

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

Horizontale und vertikale Verteilung der Planktonproduktion im Golf von Guinea und in angrenzenden Meeresgebieten während der Monate Februar bis Mai 1964

VON WALTER NELLEN

Zusammenfassung: Von Februar bis Mai 1964 wurden im Golf von Guinea, an der westafrikanischen Küste zwischen Conakry und Lagos und im nordwestlichen Tropischen Atlantik zwischen Cape Roxo und Sargassosee auf insgesamt 77 Stationen Photosynthese, Chlorophyll-, Eiweiß-, Seston-, Detritus- und Phosphatgehalt bestimmt. Die Proben wurden täglich zur Zeit des höchsten Sonnenstandes aus den Tiefen mit 100%, 50%, 25%, 10% und 1% Oberflächenlichteinstrahlung genommen (Abb. 1). Es zeigte sich für das untersuchte Gebiet, daß hohe C-Bindung sowie hoher Chlorophyll- und Eiweißgehalt die Einstrahlungstiefe des Lichts im Wasser verminderten. Zwischen Detritusgehalt und Transparenz des Wassers bestand eine solche Beziehung nicht (Tab. 1, Abb. 2).

Aufgrund dieses Ergebnisses wurden 4 Stationsgruppen gebildet, die sich nach den Tiefen, in denen noch 1% Oberflächenlicht vorhanden war, unterscheiden. So konnten überschaubare Durchschnittswerte gebildet werden. Gruppe 1 umfaßt Stationen nordwestlich von Cape Sierra Leone und im Bereich des westafrikanischen Schelfs zwischen Conakry und Tema, Gruppe 2 Stationen vor dem Schelf zwischen Monrovia und Lagos, Gruppe 3 Stationen im zentralen Golf von Guinea, und Gruppe 4 umfaßt Stationen zwischen 19°N, 29°W und Sargassosee. Die durchschnittlichen Tiefen, in denen noch 1% des Oberflächenlichts vorhanden war, und die durchschnittlichen Secchitiefen waren für die 4 Stationsgruppen folgende:

Gruppe	1% Oberflächenlicht m	Secchitiefe m
1	36,6	12,2
2	57,8	21,0
3	72,0	26,5
4	107,0	34,0

Entsprechend den verschiedenen Tiefen mit 1% Oberflächenlicht unterschieden sich die 4 Gruppen auch durch die Tiefen mit 50%, 25% und 10% Oberflächenlicht (Abb. 3, Tab. 2).

Die Photosynthese innerhalb von 24 Stunden war in der Gruppe 1 am höchsten. Die Abnahme der Werte erfolgte von Stationsgruppe 1 zu 4 gleichmäßig, jeweils etwa um die Hälfte der vorhergehenden Werte. Der lichtökologisch günstigste Horizont für die Photosynthese lag bei 25% Oberflächenlicht (Gruppe 1: 37,8; Gruppe 2: 14,3; Gruppe 3: 6,9; Gruppe 4: 2,9 C mg/m³/Tag). Bei 10% Oberflächenlicht war die Photosynthese nur dann hoch, wenn dieser Horizont mit einem Temperatursprung zusammenfiel. Mit 100% und 50% war die eingestrahlte Lichtenergie zu stark, mit 1% zu schwach, die Photosynthese war hier überall relativ gering.

Die Chlorophyllwerte waren von Stationsgruppe 1—4 im gleichen Sinne abgestuft wie die Werte für die Photosynthese. Die Methode, mit der diese Werte gewonnen wurden, läßt es nur bei dem relativ hohen Chlorophyllgehalt der Stationsgruppe 1 zu, auf Unterschiede in der vertikalen Verteilung einzugehen. Hier fand sich der höchste Chlorophyllgehalt bei 10% Oberflächenlicht (1,47 mg/m³), trotzdem war die Photosynthese höher bei 25% eingestrahlter Lichtenergie, wo der Chlorophyllgehalt nur 1,12 mg/m³ betrug.

Die Eiweißwerte — ausgedrückt in Albuminäquivalenten — waren wieder in der Gruppe 1 am höchsten (32—36 mg/m³), es folgte die Gruppe 2 (22—26 mg/m³). In den Gruppen 3 und 4 hatten sie die gleiche Größe (10—17 mg/m³), gravierende Unterschiede in der vertikalen Verteilung wurden nicht beobachtet.

Im Gegensatz zu den anderen Meßwerten der Gruppe 4 waren die Eiweißwerte dieser Stationsgruppe relativ hoch. Dieser Umstand ist wahrscheinlich auf die hier gefundenen hohen Detrituswerte zurückzuführen, da der Detritus ein gutes Substrat für Bakterienwachstum darstellt, das wiederum eine Eiweißakkumulation durch die Nutzung gelöster organischer Substanz bewirken kann. Der Detritus wurde hier vermutlich durch die Atmosphäre zugeführt.

Die Phosphatwerte zeigten eine sehr klare Vertikalverteilung. Oberhalb der Temperatursprungschicht waren sie niedrig und stiegen unterhalb der Thermokline an, wo absterbendes Phytoplankton remineralisiert wird und die Assimilationsleistung absinkt.

Als Ursachen regionaler Produktionsunterschiede waren im Untersuchungsgebiet folgende Faktoren anzunehmen: 1. Nährstoffarmut infolge Küstenferne und fehlender Turbulenz und Divergenz (Gebiet zwischen Westafrika und Sargassosee, zentraler Golf von Guinea), 2. Nährstoffanreicherung infolge von Auftriebwasser (westlich von Conakry bis westlich von Dakar) und 3. Nährstoffanreicherung infolge von Küsteneinfluß (Schelfgebiet zwischen Conakry und Tema). Für das Gebiet zwischen Cape Palmas und Cape Three Points von Küstennähe bis ungefähr 120 sm vor der Küste ergaben sich sehr wechselhafte Produktionswerte, deren Zustandekommen aus bekannten hydrographischen Verhältnissen nicht zu erklären ist.

Ein Vergleich von in verschiedenen Meeresgebieten gefundenen Eiweiß- und Sestonwerten zeigte, daß in nördlichen Gewässern der Eiweißgehalt erheblich höher liegen kann als in den Tropen. Die Sestonwerte richten sich hauptsächlich nach den lokalen Gegebenheiten und unterliegen oft abiotischen Einflüssen.

Horizontal and vertical distribution of plankton production in the Gulf of Guinea and adjacent waters from February to Mai 1964 (Summary): Photosynthesis, amount of chlorophyll, albumen, seston, detritus and inorganic phosphate were determined on 77 stations in the Gulf of Guinea, at the West African coast, and in the north western tropical Atlantic (fig. 1). Samples were taken from depths of 100%, 50%, 25%, 10%, and 1% incident solar radiation at local noon daily.

Results: 1) High values of assimilation, as well of chlorophyll, as of albumen caused low values of transparency in the investigated area (tab. 1, fig. 2). Accordingly the 1% value of incident radiation, i.e. about the compensation depth of photosynthesis, was close to the surface in highly productive areas, but in considerable depth in areas of low production.

2) The highest assimilation rate was measured at stations north west of Cape Sierra Leone and on the West African shelf between Conakry and Tema (average C-fixation at depth of maximum photosynthesis 38 mg/m³/day, per 1 m² of sea surface 0,68 g/day, 1% incident radiation in average at 36,6 m). Photosynthesis was low in the central Gulf of Guinea and between 19°N, 29°W and the Sargasso Sea (7 respectively 3 mg C/m³/day in average at the depth of maximum photosynthesis, 0,29 respectively 0,22 g C/m²/day, 1% incident radiation in average at 72,0 m and 107,0 m respectively, tab. 2).

3) The highest values of primary production were found in the layer of 25% incident radiation. In the 10% layer photosynthesis was relatively high only when there was a thermocline at the same depth. At 100% and 50% incident radiation energy of light seemed to be too high and at 1% it was too low; in these three light layers photosynthesis was strongly depressed, sometimes falling down nearly to zero (tab. 2 and 3, fig. 3 and 4).

4) Intensity of photosynthesis and abundance of chlorophyll showed the same geographical distribution.

5) Amount of albumen was low when assimilation rate and amount of chlorophyll were low too and vice versa. Only on oceanic stations between 19°N, 29°W and the Sargasso Sea the amount of albumen was unusually high compared with other productivity data. This possibly was caused by a high amount of detritus found here also. Detritus means a good substratum for bacteria to grow.

6) Concerning the vertical distribution of phosphate low values were found above the thermocline. They increased below the thermocline where dying phytoplankton remineralises and assimilation rate decreases.

7) The reasons for differences in productivity in the investigated area were the following: a) low amount of nutrients due to lack of turbulence and divergence in the open ocean (area between West Africa and Sargasso Sea, central Gulf of Guinea); b) increase of nutrients by upwelling (west of Conakry to west of Dakar) and c) increase of nutrients by coastal influences (shelf area between Conakry and Tema).

8) By comparing the amount of albumen and seston within different areas of the ocean, where such investigations already have been made, we see that in higher latitudes the amount of albumen may be much higher than in the Tropics. The amount of seston is caused mainly by local conditions and often depends on abiotic factors.

I. Einleitung

Innerhalb des von der Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) organisierten internationalen meereskundlichen Programms für die Erforschung des tropischen Atlantik (ICITA) wurden vom Verfasser während des Programmabschnitts EQUA-

LANT III an Bord des Forschungsschiffes „Geronimo“ vom US Fish and Wildlife Service in der Zeit vom 6. Februar—9. Mai 1964 produktionsbiologische Untersuchungen durchgeführt. Das Untersuchungsgebiet gliederte sich in drei Abschnitte. Abschnitt 1 lag bis zu 80 sm vor der westafrikanischen Küste zwischen Conakry und Lagos, Abschnitt 2 zentral im Golf von Guinea von etwa 3° 30'N bis 3°S und 0° bis 8°W, und Abschnitt 3 wurde von einem Teil der Strecke gebildet, die das Schiff auf der Heimkehr nach Washington D.C. zurücklegte. Es handelte sich um den Fahrabschnitt im offenen Ozean zwischen 12°N 19°W und 34°N 63°W (s. Abb. 1). Die Lage der Stationen richtete sich nach dem im Vordergrund stehenden Programm des Bureau of Commercial Fisheries Washington D.C., das Aufschluß über die Thunfischbestände vor der westafrikanischen Küste und die Strömungsverhältnisse im atlantischen äquatorialen Unterstrom und im Guineastrom geben sollte.

II. Material und Methode.

Produktionsbiologische Untersuchungen wurden täglich zur Zeit des höchsten Sonnenstandes durchgeführt. Damit war gewährleistet, daß die Primärproduktion — ausgedrückt durch die Photosynthese des Phytoplanktons — stets unter gleichen Lichtökologischen Verhältnissen erfaßt wurde. Neben der Messung der Assimilation wurden folgende Daten gewonnen: Chlorophyllgehalt, Eiweißgehalt, ausgedrückt in Albuminäquivalenten, Seston- und Phosphatgehalt. Weiterhin wurden die Temperatur, der Salzgehalt und die Sichttiefe gemessen.

Auf insgesamt 77 Stationen wurden mit van Doorn-Schöpfern Wasserproben aus 0 m und den Tiefen mit 50, 25, 10 und 1% Sonnenlichteinstrahlung entnommen. Zur Ermittlung der entsprechenden Tiefen wurde ein Unterwasserphotometer mit einer Weston-Photronic-Zelle und ein entsprechendes Amperemeter benutzt.

Zur Messung der ¹⁴C-Assimilation diente eine Inkubatormethode. Mit Probenwasser aus den beschriebenen Tiefen gefüllte Hell- und Dunkelflaschen von 100 ccm Inhalt erhielten einen Zusatz von radioaktivem Kalziumhydrogencarbonat und wurden in einem mit Oberflächenwasser gekühlten Inkubator an Deck unter freiem Himmel exponiert, so daß die Flaschen dem gleichen Tagesgang der Beleuchtung ausgesetzt waren wie die See. Verschieden starke Graufilter im Inkubatordeckel sorgten für die den Probentiefen entsprechenden Lichtverhältnisse. Nach 24 Stunden wurde das Probenwasser durch Membranfilter filtriert, die Filter mit schwacher Salzsäure gewaschen und dann getrocknet. Die Analyse des assimilierten radioaktiven Kohlenstoffs erfolgte durch das Bureau of Commercial Fisheries, Biological Laboratory, Washington D.C.

Für die Bestimmung von Seston, Eiweiß und Chlorophyll wurden die einzelnen Komponenten durch Vakuumfiltration von 2—5 l Probenwasser auf Papierfilter (Schleicher und Schüll Nr. 575, Porenweite ca. 1,5 μ) angereichert und durch Trocknen fixiert. Die Sestonbestimmung erfolgte durch Wägung des Filters vor und nach der Filtration, dabei kann eine Genauigkeit von $\pm 100 \mu\text{g}$ erreicht werden (J. KREY 1961). Der Eiweißgehalt auf den Filtern — ausgedrückt in Albuminäquivalenten — wurde nach der von J. KREY, K. BANSE und E. HAGMEIER (1957) beschriebenen Methode bestimmt, der mittlere Fehler beträgt hierbei $\pm 10 \mu\text{g}$. An Hand der Eiweißwerte wurde nach HAGMEIER (1961) das Planktonrockengewicht berechnet. E. HAGMEIER (1964b) multipliziert dafür seine im tropischen Atlantik gemessenen Eiweißgewichte mit dem Faktor 4, dieser Faktor wurde hier aus Gründen der Vergleichbarkeit ebenfalls verwendet. Aus Plankton- und Sestongewicht wurde der prozentuale Anteil des Planktons im Seston bestimmt. Sestongewicht minus Trockenplanktongewicht ergibt das Gewicht des Detritus. Der Chlorophyllgehalt wurde durch eine Direktmeßmethode bestimmt, die

z. Z. in der Planktonabteilung des Instituts für Meereskunde Kiel erprobt wird. Dabei wird das trockene Papierfilter im Strahlengang des Photometers „ELKO II“ der Firma ZEISS bei Verwendung der Filter S 75 und I 66,2 und damit bei der Wellenlänge von 750 nm (Blindwert des Filters) und 662 nm (Chlorophyll a) auf seine Lichtdurchlässigkeit gemessen. Diese Methode liefert bisher nur grobe Anhaltswerte, die aber doch einen gewissen Aufschluß geben. Die Bestimmung des gelösten anorganischen Phosphats erfolgte an Bord unmittelbar nach der Probenentnahme. Die Temperatur auf den produktionsbiologischen Stationen wurde mit einem Bathythermographen registriert und gegen eine Thermometermessung an der Oberfläche korrigiert. Die Sichttiefe wurde mit der Secchi-Scheibe bestimmt.

Es kann in den folgenden Ausführungen nicht eine allgemein gültige Übersicht der produktionsbiologischen Verhältnisse in dem aufgesuchten Areal des tropischen Atlantik gegeben werden, dazu wäre eine Gesamtansicht aller während des ICITA-Programms erzielten Analysenwerte notwendig. Hier sollen nur die Untersuchungsergebnisse einer Reise zusammengefaßt und dabei versucht werden, etwas auszusagen über den Wert und die Deutungsmöglichkeit der einzelnen produktionsbiologischen Daten, die auf die zuvor beschriebene Weise gesammelt und analysiert wurden.

III. Die vorherrschenden ozeanographischen Verhältnisse im Golf von Guinea

Der Golf von Guinea zeichnet sich durch eine typische, wenig mächtige Deckschicht sehr warmen Wassers aus, die stabil über kälterem und weit dichterem Wasser lagert (L. LONGHURST 1962). Die Temperatursprungschicht zwischen beiden Wasserkörpern lag während der Untersuchungszeit in einer Tiefe von 10 bis 40 m. Auf der Station 270, 120 sm westlich von Conakry, befand sie sich sogar nur in 5 m Tiefe, offenbar als Folge aufsteigenden Tiefenwassers. Die Wahrscheinlichkeit, daß auf dieser Station ein solcher Vorgang stattfand und Nährstoffe aus der Tiefe herbeigeführt wurden, ist groß, da zahlreiche Fische, Vögel und Wale hier beobachtet wurden und das Wasser von Planktonorganismen teilweise rot gefärbt war. Auch die hohe Lichtextinktion des Wassers und hohe produktionsbiologische Werte sprechen dafür.

Das Untersuchungsgebiet wird von folgenden Stromsystemen beeinflusst: 1. vom Kanarenstrom, der von Norden entlang der westafrikanischen Küste äquatorwärts fließt und dann bei etwa 10°N nach Westen umschwenkt und in den Nordäquatorialstrom ausläuft. 2. vom Südäquatorialstrom, der etwa in einer Breite von ca. 120 sm auf dem Äquator nach Westen fließt. 3. vom äquatorialen Gegenstrom, der ostwärts fließend sich im Golf von Guinea mit dem Guineastrom verbindet und 4. vom äquatorialen Unterstrom, der in etwa 60 m Tiefe auf dem Äquator unter dem Südäquatorialstrom mit hoher Geschwindigkeit nach Osten fließt.

Wie aus dem Fahrtbericht der „Geronimo“ hervorgeht, befand letzterer sich während der Untersuchungszeit in einer Tiefe von 40—80 m von 00° 45'N bis 00° 45'S und zeichnete sich durch ein Salzgehaltsmaximum von über 36‰ aus. Der Äquatoriale Unterstrom im Atlantik entspricht dem Cromwell-Strom des Pazifischen Ozeans. Für den letzteren wurden hohe Austauschwerte infolge von Reibung mit dem Oberflächenwasser berechnet (K. WYRTKI u. E. B. BENNETT 1963), so daß man am Äquator eine Erhöhung der Produktion erwarten kann (R. SCHEMAINDA 1965). Auftriebszonen vor der Küste mit erhöhter Produktion waren während der Untersuchungszeit nicht zu erwarten; erst später im Jahr, von Juni bis Oktober, kommt es zu Auftriebsvorgängen zwischen Cape Palmas und Cotonu (BERRIT 1961).

IV. Die Ergebnisse der produktionsbiologischen Untersuchungen

A. Darstellungsart

Wie erwähnt, wurden die produktionsbiologischen Proben allein unter Berücksichtigung der Lichtverhältnisse und nicht der hydrographischen Verhältnisse genommen, was im Hinblick auf die Messung der Photosynthese sinnvoll erscheint. Es muß also bei der Betrachtung der gewonnenen Daten zunächst von den lichtökologischen Gegebenheiten ausgegangen werden, und erst als zweiter Schritt kann versucht werden, die gefundenen Ergebnisse auch hydrographisch zu deuten.

Tabelle 1

Photosyntheseleistung sowie Chlorophyll-, Eiweiß-, und Detritusgehalt in den Tiefen mit 50%, 25%, 10%, und 1% Oberflächenlicht in Abhängigkeit zur Tiefe in Metern

Tiefe m	n	C mg/m ³ /Tag	n	Chlorophyll mg/m ³	n	Eiweiß mg/m ³	n	Detritus mg/m ³
50% Oberflächenlicht								
3—5	17	12,04	16	0,72	16	35	16	280
6—8	31	1,93	35	0,08	35	19	35	160
9—11	16	3,41	14	0,32	14	15	14	160
12—14	9	1,22	10	0,02	10	12	10	80
25% Oberflächenlicht								
3—5	3	57,64	3	2,13	3	79	3	1270
8—10	10	39,72	9	1,07	9	37	9	150
11—14	13	19,58	13	0,57	13	29	13	110
15—18	13	13,86	13	0,27	13	19	13	140
19—22	11	9,90	14	0,02	14	22	14	130
23—26	13	5,13	12	0,01	12	14	12	170
27—31	7	6,66	8	0,00	8	19	8	70
36—40	4	1,71	3	0,00	3	13	3	270
10% Oberflächenlicht								
5—15	10	33,90	9	1,85	9	45	9	490
18—21	10	17,20	9	0,77	8	31	9	250
25—27	6	9,86	6	0,24	6	28	6	120
28—31	9	3,03	8	0,09	8	20	8	200
33—35	9	6,88	9	0,11	9	17	9	130
36—39	9	2,53	9	0,01	9	18	9	200
40—44	12	4,30	12	0,09	12	14	12	110
46—50	3	4,00	3	0,02	3	18	3	30
55—63	4	2,75	4	0,01	4	12	4	180
67—77	3	1,47	3	0,03	3	13	3	240
1% Oberflächenlicht								
10—26	3	5,35	3	1,28	3	47	3	940
30—34	7	2,33	7	0,66	7	40	7	150
36—42	7	2,76	7	0,29	7	16	7	100
46—54	5	1,23	6	0,33	6	30	6	130
58—66	17	1,10	17	0,13	17	17	17	160
67—74	19	0,60	18	0,06	18	15	18	70
75—83	6	0,26	6	0,01	6	8	6	150
94—111	8	0,12	6	0,05	6	14	6	160

Eine Berechnung der gemessenen Produktionsmenge unter einem m^2 hat den Nachteil, daß ständig verschieden hohe Wassersäulen für die Berechnung zugrunde gelegt werden, da die Dicke der euphotischen Schicht wechselt. Es wäre denkbar, daß ein relativ oligotropher Wassertyp wegen der großen Tiefe, in der u. U. noch 1% des Oberflächenlichtes vorhanden ist, in der hohen Wassersäule unter einem m^2 ähnliche produktionsbiologische Werte aufweist, wie ein relativ eutropher Wassertyp, dessen Wassersäule unter einem m^2 bis zur 1%-Tiefe klein ist. Wenn auch die Berechnung der Photosynthese unter einem m^2 bei der vorliegenden Art der Probennahme sinnvoll ist, da stets die gleiche lichtökologische Zone erfaßt wird, wäre für die Eiweiß- und Sestonwerte eine Berechnung der Menge unter einem m^2 problematisch, da ihre Verteilung mit bestimmten Lichtverhältnissen nur in lockerem Zusammenhang steht. In der folgenden Beschreibung werden — ausgenommen die Photosynthesewerte — die produktionsbiologischen Werte nur in mg/m^3 und Tiefe angegeben, also die Konzentration pro Wasservolumen in einer bestimmten Tiefe. Es ist anzunehmen, daß die Konzentration der produzierten Biomasse für ihre Nutzung durch Konsumenten die entscheidende Rolle spielt.

B. Beziehung zwischen Lichtextinktion und Produktionswerten

Stellt man die Menge von in 24 Stunden assimiliertem Kohlenstoff und die Chlorophyll-, Eiweiß- und Sestonkonzentration in Beziehung zur Dicke der euphotischen Schicht, so nehmen die Werte mit zunehmender 1%-Tiefe ab. Je tiefer die Schicht mit 50%, 25%, 10% und 1% Oberflächenlicht liegt, desto kleiner sind die in der jeweiligen Schicht gemessenen Werte, das heißt für das untersuchte Gebiet: je höher die Lichtextinktion, mit desto höheren produktionsbiologischen Werten darf auf der Station gerechnet werden. Die Detrituswerte verhalten sich anders und lassen kaum eine solche Tendenz erkennen. Nur bei einer sehr hohen Lichtextinktion ist auch der Detritusgehalt merklich erhöht, ansonsten aber bewegt er sich auf jedem Lichthorizont und in jeder Tiefe in ähnlichen Größenordnungen mit unregelmäßigen Schwankungen. Der Detritusgehalt hat also während der Untersuchungen die Lichtextinktion im Wasser nicht in dem Maße beeinflußt wie das Plankton (Tab. 1, Abb. 2).

C. Bildung von Stationsgruppen

Die Lichtextinktion kann von vornherein bei den hier durchgeführten Untersuchungen auch als ein Maß für die vermutliche Produktion dienen. Unter diesem Aspekt wurden die Stationen in 4 verschiedenen Gruppen zusammengefaßt, um so zu einer übersichtlicheren Darstellung der vorgefundenen Produktionsverhältnisse zu kommen. Als Kriterium für die Gruppenbildung wurde die Tiefe gewählt, in der noch 1% des einstrahlenden Lichtes vorhanden war. Proportional zu diesen Tiefen verhalten sich auch die anderen Lichtabsorptionstiefen und die Sichttiefe. Die Gruppe 1 enthält alle Stationen mit 1% Oberflächenlicht-Einstrahlung in 25—46 m, im Mittel in 36,6 m (mittlere Sichttiefe 12,2 m), Gruppe 2 mit 1% Oberflächenstrahlung in 47—65 m, im Mittel in 57,8 m (mittlere Sichttiefe 21 m), Gruppe 3 mit 1% Oberflächenstrahlung in 66 bis 85 m, im Mittel in 72,0 m (mittlere Sichttiefe 26,5 m). In Gruppe 4 sind die Stationen enthalten, die weit außerhalb des Golfs von Guinea lagen, nämlich zwischen Westafrika und der Sargassosee. 1% der Oberflächenstrahlung findet sich hier zwischen 74 und 137 m, das Mittel liegt bei 107,0 m (mittlere Sichttiefe 34 m). Die Tiefe, in der noch 1% des Oberflächenlichtes vorhanden ist, entspricht nach STEEMANN-NIELSEN (nach BANSE 1957) etwa der Kompensationstiefe. Sie beträgt im Mittel auf den Stationen der Gruppe 1 2,9 S (S = Secchitiefe), der Gruppe 2 und 3 2,7 S und der Gruppe 4

Tabelle 2
 Durchschnittswerte der Stationsgruppen 1—4
 (Stationen geordnet nach der Lichtextinktion des Wassers)

Stationsgruppe Nr. der Stationen	% Ober- flächenlicht	Tiefe m	Temperatur °C	C m ³ /Tag	Chlorophyll mg/m ³	Eiweiß mg/m ³	Seston mg/m ³	% Trocken- plankton im Seston	P/PO ₄ mg-atom/m ³
Gruppe 1									
Station: 23, 25, 27, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 221, 242, 246, 249, 254, 256, 262, 266, 270, 272, 274. n = 21	100 50 25 10 1	0 5,2 10,2 15,8 36,6	27,8 27,7 27,2 25,9 23,9	13,41 12,76 37,85 32,50 3,14	0,71 0,80 1,12 1,47 0,65	36 33 36 36 32	420 450 470 570 390	34 29 31 25 33	0,04 0,04 0,05 0,07 0,13
Gruppe 2									
Station: 32, 41, 45, 51, 57, 63, 74, 92, 99, 104, 123, 126, 135, 139, 150, 153, 164, 175, 196, 219, 225, 231, 237, 268, 276. n = 25	100 50 25 10 1	0 7,1 16,3 28,8 57,8	29,0 28,5 27,8 24,7 18,8	3,78 1,78 14,04 6,41 1,04	0,12 0,11 0,17 0,17 0,13	23 25 26 24 22	200 270 230 310 230	46 37 45 42 38	0,13 0,16 0,15 0,23 0,54
Gruppe 3									
Station: 68, 83, 110, 116, 154, 156, 158, 160, 162, 167, 167a, 169, 173, 179, 183, 185, 188, 189, 193, 194, 199, 204, 207. n = 23	100 50 25 10 1	0 9,6 23,4 40,5 72,0	29,4 29,3 28,6 23,9 17,5	0,76 1,76 6,90 3,37 0,49	0,09 0,02 0,01 0,06 0,05	14 11 17 14 13	100 130 130 120 120	56 34 52 47 43	0,10 0,08 0,08 0,20 0,44
Gruppe 4									
Station: 277, 279, 281, 283, 285, 287, 289, 290. n = 8	100 50 25 10 1	0 10,0 30,5 64,0 107,0	22,3 22,2 21,8 21,4 20,4	0,95 0,28 2,90 3,14 0,19	0,00 0,00 0,00 0,00 0,05	16 14 17 14 10	190 190 400 290 280	33 29 17 19 14	— — — — —

3,1 S. Die mittlere Sichttiefe wurde aus den Einzelwerten der auf jeder Station gewonnenen Sichttiefe errechnet. Die Karte Abb. 1 zeigt die Positionen der Stationen, die nach den beschriebenen Gruppen geordnet sind. Obwohl die Gruppen ohne Berücksichtigung der geographischen Lage der Stationen gebildet wurden und sich die verschiedenen Gruppen gebietsweise überlappen, ist die Gruppe 1 und 2 etwa mit dem Fahrtabschnitt 1 entlang der afrikanischen Küste zwischen Conakry und Lagos, die Gruppe 3 mit dem Fahrtabschnitt 3 und die Gruppe 4 mit dem Fahrtabschnitt 4 identisch. In Tab. 2 und Abb. 3a—h sind die weiteren Durchschnittswerte dieser 4 Gruppen enthalten.

D. Beschreibung der Meßwerte

a) Einstrahlungstiefen des Lichtes

Den Verlauf der Lichtextinktionskurven zeigt Abb. 3a. Für alle vier Lichthorizonte unter der Oberfläche ergeben sich für jede Stationsgruppe charakteristische Unterschiede in bezug auf die Tiefe in Metern.

b) Temperatur

Abb. 3b veranschaulicht den mittleren Temperaturverlauf in jeder Stationsgruppe von 100% bis 1% Oberflächenlicht. Während für die Gruppe 2 und 3 bei 25% Oberflächenlicht eine starke Temperatursprungschicht liegt, finden sich für die Stationsgruppen 1 und 4 in der gesamten euphotischen Zone keine so ausgesprochen scharfen Temperatursprünge. In der Gruppe 1 liegt der schärfste Sprung bei 25%, in der Gruppe 4 bei 10% Oberflächenlicht. Es sei darauf hingewiesen, daß bei dieser graphischen Darstellung davon ausgegangen wurde, die Größen der verschiedenen Meßwerte jeder Stationsgruppe für den entsprechenden Lichthorizont einander gegenüberzustellen. Dabei sind die Lichthorizonte ohne Rücksicht auf die mittleren Tiefen, in denen sie jeweils liegen, in gleichen Abstand voneinander gesetzt. Das bringt eine gewisse Verzerrung des Kurvenverlaufs im Hinblick auf die Schärfe der Gradientänderung von einem Horizont zum anderen mit sich.

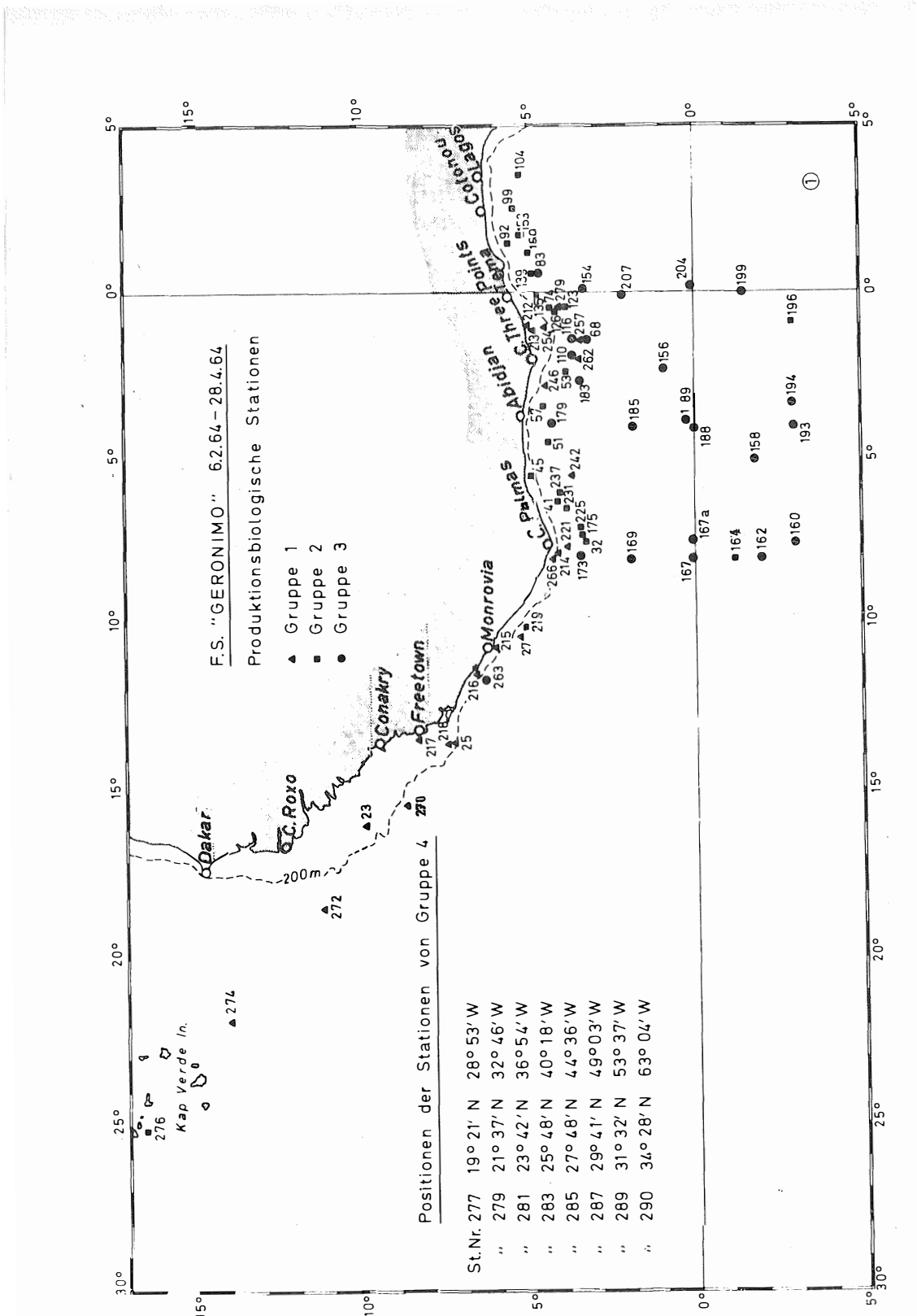
c) Photosynthese

Die Höhe der C-Bindung zeigt Abb. 3c. Sehr hoch ist ihr durchschnittlicher Wert auf den Stationen der Gruppe 1. Das Wasser mit der höchsten Lichtextinktion zeigt auch bei weitem die höchste Photosynthese in 24 Stunden (Maximum 38 mg C/m³/Tag). Im Abstand darauf folgt die Gruppe 2, in der das durchschnittliche Maximum der Assimilation mehr als 2,5 mal kleiner ist als bei der Gruppe 1, dann folgt die Gruppe 3, deren durchschnittliches Maximum wiederum nur etwa $\frac{1}{2}$ mal so groß ist wie in der Gruppe 2, und in der Gruppe 4 schließlich beträgt der Höchstwert für die C-Bindung innerhalb von 24 Stunden wiederum nur die Hälfte des Höchstwertes der Gruppe 3. Die Primärproduktion unter einem m² Wasseroberfläche beträgt ausgedrückt in gebundenem Kohlenstoff für die Stationen der Gruppe 1 = 0,677 g C/Tag, der Gruppe 2 = 0,403 g C/Tag, der Gruppe 3 = 0,292 g C/Tag und in der Gruppe 4 = 0,222 g C/Tag im Durchschnitt.

Bei der Vertikalverteilung beobachtet man ganz generell für die Horizonte, in denen 100, 50 und 1% des Oberflächenlichtes vorhanden ist, eine geringe Assimilationsleistung. Alle drei Zonen sind in bezug auf die Lichtverhältnisse ökologische Pessima. Im 1%-Horizont geht die Photosynthese wegen zu geringer Lichtenergie nahezu auf 0 zurück, und die euphotische Zone, in der noch eine positive Bilanz der Photosynthese erzielt wird, hat hier ihre recht gut markierte untere Grenze. Der Kompensationspunkt

scheint allerdings noch etwas tiefer zu liegen; daher ist bei allgemein hoher Produktionsleistung, hervorgerufen durch einen hohen Anteil von Phytoplankton, wie er für die Stationen der Gruppe 1 angenommen werden darf, im 1%-Horizont die Assimilation noch relativ hoch. Dort wo 100% und 50% des Oberflächenlichtes vorhanden sind, erleidet die Photosynthese eine erhebliche Depression infolge zu hoher Lichteinstrahlung (siehe auch YENTSCH 1963). Für die Stationsgruppen 1 und 4 finden sich die höchsten Photosynthesewerte bei 25% und 10% Oberflächenlicht. Das ist bei dem wenig klaren Wasser der Stationsgruppe 1 in 10,2 und 15,8 m Tiefe, bei dem sehr klaren Wasser der Stationsgruppe 4 in 30,5 und 64,0 m Tiefe. Für die Stationsgruppen 2 und 3 liegt das Maximum der C-Bindung bei 25% Oberflächenlicht, das ist bei 16,3 bzw. 23,4 m. Damit liegt für das untersuchte Gebiet das Maximum der Photosynthese erheblich tiefer als es YENTSCH (1963) für ozeanische Verhältnisse bei heller Sonne angibt. YENTSCH geht dabei von einer homogenen Phytoplanktonverteilung aus. Seine Maxima liegen für sehr transparentes Wasser zwischen 10 und 20 m, für durchschnittlich transparentes Wasser zwischen 5 und 10 m und für sehr wenig transparentes Wasser bei etwa 3 m. Er gibt allerdings nicht die geographische Breite an, für die diese Zahlen gelten. Diese Tiefen erscheinen für den tropischen Atlantik als zu gering. Jedoch kann bei unseren Messungen nicht von einer homogenen Phytoplanktonverteilung ausgegangen werden (s. Chlorophyllwerte der Gruppe 1). SOROKIN (1960) hat nachgewiesen, daß an Dichtesprungschichten eine Anreicherung von Phytoplankton erfolgt und dann hier ein Photosynthesemaximum auftritt, auch wenn die optimalen Lichtverhältnisse in einem anderen Horizont liegen. Die Temperaturkurven vermitteln bei den vorliegenden Untersuchungen im großen und ganzen auch den Verlauf der Dichte (Abb. 3b). In der Gruppe 1 befindet sich ein leichter Temperatursprung bei 25% und auch wieder bei 10% vorhandenen Oberflächenlichtes, die Photosynthese ist in beiden Horizonten mit wenig unterschiedlichen Werten relativ hoch. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Stationsgruppe 4. Das Wasser ist hier in der gesamten euphotischen Zone zwar nahezu homotherm, doch ein etwas schärferer Temperatursprung findet sich bei 10% Oberflächenlicht. Im 10%-Horizont ist die Photosynthese am größten. In Gruppe 2 und 3 fällt das Maximum der Photosynthese auffällig mit einer Thermokline zusammen, nämlich bei 25% des noch vorhandenen Oberflächenlichtes. Da in den einzelnen Gruppen die Werte relativ vieler Stationen enthalten sind, kann es gegebenenfalls zu einer Verwischung der natürlichen Verhältnisse kommen, unter denen die Photosynthese vom Temperaturverlauf beeinflusst wird. Zu einer weiteren Analyse wurden einige Stationen mit einem sehr typischen Temperaturverlauf und ähnlichen Photosynthesemaxima herausgegriffen und in Tab. 3 und Abb. 4a—d dargestellt. In Gruppe A—D wurden 2—9 einzelne Stationen wegen ihrer weitgehenden Ähnlichkeit in der Verteilung der Einzelwerte zusammengefaßt. Kurve A weist bei 50% einen etwas stärkeren, bei 25% des Oberflächenlichtes fast keinen Temperatursprung auf. Die Photosynthese ist im 50%-Horizont wohl schon erhöht, trotz des relativ starken Temperatursprungs hier befindet sich das Maximum jedoch erst im 25%-Horizont, wo kein so scharfer Temperatursprung liegt. Es scheinen die optimalen Lichtverhältnisse den größeren Ausschlag für die Höhe der Photosynthese zu geben. Bei 10% Oberflächenlicht wird ebenfalls noch eine hohe C-Bindung beobachtet, hier allerdings wohl hervorgerufen durch einen Temperatursprung. In Gruppe D sind die Verhältnisse entsprechend, nur sind in ihr Stationen mit einer geringen Produktion zusammengefaßt. Die Leistung

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 1):
Lage der Stationen und Stationsgruppen 1—4.



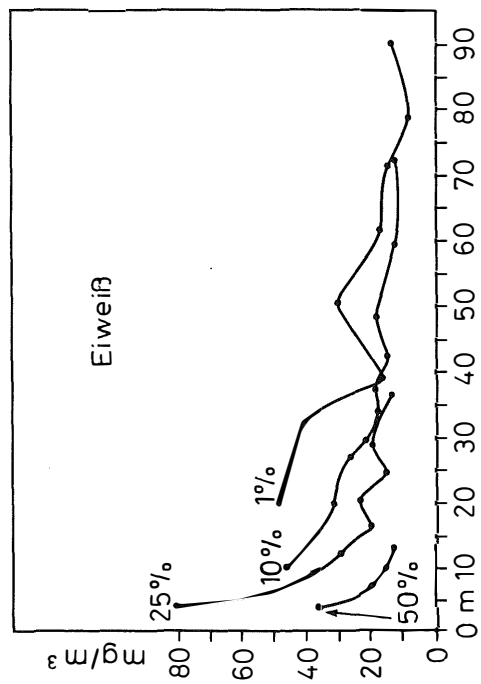
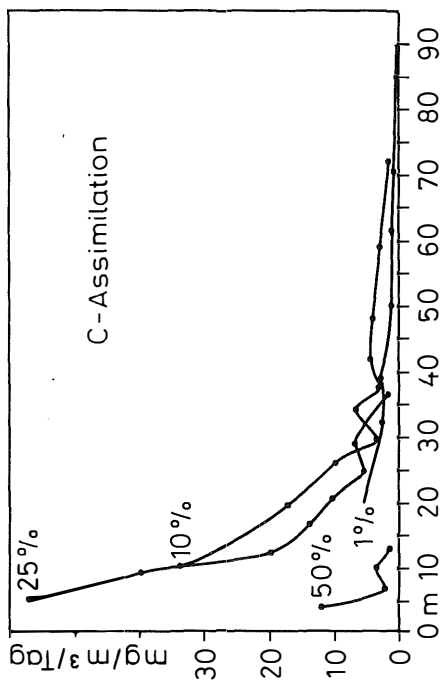
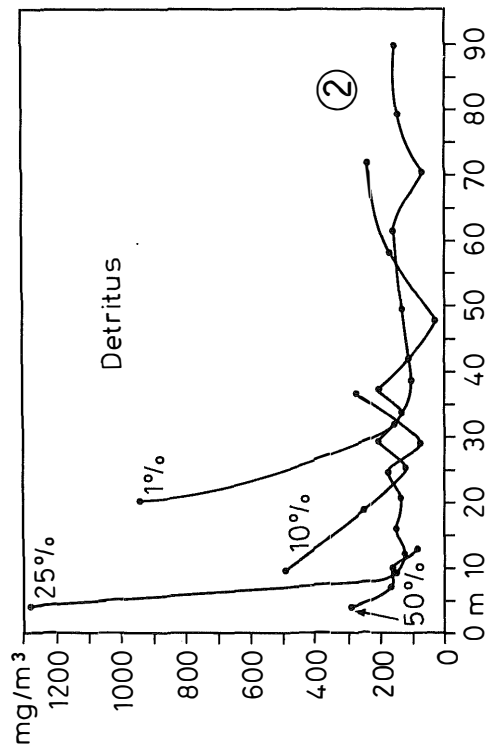
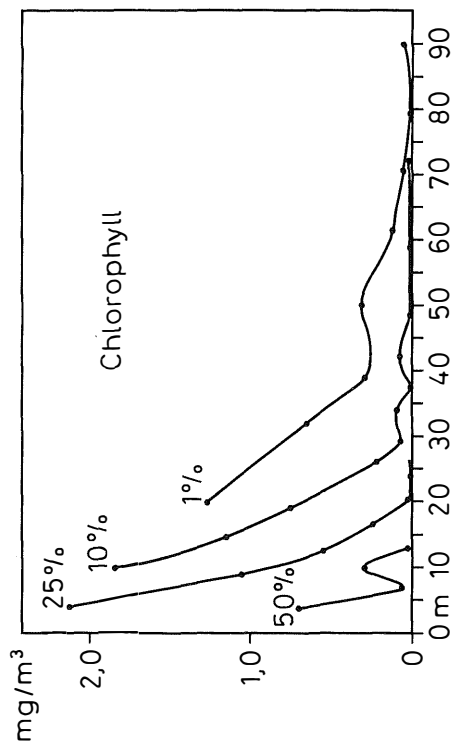
F.S. "GERONIMO" 62.64-28.4.64
 Produktionsbiologische Stationen

- ▲ Gruppe 1
- Gruppe 2
- Gruppe 3

Positionen der Stationen von Gruppe 4

St.Nr. 277	19° 21' N	28° 53' W
" 279	21° 37' N	32° 46' W
" 281	23° 42' N	36° 54' W
" 283	25° 48' N	40° 18' W
" 285	27° 48' N	44° 36' W
" 287	29° 41' N	49° 03' W
" 289	31° 32' N	53° 37' W
" 290	34° 28' N	63° 04' W

Tafel 1 (zu W. Nellen)



Tafel 2 (zu W. Nellen)

bei 50% Oberflächenlicht ist wegen der zu starken Lichteinstrahlung noch mehr unterdrückt als in der Gruppe A, so daß der Temperatursprung in der Photosynthese überhaupt nicht zum Ausdruck kommt. Interessant ist die Gruppe B. Bis zu 10% Oberflächenlicht herrscht Homothermie, und dann erfolgt ein starker Temperatursprung zum Horizont, in dem 1% Oberflächenlicht vorhanden ist. Ein hoher Wert für die Photosynthese wird bei 25% Oberflächenlicht beobachtet. Er findet seinen Grund in den günstigen Lichtverhältnissen, die hier herrschen. Bei 10% Oberflächenlicht hat die C-Bindung den gleichen relativ hohen Wert. Dieser wird durch den hier vorhandenen Temperatursprung und die dadurch nach den Beobachtungen SOROKINS auftretende Phytoplanktonanreicherung bedingt sein. In Gruppe C fallen wieder ein stärkerer Temperatursprung bei 25% Oberflächenlicht, optimale Lichtverhältnisse und Photosynthesemaximum zusammen.

Tabelle 3
Durchschnittswerte der Stationsgruppen A—D
(Stationen geordnet nach Temperaturverlauf)

Stationsgruppe Nr. der Stationen	% Ober- flächenlicht	Tiefe m	Temperatur °C	C mg/m ³ /Tag	P/PO ₄ mg-atom/m ³
Gruppe A					
Stationen: 25, 270	100	0	26,4	17,8	—
	50	4,5	26,4	23,2	—
	25	9,0	24,6	32,2	—
	10	18,5	20,5	28,6	—
	1	35,5	19,0	5,3	—
Gruppe B					
Stationen: 126, 196, 199, 207, 218, 221, 242, 256, 272. n = 9	100	0	28,4	4,8	0,05
	50	6,0	28,4	8,3	0,04
	25	12,5	28,4	23,8	0,04
	10	21,0	28,2	23,7	0,07
	1	43,0	21,9	1,6	0,17
Gruppe C					
Stationen: 92, 135, 139, 150.	100	0	28,9	5,4	0,14
	50	5,8	27,1	2,1	0,29
	25	16,0	26,6	13,5	0,23
	10	25,0	22,4	6,2	0,26
	1	57,0	18,0	0,3	0,57
Gruppe D					
Stationen: 164, 193, 204.	100	0	29,0	0,3	0,02
	50	9,3	29,0	0,4	0,03
	25	24,0	27,1	11,2	0,07
	10	37,0	23,5	5,1	0,20
	1	69,0	18,0	0,6	0,27

Zusammenfassend kann man für die Beziehung Photosynthese, Lichtverhältnisse und Temperaturverlauf im Untersuchungsgebiet folgendes aussagen: die optimalen Licht-

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 2):

Abb. 2: Höhe von Photosyntheseleistung, Chlorophyll-, Eiweiß- und Detritusgehalt in den Tiefen. mit 50%, 25%, 10% und 1% Oberflächenlicht in Abhängigkeit zur Tiefe in Metern

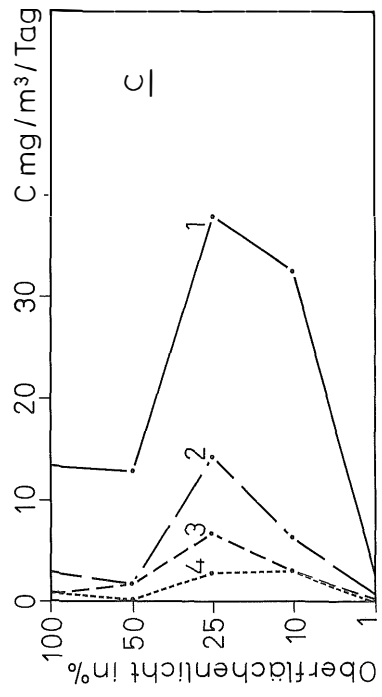
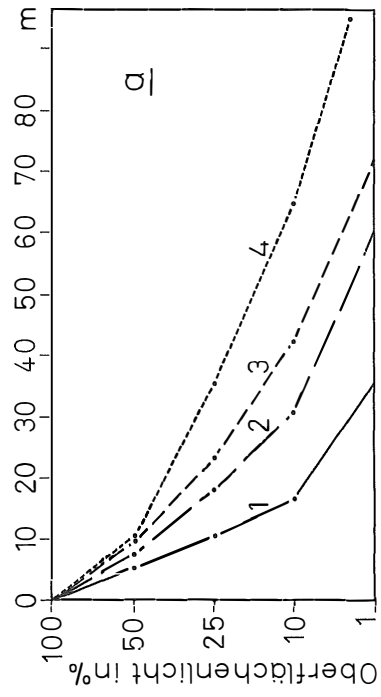
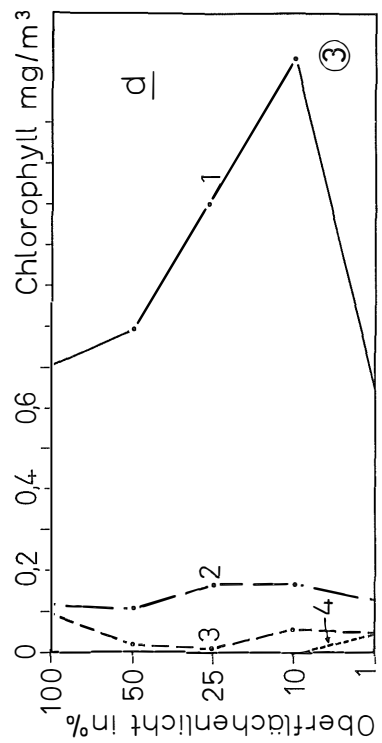
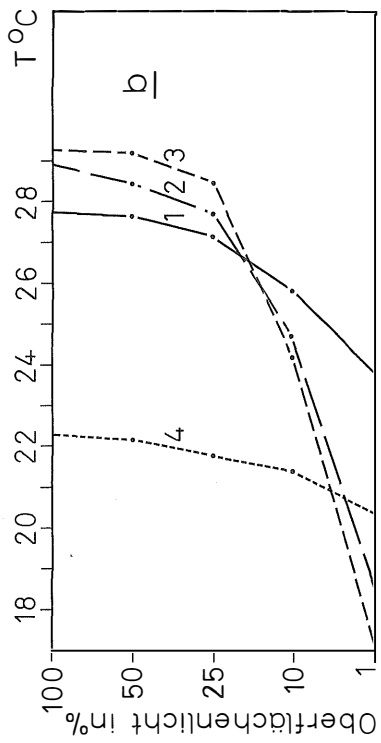
verhältnisse liegen bei 25% Oberflächenlicht, die Photosynthese erreicht hier fast in allen Fällen das Maximum, unabhängig davon, ob zusätzlich durch einen Temperatursprung das Phytoplankton besonders angereichert ist oder nicht. Bei 10% Oberflächenlicht ist die Photosynthese nur dann erhöht, wenn sich hier eine Temperatursprungschicht befindet. Sie ist dann aber praktisch nie höher als bei 25% Oberflächenlicht. Bei 100% und 50% der eingestrahnten Lichtmenge ist die Strahlungsenergie für das Phytoplankton zu hoch; selbst wenn hier ein Temperatursprung liegt, ist die Photosynthese nur wenig erhöht. Bei 1% des eingestrahnten Oberflächenlichtes ist der Kompensationspunkt nahezu erreicht. Diese Beobachtungen stehen in einem gewissen Widerspruch zu den Ergebnissen SOROKINS, da er bei geschichtetem Wasser in der euphotischen Zone das Maximum der Photosynthese immer an die Sprungschicht gebunden fand. Optimale Beleuchtung rangierte bei seinen Messungen erst an zweiter Stelle. Infolgedessen beobachtete er das Photosynthesemaximum oft in relativ großen Tiefen und zwar zwischen 40 und 50 m und tiefer. In diesen Tiefen war bei den vorliegenden Untersuchungen die Photosynthese, abgesehen von einer Ausnahme, bereits stark herabgesetzt. Da SOROKINS Untersuchungen zum größten Teil weiter nordwestlich als unsere stattfanden, ist diese Unstimmigkeit gegebenenfalls auf regionale Unterschiede zurückzuführen, eventuell ergeben sich aber auch Diskrepanzen aus den unterschiedlichen Versuchsanordnungen. SOROKIN bestimmte die Assimilation aus den verschiedenen Probentiefen unter gleicher Beleuchtung und multiplizierte die sich darin ausdrückende Menge an lebendem Phytoplankton mit dem Wert für die relative Assimilationsrate, den er dadurch erhielt, daß er gleiche Teile einer Probe in verschiedenen Tiefen verschiedenen Lichtverhältnissen aussetzte. Bei der in der vorliegenden Arbeit angewandten Methode wurden die einzelnen Wasserproben in einen Inkubator mit definiert abgestuften Lichtverhältnissen gebracht. Welche Methode biologisch die bessere ist, ist schwer zu entscheiden, es ist aber möglich, daß plötzlich veränderte Umweltbedingungen die Organismen anfänglich zu einer erhöhten Photosyntheseleistung stimulieren. U. NELLEN (1966) fand für Benthosalgen eine Erhöhung der Photosynthese, wenn z. B. der Salzgehalt plötzlich verändert wurde. Es ist denkbar, daß Phytoplanktonalgen, die aus Tiefen unterhalb der Temperatursprungschicht stammen und in einem nur mit Oberflächenwasser gekühlten Inkubator exponiert werden, durch den Temperaturschock mit einer Veränderung ihre Photosyntheseleistung reagieren. Ähnliches kann vielleicht infolge plötzlich veränderter Lichtverhältnisse passieren, wie sie bei den Assimilationsbestimmungen SOROKINS vorkamen. In-situ-Versuche, bei denen jede Probe in der Tiefe die Inkubationszeit verbringt, aus der sie stammt, ergeben die eindeutigste Klärung; gleiche Dienste würde ein Inkubator mit temperaturregelbaren Kammern leisten.

d) Chlorophyll (Abb. 3d)

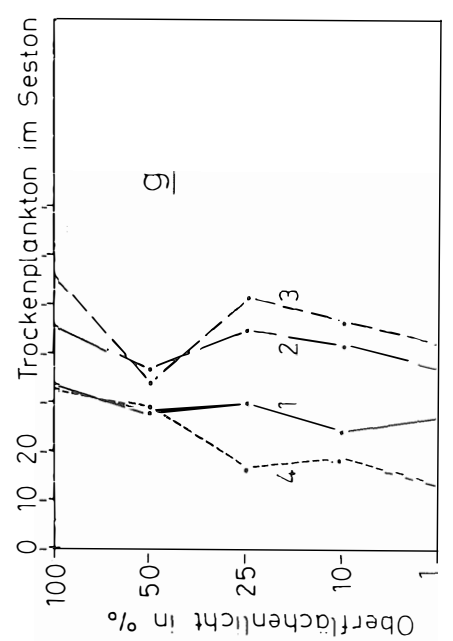
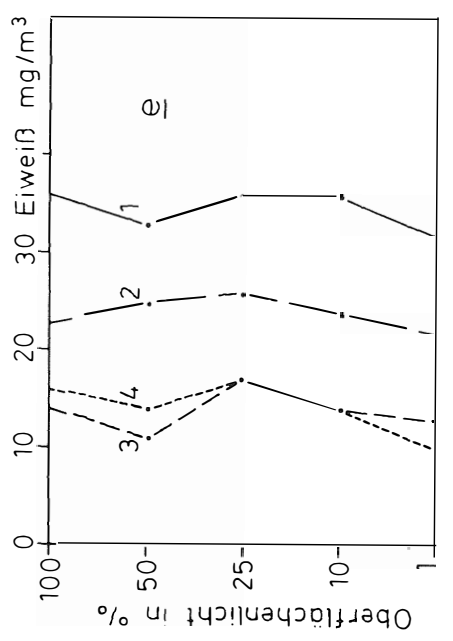
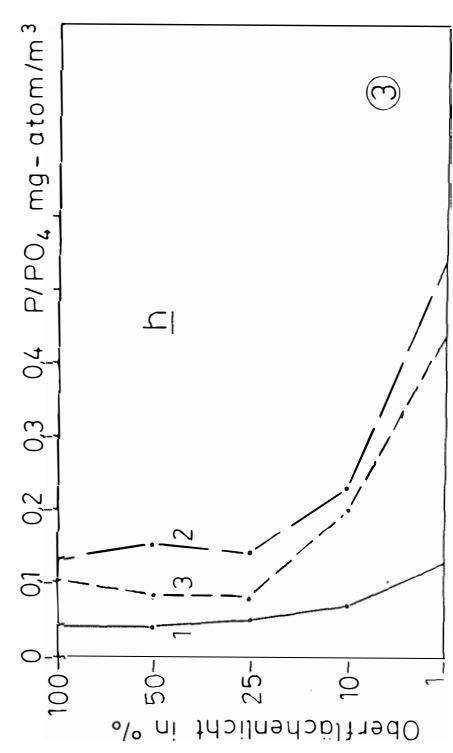
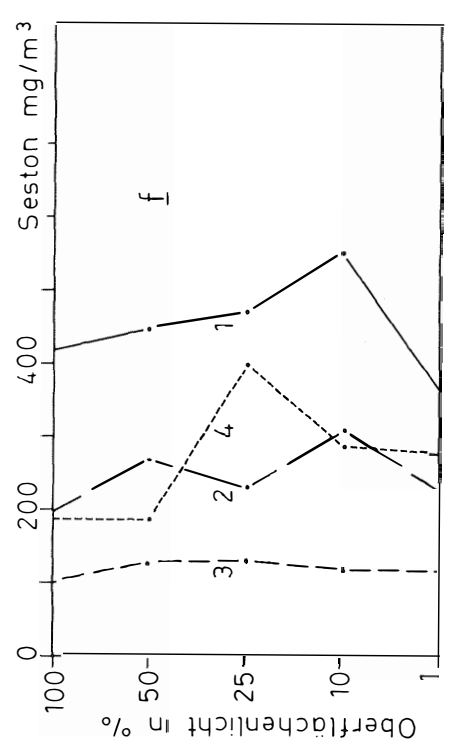
Wie erwähnt wurde das Chlorophyll mittels einer sehr groben Methode gemessen, die jedoch relativ gute Übersichtswerte liefert. Der mittlere Gehalt für Chlorophyll nimmt von Stationsgruppen 1—4 wie die Photosynthese ab. Für die Stationsgruppe 1 liegen die höchsten Werte bei 25% und 10% Oberflächenlicht, ganz entsprechend den Photosynthesewerten. Aber während diese ihr Maximum bei 25% Oberflächenlicht

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 3):

Abb. 3a—d: Durchschnittswerte der Tiefe, Temperatur, Photosyntheseleistung und des Chlorophyllgehalts bei 100%, 50%, 25%, 10% und 1% Oberflächenlicht für die Stationsgruppen 1—4. (Die Stationen wurden nach der Tiefe, in der noch 1% Oberflächenlicht vorhanden war, gruppiert.)



Tafel 3 (zu W. Nellen)



Tafel 4 (zu W. Nellen)

erreichen, liegt der höchste Chlorophyllgehalt bei 10% Oberflächenlicht. Diese Feststellung spricht wieder dafür, daß optimale Lichtverhältnisse, nicht aber die Konzentration des Phytoplanktons in erster Linie für eine hohe Photosynthese ausschlaggebend sind. Die Durchschnittswerte der Kurven 2—4 zeigen in ihrer Vertikalverteilung Unterschiede, die bei der angewandten Bestimmungsmethode nicht als real anzusehen sind. Es lassen sich hier keine brauchbaren Aussagen in bezug auf die Vertikalverteilung des Chlorophylls im Vergleich zur Assimilationsrate mehr machen. Die Chlorophyllmenge auf den Stationen der Gruppe 4 war so gering, daß sie nicht mehr erfaßt werden konnte.

e) Eiweiß (Abb. 3 e),

Der höchste Eiweißgehalt findet sich in der Stationsgruppe 1, die produktionsbiologisch auch in diesem Faktor am höchsten zu bewerten ist. Die Vertikalverteilung der Eiweißwerte der Gruppe 1 ist recht gleichmäßig, ohne besonders hohe Anreicherung in einem der fünf Horizonte, die nicht innerhalb der Fehlergrenze der Methode liegen würde. Die Stationsgruppe 2 folgt als nächste in bezug auf die Höhe der Eiweißwerte. Auch hier zeigt sich eine Abstufung in der produktionsbiologischen Wertigkeit des Wassers nach seiner Transparenz und den Photosynthese- und Chlorophyllwerten. Bei den Stationsgruppen 3 und 4 ist eine Abstufung in diesem Sinne nicht mehr vorhanden. Die Unterschiede in der Vertikalverteilung liegen innerhalb der Fehlergrenze der Methode und sind wohl nicht real, der Eiweißgehalt in den Gruppen 3 und 4 ist etwa gleich groß. Bei HAGMEIER (1961) finden sich Angaben über den prozentualen Anteil des Kohlenstoffs im Trockenplankton. Da aufgrund der Eiweißwerte überschlagsmäßig auch der Gehalt an Trockenplankton angegeben werden kann, ergibt sich daraus wiederum der ungefähre Anteil von organisch gebundenem Kohlenstoff pro Wasservolumen. Grob geschätzt sind etwa 50% C im Trockenplankton enthalten. Vergleicht man die organische Bindung von Kohlenstoff pro Tag durch die Photosynthese mit den Werten des im „standing stock“ des gesamten Mikroplanktons vorhandenen Kohlenstoffs, so entspricht der bei 25% und 10% Oberflächenlicht in der Stationsgruppe 1 in 2 Tagen photosynthetisch gebundene Kohlenstoff dem Kohlenstoff des „standing stock“ des gesamten hier gefundenen Mikroplanktons. Die maximale Primärproduktion der anderen Stationsgruppen ist geringer. In der Stationsgruppe 2 entspricht der in 3,3 Tagen, in den Gruppen 3 in 5 Tagen und in Gruppe 4 der in 12,5 Tagen durch Photosynthese gebundene Kohlenstoff dem im „standing stock“ des Mikroplanktons enthaltenen Kohlenstoff. Wie weit diese Kohlenstoffwerte jeweils Phytoplankton repräsentieren oder an Zooplankton und Bakterien gebunden sind, kann nicht gesagt werden, da die Chlorophyllwerte nicht hinlänglich zuverlässig sind.

f) Seston (Abb. 3 f)

Das Seston umfaßt die gesamte aus dem Wasser abfiltrierbare Substanz. Seine Höhe und Verteilung zeigen, daß die Gruppe 3 die niedrigsten Sestonwerte aufweist. Sie entsprechen genau dem Sestongehalt, den HAGMEIER (1964 b) für ozeanische Verhältnisse in den Tropen beschreibt. Die Stationen der Gruppe 3 liegen im zentralen Golf von Guinea. Ähnliche ozeanische Verhältnisse, die sich auch im Sestongehalt ausdrücken, sollte man für die Stationsgruppe 4 erwarten (s. Abb. 1). Merkwürdigerweise gleichen die Sestonwerte hier aber mehr denen der Stationsgruppe 2 oder gar denen der Stations-

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 4):

Abb. 3 e—h: Durchschnittswerte des Eiweiß-, Seston-, Trockenplankton- und Phosphatgehalts bei 100%, 50%, 25%, 10% und 1% Oberflächenlicht für die Stationsgruppen 1—4. (Gruppierung der Stationen s. Abb. 3 a—d.)

gruppe 1, die vorwiegend Stationen aus dem Küstenbereich umfaßt, wo hohe Produktion, Landeinfluß und teilweise auch Aufwirbelungen vom Boden her hohe Sestonwerte erklären. HAGMEIER (1964b) fand während EQUALANT II im August 1963 in dem Gebiet der Stationsgruppe 4 Sestonwerte, die um das zehnfache niedriger lagen als unsere. Wahrscheinlich bestand während unserer Beobachtungen der hohe Sestongehalt aus anorganischem Detritus, da der Gehalt an Eiweiß und auch die Primärproduktion gering waren. Eventuell sind Staubpartikel aus der Atmosphäre hier ins Wasser gelangt und haben die Werte zeitweilig erhöht. Daß große Mengen von Staub vom nordafrikanischen Kontinent her vor allem im Winter weit in den Atlantik geweht werden, geht aus der Arbeit von G. ARRHENIUS (1961) hervor. Betrachtet man in diesem Zusammenhang noch einmal die auf diesen Stationen gemessenen Eiweißwerte, so liegen sie im Vergleich zu den Sestonwerten zu niedrig, im Vergleich zur Photosyntheseleistung zu hoch. Es ist zu vermuten, daß der hohe Anteil des Detritus in Stationsgruppe 4 ein gutes Substrat für Bakterienwachstum darstellte; dieses kann dann für die relativ hohen Eiweißwerte verantwortlich sein, da sich die Bakterien u. a. von der im Wasser gelösten organischen Substanz ernähren, die normalerweise bei den Produktionsbestimmungen nicht mit erfaßt wird.

Die unregelmäßige Vertikalverteilung des Sestons in den Gruppen 1, 2 und 4 kann nicht gedeutet werden. Die Genauigkeit der Sestonwägung beträgt $\pm 0,1$ mg. Bei einer filtrierten Menge von durchschnittlich 3 l Wasser ist damit zu rechnen, daß die wahren Werte um ± 30 mg/m³ von den gefundenen Werten abweichen können.

Die von HAGMEIER (1964b) beobachteten Maxima von Eiweiß und Detritus an der Oberfläche habe ich nicht gefunden. Diese Unstimmigkeit ergibt sich aus der Art der Probennahme. Die hohen Oberflächenwerte bei HAGMEIER sind wahrscheinlich durch das Neuston bzw. durch eine Akkumulation von Partikeln am Oberflächenhäutchen (KREY 1964) bedingt, was bei unseren Proben nicht mit erfaßt wurde.

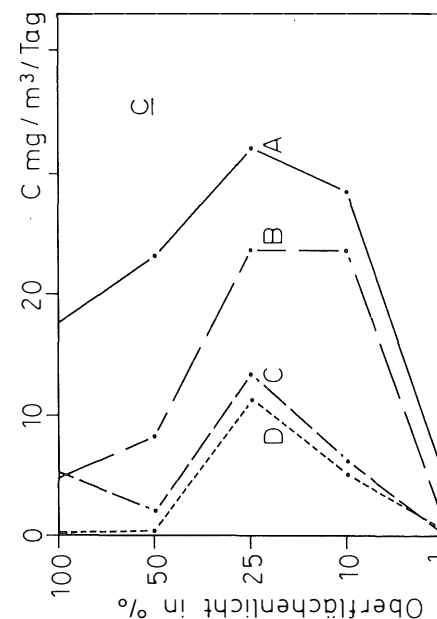
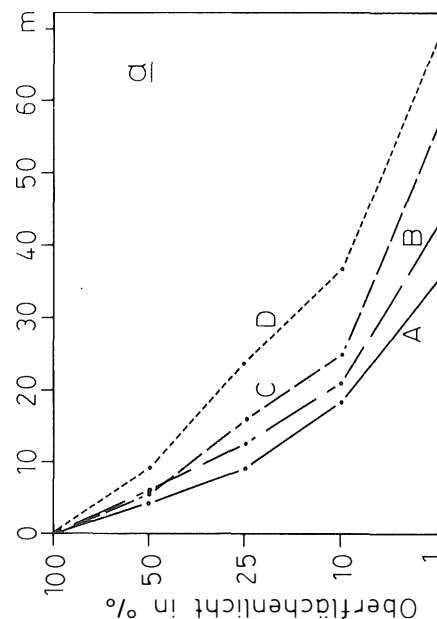
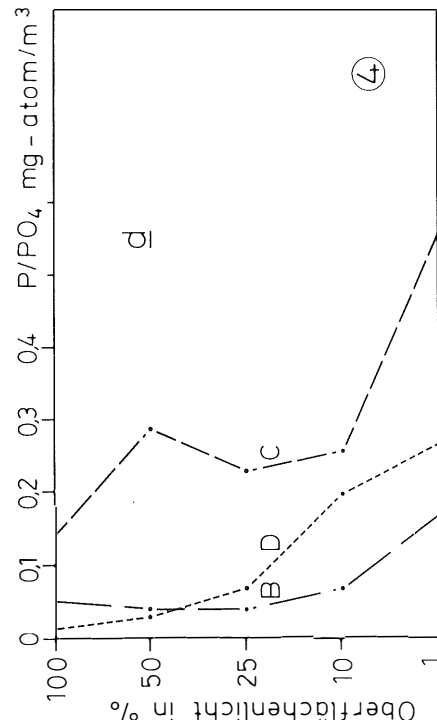
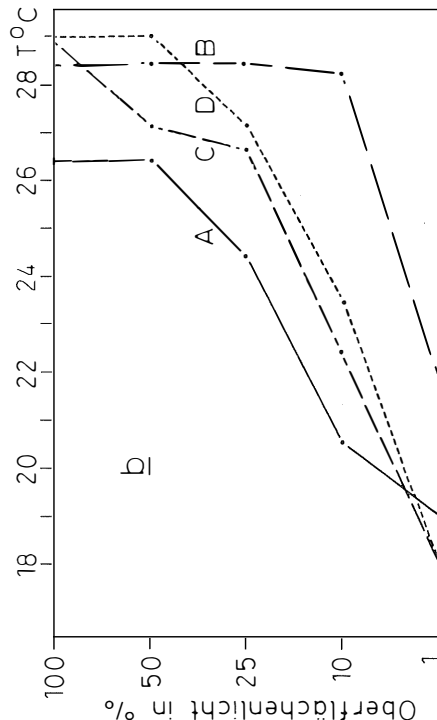
Den prozentualen Anteil des Planktons am Seston zeigt Abb. 3g. Der Planktonanteil ist hoch, etwa 50%, für das Wasser der Stationsgruppen 2 und 3. Ein hoher Prozentsatz an Plankton im Seston entspricht nach HAGMEIER wieder Verhältnissen im offenen Meer, die nach Lage der Stationen der Gruppen 2 und 3 auch mit entsprechenden Unterschieden gegeben sind. Abweichungen von den allgemeinen Verhältnissen zeigt infolge des anomalen Detritusgehaltes die Stationsgruppe 4.

g) Phosphat P/PO₄ (Abb. 3h)

Ein eindeutiges Verhalten in der Vertikalverteilung zeigen die Phosphatwerte. Bei ihnen ist deutlich eine Abhängigkeit ihrer Größen von der thermischen Sprungschicht und der Assimilationstätigkeit des Phytoplanktons zu erkennen. Unterhalb der Sprungschicht, wo die Assimilation schon stark herabgesetzt ist, steigen die Phosphatwerte für die Gruppen 1—3 erheblich an. Diese Vertikalverteilung des Phosphats im tropischen Westatlantik beschreibt u. a. schon H. SEIWELL (1935). Von den Stationen der Gruppe 4 liegen keine Phosphatwerte vor. Die Abhängigkeit des Phosphatgehalts von der thermischen Sprungschicht und den Planktonalgen läßt sich auch bei anderen Schichtungsverhältnissen erkennen. (Abb. 4b, c und d). Die Kurve D zeigt einen Anstieg der P/PO₄-Werte unterhalb des Horizonts mit 50% Oberflächenlicht, in dem die thermische Sprung-

Legende zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 5):

Abb. 4a—d: Durchschnittswerte der Tiefe, Temperatur, Photosyntheseleistung und des Phosphatgehalts bei 100%, 50%, 25%, 10% und 1% Oberflächenlicht für die Stationsgruppen A—D. (Die Stationen wurden nach der vertikalen Temperaturverteilung gruppiert.)



Tafel 5 (zu W. Nellen)

schicht liegt. Bei der Kurve B steigt der P/PO_4 -Wert unterhalb des Horizonts mit 10% Oberflächenlicht gemäß der Lage der Sprungschicht. In der Kurve C steigt der Phosphatwert nicht in Übereinstimmung mit dem Temperaturabfall bei 25% Oberflächenlicht an, sondern ebenfalls erst unterhalb des Horizonts mit 10% Oberflächenlicht. Das rührt m. E. daher, daß die Photosyntheseleistung in der Gruppe C bei 10% Oberflächenlicht noch relativ hoch ist.

Nach C. HOFFMANN (1952 u. 1956) werden in Algen anorganische Phosphate gespeichert, die z. B. bei *Fucus* 60—70% des Gesamtphosphors betragen können. Diese anorganischen Phosphate werden nach dem Absterben der Algen durch einfache Lösungsvorgänge dem Wasser wieder zugeführt. Beim Absterben von Planktonzellen werden 20—25% des gesamten in der Zelle vorhandenen Phosphors sofort als anorganisches Phosphat an das Seewasser abgegeben. 30—40% gehen als gebundenes organisches Phosphat sofort in Lösung, während der in der Zelle verbleibende Rest eine fermentative Remineralisation erfährt, die innerhalb von zwei Tagen bis zu 70% des Restphosphors betragen kann. Aus solchen Vorgängen ist der schnelle Anstieg der Phosphatwerte unterhalb der Sprungschicht zu erklären. Ein starker Abfall der Assimilationsleistung läßt auf das Absterben des Phytoplanktons schließen. In den obersten Lichtschichten ist die Assimilationsleistung zwar auch nicht groß, es findet sich hier aber noch kein absterbendes Phytoplankton und die Phosphatwerte bleiben stabil.

Die insgesamt niedrigen Werte des anorganischen Phosphats der Stationsgruppe 1 können mit der hohen Primärproduktion und dem hohen Phytoplanktongehalt auf diesen Stationen erklärt werden. Das Phosphat als wichtiger Nährstoff ist weitgehend an die pflanzlichen Zellen gebunden. Warum aber die Phosphatwerte in der Stationsgruppe 2 höher sind als in Gruppe 3, obwohl Primärproduktion und Chlorophyllgehalt in der Gruppe 2 auch höher liegen, ist aus den vorliegenden Daten nicht zu entnehmen. Da die genauen Relationen zwischen Phytoplankton, Zooplankton, Detritus und Bakterien, von denen die Auf- und Abbauvorgänge und damit der Phosphat Haushalt bestimmt werden, nicht bekannt sind, ist eine Erklärung nicht möglich. Das System, in dem die einzelnen produktionsbiologischen Größen sich bewegen, ist außerordentlich komplex, und es ist schwer, genau etwas über die Größe ihrer Beziehungen zueinander auszusagen, zumal anzunehmen ist, daß die einzelnen Relationen von Wasserkörper zu Wasserkörper wechseln und einer gewissen Dynamik unterliegen. Hinzu kommt, daß einige Einzelgrößen aus methodischen Gründen bisher nur größenordnungsmäßig ermittelt werden können.

Eine Erklärungsmöglichkeit für die Diskrepanz der Phosphatwerte in Stationsgruppe 2 und 3 wäre ein Stickstoffdefizit an Stelle eines Phosphatdefizits als limitierender Faktor der Photosynthese in der Stationsgruppe 2. Eine solche Erklärung findet BANSE (1957) für relativ hohe Phosphatwerte in der mittleren Ostsee im Sommer 1956. Er fand in der Oberschicht einen P/PO_4 -Gehalt von $0,7 \mu\text{g-atom/l}$, in den Algen war aber nur $0,01 \mu\text{g-atom/l } P/PO_4$ gebunden.

V. Vermutliche Ursachen regionaler Produktionsunterschiede

Nachdem die Größen der einzelnen produktionsbiologischen Faktoren und ihre Beziehung zueinander für die verschiedenen Stationsgruppen aufgezeigt worden sind, sollen einzelne in ihrer Produktionshöhe sich unterscheidende Stationen noch einmal näher besprochen werden. 11 Stationen mit relativ hoher Produktion liegen in unmittelbarer Nähe der westafrikanischen Küste, d. h. auf dem schmalen Schelf. Die hohe Produktion ist hier zu einem großen Teil auf Landeinfluß und gute Wasserdurchmischung bis zum Boden zurückzuführen, die Tiefe betrug auf diesen 11 Stationen nicht mehr als 80 m. Die hohe Produktion auf den drei küstenfernen Stationen in dem Gebiet

südwestlich von Conakry bis westlich von Dakar geht auf den Einfluß des Auftriebswasser mit sich führenden Kanarenstroms oder auch direkt auf Auftrieb oder Divergenz zurück. Letzteres mag besonders für die Station 270 gelten, auf der der Beginn der Thermokline bereits bei 5 m lag und in 9 m Tiefe die Temperatur um mehr als 1° C gegenüber der Oberflächentemperatur abgesunken war. Diese Station lag offenbar in der Grenze von Nordäquatorialstrom und Äquatorialem Gegenstrom.

Ein sehr wenig produktives Gebiet findet sich im zentralen Golf von Guinea etwa 3° südlich und nördlich des Äquators. Der beobachtete äquatoriale Unterstrom brachte nicht — wie erwartet — eine eindeutig erhöhte Produktion in diesem Gebiet. Das gleiche beobachtete auch HAGMEIER (1964b). Wenn man alle Stationen, auf denen sich durch einen erhöhten Salzgehalt der Unterstrom bemerkbar macht, herausgreift (Station 164, 167, 167a, 188, 189), so zeigen nur die Stationen 164, 167 und 167a eine leichte Erhöhung gegenüber den niedrigen Durchschnittswerten für dieses Gebiet:

% Oberfl.-Licht	C mg/m ³ /Tag	Albumin mg/m ³	Station
25	15,4	14	164
10	8,8	20	
25	15,2	7	167
10	0,3	23	
25	9,4	28	167a
10	3,9	5	

Auch die Station 196 weist relativ hohe Produktionswerte auf, deren Ursache in diesem offenen Meeresgebiet nicht bekannt sind.

% Oberfl.-Licht	¹⁴ C mg/m ³ /Tag	Albumin mg/m ³	Station
25	10,0	25	196
10	14,3	56	196

Die geringste Produktion findet sich auf den Stationen 277 bis 290 (siehe Karte Abb. 1). Sie alle liegen in einem Meeresgebiet mit sehr klarem, blauen Wasser, das von keiner Seite her mit Nährstoffen versorgt wird. Auffällig sind hier nur — wie schon erwähnt — die relativ hohen Sestonwerte.

Zwischen sehr hoher und niedriger Produktion stufen sich einige Stationen im Gebiet Monrovia — Cape Palmas und Tema — Lagos ein. Sie liegen in einiger Entfernung von der Küste, eben außerhalb der 1000 m Tiefenlinie und stellen einen Übergang zwischen dem an Nährstoffen reicheren Küstenwasser und dem nährstoffarmen Wasser der offenen See dar.

Während sich für fünf Areale des aufgesuchten Meeresgebietes relativ homogene produktionsbiologische Verhältnisse ergeben, die aus der Lage der Stationen erklärt werden können (offenes Meeresareal zwischen Afrika und Sargassosee, zentraler Golf von Guinea, Küstenareal, Areal mit Auftriebswasser und Areal zwischen Küste und offener See), verhalten sich die Stationen in dem Gebiet zwischen Cape Palmas und Tema von etwa 3°30'N bis 5°N sehr uneinheitlich in bezug auf die produktionsbiologischen Werte. Stationen mit sehr hoher und sehr niedriger Produktion liegen häufig dicht beieinander, sowohl in Küstennähe, wie in Küstenferne. Es kann nicht gesagt werden, wie sich die hydrographischen Faktoren hier verhalten, vermutlich aber zeigen sie eine inhomogene Verteilung verschiedener Wasserkörper.

VI. Vergleich der Ergebnisse mit denen anderer Autoren

Eiweiß- und Sestonbestimmungen werden von J. KREY und seiner Schule seit 1951 ausgeführt. Seit jener Zeit liegen zahlreiche Untersuchungen aus der Ostsee und aus verschiedenen Gebieten des Weltmeeres vor, so daß es nützlich erscheint, die im Golf von Guinea gemessenen Werte für diese beiden Komponenten mit Ergebnissen aus anderen Gebieten zu vergleichen.

H. THIELS Untersuchungen (unveröffentlicht) während EQUALANT II vom 2. bis 25. 8. 1963 im südöstlichen Golf von Guinea von 02°30'N, 0° — 13°07'S, 04°23'W und 16°05'S, 00°32'W — 05°49'S, 10°00'E erbrachten für den offenen Ozean folgende mittleren Werte (15 Stationen):

% Oberfl.-Licht	Tiefe m	Eiweiß mg/m ³	Seston mg/m ³
100	0	15,1	570
50	5,2	6,0	590
25	13,8	7,1	580
10	39,0	9,0	610
1	83,0	11,9	550

Für zwei Stationen etwa 120 sm vor der Kongomündung sind die entsprechenden Werte:

Tiefe m	Eiweiß mg/m ³	Seston mg/m ³
0	20,5	570
1,5	16,5	570
3,5	35,0	630
13,0	15,0	720
39,5	3,0	460

HAGMEIER (1964) beschreibt während EQUALANT I vorgefundene Verhältnisse. Für die Zeit zwischen Februar und April 1963 gibt er für das Gebiet vor der westafrikanischen Küste von Dakar bis Freetown (4° — 15°N, 12°30'W) folgende Durchschnittswerte an:

Tiefe m	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³	% Plankton im Seston
0	250	28	45
7	110	22	80
22	150	17	45
43	140	15	45
74	130	9	30
97	80	6	30

Durchschnittswerte auf zwei Schnitten senkrecht zum Äquator, westlich des Golfs von Guinea (4°N — 15°S/15° und 15°30'W) sind:

Tiefe m	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³	% Plankton im Seston
0	170	11	25
7	30	0	—
23	80	4	20
46	100	5	20
74	100	3	10
96	100	3	10

Während EQUALANT II fand HAGMEIER im Sommer 1963 im offenen tropischen Atlantik (39°N — 22°S, 25° — 59°W) folgende Durchschnittswerte:

Tiefe m	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³	% Plankton im Seston
0	80	17	85
5	40	12	100
15	30	10	100
25	40	11	100
35	50	12	95
49	30	9	100
70	40	11	100
94	40	11	100

Für ein anderes ozeanisches Gebiet, für den Indischen Ozean zwischen Australien und Indonesien gibt HAGMEIER (1964a) nachstehende mittlere Werte an:

Ozeanische Stationen			
Tiefe m	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³	% Plankton im Seston
0	160	18	40
9,5	170	26	55
25	170	28	60
50	160	29	65
75	140	27	65
100	130	21	55

Schelfstationen I				Schelfstationen II			
Tiefe m	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³	% Plankton im Seston	Tiefe m	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³	% Plankton im Seston
0	190	15	30	0	610	14	10
8	190	24	30	9	930	24	10
25	230	32	50	22	1020	26	10
550	250	30	40	52	1250	34	10
75	240	29	40				
100	420	30	25				

Aus nicht tropischen Meeresgebieten teilt KREY (1964) Mittelwerte für den Nordatlantik mit:

südlicher Nordatlantik					
Winter			Sommer		
Tiefe m	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³	Tiefe m	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³
0	900	44	0	580	55
9	400	41	10	280	53
26	220	21	22	230	32
39	530	78	39	170	26
50	310	14	47	190	7
97	180	13	96	90	22

nördlicher Nordatlantik

Tiefe m	Winter		Tiefe m	Sommer	
	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³		Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³
0	610	28	0	1810	65
10	850	23	9	1450	54
25	800	19	25	1260	43
50	730	20	39	1260	37
87	650	19	50	950	31
			84	840	35

In dem Neben- und Brackwassermeer Ostsee fand BANSE (1957) im Sommer 1956 im Gebiet östlich von Bornholm bis zum Finnischen Meerbusen durchschnittlich folgende Mengen:

	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³	Chlorophyll mg/m ³	% Plankton im Seston
Warme Deckschicht	240	29	0,94	33
Sprungschicht . .	400	28	1,41	25
Kalte Zwischen- schicht	120	13	0,31	25
Bodenschicht . . .	220	10	0,00	10

KREY (1952): Flensburger Förde

Kieler Bucht (April 1951)

	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³	Chloro- phyll mg/m ³	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³	Chloro- phyll mg/m ³
Oberschicht .	2480	156	7,1	1270	120	2,6
Unterschicht .	1450	58	1,9	1730	108	2,0

KREY (1961): IMK-Jahresmittel Kieler Bucht

	Seston mg/m ³	Eiweiß mg/m ³
1958	1013	66
1959	1271	74
1960	1840	99

Ein Vergleich mit den Werten der Tabelle 2 unserer Untersuchungen zeigt, daß die höchsten Eiweißwerte von etwa 60—150 mg/m³ im April 1951 in der Flensburger Förde und in der Kieler Bucht gefunden wurden, also in dem Gebiet eines Nebenmeeres, das durch Landeinfluß und starke Turbulenz einen hohen Eutrophiegrad aufweist. Zudem wurden die Messungen zu einer Zeit besonders hoher Planktonentwicklung durchgeführt. Aber auch die Jahresdurchschnittswerte aus der Kieler Bucht ergeben mit 70—100 mg/m³ einen hohen Eiweißgehalt. Weitere hohe Durchschnittswerte für Eiweißmessungen zeigen die Untersuchungen aus dem Nordatlantik (30—65 mg/m³), besonders die Sommerwerte sind beachtlich hoch. Die hohen Eiweißwerte nördlicher Gewässer wurden in vergleichbaren Gebieten der Tropen nicht gefunden. Für diesen ozeanischen Bereich liegen die für den vorliegenden Vergleich höchsten Durchschnittswerte bei 36 mg/m³, die im Auftriebsgebiet vor der westafrikanischen Küste und in westafrikanischen Küstengewässern gemessen wurden (Gruppe 1 unserer Untersuchungen). Etwas niedriger liegen die Eiweißkonzentrationen, die HAGMEIER

auf dem australischen Schelf fand (um 30 mg/m^3). Diese Werte ähneln den von BANSE im Sommer 1956 in der offenen Ostsee ermittelten Durchschnittsgewichten. Die Eiweißkonzentration unserer Gruppe 2 ($20\text{--}25 \text{ mg/m}^3$) ist vergleichbar mit den relativ hohen Werten im offenen Ozean zwischen Australien und Indonesien, den Meßwerten zwischen Dakar und Freetown (HAGMEIER 1964a und b) und den Werten vor der Kongomündung (THIEL 1963). Die niedrigsten Eiweißgehalte wurden im offenen tropischen Atlantik gefunden. Im Golf von Guinea und im nordwestlichen tropischen Atlantik lagen die Werte noch zwischen 7 und 17 mg/m^3 (HAGMEIER, THIEL und Verfasser), doch extrem niedrig waren sie westlich des Golfs von Guinea, mit Konzentrationen, die zumeist unter 5 mg/m^3 und damit nahe an der Grenze der Bestimmungsmethode liegen.

Die Eiweißwerte lassen sich gut für eine teilweise Beschreibung der Produktionskraft des Wassers verwenden. Sie geben eine gewisse Auskunft über den „standing stock“ des Mikroplanktons, der in eutrophen nördlichen Gewässern nachweislich größer ist als in den Tropen. Die meisten der hier angeführten Mittelwerte sind jedoch Augenblickswerte, die durch Messungen über längere Zeiträume hin bestätigt oder ergänzt werden sollten. Zudem sollte neben den Eiweißwerten stets die Photosynthese erfaßt werden und damit neben dem vorhandenen, augenblicklich nutzbaren Mikroplankton auch die Aktivität der Aufbauvorgänge. Sie kann in den Tropen wegen der zur Verfügung stehenden größeren Energiemenge u. U. sehr viel höher sein als in nördlichen Gewässern, so daß ein Abweiden des „standing stock“ in niederen Breiten viel schneller ergänzt werden wird als in höheren, wobei natürlich die Versorgung mit Nährstoffen wiederum eine erhebliche Rolle spielt.

Beim Vergleich der Sestonwerte aus den verschiedenen Meeresgebieten zeigt sich, daß vor allem Landeinfluß die Werte erhöht, eingeschwemmte und aufgewirbelte Partikel spielen hier eine große Rolle. Aber auch in ozeanischen Gebieten kann der Sestonanteil im Vergleich zur Albuminkonzentration unverhältnismäßig hoch sein. Hier kann als tote anorganische Substanz z. B. feinputikuläres Material aus abtauenden Gletschern die Werte erhöhen (KREY 1964). Für die hohen Sestonwerte der Stationsgruppe 4 unserer Untersuchungen wurde eine Staubzuführung aus der Atmosphäre vermutet. Die von THIEL gefundenen Sestonwerte im südöstlichen Golf von Guinea liegen so unverhältnismäßig hoch, daß eine Fehlbestimmung angenommen werden muß, erklärlich etwa dadurch, daß die Filter nicht mit destilliertem Wasser nachgewaschen wurden und so ein gewisser Salzanteil zu dem Sestongewicht hinzukommt.

VII. Schlußbetrachtung

Die vorliegende Darstellung der produktionsbiologischen Daten, die auf der dritten Reise des US-Forschungsschiffs „Geronimo“ anlässlich des Abschnitts EQUALANT III innerhalb des ICITA-Programms erhalten wurden, können zunächst nur dazu dienen, die in dem Untersuchungsgebiet auftretenden Größenordnungen der verschiedenen Werte zu beschreiben. Eine umfassende Betrachtung der produktionsbiologischen Vorgänge im Golf von Guinea und weiterhin im gesamten tropischen Atlantik kann erst unter Berücksichtigung der genauen hydrographischen Verhältnisse und aller anderen, insbesondere auch der zu anderen Jahreszeiten erhaltenen produktionsbiologischen Untersuchungsergebnisse erfolgen. Das innerhalb des ICITA-Programms gewonnene Material bedarf in vielerlei Richtung noch der wissenschaftlichen Bearbeitung. Erst dann wird man für die verschiedenen Vorgänge auch eine Kausalität ermitteln können. Viele Probleme bauen sich auf anderen, die zunächst einer Klärung bedürfen, auf.

Ich möchte diese Arbeit abschließen mit meinem Dank an Herrn Professor Krey, der mir die Teilnahme an dem internationalen meereskundlichen Programm ermöglichte, mir während dieser Zeit in jeder Hinsicht half und mich unterstützte; an Dr. T. S. Austin, den Direktor des Biological Laboratory des US Fish and Wildlife Service Washington D.C. und seine Mitarbeiter, deren großzügige Gastfreundschaft mich tief beeindruckte, an Herrn Kapitän G. Hood und die kameradschaftliche Besatzung der „Geronimo“ sowie an die Deutsche Förderungsgesellschaft für Entwicklungsländer, die aus Mitteln des Bundesministeriums für Landwirtschaft und Forsten die finanziellen Kosten meiner Teilnahme an den Untersuchungen im tropischen Atlantik trug und schließlich an die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die die Untersuchungen mit Sachmitteln unterstützte.

Literaturverzeichnis

- ARRHENIUS, G. (1961): Geological Record on the Ocean Floor. In Oceanography, edited by M. SEARS, Publ. No. 67, Washington D.C.: 129—148. — BANSE, K. (1957): Ergebnisse eines hydrographisch-produktionsbiologischen Längsschnitts durch die Ostsee im Sommer 1956. II: Die Verteilung von Sauerstoff, Phosphat und suspendierter Substanz. Kieler Meeresf. 23: 186—201. — BERRIT, G. R. (1961): Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. Observations de surface le long des lignes de navigation. Cahiers Oceanographiques, XIII^e année, 10. no. 715—729. — HAGMEIER, E. (1961): Plankton-Äquivalente (Auswertung von chemischen und mikroskopischen Analysen). Kieler Meeresf. 17: 32—47. — HAGMEIER, E. (1964a): Zum Gehalt an Seston und Plankton im Indischen Ozean zwischen Australien und Indonesien. Kieler Meeresf. 20: 12—17. — HAGMEIER, E. (1964b): Zum Gehalt an Seston und Plankton im tropischen Atlantik. Helgol. Wiss. Meeresunters. 11: 270—286. — HOFFMANN, C. (1956): Untersuchungen über die Remineralisation des Phosphors im Plankton. Kieler Meeresf. 12: 25—36. — HOFFMANN, C. und REINHARDT, M. (1952): Zur Frage der Remineralisation des Phosphors bei Benthosalgeln. Kieler Meeresf. 8: 135—144. — KREY, J. (1952): Die Untersuchung des Eiweißgehaltes in kleinen Planktonproben. Kieler Meeresf. 8: 164—172. — KREY, J. (1961): Beobachtungen über den Gehalt an Mikrobiomasse und Detritus in der Kieler Bucht 1958—1960. Kieler Meeresf. 17: 163—175. — KREY, J. (1964): Die mittlere Tiefenverteilung von Seston, Mikrobiomasse und Detritus im nördlichen Nordatlantik. Kieler Meeresf. 20: 18—29. — KREY, J., BANSE, K. und HAGMEIER, E. (1957): Über die Bestimmung von Eiweiß im Plankton mittels der Biuretreaktion. Kieler Meeresf. 13: 35—40. — LONGHURST, A. R. (1962): A review of the Oceanography of the Gulf of Guinea. Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire 24: 633—663. — NELLE, U. (1966): Über den Einfluß des Salzgehalts auf die photosynthetische Leistung verschiedener Standortformen von *Delesseria sanguinea* (L.) LAMOUR und *Fucus serratus* L. Helgoländer wiss. Meeresunters. 13: 288—313. — SCHEMAINDA, R. (1965): Meereskundliche Verhältnisse der Fischereigebiete vor der Westküste Afrikas. (In: Die Fischerei an der Afrikanischen Küste.) Fischerei Forsch. Wiss. Schriftenreihe 3. — SEIWELL, H. R. (1935): The Annual Organic Production and Nutrient Phosphorus Requirement in the Tropical Western North Atlantic. Journ. Du Cons. 10: 20—32. — SOROKIN, J. I. (1960): Vertical Distribution of Phytoplankton and the Primary Organic Production in the Sea. Journ. Du Cons. 26: 49—56. — WYRTKI, K. und BENNETT, E. B. (1963): Vertical eddy viscosity in the Pacific equatorial undercurrent. Deep Sea Res. 10: 449—455. — YENTSCH, C. S. (1963): Primary Production. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 1: 157—175.