

SCHLUßBERICHT

Populationsdynamik von kalkigem Zoo- und Phytoplankton und dessen Beitrag zum Karbonatfluß im Nord-Atlantik

Förderkennzeichen 03F0202C

Kennwort: JGOFS von Plankforams

Bericht für den Zeitraum vom 1. Oktober 1997 bis 31. März 2000

Arbeitsgruppe Prof. Dr. Ch. Hemleben (Antragsteller), Universität Tübingen

Unter Mitarbeit von M. Bayer, Ch. Hemleben, A. Zeltner und R. Schiebel

Zusammengestellt im Februar 2000 von R. Schiebel und Ch. Hemleben

Inhalt

1.	Aufgabenstellung	2
2.	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	3
3.	Arbeitsprogramm	6
4.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	9
5.	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	9
6.	Ergebnisse	10
6.1	Vertikaler Gehäuse-Fluß an BIOTRANS im Jahresgang	10
6.2	Planktische Foraminiferen in der Karibik	16
6.3	Planktische Foraminiferen in der Azorenfront	18
7.	Ergebnisse von dritter Seite	21
8.	Eingeschaltete Dritte, Schutzrechte, etc.	21
9.	Referenzen	21

1. Aufgabenstellung

Während der Arbeitsphase IV zum deutschen JGOFS (Joint Global Ocean Flux Studies) im Atlantischen Ozean, sollten die gewonnenen Daten im Hinblick auf eine Synthese der bisherigen Arbeiten (einschließlich Publikationen) umfassend und effizient ausgewertet werden. Eine möglichst umfassende Beschreibung des vertikalen partikulären Karbonatflusses, sollte die bisherigen Erkenntnisse zur Autökologie und zur Populationsdynamik planktischer Foraminiferen sowie zum Partikelfluß zusammenfassen und in enger Zusammenarbeit mit anderen JGOFS-Arbeitsgruppen darstellen, um letztlich auch zu einer verbesserten Möglichkeit der Rekonstruktion der Klimaentwicklung während des späten Pleistozäns und frühen Holozäns zu gelangen (Historical Sedimentary Record). Eine Darstellung der speziellen Prozesse in Modellrechnungen (inverse Modellierung) sollte die Arbeiten ergänzen.

Ziel der Untersuchungen in diesem Vorhaben war es ferner, die Prozesse quantitativ möglichst umfassend zu beschreiben, die sich in den Wechselwirkungen der kalkigen Fauna mit der Primärproduktion und der übrigen Sekundärproduktion abspielen. Diese Prozesse bestimmen die Ausgangssituation der karbonatischen Exportproduktion. Unterschiede zwischen Bio- und Taphozönose sollten dargestellt werden, um den Kohlenstofffluß des kalzitisch und aragonitisch gebundenen CO₂ zu quantifizieren.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Expeditionen

Zu Beginn der Arbeitsphase zu JGOFS IV (Atlantik) standen aus den Jahren von 1988 bis 1997 insgesamt 3913 Multinetzproben zur Verfügung. Die Proben wurden während 22 Expeditionen mit FS Meteor und FS Poseidon genommen (Tab. 1). Zusätzliche Proben aus der Azorenfront wurden im Rahmen des EU-Projektes CANIGO (MAST III) 1997 mit den Schiffen FS Poseidon und BO Arquipelago (Horta, Azoren) genommen und in den JGOFS-Datensatz integriert. Das Tübinger CANIGO-Programm (1996-1999) befaßte sich mit den Reaktionen planktischer Foraminiferen auf die Azorenfront und ist damit eng an das Tübinger JGOFS-Programm angegliedert. Die Azorenfront stellt die südliche Begrenzung des North Atlantic Transitional Water (NATW) dar und beeinflusst die planktische Foraminiferen-Fauna an der südlichen JGOFS-Position L1 (33°N / 20°W).

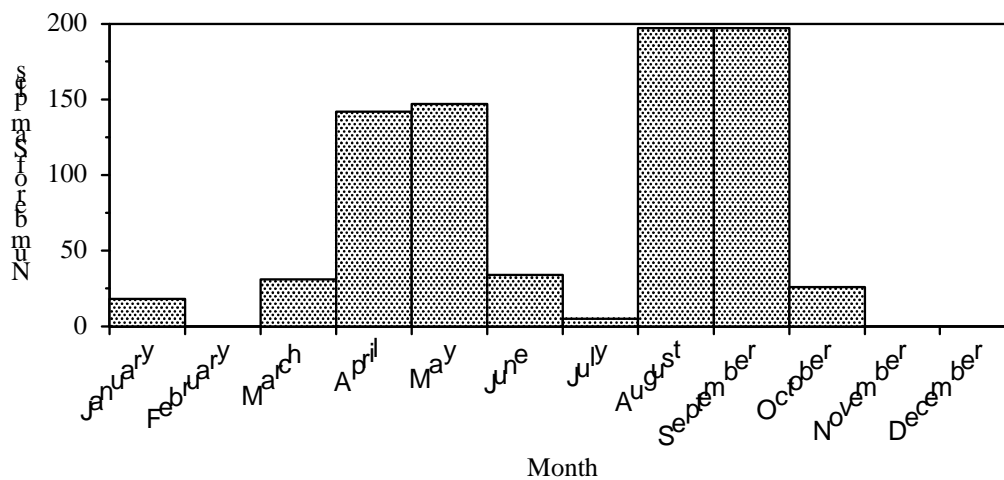


Abb. 1. Die Anzahl und saisonale Verteilung der Ausgewerteten Proben aus dem BIOTRANS Gebiet (1988-1997) spiegelt die Verteilung der deutschen Forschungsfahrten in den Nord-Atlantik wider. Die Wintermonate sind auf Grund geringer Produktivität im Pelagial und schlechter Wetterbedingungen (Sturm) kaum beprobt. Die Expedition M 27/2 im Januar 1994 erbrachte wenige aber wichtige Proben und mußte mit hohen Materialverlusten bezahlt werden. Als Zeiten höchster Dynamik im Pelagial sind das Frühjahr und der Spätsommer / Herbst am dichtesten beprobt und ausgewertet worden. Auf Grund relativ gleichförmiger

hydrographischer und biologischer Bedingungen ist der Sommer im Nord-Atlantik mit einer geringen Probendichte dokumentiert.

Tabelle 1. Expeditionen im Rahmen von JGOFS-Atlantik zwischen 1988 und 1997.

In den Monaten Februar, November und Dezember haben keine Expeditionen stattgefunden.

BIOTRANS entspricht der Position um 47°N / 20°W.

= Gesamtzahl der Multinetz-Proben, inklusive Backup-Proben.

Expedition	Jahr	Monat	Position	#	Aufbereitet	Ausgewertet
M 6-7	1988	März-Mai	BIOTRANS	115	48	45
			40°N-49°N/12°W-18°W	50	4	0
M 10-1	1989	März-April	18°N/30°W	109	56	5
			33°N/20°W	129	80	8
M 10-2		Mai-Juni	BIOTRANS	268	189	70
			57°N/22°W	165	125	22
M 10-3		Juni-Juli	72°N/10°W-7°E	298	217	217
M 10-4		Juli-August	BIOTRANS	140	140	140
			59°N/21°W	137	90	0
M 11-1		Oktober	48°-55°N/16°-34°W	65	48	18
M 12-3	1990	Mai-Juni	BIOTRANS	146	131	38
M 17-2	1991	August	74°N-50°N/20°W-28°E	145	88	35
M 21-1	1992	März-April	BIOTRANS	135	115	64
			34°N/20°W	10	9	0
M 21-2		April-Mai	BIOTRANS	170	147	89
M 21-3		Mai	BIOTRANS	40	36	18
			33°N/20°W	25	22	13
			57°N/20°W	10	9	9
			59°N/20°W	25	22	0
			40°N/20°W	25	22	0
M 21-4		Juni	52°N-54°N/20°W	40	35	0
			62°N-75°N/14°W-20°E	138	126	9
M 21-5		Juli	67°N/3°E-17°W	165	131	63
M 21-6		Juli-August	BIOTRANS	225	143	52
			60°-52°N/21°W	35	27	0
P 200/6	1993	Juni	BIOTRANS	65	56	5
M 26-1		September	BIOTRANS	12	12	12
			33°N/22°W	15	13	0
			52°N-57°N/16°W-28°W	40	9	0
M 26-3		November	65°N-73°N/14°W-5°E	110	25	0
M 27-2	1994	Januar	BIOTRANS	25	23	18
M 35-1	1996	April-Mai	Karibik	176	129	129
M 35-2		Mai-Juni	Karibik	117	33	0
			BIOTRANS	15	13	0
			33°N	5	5	5
			59°N	15	13	0
			40°N-55°N/20°W	35	23	0
M 36-5		September	BIOTRANS	289	215	176
			BENGAL	15	9	0
M 36-6		Oktober	BIOTRANS	35	26	26
			BENGAL	40	26	0

Pos231/3	1997	August	Azorenfront	50	44	44
ArqFCA97C		August	Azorenfront	28	25	20
Summe				3897	2759	1350

Aufarbeitung und Auswertung

Die Aufbereitung und Auswertung der MSN-Proben (nur JGOFS) wurde im September 1997 abgeschlossen. Von den insgesamt 3913 MSN-Proben sind 2771 aufbereitet und 1467 ausgewertet (Tab. 2). Den höchsten Bearbeitungsgrad weisen die Proben von der BIOTRANS, aus der Azorenfront und aus der Karibik auf. Da von 15 MSN-Proben (0-2500 m) nur 13 (= 87 %) bearbeitet werden (2 Proben sind gerätebedingte Doppelproben) und im Erfolgsfalle etwaige Parallelproben nicht ausgewertet werden, können die Proben von BIOTRANS, aus der Azorenfront und aus der Karibik (M 35/1) als vollständig ausgewertet angesehen werden. BIOTRANS ist im Rahmen der Tübinger Arbeiten als wichtigste Station im Jahresverlauf am vollständigsten bearbeitet und während sieben verschiedener Jahre beprobt worden (Abb. 1). Die Ergebnisse zur Frühjahrsblüte 1992 sind von Schiebel et al. (1995) publiziert worden, die Ergebnisse zur „Herbstblüte“ sind zur Veröffentlichung eingereicht (Schiebel et al., eingereicht). Eine Zusammenfassung der mehrjährigen Untersuchungen ist im Druck (Schiebel et al., 2000) und als Darstellung zur Reproduktion von *Globigerina bulloides* unter Schiebel et al. (1997) erschienen. Die Karibikproben (M 35/1) sind in Tübingen aufbereitet und in Zusammenarbeit mit der ETH in Zürich ausgewertet (Dissertation Schmuker, Arbeitsgruppe Prof. Thierstein) und zur Publikation eingereicht worden (Schmuker und Schiebel, eingereicht). Die Karibikfauna ist für die Verteilung planktischer Foraminiferen an BIOTRANS und in der Azorenfront von besonderem Interesse, weil die Karibik neben dem Golf von Mexiko als Quellgebiet des Golfstromes die Faunenverteilung im Nordost-Atlantik beeinflußt und darüber hinaus interessante Erkenntnisse zur Ökologie planktischer Foraminiferen liefert. Einzelne Untersuchungen zur Verteilung planktischer Foraminiferen in Sinkstoffallen und im Sediment werden u. a. in einer Diplomarbeit (Bork, in Vorbereitung) dargestellt und in diesem Bericht diskutiert. Die Gesamtergebnisse aus den über sieben Arbeitsjahren der Tübinger JGOFS-Gruppe wird in der Habilitationsschrift von Herrn Schiebel (in Vorbereitung) erfolgen.

Modellierung

Die Daten zur Verteilung und zum Karbonatfluß planktischer Foraminiferen haben bisher leider keinen Eingang in die verschiedenen Modelle anderer Arbeitsgruppen gefunden (z. B. Dr. Schlitzer in Bremerhaven oder Dr. Maier-

Reimer in Hamburg). Die Ansätze zur Modellierung in der Tübinger Arbeitsgruppe konnten nicht weiterverfolgt werden, da für Herrn Ott in der IV. Arbeitsphase zu JGOFS keine Finanzierung bereitgestellt wurde und diese Arbeit von Herrn Schiebel nicht zusätzlich übernommen werden konnte.

Tabelle 2. Anzahl (#) und Bearbeitungsstand der Multinetz (MSN)- Proben aus dem Nord-Atlantik.

Die Positionen BIOTRANS (L2), L1 und L3 entsprechen den zentralen JGOFS-Positionen. Da generell nur 13 von 15 MSN-Proben ausgewertet werden (2 Proben sind gerätebedingte Doppelproben), entsprechen 87 Prozent dem höchsten Bearbeitungsstand.

Region	#	Aufbereitet	Ausgewertet	Aufbereitet (%)	Ausgewertet (%)
BIOTRANS (L2)	1680	1294	753	77	45
Azorenfront und L1	272	207	90	76	33
Karibik	293	162	129	55	44
tropischer N-Atlantik	109	56	5	51	5
L3	387	286	31	74	8
N-Atlantik allg.	1172	766	459	65	39
Gesamt	3913	2771	1467	67	29

3. Arbeitsprogramm

Der Ablauf des Vorhabens wurde entsprechend der im Antrag dargestellten Planung durchgeführt, soweit dies entsprechend der Gutachterempfehlungen und der zugewiesenen finanziellen Mittel möglich war. Es wurde versucht, die Ergebnissen der Tübinger Arbeitsgruppe in die Synthese des Gesamtprojektes einzubringen, wie es aus den unten aufgeführten Publikationen und Tagungsbeiträgen ersichtlich ist. Dabei hat sich gezeigt, daß die Einbringung der protozoologischen Daten in die planktologischen Modelle, auf Grund sehr unterschiedlicher Arbeitshypothesen nicht praktikabel ist. Einzelne Projekte konnten dennoch erfolgreich zur Synthese gebracht werden. So wurde die während M36/5 und 6 durchgeführte Herdstudie in enger Zusammenarbeit mit dem IfM Kiel (J. Waniek, AG Zeitzschel) ausgewertet und zur Publikation eingereicht (Schiebel et al., Deep-Sea Research) (siehe beiliegende Kopie).

Die aufgeführten Punkte entsprechen der Gliederung im Antrag:

1. Kalzifikationsraten planktischer Foraminiferen und Coccolithophoriden werden berechnet und zusammenfassend in der Habilitationsschrift von Schiebel (in Vorbereitung) bzw. vergleichend (mit dem Arabischen Meer) von Zeltner et al. (in Vorbereitung) dargestellt.

2. Abschätzungen zum Anteil planktischer Foraminiferen an der Primärproduktion wurden bereits auf den JGOFS-Workshops in Bremen gegeben (konservative Berechnung) und werden zur Zeit neu berechnet (Algorithmus von David Antoine, Villefranche sur Mer, Frankreich).
3. Sinkstoffallenmaterial wurde ausgewertet und im Vergleich zu MSN-Daten diskutiert.
4. Die Arbeiten zu Lösung, Remineralisation und Fraß von planktischen Foraminiferen, speziell Laborversuche zum Bakterienbesatz von planktischen Foraminiferen zur Abschätzung des mikrobiellen Abbaus karbonatischer Partikel in der Exportzone, haben zu keinen positiven Ergebnissen geführt.
5. Qualitative Vergleiche des karbonatischen Partikelbestandes in Wassersäule und Oberflächen-Sediment werden im Folgenden kurz diskutiert und in der Diplomarbeit von Bork (in Vorbereitung) dargestellt.
6. Ein Vergleich der Ergebnisse aus dem Atlantik und der Arabischen See / dem nördlichen Indischen Ozean wird in der Habilitationsschrift von Schiebel ausführlich diskutiert.
7. Zur inversen Modellierung zur Prüfung unserer Ergebnisse und als Grundlage für ein numerisches Modell liegen noch keine Ergebnisse vor. Für die inverse Modellierung fehlt es in der Tübinger Arbeitsgruppe, vor allem nach dem Ausscheiden von R. Ott aus dem Projekt, an manpower und an know how. Es wurde Kontakt zu Dr. R. Schlitzer und Dr. R. Usbeck (AWI, Bremerhaven) geknüpft und Daten wurden transferiert.
8. Die Populationsdynamik planktischer Foraminiferen wird in mehreren Publikationen (z. T. noch im Druck) diskutiert und in der Habilitationsschrift von Schiebel zusammenfassend diskutiert.
9. Die Langzeitstudie (Large Space/Time Scale Surveys) zum "standing stock" planktischer Foraminiferen befindet sich im Druck (Schiebel et al., Deep-Sea Research II).
10. Geplante und erschienene Publikationen:
 - a. Schiebel et al. (1997), Population dynamics of the planktic foraminifer *Globigerina bulloides* from the eastern North Atlantic.
 - b. Schiebel and Hemleben (im Druck), Interannual variability of planktic foraminiferal populations and test flux in the eastern North Atlantic Ocean (JGOFS).- Deep-Sea Research II, 2000.
 - c. Christoph Hemleben und Ralf Schiebel: The stable isotope fractionation of *Globigerinita glutinata*.- Bei den Arbeiten zu dieser Publikation hat sich gezeigt, daß das Isotopensignal dieser Art sehr inhomogen ist. Die Ergebnisse können so nicht publiziert werden. Weitere Isotopenmessungen in Zusammenarbeit mit Bremer Kollegen (Ch. Moos, R. Schneider) sind in Arbeit.
 - d. Ralf Schiebel und Christoph Hemleben: The stable isotope signal of *Globigerina bulloides* tests from the ocean surface water.- Die Ergebnisse dieser Arbeit sind in folgende Publikation eingeflossen: Moos et al. (in Vorbereitung)

- e. Schiebel et al.: Planktic foraminiferal and pteropod test CaCO₃-weight.- Diese Daten (Gewichte von planktischen Foraminiferen-Gehäusen) sind in folgende Publikation eingeflossen: Schiebel and Hemleben (im Druck), Interannual variability of planktic foraminiferal populations and test flux in the eastern North Atlantic Ocean (JGOFS).- Deep-Sea Research II, 2000.
- f. Ralf Schiebel, Ulrich Lundgreen und Christoph Hemleben: Planktic foraminiferal tests flux: comparing multinet samples and sediment trap samples.- Hat sich durch das Ausscheiden von U. Lundgreen verzögert und wird in der Habilitationsschrift von Schiebel zusammengefaßt.
- g. Ralf Schiebel und Christoph Hemleben: Population dynamics of the planktic foraminifers *Globorotalia scitula* and *G. hirsuta* (JGOFS).- Wird in der Habilitationsschrift von Schiebel ausführlich diskutiert.
- h. Ralf Schiebel und Christoph Hemleben: Planktic foraminiferal test flux in the eastern North Atlantic and the northern Indic.- Wird in der Habilitationsschrift von Schiebel ausführlich diskutiert.
- i. Ralf Schiebel und Axel Hupe: Calcareous particle flux, Alkalinity and Carbon in the water column: a curious disproportion between the dissolution of calcite and aragonite and the geochemical necessity.- Daten liegen vor und eine Publikation ist geplant.
- j. Christoph Hemleben, Ralf Schiebel, Claudia Sellmer und Joanna Waniek: Distribution of planktic foraminifera and the frontal system at the BIOTRANS (North Atlantic) area during autumn. – eingereicht als (s.o.): Schiebel et al. (Deep-Sea Research I, 2000).

Auf Grund fehlender Personalmittel konnten einige Teile des Arbeitsprogramms nicht wie beantragt durchgeführt werden (Punkt 7). Bei einigen Untersuchungen hat sich gezeigt, daß keine ausreichende Datenbasis für eine Publikation vorhanden ist (Punkt 10 c, d und j). Die Populationsdynamik planktischer Foraminiferen wird zu einem späteren Zeitpunkt in der Habilitationsschrift von Schiebel ausführlich und zusammenfassend diskutiert (Punkt 1, 2, 3, 6, 8 sowie 10 a, f, g, und h).

Im Rahmen des CANIGO-Projektes (EU, MAST III) wurde das kalkige Mikroplankton in der Azorenfront untersucht. Die Daten sind auch wichtiger Bestandteil des JGOFS-Datensatzes und stehen für beide Projekte zur Verfügung. Eine Publikation ist in Vorbereitung und wird zum DSR-Sonderband zu CANIGO im April eingereicht werden.

Wie oben dargestellt ist auch die planktische Foraminiferenfauna der Karibik für das Verständnis der nordatlantischen Faunen von grundlegender Bedeutung. Aus diesem Grund haben wir in Zusammenarbeit mit der ETH-Zürich die Auswertung der Karibikproben

durchgeführt und die Ergebnisse zur Publikation vorbereitet. Das Manuskript wird im Frühjahr 2000 eingereicht werden.

Die Ergebnisse zum deutschen JGOFS-Indik stehen, wie bereits in früheren Berichten dargestellt, zum Vergleich mit den atlantischen Datensätzen zur Verfügung. Ein erstes Manuskript (Zeltner et al., Deep-Sea Research), das die Verteilung Coccolithen, Diatomeen und planktische Foraminiferen vergleichend diskutiert, wurde im Dezember 1999 eingereicht. Dieser integrierte Ansatz kann als „interne Synthese“ betrachtet werden. Eine weitere Publikation, die die Kohlenstoff- und Karbonat-Daten der Hamburger Arbeitsgruppe (R. Koppelman, Inst. für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft) und der Tübinger Arbeitsgruppe (R. Schiebel) vergleichend darstellt ist gerade erschienen (Koppelman et al., 2000) und ist ein Beitrag zur Synthese der deutschen JGOFS-Projekte.

Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe wurden auf folgenden Tagungen vorgestellt:

JGOFS-Workshop, Bremen, 1997 (Schiebel et al., 1998b; Zeltner et al., 1998)

CANIGO-Meeting, Lissabon, 1998 (Schiebel et al., 1998a)

JGOFS-Workshop, Bremen, 1998 (Kiefer et al., 1999; Koeve et al., 1999; Schiebel und Hemleben, 1999; Treppke et al., 1999; Zeltner et al., 1999)

FORAMS'98, Monterrey/Mexiko, 1998 (Schiebel und Hemleben, 1998)

CANIGO-Meeting, Las Palmas, 1999 (Schiebel et al., 1999)

JGOFS-Workshop, Bremen, 1999 (Schiebel et al., im Druck; Zeltner et al., im Druck)

Ocean Science Meeting, San Antonio/Texas, 2000 (Schiebel, 1999)

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

1. Der wissenschaftliche und technische Stand zu Beginn der Förderungsphase entspricht der Entwicklung des Projektes während der drei vorangegangenen Arbeitsphasen (JGOFS I bis III). Die verwendete Literatur ist in den Anträgen zitiert und aus den (beigelegten) Fachpublikationen ersichtlich. Auf diese Punkte soll hier daher nicht weiter eingegangen werden.
2. Informationsdienste sind seit einiger Zeit leicht über das www zu erreichen, das von der Universität Tübingen jedem Mitarbeiter zur Verfügung gestellt wird. Von den entsprechenden Datenbanken wurde reichlich Gebrauch gemacht.
3. Die im Projekt erhobenen Daten wurden sämtlich dem Datenmanagement (T. Mitzka) in Kiel übergeben und sind dort dokumentiert.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die erfolgreiche Synthese einzelner Projekte resultiert aus der Zusammenarbeit mit folgenden Stellen:

IfM Kiel, Planktologie, i. W. J. Waniek: Synthese und Manuskript zur Herbststudie an BIOTRANS (s.o., Manuskript beigelegt)

IfM Kiel, Meereschemie, i. W. U. Lundgren und J. Kuß: Bereitstellung und Diskussion von Sinkstofffallen-Material.

Institut für Biogeochemie und Meereschemie, Hamburg, i. W. A. Hupe: Diskussion der Daten zum partikulären Karbonat (Lösung) und zur Alkalinität. Planung einer gemeinsamen Publikation.

IHF Hamburg, i. W. R. Koppelman: Erste Diskussion der Kohlenstoff und Karbonatdaten aus dem Mesozooplankton und dem kalkigen Mikroplankton. Publikation der Ergebnisse (s.o.)

IOW Warnemünde, i. W. C. Petry und K. Lochte: Arbeiten zum Bakterienbesatz planktischer Foraminiferengehäuse in der Wassersäule. Diese Arbeiten haben zu einem negativen Ergebnis geführt.

ETH Zürich, AG Prof. Thierstein, i. W. B. Schmuker: Auswertung und Publikation der Ergebnisse zur Verteilung planktischer Foraminiferen in der Karibik.

6. Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Arbeitsphase, die ja als Synthesephase sämtliche Ergebnisse der vorangegangenen Arbeitsphasen einbezieht, wurden zum Teil bereits als Manuskripte fertiggestellt und zur Publikation eingereicht (siehe oben; Koppelman et al., 2000; Moos et al., in Vorbereitung; Schiebel and Hemleben, im Druck; Schiebel et al., eingereicht; Schiebel, in Vorbereitung; Schiebel et al., in Vorbereitung; Zeltner et al., eingereicht). Bereits in früheren Arbeitsphasen sind Artikel zur Frühjahrsblüte im Nord-Atlantik (Schiebel et al., 1995) und zur Populationsdynamik von *Globigerina bulloides* (Schiebel et al., 1997) erschienen, die grundlegend für unsere weiteren Untersuchungen sind. Eine umfassende Darstellung der Tübinger Ergebnisse, die innerhalb des deutschen JGOFS erzielt worden sind, ist in Vorbereitung und wird als Habilitationsschrift von R. Schiebel erscheinen. Hier sollen die wichtigsten Ergebnisse kurz skizziert werden.

6.1 Vertikaler Gehäuse-Fluß an BIOTRANS im Jahresgang

Aus den bei Schiebel et al. (1995), Schiebel et al. (im Druck) und Schiebel et al. (eingereicht) publizierten sowie zahlreichen weiteren Daten zu planktischen Foraminiferen lassen sich die Verteilungen sämtlicher Arten darstellen. Damit läßt sich der über mehrere Jahre gemittelte vertikale PIC-Fluss der planktischen Foraminiferengehäuse darstellen und ein kompletter Jahresgang konstruieren (Schiebel, in Vorbereitung). Aus den art- und größen-spezifischen Gehäusegewichten (Schiebel et al., im Druck) und den nach Takahashi und Bé (1984) ermittelten Sinkgeschwindigkeiten läßt sich der mittlere jährliche CaCO_3 -Fluss für verschiedene Tiefenstockwerke abschätzen (Abb.2). Ergänzend wird der CaCO_3 - (Aragonit) Fluß der Pteropodenschalen berechnet. Flussraten von Coccolithen sind aus der Literatur bekannt. Damit kann ein Abschätzung des gesamten PIC-Flusses vorgenommen werden.

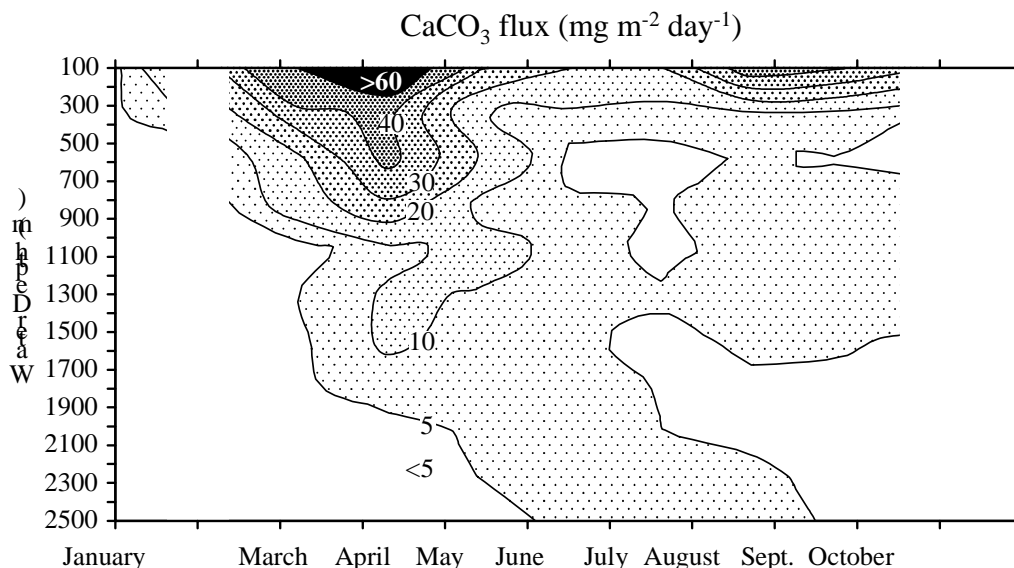


Abb. 2. Durchschnittlicher (1988-1997) vertikaler CaCO_3 -Fluß planktischer Foraminiferengehäuse an BIOTRANS. Aus den Monaten Februar, November und Dezember stehen keine Daten zur Verfügung.

Mit der Darstellung des Kalzitflusses aus sämtlichen, während der Tübinger Mitarbeit am deutschen JGOFS-Atlantik, erhobenen Daten (Abb. 2), ergibt sich ein komplexes Bild, das anhand der Abbildung 3 kurz erläutert werden soll (eine detaillierte und zusammenfassende Darstellung zur Populationsdynamik und dem daraus folgenden Kalzitfluß ist in Vorbereitung; Schiebel):

a (Ende Januar): Die planktische Foraminiferen-Fauna an BIOTRANS wird während des Winters von der ansonsten tiefliebenden Art *Globorotalia scitula* im Oberflächenwasser dominiert. Da die Arten, die zwischen März und Oktober das Oberflächenwasser dominieren, während des Winters auf Grund der fehlenden Nahrungsgrundlage relativ selten sind, findet *G. scitula* hier ein geeignetes Habitat. Da das Größenspektrum von *G. scitula* im Vergleich zum Sommer oder Herbst nicht signifikant verschieden ist, nehmen wir an, daß *G. scitula* nicht zur Reproduktion in die oberen Stockwerke des Ozeans wandert, sondern allein auf Grund des höheren Nahrungsangebotes im Vergleich zum Tiefwasser. Da sich *G. scitula* wohl hauptsächlich von Diatomeen und anderen eukaryoten Algen ernährt (vgl. Bericht für den Zeitraum vom 1.5.1993-31.9.1995), muß diese Art im Winter in das Flachwasser wandern um die wenige Nahrung nutzen zu können, die während der „aphotischen“ Monate zur Verfügung steht.

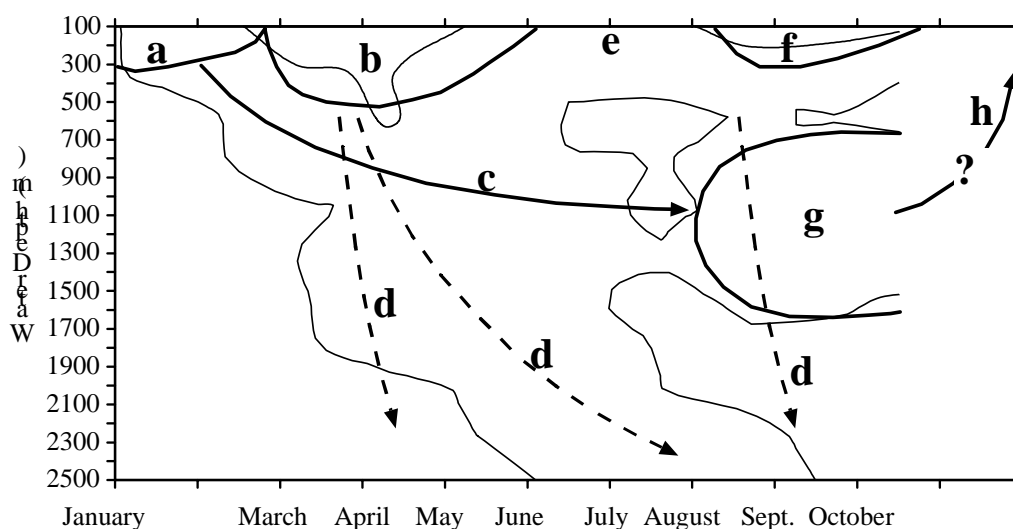


Abb. 3. Interpretation des durchschnittlichen (1988-1997) vertikalen CaCO_3 -Flusses planktischer Foraminiferengehäuse an BIOTRANS (Abb. 2).

b (März bis Juni): Die Wassersäule wird stärker durchlichtet, die Primärproduktion erhöht sich, und es stehen vermehrt Algen zur Verfügung. Die flachlebenden planktischen Foraminiferen verdrängen *G. scitula* auf Grund der besseren Adaption an eine, im Vergleich zum Winter, erhöhte Nahrungsverfügbarkeit. Je nach windbedingter Durchmischungstiefe der oberen Wasserschichten sind viele planktische Foraminiferen bis in einige hundert Meter Wassertiefe zu finden. Der CaCO_3 -Fluß planktischer Foraminiferen-Gehäuse nimmt von 5-10 bis auf $>40 \text{ g m}^{-2} \text{ Tag}^{-1}$ zu. Auffälligste Art ist *Globigerinita glutinata*, die schnell auf ein erhöhtes Diatomeen-Angebot reagieren kann und deren Individuendichten hoch positiv mit der Durchmischungstiefe des Ozeans korrelieren (Schiebel und Hemleben, im Druck). Während der Frühjahrsblüte, die sich auf mehrere Ereignisse verteilen kann (Schiebel et al., 1995), werden die höchsten Individuendichten planktischer Foraminiferen an BIOTRANS erreicht.

c (ab Februar) *Globorotalia scitula* wandert in tiefere Wasserschichten ab und entgeht so der Nahrungskonkurrenz (und vielleicht einem erhöhten Fraßdruck). Dies scheint auch für andere tiefliebende Arten, wie *Globorotalia truncatulinoides* und *G. hirsuta* zu gelten, die jedoch seltener sind und daher kein so deutliches Signal zeigen wie *G. scitula*. In anderen Regionen, wie der Azorenfront (siehe 6.2) und der Karibik (siehe 6.3), tritt *G. truncatulinoides* dagegen mit relativ hohen Individuendichten auf und zeigt dort ein deutliches saisonales Signal bzw. eine signifikante Bindung an bestimmte Wasserkörper (vgl. Hemleben et al., 1985).

d (ganzes Jahr) Leere Gehäuse planktischer Foraminiferen sinken je nach Größe, Gewicht und Form mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten durch die Wassersäule und werden von der Strömung verdriftet. Zu Zeiten erhöhter biologischer Produktion in Oberflächenwasser kommt es zum Massenabsinken von Partikeln. Zeiten stetiger Sedimentation relativ weniger Gehäuse wechseln sich mit Pulsen erhöhter Sedimentation ab. So entsteht ein kompliziertes Bild des Partikelflusses (Abb. 2), das hier populationsdynamisch und unter genauer Kenntnis der physischen und biogeochemischen Einflußgrößen interpretiert wird. Nach dem Produktionsereignis im Frühjahr (Abb. 3, **b**) können unterschiedliche Sinkpfade leerer Gehäuse beobachtet werden (**d**₁ und **d**₂). Die meisten großen und viele kleine Gehäuse sinken schnell zu Boden (**d**₁). Viele kleine Gehäuse sinken langsamer zu Boden als dies nach der Formel von Takahashi und Bé (1984) der Fall sein sollte. Dies kann mit der erhöhten

Viskosität des Wassers in größerer Tiefe erklärt werden (siehe Bericht für den Zeitraum vom 1.5.1993-31.9.1995). Entsprechend dieses Sinkverhaltens wurden im Tiefenintervall zwischen 2000 und 2500 m im April (1992) weniger kleine und mehr große Gehäuse planktischer Foraminiferen gefunden als im September (1996) (Abb. 4). Diese langsam sinkende Wolke kleiner Partikel wurde nach einem erneuten Produktionsereignis im September (**g**) von dem folgenden Sedimentationspuls erfaßt und zum Meeresboden mitgeschleppt (**d₃**). Auch im Arabischen Meer wurde eine starke Zunahme von Partikeln in der tiefen Wassersäule beobachtet. Auch dort ist das Größenspektrum der Foraminiferen stark in Richtung der kleinen Gehäuse verschoben. Daraus schließen wir, daß diese Partikelwolke auch dort auf der geringen Sinkgeschwindigkeit der kleinen Partikel zurückzuführen ist. Resuspension von Meeresboden können wir für Foraminiferengehäuse ausschließen, da sämtliche Gehäuse gut erhalten sind und keine sedimentären Kontaminationen enthalten.

Eine Zunahme von Partikeln mit der Wassertiefe wurde auch von der Hamburger Arbeitsgruppe (Prof. Ittekkot) mit Sedimentfallen-Untersuchungen beobachtet (mündl. Mitt. Rixen). Unsere Auswertungen von planktischen Foraminiferen aus Sedimentfallen im BIOTRANS-Gebiet haben ergeben, daß kleine Foraminiferen im Vergleich zu großen Formen überrepräsentiert sind. *Turborotalita quinqueloba* war im September 1996 mit etwa 5-15 % in der Biozönose vertreten und während des gleichen Zeitraumes mit knapp 50 % in der Sedimentfalle in 2000 m Tiefe. Im Oberflächensediment bei 4580 m Tiefe ist *T. quinqueloba* dann mit wiederum etwa 10 % vertreten. Folglich wird durch die geringe Sinkgeschwindigkeit der kleinen Foraminiferen-Gehäuse in der tiefen Wassersäule eine Akkumulation bewirkt, die durch die Beprobung mit dem Planktonnetz und der Sinkstofffalle gleichermaßen dokumentiert wird und die Interpretation des Partikelflusses verzerrt.

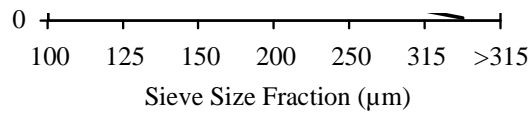


Abb. 4. Größenverteilung planktischer Foraminiferen-Gehäuse an BIOTRANS in 2000 bis 2500 m Wassertiefe im April (1992) und September (1996).

e (Juni bis August) Während des Sommers im Nord-Atlantik findet nur eine geringe Produktion planktischer Foraminiferen statt (siehe auch Schiebel und Hemleben, im Druck). Dementsprechend gering ist die Exportproduktion planktischer Foraminiferengehäuse in der flachen und mittleren Wassersäule.

f (September und Oktober) Mit Erhöhung der Windgeschwindigkeit wird die Wassersäule zunehmend tief durchmischt. Chlorophyll wird aus dem tiefen Chlorophyll-Maximum über die gesamte obere Wassersäule verteilt. Die Thermokline verschiebt sich größere Wassertiefen und es findet ein Entrainment von Nitrat statt, das die Primärproduktion unterstützt. Als Folge findet damit auch eine Zunahme von Individuen planktischer Foraminiferen ($>100 \mu\text{m}$) statt (Schiebel et al., eingereicht), die in ihrer Quantität allerdings weit hinter dem Frühjahrs-Ereignis zurückbleibt.

g (September und Oktober) Mit Erhöhung der Produktion im Oberflächenwasser nimmt auch die Nahrungsverfügbarkeit in der mittleren Wassersäule und die Produktion tiefliebender planktischer Foraminiferen ($>100 \mu\text{m}$) zu.

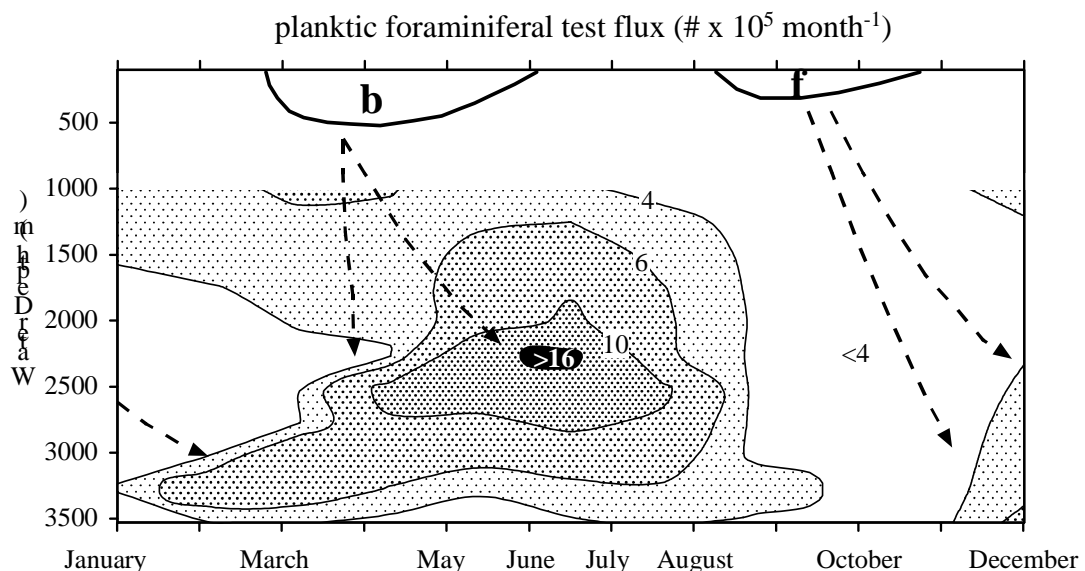


Abb. 5. Vertikalfluß planktischer Foraminiferengehäuse aus den L2-Sinkstoffallen der Kieler Arbeitsgruppe (Prof. Duinker, Dr. U. Lundgren). Die Verankerungstiefen lagen bei 1000 m, 2000 m, 2200 m und 3530 m.

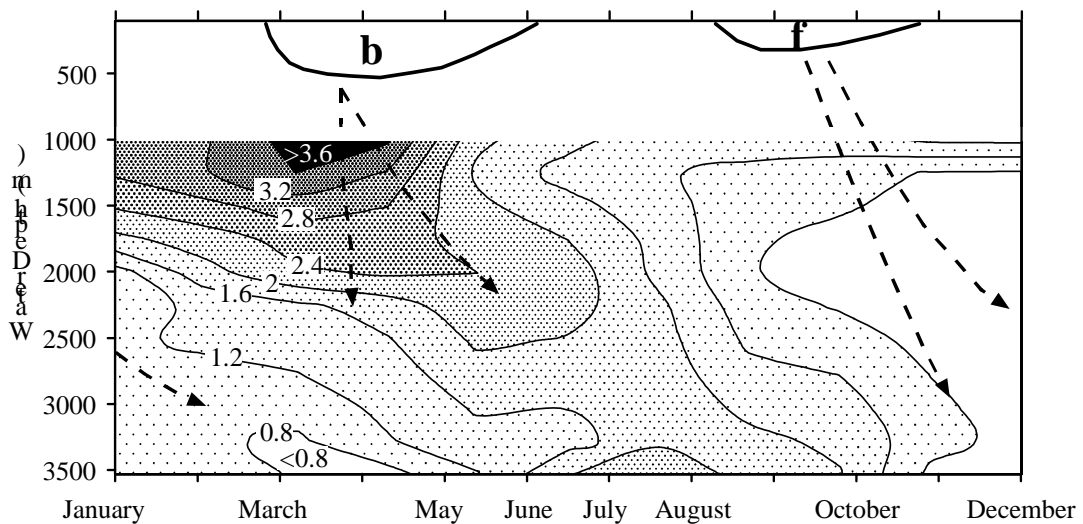


Abb. 6. Vertikaler CaCO_3 -Fluß planktischer Foraminiferen (siehe Abb. 5). Bei vergleichbaren Einheiten ergibt sich aus den Untersuchungen der Sinkstofffallen ein deutlich höherer Kalzitfluß als aus denen der Multinetze. Eine Erklärungsmöglichkeit für die Differenz wäre eine bessere „Fängigkeit“ der Fallen gegenüber den Netzen. Insgesamt wurden 25 Fallen und 797 Netze ausgewertet. Im Vergleich von Fallen- und Netzproben hat sich gezeigt, daß planktische Foraminiferengehäuse $<100 \mu\text{m}$ durchschnittlich nur etwa 3 % des Kalzitflusses ausmachen und damit nicht die Unterschiede zwischen den Flußraten (Falle vs. Netz) bedingen können.

h (Oktober bis Januar) Aus den Wintermonaten stehen keine Multinetzproben zur Verfügung. Entsprechend der Zählungen planktischer Foraminiferen aus Sinkstofffallen (AG Prof. Duinker, Dr. U. Lundgren), ist der Vertikalfluß planktischer Foraminiferengehäuse in den Wintermonaten (November bis Januar) jedoch gering (Abb. 5). Wie aus dem Vergleich der Flußraten von Gehäusen und Gehäuse- CaCO_3 (Abb. 6) hervorgeht, sind während der Wintermonate nur kleine Gehäuse in der tiefen Wassersäule vorhanden, die nur eine geringe CaCO_3 –Masse ergeben. Leicht erhöhte Flußraten bei 1000 m Tiefe im Dezember ergeben sich aus der Interpolation; aus dem Dezember stehen von 1000 m Tiefe keine Daten zur Verfügung.

6.2 Planktische Foraminiferen in der Karibik

Als Quelle des Golfstromes, der die Zirkulation des nordatlantischen Oberflächenwassers entscheidend beeinflusst, stellen der Golf von Mexiko und die Karibik wichtige Regionen für das Verständnis der Verteilung planktischer Foraminiferen im Nordatlantik dar. Hier wurden die planktischen Foraminiferen der östlichen und nördlichen Karibik, in Zusammenarbeit mit

der Arbeitsgruppe von Prof. H. Thierstein (B. Schmuker, ETH) bearbeitet, die während der METEOR-Fahrt 35/1 (1996) gesammelt wurden (Abb. 7). Wie bereits im Zwischenbericht zum Vorhaben ausgeführt, liegen die Individuendichten zwischen etwa 5 Ind. m⁻³ und 80 Ind. m⁻³ und zeigen damit mesotrophe Verhältnisse an. Häufigste Art ist *Globigerinoides ruber* (weiß). Die Ergebnisse werden im einzelnen in Schmuker et al. (in Vorbereitung) diskutiert. Hier soll im Folgenden lediglich kurz ein wichtiges Ergebnis für das Verständnis der Populationsdynamik planktischer Foraminiferen dargestellt werden.

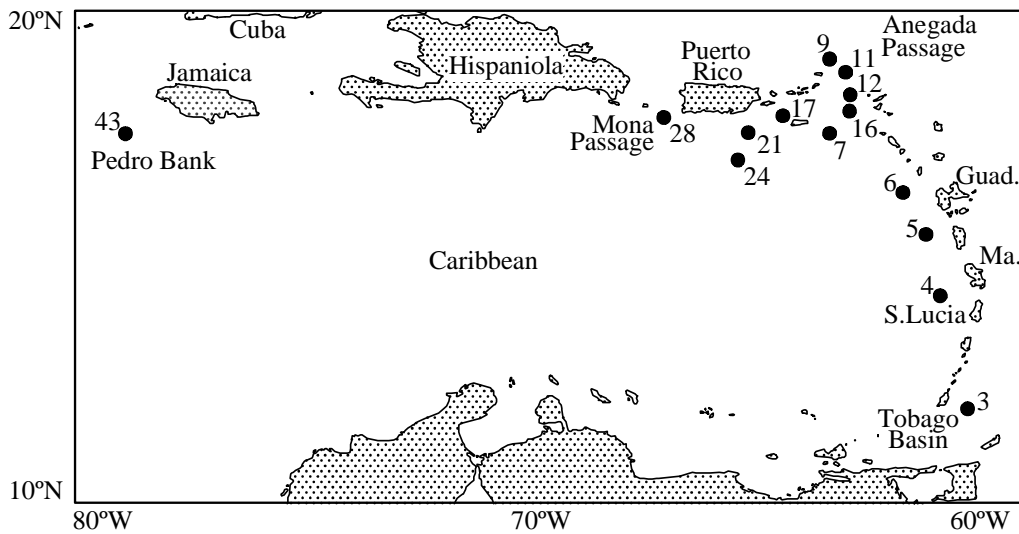


Abb. 7. Position der Multinetz-Stationen (Met 35/1, Mai 1996) in der östlichen und nördlichen Karibik.

Mit bis zu 2,6 Ind. m⁻³ ist *Globorotalia truncatulinoides* in der Karibik eine der selteneren Arten. Höchste Individuendichten wurden zwischen 100 und 300 m registriert (Abb. 8) und korrelieren mit der Verbreitung des „37 ‰-Wassers“ (Abb. 9). Das „37 ‰-Wasser“ hat seinen Ursprung in der Sargasso-See und dringt durch die Anegada-Passage in die Karibik ein. Weitere Maximalvorkommen von *G. truncatulinoides* wurden westlich der St. Lucia-Passage (St. 4), der Dominica Passage (St. 5), der Jungfern-Passage (St. 17) und der Mona-Passage (St. 28) gefunden.

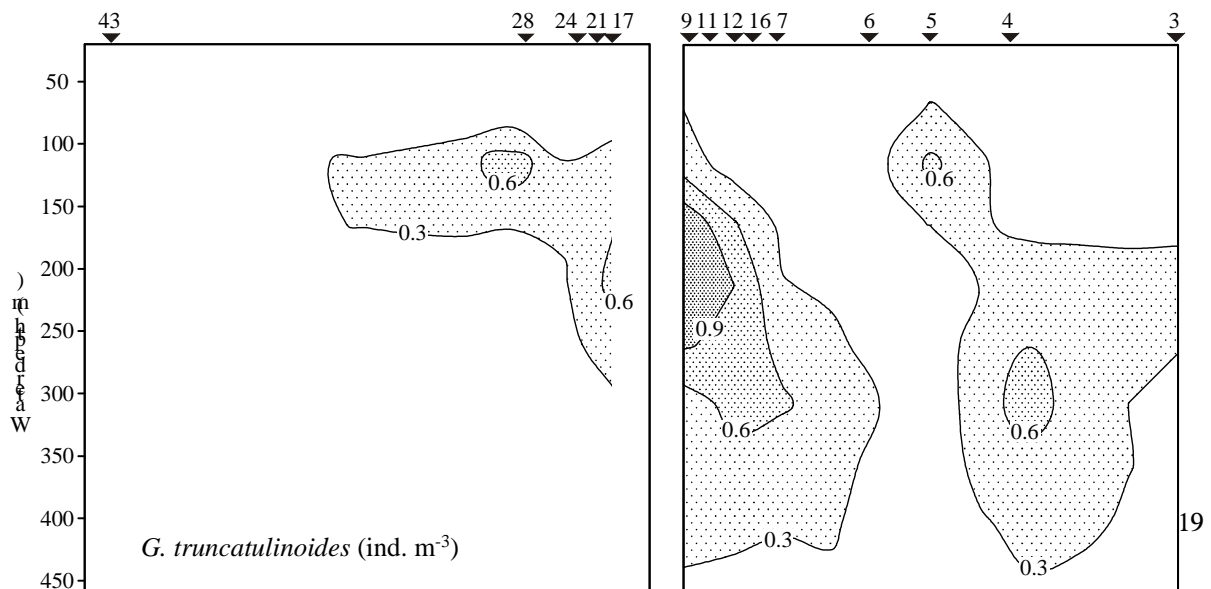


Abb. 8. Verteilung von *G. truncatulinoides* in der östlichen und nördlichen Karibik. Die Lage der Stationen ist durch die Dreiecke an der oberen Achse gekennzeichnet.

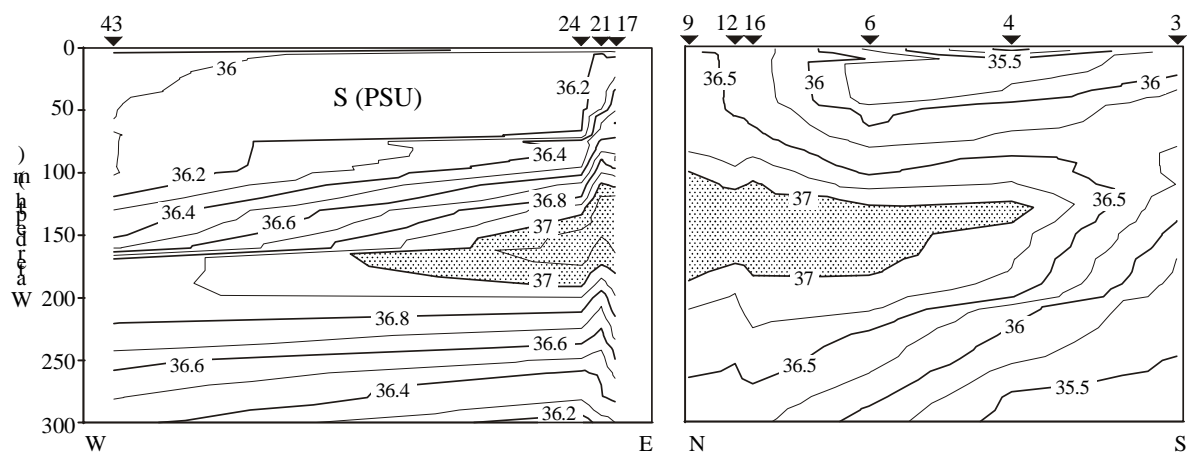


Abb. 9. Verbreitung des „37 ‰-Wassers“ in der östlichen und nördlichen Karibik (CTD-Daten von Dr. H. Hilbrecht, ETH Zürich).

Damit liegt der Schluß nahe, daß *G. truncatulinoides* mit den vom Atlantik durch die Passagen einströmenden Wassermassen in die Karibik transportiert wird. Hier kann damit auch für eine tiefliebende planktische Foraminiferen die Bindung an bestimmte Wasserkörper gezeigt werden, was bisher nur von den flachlebenden Arten bekannt war (z. B. Bijma and Hemleben, 1993) oder aus dem Verhältnis der stabilen Isotope geschlossen wurde (z. B. Hemleben et al., 1985; Deuser and Ross, 1989; Hemleben et al., 1989). Dies kann auch an der Verteilung von *G. truncatulinoides* im Oberflächensediment nachvollzogen werden (Abb. 11). Während *G. truncatulinoides* im West-Atlantik höchste Anteile in der Sedimentvergesellschaftung in der Sargasso-See aufweist, ist sie in der nördlichen Karibik selten. Damit könnte *G. truncatulinoides* als Indikator für den Wassermassenaustausch durch die Passagen der Kleinen und Großen Antillen benutzt werden.

6.3 Planktische Foraminiferen in der Azorenfront

Die Azorenfront bildet die südliche Grenze des North Atlantic Transitional Water (NATW), innerhalb des Eastern North Atlantic Central Water (ENAW). Das ENAW und der Nordatlantik-Strom (NAC) bestimmen die Hydrographie des BIOTRANS-Gebietes und des von JGOFS bearbeiteten 20° W-Schnittes (33°N-59°N, 20°W). Der südliche Teil des 20° W-Schnittes wird vom Azorenstrom (AC) beeinflusst, dessen östlichster Zweig hier nach Süden abbiegt. Für die Interpretation der Mikrofauna an BIOTRANS und des 20° W-Schnittes ist die Kenntnis der Mikrofauna im Bereich der Azorenfront daher ein wichtiger Baustein. NAC und AC werden vom Golfstrom (GC) gespeist und damit Faunenelemente auf dem Golf von Mexiko / der Karibik in den Nordost-Atlantik eingetragen. Durch die Kenntnis der drei Gebiete, BIOTRANS, Karibik und Azorenfront, ergibt sich so ein geschlossenes Bild zur Populationsdynamik planktischer Foraminiferen im zentralen Nordost-Atlantik.

Entgegen den bisherigen Erkenntnissen zu ozeanischen Fronten (Le Févre, 1986), wurde im unmittelbaren Bereich der Azorenfront, im August 1997 (Arquipelago FCA97C und Poseidon 231/3), eine niedrigere Produktion planktischer Foraminiferen, Coccolithen und Pteropoden beobachtet als in den angrenzenden Wassermassen, trotz Wassermassen-Auf- und -Abtriebes (Gould, 1985). Als Grund für die negative Auswirkung der Front auf die Produktion kalkigen Planktons vermuten wir, daß die Front im Sommer nur unterhalb der Thermokline (60-90 m) als starke hydrographische Front ausgeprägt ist. In der oberflächlich durchmischten Schicht war eine Mischfauna aus der nördlichen NATW- und der südlichen, subtropischen Fauna zu finden. Unterhalb der Thermokline fand eine Faunentrennung statt: *Globorotalia scitula*, als häufigste tiefliebende Art, wurde nur nördlich der Front angetroffen und scheint damit, im Vergleich zum subtropischen Wirbel, einen erhöhten Kohlenstofffluß anzuzeigen. *Globorotalia truncatulinoides*, ebenfalls tiefliegend, wurde dagegen auf beiden Seiten der Front angetroffen, und war in jedem der Profilschnitte auf eine Seite der Front beschränkt.

Im Winter (Poseidon-Fahrt 247/2) wurden in der Azorenfront gänzlich andere faunistische Verhältnisse angetroffen als im Sommer. Im Januar 1999 dominierte *Globorotalia truncatulinoides* die planktische Foraminiferenfauna im gesamten Gebiet und in allen Wassertiefen, über die Azorenfront hinweg. *Turborotalita humilis*, bisher nur als akzessorische Art beobachtet, trat mit durchschnittlichen Faunenanteilen von 5 % auf. Insgesamt war die Individuendichte im Winter 1999 um ein vielfaches höher! als im Sommer 1997, hauptsächlich bedingt durch das massenhafte Auftreten von *G. truncatulinoides*. Falls auch die hier angetroffenen Exemplare von *G. truncatulinoides*, wie auch in der Karibik, aus der Sargasso-See stammen, könnte damit der AC anhand der Verteilung planktischer Foraminiferen rekonstruiert werden.

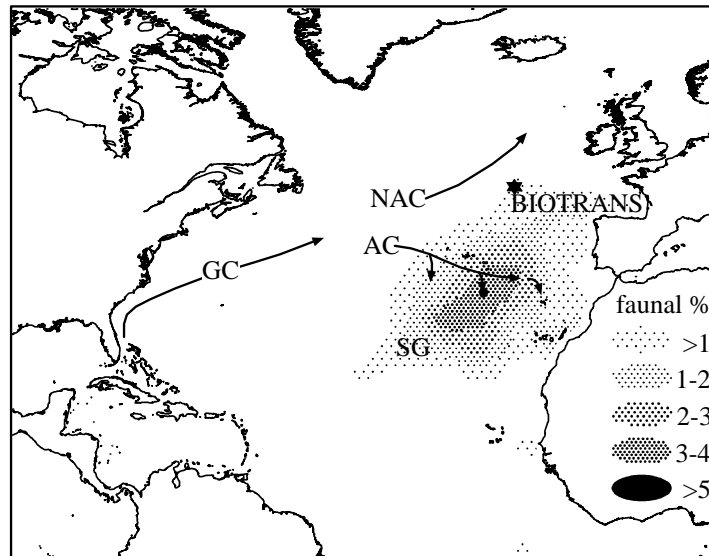


Abb. 10. *Globorotalia scitula* erreicht im Oberflächensediment im Nordatlantik Faunenanteile von über 5 % und ist im Bereich der Azorenfront am häufigsten. An BIOTRANS ist *G. scitula* mit etwa 1 % an der Vergesellschaftung planktischer Foraminiferen im Sediment vertreten. Eine fleckenhafte Verteilung mit Faunenanteilen von bis zu 1 % zeigt *G. scitula* westlich von Afrika und in der Westlichen Karibik. GC = Golfstrom; NAC = Nordatlantik Strom; AC = Azorenstrom; SG = Subtropischer Wirbel.

Im Oberflächensediment (CLIMAP-Datensatz, 372 Oberflächenproben aus dem Nordatlantik) zeigen *G. scitula* und *G. truncatulinoides* im Nord-Atlantik höchste Faunenanteile im Bereich des subtropischen Wirbels (SG) und an dessen nordwestlichem Rand, südlich der Azoren (Abb. 10 und 11).

Akkumulationsraten oder einheitliche Absoluthäufigkeiten sind im CLIMAP-Datensatz leider nicht zu finden. Bei eigenen Zählungen wurden große Anteile der beiden Arten im Sediment im Bereich der Azorenfront gefunden. Damit könnten *G. scitula* und *G. truncatulinoides* als Indikatorarten für die Position und die Ausprägung der Azorenfront als paläo-ozeanographische Proxy eingesetzt werden. Zukünftige Arbeiten an Sedimentkernen werden zeigen, inwieweit sich die Azorenfront anhand der Mikrofauna und der Verhältnisse der stabilen Isotope benthischer und planktischer Foraminiferengehäuse für das Spätquartär rekonstruieren läßt.

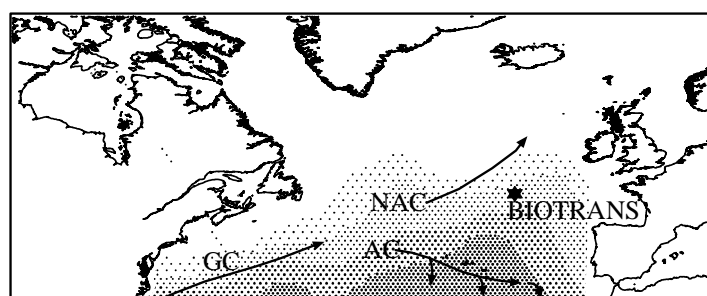


Abb. 11. *Globorotalia truncatulinoides* erreicht im Oberflächensediment im Nordatlantik Faunenanteile von über 10 % und ist in der Sargasso-See und am östlichen Rand des subtropischen Wirbels mit höchsten Anteilen im Sediment vorhanden. An BIOTRANS ist *G. truncatulinoides* mit etwa 2 % an der Vergesellschaftung planktischer Foraminiferen im Sediment vertreten. Im Golf von Mexiko erreicht *G. truncatulinoides* Anteile von bis zu 7 % an der Gehäusevergesellschaftung planktischer Foraminiferen im Sediment. Mit maximal etwa 1 % ist *G. truncatulinoides* in der nördlichen Karibik vorhanden. In der zentralen und südöstlichen Karibik ist *G. truncatulinoides* mit <1 % an der Fauna selten.

7. Ergebnisse von dritter Seite

Neue Ergebnisse, die sich mit den von uns durchgeführten Untersuchungen überschneiden, sind uns nicht bekannt.

8. Eingeschaltete Dritte, Schutzrechte, etc.

Keine

9. Referenzen

BIJMA, J. and HEMLEBEN, Ch. (1994): Population dynamics of the planktic foraminifer *Globigerinoides ruber* (Brady) from the central Red Sea.- Deep-Sea Res., **41**(3): 485-510.

- BORK, M. (in Vorbereitung): Populationsdynamik und Sedimentation planktischer Foraminiferen im Nordost-Atlantik, Herbststudie 1996 (JGOFS).- Diplomarbeit, Universität Tübingen, 2000.
- DEUSER, W.G. and ROSS, E.H. (1989): Seasonally abundant planktonic foraminifera of the Sargasso Sea: Succession, deep-water fluxes, isotopic compositions, and paleoceanographic implications.- *Journ. Foram. Res.*, **19**(4): 268-293.
- GOULD, W.J., 1985, Physical oceanography of the Azores Front. *Progr. Oceanogr.*, **14**, 167-190.
- LE FÉVRE, J., 1986, Aspects of the biology of frontal systems. *Advances in Marine Biology*, **23**, 163-299.
- HEMLEBEN, CH., SPINDLER, M., BREITINGER, I. and DEUSER, W.G. (1985): Field and laboratory studies on the ontogeny and ecology of some globorotaliid species from the Sargasso Sea off Bermuda.- *Journ. Foram. Res.*, **15**(4): 254-272.
- KIEFER, A., SCHIEBEL, R. und HEMLEBEN, Ch. (1999): Saisonale und regionale Entwicklung der planktischen Foraminiferen-Fauna im Arabischen Meer.- in: SCHLÜNZ, B. und WEFER, G. (eds.): Bericht über den 7. JGOFS-Workshop. 3./4. Dezember 1998 in Bremen.- Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften Universität Bremen, **131**: 28. [Poster]
- KOEVE, W., OSCHLIES, A., MINTROP, L., KÄHLER, P., KÖRTZINGER, A., KÜHN, W., SCHIEBEL, R., FEHNER, U., WANIEK, J., FIETZKE, J. and ZEITZSCHEL (1999): Budgets for a JGOFS quasi time series station in the temperated North East Atlantic at 47 N, 20 W (the Biotrans site).- in: SCHLÜNZ, B. und WEFER, G. (eds.): Bericht über den 7. JGOFS-Workshop. 3./4. Dezember 1998 in Bremen.- Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften Universität Bremen, **131**: 29-30. [Vortrag]
- MOOS, C., SCHIEBEL, R., SCHNEIDER, R. and WEFER, G. (eingereicht): Relation of stable isotope signals of planktonic foraminifera to monsoonal upwelling: derived from plankton tows and sediment surface samples of the north western Arabian Sea.- *Deep-Sea Research I*, 2000.
- SCHIEBEL, R. (1999): Impact of the Azores Front on the distribution of calcareous microplankton.- Published as a supplement to EOS, Transactions, American Geophysical Union, 80(49): 198. (2000 Ocean Sciences Meeting, January 24-28, San Antonio, Texas) [Vortrag]
- SCHIEBEL, R. (in Vorbereitung): Planktic foraminiferal population dynamics and test flux.- Habilitationsschrift, Universität Tübingen, 2000.
- SCHIEBEL, R. and HEMLEBEN, Ch. (1998): Global planktic foraminiferal test and calcite flux.- in: Longoria, J. F. and Gamper, M. A. (eds.): Forams '98. International Symposium on Foraminifera.- Sociedad Mexicana de Paleontologia, A.C., Special Publication: 95-96. [Vortrag]
- SCHIEBEL, R. und HEMLEBEN, Ch. (1999): Populationsdynamik und CaCO₃-Fluß planktischer Foraminiferen.- in: SCHLÜNZ, B. und WEFER, G. (eds.): Bericht über den 7. JGOFS-Workshop. 3./4. Dezember 1998 in Bremen.- Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften Universität Bremen, **131**: 50. [Vortrag]
- SCHIEBEL, R. and HEMLEBEN, Ch. (im Druck): Interannual variability of planktic foraminiferal populations and test flux in the eastern North Atlantic Ocean (JGOFS).- *Deep-Sea Research*, 2000.
- SCHIEBEL, R., ALVES, M., WANIEK, J. and ZELTNER, A. (1999): Distribution of planktic Foraminifers, gastropods, and coccolithophorids across the Azores Front.- CANIGO Conference, Las Palmas, 12-16 September 1999, Book of Abstracts: 8. [Poster]
- SCHIEBEL, R., BIJMA, J. and HEMLEBEN, Ch. (1997): Population dynamics of the planktic foraminifer *Globigerina bulloides* from the eastern North Atlantic.- *Deep-Sea Research*, **44**(9): 1701-1713.
- SCHIEBEL, R., GYLDENFELDT, A.-V. v., BAYER, M. and HEMLEBEN, Ch. (1998a): Planktic Foraminifera and Pteropods in the vicinity of the Azores Frontal Zone in summer 1997.- CANIGO 2nd General Meeting, Lisbon, 11-14 January, 1998, Abstracts. [Poster]

- SCHIEBEL, R., HILLER, B. and HEMLEBEN, Ch. (1995): Impacts of storms on Recent planktic foraminiferal test production and CaCO₃ flux in the North Atlantic at 47°N, 20°W (JGOFS).- *Marine Micropaleontology*, **26**(1/4): 115-129.
- SCHIEBEL, R., WANIEK, J., BORK, M. and HEMLEBEN, Ch. (im Druck): Entrainment stimulating planktic foraminiferal production.- 8. JGOFS-Workshop. 2./3. Dezember 1999 in Bremen. [Poster]
- SCHIEBEL, R., WANIEK, J., BORK, M. and HEMLEBEN, CH. (eingereicht): Planktic foraminiferal production stimulated by chlorophyll redistribution and entrainment of nutrients.- *Deep-Sea Research I*, 2000.
- SCHIEBEL, R., ZELTNER, A. and HEMLEBEN, Ch. (1998b): Pelagic particulate calcite flux.- in: GIESE, M. und WEFER, G. (eds.): Bericht über den 6. JGOFS-Workshop. 4./5. Dezember 1997 in Bremen.- *Berichte, Fachbereich Geowissenschaften Universität Bremen*, **109**: 53-54. [Vortrag]
- SCHMUKER, B. and SCHIEBEL, R. (in Vorbereitung): Planktic foraminifers along the Caribbean island arc. *Marine Micropaleontology*.
- TREPPKE, U.F., SCHIEBEL, R., ZELTNER, A., HEMLEBEN, Ch. and ITTEKKOT, V. (1999): The upwelling system in the western Arabian Sea documented by diatoms in relation to planktonic foraminifera and coccolithophores: first results.- in: SCHLÜNZ, B. und WEFER, G. (eds.): Bericht über den 7. JGOFS-Workshop. 3./4. Dezember 1998 in Bremen.- *Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften Universität Bremen*, **131**: 53. [Poster]
- ZELTNER, A., SCHIEBEL, R. and HEMLEBEN, Ch. (1998): Coccolith fluxes in the central Arabian Sea. - in: GIESE, M. und WEFER, G. (eds.): Bericht über den 6. JGOFS-Workshop. 4./5. Dezember 1997 in Bremen.- *Berichte, Fachbereich Geowissenschaften Universität Bremen*, **109**: 65-66. [Poster]
- ZELTNER, A., SCHIEBEL, R. and HEMLEBEN, Ch. (1999): Floating Coccolith assemblages in the northern Indian Ocean.- in: SCHLÜNZ, B. und WEFER, G. (eds.): Bericht über den 7. JGOFS-Workshop. 3./4. Dezember 1998 in Bremen.- *Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften Universität Bremen*, **131**: 58-59. [Poster]
- ZELTNER, A., SCHIEBEL, R., HEMLEBEN, Ch. and ITTEKKOT, V. (im Druck): Coccolith fluxes in the western and central Arabian Sea. 8. JGOFS-Workshop. 2./3. Dezember 1999 in Bremen. [Poster]