

~~S 1696~~

C. I. b
D134

Aus dem Institut für Meereskunde an der
Christian-Albrechts-Universität KIEL

PRIMÄRPRODUKTION UND PHYTOPLANKTONÖKOLOGIE IM
ÖSTLICHEN TROPISCHEN PAZIFIK

(Ergebnisse der EASTROPAC - Expedition 1967/1968)



Als Habilitationsschrift der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Christian - Albrechts - Universität zu Kiel

vorgelegt von
Bernt Zeitzschel

Kiel 1971

PRIMÄRPRODUKTION UND PHYTOPLANKTONÖKOLOGIE
IM ÖSTLICHEN TROPISCHEN PAZIFIK

(Ergebnisse der EASTROPAC-Expedition 1967/1968)

	Seite
1. <u>Einleitung</u>	
1.1. <u>Untersuchungsgebiet</u>	3
1.2. <u>Bisherige biologische Untersuchungen</u>	4
2. <u>Material und Methoden</u>	
2.1. <u>Probenahme</u>	10
2.2. <u>Methoden</u>	12
2.3. <u>Aufarbeitung der Daten</u>	15
3. <u>Meteorologische und hydrographisch-chemische Verhältnisse im östlichen tropischen Pazifik</u>	
3.1. <u>Meteorologie</u>	18
3.2. <u>Oberflächenzirkulation</u>	20
3.3. <u>Tiefe der durchmischten Oberschicht</u>	28
3.4. <u>Temperatur</u>	28
3.5. <u>Salzgehalt</u>	31
3.6. <u>Gelöste Nährstoffe</u>	31
3.7. <u>Tiefe der euphotischen Zone</u>	36
4. <u>Biologische Ergebnisse der EASTROPAC-Expedition und deren Diskussion</u>	
4.1. <u>Primärproduktion</u>	46
4.1.1. Regionale und vertikale Verbreitung der Primärproduktion	46
4.1.2. Jahreszeitliches Auftreten der Primär- produktion	50

	Seite
4.2. <u>Bestand an Phytoplankton</u>	58
4.2.1. Chlorophyll <u>a</u> und Phaeophytin	58
4.2.1.1. Regionale und vertikale Ver- breitung von Chlorophyll <u>a</u> und Phaeophytin	58
4.2.1.2. Jahreszeitliches Auftreten von Chlorophyll <u>a</u>	61
4.2.2. Zusammensetzung des Phytoplanktons	64
4.2.3. Diversity Index.....	71
4.2.4. Recurrent Group Analyse	76
4.2.5. Phytoplanktonkohlenstoff/Chlorophyll <u>a</u> - Verhältnis	84
4.3. <u>Beziehung Phytoplankton / Umwelt</u>	87
5. <u>Zusammenfassung</u>	106
6. <u>Literatur</u>	110
7. <u>Anhang</u>	
7.1. <u>Legenden der Abbildungen</u>	
7.2. <u>Tabellen</u>	
7.3. <u>Lebenslauf</u>	

1. Einleitung

1.1. Untersuchungsgebiet

Die in dieser Arbeit beschriebenen Daten und Ergebnisse wurden durch die EASTROPAC - Expeditionen 1967 bis 1968 gewonnen. Der Hauptzweck dieser Expeditionenserie war, das Wissen über die Verbreitung von physikalischen, chemischen und biologischen Parametern im östlichen tropischen Pazifik zu vervollkommen. Das Hauptgewicht lag dabei auf der Erforschung der vertikalen und jahreszeitlichen Verbreitung, die bisher sehr wenig untersucht worden war. Außerdem sollten Aussagen gemacht werden über die Beziehungen zwischen den gemessenen Parametern. Alle Daten der EASTROPAC - Expedition sollen in 10 Atlanten dargestellt werden. In fünf Atlanten werden die meteorologischen und physikalischen Ergebnisse beschrieben, während weitere fünf Atlanten den biologischen und chemischen Resultaten vorbehalten sind. Atlas Nr. 4 ist bereits erschienen (LOVE 1970, ZEITZSCHEL 1970b). Die restlichen sind im Druck oder in Vorbereitung. Alle EASTROPAC-Daten sind auf Magnetband gespeichert und beim National Oceanographic Data Center (NODC) Washington deponiert.

Die Forschungsfahrten wurden so durchgeführt, daß während einer Zeit von 14 Monaten sieben verschiedene Expeditionen mit einem oder mehreren Schiffen (bis zu vier) gemacht wurden, um Proben aus einem großen, offenen tropischen Meeresgebiet aus verschiedenen Jahreszeiten zu erhalten. Die Expeditions-Serie begann im Januar 1967 und endete im April 1968. Ein Gebiet von etwa 4,5 Millionen Quadratmeilen ("Survey Area") wurde dreimal befahren, nämlich von Februar bis März

1967, von August bis September 1967 und von Februar bis April 1968. Ein kleineres Gebiet von etwa 2,5 Millionen Quadratmeilen, die sogenannte "Monitor Area" wurde zusätzlich viermal aufgesucht. Die Grenzen des "Survey"-Gebietes waren: 20°N , 119°W , 20°S und die amerikanische Küste. Die Grenzen des "Monitor"-Gebietes waren: 20°N , 119°W , 3°S und 98°W .

Während der EASTROPAC-Expedition vom Januar 1967 bis April 1968 wurde die Rate der Primärproduktion in sieben Tiefenstufen auf 443 Stationen gemessen. Chlorophyll a - Bestimmungen wurden in durchschnittlich 10 Tiefen auf 926 Stationen durchgeführt. Die Gesamtzahl von Proben für diese Stationen betrug 3051 für Primärproduktion (ohne Dunkelflaschen) und 9086 für Chlorophyll a und Phaeophytin. In dieser Arbeit ist das Hauptgewicht auf die Ergebnisse der letzten Expeditions-Serie von Februar bis April 1968 gelegt, da bei diesen Expeditionen zusätzlich zu den Routineanalysen Wasserproben für die Phytoplanktonzählungen genommen wurden, die einen wichtigen Bestandteil der Ergebnisse dieser Arbeit darstellen. Für diesen Zeitraum standen 2116 Chlorophyll- und Phaeophytinwerte von 198 Stationen und 636 Werte für Primärproduktion von 100 Stationen zur Verfügung.

1.2. Bisherige biologische Untersuchungen

BLACKBURN (1966) gibt eine Zusammenfassung der bisherigen biologischen Untersuchungen des östlichen tropischen Pazifik.

Seit 1952 wurden 30 biologisch-ozeanographische Expeditionen in dieses Gebiet durchgeführt, die biologische Parameter mit vergleichbaren Methoden maßen (Tabelle 1). Dies sind etwa 1153 Oberflächen-Chlorophyll-Analysen, 603 Oberflächen-Primärproduktion -

Proben sowie ca. 100 Chlorophyll a - Proben von tieferen Wasserschichten bis zu 100 m Tiefe. An Hand dieser Daten läßt sich feststellen, daß die Primärproduktion und der Bestand an Phytoplankton in den küstennahen und äquatorialen Auftriebsgebieten mit einer gut durchmischten Oberschicht am höchsten sind, wohingegen in den subtropischen, antizyklonalen Stromwirbeln (gyrals) mit einer schlecht durchmischten Oberschicht die Primärproduktionswerte und die Chlorophyllwerte sehr gering sind. Aussagen über die jahreszeitliche Verteilung sind durch dieses Material nicht möglich, da die Probenahme über die verschiedenen Jahreszeiten zu unregelmäßig ist und dadurch die Daten für eine statistische Analyse nicht ausreichen.

Über die qualitative Zusammensetzung von Phytoplankton im westlichen Pazifik liegen mehrere Veröffentlichungen vor, während die Untersuchungen vom zentralen und östlichen Teil des Pazifik spärlich sind. Untersuchungen über Phytoplanktondiatomeen wurden ausgeführt von CUPP (1943) von der Westküste von Nordamerika, von HENDY (1937) von der Westküste von Südamerika und von KRASSKE (1941) von der chilenischen Küste. Diatomeen von Bodenproben aus dem äquatorialen Pazifik sind von KOLBE (1954) untersucht worden. Die Arbeit von GUNTHER (1936) befaßt sich mit Diatomeen des peruanischen Küstenstroms; diese Untersuchung ist jedoch weniger aufschlußreich, weil nur die Gattungen aufgeführt sind.

Während der Albatross-Expeditionen (1888 - 1904) wurden Diatomeen nur an zwei Stationen im östlichen Pazifik in der Nähe der Galapagos-Inseln gesammelt (MANN 1907).

Diatomeen und Dinoflagellaten wurden von LEMMERMANN (1899) von zwei Proben aus dem äquatorialen Gegenstrom

und einer Probe aus dem Perustrom untersucht; SCHRÖDER (1906) bearbeitete zwei Proben aus dem offenen Gebiet der nördlichen Subtropen, während RAMPI (1952) die Ergebnisse von Untersuchungen vom zentralen äquatorialen Pazifik veröffentlichte.

RAMPI (1950) berichtet über Dinoflagellatenuntersuchungen vom südlichen äquatorialen Pazifik. Diese Proben wurden durch die Dana-Expedition 1928-30 gewonnen.

KOZLOWA und MUKHINA (1967) untersuchten Diatomeen und Silicoflagellaten im freien Wasser und von Sedimentproben im westlichen Pazifik nahe dem Äquator, während SEMINA (1960) über die Phytoplanktonverbreitung im zentralen Pazifik berichtet.

Einige Veröffentlichungen behandeln spezielle Dinoflagellatengruppen. So bearbeitete GRAHAM (1942) Peridinales von Proben des östlichen Pazifik, während GRAHAM und BRONIKOVSKY (1944) die Ceratien der Carnegie-Expedition (1928-1929) beschreiben.

STEEMANN-NIELSEN (1934) untersucht die Ceratien der Dana-Expedition.

Alle diese Arbeiten über Diatomeen, Dinoflagellaten und Silicoflagellaten des westlichen, zentralen und östlichen Pazifik stützen sich auf Bodenproben und Netzproben. In einigen Fällen wurden sogar Netze mit sehr großen Maschenweiten verwendet, die in jedem Fall keine quantitativen Aussagen über das Vorkommen dieser Gruppen zulassen.

Während der Alize-Expedition 1964-65 des Centre O.R. S.R.O.M. von Noumea wurden Planktonproben entlang eines Schnittes von den Galapagos Inseln bis Neu Guinea genommen, um das Phytoplankton zu untersuchen. In der Veröffentlichung von DESROSIERES (1969) wurden Proben, die mit dem Hardy-Planktonindikator gemacht wurden, auf das Makrophytoplankton hin untersucht.

Im östlichen tropischen Pazifik wurden bisher sehr wenige qualitative Phytoplanktonarbeiten durchgeführt.

HASLE (1959, 1960 a,b) benutzte im tropischen Pazifik zum ersten Mal unkonzentrierte Wasserproben zur quantitativen Bestimmung des Phytoplanktons. Ihr Material war auf Forschungsfahrt 13 (s.Tabelle 1) nahe dem Äquator bei 145°W gesammelt worden - einem Gebiet, das gerade außerhalb der Region liegt, die in dieser Arbeit als östlicher tropischer Pazifik definiert wird. In HASLEs Untersuchungen werden Coccolithophoriden am häufigsten gefunden.

SMAYDA (1963, 1965) bearbeitete eine Serie von Wasserproben, die regelmäßig über einen langen Zeitraum im Golf von Panama genommen wurden. In diesem küstennahen Gebiet trugen Diatomeen bis zu 97 und 99% zur Phytoplanktonbiomasse bei und 86 bis 91% zu den Phytoplankton-Zellzahlen. Diese Angaben treffen zu für die Zeiten, in denen "upwelling" auftritt, und für Perioden, in denen kein "upwelling" zu verzeichnen ist.

Tabelle 1: Expeditionen in den östlichen tropischen Pazifik
mit biologischen Ergebnissen 1952 - 1965

Expeditionen	Zeitraum	Quelle	Haupt- ergebnisse
<u>1952</u>			
* 1. <u>Galathea Expedition</u>	Apr. - Mai...	Steenmann-Nielsen und Jensen, 1957....	P*
2. <u>Shellbeck</u>	Mai - Aug...	Scripps Institution, unveröffentl.....	Z
* 3. <u>H. M. Smith Fahrt 18</u>	Aug. - Nov...	King und Hida, 1957.....	Z*
<u>1953</u>			
4. <u>N.B. Scofield Fahrt 53-S-1</u>	Jan. - März...	Wilson und Shimada , 1955.....	Z
* 5. <u>Yale South American Expedition</u> Mer. -	Mai...	Posner, 1957.....	Z*
<u>1954</u>			
* 6. <u>C.H. Gilbert Fahrt 15</u>	Feb. - Apr...	King und Hida, 1957.....	Z*
7. <u>Wigwam</u>	<u>1954</u> <u>1955</u> Apr. - Mai...	Holmes, 1962 und unveröffentl.....	C, P
<u>1955</u>			
8. <u>Eastropic (H.M.Smith)</u>	Sept. - Dez...	King, Austin und Doty, 1957.....	C, P, Z, M
9. <u>Eastropic (Baird & Horizon)</u> ...	Sept.-Dez....	Holmes, Schaefer u. Shimada, 1957....	C, P, Z
10. <u>N.B.Scofield Fahrt 55-S-5</u>	Sept.- Nov...	Mais und Jow, 1960.....	Z
<u>1956</u>			
11. <u>N.B. Scofield Fahrt 56-S-1</u>	Jan. - März...	Mais und Jow, 1960.....	Z
12. <u>Scope</u>	Nov. - Dez...	Holmes und andere, 1958.....	C, P, Z
<u>1957</u>			
13. <u>H.M. Smith Fahrt 38</u>	Jan. - März..	Wilson und Rinkel, 1957.....	P, Z
14. <u>Island Current Survey</u>	Mai - Juni...	Bennett und Schaefer, 1960.....	Z, P, Z
15. <u>Tuna Spawning Survey</u>	Juli.....	Klawe, 1961.....	Z
<u>1958</u>			
16. <u>TO-58-1 (Scot)</u>	Apr. - Juni..	Holmes und Blackburn, 1960.....	C, P, Z, M
17. <u>TO-58-2</u>	Nov. - Dez...	Blackburn, Griffiths, Holmes und Thomas, 1962.....	C, P, Z

Expeditionen	Zeitraum	Quelle	Haupt- ergebnisse
<u>1959</u>			
18. <u>Vityaz</u> Fahrt 29.....	Jan.....	Holmes, 1963.....	P, Z, M
19. T0-59-1.....	Jan. - Feb..	Blackburn et al., 1962.....	C, P, Z, M
20. T0-59-2.....	Aug. - Sept..	Blackburn et al., 1962.....	C, P, Z, M
21. Costa Rica Dome.....	Nov. - Dez.▼	Forsbergh und Joseph, 1964.....	C, P, Z
<u>1960</u>			
22. T0-60-1.....	Mai.....	Griffiths, 1968.....	C, P, Z, M
23. T0-60-2 (Step-1).....	Sept. - Dez.	Scripps Institution, 1961.....	C, P, Z, M
<u>1961</u>			
24. T0-61-1.....	März. - Apr...	Blackburn, unveröffentl.....	C, P, Z, M
25. Swansong	Okt. - Dez...	Forsbergh und Joseph, 1964.....	C, P, Z
<u>1962</u>			
26. <u>Esmeralda</u> Expedition.....	Juli - Aug..	Forsbergh und Joseph, 1964.....	C, P
27. T0-62-1 (Tempo).....	Aug. - Sept.	Thomas, Holmes, Griffiths und Blackburn, MS.	C, P, Z, M
<u>1963</u>			
28. <u>Julia B.</u> Expedition.....	Juni.....	Forsbergh, unveröffentl.....	C, P
<u>1963</u> <u>1964</u>			
29. <u>Shoyo Maru</u> Expedition.....	Okt. - März..	Forsbergh und Broenkow, 1965.....	C, P
<u>1964</u> <u>1965</u>			
30. Alize	Nov. - März..	Desrosieres.....	C, P

(C = Chlorophyll a, P = Primärproduktion, Z = Zooplankton und M = Mikronekton; Stern bedeutet, daß diese Daten mit anderen Methoden erhalten wurden und nicht mit den anderen Expeditionen vergleichbar sind).

2. Material und Methoden

Die in dieser Arbeit hauptsächlich benutzten Daten und Ergebnisse wurden von Proben erhalten, die während der letzten Phase der EASTROPAC Expeditionen von Ende Januar bis Mitte April 1968 gewonnen wurden. Es handelt sich dabei um drei parallele Forschungsfahrten, nämlich die Fahrt Nr. 75 mit dem Forschungsschiff 'Washington', die Fahrt Nr. 76 mit dem Forschungsschiff 'Jordan' und die Fahrt Nr. 77 mit dem Forschungsschiff 'Rockaway'. Die Stationslisten dieser Fahrten sind in Tabelle A im Anhang aufgeführt, die Lage der Hauptstationen ist aus Abb. 1 ersichtlich.

2.1. Probenahme

Die Wasserproben zur Bestimmung der Primärproduktion und zur Analyse von Chlorophyll a und Phaeophytin wurden mit Umkippp-Plexiglasschöpfern während der täglichen Mittagsstation genommen (offene Symbole in Abb. 1). Bei der Mitternachtstation wurde nur Wasser für die Bestimmung von Chlorophyll a und Phaeophytin abgefüllt (schwarze Symbole in Abb. 1).

Die Probentiefe wurde durch Messung mit der Secchi-scheibe ermittelt. Es wurde vorausgesetzt, daß die Secchitiefe (die Tiefe, in der die Secchi-Scheibe vom Schiff aus gerade nicht mehr sichtbar ist) 16% des grünen Lichtes der Oberfläche entspricht. Von einer halblogarithmischen Darstellung % Durchsichtigkeit/Tiefe wurden die sieben Probenahmetiefen (100%, 50%, 25%, 12%, 6%, 3% und 1%) in der euphotischen Zone ermittelt. Die Tiefe, in der das Oberflächenlicht nur noch 1% betrug, wurde als untere Grenze der euphotischen Zone angesehen.

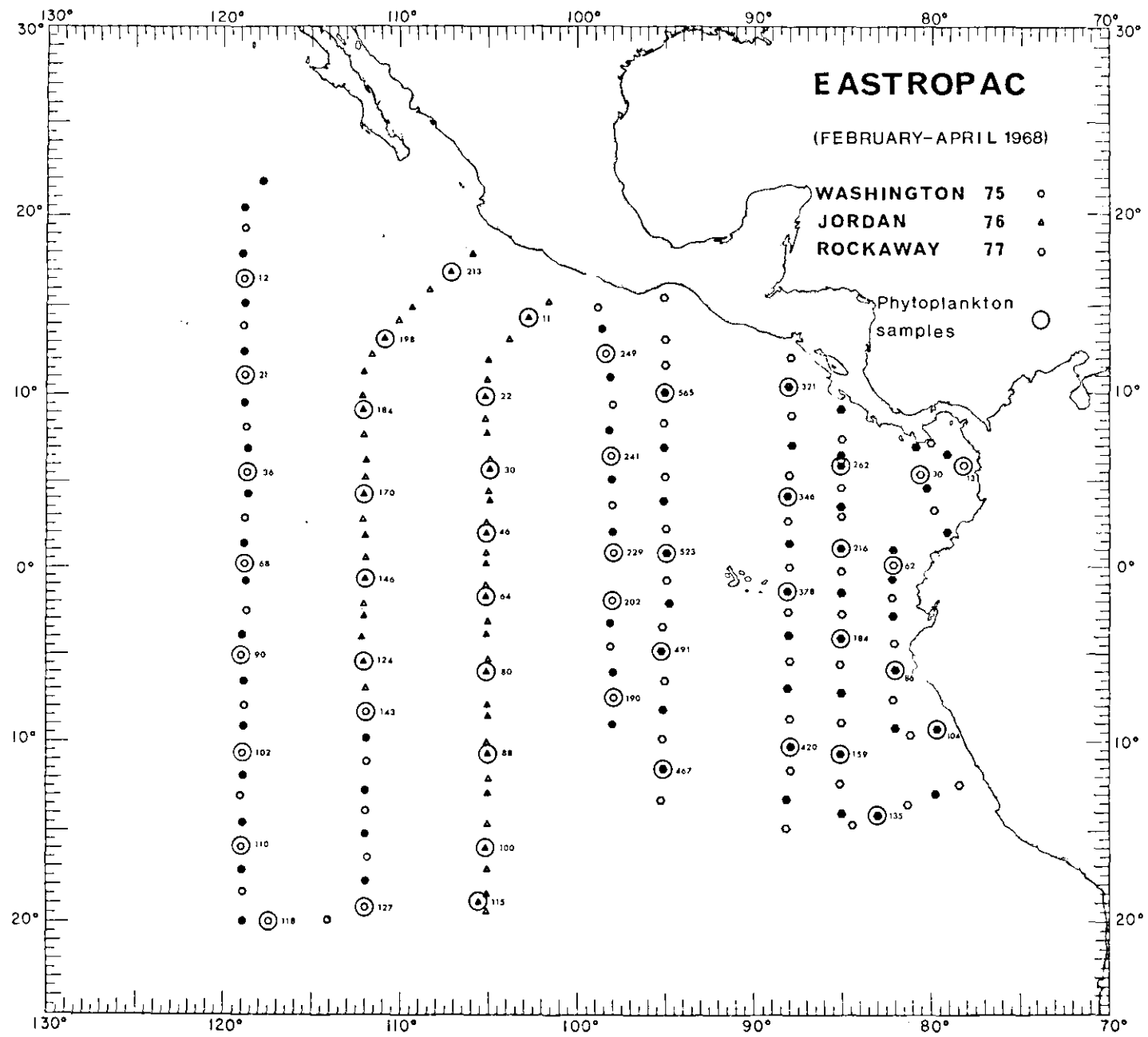


Abb. 1

Bei den Nachtstationen wurde die Probentiefe der vorangegangenen Tagstation benutzt. Für die Bestimmung von Chlorophyll a und Phaeophytin wurden regelmäßig 3-5 zusätzliche Proben bis 200 m Tiefe genommen.

Zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung des Phytoplanktons wurden auf den Fahrten 75 und 76 an 30 Stationen aus 7 Tiefen in der euphotischen Zone Proben genommen und mit gepuffertem Formalin konserviert. Die Phytoplanktonproben der Fahrt 77 waren aus unbekanntem Gründen sehr schlecht fixiert. Es wurde zwar eine Anzahl von Proben gezählt; da diese Proben jedoch mit den Proben der Fahrten 75 und 76 schlecht vergleichbar waren, wurde auf eine weitere Auswertung verzichtet.

Die Bestimmung der Umweltfaktoren wie Temperatur, Salzgehalt sowie die Analyse von Nährstoffen wurden im Abstand von etwa 30 sm von anderen Arbeitsgruppen vorgenommen. Diese Daten wurden mir freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

2.2. Methoden

Die Primärproduktion wurde in Anlehnung an STEEMANN-NIELSEN (1952) mit einer abgeänderten "simulated in situ - Methode" bestimmt. Das Probenwasser wurde im Schatten sofort in 250 ml Glasflaschen gefüllt und mit 1 ml sterilem $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ versetzt. Die Lösung war auf pH 9.0 gepuffert. Die Radioaktivität betrug gewöhnlich 20 $\mu\text{C}/\text{ml}$. In den nährstoffreicheren Gewässern im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes wurde zum Teil eine Lösung mit 10 $\mu\text{C}/\text{ml}$ Aktivität benutzt. Sofort nach dem Versetzen mit der radioaktiven Lösung wurden die Probeflaschen in hintereinanderliegende Kammern eines röhrenförmigen Inkubators getan. Die verschiedenen

Kammern waren durch neutrale Kunststoffgaze so abgedunkelt, daß eine Helligkeit in den Kammern erreicht wurde, die den Probentiefen der einzelnen Flaschen entsprach. Die Kontrollflaschen (Dunkelflaschen) wurden in gleicher Weise mit radioaktivem Kohlenstoff versetzt und in einen völlig lichtundurchlässigen Inkubator gefüllt. Beide Inkubatoren waren auf Deck ausgelegt. Oberflächenwasser wurde ständig durch die Inkubatoren geleitet, um eine Überhitzung der Proben zu vermeiden. Die Inkubation wurde am Mittag begonnen und bis zu Sonnenuntergang fortgesetzt. Nach dieser Zeit wurden die Proben im Labor filtriert. Es wurde ein Vakuum < 0.3 atm. benutzt. Die benutzten Membranfilter (GELMAN) hatten einen Durchmesser von 2.5 cm und eine Porengröße von 0.45μ . Nach der Filtration wurden die Filter auf beschriftete dünne Kupferscheiben aufgeklebt und im Exsikkator getrocknet und aufbewahrt. Vor der Zählung der Radioaktivität wurden die Filter 10 Min. HCl-Dämpfen ausgesetzt, um anorganische Karbonate zu zerstören (z.B. Schalen von Coccolithophoriden). Die Zählung der Filter wurde durch die Firma Gulf General Atomic mit einem BECKMAN "wide - Beta gas flow" - Zähler vorgenommen. "Background"-Zählungen wurden jeden Tag vorgenommen und von den Zählungen der Filter subtrahiert. Normalerweise waren diese "Background"-Zählwerte nicht größer als 3 Zähleinheiten pro Minute.

Chlorophyll a und Phaeophytin wurden nach der Fluoreszenzmethode von HOLM-HANSEN et al. (1965) durchgeführt. Die Proben wurden an Bord aufgearbeitet. 270 ml Seewasser wurden durch ein WHATMAN GF/C Glasfaserfilter (2.4 cm Durchmesser) filtriert. Das Filter wurde mit einem Homogenisator zerkleinert und die Pigmente in 10 ml Aceton extrahiert. Nach 10 Minuten Wartezeit wurden die Proben 10 Minuten lang zentrifugiert.

und die partikelfreie Acetonlösung in einem TURNER Fluorometer Modell 111 gemessen. Die untere Genauigkeitsgrenze liegt bei dieser Methode bei etwa 0.01 µg/l.

Die Phytoplanktonzählungen wurden mit Wasserproben durchgeführt, die mit gepuffertem Formalin fixiert waren. 100 oder 50 ml Probenwasser wurde nach gleichmäßigem, nicht zu heftigem Schütteln aus den Probeflaschen in die Sedimentationszylinder gefüllt. Nach einer Absetzzeit von 48 Stunden wurde der Zylinder von der Basisplatte der Zeiss-Verbundkammern vorsichtig weggeschoben und der Inhalt des Zylinders verworfen. Nur die Basiskammer mit der nun konzentrierten Probe wurde zur Zählung benutzt. Diese dünne Kammer machte es möglich, daß mit einem Phasenkontrastkondensator gearbeitet werden konnte (UTERMÖHL 1958).

Um die Unterscheidung von toten und "lebenden" Partikeln beim Zählen zu vereinfachen, wurde das eingefüllte Probenwasser mit dem Farbstoff Bengal Rosa angefärbt (ZEITZSCHEL, 1970 a).

Zur Bestimmung und Zählung des Phytoplanktons und Mikrozooplanktons (hauptsächlich Ciliaten) wurde das umgekehrte Planktonmikroskop der Firma Zeiss benutzt. Phasenkontrast und eine Vergrößerung von 200 x wurde zur Identifizierung und Zählung von Organismen $>10 \mu$ benutzt. Kleinere "lebende" Partikel, vor allem nackte Flagellaten, wurden mit einer Vergrößerung von 500 x ebenfalls mit Phasenkontrast gezählt. Gelegentlich wurden kleine Partikel mit einer Vergrößerung von 1250 (Oelimmersion) überprüft. Insgesamt wurden 170 Proben von 30 Stationen ausgewertet.

Die Umweltparameter Temperatur und Salzgehalt wurden mit dem in-situ-salinometer (STD) "Salinity-Temperature-Depth" der Firma Bisset-Berman, USA auf allen Statio-

nen bis zu einer Tiefe von 500 oder 1000 m gemessen. Temperatur und Salzgehaltsbestimmungen von Nansen-Wasserschöpfern wurden routinemäßig zur Eichung der in situ - Geräte herangezogen. Die elektronischen Meßdaten wurden auf dem Schiff auf Magnetbändern in digitaler Form gespeichert. Nach der Methode von JONES (1969) wurden diese Daten mit Hilfe eines Computers geglättet und gezeichnet. Die Behandlung der STD - Daten und die Beschreibung der automatisierten Herstellung von Schnitten ist von MILLER und BLISS (1970) veröffentlicht.

Die Bestimmung der gelösten Nährstoffe Nitrat, Phosphat und Silikat wurde mit dem Autoanalyser an Bord der Schiffe durchgeführt. Die benutzten Methoden wurden von ARMSTRONG, STEARNS und STRICKLAND (1967) beschrieben. Sie sind ebenso bei STRICKLAND und PARSONS (1968) aufgeführt.

Die untere Grenze der durchmischten Oberschicht wurde aus den kontinuierlichen Schreiberaufzeichnungen des STD - Gerätes abgelesen. Als Grenze der durchmischten Oberschicht wurde die Tiefe angenommen, in der der vertikale Temperaturgradient $> 1^{\circ}\text{C}/\text{m}$ war.

2.3. Aufarbeitung der Daten

Die Daten der Radioaktivitätszählung, der Chlorophyll- und Phaeophytinanalysen sowie die Zählungen des Phytoplanktons wurden auf IBM Lochkarten gestanzt und die Ergebnisse von einer CDC 3600 Rechenanlage berechnet. Die Resultate wurden in Listenform und als Profile gedruckt. Verschiedene Verhältnisse der einzelnen Parameter wurden berechnet, um die Überprüfung der Daten auf Richtigkeit zu vereinfachen. Interpolationen und Integrationen wurden ebenfalls ausgeführt.

Die Berechnung der Chlorophyll- und Phaeophytinkonzentrationen wurde nach den Formeln von LORENZEN (1966) vorgenommen:

$$\text{Chl a (mg/m}^3\text{)} = \frac{\frac{\text{Fo/Fa}_{\text{max}}}{(\text{Fo/Fa}_{\text{max}})^{-1}} (k_x)(\text{Fo/Fa})}{\text{gefilterte Wassermenge (l)}}$$

$$\text{Phaeophytin a (mg/m}^3\text{)} = \frac{\frac{\text{Fo/Fa}_{\text{max}}}{(\text{Fo/Fa}_{\text{max}})^{-1}} \left[k_x \text{ Fo/Fa}_{\text{max}} (\text{Fa}) - \text{Fo} \right]}{\text{gefilterte Wassermenge (l)}}$$

wobei die Abkürzungen folgende Bedeutung haben:

- Fo = Fluoreszenz vor Versetzen mit Säure (HCl)
 Fa = " " " " " "
 Fo/Fa_{max} = Maximum Säurefaktor, der bei einer Abwesenheit von Phaeophytin erwartet werden kann.
 k_x = Eichwert für eine bestimmte Empfindlichkeitsstufe.

Die Faktoren für k_x wurden durch die Messung von bekannten Konzentrationen von Chlorophyll a für jedes Fluorometer bestimmt. Die Linearität der gemessenen Fluoreszenz-Einheiten wurde für jedes Instrument durch schrittweise Verdünnung der Eichlösung getestet. Der Fo/Fa-Faktor wurde durch Chlorophyll-a-Extrakte von frischen aktiven Kulturen von Diatomeen und Dinoflagellaten bestimmt.

Es wurde angenommen, daß der Anteil von Phaeophytin in diesen Proben dann sehr gering war.

Die Rate der Primärproduktion wurde nach der folgenden Formel berechnet:

$$\text{Produktion (mg C/m}^3\text{/Tag)} = (L-D) \frac{W}{A \cdot E} \cdot 1.05 \cdot 1.51 \cdot 2$$

L = Radioaktivitätszählung (Zahl/Minute) des Phytoplanktons in der Hellflasche.

D = Radioaktivitätszählung (Zahl/Minute) des Phytoplanktons in der Dunkelflasche.

W = Gewicht von Karbonaten in Seewasser (Annahme 25000 mg/m³).

A = Entladungen pro Minute des radioaktiven Kohlenstoffs, der zu jeder Probe hinzugefügt wurde (normalerweise etwa $4.44 \cdot 10^7$ d.p.m.).

E = Effektivität des Zählers, 0.027 oder 0.340, je nach verwendeter Zählapparatur.

1.05 = Korrektionsfaktor für die unterschiedliche Aufnahme von ¹⁴C und ¹²C.

1.51 = Korrektionsfaktor für die verwendete "simulated in situ"-Methode zum Ausgleich an die in situ-methode (DOTY, JITTS, KOBLENTZ-MISHKE und SATO, 1965).

2 = Inkubationsfaktor, um die Primärproduktion für einen ganzen Tag zu berechnen.

Für die Durchführung der "Recurrent Group"-Analyse wurde die Methode von FAGER (1957) und FAGER and MCGOWAN (1963) benutzt. Diese Methode gibt eine objektive Möglichkeit, verschiedene Organismen - in diesem Fall Phytoplanktonarten - zu Gruppen mit gemeinsamem Vorkommen zusammenzufassen. Die dazu verwendete Formel lautet:

$$A = \frac{J}{\sqrt{N_A \cdot N_B}} - \frac{J}{2 \sqrt{N_B}} ;$$

J = Zahl der gemeinsamen Vorkommen

N_A = Summe aller Vorkommen der Art A

N_B = Summe aller Vorkommen der Art B

$$N_A \leq N_B$$

Von Paaren von Arten, für welche dieser Ausdruck gleich oder größer als 0.55 war, wurde angenommen, daß sie

Affinitäten zeigen. Das bedeutet, daß zwei Arten z.B. öfter als 5 mal aus 10 möglichen Vorkommen zusammen vorhanden sein müssen, um als gemeinsam vorkommend gezählt zu werden. Eine Art in einer Gruppe muß Affinitäten mit allen anderen Arten der Gruppe haben.

Die Varianzanalysen wurden mit einem Programm des Cornell University Computing Center Co-op No. C 4 CUNFANOV durchgeführt. Für die ein- und mehrfachen linearen Regressionen und die Korrelationen wurde das UCLA BMDO 3 R Programm für den CDC 3600 Computer der Universität von Californien, La Jolla, benutzt (Dixon, 1965). Die in Fortran geschriebenen Programme wurden für den Electrologica X 8 Computer des Kieler Rechenzentrums umgeschrieben. Mit dieser Version des Programmes wurden ergänzende Berechnungen ausgeführt.

3. Meteorologische und hydrographisch-chemische Verhältnisse des östlichen tropischen Pazifik

Zur generellen Charakterisierung der hydrographischen Verhältnisse eines Seegebietes kann man meteorologische und hydrographische Daten heranziehen, da eine enge Beziehung zwischen der Atmosphäre und dem Ozean besonders nahe der Wasseroberfläche besteht. Die meteorologischen und insbesondere die hydrographischen und chemischen Voraussetzungen eines Seegebietes sind weitgehend ausschlaggebend für die Entwicklung von Organismen im freien Wasserraum.

3.1. Meteorologie

Während der EASTROPAC-Expeditionen wurden intensive meteorologische Beobachtungen durchgeführt. Diese Daten und alle Routinebeobachtungen von Handelsschiffen während der Expeditionszeit wurden von MILLER (1970) ausgewertet und im EASTROPAC-Atlas zusammengestellt.

Meteorologisch läßt sich das Untersuchungsgebiet kurz folgendermaßen charakterisieren: Ein Gebiet hohen Luftdruckes - das Antizyclonische Gebiet - liegt auf der Nordhemisphäre zwischen 35° und 25° N; es gibt ein entsprechendes Gebiet auf der Südhalbkugel zwischen 25° und 35° S. In diesen Gebieten treten vor allem Hochdruck-Zonen mit gutem Wetter auf. Von diesen Gebieten fließt die Luft zum Äquator und ruft die Nordostpassate in der nördlichen Hemisphäre und die Südostpassate in der südlichen Hemisphäre hervor. Die Luft dieser beiden subtropisch-antizyclonalen Gürtel trifft in der sogenannten Kalmenzone oder der Intertropischen Konvergenzzone (ITCZ intertropical convergence zone) aufeinander.

In dieser schematischen Darstellung wäre die Intertropische Konvergenzzone (= ITCZ) am geographischen Äquator. Im östlichen tropischen Pazifik ist diese Konvergenzzone nur ausnahmsweise am Äquator festzustellen. Im Nördlichen Winter liegt sie im östlichen tropischen Pazifik etwa bei 5° N. Die ITCZ verlagert sich mit der Sonne nach Norden und erreicht im August/September ihre nördlichste Grenze bei 15° N. Später im Jahr wandert die ITCZ wieder nach Süden. Nur selten ist die ITCZ südlich des Äquators festgestellt worden. Gelegentlich geschieht dies östlich der Galapagos Inseln in der Nähe des Südamerikanischen Kontinents, einem Gebiet mit gewöhnlich niederem Luftdruck.

Die vertikale Zirkulation ist im Prinzip sehr einfach: Am Äquator ist die Luft verhältnismäßig warm. Sie steigt auf und bewegt sich in großen Höhen nördlich bzw. südlich. Diese Luft sinkt über den Hochdruckgebieten wieder ab und fließt nahe der Oberfläche zum Äquator zurück und bildet die Nordost- bzw. Südostpassate.

Dies ist eine sehr allgemeine meteorologische Beschreibung des östlichen tropischen Pazifik. Sie trifft jedoch mit geringfügigen Änderungen für das ganze Jahr zu.

Die ITCZ läßt sich neuerdings sehr gut durch Wolken-Fotografien von Satelliten feststellen. Als Beispiel ist eine Aufnahme von einem NASA ATS III Satellit vom 21. Januar 1968 aufgeführt (Abb. 2). Es lassen sich deutlich Nord-, Mittel- und Südamerika erkennen. Ein Wolkengürtel ist bei $5-8^{\circ}\text{N}$ deutlich sichtbar.

Abb. 3 zeigt die Verbreitung der mittleren Wolkenbedeckung für den Pazifik nach Auswertungen des Goddard-Space-Flight Centers, Washington. Für diese Analyse wurden Bilder der ESSA III und V Satelliten benutzt. Die Wolkenbedeckung ist in Zehnteln angegeben und für den Monat Januar gemittelt. Deutlich ist im Bereich des östlichen tropischen Pazifik eine Zone mit intensiver Wolkenbedeckung von $2-7^{\circ}\text{N}$ erkennbar. Dies ist der Bereich der Intertropischen Konvergenzzone.

3.2. Oberflächenzirkulation

Durch die meteorologischen Gegebenheiten wird vor allem die Oberflächenzirkulation beeinflusst. Ein zusammenfassender Überblick über die Ozeanographie des östlichen tropischen Pazifik ist von WYRTKI (1966) gegeben worden. Monatliche Karten für die Oberflächen-Strömung von einem Gebiet $30^{\circ}\text{N} - 20^{\circ}\text{S}$, 140°W - Amerikanischer Kontinent sind von WYRTKI (1965) veröffentlicht.

Beispiele dieser Karten sind in Abb. 4 - 6 gegeben.

Die Zirkulation ist vor allem von den östlichen und äquatorialen Ausläufern der antizyclonischen Wirbel (gyrals) im Nord- und Südpazifik abhängig. Im nördlichen Pazifik sind dies der Kalifornische Strom und der Nordäquatori-



FIGURE 1. Photograph of cloud cover taken from the ATS-3 satellite on 21 January 1968. Courtesy of Goddard Space Flight Center, NASA, and V. R. Suomi, University of Wisconsin.

FIGURA 1. Fotografía de una cubierta de nubes tomada según el satélite ATS-3 el 21 de enero 1968. Cortesía del Goddard Space Flight Center, NASA, y V. R. Suomi, Universidad de Wisconsin.

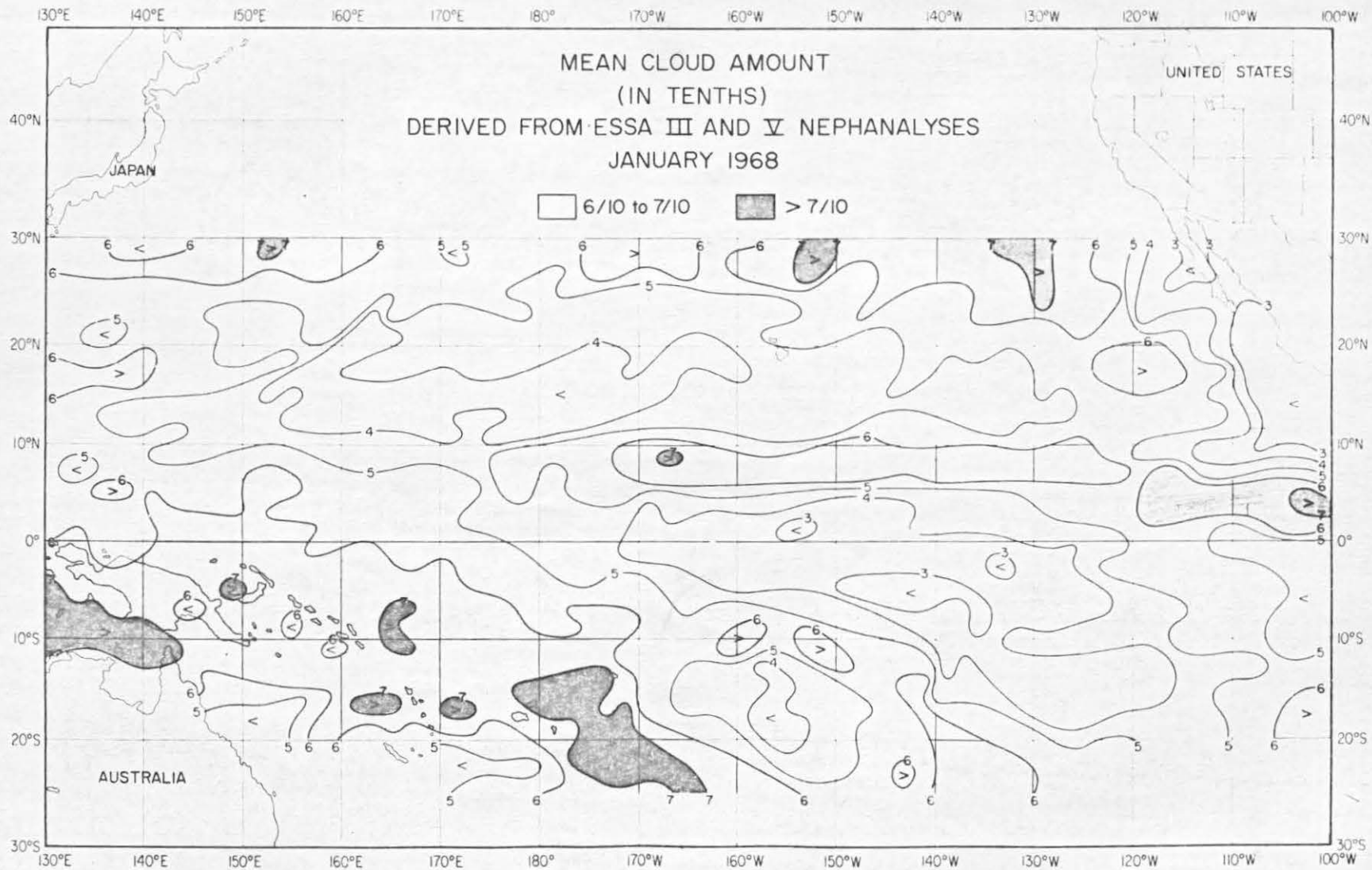


Abb. 3

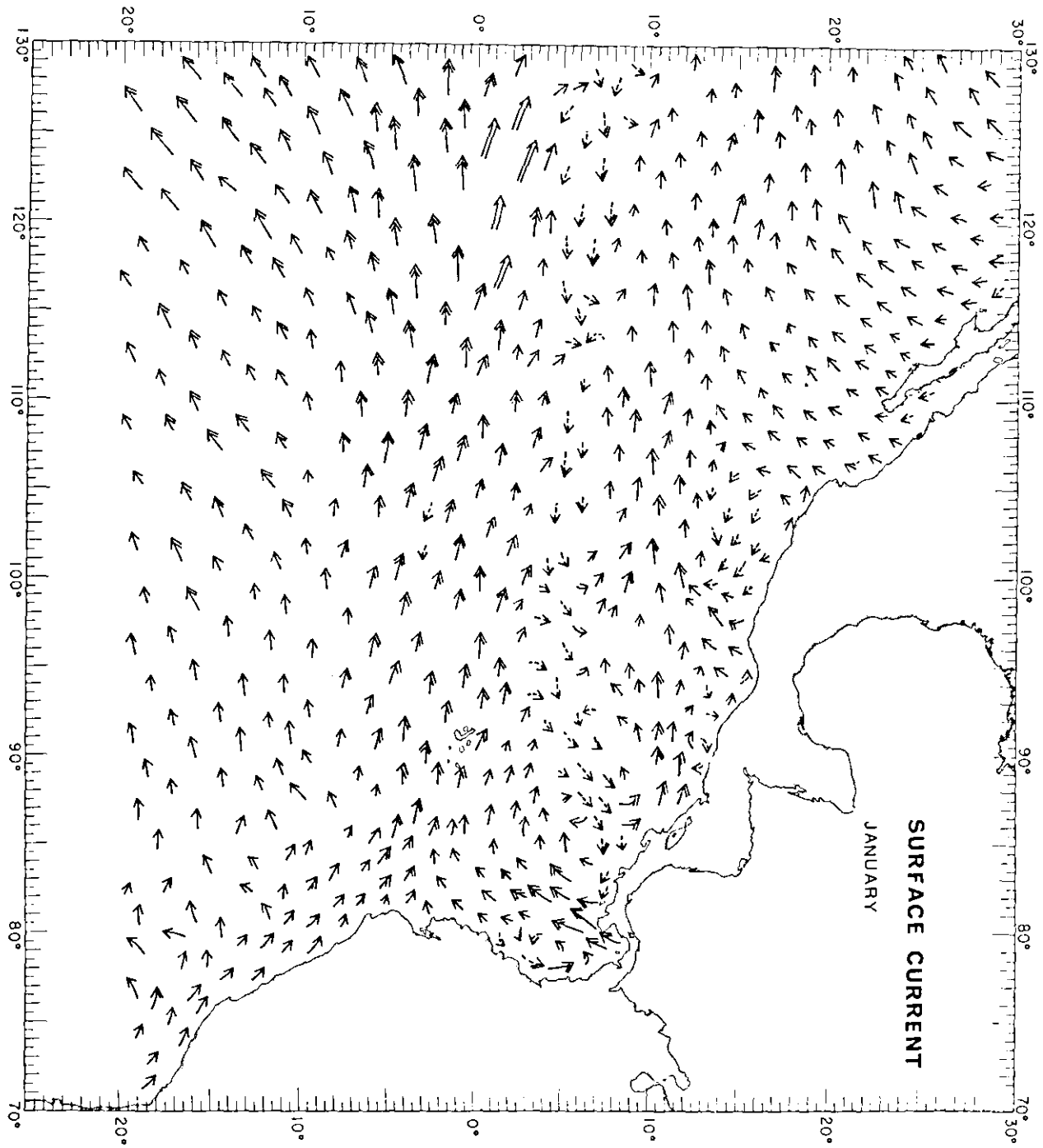


Abb. 4

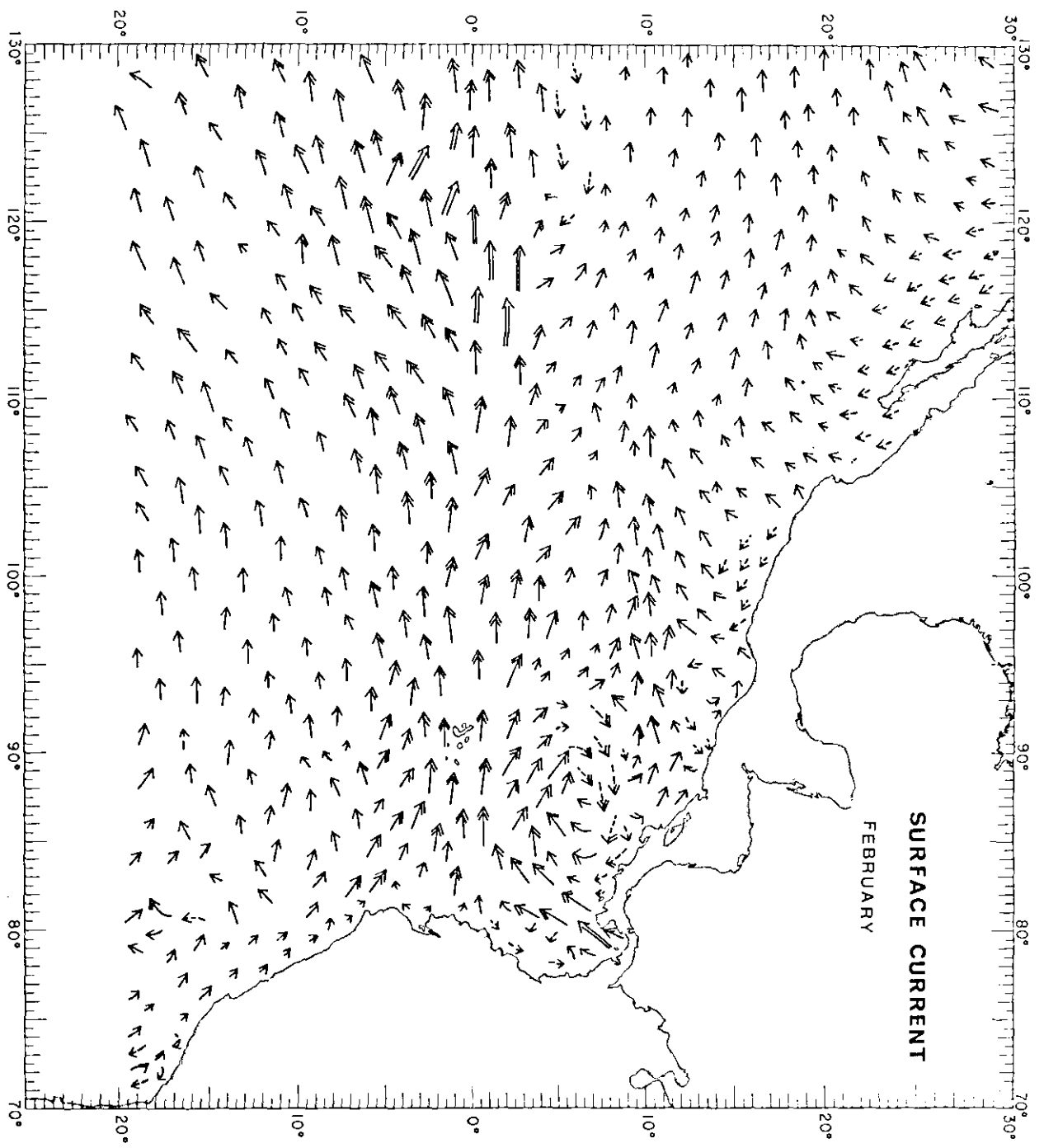
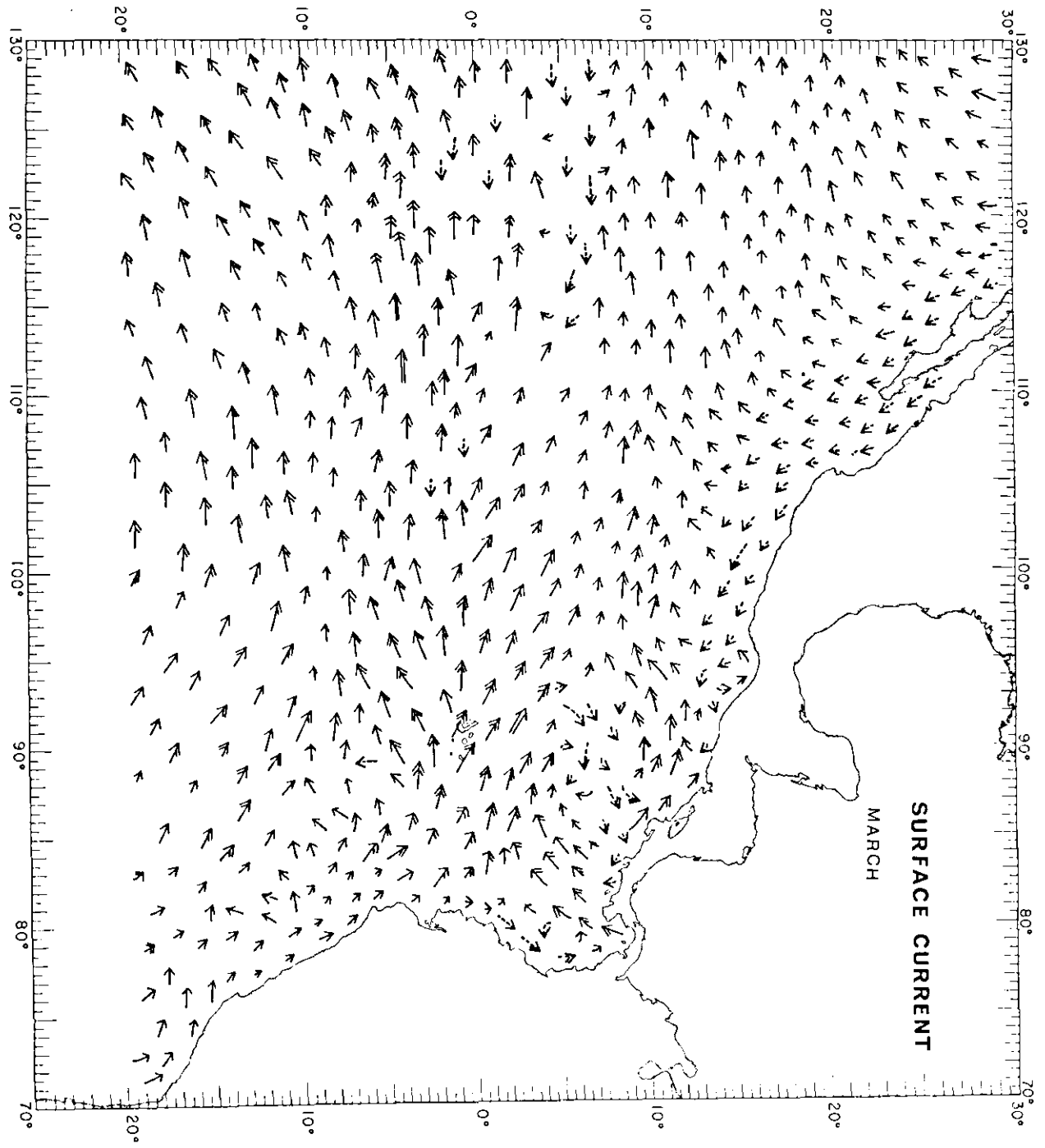


Abb. 5



alstrom, die die Oberflächenzirkulation bestimmen.

Zwischen diesen beiden Stromsystemen fließt der Äquatoriale Gegenstrom ostwärts. Er ist jedoch nur dann anzutreffen, wenn die Intertropische Konvergenzzone genügend nördlich vom Äquator auftritt.

Für den östlichen tropischen Pazifik lassen sich nach WYRTKI (1966) drei typische Zirkulationsschemata feststellen:

Im August bis Dezember ist der Äquatoriale Gegenstrom voll entwickelt und der Südäquatorialstrom sehr stark, besonders in den Teilen nördlich des Äquators. Während dieser Zeit fließt das meiste Wasser des Gegenstromes um den "Costa Rica Dome" herum und setzt sich in dem Costa Rica Küstenstrom fort. Der Costa Rica Dome ist ein Seegebiet bei etwa 9°N und 89°W . Der Costa Rica Küstenstrom mündet in den Nordäquatorialstrom zwischen 10° - 20°N .

Der Kalifornische Strom verläßt die Küste von Baja California bei etwa 25°N und liefert Wasser für den Nordäquatorialstrom, jedoch nur nördlich von 20°N . Diese Situation herrscht vor, wenn die Intertropische Konvergenz ihre nördliche Ausbreitung bei oder nördlich von 10°N hat. Diese Linie fällt etwa mit der nördlichen Grenze des Gegenstromes zusammen.

Diese Stromlage ist sehr stabil und dauert am längsten. Im Januar, wenn die Intertropische Konvergenzzone nach Süden wandert, wird der Gegenstrom geringer und bricht in mehrere Teile auf. Zur gleichen Zeit wird der Kalifornische Strom stärker und dehnt sich weiter nach Süden aus.

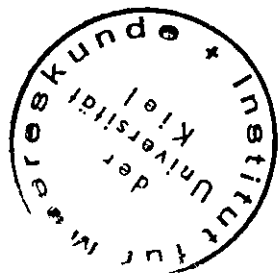
Die zweite typische Stromlage ist von Februar bis April ausgebildet. In dieser Zeit ist die Intertropische Kon-

vergenzzone am südlichsten bei etwa 3°N . Der Kalifornische Strom ist sehr stark und reicht weit nach Süden und liefert das meiste Wasser für den Nordäquatorialstrom. Vor der mexikanischen Küste zwischen 10° - 20°N ist die Zirkulation antizyclonisch mit Strom nach Südost, entlang der Küste. Dieser Strom wechselt im Golf von Tehuantepec seine Richtung nach Westen

Der Gegenstrom ist zu dieser Zeit nicht ausgebildet. Das Wasser fließt in diesem Gebiet west- und nordwestwärts.

Vor der Küste von Zentralamerika sind zwei mächtige Stromwirbel ausgebildet, einer cyclonisch um den Costa Rica Dome, der andere antizyclonisch um ein Gebiet bei 5°N und 88°W . Der Südäquatorialstrom ist schwächer. Der Perustrom ist ebenfalls verhältnismäßig schwach, der Peru-Gegenstrom ist gut ausgebildet.

Die dritte typische Stromlage ist von Mai bis Juli ausgebildet. Zu dieser Zeit entsteht der Gegenstrom wieder, der Kalifornische Strom ist jedoch noch ziemlich stark. Die Intertropische Konvergenzzone ist wieder nach 10°N gewandert. Das meiste Wasser des Gegenstromes fließt nördlich in den Costa Rica Küstenstrom, der zu dieser Zeit entlang der Küste von Zentralamerika bis Cape Corrientes fließt. Der Kalifornische Strom ist noch immer stark entwickelt und reicht weit nach Süden; nur wenig Wasser gelangt jedoch in den östlichen tropischen Pazifik. Von Juli bis August wird der Kalifornische Strom schwächer und der Nordäquatorialstrom übernimmt mehr und mehr Wasser vom östlichen tropischen Pazifik. Für die später angeführten biologischen Ergebnisse der EASTROPAC-Expedition von Januar - April 1968 ist vor allem die zweite Stromlage wichtig.



3.3. Tiefe der durchmischten Oberschicht

Die Oberflächenzirkulation spiegelt sich auch in der Topographie der durchmischten Oberschicht wieder. Auf diese Beziehung hat schon CROMWELL (1958) hingewiesen. WYRTKI (1965) veröffentlichte monatliche Karten mit der durchmischten Oberschicht und den Zentren der Sprungschicht. Für die Zeit der letzten Phase der EASTROPAC-Expeditionen (Februar-April 1968) ist als Beispiel eine Karte der durchmischten Oberschicht angeführt (Abb. 7). Sie ist im wesentlichen ähnlich wie die Karten von WYRTKI (1965). Die durchmischte Wasserschicht ist am Äquator mit 10 m sehr gering. Es lassen sich mehrere Rücken und tiefere Zonen feststellen. Sie sind durch gepunktete Linien gekennzeichnet.

3.4. Temperatur

Monatliche Temperaturkarten von der Oberfläche des östlichen tropischen Pazifik sind von JOHNSON, FLITTNER und CLINE (1965) veröffentlicht worden. WYRTKI (1965) hat alle vorhandenen Daten aus diesem Gebiet zu monatlichen Karten zusammengefaßt. Diese Karten zeigen ähnliche Verhältnisse wie die Atlanten des British Meteorological Office (1956) und des U.S. Navy Hydrographic Office (1944, 1960).

Die Oberflächentemperatur-Daten vom letzten Abschnitt der EASTROPAC-Expedition sind in Abb. 8 zusammengefaßt.

Eine Zunge kalten Wassers erstreckt sich vom Südamerikanischen Kontinent am Äquator westwärts bis ca. 100°W . Eine weitere Zone mit Wasser um 23°C befindet sich am Äquator bei $111-120^{\circ}\text{W}$. Gebiete mit begrenztem Vorkommen von kaltem Wasser sind weiterhin der Costa Rica Dome (9°N , 89°W), der Golf von Tehuantepec (15°N , 94°W) und der Golf von Panama. In diesen genannten Gebieten tritt

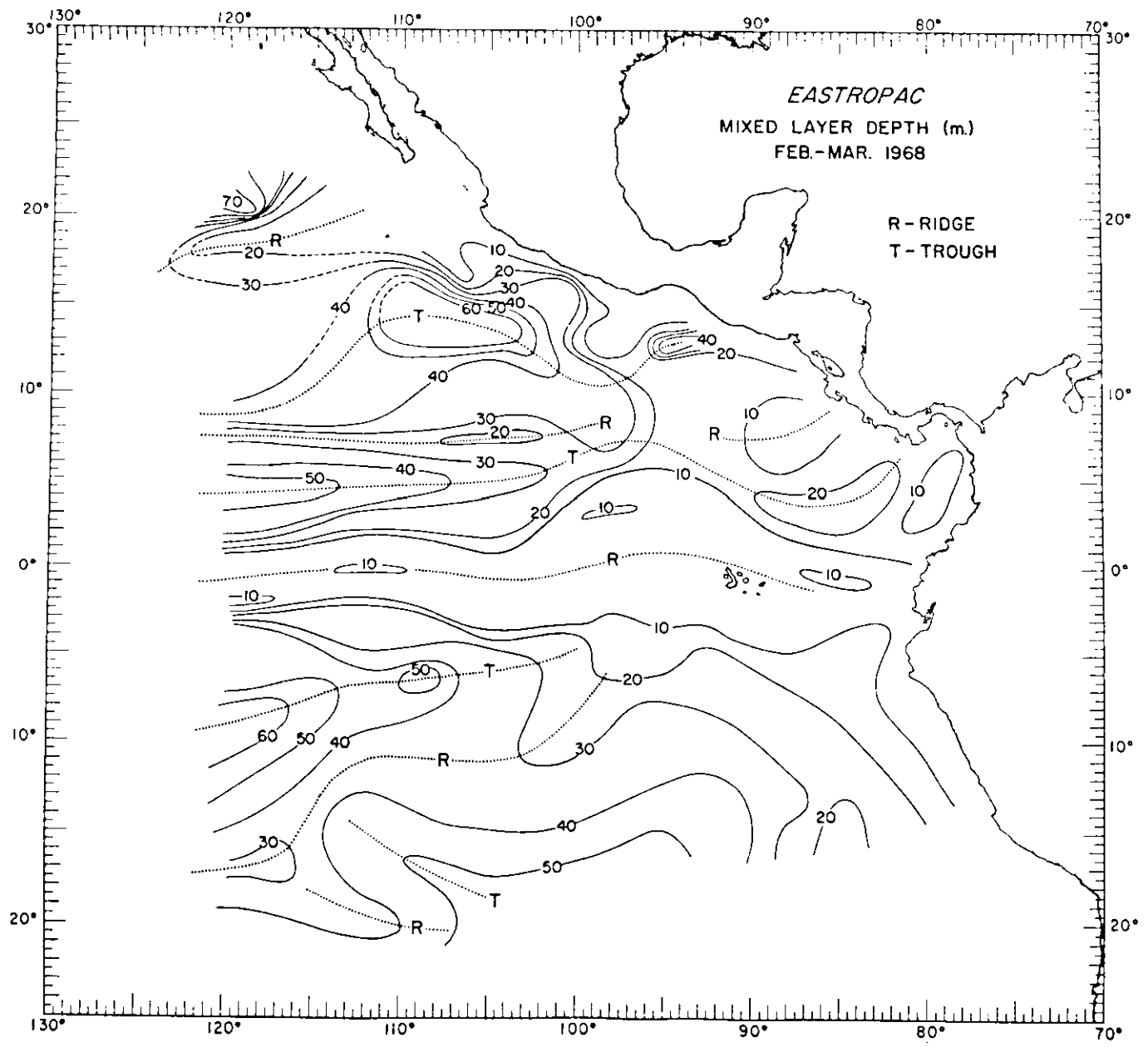


Abb. 7

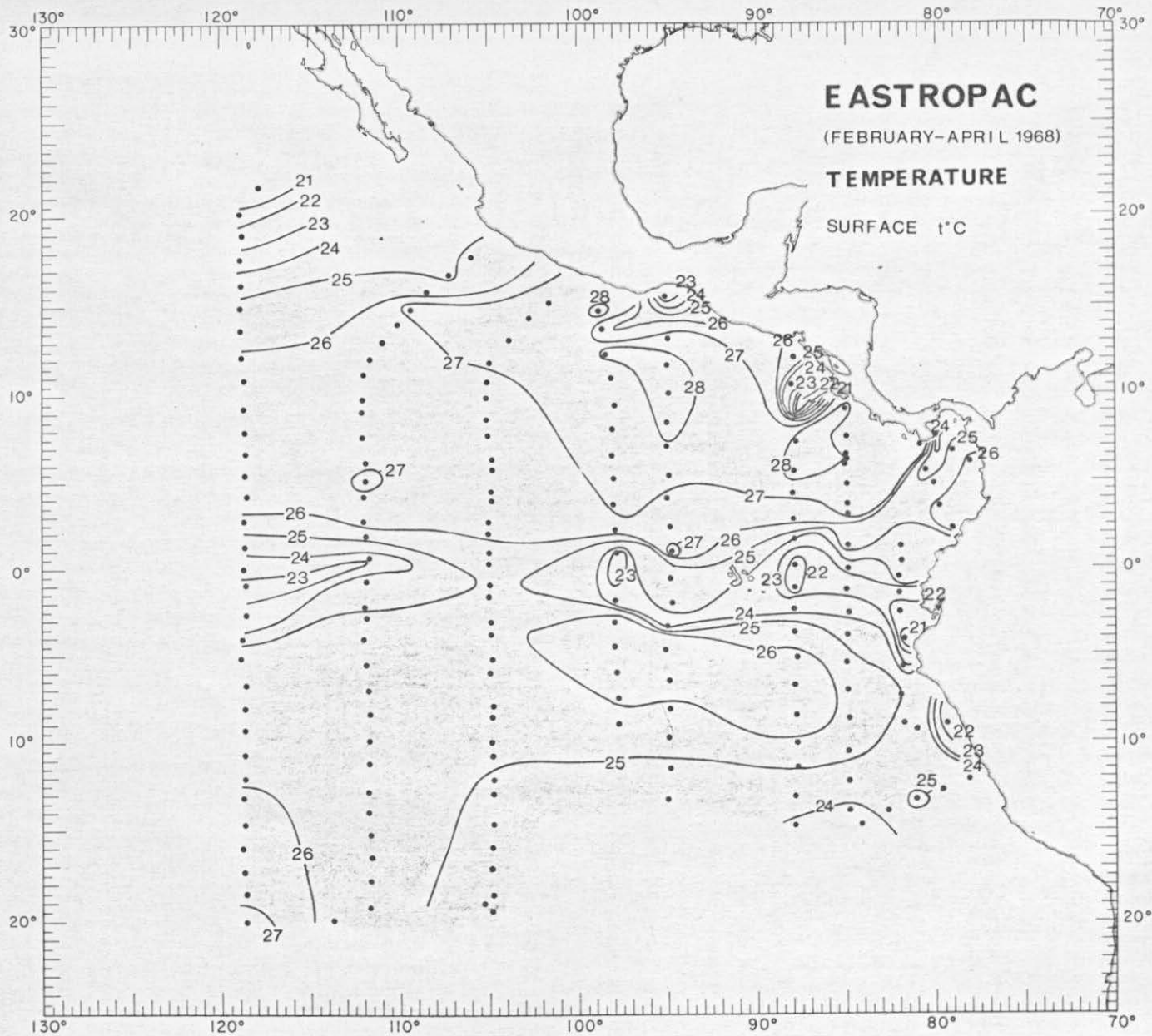


Abb. 8

wahrscheinlich "upwelling" auf, d.h. kälteres Tiefenwasser, das reich an Nährstoffen ist, tritt an die Oberfläche.

Nach WYRTKI (1966) tritt "upwelling" im Golf von Tehuantepec von November bis März auf, im Golf von Panama von Februar bis April und im Bereich des Costa Rica Domes von Dezember bis Mai.

In Abb. 9 ist die Temperaturverteilung von 0 - 1000 m auf einem Schnitt entlang 119°W von etwa 15°N bis 20°S gezeichnet. Abb. 10 (oben) zeigt die Temperaturverteilung von 0 - 300 m von 12°N bis 20°S entlang 105°W .

3.5. Salzgehalt

SCHOTT veröffentlichte schon 1935 Oberflächensalzgehalt-Karten vom Pazifik. BENNETT (1966) faßte alle vorhandenen Daten zu monatlichen Karten zusammen. Im südlichen Pazifik gibt es nur geringfügige jahreszeitliche Schwankungen des Oberflächensalzgehaltes. Im östlichen tropischen Pazifik sind die Salzgehaltsänderungen wesentlich größer, vor allem im Golf von Panama. Abb. 11 zeigt die Oberflächenverteilung des Salzgehalts für die Zeit von Februar - April 1968. Schnitte von EASTROPAC-Untersuchungen von 119°W (21.2. - 4.3.1968) und 105°W (28.2.-14.3.1968) sind in Abb. 12 und Abb. 10 (unten) dargestellt.

3.6. Gelöste Nährstoffe

Angaben über die Verteilung von Nährstoffen im östlichen tropischen Pazifik sind sehr spärlich. REID (1962) veröffentlichte eine Karte der Phosphatverteilung an der Oberfläche des gesamten Pazifik.

Während der EASTROPAC-Expedition wurden die Nährstoffe Nitrat, Nitrit, Ammoniak, Silikate und Phosphat mit der

EASTROPAC 119° W Temperature t°C

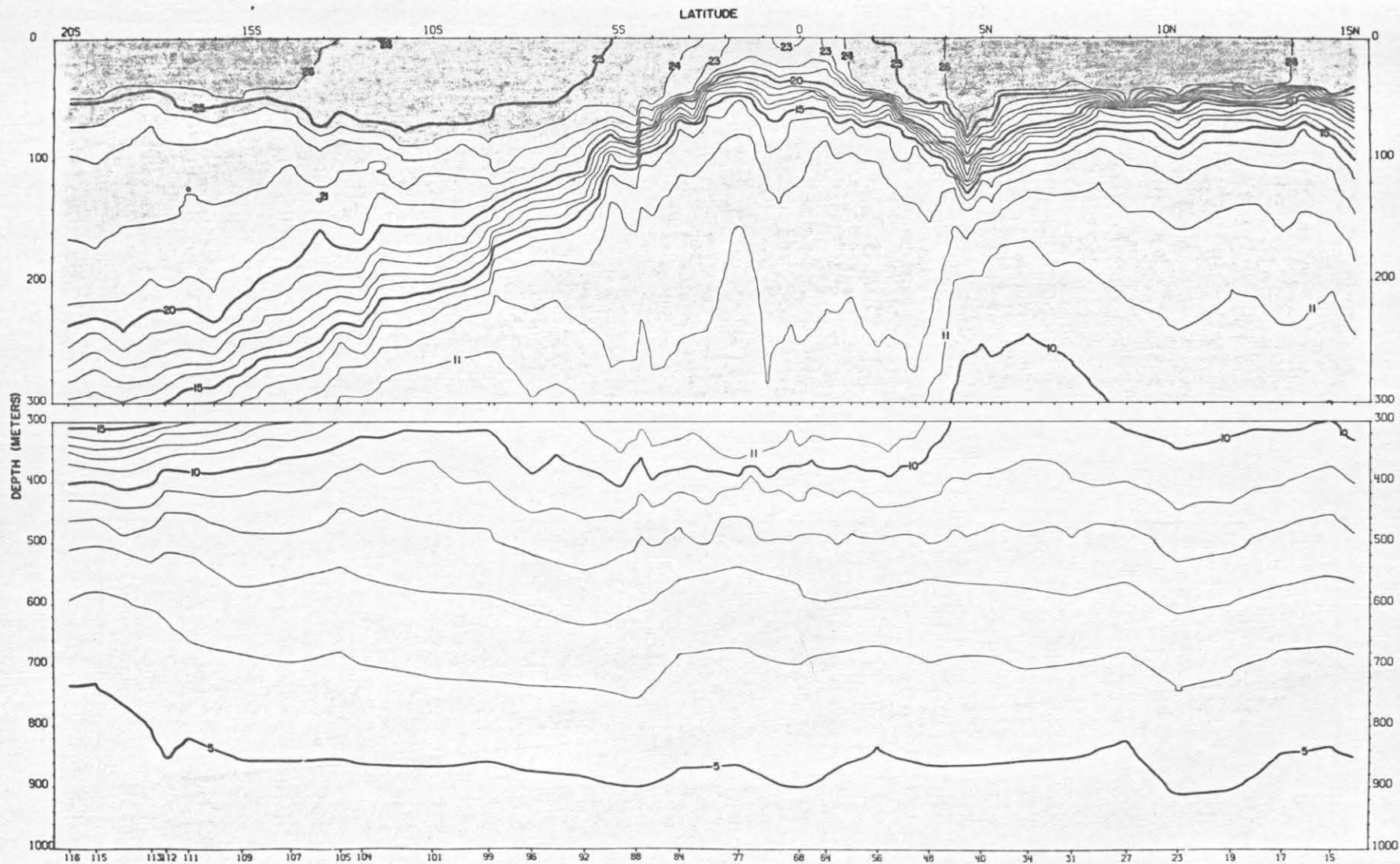
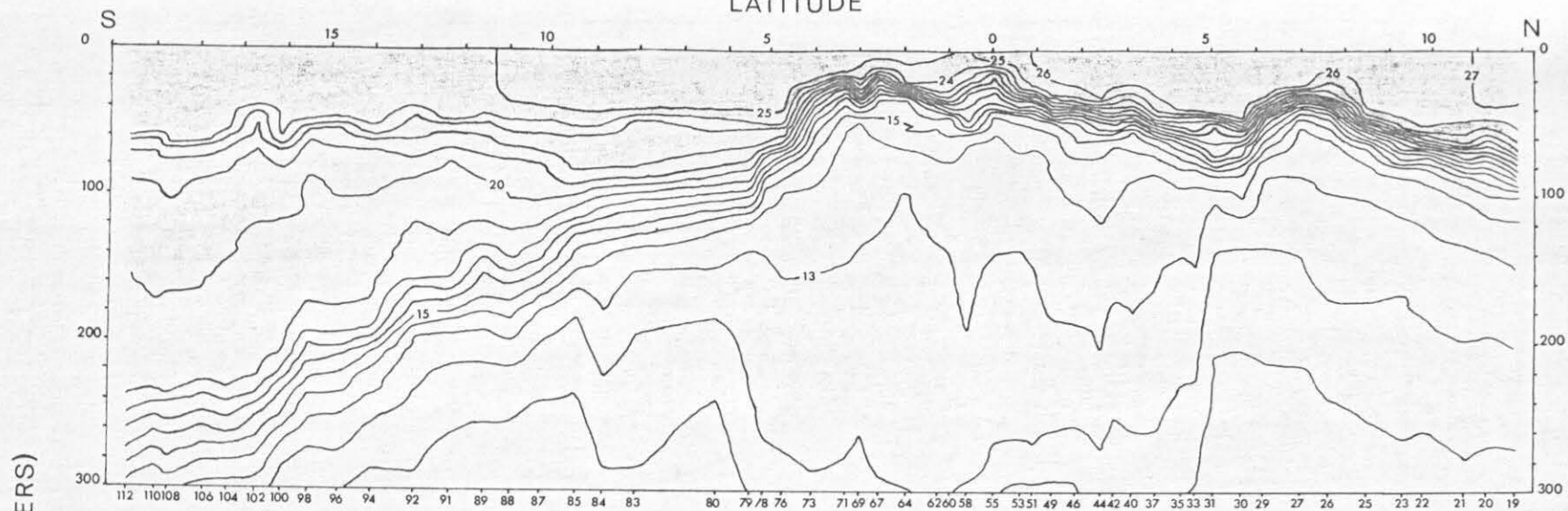
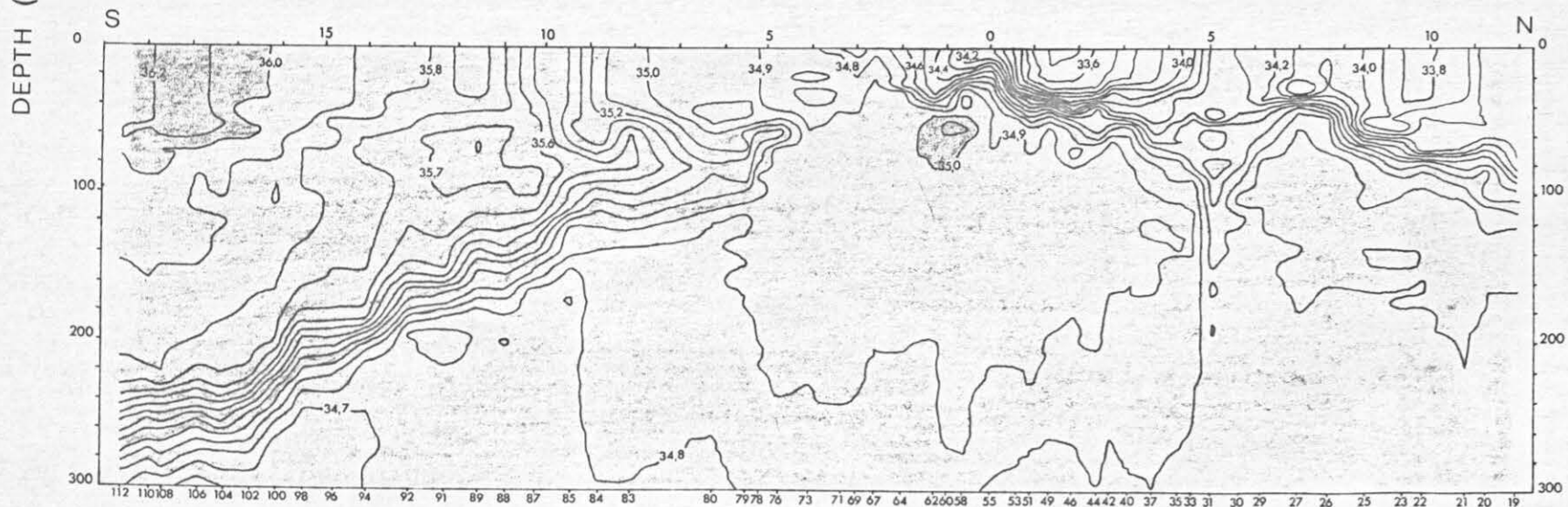


Abb. 9

EASTROPAC 105° W Temperature t°C
LATITUDE



Salinity S‰



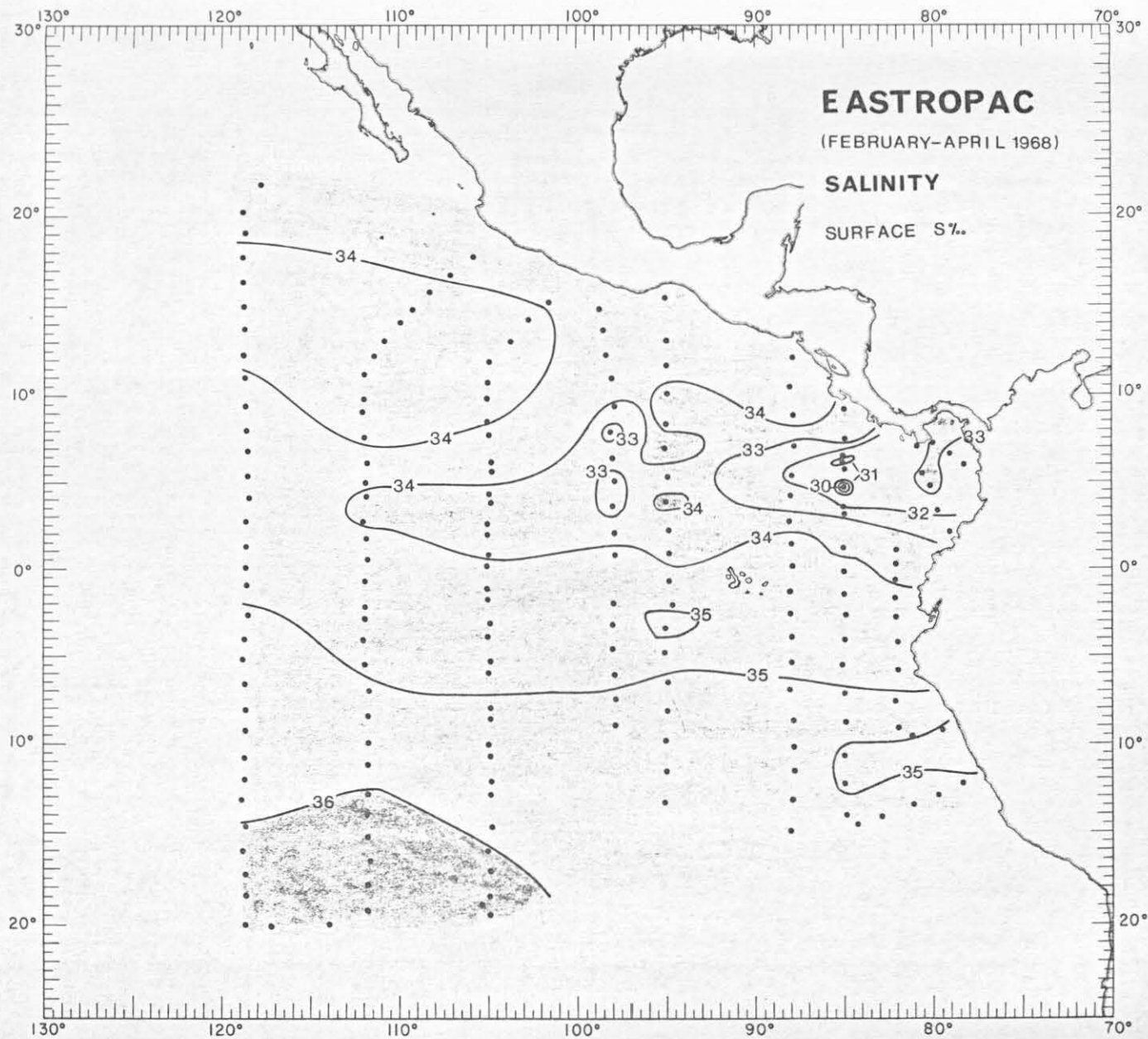


Abb. 11

Autoanalyser-technique gemessen. In Abb. 13-15 sind als Beispiele die Werte für Nitrat, Silikat und Phosphat aus 10 m Wassertiefe gezeichnet. Auf allen drei Abbildungen wird deutlich, daß hohe Nährstoff-Konzentrationen im Äquatorgebiet vorkommen. Auffällig ist, daß nördlich von etwa 3°N sehr geringe Mengen an Nährstoffen auftreten, während sich die Gebiete höherer Konzentrationen, vor allem von Nitrat und Phosphat, bis etwa 12°S ausdehnen. Eine Ausnahme macht das Silikat.

Im Bereich des Perustromes, des Golf von Panama, des Golf von Tehuantepec und besonders des Costa Rica Domes treten hohe Nährstoffkonzentrationen auf, die durch "upwelling" hervorgerufen werden.

Die hohen Nährstoffkonzentrationen am Äquator und südlich davon lassen sich gut von den Schnitten in Abb. 16 - 18 von 119°W und Abb. 19-21 von 105°W vom Frühjahr 1968 ablesen. Auffällig ist, daß besonders auf dem Schnitt von 119°W , der als Beispiel der Verhältnisse im ozeanischen östlichen tropischen Pazifik aufgeführt ist, im Teil nördlich von 3°N im Oberflächenwasser bis etwa 50 - 80 m sehr geringe Nährstoffmengen anzutreffen sind. Diese Nährstoffkonzentrationen sind so gering, daß sie das Wachstum des Phytoplanktons begrenzen.

3.7. Tiefe der euphotischen Zone

Die Tiefe der euphotischen Zone wurde auf den EASTROPAC-Expeditionen jeden Tag um 1200 Mittag (local noon) mit Hilfe der Secchi-Scheibe gemessen. Als untere Grenze der euphotischen Zone wurde die 1% Lichtgrenze ange-

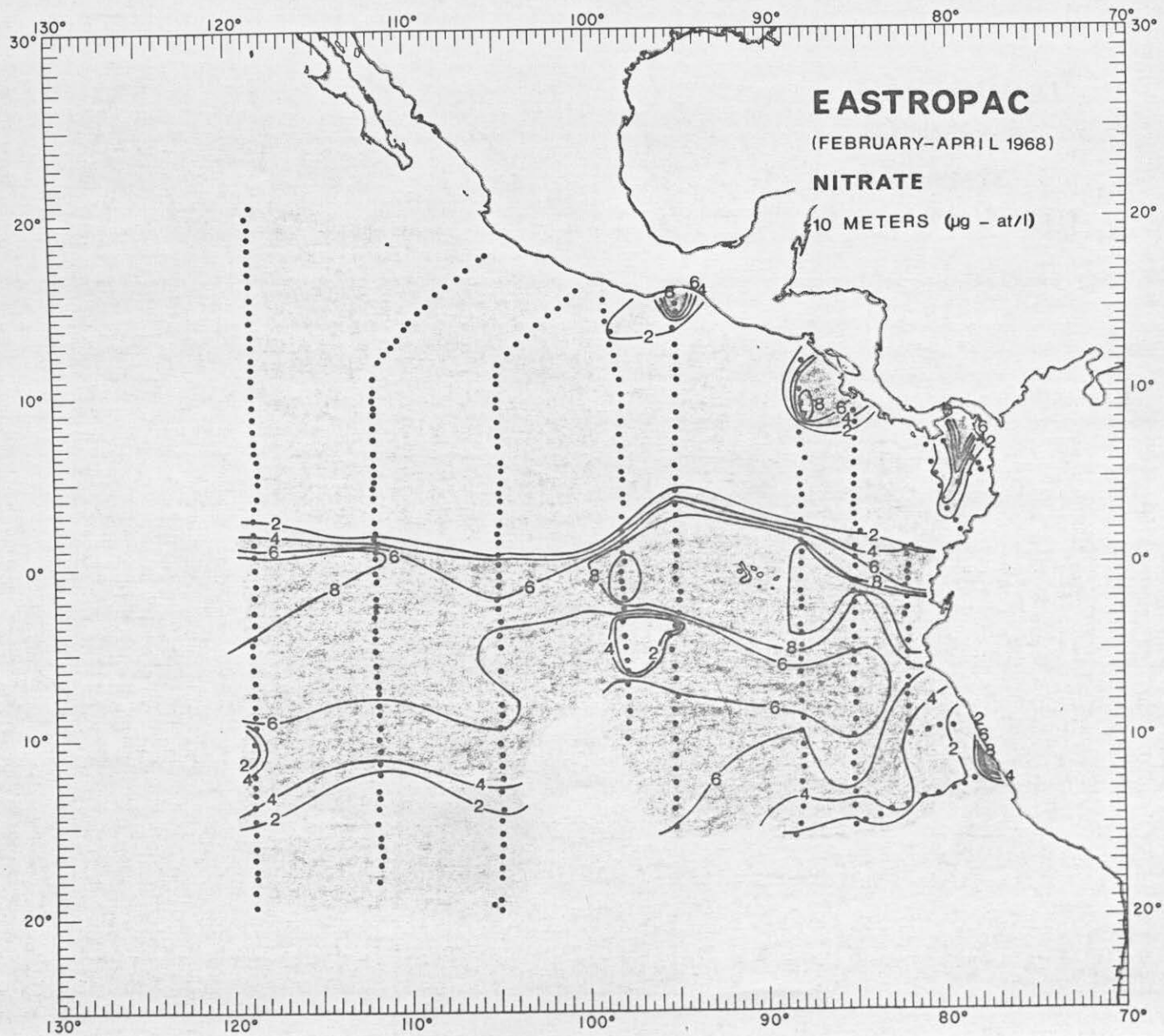


Abb. 13

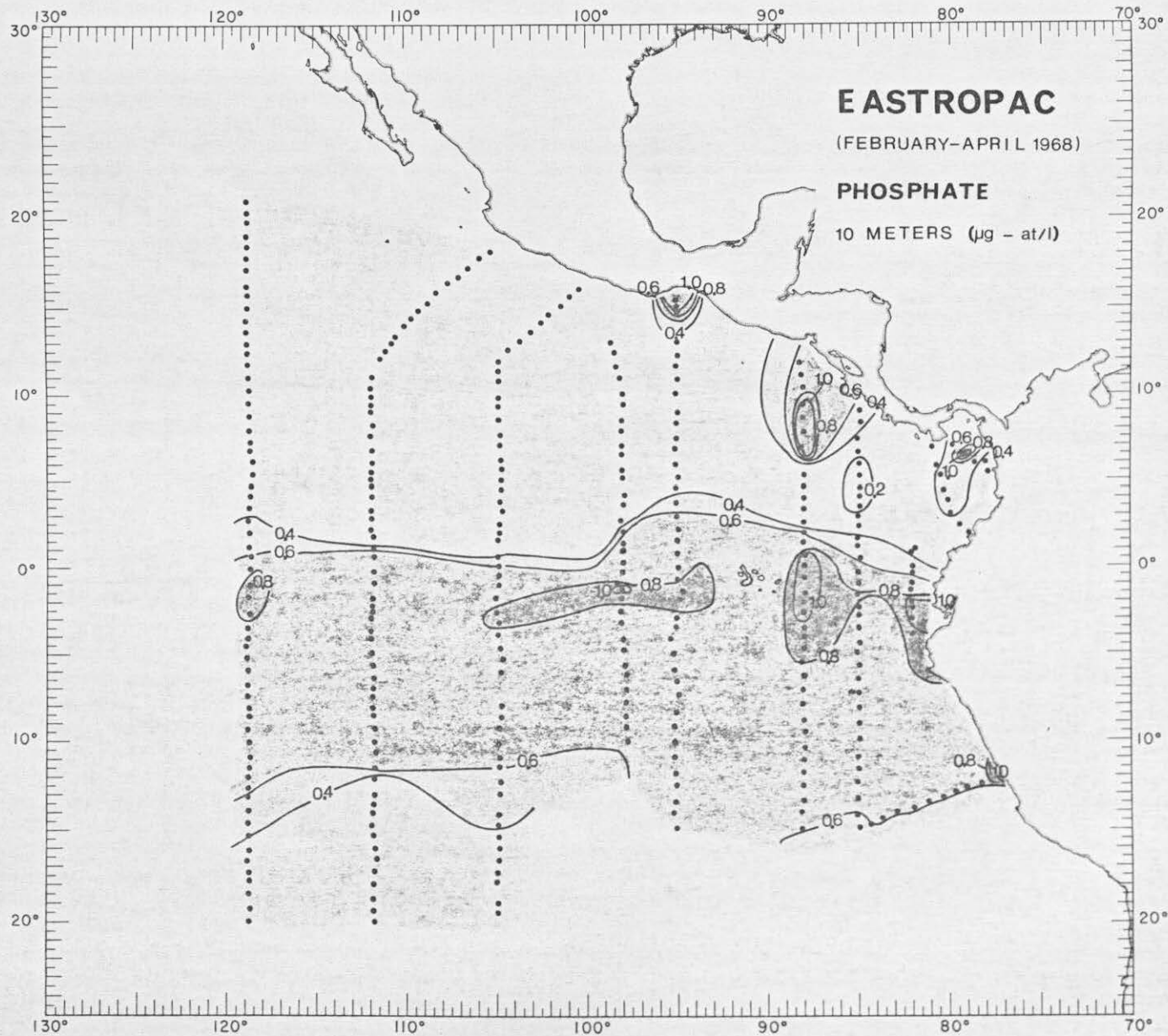


Abb. 14

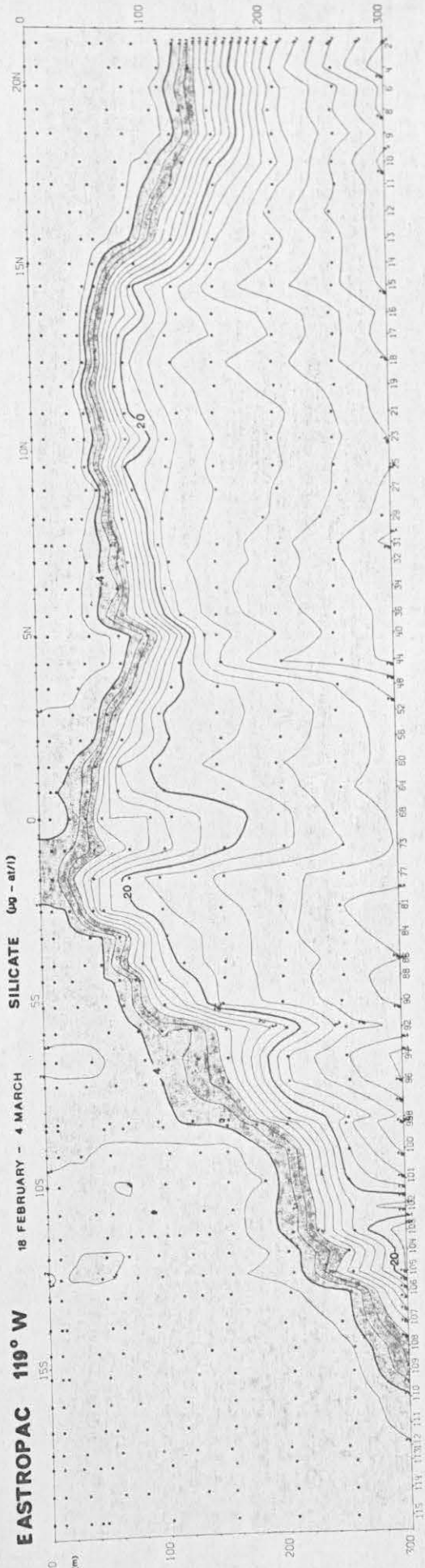


Abb. 17

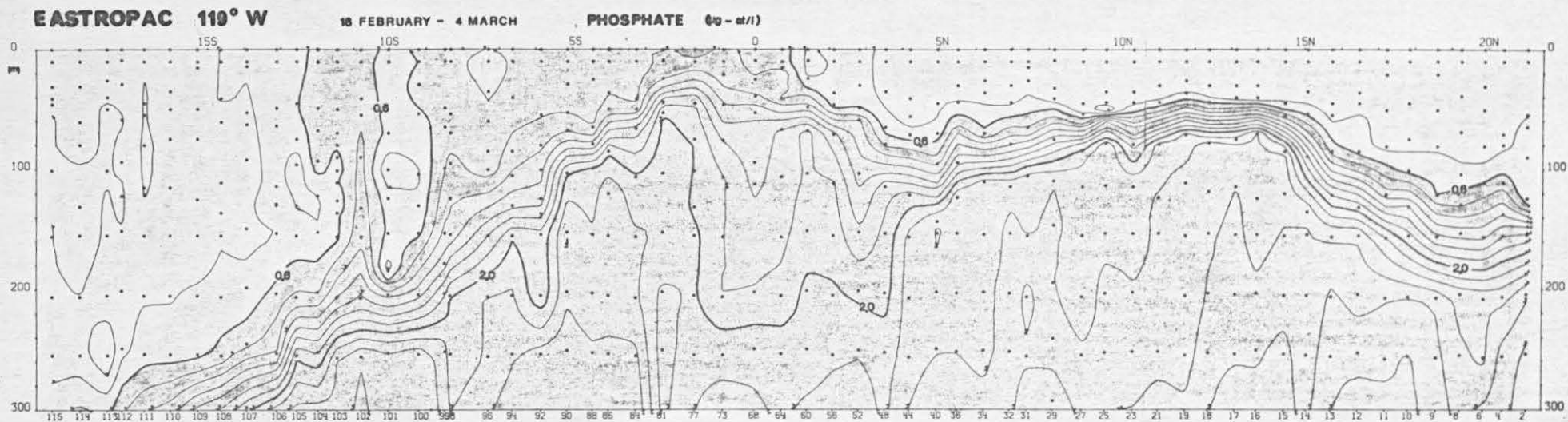
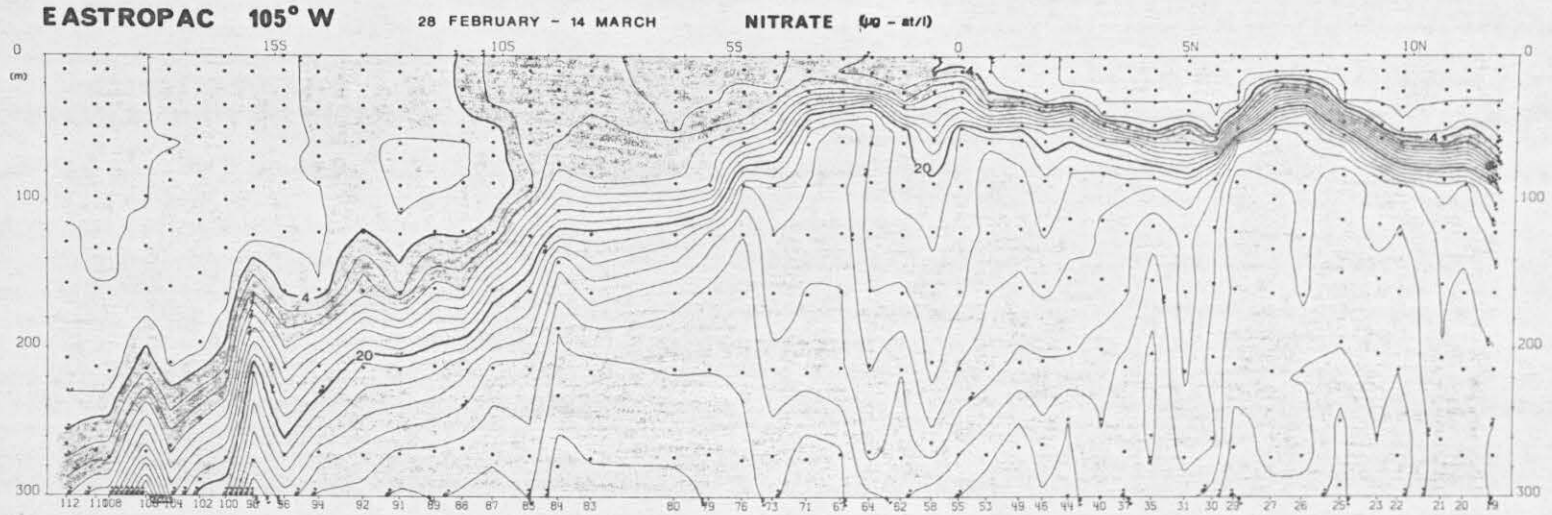
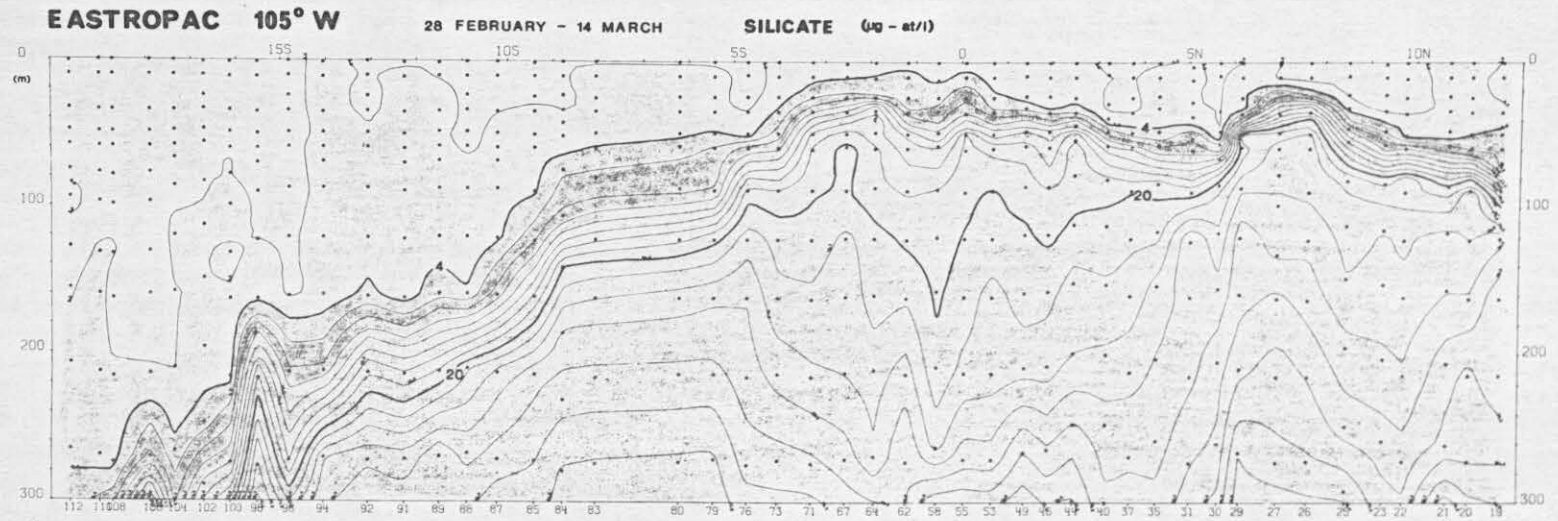
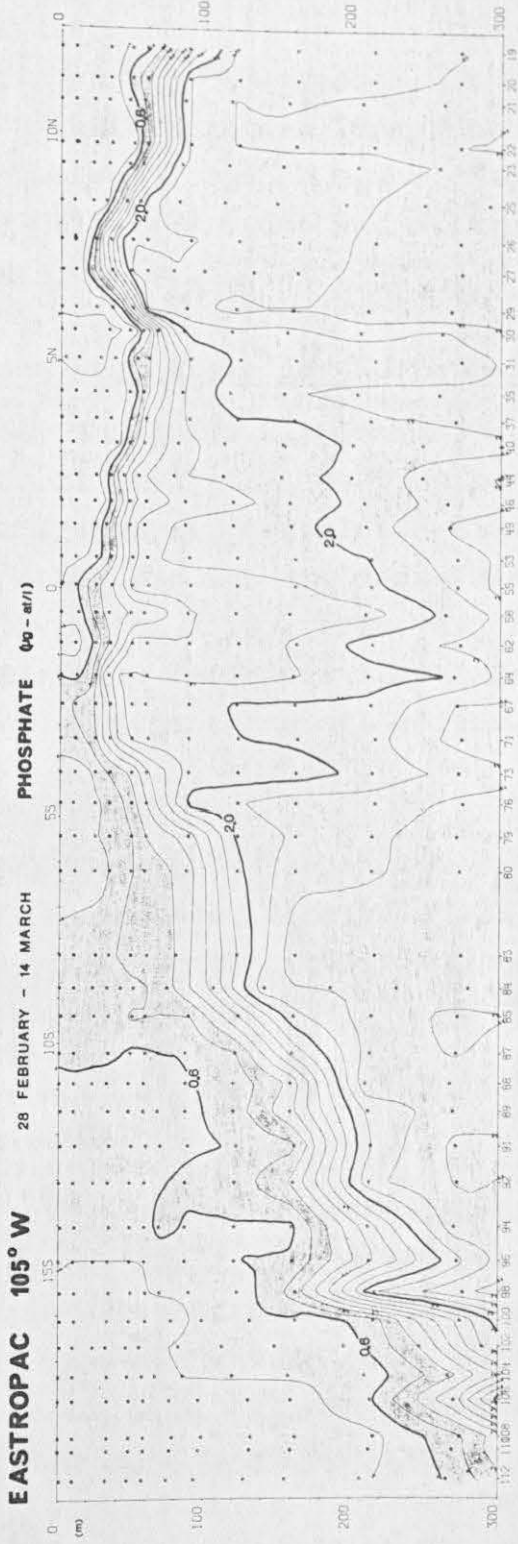


Abb. 18







nommen. Bis etwa zu dieser Tiefe ist es den Phytoplanktonorganismen möglich, zu assimilieren. In Abb. 22 ist die Tiefe der euphotischen Zone für den Zeitraum von Februar bis April 1968 gegeben. Im Gebiet des Äquators und in den Ausläufern des Perustroms herrschen geringe Tiefen zwischen 30 und 50 m vor. Nach Norden und Süden nimmt die Mächtigkeit der euphotischen Zone bis auf 100 m bzw. 90 m zu.

4. Biologische Ergebnisse der EASTROPAC-Expedition

Während der EASTROPAC-Expedition wurde mit großer Sorgfalt versucht, auf allen 14 Forschungsfahrten die biologischen Proben mit den gleichen Geräten in gleicher Weise zu entnehmen und mit denselben Methoden aufzuarbeiten, um später alle Proben vergleichen zu können. Im Folgenden sollen Teile der Ergebnisse der Erforschung des Phytoplanktons dargelegt werden.

4.1. Primärproduktion

Die EASTROPAC-Daten erlauben zum ersten Mal, Aussagen über die horizontale, vertikale und jahreszeitliche Verbreitung der Primärproduktion in einem großen, offenen tropischen Meeresgebiet zu machen.

4.1.1. Regionale und vertikale Verbreitung der Primärproduktion

In Abb. 23 ist die Rate der Primärproduktion an der Oberfläche für den Zeitraum von Februar - April 1968 dargestellt. Abb. 24 zeigt die integrierten Werte über die euphotische Zone, d.h. es wurde von der Oberfläche bis zu 1% Lichttiefe integriert. Diese Werte geben also den Zuwachs an partikulär gebundenem organischem Kohlenstoff unter 1 m^2 Seeoberfläche bis zur Tiefe der 1% Lichtgrenze wieder. Es ist deutlich zu erkennen, daß in den früher erwähnten Gebieten mit kaltem,

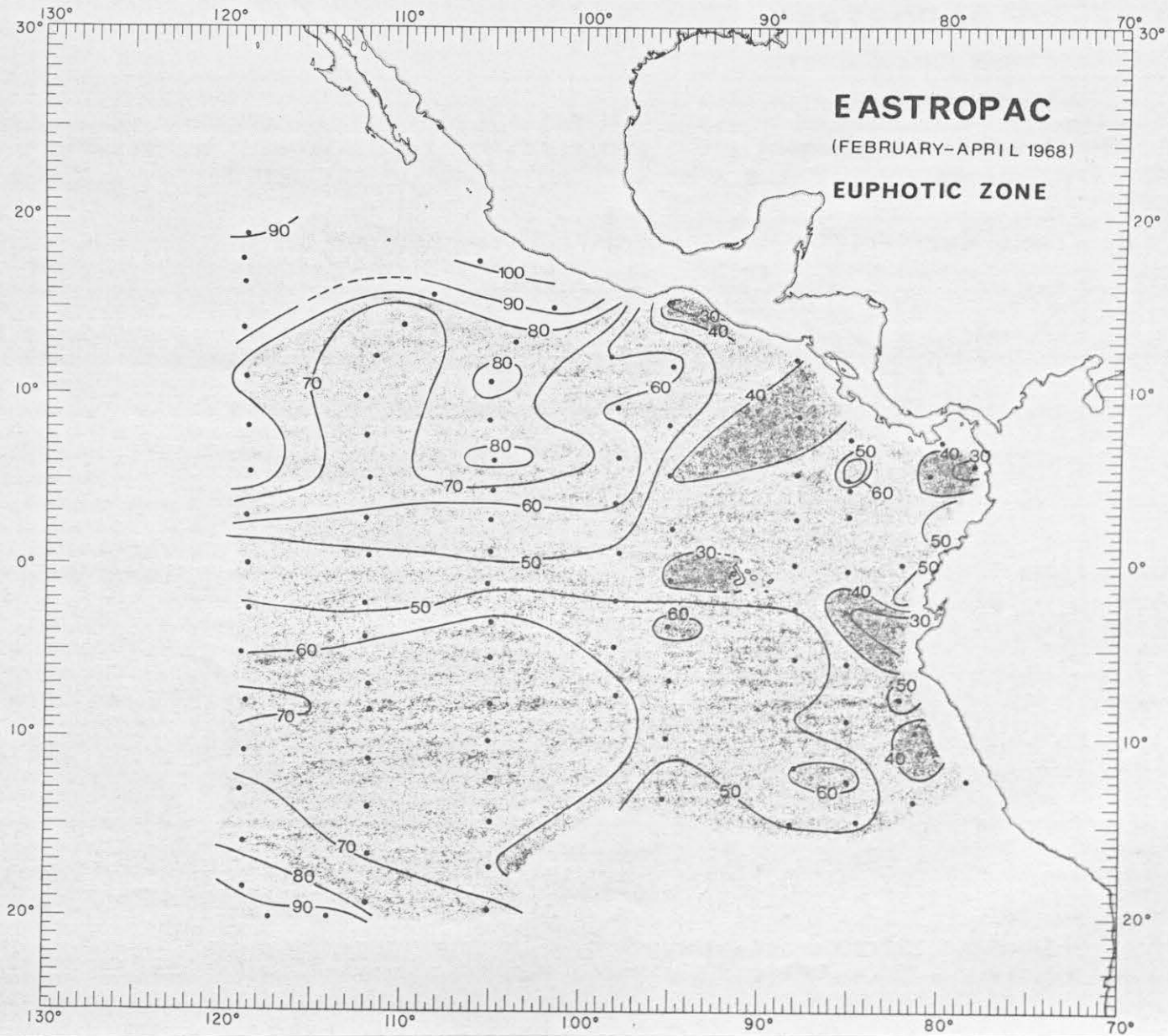


Abb. 22

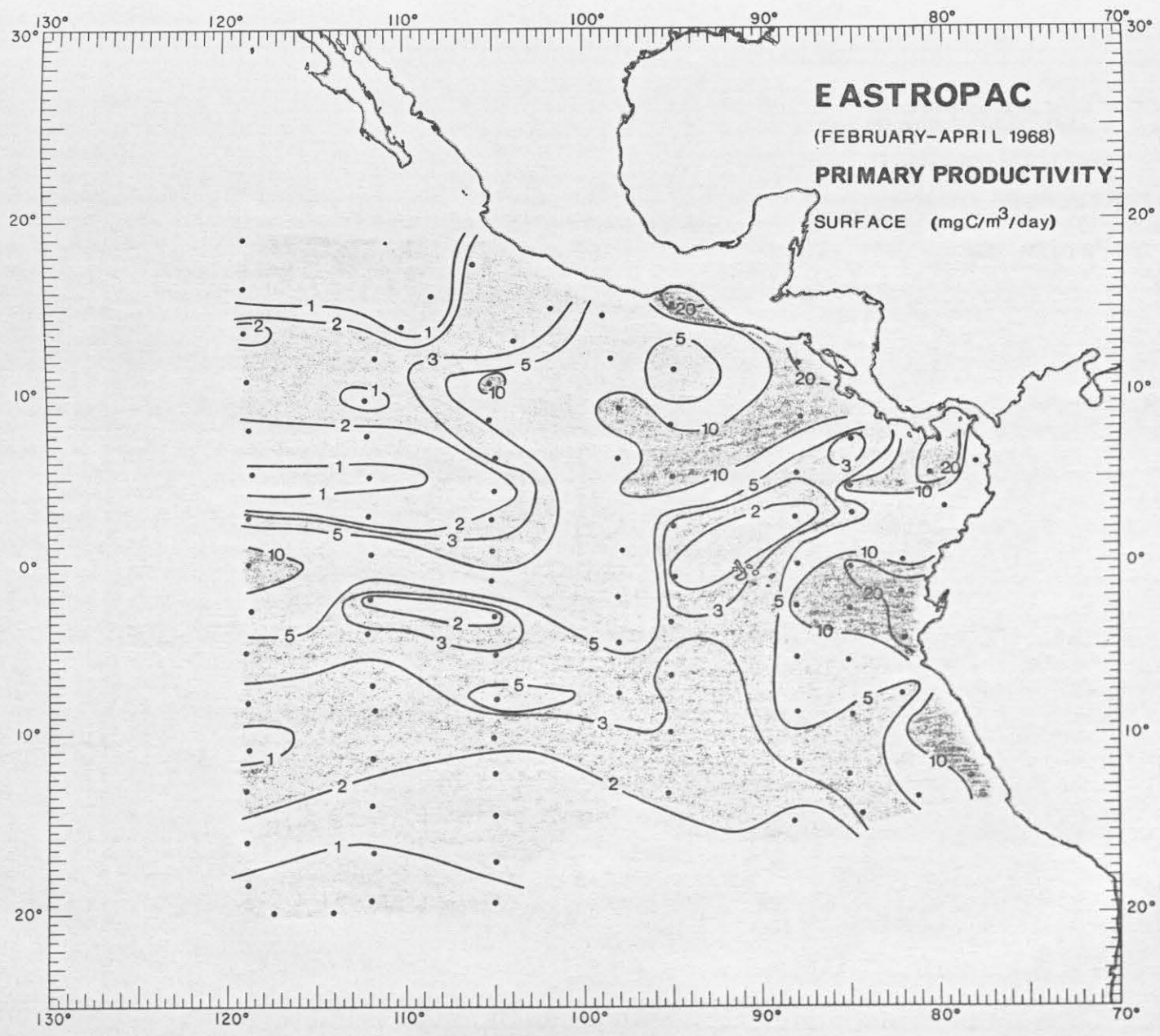
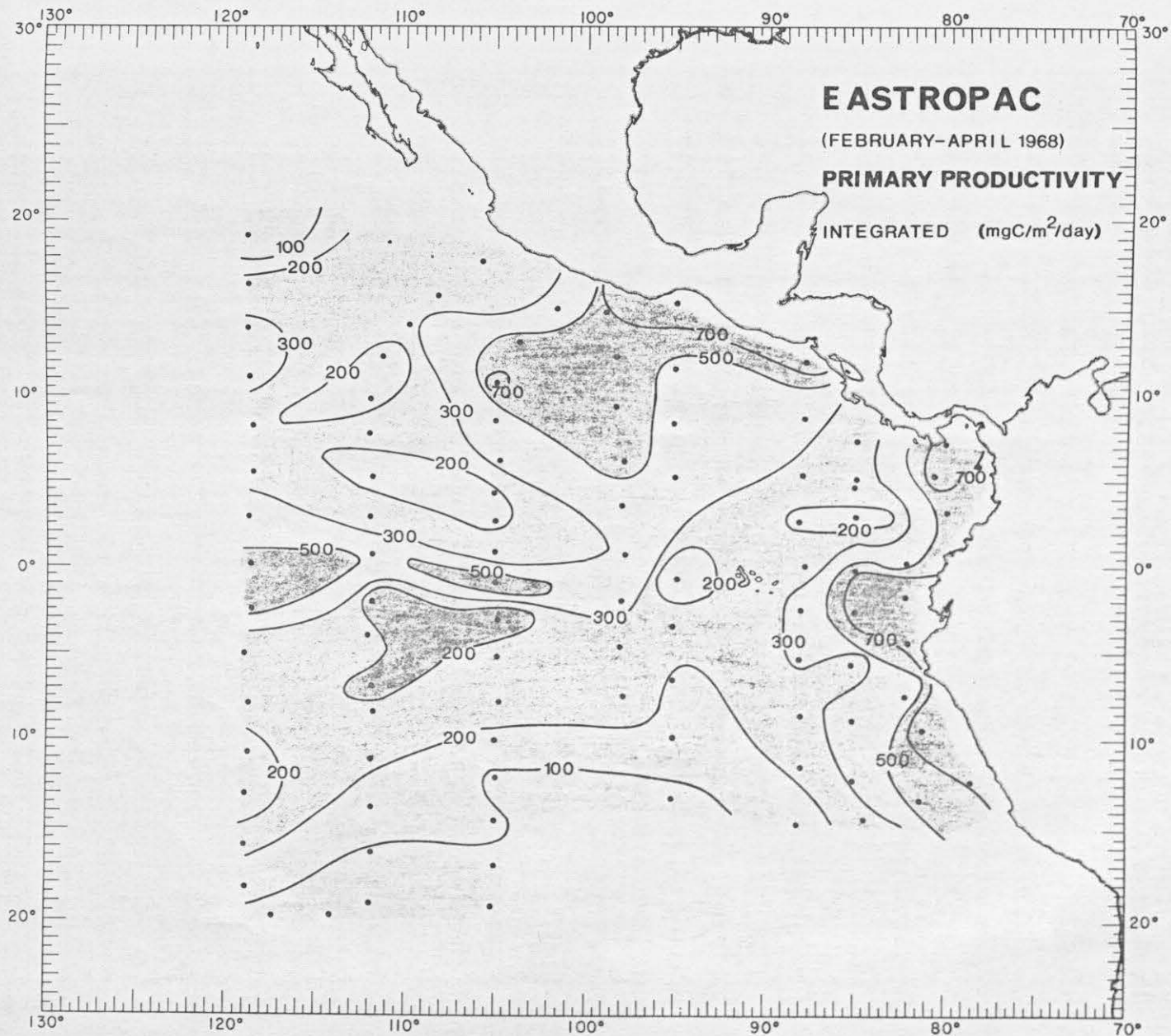


Abb. 23



nährstoffreichem Auftriebswasser die Primärproduktion mit $500 - 700 \text{ mg C/m}^2/\text{Tag}$ am höchsten ist. Diese Gebiete sind der Perustrom mit seinen Ausläufern, der Golf von Panama, der Golf von Tehuantepec und ein begrenztes Gebiet am Äquator bei etwa 105°W und 119°W . In der Oberflächenkarte ist eine höhere Produktionsrate auch im Gebiet des Costa Rica Domes (9°N , 89°W) festzustellen. Da in diesem Gebiet die euphotische Zone mit weniger als 40 m nicht tief ist, ergibt sich ein verhältnismäßig niedriger Wert für die integrierte Primärproduktion in diesem Gebiet.

In Abb. 25 (oben) und 26 (oben) sind zwei Schnitte von den geographischen Längen 119°W und 105°W für die Zeit Mitte Februar bis Mitte März wiedergegeben. Die gestrichelte Linie deutet die Tiefe der euphotischen Zone an. Besonders auf dem Schnitt bei 119°W ist zu erkennen, daß die euphotische Zone am Äquator mit 38 m am geringsten ist.

Die Rate der Primärproduktion in $\text{mg C/m}^3/\text{Tag}$ ist bei beiden Schnitten am Äquator oder in dessen Nähe am höchsten. Hier wurden in der 3. und 4. Tiefenstufe, also bei 25% und 12% des Lichtes der Oberfläche, Werte über $20 \text{ mg C/m}^3/\text{Tag}$ gemessen. Auffällig ist ein Gebiet erhöhter Primärproduktion bei etwa 11°N , 119°W und bei 6°N , 105°W sowie 11°N , 105°W .

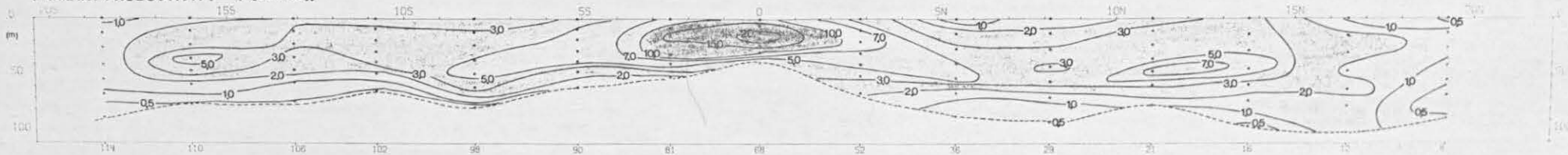
4.1.2. Jahreszeitliches Auftreten der Primärproduktion

Der jahreszeitliche Zyklus der Primärproduktion im tropischen Ozean ist bisher nur wenig bekannt. (CUSHING 1959, HEINRICH 1962). SOURINA (1969) wies in seiner zusammenfassenden Literaturstudie darauf hin, daß kein eindeutiger Hinweis für jahreszeitliche Schwankungen der Primärproduktion in tropischen Gewässern vorliegt. Besonders fehlen Angaben über den tropischen Pazifik.

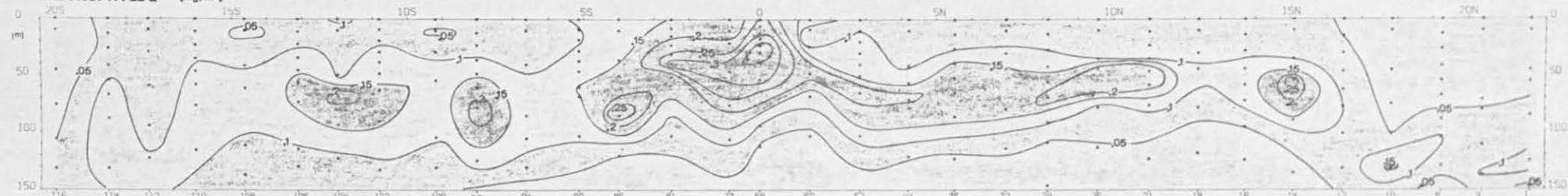
EASTROPAC 119° W

18 FEBRUARY - 4 MARCH

PRIMARY PRODUCTIVITY (mgC/m³/day)



CHLOROPHYLL a (mg/m³)



PHAEOPHYTIN (mg/m³)

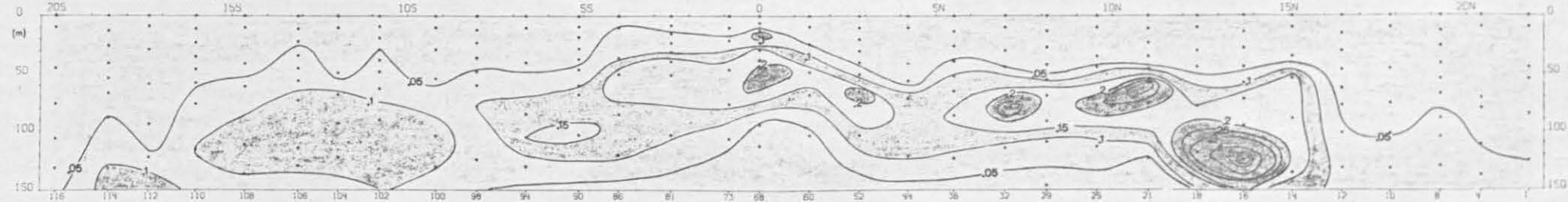


Abb. 25

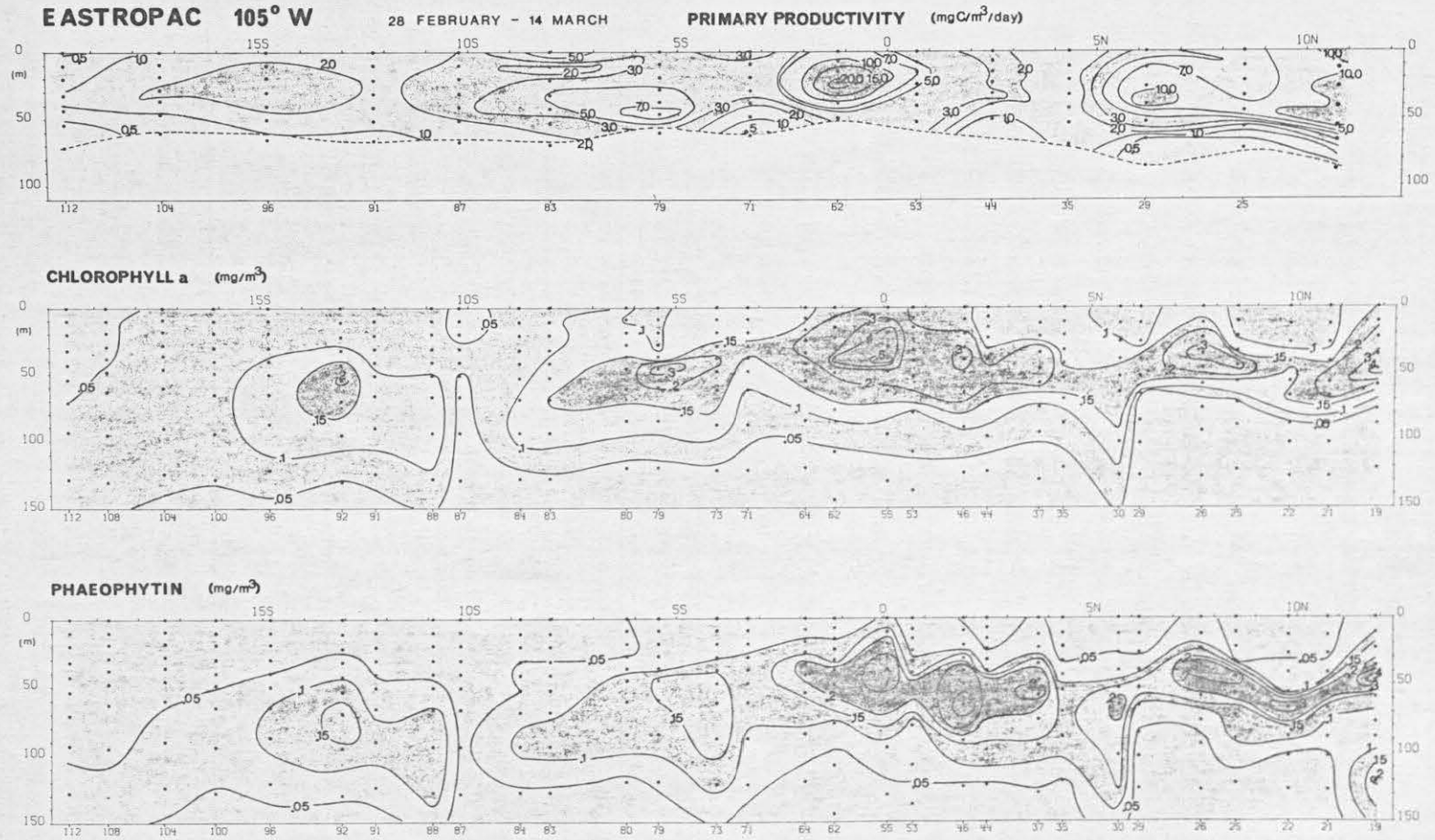


Abb. 26

Während der EASTROPAC-Expedition wurden genügend Daten in 6 verschiedenen Jahreszeiten genommen, um statistisch abgesicherte Aussagen zum jahreszeitlichen Ablauf der Primärproduktion im östlichen tropischen Pazifik zu machen (OWEN und ZEITZSCHEL, 1970).

Für die statistische Berechnung wurden die 4 Schnitte der "Monitor Area" ausgewählt. Dieses Gebiet wurde in 7 zonale Gebiete von etwa $2,5^{\circ}$ Länge ($\hat{=}$ 150 sm) und 4 Breitenzonen von etwa 7° Breite (etwa 420 sm) aufgeteilt. Es entstand eine Aufteilung von $7 \times 4 = 28$ Rechtecken. Jede dieser "Zellen" hatte die Dimensionen Zeit, Länge und Breite. Für die Analyse wurden die geometrischen Mittel der bis zu 1% Lichttiefe integrierten Primärproduktionswerte benutzt.

Die Ergebnisse einer 3-fachen Varianzanalyse sind in Tabelle 2 gegeben:

Tabelle 2: Ergebnisse der Varianzanalyse für log-transformierte Werte der Primärproduktion.

	Freiheitsgrade	Mittlere quadratische Abweichung
Zeit	5	0.639 **
Geogr. Breite	6	0.052
Geogr. Länge	3	0.476 **
Zeit - Breite	30	0.028
Zeit - Länge	15	0.067 *
Breite - Länge	18	0.038
Fehler	90	0.034

** signifikant auf dem 99% Niveau

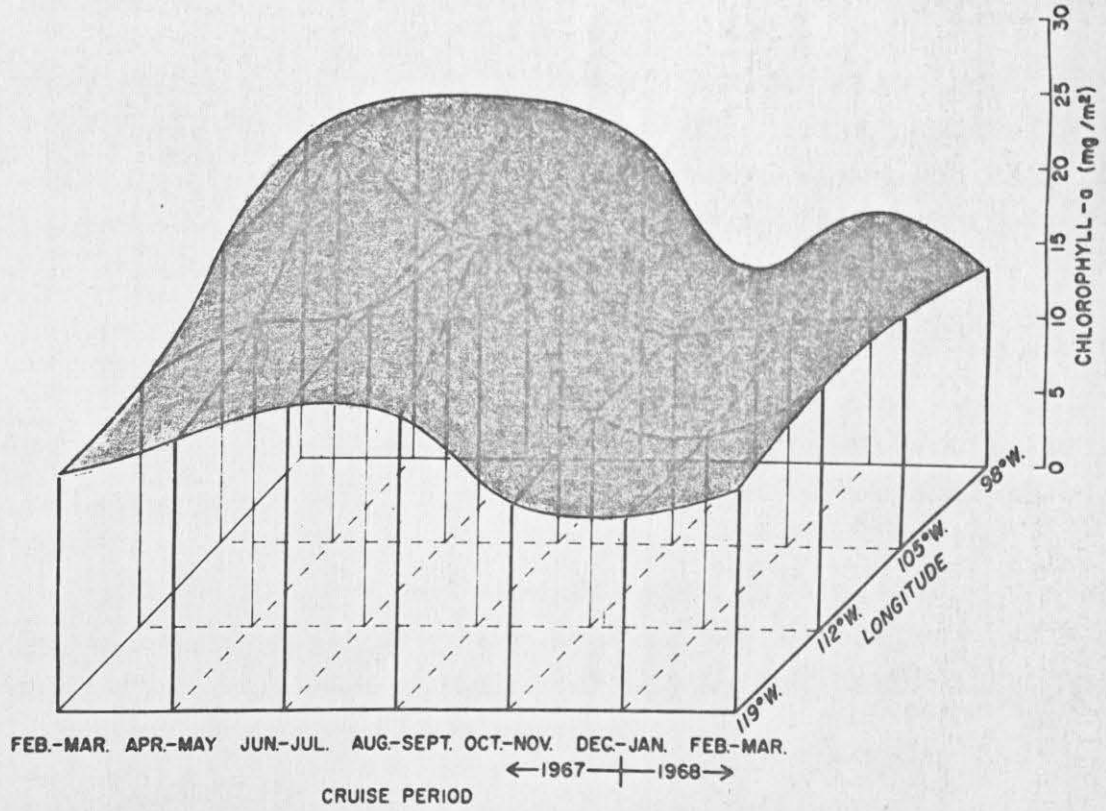
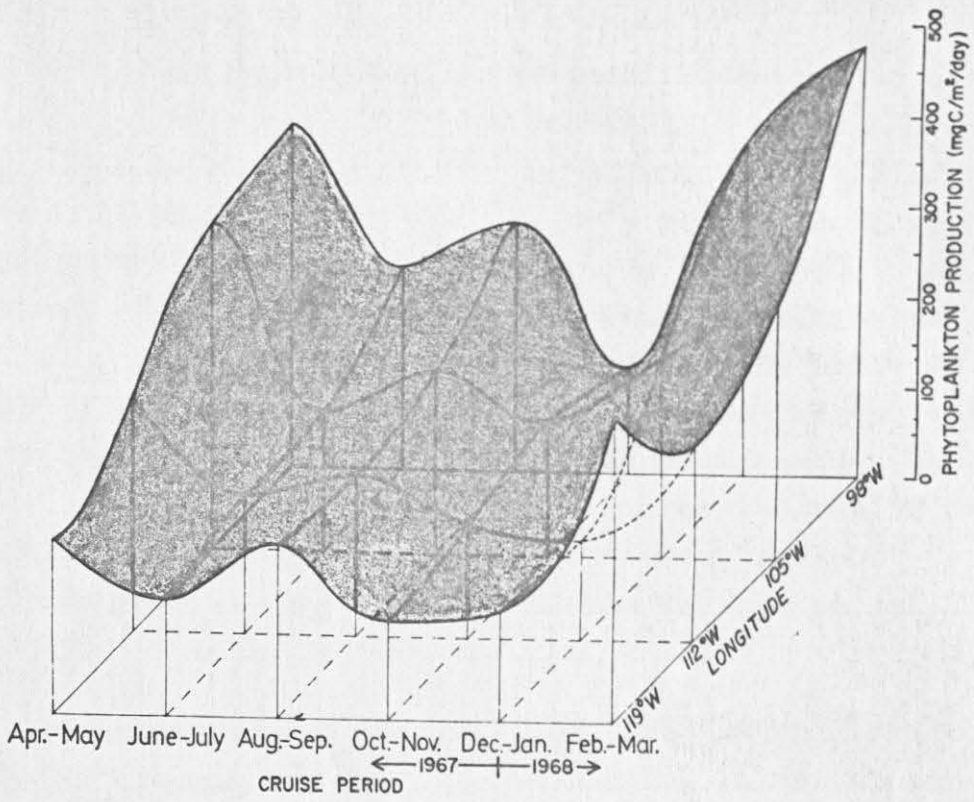
* signifikant auf dem 95% Niveau

Der Einfluß von Zeit und geographischer Länge auf die Rate der Primärproduktion ist nach der Varianzanalyse hochsignifikant, während die Zeit - Länge - Beziehung

gerade noch signifikant auf dem 95% Niveau ist. In Abb. 27 oben ist eine dreidimensionale Darstellung versucht worden, die die Beziehung der Primärproduktion in Bezug auf die Zeit und die geographische Länge wiedergibt. Die Primärproduktion ändert sich synchron entlang den vier Meridianen. Die enge Beziehung zwischen Zeit und geographischer Länge, die durch die Varianzanalyse gefunden wurde, beruht vor allem auf den unterschiedlichen Werten der Primärproduktion in den verschiedenen Jahreszeiten. Der Phasenunterschied zwischen den geographischen Längen scheint wesentlich weniger ausschlaggebend. Das Maximum der Primärproduktion tritt auf den vier Meridianen im frühen Frühjahr auf. Ein zweites Ansteigen der Primärproduktion ist im August/September festzustellen. Das Hauptminimum tritt während der Zeit von Oktober bis November auf.

Die Mittelwerte des jahreszeitlichen Ablaufs der Primärproduktion über die gesamte "Monitor Area" schwanken von 127 bis 318 mg C/m²/Tag. Das Mittel aller Werte zu den sechs verschiedenen Zeiten beträgt 205 mg C/m²/Tag. Dies entspricht einer jährlichen Produktion von 75 g C/m²/Jahr.

Aus Abb. 27 oben geht weiterhin deutlich hervor, daß die Phytoplanktonproduktion nach Osten hin zunimmt. Die Mittelwerte aller Daten für die beiden westlichen Längengrade beträgt 169 mg C/m²/Tag. Bei 105°W wurden 219 mg C/m²/Tag festgestellt, während bei 98°W die Rate der Primärproduktion im Mittel auf 282 mg C/m²/Tag anstieg. Die Zunahme nach Osten könnte eventuell durch die geringere Entfernung zur Küste bedingt sein. Doch ist ein direkter Küsteneinfluß recht unwahrscheinlich, da der Meridian 98°W noch sehr weit vom südamerikanischen Kontinent entfernt ist. Die beste Erklärung ist vielleicht, daß dieses Gebiet durch Wasser mit reichem



Vorkommen an Nährstoffen durch westlich setzenden Strom versorgt wird. Zwei mögliche Gebiete mit hoher Nährstoffkonzentration sind der Costa Rica Dome (WYRTKI, 1964, BROENKOW, 1965) bei 9°N , 89°W und der Golf von Tehuantepec (BLACKBURN, 1962) bei 15°N und 94°W . In beiden Gebieten tritt, wie schon früher erwähnt, zu bestimmten Zeiten im Jahr "upwelling" auf. Da beide Gebiete im Bereich des Nordäquatorialstroms liegen, ist ein westlicher Transport dieses nährstoffreichen Wassers gut möglich. Die Nährstoffverteilungskarten von 10 m Tiefe zeigen nur andeutungsweise diesen Transport der Nährstoffe. Auf Karten aus tieferen Horizonten ist dies wesentlich besser erkennbar.

Im südlichen Gebiet des östlichen tropischen Pazifik wird eine Anreicherung von Nährstoffen in den oberen Wasserschichten durch die Ausläufer des Perustroms hervorgerufen.

Eine weitere Erklärungsmöglichkeit ist das Ansteigen der Dichtesprungschicht, die die obere, meist nährstoffarme, von der tieferen, nährstoffreichen Wasserschicht trennt. Wenn die Sprungschicht in geringere Wassertiefen aufsteigt, gelangt mehr und mehr Nährstoff in die lichtdurchflutete Oberschicht, sodaß das Phytoplankton die Nährstoffe nutzen kann.

Es ist sicherlich erstaunlich, daß der Einfluß von Zeit und geographischer Länge in der durchgeführten Analyse größer ist als der Einfluß der geographischen Breite. Das meteorologische und physikalische System, das - wie schon früher erwähnt - ohne Zweifel die Entstehung und Verteilung von Phytoplanktongemeinschaften beeinflusst, ist vor allem zonal angeordnet.

Es muß hier angeführt werden, daß eine zusätzliche Varianzanalyse mit den Mittelwerten für Primärproduktion

über die gemessene Wassersäule durchgeführt wurde. Diese Analyse zeigte zusätzlich zu den schon diskutierten Erscheinungen eine Signifikanz der geographischen Breite auf die Verteilung der Primärproduktion.

Man kann diese Erscheinung vielleicht so erklären, daß die gesamte Produktion für die Wassersäule für einen bestimmten Meridian etwa konstant ist durch die gegenläufige Beziehung der Primärproduktion und der Mächtigkeit der euphotischen Zone.

Längere Beobachtungsreihen der Primärproduktion von ähnlichen tropischen Gebieten des Weltmeeres sind sehr selten. MENZEL und RYTHER (1960) veröffentlichten Daten von einer Station bei den Bermudas in dem nordwestlichen Sargasso Meer. Die Rate der Primärproduktion war im späten Winter und frühen Frühjahr am größten. Niedrige Werte wurden im späten Frühjahr, im Sommer und im Herbst gemessen. Die Primärproduktion variierte von 50 bis 830 mg C/m²/Tag mit einem Mittel um 200 mg C/m²/Tag, entsprechend 72 g C/m²/Jahr. BEERS et al. (1968) veröffentlichten Werte von einer Beobachtungsreihe bei Jamaica. Kurze Maxima wurden im späten Frühjahr und im Herbst festgestellt, unterbrochen von Perioden mit geringer Produktion im Sommer und Winter. Die Variationsbreite war zwischen 30 und 280 mg C/m²/Tag, das Mittel 110 mg C/m²/Tag, entsprechend 40 g C/m²/Jahr.

Australische Wissenschaftler haben den Jahresgang der Primärproduktion entlang dem Längengrad 110°W von 9°S bis 32°S im Indischen Ozean untersucht (JITTS 1969). Die Primärproduktion betrug 130 mg C/m²/Tag im August und verringerte sich auf 80 mg C/m²/Tag im Oktober. Von Oktober bis Mai blieben die Werte etwa gleich und stiegen Ende Mai auf 180 mg C/m²/Tag und im August auf 270 mg C/m²/Tag. Die durchschnittliche Produktion betrug auf diesem Schnitt etwa 132 mg C/m²/Tag entsprechend 48 g C/m²/Jahr.

Die Primärproduktionswerte des östlichen tropischen Pazifik sind um etwa 64% höher als die Werte vom Indischen Ozean; sowohl die Variationsbreite als auch der Mittelwert stimmen gut mit den Werten der Station bei Bermuda überein (MENZEL u. RYTHER 1960).

Es ist anzunehmen, daß die Primärproduktion im östlichen, küstennahen Teil des tropischen Pazifik noch höher ist, da dieses Gebiet sowohl meteorologisch als auch physikalisch vom Land sehr stark beeinflußt wird.

4.2. Bestand an Phytoplankton

4.2.1. Chlorophyll a und Phaeophytin

4.2.1.1. Regionale und vertikale Verteilung von Chlorophyll a und Phaeophytin.

Um den Bestand an Phytoplankton routinemäßig zu charakterisieren, wurden während der EASTROPAC-Expedition Analysen von Chlorophyll a durchgeführt. Da die fluorometrische Methode nach HOLM-HANSEN et al. (1965) benutzt wurde, wurde im gleichen Analysengang auch das Phaeophytin, ein Abbauprodukt des Chlorophyll, gemessen.

In Abb. 28 sind die Analysenergebnisse für Februar bis April 1968 für die Oberfläche in mg Chlorophyll a/m³ zusammengestellt. Abb. 29 gibt die integrierten Chlorophyll a - Werte in mg/m² bis 150 m wieder.

Beide Karten zeigen, daß die höchsten Chlorophyllkonzentrationen in den schon beschriebenen "upwelling" - Gebieten auftreten. Die Oberflächenkarte zeigt dies am deutlichsten. Im Bereich des Perustromes, im Golf von Panama und im Bereich des Costa Rica Domes wurden Chlorophyll a - Werte bis 0.6 mg/m³ gemessen. Im Äquatorge-

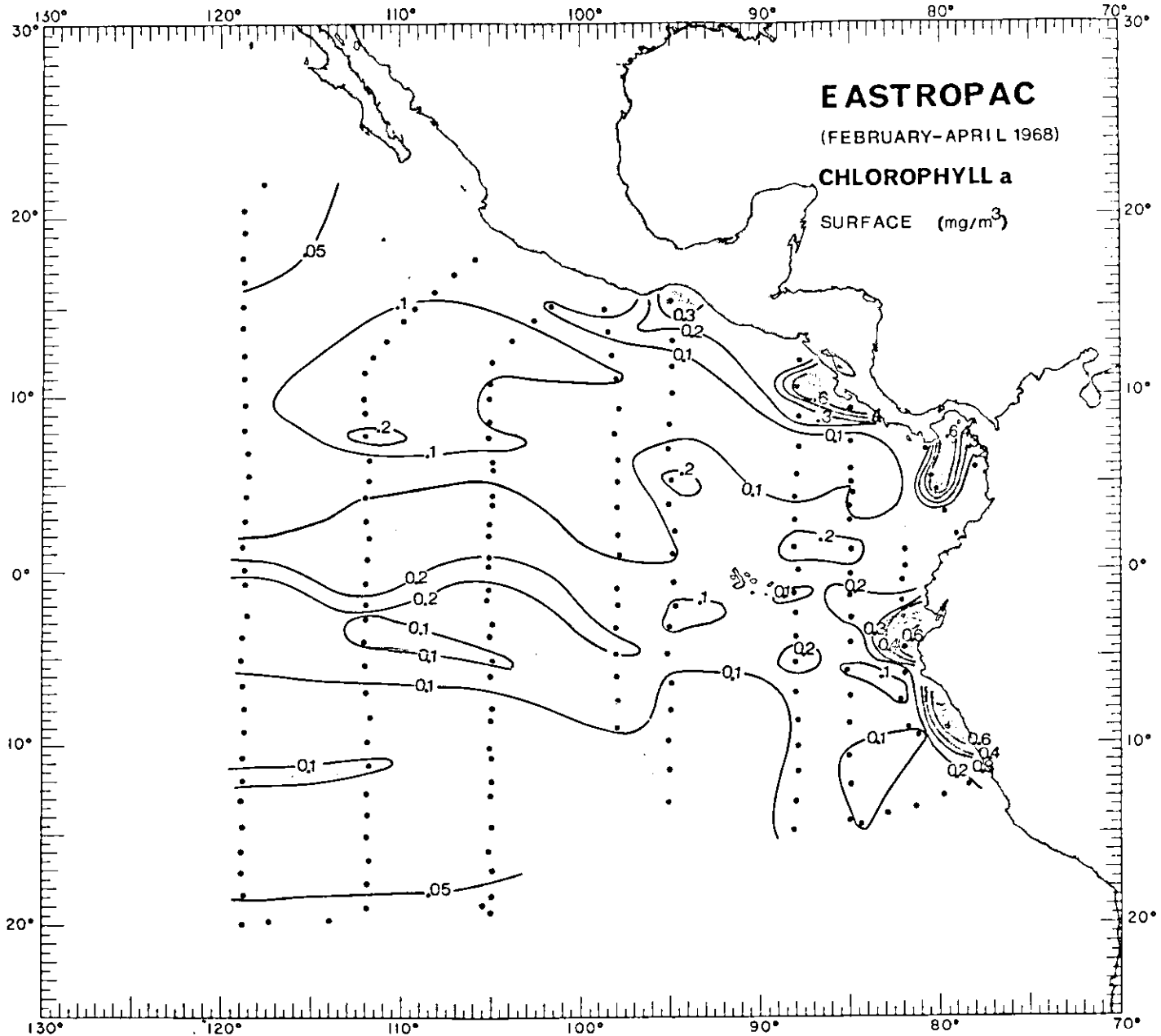


Abb. 28

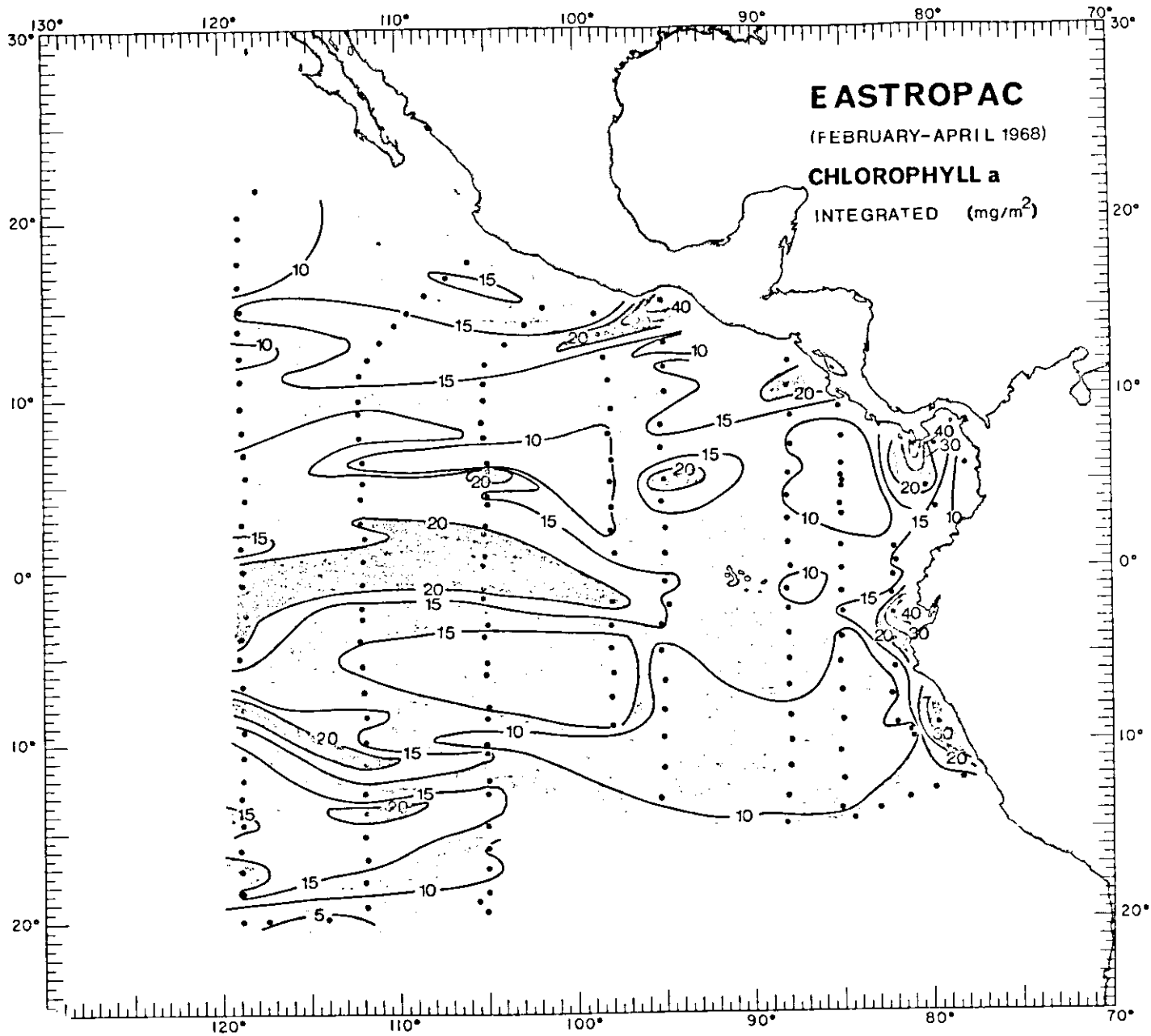


Abb. 29

biet sind die Chlorophyllwerte mit 0.2 mg/m^3 an der Oberfläche verhältnismäßig gering. Die integrierten Werte bis 150 m sind mit 20 mg/m^2 am Äquator recht hoch, erreichen aber etwa nur die Hälfte der integrierten Werte im Bereich des Perustromes oder des Golf von Panama.

Abb. 25 (Mitte) zeigt die vertikale Verteilung des Chlorophyll a entlang 119°W , während Abb. 26 (Mitte) die Verhältnisse bei 105°W wiedergibt. Auf beiden Schnitten findet man hohe Chlorophyll a - Konzentrationen am Äquator mit Werten bis $0,5 \text{ mg/m}^3$. Das Maximum der Chlorophyll-Konzentration wird nicht an der Oberfläche erreicht sondern bei 40 - 70 m. Dies ist besonders gut auf dem nördlichen Teil des Schnittes bei 119°W zu erkennen.

In Abb. 30 sind die integrierten Werte für Phaeophytin angegeben. In den Schnitten Abb. 25 (unten) und Abb. 26 (unten) wird deutlich, daß die Phaeophytinmaxima gewöhnlich etwas tiefer als die hohen Chlorophyllwerte liegen. An der Oberfläche tritt fast kein Phaeophytin auf. Der Phaeophytin Gehalt ist nach LORENZEN (1965) wahrscheinlich durch absterbendes, abgestorbenes oder von Zooplankton gefressenes Phytoplankton bedingt. Es wird vermutet, daß man Phaeophytinwerte zur Bestimmung des "grazing" Effekts heranziehen kann.

4.2.1.2. Jahreszeitliches Auftreten von Chlorophyll a

In ähnlicher Weise wie für die Werte der Primärproduktion wurde für das "Monitor Gebiet" eine dreifache Varianzanalyse der zu Logarithmen transformierten, bis 150 m integrierten Chlorophyllwerte für die Wassersäule aus 7 verschiedenen Zeiten benutzt.

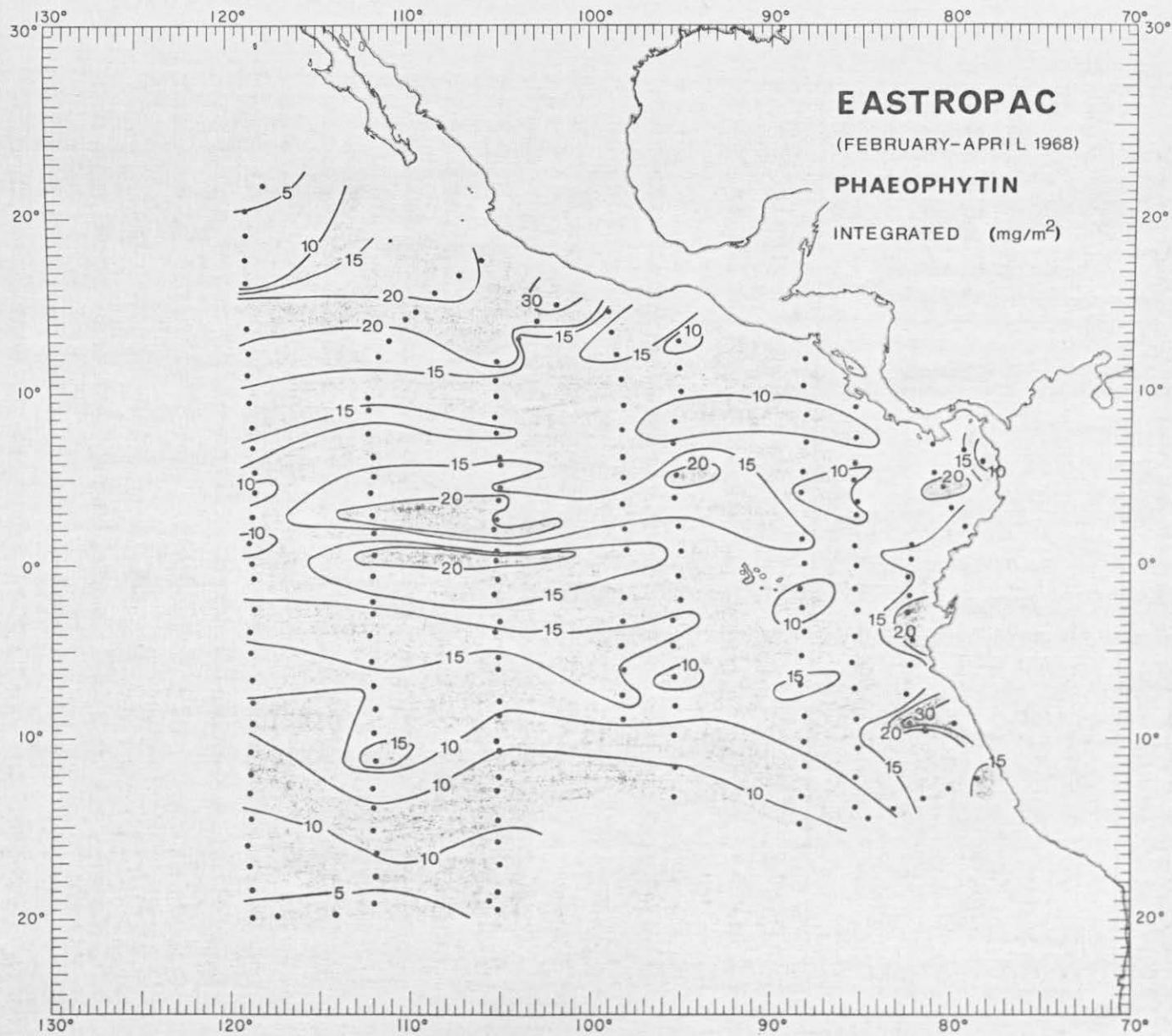


Abb. 30

Tabelle 3: Ergebnisse der Varianzanalyse für log-transformierte Werte von Chlorophyll a integriert von 0 - 150 m

	Freiheitsgrade	Mittlere quadratische Abweichung
Zeit	6	0.226 **
Geogr. Breite	6	0.090 **
Geogr. Länge	3	0.230 **
Zeit - Breite	36	0.008
Zeit - Länge	18	0.018 **
Breite - Länge	18	0.021 **
Fehler	108	0.007

** signifikant auf dem 99 % Niveau

* signifikant auf dem 95 % Niveau

Die Varianzanalyse zeigt u.a. einen hoch signifikanten Einfluß der Jahreszeit. Dieser Einfluß wird kompliziert durch einen hoch signifikanten Einfluß der Zeit - Länge - Beziehung. In Abb. 27 (unten) ist diese Beziehung in dreidimensionaler Form dargestellt. Die jahreszeitlichen Kurven für die 4 Meridiane 119°W, 112°W, 105°W und 98°W sind sich recht ähnlich. Die Form jeder dieser Kurven ist maßgebend für alle geographischen Breiten, da keine signifikante Beziehung zwischen Zeit und geographischer Breite festgestellt wurde.

Das Maximum der Chlorophyllkonzentration bei allen vier Meridianen tritt im April - September ein. Das Minimum in der Zeit von Oktober - Januar. Es gibt keine signifikanten Neben-Maxima oder -Minima. Bei den untransformierten Daten ist das Verhältnis von Maximum/Minimum < 2. In den borealen Meeresgebieten ist der jahreszeitliche Unterschied in der Chlorophyllkonzentration wesentlich größer.

Ein ähnlicher Jahresgang wie für das Chlorophyll a wurde für das Netzzooplankton gefunden, das am Tage mit Schräg-

hauls von 200 m bis 0 m genommen wurde (BLACKBURN et al. 1970).

Der Verlauf des hier statistisch abgesicherten Jahresgangs für Chlorophyll a und "Tag"-Zooplankton (vor allem herbivores Zooplankton) entspricht den Vermutungen von CUSHING (1959). CUSHING stellt z.B. fest: "In temperate and arctic waters, the seasonal amplitude in algal numbers may reach a thousand times, but in tropical waters it may be as little as five times". RAYMONT (1963) schreibt über die tropischen Meere: "Any delay between the increase in phytoplankton and the consequent egg production by the herbivores, leading to a rise in zooplankton, is comparatively short. Grazing does not tend to be excessive, and there is an approximate balance between the reproductive rate of the algae and the grazing rate of the herbivorous zooplankton. The herbivores are maintained at a fairly low and steady level and the small standing stock of phytoplankton changes relatively little". Die EASTROPAC-Ergebnisse bestätigen diese Ansichten.

4.2.2. Zusammensetzung des Phytoplanktons

In Tabelle 4 ist eine schematische Darstellung der Auswertung der Phytoplanktonzählung der EASTROPAC-Proben wiedergegeben. Die Ergebnisse der Zählungen für die Vier Gruppen Diatomeen, Dinoflagellaten, Flagellaten und Coccolithophoriden und die Berechnung nach dem Programm "Biomasse" sind in Tabelle B im Anhang zusammengestellt. Die Zählergebnisse für die einzelnen Arten sind viel zu umfangreich, um an dieser Stelle aufgeführt zu werden. Als ein Beispiel ist Tabelle 5 gegeben. Diese Tabelle gibt die Zählergebnisse von Fahrt 75, Station 102, Tiefe 0 m wieder. Alle etwa 350 Phytoplanktonarten, die identifiziert wurden, wurden mit einer Code-Nummer versehen. Wenn eine Identifizierung, vor

Tabelle 4: Schema der Auswertung der Phytoplanktonzählungen von Proben der EASTROPAC - Expedition

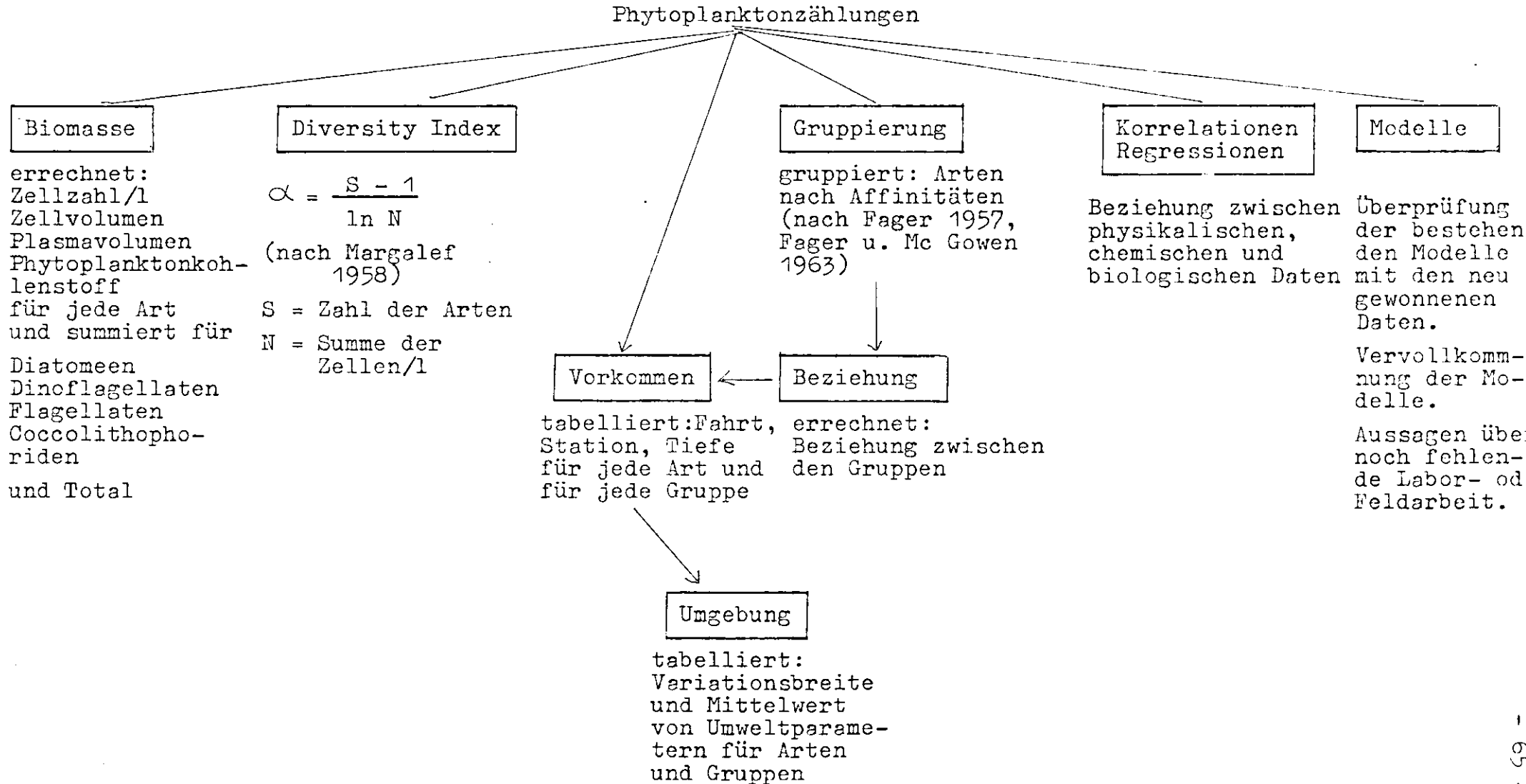


Tabelle 5: Beispiel einer Phytoplanktonzählung von Fahrt 75, Station 102, Tiefe 0 m.

CR. STA	HEI.	DATE	CODE	SPECIES	CEL./S/L	CELLS/CF/L	CELLVOL/L	PLASMAVOL/L	PHYTOPL. CAR/L
75	102	J	10368	182 PENNATE DIATO. MICRO	1540	207400	100100	100100	12320
75	102	J	10368	179 PENNATE DIATO. SMALL	400	109200	52000	52000	7600
75	102	J	10368	180 PENNATE DIATO. MEDIUM	470	278400	264800	264800	32400
75	102	J	10368	176 GEN. DIATOM SMALL	280	156000	280000	184800	22400
75	102	J	10368	198 ASTEROID. SARCOSPHAGUS	80	193440	664640	453360	43760
75	102	J	10368	178 CHART. CEPHOS SMALL	200	50400	61000	57000	7600
75	102	J	10368	171 CHART. CEPHOS MEDIUM	40	32160	67200	54960	6200
75	102	J	10368	99 CHART. ATL. AUNDAX	400	106000	132800	120000	16000
75	102	J	10368	187 CHART. GRACILIS	40	10160	12200	11400	1520
75	102	J	10368	173 COSCINODISCUS SMALL	280	677440	2326240	1586760	153160
75	102	J	10368	174 COSCINODISCUS MEDIUM	40	246160	1456960	638000	5080
75	102	J	10368	197 NITZSCHIA MICRO	280	37400	18200	18200	2240
75	102	J	10368	105 NITZSCHIA SP. CL.	150	134600	122000	122080	14720
75	102	J	10368	136 NITZSCH. BICAPITATA	160	43600	20800	20800	3040
75	102	J	10368	65 NITZSCHIA PACIFICA	560	389200	370720	370720	45360
75	102	J	10368	66 NITZ. PACIF. PUNGENS	200	168400	152600	152600	18200
75	102	J	10368	68 NITZSCHIA STRIATA	120	101160	91560	91560	11040
75	102	J	10368	69 PLANKTONIELLA SOL.	40	61160	178160	140120	14240
75	102	J	10368	110 PLEUROSIGMA SP.	80	88000	80000	80000	72640
75	102	J	10368	91 PSEUDOPHOTIA COLICL.	240	110400	110400	110400	13920
75	102	J	10368	116 RHIZ. COUMINATA	120	126000	1080000	1198800	6619080
75	102	J	10368	103 RHIZOS. ALATA	40	623200	195760	1442160	114000
75	102	J	10368	127 THAL. MA. RACILLARIS	100	348440	475040	396160	41760
75	102	J	10368	131 THALASSIOSIRA SP. SM.	40	96720	332320	226680	21880
75	102	J	10368	86 THAL. IRA FESTIVALIS	160	68400	99200	78720	9920
75	102	J	10368	112 THAL. IX. DELICATULA	160	176000	160000	160000	145280
					220	19492700	119746700	128973380	7505360
75	102	J	10368	396 DINOF. LAGELLATE SMALL	280	88200	139440	118440	21000
75	102	J	10368	397 DINOF. LAGELLATE MED.	120	255480	1149360	976800	116640
75	102	J	10368	398 DINOF. LAGELLATE LARGE	160	889120	600280	510160	507520
75	102	J	10368	399 DINOF. LAGELLATE VE. LA	160	181440	18095520	15378560	1519520
75	102	J	10368	404 NA. DINOF. MICRO D=5	21560	173240	1401400	1272040	280280
75	102	J	10368	400 NA. DINOF. SMALL D=10	1460	375480	207340	155040	392280
75	102	J	10368	401 NA. DINOF. MEDIUM D=15	4000	181200	149600	112400	236000
75	102	J	10368	320 OXYTOXUM SP.	2360	359900	1416000	1203600	1531640
75	102	J	10368	346 OXYTOXUM VARIABILE	4160	194040	3615920	3073840	535920
					5440	15856520	4813400	40631720	4940800
75	102	J	10368	610 FLAGELLATE A D=2	30300	3903000	1201200	1201200	300300
75	102	J	10368	611 FLAGELLATE F D=5	160	480400	400400	381920	80080
75	102	J	10368	603 FLAGELLATE SP. G	160	12400	10400	9920	2080
					30620	4396400	1612000	1593040	382460
75	102	J	10368	519 COCCOLITHOID. SP. MICRO	4620	364480	124740	92400	27720
75	102	J	10368	520 COCCOLITHOID. SP. SMALL	3760	118040	815920	612880	139120
75	102	J	10368	518 COCCOLITH. SIBOGAE	640	394240	380100	284800	56320
75	102	J	10368	535 OPHIASTES HYPOIDEUS	40	2000	50	440	120
75	102	J	10368	546 SYRACOSPHAERA SP.	4000	189760	1829520	1370600	271040
75	102	J	10368	525 UMDELLOSPH. IRREGULAR	160	12400	4320	3200	960
					1390	3851780	3155220	2364320	495280
				TOTAL	176200	43597460	173647920	173562460	15223900

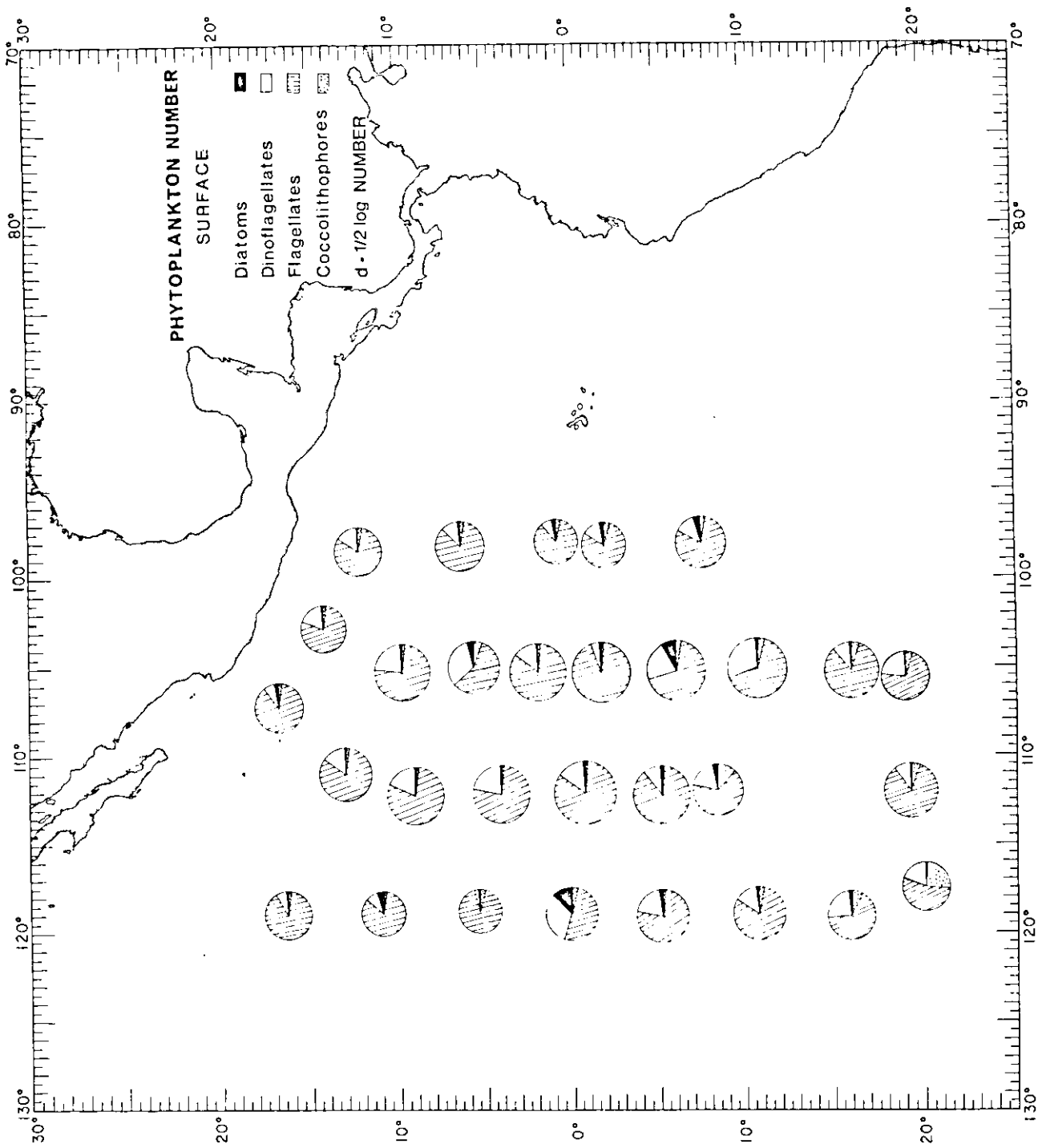
allem von kleineren Zellen, nicht möglich war, wurden sie in bestimmten Größekategorien, z.B. "Pennate Diatomeen mikro", zusammengefaßt. Die gezählten Zellzahlen wurden in Zellen pro Liter Seewasser umgerechnet. Daraus wurde die Zelloberfläche, das Zellvolumen, das Plasmavolumen und der Phytoplanktonkohlenstoff für jede Art oder Größekategorie mit einem Computer berechnet. Die Ergebnisse wurden für die vier Gruppen Diatomeen, Dinoflagellaten, Flagellaten und Coccolithophoriden zusammengefaßt. Außerdem wurde eine Gesamtsumme aller Phytoplanktonorganismen errechnet.

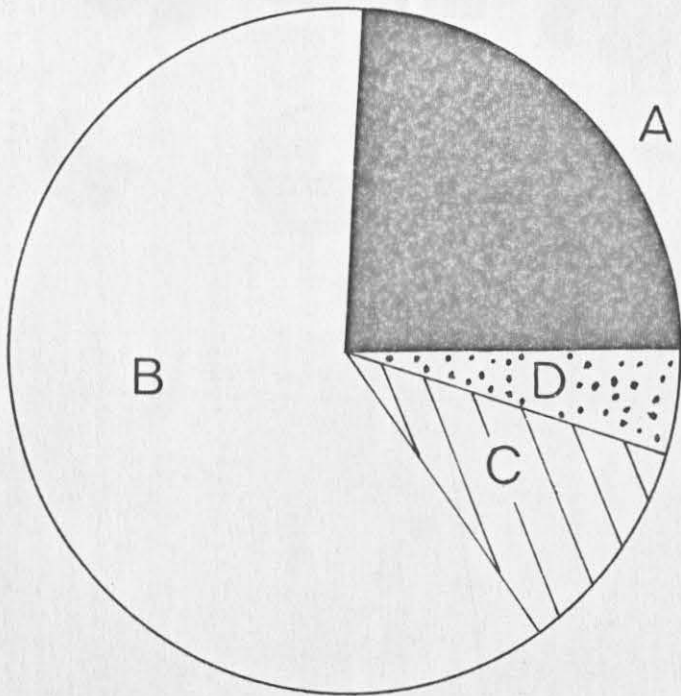
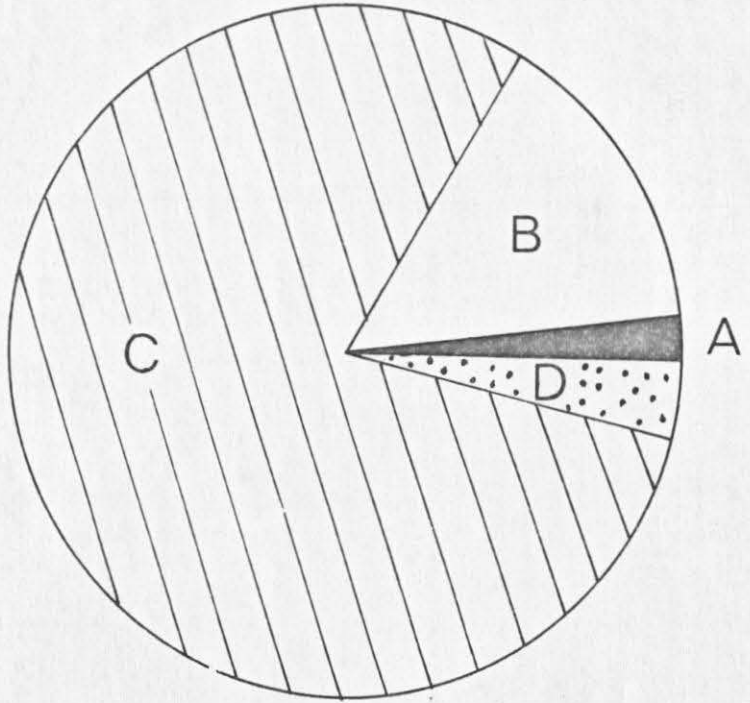
In Abb. 31 ist die prozentuale Verbreitung der genannten vier Haupt-Phytoplanktongruppen für die Oberfläche dargestellt. Der Radius der Kreise entspricht dem Logarithmus der Zellzahlen geteilt durch 2. Es ist zu erkennen, daß am Äquator oder in der Nähe des Äquators die höchsten Zellzahlen auftreten. Flagellaten (nackte Formen zwischen 2 - 10 μ Durchmesser) sind bei weitem am häufigsten.

In Abb. 32 (oben) sind die Ergebnisse aller Zählungen zusammengefaßt. Zahlenmäßig machen die Flagellaten mit 79% den größten Anteil aus. Diatomeen sind im Mittel nur mit 1.8%, Dinoflagellaten mit 14.8% und Coccolithophoriden mit 3.6% vertreten.

Unterschiedlich ist die Verteilung der vier Hauptgruppen auf der Grundlage des errechneten Phytoplanktonkohlenstoffs.

Abb. 33 gibt für 30 Stationen die prozentuale Verteilung des Phytoplanktonkohlenstoffs an der Oberfläche für die Periode Februar - April 1968 wieder. Der Radius der Kreise entspricht viermal dem Logarithmus des Kohlenstoffwertes. Es ist deutlich, daß Diatomeen und Dinoflagellaten den Hauptanteil des Kohlenstoffs an allen





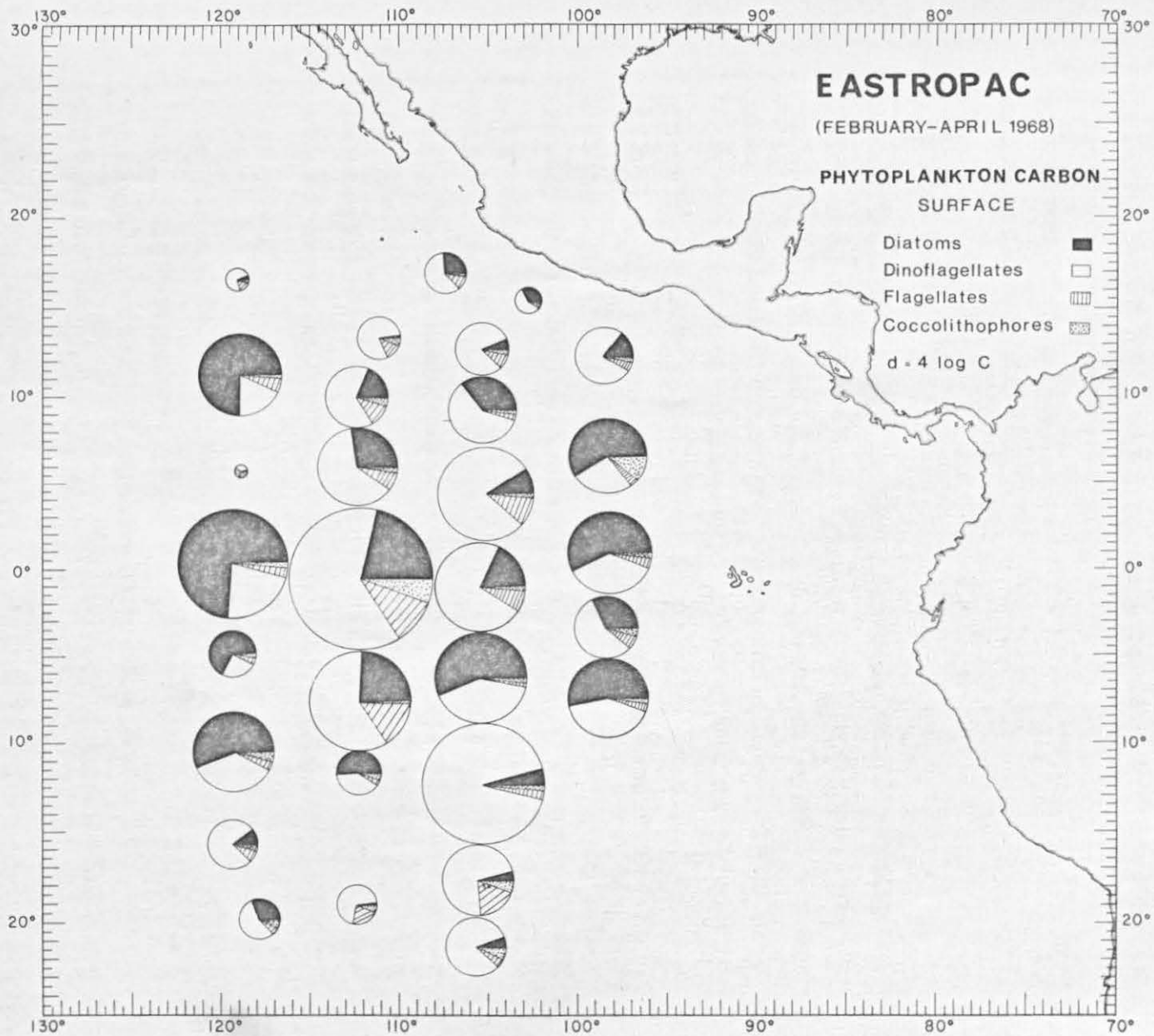


Abb. 33

Stationen ausmachen. Die sehr häufigen Flagellaten tragen durch ihre Kleinheit nur verhältnismäßig wenig zum Gesamtkohlenstoff bei. In Abb. 32 (unten) sind die Mittelwerte aller Zählungen zusammengefaßt. Auf der Phytoplanktonkohlenstoffbasis ergibt sich, daß im Mittel Diatomeen 23.8%, Dinoflagellaten 60.6%, Flagellaten 10.5% und Coccolithophoriden 5.1% ausmachen.

4.2.3. Diversity Index

Nach MARGALEF (1967) ist es sinnvoll, den Diversity Index nach der Formel in Tabelle 4 zu berechnen. Der Diversity Index ist gleich null, wenn alle Individuen einer Population einer Art angehören. Diese Situation tritt in der Natur kaum ein, im Labor ist dies jedoch in Kulturen möglich. In der Natur gibt es z.B. beim Plankton die Erscheinung von Phytoplanktonblüten, in denen wenige Arten sehr dominant sein können. Solche Phytoplanktonblüten haben einen kleinen Diversity Index. Den größten Diversity Index würde man erhalten, wenn jeder einzelne Organismus einer Population einer verschiedenen Art angehörte. Dieser Fall tritt in der Natur jedoch nicht ein. Einen sehr hohen Diversity Index hat normalerweise ozeanisches Plankton. Es besteht aus vielen Arten mit verhältnismäßig geringen Individuenzahlen.

Für die EASTROPAC-Phytoplanktonproben wurde der Diversity Index berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengefaßt. Es ergeben sich hohe Werte für den Diversity Index, über 3.0 am Äquator und südlich davon bis etwa 10°S. Von 10 - 15°N, besonders auf den Schnitten 119° und 112°W, sind die Werte < 2. Dies bedeutet, daß im östlichen tropischen Pazifik in Gebieten mit hohen Nährstoffkonzentrationen der Diversity Index deutlich höher ist als in nährstoffarmen Zonen.

Tabelle 6: Diversity Index* nach Margalef
 von Phytoplanktenzählungen im östlichen tropischen Pazifik

Fahrt	Station	Tiefe	S - 1	N	d
75	12	0	32	319840	2.524
75	12	15	17	169080	1.411
75	12	30	23	334920	1.808
75	12	46	13	204940	1.063
75	12	62	28	364240	2.186
75	12	101	20	94620	1.745
75	21	0	22	305160	1.742
75	21	11	18	16560	1.852
75	21	23	21	321500	1.656
75	21	35	28	361300	2.188
75	21	46	30	604000	2.253
75	21	76	22	405990	1.703
75	36	0	24	242260	1.935
75	36	13	20	236010	1.616
75	36	20	24	147640	2.016
75	36	39	39	280500	3.108
75	36	52	49	427640	3.778
75	36	86	40	223740	3.246
75	68	0	49	946080	3.560
75	68	6	39	359380	3.048
75	68	17	54	2314028	3.684
75	68	23	56	2156280	3.839
75	68	38	58	3038400	3.885
75	90	0	52	542310	3.937
75	90	9	39	214900	3.176
75	90	28	48	339670	3.768
75	90	18	47	856860	3.439
75	90	37	49	585000	3.689
75	90	60	42	245900	3.383
75	102	0	43	378620	3.347
75	102	9	26	174420	2.153
75	102	19	46	1021020	3.324
75	102	29	44	403520	3.408
75	102	38	46	517840	3.496
75	102	63	42	317300	3.316
75	110	0	37	272920	2.956
75	110	11	26	174460	2.154
75	110	23	24	393700	1.862
75	110	35	37	491700	2.823
75	110	46	44	395300	3.413
75	110	76	37	337180	2.906

* $d = \frac{S - 1}{\ln N}$

S = Anzahl der Arten

N = Gesamtzahl der Organismen/L

Fahrt	Station	Tiefe	S - 1	N	d
75	118	0	23	120920	1.965
75	118	14	24	194080	1.971
75	118	29	27	129800	2.293
75	118	44	21	189160	1.728
75	118	58	21	262520	1.683
75	118	95	21	156380	1.756
76	213	0	26	396820	2.016
76	213	42	46	712640	3.413
76	213	90	51	436040	3.927
76	198	0	17	484460	1.298
76	198	28	21	744400	1.553
76	198	59	27	962880	1.960
76	184	0	26	535200	1.971
76	184	28	33	740840	2.441
76	184	60	39	1024000	2.812
76	170	0	37	1168000	2.648
76	170	27	40	591160	3.009
76	170	57	40	681100	2.977
76	146	0	56	6691680	3.562
76	146	21	58	9866480	3.601
76	146	46	47	1447600	3.312
76	124	0	43	3927380	2.832
76	124	29	44	6387600	2.807
76	124	65	25	562120	1.888
75	127	0	24	315020	1.895
75	127	35	32	183380	2.640
75	127	76	29	181060	2.394
75	143	0	41	208340	3.347
75	143	29	43	347280	3.369
75	143	63	35	464860	2.682
76	11	0	30	178380	2.480
76	11	15	28	505660	2.131
76	11	29	26	438140	2.001
76	11	45	28	562260	2.115
76	11	60	29	614520	2.176
76	11	97	19	365220	1.483

Fahrt	Station	Tiefe	S - 1	N	d	
76	22	0	29	454420	2.226	
76	22	13	24	464680	1.839	
76	22	27	29	794260	2.134	
76	22	41	31	521260	2.355	
76	22	56	23	739920	1.702	
76	22	88	18	226300	1.460	
76	30	0	42	273000	3.354	
76	30	12	42	2154000	2.879	
76	30	26	32	570360	2.414	
76	30	39	20	106820	1.726	
76	30	52	36	505240	2.740	
76	30	101	26	348040	2.037	
76	46	0	27	2098480	1.854	
76	46	9	32	2483880	2.172	
76	46	20	39	1130080	2.797	
76	46	30	35	1916720	2.419	
76	46	39	30	2177200	2.055	
76	46	64	31	1443800	2.185	
76	64	0	35	1300960	2.485	
76	64	8	38	1268840	2.703	
76	64	17	37	1407520	2.613	
76	64	25	47	1521920	3.301	
76	64	34	44	588200	3.311	
76	64	55	32	508840	2.435	
76	80	0	41	505820	3.121	
76	80	9	50	451780	3.839	
76	80	19	56	504000	4.264	
76	80	28	56	591880	4.213	
76	80	37	55	1075540	3.959	
76	80	61	48	282260	3.823	
76	88	0	32	1345360	2.267	
76	88	10	28	1399920	1.978	
76	88	20	38	396820	2.947	
76	88	31	24	1697480	1.672	
76	88	41	30	853380	2.196	
76	88	67	45	701240	3.342	
76	100	0	22	1519120	1.545	
76	100	10	22	1725480	1.531	
76	100	19	22	878600	1.607	
76	100	30	31	1579820	2.171	
76	100	40	26	1356960	1.841	
76	100	65	26	640480	1.944	

Fahrt	Station	Tiefe	S - 1	N	d
76	115	0	23	413820	1.778
76	115	9	20	813320	1.469
76	115	19	24	560220	1.813
76	115	30	26	532620	1.971
76	115	41	23	667340	1.714
75	115	67	23	620620	1.724
75	249	0	23	323280	1.812
75	249	28	18	406880	1.393
75	249	60	24	779560	1.768
75	241	0	30	364900	2.342
75	241	29	39	524520	2.961
75	241	63	32	225940	2.595
75	229	0	47	582380	3.540
75	229	20	58	641320	4.337
75	229	43	45	1057800	3.243
75	202	0	37	508240	2.816
75	202	23	45	667280	3.355
75	202	50	35	631900	2.619
75	190	0	42	405860	3.252
75	190	29	48	568560	3.621
75	190	63	29	268660	2.319

4.2.4. Recurrent Group Analyse.

Von den Phytoplanktonzählungen von 30 Stationen der Forschungsfahrt 75 und 76 wurde eine Recurrent Group Analyse durchgeführt. Das Computer Programm zur Gruppierung von Arten (taxa) ist von FAGER (1957) und FAGER und McGOWAN (1963) beschrieben worden (Programm Gruppierung in Tabelle 4). Es benutzt als einen Affinitätsindex das geometrische Mittel des Verhältnisses von gemeinsamen Vorkommen und legt Zählungen des Vorkommens oder Nichtvorkommens von Arten zugrunde. Das Programm berücksichtigt verschieden große Proben. In der vorliegenden Analyse wurde 0.55 als Grenzwert benutzt. Nur Affinitätsindices über diesem Wert wurden anerkannt. Dies bedeutet, daß Arten, bei denen die Häufigkeit des Vorkommens um einen Faktor >4 differierte, keine Affinität zeigen würden.

Die Gruppierung wurde nach zwei Gesichtspunkten vorgenommen:

Erstens, jede Art (taxon) in einer Gruppe muß Affinität mit allen anderen Arten in der Gruppe haben - das bedeutet, daß jede Art in der Gruppe gemeinsam mit jeder anderen Art der Gruppe vorkommt.

Zweitens, die größtmögliche Gruppe muß gebildet werden. Arten, die Affinitäten mit einigen, aber nicht mit allen Arten zeigten, werden als der Gruppe angegliederte (associates) Arten aufgeführt.

Nachdem die Gruppen gebildet waren, wurde in einem Zusatzprogramm die Beziehung zwischen den Gruppen berechnet (Programm Beziehung in Tabelle 4). Die Anzahl der Arten in jeder Gruppe, die Affinitäten mit Arten in anderen Gruppen zeigten, wurde berechnet. Sie werden angegeben als Bruchteile aller möglichen Beziehungen. Sind zum Beispiel zwei Gruppen mit 3 und 4 Arten gebildet worden, gibt es zwölf mögliche Beziehungen. Eine Be-

ziehung zwischen diesen Gruppen würde als anerkannt und bedeutsam angesehen, wenn wenigstens drei (0.25 der möglichen Kombinationen) Artenpaare Affinitäten zeigen würden.

In einem weiteren Zusatzprogramm wurden die Stationen ausgedruckt, in denen die Gruppen vorkommen (Programm-Vorkommen in Tabelle 4).

Die von den EASTROPAC - Proben ausgeführte Analyse umfaßt 121 Phytoplanktonarten von 30 Stationen mit 170 Proben aus dem östlichen tropischen Pazifik. Diese Arten gehörten zu den vier taxonomischen Gruppen Diatomeen, Dinoflagellaten, Flagellaten und Coccolithophoriden.

Insgesamt wurden 12 Gruppen errechnet. Ihre Zusammensetzung ist in Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 7: Taxonomische Zusammensetzung von 12 Phytoplanktongruppen im östlichen tropischen Pazifik (einschließlich angegliederte Arten).

Gruppe	Diatomeen	Dinoflagel- laten	Flagellaten	Coccolitho- phoriden
1	16	1	-	2
2	1	2	3	1
3	4	3	3	-
4	4	-	-	-
5	4	-	-	-
6	-	3	-	-
7	1	1	-	-
8	2	1	-	-
9	-	1	1	1
10	-	3	-	-
11	2	-	-	-
12	2	-	-	-

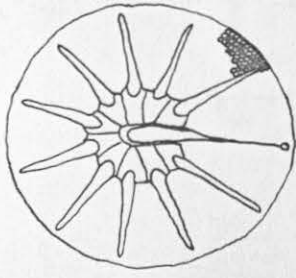
Die Aufstellung ergibt, daß insgesamt nur die Hälfte der untersuchten 121 Arten, nämlich 60 Arten, Affinitäten aufweisen. Gruppe 1 ist mit 19 Arten am besten besetzt. In Abb. 34 sind die Arten als Skizzen gezeichnet, um einen Eindruck über die Vielfältigkeit der Planktonorganismen zu geben. Arten der Gruppen 2 bis 4 sind in Abb. 35 wiedergegeben.

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Recurrent Group - Analyse zusammengefaßt. Es ist hier die Beziehung der einzelnen Gruppen zueinander angegeben. Die Gruppe 1 hat z.B. enge Beziehungen zu den Gruppen 2, 3, 4, 5 und 6. In Gruppe 1 sind 18 Arten, in Gruppe 3 vier Arten. Zwischen den Gruppen 1 und 3 gibt es also 18×4 gleich 72 mögliche Beziehungen. Da in diesem Fall 53 aus 72 möglichen Beziehungen bestehen, wird sie hier als signifikant angegeben, da sie >18 ist.

Abb. 36 gibt die räumliche Verbreitung der Gruppen 1-4 wieder. Gruppe 1 kommt am Äquator und südlich davon vor. Dies ist ein Gebiet mit verhältnismäßig hohen Nährstoffkonzentrationen. Auffällig ist, daß die weitaus meisten Arten dieser Gruppe Diatomeen sind.

Deutlich verschieden ist das Verbreitungsgebiet der Gruppe 2. Sie kommt südlich und nördlich des Äquators vor. Gruppe 4 ist auf ein kleines Gebiet zwischen 1°N und 6°N , 119°W - 112°W beschränkt.

Von den einzelnen Arten und den 12 verschiedenen Phytoplanktongruppen wurden mit dem Programm Vorkommen (s. Tabelle 4) Verbreitungslisten hergestellt. Diese Listen (auf IBM Karten) wurden dazu benutzt, die Umweltfaktoren, die im Computer von jeder Station gespeichert waren, für jede Art oder Gruppe abzurufen. Ein Beispiel ist in Tabelle 9 angeführt. Die Tabelle gibt die Variationsbreite und die Mittelwerte von verschiedenen Umwelt-



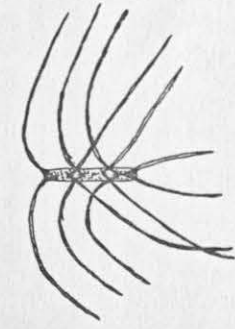
Asteromphalus flabellatus



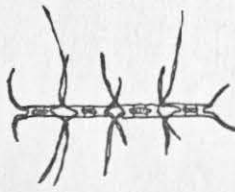
Chaetoceros sp. S



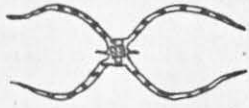
Nitzschia mikro



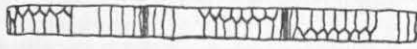
Chaetoceros atlanticus var. neapolicum



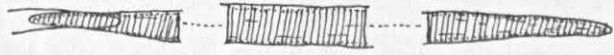
Gruppe A



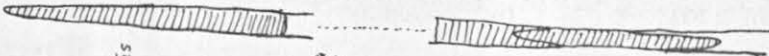
Form adax



Dactyliosolen mediterraneus



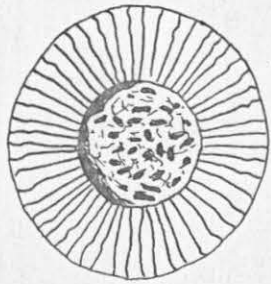
Nitzschia serriata



Nitzschia pluvgens



Nitzschia bicapitata



Planktoniella sol



Umbellospora irregularis



Nitzschia pacifica

Gruppe A



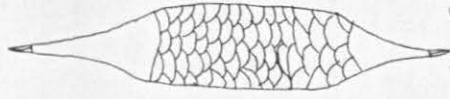
Dityotum variable



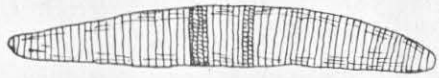
Ophiaster hydroideus



Thalassiothrix delicatula

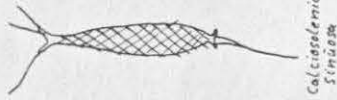
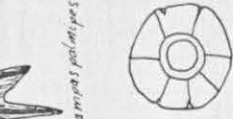
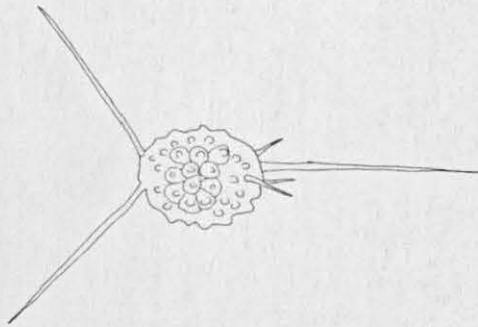
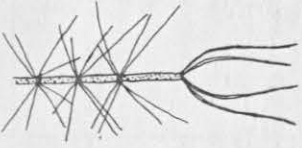
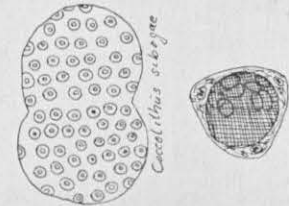


Rhizosolenia Bergonii

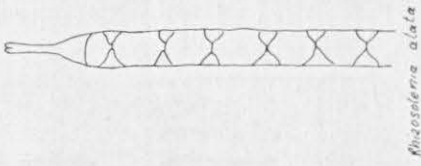


Pseudonitzschia delicatula

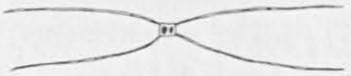
Gruppe 2



Gruppe 3



Gruppe 4

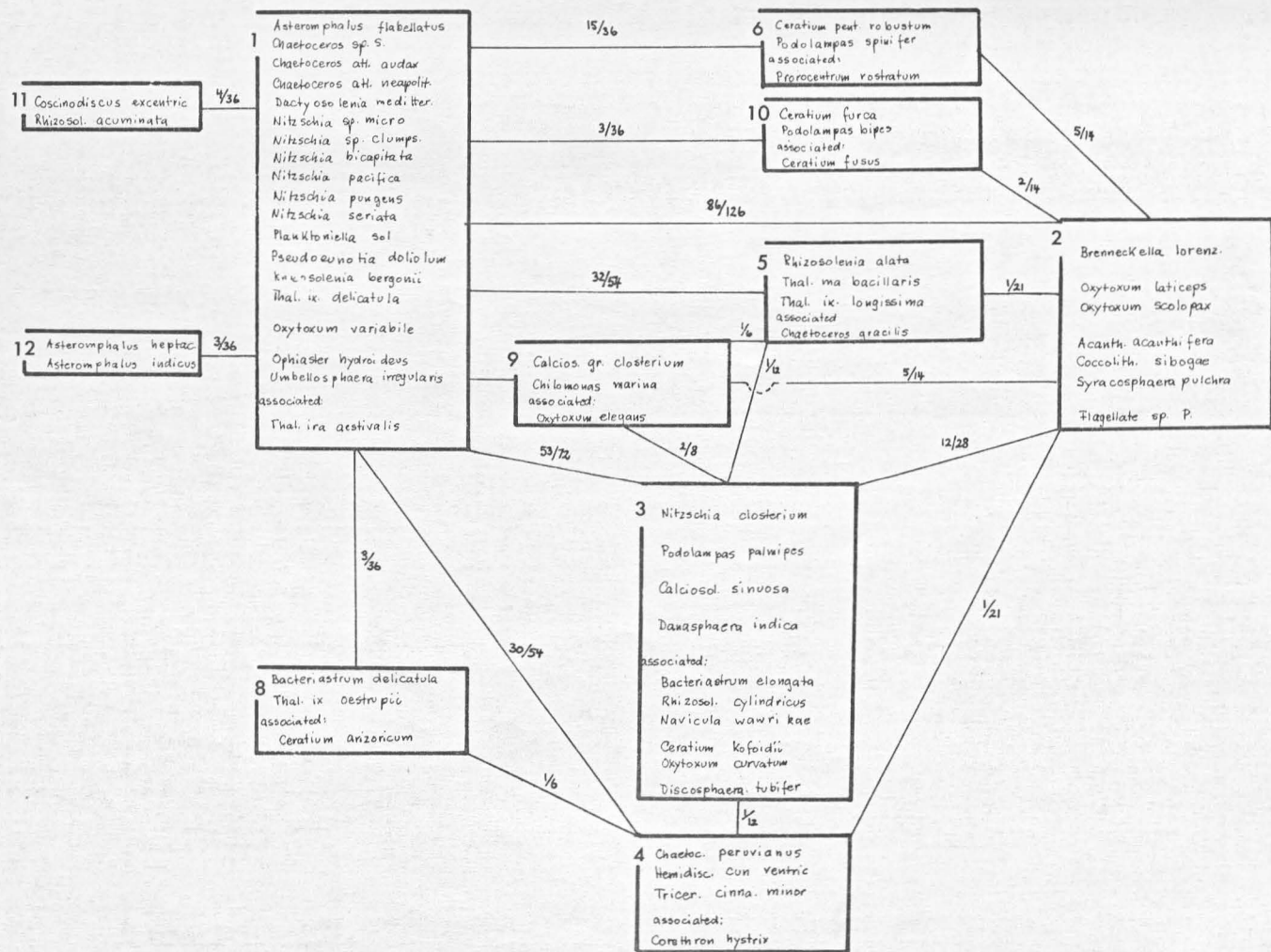


Thecosolenia bacularis

Parvicella waerrii



Tabelle 8: Ergebnisse der Recurrent Group-Analyse. Beziehung zwischen den einzelnen Gruppen.



EASTROPAC (Febr. - Apr. 1968) Recurrent group analysis (affinity index .550)

121 species ; 30 stations ; 170 samples

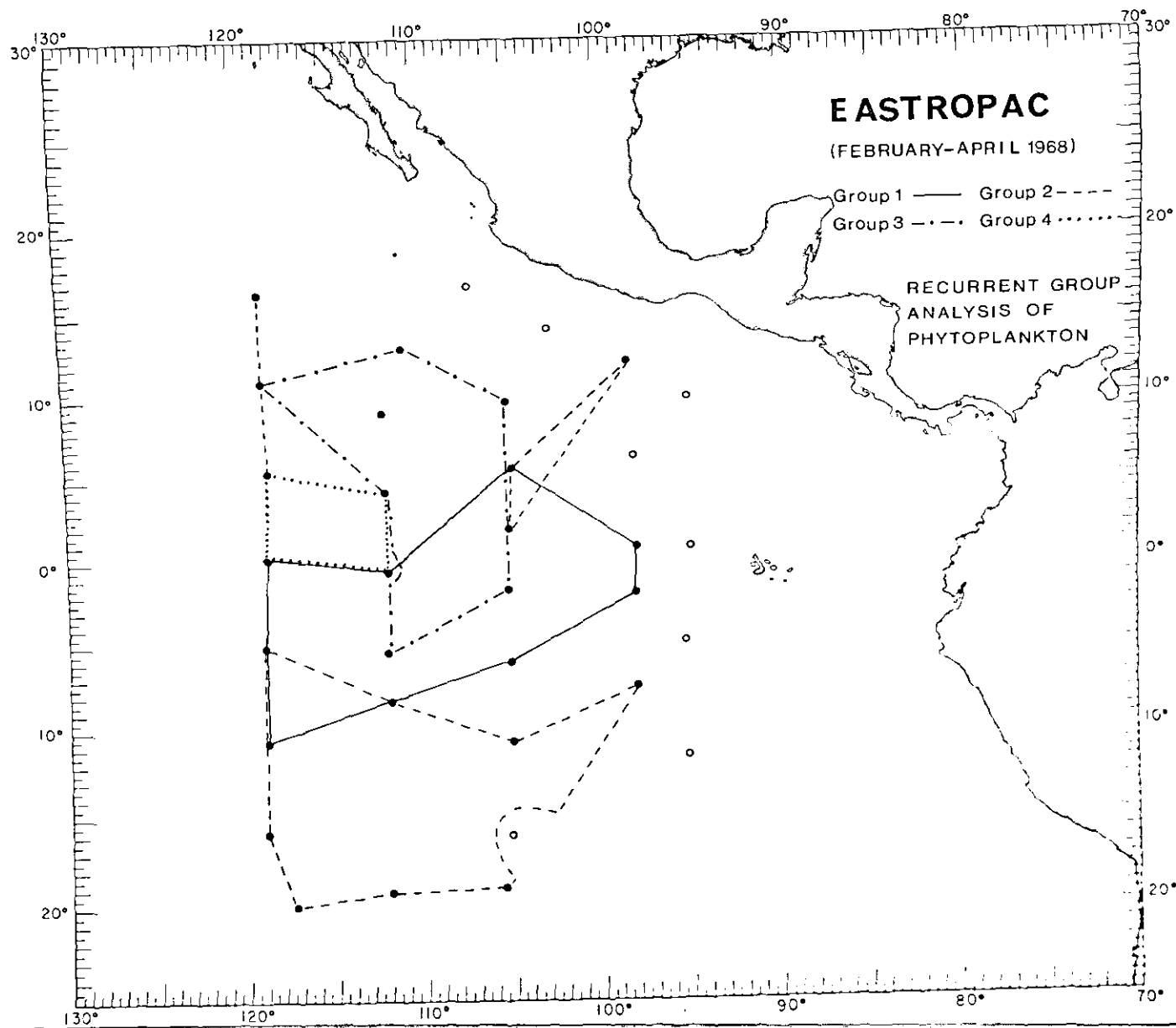


Abb. 36

Tabelle 9: Variationsbreite und Mittel von verschiedenen Umweltfaktoren und biologischen Parametern für drei Phytoplanktongruppen im östlichen tropischen Pazifik.

	Group 1			Group 2			Group 3				
	RANGE		AVERAGE	RANGE		AVERAGE	RANGE		AVERAGE		
TEMP.	23.12C	-- 25.84C	24.66C	TEMP.	24.33C	-- 26.53C	25.79C	TEMP.	26.38C	-- 26.90C	26.64C
SALINITY	34.81C	-- 35.51C	35.1C7	SALINITY	33.43C	-- 36.54C	35.115	SALINITY	33.88C	-- 34.17C	34.025
DENSITY	23.36C	-- 23.77C	23.54C	DENSITY	22.31C	-- 24.09C	23.2C5	DENSITY	21.93C	-- 22.31C	22.12C
NO3	6.40C	-- 7.80C	7.133	NO3	0	-- 7.20C	2.513	NO3	0	-- 0	0
SIC4	1.90C	-- 3.10C	2.50C	SIC4	.20C	-- 3.10C	1.237	SIC4	.60C	-- 1.40C	1.00C
NO2	.16C	-- .22C	.183	NO2	0	-- .17C	.059	NO2	0	-- 0	0
PO4	.74C	-- .86C	.787	PO4	.21C	-- .86C	.452	PO4	.23C	-- .26C	.245
O2	4.815	-- 4.931	4.885	O2	4.529	-- 6.314	4.973	O2	4.529	-- 4.704	4.617
CHL	.08C	-- .26C	.150	CHL	.04C	-- .11C	.075	CHL	.09C	-- .11C	.10C
PRCD	.80C	-- 11.50C	5.167	PRCD	.40C	-- 3.20C	1.525	PRCD	2.50C	-- 2.70C	2.60C
PL. NC.	.375	-- .946	.622	PL. NC.	.121	-- .542	.299	PL. NC.	.305	-- .484	.394
PL. VCL.	33.363	-- 314.922	173.949	PL. VCL.	8.127	-- 173.562	48.532	PL. VCL.	23.565	-- 63.998	43.781
PHYT.C	5.00C	-- 33.20C	17.167	PHYT.C	1.30C	-- 13.30C	5.075	PHYT.C	3.60C	-- 6.70C	5.15C

faktoren wie Temperatur, Salzgehalt und Dichte von der Oberfläche sowie von Nährstoffen von 10 m Wassertiefe und den Sauerstoff der Oberfläche an. Die 5 letzten Zeilen enthalten biologische Meßgrößen von der Oberfläche.

Auffällig ist, daß die Gruppe 1 bei einer mittleren Temperatur von 24.66°C vorkommt, während das Temperaturmittel im Verbreitungsgebiet von Gruppe 2 um 1°C und von Gruppe 3 um 2°C höher liegt. Die Nährstoffkonzentrationen sind bei Gruppe 1 am höchsten. Im Gebiet von Gruppe 3 war kein $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NO}_2\text{-N}$ in 10 m Tiefe vorhanden. Es ist wahrscheinlich, daß in diesem Gebiet der Stickstoff des hier in geringen Konzentrationen vorhandenen Ammoniaks ausgenutzt werden kann.

Das Gebiet 1 ist durch eine verhältnismäßig hohe Primärproduktion (Mittel 5.2 mgC/m^3) und durch einen hohen Gehalt an Phytoplanktonkohlenstoff (17.2 mg/m^3) gekennzeichnet. In Gebiet 2 und 3 ist die Primärproduktion nur etwa halb so groß, wohingegen die Phytoplanktonkohlenstoffwerte nur ein Drittel des Wertes von Gruppe 1 ausmachen.

4.2.5 Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll a - Verhältnis

Der Phytoplanktonkohlenstoff ist ein wichtiger Faktor für Modelle der Phytoplanktonproduktion (STEELE und MENZEL 1962). Die Bestimmung des Phytoplanktonkohlenstoffs über Phytoplanktonzählungen und ^{die} Berechnung des Zell- bzw. Plasmavolumens sind sehr langwierig und setzen taxonomische Kenntnisse des Phytoplanktons voraus. Ein weitaus einfacherer Weg ist die Bestimmung des Phytoplanktonkohlenstoffs über das Chlorophyll a. Chlorophyll a - Analysen lassen sich routinemäßig einfach durchführen. Ein großer Nachteil bei diesem Verfahren

ist jedoch, daß das Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll a - Verhältnis erheblichen Schwankungen unterworfen ist. EPPLEY (1968) stellt fest, daß das Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll a - Verhältnis in Kulturen von 10 bis 230 variieren kann.

STRICKLAND (1965) gibt folgende Werte an:

Chlorophyceae	25 - 40;	Chrysophyceae	75 - 110;
Bacillariophyceae	25 - 90;	Dinophyceae	65 - 80.

Diese Angaben gelten vor allem für Kulturen mit reichlich viel Stickstoff- und Phosphorkomponenten als Nährstoffe. Für natürliche Verhältnisse gibt STRICKLAND an: 65 für Coccolithophoriden, 25 für Diatomeen mit hoher Nährstoffkonzentration im Wasser und 65 für nährstoffärmere Gebiete.

Von den EASTROPAC - Phytoplanktonproben wurde der Phytoplanktonkohlenstoff aus dem Plasma- bzw. Zellvolumen errechnet und mit den Chlorophyll a - Analysen der gleichen Proben verglichen. Es ergab sich für 117 Wertepaare ein Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll a - Verhältnis von 67.1 : 1 (Standardabw. \pm 43.1).

Verhältnismäßig hohe Werte ergaben sich vor allem am Äquator, z.B. bei den Stationen 75/68 und 76/46.

HOLM - HANSEN (1969) untersuchte die Mikrobiomasse von Stationen im subtropischen Pazifik. Er benutzte den Faktor 100, um Chlorophyll in Phytoplanktonkohlenstoff umzurechnen. Diese Werte stimmten gut mit direkten Bestimmungen des Phytoplanktonkohlenstoffs überein.

STEELE und BAIRD (1961, 1962) bestimmten das Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll a -Verhältnis für natürliche Populationen, indem sie Regressionen zwischen Chlorophyll und dem gesamten partikulären Kohlenstoff ausrechneten. In Loch Nevis (Schottland) war das Verhältnis

im Sommer 74 : 1; geringere Werte wurden für das Frühjahr und den Herbst angenommen. In der nördlichen Nordsee wurde ein Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll a - Verhältnis von 23 : 1 während guter Wachstumsperioden im Frühjahr festgestellt. RYTHER und MENZEL (1965) leiten ein Verhältnis von 35:1 von gut wachsenden Kulturen ab. MENZEL und RYTHER (1964) errechneten ein höheres Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll a - Verhältnis von 50 : 1 von einer Regression partikulärer Kohlenstoff/Chlorophyll - Proben des Nord-Atlantik.

Unter besonderen Bedingungen kann in der Natur das Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll a - Verhältnis auch direkt vom partikulären Kohlenstoff abgeleitet werden. Ein Beispiel hierfür gibt LORENZEN (1968), der eine lokale Phytoplanktonblüte in einem "upwelling"-Gebiet vor Baja California untersuchte. Er fand ein Verhältnis von 40.5 : 1 (Variationsbreite 34 bis 64).

ZEITZSCHEL (1970 a) untersuchte Phytoplankton des Golfes von Kalifornien. Der errechnete Phytoplanktonkohlenstoff wurde mit den Chlorophyllwerten verglichen und ergab im Mittel ein Verhältnis von 37.8:1 (Standardabweichung ± 16.1) für natürliche, aus Diatomeen, Dinoflagellaten, Flagellaten und Coccolithophoriden bestehende Populationen.

Das von den EASTROPAC - Proben errechnete Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll a - Verhältnis ist verhältnismäßig hoch. Dies läßt sich z.T. dadurch erklären, daß viele Proben aus nährstoffarmen Gebieten stammen. Durch Kulturexperimente, z.B. von EPPLEY (1968), ist bewiesen worden, daß solche Proben ein höheres Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll a - Verhältnis aufweisen. Weiterhin ist bedeutsam, daß im Durchschnitt der Dinoflagellatenanteil am Gesamtphytoplankton sehr hoch war. Auf Kohlenstoffbasis umgerechnet machten die Dinoflagellaten 60.6% aus. Nach STRICKLAND (1965) liegt das Kohlenstoff/Chlorophyll - Verhältnis für Dinophyceae zwischen 65 und 80.

4.3. Beziehung Phytoplankton / Umwelt

Um Aussagen über die Phytoplanktonökologie machen zu können, ist es notwendig, das Plankton in Beziehung zur Umwelt zu sehen. In Abschnitt 3 wurden die meteorologischen und physikalisch-chemischen Verhältnisse im östlichen tropischen Pazifik kurz beschrieben. Abschnitt 4.2. gibt Aufschluß über den Bestand und die Zusammensetzung des Phytoplanktons. Im Folgenden soll versucht werden, das Phytoplankton zu seiner abiotischen Umwelt in Beziehung zu setzen.

Während der EASTROPAC - Expedition wurden alle physikalisch - chemischen und biologischen Parameter an den gleichen Stationen und in den gleichen Wassertiefen gemessen (s. Tabelle C im Anhang). Dies macht einen Vergleich dieser Faktoren relativ einfach.

Aus den Verbreitungskarten, zum Beispiel für die Primärproduktion, und den Karten und Schnitten für den Phytoplanktonbestand ist deutlich ersichtlich, daß hohe Raten bzw. Konzentrationen auf einige Gebiete des östlichen tropischen Pazifik beschränkt sind. Dieses sind Gebiete mit besonderen hydrographischen und somit chemischen Bedingungen. Im einzelnen sind dies der Golf von Tehuantepec (15°N , 94°W), der Costa Rica Dom (9°N , 89°W), der Golf von Panama, der Perustrom mit seinen Ausläufern und ein Gebiet entlang dem Äquator. In diesen Gebieten tritt verhältnismäßig kaltes, nährstoffreiches Wasser aus 100 - 200 m Tiefe an die Oberfläche und ermöglicht eine erhöhte Produktion. Licht ist in diesem tropischen Gebiet das ganze Jahr über limitierender Faktor. Es ist bisher nicht eindeutig nachgewiesen worden, ob das Auftreiben von nährstoffreichem

Wasser im Äquatorbereich des östlichen tropischen Pazifik jahreszeitlichen Schwankungen ausgesetzt ist. Die durchgeführten Varianzanalysen mit Werten für die Primärproduktion lassen jedoch vermuten, daß jahreszeitliche Schwankungen der Nährstoffkonzentrationen die gefundenen Unterschiede der Primärproduktion verursachen. Ohne Zweifel wird die Hydrographie in der oberen Wasserschicht bis etwa 200 m, die vor allem für biologische Fragestellungen wichtig ist, vom Windsystem wesentlich beeinflußt. Die Bemühungen, das Windsystem und die Oberflächentemperatur von Satelliten großräumig in kurzen Abständen aufzunehmen, wird sicherlich auch den biologischen Meereskundlern Möglichkeiten zur Erkennung von produktionsreichen Gebieten geben. Wenn es zusätzlich gelingen sollte, zum Beispiel die Chlorophyllkonzentration von Satelliten aufnehmen zu lassen, wäre eine ausgezeichnete Möglichkeit gegeben, unter anderem den Jahresgang der Primärproduktion in großen Ozean-Gebieten festzustellen. Diese Aussagen könnten von großem Nutzen für die Fischerei sein.

In Tabelle 10 sind die gemessenen Umweltparameter von 56 Stationen zusammengestellt. Daraus sind Korrelationskoeffizienten berechnet worden. Sie sind in Tabelle 11 im rechten Teil wiedergegeben. Im linken Teil ist der quadrierte Korrelationskoeffizient r^2 angegeben. Der quadrierte Korrelationskoeffizient für die Primärproduktion von der Oberfläche zur Primärproduktion integriert über die euphotische Zone ist zum Beispiel 0.659. Dies bedeutet, daß etwa 66 % der Varianz von y auf die lineare Regression mit x zurückgeführt werden kann, oder daß nur 34 % der Variation

Tabelle 10: Physikalische, chemische und biologische Parameter von 56 Stationen im östlichen tropischen Pazifik.

CR	STATEMP.	DENS.	NO3	SIO4	NO2	PO4	NH4	ZCML	SCHL	ICHL	IPHAS	SPHCI	PHCS	PRI	PR	ZCCPL	LIGHT
75	822.16	23.83	.0	.0	.20	.23	.19	8724	.03	7.0	7.0			.5	75.3	5294.8	
75	1625.80	22.19	.0	.7	.02	.22	.22	9536	.09	10.4	30.0			3.5	320.0	47242.1	
75	2926.26	22.18	.0	.4	.00	.26	.40	9037	.07	13.8	11.2			1.3	202.2	75173.4	
75	5225.22	22.86	2.3	2.2	.05	.49	.89	6647	.08	18.3	14.0			4.9	371.3	64318.0	
75	10626.18	23.51	5.8	1.7	.11	.60	.51	7347	.07	17.5	13.8			2.1	158.9	66123.1	
75	11426.62	23.93	.0	.1	.00	.24	.46	8735	.06	15.5	7.2			.8	111.7	5340.8	
75	12225.95	24.22	.0	.1	.00	.22	.50	9844	.02	3.6	.6			.2	44.4	11322.1	
75	13125.66	24.02	.1	.2	.00	.29	.40	6843	.08	17.3	10.0			.7	82.5	16315.4	
75	13525.58	24.05	.1	.8	.00	.34	.38	6631	.10	21.1	10.5			1.6	165.8	11350.2	
75	13925.46	23.71	3.2	1.6	.39	.58	.10	6030	.11	22.1	17.5			2.1	203.4	11364.4	
75	23727.61	20.46	.0	.9	.00	.00	.33	6300	.06	13.0	17.6			8.3	448.0	118206.2	
75	24527.78	21.73	.0	.0	.00	.19	.45	5315	.09	12.5	12.1			10.1	1612.0	136309.1	
75	25528.01	21.69	.0	.8	.00	.00	.50	8710	.05	11.6	15.4			5.3	700.3	302336.2	
76	1527.15	21.92	.0	1.9	.00	.24	.46	7535	.11	16.2	13.0			2.2	450.2	147286.9	
76	2526.52	21.14	.0	1.5	.00	.24	.45	7329	.08	11.2	13.6			4.4	262.6	189230.3	
76	3526.37	22.17	.0	3.8	.00	.23	.34	7031	.13	13.2	10.8			1.9	108.4	79181.4	
76	5325.46	22.35	2.1	3.1	.04	.35	.61	5844	.19	20.0	14.2			4.2	276.7	176294.7	
76	7125.82	22.85	7.7	3.8	.16	.75	.65	6000	.12	11.9	12.1			1.9	127.0	116291.4	
76	8325.24	23.31	7.0	2.9	.15	.71	.46	6635	.09	15.1	10.6			6.7	229.8	124336.8	
76	9124.80	24.01	4.7	2.6	.12	.63	.46	6623	.08	12.0	10.1			1.2	97.7	76332.8	
76	10424.38	24.34	.3	1.5	.00	.40	.57	5843	.06	11.1	8.1			1.2	82.0	18270.7	
76	13025.67	22.91	6.7	3.6	.14	.67	.68	5500	.09	15.0	16.4			3.2	248.9	91291.6	
76	14024.96	23.17	5.7	3.4	.13	.65	.46	4210	.21	14.2	14.7			1.5	181.4	173283.9	
76	17327.07	22.06	.0	3.1	.00	.24	1.09	6815	.09	16.1	16.1			.7	151.4	134304.9	
76	18626.87	21.83	.0	3.1	.00	.30	.45	6350	.14	11.8	10.5			.8	180.1	63176.7	
76	20226.80	21.86	.0	2.3	.00	.21	.62	6071	.12	18.0	20.4			.7	227.4	139328.4	
76	21725.02	22.68	.0	2.9	.00	.16	.70	10013	.06	11.9	20.3			2.6	227.2	78283.2	

CRISTEMP.DENS. NO3SIO4 NO2 PO4 NH4 ZCMLSCHLICHLIPHASPHCI.PHCS.PRI.PR ZCCPLLIGHT

75	1224.33	22.38	.0	.8	.00	.27	.33	10027	.04	8.9	4.2	2.0	249	.92	01.6	25307.6
75	2126.38	22.31	.0	.6	.00	.28	.29	7537	.09	15.2	15.6	6.8	221	2.53	24.9	82216.6
75	3626.53	22.51	.0	1.4	.00	.26	.40	8542	.07	16.3	12.8	1.3	269	.72	25.8	42155.9
75	6823.12	23.59	7.9	2.5	.20	.74	.49	37.2	.26	25.4	11.7	3.2	2198	11.55	71.0	147242.0
75	9025.02	23.36	6.2	3.1	.19	.69	.42	6049	.11	15.5	13.1	5.0	387	3.22	45.6	48355.2
75	10225.84	23.49	5.9	1.8	.29	.73	.38	6360	.08	18.7	13.1	13.3	478	.81	77.8	17250.7
75	11026.45	23.83	.1	.3	.00	.34	.49	7533	.08	16.7	9.2	4.7	383	1.42	05.1	44336.2
75	11826.41	24.09	.0	.1	.00	.19	.50	9544	.04	5.1	1.8	3.4	249	.4	85.7	22316.2
75	12725.65	24.19	.0	.0	.00	.26	.53	7543	.04	7.8	2.9	3.4	407	.1	70.3	5327.8
75	14325.36	23.67	2.0	1.6	.00	.49	.55	6342	.09	18.8	13.5	4.3	452	2.32	07.1	16349.5
75	19026.07	23.12	6.3	2.3	.33	.68	.19	5326	.13	18.5	17.9	11.3	564	3.42	07.0	66309.6
75	22922.16	23.96	6.0	3.7	.87	.72	.18	42.0	.10	14.2	17.9	12.1	624	8.33	05.1	136153.5
75	24127.44	21.77	.0	.6	.00	.15	.32	63.0	.10	14.1	14.4	9.9	581	6.15	86.9	102313.9
75	24928.54	21.70	.0	.3	.00	.22	.50	60.0	.08	15.1	19.0	5.4	463	5.65	32.4	80220.4
76	727.29	22.11	.0	1.8	.00	.26	.45	9323	.11	14.9	36.7	2.1	415	2.22	76.5	166263.4
76	2126.76	21.96	.0	3.1	.00	.30	.65	8540	.09	13.5	10.1	5.0	505	8.95	68.9	213131.1
76	2926.60	22.31	.0	3.2	.06	.23	.46	8329	.08	9.1	8.4	7.4	772	3.94	20.3	127235.7
76	4426.27	21.95	.0	3.6	.00	.24	.53	6326	.11	15.5	16.2	18.1	1052	2.11	27.6	120219.7
76	6225.11	22.90	4.7	5.0	.11	.27	.80	50.0	.18	22.0	16.0	14.1	723	6.65	22.5	215269.1
76	7925.53	22.16	6.3	3.5	.10	.62	.76	5534	.09	17.5	13.5	15.9	1000	3.02	66.8	45292.8
76	8725.05	23.71	6.8	1.6	.15	.69	1.10	6334	.04	5.7	4.8	37.7	955	2.01	41.5	201335.4
76	9624.66	24.19	.9	1.4	.01	.40	.53	6035	.09	15.0	10.5	7.4	792	1.61	25.2	56259.4
76	11224.39	24.48	.0	1.4	.01	.37	.34	6853	.04	7.6	5.4	5.7	400	.5	50.5	6309.3
76	12025.71	23.15	6.7	3.9	.14	.61	.45	6040	.08	10.9	10.8	24.1	1310	2.21	51.8	64317.3
76	15223.00	23.76	7.4	5.2	.21	.83	.54	45.0	.18	25.8	22.0	73.9	2012	6.94	44.0	236318.4
76	16426.87	21.88	.0	2.3	.00	.22	.49	5521	.15	24.4	23.4	11.2	972	1.82	29.3	106306.1
76	18026.70	22.00	.0	2.1	.00	.27	.47	5525	.21	15.5	13.4	6.1	652	1.72	54.7	132298.0
76	19426.86	21.77	.0	2.6	.00	.24	.39	5839	.16	15.9	17.7	3.6	386	2.71	92.4	132166.6
76	20925.96	22.06	.0	2.3	.00	.24	.78	8559	.09	13.2	14.4	3.5	956	.42	11.2	42229.2

Erklärungen zu Tabelle 10

CR	=	Fahrt
STA	=	Station
TEMP	=	Temperatur Oberfläche °C
DENS	=	Dichte Oberfläche δt
NO ₃	=	Nitrat $\mu\text{g-at/l}$, 10 m
SiO ₄	=	Silikat $\mu\text{g-at/l}$, 10 m
NO ₂	=	Nitrit $\mu\text{g-at/l}$, 10 m
PO ₄	=	Phosphat $\mu\text{g-at/l}$, 10 m
NH ₄	=	Ammoniak $\mu\text{g-at/l}$, 10 m
ZC	=	Tiefe der euphotischen Zone m
ML	=	Tiefe der durchmischten Oberschicht m
SCHL	=	Chlorophyll <u>a</u> Oberfläche mg/m^3
ICHL	=	Chlorophyll a integriert bis 150 m mg/m^2
IPHA	=	Phaeophytin integriert bis 150 m mg/m^2
SPHC	=	Phytoplanktonkohlenstoff Oberfläche mg/m^3
IPHC	=	Phytoplanktonkohlenstoff integriert über die euphotische Zone mg/m^2
SPR	=	Primärproduktion Oberfläche $\text{mg C/m}^3/\text{Tag}$
IPR	=	Primärproduktion integriert über die euphotische Zone $\text{mg C/m}^2/\text{Tag}$
ZOOPL	=	Zooplankton $\text{ml}/1000 \text{ m}^3$
LIGHT	=	Licht cal/cm^2

Tabelle 11 Matrix für den Korrelationskoeffizienten r (rechter Teil) und den quadrierten Wert von r (linker Teil) von 15 Parametern von 56 Stationen im östlichen tropischen Pazifik.

	Temperatur	Dichte	Nitrat	Silikat	Nitrit	Phosphat	Euphotische Zone	durchm. Obersch.	Chlorophyll Oberfl.	Chlorophyll integr. 0-150 m	Phaeophytin 0-150 m	Primärprod. Oberfl.	Primärprod. integr. 0-20 m	Zooplankton	Licht
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	-	- 0.651	- 0.476	- 0.266	- 0.574	- 0.571	0.234	0.066	- 0.096	- 0.053	0.196	- 0.038	0.292	0.164	- 0.142
2	0.424	-	0.340	- 0.110	0.348	0.503	- 0.066	0.223	- 0.189	- 0.066	- 0.458	- 0.287	- 0.523	- 0.467	0.371
3	0.227	0.116	-	0.562	0.646	0.921	- 0.560	- 0.232	0.326	0.300	0.040	0.281	0.008	0.180	0.172
4	0.071	0.012	0.316	-	0.336	0.487	- 0.496	- 0.254	0.558	0.368	0.288	0.230	0.087	0.451	- 0.166
5	0.329	0.121	0.417	0.113	-	0.657	- 0.425	- 0.241	0.156	0.194	0.116	0.279	- 0.008	0.049	- 0.030
6	0.326	0.253	0.848	0.237	0.432	-	- 0.544	- 0.046	0.285	0.307	- 0.021	0.124	- 0.176	- 0.009	0.174
7	0.055	0.004	0.314	0.246	0.181	0.296	-	0.338	- 0.651	- 0.555	- 0.145	- 0.399	- 0.176	- 0.272	- 0.111
8	0.004	0.050	0.054	0.065	0.058	0.002	0.114	-	- 0.362	- 0.222	- 0.296	- 0.569	- 0.491	- 0.503	- 0.038
9	0.009	0.036	0.106	0.311	0.024	0.081	0.424	0.131	-	0.670	0.387	0.350	0.288	0.440	- 0.012
10	0.003	0.004	0.090	0.135	0.038	0.094	0.308	0.049	0.449	-	0.484	0.310	0.304	0.198	0.086
11	0.038	0.210	0.002	0.083	0.013	0.0004	0.021	0.088	0.150	0.234	-	0.248	0.344	0.361	- 0.154
12	0.001	0.082	0.079	0.053	0.078	0.015	0.159	0.324	0.123	0.096	0.062	-	0.812	0.561	- 0.106
13	0.085	0.274	0.0006	0.008	0.00006	0.031	0.031	0.241	0.083	0.092	0.118	0.659	-	0.629	- 0.055
14	0.027	0.218	0.032	0.203	0.002	0.00008	0.074	0.253	0.194	0.039	0.130	0.315	0.396	-	- 0.146
15	0.020	0.138	0.030	0.028	0.0009	0.030	0.012	0.001	0.0001	0.007	0.024	0.011	0.003	0.021	-

der integrierten Primärproduktion nicht durch die Beziehung zur Oberflächenprimärproduktion erklärt werden kann.

Tabelle 11 ermöglicht einen guten Überblick über die Beziehungen zwischen den 15 gemessenen Veränderlichen. Um zu entscheiden, ob die Korrelationskoeffizienten signifikant sind, kann man die Tabelle von SNEDECOR und COCHRAN (1967) heranziehen. Es ergibt sich, daß bei 56 Stationen entsprechend 54 Freiheitsgraden der Wert 0.264 für das 95 % Niveau (*) und der Wert 0.342 für das 99 % Niveau (**) maßgebend sind. So ist zum Beispiel die Beziehung zwischen der Oberflächentemperatur und der integrierten Primärproduktion mit $r = 0.292$ signifikant auf dem 95 % Niveau, während die Beziehung zwischen der Tiefe der durchmischten Ober-schicht und der Oberflächenprimärproduktion mit $- 0.399$ signifikant auf dem 99 % Niveau ist. Mit Hilfe dieser Tabelle lassen sich also leicht die signifikanten Beziehungen zwischen den einzelnen Faktoren herausfinden. Wenn eine signifikante Beziehung besteht, ist es oft sinnvoll, eine einfache, lineare Regression davon zu berechnen. Will man die Abhängigkeit eines Faktors von mehreren anderen bestimmen, so bietet sich eine multiple Regression an. Von den EASTROPAC - Daten in Tabelle 10 wurden zahlreiche Regressionen berechnet. Beispiele zur Berechnung der Primärproduktion sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Tabelle 12: Einfache und multiple lineare Regressionen von Proben von 56 Stationen zur Bestimmung der Oberflächenprimärproduktion und der integrierten Primärproduktion. (n = 56)

Prod. Ob.	=	19.58 Chl.Ob.	-	1.09	(r = 0.350 **)
" "	=	0.02 Zoopl.	+	0.98	(r = 0.561 **)
" "	=	0.19 t	+	0.24 NO ₃	+ 15.26 Chl.Ob. + 0.01 Licht - 2.29 (r = 0.423 **)
" "	=	0.10 t	+	0.04 NO ₃	- 0.04 Euph. + 0.20 Zoopl. + 6.37 (r = 0.620 **)
" "	=	0.16 NO ₃	-	0.89 NH ₄	- 0.08 Obersch. + 5.44 (r = 0.593 **)
" "	=	0.15 NO ₃	-	2.65 NH ₄	+ 0.05 Obersch. + 0.02 Zoopl. + 3.77 (r = 0.688 **)
" "	=	- 0.04 Euph.	-	0.07 Obersch.	+ 7.96 (r = 0.610 **)
Prod. Int.	=	48.11 Prod. Ob.	+	110.83	(r = 0.812 **)
" "	=	10.15 Chl. Int.	+	107.19	(r = 0.304 *)
" "	=	43.06 t	+	3.57 NO ₃	- 4.48 Obersch. - 0.09 Licht - 707.92 (r = 0.592 **)
" "	=	- 6.42 NO ₃	-	0.53 Euph.	+ 972.84 Chl. Ob. + 209.28 (r = 0.304 *)

$$\begin{aligned} \text{Prod. Int.} &= 6.10 \text{ NO}_3 - 0.57 \text{ Euph.} + 955.56 \text{ Chl. Ob.} - 0.10 \text{ Licht} + 241.11 \quad (r = 0.307 \text{ *}) \\ \text{" " } &= - 3.98 \text{ Obersch.} + 421.12 \text{ Chl. Ob.} + 330.25 \quad (r = 0.505 \text{ **}) \\ \text{" " } &= 1.93 \text{ Chl. Int.} + 47.05 \text{ Chl. Ob.} + 85.8 \quad (r = 0.813 \text{ **}) \end{aligned}$$

Prod. Ob. = Primärproduktion Oberfläche $\text{mgC/m}^3/\text{Tag}$
 Prod. Int. = Primärproduktion integriert über die euphotische Zone $\text{mgC/m}^2/\text{Tag}$
 Chl. Ob. = Chlorophyll a Oberfläche (mg/m^3)
 Chl. Int. = Chlorophyll a integriert 0 - 150 m (mg/m^2)
 Zoopl. = Zooplankton (0-200 m Schräghaul) Verdrängungsvolumen (ml/m^3)
 t = Temperatur $^{\circ}\text{C}$
 NO_3 = Nitrat $\mu\text{g} - \text{at/l}$
 Licht = Totalstrahlung 1/2 Tag (cal/cm^2)
 Euph. = Tiefe der Euphotischen Zone (m)
 NH_4 = Ammoniak ($\mu\text{g} - \text{at/l}$)
 Obersch. = Tiefe der durchmischten Oberschicht (m)

* = signifikant auf dem 95% Niveau
 ** = signifikant auf dem 99% Niveau.

Für die Berechnung der Primärproduktion eignen sich vor allem die Nährstoffkonzentrationen sowie die Tiefe der euphotischen Zone und die Tiefe der durchmischten Oberschicht. Eine Kombination von diesen Faktoren mit Daten des Bestandes an Plankton ergab sehr gute Korrelationskoeffizienten.

Es ist also möglich, von den im östlichen tropischen Pazifik gewonnenen physikalisch-chemischen Daten biologische Werte abzuleiten. Dies ist vor allem für großräumige Aufnahmen sehr wichtig. Die Bestimmung der Primärproduktion ist verhältnismäßig aufwendig und kostet vor allem für in situ - Messungen viel Schiffszeit. Stehen die physikalisch-chemischen Daten sowie einige biologische Parameter zur Verfügung, so ist das Berechnen, z.B. der Primärproduktion, sicherlich sinnvoll. Man sollte sich jedoch im klaren sein, daß die hier errechneten Gleichungen nur für den östlichen tropischen Pazifik gelten und nicht ohne weiteres verallgemeinert werden können.

Eine andere Möglichkeit, biologische Vorgänge im Ozean zu erfassen, ist die Bildung von Modellen. Eine umfangreiche Zusammenfassung der bestehenden Modelle über die Planktonproduktion ist von PATTEN (1968) gegeben.

RILEY (1965) veröffentlichte ein mathematisches Modell der regionalen Phytoplanktonverbreitung. RILEY nimmt an, daß die Rate des Wechsels der Phytoplanktonpopulation in Bezug auf die Zeit von der Differenz zwischen der Produktion und den summierten Verlusten durch Weggefressenwerden, Sinken und vertikale Vermischung abhängt. RILEY drückt diese Hypothese in folgender Formel aus:

$$\frac{dP}{dt} = P(\text{Pr} - g h - \frac{V}{L} - m) \quad (1)$$

wobei

P = Konzentration von Phytoplankton in der oberen Wasserschicht (gC/m^3),

Pr = Mittlerer Koeffizient der Nettophytoplanktonproduktion in der oberen Schicht,

g = grazing - Koeffizient des herbivoren Zooplanktons,

- h = Zooplanktonpopulation (gC/m^3),
 V = Mittlere Sinkgeschwindigkeit des Phytoplanktonbestandes (m/Tag),
 L = Tiefe der oberen Schicht (m),
 $\frac{V}{L}$ = Teil des Phytoplanktons, welches während eines Tages aus der euphotischen Schicht durch Sinken verloren geht,
 m = Austauschkoefizient der unteren und oberen Schicht.

Für dieses wie auch für andere Modelle müssen eine Reihe von Annahmen gemacht werden. Diese Annahmen lassen sich zum Teil durch die Daten von Expeditionen rechtfertigen. Zum anderen ist es oft notwendig, Ergebnisse von Experimenten im Laboratorium heranzuziehen. Einige Voraussetzungen bei Modellen sind oft theoretischer Natur. Sie sollten von Wissenschaftlern als Anregung aufgefaßt werden, die in der Natur oder im Experiment fehlenden Mosaiksteine für ein Modell durch Messungen zu finden.

Das von RILEY entwickelte Modell stützt sich auf ein altes Modell von STEELE (1958, 1961). Verändert wurde: a) die Tiefe der euphotischen Zone wechselt mit der Chlorophyllkonzentration und ist nicht von vornherein festgelegt, b) das Kohlenstoff/Chlorophyll - Verhältnis nimmt zu bei abnehmender Nährstoffkonzentration. Das Modell setzt ein "steady - state" - System im Sommer voraus, d.h. daß vom späten Frühjahr bis zum frühen Herbst sich die Phytoplanktonproduktion und das "grazing" von Zooplankton in einem dynamischen Gleichgewicht befinden.

Das Modell setzt zwei Wasserschichten voraus, die beide gleichmäßig durchmischt sind, und einen Austauschkoefizienten zwischen den beiden Schichten. Der Austauschkoefizient m gibt an, wieviel Wasser der Oberschicht pro Tag in die untere Schicht absinkt und durch Wasser aus der unteren Schicht ergänzt wird. Die Phytoplanktonpro-

duktion findet nur in der Oberschicht statt und wird als nahezu konstant angesehen. Dementsprechend wird angenommen, daß sich die Nährstoffkonzentration in der unteren Schicht nicht durch den Austausch von Wasser mit der Oberschicht ändert. Die Produktion von Phytoplankton ist also angewiesen auf den Austausch von nährstoffreichem Wasser der Unterschicht mit der lichtdurchfluteten Oberschicht.

Modelle der Phytoplanktodynamik sind vor allem von einem richtigen Produktionskoeffizienten abhängig. Die Photosynthese per Einheit Chlorophyll wechselt wahrscheinlich nur geringfügig, sicherlich weniger als um einen Faktor 2, für alle im Ozean beobachteten Nährstoffkonzentrationen. Dagegen ist das Kohlenstoff/Chlorophyll - Verhältnis, wie schon in Abschnitt 4.2.5. diskutiert, sehr wechselhaft und abhängig von der Nährstoffkonzentration und der Zusammensetzung des Phytoplanktons.

Wahrscheinlich ist in vielen Seegebieten nicht das Phosphat sondern das Nitrat ein limitierender Faktor. Dies trifft sicherlich für den Pazifik zu. Ungewiss ist jedoch, in welchem Maße Phytoplanktonorganismen den Stickstoff des Ammoniaks ausnutzen können. Die Messungen während der EASTROPAC-Expedition scheinen zu bestätigen, daß in nitratarmen Gebieten Ammoniak bei der Stickstoffversorgung eine große Rolle spielt (THOMAS, persönliche Mitteilung). Auf jeden Fall ist die Beziehung zwischen Phosphat und Nitrat im östlichen tropischen Pazifik hoch signifikant (s. Tabelle 11), sodaß man ähnlich wie STEELE (1961) und RILEY (1965) Phosphat als Hauptnährstoffquelle benutzen kann. STEELE (1961) nimmt an, daß bei einer $\bar{\tau}$ konstanten Totalstrahlung an der Oberfläche (wie es für das EASTROPAC-Gebiet ebenfalls gegeben ist) der mittlere photosynthetische Koeffizient einem Wert

von 0.3 in der euphotischen Zone entspricht, wenn das Phosphat nicht limitierend ist. STEELE benutzt einen Respirationskoeffizienten von 0.035. Nimmt man diesen Wert, so erhält man einen Nettoproduktionskoeffizienten (Pr) von 0.265. Dieser Koeffizient verkleinert sich ständig, wenn die Nährstoffkonzentration abnimmt. Man setzt also voraus, daß die Nettoproduktion pro Einheit Kohlenstoff gleich null ist, wenn kein Phosphat vorhanden ist, und daß die Photosynthese pro Einheit Chlorophyll um die Hälfte reduziert wird. Diese Voraussetzungen sind erfüllt, wenn das Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll - Verhältnis von 30 : 1 bei 0.40 μg - at Phosphat/l auf etwa 130 bei 0 μg - at Phosphat/l ansteigt. Die Phytoplanktonzählungen der EASTROPAC - Proben bestätigen diese Annahme nicht vollständig. Im Äquatorgebiet mit hohen Nährstoffkonzentrationen wurden verhältnismäßig hohe Phytoplanktonkohlenstoff / Chlorophyll - Verhältnisse errechnet, während die C/Chl.-Werte in den nährstoffarmen Gebieten (s. Abb. 13-15) oft kleiner als 50 waren. Als Mittelwert ergab sich ein Wert von 67 (SD \pm 43.1) für 117 EASTROPAC - Proben.

In seinem Modell benutzt RILEY (1965) den von STEELE (1961) vorgeschlagenen Wert von 3m/Tag für das Absinken des Phytoplanktons, welches in der oben gegebenen Formel dem Faktor V entspricht. Die Absinkrate ist von der Viskosität des Wassers abhängig. Für das EASTROPAC - Gebiet muß man sicherlich mit einem V = 6 m/Tag rechnen, da die Viskosität bei höheren Wassertemperaturen geringer ist.

Der Faktor L gibt die Tiefe der euphotischen Zone an. RILEY leitet den Wert für L vom Extinktionskoeffizienten und dem Chlorophyllgehalt des Wassers ab. Während der EASTROPAC-Expedition wurde die Tiefe der euphotischen Zone durch Secchischeibenmessungen direkt gemessen (s. Abb. 22).

Ein recht unsicherer Faktor in dem Modell von RILEY ist der "grazing"-Koeffizient g . STEELE (1961) nimmt an, daß $g = 3.4$ ist, d.h., daß 3.4 l Wasser pro Tag von herbivorem Zooplankton (Einheit $1gC/m^3$) filtriert werden und das darin befindliche Phytoplankton gefressen wird. Dieser Wert wird als gleich in der gesamten euphotischen Zone angesehen. Um den limitierenden Nährstoff in der euphotischen Zone zu berechnen, benutzt RILEY (1965) die Gleichung:

$$\frac{dp}{dt} = cP (egh - Pr) + m (p_0 - p) \quad (2)$$

Diese Gleichung gibt die biologischen Veränderungen in der euphotischen Zone wieder und den Durchmischungseffekt zwischen p und der darunterliegenden Konzentration p_0 . Der Umrechnungsfaktor C zwischen $\mu g - at P/l$ und $g Kohlenstoff/m^3$ ist mit 0.774 angenommen. Der Wechsel des Phosphats durch die Phytoplanktonproduktion ist dann $-C \cdot P \cdot Pr$. STEELE (1961) benutzt diesen Faktor. Er vernachlässigt jedoch die Tatsache des tierischen Metabolismus, der von RILEY in der obigen Gleichung berücksichtigt ist. In dieser Gleichung ist ghP der Gesamtkohlenstoff, der vom herbivoren Zooplankton verbraucht wird. Die Phosphorkonzentration der Nahrung ist $cghP$. Nimmt man an, daß der Wachstumskoeffizient ungefähr 15% ist und daß der überbleibende Phosphor in löslicher Form wieder ausgeschieden wird, kann man weiterhin schließen, daß der Regenerationskoeffizient e gleich 0.85 ist. Die Gesamtregeneration ist dann $c \cdot e \cdot g \cdot h \cdot P = 2,2 h \cdot P$.

Eine allgemeine Gleichung für den Wechsel der herbivoren Zooplanktonpopulation, abgeleitet von Gleichung 1, ist:

$$\frac{dh}{dt} = h(gP - r_h - fC) \quad (3)$$

wobei gP die Aufnahme von Nahrung ist, r_h steht für die Atmungsbedürfnisse der Herbivoren und f ist der

Freßkoeffizient des carnivoren Zooplanktons C.

STEELE (1961) hat eine entsprechende Gleichung aufgestellt:

$$\frac{dH}{dt} = 4 P - 0.01 H^2 \quad (4).$$

Hier entspricht H dem gesamten Bestand an Herbivoren unter 1 m² Seeoberfläche. Nach RILEY (1965) kann man diese Formel als erste Annäherung benutzen.

Die abgeleitete Beziehung zwischen Carnivoren und Herbivoren ermöglicht es, das herbivore Zooplankton mit dem Phytoplankton in Beziehung zu setzen.

In der Gleichung 3 in einem "steady state"-System ist

$$p = \frac{r_h + fC}{g},$$

dies kann man umformen, indem man Gleichung 4 benutzt, zu:

$$p = \frac{0.05 + 0.005 (140h)^2}{3.4} \quad (5)$$

mit fast den gleichen zahlenmäßigen Ergebnissen.

Eine Einschränkung ist, daß das P:h - Verhältnis regional wechselt. Dieser Wechsel mag davon herrühren, daß ein "nonsteady state"-System vorherrscht, oder daß ein oder mehrere physiologische Koeffizienten sich ändern.

Die Ergebnisse sind wesentlich von der Größe des Freßkoeffizienten f abhängig. Außerdem kann das Zooplankton sich physiologisch auf sehr wenig Nahrung einstellen. Die Ausnutzung von Detritus als eventuelle Nahrungsquelle des Zooplanktons ist in der oben genannten Formel ebenfalls nicht berücksichtigt. Dieser Faktor ist z.Zt. noch sehr schwer abzuschätzen.

Die erste Gleichung kann man für ein "steady state"-System umformen zu:

$$h + \frac{v}{gL} = \frac{Pr - m}{g}$$

Entspricht $g = 3.4$ und die Phosphatkonzentration der euphotischen Zone ist gleich oder größer als 0.4μ - at.P/l, so ist:

$$h + \frac{0.29 v}{L} = 0.078 - 0.29 m \quad (6)$$

Von der 2. Gleichung abgeleitet erhält man dann

$$p = \frac{m p_0 + P (2.2 h - 0.205)}{m} \quad (7)$$

Für jeden möglichen Wert von v und m gibt die Gleichung 6 eine Lösung für $h + 0.29 v/L$, wobei h einfach zu bestimmen ist, wenn ein sehr guter Wert für L gefunden worden ist. Die Gleichung 5 gibt eine Beziehung zwischen h und P , und für jeden Wert von P kann ein entsprechender Wert für die Chlorophyllkonzentration und die Tiefe der oberen Schicht L errechnet werden.

"Steady-state"-Werte für h und P gelten für die Gleichungen 5 und 6 und können in Gleichung 7 benutzt werden, um p zu bestimmen. Ist p kleiner als 0.4, sind die entsprechenden Gleichungen wie folgt:

$$h + \frac{0.29 v}{L} = 0.195 p - 0.29 m \quad (8)$$

und

$$P = \frac{m (p_0 - p)}{0.51p - 2.2 h} \quad (9)$$

Auf Grund von theoretischen Überlegungen ist es RILEY (1965) gelungen, h und p Werte zu finden, die für die Gleichungen 5, 8 und 9 gelten.

Das von RILEY (1965) vorgeschlagene Modell der regionalen Verteilung von Plankton läßt sich mit gewissen Veränderungen für den östlichen tropischen Pazifik anwenden.

Die während der EASTROPAC-Expedition gesammelten Daten geben hierzu eine gute Möglichkeit.

In Tabelle 13 ist ein Vergleich angestellt zwischen den gemessenen EASTROPAC-Daten und den Werten, die nach dem Modell von RILEY (1965) errechnet wurden.

Tabelle 13: Vergleich von gemessenen und errechneten Werten von EASTROPAC-Daten.

gemessen:

Chlorophyll <u>a</u> (mg/m ³)	Mittel: 0.13
	Variationsbreite: 0.03 - 0.48
Phytoplankton (mgC/m ³)	Mittel: 11.2
Zooplankton (ml/1000 m ³)	Mittel: 92.2 ± 4.6 mg C/m ³

errechnet:

		phyto C=10	p. C=50	p.C=100
Chlorophyll <u>a</u> (mg/m ³)	C/Chl = 30	0.33	1.7	3.3
	C/Chl = 50	<u>0.20</u>	1.0	2.0
	C/Chl = 100	0.10	0.5	1.0
Phytoplankton (mg C/m ³)	p ₀ = 2.0	p ₀ = 1.5		
	p = 0.3	p = 0.4		
m = 0.0005	15	5		
m = 0.001	33	<u>11</u>		
m = 0.005	164	53		
m = 0.02	656	214		
m = 0.06	1969	642		
Zooplankton (mg C/m ³)	<u>4.6</u>			

Die gemessene mittlere Chlorophyll Konzentration in der euphotischen Zone von 140 Proben der EASTROPAC-Expedition beträgt 0.13 mg/m³. Die errechneten Werte sind vor allem abhängig von dem Phytoplanktonkohlenstoff / Chlo-

rophyll - Verhältnis und der Menge an Phytoplanktonkohlenstoff. Benutzt man eine Phytoplanktonkohlenstoff-Konzentration von 10 mg/m^3 , welche dem gemessenen Wert von 11.2 mg/m^3 nahe kommt, so erhält man bei einem C/Chl - Verhältnis von 50 einen Chlorophyllwert von 0.20; benutzt man ein C/Chl - Verhältnis von 100, so ergibt sich eine Chlorophyllkonzentration von 0.10 mg/m^3 . Der Mittelwert der gemessenen Chlorophyllwerte liegt etwa dazwischen.

Die errechneten Phytoplanktonkohlenstoff-Werte sind vor allem abhängig von dem Durchmischungskoeffizienten m und der Nährstoffkonzentration in der Oberschicht und Unterschicht. In Tab. 13 sind Beispiele für verschiedene Durchmischungskoeffizienten und zwei verschiedene Phosphatkonzentrationen für die Ober- bzw. Unterschicht gegeben. Die beste Übereinstimmung mit den beobachteten Werten ergibt sich bei $m = 0.001$ und $p_o - p = 1.1 \text{ } \mu\text{g -at P/l}$.

Die Berechnung des Zooplanktons wurde nach der Formel 6 durchgeführt. Es wurde eine Absinkgeschwindigkeit von 6 m/Tag und eine Mächtigkeit der durchmischten Schicht von 100 m angenommen. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich eine vollständige Übereinstimmung mit den beobachteten Werten.

Die aufgeführten Beispiele sollen nur kurz die Möglichkeiten aufzeigen, wie man ein Modell anwenden kann. Sicherlich sind alle Modelle mit erheblichen Mängeln behaftet. So berücksichtigt das Modell von RILEY (1965) nur den "steady-state"-Zustand. Im EASTROPAC - Gebiet muß man jedoch damit rechnen, daß besonders in den Auftriebsgebieten ein "nonsteady-state" - Zustand herrscht, d.h. daß kein dynamisches Gleichgewicht zwischen dem Phyto- und Zooplankton besteht. Es ist nicht sehr schwie-

rig, diesen Zustand im Modell zu berücksichtigen. Voraussetzung dafür wäre jedoch, daß man über den physikalischen Vorgang des "upwelling" genaue Meßdaten zur Verfügung hätte. Wenn durch das "upwelling" eine größere Menge nährstoffreichen Wassers in die Oberschicht gebracht wird, würde die Phytoplanktonpopulation sicherlich durch diesen "Verdünnungsprozeß" verringert; das überschüssige Wasser würde durch Horizontaltransport abgeleitet. Dadurch wird der vertikale Durchmischungskoeffizient vergrößert, und die Aufwärtsbewegung des Wassers würde die Absinkrate des Phytoplanktons verringern. Eine weitere Verbesserung des Modells könnte erreicht werden, wenn man die Bedeutung des Detritus in der Nahrungskette berücksichtigen würde. Es ist vom Autor der vorliegenden Habilitationsschrift geplant, einen Versuch zu unternehmen, das bestehende Modell von RILEY (1965) vor allem mit den beiden oben genannten Vorschlägen zu verbessern.

5. Zusammenfassung

Die großräumige Erforschung der biologischen Vorgänge in tropischen Ozeanen ist bisher sehr vernachlässigt worden. In der vorliegenden Arbeit wird versucht, detaillierte Aussagen über die Primärproduktion und die Phytoplanktonökologie des östlichen tropischen Pazifik zu machen. Hierzu werden Daten der EASTROPAC-Expedition 1967/68 herangezogen. Der östliche tropische Pazifik ist definiert als ein Gebiet zwischen 20°N und 20°S sowie von 120°W bis zum amerikanischen Kontinent.

- 5.1. Die regionale Verbreitung der Rate der Primärproduktion ist für den Zeitraum Februar-April 1968 dargestellt. Gebiete mit hohen Produktionsraten zwischen 500 und 700 $\text{mg C/m}^2/\text{Tag}$ befinden sich in Regionen mit auftreibendem, kaltem, nährstoffreichem Wasser, z.B. im Golf von Tehuantepec (15°N , 94°W), im Bereich des Costa Rica Domes (9°N , 89°W), im Golf von Panama, im Bereich des Perustromes und in begrenzten Gebieten am Äquator bei etwa 105°W und 119°W .
- 5.2. Von den integrierten Primärproduktionswerten aus sechs verschiedenen Jahreszeiten wurde eine 3-fache Varianzanalyse durchgeführt, um jahreszeitliche Abhängigkeiten zu prüfen. Der Einfluß der Zeit und der geographischen Länge auf die Rate der Primärproduktion erwies sich als signifikant auf dem 99 % Niveau. Die Mittelwerte des jahreszeitlichen Ablaufs der Primärproduktion für ein Gebiet von etwa 2,5 Mill. Quadratseemeilen schwankte zwischen 127 und 318 $\text{mg C/m}^2/\text{Tag}$. Das Mittel aller Werte zu den sechs verschiedenen Jahreszeiten betrug 205 $\text{mg C/m}^2/\text{Tag}$, entsprechend 75 $\text{g C/m}^2/\text{Jahr}$.
- 5.3. Analysen des Chlorophyllgehalts von Wasserproben wurden dazu benutzt, den Bestand an Phytoplankton festzustellen. In der horizontalen Verbreitung der Oberflächenwerte und

der integrierten Chlorophyllwerte zeigen sich sehr ähnliche Verbreitungscharakteristika wie bei den Primärproduktionswerten.

5.4. Eine dreifache Varianzanalyse von log-transformierten Chlorophyllwerten ergab hochsignifikante Einflüsse der Zeit, der geographischen Breite und der geographischen Länge. Es bestand weiterhin eine hochsignifikante Beziehung zwischen der Zeit und der geographischen Länge und zwischen der geographischen Länge und der geographischen Breite. Das Maximum der Chlorophyllkonzentration bei den vier untersuchten Längengraden 119°W , 112°W , 105°W und 98°W tritt im April bis September ein, das Minimum in der Zeit von Oktober bis Januar. Es ergaben sich keine signifikanten Neben-Maxima oder -Minima wie bei der Primärproduktion. Bei den untransformierten Werten ist das Verhältnis von Maximum zu Minimum < 2 .

5.5. Die Zusammensetzung des Phytoplanktons wurde durch mikroskopische Zählungen ermittelt. Zahlenmäßig machten die nackten Flagellaten mit 79.8% im Mittel den größten Anteil aus. Diatomeen waren nur mit 1,8 %, Dinoflagellaten mit 14.8 % und Coccolithophoriden mit 3.6 % vertreten.

Auf Kohlenstoffbasis berechnet tragen die sehr häufigen Flagellaten durch ihre Kleinheit im Mittel nur 10,5 % zum Gesamtphytoplanktonkohlenstoff bei. Diatomeen ergeben 23 %, Dinoflagellaten 60.6 % und Coccolithophoriden 5.1 % des Phytoplanktonkohlenstoffs.

5.6. Von den Phytoplanktonzählungen von 30 Stationen wurde eine Recurrent-Group-Analyse durchgeführt. Von den 121 untersuchten Arten ließen sich 12 Gruppen bilden, die zum Teil in charakteristischen Verbreitungsgebieten mit spezifischen Umweltbedingungen vorkommen.

5.7. Der vom Zellvolumen bzw. Plasmavolumen abgeleitete Phytoplanktonkohlenstoff wurde mit den gemessenen Chlorophyll-a-Werten verglichen. Im Mittel ergab sich ein C/Chl-Verhältnis von 67.1 : 1 (Standardabweichung \pm 43.1). Entgegen den Erwartungen ergaben sich hohe Verhältnis-zahlen für den Äquator, während in den oligotrophen Gebieten im nördlichen und südlichen Teil des östlichen tropischen Pazifik niedrige Werte errechnet wurden.

5.8. Es wurde versucht, das Phytoplankton in Beziehung zu seiner Umwelt zu setzen.

Aus den Verbreitungskarten, zum Beispiel für die Primärproduktion, und den Karten und Schnitten für den Phytoplanktonbestand ist deutlich ersichtlich, daß hohe Raten bzw. Konzentrationen auf einige Gebiete des östlichen tropischen Pazifik beschränkt sind. Dieses sind Gebiete mit besonderen hydrographischen und somit chemischen Bedingungen. Im einzelnen sind dies der Golf von Tehuantepec (15°N , 94°W), der Costa Rica Dom (9°N , 89°W), der Golf von Panama, der Perustrom mit seinen Ausläufern und ein Gebiet am Äquator von $105 - 119^{\circ}\text{W}$. In diesen Gebieten tritt verhältnismäßig kaltes, nährstoffreiches Wasser aus 100-200 m Tiefe an die Oberfläche und ermöglicht eine erhöhte Primärproduktion.

5.9. Von den gemessenen physikalischen, chemischen und biologischen Parametern wurden Korrelationen sowie einfache und multiple Regressionen berechnet. Für die Berechnung der Primärproduktion eignen sich vor allem die Nährstoffkonzentrationen sowie die Tiefe der euphotischen Zone und die Tiefe der durchmischten Oberschicht. Eine Kombination von diesen Faktoren mit Daten des Bestandes an Plankton ergab gute Korrelationen.

5.10. Ein von RILEY (1965) entwickeltes Modell der regionalen Phytoplanktonverteilung wird diskutiert. Die nach dem Modell von RILEY errechneten Werte für den östlichen tropischen Pazifik stimmen sehr gut mit den beobachteten Daten überein.

5. Literatur

- ARMSTRONG, F. A. J., STEARNS, C. R. und STRICKLAND, J. D. H. 1957: The measurement of upwelling and subsequent biological processes by means of the Technicon Autoanalyzer and associated equipment. *Deep-Sea Res.* 14, 381-389.
- BEERS, J. R., STEVEN, D. M. und LEWIS, J. B. 1968: Primary productivity in the Caribbean Sea off Jamaica and the tropical north Atlantic off Barbados. *Bull. mar. Sci.* 18, 86-104.
- BENNETT, E. B. und SCHAEFER, M. B. 1960: Studies of physical, chemical and biological oceanography in the vicinity of the Revilla Gigedo Islands during the "Island Current Survey" of 1957. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.* 4 (5), 219-317.
- BENNETT, E. B. 1966: Monthly charts of surface salinity in the eastern tropical Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.* 11 (1), 44 p.
- BLACKBURN, M. 1962: An oceanographic study of the Gulf of Tehuantepec. U.S. Fish Wildl. Serv. Fish. Spec. Scient. Rep. 404, 28 p.
- BLACKBURN, M. und ASSOCIATES 1962: Tuna oceanography in the eastern tropical Pacific. U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish. 409, 48 p.
- BLACKBURN, M., GRIFFITHS, R. C., HOLMES, R. W. und THOMAS, W. H. 1962: Physical, chemical and biological observations in the eastern tropical Pacific Ocean: Three cruises to the Gulf of Tehuantepec, 1958-1959. U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish. 420, 170 p.
- BLACKBURN, M. 1966. Biological Oceanography of the eastern tropical Pacific: Summary of existing information. U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish. 540, 18 p.
- BLACKBURN, M., LAURS, R. M., OWEN, R. W. und ZEITZSCHEL, B. 1970: Seasonal and areal changes in standing stocks of phytoplankton, zooplankton and micronekton in the eastern tropical Pacific. *Mar. Biol.* 7 (1), 14-31.
- BRITISH METEOROLOGICAL OFFICE 1956: Monthly meteorological charts of the eastern Pacific Ocean. M.O. 518. London, Her Majesty's Stationery Office 122 p.
- BROENKOW, W. W. 1965: The distribution of nutrients in the Costa Rica Dome in the eastern tropical Pacific. *Limnol. Oceanogr.* 10, 40-52.
- CROMWELL, T. 1958: Thermocline topography, horizontal currents and "ridging" in the eastern tropical Pacific. *Inter.-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.* 3, 135-164.
- CUPP, E. E. 1943: Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* 5 (1), 238 p.
- CUSHING, D. H. 1959: The seasonal variation in oceanic production as a problem in population dynamics. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer* 24, 455-464.
- DESROSIERES, R. 1969: Surface macrophytoplankton of the Pacific Ocean along the Equator. *Limnol. Oceanogr.* 14 (4), 626-632.
- DIXON, W. S. (Ed.) 1965: BMD Biomedical computer programs. 620 p. Univ. Calif., Los Angeles, School of Medicine, Health Sci. Computing Facility.

- DOTY, M. S., JITTS, H. R., KOBLENTZ-MISHKE, O. J. und SATO, Y. 1965: Intercalibration of marine plankton primary productivity techniques. *Limnol. Oceanogr.* 10, 282-286.
- EPPLEY, R. W. 1968: An incubation method for estimating the carbon content of phytoplankton in natural samples. *Limnol. Oceanogr.* 13, 574-582.
- FAGER, E. W. 1957: Determination and analysis of recurrent groups. *Ecology* 38 (4), 586-595.
- FAGER, E. W. und MCGOWAN, J. A. 1963: Zooplankton species groups in the north Pacific. *Science*, 140, 453-460.
- FORSBERGH, E. D. und JOSEPH, J. 1964: Biological production in the eastern Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, Bull. 8 (9), 479-527.
- FORSBERGH, E. D. und BROENKOW, W. W. 1965: Oceanographic observations from the eastern Pacific Ocean collected by the R/V Shoyo Maru, October 1963 - March 1964. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, Bull. 10 (2), 85-237.
- GRAHAM, H. W. 1942: Studies in the morphology, taxonomy, and ecology of the Peridinales. *Sci. Res. 7 Carnegie, Biol.* 3, 129 p.
- GRAHAM, H. W. und BRONIKOVSKI, N. 1944: The genus *Ceratium* in the Pacific and North Atlantik oceans. *Publ. Carneg. Instn.* 565, 209 p.
- GRIFFITHS, R. C. 1963: Physical, chemical, and biological oceanography of the entrance to the Gulf of California, spring of 1960. *Spec. scient. Rep. U.S. Fish. Wildl. Serv. Fish.* 573, 47 p.
- GUNTHER, E. R. 1936: A report on oceanographical investigations in the Peru Coastal Current. *Discovery Rep.* 13, 107-276.
- HASLE, G. R., 1959: A quantitative study of phytoplankton from the equatorial Pacific. *Deep-Sea Res.* 6, 38-59.
- 1960 a: Phytoplankton and ciliate species from the tropical Pacific. *Skifter Norske Videnskaps-Akad, Oslo, I: Mat. Naturv. Kl.* 1960 (2), 50 p.
- 1960 b: Plankton coccolithophorids from subantarctic and equatorial Pacific. *Nytt Mag. Bot.* 8, 77-83.
- HEINRICH, A. K. 1962: The life histories of plankton animals and seasonal cycles of plankton communities in the oceans. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.* 27, 15-24.
- HENDBY, N. I. 1937: The plankton diatoms of the southern seas. *Discovery Rep.* 16, 151-364.
- HOLM-HANSEN, O., LORENZEN, C. J., HOLMES, R. W. und STRICKLAND, J. D. H. 1965: Fluorometric determinations of chlorophyll. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.* 30, 3-15.
- HOLM-HANSEN, O. 1969: Determination of microbial biomass in ocean profiles. *Limnol. Oceanogr.* 14, 740-747.
- HOLMES, R. W., SCHAEFER, M. B. und SHIMADA, B. M. 1957: Primary production, chlorophyll, and zooplankton volumes in the tropical eastern Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, Bull. 2 (4), 129-169.

- HOLMES, R. W. et al. 1958: Physical, chemical, and biological oceanographic observations obtained on Expedition Scope in the eastern tropical Pacific, November - December 1956. U. S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish. 279, 117 p.
- HOLMES, R. W. and BLACKBURN, M. 1960: Physical, chemical, and biological observations in the eastern tropical Pacific Ocean: Scot Expedition, April - June 1958. U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Rep. Fish. 345, 106 p.
- HOLMES, R. W. 1962: Marine phytoplankton -- areal surveys. *Limnol. Oceanogr.* 7 Suppl. 127-128.
- 1963: A summary of productivity measurements in the southeastern Pacific Ocean. U.S. Atomic Energy Comm. Div. Tech. Inform., TID-7633, 18-57.
- JOHNSON, J. H., FLITNER, G. A. and CLINE, M. W. 1965: Automatic data processing program for marine synoptic radio weather reports. U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Fish. 503, 74 p.
- JONES, J. H. 1969: Processing of digital data logger STD tapes at the Scripps Institution of Oceanography and the Bureau of Commercial Fisheries, La Jolla, California. U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish. 588, 25 p.
- KING, J. E., AUSTIN, T. S. and DOTY, M. S. 1957: Preliminary report on expedition EASTROPIC. U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish. 201, 155 p.
- KING, J. E. and HIDA, T. S. 1957: Zooplankton abundance in the central Pacific. Part II. U. S. Fish Wildl. Serv. Fish. Bull. 57, 365-395.
- KLAWE, W. L. 1961: Informe sobre los datos obtenidos en el "Tuna Spawning Survey Cruise" del 1 al 20 de Julio de 1957. *Ciencia, Mex.* 21 (2), 65-74.
- KOLBE, R. W. 1964: Diatoms from equatorial Pacific cores Rept. Swed. Deep-Sea Exped. 6 (1), 1-49.
- KOZLOVA, O. G. and MURHINA, V. V. 1967: Diatoms and silicoflagellates in suspension and floor sediments of the Pacific Ocean. (Transl. from Russian.) *Intern. Geol. Rev.* 9, 1322-1342; *Geokhim. Kremnezema, Akad. Nauk SSSR.* 1966.
- KRASSKE, G. 1941: Die Kieselalgen des chilenischen Küstenplanktons. *Arch. Hydrobiol* 38, 260-287.
- LEMMERMANN, E. 1899: Planktonalgen. Ergebnisse einer Reise nach dem Pacific. *Abh. Naturw. Ver. Bremen* 16 (2), 313-398.
- LORENZEN, C. J. 1965: A note on the chlorophyll and phaeophytin content of the chlorophyll maximum. *Limnol. Oceanogr.* 10, 482-483.
- 1966: A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep-Sea Res.* 13, 223-227.
- 1968: Carbon/chlorophyll relationship in an upwelling area. *Limnol. Oceanogr.* 13, 202-204.
- LOVE, C. H. Ed. 1970 EASTROPAC Atlas Vol. 4 United States Nat. Mar. Fish. Serv. Circular 330.
- MAIB, K. F. and JOW, T. 1960: Exploratory longline fishing for tunas in the eastern tropical Pacific, September 1955 to March 1956. *Calif. Fish Game* 46, 117-150.
- * JIPPS, J. R. 1969: Seasonal variations in the Indian Ocean along 110°E. IV. Primary production. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.* 20, 65-75.

- MANN, A. 1907: Report on the diatoms of the Albatross voyages in the Pacific Ocean, 1883-1904. Contr. U.S. nat. Herb. 10 (5), 220-419.
- MARGALEF, R. 1958: Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In: Perspectives in Marine Biology p. 323-349 Ed. by A. A. Buzzati-Traverso, Univ. of Calif. Press, Berkeley and Los Angeles.
- 1967: Some concepts relative to the organization of plankton Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 5, 257-289.
- MENZEL, D. W. und RYTHER, J. H. 1960: The annual cycle of primary production in the Sargasso Sea off Bermuda. Deep-Sea Res. 6, 351-367.
- MENZEL, D. W. und RYTHER, J. H. 1964: The composition of particulate organic matter in the western North Atlantic. Limnol. Oceanogr. 9, 179-186.
- MILLER, F. R. 1970: Meteorology in: EASTROPAC-Atlas Ed. by C. Love, U.S. Nat. Mar. Fish. Serv. (im Druck).
- MILLER, F. R. und BLISS, K. 1970: Processing STD data and the construction of vertical temperature and salinity sections by computer (im Druck).
- OWEN, R. W. und ZWITSCHEL, B. 1970: Phytoplankton production: seasonal change in the oceanic eastern tropical Pacific. Mar. Biol. 7 (1), 32-36.
- POSNER, G. S. 1957: The Peru current. Bingham Oceanogr. Coll., Yale Univ., Bull. 16 (2), 106-155.
- RAMPI, L. 1950: Périidiniens rares ou nouveaux pour le Pacifique Sud-Equatorial. Bull. Inst. océanogr. Monaco 937.
- 1952: Ricerche sul microplancton di superficie del Pacifico tropicale, Bull. Inst. océanogr. Monaco 1014, 1-16.
- RAYMONT, J. E. G. 1963: Plankton and productivity in the ocean 660 p. Oxford: Pergamon Press.
- REID, J. L. 1962: On circulation, phosphate-phosphorus content and zooplankton volumes in the upper part of the Pacific Ocean. Limnol. Oceanogr. 7, 287-306.
- RILEY, G. A. 1965: A mathematical model of regional variations in plankton. Limnol. Oceanogr. 10 Suppl., 202-215.
- RYTHER, J. H. und MENZEL, D. W. 1965: On the production, composition, and distribution of organic matter in the Western Arabian Sea. Deep-Sea Res. 12, 199-209.
- SCHOTT, G. 1935: Geographie des Indischen und Stillen Ozeans. Boysen, Hamburg, 413 p.
- SCHROEDER, B. 1906: Beiträge zur Kenntnis des Phytoplanktons warmer Meere. Vierteljahrsschr. naturf. Ges. Zürich 51, 319-377.
- SCRIPPS INSTITUTION OF OCEANOGRAPHY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA 1961: Step - 1 Expedition, Preliminary Report. II. Biological photometric and additional chemical data. Progr. Rep., SIO Ref. 61-18, 66 p.
- SEMINA, G. I. 1960: Phytoplankton distribution in the central Pacific Ocean (in Russian). Tr. Inst. Okeanol., Akad. Nauk SSSR, 41, 17-30.
- + PATTEN, C. B. 1963: Mathematical Models of Plankton Production. Int. Revue ges. Hydrobiol. 53 (3), 357-408.

- SMAYDA, T. J. 1963: A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama I. Results of the regional phytoplankton surveys during July and November, 1957 and March, 1958. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 7 (3), 193-253.
- 1965: A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama II. On the relationship between C 14 assimilation and the diatom standing crop. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 9 (7), 467-531.
- SNEDECOR, G. W. und COCHRAN, W. G. 1967: Statistical methods, 593 p. Ames: Iowa State University Press.
- SOURNIA, A. 1969: Cycle annuel du phytoplancton et de la production primaire dans les mers tropicales Mar. Biol. 3, 287-303.
- STEELE, J. H. 1958: Plant production in the northern North Sea. Marine Res., Scot. Home Dept. 7, 1-36.
- 1961: Primary production, p. 519-538 In: Oceanography, Ed. by H. Sears, AAAS Publ. 67. Washington, D.C.
- STEELE, J. H. und BAIRD, I. E. 1961: Relation between primary production, chlorophyll and particulate carbon. Limnol. Oceanogr. 6, 68-73.
- STEELE, J. H. und BAIRD, I. E. 1962: Further relations between primary production, chlorophyll, and particulate carbon. Limnol. Oceanogr. 7, 42-47.
- STEELE, J. H. und MENZEL, D. W. 1962: Conditions for maximum primary production in the mixed layer. Deep-Sea Res. 9, 39-49.
- STEMMANN NIELSEN, E. 1934: Untersuchungen über die Verbreitung, Biologie und Variation der Ceratien im südlichen Stillen Ocean. Dana Rept. 4, 67 p.
- 1952: The use of radio-active carbon (C 14) for measuring organic production in the sea. J. Cons. perm. int. Explor. Mer. 18, 117-140.
- und AABYE JENSEN, E. 1957: Primary oceanic production. The autotrophic production of organic matter in the oceans. Galathea Rep. 1, 49-136.
- STRICKLAND, D. J. H. 1965: Production of organic matter in the primary stages of the marine food chain. In: Chemical oceanography, Vol. 1, p 478-610. Ed. by J. P. Riley and G. Skirrow. London and New York: Academic Press.
- und PARSONS, T. R. 1968: A practical handbook of sea water analysis. Fish. Res. Board Can. Bull. 167, 311 p.
- THOMAS, W. H., HOLMES, R. W., GRIFFITHS, R. C. und BLACKBURN, E. 1964: Physical, chemical, and biological observations in the eastern tropical Pacific Ocean: Cruise Tempo (TO-62-1), August 1962. Scripps Inst. Oceanogr. Univ. Calif. MS.
- U.S. NAVY HYDROGR. OFFICE 1944, 1960: World Atlas of sea surface temperatures, H.O. 225, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office. 49 p.
- UTERMOEHL, H. 1958: Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol. 9, 1-38.

- WILSON, R. C. und SHIMADA, B. M. 1955: Tuna longlining: results of a cruise to the eastern tropical Pacific Ocean. Calif. Fish Game 41, 91-93.
- WILSON, R. C. und RINKEL, M. O. 1957: Marquesas area oceanographic and fishing data, January-March 1957. U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish 238, 136 p.
- WIRTKI, K. 1964: Upwelling in the Costa Rica Dome. U.S. Fish Wildl. Serv., Fish. Bull. 63, 355-372.
- 1965: Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Coma., Bull. 9 (5), 271-304.
- 1966: Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean. Oceanogr. mar. Biol. 4, 33-68.
- ZEITSCHEL, B. 1970 a: The quantity, composition, and distribution of suspended particulate matter in the Gulf of California. Mar. Biol. 7 (4), 305-318.
- 1970 b: Phytoplankton In: EASTROPAC-Atlas Vol. 4, Ed. by C. Love, U.S. Nat. Mar. Fish. Serv. (Vol. 2, 6, 8, 10 im Druck).

Die vorliegende Arbeit stützt sich vor allem auf Ergebnisse der EASTROPAC-Expedition 1967/68. Für die Überlassung von Daten dieser Expeditionsserie bin ich folgenden Herren dankbar: Dr. M. BLACKBURN, Dr. B. TAFT, Dr. N. TSUCHIYA und Dr. W. THOMAS (Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California), sowie Dr. M. LAURS und R. OWEN (U.S. Natural Marine Fisheries Service, La Jolla, California). Dr. E. FAGER (SIO) verdanke ich das Computer Programm zur Recurrent Group Analyse. K. BLISS (U.S. Nat.Mar.Fish.Serv.) programmierte die Programme für die Phytoplanktonbiomasse. Herr Dipl.Math. KIELMANN (I.f.M. Kiel) schrieb für mich ein in Amerika entwickeltes Fortran-Programm für die Benutzung im Kieler Rechenzentrum um. Dr. L. ALLISON (Goddard Space Flight Center, Washington) stellte mir die Satelliten-aufnahmen zur Verfügung.

Die zum Teil am Scripps Institution of Oceanography durchgeführten Arbeiten wurden im "Scripps Tuna Oceanography Program" begonnen, das unter Contract No 14-17-0007-963 vom Bureau of Commercial Fisheries finanziert wurde.

Für Unterstützung und Ratschläge bei der Zusammenstellung dieser Arbeit möchte ich Prof. Dr. J. KREY (I.f.M. Kiel) und Dr. M. BLACKBURN (S.I.O.) herzlich danken.

Die Auswertearbeiten in Kiel wurden durch Mittel der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt.

7 Antiquar

7.1. Legenden der Abbildungen

- Abb. 1 Lage der Hauptstationen der EASTROPAC - Expedition (Zeitabschnitt Februar - April 1968)
- Abb. 2 Photographie der Wolkenbedeckung im Gebiet des östlichen pazifischen Ozeans.
Satellit NASA ATS III, 21. Januar 1968.
- Abb. 3 Mittlere Wolkenbedeckung im Pazifischen Ozean nach Aufnahmen mit ESSA III und V Satelliten.
- Abb. 4 Oberflächenstrom im östlichen tropischen Pazifik - Januar (verändert nach WYRTKI 1965).
- Abb. 5 Oberflächenstrom im östlichen tropischen Pazifik - Februar (verändert nach WYRTKI 1965).
- Abb. 6 Oberflächenstrom im östlichen tropischen Pazifik - März (verändert nach WYRTKI 1965).
- Abb. 7 Tiefe der durchmischten Oberschicht (m) Februar - April 1968.
- Abb. 8 Temperaturverteilung an der Oberfläche im östlichen tropischen Pazifik. Februar-April 1968.
- Abb. 9 Temperaturverteilung von 15°N bis 20°S bei 119°W , 0-1000 m, 21. Februar - 4. März 1968.
- Abb. 10 oben: Temperaturverteilung von 12°N bis 20°S bei 105°W , 0-300 m, 28. Februar - 14. März 1968.
unten: Salzgehaltverteilung von 12°N bis 20°S bei 105°W , 0-300 m, 28. Februar - 14. März 1968.
- Abb. 11 Salzgehaltsverteilung an der Oberfläche im östlichen tropischen Pazifik. Februar - März 1968.
- Abb. 12 Salzgehaltsverteilung von 15°N bis 20°S bei 119°W , 0-1000 m, 21. Februar bis 4. März 1968.
- Abb. 13 Verteilung von Nitrat in 10 m Tiefe im östlichen tropischen Pazifik. Februar - April 1968.
- Abb. 14 Verteilung von Silikat in 10 m Tiefe im östlichen tropischen Pazifik. Februar - April 1968.
- Abb. 15 Verteilung von Phosphat in 10 m Tiefe im östlichen tropischen Pazifik. Februar - April 1968.
- Abb. 16 Verteilung von Nitrat von 21°N bis 20°S bei 119°W , 0-300 m, 18. Februar - 4. März 1968.
- Abb. 17 Verteilung von Silikat von 21°N bis 20°S bei 119°W , 0-300 m, 18. Februar - 4. März 1968.
- Abb. 18 Verteilung von Phosphat von 21°N bis 20°S bei 119°W , 0-300 m, 18. Februar - 4. März 1968.
- Abb. 19 Verteilung von Nitrat von 12°N bis 20°S bei 105°W , 0-300 m, 28. Februar - 14. März 1968.
- Abb. 20 Verteilung von Silikat von 12°N bis 20°S bei 105°W , 0-300 m, 28. Februar bis 14. März 1968.
- Abb. 21 Verteilung von Phosphat von 12°N bis 20°S bei 105°W , 0-300 m, 28. Februar - 14. März 1968.

- Abb. 22 Tiefe der euphotischen Zone (m) für Februar - April 1968.
- Abb. 23 Rate der Primärproduktion an der Oberfläche ($\text{mgC}/\text{m}^3/\text{Tag}$) für Februar - April 1968.
- Abb. 24 Rate der Primärproduktion integriert über die euphotische Zone ($\text{mgC}/\text{m}^2/\text{Tag}$) f. Februar - April 1968.
- Abb. 25 oben: Verteilung der Primärproduktion von 20°N - 19°S bei 119°W , 0-100 m, 18. Februar - 4. März 1968.
Mitte: Verteilung von Chlorophyll a von 21°N bis 20°S bei 119°W , 0-150 m, 18. Februar - 4. März 1968.
unten: Verteilung von Phaeophytin von 21°N - 20°S bei 119°W , 0-150 m, 18. Februar bis 4. März 1968.
- Abb. 26 oben: Verteilung der Primärproduktion von 11°N bis 20°S bei 105°W , 0-100 m, 28. Februar - 14. März 1968.
Mitte: Verteilung von Chlorophyll a von 12°N bis 20°S bei 105°W , 0-150 m, 28. Febr. - 14. März 1968
unten: Verteilung von Phaeophytin von 12°N bis 20°S bei 105°W , 0-150 m, 28. Februar - 14. März 1968
- Abb. 27 oben: Beziehung zwischen der Primärproduktion, der Zeit und der geographischen Länge im "Monitor"-Gebiet 1967/68.
unten: Beziehung zwischen Chlorophyll a, der Zeit und der geographischen Länge im "Monitor"-Gebiet 1967/68.
- Abb. 28 Verteilung von Chlorophyll a an der Oberfläche im östlichen tropischen Pazifik. Februar-April 1968.
- Abb. 29 Verteilung von Chlorophyll a integriert bis 150 m im östlichen tropischen Pazifik. Februar - April 1968.
- Abb. 30 Verteilung von Phaeophytin integriert bis 150 m im östlichen tropischen Pazifik. Februar bis April 1968.
- Abb. 31 Prozentuale Verteilung von Phytoplanktonorganismen (Diatomeen, Dinoflagellaten, Flagellaten und Coccolithophoridae) in Oberflächenproben von 30 Stationen des östlichen tropischen Pazifik.
- Abb. 32 oben: Prozentuale Verteilung von Phytoplanktonorganismen Zahl/l (Diatomeen A; Dinoflagellaten B; Flagellaten C und Coccolithophoridae D) von 140 Proben von 30 Stationen des östlichen tropischen Pazifik.
unten: Prozentuale Verteilung von Phytoplanktonkohlenstoff mgC/m^3 (Diatomeen A; Dinoflagellaten B; Flagellaten C und Coccolithophoridae D) von 140 Proben von 30 Stationen des östlichen tropischen Pazifik.
- Abb. 33 Prozentuale Verteilung von Phytoplanktonkohlenstoff mgC/m^3 (Diatomeen A; Dinoflagellaten B; Flagellaten C und Coccolithophoridae D) in Oberflächenproben von 30 Stationen des östlichen tropischen Pazifik.
- Abb. 34 Phytoplanktonorganismen der Gruppe 1.
- Abb. 35 Phytoplanktonorganismen der Gruppen 2 - 4.

7.2. Tabellen

Station List Cruise 75

Fahrt	Station	Datum	Uhrzeit	Breite	Länge (W)
75	1	18.2.68	0330	21°46' N	117°58'
75	4	18.2.68	2230	20°25' N	119°00'
75	8	19.2.68	1030	19°16' N	118°55'
75	10	19.2.68	2230	17°51' N	119°02'
75	12	20.2.68	1030	16°29' N	118°59'
75	14	20.2.68	2230	15°05' N	118°59'
75	16	21.2.68	1030	13°43' N	119°00'
75	18	21.2.68	2230	12°24' N	118°57'
75	21	22.2.68	1030	11°01' N	118°55'
75	25	22.2.68	2230	09°34' N	118°57'
75	29	23.2.68	1030	08°09' N	118°52'
75	32	23.2.68	2230	06°58' N	118°48'
75	36	24.2.68	1030	05°31' N	118°38'
75	44	24.2.68	2230	04°13' N	118°45'
75	52	25.2.68	1030	02°50' N	118°57'
75	60	25.2.68	2230	01°25' N	118°58'
75	68	26.2.68	1030	00°00' N	118°54'
75	73	26.2.68	2130	00°52' S	118°56'
75	81	27.2.68	1030	02°31' S	118°50'
75	86	27.2.68	2230	04°00' S	119°03'
75	90	28.2.68	1030	05°08' S	119°08'
75	94	28.2.68	2230	06°38' S	118°59'
75	98	29.2.68	1030	08°02' S	118°56'
75	100	29.2.68	2230	09°12' S	118°57'
75	102	01.3.68	1030	10°48' S	118°57'
75	104	01.3.68	2145	11°59' S	118°59'
75	106	02.3.68	1030	13°07' S	119°02'
75	108	02.3.68	2230	14°38' S	118°59'
75	110	03.3.68	1030	16°02' S	119°00'
75	112	03.3.68	2130	17°22' S	118°58'
75	114	04.3.68	1030	18°31' S	118°56'
75	116	04.3.68	2230	20°01' S	118°58'
75	118	05.3.68	1030	20°00' S	117°30'
75	122	06.3.68	1030	19°59' S	114°06'
75	127	07.3.68	1030	19°24' S	111°56'
75	129	07.3.68	2230	17°57' S	111°57'

- 2 -

Station List Cruise 75

Fahrt	Station	Datum	Uhrzeit	Breite	Länge (W)
75	131	08.3.68	0930	16 ^o 35' S	111 ^o 53'
75	133	08.3.68	2230	15 ^o 17' S	112 ^o 00'
75	135	09.3.68	1030	14 ^o 00' S	112 ^o 00'
75	137	09.3.68	2230	12 ^o 51' S	111 ^o 58'
75	139	10.3.68	1030	11 ^o 17' S	111 ^o 56'
75	141	10.3.68	2230	09 ^o 56' S	111 ^o 57'
75	143	11.3.68	1030	08 ^o 29' S	111 ^o 56'
75	188	21.3.68	2200	09 ^o 07' S	097 ^o 59'
75	190	22.3.68	1030	07 ^o 35' S	097 ^o 59'
75	192	22.3.68	2230	06 ^o 07' S	097 ^o 58'
75	194	23.3.68	1030	04 ^o 40' S	098 ^o 04'
75	198	23.3.68	2230	03 ^o 19' S	098 ^o 05'
75	202	24.3.68	1030	01 ^o 58' S	098 ^o 01'
75	229	03.4.68	1030	00 ^o 44' N	097 ^o 53'
75	233	03.4.68	2230	02 ^o 00' N	098 ^o 01'
75	237	04.4.68	1030	03 ^o 33' N	098 ^o 02'
75	239	04.4.68	2230	05 ^o 00' N	098 ^o 02'
75	241	05.4.68	1030	06 ^o 22' N	098 ^o 01'
75	243	05.4.68	2230	07 ^o 52' N	098 ^o 09'
75	245	06.4.68	1030	09 ^o 24' N	097 ^o 59'
75	247	06.4.68	2230	10 ^o 52' N	098 ^o 10'
75	249	07.4.68	1030	12 ^o 18' N	098 ^o 28'
75	251	07.4.68	2230	13 ^o 40' N	098 ^o 40'
75	255	08.4.68	1000	14 ^o 55' N	098 ^o 56'

Station List Cruise 76

Wahrt	Station	Datum	Uhrzeit	Breite	Länge (W)
76	7	27.2.68	1000	15°09' N	101°39'
76	11	27.2.68	2200	14°08' N	102°45'
76	15	28.2.68	1000	13°02' N	103°49'
76	19	28.2.68	2200	11°53' N	105°00'
76	21	29.2.68	0800	10°44' N	105°02'
76	22	29.2.68	2000	09°47' N	105°05'
76	25	01.3.68	0800	08°31' N	105°11'
76	26	01.3.68	2000	07°40' N	105°01'
76	29	02.3.68	0800	06°10' N	104°55'
76	30	02.3.68	2000	05°41' N	104°52'
76	35	03.3.68	0800	04°20' N	104°58'
76	37	03.3.68	2000	03°45' N	104°57'
76	44	04.3.68	0800	02°30' N	105°06'
76	46	04.3.68	2000	01°56' N	105°08'
76	53	05.3.68	0800	00°42' N	105°02'
76	55	05.3.68	2000	00°05' N	105°07'
76	62	06.3.68	0800	01°11' S	105°06'
76	64	06.3.68	2000	01°53' S	105°11'
76	71	07.3.68	0800	03°16' S	104°59'
65	73	07.3.68	2000	04°01' S	105°03'
76	79	08.3.68	0800	05°26' S	104°56'
76	80	08.3.68	2000	06°12' S	104°58'
76	83	09.3.68	0800	08°03' S	105°00'
76	84	09.3.68	2000	08°46' S	104°58'
76	87	10.3.68	0800	10°13' S	105°02'
76	88	10.3.68	2000	10°53' S	104°58'
76	91	11.3.68	0800	12°16' S	104°58'
76	92	11.3.68	2000	13°04' S	105°00'
76	96	12.3.68	1000	14°49' S	105°00'
76	100	12.3.68	2200	16°08' S	105°01'
76	104	13.3.68	0930	17°21' S	105°01'
76	108	13.3.68	2200	18°43' S	105°03'
76	112	14.3.68	0930	19°39' S	105°04'
76	115	14.3.68	2200	19°13' S	105°30'
76	120	18.3.68	0700	07°09' S	111°57'
76	124	18.3.68	2200	05°42' S	112°01'
76	130	19.3.68	1030	04°10' S	112°06'

Station List Cruise 76

Fahrt	Station	Datum	Uhrzeit	Breite	Länge (W)
76	136	19.3.68	2230	02°56' S	112°01'
76	140	20.3.68	0730	02°16' S	112°02'
76	146	20.3.68	2230	00°53' S	111°58'
76	152	21.3.68	1030	00°30' N	111°54'
76	158	21.3.68	2230	01°46' N	111°58'
76	164	22.3.68	1000	02°44' N	112°04'
76	170	22.3.68	2230	04°07' N	111°59'
76	173	23.3.68	0730	05°06' N	111°58'
76	176	23.3.68	2200	06°12' N	111°57'
76	180	24.3.68	1000	07°35' N	112°03'
76	184	24.3.68	2200	09°07' N	112°02'
76	186	25.3.68	1000	09°48' N	112°06'
76	190	25.3.68	2200	11°07' N	112°03'
76	194	26.3.68	0930	12°11' N	111°40'
76	198	26.3.68	2200	13°07' N	110°51'
76	202	27.3.68	1000	14°06' N	110°04'
76	205	27.3.68	2200	14°52' N	109°20'
76	209	28.3.68	1000	15°51' N	108°25'
76	213	28.3.68	2200	16°47' N	107°10'
76	217	29.3.68	1000	17°48' N	105°56'

Station List Cruise 77

Fahrt	Station	Datum	Uhrzeit	Breite	Länge (W)
77	13	31.1.68	1029	05°50' N	078°06'
77	17	31.1.68	2230	06°31' N	079°02'
77	21	01.2.68	1030	07°09' N	079°57'
77	25	01.2.68	1840	06°55' N	080°53'
77	30	02.2.68	0945	05°18' N	080°30'
77	33	02.2.68	2100	04°33' N	080°11'
77	39	03.2.68	1030	03°14' N	079°47'
77	45	03.2.68	2330	01°59' N	078°59'
77	57	04.2.68	2343	00°54' N	082°00'
77	62	05.2.68	1050	00°05' N	081°58'
77	66	05.2.68	2229	00°49' S	082°04'
77	70	06.2.68	1130	01°53' S	082°07'
77	74	06.2.68	2230	02°56' S	082°05'
77	80	07.2.68	1100	04°31' S	081°56'
77	86	07.2.68	2214	06°04' S	081°57'
77	92	08.2.68	1108	07°44' S	082°04'
77	96	08.2.68	2329	09°19' S	081°54'
77	100	09.2.68	1045	09°43' S	081°05'
77	104	09.2.68	2241	09°22' S	079°32'
77	121	13.2.68	1054	12°28' S	078°18'
77	125	13.2.68	2212	13°02' S	079°40'
77	129	14.2.68	1000	13°39' S	081°08'
77	135	14.2.68	2137	14°10' S	082°48'
77	141	15.2.68	1004	14°46' S	084°20'
77	147	15.2.68	2122	14°09' S	084°58'
77	153	16.2.68	0942	12°27' S	085°02'
77	159	16.2.68	2120	10°50' S	085°02'
77	165	17.2.68	1115	09°03' S	085°00'
77	171	17.2.68	2235	07°18' S	085°03'
77	177	18.2.68	1033	05°41' S	085°03'
77	184	18.2.68	2135	04°13' S	085°01'
77	192	19.2.68	0930	02°49' S	084°57'
77	200	19.2.68	2133	01°33' S	085°01'
77	208	20.2.68	1031	00°13' S	084°59'

Station List Cruise 77

Fahrt	Station	Datum	Uhrzeit	Breite	Länge (W)
77	216	20.2.68	2050	01°04' N	085°00'
77	228	21.2.68	1130	02°56' N	085°00'
77	232	21.2.68	2118	03°31' N	085°00'
77	240	22.2.68	0853	04°40' N	085°00'
77	249	22.2.68	2344	05°03' N	085°00'
77	256	23.2.68	0925	04°49' N	085°00'
77	262	23.2.68	2330	05°52' N	085°02'
77	270	24.2.68	1113	07°24' N	084°57'
77	278	25.2.68	0030	09°10' N	085°03'
77	302	03.3.68	1104	15°22' N	095°04'
77	310	04.3.68	1156	13°05' N	095°01'
77	315	30.3.68	1143	12°01' N	087°59'
77	321	31.3.68	0005	10°21' N	088°02'
77	327	31.3.68	1115	08°45' N	087°53'
77	333	31.3.68	2338	07°03' N	087°53'
77	339	01.4.68	1040	05°22' N	087°58'
77	346	01.4.68	2113	04°04' N	088°05'
77	354	02.4.68	0907	02°40' N	088°07'
77	362	02.4.68	2053	01°20' N	088°00'
77	370	03.4.68	0704	00°01' N	087°57'
77	378	03.4.68	2151	01°20' S	088°06'
77	386	04.4.68	1024	02°40' S	088°04'
77	394	04.4.68	2144	04°01' S	088°00'
77	402	05.4.68	1019	05°27' S	087°58'
77	408	05.4.68	2146	07°05' S	088°04'
77	414	06.4.68	1115	08°50' S	087°57'
77	420	06.4.68	2228	10°22' S	087°57'
77	426	07.4.68	0953	11°46' S	087°56'
77	432	07.4.68	2047	13°23' S	088°01'
77	438	08.4.68	0700	15°00' S	088°09'
77	461	10.4.68	1047	13°27' S	095°12'
77	467	10.4.68	2152	11°46' S	095°05'
77	473	11.4.68	1005	10°02' S	095°07'
77	479	11.4.68	2125	08°20' S	095°01'
77	485	12.4.68	1018	06°39' S	095°00'

Station List Cruise 77

Fahrt	Station	Datum	Uhrzeit	Breite	Länge (W)
77	491	12.4.68	2316	04°56' S	095°13'
77	499	13.4.68	0935	03°33' S	095°03'
77	507	13.4.68	2250	02°10' S	094°46'
77	515	14.4.68	0958	00°51' S	094°58'
77	523	14.4.68	2010	00°42' N	094°51'
77	531	15.4.68	0924	02°08' N	094°58'
77	539	15.4.68	2220	03°44' N	095°02'
77	547	16.4.68	1030	05°10' N	094°59'
77	553	16.4.68	2201	06°52' N	095°03'
77	559	17.4.68	1113	08°18' N	095°09'
77	565	17.4.68	2250	10°02' N	094°58'
77	571	18.4.68	0913	11°36' N	095°00'

Tabelle C. Physikalische, chemische und biologische Parameter von 140 Proben
im östlichen tropischen Pazifik

CR	STADE	TEMP.	SALIN	DENS.	NO3	SI	NO4	NO2	PO4	NH4	O2	CHL	PROD	PH.NO.	PH.VOL.	PH.CC1.C
75	12	024.33	33.43	22.38	.0	.8	.00	.27	.42	4.849	.04	.9	.320	13.368	2.0	1.0
75	12	1924.32	33.43	22.38	.0	.6	.00	.28	.34	4.990	.05	2.7	.017	19.668	2.8	.4
75	12	3024.34	33.53	22.49	.0	.8	.00	.32	.37	5.022	.06	3.3	.335	59.006	5.1	.4
75	12	4623.63	34.47	23.37	.1	1.0	.00	.39	.35	5.083	.06	1.7	.205	6.618	1.3	.2
75	12	6222.58	34.45	23.66	.2	1.5	.03	.43	.40	5.061	.08	2.6	.364	19.022	2.6	.3
75	12	10117.51	34.12	24.72	7.0	6.4	.06	.96	.38	4.002	.09	1.3	.095	7.579	1.1	.4
75	21	026.38	34.17	22.31	.0	.6	.00	.26	.30	4.529	.09	2.5	.305	63.798	6.7	1.2
75	21	1126.37	34.17	22.31	.0	.6	.00	.28	.29	4.704	.08	4.2	.166	10.726	1.6	.5
75	21	2326.37	34.17	22.31	.0	.7	.00	.28	.49	4.789	.10	4.6	.322	18.610	2.3	1.1
75	21	3526.36	34.19	22.33	.1	1.0	.00	.30	.56	4.816	.10	4.4	.361	16.108	2.4	.5
75	21	4621.47	34.42	22.94	.0	1.7	.00	.38	.47	4.813	.25	8.6	.604	20.943	4.0	3.6
75	21	7615.07	34.67	25.72	30.9	19.6	.48	.30	.32	0.429	.12	1.0	.406	9.969	2.0	.4
75	36	026.53	34.50	22.51	.0	1.4	.01	.29	.26	4.866	.07	.7	.242	8.127	1.3	.4
75	36	1326.54	34.50	22.51	.0	1.4	.00	.26	.40	4.774	.05	2.4	.236	13.643	2.2	.0
75	36	2626.54	34.50	22.51	.0	1.5	.00	.26	.41	4.696	.08	3.1	.148	9.385	1.4	.2
75	36	3926.51	34.54	22.55	.5	2.0	.13	.36	.34	4.755	.20	5.0	.281	46.118	5.3	1.8
75	36	5224.32	34.80	23.42	3.5	4.3	.19	.60	.28	4.347	.19	5.4	.428	79.445	9.0	1.9
75	36	8619.67	34.75	24.68	16.0	12.4	.23	1.39	.16	2.478	.18	.7	.224	15.324	2.0	.5
75	68	023.12	34.81	23.77	7.3	2.5	.22	.76	.39	4.910	.26	11.5	.946	314.922	33.2	4.5
75	68	622.99	34.73	23.80	7.8	2.5	.21	.75	.45	4.916	.26	18.5	.359	163.499	17.0	.9
75	68	1722.74	34.75	23.84	8.1	2.9	.20	.78	.54	4.839	.36	21.3	2.314	901.686	95.0	12.3
75	68	2322.07	34.70	23.99	8.3	3.3	.20	.81	.58	4.519	.45	17.9	2.156	712.375	70.6	13.7
75	68	3819.39	34.74	24.74	11.7	7.6	.19	1.04	.39	3.935	.48	4.3	3.038	581.446	54.0	13.1
75	90	025.02	35.00	23.36	7.2	3.1	.17	.74	.46	4.931	.11	3.2	.542	33.363	5.0	.2
75	90	924.96	35.00	23.37	6.2	3.1	.19	.69	.42	4.924	.10	5.2	.215	28.148	3.9	.2
75	90	1824.94	35.00	23.38	6.8	3.1	.17	.72	.40	4.945	.10	5.4	.857	84.547	9.6	.8
75	90	2824.94	35.00	23.38	7.4	3.1	.16	.74	.39	4.964	.12	5.1	.340	28.051	3.3	.1
75	90	3724.91	34.99	23.38	7.6	2.8	.15	.76	.45	4.971	.11	5.5	.585	88.927	9.1	1.2
75	90	6023.55	35.29	24.01	8.1	3.2	.16	.88	.86	4.847	.16	1.2	.246	48.566	5.4	1.1
75	102	025.84	35.51	23.49	6.4	1.9	.16	.86	.47	4.815	.08	.8	.379	173.562	13.3	.5
75	102	925.63	35.43	23.53	5.9	1.8	.29	.73	.36	4.849	.09	4.2	.174	17.880	2.4	.5
75	102	1925.58	35.43	23.55	6.2	1.8	.24	.74	.42	4.858	.09	4.3	1.021	72.239	9.0	1.7
75	102	2925.51	35.48	23.57	6.5	1.9	.18	.75	.46	4.867	.12	4.0	.404	68.699	8.4	2.9
75	102	3825.38	35.47	23.60	6.8	1.9	.14	.76	.49	4.874	.13	3.5	.518	58.701	7.1	1.4
75	102	6325.33	35.49	23.63	6.5	2.0	.13	.80	.95	4.825	.18	.4	.371	68.918	8.5	1.3

CR	STADE	TEMP	SALIN	DENS	N03	SI04	N02	PC04	NH4	O2	CHLPRODD	PH	VOL	PH	CCI	C
75110	025.45	35.22	23.83	.1	.4	.00	.31	.554	.779	.08	1.4	.273	31.959	4.6	5.7	
75110	1125.46	35.22	23.83	.1	.3	.00	.34	.494	.752	.06	2.9	.174	17.309	2.4	.1	
75110	2325.59	36.23	23.64	.1	.4	.00	.33	.484	.802	.08	2.5	.394	36.609	4.5	.0	
75110	3525.07	36.23	23.93	.2	.6	.00	.31	.464	.849	.10	5.8	.492	43.946	6.5	1.1	
75110	4525.02	36.18	23.94	.2	.4	.00	.27	.464	.855	.12	3.4	.395	43.499	5.6	.1	
75110	7523.38	36.12	24.69	.0	.3	.02	.34	.455	.208	.15	.4	.337	33.193	5.7	.7	
75118	025.41	36.54	24.04	.0	.2	.00	.21	.4	.692	.04	.4	.121	33.824	3.4	2.0	
75118	1426.39	36.54	24.09	.0	.1	.00	.21	.4	.700	.03	1.0	.194	24.340	2.9	.0	
75118	2926.39	36.54	24.09	.0	.1	.00	.21	.4	.694	.03	.8	.130	19.895	2.4	2.1	
75118	4425.37	36.53	24.09	.0	.2	.00	.21	.4	.764	.04	1.1	.189	37.339	4.0	.1	
75118	5825.49	36.44	24.30	.0	.1	.00	.20	.4	.355	.04	1.4	.263	17.560	2.4	.5	
75118	9522.99	36.27	24.92	.0	.0	.00	.19	.5	.075	.05	.6	.156	9.790	1.5	.7	
75127	025.63	36.35	24.19	.0	.0	.00	.26	.464	.825	.04	.1	.315	22.941	3.4	1.2	
75127	3525.59	36.42	24.24	.0	.0	.00	.23	.454	.916	.04	1.5	.183	35.214	4.7	.6	
75127	7622.02	36.08	25.05	.0	.0	.00	.19	.425	.282	.03	.5	.181	14.783	2.1	1.0	
75143	025.36	35.55	23.67	6.4	1.5	.13	.68	.396	.314	.09	2.3	.208	30.058	4.3	.2	
75143	2925.27	35.55	23.59	3.3	1.5	.09	.56	.655	.990	.09	4.2	.347	75.202	6.7	1.1	
75143	6323.92	35.53	24.06	4.2	1.9	.31	.65	.555	.932	.19	1.4	.465	29.999	4.4	2.3	
75190	026.07	35.12	23.12	6.7	2.3	.12	.71	.404	.634	.13	3.4	.407	119.015	11.3	6.5	
75190	2925.89	35.11	23.17	6.2	2.3	.16	.70	.666	.376	.14	5.4	.569	103.453	10.1	2.6	
75190	6319.62	35.25	07.14	5	6.1	.43	1.262	.004	.600	.22	1.3	.269	7.923	1.4	.9	
75202	023.75	34.80	23.63	8.9	5.7	.19	.81	.474	.179	.15	6.6	.508	46.003	5.8	.2	
75202	2315.29	34.83	25.57	5.3	10.9	.45	1.17	.862	.679	.19	7.9	.667	128.215	11.3	13.3	
75202	5014.22	35.02	26.17	23.3	31.9	.5	1.51	.52	.171	.813	.29	1.5	.632	66.308	8.0	3.9
75229	022.16	34.69	23.96	8.8	3.5	.25	.85	.214	.632	.10	8.3	.582	122.733	12.1	10.9	
75229	2021.64	34.78	24.17	6.2	4.3	.95	.75	.075	.383	.23	9.4	.641	142.626	15.8	3.6	
75229	4317.04	34.63	25.37	13.8	10.8	.58	1.15	.283	.896	.14	1.7	1.058	83.803	11.3	7.6	
75241	027.44	33.90	21.77	.0	.5	.00	.17	.314	.762	.10	6.1	.365	111.511	9.8	8.0	
75241	2925.84	34.31	22.27	3.7	3.1	.11	.40	.244	.286	.24	20.0	.525	115.474	11.5	17.7	
75241	6313.98	34.61	26.07	28.2	19.0	.70	.04	.231	.345	.13	.2	.226	9.082	1.3	.2	
75249	026.54	36.23	21.70	.0	.4	.00	.25	.4	.797	.09	10.1	.323	46.929	5.4	4.9	
75249	2627.87	34.32	21.94	.0	.3	.00	.22	.4	.883	.14	15.7	.407	17.468	3.5	1.1	
75249	5223.56	34.31	23.53	7.8	5.2	.08	.74	.3	.860	.19	3.6	.780	78.060	11.3	8.8	

CR	STADE	TEMP.	SALIN	DENS.	NO3	SI04	NO2	PO4	NH4	O2	CHL	PRODPH.	NO.	PH.	VOL.	PH.	CCI.	C
75	11	027.23	33.89	22.25	.0	2.0	.01	.21		4.705	.04	2.2	.178	15.192	2.1	.6		
75	11	1527.15	33.87	21.84	.0	2.2	.25	.18		4.741	.04	3.3	.506	28.117	4.3	.6		
76	11	2927.07	33.87	21.87	.0	2.8	.01	.17		4.726	.04	6.2	.438	23.742	3.6	1.7		
76	11	4527.06	33.87	21.87	.0	3.4	.01	.19		4.730	.07	6.1	.562	26.262	4.4	1.7		
76	11	6026.43	33.97	22.14	.3	3.6	.04	.35		4.549	.16	1.1	.615	38.990	6.2	4.1		
76	11	9716.57	34.59	25.32	25.82	20.9	.06	.24		.306	.13	.0	.365	21.600	2.8	.1		
76	22	026.89	33.77	21.85	.0	.7	.00	.24		4.647	.08	8.9	.454	35.020	5.0	6.9		
75	22	1326.85	33.78	21.87	.0	.7	.00	.21		4.695	.08	7.1	.465	37.921	4.7	3.1		
75	22	2726.84	33.78	21.87	.0	.7	.00	.23		4.690	.09	9.2	.794	35.108	5.5	7.9		
75	22	4126.26	33.90	22.14	.0	3.4	.00	.23		4.671	.16	7.9	.521	57.479	9.3	8.1		
76	22	5625.04	34.05	22.64	5.9	7.91	.16	.60		4.000	.13	9.8	.740	45.189	7.0	3.8		
75	22	8814.23	34.75	25.95	31.42	2.8	.61	.29		.536	.05	.3	.226	15.962	2.1	1.7		
75	30	026.72	34.27	22.30	.0	1.5	.01	.15		4.723	.07	3.8	.273	66.634	7.4	9.0		
76	30	1226.69	34.30	22.31	.0	1.8	.00	.18		4.730	.09	7.2	2.154	101.341	14.5	4.3		
76	30	2626.59	34.35	22.36	.0	1.9	.00	.18		4.746	.11	7.6	.570	97.152	10.8	5.0		
75	30	3926.60	34.35	22.38	.0	1.8	.01	.19		4.815	.13	10.4	.107	55.394	4.2	.3		
76	30	5224.10	34.50	23.26	1.2	2.8	.15	.33		4.750	.28	4.6	.505	81.356	8.3	5.2		
75	30	10115.33	34.65	25.64	28.62	3.0	.37	.12		.728	.17	.0	.348	28.567	3.3	1.4		
75	46	026.43	33.47	21.77	.1	2.1	.01	.18		4.802	.17	2.1	2.098	148.304	18.1	19.4		
75	46	926.41	33.52	21.81	.1	2.1	.01	.21		4.811	.15	2.6	2.484	137.919	20.2	10.6		
75	46	2026.13	33.58	21.94	.1	2.2	.01	.21		4.863	.21	2.7	1.130	129.611	14.5	12.6		
75	46	3025.40	33.79	22.33	1.7	3.5	.12	.39		4.698	.30	3.3	1.917	107.385	15.1	9.6		
75	46	3920.89	34.10	23.86	9.3	8.3	.41	.88		3.760	.36	1.7	2.177	133.129	18.2	8.8		
75	46	6415.99	34.82	25.62	19.41	5.2	.80	1.51		2.448	.27	.0	1.444	97.817	13.2	4.1		
75	64	025.50	34.62	22.93	5.8	3.6	.13	.60		4.742	.14	6.6	1.301	107.657	14.1	9.0		
75	64	825.11	34.65	23.07	5.6	4.0	.14	.57		4.600	.14	9.0	1.269	87.417	11.7	16.3		
75	64	1724.62	34.72	23.26	7.0	4.6	.23	.68		4.400	.16	13.4	1.408	112.811	15.1	10.5		
75	64	2522.07	34.69	23.95	8.1	5.1	.31	.79		4.262	.26	15.3	1.522	256.617	31.4	20.9		
75	64	3415.99	34.94	25.73	23.61	9.5	.67	1.82		1.552	.21	14.4	.588	70.356	8.5	10.2		
75	64	5515.05	34.94	25.93	24.11	7.7	.31	1.81		1.450	.17	2.7	.509	31.432	4.1	3.5		
75	80	025.54	34.90	23.12	4.4	1.8	.09	.45		4.906	.10	3.0	.509	145.104	15.9	6.1		
75	80	925.54	34.90	23.12	4.8	3.2	.09	.50		4.885	.10	3.2	.452	134.138	14.0	5.6		
75	80	1925.53	34.90	23.12	5.1	2.5	.11	.53		4.886	.11	3.1	.504	221.621	22.3	6.9		
75	80	2625.45	34.91	23.16	5.4	2.3	.13	.55		4.910	.12	5.7	.592	194.895	19.8	5.2		
75	80	3725.21	34.91	23.23	6.7	2.8	.17	.63		4.940	.18	5.3	1.076	177.919	19.8	5.3		
75	80	6122.64	34.93	24.00	10.2	5.3	.30	.88		4.864	.17	2.8	.282	57.099	6.6	6.3		
75	88	025.13	35.70	23.85	4.3	1.5	.12	.51		4.854	.07	2.0	1.345	291.608	37.6	8.9		

CRISTALE	TEMP.	SALINENS.	NO3	SIU4	NO2	PO4	NH4	O2	CHL	PROD	PH.	VOL.	PH.	CCI.	C.
75 88	1025.1335	7023.85	4.6	1.4	.12	.55	4.866	.06	2.1	1.400	112.434	16.4	3.7		
75 88	2025.1335	7023.85	4.6	1.5	.13	.53	4.878	.07	2.5	.397	50.395	6.4	7.3		
76 88	3125.0735	7123.88	4.3	1.5	.12	.52	4.880	.08	2.6	1.697	124.881	15.6	3.3		
76 88	4124.8535	7323.95	3.8	1.6	.10	.51	4.952	.03	2.9	.653	89.672	12.9	2.3		
76 88	6722.0035	6924.76	1.9	2.1	.10	.48	5.030	.14	1.1	.701	47.010	7.5	3.2		
76100	024.2136	0024.32	.6	1.9	.01	.39	4.918	.07	1.6	1.519	43.683	7.4	2.9		
76100	1024.3236	0024.32	.5	2.2	.03	.37	4.910	.07	2.4	1.725	127.717	17.4	5.9		
76100	1424.3236	0024.32	.4	2.2	.03	.36	4.916	.07	2.6	.879	82.522	11.5	3.5		
76100	3024.3336	0024.32	.4	2.3	.03	.35	4.925	.04	2.4	1.580	129.656	16.6	4.5		
76100	4024.3336	0024.32	.3	1.9	.02	.32	5.080	.07	2.5	1.357	76.536	11.5	9.4		
76100	6523.4935	9224.51	.1	2.2	.01	.29	5.250	.08	.8	.640	58.943	7.8	3.9		
76115	024.5736	2321.43	.0	.7	.00	.28	4.893	.03	.5	.414	39.884	5.7	11.6		
76115	924.5636	2521.44	.0	.5	.02	.19	4.740	.03	.8	.813	39.038	6.1	6.7		
76115	1724.5736	2521.43	.0	.7	.03	.23	4.792	.03	.9	.560	38.495	5.6	5.2		
76115	3024.5736	2421.43	.0	.9	.05	.27	4.840	.03	1.0	.533	53.199	6.7	2.6		
76115	4124.5836	2421.43	.0	.8	.03	.25	4.962	.03	1.0	.667	48.336	6.4	3.5		
76115	6722.1735	9724.93	.0	.8	.00	.24	5.100	.05	.5	.621	30.376	5.0	1.2		
76124	025.6434	8723.01	3.8	3.6	.11	.50	4.896	.13	2.2	3.927	181.242	24.1	9.5		
76124	2925.6134	8623.01	3.6	3.6	.16	.56	4.667	.14	3.1	6.386	194.995	29.2	6.9		
76124	6522.1735	2624.40	6.1	4.1	.40	.94	4.300	.18	.6	.562	123.242	14.2	11.8		
76146	024.4234	7523.35	6.3	2.5	.11	.67	4.917	.15	4.2	6.692	570.133	73.9	19.5		
76146	2123.4534	7123.61	6.2	2.7	.12	.68	4.839	.24	8.6	9.867	452.763	60.2	9.2		
76146	4622.1434	7924.04	6.8	3.7	.21	.75	4.470	.21	3.7	1.448	280.562	30.8	4.9		
76170	026.9433	6521.77	.0	2.3	.01	.22	4.854	.10	1.6	1.168	85.136	11.1	4.2		
76170	2726.6634	0422.12	.0	2.4	.02	.20	4.873	.09	4.8	.591	220.202	22.1	2.8		
76170	5723.9934	4323.24	3.2	5.3	.04	.46	4.536	.21	2.5	.681	206.043	20.0	9.4		
76184	026.8933	8221.88	.0	1.4	.00	.20	4.662	.10	1.7	.535	48.636	6.1	2.6		
76184	2826.8933	8321.89	.0	2.0	.00	.20	4.717	.09	7.9	.741	86.260	10.6	21.7		
76184	5020.5934	3124.10	15.3	10.5	.76	1.14	2.485	.31	.3	1.024	114.755	14.2	29.7		
76198	026.9033	8821.93	.0	1.4	.00	.23	4.704	.11	2.7	.484	23.565	3.6	1.0		
76198	2826.9133	8821.93	.0	1.6	.00	.22	4.702	.10	4.6	.744	24.332	4.0	3.4		
76198	5929.8334	0022.04	.0	2.3	.00	.23	4.704	.34	.1	.963	30.677	5.6	2.8		
76213	024.4334	3323.02	.0	1.8	.00	.21	6.477	.07	.4	.397	27.894	3.5	6.1		
76213	4222.8434	5923.69	.0	2.7	.00	.28	5.275	.09	2.4	.712	147.894	16.9	21.6		
76213	9015.7534	3925.35	16.9	15.0	.24	1.60	2.487	.20	.7	.436	87.667	9.3	10.1		
ME 61	24.0634	9123.41	4.8	3.6	.13	.58	4.521	.13	4.1	.846	94.169	11.2	4.9		

Erklärungen zu Tabelle C

CR	= Fahrt
STA	= Station
DE	= Tiefe m
TEMP	= Temperatur Oberfläche °C
SALIN	= Salzgehalt ‰
DENS	= Dichte Oberfläche σ _t
NO ₃	= Nitrat µg-at/l
SiO ₄	= Silikat µg-at/l
NO ₂	= Nitrit µg-at/l
PO ₄	= Phosphat µg-at/l
NH ₄	= Ammoniak µg-at/l
O ₂	= Sauerstoff ml/l
CHL	= Chlorophyll <u>a</u> mg/m ³
PROD	= Primärproduktion mgC/m ³ /Tag
PH NO	= Phytoplankton Zahl/l
PH VOL	= Phytoplanktonplasmavolumen mm ³ /m ³
PH C	= Phytoplanktonkohlenstoff mg/m ³
CI C	= Ciliatenkohlenstoff mg/m ³

7.3. Lebenslauf

Am 19. Mai 1937 wurde ich in Berlin geboren. Von 1943 bis zum Abitur 1957 besuchte ich die Schule in Braunschweig. Von 1957 bis 1959 studierte ich Zoologie, Botanik und Chemie an der Albert-Ludwig-Universität, Freiburg i.Br.. Von 1959 bis 1963 war ich an der Christian-Albrechts-Universität in Kiel immatrikuliert. Neben den bisher studierten Fächern wurde Meereskunde als Hauptfach hinzugenommen. Unter der Anleitung von Professor Dr. J. KREY erstellte ich meine Doktorarbeit: "Zur Sedimentation von Seston, eine produktionsbiologische Untersuchung von Sinkstoffen und Sedimenten der westlichen und mittleren Ostsee". Am 26. Juli 1964 schloß ich das Studium mit der Promotion zum Dr.rer.nat. in Kiel ab. (Prüfungsfächer: Meereskunde, Zoologie, Chemie). Im September 1964 erhielt ich ein Stipendium des U.S. Office of Naval Research (Contract N 62558 - 3612), das mir einen 14-monatigen Aufenthalt am Oceanographic Laboratory in Edinburgh, Schottland, ermöglichte. Die Arbeiten in Edinburgh waren vor allem auf die Aufarbeitung und Auswertung von Planktonproben des Hardy-Plankton-Recorders ausgerichtet.

Von Dezember 1965 bis März 1968 war ich als wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Meereskunde in Kiel tätig. Im März 1968 nahm ich ein Angebot der University of California, San Diego, an, für zwei Jahre am Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, als Gastforscher zu arbeiten. Die dort ausgeführten Arbeiten befaßten sich mit der Auswertung von Daten der EASTROPAC-Expedition und schlossen die Teilnahme an einer Expedition in den Golf von Californien ein. Die auf dieser Forschungsfahrt gesammelten Daten wurden wie die EASTROPAC-Ergebnisse vor allem mit Hilfe eines CDC 3600 Computers aufgearbeitet und statistisch analysiert.

Seit dem 1. Mai 1970 bin ich wieder als wissenschaftlicher Angestellter in der Plankton-Abteilung des Instituts für Meereskunde an der Universität Kiel tätig.

Von 1965 bis 1971 habe ich sechs Vorträge an meereskundlichen Instituten gehalten (darunter zwei im Colloquium des Instituts für Meereskunde). In der gleichen Zeit habe ich an acht internationalen Kongressen u.a. in Edinburgh, Rom, Abidjan, Lake Arrowhead - Californien und Tokio teilgenommen und ebenfalls Vorträge gehalten.

Kiel, den 24. Mai 1971

Bent Zeitzschel

(Dr. B. Zeitzschel)