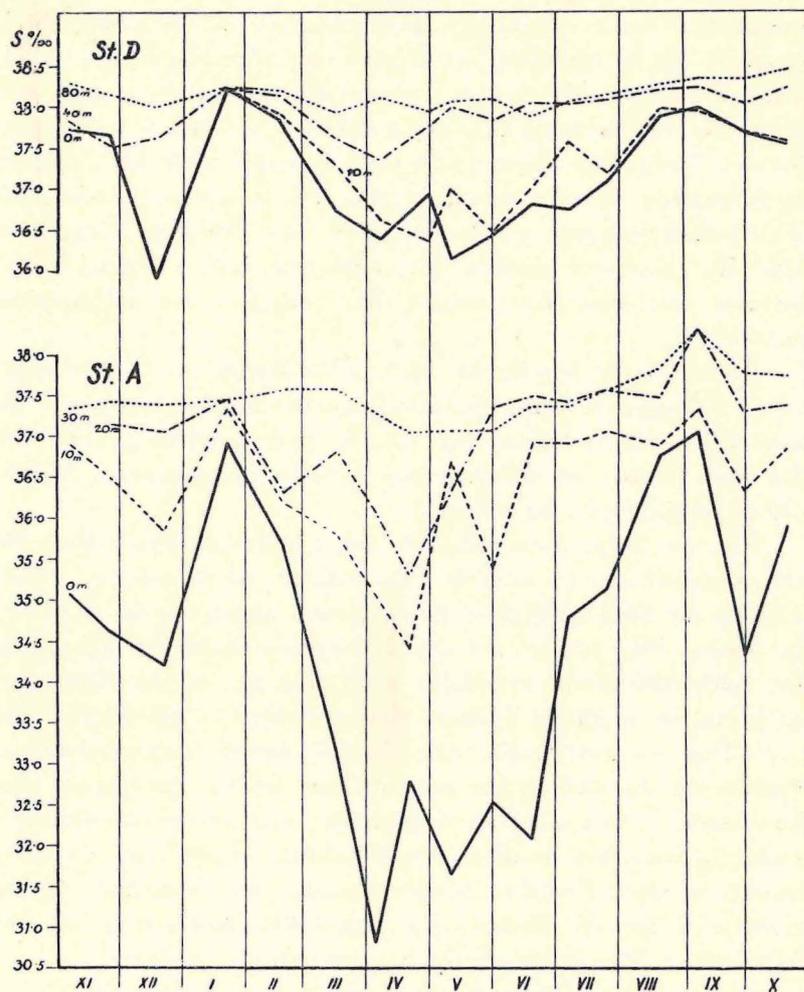


Abb. 4. Salzgehaltverlauf in St. *A* und *D* im Zeitraum November 1936 — Oktober 1937.

3. Während der im Herbst und Frühjahr eintretenden Versüßungen des Meerwassers sind die Unterschiede im Salzgehalt der einzelnen Schichten sehr auffällig, viel weniger dagegen während der Maxima im Winter und im Sommer.

4. Manchmal kann ein plötzlicher Abfall oder Zuwachs des Salzgehaltes in einer Partie oder sogar in der ganzen Wassersäule beobachtet werden.

Besprechung der Ergebnisse: Die Salzverhältnisse sind vollkommen analog denen, welche in den Jahren 1932—1934 zu beobachten waren. In diesen Jahren konnte man plötzliche Steigerungen des Salzgehaltes im Winter und allmähliche und anhaltende Zunahmen im Sommer ebensogut beobachten wie eine plötzliche Herabsetzung des Salzgradienten, besonders im Winter. Für den Verlauf der Salzkurven sind in erster Linie die Zuflüsse an Süßwasser verantwortlich welche sich in hohem Grade nach beiden Regenmaxima im Herbst und im Frühjahr einstellen. Also die meteorologischen Regenmaxima haben indirekt, die Zuflüsse von Süßwasser direkt das Verhalten des Salzgehaltes bestimmt.

Während wir bereits im Jahre 1936 Winde als höchst wirksamen Faktoren für das Zustandekommen der Schwankungen im Salzgehalt erkannt haben, war es uns nicht möglich genauer die Art und Weise, in welcher die jeweils herrschenden Winde wirken, eingehender zu erklären.

Um nun doch, wenn möglich, einen klareren Begriff über die Art zu gewinnen, in welcher die beiden herrschenden Windgruppen die Salzverhältnisse beeinflussen, haben wir im Verlaufe des Jahres 1937 parallel mit der Temperatur auch den Salzgehalt der Meeresoberfläche ebenfalls in Station B, in der Nähe des Institutes, in möglichst kleinen Zeitabständen — gewöhnlich alle 2—5 Tage — untersucht. Die Daten dieser Untersuchungen, ebenso wie die Zahlen für die mittlere Stärke der Land- und Meerwinde, in den gleichen Zeiträumen, sind in der Abbildung 5 wiedergegeben. Ein Studium der Abbildung ergibt, dass die Salzmaxima in einer Parallele zu den Maxima der Landwinde (Bora) stehen und dass die Minima des Salzgehaltes gleichzeitig mit den Maxima der Meerwinde (Scirocco) gewöhnlich erscheinen.

Wenn wir uns erinnern, dass das Wasser in der Tiefe salzreicher ist als das der Oberfläche und ein hoher Salzgehalt wahrscheinlich einen Indikator für Tiefenwasser gibt, werden wir zu dem Schlusse geführt, dass die Landwinde ein Aufsteigen des tiefen und salzreicheren Meerwassers gegen die Küste und gegen die höheren Schichten bewirken, während die anhaltenden Seewinde das deutlich salzärmere Wasser der Oberfläche in den

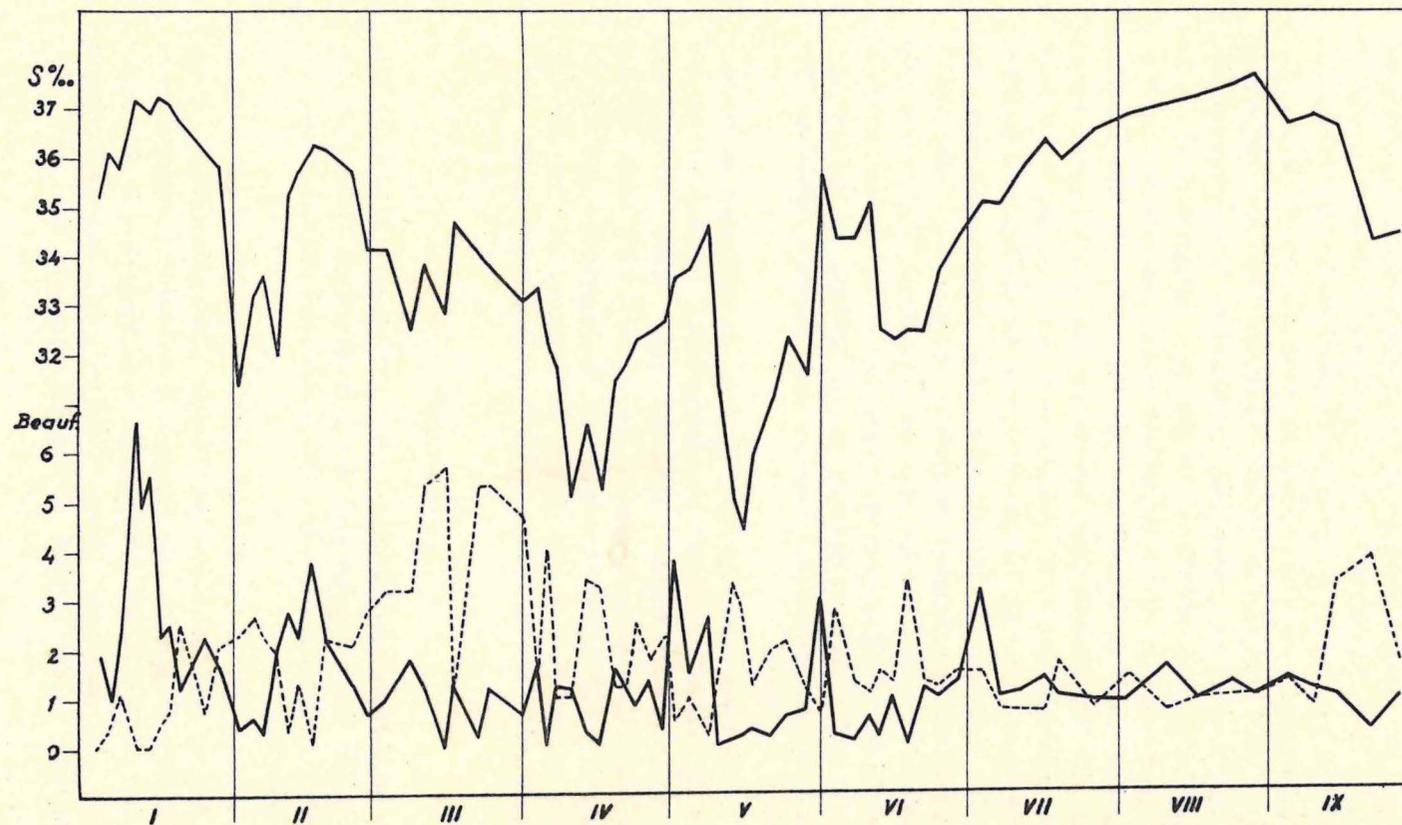


Abb. 5. Salzgehalt der Wasseroberfläche (oben) in St. B im Zusammenhang mit der durchschnittlichen Intensität der Land- (—) und Seewindgruppe (-----).

höheren Schichten fixieren. Die eben erwähnten Tatsachen vermögen uns mehrere auffallende Unregelmässigkeiten zu erklären, welche man im Salinitätsverlauf in den Stationen *A* und *D* während des Jahres beobachten konnte. Weder das Fallen des Salinitätsgrades im Herbst und im Frühjahr, noch dessen Zunahme im Winter und im Sommer, sind allmählich und regelmässig erfolgt, sondern es zeigten sich beträchtliche Schwankungen des Salzgehaltes und plötzliche Abfälle des Salzgradienten. Es ist uns unmöglich in alle diese Details näher einzugehen. Die Verhältnisse sind zu kompliziert, als dass man für jede einzelne Variation im Verlaufe der Salzkurven eine befriedigende Erklärung geben könnte. Als Beispiel will ich nur die hohe Salzkonzentration und die Herabsetzung des Salzgradienten erwähnen, welche sich am 22. Januar nach einer längeren Periode von heftigen und anhaltenden Landwinde ergeben hat. Aller Wahrscheinlichkeit nach führen also die Landwinde das tiefere und salzreichere Wasser gegen die Küste und in die oberen Schichten empor und wirken so deutlich an der Bildung der beiden jährlichen Maxima mit, denen man in den höheren Schichten des Meeres begegnet.

Nach diesen Ausführungen glauben wir schliessen zu können, dass die Verschiedenheiten des Salzgehaltes, welchen wir in den oberen Schichten begegnet sind, an erster Stelle das Ergebnis von Süsswasserzuflüssen waren. An zweiter Stelle sind sie das Ergebnis von Meeresströmungen und Meerzuständen und zw. vor allem von solchen, welche durch die Wirkung der bei uns vorherrschenden Winde — NO und SO — entstanden waren.

Sauerstoff

Beobachtungsergebnisse: Die Abbildung 6 zeigt uns das Verhalten der normalen und der gefundenen O_2 -Mengen in den Stationen *A* und *D*. Aus dem Diagramm sind folgende Tatsachen zu erkennen.

Der O_2 -Gehalt hielt sich gewöhnlich zwischen 5 und 6.5 ccm. Im Herbst und besonders im Winter (November-März) waren Zunahmen und grosse O_2 -Mengen festzustellen, während man in der zweiten Hälfte des Frühjahrs und besonders in der ersten Hälfte des Sommers einem Tiefstand des Sauerstoffgehaltes begegnete. In der zweiten Hälfte des Sommers liess sich eine

neuerliche Steigerung feststellen, welche von einem plötzlichen Abfall gefolgt war.

Die Kurven, welche die normalen und die gefundenen O_2 -Mengen wiedergeben, zeigen im wesentlichen einen parallelen Verlauf.

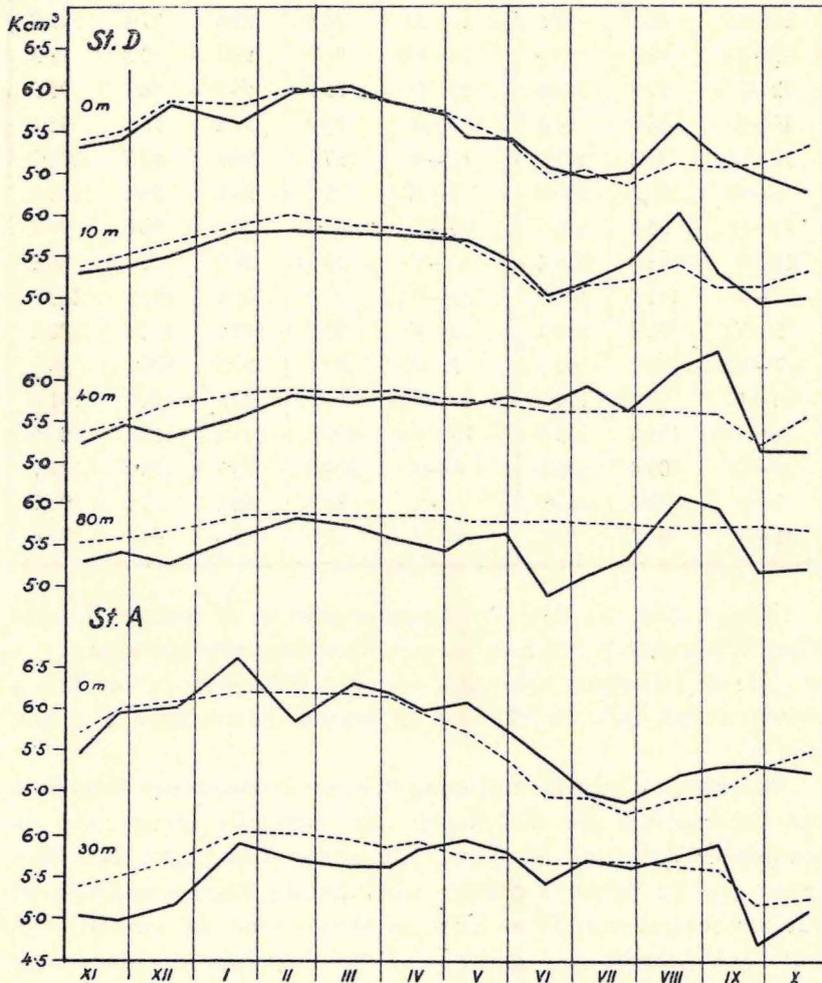


Abb. 6. Der normale (-----) und der gefundene (—) Sauerstoffgehalt in den Stationen A und D.

Die Zunahmen, wie auch die Abnahmen der gefundenen O_2 -Werte sind mehrmals durch unregelmässige; von den normalen O_2 -Kurven divergierende Schwankungen unterbrochen.

Tab. 4. O₂-Sättigungsgrad in %

St. A			St. D				
Datum	30 m	0 m	Datum	80 m	40 m	10 m	0 m
6-XI	92.3	96.1	6-XI	95.7	97.6	98.5	98.4
26-XI	90.6	99.5	26-XI	96.9	99.6	97.4	98.3
23-XII	90.5	98.7	19-XII	88.2	90.7	97.3	99.3
22-I	97.8	106.3	22-I	95.9	95.3	98.7	96.0
19-II	95.0	94.4	17-II	99.0	98.4	96.6	98.6
17-III	95.1	101.2	17-III	97.0	96.9	97.7	101.0
5-IV	95.2	100.2	7-IV	95.0	98.8	98.1	100.0
21-IV	98.0	100.5	30-IV	93.2	98.8	98.8	99.9
11-V	103.4	105.4	11-V	96.3	99.0	100.6	96.9
31-V	101.1	105.7	31-V	97.4	101.5	101.2	101.0
19-VI	95.4	108.9	19-VI	84.5	102.0	101.4	102.1
7-VII	100.9	101.3	7-VII	89.1	105.0	100.8	98.8
26-VII	98.8	103.1	26-VII	93.7	100.3	104.3	101.0
20-VIII	101.8	105.5	20-VIII	107.0	109.4	111.1	109.5
8-IX	105.4	106.3	8-IX	104.8	113.7	103.5	101.7
1-X	91.4	100.9	1-X	89.9	98.4	95.9	96.9
21-X	96.7	96.4	21-X	91.2	92.5	93.2	88.4

Tab. 4 gibt uns den O₂-Sättigungsgrad in % wieder. Tabelle 4 und Diagramm 6 informieren uns über folgende Tatsachen:

Die O₂-Sättigung schwankt in allen Schichten in Station A zwischen 90,5 und 110,9% und in Station D zwischen 84,5 und 113,7%.

Bestimmend für die Sättigung in den verschiedenen Schichten und Jahreszeiten gilt die Regel: die Sättigung nimmt mit zunehmender Tiefe und im Winter ab, während sie gegen die Oberfläche und im Sommer grösser wird. Dieser Regel entsprechend war die Schicht von 30 m Tiefe in Stat. A und die von 80 m in Stat. D während des grössten Teils des Jahres untersättigt, während die Oberflächenschichte in beiden Stationen während des Frühlings und Sommers, manchmal sogar in Winter, mit Sauerstoff übersättigt war.

Erklärung der Befunde. Die Tatsache, dass der O₂-Gehalt im Herbst und besonders im Winter ansteigt, in der zweiten Hälfte des Frühjahrs dagegen und vor allem zu Beginn des

Sommers absinkt, kann durch die Temperatur und Salzverhältnisse erklärt werden dem Gesetz entsprechend, nach welchem die O_2 -Absorption des Meerwassers in ihrer Grösse verkehrt proportional ist der Temperatur und dem Salzgehalt. Die Tatsache dass die Kurven, welche die gefundenen O_2 -Mengen enthalten, zu denen, welche die normalen Werte darstellen, im allgemeinen parallel verlaufen, zeigen, dass neben dem Salzgehalt vor allem die Temperatur der wesentlichste Faktor ist, welcher den O_2 -Gehalt in den verschiedenen Schichten bestimmt hat.

Beträchtliche Abweichungen, die im Verlaufe der Kurven, welche die gefundenen und die normalen O_2 -Mengen wiedergeben, festzustellen sind, lassen sich durch den Einfluss biologischer Faktoren erklären, welche durch Vermehrung (Pflanzen) oder durch Verminderung (Tiere) der nachweisbaren O_2 -Mengen wirksam werden. Dass tatsächlich verschiedene Einflüsse biologischer Faktoren nachgewiesen werden können, werden wir bald beweisen.

Was die verschiedenen Sättigungsgrade in den einzelnen Schichten und Jahreszeiten betrifft, glauben wir sie durch Faktoren rein physikalischer Natur erklären zu können, welche in nur indirekten Weise wirken. Direkt dagegen sind die verschiedenen Sättigungsgrade das Ergebnis der Lebenstätigkeit biologischer Faktoren. Ich will ganz kurz die erstgenannten Faktoren streifen, die indirekt wirken und physikalischer Natur sind. Unter diesen seien die Windwirkung, sowie die thermische Sommerschichtung der Meeres besonders hervorgehoben.

Um die Auswirkungen der Winde und der Sommerschichtung auf den Sättigungszustand des Meerwassers erkennen zu können, wollen wir einen Blick auf Tab. 5 werfen, welche die Daten enthält, die sich auf das Phytoplankton (Zellenzahl), die mittlere Intensität der Land- und Seewinde (wir haben nur fünf jeder Probeentnahme unmittelbar vorausgehenden Tage berücksichtigt) und den Sättigungsgrad der Oberflächenschichten beziehen. Tabelle 5 unterrichtet uns über folgende Tatsachen:

a) Sobald die mittlere Intensität der Landwinde etwa 1.5 Beauf. überschritt, sank der Sättigungsgrad gewöhnlich unter 100%, trotzdem der Gehalt an Phytoplankton hoch war (St. A, 6. und 26. XI., 22. XII., 19. II. und 21. X.; St. D, 6. und 26. XI., 22. I., 17. II., 11. V., 7. VII. und 21. X.

Tab. 5. Phytoplankton, mittlere Intensität
der Land- und Seewinde und O₂-Sättigungsgrad
in der Oberflächenschichten

Datum	L-W	S-W	St. A		St. D	
			O ₂ ‰	Phyt. cell.	O ₂ ‰	Phyt. cell.
6-XI	2.1	0.3	96.1	3608	98.4	1608
26-XI	2.1	0.4	99.5	48598	98.5	7854
19-XII	0.6	1.8	—	—	95.0	21450
22-XII	1.7	0.2	98.7	36972	—	—
22-I	1.8	1.0	106.3	146454	96.0	7016
17-II	3.0	0.3	—	—	98.6	706
19-II	3.4	1.3	94.4	4048	—	—
17-III	0.5	4.1	101.2	4136	101.0	308
5-IV	0.7	2.1	100.2	27280	—	—
7-IV	0.7	2.5	—	—	100.0	2200
21-IV	1.5	1.2	100.5	20176	—	—
30-IV	0.1	1.8	—	—	99.9	3950
11-V	1.8	0.8	105.4	60528	96.9	3256
31-V	2.5	0.7	105.7	373016	101.0	44088
19-VI	0.2	2.7	108.9	719400	102.1	21516
7-VII	1.9	0.5	101.3	110704	98.8	26048
26-VII	0.4	0.1	103.1	2940	101.9	1584
20-VIII	1.5	0.4	105.5	1144	109.5	1.556
8-IX	1.0	0.7	106.3	1320	101.7	704
1-X	0.9	0.5	100.9	1848	96.9	572
21-X	3.6	0.2	96.4	2464	88.4	1056

Nur wenn die Produktion von Phytoplankton besonders hohe Werte erreicht hatte, stieg der Sättigungsgrad auch trotz der Wirkung der Landwinde über 100% (22. I.; 11. und 31. V. in St. A; 31. V. in St. D.)

b) Wenn die Durchschnittsintensität der Seewinde (Scirocco) 1.5 Beauf. überstieg, trat Sättigung oder Übersättigung des Wassers ein; wenn dies gleichzeitig mit einer reichen Produktion von Phytoplankton zusammentraf, war der Grad der Übersättigung besonders hoch (St. A, 19. VI).

c) Während der Sommerschichtung, die von ihrem Entstehen im Mai bis zu ihrem Vergehen bis incl. September anhielt, wies

das Wasser der Oberfläche am öftesten den Zustand der Übersättigung auf.

Die hier kurz zusammengefassten Tatsachen zeigen, dass die Landwinde die Abnahme der Sättigung, während die Seewinde und die Sommerschichtung die Übersättigung in den oberflächlichen Schichten erzeugen.

Wenn wir nun berücksichtigen, dass die Landwinde besonders im Herbst und Winter vorherrschen (Oktober-Februar), so wird uns die Beobachtung einer relativ geringeren Sättigung, in der Regel unter 100%, verständlich. Ebenso begreifen wir jetzt die Übersättigung im Frühjahr und Sommer, welche mit der Sommerschichtung parallel geht.

Die gegensätzliche Wirkung der Landwinde einerseits und der Seewinde sowie der Sommerschichtung andererseits wird uns verständlich, wenn wir berücksichtigen, dass die Landwinde Kompensationströmungen erzeugen, durch welche ein Zufluss des O_2 -ärmeren Tiefenwassers gegen die oberen Schichten und gegen die Küste erfolgt. Die Seewinde und die Sommerschichtung dagegen halten das Wasser der oberen Schichten fest, welche durch die besonders intensive Wirkung des Phytoplankton und durch den unmittelbaren Kontakt mit der Atmosphäre reicher an O_2 sind.

Wenn wir auch diese Erklärung für die Wirkung der Winde und der Schichtung annehmen, werden uns bestimmte, plötzliche Schwankungen des Sättigungsgrades doch nur dann verständlich, wenn wir ausserdem noch eine besondere und direkte Wirkung des biologischen Faktors annehmen. Und tatsächlich ergab sich eine aussergewöhnliche Zunahme der Sättigung am 21. Jänner und zwei weitere derartige Befunde am 31. Mai und 19. Juni in Station A zur Zeit der beiden jährlichen Maxima des Phytoplanktons.

Um eine mehr minder energische Wirkung der Winde, der Sommerschichtung und der biologischen Faktoren zu zeigen, haben wir als Beispiel die Sättigungsschwankungen in den oberflächlichen Schichten gewählt. Aber nichts steht der Annahme im Wege, dass die Sättigungsverhältnisse in tieferen Schichten das Ergebnis derselben, oben genannten Faktoren sind, obwohl deren Wirkung hier oft nicht so unmittelbar auftritt, wie in der Oberflächenschicht.

EINIGE FLORISTISCHE UND BIOLOGISCHE
BEMERKUNGEN ÜBER DIE PLANKTONVEGETATION
IN DER UMGEBUNG VON SPLIT

Floristische Zusammensetzung der Vegetation

Wir haben bereits in der zitierten Mitteilung (Ercegović 1936) ein Verzeichnis wiedergegeben, welches 226 Planktonarten aus der Umgebung von Split enthält. Unter diesen sind die Dinoflagellaten — 129 Arten — am zahlreichsten, während die Diatomeen mit 60 pelagischen und 15 tychopelagischen Arten an zweiter Stelle stehen.

Die Liste der Arten, welchen wir im Laufe der Periode 1936—1937 begegneten, enthält im wesentlichen dieselben Arten, wie sie im Jahre 1934 gefunden wurden. Nur einige konnten wir 1936/37 nicht wieder finden und zwar: *Porella adriatica*, *Histioneis Vouki*, *Oxyrrhis marina*, *Gymnodinium heterostriatum*, *G. Diploconus*, *Halopappus adriaticus* und *Chaetoceros socialis*. Was die Formen anlangt, welche wir unter den Namen *Chaetoceros tortissimus* und *C. subsecundus* bestimmt haben, belehrte uns die Beobachtung der Sporen in diesem Jahre (1936/37) über die Zugehörigkeit dieser Formen zu den Arten *Ch. debilis* und *Ch. vixvisibilis*.

Indessen gibt es 20 Arten und zwar 9 Diatomeen und 11 Dinoflagellaten, denen wir vor dem Jahre 1936/37 nicht begegneten. Das sind folgende Arten:

- Diatomeen:** *Actinoptychus adriaticus* Grun. (Hust. I., p. 480, f. 267). Beobachtet einmal im Monat Dezember in Station A.
- Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve (Hust. I., p. 311, f. 149). Im Herbst und besonders im Frühling; manchmal massenhaft.
- Rhizosolenia firma* Karst. (Hust. I., p. 574, f. 326). Eine Art der warmen Gewässer. Wir begegneten ihr im Sommer (Juli-Oktober) und einmal auch im April, immer vereinzelt.
- Bacteriastrum biconicum* Pavill (Hust. I., p. 618 f. 358). Nur aus dem Mittelmeer bekannt. Wir fanden es im Winter (Jänner-Februar) und im Sommer (Juli-August).
- Chaetoceros lacinosus* Schütt (Hust. I., p. 701, f. 401). Eine in unseren Gewässern seltene Art, welcher wir in den

Monaten April, Juli und November bei einer Temperatur von 14 bis 17° C begegneten.

Chaetoceros brevis Schütt (Hust. I., p. 707, f. 403). Die Art war mit Ausnahme der ersten Winterhälfte in jeder Ernte ziemlich häufig mit einem deutlichen Maximum im März und April.

Chaetoceros didymus Ehrenb v. *anglica* (Hust. I., p. 690, f. 393). Wir fanden sie ausschliesslich im Januar in Station D.

Chaetoceros vixibilis Schill. (Hust. I., p. 727 f. 417). Eine Diatomee, welche im Frühjahr (April-Juni) das Gros der Phytoplanktonproduktion — bis zu einer halben Million Zellen — bildete.

Asterionella japonica Cleve (Hust. II., p. 254, f. 734). Eine einmal im Monat Oktober in Station D beobachtete Art.

Asterionella notata Grun. (Hust. II., p. 254, f. 733). Eine selten im Herbst in Station A beobachtete Art.

Dinoflagellaten *Phalacroma rotundatum* (Clap. und Lach.) Kof. (Schill. I., p. 67, f. 60). Wir begegneten ihm öfters im Herbst in beiden Stationen.

Dinophysis ovum Schütt (Schill. I., p. 116, f. 109) Einmal am 18. Juni in den Schichten von 0—20 m in Station D gefunden.

Dinophysis uracantha Stein (Schill. I., p. 142, f. 134). Beobachtet am 18. Juni in Station D in einer Tiefe von 50—90 m.

Peridinium globulus Stein var. *ovatum* Schill. (Schill. II., p. 186 f. 187). Begegnet in vereinzelt Proben während der ganzen Beobachtungszeit.

Peridinium pedunculatum Schütt. (Schill. II., p. 211, f. 208). Während der Herbstmonate und im Winter mitunter häufig, mitunter selten.

Ceratocorys Gourreti Pauls. (Schill. II., p. 446, f. 488). Häufig gefunden. Ende März bis Juli in der Schichte 0—20 m in Station D.

Oxytoxum elegans Pav. (Schill. II., p. 464, f. 530). Beobachtet am 1. Oktober in St. D in einer Tiefe von 20—50 m.

Oxytoxum gigas Kof. (Schill. II., p. 466, f. 536) Begegnet öfters im Herbstplankton.

Ceratium gravidum Gourr. (Schill. II., p. 357, f. 389) Einmal im Monat März in Station D zwischen 50 und 80 m Tiefe.

Ceratium geniculatum (Lemm.) Cleve. (Schill. II., p. 375, f. 414). Einmal im Monat Dezember in Station D zwischen 20 und 50 m Tiefe.

Ceratium falcatum (Kof.) Jörg. (Schill. II., p. 375, f. 417). Öfters im Herbst und Winter in beiden Stationen.

Die Mehrzahl der im Jahre 1936 gefangenen und in dieser Liste zusammengestellten Arten wurden vor uns an verschiedenen Stellen der Adria gefunden (S. A. Böhm 1931 und 1933; H. Broch 1910; G. Entz jun. 1902 und 1905; R. Issel 1921, 1922 u. 1925; I. Schiller 1913, 1914, 1925, 1928; B. Schröder 1908, 1911). Doch ist eine ziemlich grosse Zahl von Arten vor uns in der Adria nicht festgestellt worden. Ausser denen die wir in der vorigen Arbeit erwähnt haben, sind unter diesen noch anzuführen: *Rhizosolenia firma* Karst., *Bacteriastrum biconicum* Pavil., *Oxytoxum elegans* Pavil. und *Ceratium geniculatum* (Lem.) Cleve. Schliesslich sei erwähnt, dass eine bestimmte Zahl von Dinoflagellatenarten mit keiner der bekannten Arten identifiziert werden konnte. Die Beschreibung dieser Formen sei einer weiteren Mitteilung vorbehalten.

Charakter der Vegetation in Bezug auf die Temperatur

Es gibt keinen oekologischen Faktor, welcher einen unmittelbaren und stärkeren Einfluss auf die übrigen physikalisch-chemischen Faktoren des Wassers und vor allem auf die biochemischen Reaktionen der Organismen ausübt, als die Temperatur. Infolge dessen gibt es auch keinen oekologischen Faktor, welcher sich so deutlich und intensiv in der Zusammensetzung, dem Vorkommen und Verschwinden der Planktonvegetation auswirkt wie die Temperatur. Wie aus unseren früheren und aus unseren jetzigen Untersuchungen hervorgeht, vermag die Temperatur in St. A. welche nur wenige Seemeilen von der Küste entfernt ist, nur zur Zeit des Minimums, im Winter, bis auf 10° C zu sinken. Sie ist gewöhnlich höher und kann während des Maximums im Sommer 26° C erreichen.

Das untersuchte Wasser enthält im Verlaufe des Jahres eine reichhaltige Flora an Dinoflagellaten, Diatomeen und Coccolithineen. Unter diesen drei Gruppen ist die erstgenannte am

reichsten vertreten. Wir haben bisher unter ihr 140 Arten gefunden. Was ihre Temperaturempfindlichkeit betrifft, sind die Dinoflagellaten Bewohner ausschliesslich der warmen oder der mittelwarmen Gewässer. — Die Zahl der bei uns bisher gefundenen pelagischen Diatomeenarten ist auf 70 gestiegen; die meisten sind auf das mässig warme oder ausschliesslich auf des warme Wasser beschränkt, oder sind Kosmopoliten. Es gibt nur eine sehr beschränkte Zahl (5—6 Arten), die Bewohner der kälteren Gewässern sind. Aber diese Arten sind nur ganz sporadisch zu finden. Unter ihnen nur *Talassionema nitschioides* und *Nitzschia seriata* spielen für die Winterproduktion eine gewisse Rolle.

Was die Coccolithineen anlangt, von denen wir bisher 12 Arten gefunden haben, begegnet man den meisten ausschliesslich im Mittelmeer.

Aus diesen Darlegungen folgt, dass das Wasser der mittleren Ostadria im wesentlichen die Formen enthält welche für temperierte, aber im Sommer warme Gewässer typisch sind. Nur eine beschränkte Anzahl der Arten hat einen eurythermen Charakter und nur wenige Repräsentanten gehören dem borealen Typus. Die Planktonvegetation also unserer Gewässer ist ausgesprochen thermophil.

Das Eintreten der Arten im Laufe des Jahres

Die Planktonvegetation ist natürlich während des ganzen Jahres nicht einheitlich. Die Analyse ihres Erscheinens und Verschwindens im Zusammenhang mit Temperaturschwankungen und anderen physikalischchemischen Bedingungen des Wassers zeigt uns, dass — vom phoenologischen Standpunkt aus betrachtet — verschiedene Elemente existieren. Diese lassen sich alle in 2 grosse Gruppen zusammenfassen, in perennierende Formen und in solche, die periodisch auftreten. Die perennierenden Arten zeigen einen eurythermen Charakter und können beträchtliche Veränderungen der Temperatur und anderer physikalisch-chemischer Faktoren des Wassers ertragen. Indessen verhalten sich nicht alle perennierenden Elemente in gleicher Weise. Gewisse — ich werde sie *isoperennierende* nennen — verhalten sich dem Anschein nach indifferent gegen die verschiedenen Temperaturgrade im Verlaufe des Jahres; aus diesem Grunde bilden sie auch kein deutliches Jahresmaximum. Im Gegensatz hiezu bevorzugen die *anisoperennierenden* Formen bestimmte Jahres-

temperaturen und zeigen in der entsprechenden Periode ein relatives Jahresmaximum.

Die periodischen Formen erscheinen — soweit ihre Periodizität durch oekologische Faktoren bedingt ist — zu dem Zeitpunkt, in welchem sich die für sie notwendigen Lebensbedingungen bieten, wie sie in der entsprechenden Jahresperiode eintreten.

Eine vom oekologischen Gesichtspunkte wertvolle Differenzierung der verschiedenen periodischen Formen müsste nach oekologischen Faktoren erfolgen. Eine Unterscheidung nach der Jahreszeit in Elemente des Frühjahrs, des Sommers, des Herbst und des Winters ist von oekologischen Gesichtspunkten aus wertlos, denn sie beruht auf keinem oekologischen Faktor. Ausserdem ist sie praktisch fast undurchführbar, denn es gibt nur wenige Formen, die im Rahmen dieser Einteilung gut erfassbar sind. Die Klassifikation der verschiedenen Formen ist am präzisesten und einfachsten, wenn sie auf nur einem rein ökologischen Faktor basiert ist; als solcher kommt vor allem der Temperaturfaktor in Betracht. Die Periodizität der Arten wäre in Bezug auf einen bestimmten Temperaturgrad zu charakterisieren und die verschiedenen Formen sollten nach den Temperaturen gruppiert werden, die ihnen am meisten zusagen.

Indessen sind die Verhältnisse verwickelter. Denn eine Unterscheidung, beziehungsweise eine Klassifikation der periodischen Elemente gibt, wenn sie ausschliesslich auf dem Temperaturfaktor basiert, nicht genau und nicht in jedem Falle die tatsächlichen Verhältnisse wieder. So kann man z. B. *Chaetoceros vixibilis* nicht nach der Temperatur von 18—20° C charakterisieren, obwohl diese Art im Frühjahr bei dieser Temperatur ihr Vegetationsmaximum hat; denn sie kommt bei der gleichen Temperatur im Herbst nicht vor. Daraus ergibt sich, dass mehrere Faktoren, welche häufig nicht parallel verlaufen, die Periodizität einer bestimmten Art verursachen und bei der Klassifikation verschiedenen periodischen Formen in Betracht genommen werden müssen. Infolgedessen kann die Periodizität der Arten nicht ausschliesslich in Bezug auf einen bestimmten Temperaturgrad charakterisiert und die verschiedenen periodischen Formen nicht nach den Wärmegraden allein gruppiert und klassifiziert werden, welche ihnen am besten zusagen.

Zu Anbetracht der gegenwärtigen Unmöglichkeit eine präzise ökologische Klassifikation periodischer Formen zu geben, halten

wir es vorteilhaft, als Ausgangspunkt unserer Klassifikation den jährlichen Temperaturzyklus zu wählen und zwischen prothermischen, euthermschen und oligothermischen Elementen zu unterscheiden.

Die prothermischen Formen erscheinen mit der Wärmezunahme im Frühjahr und der ersten Hälfte des Sommers. Die euthermschen entwickeln sich während der höchsten Temperatur im Sommer und in der ersten Herbsthälfte. Die oligothermischen Elemente erscheinen zur Zeit der tieferen und tiefsten Temperaturen in Spätherbst und im Winter.

a) Perennierende Vegetation

Isoperennierende Formen. Für diese Arten scheint charakteristisch zu sein, dass sie niemals in grossen Massen auftreten. Aus dieser Gruppe sind *Asterolampra marylandica* und *Dactylosolen mediterraneus* zu nennen, deren Erscheinen in den Monaten April und Mai etwas auffälliger wird und *Rhizosolenia robusta*, *Bacteriastrum biconicum*, *Chaetoceros densus* sowie *Ch. peruvianus*, welche im Herbst (Oktober-Dezember) etwas häufiger werden. Ausserdem sind alle diese Arten Bewohner der wärmeren Meere.

Während die Zahl der isoperennierenden Diatomeen recht beschränkt ist, ist die der Dinoflagellaten beträchtlich. Hier sind *Prorocentrum scutellum*, *Pr. gibbosum*, *Dinophysis sacculus*, *D. hastata*, *D. caudata*, *D. tripos*, *Ornithocercus magnificus*, *O. quadratus*, *Amphisolenia bidentata*, *Peridinium pallidum*, *P. Brochi*, *P. crassipes* und *Podolampas bipes* zu nennen. Ferner eine grosse Zahl von Ceratiumarten, unter diesen *C. candelabrum*, *C. pentagonum*, *C. teres*, *C. fusus v. seta*, *C. pulchellum*, *C. Karsteni*, *C. symmetricum*, *C. arietinum*, *C. buceros v. tenue*, *C. hexacanthum f. contorta*, *C. massiliense*, *C. carriense*, *C. macroceros* und *C. trichoceros*.

Anisoperennierende Formen. Unter diesen sind an erster Stelle die Arten anzuführen, deren Vegetationsmaximum während der Temperaturzunahme im Frühjahr und im Frühsommer erscheint. Ihre Zahl ist nur gering. Es seien die Diatomeen *Cerataulina Bergoni*, *Hemiaulus Haucki* und *Chaetoceros brevis* mit ihrem Maximum im März und im April sowie *Chaetoceros diversus* mit ihrem Maximum in Mai-Juni angeführt. Alle diese Diatomeen sind Arten der warmer Gewässer und einige unter

ihnen spielen eine wichtige Rolle in der Phytoplanktonproduktion des Frühjahrs. So *Chaetoceros diversus* und besonders *Chaetoceros constrictus*. In diese Gruppe gehören noch die Dinoflagellaten *Ceratium furca* mit ihrem Maximum in der ersten Frühjahrshälfte (März-April) und *Prorocentrum micans* mit ihrem Maximum in den Monaten Mai und Juni.

Die zweite Gruppe anisoperennierender Elemente umfasst diejenigen Arten, welche ihr Maximum zur Zeit der stärksten Erwärmung des Wassers zeigen, d. h. in der zweiten Sommerhälfte und in der ersten Hälfte des Herbstes. Es sei hier eine Anzahl von Dinoflagellaten angeführt unter ihnen *Glenodinium lenticula*, *Peridinium globulus v. quarnerense*, *P. Steini*, *Goniodoma polyhedricum* und *G. acuminatum*.

In der dritten Gruppe anisoperennierender Formen finden sich die Arten deren üppigste Vegetation während der tiefsten Temperaturen im Herbst und Winter erscheint. Die Arten dieser Gruppe sind ausschliesslich Diatomeen und sie bilden das Gros der Phytoplanktonproduktion im Winter. Die üppigste Vegetation dieser Arten beginnt bereits im Oktober oder im November und endet im Jänner oder Februar. Unter dieser Flora erscheint *Talassiothrix Frauenfeldi* als erste mit ihrem hohen Maximum im Oktober oder November. In derselben Zeit oder etwas später zeigen ihr Maximum die folgenden Arten: *Guinardia flaccida*, *Rhizosolenia alata*, *Chaetoceros decipiens*, *Ch. lorenzianus* und *Ch. debilis*. In der Zeit der niedrigsten Temperaturen des Meerwassers von Dezember bis zum Februar, wuchern die Arten: *Chaetoceros compressus*, *Ch. affinis*, *Ch. curvisetus*, *Ch. rostratus*, *Rhizosolenia Stolterfolhi*, *R. calcar avis*, *Leptocylindrus danicus*, *Bacteriastrum delicatulum* und *Talassionema nitschioides*. Die Mehrzahl dieser Arten sind aus dem eher mässig warmen als warmen Wasser des Atlantischen Ozeans bekannt und Gran führt sie als Type der temperierten Atlantikgewässer an. Einige dieser Arten besitzen einen eurythermen Charakter, während (die Art) *Chaetoceros rostratus* nach Hustedt ein seltener Gast aus warmen Meeren sein soll.

b) Periodische Formen

Prothermische Arten. Die prothermische Vegetation erscheint bereits gegen Ende der Winters und gedeiht während des ganzen Frühlings. Einige dieser Formen verschwinden erst

gegen Sommerende oder noch später. Die Wärmebedingungen dieser Zeitperiode sind durch eine Zunahme der Temperatur gekennzeichnet. Zu dieser Periode ist eine üppige Wucherung von Flagellaten, Coccolithineen und prothermischen Dinoflagellaten zu beobachten. Unter den Coccolithineen sind besonders *Syracosphaera Molischi*, *S. cordiformis* und *S. adriatica* anzuführen. Unter den Dinoflagellaten kommen mehr minder häufig *Exuviella compressa*, *E. pusilla*, *Oxyrrhis marina* und *Prorocentrum triestinum* vor. Es ist ganz sicher, dass eine relativ grosse Zahl von Dinoflagellaten und Coccolithineen von prothermischen Charakter infolge ihrer Kleinheit dem Nachweis entgeht.

Es gibt indessen zwei sehr charakteristische Diatomeen aus der prothermischen Flora, u. zw. erstens *Chaetoceros vivivibilis*, eine in unseren Gewässern endemische Form, welche ausschliesslich in der Adria vorkommt (H u s t e d t, I. p. 727). Diese Art erscheint im April, zeigt im Mai den Kulminationspunkt ihrer Vegetation, bildet im Juni Sporen und verschwindet schliesslich im Juli. Die zweite prothermische Diatomee ist eine *Coscinosira*-Art, welche ich näher bestimmen nicht konnte, und welche im Verlaufe des Frühjahrs zahlreiche Ketten bildet und sodann zu Beginn des Sommer verschwindet.

Euthermische Arten. Diese entwickeln sich zur Zeit der höchsten Temperaturen im Sommer und verschwinden vollkommen erst nach einer beträchtlichen Temperaturabnahme im Spätherbst. In dieser Periode hält sich die Temperatur zwischen 25° C und 18° C und der Salzgehalt erreicht seine Höchstwerte. Es gibt einige euthermische Diatomeen, unter ihnen zwei charakteristische: *Chaetoceros Daday* und *Ch. Tetrastichon*. Die erste erscheint im Wasser der Oberflächenschichte bereits im Juni, tritt zahlreich im Juli, August und September auf; im Oktober oder November wird sie selten oder sie verschwindet. Sie findet sich bei Temperaturen von 23—17° C. Weniger häufig kommt *Chaetoceros tetrastichon* vor, dem man von August bis Oktober begegnen kann. Als seltener Gäste sind unter dieser euthermischen Vegetation noch: *Schroederella delicatula* und *Guinardia blavyana* zu nennen. Wahrscheinlich dürfen in diese euthermische Vegetation auch *Asteromphalus heptactis*, *A. flabellatus* und vielleicht auch *Asterolampra Grevillei* eingereiht werden, die letztgenannte Art dürfte aber einen mehr eurythermischen Charakter haben.

Während die euthermschen Diatomeen eine nur sehr beschränkte Artenzahl aufweisen, ist die Artenzahl der Dinoflagellaten bedeutend grösser. Hier sind besonders einige Formen der *Dinophysiales* und der *Peridinales* hervorzuheben so die Gattungen: *Phalacroma* (*argus*, *acutum*, *rapa*, *mitra*), *Dinophysis* (*Schroederi*), *Goniaulax* (*spinifera*, *polyhedra*, *turbinei*, *inflata*), *Spiraulax* (*Jollifei*), *Ceratocorys* (*armata*, *horrida*, *Jourdani*) und *Oxytoxum* (*Millneri*, *gigas*).

Oligothermische Arten: Die oligothermische Flora erscheint gleichzeitig mit dem Eintritt der tieferen Temperaturen im Spätherbst und besonders im Winter. Die herrschenden Wärmebedingungen sind durch einen Abfall der Temperatur gekennzeichnet, die sich zwischen 18° und 12° hält, das Wärmeoptimum liegt je nach der Art zwischen 15° und 12° C.

In dieser Periode wird eine üppige Wucherung von Diatomeen bemerkbar. Ausser einigen perennierenden Diatomeen, welche in dieser Periode ihr Vegetationsoptimum zeigen, gibt es auch mehrere periodisch auftretende, die oligothermisch sind. Zu diesen gehört *Thalassionema mediterranea*, welche bisher nur aus dem Golf von Lyon bekannt war. Sie erscheint im Spätherbst und bildet in den Wintermonaten eines der bedeutendsten Elemente der reichen Winterproduktion. Viel seltener ist *Thalassiothrix longissima*, eine Form der nördlichen Atlantik, welche B. Schroeder in einer Zusammenstellung des Sommerplanktons der Adria aufführt. An dieser Stelle sind auch *Bacteriastrum elongatum* und *B. hyalinum* hervorzuheben, welche eine Vorliebe für minder salzreiche Gewässer zeigen, wo sie häufig in beträchtlicher Menge erscheinen. Unter diesen oligothermischen Arten sei *Nitzschia seriata*, der nördliche Typus nach Gran, erwähnt, welcher während seines Maximums im Dezember bis Februar mehrere Tausende Zellen in Liter Wasser erkennen lässt und sich mit *Thalassiothrix mediterranea* in hohem Grade an dem Maximum des Phytoplanktons im Herbst und Winter beteiligt. Dieser oligothermischen Flora sind noch einige Silicoflagellatenarten anzureihen wie *Mesocoena polymorpha*, *Dictiocha staurodon* und *Distephanus crux*, welche anderwo nur in seltenen Ernten erscheinen.

Quantitative Verhältnisse des Phytoplanktons im Jahresverlauf. Jährliche Produktionskurve

Das Diagramm in Abb. 7, welches den Jahresverlauf der Produktion in der Oberflächenschicht im Jahre 1936-37 wiedergibt, zeigt zwei grosse Maxima: eines im Dezember-Jänner, und ein zweites im Mai-Juni. Zwischen beiden Maxima ist eine tiefe

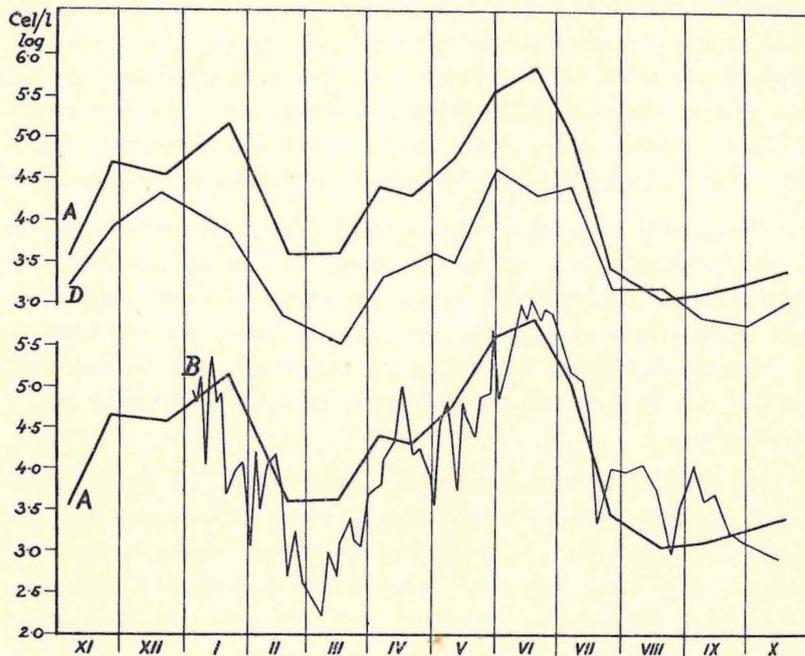


Abb. 7. Jährlicher Gang der Phytoplanktonproduktion in Stat. A, D und B.
Die Kurven bestehen aus den Logarithmen der Zellzahlen.

Depression im Februar-März eingeschaltet. Während der Sommermonate und in der ersten Herbsthälfte ist der Gehalt an Phytoplankton in der gesamten Wassersäule gewöhnlich sehr gering.

Die mitgeteilten Ergebnisse rühren von 17 Excursionen her welche im Verlaufe der 12 Monate unternommen worden waren. Man könnte indessen annehmen, dass die Zahl der Excursionen zu gering sei, um wenn auch nur in den wesentlichsten Zügen den Jahresverlauf der Phytoplanktonproduktion zu zeichnen. Man könnte einwenden, dass vielleicht ein erhebliches Maximum zwischen zwei Excursionen fiel und daher vollkommen der Beobach-

tung entgangen ist, so dass die hier wiedergegebene Jahreskurve der Produktion der Wirklichkeit nicht vollkommen entsprechen würde.

Um diesem Einwand im Voraus zu begegnen und unsere Beobachtungsergebnisse aus den Stationen *A* und *D* gewissermassen zu kontrollieren, haben wir im Verlaufe der Periode Jänner-Oktober 1937 eine Reihe von Beobachtungen in unmittelbarer Nähe des Institutes (Station *B*) ausgeführt. Wir unternahmen zumeist in Intervallen von 3—6 Tagen Wasserproben und bestimmten darin die Phytoplanktonmenge. Die Ergebnisse dieser Bestimmungen sind in der Kurve in Abb. 7 wiedergegeben. Die Kurve lässt zwei erhebliche Produktionsmaxima — im Januar und im Juni, — sowie einen kleinen Gipfel Anfangs September erkennen. Diese Maxima zeigen natürlich beträchtliche Oszillationen.

Wenn wir nun diese Kurve mit denen aus den Stationen *A* und *D* vergleichen, sehen wir, dass die Kurven aus allen drei Stationen im wesentlichen einen parallelen Verlauf zeigen. Es geht daraus hervor, dass die Produktionskurve, wie sie sich aus 17 Meeresexkursionen ergeben hat, tatsächlich den wesentlichen Verlauf der Phytoplanktonproduktion in den Stationen *A* und *D* wiedergibt.

Die früheren Untersuchungen zeigten, dass die Produktionskurve des Phytoplanktons im Jahre 1934 in vollkommen analoger Weise verlaufen ist. Auch 1934 waren zwei Maxima zu beobachten und zwar eines im Winter (Jänner-Februar) und eines im Frühling (Mai-Juni), zwischen welchen sich ein besonderes Minimum einschob.

Die Beobachtungen von *Cori* und *Steuer* (1901) sowie von *Steuer* (1902, 1903) im Golf von Triest in den Jahren 1899 bis 1902, wie auch jene von *Issel* (1920—21) in den Gewässern von Rovigno, lassen, obwohl sie nur das Rohvolumen des Planktons berücksichtigen, vermuten, dass auch die Phytoplanktonproduktion der Nordadria jährlich zwei grosse Maxima aufweist: eines am häufigsten im Jannuar und Februar, aber mitunter auch früher u. zw. im Dezember oder bereits im November, und das zweite in der Periode Mai-Juli. Neben diesen beiden grossen Maxima wurden auch mitunter andere minder beträchtliche beobachtet. Wir selbst haben solche sporadische Erhebungen des Kurvenverlaufes in den Monaten September und Oktober festgestellt.

Nach den eigenen Untersuchungsergebnissen und nach denen anderer Autoren aus dem nördlichen Becken der Adria, besteht allem Anschein nach entlang der ganzen adriatischen Ostküste ein gleichmässiger Jahresrythmus der Phytoplanktonproduktion, welcher im wesentlichen vier verschiedene Phasen erkennen lässt: eine Wucherung während des Winters, ein Rückgang am Ende des Winters und im Frühlingsanfang, eine Frühlingsblüte und eine Ruheperiode im Spätsommer und im Herbst.

Einige Merkmale der beiden Produktionsmaxima

Die beiden Jahresmaxima der Phytoplanktonproduktion sind durch zwei charakteristische Unterscheidungsmerkmale gekennzeichnet. Das erste betrifft die Zusammensetzung der Flora, das zweite die Verteilung der Phytoplanktonmasse auf die verschiedenen Wasserschichten.

Was die Zusammensetzung der Flora betrifft, so besteht die Winterflora in der überwiegenden Mehrheit aus Diatomeen, welche fast die ganze Produktion bestreiten. Sie sind reichlich repräsentiert durch die Arten: *Thalassiothrix Frauenfeldi*, *T. mediterranea*, *Thalassionema nitschioides*, *Bacteriastrum delicatulum*, *Chaetoceros decipiens*, *Rhizosolenia alata*, *R. Stolterfothi* und *Nitzschia seriata*. Unter den genannten gibt es einige ozeanische Arten, wie *Chaetoceros decipiens*, *Rhizosolenia alata*, *R. styliophormis* und *R. calcar avis*. Zu der Frühlingsblüte spielen ausser den Diatomeen, welche das Gros der Produktion bilden, auch die Dinoflagellaten und die Coccolithineen eine Rolle. Die Diatomeenflora ist im Frühjahr viel monotoner als im Winter. Die ganze Diatomeenmasse besteht aus wenigen Arten unter denen *Chaetoceros constrictus*, *Ch. vixvisibilis* und *Ch. diversus* den grössten Teil der Produktion bilden (Chaetocerosplacton). Alle Arten, welche sich in irgend einer Form an der Frühjahrsproduktion beteiligen, sind neritisch. Ozeanische Arten spielen hier keine Rolle.

Tab. 6. Vertikale Verteilung der Phytoplanktonproduktion in St. A und D

St A			St. D				
Datum	30 m	0 m	Datum	80	40	10	0
6/XI	1.694	3.608	6/XI	880	2.838	1.848	1.608
26/XI	3.700	48.598	26/XI	2.420	18.502	10.560	7.854
23/XII	3.880	36.972	19/XII	5.566	24.310	23.496	21.450
22/I	39.424	146.454	22/I	5.192	7.128	9.768	7.016
19/II	792	4.048	17/II	1.496	1.084	880	706
17/III	880	4.136	17/III	352	176	264	308
5/IV	1.452	27.280	7/IV	132	352	308	2.200
21/IV	2.596	20.176	30/IV	88	1.012	1.936	3.950
11/V	5.500	60.528	11/V	1.320	880	154	3.256
31/V	25.564	373.016	31/V		2.332	47.165	44.088
19/VI	4.136	719.400	19/VI	21.868	1.760	9.196	21.516
7/VII	924	110.704	7/VII	528	792	1.776	26.048
26/VII	704	2.940	26/VII	352	1.556	880	1.584
20/VIII	528	1.114	20/VIII	704	528	440	1.556
8/IX	880	1.320	8/IX	2.816	1.080	1.408	704
1/X	624	1.848	1/X	440	484	968	572
21/X	528	2.464	21/X	1.408	1.760	880	1.056

Was die vertikale Verteilung betrifft (vgl. Tab. 6) wollen wir die Verhältnisse in Station *D* eingehender betrachten, wo die Phytoplanktonproduktion in vier verschiedenen Schichten, und zwar in 80, 40, 10 und 0 m Tiefe, untersucht wurde.

In der Wucherungsperiode während des Winters ist die Produktion gleichmässig reichlich in allen Schichten oder zumindest bis zur Schichte von 40 m. In dieser Periode liess sich eine bemerkenswerte Anhäufung des Phytoplanktons in der Oberflächenschichten (0—10 m) nicht feststellen. Dagegen findet sich während der Produktionsperiode im Frühjahr — Mai und Juni — keine reichlichere Produktion unterhalb des Niveaus von 10 m. Eine Ausnahme ergab sich am 19 Juni, an welchem Tage in der Tiefe von 80 m ein völlig analoges Verhalten der Salinität und der Phytoplanktonproduktion zu beobachten war wie in der

Oberflächenschichte. Zur Zeit der Frühlingsblüte liess das Vasser der Meeresoberfläche bis zur Tiefe von 10 m eine beträchtliche Konzentration von Planktonzellen erkennen.

Bezüglich der Zusammensetzung der Flora und ihrer vertikalen Verteilung zeigten sich im Jahre 1934 zur Zeit der beiden Maxima des Jahres analoge Verhältnisse.

Das mehr minder gleichmässige Absteigen in eine grössere Tiefe im Winter ist wahrscheinlich dem Einflusse der Landwinde zuzuschreiben, während die im Frühling stattfindende Anhäufung des Phytoplanktons in den oberen Schichten durch eine grössere Stabilität des Oberflächenwassers bedingt wird.

Faktoren die Phytoplanktonproduktion in den Gewässern der Ostadria beeinflussen.

Direktwirksame Faktoren. In letzter Zeit in verschiedenen Meeren ausgeführte Untersuchungen rechtfertigen immer mehr die Annahme von Brand, nach welcher die Phytoplanktonproduktion in direkter quantitativer Beziehung steht zum Vorrat an Minimumsalzen, vor allem an Phosphaten und Nitraten. Die in der Umgebung von Split während des Jahres 1934 ausgeführten Untersuchungen haben mit genügender Deutlichkeit ein direkt paralleles Verhalten der beiden Jahresmaxima und der Phosphatkurve des Jahres erwiesen. Die Beobachtungsserie welche Gegenstand dieser Abhandlung ist, hat uns zum gleichen Resultat geführt. Der Phosphatgehalt, der das ganze Jahr hindurch in der gesammten Wassersäule niedrig, oft zu vernachlässigen ist zeigte im Verlaufe dieser Beobachtungsreihe zweimal eine leichte Vermehrung, und zwar im Dezember-Februar und im April-Mai. Diese Zunahmen des Phosphatgehaltes sind kaum auffällig; die Werte aber gehen nicht über 2.6 mg/m^3 . Aber diese etwas erhöhten Phosphatwerte finden sich gleichzeitig mit zwei erheblichen Zunahmen — den beiden Jahresmaxima — der Phytoplanktonproduktion (vgl. Abb. 8). Es bestätigt sich somit, allem Anschein nach, auch für die Adria mit ihrer ausgesprochenen Phosphatarmut, die allgemeine Erfahrung, dass das Gedeihen, beziehungsweise das Produktionsmaximum des Phytoplankton vom Gehalt des Vassers an Minimumsalzen, insbesondere von seinem Phosphatgehalt abhängt.

Indessen sind folgende Tatsachen zu beachten. Die Phytoplanktonproduktion war in der Küste näheren Station A viel grösser, als in Station D, obwohl der Phosphatgehalt in beiden Stationen keinen bemerkenswerten Unterschied zeigte. In Station A war die Produktion in der Oberflächenschichte viel reichlicher als in der Schichte von 30 m, obwohl die Phosphatmengen beider Schichten nicht wesentlich verschieden waren. Die Zunahme der Planktonproduktion hielt ferner noch einige Zeit an, nachdem der Phosphatgehalt sein Maximum überschritten hatte und bereits eine Abnahme erkennen liess.

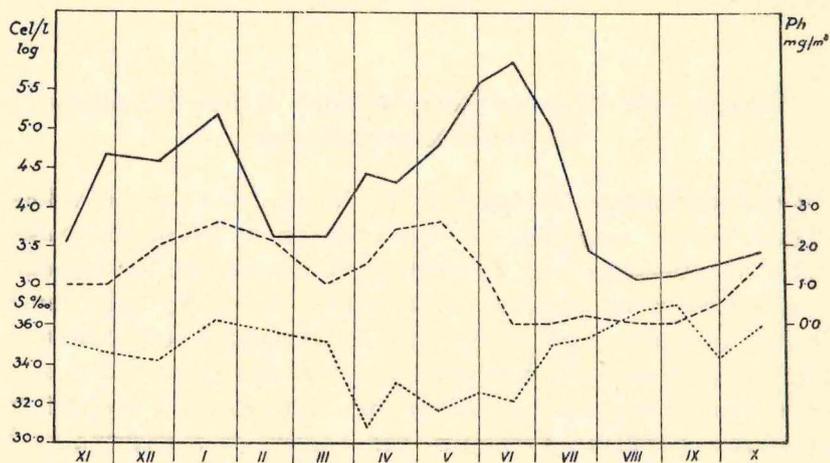


Abb. 8. Planktonproduktion (—), Phosphatgehalt (---) und Salinität (.....) in der Oberflächenschicht in St. A.

Diese eben angeführten Beobachtungen veranlassen uns zur Annahme eines weiteren Faktors, welcher die Planktonproduktion in positiven Sinne beeinflusst und allem Anschein nach in direkter Proportion zur Versüssung des Meerwassers steht. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass die Produktion gerade in salzärmeren Meerwasser besonders üppig wird (in Station A, in der Oberflächenschichte und während der starken Versüssung im Frühling).

Was ist das Wesen dieses Faktors? Nach den Erfahrungen von Gran (1932) könnte man annehmen, dass es sich hier um Eisensalze, zum Beispiel Eisenhydroxyd, handeln könnte, welche mit den Süsswasserzuflüssen eingeschwemmt werden. Aber Mangels eigener Erfahrung ist es uns nicht möglich, das Wesen dieses

Faktors zu bestimmen, welcher durch das vom Lande kommende Süßwasser bedingt zu sein scheint.

Indirekt wirksame Produktionsfaktoren. Welche sind die Faktoren, welche die Neubildung der Nährsalze, vor allem der Phosphate, in den Gewässern der Ostadria bewirken? Die 1934 ausgeführten Untersuchungen haben zwei prinzipielle Faktoren kennen gelehrt, welche die Erneuerung des Nährmaterials (Phosphate) in der Adria beeinflussen: die Landwinde und die Süßwasserzuflüsse, welche unmittelbar die Salinität herabsetzen. Jene spielen ihre wesentliche Rolle während der Winterperiode, diese zeigten ihren entscheidenden Einfluss im Frühjahr, beide wirkten in der zweiten Herbsthälfte zusammen.

Wenn wir nun die Verhältnisse im Jahre 1936/37 betrachten, können wir folgende Tatsachen bemerken.

Während der Monate November, Dezember, Jänner und Februar herrschten die Landwinde vor. Zur selben Zeit (mit einer Ausnahme vom 23. Dezember) waren die Salinitätsgradienten vermindert und der Salzgehalt auch in der Oberflächenschichte hoch (über 37‰). Die geringe Salinitätsdifferenz zwischen den einzelnen Schichten und der hohe Salzgehalt der Oberflächenschichte wurden als Effekt der Landwinde erklärt, welche Kompensationströmungen erzeugen und dadurch einen Zustrom des tiefen Meewassers gegen die Küste und gegen die Oberfläche bewirken. Die Nachweisbarkeit einer Phosphatvermehrung in dieser Zeit lässt sich ebenfalls am besten durch den Zufluss von nährsalzreichem Tiefenwasser und somit als Wirkungsfolge der Landwinde erklären (Vergl. Abb. 8).

Im April und im Mai begegnen wir einer zweiten leichten Zunahme des Phosphatgehaltes, welche mit einer Zunahme der Planktonproduktion und deren Frühjahrsmaximum zusammenfällt. Diese Phosphatvermehrung kann nicht mit der Wirkung der Nordwinde befriedigend erklärt werden, denn diese traten zumindest im März und im April weit hinter die Südwinde zurück, welche in dieser Zeit überwiegend vorherrschten. In dieser Periode finden wir grosse Salzgradienten zwischen den einzelnen Schichten und eine geringe Salinität in der Oberflächenschichte, welche keineswegs mit einer Wirkung der Landwinde und mit dem Auftreten von Kompensationsströmungen in Übereinstimmung gebracht werden können. Diese leichte Zunahme

des Phosphatgehaltes vor und während der Frühjahrsblüte des Phytoplanktons war höchst wahrscheinlich die Folge von Süswasserzuflüssen, welche sich in dieser Zeit durch jähe Abfälle des Salzgehaltes bemerkbar machten (Vergl. Abb. 8).

Aus unseren älteren und unseren letzten Beobachtungen ergibt sich somit das die Erneuerung des Nährmaterials (Phosphate) im Meerwasser von Split einerseits durch die Wirkung der Nordwinde, die Kompensationsströmungen und den Zufluss von Tiefenwasser hervorrufen, und anderseits durch Süswasserzuflüsse aus dem Festland erfolgt.

Die Wirkung der Norwinde tritt besonders deutlich im Winter hervor, während sich der Effekt der Süswasserzuflüsse mehr im Frühjahr bemerkbar macht. Im Herbst können wahrscheinlich beide Faktoren, und zwar, je nach den meteorologischen Saisonbedingungen, in gleichem oder verschiedenem Maasse zusammenwirken.

Gelten nun dieselben indirekten Faktoren der Phytoplanktonproduktion, die ich eben für die Gewässer in der Umgebung von Split angeführt habe, auch für die Nordadria?

1917 beobachtete Leder nach heftigen Nordwinden (Bora) mit einer Zunahme des Salzgehaltes das Auftreten von allogenetischen Formen (Tieren), wie sie aus dem Becken von Jabuka (Pomo) bekannt sind, während, wenn das Meer längere Zeit ruhig war, einheimische neritische Formen (mehrere Arten vom Typus *Chaetoceros*) wucherten und der Salzgehalt niedriger war. Auf seine Beobachtungen gestützt, stellte er eine Hypothese auf, der zu Folge das Bankwasser im Verlaufe des Spätherbstes und im Winter durch Tiefseewasser der Adria ersetzt wird und dass auf diese Weise das Produktionsmaximum im Winter, das Rhizosoleniamaximum, vom abysalem Wasser herrührt, während das Frühjahrsmaximum, das *Chaetoceros*maximum, mit dem Zufluss des Küstenwassers in Zusammenhang steht. Issel (1922) gibt bei Besprechung des Diatomeenmaximums im Winter (1920/21) im Meerwasser von Rovigno der Meinung Ausdruck, dass diejenigen Faktoren von besonderer Bedeutung sind, welche eine Mischung von Wasser mit verschiedenem Salzgehalte bewirken. Bei besprechung des Phytoplanktonmaximums im Frühjahr 1922 hebt er eine bestimmte Korrelation hervor zwischen dem Maximum des Phytoplanktons und dem Jahresminimum der Salinität.

Nach allem was wir eben gesehen haben scheinen dieselben indirekten Faktoren, welche ihren Einfluss auf die Phytoplanktonproduktion in der Umgebung von Split manifestieren, auch entlang der ganzen Ostküste der Adria zu bestehen. Als solche kommen die Nordwinde und die Zuflüsse von Süßwasser in Betracht. Jene entfalten ihren Einfluss vor allem im Winter, diese im Frühjahr. Beide vermögen einander in Herbst mehr minder erheblich in ihrer Wirkung zu verstärken.

Zusammenfassung

Das Studium der Änderungen der Temperatur, des Gehaltes an Sauerstoff, Salinität, Phosphaten und der Planktonflora in den Station A u D während der Periode November 1936—Oktober 1937 und die vergleichende Untersuchung der Beziehungen dieser Faktoren untereinander und zu einigen meteorologischen Faktoren hat uns zu folgenden Schlussfolgerungen geführt.

Die Jahreskurven der Temperatur, der Salinität und des Sauerstoffgehaltes in den Station A und D lassen eine direkte Abhängigkeit von einigen äusseren Faktoren erkennen. Die Wassertemperatur steht in direktem ursächlichem Zusammenhang mit der Lufttemperatur. Die Salinität wird direkt durch Zufluss von Süßwasser, indirekt durch Regen beeinflusst, während der O_2 -Gehalt eine Beziehung zum Salzgehalt und zur Temperatur des Meerwassers aufweist.

Indessen zeigt das Verhalten dieser Faktoren beträchtliche Schwankungen und — scheinbar — erhebliche Unregelmässigkeiten. Diese Oszillationen und scheinbaren Abweichungen in den Jahreskurven der genannten Faktoren haben sich zum Teil als indirekter Effekt der Winde erklären lassen, wobei die Landwinde eine entscheidende Rolle spielen. Durch die Erzeugung von Kompensationströmungen setzen die Landwinde nämlich die Gradienten hydrographischer Faktoren — Temperatur, Salz- und Sauerstoffgehalt — zwischen den einzelnen Wasserschichten herab. Sie erzeugen in den Schichten der Oberfläche im Winter eine Zunahme, im Sommer eine Abnahme der Temperatur. Sie rufen dasselbst während des ganzen Jahres eine Zunahme des Salinitätsgrades und einen Abfall des Sauerstoffgehaltes und O_2 -Sättigungsgrades hervor. Sie führen schliesslich im Herbst und Winter zu einer

leichten Zunahme des Phosphatgehaltes. Die Meerwinde, sowie auch die Ruhe in den höheren Schichten, wie sie besonders zur Zeit der Sommerschichtung herrscht, beeinflussen die genannten hydrographischen Faktoren in entgegengesetzter Weise wie die Landwinde.

Zu gleicher Weise zeigt sich auch die Jahreskurve der Planktonproduktion, welche zwei grosse Maxima, und zwar eines im Winter und ein zweites im Frühjahr aufweist, indirekt durch meteorologische Faktoren entscheidend beeinflusst: es sind dies die Landwinde und die Regen, welche letztere Zustrom von Süswasser und den Abfall der Salinität verursachen. Die Landwinde und die Süswasserzuflüsse bewirken in verschiedener Weise eine Erneuerung des Nährmaterials in den Schichten der Oberfläche, jene im Herbst und besonders im Winter, diese im Herbst und vor allem im Frühling. Die Tätigkeit der Landwinde führt zur Erneuerung der Phosphate in der winterlichen Periode und verursacht so in indirekter Weise die erste grosse Wucherung und das Wintermaximum der Phytoplanktonproduktion. Die vor allem im Frühjahr eintretenden Süswasserzuflüsse, welche zu dieser Zeit die Erneuerung des Nährmaterials bewirken, haben das Entstehen der zweiten grossen Wucherung und das Frühjahrsmaximum der Phytoplanktonproduktion zur Folge.

Der Vergleich der in den Stationen *A* und *D* erhaltenen Resultate mit denen, welche sich im nördlichen Becken der Adria ergeben haben, führen uns zur Schlussfolgerung, dass die Phytoplanktonproduktion mit ihren beiden grossen Jahresmaxima (im Herbst-Winter und im Frühjahr) entlang der ganzen Ostküste der Adria einen prinzipiell gleichen Verlauf zeigt, welcher indirekt durch dieselben Faktoren bedingt wird und zwar durch die vor allem im Spätherbst und Winter herrschenden Landwinde, sowie durch Süswasserzuflüsse, welche ihre Wirkung im Herbst und insbesondere im Frühjahr entfalten.

ZITIERTE LITERATUR

- Atkins W. R. G. (1923): The Phosphate content of fresh and salt Waters in the Relationship to the growth of the algal Plankton. (Journ. Mar. Biol. Assoc. Plymouth, Bd. XIII).
- Böhm A. (1931): Die Adriatischen Ceratien. (Botanisches Archiv, Bd. 31, Heft $\frac{3}{4}$, Leipzig).
- » (1933): Beobachtungen an adriatischen Peridinium-Arten. (Arch. für Protistenkunde, Bd. 80).
- » (1933): Neue Peridineen aus der Adria. (Ibiden).
- Brandt K. (1919): Über den Stoffwechsel im Meere. 3 Abhandlung. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. (Abt. Kiel, N. F. 18).
- » (1929): Phosphate und Stickstoffverbindungen als Minimumstoffe für die Produktion im Meere. (Rapp. et Procès verbaux d. Réunion. Vol. LIII).
- Broch H. (1910): Die Peridinium-Arten des Nordhafens, Val di Bora, bei Rovigno im Jahre 1909. (Arch. für Protistenkunde, Bd. XX.).
- Cori C. u. Steuer A. (1901): Beobachtungen über das Plankton des Triester Golfes in den Jahren 1899 und 1900. (Zool. Anzeiger, B. XXIV.).
- Entz Géza Jun. (1902): A Quarnero Peridiniái — 6 tab. (Növénytani Közlemények).
- » (1905): Beiträge zur Kenntnis der Peridineen. (XX. Bd. der Mathematischen u. Naturwissenschaftlichen Berichte aus Ungarn, Leipzig).
- Ercegović A. (1934): Température, salinité, oxygène et phosphates dans les eaux cotières de l'Adriatique oriental moyen (Acta Adriatica Vol. I., No. 5).
- » Études qualitative et quantitative du phytoplancton dans les eaux cotières de l'adriatique oriental moyen au cours de l'année 1934 (Acta Adriatica Vol. I., No. 9).
- Forti A. (1922): Ricerche sulla flora pelagica, Fitoplancton, di Quarto dei Mille. (R. Com. Talassogr. Ital. Mem. 97).
- Fox Ch. (1905): On the determination of the atmospheric gases dissolved in Sea-Water (Publications de Circonstance No. 21).
- Gran H. H. (1932): Phytoplankton, Methods and Problems. (Journ. du Conseil, Vol. VII.).
- Hudstedt F. (1930): Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz (Rabenhorst's Kryptogamenflora Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz, VII., I. Teil, Leipzig).
- » (1931): Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. (Ibid. Bd. VII., 2 Teil.).
- Issel R. (1921): Le variazioni del Plankton nelle acque di Rovigno e i problemi relativi al plankton adriatico. (R. Com. Talass. Ital. Mem. 88.).
- « (1922): Nuove indagini sul plankton nelle acque di Rovigno. (Ibid. Mem. CII.).
- » (1925): Ricerche sulle variazioni del Plankton nelle acque di Rovigno e di Quarto, 1922—23. (Ibid. Mem. CXV.).

- Knudsen M. (1901): Hydrographische Tabellen (Kopenhagen - Hamburg).
- Leder H. (1937): Einige Beobachtungen über das Winterplankton im Triester Golf. (Internat. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. Bd. VIII).
- Rubić I. (1926): Padaline u Splitu (Geogr. vjjest. 1926, Zagreb).
- Schiller J. (1913): Vorläufige Ergebnisse der Phytoplanktonuntersuchungen auf den Fahrten S. M. S. »Najade« in der Adria 1911/12 I. Die Coccolithophoriden. (K. Akad. d. Wiss. Math. Nat. Kl. Bd. CXXII., Abt. I., Wien).
- » (1913): Vorläufige Ergebnisse der Phytoplanktonuntersuchungen auf den Fahrten S. M. S. »Najade« in der Adria. II. Flagellaten und Chlorophyceen. (Ibiden).
- » (1914): Bericht über Ergebnisse der Nannoplanktonuntersuchungen anlässlich der Kreuzungen S. M. S. »Najade« in der Adria. (Inter. Revue d. g. Hydr. etc. Biol. Suppl. z. VI. Bd.).
- » (1925): Die plaktontischen Vegetationen des adriatischen Meeres. B. Chrysomonadina, Heterokontae, Cryptomonadina, Eugleninae, Volvocales. (Archiv für Protistenkunde, Bd. 53).
- » (1925): Die Coccolithophoriden-Vegetation in den Jahren 1911-14 (Ibid. Bd. 51.).
- » (1928): Die Planktischen Vegetationen des adriatischen Meeres. C. Dinoflagellata. I. Teil. Adiniferida, Dinophysiaceae. (Ibid. Bd. 61.).
- » (1928): C. Dinoflagellata II. Teil. Gymnodiniales. (Ibid. Bd. 62 H. 1.).
- » (1930): Coccolithineae. (Rabenhorst's Kryptogamen-Flora, Bd. X., 2 Abt. Leipzig.).
- » (1933): Dinoflagellatae, peridineae, I. Teil. (Ibiden).
- » (1935): Dinoflagellatae, peridineae, II. Teil. (Ibiden).
- Schröder B. (1911): Adriatisches Phytoplankton. Sitzungsber. d. Akad. Wiss. Wien, Math.-Nat. Kl. Bd. CXX.).
- Steuer A. (1902): Quantitative Planktonstudien im Golf von Triest. (Zool. Anzeiger, Bd. 25.).
- » (1902): Beobachtungen über das Plankton des Triester Golfes im Jahre 1901. (Ibiden).
- » (1903): Beobachtungen über das Plankton des Triester Golfes im Jahre 1902 (Ibiden, Bd. 27.).