

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.

Zum Gehalt an Seston und Plankton im Indischen Ozean zwischen Australien und Indonesien

VON ERIK HAGMEIER

Zusammenfassung: Im Ursprungsgebiet der Südäquatorialströmung findet man erhöhte Werte von Seston und Plankton. Die auf einer Fahrt mit H. A. M. S. DIAMANTINA im Juli und August 1961 gefundenen Daten sind für die Oberschicht in den Abb. 2—7 und für ausgewählte Vertikalserien in Abb. 9—13 zusammengestellt. Eine Deutung durch die hydrographischen Verhältnisse wird versucht. Tab. 1 und 2 enthalten Schicht-Mittelwerte für das untersuchte Gebiet.

Particulate Matter (Seston) and Microbiomass between Australia and Indonesia (Summary): Some results are given from H. A. M. S. DIAMANTINA cruise 3/61 in July—August 1961. The data for the surface layer are presented in fig. 2—7, for selected casts in fig. 9—13, the values for definite levels are summarized in tables 1 and 2. Seston and microbiomass content is increased under the influence of the South Equatorial Current, and in shallow waters.

Einleitung

Die Erforschung des Indischen Ozeans wird in der Gegenwart durch Wissenschaftler und Schiffe vieler Nationen vorangetrieben. Das Ziel ist vor allem ein Verständnis von Entstehung und Ablauf der Wasserbewegungen, von Stoffhaushalt und Lebensvorgängen; darüber hinaus hofft man neue Nahrungsquellen für die Bevölkerung der Anliegerstaaten zu erschließen.

Nach der Anregung durch das Special Committee on Oceanic Research (SCOR) wurden 1959—61 die ersten Untersuchungen vor allem durch Meereskundler Australiens, Rußlands und der Vereinigten Staaten ausgeführt. Das australische Interesse war dabei auf den süd-östlichen Teil des Indischen Ozeans konzentriert. Auf einer der Forschungsfahrten mit H. A. M. S. DIAMANTINA im Juli und August 1961, unter der Leitung von D. TRANTER, konnten vom Kieler Institut für Meereskunde der Verfasser und U. RABSCH teilnehmen und biologische und chemische Beobachtungen zusammen mit den Kollegen der Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (C. S. I. R. O.) ausführen¹⁾.

Die Veröffentlichung aller Daten von dieser Reise soll in Kürze erfolgen. Schon jetzt und an dieser Stelle erscheint eine Darstellung der Ergebnisse von Seston- und Eiweißbestimmungen reizvoll, damit der Leser sie mit den von KREY veröffentlichten Werten aus dem Atlantischen Ozean vergleichen kann. Zur Ergänzung der eigenen Messungen sollen einige allgemeinere und von der DIAMANTINA-Fahrt schon bekannte Daten herangezogen werden. Eine vollständigere Deutung und Darstellung wird mit Hilfe der übrigen Ergebnisse erst nach Erscheinen des cruise report (C. S. I. R. O. 1964) möglich sein.

¹⁾ Zu großem Dank verpflichtet sind wir Herrn Prof. Dr. J. KREY für die Anregung und Vermittlung dieser Teilnahme, der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Bereitstellung der Mittel, Herrn Dr. G. F. HUMPHREY und seinen Mitarbeitern der Division of Fisheries and Oceanography der C. S. I. R. O. für die Einladung und tatkräftige Unterstützung, und Schiffsführung und Besatzung der DIAMANTINA für alle freundliche Hilfe.

Frl. U. GROSSER und Frau M. DOLZ danke ich sehr für ihre sorgfältige Mitarbeit bei Analysen und Berechnungen.

Die Wasserkörper, ihre Bewegungen und Eigenschaften

Während des Nordsommers herrscht im untersuchten Gebiet zwischen einem Hoch über Australien und einem Tief über Asien ein recht beständiger und zeitweise kräftiger Südost-Monsun. Die dadurch an der Meeresoberfläche angeregte Wasserbewegung hat zwischen Australien und Indonesien nördliche und westliche Richtungen. Sie stellt den Anfang der Südäquatorialströmung dar, deren Stromstrich dicht unter der Küste von Java verläuft. Das Zirkulationsschema zeigt Abbildung 1.

Bei Überlegungen über die Ergänzung des nach Westen transportierten Wassers hatte man Auftriebserscheinungen vor der australischen Nordwest-Küste vermutet (SCHOTT 1933, WYRTKI 1961). An den Oberflächen-Temperaturen ist jedoch gewöhnlich nichts Besonderes zu bemerken: die Isothermen verlaufen im wesentlichen zonal. Unmittelbar bei den indonesischen Inseln finden sich dagegen erniedrigte Werte. Hier sorgen die oft etwas ablandige Westströmung und ihre Quercirkulation für eine Ergänzung des Oberflächenwassers aus der Tiefe; WYRTKI (1962) konnte diesen vertikalen Transport abschätzen.

Die Temperaturverteilung in der Tiefe zeigt, wie das kalte Zwischenwasser der Oberfläche im Norden am nächsten kommt (vergl. Abbildungen 9, 12 und 13). Die Schrägstellung der Temperatur-Sprungschicht wird durch die Westströmung in der Deckschicht aufrecht erhalten. In 200 m Tiefe (Abbildung 2) ist der Temperaturgradient dem an der Oberfläche im wesentlichen entgegengerichtet. Deutlich zeichnet sich hier das Auftriebsgebiet vor Java ab. Der Verlauf der Isothermen von 15° aufwärts läßt erkennen, daß auch vor der Nordwest-Küste Australiens kaltes Wasser aufsteigen kann (vergl. auch WYRTKI 1962, Abb. 7). Bemerkenswert ist schließlich der einmal gemessene Wert unter 16° , wo man 19° erwarten könnte. An dieser Stelle ist auch der Phosphatgehalt anomal, auf das dreifache gegenüber der Umgebung erhöht (WYRTKI 1962). Eine Anreicherung der Oberschicht kann also offenbar auch lokal, durch Wirbel geringen Umfangs etwa, erfolgen.

Die Wasserversorgung für den Anfang des Südäquatorialstromes geschieht vor allem von Südwesten her, dazu kommen das erwähnte Auftriebswasser und ein Zustrom von Norden und Osten aus dem Bereich der indonesischen Inseln. Wegen der hohen Niederschläge dort ist dieses Wasser durch einen relativ geringen Salzgehalt gekennzeichnet. Im hier behandelten Gebiet nimmt der Salzgehalt an der Oberfläche von Norden nach Süden und auch mit der Tiefe zu. Hinweise auf die tieferen Wasserkörper werden bei der Besprechung der Sestonverteilung gegeben.

Wichtig für die folgenden Kapitel sind außerdem die starken Gezeitenströmungen über dem Schelf Nordwest-Australiens, die für eine gute Durchmischung sorgen.

Die Verteilung des Planktons

Quantitative Angaben über das Zooplankton im östlichen Indischen Ozean wurden schon von TRANTER (1962) veröffentlicht. Sie gründen sich auf Fänge mit dem CLARKE-BUMPUS-Netz von 0,26 mm Maschenweite, wobei die Menge des gefilterten Wassers durch die Umdrehungen eines Propellers in der Netzöffnung gemessen wird. Gebiete, für die man nach dem letzten Kapitel eine günstige Nährstoffversorgung erwarten kann, sind durch einen hohen Zooplanktongehalt ausgezeichnet. Nach Abbildung 3 findet man vor den indonesischen Inseln und auf dem australischen Schelf Werte von über 100 mg Plankton-Frischgewicht im m^3 , während im offenen Indischen Ozean die Zooplankton-Biomasse unter $25 \text{ mg}/m^3$ liegt. Diese Zahlen gelten auf dem Schelf für eine Wassersäule bis in Bodennähe und in tieferem Wasser bis 200 m.

Dieser von TRANTER festgestellte Bestand stimmt in der Größenordnung mit den von dem russischen Forschungsschiff VITYAZ im Nordwinter 1959/60 gemachten Beobachtungen überein (für einen Vergleich kann man die von BOGOROV & RASS 1961 angegebenen Trockengewichte in Frischgewicht umrechnen). Auf dem australischen Schelf wurden von den Russen keine Daten gemeldet. Vor dem Nordwestkap fanden sie ein ausgedehntes planktonreiches Gebiet.

Zur Erfassung des Mikroplanktons wurden auf der DIAMANTINA 5-Liter-Wasserproben zentrifugiert und die Organismen unter dem Mikroskop bei Fluoreszenz anregendem Licht gezählt. Die Ergebnisse sind mir noch nicht bekannt; sie werden die nötige Sicherung der Planktondaten erlauben, die zunächst nur aus Eiweißbestimmungen abgeleitet wurden (Abbildung 4). Diese Bestimmung der Albumin-Äquivalente erfolgte nach KREY, BANSE & HAGMEIER (1957) an der auf Papierfiltern (Porenweite ca. 1 μ) aus gewöhnlich 4,5 l Wasser angereicherten Substanz. Da mir die Zusammensetzung des Planktons an verschiedenen Stationen durch eigene Zählungen bekannt ist, konnte ich nach den von HAGMEIER (1961) errechneten Faktoren die Biomasse (das Lebendgewicht) des Mikroplanktons abschätzen. Die in Abbildung 4 gegebenen Zahlen sind IMK-Werte¹⁾, mittlere Konzentrationen für die oberen 100 m, meistens aus 6 Einzelbestimmungen gewonnen. Die erhaltene Verteilung ist nicht eindeutig, aber doch noch etwa auf die nährstoffreichen Wasserkörper bezogen. Erstaunlich sind die hohen Werte unter dem 110. Längengrad; hier war der Anteil des Zooplanktons höher als gewöhnlich. Das Verhältnis der Biomasse aus Netzfängen zu der auf den Papierfiltern beträgt im Mittel 1:8.

Für einige Stationen wird in den Abbildungen 9—13 die Verteilung der Eiweißwerte (bzw. des Mikroplanktons) mit der Tiefe gezeigt. Station 193 (UNESCO Reference Station 1) dürfte nicht mehr von der Küste beeinflusst sein. Das Mikroplankton befand sich im wesentlichen in der warmen Deckschicht, die Menge ist für ozeanisches Oberflächenwasser größer als erwartet. Ein ausgeprägtes Maximum wurde nicht beobachtet, wohl aber auf Station 185. 70 mg/m³ Eiweiß gehört zu den höchsten für diese Reise gemessenen Werten. Wahrscheinlich stammt dieses Eiweiß aus Zooplankton: die Zahl der Phytoplankter war in 75 m nicht erhöht. An Station 159 vor der Küste von Java wurde dagegen eine Diatomeenblüte gefunden; das Maximum liegt im unteren Teil der warmen und salzarmen Deckschicht. Auch in der Tiefe sind die Eiweißwerte nicht gering; offenbar können sich viele Zooplankter hier ernähren. Schließlich sind noch die

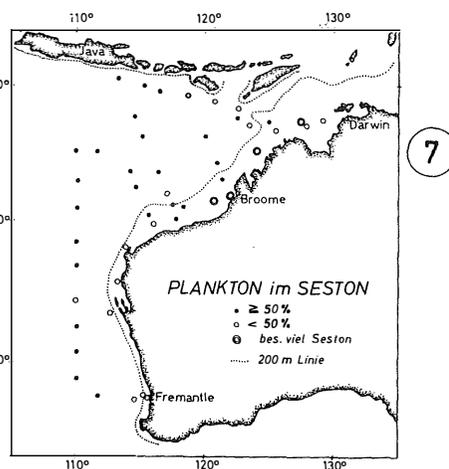
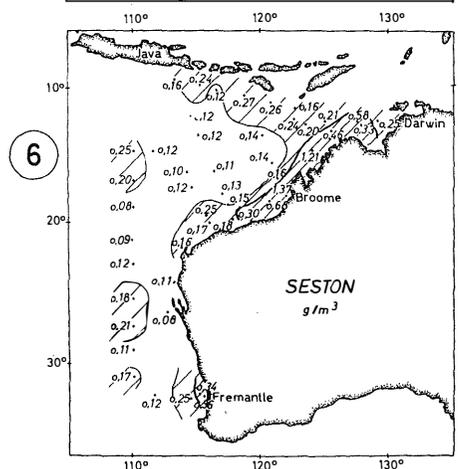
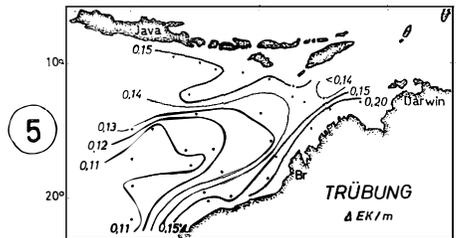
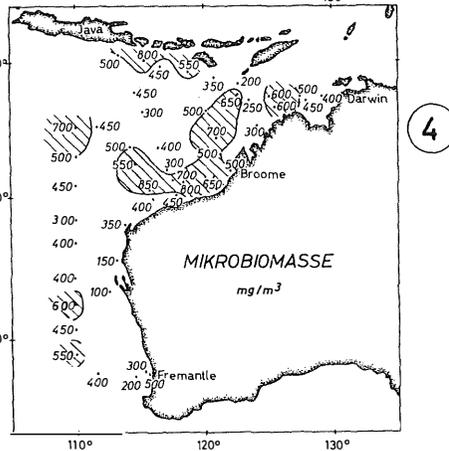
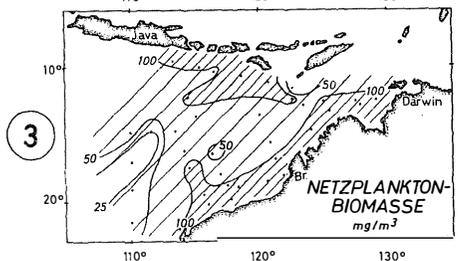
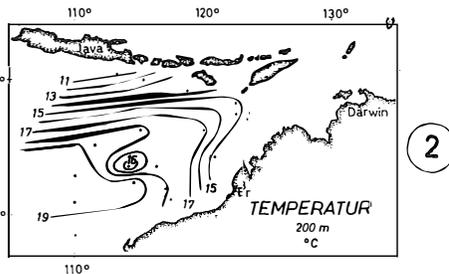
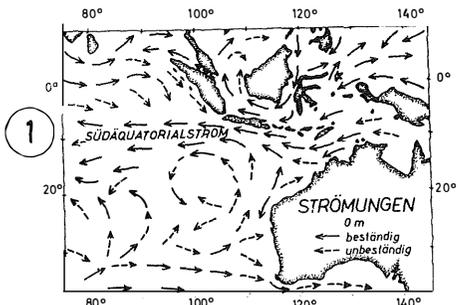
¹⁾ Berechnung nach ARMSTRONG (1954)

$$\text{IMK} = \frac{1}{2} \frac{1}{d_n} [(a_1 + a_2) (d_2 - d_1) + (a_2 + a_3) (d_3 - d_2) + \dots + (a_{n-1} + a_n) (d_n - d_{n-1})]$$

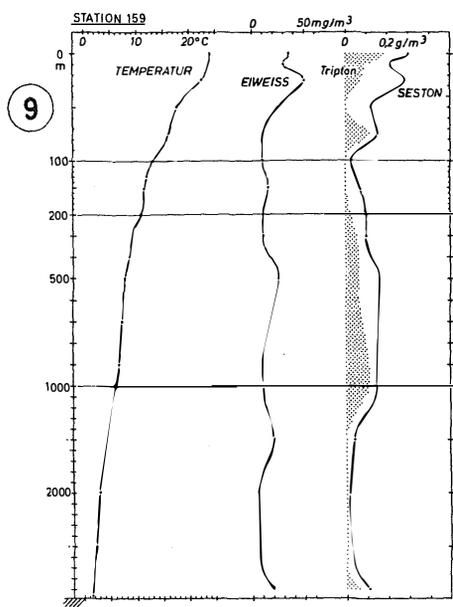
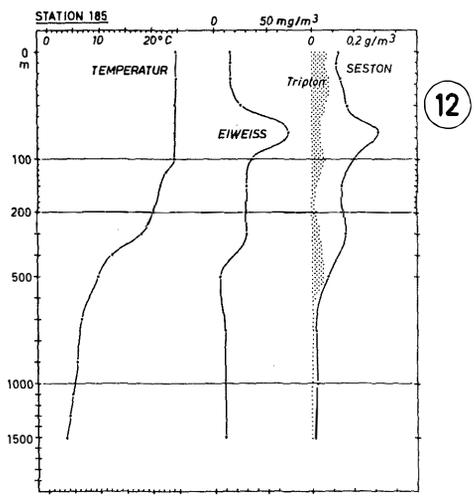
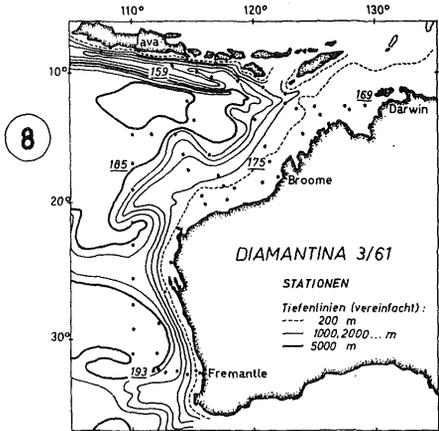
mit $a_1 \dots a_n$ den beobachteten Daten in den Tiefen $d_1 \dots d_n$. IMK-Werte wurden schon von HENSEN gebraucht.

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 1)

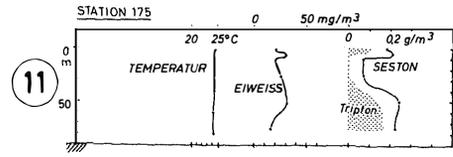
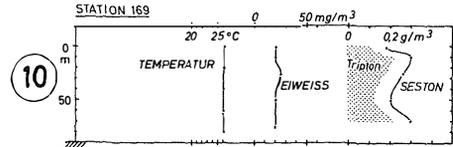
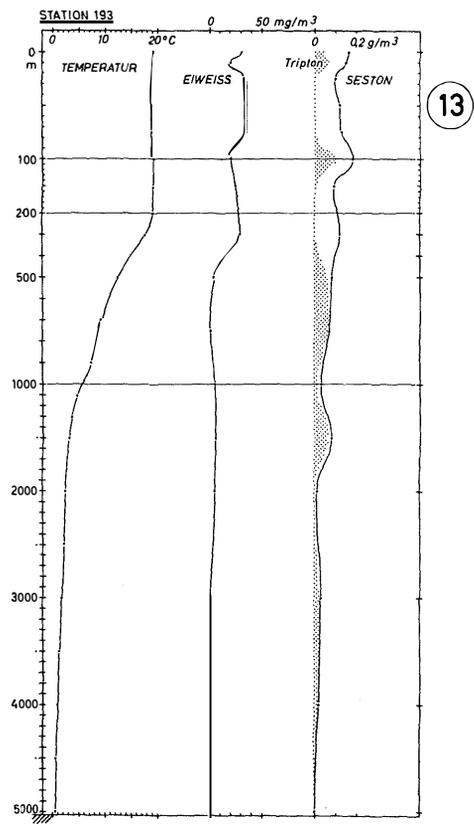
- Abb. 1: Oberflächenströmungen im östlichen Indischen Ozean für den Monat August. D.H.I. (1960).
 Abb. 2: Temperatur in 200 m Tiefe, Juli—August 1961. Nach WYRTEK (1962).
 Abb. 3: Netzplankton-Biomasse, mg Lebendgewicht/m³, zwischen 0 und 200 m (auf dem Schelf zwischen Oberfläche und Boden), Juli—August 1961. Nach TRANTER (1962).
 Abb. 4: Mikrobiomasse, mg Lebendgewicht/m³, zwischen 0 und 100 m (in flacherem Wasser zwischen Oberfläche und Boden), Juli—August 1961.
 Abb. 5: Trübung (Extinktionskoeffizient, m⁻¹, für den roten Teil des Spektrums), zwischen 0 und 150 m, Juli—August 1961. Aus WYRTEK (1962).
 Abb. 6: Seston, g Trockengewicht/m³, zwischen 0 und 100 m (in flacherem Wasser zwischen Oberfläche und Boden), Juli—August 1961.
 Abb. 7: Planktonanteil am Seston (%)
 Die in den Tabellen 1 und 2 zusammengefaßten Stationen sind gekennzeichnet.



Tafel 1 (zu E. Hagmeier)



Boden bei 5030 m



Tafel 2 (zu E. Hagmeier)

Verhältnisse auf den Stationen 169 und 175 in flachem Wasser gezeigt. Bei der guten Durchmischung bis zum Boden dürfte die Nährstoffversorgung gesichert sein; vielleicht verhindert die mit den Strömungen verbundene starke Trübung eine größere Planktonentwicklung. Gerade hier ist ein Vergleich des Bestandes mit den Ergebnissen aus den Produktionsmessungen erwünscht, die mit radioaktivem Kohlenstoff angesetzt wurden.

Die Verteilung von Seston und Trübung

Vor den erwähnten Eiweißbestimmungen zur Abschätzung der Mikrobiomasse wurde das Trockengewicht der abfiltrierten Substanz festgestellt. In Abbildung 6 ist die mittlere Konzentration in den oberen 100 m angegeben. Werte um $0,1 \text{ g/m}^3$ entsprechen ozeanischen Verhältnissen, wie sie auch aus dem Atlantik bekannt sind. Höhere Werte gehen meistens mit gesteigerter Planktonproduktion zusammen oder beruhen auf Land- oder Bodennähe. Trübungsmessungen mit einem 2 m D-Gerät, dargestellt für den roten Teil des Spektrums (WYRTKI 1962), ergeben ein ähnliches Bild (Abbildung 5). Die Registrierungen im blauen Bereich, die sich noch enger auf das Phytoplankton beziehen, müssen noch ausgewertet werden.

Aus den gemessenen Eiweißwerten kann man über die Mittelwerte bei HAGMEIER (1961) auch auf das Plankton-Trockengewicht schließen und so im Seston Plankton- und Triptonanteil unterscheiden. Den Planktonanteil am Seston in den oberen 100 m zeigt Abbildung 7. Man kann wieder ozeanische und küstennahe Verhältnisse unterscheiden, erstere mit zum Teil recht hohem Planktonanteil, die letzten mit einem überwiegenden Gehalt an Tripton. Die erstaunlich hohen Sestonwerte unter dem 110. Längengrad beruhen vornehmlich auf totem Material. Ein Küsten-Einfluß ist hier nicht ganz ausgeschlossen, da vor dem Nordwest-Kap auch Südwest-Strömungen beobachtet werden. In einzelnen Fällen wird trotz unserer Vorsicht auch das Schiff zu den Triptongewichten beigetragen haben.

Für die schon im letzten Kapitel betrachteten ausgewählten Stationen wird in den Abbildungen 9—13 auch die Sestonverteilung gegeben. Station 193 zeigt ozeanische Verhältnisse mit Sestongehalten um $0,1 \text{ g/m}^3$. Bis 400 m Tiefe überwiegt das Plankton, darunter das Tripton; ab 2000 m wird der Sestongehalt im ganzen sehr gering. Hier können wir die obere Grenze des Tiefenwassers annehmen; darüber liegt zwischen 800 und 1000 m das Salzgehaltsminimum und damit der Kern des antarktischen Zwischenwassers. Die Triptonmaxima bei 750 und 1500 m liegen also nicht im Zentrum von Wasserkörpern, sondern im Mischwasser. Station 185 liegt in einem Gebiet, in dem zwischen Oberfläche und 500 m in wechselnder Stärke salzreiches subtropisches Unterwasser über dem Zwischenwasser aus der Banda-See eingeschoben ist. Verhältnismäßig hohe Sestonwerte, bestimmt durch Planktonvorkommen, finden sich in diesem Tiefenabschnitt, mit einem deutlichen Maximum bei 75 m. Noch etwas höher ist der Sestongehalt an der Station 159 vor Java; verhältnismäßig viel Tripton, auch in größeren Tiefen, kann vom Land stammen, zum Teil aber auch Detritus sein: Abbauprodukte der reichen Planktonentwicklung. Mit zwei weiteren Stationen sollen die Verhältnisse auf dem Schelf charakterisiert werden. Bei der guten Durchmischung, die die Temperaturkurven anzeigen, kann viel Seston (vornehmlich Tripton) gleichmäßig verteilt sein (Station 169), meistens ist aber die Beziehung zum Boden deutlich (Station 175).

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 2)

Abb. 8: DIAMANTINA cruise 3/61, Stationskarte. Tiefen schematisch.

Abb. 9—13: Vertikalverteilung von Temperatur, Eiweiß (Albumin-Äquivalenten, mg/m^3), und Seston (g/m^3) an ausgewählten Stationen. Triptonanteil am Seston punktiert.

Schicht-Mittelwerte von Seston und Eiweiß

Die folgenden Tabellen sollen eine Übersicht über die aus dem Indischen Ozean gewonnenen Daten vermitteln und außerdem einen Vergleich erlauben mit den von KREY veröffentlichten Werten aus dem Atlantischen Ozean. Es werden dabei unterschieden: Stationen über tiefem Wasser (Tabelle 1) und Stationen auf dem Schelf, von denen solche mit geringerem und sehr hohem Sestongehalt getrennt sind (Tabellen 2 a und 2 b). Die bisher verfügbaren Tiefen für die Proben sind Solltiefen, die sich nach der Korrektur noch um etwa 10% ermäßigen können. Auch dann fallen sie aber noch in die gleichen Schichten, für die sie in den Tabellen aufgeführt sind. Der Planktonanteil am Seston wurde aus den Eiweißwerten berechnet nach den von HAGMEIER (1961) mitgeteilten Faktoren unter der Annahme, daß in der Oberschicht Diatomeen vorherrschen, mit der Tiefe dann der Zooplanktongehalt zunimmt. Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen die Zahl der im Mittelwert verarbeiteten Einzelmessungen. Die Lage der zusammengefaßten Stationen ist aus Abbildung 7 ersichtlich.

Tabelle 1
Schicht-Mittelwerte für ozeanische Stationen

Schicht m	Solltiefen- Mittel m	Seston g/m ³	Albumin- Äquivalent mg/m ³	Plankton- Anteil am Seston %
0	0	0,16 (31)	18 (31)	40
1— 10	9,5	0,17 (34)	26 (34)	55
11— 25	25	0,17 (31)	28 (31)	60
26— 50	49,7	0,16 (31)	29 (31)	65
51— 75	75	0,14 (31)	27 (31)	65
76— 100	100	0,13 (31)	21 (31)	55
101— 200	154,7	0,11 (33)	20 (33)	60
201— 400	300,5	0,13 (31)	18 (31)	45
401— 600	506,4	0,13 (16)	17 (18)	40
601—1000	888	0,17 (16)	13 (21)	25
1001—2000	1572	0,08 (14)	12 (14)	45
2001—5000	3408	0,02 (5)	1 (5)	15

Tabelle 2
Schicht-Mittelwerte für Schelfstationen

Schicht m	Solltiefen- Mittel m	Seston g/m ³	Albumin- Äquivalent mg/m ³	Plankton- Anteil am Seston %
a) wenig Seston				
0	0	0,19 (12)	15 (12)	30
1— 10	8,1	0,19 (20)	24 (20)	30
11— 25	25	0,23 (13)	32 (13)	50
26— 50	50	0,25 (12)	30 (12)	40
51— 75	75	0,24 (8)	29 (8)	40
76—100	100	0,42 (5)	30 (5)	25
101—200	174	0,28 (4)	34 (4)	40
b) viel Seston				
0	0	0,61 (4)	14 (4)	10
1—10	9	0,93 (5)	24 (5)	10
11—25	22	1,02 (5)	26 (5)	10
26—60	52,5	1,25 (4)	34 (4)	10

Schluß

Die Untersuchungen im Indischen Ozean werden weitergeführt, gefördert durch die SCOR und die UNESCO. Es hat sich die Intergovernmental Oceanographic Commission gebildet, eine Institution der UNO, in der sich Wissenschaftler aus 41 Nationen um die so nötige Zusammenarbeit in der Meeresforschung bemühen. In Cochin (Indien) ist das Indian Ocean Biological Centre eingerichtet, wo die Planktonfänge der verschiedenen Expeditionen gesammelt und ausgewertet werden. Die australischen Arbeiten konzentrieren sich jetzt auf Schnitte unter dem 110. östlichen Längengrad in engerem Zeitabstand, um weitere Aufschlüsse zu erhalten über Wasserbewegungen und Auftriebserscheinungen und ihre Auswirkungen auf die Produktion von Plankton und Fischen (HUMPHREY 1963).

Literaturverzeichnis

ARMSTRONG, F. A. J. (1954): Phosphorus and Silicon in Sea Water off Plymouth during the Years 1950 to 1953. *Journ. Mar. Biol. Ass. U. K.* 33, 381—392. — BOGOROV, V. G. & RASS, T. S. (1961): On the Productivity and Fishing in Waters of the Indian Ocean (russisch). *Okeanologiya*, 1961, No. 1, 107—109. — C. S. I. R. O. Aust. (1964): Oceanographical Observations in the Indian Ocean in 1961. H. A. M. S. DIAMANTINA Cruise Dm 3/61. C. S. I. R. O. Aust. Oceanogr. Cruise Rep. No. 11. — D. H. I. (1960): Monatskarten für den Indischen Ozean. 3. Aufl. Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg. — HAGMEIER, E. (1961): Plankton-Äquivalente. *Kieler Meeresforschungen* 17, 32—47. — HUMPHREY, G. F. (1963): The International Indian Ocean Expedition. *Hemisphere* 7, No. 4, 1—8. — KREY, J., BANSE, K. & HAGMEIER, E. (1957): Über die Bestimmung von Eiweiß im Plankton mittels der Biuretreaktion. *Kieler Meeresforschungen* 13, 35—40. — SCHOTT, G. (1933): Auftriebswasser vor den australischen Westküsten? Ja und Nein! *Ann. Hydrogr. u. Marit. Meteorologie* 61, 225—233. — TRANTER, D. J. (1962): Zooplankton Abundance in Australian Waters. *Austr. Journ. Mar. Freshw. Res.* 13, 106—142. — WYRTKI, K. (1961): Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. *Naga Report* 2 (University of California Press). — WYRTKI, K. (1962): The Upwelling in the Region between Java and Australia during the South East Monsoon. *Austr. Journ. Mar. Freshw. Res.* 13, 217—225.