BERICHTE

aus dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen

Nr. 74

Treppke, U.F.

SAISONALITÄT IM DIATOMEEN- UND SILIKOFLAGELLATENFLUß IM ÖSTLICHEN TROPISCHEN UND SUBTROPISCHEN ATLANTIK

Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Nr. 74
200 S., Bremen 1996.

ISSN 0931-0800

Die "Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften" werden in unregelmäßigen Abständen vom Fachbereich 5, Universität Bremen, herausgegeben.

Sie dienen der Veröffentlichung von Forschungsarbeiten, Doktorarbeiten und wissenschaftlichen Beiträgen, die im Fachbereich angefertigt wurden.

Die Berichte können bei:

Frau Gisela Eggerichs

Sonderforschungsbereich 261

Universität Bremen

Postfach 330 440

D 28334 BREMEN

Telefon: (49) 421 218-4124

Fax: (49) 421 218-3116

angefordert werden.

Zitat:

Treppke, U.F.

Saisonalität im Diatomeen- und Silikoflagellatenfluß im östlichen tropischen und subtropischen Atlantik.

Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Nr. 74, 200 S., Bremen 1996.

ISSN 0931-0800

Saisonalität im Diatomeen- und Silikoflagellatenfluß im östlichen tropischen und subtropischen Atlantik

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
am Fachbereich Geowissenschaften
der Universität Bremen

vorgelegt von
Ute Frieda Treppke
Bremen 1995

Für meinen Sohn Fridtjof

Vorwort

Die globale Entwicklung des Klimas ist gekoppelt an Veränderungen im Stoffhaushalt und in den Stromsystemen der Ozeane. Der Südatlantik ist ein wichtiges Glied im globalen Zirkulationssystem: der Wärme- und Stofftransport zwischen der Süd- und der Nordhalbkugel findet hier statt. Ziel des Sonderforschungsbereichs 261 der Universität Bremen "*Der Südatlantik im Spätquartär: Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen*" ist es, die Bedeutung des Südatlantiks für die spätquartäre Klimaentwicklung zu untersuchen. Mit Hilfe des Studiums der Sedimentationsprozesse in der Wassersäule und am Meersboden wird die Anbindung des heutigen Stoffhaushaltes und der heutigen Temperatur- und Salzgehaltsverteilung an die rezenten Sedimentationsmuster analysiert. Darauf basierend können quartäre Sedimentationsabfolgen zur Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen benutzt werden. Die vorliegende Arbeit ist eingebunden in das Teilprojekt A1 dieses Sonderforschungsbereiches 261, welches sich mit dem Stofftransport zum Meeresboden beschäftigt.

Die vorliegende Dissertation gliedert sich in vier Teile, die in Form von Manuskripten verfaßt wurden:

- In Kapitel 1 werden in der Einleitung der Inhalt und die thematische Verknüpfung der einzelnen Manuskripte erläutert und kurz das Arbeitsgebiet und die Methoden, sowie das Probenmaterial beschrieben.
- In Kapitel 2 sind die bereits verfaßten Arbeiten abgedruckt. Die erste Arbeit ist bereits publiziert, das zweite Manuskript befindet sich im Druck und das dritte Manuskript wurde zur Veröffentlichung in einer internationalen Fachzeitschriften akzeptiert.
- In Kapitel 3 werden die Ergebnisse der Einzelmanuskripte kurz beschrieben.
- In Kapitel 4 werden Ergebnisse der Einzelmanuskripte zusammengefaßt und mit Sedimentoberflächendaten verglichen.
- In Kapitel 5 werden die Ergebnisse in Form einer Schlußfolgerung diskutiert. Abschliessend wird ein Ausblick gegeben.
- In Kapitel 6 werden die Taxonomie und die Rohdaten in Form eines Anhanges aufgeführt.

Inhaltsverzeichnis

Nr.	Kap.	Seite
1.	Einleitung	1
1.1.	Fragestellung	3
1.2.	Arbeitsgebiet	4
1.3.	Material und Methoden	5
1.3.1.	Statistische Methoden	9
1.4.	Durchgeführte Arbeiten	10
1.5.	Literatur	11
2.	Veröffentlichungen	18
2.1.	Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationships to trade winds, hydrography and upwelling events	18
2.2.	Vertical fluxes of diatoms and silicoflagellates in the eastern equatorial Atlantic, and their contribution to the sedimentary record	38
2.3.	Diatom and silicoflagellate fluxes at the Walvis Ridge: an environment influenced by coastal upwelling in the Benguela System	76
3.	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	108
4.	Vergleich der Diatomeenverteilung in der Wassersäule und im Sediment zwischen dem Guinea-Becken und dem Walfisch-Rücken	112
4.2.	Diatomeenverteilung im Oberflächensediment	114
4.3.	Literatur	121
5.	Schlußfolgerungen und Ausblick	123
5.1.	Literatur	125
6.	Anhang	126
6.1.	Taxonomie	126
6.1.1.	Literatur	140
6.1.2.	Fototafeln	145
6.2.	Sinkstoffallen	169
6.2.1.	Zählergebnisse	169
6.2.2.	Wertetabelle der häufigen Arten an der WR-Position	194
6.3.	GKG-Sedimentproben	197
6.3.1.	Stationsliste (einschließlich Multinetz- und Schwerelotkerne)	197
6.3.2.	Q-Modus-Faktorladungen	198

1. Einleitung

Zwischen unserem Klima und dem CO_2-Gehalt der Atmosphäre besteht ein enger Zusammenhang: Das Weltklima wird maßgeblich von Änderungen im CO_2-Gehalt der Atmosphäre beeinflußt. Dies zeigen z. B. die CO_2-Variationen der letzten 160 000 Jahre (Barnola et al., 1987) und die damit weitgehend parallel verlaufenden Temperaturänderungen im Oberflächenwasser der Ozeane (Berger & Wefer, 1992). Es wird angenommen, daß der Ozean über die Produktion von organischem Kohlenstoff und dessen Export aus der Deckschicht in die Tiefsee und zum Meeresboden den CO_2-Gehalt der Atmosphäre mitbestimmt (Berger et al., 1989). Regionen hoher Primär- und Exportproduktion sind neben den hohen Breiten die äquatorialen, sowie die Küstenauftriebsgebiete. Wichtige Primärproduzenten in diesen Regionen sind die Diatomeen (Bacillariophyceae). Diese tragen neben weiteren Algen wie Coccolithophoriden, Silikoflagellaten und Dinoflagellaten wesentlich zur Kohlenstoffproduktion im Oberflächenwasser und zum Export in den tieferen Ozean bei (Berger et al., 1989). Mit ihrem aus amorpher Kieselsäure bestehendem Skelett (Schalen) bilden sie in den Hochproduktionsgebieten opalreiche Sedimente (Lisitzin, 1972), weshalb sie außerdem als die wichtigsten Opalproduzenten in vielen Regionen gelten. Silikoflagellaten, die ebenfalls ein kieseliges Skelett tragen, spielen dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Für die geologische Überlieferung ist von Bedeutung, daß die Diatomeenschalen beim Transport durch die Wassersäule zum Meeresboden und bei der Sedimentation besser erhalten bleiben als organischer Kohlenstoff (Emerson et al., 1985). Im Vergleich zu anderen fossilisierbaren Phytoplanktonorganismen wie den Dinoflagellaten sind sie deutlich lösungsresistenter und im Vergleich zu den kalkigen Coccolithophoriden werden sie in großen Wassertiefen nicht gelöst. Daher können Diatomeen auch als Paläoproduktivitätsanzeiger benutzt werden (Lisitzin, 1985). Da die Diatomeenvergesellschaftungen auch vom Nährstoffangebot, der Wassertemperatur, dem Salzgehalt und von der Meereisbildung abhängen, können sie auch als Indikatoren für bestimmte Strömungssysteme, den Meereisrand und die genannten pysikalischen Größen herangezogen werden (Burckle et al., 1987; Pokras, 1987; Jansen & Van Iperen, 1991). Als Informationsquelle für fluviatilen und äolischen Eintrag in den marinen Bereich dienen allochthone Bestandteile einer Vergesellschaftung. Für den Windeintrag sind außerdem Phytolithe von Bedeutung (Pokras & Mix, 1985; Pokras, 1991). Dieses sind Stützelemente aus Opal, die von Gräsern gebildet werden (Twiss et al., 1969).

Da Silikoflagellaten im Vergleich zu Diatomeen weniger zur Primär- und Opalproduktion beitragen, fanden sie in der Literatur bisher weniger Beachtung. Ihre Artenvergesellschaftung steht, vergleichbar mit den Diatomeen, u. a. im Zusammenhang mit der Wassertemperatur und dem Nährstoffangebot (Takahashi, 1989), weshalb sie ebenfalls zur Paläotemperaturbestimmung (Ciesielski, 1975) und als Produktivitätsindikator (Schrader & Baumgartner, 1981) herangezogen werden.

Bei der Rekonstruktion früherer Umweltbedingungen muß berücksichtigt werden, daß sich die fossile Vergesellschaftung von der rezenten Planktonvergesellschaftung unterscheidet. Im obersten Bereich der Wassersäule verändert Fraß durch Zooplankton und der daraus resultierenden Fragmentierung, als auch Aggregatbildung in Form von Kotballen (Schrader, 1971; Peinert et al., 1989) die Zusammensetzung und Erhaltung der Vergesellschaftung. Beim Absterben der Kieselalgen verlieren diese durch bakteriellen Abbau ihre organische Hülle. Die Lösung leerer Opalschalen absinkender, toter Algen ist besonders wirksam in der photischen Zone aufgrund starker Kieselsäureuntersättigung (Bishop et al. 1977) und nimmt erst in Wassertiefen von mehr als 1000 m deutlich ab (Berger, 1976; Schrader & Schütte, 1981). In größeren Wassertiefen und in der bodennahen Schicht müssen lateraler Transport (Sancetta & Calvert, 1988; Walsh et al., 1988a), sowie Resuspension (Walsh et al., 1988b) berücksichtigt werden. Bei der Sedimentation und Frühdiagenese sind wieder verstärkt Lösungsvorgänge durch Opal-untersättigte Porenwässer (Hurd, 1973) möglich.

Bei der Rekonstruktion früherer Umweltbedingungen aus dem Sediment ist ferner die zeitliche Auflösung der kieseligen Signalbildner zu beachten. Die Sedimentvergesellschaftung spiegelt meistens eine Mischung vieler Jahre und ihrer Jahreszeiten wieder. In der Sedimentvergesellschaftung muß sich auch nicht das Signal der produktivsten Saison widerspiegeln (Sancetta & Calvert, 1988), da häufig die Individuen der Jahreshauptblüte relativ klein und leicht verkieselt sind (Smetacek, 1985). Außerdem können einzelne Ereignisse wie Blüten bestimmter Arten (Sancetta et al., 1991) oder die Konzentration von bestimmten Taxa an hydrographischen Fronten (Kemp & Baldauf, 1993; Yoder et al., 1994) das normale Jahresmuster überprägen.

Um den Zusammenhang zwischen der Bio- und der Taphozönose zu untersuchen, sind kontinuierliche Langzeitmessungen in der Wassersäule notwendig. Da Beprobungen des Planktons in der photischen Zone im küstenfernen Bereich aus logistischen Günden stets nur kurze Zeitabschnitte bzw. Momentaufnahmen wiedergeben, sind Langzeitserien von Sinkstoffallenexperimenten über den Partikelfluß die einzige praktikable Methode, um die Zusammenhänge zwischen Plankton- und Sedimentvergesellschaftung zu erkennen.

Bisherige Diatomeen- und Silikoflagellatenuntersuchungen im Rahmen von Fallenexperimenten wurden besonders in Regionen hoher Saisonalität, d. h. meist in den höheren Breiten durchgeführt (Billet, et al., 1983; Smetacek, 1985; Gersonde & Wefer, 1986; Takahashi, 1986, 1989; Sancetta & Calvert, 1988; Sancetta, 1989; Abelmann & Gersonde, 1991; Sautter & Sancetta, 1992). Für den äquatorialen Atlantik liegen bisher keine Daten von Sedimentfallenexperimenten vor. Im östlichen äquatorialen, sowie im südöstlichen Atlantik beschränken sich die Studien in der Wassersäule auf Planktonproben aus den obersten 400 m (Bishop et al., 1977; 1978), die allerdings keine Analyse der Diatomeenflora umfassen.

Die erste Diatomeenstudie für den gesamten südlichen tropischen und subtropischen Atlantik, allerdings nicht auf saisonaler Basis, wurde bereits von Hentschel (1932; 1936) an Planktonmaterial durchgeführt. Erst 1976 folgt eine grobskalige Diatomeenkartierung im Oberflächensediment des gesamten Atlantiks durch Maynard und 1986 erschien die detailiertere Arbeit zur Diatomeenverteilung in Pilotkern-Sedimentproben vom äquatorialen Atlantik bis zur Südspitze Afrikas durch Pokras & Molfino. Im Benguela-Auftriebssystem wurden einige regionale Arbeiten am Planktonmaterial (Hart & Currie, 1960; Barlow, 1982; Kollmer, 1962, 1963; Kruger, 1980; Pitcher et al., 1991) und an Sedimentmaterial (Hart & Currie, 1960; Schütte & Schrader, 1981) durchgeführt. Van Iperen et al. (1987) beschränken sich in ihren Analysen auf die Kongomündung, während Kolbe (1955) mit seinen Analysen von Kernoberflächen vom NW-Atlantik an den Äquator grenzt. Arbeiten zur Verteilung von Süßwasserdiatomeen und Phytolithen in Sedimenten des Südatlantiks liegen von Pokras & Mix (1985) und Pokras (1991) vor. Weitere Diatomeenstudien im tropischen und subtropischen Atlantik basieren auf Sedimentkermaterial (Stabell, 1986; Mikkelsen, 1984; Sancetta et al., 1992).

1.1. Fragestellung

Um die fossilen Diatomeenablagerungen in marinen Sedimenten für Rekonstruktionen der Paläoumwelt (Produktion, Temperatur, Salzgehalt, Ströumungssystem) benutzen zu können, ist es notwendig zu wissen, welche Prozesse auf dem Weg zur fossilen Vergesellschaftung eingewirkt haben und in welchem Maße die fossilen Gemeinschaften die Lebendvergesellschaftung widerspiegeln und welche Faktoren diese Lebendvergesellschaftung bestimmen. Zu diesen Fragen kann die Analyse von Material aus verankerten Sinkstoffallen Antworten geben.

Die vorliegende Arbeit basiert auf Sinkstoffallenexperimenten in zwei wichtigen verschiedenen Hochproduktionsgebieten im östlichen Atlantik: dem äquatorialen Auftriebsgebiet und dem Küstenauftriebsgebiet vor Namibia. Der jahreszeitliche Verlauf von Diatomeen und Silikoflagellaten soll Aufschluß über die saisonale Variabilität der Primär - und Exportproduktion in beiden Regionen und im Vergleich zueinander geben. Weiter soll untersucht werden, wie sich die für beide Regionen typischen hydrographischen und atmospärischen Bedingungen in dem jeweiligen Fluß beider Organismengruppen, sowie in deren Artenvergesellschaftung widerspiegeln. Sinkstoffallen in verschieden Wassertiefen ermöglichen es weitgehend, regionale Unterschiede in der Bedeutung des Lateraltransport für den gemessenen Vertikalfluß in Abhängigkeit von der Charakteristik der tiefen Wassermassen zu untersuchen. Die qualitative und quantitative Erfassung der Diatomeen und Silikoflagellaten im Oberflächensediment soll eine Abschätzung zwischen Exportproduktion, Transport und Sedimentation ermöglichen. Des weiteren soll die Opallösung in der Wassersäule und an der Sedimentoberfläche mit Hilfe der Diatomeenvergesellschaftung abgeschätzt werden.

Im speziellen soll folgenden Einzelfragen nachgegangen werden:

1. Wie bildet sich die Saisonalität in dem Diatomeen und Silikoflagellatenfluß ab bzw. welches sind die charakteristischen Diatomeenvergesellschaftungen? Untersuchungsgebiete hierfür sind:
   a. der Randbereich des äquatorialen Auftriebsgebietes mit geringen Schwankungen in der Wasseroberflächentemperatur, d. h. geringer Saisonalität und
   b. Auftriebsfilamente, die außerhalb des eigentlichen Küstenauftriebes beginnen und die sich durch hohe saisonale Temperaturschwankungen auszeichnen. In beiden Gebieten treten sowohl eutrophe, als auch oligotrophe Bedingungen auf.
2. Wie läßt sich der saisonale Fluß in verschiedenen Wassertiefen miteinander vergleichen, d. h. wie verändert sich der Partikelfluß mit zunehmender Wassertiefe unter Berücksichtigung von Lösung und lateralem Eintrag?
3. Welches sind die Diatomeenvergesellschaftungen im Sediment und wie unterscheiden sie sich von der Wassersäule?
4. Welches sind die mittleren Flußraten der Diatomeen und Silikoflagellaten in der Wassersäule und im Sediment?

1.2. Arbeitsgebiet

Detaillierte Angaben zur Hydrographie der einzelnen Gebiete befinden sich in den einzelnen Publikationen (Kap. 2). Hier sollen noch einmal in kurzer Form das Arbeitsgebiet und die Ozeanographie dargestellt werden.

Das Arbeitsgebiet umfaßt die beiden Hochproduktionsgebiete im östlichen tropischen Atlantik: das äquatoriale Auftriebsgebiet im Bereich des Guinea-Beckens und das Küstenauftriebsgebiet vor Namibia innerhalb des Benguela-Stromsystems (Abb. 1.1). Der Auftrieb in beiden Regionen steht in Zusammenhang mit den tropischen/subtropischen Passatwinden (Shannon, 1985; Peterson & Stramma, 1991). Der Windstress bedingt in Verbindung mit der Corioliskraft den divergenten Auftrieb nördlich des Äquators nahe der Küste und ist verantwortlich für die vertikale Durchmischung am Äquator und südlich davon (Voituriez & Herbland, 1981; Philander & Düing, 1979). Der Küstenauftrieb vor Namibia ist direkt durch den SE-Passat windinduziert und nördlich von 31°S ganzjährig mit einem Maximum im Südfrühjahr wirksam (Shannon, 1985). Am Äquator führen die hohe Insolation und der Wärmefluß besonders im borealen Sommer zu intensiveren Winden, die wiederum eine verstärkte Oberflächenströmung des Südäquatorial-Stromes (SEC) bewirken, d. h. der äquatoriale Auftrieb und die vertikale

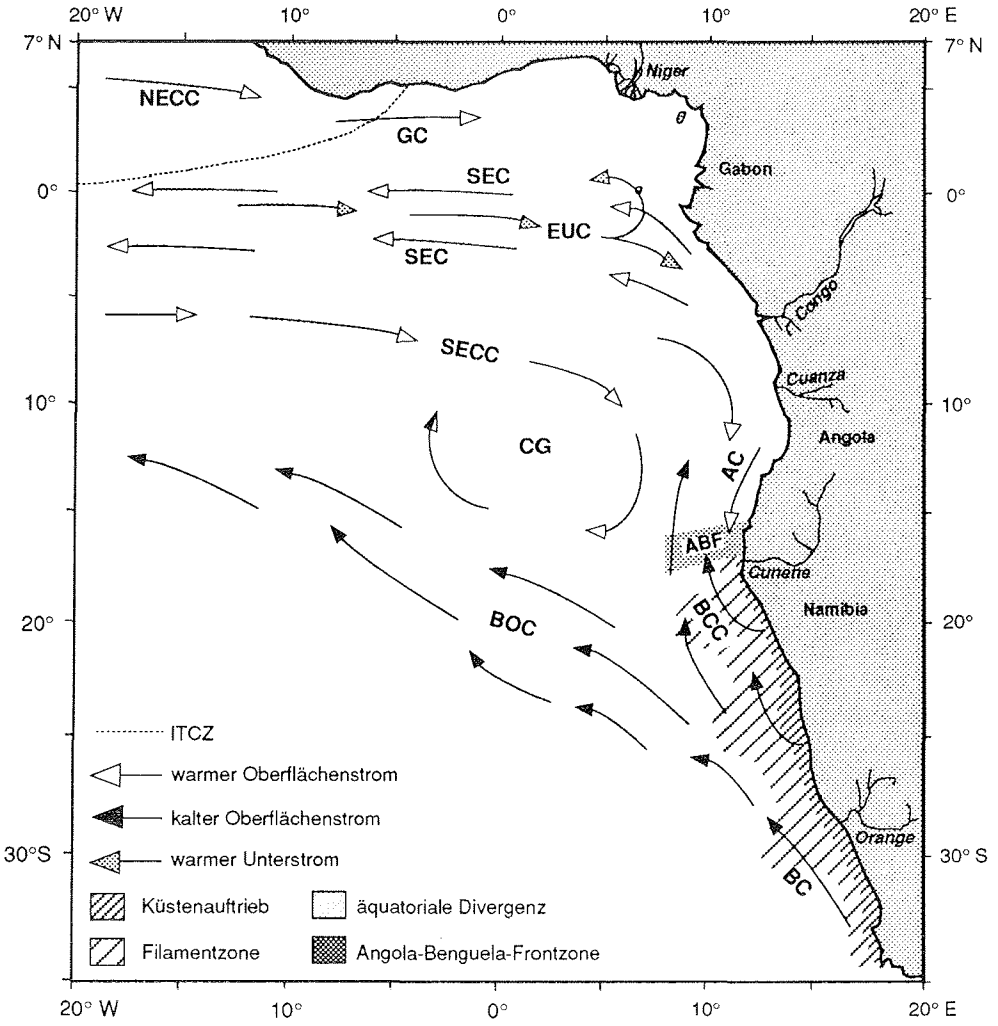


Abb. 1.1: Stromsysteme des Oberflächenwassers und Auftriebs- bzw. Divergenzgebiete im östlichen tropischen und subtropischen Atlantik: Dem Strömungsmuster liegen die Arbeiten von Hart & Currie (1960), Neumann & Pierson (1966), Moroshkin et al. (1970), Stramma & Peterson (1989) und Gordon & Bosley (1991) zugrunde.
AC: Angola-Strom, BC: Benguela-Strom, BCC: Benguela-Küstenstrom, BOC: Ozeanischer Benguela-Strom, CG: Zyklonischer Wirbel, GC: Guinea-Strom, EUC: Äquatorial-Unterstrom, NECC: Nordäquatorial-Gegenstrom, SEC: Südäquatorial-Strom, SECC: Südäquatorial-Gegenstrom.
Die Intertropische Konvergenzzone (ITCZ, gepunktete Linie) ist mit ihrer südlichen Position (Höflich, 1984) eingetragen. Die Ausdehnung der äquatorialen Divergenz (hell gepunktet) wurde der Arbeit von Voituriez & Herbland (1982) entnommen. Der Bereich des Küstenauftriebes (eng schraffiert) und der Filamentzone (weit schraffiert) im Südwesten Afrikas ist nach Lutjeharms & Stockton (1987) dargestellt. Die Angola-Benguela-Frontzone (dunkel gepunktet) enstammt der Arbeit von Shannon et al. (1987).

Durchmischung sind in diesem Zeitraum am stärksten (Peterson & Stramma, 1991; Voituriez & Herbland, 1977). Im borealen Sommer (Südwinter) erreicht auch die Intertropische Konvergenzzone (ITCZ), die die Grenze zwischen dem NE- und SE-Passatwind darstellt, ihre nördlichste Postion (15°N). Im borealen Winter liegt die ITCZ an ihrer südlichsten Position (6°N) und bedingt somit einen zunehmenden Einfluß des NE-Passates auf die äquatoriale Region (Hastenrath and Lamb, 1977). Der NE-Passat bewirkt eine Verstärkung der südäquatotialen Gegenströmung und damit eine Intensivierung des Angola-Stromes (Katz et al., 1981). Letzterer beeinflußt die Lage der Angola-Benguela-Front und bewirkt eine Intrusion wärmeren Wassers in das nördliche Benguela-Küstenauftriebsgebiet (Boyd et al., 1987; Shannon et al., 1987). Eine solche Intrusion hat eine Verringerung der Auftriebsintensität in diesem Bereich zur Folge (Shannon et al., 1986).

1.3. Material und Methoden

Das untersuchte Probenmaterial, Sinkstoffallen- und Oberflächenproben von Großkastengreifern, sowie Multinetz- und vereinzelte Schwerelot-Kernproben wurde während der Meteor-Expeditionen M6-6, M9-4, M12-1 und M23-1 in den Jahren 1988 bis 1990 und 1993 (Wefer et al., 1988, 1989, 1990; Spieß et al., 1993) gewonnen. Die Positionen der Stationen sämtlicher bearbeiteter Proben sind der Abb. 1.2, die entsprechenden Koordiaten dem Kap. 2 (*material and methods*) und dem Anhang zu entnehmen.

Die Probenaufbereitung der Sinkstoffallen- und Sedimentproben ist zur Übersicht in einem Fließschema (Abb. 1.3) dargestellt. Die Aufbereitung der Fallenproben ist in Lange et al. (1994) beschrieben. Dieses gilt auch für die Präparation, sowie für die qualitative und quantitative Erfassung der Diatomeenflora am Mikroskop. Die Aufbereitung der Multinetzproben ist die gleiche wie bei den Sinkstoffallen. Für die Sedimentoberflächenproben finden sich Angaben zur Probenbearbeitung in dem zweiten Manuskript (Treppke et al., Msk. Marine Micropaleontology), sowie in Treppke (1988, Diplomarbeit). In dieser Diplomarbeit wurden Testzählungen durchgeführt, die zeigen, daß der Fehler bei der quantitativen Erfassung mittels der hier angewendeteten Präparationstechnik 12-15% beträgt.

Während die Beprobung der Großkastengreifer der Meteor-Expeditionen M9-4 und M12-1 sofort nach Einholen des Gerätes erfolgte, wurden die Oberflächenproben der M6-6- Expedition im Labor mittels Beprobung der Archivkerne aus den GKG gewonnen. Alle GKG-Proben wurden zur Konservierung mit Methanol versetzt.

Sämtliche Mikroskoparbeiten wurden an einem Zeiss Axioskop mit Phasenkontrasteinrichtung durchgeführt. Die für den Phasenkontrast verwendeten Plan-Neofluar-Objektive

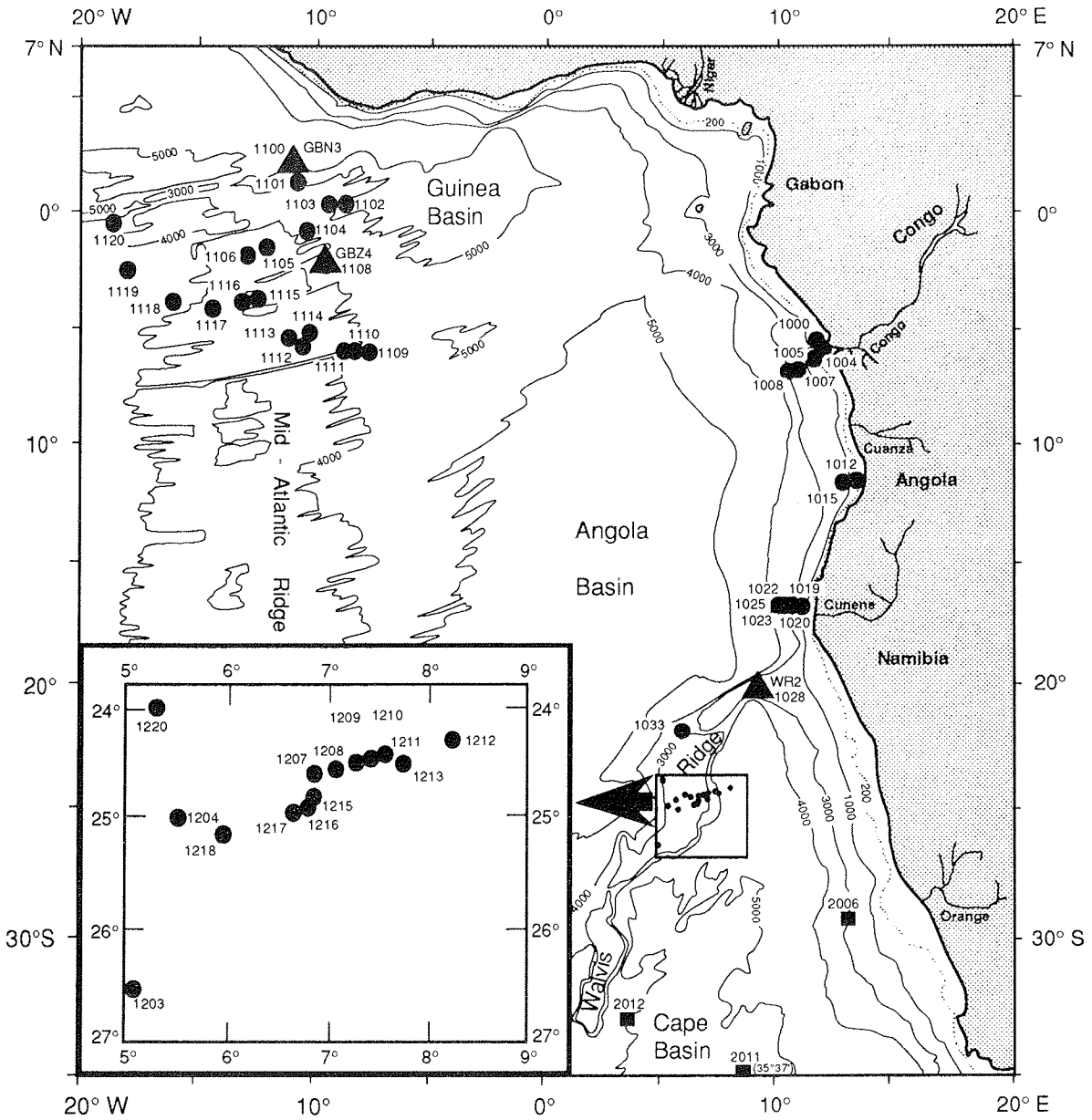


Abb. 1.2: Untersuchungsgebiet mit Positionen und GeoB-Stationsnummern der Sinkstoffallen- (Dreiecke), der GKG-Oberflächen- (Kreise) und der Multinetzproben (Quadrate). 1100: GBN3, 1108: GBZ4, 1028: WR2.

Abb. 1.3: Fließschema der Probenaufbereitung für Sinkstoffallen- und GKG-Sedimentproben

ermöglichten zusammen mit dem Kombinationskondensor mit Revolverscheibe auch Arbeiten im Hellfeld, welches neben dem Phasenkontrast für die Sedimentproben benutzt wurde. Fotografiert wurde mit einer Contax 137 MD-Spiegelreflexkamera. Dazu wurden Agfaortho-Filme (25 ASA) verwendet. Die Aufnahmen wurden je nach Objekt auf eine 1200 bis 2000fache Endvergrößerung gebracht.

Im Gegensatz zur qualitativen und quantitativen Analyse der Diatomeen wurden die Silikoflagellaten nur quantitativ bearbeitet. Die für Paläoproduktivitäts und -temperaturbestimmungen wichtige Gattung *Distephanus* war in dem hier untersuchten Probenmaterial im Vergleich zu den anderen Komponeneten in zu geringer Häufigkeit vertreten, weshalb in dieser Arbeit nur die Gesamtheit der Silikoflagellaten diskutiert wird.

1.3.1. Statistische Methoden

Um zum einen die Saisonalität im Fluß einzelner Arten, sowie zum anderen die Verteilung der einzelnen Arten im Oberflächensediment miteinander vergleichen zu können, wurden jeweils eine multivariate Analyse durchgeführt: im Fall der Sinkstoffalle eine Clusteranalyse, im Fall der Sedimente eine Faktorenanalyse. Für beide Analysen wurde das Statistikprogramm SYSTAT verwendet. Detaillierte Beschreibungen dieser statistischen Analyseverfahren finden sich bei Backhaus et al. (1989). Die Clusteranalyse basiert auf den relativen Häufigkeiten der Arten, die in mindestens einer Probe mit ≥ 2% auftreten. Die Cluster werden aufgrund einer Korrelationsmatrix, deren Distanzmaß der 1 - Pearson-Korrelationsfaktor ist, ermittelt (siehe Kapitel 2.3). Als Faktorenanalyse wurde die Q-Modus Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation angewendet. Hierbei werden Arten (Variablen), die sich in ihrer Verteilung und in ihrer Häufigkeit ähnlich sind, zu Gruppen (Faktoren, Hauptkomponenten) zusammengefaßt. Der Berechnung liegen die relativen Häufigkeiten der einzelnen Arten oder Artengruppen zugrunde. Berücksichtigt wurden alle Arten oder Artengruppen, die in mindestens einer Probe mit mehr als 2 % vorkamen. Die Faktorladungs-Matrix (Anhang 6.3.2.) gibt dabei an, wie hoch der Anteil eines Faktors an einer Probe ist. Der errechnete Wert liegt zwischen -1 und +1, wobei Werte > 0,5 als signifikant gelten. Die Faktorwerte-Matrix (Anhang 6.3.2.) zeigt, welche Arten in welchem Maß (Höhe des Faktorwertes, positiv oder negativ entsprechend der Faktorladung) die einzelnen Hauptkomponenten bilden. Die Gesamtvarianz gibt den Anteil an der Gesamtpopulation an, der durch das Faktorenmodell erklärt wird. Berücksichtigt wurden die GKG-Oberflächenproben der Expeditionen M9-4 (19 Proben) und M12-1 (15 Proben); von M6-6 wurden 6 Proben mit einer Gesamtdiatomeenkonzentration > 10^5 Klappen pro 1 g Trokkensediment ausgewählt (Kap. 6.3.2).

1.4. Durchgeführte Arbeiten

Der Hauptteil der vorliegenden Arbeit besteht aus drei Teilen, die in verschiedenen internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht werden sollen bzw. bereits veröffentlicht sind. Im folgenden wird die Problemstellung der einzelnen Publikationen beschrieben:

I.) Lange, C. B., U. F. Treppke, and G. Fischer, 1994. Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationships to trade winds, hydrography and upwelling events. Deep-Sea Res. 41, 859-878.

In dem ersten Teil der Gesamtarbeit werden die Diatomeenvergesellschaftungen und die Verteilung der Silikoflagellaten in Sinkstoffallen an den beiden äquatornahen Stationen GBN3 (01°47.5´N und 11°07.6´W) und GBZ4 (02°10.5´S und 09°54.0´W) in ihrem jahreszeitlichen Verlauf analysiert, die Beprobungszeit reichte vom 1. März 1989 bis 16. März 1990. Die saisonalen Änderungen des Diatomeen- und Silikoflagellatenflusses sollen im Vergleich zum biogen Opal- und Gesamtpartikelfluß aufgezeigt werden. Zunächst werden die zeitlichen Veränderungen im Fluß der kieseligen Planktonorganismen mit den Veränderungen in der Diatomeenvergesellschaftung korreliert. Mit Hilfe der Artenvergesellschaftung soll dann der Zusammenhang zwischen Flußmaxima und hydrographischen, sowie atmosphärischen Bedingungen, d. h. dem äquatorialen Auftriebsgeschehen, geklärt werden. Unterschiede in der Saisonalität des kieseligen Planktonflusses, sowie in der Artenvergesellschaftung zwischen den beiden Stationen werden herangezogen, um die Ausdehnung des äquatorialen Auftriebs zu erfassen.

II.) U. F. Treppke, C. B. Lange, and G. Wefer. Vertical fluxes of diatoms and silicoflagellates in the eastern equatorial Atlantic, and their contribution to the sedimentary record. (Im Druck, Marine Micropaleontology).

Ausgehend von den Ergebnissen des ersten Teiles soll herausgefunden werden, wie sich der Diatomeen- und Silikoflagellatenfluß mit zunehmender Wassertiefe und nach der Sedimentation am Meeresboden ändert. Hierzu wird die Sinkstoffalle an der Position GBN3 (853 m Fallentiefe) mit einer weiteren Falle an der gleichen Position aus 3921 m Wassertiefe, sowie mit der Sedimentoberfläche eines GKG an dieser Fallenstation verglichen. Die Flußmenge der Diatomeen und der Silikoflagellaten, sowie die Diatomeentaxa wurden dabei unter folgenden Aspekten untersucht: Bildet sich das saisonale Flußmuster der flacheren Falle auch in der tieferen Falle ab? Welche Änderungen bewirkt die Silikatlösung zwischen den beiden Fallen? Welche Auswirkungen hat der laterale Eintrag auf den vertikalen Fluß? Wie verändert die Lösung durch untersättigtes Porenwasser qualitativ und quantitativ den Fluß während der Einbettung der Schalen im Sediment? Ziel dieser Analyse ist es, herauszufinden, wieweit Studien zur Paläoumwelt basierend auf Sedimentanalysen trotz der Unterschiede in der Dia-

tomeenvergesellschaftung im Plankton und im Sediment zuverlässige paläozeanographische Rekonstruktionen zulassen.

III.) U. F. Treppke, C. B. Lange, B. Donner, G. Fischer, G. Ruhland, and G. Wefer. Diatom and silicoflagellate fluxes at the Walvis Ridge: a system influenced by coastal upwelling in the Benguelea system. (Akzeptiert zur Veröffentlichung, Journal of Marine Research).

Im Vergleich zum äquatorialen Auftrieb soll in diesem Manuskript ein Küstenauftriebsgebiet untersucht werden. Am Beispiel der Sinkstoffallenposition am östlichen Walfisch-Rücken, die im Übergangsbereich zwischen dem Auftriebsgebiet und der offen-ozeanischen Region liegt, wird gezeigt, wie die verschieden hydrographischen Bedingungen der großräumigen Umgebung den Partikelfluß und die Sedimentation beeinflussen. Basierend auf Veränderungen in der Diatomeenvergesellschaftung während der saisonalen Flußmaxima kann die Saisonalität des küstennahen Auftriebes vor Namibia aufgezeigt werden. Der Einfluß der Auftriebsfilamente zum einen und die Auswirkungen in der Fluktuation der Angola-Benguela-Front zum anderen in Konkurenz mit dem ozeanischen Regime sollen bestimmt werden. Der Vergleich des Diatomeen- und Silikoflagellatenflusses in zwei verschiedenen Wassertiefen, sowie im Sediment zeigt die Bedeutung tieferer Wassermassen für Veränderungen im Partikelfluß in der Wassersäule. Dies spiegelt sich in diesem Fall nicht im Oberflächensediment wider.

1.5. Literatur

ABELMANN, A. & GERSONDE, R. (1991): Biosiliceous particle flux in the Southern Ocean. Mar. Chem., **35**: 503-536.

BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. & WEIBER, R. (1990): Multivariate Analysemethoden. - Springer-Verlag, Berlin, 6. Aufl., 416 pp.

BARLOW, R. G. (1982): Phytoplankton ecology in the southern Benguela current. I. Biochemical composition. J. Exp. Mar. Ecol., **63**: 209-227.

BARNOLA, J. M., RAYNAUD, D., KOROTKEVICH, Y. S. & LORIUS, C. (1987): Vostock ice-core provides 160.000-year record of atmospheric CO_2. Nature, **329**: 408-414.

BERGER, W. H. (1976): Biogeneous deep-sea sediments: production, preservation & interpretation. In: Riley, J. P. & Chester, R. (Eds.): Treatise on Chemical Oceanography, 5, Academic Press, New York, pp. 266-388.

BERGER, W. H. & HERGUERA, J. C. (1992): Reading the sedimentary record of the ocean's productivity. In: Falkowski, P. G. & Woodhead, A. D. (Eds.): Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea, Plenum Press, New York, pp. 455-486S.

BERGER, W. H., SMETACEK, V. S. & WEFER , G. (1989): Ocean productivity and paleoproductivity - an overview. In: Berger, W. H., Smetacek, V. S. & Wefer, G. (Eds.): Productivity of the Ocean: Present and Past, J. Wiley & Sons, Wichester, pp. 1-34.

BERGER, W. H. & WEFER, G. (1992): Klimageschichte aus Tiefseesedimenten. Naturwissenschaften, **79**: 541-550.

BILLETT, D. S., LAMPITT, R. S., RICE, A. L. & MANTOURA, R. F. C. (1983): Seasonal sedimentation of phytoplankton to the deep-sea benthos. Nature, **302**: 520-522.

BISHOP, J. K., EDMOND, J. M., KETTEN, D.R., BACON, M.P. & SYLKER, W.B. (1977): The chemistry, biology, and vertical flux of particulate matter from the upper 400 m of the equatorial Atlantic Ocean. Deep-Sea Res., **24**: 511-548.

BISHOP, J. K., KETTEN, D. R. & EDMOND, J. M. (1978): The chemistry, biology, and vertical flux of particulate matter from the upper 400 m of the Cape Basin in the southeast Atlantic Ocean. Deep-Sea Res., **25**: 1121-1161.

BOYD, A. J., SALAT, J. & MASÓ, M. (1987): The seasonal intrusion of relatively saline water on the shelf off northern and central Namibia. S. Afr. J. Mar. Sci., **5**: 107-120.

BURCKLE, L. H., JACOBS, S. S. & MCLAUGHLIN, R. B. (1987): Late austral spring diatom distribution between New Zealand and the Ross Ice Shelf, Antarctica: hydrographic and sediment correlations. Micropaleontology, **33**: 74-81.

CIESIELSKI, P. F. (1975): Biostratigraphy and paleoecology of Neogene and Oligocene silicoflagellates from cores recovered during Antarctic Leg 28, Deep Sea Drilling Project. Initial Rep. DSDP, **28**: 625-691.

EMERSON, S., FISCHER, K., REIMERS, C. & HEGGIE, D. (1985): Organic carbon dynamics and preservation in deep-sea sediments. Deep-Sea Res., **32**: 1-21.

GERSONDE, R. & WEFER, G. (1987): Sedimentation of biogenic siliceous particles in Antarctic waters from the Atlantic sector. Mar. Micropaleontol., **11**: 311-332.

GORDON, A. L. & BOSLEY, K. T. (1991): Cyclonic gyre in the tropical South Atlantic. Deep-Sea Res., **38** Suppl.: S323-S343.

HART, T. J. & CURRIE, R. I. (1960): The Benguela Current. Discovery Rep., **31**: 123-298.

HASTENRATH, S. & LAMB, P.J. (1977): Climatic atlas of the tropical Atlantic and eastern Pacific Oceans. Univ. Wisconsin Press, 112 pp.

HENTSCHEL, E (1932): Allgemeine Biologie des südatlantischen Ozeans. In: Defant, A. (Ed.): Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantik Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff "Meteor" 1925-1927, De Gruyter & Co., Berlin, Bd. **10**: 274 pp.

HENTSCHEL, E. (1936): Allgemeine Biologie des südatlantischen Ozeans. In: Defant, A. (Ed.): Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantik Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff "Meteor" 1925-1927, De Gruyter & Co., Berlin, Bd. **11**: 343 pp.

HÖFLICH, O. (1984): Climate of the South Atlantic Ocean. In: van Loon, H. (Ed.): World Survey of Climatology, Vol. 15, Climates of the Oceans, Elsevier, Amsterdam, pp. 1-191.

HURD, D. C. (1973): Interaction of biogenic opal, sediment and seawater in the central equatorial Pacific. Geochim. Cosmochim. Acta, **37**: 2257-2282.

JANSEN, J. H. F. & VAN IPEREN, J. M. (1991): A 220,000-year climatic record for the east equatorial Atlantic Ocean and equatorial Africa: evidence from diatoms and opal phytoliths in the Zaire (Congo) deep-sea fan. Paleoceanography, **6**: 573-591.

KATZ , E.J., MOLINARI, R.L., CARTWRIGHT, D.E., HISARD, P., LASS, H.U. & DEMESQUITA, A. (1981): The seasonal transport of the Equatorial Undercurrent in the western Atlantic (during the Global Weather Experiment). - Oceanol. Acta, **4**: 445-450.

KEMP, A. S. & BALDAUF, J. G. (1993): Vast Neogene laminated diatom deposits from the eastern equatorial Pacific Ocean. - Nature, **362**: 141-143.

KOLLMER, W.E. (1962): The Pilchard of South West Africa (*Sardinops ocellata* PAPPÉ): the annual cycle of phytoplankton in the waters off Walvis Bay 1958. - S.W.A. Adm. Mar. Res. Lab., Res. Rep. No. **4**: 1-44.

KOLLMER, W.E. (1963): The Pilchard of South West Africa (*Sardinops ocellata* PAPPÉ): notes on zooplankton and hyptoplankton collections made off Walvis Bay. - S.W.A. Adm. Mar. Res. Lab., Invest. Rep. No. **8**: 1-78.

KRUGER, I. (1980): A checklist of south west African marine phytoplankton, with some phytogeographical relations. - Fish. Bull. S. Afric., **13**: 31-53.

LANGE, C. B., TREPPKE, U. F. & FISCHER, G. (1994): Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationship to trade winds, ITCZ migrations and upwelling events. - Deep-Sea Res., **41**: 859-878.

LISITZIN, P. L. (1972): Biogenous sedimentation in the oceans. - In: Sedimentation in the World Ocean. Banza Press, Tulsa, Oklahoma, 218 pp.

LISITZIN, P. L. (1985): The silica cycle during the last ice age. - Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol., **50**: 241-270.

MAYNARD, N. G. (1976): Relationship between diatoms in surface sediments of the Atlantic Ocean and the biological and physical oceanography of overlying waters. - Paleobiology, **2**: 99-121.

MIKKELSEN, N. (1984): Diatoms in the Zaire deep-sea fan and Pleistocene paleoclimatic trends in the Angola basin and west equatorial Africa. - Neth. J. Sea Res., **17**: 280-292.

MOROSHKIN, K. V., BUBNOV, V. A. & BULATOV, R. P. (1970): Water circulation in the eastern South Atlantic Ocean. - Oceanology, **10**: 27-43.

NEUMANN, G. & PIERSON, W. J. (1966): Principles of Physical Oceanography. - Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 545pp.

PEINERT, R., VON BODUNGEN, B. & SMETACEK, V. S. (1989): Food web structure and loss rate. - In: Berger, W. H., Smetacek, V. S. & Wefer, G. (Eds.): Productivity of the Ocean: Present and Past, J. Wiley & Sons, Wichester, pp. 35-48.

PETERSON, R.G. & STRAMMA, L. (1991): Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. - Prog. Oceanogr., **26**: 1-73.

PHILANDER, S. G. H. & DÜING, W. (1979): The oceanic circulation of the tropical Atlantic, and its variability, as observed during GATE. - Deep-Sea Res., **26A**: 1-27.

PITCHER, G. C., WALKER, D. R., MITCHELL-INES, B. A. & MOLONEY, C.L. (1991): Short-term variability during an anchor station study in the southern Benguela upwelling system: phytoplankton dynamics. - Prog. Oceanog., **28**: 39-64.

POKRAS, E. M. (1987): Diatom record of late Quaternary climatic change in the eastern equatorial Atlantic and tropical Africa. - Paleoceanography, **2**: 273-286.

POKRAS, E. M. (1991): Source areas and transport mechanismsof freshwater and brackish-water diatoms deposited in pelagig sediments of the equatorial Atlantic. - Quat. Res., **35**: 144-156.

POKRAS, E. M. & MIX, A. L. (1985): Eolian evidence for spatial variability of late Quaternary climates in tropical Africa. - Quat. Res., **24**: 137-149.

POKRAS, E. M. & MOLFINO, B. (1986): Oceanographic control of diatom abundances and species distributions in surface sediments of the tropical and southeast Atlantic. - Mar. Micropaleontol., **10**: 165-188.

SANCETTA, C. (1992): Comparison of phytoplankton in sediment trap time series and surface sediments along a productivity gradient. - Paleoceanography, **7**. 183-194.

SANCETTA, C. & CALVERT, S. E. (1988): The annual cycle of sedimentation in Saanich Inlet, British Columbia: implications for the interpretation of fossil diatom assemblages. - Deep-Sea Res., **35**: 71-90.

SANCETTA, C., VILLAREAL, T. & FALKOWSKI, R. C. (1991): Massiv fluxes of rhizosolenid diatoms: a common occurence? - Limn. Oceanogr., **36**: 1452-1457.

SANCETTA, C., HEUSSER, L. & HALL, M. A. (1992): Late Pliocene climate in the Southeast Atlantic: Preliminary results from a multi-disciplinary study of DSDP Site 532. - Mar. Micropaleontol., **20**: 59-75.

SAUTTER, L. R. & SANCETTA, C. (1992): Seasonal associations of phytoplankton and planctic foraminifera in an upwelling region and their contribution to the seaflor. - Mar. Micropaleontol., **18**: 263-278.

SCHRADER, H.-J. (1971): Fecal pellets: Role in sedimentation of pelagic diatoms. - Science, **174**: 55-57.

SCHRADER, H.-J. (1992): Peruvian coastal primary paleo-productivity during the last 200 000 years. - In: Summerhayes, C. P., Prell, W. L. & Emeis, K. C. (Eds.): Upwelling Systems: Evolution Since the Early Miocene, **64**: 391-409.

SCHRADER, H.-J. & BAUMGARTNER, T. (1981): Decadal variation of upwelling in the central Gulf of California. - In: Richards, F. A. (Ed.): Coastal Upwelling,. Am. Geophys. Union, Washington, D. C., Bd. **2**: 247-276.

SCHÜTTE, C. & SCHRADER, H. (1981): Diatom taphocoenoses in coastal upwelling areas of South West Africa. - Mar. Micropaleontol., **6**: 131-155.

SHANNON, L. V. (1985): The Benguela Ecosystem. Part I. Evolution of the Benguela, physical features and processes. - Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., **23**: 105-182.

SHANNON, L. V., BOYD, A. J., BUNDRIT, G. B. & TAUNTON-CLARK, J. (1986): On the existence of an El Niño-type phenomenon in the Benguela system. - J. Mar. Res., **44**: 495-520.

SHANNON, L. V., AGENBAG, J. J. & BUYS, M. E. L. (1987): Large- and mesoscale features of the Angoal-Benguela Front. - S. Afr. J. mar. Sci., **5**: 11-34.

SMETACEK, V. S. (1985): Role of sinking in the diatom life-history cycles: ecology, evolutionary anf geological significance. - Mar. Bilogy, **84**: 239-251.

SPIEß, V. & FAHRTTEILNEHMER (1993): Bericht über die Meteor-Fahrt M23/1, Kapstadt - Rio de Janeiro, 4.2. - 25.2.1993. - Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, **42**: 139 pp.

STABELL, B. (1986): Variations of diatom flux in the eastern equatorial Atlantic during the last 400,000 years ("Meteor" cores 13519 and 13521). - Mar. Geol., **72**: 305-323.

STRAMMA, L. & PETERSON, R. G. (1989): Geostrophic transport in the Benguela Current region. - J. Phys. Res., **19**: 1440-1448.

TAKAHASHI, K. (1986): Seasonal fluxes of pelagic diatoms in the subarctic Pacific, 1982-1983. - Deep-Sea Res., **33**: 1225-1251.

TAKAHASHI, K. (1989): Silicoflagellates as productivity indicators: evidence from long temporal and spatial flux variability responding to hydrography in the Northeastern Pacific. - Global Biogeochemical Cycles, **3**: 43-61.

TREPPKE, U. F. (1988): Biostratigraphische und paläoökologische Untersuchungen von Diatomeenassoziationen an plio- bis holozänen Sedimenten vom Atlantisch-Indischen Rücken, nördliches Weddellmeer. - Diplomarbeit, Universität Tübingen, 155pp.

TWISS, P. C., SUESS, E. & SMITH, R. M. (1969): Morphological classification of grass phytoliths. - Proc. of the Soil Sci. Soc. of Amer., **33**: 109-115.

VAN IPEREN, J. M., VAN WEERING, T. C. E., JANSEN, J. H. F. & VAN BENNEKON, A. J. (1987): Diatoms in surface sediments of the Zaire deep-sea fan (SE Atlantic Ocean) and their relation to overlying water masses. - Neth. J. Mar. Res., **21**: 203-217.

VAVILOVA, V. V. (1990): Marine Biology: Phytoplankton of the Benguela upwelling system off Namibia in the austral autumn of 1985. - Oceanology, **30**: 472-477.

VOITURIEZ, B. & HERBLAND, A. (1977): Étude de la production pélagique de la zone équatoriale de l'Atlantique à 4°W. - Cahier ORSTROM, Série Océanographie, **15**: 313-331.

VOITURIEZ, B. & HERBLAND, A. (1981): Primary production in the tropical Atlantic Ocean mapped from oxygen values of Equalant 1 and 2 (1963). - Bull. Mar. Science, **31**: 853-863.

VOITURIEZ, B. & HERBLAND, A. (1982): Comparaison des systèmes productifs de l'Atlantique tropical est: dômes thermiques, upwellings ? côtiers et upwelling équatorial. - Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer., **180**: 114-130.

WALSH, I., DYMOND, J. & COLLIER, R. (1988a): Rates of recycling of biogenic components of settling particles in the ocean derived from sediment trap experiments. - Deep-Sea Res., **35**: 43-58.

WALSH, I., FISCHER, K., MURRAY, D. & DYMOND, J. (1988b): Evidence for resuspension of rebound particles from near-bottom sediment traps. - Deep-Sea Res., **35**: 59-70.

WEFER, G., BLEIL, U., MÜLLER, P. J., SCHULZ, H. D. & FAHRTTEILNEHMER (1988): Bericht über die Meteor-Fahrt M6/6, Libreville - Las Palmas, 18.2. - 23.3.1988. - Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, **3**: 97 pp.

WEFER, G., BLEIL, U., SCHULZ, H. D. & FAHRTTEILNEHMER (1989): Bericht über die Meteor-Fahrt M9/4, Dakar - Santa Cruz, 19.2. - 16.3.1989. - Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, **7**: 103 pp.

WEFER, G. & FAHRTTEILNEHMER (1990): Bericht über die Meteor-Fahrt M12/1, Kapstadt - Funchal, 13.3. - 14.4.1990. - Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, **11**: 66 pp.

WEFER, G. & FISCHER, G. (1993): Seasonal patterns of vertical flux in equatorial and coastal upwelling areas of the eastern Atlantic. - Deep-Sea Res., **40**: 1613-1645.

YODER, J. A., ACKLESON, S. G., BARBER, R. T., FLAMENT, P. & BALCH, W. M. (1994): A line in the sea. - Nature, **371**: 689-692.

2. Veröffentlichungen

In diesem Kapitel sind die Veröffentlichungen bzw. die zur Veröffentlichung eingereichten Manuskripte aufgeführt.

2.1. Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationships to trade winds, hydrography and upwelling events

C. B. Lange, U. F. Treppke, and G. Fischer

(veröffentlicht in *Deep-Sea Research*, 41, 859-878, 1994)

Content — Side-no.

Abstract 19
Introduction 19
Material and methods 20
Study area and oceanographic setting 22
Results 24
Flux rates 24
Diatom seasonal succession 27
Discussion 30
References 32
Appendix 35

Pergamon

Deep-Sea Research I, Vol. 41, No. 5/6, pp. 859–878, 1994
Elsevier Science Ltd
Printed in Great Britain
0967–0637/94 $7.00+0.00

Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationships to trade winds, hydrography and upwelling events

CARINA B. LANGE,* UTE F. TREPPKE† and GERHARD FISCHER†

(*Received* 12 *May* 1993; *in revised form* 25 *August* 1993; *accepted* 28 *September* 1993)

Abstract—We report on the seasonal variations in the fluxes of biogenic opal, diatoms and silicoflagellates as well as diatom species recorded in sediment traps at two sites in the eastern equatorial Atlantic (GBN3: 01°47.5′N, 11°07.6′W at 853 m depth, and GBZ4: 02°10.5′S, 09°54.0′W at 696 m depth), between 1 March 1989 and 16 March 1990. Biogenic opal constituted 3–20% of the total mass flux. Two seasonal maxima, and a lesser third one, were observed north of the equator (March–April, August–September and October–November, respectively), and only one maximum south of the equator (March–May). Mean diatom flux was about three times higher at GBN3 than at GBZ4, while that of silicoflagellate remained about the same at both stations. At all times, diatoms were the dominant contributor to the opal fraction. In total, 202 diatom taxa were recorded at both sites. Few diatoms were abundant; less than seven species or groups of species accounted for 50% of all the diatoms identified, and about 12 for the 75% level. Species of the genera *Nitzschia*, *Pseudonitzschia* and *Thalassionema nitzschioides* var. *parva* were abundant elements of the diatom flora throughout the year at both sites. The most striking feature at site GBN3 was the almost monotaxonic composition of the July–early September flora in contrast to a more diverse flora during the rest of the year. It was almost exclusively manifested by small, lightly-silicified bicapitate *Nitzschia* species, representing 68–83% of the total diatoms and flux rates ranging between 2.4 and 12.6 $* 10^6$ valves m^{-2} day^{-1}. The flux patterns and species composition can be related to the seasonal cycle of upwelling and position of the ITCZ. In accordance with the northeast trades is the supply of non-marine diatoms and phytoliths in February and March. The presence of an Antarctic–Subantarctic species may provide some indication of dispersal of diatom valves over long distances. Comparison between trap and surface sediment assemblages point to selective dissolution of diatoms at the sediment surface.

INTRODUCTION

IN the last 10 years, many sediment trap experiments have been carried out worldwide. Year-long deployments have demonstrated that particle sedimentation in the open ocean is controlled primarily by biological processes in the upper kilometer of the ocean, which in turn are forced by physical processes influencing the surface layer (DEUSER and ROSS, 1980; HONJO, 1985; DEUSER, 1986; see review in BRULAND *et al.*, 1989). Such biological control of particle sedimentation results in a marked seasonality in both composition and amount during the annual flux. Previous trap surveys that included yearly fluxes of diatom and silicoflagellate species have been restricted mainly to mid- to high-latitude areas with

*Scripps Institution of Oceanography, University of California at San Diego, Geological Research Division, La Jolla, CA 92093-0215, U.S.A.
†Fachbereich Geowissenschaften, Klagenfurter Strasse, Universität Bremen, 28359 Bremen, Germany.

highly contrasting seasonal production (e.g. BILLETT *et al.*, 1983; SMETACEK, 1985; TAKAHASHI *et al.*, 1985, TAKAHASHI, 1986, 1989; SANCETTA and CALVERT, 1988; SANCETTA, 1989; ABELMANN and GERSONDE, 1991). High silica fluxes, mainly due to diatoms, were recorded at polar trap sites with seasonal ice coverage (see summary in WEFER, 1989). To the best of our knowledge, previous studies in the eastern equatorial Atlantic that included details on diatoms and silicoflagellates were restricted to seawater samples from the upper 400 m (BISHOP *et al.*, 1977) and to the sedimentary record (e.g. KOLBE, 1955; POKRAS and MIX, 1985; POKRAS and MOLFINO, 1986).

To understand carbon cycling and seasonality of associated compounds in high production coastal and equatorial regimes of the eastern Atlantic, a large trapping program is being carried out by the University of Bremen. Strong seasonal variations in the trade winds and related shifts of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) were seen to influence biological productivity and organic carbon export to deeper waters (WEFER and FISCHER, 1993). As a part of the trapping program we investigated the seasonal variations in the fluxes of biogenic opal and opal-bearing organisms in the upper 800 m of the water column measured from the traps located at two sites in the Guinea Basin upwelling area (Fig. 1), over a period of 380 days. Diatom assemblages in the traps also were compared with assemblages found in the surface sediment underlying the study area, in an attempt to interpret the signal actually preserved in the sedimentary record.

MATERIALS AND METHODS

Coned-shaped traps with 20-cup collectors and a collection area of 0.5 m^2 (SMT 230; Salzgitter Electronics, Kiel) were attached to moored arrays at two locations in the Guinea Basin: GBN3 at 01°47.5′N, 11°07.6′W, and GBZ4 at 02°10.5′S, 09°54.0′W (WEFER and FISCHER, 1993). The bottom depths at the sites are 4481 m and 3912 m, respectively. All traps were fitted with a grid at the top. Samples were poisoned with $HgCl_2$.

We report here the results of the investigation of materials collected from March 1989 to March 1990 in the trap deployed at 853 m at site GBN3, and at 696 m at site GBZ4. For each site 20 samples were recovered, each sample representing 19 days of collection. The flux patterns of organic carbon, carbonate, biogenic opal and lithogenic components, and total flux were analyzed at the University of Bremen. The sample set of GBN3 was studied in its entirety. During most of the year of collection the total fluxes at GBZ4 remained at very low values (<10 mg C m^{-2} day^{-1}; WEFER and FISCHER, 1993). Thus, we focused on samples representative of flux maxima and/or samples that delimit periods of abrupt fluctuations.

Diatom and silicoflagellate analyses were carried out on 1/64 splits of total material in the original samples. The entire split was first washed with distilled water to remove salt and preservatives, cleaned of organic material and calcareous components with concentrated hydrochloric acid, hydrogen peroxide 30% and potassium permanganate, and then rinsed with distilled water (SIMONSEN 1974; SCHRADER and GERSONDE 1978). The preparation of slides for quantitative analyses involved settling of the acid-cleaned material on cover slips placed in Petri dishes of 49 mm diameter; permanent slides were mounted with Mountex mounting medium. Quantification was done at ×1000 magnification using a Zeiss Standard microscope with phase-contrast illumination. One or more traverses across the cover-slip were examined, depending on abundance of diatoms, and each valve identified to the lowest taxonomic level possible. At least two cover slips per sample were

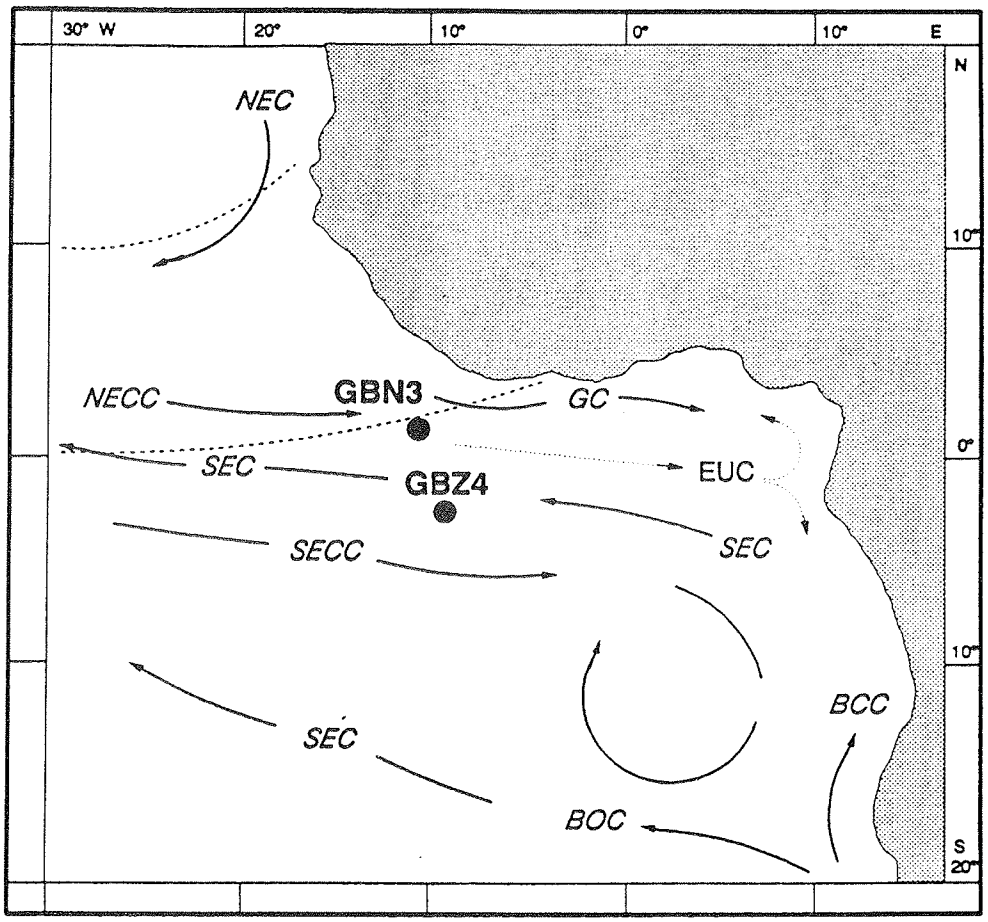


Fig. 1. Location of trap sites, GBN3 and GBZ4, and mean ocean surface (solid line) and subsurface currents (dotted line). EUC, Equatorial Undercurrent; GC, Guinea Current; NEC, North Equatorial Current; NECC North Equatorial Counter Current; SEC South Equatorial Current; SECC South Equatorial Counter Current; BCC, Benguela Coastal Current; BOC, Benguela Oceanic Current. Stippled lines are ITCZ average northern (August) and southernmost extensions (February).

scanned in this fashion. The counting procedure and definition of counting units followed those of SCHRADER and GERSONDE (1978). Silicoflagellates were counted as a group, without distinguishing between individual species. In addition to the acid-cleaned material, a small aliquot of the original materials was screened in water mount under ×100 and ×250 magnification, and the occurrence of fecal pellets, lithic material, diatom cells with protoplasm *vs.* empty frustules, zooplankton (copepods, pteropods, foraminifers, tintinnids) and algal groups (coccolithophorids, dinoflagellates) were noted as a guidance for sample reconaissance.

The resulting counts yielded estimates on (1) percentage composition of diatom taxa calculated by dividing the number of each taxon by the total number counted; and (2) daily flux of diatom valves and silicoflagellate skeletons calculated according to SANCETTA and CALVERT (1988). Counting of replicate slides indicated that the error for the flux estimates is ±15%.

In some cases, correct species identification required the use of Scanning Electron Microscopy (SEM). For SEM a drop of acid cleaned material was mounted on each SEM

stub and coated with gold-palladium. Micrographs were taken with a Phillips-515 and a I.S.I. DF-130 at the Alfred-Wegener Insitut für Polar- und Meeresforschung.

Dominant species and those referred to in the "Discussion" are illustrated in Plate 1.

STUDY AREA AND OCEANOGRAPHIC SETTING

The trap sites were located on the western edge of the Gulf of Guinea (Fig. 1) at depths of 853 m (GBN3) and 696 m (GBZ4), within the water mass of the Antarctic Intermediate Water (AAIW; Fig. 2). Surface–subsurface circulation in the area includes the subsurface eastward-flowing Equatorial Undercurrent (EUC) or Lomonosov Current overlain by the westward-flowing South Equatorial Current (SEC) at the surface (see Fig. 12 of PETERSON and STRAMMA, 1991). The northern trap site, GBN3, also may be influenced by the southern boundary of the Guinea Current, a shear zone that varies seasonally by about 100 miles (INGHAM, 1970).

The strong seasonal variation in the trade winds produces a fluctuating equatorial system with considerable seasonal redistribution of heat on a basin-wide scale (PHILANDER and DÜING, 1979; PETERSON and STRAMMA, 1991). In boreal summer (June–September), strong southern trades invade the northern hemisphere resulting in strong westward advection of the SEC, a poorly developed EUC, strong equatorial divergence and cooling, and the ITCZ is furthest from the equator (10–15°N). In boreal winter (December–March), the northern trades are strongest, coastal upwelling occurs along northwest Africa, the position of the ITCZ is closest to the equator, and eastward flow of warm, salty water of the EUC is at its maximum. At the same time, the southern trades are weakened resulting in a seasonal minimum in westward advection of the SEC (e.g. PHILANDER, 1973; PHILANDER and DÜING, 1979; PETERSON and STRAMMA, 1991, and references therein). Vertical profiles of velocity measured at 0°N 30°W in January 1989 revealed a well-developed pattern of alternating eastward and westward currents or jets over the upper 2200 m, the EUC being the most prominent eastward jet (RICHARDSON and SCHMITZ, 1993). Current meter data from 905 m water depth at site GBN3 showed velocities oscillating around 15–20 cm s^{-1} with some spikes reaching 45 cm s^{-1}. Current directions revealed two maxima with 90° and 270°. During shifts from 90° to 270° (from east to west in March and August) increased fluxes of all components were measured (WEFER and FISCHER, 1993).

Surface water temperatures (SST) oscillate between 26–28°C in January–March and 22–25°C in July–September (see maps in MAZEIKA, 1968). The results of several investigations (e.g. MAZEIKA, 1968; VOITURIEZ and HERBLAND, 1977; MERLE *et al.*, 1979) showed that

Plate 1. LM. Guinea Basin, upper trap samples. Part 1. Aggregate ("minipellet") of *Nitzschia bicapitata*. Sample GBN3-O, 1. Part 2. *Fragilariopsis pseudonana*. Sample GBN3-O, 1. Scale = 5 μm. Parts 3 and 4. *Thalassionema nitzschioides* var. *parva*. Samples GBN3-O, 1 and 18, respectively. Part 5. *Fragilariopsis kerguelensis*. Sample GBZ4-O, 8. Parts 6 and 7. *Nitzschia* sp. aff. *N. sicula*. Sample GBZ4-O, 8. Parts 8–12. *Pseudonitzschia* spp. Samples GBN3-O, 20 for Parts 8–11, and GBZ4-O, 8 for Part 12. Part 8. *P. lineola*. Part 9. *P. pseudodelicatissima*. Part 10. *P. delicatissima*. Part 11. *P. inflatula* var. *capitata*. Part 12. *P. heimii*. Part 13. *Neodelphineis indica*. Sample GBN3-O, 20. Part 14. *Stephanodiscus "astraea"* (left, valve view) and *Aulacoseira* (=*Melosira*) *granulata* (right, girdle view). Sample GBN3-O, 20. Part 15. *A. granulata*, girdle view. Sample GBN3-O, 18. Part 16. *Chaetoceros radicans*, valve view. Sample GBN3-O, 20. Scale bars = 10 μm except for Part 2.

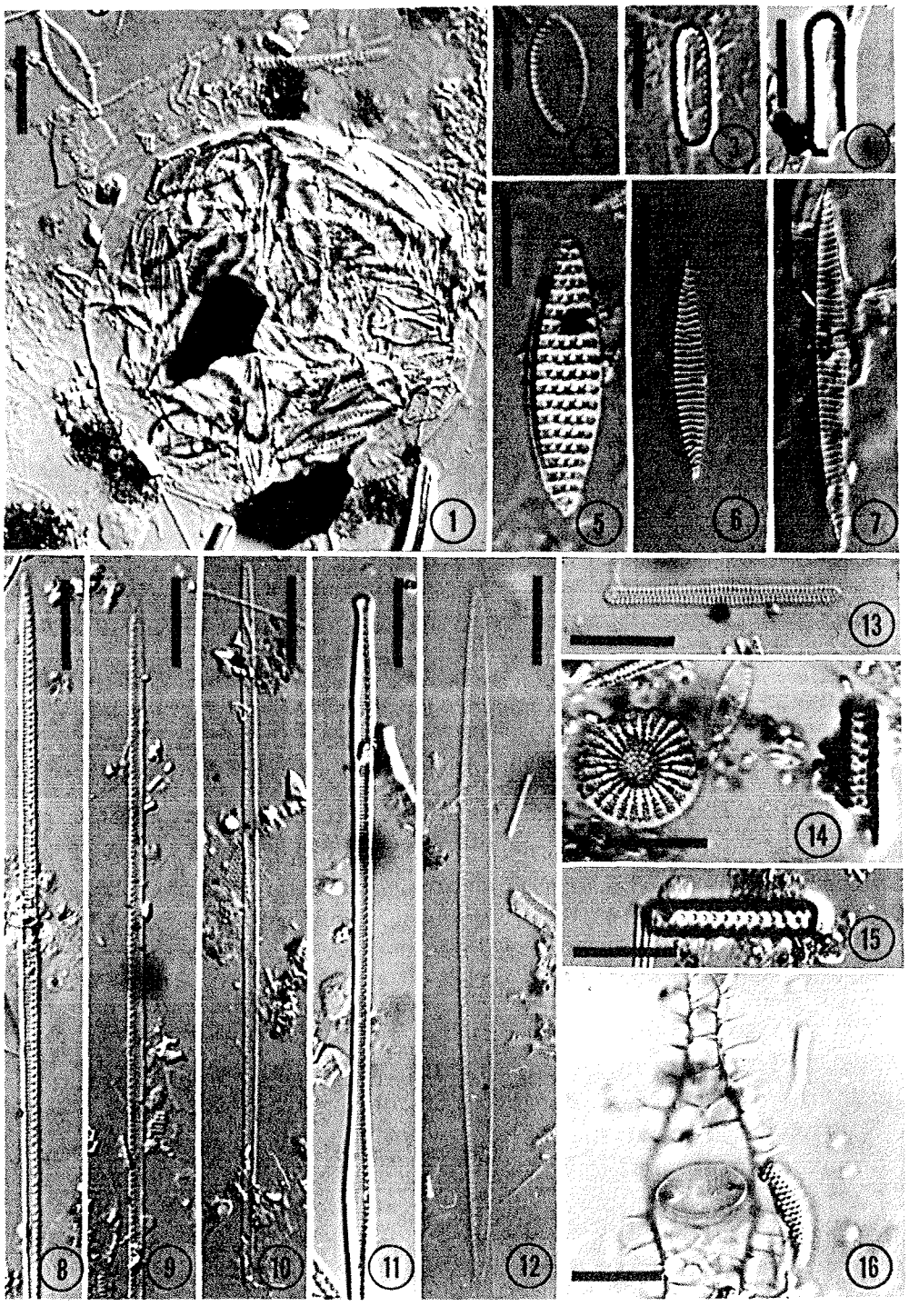


Plate 1.

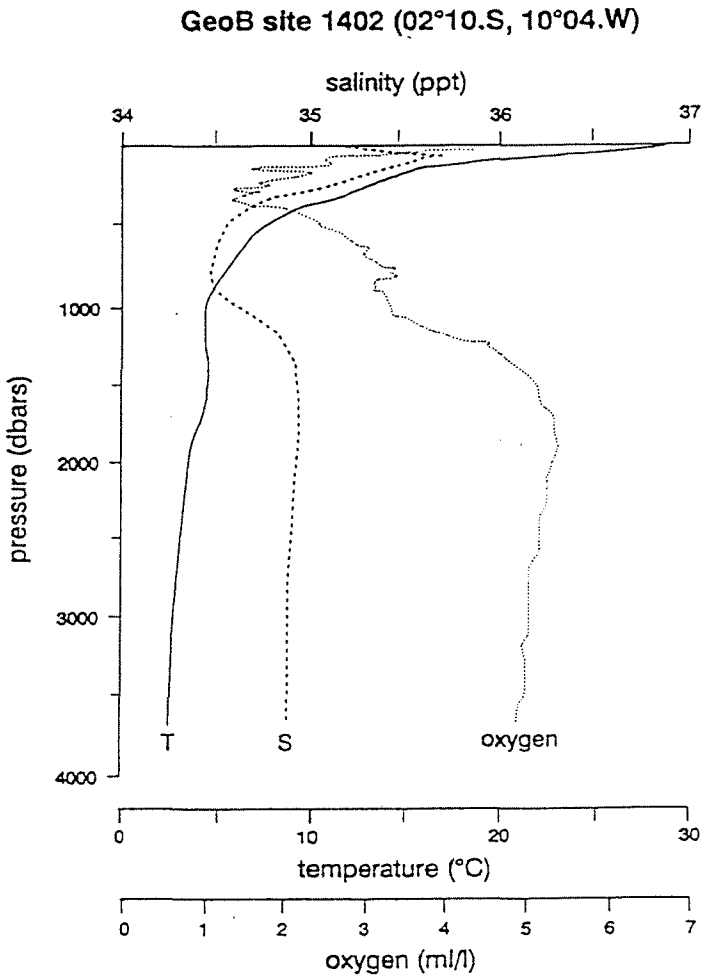


Fig. 2. CTD–O_2 profile conducted in April 1991 close to the equator at the GBZ site. It shows a marked salinity minimum at 600–800 m water depth, corresponding to the AAIW. The traps were deployed in 696 m (GBZ4) and 853 m (GBN3) water.

there are two seasons in the eastern equatorial Atlantic: a warm season from October to June, and a cold one from July to September with most intense surface cooling in the Gulf of Guinea around 10°W (MAZEIKA, 1968). During the warm season a thermal ridge occurs at 2–3°S ("typical tropical situation" of VOITURIEZ and HERBLAND, 1977). Primary production can vary from 33 to 90 mgC m^{-2} h^{-1} (along 4°W; VOITURIEZ and HERBLAND, 1979). During the cold season upwelling takes place at the equator bringing cold and nutrient-rich water to the surface, between 0°30′N and 1°30′S ("active upwelling area" of VOITURIEZ and HERBLAND, 1977). Primary production during upwelling can reach 133 mg C m^{-2} h^{-1}; due to high turbulence, it may not always be higher than the production during the warm season (VOITURIEZ and HERBLAND, 1979).

RESULTS

Flux rates

Table 1 summarizes the results of the flux rate estimates performed for sites GBN3 and GBZ4, and total particle flux (data from WEFER and FISCHER, 1993). In general, diatom

Table 1. *Total particle, diatom and silicoflagellates fluxes at trap stations GBN3* (853 m) *and GBZ4* (696 m), *Guinea Basin. Total flux is expressed in* mg m^{-2} day^{-1}, *diatom and silicoflagellate fluxes in individuals* (= *valves and skeletons, respectively*) m^{-2} day^{-1}

Sample Number	Total flux (mg m^{-2} day^{-1}) Trap cup open	close	GBN3	GBZ4	Fluxes (individuals m^{-2} day^{-1}) GBN3 Diatoms	Silicoflagellates	GBZ4 Diatoms	Silicoflagellates
1	01.03.89	20.03.89	197.5	57.3	821.3	61.8	68.8	11.3
2	20.03.89	08.04.89	131.8	65.3	380.1	103.0	94.9	12.9
3	08.04.89	27.04.89	85.9	83.6	116.9	35.6	133.6	53.4
4	27.04.89	16.05.89	53.9	89.5	101.2	19.4	90.7	82.5
5	16.05.89	04.06.89	59.1	86.9	42.5	20.2	60.0	86.3
6	04.06.89	23.06.89	43.2	17.9	11.8	4.4		
7	23.06.89	12.07.89	58.1	12.0	21.7	12.9		
8	12.07.89	31.07.89	104.6	32.6	151.4	11.3	25.8	10.5
9	31.07.89	19.08.89	61.4	2.9	35.2	14.6		
10	19.08.89	07.09.89	240.5	5.1	223.6	69.5	4.6	4.7
11	07.09.89	26.09.89	42.6	5.9	11.9	9.4	3.2	3.4
12	26.09.89	15.10.89	53.1	20.2	27.7	28.3	4.9	4.9
13	15.10.89	03.11.89	61.5	5.7	114.7	37.2		
14	03.11.89	22.11.89	74.7	8.4	117.7	34.0		
15	22.11.89	11.12.89	31.1	3.4	33.8	8.9		
16	11.12.89	30.12.89	30.9	3.4	6.9	4.9		
17	30.12.89	18.01.90	69.1	1.7	48.4	17.0		
18	18.01.90	06.02.90	35.6	3.6	39.8	8.9		
19	06.02.90	25.02.90	34.4	6.5	29.3	7.5	12.9	4.4
20	15.02.90	16.03.90	69.4	3.8	70.5	17.0	0.7	0.8
	Mean		**76.9**	**25.8**	**120.3**	**26.3**	**45.5**	**25.0**

Diatoms: valves 10 EXP 05.
Silicoflagellates: skeletons 10 EXP 04.

and silicoflagellates follow the total fluxes well. Two seasonal maxima, and a lesser third one, were observed at site GBN3 (March–April, August–September and October–November, respectively), and one maximum only at site GBZ4 (March–May). At site GBN3, diatom numbers were highest in sample 1 (March, with *ca* $82 * 10^6$ valves m^{-2} day^{-1}), and moderately high in samples 2 (March–April) and 10 (August–September). Silicoflagellates showed highest value in sample 2 (*ca* $10 * 10^5$ skeletons m^{-2} day^{-1}), and a second peak in sample 10. At site GBZ4, fluxes peaked at sample 3 (April, with *ca* $13 * 10^6$ valves m^{-2} day^{-1}) for diatoms and at sample 5 (May–June, with *ca* $8 * 10^5$ skeletons m^{-2} day^{-1}) for silicoflagellates. Mean diatom values were about three times higher (*ca* $12 * 10^6$ valves m^{-2} day^{-1}) at GBN3 than at GBZ4 (*ca* 4.5×10^6 valves m^{-2} day^{-1}), while mean silicoflagellate flux values remained about the same at both stations (Table 1).

The biogenic opal contribution to total flux in the traps varied from 3 to 20% in GBN3 and 3–11% in GBZ4 (Wefer and Fischer, 1993). Biogenic opal fluxes were about five times higher at the GBN3 site than at GBZ4, ranging from 1 to 39 mg m^{-2} day^{-1} (Fig. 3) and from almost 0 to 7 mg m^{-2} day^{-1}, respectively; they followed closely the total flux patterns. Carbonate was the dominant constituent at both sites, ranging from 16 to 132 mg

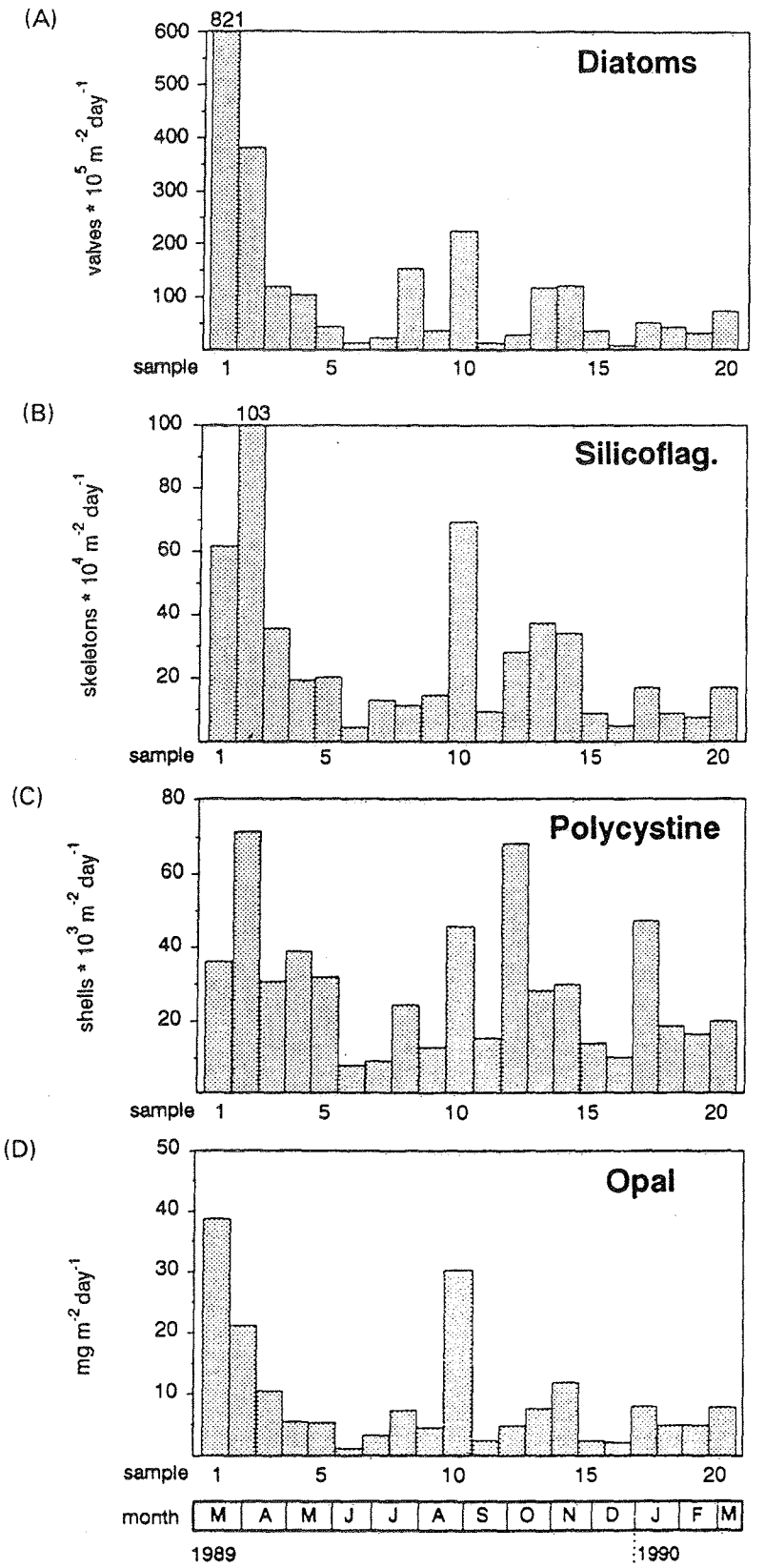


Fig. 3. Time-series fluxes of silica-bearing planktonic organisms and opal flux at 853 m at site GBN3, from March 1989 to March 1990. (A) Diatom flux in valves $* 10^5$ m^{-2} day^{-1}. (B) Silicoflagellate flux in skeletons $* 10^4$ m^{-2} day^{-1}. (C) Polycystine radiolarian flux in shells $* 10^3$ m^{-2} day^{-1} (from Boltovskoy *et al.*, 1993). (D) Opal flux in mg m^{-2} day^{-1} (from Wefer and Fischer, 1993). The sampling periods are 19 days (Table 1).

$m^{-2} day^{-1}$ at GBN3 and from about 1 to 58 mg $m^{-2} day^{-1}$ at GBZ4. Most of the carbonate flux consisted of coccoliths, followed by planktonic foraminifers and pteropods. Lithogenic fluxes (lithogenic components of the clay-size fraction) were highest in March at GBN3, and in March and April–May at GBZ4, contributing about 10–12% to the total flux (WEFER and FISCHER, 1993).

Figure 3 summarizes the fluxes of the dominant silica-bearing planktonic organisms at site GBN3 and compares them with the biogenic opal fluxes calculated by WEFER and FISCHER (1993). Diatoms and silicoflagellates parallel closely variations in opal flux (correlation coefficients $r = 0.903$ and $r = 0.811$, respectively); polycycstine radiolaria flux showed lower correlation ($r = 0.483$; data from BOLTOVSKOY *et al.*, 1993). At all times, diatoms were the dominant contributor to the opal fraction, followed by silicoflagellates, and radiolaria in third place. Sponge spicules and the siliceous endoskeletons of the dinoflagellate genus *Actiniscus* were also observed in water mounts, their presence was noted but not counted (Appendices 1 and 2).

Diatom seasonal succession

In total, 202 diatom taxa were recorded at both sites. This number also includes the cases when we were unable to distinguish between taxa of a given genus (e.g. *Navicula* spp.), and therefore we may have underestimated the actual number of species present in the area. Diatoms in the traps occur as chains (e.g. *Pseudonitzschia* chains of up to eight cells) or masses (e.g. small bicapitate *Nitzschia* aggregates of about 50 cells), complete individual cells (with and without plastids), intact valves and fragments (especially of the genera *Thalassiothrix* and *Ethmodiscus*). Our observation, that whole diatom cells almost always contained well-preserved chloroplasts' suggests fast settling through the water column but minor dissolution and organic matter decay. Comparison of the preserved samples in water mounts with the acid-cleaned samples indicates that the weakly silicified valves of *Gossleriella tropica* Schütt were destroyed during processing, only the spines remaining; others were fragmented and partly lost [e.g.*Dactyliosolen phuketensis* (Bergon) Hasle, *Ethmodiscus* sp., *Hemiaulus membranaceus* Cleve, *Leptocylindrus mediterraneus* (H. Peragallo) Hasle]. These taxa were not dominant components of any sample, so that the bias introduced by the loss is minor.

Few diatoms were abundant (Plate 1); less than seven species or groups of species accounted for 50% of all the diatoms identified, and about 12 for the 75% level (Appendices 1 and 2). To a first approximation, the seasonal succession was similar at both sites. Species of the genera *Nitzschia* [e.g. *N. bicapitata* Cleve, *N. bifurcata* Kaczmarska & Licea, *N. interruptestriata* Simonsen, *N. sicula* (Castracane) Hustedt], *Pseudonitzschia* [e.g. *P. delicatissima* (Cleve) Heiden, *P. heimii* Manguin, *P. inflatula* (Hasle) Hasle var. *capitata* Simonsen, *P. lineola* (Cleve) Hasle, *P. pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle] and *Thalassionema nitzschioides* Grunow var. *parva* Heiden were abundant elements of the diatom flora throughout the year at both sites (Fig. 4; Appendices 1 and 2).

The most striking feature at site GBN3 was the almost monotaxonic composition of the July–early September flora in contrast to a more diverse flora during the rest of the year (Appendix 1). The summer upwelling (VOITURIEZ and HERBLAND, 1977; see also above) began in July with an increase in diatom flux and reaching a seasonal peak in August–September (Table 1; Fig. 3). It was almost exclusively manifested by small, lightly-silicified bicapitate *Nitzschia* species (typically <15 μm in length), representing 68–83% of

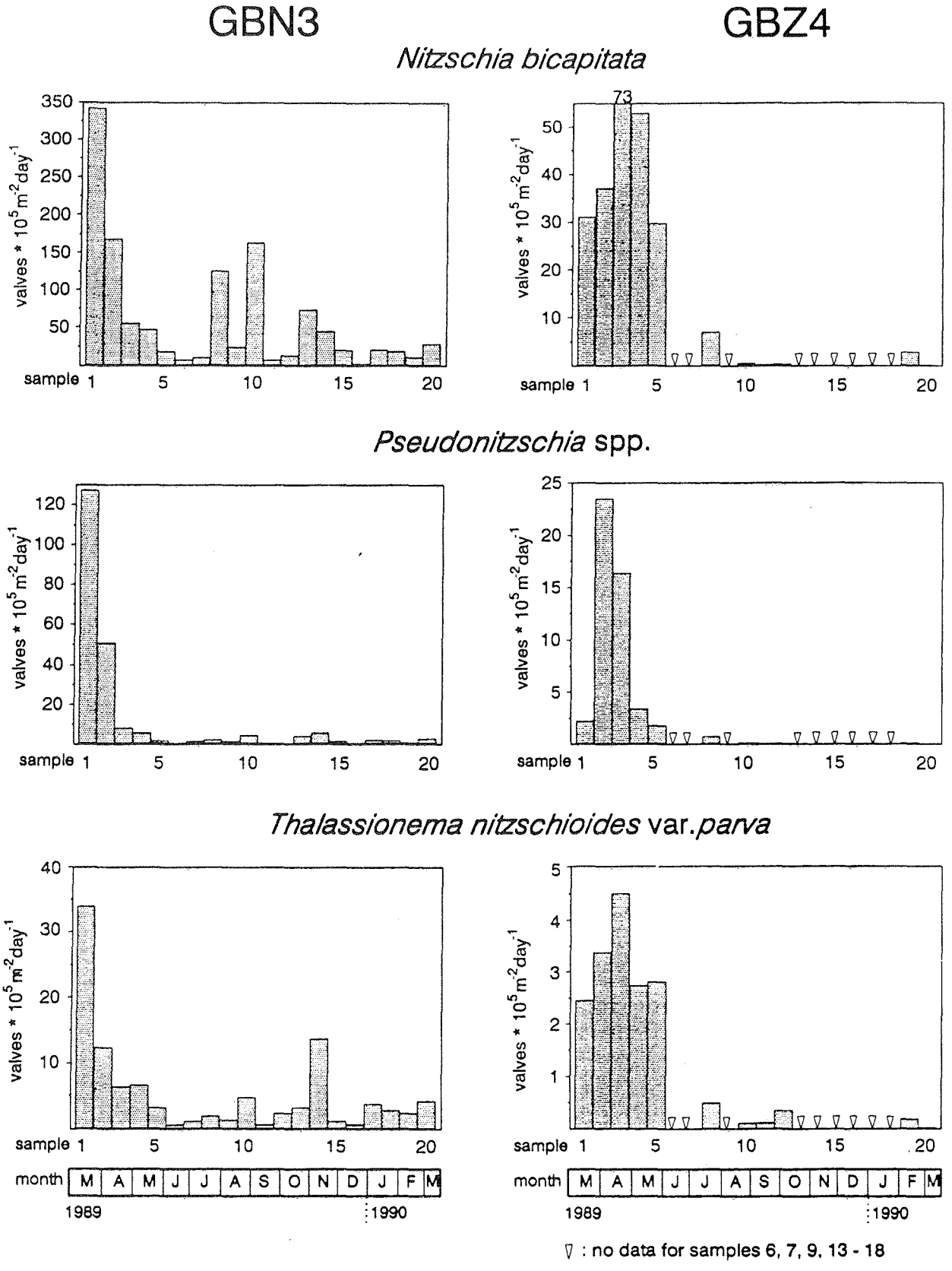


Fig. 4. Example of daily flux rates of the diatoms that dominated the flora throughout the sampling year at both trap sites. (*N. bicapitata*, *Pseudonitzschia* spp. and *T. nitzschioides* var. *parva*; compare with Appendices 1 and 2).

the total diatoms and flux rates ranging between 2.4 and $12.6 * 10^6$ valves m^{-2} day^{-1} (Appendix 1, Fig. 4). Bicapitate *Nitzschia* are known world-wide and are frequent components of oceanic plankton (HASLE, 1960; SIMONSEN, 1974; KACZMARSKA and FRYXELL, 1984). The group here named *"N. bicapitata"* includes both *N. bicapitata* and *N. bifurcata* (KACZMARSKA and FRYXELL, 1984; KACZMARSKA *et al.*, 1986). Minor contributors to the summer peak were *Neodelphineis indica* (F. J. R. Taylor) Hasle, *T. nitzschioides* var. *parva* and *Fragilariopsis pseudonana* Hasle, species typical of oceanic waters (HASLE, 1965; SCHRADER and SCHUETTE, 1981; HASLE and SYVERTSEN, 1993).

The period between the March–April diatom (and total flux) peak and the early summer was characterized by a mixture of oceanic (e.g. *C. messanensis* Castracane, *N. interruptestriata*, *P. inflatula* var. *capitata*, *P. lineola*, *P. pseudodelicatissima*, *Neodelphineis indica*, *T. nitzschioides* var. *parva*) and neritic diatoms (e.g. *C. affinis* Lauder, *C. lorenzianus* Grunow, *C. radicans* Schütt and *Chaetoceros* resting spores). *Nitzschia bicapitata* dominated the assemblage with relative abundances of >40% and flux rates decreasing from 34 in March to about $0.7 * 10^6$ valves m^{-2} day^{-1} in June (Appendix 1, Fig. 4). During the fall and winter this assemblage was accompanied by*Nitzschia sicula*, *Thalassionema bacillaris* (Heiden) Kolbe, *T. nitzschioides* Grunow and the group *"Thalassiothrix"* (mainly composed of *T. longissima* Cleve & Grunow).

A freshwater community, including *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *Stephanodiscus "astraea"* (Ehrenberg) Grunow, *Cyclotella meneghiniana* Kützing, *C. kützingiana* Thwaites, *C. ocellata* Pantocsek and *Fragilaria pinnata* (Ehrenberg), was recorded in samples 1–6 (March–June) and 16–20 (December–March) at site GBN3 (Appendix 1). Highest relative abundances reached ~5% in February–March. Phytoliths, which are silicified epidermal cells of terrestrial grasses (e.g. BUKRY, 1980), were recorded at about the same time intervals, suggesting continental influence.

Similar to site GBN3, the diatom assemblage of the March-June flux peak at site GBZ4 (samples 1–5) was also diverse, reflecting a mixture of oceanic and neritic elements. Typically *N. bicapitata* with relative abundances of 39–58% (flux rates of $3–7 * 10^6$ valves m^{-2} day^{-1}) was accompanied by *N. indica*, *T. nitzschioides* var. *parva*, *N. interruptestriata*, *N. sicula* and *Pseudonitzschia* spp. (Fig. 4; Appendix 2). Lower relative abundances (<3%) of freshwater diatoms compared to GBN3 were noted; they were mainly restricted to sample 1 (March). The assemblage in July was similar to the summer assemblage at GBN3, also dominated by *N. bicapitata*.

Few valves of the subantarctic species *Fragilariopsis kerguelensis* (O'Meara) Hustedt were recorded in July only; it is an allochthonous element carried into the study area from the south. Other taxa became increasingly important during the second half of the sampling year (Appendix 2), some of which are characteristic of warm, low productivity waters [*Azpeitia nodulifer* (Schmidt) G. Fryxell & P. A. Sims, *A. neocrenulata* (VanLandingham) G. Fryxell & T. P. Watkins, *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) Sundström, *Rhizosolenia bergonii* H. Peragallo, *Thalassiosira oestrupii* (Ostenfeld) Hasle var. *venrickae* Fryxell & Hasle, *Thalassiothrix longissima*], others have been associated with the highly productive waters of the Benguela Current [*Pseudoeunotia doliolus* (Wallich) Grunow, *Roperia tesselata* (Roper) Grunow; POKRAS and MOLFINO, 1986], and the occurrence of *T. nitzschioides* has been related to lower saline waters of the Zaire river plume water in the area 5–10°S (POKRAS and MOLFINO, 1986; VAN IPEREN *et al.*, 1987) and with nearshore conditions in general (SCHRADER and SCHUETTE, 1981). The sporadic record of *Cyclotella litoralis* Lange & Syvertsen, a marine littoral species easily confused with the

brackish-water species *C. striata* (Kützing) Grunow (LANGE and SYVERTSEN, 1989), was noted in samples 10 (August–September, relative abundance 6.8%) and 12 (September–October, 0.2%). The latter species was not observed in our samples; however, it has been characterized as typical for the Zaire river plume (e.g. JANSEN and VAN IPEREN, 1991; POKRAS, 1991).

Although no specific diversity index was calculated, the diatom data in Appendices 1 and 2 show that highest diatom fluxes were characterized by a small number of species, while lowest fluxes yielded highest "diversities" (e.g. GBN3 samples 1, 2 and 8, and GBZ4 samples 1–4).

DISCUSSION

In general, diatom and silicoflagellate fluxes coincided in time with total mass flux (Table 1; WEFER and FISCHER, 1993). Peak values centered mainly on March–April and August–September north of the equator (GBN3), and were restricted to March–June at the southern site (GBZ4). This is in contradiction to satellite-derived surface chlorophyll *a* data, which show higher values south of the equator during late boreal summer and autumn (see also VOITURIEZ and HERBLAND, 1981 for primary production calculations). WEFER and FISCHER (1993) attribute this discrepancy to high current velocities, rapid current direction changes at 905 m depth (see "Study study area and oceanographic setting"), and considerable advection of particles from the southeast to the northwest.

Diatom and silicoflagellate flux values of 5–12 * 10^6 valves m^{-2} day^{-1} and *ca* 2.5 * 10^4 skeletons m^{-2} day^{-1} are within the range reported for station PAPA in the subarctic Pacific (TAKAHASHI, 1986) and the subtropical Pacific Gyre (SANCETTA, 1992), and are almost three orders of magnitude lower than measured at high productivity coastal regions of the Pacific (e.g SANCETTA and CALVERT, 1988) and Antarctica (e.g. GERSONDE and WEFER, 1987; WEFER *et al.*, 1988; ABELMANN and GERSONDE, 1991). Both phytoplankton groups respond to environmental conditions such as strong surface stratification or upwelling. The summer maximum at GBN3 coincided with the strongest southeast trades, maximal equatorial divergence, sea surface temperature minima, and a shallowing of the thermocline followed by phytoplankton growth (VOITURIEZ and HERBLAND, 1977; see above). The spring pulse at both sites could respond to enhanced production due to precipitation of wind transported nutrients in the ITCZ, as suggested by WEFER and FISCHER (1993) or it could be associated with high values of chlorophyll *a* at the thermal ridge of 2–3°S, a permanent feature of the warm season (VOITURIEZ and HERBLAND, 1977), or a combination of both.

Diatoms dominated the opal fraction at both sites by at least an order of magnitude; they were followed by silicoflagellates and then radiolaria. Throughout the sampling year the diatom assemblage was dominated by *N. bicapitata* group and other taxa typical of oceanic waters of tropical and subtropical regions (e.g. TAYLOR, 1966; KACZMARSKA and FRYXELL, 1984; SANCETTA, 1992). In addition to the typical oceanic taxa, occurrences of neritic and freshwater taxa also were noted especially during winter and spring. The records of *Chaetoceros* resting spores and vegetative cells of neritic *Chaetoceros* taxa, especially at site GBN3, is an indication of southward extension of coastal influence. The genus is characteristic of blooms in coastal systems around the world (e.g. GARRISON, 1981; HARGRAVES and FRENCH, 1983).

By examining seasonal fluctuations in the production and distribution of diatoms in the

plankton we can attempt to understand the importance of seasonal events and the associated fluxes to the seafloor, and their imprint in the sedimentary record. The fact that small, weakly silicified taxa dominated our trap assemblage, especially during the most productive periods (*N. bicapitata* with >60% relative abundance during summer upwelling at GBN3) poses some interesting questions about dissolution during descent, their representation in the sediment, and our interpretation of environmental signals actually preserved in the sediment record. The fact that *N. bicapitata* was found at 3921 m depth at site GBN3 with flux rates on the order of 10^6 valves m^{-2} day^{-1} (TREPPKE, 1992) argues against strong dissolution in the 3000 m water column between the upper and the lower trap (silica corrosion zone in upper 1000 m of water; see BERGER, 1976). However, the lack of *N. bicapitata* valves in a surface sediment sample underlying the study area suggests strong dissolution at the sediment/water interface with the concomitant loss of the summer upwelling signal. About 30 taxa make up 80–90% of the total diatom assemblage in the surface sediment; they are all dissolution-resistant forms: e.g. *Aulacoseira granulata*, *Azpeitia* spp., *Chaetoceros* resting spores, *Cyclotella* spp., *Nitzschia marina*, *N. sicula*, *Pseudoeunotia doliolus*, *Rhizosolenia bergonii*, *Roperia tesselata*, *Stephanodiscus "astraea"*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira* spp., *Thalassiothrix* spp. (TREPPKE *et al.*, submitted). Thus, the diatom assemblage found in the sediment represents more of a mixture of the spring, autumn and winter assemblages found in the traps.

We are puzzled about our records of a few empty valves of the dissolution-resistant diatom *Fragilariopsis kerguelensis* at site GBZ4 (sample 8, July 1989). It was absent in our northern trap site GBN3 and from surface sediments of the Guinea Basin altogether (TREPPKE *et al.*, submitted). We interpret the species' presence within the study area as indicative of long-range equatorward advection of cold water (possibly AAIW; Fig. 2) during the austral winter when southeast trades are strong and SEC velocities are high. *Fragilariopsis kerguelensis* is a dominant member of the Antarctic–Subantarctic plankton flora (HASLE, 1965). POKRAS and MOLFINO (1986) in their study of the surface sediments of the tropical and southeast Atlantic reported this species south of Walvis Ridge, near 27°S. *Fragilariopsis kerguelensis* was an important component (up to 30%, flux range about $2–5 * 10^5$ valves m^{-2} day^{-1}) of the March–June diatom flora in a set of sediment traps deployed on the Walvis Ridge at 20°S, 09°E from March 1989 to March 1990 at 599 m depth (trap WR2; see WEFER and FISCHER, 1993) but had little representation (<2%) in the trap at 1648 m depth (bottom depth 2196 m; U. F. Treppke, unpubl. data), and was lacking from the sediments directly underneath the WR2 trap site. Assuming a current velocity of about 20–30 cm s^{-1} (see above) the species could travel the >2000 km that separate the WR and the GBZ sites in about 2.5–4 months. However, we are faced with the problem that these heavy silicified valves should sink out of the AAIW layer in just a few days, if we assume a sinking velocity of >100 m day^{-1} (TAKAHASHI, 1986).

The interpretation of freshwater diatoms and silicified epidermal cells in marine environments raises the problems of identifying their source areas and their transporting agent (e.g. KOLBE, 1955; FOLGER *et al.*, 1967; POKRAS and MIX, 1985; GASSE *et al.*, 1989; POKRAS, 1991; DEMENOCAL *et al.*, 1993). Transport of non-marine diatoms by rivers or by winds has already been suggested by KOLBE (1955). Once in the sea, the particles would be dispersed by the currents. POKRAS and MIX (1985); GASSE *et al.* (1989) subsequently concluded that the primary source of land-derived microfossils in the eastern and central Atlantic between *ca* 10°N and 5°S is eolian transport from Africa north of the equator, and particularly from the winter-plume dust ("Harmattan dust"; KOLBE, 1955; DEMENOCAL

et al., 1993) originating in the Sahel and Chad Basin, with indicator species of the diatom genera *Aulacoseira* (=*Melosira*) and *Stephanodiscus* (see review in POKRAS, 1991). The west coast of Africa north of the equator is in the zone of influence of the northeast trades that periodically carry large quantities of fine dust and sand particles from the Sahara. As previously shown by SCHÜTZ (1980), the Saharan dust plumes may extend to the Guinea Basin only during boreal winter. In February and March these particles may be washed out close to the equator by precipitation in the ITCZ (WEFER and FISCHER, 1993). Our findings of non-marine diatoms (5% relative abundance; assemblage dominated by *A. granulata*) and phytoliths at site GBN3 in February and March and at site GBZ4 in March, far away from a river source, suggest that they were transported by the winter plume. The influence of this plume reached 25°W along the equator, as revealed by a preliminary examination of freshwater diatoms from large volume seawater samples from the upper 100 m collected in March–April 1993 (C. B. Lange, unpublished data). Another dust plume, active in boreal summer, dominates the area north of *ca* 12°N (SCHÜTZ, 1980). GASSE *et al.* (1989) speculated that other freshwater diatoms than *A. granulata* might dominate the summer plume assemblage. However, only three pennate diatom valves were seen in two dust samples of April 1993 from north of 20°N between 15° and 16°W (C. B. Lange, unpublished data). This observation confirms POKRAS's (1991) hypothesis of the total load of freshwater diatoms being much lower in the summer plume than in the winter plume.

Acknowledgements—We are grateful to the officers and crew of the research vessel "Meteor" for competent assistance in deployment and recovery of the mooring arrays. We are indebted to G. Wefer, V. Smetacek and W. H. Berger for critical reading of the manuscript and helpful suggestions. We appreciate discussions with D. Boltovskoy during early stages of the manuscript. Thanks are due to F. Hinz for SEM work and photographic work. This research was funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (Sonderforschungsbereich 261 at the University of Bremen, Contribution nr. 71).

REFERENCES

ABELMANN A. and R. GERSONDE (1991) Biosiliceous particle flux in the Southern Ocean. *Marine Chemistry*, **35**, 503–536.

BERGER W. H. (1976) Biogenous deep sea sediments: production, preservation and interpretation. In: *Chemical oceanography*, Vol. 5, J. P. RILEY and R. CHESTER, editors, Academic Press, New York, pp. 266–388.

BILLETT D. S., R. S. LAMPITT, A. L. RICE and R. F. C. MANTOURA (1983) Seasonal sedimentation of phytoplankton to the deep-sea benthos. *Nature*, **302**, 520–522.

BISHOP J. K. B., J. M. EDMOND, D. R. KETTEN, M. P. BACON and W. B. SILKER (1977) The chemistry, biology, and vertical flux of particulate matter from the upper 400 m of the equatorial Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research*, **24**, 511–548.

BOLTOVSKOY D., V. A. ALDER and A. ABELMANN (1993) Annual flux of radiolaria and other shelled plankters in the eastern equatorial Atlantic at 853 m: Seasonal variations and polycystine species-specific responses. *Deep-Sea Research*, **40**, 1863–1895.

BRULAND K. W., P. K. BIENFANG, J. K. B. BISHOP, G. EGLINTON, V. A. W. ITTEKKOT, R. LAMPITT, M. SARNTHEIN, J. THIEDE, J. J. WALSH and G. WEFER (1989) Group report flux to the seafloor. In: *Productivity of the ocean: present and past*, W. H. BERGER, V. S. SMETACEK and G. WEFER, editors, Wiley, Chichester, pp. 193–215.

BUKRY D. (1980) Opal phytoliths from the tropical eastern Pacific ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 54. In: *Initial reports, Deep Sea Drilling project*, B. R. ROSENDAHL, R. HEKINIAN, *et al.*, editors, U.S. Government Printing Office, Washington (Vol. 54), pp. 575–589.

DEUSER W. G. (1986) Seasonal and interannual variations in the deep-water particle fluxes in the Sargasso Sea and their relation to surface hydrography. *Deep-Sea Research*, **33**, 225–246.

DEUSER W. G. and E. H. ROSS (1980) Seasonal change in the flux of organic carbon to the deep Sargasso Sea. *Nature*, **283**, 364–365.

FOLGER D. W., L. H. BURCKLE and B. C. HEEZEN (1956) Opal phytoliths in a North Atlantic dust fall. *Science*, 155, 1243–1244.

GARRISON D. L. (1981) Monterey Bay phytoplankton. II. Resting spore cycles in coastal diatom populations. *Journal of Plankton Research*, 3, 137–156.

GASSE F., B. STABELL, E. FOURTANIER and Y. VAN IPEREN (1989) Freshwater diatom influx in intertropical Atlantic: relationships with continental records from Africa. *Quaternary Research*, **32**, 229–243.

GERSONDE R. and G. WEFER (1987) Sedimentation of biogenic siliceous particles in Antarctic waters (Atlantic sector). *Marine Micropaleontology*, **11**, 311–332.

HARGRAVES P. E. and F. W. FRENCH (1983) Diatom resting spores: significance and strategies. In: *Survival strategies of the algae*, G. A. FRYXELL, editor, University Press, Cambridge, pp. 49–68.

HASLE G. R. (1960) Phytoplankton and ciliate species from the tropical Pacific. *Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo, I. Matematisk-Naturvidenskapelige Klasse*, **2**, 1–50.

HASLE G. R. (1965) *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes. III. The genus Fragilariopsis. *Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo, I. Matematisk-Naturvidenskapelige Klasse, ny serie*, **21**, 1–49.

HASLE G. R. and E. E. SYVERTSEN (1993) New nomenclatural combinations of marine planktonic diatoms. The families Thalassiosiraceae and Raphoneidaceae. *Beiheft zur Nova Hedwigia*, **106**, 297–314.

HONJO S. (1985) *Study of ocean fluxes in time and space by bottom-tethered sediment trap arrays: a recommendation*. Global Ocean Flux Study Workshop, National Research Council, Washington DC, pp. 305–324.

INGHAM M. C. (1970) Coastal upwelling in the northwestern Gulf of Guinea. *Bulletin of Marine Science*, **20**, 1–34.

JANSEN J. H. F. and J. M. VAN IPEREN (1991) A 220,000-year climatic record for the east equatorial Atlantic Ocean and equatorial Africa: evidence from diatoms and opal phytoliths in the Zaire (Congo) deep-sea fan. *Paleoceanography*, **6**, 573–591.

KACZMARSKA I. and G. A. FRYXELL (1984) The diatom genus *Nitzschia*: Morphologic variations of some small bicapitate species in two Gulf Stream warm core rings. In: *Proceedings of the 8th International Diatom Symposium*, M. RICARD, editor, Paris, pp. 237–252.

KACZMARSKA I., G. A. FRYXELL and T. P. WATKINS (1986) Effect of two Gulf Stream warm-core rings on distributional patterns of the diatom genus, *Nitzschia*. *Deep-Sea Research*, **33**, 1843–1868.

KOLBE R. W. (1955) Diatoms from equatorial Atlantic cores. *Reports of the Swedish deep-sea expedition* 1947–1948, 7, 149–184.

LANGE C. B. and E. E. SYVERTSEN (1989) *Cyclotella litoralis* sp. nov. (Bacillariophyceae), and its relationships to *C. striata* and *C. stylorum*. *Nova Hedwigia*, **48**, 341–356.

MAZEIKA P. A. (1968) *Mean monthly sea surface temperatures and zonal anomalies of the Tropical Atlantic*. Serial Atlas of the Marine Environment, American Geographical Society, Folio 16.

DEMENOCAL P. B., W. F. RUDDIMAN and E. M. POKRAS (1993) Influences of high- and low-latitude processes on African terrestrial climate: Pleistocene eolian records from equatorial Atlantic ODP Site 663. *Paleoceanography*, **8**, 209–242.

MERLE J., M. FIEUX and P. HISARD (1979) Annual signal and interannual anomalies of sea surface temperature in the eastern equatorial Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research*, **26A**, 77–101.

PETERSON R. G. and L. STRAMMA (1991) Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography*, **26**, 1–73.

PHILANDER S. G. H. (1973) Equatorial Undercurrent: measurements and theories. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, **11**, 513–570.

PHILANDER S. G. H. and W. DÜING (1979) The oceanic circulation of the tropical Atlantic, and its variability, as observed during GATE. *Deep-Sea Research*, **26A**, 1–27.

POKRAS E. M. (1991) Source areas and transport mechanisms for freshwater and brackish-water diatoms deposited in pelagic sediments of the equatorial Atlantic. *Quaternary Research*, **35**, 144–156.

POKRAS E. M. and A. MIX (1985) Eolian evidence for spatial variability of late Quaternary climates in tropical Africa. *Quaternary Research*, **24**, 137–149.

POKRAS E. M. and B. MOLFINO (1986) Oceanographic control of diatom abundances and species distributions in surface sediments of the tropical and southeast Atlantic. *Marine Micropaleontology*, **10**, 165–188.

RICHARDSON P. L. and W. J. SCHMITZ (1993) Deep cross-equatorial flow in the Atlantic measured with SOFAR floats. *Journal of Geophysical Research*, **93**, C5, 8371–8387.

SANCETTA C. (1989) Processes controling the accumulation of diatoms in sediments: a model derived from British Columbian fjords. *Paleoceanography*, **4**, 235–251.

SANCETTA C. (1992) Comparison of phytoplankton in sediment trap time series and surface sediments along a productivity gradient. *Paleoceanography*, 7, 183–194.

SANCETTA C. and S. E. CALVERT (1988) The annual cycle of sedimentation in Saanich Inlet, British Columbia: implications for the interpretation of diatom fossil assemblages. *Deep-Sea Research*, **35**, 71–90.

SCHRADER H.-J. and R. GERSONDE (1978) Diatoms and silicoflagellates. In: *Micropaleontological counting methods and techniques—an exercise on an eight meter section of the lower Pliocene of Capo Rosello, Sicily*. Utrecht Micropaleontological Bulletin (Vol. 17), pp. 129–176.

SCHRADER H.-J. and G. SCHUETTE (1981) Marine diatoms. In: *The sea. The oceanic lithosphere*, C. EMILIANI, editor, Wiley Interscience, New York (Vol. 7), pp. 1179–1232.

SCHÜTZ L. (1980) Long range transport of desert dust with special emphasis on the Sahara. In: *Aerosols: antropogenic and natural, sources and transport*, T. J. KNEIP and P. J. LIOY, editors, Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 338, The New York Academy of Sciences, New York, pp. 515–532.

SIMONSEN R. (1974) The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of R.V. "Meteor" 1964–1965. *"Meteor" Forschungsergebnisse, Reihe D*, **19**, 1–66.

SMETACEK V. S. (1985) Role of sinking in the diatom life-history cycles: ecological, evolutionary and geological significance. *Marine Biology*, **84**, 239–251.

TAKAHASHI K. (1986) Seasonal fluxes of pelagic diatoms in the subarctic Pacific, 1982–1983. *Deep-Sea Research*, **33**, 1225–1251.

TAKAHASHI K. (1989) Silicoflagellates as productivity indicators: Evidence from long temporal and spatial flux variability responding to hydrography in the Northeastern Pacific. *Global Biogeochemical Cycles*, **3**, 43–61.

TAKAHASHI K., D. N. POVIO, J. D. BILLINGS and S. J. MANGANINI (1985) *Pelagic diatom fluxes I: size fractioned time-series results from subarctic Pacific Station PAPA during* 1982–1983. Woods Hole Oceanographic Institution, WHOI Technical Report 85-37.

TAYLOR F. J. R. (1966) Phytoplankton of the south western Indian Ocean. *Nova Hedwigia*, **12**, 433–476.

TREPPKE U. F. (1992) Saisonalität in Diatomeenfluß und Diatomeenassoziationen in Oberflächensedimenten des äquatorialen und subtropischen Ostatlantiks. In: *Bericht des Graduierten Kollegs Stoff-Flüsse in marinen Geosystemen*. Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen (Vol. 30), Bremen, pp. 135–155.

TREPPKE U. F., C. B. LANGE and G. WEFER (submitted) Changes in the vertical fluxes of diatoms and silicoflagellates in the eastern equatorial Atlantic.

VAN IPEREN J. M., T. C. E. VAN WEERING, J. H. F. JANSEN and A. J. VAN BENNEKOM (1987) Diatoms in surface sediments of the Zaire deep-sea fan (SE Atlantic Ocean) and their relation to overlying water masses. *Netherlands Journal of Sea Research*, **21**, 203–217.

VOITURIEZ B. and A. HERBLAND (1977) Étude de la production pélagique de la zone équatoriale de l'Atlantique à 4°W. *Cahiers ORSTOM, Série Océanographie*, **15**, 313–331.

VOITURIEZ B. and A. HERBLAND (1979) The use of the salinity maximum of the Equatorial Undercurrent for estimating nutrient enrichment and primary production in the Gulf of Guinea. *Deep-Sea Research*, **26A**, 77–83.

VOITURIEZ B. and A. HERBLAND (1981) Primary production in the tropical Atlantic Ocean mapped from oxygen values of Equalant 1 and 2 (1963). *Bulletin of Marine Science*, **31**, 853–863.

WEFER G. (1989) Particle flux in the ocean: effects of episodic production. In: *Productivity of the ocean: present and past*, W. H. BERGER, V. S. SMETACEK and G. WEFER, editors, Wiley Interscience, Chichester, pp. 139–154.

WEFER G. and G. FISCHER (1993) Seasonal patterns of vertical particle flux in equatorial and coastal upwelling areas of the eastern Atlantic. *Deep-Sea Research*, **40**, 1613–1645.

WEFER G., G. FISCHER, D. FÜTTERER and R. GERSONDE (1988) Seasonal particle flux in the Bransfield Strait, Antarctica. *Deep-Sea Research*, **35**, 891–898.

APPENDIX 1

Appendix 1. Site GBN3, 853 m. Seasonal succession of dominant diatoms. Taxa were ranked in decreasing order of relative abundance (1 = rank of the species with highest relative abundance; NR = no rank when relative abundance <1%; for ties, average rank values were assigned). Brackets denote percentage of total assemblage in each sample of first and second ranked taxa. Total diatom flux is added for guidance. Shaded area refers to taxa that make up 75% of total diatom flora; this is an estimate of diversity

	Samples									
Species or group of species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
"*Nitzschia bicapitata*"	1 (42%)	1 (44%)	1 (47%)	1 (47%)	1 (43%)	1 (56%)	1 (46%)	1 (83%)	1 (68%)	1 (73%)
Pseudonitzschia spp.	2 (15%)	2 (13%)	3	4	7	7	2 (7%)	5	3	4
Neodelphineis indica	3	3	2 (9%)	2 (13%)	4	6	6	2 (1%)	7	9
Chaetoceros vegetative	4	4	4	5	3	2 (5%)	5	NR	7	10.5
T. nitzschioides var. *parva*	5	5	5	3	2 (8%)	4.5	3	3.5	2 (4%)	3
Nitzschia interruptestriata	10	8	9.5	7	5	3	4	NR	5	NR
Thalassionema bacillaris	6	6	6	6	6	NR	8	NR	9.5	10.5
Freshwater taxa	9	9	7	8	9	10	NR	NR	NR	NR
Chaetoceros spores	7.5	7	NR	NR	10	4.5	NR	NR	NR	NR
Planktoniella sol	NR	NR	NR	10	12	10	7	NR	11	NR
Fragilariopsis pseudonana	7.5	10	8	NR	8	8	NR	3.5	4	2 (3%)
Thalassionema nitzschioides	NR	NR	NR	NR	11	NR	NR	NR	7	5
Nitzschia sicula	NR	NR	9.5	9	NR	NR	NR	6	NR	4
"*Thalassiotrix*"	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	9.5	6
Thalassiosira "eccentric pattern"	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Bacteriastrum spp.	NR	NR	10	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Azpeitia spp.	NR	NR	NR	NR	NR	10	NR	NR	NR	NR
Thalassiosira bioculata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	7
T. lineata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Pseudoeunotia doliolus	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Additional taxa, frequently observed in water mounts:										
Proboscia alata	+	+			+	+	+			
Dactyliosolen phuketensis	+	+			+					
Guindaria cylindrus	+	+	+	+	+	+	+			
Skeletonema costatum	+						+			
Hemiaulus membranaceus			+		+	+	+			+
H. hauckii				+	+	+	+	+	+	+
H. sinensis	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Leptocylindrus mediterraneus	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Cerataulina pelagica	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Corethron criophilum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Detonula pumila	+		+		+		+	+	+	
Ethmodiscus fragments								+	+	+
Gossleriella tropica	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diatom flux (valves × 10 EXP 05 m^{-2} day^{-1})	**821.3**	**380.1**	**116.9**	**101.2**	**42.5**	**11.8**	**21.7**	**151.4**	**35.2**	**223.6**
Others:										
Phytoliths	+	+				+				+
Actiniscus		+				+				
sponge spicules							+		+	

Appendix 1. Continued

Species or group of species	Samples 11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
"*Nitzschia bicapitata*"	1 (59%)	1 (47%)	1 (64%)	1 (38%)	1 (58%)	1 (27%)	1 (43%)	1 (47%)	1 (36%)	1 (39%)
Pseudonitzschia spp.	11	NR	2 (3%)	7	4	8	4	6	9	6
Neodelphineis indica	6	5	3	4.5	3	5	6	4	4	4
Chaetoceros vegetative	NR	6	4.5	3	6	2 (14%)	3	3	2 (12%)	2 (15%)
T. nitzschioides var. *parva*	2 (5%)	2 (8%)	4.5	2 (12%)	6	3	2 (8%)	2 (7%)	3	3
Nitzschia interruptestriata	3	10.5	6	8.5	NR	6	9	5	7	11
Thalassionema bacillaris	13	10.5	10	4.5	8	7	5	10	5	7
Freshwater taxa	NR	NR	NR	NR	NR	9.5	NR	8.5	8	5
Chaetoceros spores	5	NR	NR	12.5	NR	9.5	15	NR	11	NR
Planktoniella sol	NR	12	NR	10	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Fragilariopsis pseudonana	8.5	3	8.5	12.5	2 (8%)	NR	7	8.5	NR	8
Thalassionema nitzschioides	4	4	7	6	6	4	8	7	6	10
Nitzschia sicula	7	7.5	8.5	8.5	NR	NR	12.5	NR	13	NR
"*Thalassiotrix*"	8.5	7.5	11	11	NR	11	14	13	12	NR
Thalassiosira "eccentric pattern"	11	9	NR	NR	NR	NR	10	14.5	NR	NR
Bacteriastrum spp.	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	14.5	9	8
Azpeitia spp.	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	11	NR	NR
Thalassiosira bioculata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
T. lineata	11	NR	NR	14	NR	13	11	NR	NR	NR
Pseudoeunotia doliolus	NR	NR	NR	NR	9	12	12.5	12	NR	NR
Additional taxa, frequently observed in water mounts:										
Proboscia alata		+	+			+		+		+
Dactyliosolen phuketensis							+	+	+	+
Guindaria cylindrus					+		+	+	+	
Skeletonema costatum			+		+					
Hemiaulus membranaceus	+	+					+			+
H. hauckii	+		+	+	+	+	+		+	+
H. sinensis	+	+		+		+	+	+	+	+
Leptocylindrus mediterraneus	+	+	+	+	+		+	+	+	+
Cerataulina pelagica	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Corethron criophilum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Detonula pumila			+	+	+	+	+		+	+
Ethmodiscus fragments			+		+	+	+		+	
Gossleriella tropica	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diatom flux (valves × 10 EXP 05 m^{-2} day^{-1})	**11.9**	**27.7**	**114.7**	**117.7**	**33.8**	**6.9**	**48.4**	**39.8**	**29.3**	**70.5**
Others:										
Phytoliths		+					+	+	+	+
Actiniscus										+
sponge spicules	+				+	+		+	+	

Taxa always present with <1%:
Asteromphalus spp., *Coscinodiscus* spp., *Hemidiscus cuneiformis*, *Matogloia capitata*, *M. rostrata*, *Nitzschia marina*, *Porosira denticulata*, *Rhizosolenia bergonii*, *Roperia tesselata*, *Thalassiosira fragilis*, *T. oestrupii*, *T. oestrupii* var. *venrickae*, *T. partheneia*, *T. subtilis*.

APPENDIX 2

Appendix 2. Site GBZ4, 696 m depth. Seasonal succession of dominant diatoms. Taxa were ranked in decreasing order of relative abundance (1 = rank of the species with highest relative abundance; NR = no rank when relative abundance <1% for ties, average rank values were assigned). Brackets denote percentage of total assemblage in each sample of first and second ranked taxa. Total diatom flux is added for guidance. Shaded area refers to taxa that make up 75% of total diatom flora; this is an estimate of diversity

	Samples										
Species or group of species	1	2	3	4	5	8	10	11	12	19	20
"*Nitzschia bicapitata*"	1 (45%)	1 (39%)	1 (54%)	1 (58%)	1 (49.5%)	1 (54%)	1 (30%)	1 (14%)	2 (13%)	1 (63%)	1 (25%)
T. nitzschioides var. *parva*	5	4	4	5	2 (5%)	4	2 (7%)	2 (11%)	1 (15%)	2 (4%)	2 (10%)
Pseudonitzschia spp.	3	2 (25%)	2 (13%)	3.5	5	3	5	7	11	6	NR
Neodelphineis indica	4	3	3	3.5	4	5	NR	NR	NR	14	NR
Fragilariopsis pseudonana	6	5	8	8	6.5	2 (9%)	8	15	16	3	12
Nitzschia interruptestriata	2 (7%)	7	5	2 (5%)	3	6	6.5	5	3	7.5	5
Rhizosolenia spp. (+ *P. alata* und *P. calcar-avis*)	7	11	7	12	8.5	7	10	6	12	NR	8
"*Thalassiotrix*"	12	10	11	10	13	8	4	4	7	9.5	7
Azpeitia spp.	10.5	12	9	7	10.5	13	11	3	4	4	3
Thalassiostra lineata, T. ferelineata	8	9	6	12	6.5	11	12	9	5	7.5	9
Thalassionema nitzschioides	NR	NR	12	6	10.5	12	9	10	8	12	6
Nitzschia sicula	9	6	10	NR	8.5	9	17	NR	18	9.5	14.5
Pseudoeunotia doliolus	NR	NR	NR	NR	NR	10	6.5	8	6	5	4
Rhizosolenia bergonii	NR	NR	NR	NR	NR	NR	13	11	9	NR	11
Roperia tesselata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	14.5	12	13	NR	14.5
Thalassiostra elsayedii	NR	NR	NR	NR	NR	NR	19	19	14	NR	10
T. oestrupii var. *venrickae*	13	NR	NR	NR	NR	NR	NR	14	10	NR	13
Chaetoceros vegetative	NR	NR	NR	9	NR	NR	NR	16.5	NR	NR	17
Chaetoceros spores	NR	NR	NR	12	NR	NR	17	NR	NR	NR	NR
Freshwater taxa	10.5	NR	NR	NR	12	NR	17	19	19.5	NR	NR
Planktoniella sol	NR	13	NR	NR	NR	NR	NR	NR	17	NR	NR
Thalassiosira bioculata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	12	NR
T. oestrupii	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	19	15	NR	NR
T. symmetrica	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	16.5	NR	NR	17
T. subtilis	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	17
Asteromphalus spp.	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	13	19.5	12	NR
Nitzschia sp. aff. *N. sicula*	NR	NR	NR	NR	NR	NR	14.5	NR	12	NR	NR
Cyclotella litoralis	—	—	—	—	—	—	3	—	NR	—	—
Fragilariopsis kerguelensis	—	—	—	—	—	NR	—	—	—	—	—
Additional taxa, frequently observed in water mounts:											
Guinardia cylindrus	+	+			+						+
Hemiaulus membranaceus			+	+	+	+	+	+		+	+
H. hauckii											
H. sinensis			+	+		+					+
Leptocylindrus mediterraneus	+	+	+	+	+	+		+		+	
Gossleriella tropica	+		+	+						+	
Diatom flux (valves × 10 EXP 05 m^{-2} day^{-1})	**68.8**	**94.9**	**133.6**	**90.7**	**60.0**	**25.8**	**4.6**	**3.2**	**5.0**	**12.9**	**0.7**
Others:											
Phytoliths	+					+	+	+	+	+	+
Actiniscus	+	+	+	+				+	+		+
sponge spicules			+	+	+	+	+	+	+		+

Taxa always present with <1%:
Cerataulina pelagica, Coscinodiscus plicatoides, C. thorii, Haslea sp., *Hemidiscus cuneiformis, Mastogloia capitata, M. rostrata, Porosira denticulata, Pseudotriceratium punctatum.*

2.2. Vertical fluxes of diatoms and silicoflagellates in the eastern eqautorial Atlantic, and their contribution to the sedimentary record

U. F. Treppke, C. B. Lange, and G. Wefer

(im Druck bei *Marine Micropaleontology*, Juli, 1994)

Content Side-no.

Abstract 39
Introduction 40
Material and methods 41
Hydrography 42
Results of the sediment trap analysis 44
Diatom and silicoflagellate fluxes in comparison to opal and total fluxes 44
Seasonal succession of diatoms in the water column 48
Comparison of fluxes at 853 and 3921 m water depths 50
Comparison of sediment trap fluxes with the sediment surface 54
Results of the sediment surface analysis 57
Discussion 60
Conclusions 65
References 66
Appendix 71

Vertical fluxes of diatoms and silicoflagellates in the eastern equatorial Atlantic, and their contribution to the sedimentary record

ABSTRACT

Sediment trap data from water depths of 853 m and 3921 m retrieved from the eastern equatorial Atlantic (01°47.5'N, 11°07.6'W; sampling time March 1, 1989, to March 16, 1990) reveal seasonal changes in the vertical flux of opal and, more specifically, of diatoms and silicoflagellates. Biogenic opal constitutes 3-20% of the total flux at 853 m and 10-19% at 3921 m. Important contributors to the opal fraction are diatoms and, to a lesser extent, silicoflagellates. At 853 m, the fluxes of both siliceous groups show a distinct seasonal pattern related to upwelling and the location of the ITCZ. The flux values are highest between March and April, and in August/September. The seasonal pattern with the spring and summer peaks can be recognized in the samples from 3921 m in a modified form: The flux curve is smoother and the time lag is significant, especially for the spring peak (38-95 days). Higher flux values for diatoms, silicoflagellates and total particles in the lower trap suggests an additional source of material. Lateral advection of particles from the coastal regime seems to be an important factor at depth. Also, freshwater diatoms were relatively important in the spring and winter samples at 853 m, and throughout the year at 3921 m, suggesting continental influence. A total of 202 diatom taxa were identified at both depths; only a few were responsible for > 50% of the total diatom assemblage. *Nitzschia bicapitata* dominated the assemblage. Differences in the relative abundances of strongly and weakly silicified diatom taxa between trap levels indicate some dissolution in the water column. However, comparison between trap and sediment surface assemblages point to extreme dissolution at the sediment/water interface; approximately 98% of the siliceous shells are lost to the sedimentary record. Despite this loss, the distributional pattern of the preserved assemblage in the surface sediments reflects the overlying hydrographic conditions of the surface waters.

Introduction

A substantial part of the ocean's primary productivity is provided by diatoms, and they also contribute the greatest share of biogenic opal produced (Lisitzin, 1985). In many regions, especially those with high productivity, opal is abundant in the sediments and can thus be used to estimate paleoproductivity (Berger, 1976). Diatoms preserved in the sediments carry information relating not just to paleoproductivity, but to a variety of paleoenvironmental conditions (e.g. Burckle et al., 1987; Mikkelsen, 1984; Pokras, 1987; Jansen and Van Iperen, 1991). Traditionally, silicoflagellates have received less recognition than diatoms, because they make a comparatively minor contribution to primary and opal production. However, as for diatoms, their species assemblages in the sediment are useful for estimating paleotemperatures (Ciesielski; 1975).

The seasonal variations of diatom and silicoflagellate assemblages found in the water column are correlated with changes in surface water productivity and temperature (Takahashi, 1989; Sancetta, 1990). Reconstructions of paleoenvironmental conditions using diatom and silicoflagellate distributions in the sediment are based on the assumption that fossil assemblages represent the conditions of surface waters. It is well known, however, that the composition of the plankton assemblage entering the sedimentary record is modified significantly due to the processes of transport from the euphotic zone to the seafloor, breakage during sedimentation, selective dissolution, lateral transport, resuspension and bioturbation. Besides it must be taken into consideration that the biological, physical and chemical processes in the surface waters occur on much shorter time scales than are relevant for the sedimentary record.

Sediment trap experiments in conjunction with an investigation of the sediment surface must be carried out to understand better the processes occurring in the water column and in the sediment. Of special importance is to clarify the connection between the seasonal variations in assemblages of silicate organisms in the water column and those found in the sediment. This coupled approach greatly improves the usefulness of diatoms and silicoflagellates as indicators of paleoenvironments. In this study we report on fluxes of diatoms and silicoflagellates in the eastern equatorial Atlantic, within sediment traps set at 853 m and 3921 m in the Guinea Basin. We compare the diatom and silicoflagellate content in the traps with that in the underlying surface sediments in an attempt to interpret the nature of seasonal representation in the

sedimentary record. This work is part of a large trapping program being carried out by the University of Bremen.

Material and methods

Sediment trap samples were recovered from two traps moored at Station GBN3 (01° 47.5'N 11° 07.6'W) between March 1, 1989 and March 16, 1990, at two different depths (upper trap: 853 m; lower trap: 3921 m; water depth 4481 m), in the eastern equatorial Atlantic (Fig. 1). The samples were obtained with cone-shaped traps of the type SMT 230 (Salzgitter Electronics, Kiel), with a trap opening of 0.5 m^2. Twenty samples were collected at each depth, each sample representing a period of 19 days. In the lower trap, sample No. 20 was missing. Before deployment the sample bottles were filled with filtered sea water. $HgCl_2$ was added to poison the samples, and NaCl to obtain a salinity of 38-40 $^{o}/_{oo}$.

Surface sediment samples (Fig. 1) were retrieved using a large box corer (Fa. Wuttke, Hamburg), and were taken from an area measuring 5 x 5 cm^2 of the uppermost 0.5 cm of the sediment-surface.

Trap samples (in each case a 1/64 split of the total sample; see Fischer and Wefer, 1991, for handling and splitting of samples) were prepared according to the method of Simonsen (1974; Lange et al., 1994). Box core samples were prepared after the method of Schrader and Gersonde (1978).

For diatoms and silicoflagellates quantitative analysis of the samples was performed using a Zeiss-Axioscope at a magnification of 1000x; analysis of the non-acid-treated samples was done at magnifications of 100x and 400x (Lange et al., 1994). The counting procedure and definition of counting units followed those of Schrader and Gersonde (1978). Total fluxes were determined for diatoms and silicoflagellates as well as for individual diatom species in number m^{-2} day^{-1} (Sancetta and Calvert, 1988; Lange et al., 1994). Relative abundances of individual diatom taxa are given as percentages of the total diatom assemblage in the traps (see also Appendices 1 and 2 for species composition) and in the sediment. Silicoflagellates were counted as a group, without distinguishing between individual taxa. Concentrations of diatoms and silicoflagellates in the sediment are given as number of diatom valves or silicoflagellate skeletons in 1 g of dry sediment. Diatom and silicoflagellate "fluxes" in the sediment samples

are expressed as diatom and silicoflagellate accumulation rates (DAR, SAR) calculated according to van Andel et al. (1975). DAR and SAR were based on their concentrations, the dry bulk density of the sediment and the sedimentation rates assessed from stable isotope data (Bickert, 1992; Meinecke, 1992).

Hydrography

The circulation of surface waters in the tropical Atlantic (Fig. 1) is controlled by seasonal changes in the Trade Wind system (Eriksen and Katz, 1987). The intertropical convergence zone (ITCZ), which fluctuates between 5°N and 10-15°N in the east Atlantic may be defined as the boundary between the NE and SE Trades (Höflich, 1984). During boreal summer, when the ITCZ reaches its northernmost position, the presence of strong SE Trades causes the South Equatorial Current (SEC) to achieve its maximum velocity (Peterson and Stramma, 1991), and the North Equatorial Counter Current (NECC) to have its greatest eastward advection (Garzoli and Katz, 1983; Richardson and Walsh, 1986). At this time, equatorial upwelling peaks, leading to minimum surface-water temperatures and maximum nutrient content, and resulting in an increase in primary productivity (Voituriez and Herbland, 1977; Oudot and Mourin, 1987). This seasonal upwelling is also responsible for the shallow position of the thermocline (Houghton, 1991). The eastward-flowing Equatorial Under Current (EUC), which is characterized by higher temperatures and salinity (Peterson and Stramma, 1991), is only developed weakly during boreal summer (Katz and Garzoli, 1982) and showing the same characteristics as those of the South Atlantic Central Water (SACW; Verstraete, 1992).

During boreal winter the NE Trades are at their strongest. The ITCZ is situated at its southerly position from November to April (Hastenrath and Lamb, 1977; Henning and Flohn, 1980). The predominant winds help to propel both the North Equatorial Current (NEC) and the coastal Guinea Current (GC). This is accompanied by greatly enhanced coastal upwelling off northwest Africa (Voituriez and Herbland, 1981). Advection by the SEC and NECC is diminished, while warm saline water is transported eastward by the EUC (Katz et al., 1981). South of the equator (2-3° S) thermohaline ridging occurs as a permanent feature of the boreal winter (Voituriez and Herbland, 1977, 1981). The typical tropical situation is characterized by higher sea surface water temperatures, lower nutrient content (Voituriez and Herbland, 1977),

and a deeper thermocline (Houghton, 1991) than during the boreal summer. A deep chlorophyll maximum may develop at the thermal ridge.

The NE Trades supply aeolian dust to the Gulf of Guinea (Schütz, 1980) which precipitates within the ITCZ and may influence oceanic sedimentation north of the equator.

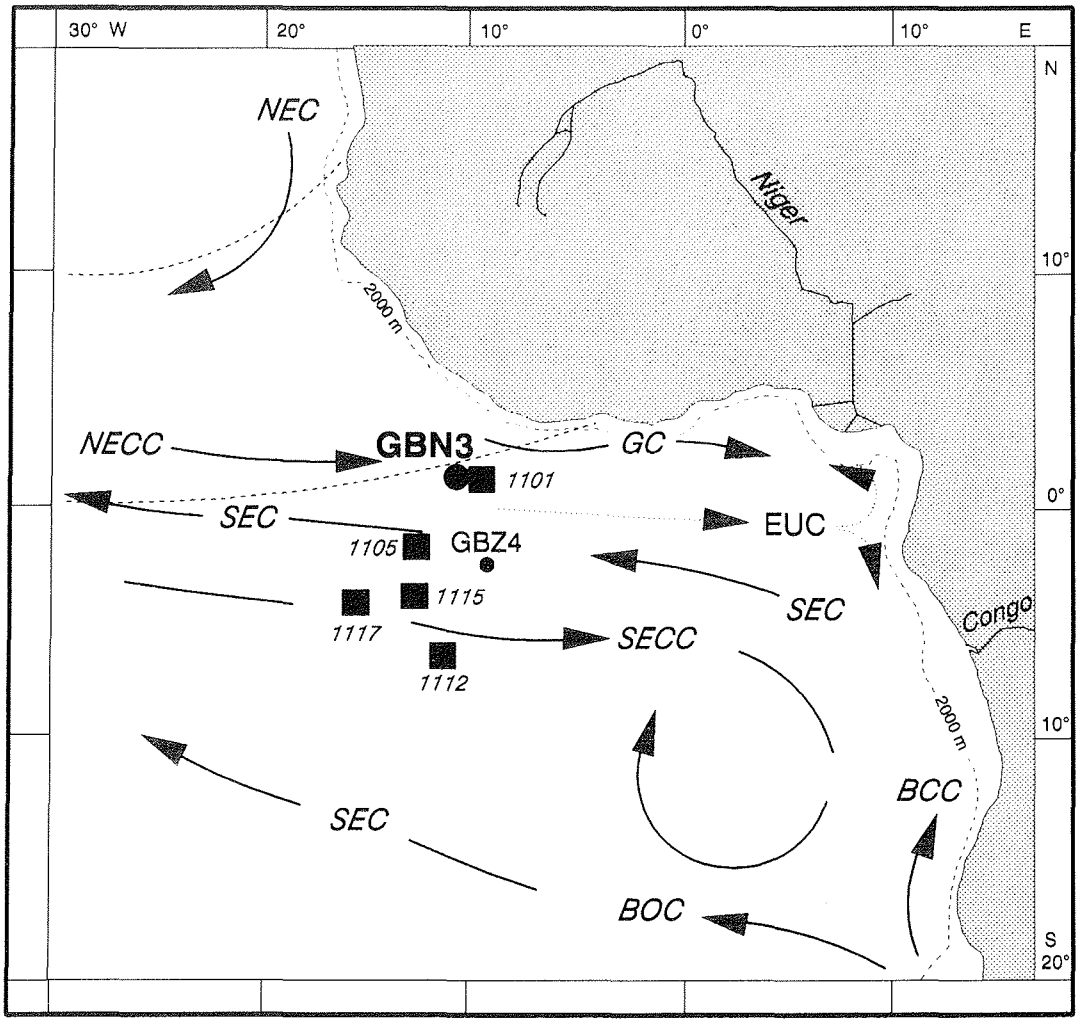


Fig. 1. Location of trap site (GBN3), box core stations (filled square), and mean ocean surface - (solid line) and subsurface currents (dotted line): EUC, Equatorial Undercurrent; GC, Guinea Current; NEC, North Equatorial Current; NECC, North Equatorial Counter Current; SEC, South Equatorial Current; SECC, South Equatorial Counter Current; BCC, Benguela Coastal Current; BOC, Benguela Oceanic Current. Stippled lines are ITCZ average northern (August) and southernmost (February) position. Trap site GBZ4 (Lange et al., 1994) is given for reference.

The trap site is located on the western end of the Gulf of Guinea. The upper trap (at 853 m depth) lies within the Antarctic Intermediate Water (AAIW; Lange et al., 1994), the lower trap (3921m) within the North Atlantic Deep Water (NADW; Van Bennekom and Berger, 1984; Bickert, 1992).

Current meter data are available for the period 22 Feb 1989 to 02 Apr 1990 at 950 m, and from 22 Feb to 30 Nov 1989 at 3960 m depth. Current velocities were mostly between 15-20 cm s^{-1} and between 13-25 cm s^{-1}, respectively. Some spikes reaching 50 cm s^{-1} were measured in June and July 1989 and in January 1990 at 905 m, and in February/March and June 1989 at 3960 m. Marked shifts in current directions, from E to W, were observed in March and August at 905 m (Lange et al., 1994). The picture at depth is somewhat harder to interpret, because of frequent current reversals (probably due to the interaction with seafloor topography), especially from July to November. Two pronounced shifts from E to W-NW (and vice-versa) were observed in March, April and May 1989. No correlation between velocities and the fluxes was observed, but higher fluxes were recorded when the current directions change rather rapidly from 90 to 270°, and vice versa (Wefer and Fischer, 1993).

Of relevance for the terrigenous and nearshore input to our sampling site is the topography of the African coastline to the N, NW, NE and E. Off the Ivory Coast near Abidjan, the Trou-sans-Fond canyon cuts perpendicularly to the coastline across almost the whole continental shelf. It represents a zone of fast accumulation which is almost entirely limited to the valley. To the east of it, the Niger river seems to have only localized influence on the sedimentation of the West African continental slopes, with terrigenous sedimentation mainly occurring on the upper slope or within the delta (see Giresse and Barusseau, 1989, and references therein).

Results of the sediment trap analysis

Diatom and Silicoflagellate Fluxes in Comparison to Opal and Total Fluxes

Flux data at station GBN3 are given in Table 1 and include fluxes of both depths for both diatoms and silicoflagellates, as well as total particle and opal fluxes as determined by Wefer and Fischer (1993). Opal flux ranges from 1 to 39 mg m^{-2} d^{-1} at 853 m and from 6 to 25 mg m^{-2} d^{-1} at 3921 m. The opal fraction of the total particle flux varies in the shallow trap from

Sample number	Trap cup open	Trap cup close	TOTAL FLUX (mg / m^2 / day) 853 m	TOTAL FLUX 3921 m	OPAL FLUX (mg / m^2 / day) 853 m	OPAL FLUX 3921 m	FLUXES (individuals* / m^2 / day) DIATOMS *(valves x 10^5) 853 m	DIATOMS 3921 m	SILICOFLAGELLATES *(skeletons x 10^4) 853 m	SILICOFLAGELLATES 3921 m
1	01.03.89	20.03.89	197.5	218.6	38.9	24.5	821.3	279.2	61.8	149.4
2	20.03.89	08.04.89	131.8	126.9	21.3	23.5	380.1	256.5	103.0	128.0
3	08.04.89	27.04.89	85.9	127.0	10.7	19.7	116.9	199.6	35.6	131.0
4	27.04.89	16.05.89	53.9	120.6	5.6	16.8	101.2	248.5	19.4	108.2
5	16.05.89	04.06.89	59.1	104.8	5.4	13.6	42.5	294.4	20.2	180.3
6	04.06.89	23.06.89	43.2	116.1	1.2	16.1	11.8	277.4	4.4	118.5
7	23.06.89	12.07.89	58.1	100.9	3.3	13.5	21.7	103.5	12.9	55.6
8	12.07.89	31.07.89	104.6	141.9	7.4	16.8	151.4	98.1	11.3	69.2
9	31.07.89	19.08.89	61.4	125.4	4.6	15.6	35.2	88.1	14.6	85.7
10	19.08.89	07.09.89	240.5	180.9	30.4	17.6	223.6	175.1	69.5	96.2
11	07.09.89	26.09.89	42.6	113.7	2.5	11.8	11.9	157.3	9.4	43.3
12	26.09.89	15.10.89	53.1	79.6	4.9	8.7	27.7	41.6	28.3	23.5
13	15.10.89	03.11.89	61.5	74.9	7.8	7.9	114.7	63.0	37.2	37.2
14	03.11.89	22.11.89	74.7	57.6	12.1	5.5	117.7	59.4	34.0	37.2
15	22.11.89	11.12.89	31.1	60.1	2.5	6.7	33.8	52.5	8.9	38.0
16	11.12.89	30.12.89	30.9	50.8	2.2	5.9	6.9	93.1	4.9	46.9
17	30.12.89	18.01.90	69.1	48.9	8.1	6.5	48.4	54.9	17.0	17.8
18	18.01.90	06.02.90	35.6	48.0	5.0	6.3	39.8	73.4	8.9	24.1
19	06.02.90	25.02.90	34.4	44.2	5.0	6.2	29.3	106.8	7.5	43.6
20	25.02.90	16.03.90	69.4		8.0		70.5		17.0	
	Mean daily flux		**76.9**	**102.2**	**9.3**	**12.8**	**120.3**	**143.3**	**26.3**	**75.4**
	Yearly flux		28075.8	37285.7	3410.9	4672.0	43913.3	52301.2	9597.9	27538.4

Table 1. Total particle, opal, diatom and silicoflagellate fluxes at trap site GBN3 at 853 m and 3921 m water depth. Total and opal fluxes in mg m^{-2} d^{-1} (from Wefer and Fischer, 1993), diatom and silicoflagellate fluxes in valves and skeletons m^{-2} d^{-1}, respectively.

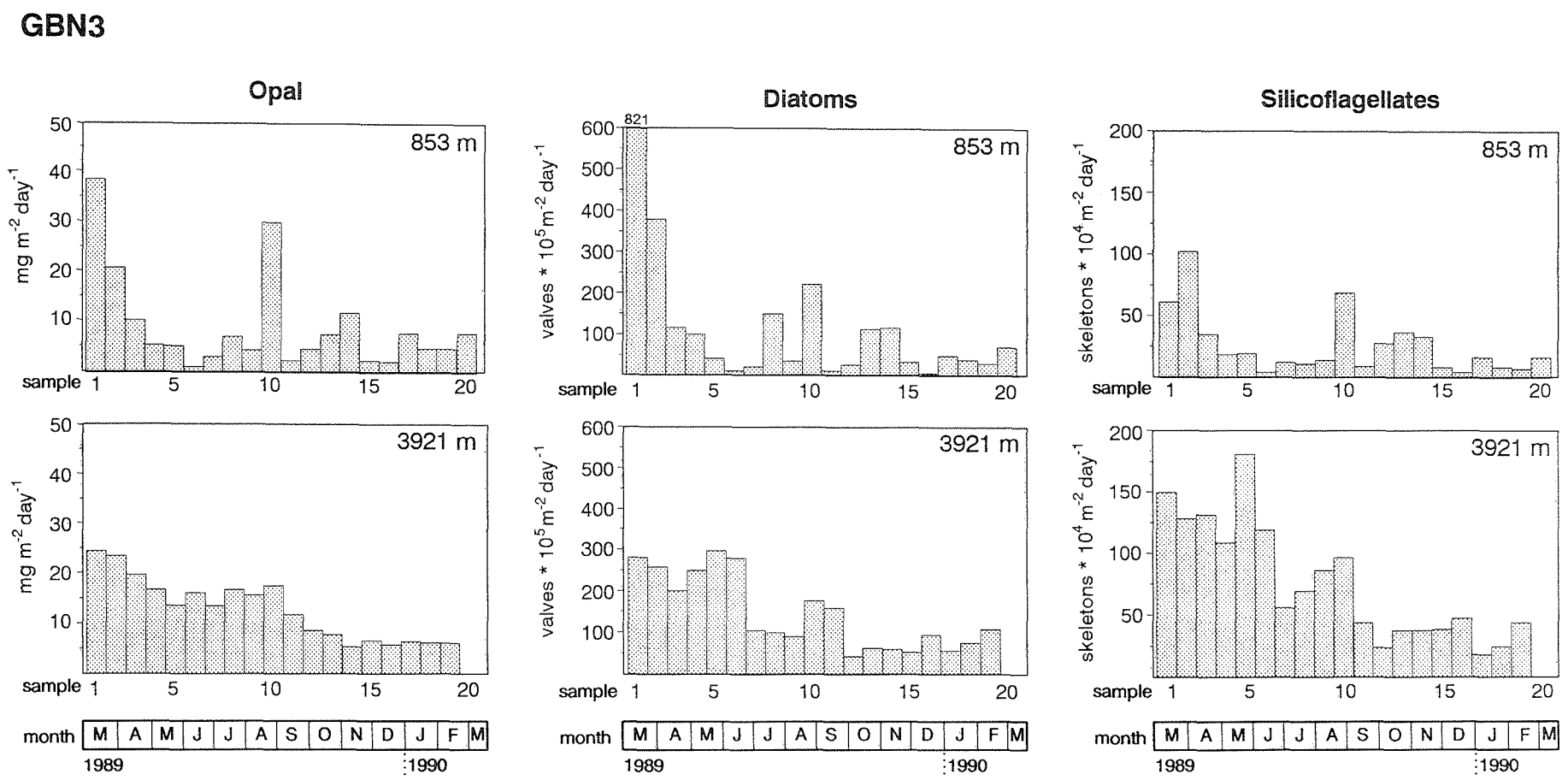


Figure 2. Time-series fluxes of diatoms, silicoflagellates and biogenic opal at 853 m and 3921 m, from March 1989 to March 1990: Opal flux in mg m^{-2} d^{-1} (from Wefer and Fischer, 1993); diatom flux in valves x 10^5 m^{-2} d^{-1}; silicoflagellate flux in skeletons x 10^4 m^{-2} d^{-1}. The sampling periods are 19 days (Table 1).

3% to 20% and in the deep trap from 10% to 19%. In the lower trap, about 500 m above the bottom, the mean annual fluxes of total particles, biogenic opal and lithogenic particles were greater than in the shallower one by a factor of 1.3, 1.4, and 1.9 respectively (Wefer and Fischer, 1993). Carbonate (mostly composed of coccolithophorids, planktonic foraminifera and pteropods) was the dominant component at the site, ranging from 16 to 132 mg m^{-2} day^{-1} at 853 m and from 22 to 138 mg m^{-2} day^{-1} at 3921 m (Wefer and Fischer, 1993). In 15 out of the 19 samples, the lower trap collected more opal (and all other particles) than the upper one, while the reverse is true only for 4 samples (# 1, 10, 14 and 17). Lateral influx with additional material supply at depth should be assumed, and thus all calculated fluxes from the deep trap must be regarded as an overestimate (our results, and Wefer and Fischer, 1993).

At both depths the biogenic opal flux parallels the total particle flux (correlation coefficients r = 0.938 at 853m and 0.905 at 3921m). The diatom and silicoflagellate fluxes show positive correlations to the opal flux (diatoms: r = 0.903 at 853 m and 0.761 at 3921 m; silicoflagellates: 0.811 and 0.806, respectively). Diatoms contribute the greater share to opal, with silicoflagellates present in smaller numbers (Fig. 2, note scale difference on x-axis). Radiolaria are of comparatively less importance in the upper trap, as investigations by Boltovskoy et al. (1993a) verify. The mean diatom flux is 120 x 10^5 valves m^{-2} d^{-1} at 853 m and 143 x 10^5 m^{-2} d^{-1} at 3921 m, the mean silicoflagellate flux 26 x 10^4 and 75 x 10^4 skeletons m^{-2} d^{-1} , respectively. The total annual diatom flux in the deeper trap is higher than in the shallower trap by a factor of 1.2, the annual silicoflagellate by a factor of 2.9. The diatom increase with depth lies within the range of total, opal, carbonate and lithogenic flux variations (see above). The three-fold increase of silicoflagellates, on the other hand, cannot be explained. According to Hentschel's (1936) study of the geographical distribution and absolute abundance of several planktonic groups in the Atlantic surface waters ($\leq$ 50 m) during the "Meteor" 1925-1927 expedition, silicoflagellates are most abundant between 40° and 55°S (> 200 individuals 1000 cm^{-3}). In the equatorial region they show higher abundances between 0° long. and the African coast than in the west, especially in the Angola and Namibia area, and around Cape Verde (1 to >100 individuals 1000 cm^{-3}). This pattern prevents us from inferring that a "high concentration cell" of silicoflagellates exists in or nearby the study area from where these organisms could have been advected.

A comparison of the two patterns reveals that the two of the seasonal diatom flux maxima occurring in the upper trap in spring and summer (Lange et al., 1994) can also be recognized in

the lower trap, though in a modified form. Compared to the year-long pattern in the shallow trap, the flux curve for the lower trap is not only smoother but the maxima exhibit significant time lags (Fig. 2). The pronounced spring diatom flux maximum in the upper trap (samples 1 and 2) is seen in the lower trap as a comparatively diminished and smoothed peak which extends from May to June (samples 4 to 6), a shift of 38 to 95 days. The relatively high fluxes in samples 1 to 3 in the lower trap may represent a period of higher flux in the upper trap that occurred prior to the beginning of the sampling period (March, 1989). The summer maximum in the upper trap (samples 8 and 10) is represented in the deeper trap in samples 10 and 11 (August to September), a delay of 19 to 38 days. For silicoflagellates, the spring peak (sample 2 at 853 m) occurs 19 days later than that for diatoms (in sample 5), and the summer maximum consists of only a single peak (sample 10).

It is evident that the vertical flux is not merely shifted in time since the phase shift and the amount of shift is not constant throughout the year, being much larger for the spring than for the summer. At a mooring located just north of our sampling station site (EA6 03° 03'N 11°53'W, sampling interval: 03 Dec 1991 to 06 Oct 1992) total flux values peaked in February and June/July at 901 m depth. These maxima could be recognized at 3911 m depth with a time lag of 30-104 days and 30-77 days, respectively (Fischer and Wefer, subm.). Also here, total fluxes were higher in the deeper trap in March to May.

Seasonal Succession of Diatoms in the Water Column

The seasonal changes in the diatom flux and species composition at 853 m are described in detail in Lange et al. (1994; Appendix 1). The same species occuring at 853 m could be identified at 3921 m (Appendix 2): A total of 202 diatom taxa were identified, including those species combined within their generic classification when identification to species level was not possible. At both depths species occurred either in chains, small aggregates, complete cells, whole valves, or fragments, but connected clusters of cells were more abundant in the upper trap. However, the presence of complete diatom cells containing chloroplasts at both depths is an indication of good preservation even at 3921 m. Only a relatively small number of the recorded diatom species were present in significant abundances at both depths: Five species or species groups were responsible for 50% of the total diatom assemblage, and 17 taxa made up 75%. The main diatoms or groups of diatoms with high relative abundance throughout the year are: *Nitzschia bicapitata* group (including *N. bicapitata* and *N. bifurcata*), and species of

the genera *Pseudo-nitzschia* (*P. delicatissima*, *P. lineola*, *P. pseudodelicatissima*) and *Chaetoceros* (mainly *C. radicans* accompanied by *C. affinis*, *C. decipiens*, *C. didymus*, *C. lorenzianus*, *C. peruvianus*), as well as *Neodelphineis indica*, *Thalassionema nitzschioides* and *T. nitzschioides* var. *parva*.

In the spring samples from the upper trap both oceanic and neritic diatom species are observed, with the *Nitzschia bicapitata* group dominating the assemblage (> 40%; Lange et al., 1994). The *N. bicapitata* group is also predominant in the lower trap, but is less than 40% of the total assemblage. Other species such as vegetative cells of *Chaetoceros*, *T. nitzschioides* var. *parva*, *N. indica* and *Pseudo-nitzschia* spp. also occur there in relatively high proportions.

The summer maximum (July to August/September) in the upper trap is strongly dominated by members of the *N. bicapitata* group (68 to 83% of the total diatom assemblage), and can be temporally correlated with the oceanic summer upwelling event (Lange et al., 1994). In the lower trap this maximum occurs in samples taken from August to the end of September. The flora is not as dramatically monospecific as in the upper trap, but still a relatively low diversity is evident compared to the rest of the year (Appendix 2). The *N. bicapitata* group in the lower trap contributes 54% to 59% of the total diatom assemblage at this time.

During autumn and winter a more diverse species assemblage is found in both the upper and lower traps. Additional species occurring at this time include *Nitzschia sicula*, *Thalassionema bacillaris*, *T. nitzschioides* and the *Thalassiothrix* group (mainly *T. longissima*).

Several freshwater taxa (*Aulacoseira granulata*, *Cyclotella kützingiana*, *C. menegheniana*, *C. ocellata*, *Fragilaria pinnata* and *Stephanodiscus "astraea"*) are relatively important in the spring and winter samples at 853 m, in addition to the marine taxa. The influx of the freshwater flora coincides with notable occurrences of phytoliths and *Chaetoceros* resting spores, suggesting continental and littoral influences (Lange et al., 1994). In the lower trap, however, these freshwater diatoms, spores and phytoliths are present throughout the sampling year, with maximum contribution from March through June.

Comparison of Fluxes at 853 and 3921 m Water Depths

As the dominant species, the flux pattern of *N. bicapitata* (average daily flux of the order of 10^6 valves m^{-2} day^{-1}) parallels that of the total diatom flux at both depths (correlation coefficients r = 0.984 at 853m and 0.927 at 3921m), and shows clearly the spring and summer maxima; a smaller peak is evident in the autumn (compare Figs. 2 and 3). Other dominant taxa (*Fragilariopsis pseudonana*, *Neodelphineis indica* and *Pseudo-nitzschia* spp.) show a similar pattern at both depths in the year-long flux pattern (Fig. 3). However, for them the summer maximum is almost non-existent.

Although in many cases the flux of these species is somewhat higher in the deeper trap (which is related to overall higher total fluxes; see Table 1 and Wefer and Fischer, 1993), a small but net decrease over the entire sampling period is observed. The overall ratio "flux at 3921 m/flux at 853 m" for the sampling period is 0.98 for *F. pseudonana*, 0.95 for *N. bicapitata*, 0.87 for *Pseudo-nitzschia* spp. and 0.69 for *N. indica*, suggesting some loss of material through the water column, probably due to dissolution of these weakly-silicified taxa. For all other species with an average daily flux at both depths of the order of 10^5 valves m^{-2} day^{-1} this ratio is > 1 (Fig. 4). This could mean that in addition to the very high spring flux seen in the upper trap continuing to affect input to the lower trap until the end of the summer, another process such as downslope transportation (Bein and Fütterer, 1977), midwater lateral transport, or a nepheloid layer (Connary and Ewing, 1972) must exist that adds material at depth in an almost continuous fashion distorting the original record.

At 3921 m, the fluxes of most species are much higher not only during April to June, but also during the remainder of the year (except for samples 14, and in some cases samples 13 and 17). This was especially noticeable for the genus *Chaetoceros*, *Thalassionema* spp. and the freshwater community (Fig. 4). Except for *T. nitzschioides* var. *parva*, a species typical of oceanic waters (Schrader and Schütte, 1981), the records of *Chaetoceros* resting spores and vegetative cells of neritic *Chaetoceros* taxa and *T. nitzschioides* are evidence for transport from the African nearshore waters to the sampling site. On the other hand, transport of non-marine diatoms into the area by rivers or winds (and later dispersion by marine currents) has already been suggested by Kolbe (1955). Dust falls containing freshwater diatoms have been reported over an area extending from the Canary Islands almost to the equator (Folger et al., 1967). In particular, the winter-plume dust originating in the Sahel and Chad Basin is the

primary source of land-derived particles in the eastern and central Atlantic between 10°N and 5°S (Pokras and Mix, 1985; Gasse et al., 1989; de Menocal et al., 1993).

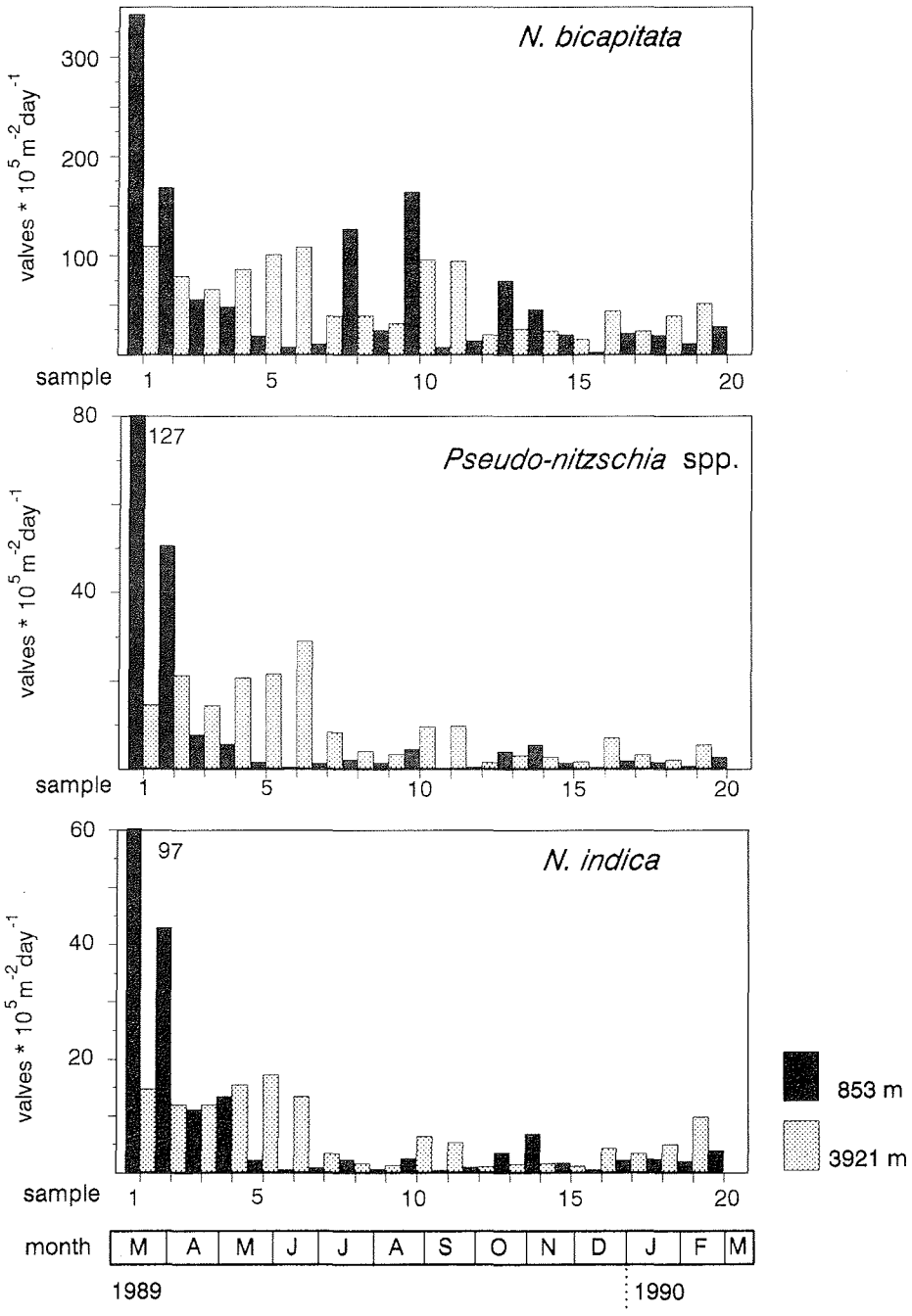


Fig. 3. Daily fluxes of *Nitzschia bicapitata*, *Pseudo-nitzschia* spp., *Neodelphineis indica* at 853 m and 3921 m throughout the sampling year, as examples of species with an overall ratio "flux deep trap/flux in shallow trap" < 1.

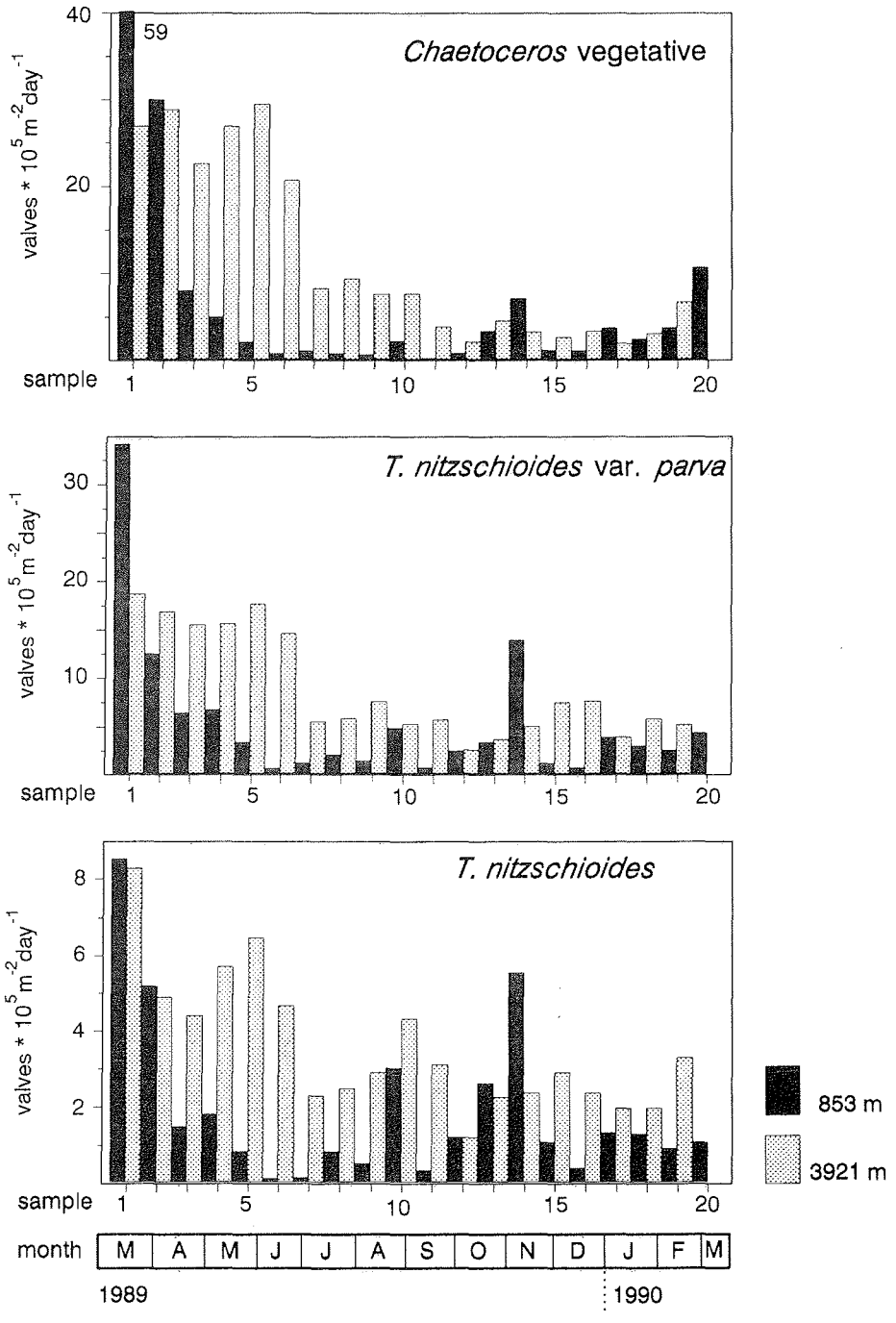
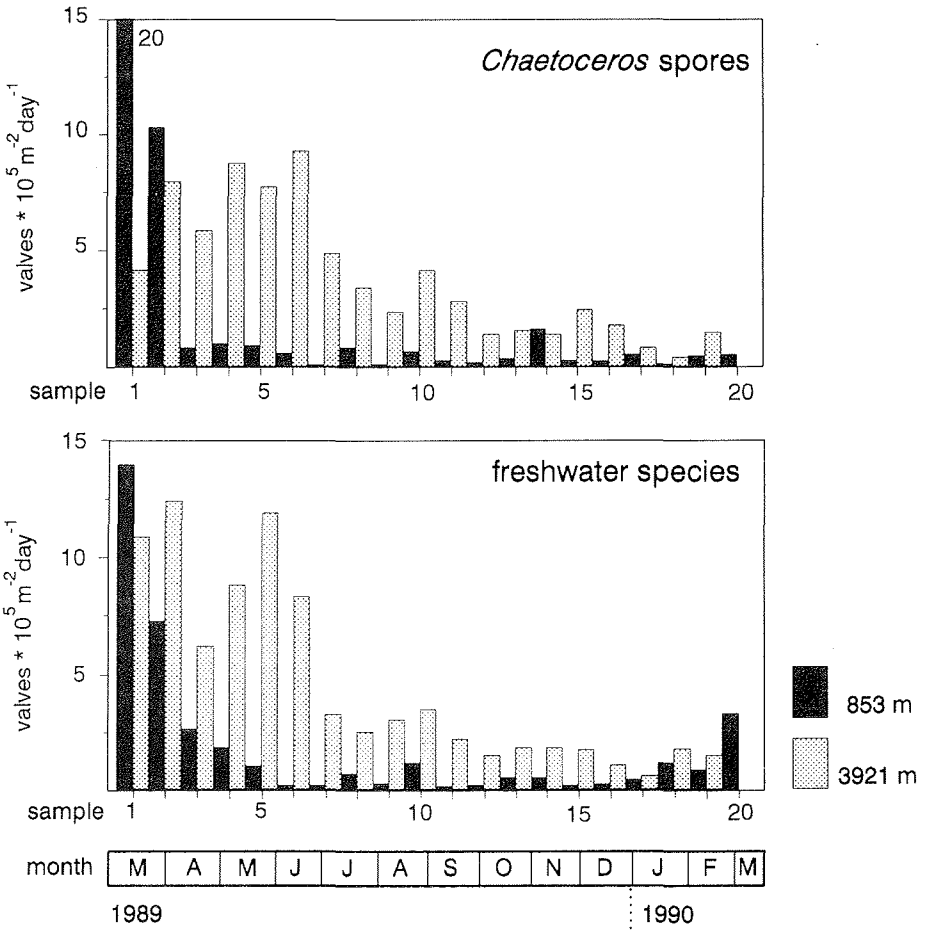


Fig. 4. Daily fluxes of *Chaetoceros* vegetative cells, *Thalassionema nitzschioides* var. *parva*, *T. nitzschioides*; *Chaetoceros* spores and freshwater diatoms at 853 m and 3921 m., as examples of species with an overall ratio "flux deep trap/flux in shallow trap" > 1.



cont. Fig. 4. Daily fluxes of *Chaetoceros* vegetative cells, *Thalassionema nitzschioides* var. *parva*, *T. nitzschioides*; *Chaetoceros* spores and freshwater diatoms at 853 m and 3921 m., as examples of species with an overall ratio "flux deep trap/flux in shallow trap" > 1.

Comparison of the Sediment Trap Fluxes with the Sediment Surface

Depending on the degree of silicification of their frustules, diatom species can be separated into easily soluble and solution-resistant taxa. In this work, species that were fairly well preserved in the sediments are defined as solution-resistant (Table 2). At 853 m, resistant taxa fluxes are highest in March, August/September and November, while their fluxes are more evenly distributed throughout the year at 3921 m with highest values from March to June (Fig. 5). Relative abundances of the solution resistant species found in the sediment traps over the entire sampling period were compared with a surface sediment sample at box-core station 1101 (Tables 2 and 3). The percentage of the resistant taxa as a group increases in the water column from 22% at 853 m to 32% at 3921 m, while in the sediment they compose 93%

Relative Abundance of Resistant Taxa	**GBN3** upper trap 853 m	**GBN3** lower trap 3921 m	**GeoB 1101** surface sediment 4567 m
- *Azpeitia* spp.	0.	0.7	8.1
- *Chaetoceros* resting spores	1.	2.6	2.7
- freshwater (*Aulacoseira granulata*, *Cyclotella* spp., *Stephanodiscus astraea*, *Fragilaria* spp.)	1.	3.0	21.0
- *Nitzschia capuluspalae*, *N. interruptestriata*, *N. marina*, *N. sicula*	3.	3.9	6.9
- *Planktoniella sol*	0.	1.2	1.7
- *Fragilariopsis doliolus*	0.	0.6	3.2
- *Rhizosolenia bergonii*	0.	0.4	10.8
- *Roperia tesselata*	0.	0.5	2.0
- *Thalassionema nitzschioides* including *T. nitzschioides* var. *parva*	7.	9.4	11.7
- *Thalassiosira bioculata*, *T. eccentrica*-group, *T. lineata*-group, *T. oestrupii* incl. var. *venrickae*	2.	3.1	12.1
- *Thalassiothrix* spp. - group	1.	1.4	1.2
- others*	2.	5.1	11.9
Total Percentages	**22.**	**31.9**	**93.3**

* *Actinocyclus* spp., *Asteromphalus* spp., *Cocconeis* spp., *Corethron criophilum*, *Coscinodiscus* spp., *Hemiaulus sinensis*, *Hemidiscus cuneiformis*, *Navicula* spp., *Nitzschia aequatorialis*, *N. kolaczekii*, *Opephora* spp., *Pleurosigma directum*, *Porosira denticulata*, *Pseudotriceratum punctatum*, "*Rhizosolenia*" spp. (incl. *Proboscia* and *Pseudosolenia*), *Trachyneis* spp., *Tropidoneis* spp.

Table 2. Mean annual percentages of resistant taxa in both traps (853 m and 3921 m) and in surface sediment sample station GeoB 1101.

of the diatom assemblage. Concomitantly, the lightly-silicified species as a group decrease from almost 80% in the water column to near 7% in the sediment. For example, *Nitzschia bicapitata* valves were almost absent (< 1%) from the surface sediment sample. For the Guinea Basin, strong dissolution at the sediment/water interface with the concomitant loss of the oceanic summer upwelling signal is assumed.

The relative abundance of all other species considered increases with increasing depth. The most abundant resistant species in the water column, *Thalassionema nitzschioides and T. nitzschioides* var. *parva* increase by almost 20%. Other minor components (e.g. *Planktoniella sol*, the *Thalassiosira* group and *Thalassiothrix* spp.) show an increase of 30% with depth.

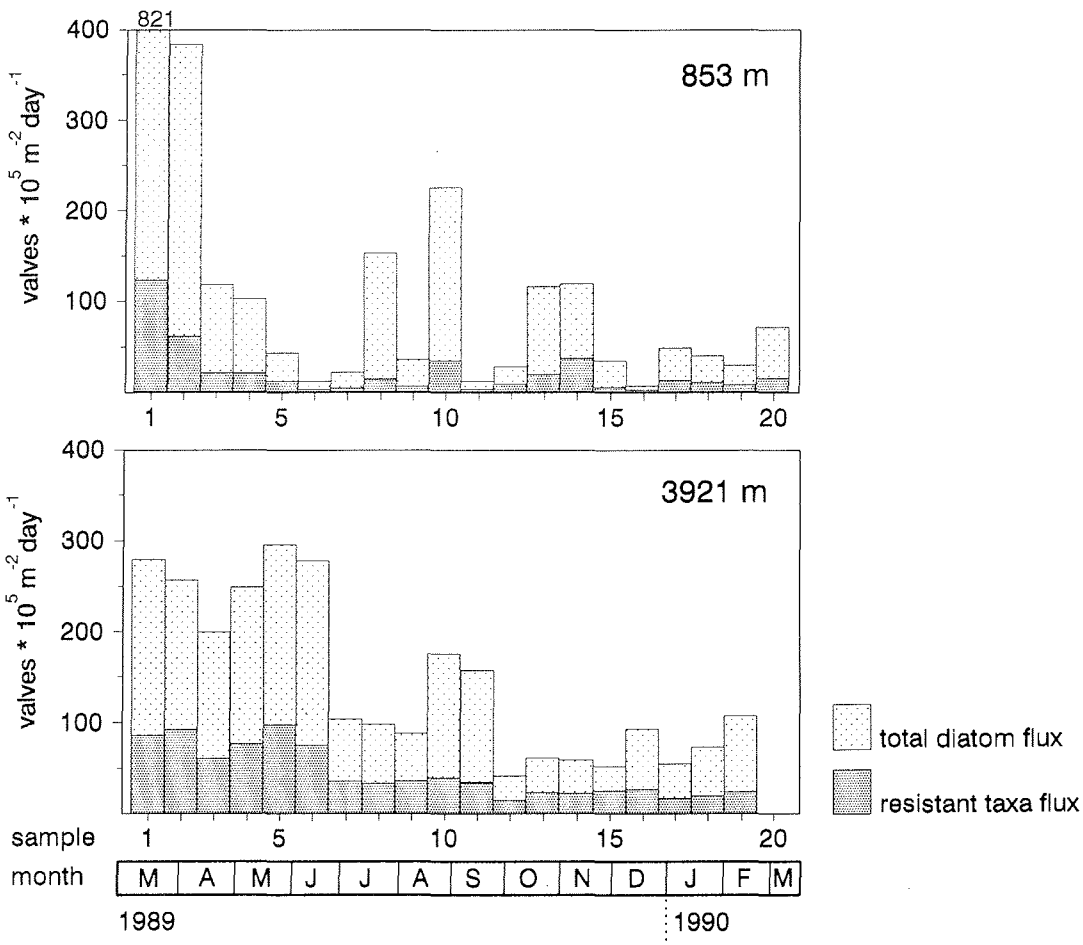


Figure 5. Daily fluxes of resistant taxa at 853m and 3921 m throughout the sampling year compared to total diatom fluxes.

Most notable are the freshwater taxa and the resting spores of *Chaetoceros*, both of whose percentages double (Table 2). The difference in the percent of resistant taxa between both trap depths may be attributed in part to selective dissolution of delicate diatom species, and in part to lateral transport and/or resuspension from the continental shelf. Evidence for processes other than dissolution having had a significant effect is shown by the increase in the total diatom flux from the upper to the lower trap by 19% and by the increased flux of heavily silicified freshwater taxa and *Chaetoceros* resting spores (Fig. 4).

A strong increase of about 200% in the relative abundance of the resistant taxa are seen in the surface sediment compared to the deep trap. This is especially evident for *Rhizosolenia bergonii, Azpeitia* spp. and the freshwater taxa (Table 2). There is, in fact, some enrichment of resistant species from the upper to the lower trap, but the significant concentration increase occurs in the transition from the water column to the sediment.

When calculating yearly fluxes for diatoms and silicoflagellates in the traps and compare them to their accumulation rates in the underlying surface sediment (although they are not directly comparable), a sharp decrease of two orders of magnitude is seen; for diatoms: from 439 x 10^7 valves m^{-2} yr^{-1} at 853 m and 523 x 10^7 valves m^{-2} yr^{-1} at 3921 m to 5.2 x 10^7 valves m^{-2} yr^{-1} in the sediments; for silicoflagellates: from ca. 96 x 10^6 skeletons m^{-2} yr^{-1} and 275 x 10^6 skeletons m^{-2} yr^{-1} to 1.7 x 10^6 skeletons m^{-2} yr^{-1}, respectively (Tables 1 and 3).

GeoB-No.	Position	Water Depth [m]	Sedimentation Rate [cm / ky]	Dry Bulk Density [g / cm^3]	Diatom Concentration [10^6 valves in 1 g dry sediment]	DAR [10^7 valves/ m^2 / y]	Silicoflagellate Concentration [10^5 individuals in 1 g dry sediment]	SAR [10^6 individuals/ m^2 / y]
1101	01°39.8°N 10°58.6°W	4567	2.7	0.59	3.3	5.2	1.0	1.7
1105	01°39.9°S 12°25.7°W	3231	4.2	0.69	2.9	8.4	3.0	8.7
1115	03°33.5°S 12°34.8°W	2921	3.6	0.70	1.1	2.7	1.0	2.6
1117	03°49.0°S 14°54.2°W	3977	3.0	0.62	4.1	6.7	2.1	3.4
1112	05°46.2°S 10°44.7°W	3122	1.5	0.71	0.9	0.9	1.1	1.1

Table 3. Location of box core stations, sedimentation rates and bulk density (from Bickert, 1992 and Meinecke, 1992), concentrations and accumulation rates of diatoms and silicoflagellates in the surface sediments.

Results of the sediment surface analysis

In order to determine regional variations in diatom and silicoflagellate concentrations and accumulation rates (AR), a set of five surface sediment samples with known sedimentation rates and density were analyzed and compared with each other. These samples lie on a transect approximately perpendicular to the equator (Fig. 1, Table 3). Smear slide analysis reveales high carbonate content in all sediment surface samples; the major lithological unit in all cores is nanofossil-foraminiferal ooze or foraminiferal ooze (Wefer et al., 1989; Bickert, 1992). Sedimentation rates vary between 1.5 and 4.2 cm ky^{-1}, being highest in the area comprised between 01° and 03°S (stations 1105, 1115 and 1117, in decreasing order). In general, high concentrations of diatoms and silicoflagellates occur together with high accumulation rates (DAR and SAR), and high values for both are observed nearer the equator (Fig. 6; Table 3). In particular, diatom concentrations and DAR peak at stations 1101, 1105 and 1117. For silicoflagellates, their concentrations and SAR are highest at site 1105, followed by site 1117 (Fig. 6). Both organism patterns differ mainly at site 1101 where an enrichment in diatoms can be attributed to additional input from the coast. Phytoliths, on the other hand, have one distinct peak at site 1101, and decrease from north to south, reflecting diminishing land influence (Fig. 6).

Over 100 species of diatoms were recognized in the surface sediment samples, while 30 taxa make up 80-90% of the total diatom assemblage (see also Lange et al., 1994). These taxa belong to the group of "resistant diatoms" (Table 2). In the geographical distribution of their relative abundances, some clear patterns can be seen (Fig. 7). *Roperia tesselata* and especially species of the genus *Azpeitia* increase steadily southward. *Fragilariopsis* (*Pseudoeunotia) doliolus* and species of *Thalassiothrix* are relatively more abundant at stations 1115 and 1117, at 3°S. The relative abundance of *Rhizosolenia bergonii* is greatest just south of the equator, and decreases both to the north and to the south. *Thalassionema nitzschioides* var. *parva* is present in significant proportion only north of the equator. As expected, the freshwater community decreases from north to south with increasing distance from the African coast (Fig. 7; compare with phytoliths in Fig. 6).

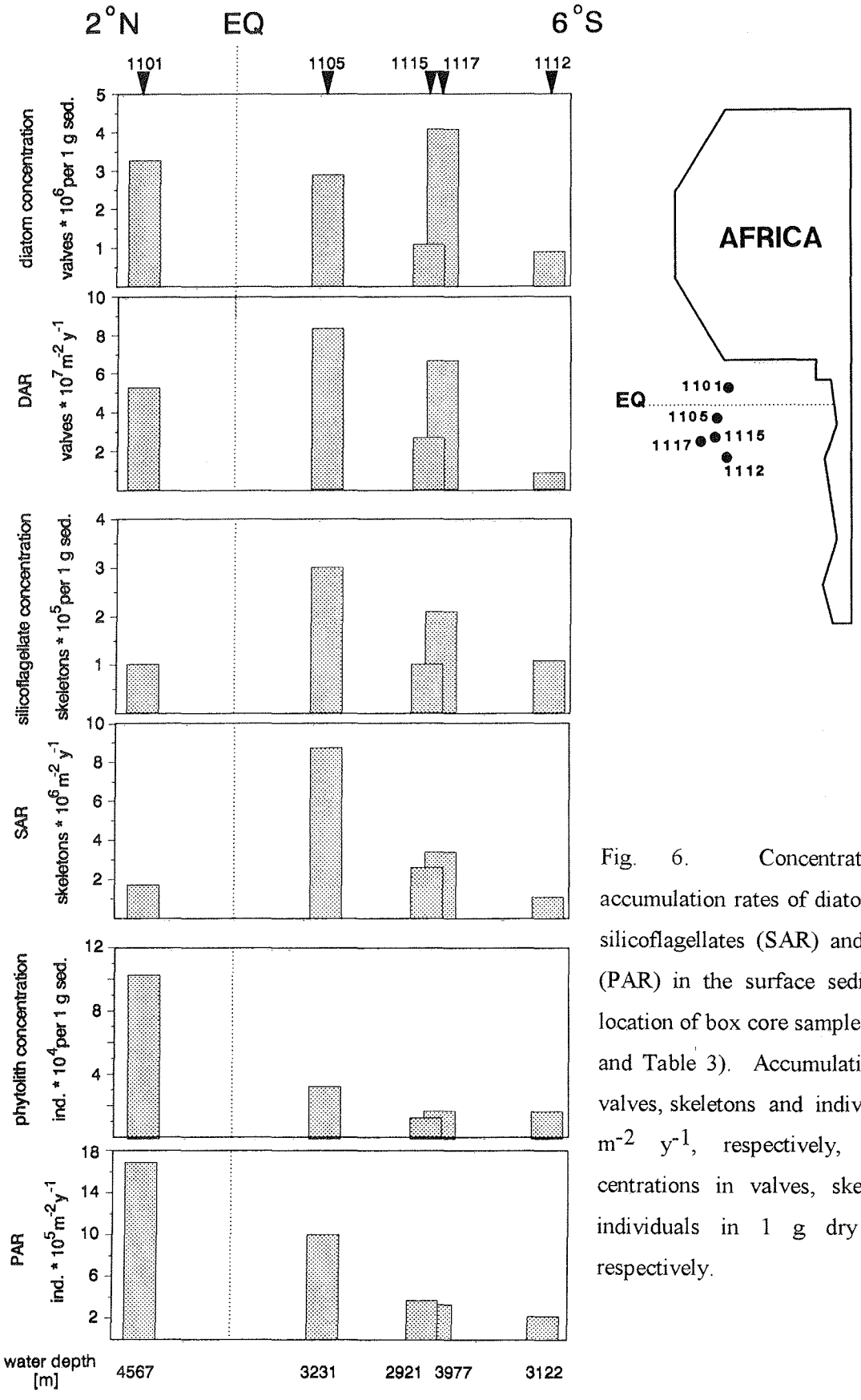


Fig. 6. Concentrations and accumulation rates of diatoms (DAR), silicoflagellates (SAR) and phytoliths (PAR) in the surface sediments (for location of box core samples see Fig. 1 and Table 3). Accumulation rates in valves, skeletons and individuals x m^{-2} y^{-1}, respectively, and concentrations in valves, skeletons and individuals in 1 g dry sediment, respectively.

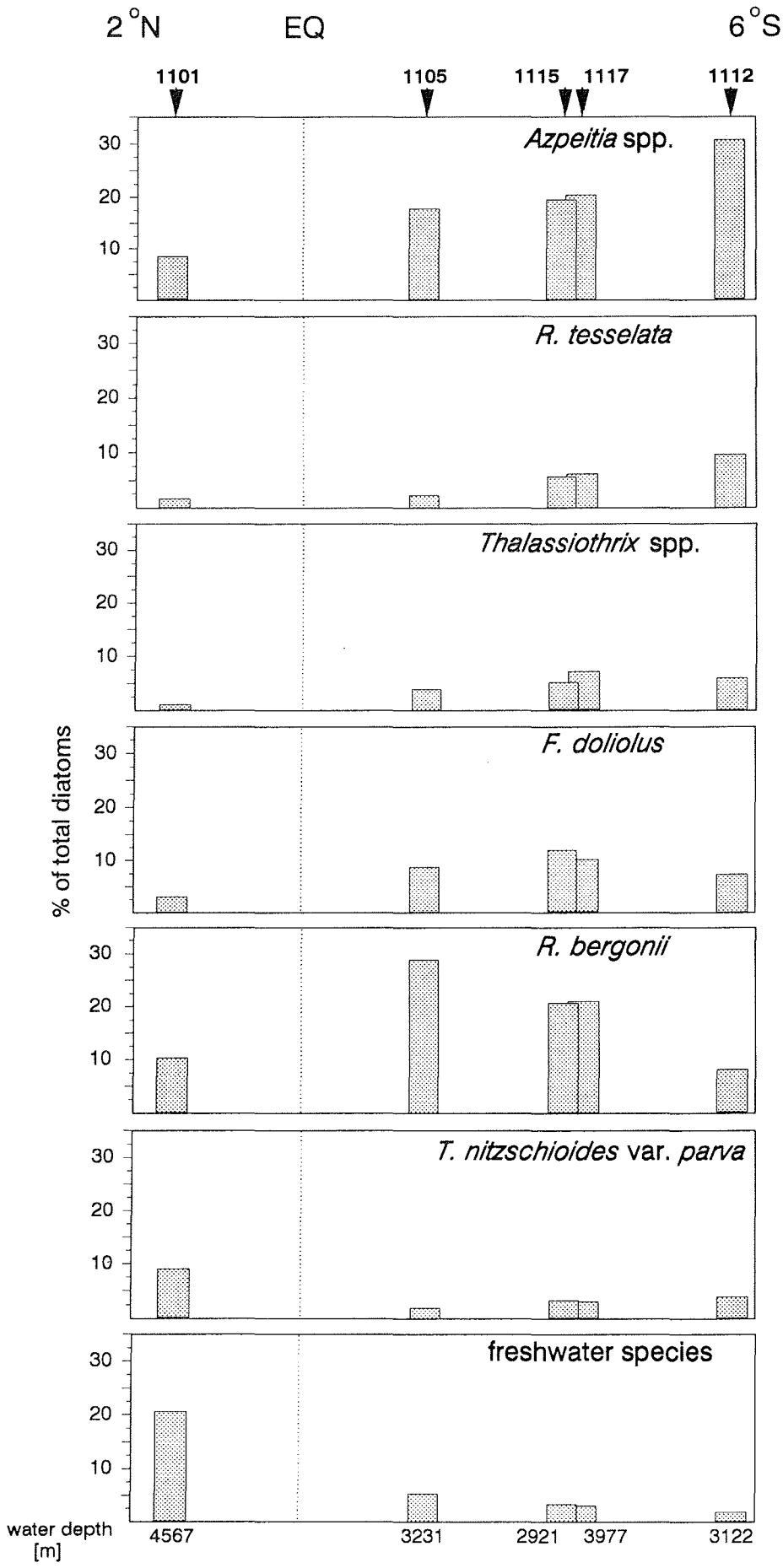


Fig. 7. Relative abundances of the most common diatom species or species groups (% of total) in the surface sediments.

Discussion

The yearly patterns of diatom and silicoflagellate flux at both trap depths follow the total particle and opal flux (Table 1). The maxima observed at 853 m can be correlated with and explained by atmospheric and hydrographic conditions (Lange et al., 1994): The summer maximum is related to enhanced SE Trades which contribute to the intensification of equatorial upwelling, which in turn leads to higher productivity. The presence of a shallow thermocline means that the warm, silicate-undersaturated surface layer is relatively thin (Houghton, 1991), and the silicate corrosion zone, which is described as the upper 1000 m of the water column with high silica dissolution is less prominent (Berger, 1976). Siliceous particles, whose dissolution depends on the temperature and degree of saturation (Hurd, 1972), sink and arrive more quickly in conditions favorable for preservation in the colder temperatures below the thermocline. This would probably favor the preservation of surface-water diatom blooms characteristic of upwelling events, and is presumably seen in the form of a low diverse flora of delicately silicified taxa (*Nitzschia bicapitata* group). The spring pulse may be the result of enhanced primary production due to precipitation of wind transported nutrients in the ITCZ (Wefer and Fischer, 1993) and/or it could also be associated with a ridge at about 2°-3°N described by Verstraete (1992) as a consequence of the strong equatorial front that separates the warm and low salinity waters north of 2°N from the relatively colder and saltier equatorial waters. At fronts particles can be concentrated affecting sinking of phytoplankton cells (see Yoder et al., 1994 and references therein). Although we do not have direct observation of such a phenomenon in the study area, results on seasonal flux variations along a N-S transect (from 3°N to 4°S) around 10°W point to a possible relationship. During 1991 highest flux values (total flux minus lithogenic flux, to remove continental bias) were recorded north of the equator, a minimum at it, and increasing values to the south (Fischer and Wefer, subm.).

The higher flux values for diatoms, silicoflagellates and total particles in the lower than in the upper trap strongly suggest an additional source of material, assuming no difference in trap collecting efficiency. In addition, loss of material due to high current velocities could have lead to underestimation of the true fluxes at 853 m (see Wefer and Fischer, 1993) accentuating the difference between both depths. Clear evidence of lateral influx is the enrichment of *Chaetoceros* resting spores and freshwater species (Fig. 4). Resting spores are common in coastal upwelling regions (Hargraves and French, 1975; Garrison, 1981; Pitcher, 1990). In our study area, their relative abundance is highest in the surface sediments off the Ivory and

Ghana coasts (J.-J. Knaack, pers. comm.). We assume that they have been transported into the study area from the African coast (e.g. from either the NE, N or NW), possibly by downslope currents through the canyons that are characteristic of the coastline (Giresse and Barusseau, 1989). Current meter data showing reversals from E to W-NW and vice-versa (see hydrology) are in accordance with these directions of transport. The freshwater species *A. granulata* makes up over 90% of the Niger River plankton (Gasse et al., 1989); its frustules could have been resuspended by near-bottom currents on the shelf near the mouth of the Niger and transported far away into the basin. However, evidence suggests that the Niger river has only a localized influence and that, in the absence of canyons there, terrigenous sedimentations mainly occurs on the upper slope or within the delta (see Giresse and Barusseau, 1989, and references therein). Although river input cannot be ruled out, aeolian transport (winter-dust influence) of freshwater diatoms can be assumed (e.g. Pokras, 1991; Lange et al., 1994) with direct settling over the open ocean or gravitational settling over the shelf and later transport further downslope by currents (see Bein and Fütterer, 1977).

Particle increase in deep waters has also been observed by Leventer and Dunbar (1987), Takahashi (1987), Abelmann and Gersonde (1991), and Sancetta (1992) in different regions of the world, and was explained as being a result of lateral advection either downslope movement and high-velocity near-bottom currents or nepheloid layers. A nepheloid layer about 150 m thick was described in the eastern edge of the Guinea Basin by Connary and Ewing, 1972 (see also Biscaye and Eittreim, 1977); a similarly thin bottom layer (assumed to be continuous with that in the deep basin) and an additional one at 2700 m depth were also seen on the African slope. The African continent was postulated as the major source of the particulate matter in the nepheloid layer (Connary and Ewing, 1972). There is no evidence of a thick nepheloid layer that could have affected our deeper trap which was moored at a depth 500 m above the seafloor during the sampling year.

Resuspension of previously deposited diatom frustules on the shelf, vertical mixing and bottom current transportation to the sampling site, or lateral transport at midwater depth could certainly have contributed to the flux of the lower trap. In any case, if we believe that the injection (the one added to the vertical flux from the upper trap) of material at 3921 m is a subsurface phenomenon , of any of the type described above, then we could assume that the material was concentrated by a process unrelated to seasonal production directly at the sampling site, representing a distortion of the record.

We have mentioned above (see "Diatom and silicoflagellate fluxes in comparison to opal and total fluxes") our uncertainty about the source for much higher flux values of silicoflagellates at 3921 m (by a factor of 2.9 with respect to the upper trap!). High standing stocks and fluxes are found in upwelling and other highly productive environments (e.g. Takahashi, 1987, 1989). As for diatoms, they may have been advected by downslope transport or midwater lateral transport from the productive coastal area. Because of their organic membrane, silicoflagellates are relatively resistant to dissolution (Takahashi, 1987) and, like radiolarians, show good preservation even when suspended in near-bottom waters (Lisitzin, 1972). This, together with their very low weight may allow individual silicoflagellate skeletons to remain in suspension for extended time intervals and eventually to contribute to the apparent vertical flux. However, we do not have a satisfactory explanation for the discrepancy with the diatom data (diatom increase by a factor of 1.2 with depth). If a process such as lateral advection is taking place, then we could assume that it should affect both organisms in the same way.

An enrichment of solution-resistant diatoms with water depth may indicate selective dissolution of lightly silicified species. The occurrence of delicate species at our site such as *Cerataulina pelagica*, *Dactyliosolen phuketensis*, *Detonula pumila*, *Nitzschia bicapitata*, etc. (Appendices 1 and 2), as well as complete cells with chloroplasts in both the upper and lower traps argues against any significant dissolution in the 3000 m of water between them. Several authors (e.g. Berger, 1976; Takahashi, 1986) have previously reported that silicate dissolution below a water depth of 1000 m is minimal. The greatest proportion of biogenic opal produced is dissolved above 1000 m (Berger, 1976). At a water depth of 500 m only 5% of the original opal remains, and at 1000 m only 1% remains (Schrader and Schütte, 1981). According to investigations by Bishop et al. (1977) in the eastern equatorial Atlantic, the abundance of diatoms decreases by about 86% from 50 m to 400 m

When the surviving opal is deposited on the seafloor it is once again subjected to severe dissolution, which leaves only 0.05-0.15% (Hurd, 1973) of the quantities present at the water surface. Strong dissolution at the sediment/water interface drastically change the relative abundances of strongly and weakly silicified diatom taxa. For example, the summer signal of the delicate *N. bicapitata* for equatorial upwelling at our trap site is no longer recognizable in the sediment. The diatom assemblage found in the surface sediments, thus represents more of a mixture of the spring, autumn and winter assemblages found in the sediment traps (compare

Table 2 with Appendix 1). Investigations by Sancetta (1992) off the coast of Oregon also reveal a surface-sediment diatom assemblage that corresponds less with the sediment trap assemblage of the high-productivity season than with that of the low-productivity season of the surface water. Radiolarian data for the Guinea Basin show that 95% of the ones produced in the water column are lost to the sedimentary record. However, similarities between the flux and the sediments were not associated with time of year and with periods of enhanced radiolarian output (Boltovskoy, 1993b).

Although the relative abundances of resistant diatom taxa in the sediments are significantly higher than those in the water column and no inference can be drawn with respect to the diatom assemblage in the surface waters during equatorial upwelling (because it is represented by lightly silicified species of the *N. bicapitata* group), their distribution in the sediment (Fig. 7) reflects hydrographic conditions in the surface water. An increase in the relative abundance of typically oligotrophic taxa such as *Roperia tesselata* and species of the genus *Azpeitia* and *Thalassiothrix* (Maynard, 1976) southward, from about 2°N to 6°S, may indicate lower nutrient concentrations south of about 4°S. Pokras and Molfino (1986) attribute the increased occurrence of *Azpeitia* spp. to the influence of the EUC combined with higher salinity and low nutrient content. The high percentages of *Rhizosolenia bergonii* and *Fragilariopsis (Pseudoeuntia) doliolus* south of the equator up to 4°S and their decrease at the southernmost sample location indicate more intense upwelling combined with increased productivity between the equator and 4°S, as the results of Maynard (1976) also show. According to Pokras and Molfino (1986) the increased occurrence of *F. doliolus* represents the influence of the Benguela Current which is incorporated with the SEC and is characterized by intensive upwelling and the associated increased production. The high proportions of *Thalassionema nitzschioides* var. *parva* north of the equator could represent the region of influence of the NECC and GC, and may be evidence for increased production in higher surface-water temperatures as are found in the center of the equatorial upwelling region. Relatively high numbers of this species were also reported just north of the equator by Pokras and Molfino (1986) and were attributed to conditions of moderate to high productivity. The steady north to south decrease of freshwater diatoms (Fig. 7) and phytoliths (Fig. 6) reflects the southwardly decreasing influence of the NE Trades on the influx of terrigenous sediment particles. As stated above, freshwater diatoms and phytoliths occurring in the central and eastern Atlantic between ca. 10° N and 5° S are derived from the African continent, and are brought in mainly during the winter with the Harmattan Dust from the Sahel and the Chad

Basin (Kolbe, 1955; Pokras and Mix, 1985; deMenocal et al., 1993). This input to the ocean is mainly a result of precipitation in the region of the ITCZ (Prospero,1986). The low proportions of freshwater diatoms in the surface sediments south of the equator indicates, as do the results of sediment-trap investigations by Lange et al. (1994), that the influence of aeolian input to diatom sedimentation related to the NE Trades is drastically reduced at the equator, and also north of 10°N, suggesting that the total load of freshwater diatoms is much lower in the summer plume than in the winter plume (Pokras, 1991; Lange et al. 1994).

Diatom and silicoflagellate accumulation rates (DAR and SAR) computed for the surface sediments of a profile perpendicular to the equator (Fig. 1) are highest at 01° 39'S and 3° 49' S (Fig. 6; Table 3). This combined with high chlorophyll a contents (thermal ridge of Voituriez and Herbland, 1977, 1981) related to high primary productivity (Berger, 1989) in the surface waters south of the equator. However, the clear difference, especially in the DAR between neighboring sites 1115 and 1117 (Table 3), is difficult to explain simply as a result of differences in primary productivity, especially considering that the diatom flux at 1115 is lower but the sedimentation rate is higher. The lower DAR at site 1115 might be the result of more intense opal dissolution, or of dilution by calcareous organisms which are better preserved due to the shallower water depth. However, opal and carbonate values do not show any large differences between the sites ($CaCO_3$: 91.6% vs. 90.4%; opal: 2.2% vs. 3.0%, at 1115 and 1117, respectively; Rühlemann, pers. comm.). The low DAR and SAR south of 5°S may be attributed to diminished surface production, since this site lies near the edge of the equatorial upwelling region. In general, diatom concentrations determined for the surface sediments here agree with the results of Maynard (1976) and Pokras and Molfino (1986)m. The phytolith values from the present work are comparable to those of Stabell (1986).

Conclusions

The seasonal flux pattern of diatoms and silicoflagellates at 853 m and at 3921 m reflects the overlying hydrography and productivity conditions. Lateral advection at depth influence both the flux and species assemblage, especially in the deeper part of the water column. According to our data, dissolution becomes extremely important at the sediment/water interface, causing a significant reduction of the diatom and silicoflagellate flux and a considerable alteration of the diatom assemblage. The comparison between surface sediment and sediment-trap data indicates that the diatom assemblage related to summer upwelling in the water column, and

those weakly silicified taxa indicative of the spring flux peak are not preserved in the sediment. Despite this loss, the distribution pattern of the "surviving" assemblage in the surface sediments (a mixture of spring, autumn and winter flux) reflects the overlying surface-water current pattern and the extent of the upwelling area.

Acknowledgements

We thank the officers and crew of the research vessel "Meteor" for their competent assistance in the recovery of the mooring arrays. We thank W. H. Berger, G. Fischer and W. Hay for critical reading of an earlier version of the manuscript, and especially C. Sancetta who provided most helpful comments on a previous version of the manuscript. G. Fischer and J.-J. Knaack kindly put at our disposal unpublished data. This research was funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (Sonderforschungsbereich 261 at the University of Bremen, Contribution no. 92).

References

Abelmann, A. and Gersonde, R., 1991. Biosiliceous particle flux in the Southern Ocean. Mar. Chem., 35: 503-536.

Bein, A. and Fütterer, D., 1977. Texture and composition of continental shelf to rise sediments off the northwestern coast of Africa: an indication for downslope transportation. `Meteor' Forschungsergebnisse, Reihe C, 27: 46-74.

Berger, W.H., 1976. Biogeneous deep-sea sediments: production, preservation and interpretation. In: J.P. Riley and R. Chester (Editors), Treatise on Chemical Oceanography, 5. Academic Press, New York, pp. 266-388.

Berger, W.H., 1989. Global maps of ocean productivity. In: W.H. Berger, V.S. Smetacek and G. Wefer (Editors), Productivity of the Ocean: Present and Past. (Dahlem Konferenzen.) John Wiley and Sons, New York, pp. 429-455.

Bickert, T., 1992. Rekonstruktion der spätquartären Bodenwasserzirkulation im östlichen Südatlantik über stabile Isotope benthischer Foraminiferen. Ph.D. Thesis, Univ. Bremen. Berichte Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, 27, 205 pp.

Biscaye, P.E. and Eittreim, S.L., 1977. Suspended particulate loads and transports in the nepheloid layer of the abyssal Atlantic Ocean. Mar. Geol., 23: 155-172.

Bishop, J.K., Edmond, J.M., Ketten, D.R., Bacon, M.P. and Sylker, W.B., 1977. The chemistry, biology, and vertical flux of particulate matter from the upper 400 m of the equatorial Atlantic Ocean. Deep-Sea Res., 24: 511-548.

Boltovskoy, D., Alder, V.A. and Abelmann, A., 1993a. Annual flux of radiolaria and other shelled plankters in the eastern equatorial Atlantic at 853 m: seasonal variations and polycystine species-specific responses. Deep-Sea Res., 40: 1863-1896.

Boltovskoy, D., Alder, V.A. and Abelmann, A., 1993b. Radiolarian sedimentary inprint in Atlantic equatorial sediments: comparison with the yearly flux at 853 m. Mar. Micropaleontol., 23: 1-12.

Burckle, L.H., Jacobs, S.S. and McLaughlin, R.B., 1987. Late austral spring diatom distribution between New Zealand and the Ross Ice Shelf, Antarctica: hydrographic and sediment correlations. Micropaleontology, 33: 74-81.

Ciesielski, P.F., 1975. Biostratigraphy and paleoecology of Neogene and Oligocene silicoflagellates from cores recovered during Antarctic Leg 28, Deep Sea Drilling Project. Initial Rep. DSDP, 28: 625-691.

Connary, S.D. and Ewing, M., 1972. The nepheloid layer and bottom circulation in the Guinea and Angola basin. In: R.L. Gordon (Editor), Studies in Physical Oceanography, Vol. 2. Gordon and Beach, New York, pp. 169-184.

deMenocal, P.B., Ruddiman, W.F. and Pokras, E.M., 1993. Influences of high- and low-latitude processes on African terrestrial climate: Pleistocene eolian records from equatorial Atlantic ODP Site 663. Paleoceanography, 8: 209-242.

Eriksen, C.C. and Katz, E.J., 1987. Equatorial dynamics. Rev. Geophys., 25: 217-226.

Fischer, G. and Wefer, G., 1991. Sampling, preparation and analysis of marine particulate matter. In: D.C. Hurd and D.W. Spencer (Editors), The Analysis and Characterization of Marine Particles. Geophysical Monograph, 63: 391-397.

Fischer, G. and Wefer, G., submitted. Downward particle matter fluxes in the eastern and western Equatorial Atlantic: a comparison. Proceedings IGPP Symposium, Sapporo, Japan, November 1994.

Folger, D.W., Burckle, L.H. and Heezen, B.C., 1967. Opal phytoliths in a north Atlantic dust fall. Science, 155: 1243-1244.

Garrison, D.L., 1981. Monterey Bay phytoplankton. II. Resting spore cycles in coastal diatom populations. J. Plankton Res., 3: 137-156.

Garzoli, S.L. and Katz, E.J., 1983. The forced annual reversal of the Atlantic North Equatorial Countercurrent. J. Phys. Oceanogr., 13: 2082-2090.

Gasse, F., Stabell, B., Fourtanier, E. and van Iperen, Y.M., 1989. Freshwater diatom influx in the intertropical Atlantic: relationships with continental records from Africa. Quat. Res., 32: 229-243.

Giresse, P. and Barusseau, J.-P., 1989. Quaternary accumulation rates by hemipelagic and gravity current sedimentation on the Atlantic margin of Africa: control factors of advective and vertical flows. Mar. Geol., 89: 279-297.

Hargraves, P.E. and French, F., 1975. Observations on the survival of diatom resting spores. Nova Hedwigia Beih., 53: 229-240.

Hastenrath, S. and Lamb, P.J., 1977. Climatic atlas of the tropical Atlantic and eastern Pacific Oceans. Univ. Wisconsin Press, 112 pp.

Henning, D. and Flohn, H, 1980. Some aspects of evaporation and sensible heat flux of the tropical Atlantic. Contrib. Atmospheric Physics, 3: 430-441.

Hentschel, E., 1936. Allgemeine Biologie des südatlantischen Ozeans. In: A.Defant (Editor), Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantik Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff "Meteor" 1925-1927. De Gruyter & Co., Berlin, Bd. XI, 343 pp.

Herbland, A., Le Bouteiller, A. and Raimbault, P., 1987. Does the nutrient enrichment of the equatorial upwelling influence the size structure of the phytoplankton in the Atlantic Ocean? Oceanol. Acta, Proceedings International Symposium on the Equatorial Vertical Motion, Paris, 6-10 May 1985: 115-120.

Höflich, O., 1984. Climate of the South Atlantic Ocean. In: H. van Loon (Editor), World Survey of Climatology, Vol. 15, Climates of the Oceans. Elsevier, Amsterdam, pp. 1-191.

Houghton, R.W., 1991. The relationship of sea surface temperature to thermocline depth at annual and interannual time scales in the tropical Atlantic Ocean. J. Geophys. Res., 96: 15173-15185.

Hurd, D.C., 1972. Factors affecting solution rate of biogenic opal in seawater. Earth Planet. Sci. Lett., 15: 411-417.

Hurd, D.C., 1973. Interaction of biogenic opal, sediment and seawater in the Central Equatorial Pacific. Geochimica and Cosmochimica Acta, 37: 2257-2282.

Jansen, J.H.F., and van Iperen, Y.M., 1991. A 220,000-year climatic record for the east equatorial Atlantic Ocean and equatorial Africa: evidence from diatoms and opal phytoliths in the Zaire (Congo) deep-sea fan. Paleoceanography, 6: 573-591.

Katz, E.J. and Garzoli, S.L., 1982. Response of the western equatorial Atlantic Ocean to an annual wind cycle. J. Mar. Res., 40, suppl.: 307-327.

Katz , E.J., Molinari, R.L., Cartwright, D.E., Hisard, P., Lass, H.U. and deMesquita, A., 1981. The seasonal transport of the Equatorial Undercurrent in the western Atlantic (during the Global Weather Experiment). Oceanol. Acta, 4: 445-450.

Kolbe, R.W., 1955. Diatoms from equatorial Atlantic cores. Reports of the Swedish deep-sea expedition 1947-1948, 7: 149-184.

Lange, C.B., Treppke, U.F. and G. Fischer, 1994. Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationships to trade winds, ITCZ migrations and upwelling events. Deep-Sea Res., 41: 859-878.

Leventer, A. and Dunbar, R.B., 1987. Diatom flux in McMurdo Sound, Antarctica. Mar. Micropaleontol., 12: 49-64.

Lisitzin, P.L., 1972. Biogeneous sedimentation in the oceans. In: Sedimentation in the World Ocean. Banza Press, Tulsa, Oklahoma, 218 pp.

Lisitzin, P.L., 1985. The silica cycle during the last ice age. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 50: 241-270.

Maynard, N.G., 1976. Relationship between diatoms in surface sediments of the Atlantic Ocean and the biological and physical oceanography of overlying waters. Paleobiology, 2: 99-121.

Meinecke, G., 1992. Spätquartäre Oberflächenwassertemperaturen im östlichen äquatorialen Atlantik. Ph.D. Thesis, Univ. Bremen. Berichte Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, 29, 181 pp.

Mikkelsen, N., 1984. Diatoms in the Zaire deep-sea fan and Pleistocene paleoclimatic trends in the Angola basin and west equatorial Africa. Neth. J. Sea Res., 17: 280-292.

Oudot, C. and Morin, P., 1987. The distribution of nutrients in the equatorial Atlantic: relation to physical processes and phytoplankton. Oceanol. Acta, Proceedings International Symposium on Equatorial Vertical Motion, Paris, 6-10 May 1985, pp. 121-130.

Peterson, R.G. and Stramma, L., 1991. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. Prog. Oceanogr., 26: 1-73.

Pitcher, G.C., 1990. Phytoplankton seed populations of the Cape Peninsula upwelling plume, with particular reference to resting spores of *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) and their role in seeding upwelling waters. Estuarine, Coastal and Shelf Sci., 31: 283-301.

Pokras, E.M., 1987. Diatom record of late Quaternary climatic change in the eastern equatorial Atlantic and tropical Africa. Paleoceanography, 2: 273-286.

Pokras, E.M., 1991. Source areas and transport mechanisms of freshwater and brackish-water diatoms deposited in pelagic sediments of the equatorial Atlantic. Quat. Res., 35: 144-156.

Pokras, E.M. and Mix, A.L., 1985. Eolian evidence for spatial variability of late Quaternary climates in tropical Africa. Quat. Res.. 24: 137-149.

Pokras, E.M. and Molfino, B., 1986. Oceanographic control of diatom abundances and species distributions in surface sediments of the tropical and southeast Atlantic. Mar. Micropaleontol., 10: 165-188.

Prospero, J.M., 1986. Atmospheric dust studies on Barbados. Bull. Am. Meteorol. Soc., 49: 645-652.

Richardson, P.L., and Walsh, D., 1986. Mapping climatological seasonal variations of surface currents in the tropical Atlantic using ship drifts. J. Geophys. Res., 91: 10537-10550.

Sancetta, C., 1990. Seasonal occurrence of silicoflagellate morphologies in different environments of the eastern Pacific Ocean. Mar. Micropaleontol., 16: 285-291.

Sancetta, C., 1992. Comparison of phytoplankton in sediment trap time series and surface sediments along a productivity gradient. Paleoceanography, 7: 183-194.

Sancetta, C., and Calvert, S.E., 1988. The annual cycle of sedimentation in Saanich Inlet, British Columbia: implications for the interpretation of diatom fossil assemblages. Deep-Sea Res. 35: 71-90.

Schrader, H.-J,. and Gersonde, R., 1978. Diatoms and silicoflagellates. Utrecht Micropaleontol. Bull., 17: 129-176.

Schrader, H.-J. and Schütte, G. 1981. Marine diatoms. In: C. Emiliani (Editor), The Sea, Vol. 7, The Oceanic Lithosphere. John Wiley and Sons, New York, pp. 1179-1232.

Schütz, L., 1980. Long range transport of desert dust with emphasis on the Sahara. In: T.J. Kneip and P.J. Lioy (Editors), Aerosols: Antropogenic and Natural, Sources and Transport. Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 338, The New York Academy of Sciences, pp. 515-532.

Simonsen, R., 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of RV `Meteor' 1964-1965. `Meteor' Forschungsergebnisse, Reihe D, 19: 1-66.

Stabell, B., 1986. Variations of diatom flux in the eastern equatorial Atlantic during the last 400,000 years (`Meteor' cores 13519 and 13521). Mar. Geol., 72: 305-323.

Takahashi, K., 1986. Seasonal fluxes of pelagic diatoms in the subarctic Pacific, 1982-1983. Deep-Sea Res., 33: 1225-1251.

Takahashi, K., 1987. Seasonal fluxes of silicoflagellates and *Actiniscus* in the subarctic Pacific during 1982-1984. J. Mar. Res., 45: 397-425.

Takahashi, K., 1989. Silicoflagellates as productivity indicators: evidence from long temporal and spatial flux variability responding to hydrography in the Northeastern Pacific. Global Biogeochemical Cycles, 3: 43-61.

van Andel, Th.H., Heath, G.R. and Moore, T.C., 1975. Cenozoic history and paleoceanography of the central equatorial Pacific Ocean. Geol. Soc. Am. Mem., 143: 1-134.

van Bennekom, A.J. and Berger, G.W., 1984. Hydrography and silica budget of the Angola Basin. Neth. J. Sea Res., 17: 149-200.

Verstraete, J.-M., 1992. The seasonal upwelling in the Gulf of Guinea. Prog. Oceanog., 29: 1-60.

Voituriez, B. and Herbland, A., 1977. Étude de la production pélagique de la zone équatoriale de l'Atlantique à 4°W. Cahier ORSTROM, Série Océanographie, 15: 313-331.

Voituriez, B. and Herbland, A., 1981. Primary production in the tropical Atlantic Ocean mapped from oxygen values of Equalant 1 and 2 (1963). Bull. Mar. Science, 31: 853-863.

Wefer, G. and Fischer, G., 1993. Seasonal patterns of vertical flux in equatorial and coastal upwelling areas of the Eastern Atlantic. Deep-Sea Res., 40: 1613-1645.

Wefer, G., Bleil, U., et al., 1989. Bericht über die Meteor-Fahrt M 9-4 Dakar-Santa Cruz, 12.2.1989 - 16.3.1989. Berichte Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, 7: 1-103.

Yoder, J.A., Ackleson, S.G., Barber, R.T., Flament, P. and Balch, W.M., 1994. A line in the sea. Nature, 371: 689-692.

Appendix

Appendix 1. Site GBN3, 853 m depth. Seasonal succession of dominant diatoms. Taxa were ranked in decreasing order of relative abundance (1 = rank of the species with highest relative abundance; NR = no rank when relative abundance < 1%; for ties, average rank values were assigned). Parantheses denote percent of total assemblage in each sample of first and second ranked taxa. Total diatom flux for guidance. Shaded area refers to taxa that make up 75% of the total diatom flora, giving an estimate of diversity. (from Lange et al., 1994).

Appendix 2. Site GBN3, 3921 m depth. Seasonal succession of dominant diatoms. Taxa were ranked in decreasing order of relative abundance (1 = rank of the species with highest relative abundance; NR = no rank when relative abundance < 1%; for ties, average rank values were assigned). Parantheses denote percent of total assemblage in each sample of first and second ranked taxa. Total diatom flux for guidance. Shaded area refers to taxa that make up 75% of the total diatom flora, giving an estimate of diversity.

Appendix 1. Site GBN3, 853 m

Species or group of species	Sample number 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
"Nitzschia bicapitata"	1 (42%)	1 (44%)	1 (47%)	1 (47%)	1 (43%)	1 (56%)	1 (46%)	1 (83%)	1 (68%)	1 (73%)
Pseudo-nitzschia spp.	2 (15%)	2 (13%)	3	4	7	7	2 (7%)	5	3	4
Neodelphineis indica	3	3	2 (9%)	2 (13%)	4	6	6	2 (1%)	7	9
Chaetoceros vegetative	4	4	4	5	3	2 (5%)	5	NR	7	10.5
T. nitzschioides var. parva	5	5	5	3	2 (8%)	4.5	3	3.5	2 (4%)	3
Nitzschia interruptestriata	10	8	9.5	7	5	3	4	NR	5	NR
Thalassionema bacillaris	6	6	6	6	6	NR	8	NR	9.5	10.5
freshwater taxa	9	9	7	8	9	10	NR	NR	NR	NR
Chaetoceros spores	7.5	7	NR	NR	10	4.5	NR	NR	NR	NR
Planktoniella sol	NR	NR	NR	10	12	10	7	NR	11	NR
Fragilariopsis pseudonana	7.5	10	8	NR	8	8	NR	3.5	4	2 (3%)
T. nitzschioides	NR	NR	NR	NR	11	NR	NR	NR	7	5
Nitzschia sicula	NR	NR	9.5	9	NR	NR	NR	6	NR	4
"Thalassiothrix"	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	9.5	6
Thalassiosira "eccentric pattern"	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Bacteriastrum spp.	NR	NR	10	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Azpeitia spp.	NR	NR	NR	NR	NR	10	NR	NR	NR	NR
Thalassiosira bioculata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	7
T. lineata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Pseudoeunotia doliolus	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Additional taxa, frequently observed in water mounts:										
Proboscia alata	+	+			+	+	+			
Dactyliosolen phuketensis	+	+			+					
Guinardia cylindrus	+	+	+	+	+	+	+			
Skeletonema costatum	+						+			
Hemiaulus membranaceus			+		+	+	+			+
H. hauckii				+	+	+	+	+	+	+
H. sinensis	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Leptocylindrus mediterraneus	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Cerataulina pelagica	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Corethron criophilum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Detonula pumila	+		+		+		+	+	+	
Ethmodiscus fragments								+	+	+
Gossleriella tropica spines	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diatom flux (valves x 10 EXP 05 m-2 d-1)	**821.3**	**380.1**	**116.9**	**101.2**	**42.5**	**11.8**	**21.7**	**151.4**	**35.2**	**223.6**
Phytoliths	+	+				+				+

cont. Appendix 1. Site GBN3, 853 m

Species or group of species	Sample number 11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
"Nitzschia bicapitata"	1 (59%)	1 (47%)	1 (64%)	1 (38%)	1 (58%)	1 (27%)	1 (43%)	1 (47%)	1 (36%)	1 (39%)
Pseudo-nitzschia spp.	11	NR	2 (3%)	7	4	8	4	6	9	6
Neodelphineis indica	6	5	3	4.5	3	5	6	4	4	4
Chaetoceros vegetative	NR	6	4.5	3	6	2 (14%)	3	3	2 (12%)	2 (15%)
T. nitzschioides var. parva	2 (5%)	2 (8%)	4.5	2 (12%)	6	3	2 (8%)	2 (7%)	3	3
Nitzschia interruptestriata	3	10.5	6	8.5	NR	6	9	5	7	11
Thalassionema bacillaris	13	10.5	10	4.5	8	7	5	10	5	7
freshwater taxa	NR	NR	NR	NR	NR	9.5	NR	8.5	8	5
Chaetoceros spores	5	NR	NR	12.5	NR	9.5	15	NR	11	NR
Planktoniella sol	NR	12	NR	10	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Fragilariopsis pseudonana	8.5	3	8.5	12.5	2 (8%)	NR	7	8.5	NR	8
T. nitzschioides	4	4	7	6	6	4	8	7	6	10
Nitzschia sicula	7	7.5	8.5	8.5	NR	NR	12.5	NR	13	NR
"Thalassiothrix"	8.5	7.5	11	11	NR	11	14	13	12	NR
Thalassiosira "eccentric pattern"	11	9	NR	NR	NR	NR	10	14.5	NR	NR
Bacteriastrum spp.	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	14.5	9	8
Azpeitia spp.	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	11	NR	NR
Thalassiosira bioculata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
T. lineata	11	NR	NR	14	NR	13	11	NR	NR	NR
Pseudoeunotia doliolus	NR	NR	NR	NR	9	12	12.5	12	NR	NR
Additional taxa, frequently observed in water mounts:										
Proboscia alata		+	+			+		+		+
Dactyliosolen phuketensis							+	+	+	+
Guinardia cylindrus					+		+	+	+	
Skeletonema costatum			+		+					
Hemiaulus membranaceus	+	+					+			+
H. hauckii	+		+	+	+	+	+		+	+
H. sinensis	+	+		+		+	+	+	+	+
Leptocylindrus mediterraneus	+	+	+	+	+		+	+	+	+
Cerataulina pelagica	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Corethron criophilum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Detonula pumila			+	+	+	+	+		+	+
Ethmodiscus fragments			+		+	+	+		+	
Gossleriella tropica spines	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diatom flux (valves x 10 EXP 05 m-2 d-1)	**11.9**	**27.7**	**114.7**	**117.7**	**33.8**	**6.9**	**48.4**	**39.8**	**29.3**	**70.5**
Phytoliths		+					+	+	+	+

Taxa always present with < 1%:

Asteromphalus spp., Coscinodiscus spp., Hemidiscus cuneiformis, Mastogloia capitata, M. rostrata, Nitzschia marina, Porosira denticulata, Rhizosolenia bergonii, Roperia tesselata, Thalasiosira fragilis, T. oestrupii, T. ostrupii var. venrickae, T. partheneia, T. subtilis

Appendix 2. Site GBN3, 3921 m

Species or group of species	Sample number 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
"Nitzschia bicapitata"	1 (39%)	1 (30%)	1 (33%)	1 (34%)	1 (34%)	1 (39%)	1 (37%)	1 (39%)	1 (35%)	1 (54%)
Pseudo-nitzschia spp.	4.5	3	4	3	3	2 (10%)	2.5 (8%)	4	5	2 (5%)
Neodelphineis indica	4.5	6	5	5	5	5	7	13.5	15	4
Chaetoceros vegetative	2 (10%)	2 (11%)	2 (11%)	2 (11%)	2 (10%)	3	2.5 (8%)	2 (9%)	2.5 (8%)	3
T. nitzschioides var. parva	3	4	3	4	4	4	4	3	2.5 (8%)	5
Thalassionema bacillaris	7	7	6	6	6	9	9	6	8	7.5
freshwater taxa	6	5	7	7.5	7	7	7	7.5	6	10
Chaetoceros spores	12.5	8	8	7.5	9	6	5	5	9	7.5
T. nitzschioides	8	9	9	9	10	12	10	7.5	7	6
Nitzschia interruptestriata	14	12	10	11.5	8	10	7	11	4	12.5
Fragilariopsis pseudonana	11	10	13	13	12	11	11	12	13	9
Nitzschia sicula	15	NR	NR	NR	15	NR	12.5	NR	NR	12.5
"Thalassiothrix"	12.5	10	12	11.5	11	13	14	NR	12	11
Bacteriastrum spp.	10	NR	11	10	13.5	8	12.5	9	14	NR
T. oestrupii var. venrickae	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	10	10	NR
Azpeitia spp.	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	16	11	NR
Thalassiosira "eccentric pattern"	9	11	14	NR	13.5	NR	NR	15	NR	NR
T. lineata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	13.5	NR	NR
Pseudoeunotia doliolus	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Roperia tesselata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Additional taxa, frequently observed in water mounts:										
Proboscia alata	+	+	+	+	+		+	+	+	
Dactyliosolen phuketensis	+	+								
Guinardia cylindrus	+	+	+	+	+	+	+	+		
Skeletonema costatum		+	+				+			
Hemiaulus membranaceus	+					+	+		+	
H. hauckii								+	+	+
H. sinensis	+	+	+	+		+	+		+	
Leptocylindrus mediterraneus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cerataulina pelagica										
Corethron criophilum	+	+	+	+	+	+			+	
Detonula pumila	+	+	+		+		+		+	+
Ethmodiscus fragments	+	+	+	+	+	+	+		+	+
Gossleriella tropica spines	+	+	+		+	+	+		+	
Diatom flux (valves x 10 EXP 05 m-2 d-1)	**279.2**	**256.5**	**199.6**	**248.5**	**294.9**	**277.4**	**103.5**	**98.1**	**88.2**	**175.1**
Phytoliths	+	+	+	+	+		+	+	+	+

cont. Appendix 2. Site GBN3, 3921 m

Species or group of species	Sample number 11	12	13	14	15	16	17	18	19
"Nitzschia bicapitata"	1 (59%)	1 (47%)	1 (41%)	1 (39%)	1 (29%)	1 (46%)	1 (42%)	1 (52%)	1 (48%)
Pseudo-nitzschia spp.	2 (6%)	6	4	4	9	3	4	6.5	4
Neodelphineis indica	4	9	10.5	10	11.5	4	3	3	2 (9%)
Chaetoceros vegetative	7	3	2 (7%)	3	4	6	7	4	3
T. nitzschioides var. parva	3	2 (6%)	3	2 (8%)	2 (14%)	2 (8%)	2 (7%)	2 (8%)	5
Thalassionema bacillaris	8.5	10	12	7.5	6	5	8.5	10	7
freshwater taxa	11	4	7	7.5	8	12	15	8	10.5
Chaetoceros spores	10	5	8	11	5	9	11.5	NR	10.5
T. nitzschioides	8.5	7	6	5.5	3	7	5	5	6
Nitzschia interruptestriata	5	8	5	9	10	10	8.5	9	9
Fragilariopsis pseudonana	6	15	10.5	5.5	7	8	6	6.5	8
Nitzschia sicula	NR	11.5	13	13	14.5	11	10	NR	NR
"Thalassiothrix"	NR	13	14	14	11.5	NR	13	12	12.5
Bacteriastrum spp.	NR	NR	NR	NR	NR	NR	14	NR	12.5
T. oestrupii var. venrickae	NR	15	NR	NR	NR	NR	NR	11	NR
Azpeitia spp.	NR	11.5	15	12	NR	NR	NR	NR	NR
Thalassiosira "eccentric pattern"	NR	NR	9	NR	13	NR	NR	NR	NR
T. lineata	NR	NR	NR	15	16	NR	NR	NR	NR
Pseudoeunotia doliolus	NR	NR	NR	NR	14.5	NR	11.5	NR	NR
Roperia tesselata	NR	15	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Additional taxa, frequently observed in water mounts:									
Proboscia alata		+	+	+	+	+			
Dactyliosolen phuketensis									
Guinardia cylindrus								+	+
Skeletonema costatum				+	+	+		+	
Hemiaulus membranaceus			+		+				
H. hauckii		+	+		+		+		
H. sinensis		+	+	+	+	+		+	+
Leptocylindrus mediterraneus	+	+		+		+	+	+	+
Cerataulina pelagica			+				+	+	
Corethron criophilum	+	+		+		+		+	+
Detonula pumila		+		+		+	+		+
Ethmodiscus fragments	+	+	+	+	+	+	+		
Gossleriella tropica spines	+		+					+	+
Diatom flux (valves x 10 EXP 05 m-2 d-1)	**157.3**	**41.6**	**61.5**	**59.4**	**52.0**	**93.1**	**54.9**	**73.4**	**106.8**
Phytoliths	+	+	+	+		+	+	+	

Taxa always present with < 1%:

Asteromphalus spp., Coscinodiscus spp., Hemidiscus cueiformis, Mastogloia capitata, M. rostrata, Nitzschia marina, Planktoniella sol, Porosira denticulata, Rhizosolenia bergonii, Roperia tesselata, Thalassiosira bioculata, T. fragilis, T. oestrupii, T. oestrupii var. venrickae, T. partheneia, T. subtilis.

2.3. Diatom and silicoflagellate fluxes at the Walvis Ridge: an environment influenced by coastal upwelling in the Benguela System

(U. F. Treppke, C. B. Lange, B. Donner, G. Fischer, G. Ruhland, und G. Wefer)

(akzeptiert zur Veröffentlichung im *Journal of Marine Reseach*, Juni, 1995)

Content Side-no.

Abstract 77
Introduction 78
Material and methods 81
Results 83
Diatom and silicoflagellate flux variations during 1989/1990 83
Seasonal succession of diatoms assemblages 86
Comparison of the fluxes and the diatom assemblages at 599 m and 1648 95
Diatoms and silicoflagellates in the surface sediment 96
Discussion 99
Seasonal fluctuations in the diatom flux and species composition related to SST variations and water masses 99
The *Fragilariopsis kerguelensis* discrepancy 101
Diatom distribution in the sediments 101
References 103

Diatom and silicoflagellate fluxes at the Walvis Ridge: an environment influenced by coastal upwelling in the Benguela system

ABSTRACT

Seasonal fluctuations in the total particle, biogenic opal, diatom and slicoflagellate fluxes were observed in sediment traps deployed at 599 m and 1648 m in the Walvis Ridge area, within the Benguela upwelling system, from March 1989 to March 1990 (station WR2: 20°02.8'S, 09°09.3'E). Fluxes were directly related to wind stress variations (wind maxima preceding flux maxima by several weeks), and inversely related to SST changes (derived from measured concentrations of unsaturated C_{37} alkenones). The biogenic particle composition at different depths reflected the complicated hydrology of the area with a combination of tropical, temperate and subantarctic water masses. Biogenic opal content varied from about 2 to 12 % of the total mass flux in the upper trap and from about 4 to 17 % in the lower trap. Diatoms were the main contributor to the opal fraction (mean daily flux of ca. 5.5 * 10^6 valves m^{-2} day^{-1}), followed by silicoflagellates (ca. 2.6 * 10^5 skeletons m^{-2} day^{-1}). Two seasonal maxima, in May and June (austral fall) and from October to November (austral spring), were observed; silicoflagellates yielded also a third moderate maximum in August/September (austral winter). At 1648 m fluxes peaked from May to July (data were available for the period 18 Mar to 27 Aug 1989 only). Few diatoms were abundant; 19 taxa accounted for 50 % of all the diatoms identified, and about 32 for the 75 % level. Specific diversity of diatoms at 599 m was highest during times of lowest fluxes, in the austral winter, late spring and summer. The same diatom taxa occuring at 599 m also occurred at 1648 m, with some flux enrichment with depth due to advection of particles into the lower trap by resuspension and downslope movement. The relatively high concentrations of some Antarctic-Subantarctic species in the upper trap solely, was probably linked to selective entrainment and transport within a ring of southerly origin (south of the Subantarctic/Subtropical Convergence Zone). The enrichment of moderately resistant and robust taxa in the sediments in conjunction with the rarity or absence of delicate taxa points to preferential concentration in the sediments of some taxa and dissolution of others. The occurence of phytoliths in the traps and in the sediment sample can be linked to the "berg" winds, which are typical for the entire Benguela region during fall and winter.

1. Introduction

The Benguela upwelling system off SW Africa is one of the four major eastern boundary current regions of the World Oceans; the others being off California, Peru and NW-Africa. They are characterized by cold, nutrient-rich subsurface waters which well up to the surface through the action of prevailing winds. Over the Benguela region these winds are determined by the South Atlantic high pressure system which is maintained throughout the year but experiences seasonal shifts in position and intensity (Shannon, 1985).

The Benguela system extends from Cape Point (34°S) in the south to Cape Frio (18°S) in the north (Nelson and Hutchings, 1983). It is characterized by wind-driven upwelling, being pulsed on time-scales from hours to months. It is bounded by two warm water bodies, the Angola Current in the north (AC, as the eastern boundary of the Cyclonic Gyre, CG; Gordon and Bosley, 1991) and the Agulhas Retroflection area in the south (Figure 1). The northern border, the Angola-Benguela Front (ABF), is a sharp thermal front that separates colder surface water transported northward by the Benguela Current (BC) from warmer tropical surface (subsurface) water flowing southward as the Angola Current (Salat *et al.*, 1992). This front shows seasonal and interannual variability in its position associated with the wind field and the displacement of the Intertropical Convergence Zone (Shannon, 1985; Shannon *et al.*, 1986, 1987; Meeuwis and Lutjeharms, 1990). During austral spring the thermal front migrates northward up to 15°S, during austral autumn it moves southward to 17°S. In the late summer it breaks down, and warm saline Angolan water penetrates south along the coast (sometimes to about 20°S; Boyd *et al.*, 1987). On its way northward and at about 28°S, the Benguela Current divides into an oceanic (Benguela Oceanic Current, BOC) and a coastal branch (Benguela Coastal Current, BCC; Stramma and Peterson, 1989). Divergence occurs between both branches at about 16-21°S and 7-9°E (the Benguela Divergence, BD of Moroshkin *et al.*, 1970; Figure 1).

The upwelling area can be divided into a true coastal upwelling region about 150-200 km wide on average and composed of several distinct upwelling cells (Lutjeharms and Meeuwis, 1987), and a filamentous mixing domain streaming offshore reaching as much as 625 km from the coast (Lutjeharms and Stockton, 1987; Lutjeharms and Valentine, 1987). Because upwelling intensity depends on wind stress linked to seasonal atmospheric changes the extension of upwelling and filaments also changes seasonally. Shannon's (1985) review states that north of 31°S upwelling is perennial, but with a spring-summer maximum, and slight maxima in the upwelling favourable winds are seen in austral autumn and spring off northern and central Namibia.

The cool and nutrient-rich upwelled water originates from a layer at about 200 m depth (Hart and Currie, 1960). It is derived from South Atlantic Central Water (SACW) which originates in the Subtropical Convergence Zone by the sinking and northward spreading of mixed subtropical and subantarctic masses (Shannon, 1985). Overlying the SACW west of the area influenced by coastal upwelling are subtropical surface and subsurface waters. Beneath the SACW lies cold, nutrient-rich Antarctic Intermediate Water (AAIW) identified as an intermediate-depth (500-900 m) salinity minimum layer (Stramma and Peterson, 1989). Hart and Currie (1960) found evidence of a subsurface current with extremely low oxygen content flowing poleward along the edge of the continental shelf ("compensation current") at about 200-300 m depth, which appears to be the replacement source for water which is upwelled (see Shannon, 1985, and references therein). North Atlantic Deep Water (NADW) is detected as a high salinity layer lying beneath the AAIW (Shannon, 1985; see also Gordon and Bosley, 1991).

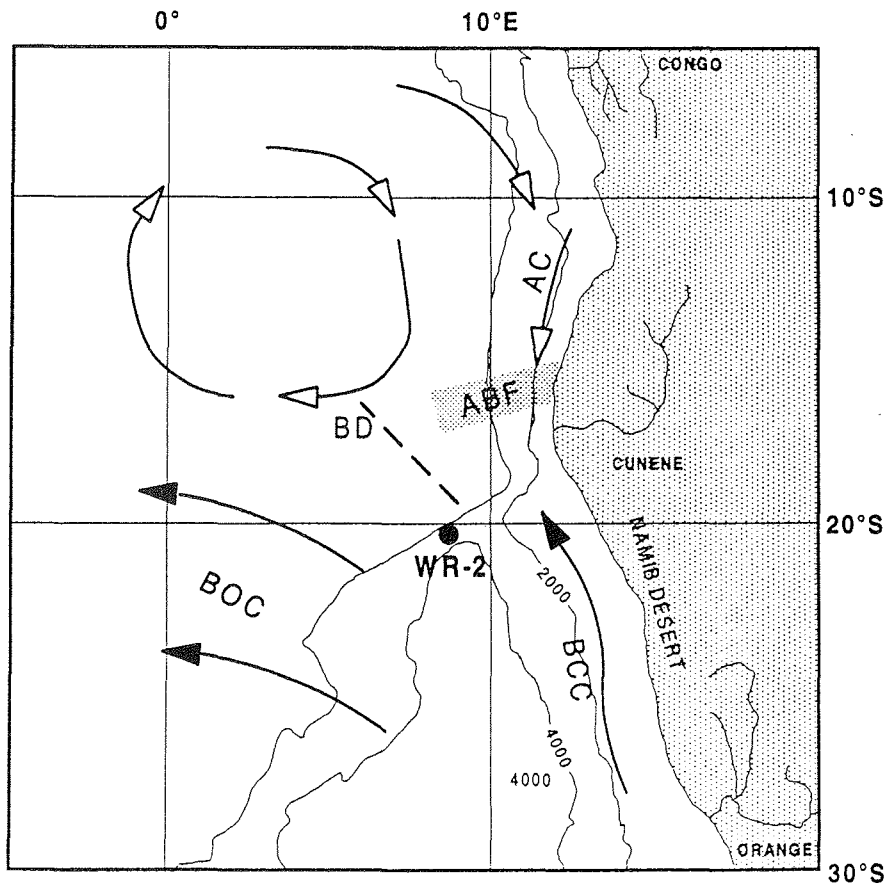


Fig. 1. Location of the trap site, WR2 (= GeoB 1028: 20°02.8'S, 09°09.3'E), and mean ocean surface currents. AC, Angola Current; BCC, Benguela Coastal Current; BOC, Benguela Oceanic Current; BD, Benguela Divergence; ABF, Angola-Benguela Front; CG, Cyclonic Gyre.

Production of phytoplankton throughout most of the year is enhanced, resulting in an abundance of marine life of all kinds (Shannon and Pillar, 1986). Phytoplankton assemblages are generally dominated by diatoms, both off the Cape and off Namibia, and dinoflagellates become increasingly important off central and northern Angola (Hentschel, 1936; Hart and Currie, 1960). Nanoplankton and small flagellates sometimes dominate the phytoplankton assemblage . Along the coast, productivity is extremely high (Shannon *et al.*, 1987: 125-180 g C m^{-2} y^{-1}) and phytoplankton reaches concentrations of 2.5-5 * 10^6 cells l^{-1} (Kollmer, 1963); primary productivity decreases rapidly with distance from the coast (Shannon *et al.*, 1984;

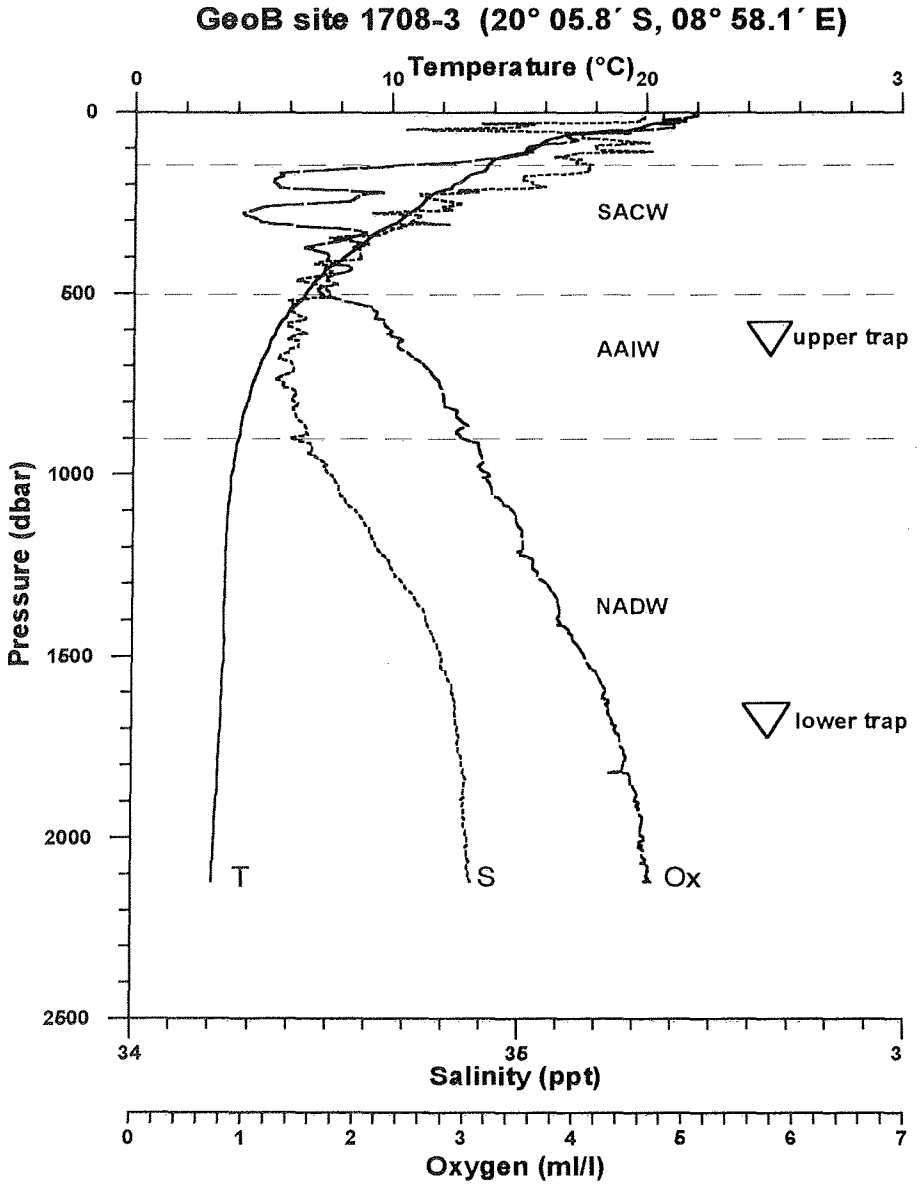


Fig. 2. CTD-O_2 profile conducted in January 1992 at site GeoB 1708-3: 20° 05.8'S, 08° 58.1'E). It shows a marked salinity minimum at 500-900 m water depth, corresponding to the AAIW; SACW is located at about 150-500 m depth as a low-oxygen water mass; NADW is seen below the AAIW. The traps were deployed in 599 m and 1648 m water.

Vavilova, 1990). This pattern is very well reflected in the surface sediment (Schuette and Schrader, 1981): diatoms are predominant in inshore sediments while their concentration decreases offshore by up to five orders of magnitude. Significant changes in the coastal, year-long production of diatoms are known to be related to strength of upwelling (Hart and Currie, 1960; Kollmer, 1962, 1963).

This work is part of a trapping program being carried out by the University of Bremen with the goal of understanding carbon cycling and seasonality of associated components in high production coastal and equatorial regimes of the eastern Atlantic (Wefer and Fischer, 1993). Here we report the results of the investigation of materials collected in the Walvis Ridge area using bottom-tethered time series sediment traps from March 1989 to March 1990 (Figure 1; Table 1), with special attention to diatoms and silicoflagellates. Our mooring, WR2, was deployed at the eastern edge of the Walvis Ridge, about 200 nautical miles offshore the west coast of southern Africa, within the Benguela system and close to the Benguela Divergence (Figure 1). The shallow trap on the mooring (599 m) is located within the AAIW right beneath the SACW, the deep one (1648 m) within the NADW (Figure 2). It is the intention of this paper to show (a) that the seasonal fluctuations in the total particle, diatom and silicoflagellate flux patterns are related to seasonal sea surface temperature (SST) variations and coastal upwelling pulses, and (b) that the diatom composition at different depths reflects the complicated hydrology of the area with a combination of tropical, temperate and subantarctic water masses.

2. Material and Methods

Cone-shaped traps with 20-cup collectors and a collection area of 0.5 m^2 (SMT 230; Salzgitter Electronics, Kiel) were attached to moored arrays at 599 m and 1648 m water depths at 20°02.8'S, 09°09.3'E (trap station WR2); bottom depth: 2196 m (Figure 1; Wefer and Fischer, 1993). The traps were fitted with a grid at the top. Samples were poisoned with $HgCl_2$; NaCl was added to the sampling cups to reach a final salinity of 38-40‰.

Twenty samples, each representing 18 days of collection, were recovered at 599 m and only 8 at 1648 m, due to a malfunction of the sediment trap; thus, sample 9 at 1648 m represents 216 collection days (Table 1). Fluxes of organic carbon, carbonate, biogenic opal, lithogenic components and total flux were reported in Wefer and Fischer (1993).

Handling and splitting of sediment trap samples are described by Fischer and Wefer (1991). The aliquots used for this study are 1/64 or 1/16th splits of the original samples. They were prepared according to the method of Simonsen (1974) as described in Lange *et al.* (1994). Diatom and silicoflagellate analyses were carried out on permanent slides (Mountex mounting

medium) of acid-cleaned material. Qualitative and quantitative analyses were done at 1000x magnification using a Zeiss-Axioscope with phase-contrast illumination. At least two traverses on two cover slips and a minimum of 400 valves were counted, and the remainder of the slide or slides was checked to search for additional species. Each diatom valve was identified to the lowest taxonomic level possible. Definition of counting units followed those of Schrader and Gersonde (1978). Silicoflagellates were counted as a group, without distinguishing between individual species. The resulting counts provide estimates of relative abundances and daily fluxes of individual diatom taxa, as well as daily fluxes of total diatom valves and silicoflagellates skeletons (per m^2 day^{-1}) calculated according to Sancetta and Calvert (1988). Counting of replicate slides indicated that the error for the flux estimates is about 15%.

Prior to acid-cleaning, the original materials were screened in water mounts under 100x and 400x magnification for the occurence of fecal pellets, diatom cells with protoplasm, zooplankton (copepods, pteropods, tintinnids) and dinoflagellates.

Diversity indices of diatom assemblages were computed using the following Shannon and Weaver (1949) formula,

$$H = - \sum_{i=1}^{s} p_i \ln (p_i)$$

where p_i is the proportion of the *i*th species of the total population dealt with, and *S* is the number of species observed.

In order to compare the assemblages in the trap samples with those preserved in the underlying surface sediments (GeoB site 1028; 20°02.8', 09°09.3'E), diatoms and silicoflagellates were also studied in surface sediments collected with a box corer of 50 x 50 cm surface area. Subsamples were retrieved from an area measuring 5 x 5 cm of the uppermost 0.5 cm of the sediment-surface. Box core samples were prepared after the methods of Schrader and Gersonde (1978). Counts of diatoms and silicoflagellates were transformed to concentrations in 1 g of dry sediment and into accumulation rates, as well as percentages of individual diatom taxa with respect to total assemblage.

3. Results

a. Diatom and silicoflagellate flux variations during 1989/1990.

Sediment trap content was predominatly composed of biogenic material. The dominant constituents were carbonate, organic matter, and opal in the third place (Wefer and Fischer, 1993). Coccolithophorids were the main carbonate producers in most samples, as revealed by microscopic inspections (Cepek *et al.*, 1994). Opal mainly derived from marine diatoms.

Table 1 summarizes the estimated fluxes of diatoms and silicoflagellates as well as the total particle and opal fluxes at 599 m and 1648 m water depth, respectively. Total and opal flux are positively correlated (r = 0.95 at 599 m). The biogenic opal content varied from about 2 to 12 % in the upper trap and from about 4 to 17 % in the lower trap. Biogenic opal fluxes ranged from almost 0 to 47 mg m^{-2} day^{-1} at 599 m, and from ca. 1 to 34 mg m^{-2} day^{-1} at 1648 m.

Diatoms and silicoflagellates showed the same seasonal pattern with maxima in May and June (austral fall) and from October to November (austral spring) as for total and opal fluxes (Table 1; Figure 3). The silicoflagellates yielded also a third moderate maximum in August/September (austral winter). Highest diatom flux values were reached in samples 5 (May/June, with 35 * 10^6 valves m^{-2} day^{-1}) and 13 (October/November, with 31 * 10^6 valves m^{-2} day^{-1}). Silicoflagellate maximum was observed in sample 13 (10 * 10^5 skeletons m^{-2} day^{-1}). At 1648 m fluxes peaked from May to July with maxima in sample 6 (June/July, with 25 * 10^6 valves m^{-2} day^{-1} for diatoms, and 11* 10^5 skeletons m^{-2} day^{-1} for silicoflagellates).

In general, diatoms and silicoflagellates parallel closely variations in opal flux (correlation factors r = 0.89 (opal-diatoms) and 0.81 (opal-silicoflagellates) at 599 m, and r = 0.82 and 0.74, respectively, at 1648 m). During the sampling year, diatoms were the main contributor to the opal fraction (mean daily flux of ca. 5.5 * 10^6 valves m^{-2} day^{-1}), followed by silicoflagellates (ca. 2.6 * 10^5 skeletons m^{-2} day^{-1}), and radiolaria (ca. 5 * 10^3 individuals m^{-2} day^{-1}, Abelmann, pers. comm.).

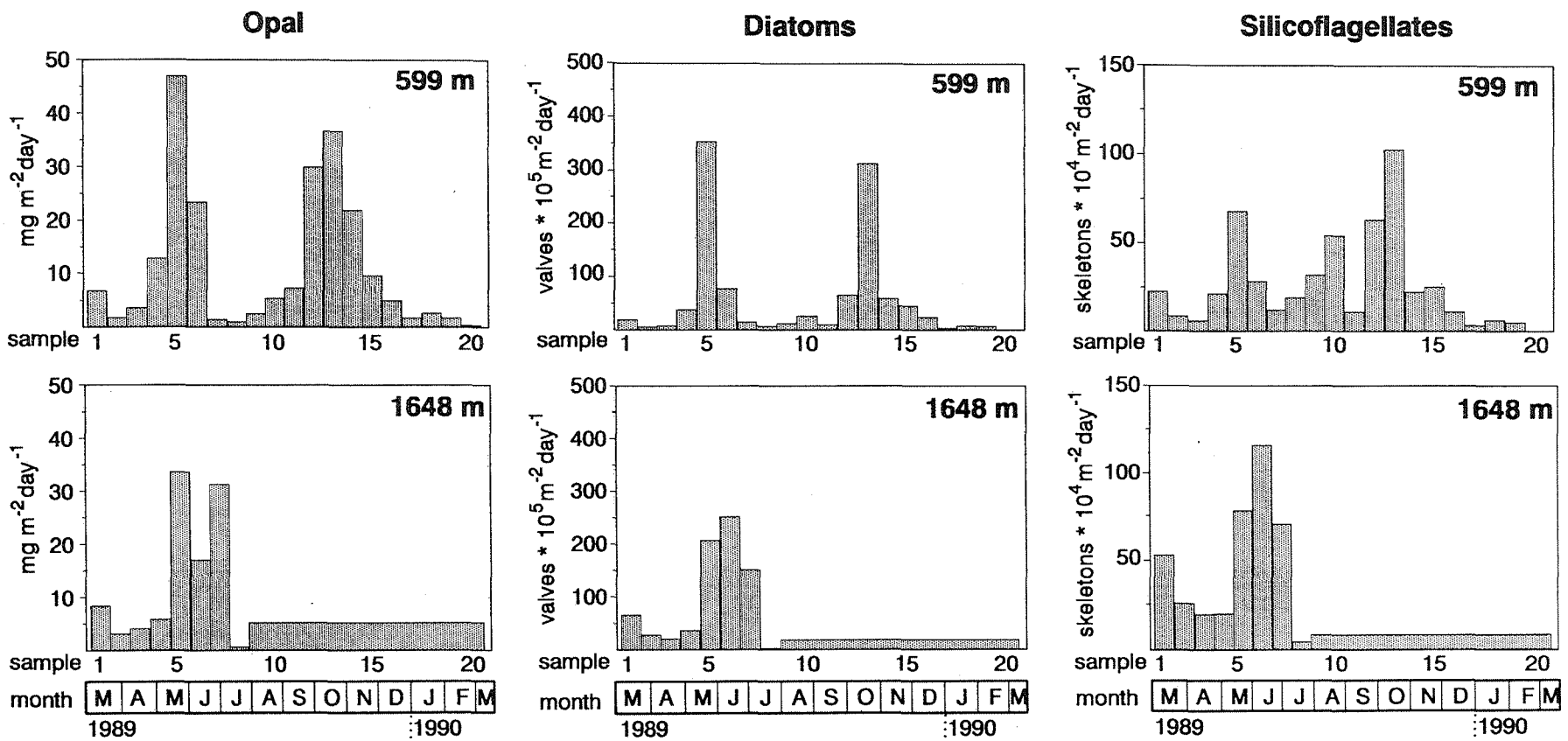


Fig. 3. Time-series fluxes of diatoms and silicoflagellates and opal flux at 599 m and 1648 m at site WR2, from March 1989 to March 1990. Opal flux in mg m^{-2} d^{-1} (from Wefer and Fischer, 1993); diatom flux in valves * 10^5 m^{-2} d^{-1} ; silicoflagellate flux in skeletons * 10^4 m^{-2} d^{-1} . The sampling periods are 18 days (Table 1).

Sample Number	Trap Cup open	Trap Cup close	TOTAL FLUX (mg/m²/day) 599m	TOTAL FLUX (mg/m²/day) 1648m	OPAL FLUX (mg/m²/day) 599m	OPAL FLUX (mg/m²/day) 1648m	FLUXES (individuals*/m²/day) DIATOMS *(valves x 10^5) 599m	DIATOMS 1648m	SILICOFLAGELLATES *(skeletons x 10^4) 599m	SILICOFLAGELLATES 1648m
1	18.03.89	05.04.89	79.1	105.8	6.8	8.5	19.5	69.5	22.5	54.4
2	05.04.89	23.04.89	54.2	76.2	1.7	3.2	5.7	29.8	8.5	27.0
3	23.04.89	11.05.89	68.7	92.7	3.6	4.1	7.9	21.9	6.0	20.6
4	11.05.89	29.05.89	145.8	98.0	12.8	5.9	37.7	38.8	21.4	20.8
5	29.05.89	16.06.89	348.4	340.7	46.9	33.7	353.1	208.1	68.3	79.2
6	16.06.89	04.07.89	220.4	98.4	23.4	17.1	77.1	253.1	28.4	116.5
7	04.07.89	22.07.89	51.3	266.4	1.4	31.4	14.1	154.1	12.2	71.8
8	22.07.89	09.08.89	38.9	14.4	1.0	0.7	7.0	4.3	19.1	4.6
9	09.08.89	27.08.89	54.9	*79.9	2.5	*5.3	11.4	*17.9	31.8	*8.8
10	27.08.89	14.09.89	108.0		5.4		25.6		54.4	
11	14.09.89	02.10.89	99.8		7.3		9.7		11.2	
12	02.10.89	20.10.89	245.1		30.0		68.0		63.5	
13	20.10.89	07.11.89	312.0		36.7		312.6		102.7	
14	07.11.89	25.11.89	284.2		21.9		58.3		22.4	
15	25.11.89	13.12.89	184.4		9.6		45.0		25.3	
16	13.12.89	31.12.89	105.6		4.9		23.5		11.2	
17	31.12.89	18.01.90	63.1		1.7		3.5		3.5	
18	18.01.90	05.02.90	100.7		2.6		8.0		6.3	
19	05.02.90	23.02.90	60.4		1.7		6.2		5.0	
20	23.02.90	13.03.90	12.0		0.2		0.7		0.5	
Mean daily flux			131.9	# 102.6 @ 136.6	11.1	# 8.4 @ 13.1	54.7	# 49.7 @ 97.5	26.2	# 25.0 @ 49.4

* 09.08.89 - 13.03.90

\# value calculated based on all samples

@ value calculated based on the first 8 samples

Table 1. Total particle, opal, diatom and silicoflagellate fluxes at trap station WR2 at 599 m and 1648 m in the Walvis Ridge region. Total and opal fluxes are expressed in mg m^{-2} d^{-1} (from Wefer and Fischer, 1993), diatom and silicoflagellate fluxes in individuals (= valves and skeletons, respectively) m^{-2} d^{-1}.

b. Seasonal succession of diatom assemblages.

In total, 150 diatom taxa could be identified at both depths. This number may underestimate the actual number of species present in the area, since it also includes the cases where organisms were identified to genus only (e.g. *Navicula* spp., *Haslea* spp.). Diatoms in the traps occur as short chains (e.g. *Pseudo-nitzschia* or *Fragilariopsis (=Pseudoeunotia) doliolus* chains of up to 6 cells); as aggregates of about 100 µm in diameter (monospecific, e.g. *Amphora*, or multispecific); as complete individual cells (with or without plastids); as intact valves, or fragments (mainly *Thalassiothrix* and *Rhizosolenia*). Due to the malfunction of the trap at 1648 m depth, the results given here are mainly the ones regarding the upper trap, at 599 m.

Few diatoms were abundant; 19 taxa or species groups accounted for 50 % of the whole assemblage, 32 for the 75 % level. Main contributors to the diatom flux are: *Thalassionema nitzschioides, Pseudo-nitzschia* spp. (e.g. *P. delicatissima, P. heimii, P. lineola, P. pseudodelicatissima, P. pungens*), *Rhizosolenia bergonii, Nitzschia bicapitata* group (including *N. bicapitata, N. bifurcata* and *N. braarudii), Guinardia (=Rhizosolenia) cylindrus, Proboscia alata, Planktoniella sol, Amphora* spp. (*A.* aff. *ostrearia, Amphora* sp. A), *Fragilariopsis kerguelensis* and *Roperia tesselata.* Important species or species groups, occuring as defined pulses were *Chaetoceros* spp. (resting spores and vegetative cells), *Actinocyclus* spp., *Hemiaulus sinensis, Thalassiosira poro-irregulata* and *Azpeitia* spp.

During the sampling year almost all species showed remarkable changes in their relative and absolute abundances. In order to group diatom taxa naturally according to their similarities in seasonal pattern, and to examine their variability during the sampling year, a cluster analysis based on the relative abundances of those species or species groups present with ≥ 2% in at least one sample was performed. Clusters were based on the correlation matrix (distance metric is 1-Pearson correlation coefficient), using average-linkage clustering (SYSTAT, Inc.). Nine distinct clusters can be defined arbitrarily (Table 2, Figure 4). First we analyzed how much each cluster contributed to the total diatom flux at 599 m during the sampling year (Figure 5, right-hand side). Then we used the percentage signal of each cluster of species in order to get an insight on seasonality, also during times of low fluxes (Figure 5, left-hand side). We could see that cluster B, which constitutes the major contributor to the diatom flux, follows the typical bimodal distribution seen in the total particle and opal fluxes at 599 m (Table 1, compare Figs. 3 and 5). Evidence of bimodality with both maxima of similar value was also shown by other contributors, namely clusters A and *Nitzschia bicapitata*, and with unequal maxima by *Rhizosolenia bergonii.* Clusters C and D revealed an additional minor

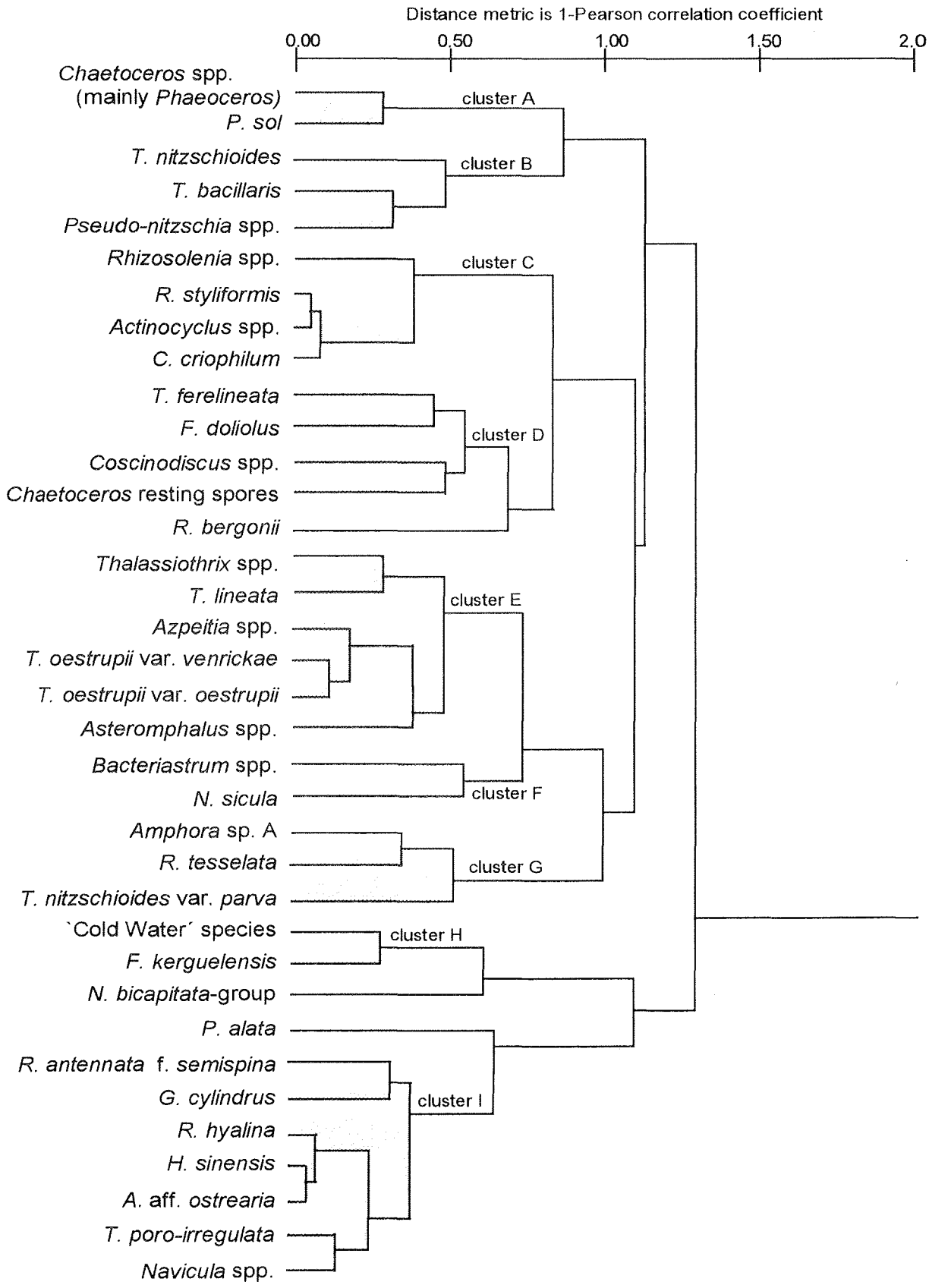


Fig. 4. Cluster analysis (using average-linkage clustering) of WR2 sediment trap diatom data based upon the relative abundances of species or species groups with ≥ 2% in at least 1 sample at 599 m water depth (clustering of diatom taxa as function of their occurrence in samples).

cluster A	A	B
Planktoniella sol	3.6	12.6 (6)
Chaetoceros spp. (mainly Phaeoceros)	1.6	7.5 (6)

cluster B	A	B
Thalassionema nitzschioides	12.1	29.1 (13)
Pseudo-nitzschia spp.	3.7	17.9 (13)
Thalassionema bacillaris	0.7	2.7 (13)

cluster C	A	B
Actinocyclus spp.	1.2	9.1 (1)
Corethron criophilum	0.5	8.9 (1)
Rhizosolenia spp.	2.7	8.0 (2)
Rhizosolenia styliformis	0.3	2.6 (1)

cluster D	A	B
Fragilariopsis doliolus	3.7	17.9 (13)
Thalassiosira ferelineata	0.8	2.2 (15)
Coscinodiscus spp.	0.4	2.2 (17)
Chaetoceros resting spores	2.3	7.6 (17)

cluster E	A	B
Thalassiothrix spp.	4.3	8.0 (17)
Thalassiosira lineata	2.6	5.2 (16)
Azpeitia spp.	3.1	7.9 (10)
Thalassiosira oestrupii var. *venrickae*	2.1	6.4 (10)
Thalassiosira oestrupii var. *oestrupii*	0.8	5.3 (10)
Asteromphalus spp.	0.5	1.7 (11)

cluster F	A	B
Bacteriastrum spp.	1.5	5.6 (9)
Nitzschia sicula	1.0	3.2 (9)

cluster G	A	B
Roperia tesselata	5.5	32.8 (20)
Amphora sp. A	2.5	16.6 (20)
Thalassionema nitzschioides var. *parva*	1.5	4.8 (19)

cluster H	A	B
Fragilariopsis kerguelensis	7.8	29.9 (2)
'Cold Water' species	0.9	3.0 (2)

cluster I	A	B
Guinardia cylindrus	2.7	10.8 (3+5)
Amphora aff. *ostrearia*	1.3	10.6 (5)
Thalassiosira poro-irregulata	0.9	9.3 (5)
Rhizosolenia antennata f. *semispina*	1.8	5.8 (5)
Hemiaulus sinensis	0.5	5.2 (5)
Navicula spp.	0.3	2.9 (5)
Rhizosolenia hyalina	0.3	2.5 (5)

permanent members	A	B
Rhizosolenia bergonii	10.0	23.0 (14)
Nitzschia bicapitata - group	6.6	13.0 (2)
with affinity to cluster I:		
Proboscia alata	4.5	20.1 (4)

Table 2. Species groups derived from cluster analysis of WR 2 sediment trap data based upon the relative abundances of species or species groups with ≥ 2% in at least 1 sample at 599 m water depth. Mean percentage during the sampling year (A), and maximum percentage (B) at a given sample (sample number in brackets).

flux peak at the beginning of the sampling period. Four species groups had highest values at a distinct season: Clusters I and *Proboscia alata* in the fall, and clusters E and F in the spring. Among them, cluster I was the major component of the diatom flux at the time. In contrast, the flux curves of clusters G and H are smoother and do not follow any of the patterns described above, showing instead a trend towards higher values in the spring or in the fall, respectively. Their contribution to the total diatom flux was minimal (Figure 5).

In terms of relative abundances, a clear seasonal pattern could be depicted for some species groups while others had a more erratic behavior. For instance, the same pattern as for the fluxes was also seen in the percentage distribution of the two main contributors, clusters B and I, and one minor component, *Proboscia alata.*

The proportion of cluster B was highest in the spring (49.7%), and second highest in the late fall (20.5%; Figure5). Its dominant species, *Thalassionema nitzschioides*, is often found in upwelling areas (Blasco *et al.*, 1981; Schuette and Schrader, 1981; Schrader, 1992). Additional members of this cluster, species of the genus *Pseudo-nitzschia* (mainly *P. delicatissima, P. pseudodelicatissima*) are widely distributed, and some (*P. delicatissima*) are confined to inshore waters (Hasle, 1965a). *Thalassionema bacillaris*, the minor contributor to this cluster, is a cosmopolitan species generally occuring in smaller numbers in phytoplankton samples (Hasle, 1960; Simonsen, 1974). In our area, species in cluster B would represent a coastal upwelling-controlled assemblage characteristic for the spring.

Cluster I is the most important contributor (47.2%) to the fall flux maximum and represents the characteristic assemblage of this season. The main members of this cluster are *Guinardia cylindrus* and *Amphora* aff. *ostrearia*, accompanied by *Thalassiosira poro-irregulata*, *Hemiaulus sinensis, Navicula* spp., *Rhizosolenia hyalina* and *Rhizosolenia antennata* f. *semispina.* The majority of these taxa belong to the neritic domain of temperate, subtropical and tropical regions (e.g. Cupp, 1943; Hart and Currie, 1960; Hendey, 1964; Hasle and Heimdal, 1970; Sundström, 1986). Another typical member of the fall assemblage is *Proboscia alata* (including f. *alata* and f. *indica*), a species which is found in oceanic regions as well as near the coast (Cupp, 1943; Hart and Currie, 1960).

The beginning of our sampling period (end of summer/beginning of fall 1989) is characterized by a pulse of cluster C (28.1%) with some contribution of cluster D (about 10%). Cluster C includes *Corethron criophilum*, as well as species of the genus *Actinocyclus* (*A. curvatulus, A. octonarius, A. subtilis*) and *Rhizosolenia* (*R. styliformis* and others where only the calyptra was preserved), representing a mixed flora of neritic and oceanic affinities.

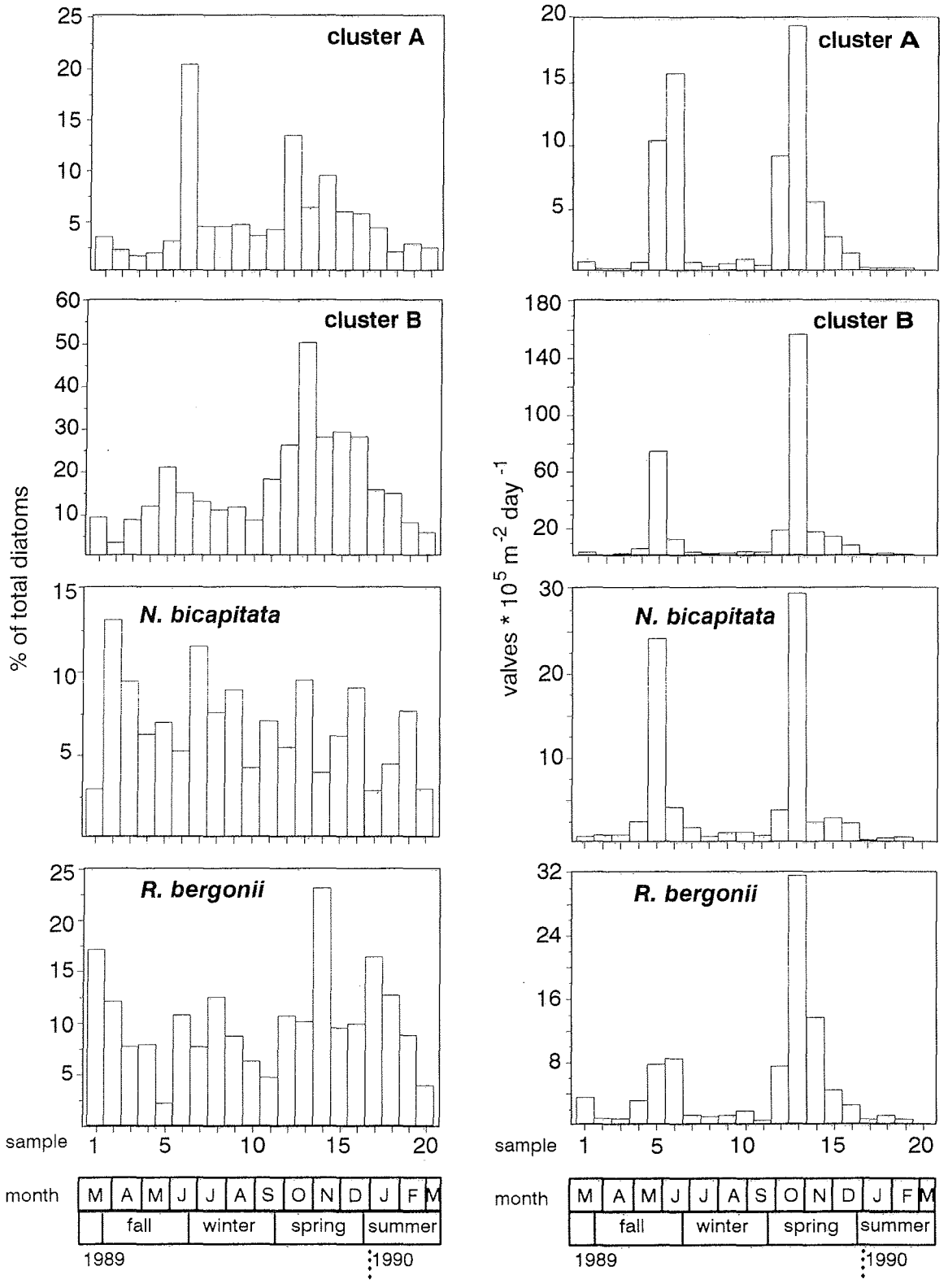
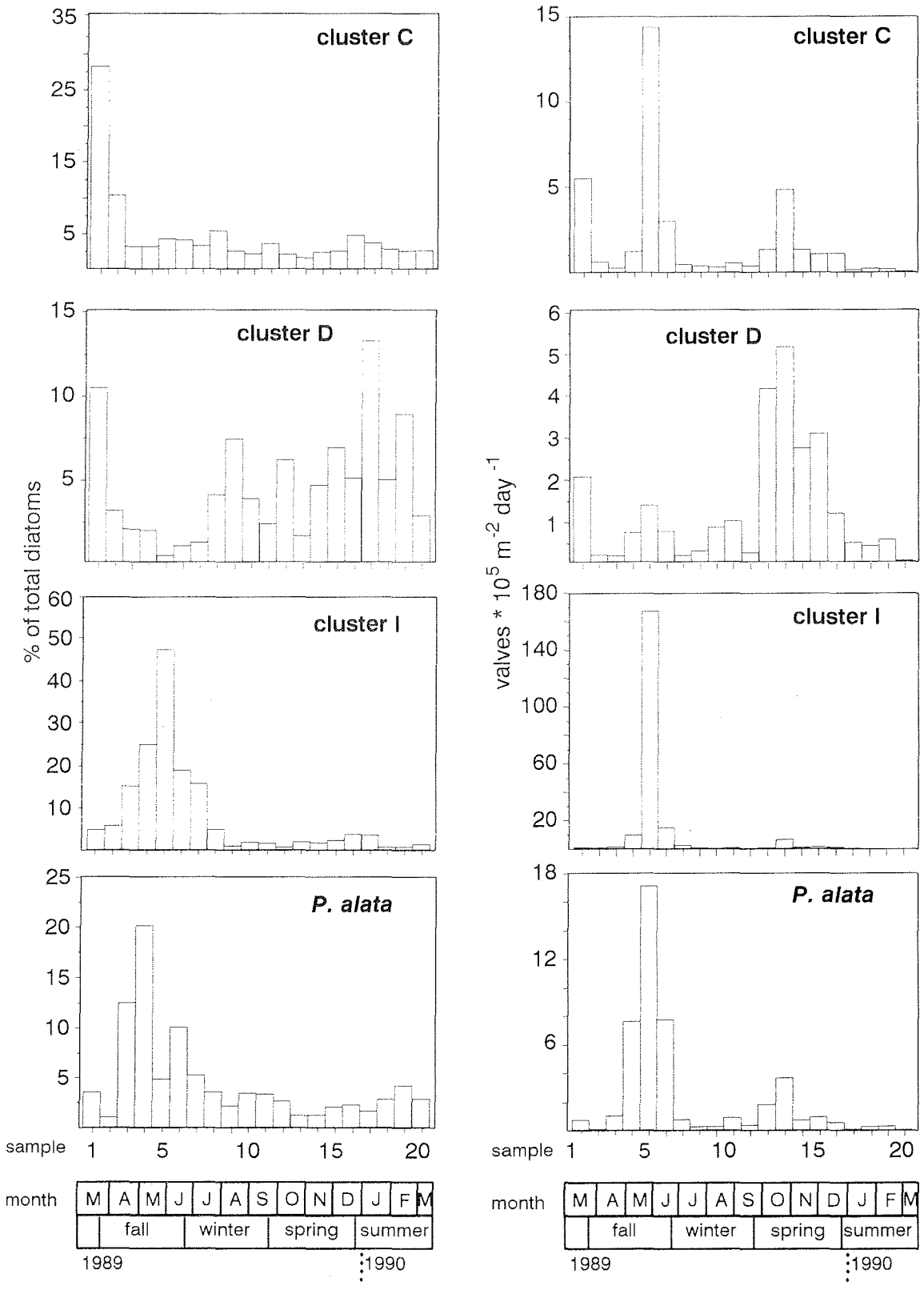
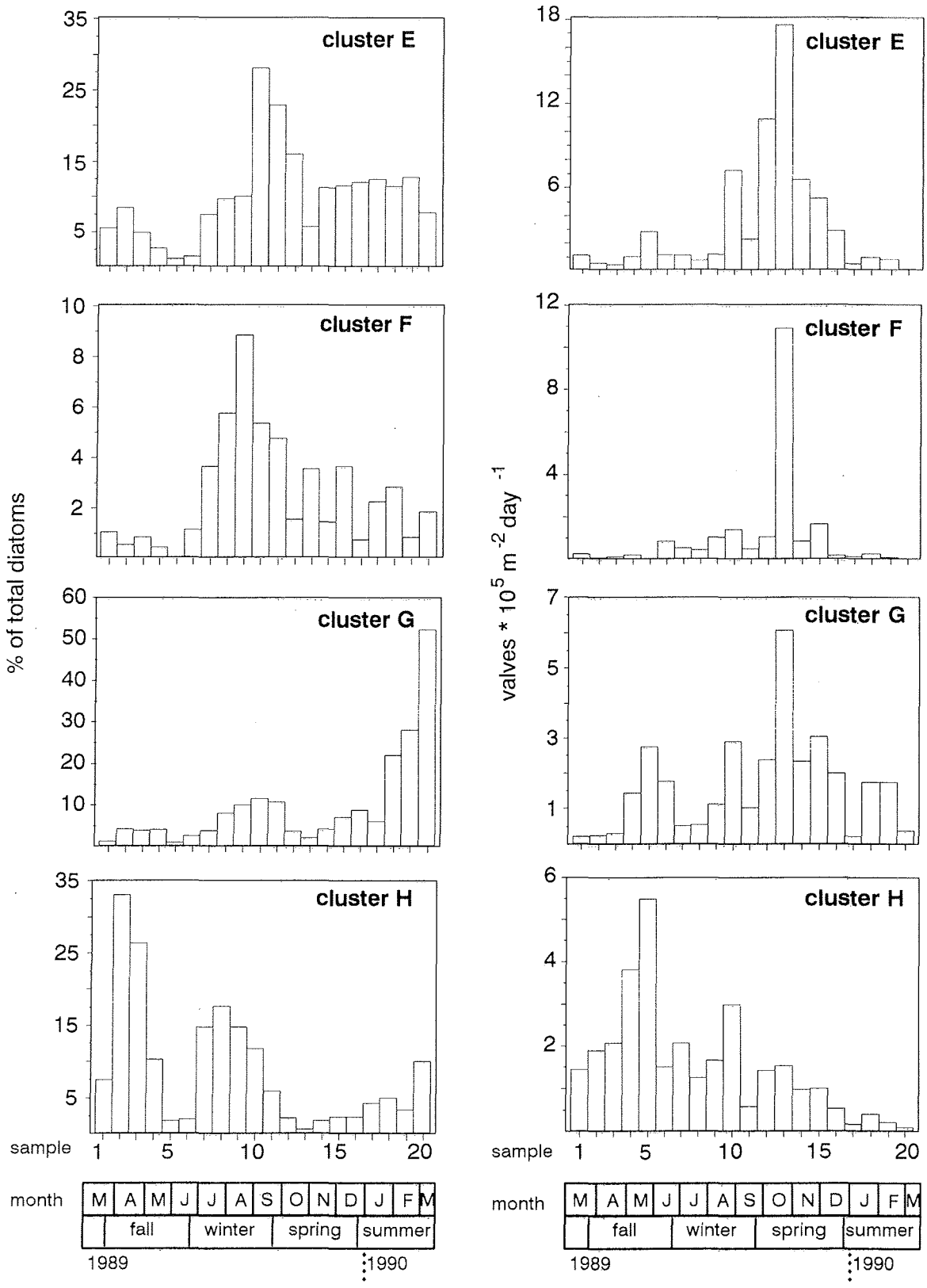


Fig. 5. Yearly cycle of relative abundances (as % of total asssemblage; left-hand side) and fluxes (right hand side) of species' clusters derived from cluster analysis shown in Fig. 4 at trap site WR2.



cont. Fig. 5. Yearly cycle of relative abundances (as % of total asssemblage; left-hand side) and fluxes (right hand side) of species' clusters derived from cluster analysis shown in Fig. 4 at trap site WR2.



cont. Fig. 5. Yearly cycle of relative abundances (as % of total asssemblage; left-hand side) and fluxes (right hand side) of species' clusters derived from cluster analysis shown in Fig. 4 at trap site WR2.

Thus, a single source for this time period cannot be assumed. All these taxa were recorded by Kruger (1980) in the phytoplankton of the coastal area between 17° and 25°S. It is evident that the simultaneous occurrence of species with different ecological affinities is due to the fact that the sampling station is situated in a transition region with large hydrographic variability over short time intervals.

Interestingly during the early fall, a time of low total flux, cold-water species (Hasle, 1965b; Johansen and Fryxell, 1985) are present in high proportions (cluster H with up to 33% in sample 2). Cluster H includes antarctic and subantarctic species with *Fragilariopsis kerguelensis* as the dominant member (almost 30%). Other cold water taxa like *F. curta, F. rhombica, F. separanda, Thalassiosira frenguelli, T. gracilis, T. lentiginosa* occur rather sporadically. During the winter, this assemblage becomes important again. We assume that the species of cluster H have been transported into the area from higher latitudes.

At the end of the fall highest relative abundances of *Planktoniella sol* and vegetative cells of *Chaetoceros* (mainly *Phaeoceros*: *C. peruvianus, C. concavicornis, C. convolutus*) are recorded (cluster A with 20%). Cluster A becomes important again in the spring. We believe cluster A to be representative of offshore waters. Hart and Currie (1960) found *P. sol* to be most numerous in the offshore phytoplankton between 19° and 30°S and associated its finding near the northern limits of the rich coastal upwelling area with intrusions of oceanic waters towards the coast.

The winter is a period of low diatom flux. Cluster F (in addition to cluster H mentioned above) reveals its seasonal maximum. It includes only oceanic taxa: *Bacteriastrum* spp. (mainly *B. delicatulum, B. elongatum*) and *Nitzschia sicula* (Cupp, 1943; Hasle, 1960). In addition, cluster E (with *Thalassiothrix longissima* as dominant member) peaks towards the end of the winter, but in contrast to cluster F its percentages remain relatively high during spring and summer. All species involved (Table 2) are characteristic of warm, low productivity oceanic waters (e.g. Hart and Currie, 1960; Simonsen, 1974).

In the summer, and especially at the end of our sampling period, cluster G dominates the diatom assemblage (52%), accompanied by cluster D as a minor component. The latter represents a mixed assemblage composed of oceanic and typically coastal taxa (e.g. resting spores of *Chaetoceros*). Cluster G consists of oceanic species *(Roperia tesselata, Thalassionema nitzschioides* var. *parva*) and *Amphora* sp. A. Although we are not sure about the affinities of the latter species, we assume that the assemblage is representative of warm oceanic conditions.

Two taxa, *Rhizosolenia bergonii* and the *Nitzschia bicapitata* group, are constantly present throughout the sampling year with relative abundances of the order of 2-23% and 2-13%, respectively. They are frequent components of oceanic plankton of tropical and subtropical regions (see Lange *et al.*, 1994).

The specific diversity of diatoms at 599 m, as measured by the Shannon-Weaver index (Shannon and Weaver, 1949), was associated with their flux. In general, lowest fluxes yielded highest diversities (Figure 6); this is especially noticeable in the austral winter, late spring and summer. The reverse is not always true. For example, while high fluxes in the spring were accompanied by low diversities (probably due to the dominance of cluster B), high fluxes in the fall were concomitant with high diversity. The dominance of the cold-water assemblage in samples 2 and 3 (April to May), and of *Roperia tesselata* in sample 20 is responsible for the drop in diatom diversity at those times.

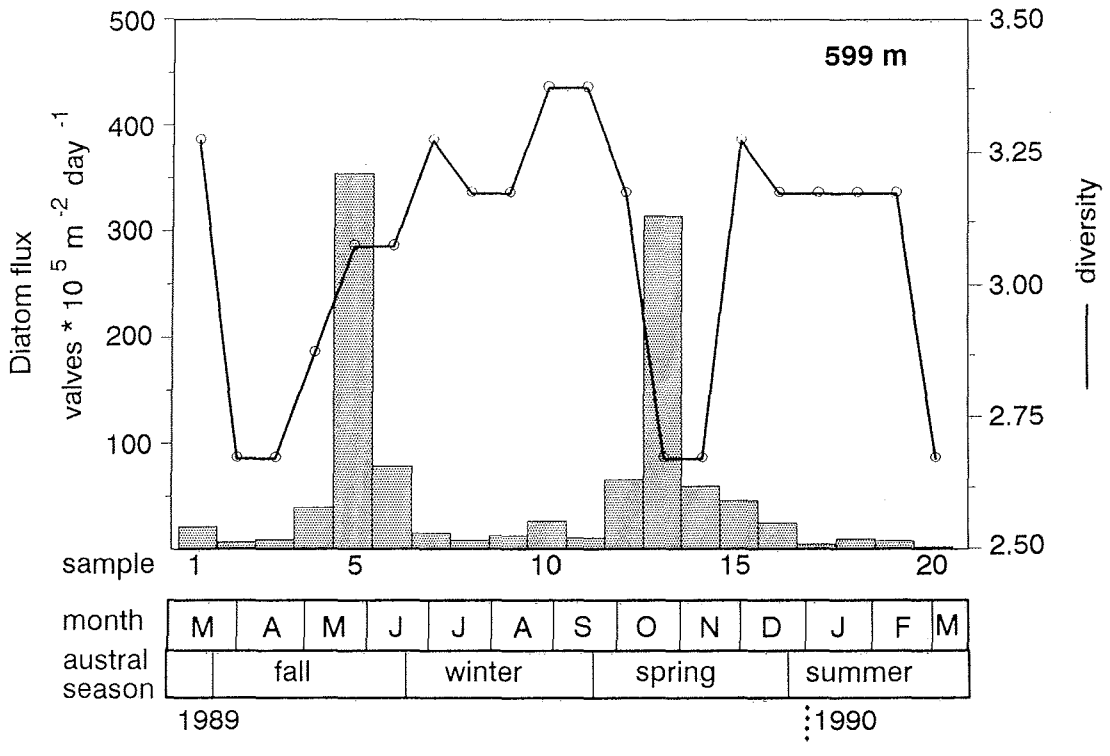


Fig. 6. Comparison of diatom flux and specific diversity, as measured by the Shannon-Weaver index, during March 1989 to March 1990 at site WR2.

c. Comparison of the fluxes and the diatom assemblages at 599 m and 1648 m.

A comparison between the patterns at 599 m and 1648 m is hindered by the restricted data set in the lower trap; only the first eight samples of the deeper trap can be used to compare diatom composition and fluxes. The total particle, biogenic opal, diatom and silcoflagellate flux maxima (Table 1, Figure 3) occurring in the fall in the upper trap (sample 5, May/June) can also be recognized in the lower trap extending over samples 5 to 7 (May to July).

Additional information (to fill the 1989 gaps) can be drawn from other trapping experiments at the same site covering the periods 25 Mar 1990 to 09 Apr 1991 (WR3) and 21 Apr to 17 Dec 1991 (WR4; Figure 7). Traps were deployed at 1648 m and at 1717 m, respectively. In

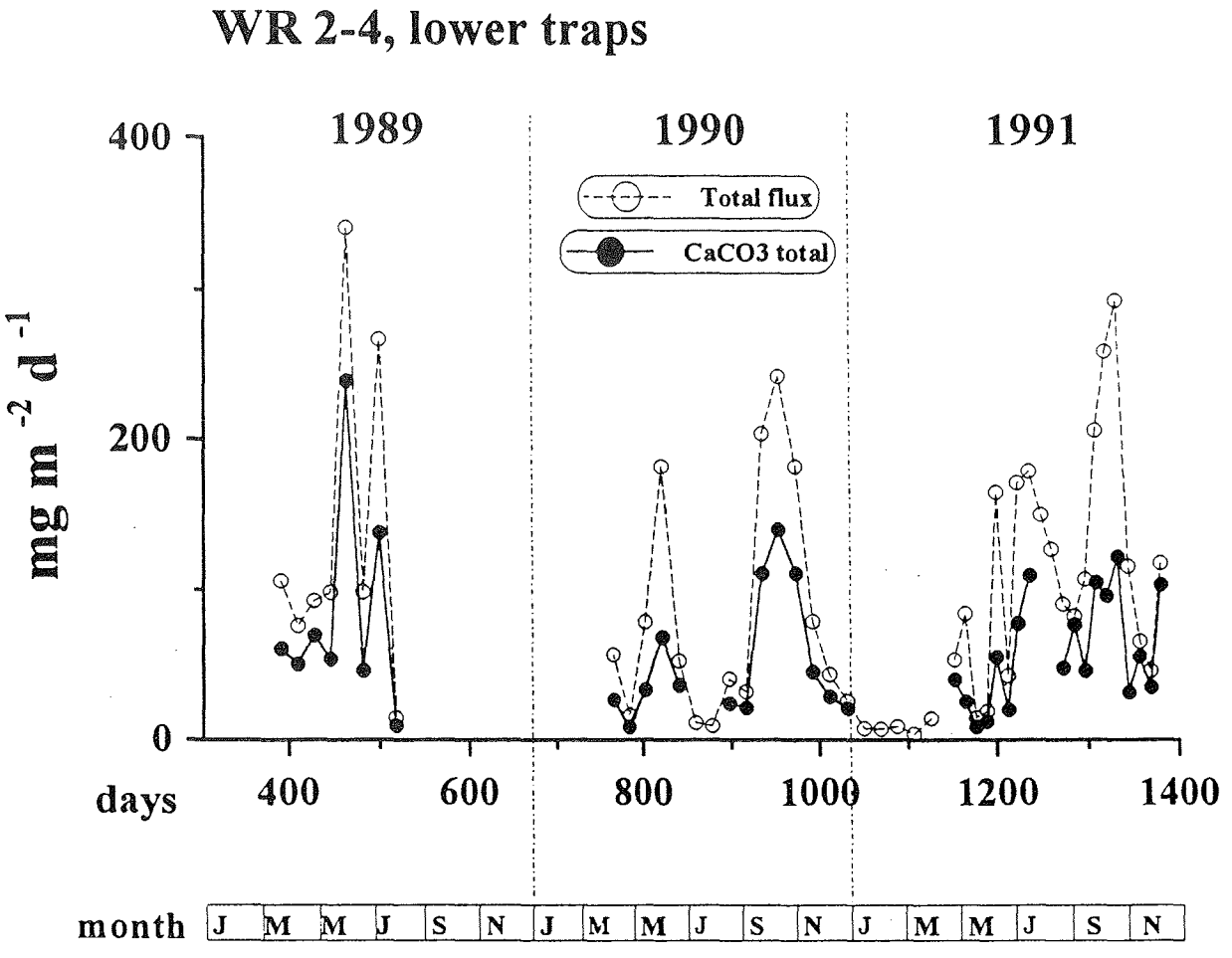


Fig. 7. Seasonal and interannual total particle (< 1 mm fraction) and $CaCO_3$ flux fluctuations (in mg m^{-2} d^{-1}) in the Walvis Ridge area (sites WR2-4) during 1989 to 1991. Traps were deployed at 1648 m (WR2 and 3) and 1717 m water depth (WR4). For each year, every second month is indicated in the horizontal axis: January, March, May, July, September and November.

1990, total particle and $CaCO_3$ fluxes in the deeper trap peaked in May/June (182 mg m^{-2} d^{-1} and 68 mg m^{-2} d^{-1}, respectively) and from September to the beginning of November (182-242 mg m^{-2} d^{-1} and 110-140 mg m^{-2} d^{-1}, respectively). In 1991 total particle and $CaCO_3$ maxima were recorded in June (165 mg m^{-2} d^{-1} and 55 mg m^{-2} d^{-1}), July/August (150-179 mg m^{-2} d^{-1} and *ca.* 110 mg m^{-2} d^{-1}) and in September to October (205-293 mg m^{-2} d^{-1} and 96-122 mg m^{-2} d^{-1}, respectively). Thus, we conclude that the deep traps WR2-4 exhibit a similar pattern to the 1989 WR2 upper trap pattern (with fall and spring peaks), and that this model repeats itself over several years.

During our sampling year (18 Mar 1989 to 13 Mar 1990) diatom and silicoflagellate fluxes were slightly higher in the 1648 m trap than in the 599 m trap in 6 out of 8 samples (Figure 3). Current velocities may not have played a critical role in trap effciency. The available current meter data for the period 25 Mar 1990 to 19 Apr 1991 (20° 02.4'S, 09° 09.7'E) at 593 m reveal a somewhat more complicated pattern than at 1671 m, with frequent reversals but low velocities in the range of 10 cm sec^{-1}. Reversals were also common in the deep data set but velocities remained very low (usually less than 5 cm sec^{-1}, G. Krause, pers. comm.).

The same diatom taxa occuring at 599 m also occur at 1648 m. However, almost all taxa exhibit some flux (as well as relative abundance) enrichment with depth. This is especially noticeable for species characteristic either of the coastal domain (e.g. *Chaetoceros* resting spores) or of warm offshore waters (e.g. *Azpeitia* spp., *Fragilariopsis doliolus, Nitzschia sicula, Planktoniella sol, Chaetoceros (Phaeoceros), Thalassionema nitzschioides* var. *parva*). We assume that the former may have been advected from the shelf into the lower trap by resuspension and downslope movement. The additional influx of warm oceanic diatoms at depth, on the other hand, may reflect transport by warm deep water masses. In contrast, *Fragilariopsis kerguelensis* was recorded in consistently lower numbers in the deeper trap in 1989 which may be linked to selective transport within a water mass of southern origin.

d. Diatoms and silicoflagellates in the surface sediment.

Surface sediments at our mooring site contained > 90% $CaCO_3$. Sedimentation rates were estimated to be 2.67 cm ky^{-1} (Schmidt, 1992); AMS-^{14}C dating of the surface sample yielded an estimated age of about 4,000 years B.P. (G. Bonani, pers. comm.).

The concentration of diatoms and silicoflagellates in the surface sediment sample collected directly beneath the traps (at a water depth of 2215 m) is 8.3 x 10^5 valves per 1 g dry sediment and 5.6 x 10^4 skeletons per 1 g, respectively. Based on these concentrations as well as on the sedimentation rate and the dry bulk density (Schmidt, 1992), accumulation rates were calculated to be 10.9 * 10^6 valves m^{-2} y^{-1} for diatoms and 7.3 * 10^5 skeletons m^{-2} y^{-1} for silicoflagellates. These values are two orders of magnitude lower than their yearly fluxes at

599 m (19.9 * 10^8 valves m^{-2} y^{-1} for diatoms, and 9.6 * 10^7 skeletons m^{-2} y^{-1} for silicoflagellates).

Taxa or groups of taxa	**Percent of the total diatom assemblage**
Actinocyclus spp. *(A. curvatulus, A. octonarius)*	1.7
Actinoptychus spp.(*A. vulgaris, A. senarius*)	3.0
Asteromphalus spp. (*A. flabellatus, A. petersonii*)	1.5
Azpeitia spp. (*A. neocrenulata, A.nodulifer A tabularis* var. *egregius*)	8.2
Chaetoceros resting spores	23.8
Coscinodiscus spp. (*C. radiatus*)	7.4
Fragilariopsis doliolus	9.3
Planktoniella sol	4.0
Proboscia alata	2.0
Rhizosolenia bergonii	6.0
Roperia tesselata	3.2
Thalassiosira oestrupii var. *venrickae*	2.0
Thalassionema nitzschioides	3.2
Thalassionema nitzschioides var. *parva*	1.2
Thalassiosira eccentrica - group *(T. eccentrica, T. symmetrica, T.* sp. Z)	2.2
Thalassiothrix spp. (*T. longissima*)	2.9

Total diatom concentration: 8.3 * 10^5 valves 1 g^{-1} dry sediment
Total diatom accumulation: 10.9 * 10^6 valves m^{-2} y^{-1}

Table 3. Mean percentages of diatom taxa representing > 1 % of the total assemblage in the surface sediment sample at station GeoB 1028-4. Most frequent taxa of a genus are given in brackets.

Many of the taxa found in the water column also occur in the sediment surface, but their relative abundances differ from their mean percent values in the traps (compare Tables 2 and 3). Resting spores of *Chaetoceros* are dominant (24%), followed by *Fragilariopsis doliolus* (9%), *Azpeitia* spp. (8%; *A. neocrenulata* , *A. nodulifer* and *A. tabularis* var. *egregius*), *Coscinodiscus* spp. (7%; mainly *C. radiatus*), *Rhizosolenia bergonii* (6%) *and Planktoniella sol* (4%). The enrichment of these moderately resistant and robust taxa in the sediments in conjunction with the rarity or absence of delicate taxa (vegetative cells of *Chaetoceros, Corethron criophilum, Guinardia cylindrus, Hemiaulus sinensis* and *Nitzschia bicapitata*) points to preferential concentration in the sediments of some species and dissolution of others. In addition, the lack in the sediment of two moderately silicified species is noteworthy: *Thalassiosira poro-irregulata* and *Amphora* aff. *ostrearia*, which were important contributors

in cluster I (Table 2) are missing in the sediment, and so the fall flux maximum is not preserved. Thus, the preservational process modifies and distorts the original imprint. The decrease of *Thalassionema nitzschioides*, a rather resistant taxa, from the lower trap to the sediment contrasts with our observations in the Guinea Basin (Treppke *et al.*, 1995), but might be explained by the dominance in the WR traps of long specimens with lanceolate shape which could be more susceptible to breakage and dissolution. *Thalassionema nitzschioides* is the dominant member in trap cluster B and a main contributor to the spring flux (Figure 5).

A striking feature is the lack of *Fragilariopsis kerguelensis* in the sediment (although present in the traps), a dissolution-resistant species used as a tracer for Antarctic Bottom Water (Burckle and Stanton, 1975). Its relative abundance decreased significantly in the water column from the upper to the lower trap (see above).

Like the assemblages in the traps above, the sediment contains a mixture of coastal and oceanic species. The signal for coastal upwelling is recorded by resting spores of *Chaetoceros* and *Thalassionema nitzschioides*. An important contribution of resting spores in sediments of the Benguela upwelling system was also observed by Schuette and Schrader (1981); they were dominant in nearshore sediments. On the other hand their estimation of the contribution of *Azpeitia* spp., as representative of oceanic, low nutrient conditions (Maynard, 1976; van Iperen *et al.*, 1987) is significantly higher than the proportions we observe at station GeoB 1028.

The contribution of freshwater diatoms in the sediment is less than 1%. Since there is no permanent river input at 20° S (Shannon, 1985), little influx of freshwater diatoms can be expected. Maynard (1976) did not find any freshwater diatoms in surface sediments off Namibia. Eolian-transported particles (Pokras, 1991) may be documented in our region by the occurence of phytoliths which make up $3.7 * 10^4$ individuals per 1 g dry sediment. The mean yearly phytolith flux at 599 m is $2.8 * 10^6$ individuals m^{-2} y^{-1} and $2.0 * 10^6$ individuals m^{-2} y^{-1} at 1648 m. Phytoliths mainly occur in late winter and spring.

Together with the dominance of resitant taxa, the rather bad preservation of the diatoms in the surface sediment sample might indicate some reworking. This could be due to downward transport from higher levels of the eastern continental slope along the ridge, even though the slope at the ridge is shallow (Rogers and Bremner, 1991). The high proportions of *Chaetoceros* resting spores together with quartz particles are an indication of advected material from the coast.

4. Discussion and conclusions

a. Seasonal fluctuations in diatom flux and species composition related to SST variations and water masses.

In general, diatom and silicoflagellate fluxes coincided in time with total mass flux, revealing two maxima, in the austral spring and in the austral fall. Assuming that these peaks may be related to upwelling pulses along the coast (see Introduction) we compared the diatom flux for the trap at 599 m with the 15-year average of the monthly mean meridional wind stress component for the region of Servain *et al.* (1985), and with the seasonal SST derived from measured concentrations of unsaturated C_{37} alkenones using the calibration equation of Prahl *et al.* (1988). Long chain alkenones are produced by prymnesiophyte algae, notably by coccolithophorids (Marlowe *et al.*, 1984) and have been shown to record temperature variability in their growth habitat, the photic zone. Specifically, the algae adapt to changing SST *via* biosynthetic regulation of the unsaturation of their alkenone components, with the number of positions of unsaturation (i.e. carbon-carbon double bounds) increasing as water temperatures decrease. The reliability of this relationship, expressed as the alkenone index U^k_{37}, has been demonstrated in laboratory cultures. The signal is unaffected by passage through the food chain and by diagenesis, and was used successfully in paleoclimatic studies in modern and glacial/interglacial sediments (e.g. Prahl *et al.*, 1989; Kennedy and Brassell, 1992).

The seasonal pattern in the diatom flux (and total flux, see Table 1) is the most notable signal with maxima in austral fall and spring, and low fluxes for the austral summer and winter. It appears to be directly related to wind stress variations (wind maxima preceding diatom maxima by several weeks), and inversely related to SST changes. The SST curve derived from the alkenone measurements (Figure 8) shows lowest temperatures (14.6-14.9°C) in the spring, the major upwelling period (see Introduction), and second lowest in the fall (17.3-17.7°C) probably coindident with the slight maxima in the upwelling favourable winds during April to May off northern and central Namibia (Shannon, 1985). The agreement between cold excursions in the temperature record and high diatom fluxes, and the concordant wind stress variations (Figure 8), provides evidence for a significance influence of seasonal variations of wind-induced upwelling intensity and productivity on the WR2 flux record.

Diatom species composition associated with these flux peaks differs, probably reflecting different sources. For example, while the spring pulse is mainly composed of cluster B (Table 2), the fall pulse is dominated by cluster I. *Thalassionema nitzschioides*, the dominant member of cluster B, is a typical member in upwelling areas around the world and has been reported in bloom concentrations in and near Walvis Bay (see Schuette and Schrader, 1981 and references therein); its presence offshore may be related to nutrient-rich waters transported away from the

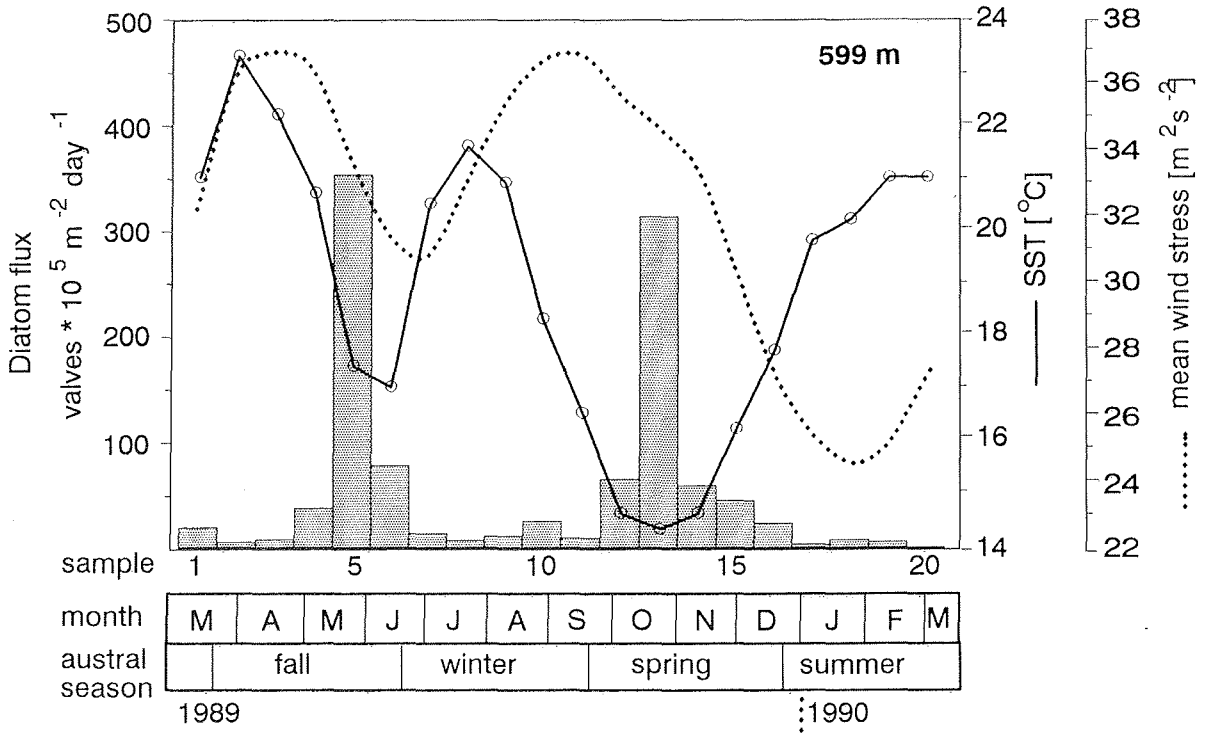


Fig 8. Seasonal diatom flux at 599 m at site WR2 between March 1989 and March 1990 (bars) compared to a 15-year average of the monthly meridional wind stress component (dotted line) off Namibia (Servain *et al.*, 1985), and to the seasonal cycle of sea surface temperature (filled line) derived from alkenone measurements (U^k_{37} index) of trap samples.

coastal upwelling center as described by Abrantes (1988) from an upwelling area off Portugal. Transport happens most probably within the upwelling filaments characteristic of the area (Shillington *et al.*, 1992). The species in cluster I (Table 2), on the other hand, have never been reported as "upwelling" species in the literature. We speculate that their dominance in the fall is probably related to the Angola-Benguela frontal system (see Introduction) where particles may be concentrated (Yoder *et al.*, 1994) and transported south to our site by subsurface currents or intermediate water masses.

b. The Fragilariopsis kerguelensis discrepancy.

Once again (see Lange *et al.*, 1994) we are puzzled about our records of the diatom *F. kerguelensis* which was an important component in the early fall (with relative abundances > 25%) and in the winter (about 15%) at 599 m depth but had little representation (< 2%) in the 1648 m trap. Dissolution can be ruled out in this case, since *F. kerguelensis* is a robust species of subantarctic origin (Hasle, 1965b) which should reach the lower trap in a few weeks, if we assume sinking velocities of 50 to >100 m d^{-1} given in the literature (e.g. Silver and Alldredge, 1981; Takahashi, 1986). To add to our confusion, neither earlier plankton studies in the area or in the Cape Basin mention the occurrence of *F. kerguelensis* at all (Hentschel, 1936; Hendey, 1937; Hart and Currie, 1960; Kollmer, 1962, 1963; Kruger, 1980; Barlow, 1982; Vavilova, 1990; Pitcher, 1991) nor did we observe the species in a set of February 1993 plankton tows (0-100 m) from the Cape Basin (Treppke, unpubl. obs.). Advection from higher latitudes within a ring originated at the Agulhas Retroflection and interacting with the Benguela frontal zone could be considered as a possible transport mechanism to the study site (Duncombe Rae *et al.*, 1992). High velocities within an eddie or ring (Shillington *et al.*, 1992) may be responsible for retention of particles within these features and prevent or delay their vertical transport (Heywood and Priddle, 1987). We can only speculate that the discrepancy in the observations and the relatively high concentrations of this species in the upper trap solely, is linked to entrainment and selective transport within a ring which might have originated and sunk at or south of the Subantarctic/Subtropical Convergence Zone, and then travelled equatorward within a water depth that affected the upper trap only (within SACW or AAIW).

c. Diatom distribution in the sediments.

The western continental margin of southern Africa is dominated by biogenic sedimentation as a result of the high productivity of the upwelled waters in the Benguela system (Bremner, 1983). Coccolithophorids and planktonic formanifers are the most important contributors to the shelf sediments while siliceous remains (mainly diatoms) dominate nearshore sediment.

The concentration of diatoms in the surface sediment sample lies within the range previously reported for this area by other authors (Maynard, 1976; Schuette and Schrader, 1981; Pokras and Molfino, 1986). Most of the diatom species recorded are representatives of oceanic, tropical to subtropical conditions with differing requirements, as for example, higher nutrient content of the surface water for *Fragilariopsis doliolus* and *Rhizosolenia bergonii*; lower nutrient levels for *Azpeitia nodulifer* and *Roperia tesselata*, or higher salinity levels for *Thalassionema nitzschioides* var. *parva* (Maynard, 1976; Pokras and Molfino, 1986; Van Iperen, 1987). On the other hand, the high contribution of *Chaetoceros* resting spores represents coastal influence in the area by direct settling through the water column (resting spores were represented in the trap material) and by additional input from the continental shelf and slope sediments (Sancetta, 1992; Treppke *et al.*, 1995). Resuspension of previously

deposited spores on the shelf, vertical mixing and bottom current transportation to our sampling site could certainly have been involved.

As stated above, *Fragilariopsis kerguelensis* has been used as a tracer for Antarctic Bottom Water (AABW; Burckle and Stanton, 1975). We have recorded this species as a minor contributor (max. relative abundance 3.9 %) in a set of surface sediment samples at the south-east edge of the Walvis Ridge (24°-25° S) at water depths of about 3800 m or more (Treppke, unpubl. data). These observations as well as those of Pokras and Molfino (1986), and the absence of this subantarctic diatom in the sediment at our site may be a corroboration for the Walvis Ridge being a major barrier to the northward flow of water below a depth of 3000 m; specifically, of AABW into the Angola Basin (Shannon, 1985).

The lack of freshwater diatoms in both traps and their negligible contribution to the sediment assemblage, gives evidence that neither the Cunene river to the north nor other small rivers further south have influenced our sampling site. This is in agreement with Chapman and Shannon's (1985) and Shannon's (1985) descriptions of the river effect being limited to about 80 km off the coast. Interestingly, Pokras (1991) recorded fragments of *Aulacoseira* spp. (a freshwater diatom) in the surface sediments in our study area with concentration of 10-50 * 10^5 fragments per 1 g dry sediment, and assumed eolian transport from the Namib and Kalahari regions, the source areas for the dust plume from southwest Africa. We cannot confirm such a diatom input neither in the sediment sample, where *A. granulata* is less than 1 %, nor in the traps, where it has not been observed. However, the frequent occurence of phytoliths in the traps and in the sediment sample can be linked to the "berg" winds, which are typical for the entire Benguela region during fall and winter. These winds are locally intensified by topographic features, and they may transport substantial quantities of sand and dust out to sea up to 150 km offshore between 18° and 30° S (Shannon, 1985).

Acknowledgements. We are grateful to the officers and crew of the research vessel "Meteor" for competent assistance in deployment and recovery of the mooring arrays, and the retrieval of sediment samples. We are indebted to R. Schneider for helpful suggestions and fruitful discussions during the preparation of the manuscript. We thank R. Schneider and F.M.H. Reid for critical reading of the manuscript. We thank A. Abelmann, M. Cepek and G. Krause for putting at our disposal unpublished observations. This research was funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (Sonderforschungsbereich 261 at the University of Bremen, Contribution no. 101).

REFERENCES

Abrantes, F. 1988. Diatom assemblages as upwelling indicators in surface sediments off Portugal. Mar. Geology, *85*, 15-39.

Blasco, D., M. Estrada and B. Jones. 1981. Short time variability of the phytoplankton populations in upwelling regions - the exampleof Northwest Africa, *in* Coastal Upwelling and Estuarine Sciences 1, Coastal Upwelling, F. Richards, ed., Am. Geophys. Union, Washington, 339-347.

Barlow, R.G. 1982. Phytoplankton ecology in the southern Benguela current. I. Biochemical composition. J. Exp. Mar. Ecol., *63*, 209-227.

Boyd, A. J., J. Salat and M. Masó. 1987. The seasonal intrusion of relatively saline water on the shelf off northern and central Namibia. S. Afr. J. Mar. Sci., *5*, 107-120.

Bremner, J. M. 1983. Biogenic sediments on the South West African (Namibian) continental margin, *in* Coastal Upwelling: Its Sedimentary Record. Part B: Sedimentary Record of Ancient Coastal Upwelling, J. Thiede and E. Suess, eds., Plenum Press, New York, 73-103.

Burckle, L. H. and D. Stanton. 1975. Distribution of displaced Antarctic diatoms in the Argentine Basin. Nova Hedwigia, Beih., *53*, 283-292.

Cepek, M., G. Ruhland and G. Wefer. 1994. Seasonal flux of coccolithophorids in the southeast Atlantic (Walvis Ridge). Abstract Symposium, The South Atlantic: Present and Past Circulation, 15-19. August, 1994, Bremen, Berichte Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, *52*, 30.

Chapman, P. and L. V. Shannon. 1985. The Benguela Ecosystem. Part II. Chemistry and related processes. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., *23*, 183-251.

Cupp, E. F. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of north America. Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, LA Jolla, California, Technical Series, Vol. *5*, 235 pp.

Duncombe Rae, C. M., F. A. Shillington, J. J. Agenbag, J. Taunton-Clark and M. L. Gründlingh. 1992. An Agulhas ring in the South Atlantic Ocean and its interaction with the Benguela upwelling frontal system. Deep-Sea Res., *39*, 2009-2027.

Fischer, G. and G. Wefer. 1991. Sampling, preparation and analysis of marine particulate matter, *in* The Analysis and Characterization of Marine Particles, D. C. Hurd and D. W. Spencer, eds., Geophysical Monograph, *63*, 391-397.

Gordon, A. L. and K. T. Bosley. 1991. Cyclonic gyre in the tropical South Atlantic. Deep-Sea Res., *38* Suppl., S323-S343.

Hart, T. J. and R. I. Currie. 1960. The Benguela Current. Discovery Rep., *31*, 123-298.

Hasle, G. R. 1960. Phytoplankton and ciliate species from the tropical Pacific. Det Norske Videnskap-Akademi i Oslo, I.Mat.-Naturv. Klasse, *2*, 1-50.

—— 1965a. *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscops. II. The group *Pseudonitzschia*. Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo, I.Mat.-Naturv. Klasse, ny serie, *18*, 1-43.

—— 1965b. *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscops. III. The genus *Fraglariopsis*, Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo, I. Mat.-Naturv. Klasse, ny serie, *21*, 1-49.

Hasle, G. R. and B. R. Heimdal. 1970. Some species of the centric diatom genus *Thalassiosira* studied in the light and electron microscopes. Nova Hedwigia, Beih., *31*, 559-581.

Hendey, N. I. 1937. The phytoplankton diatoms of the Southern Seas. Discovery Rep., *16*, 151-364.

—— 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. *Bacillariophyceae*. Fisheries investigations series IV, H. M. S. O. London, 317 pp.

Hentschel, E. 1936. Allgemeine Biologie des südatlantischen Ozeans, *in* Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen AtlantikExpedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff "Meteor" 1925-1927, A. Defant, ed., De Gruyter & Co., Berlin, Bd. XI, 343 pp.

Heywood, R. B. and J. Priddle. 1987. Retention of phytoplankton by an eddy. Cont. Shelf Res., *7*, 937-955.

Johansen, J. R. and G. A. Fryxell. 1985. The genus *Thalassiosira* (Bacillariophyceae): studies on species occuring south of the Antarctic Convergence Zone. Phycologia, *24*, 155-179.

Kennedy, J. and S. C. Brassell. 1992. Molecular records of twentieth-century El Niño events in laminated sediments from the Santa Barbara Basin. Nature, *357*, 62-64.

Kollmer, W.E. 1962. The Pilchard of South West Africa (*Sardinops ocellata* PAPPÉ): the annual cycle of phytoplankton in the waters off Walvis Bay 1958. S.W.A. Adm. Mar. Res. Lab., Res. Rep. No. *4*, 1-44.

Kollmer, W.E. 1963. The Pilchard of South West Africa (*Sardinops ocellata* PAPPÉ): notes on zooplankton and phytoplankton collections made off Walvis Bay. S.W.A. Adm. Mar. Res. Lab., Invest. Rep. No. *8*, 1-78.

Kruger, I. 1980. A checklist of south west African marine phytoplankton, with some phytogeographical relations. Fish. Bull. S. Afric., *13*, 31-53.

Lange, C. B., U. F. Treppke and G. Fischer. 1994. Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationship to trade winds, ITCZ migrations and upwelling events. Deep-Sea Res., 41, 859-878.

Lutjeharms, J. R. E. and J. M. Meeuwis 1987. The extent and variability of south-east Atlantic upwelling. S. Afr. J. Mar. Sci., *5*, 35-49.

Lutjeharms, J. R. E. and P. L. Stockton. 1987. Kinematics of the upwelling front off southern Africa. S. Afr. J. Mar. Sci., *5*, 35-49.

Lutjeharms, J. R. E. and H. R. Valentine. 1987. Water types volumetric consideraterions of the south-east Atlantic upwelling regime. S. Afr. J. Mar. Sci., *5*, 63-71.

Marlowe, I. T., S. C. Brassell, G. Eglington and J. C. Green. 1984. Long chain unsaturated ketones in living algae and marine sediments. Organic Geochemistry, *6*, 135-141.

Maynard, N. G. 1976. Relationship between diatoms in surface sediments of the Atlantic Ocean and the biological and physical oceanography of overlying waters. Paleobiology, *2*, 99-121.

Meeuwis, J. M. and J. R. E. Lutjeharms. 1990. Surface thermal characteristics of the Angola-Benguela Front. S. Afr. J. Mar. Sci., *9*, 261-279.

Moroshkin, K. V., V. A. Bubnov and R. P. Bulatov. 1970. Water circulation in the eastern South Atlantic Ocean. Oceanology, *10*, 27-34.

Nelson, G. and L. Hutchings. 1983. The Benguela upwelling area. Progr. Oceanogr. *12*, 333-356.

Pitcher, G.C. 1991. Short-term variability during an anchor station study in the southern Benguela upwelling system: phytoplankton dynamics. Prog. Oceanog., *28*, 39-64.

Pokras, E.M. 1991. Source areas and transport mechanismsof freshwater and brackish-water diatoms deposited in pelagic sediments of the equatorial Atlantic. Quat. Res., *35*, 144-156.

Pokras, E.M. and B. Molfino. 1986. Oceanographic control of diatom abundances and species distributions in surface sediments of the tropical and southeast Atlantic. Mar. Micropaleontol., *10*, 165-188.

Prahl, F. G., L. A. Muehlhausen and D. L. Zahnle. 1988. Further evaluation of long-chain alkenones as indicators of paleoceanographic conditions. Geochim. Cosmochim. Acta, *52*, 2303-2310.

Prahl, F. G., G. J. de Lange and M. A. Sparrow. 1989. Post-depositional stability of long-chain alkenones under contrasting redox conditions. Nature, *341*, 434-437.

Rogers, J. and J. M. Bremner. 1991. The Benguela Ecosystem. Part VII. Marine-geological aspects. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., *29*, 1-85.

Salat, J., M. Masó and A.J. Boyd. 1992. Water mass distribution and geostrophic circulation off Namibia during April 1986. Cont. Shelf Res., *12*, 355-366.

Sancetta, C. 1992. Comparison of phytoplankton in sediment trap time series and surface sediments along a productivity gradient. Paleoceanography, *7*, 183-194.

Sancetta, C. and S. E. Calvert. 1988. The annual cycle of sedimentation in Saanich Inlet, British Columbia: implications for the interpretation of fossil diatom assemblages. Deep-Sea Res., *35*, 71-90.

Schmidt, H. 1992. Der Benguela-Strom im Bereich des Walfisch-Rückens im Spätquartär. Ph.D. Thesis, Univ. Bremen. Berichte Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, *28*, 172 pp.

Schrader, H. 1992. Peruvian coastal primary paleo-productivity during the last 200 00 years, in Upwelling Systems: Evolution Since the Early Miocene, C. P. Summerhayes, W. L. Prell, and K. C. Emeis, eds., *64*, 391-409.

Schrader, H. and R. Gersonde. 1978. Diatoms and silicoflagellates. Utrecht Micropaleontol. Bull., *17*, 129- 176.

Schuette, C. and H. Schrader. 1981. Diatom taphocoenoses in coastal upwelling areas of South WestAfrica. Mar. Micropaleontol., *6*, 131-155.

Servain, J., J. Picaut, A. J. Busalacchi. 1985. Interannual and seasonal variability of the tropical Atlantic ocean depicted by sixteen years of sea-surface temperature and wind stress, *in* Coupled Ocean-Atmospere Models, J. C. J. Nihoul, ed., Elsevier, New York, 211-237.

Shannon, C. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, 125 pp.

Shannon, L. V. 1985. The Benguela Ecosystem. Part I. Evolution of the Benguela, physical features and processes. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., *23*, 105-182.

Shannon, L. V. and S. C. Pillar. 1986. The Benguela Ecosystem. Part III. Plankton. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., *24*, 65-170.

Shannon, L. V., L. Hutchings, G. W. Bailey and P. A. Shelton. 1984. Spatial and temporal distribution of chlorophyll in southern African waters as deduced from ship and satellite measurements and their implication for pelagic fisheries. S. Afr. J. mar. Sci., *2*, 109-130.

Shannon, L. V., A. J. Boyd, G. B. Bundrit and J. Taunton-Clark. 1986. On the existence of an El Niño-type phenomenon in the Benguela system. J. Mar. Res., *44*, 495-520.

Shannon, L. V., J. J. Agenbag and M. E. L. Buys. 1987. Large- and mesoscale features of the Angola-Benguela front. S. Afr. J. Mar. Sci., *5*, 11-34.

Shillington, F. A., L Hutchings, T. A. Probyn, H. N. Waldron. 1992. Filaments and the Benguela Frontal Zone: offshore advection or recirculation loops? S. Afr. J. Mar. Sci., *12*, 207-218.

Simonsen, R.. 1974. The diatom plankton of the Indian ocean expedition of R/V "Meteor" 1964-1965. "Meteor" Forsch.-Ergebnisse, Reihe D, *19*, 1-107.

Silver, M. W. and A. L. Alldredge. 1981. Bathypelagic marine snow: deep-sea algal and detrital community. J. Mar. Res., *39*, 501-530.

Sundström, B. G. 1986. The marine diatom genus Rhizosolenia. A new approach to taxonomy. Ph.D. Thesis, Lund Univ.

Stramma, L. and R. G. Peterson. 1989. Geostrophic transport in the Benguela Current region. J. Phys. Oceanogr., *19*, 1,440-1,448.

Takahashi, K. 1986. Seasonal fluxes of pelagic diatoms in the subarctic Pacific, 1982-1983. Deep-Sea Res., *33*, 1225-1251.

Treppke, U. F., C. B. Lange and G. Wefer. 1995. Vertical fluxes of diatoms and silicoflagellates in the eastern equatorial Atlantic, and their contribution to the sedimentary record. Marine Micropal. (in press).

Van Iperen, J. M., T. C. E. van Weering, J. H. F. Jansen and A. J. van Bennekom. 1987. Diatoms in surface sediments of the Zaire deep-sea fan (SE Atlantic Ocean) and their relation to overlying water masses. Neth. J. Mar. Res., *21*, 203-217.

Vavilova, V. V. 1990. Marine Biology: Phytoplankton of the Benguela upwelling system off Namibia in the austral autumn of 1985. Oceanology, *30*, 472-477.

Wefer, G. and G. Fischer. 1993. Seasonal patterns of vertical flux in equatorial and coastal upwelling areas of the eastern Atlantic. Deep-Sea Res., *40*, 1613-1645.

Yoder, J. A., S. G. Ackleson, R. T. Barber, P. Flament and W. M. Balch. 1994. A line in the sea. Nature, *371*, 689-692.

3. Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der im vorigen Kapitel beschriebenen und diskutierten Untersuchungen werden hier im folgenden zusammengefaßt:

I) Die Untersuchung der saisonalen Variationen im Diatomeen- und Silikoflagellatenfluß an zwei Stationen in Wassertiefen von 853 m und 696 m im östlichen tropischen Atlantik werden in der Arbeit *Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and their relationships to trade winds, hydrography and upwelling events* (Lange et al.,1994) vorgestellt. Sie zeigen, daß der Fluß beider Organismen mit dem Fluß biogenen Opals, als auch der Gesamtpartikel korreliert. Der Anteil biogenen Opals an dem Gesamtpartikelfluß an der nördlichen GBN3-Station beträgt zwischen 3 und 20% , und ist somit durchschnittlich höher als an der südlichen Position (GBZ4), wo er zwischen 3 und 11% variiert (Wefer & Fischer, 1993). Der jährliche Diatomeenfluß ist ebenfalls an der GBN3-Station höher als an der GBZ4-Station, und zwar um den Faktor drei. Der Silikoflagellatenfluß jedoch ist an beiden Stationen ungefähr gleich. Nördlich des Äquators treten zwei deutliche saisonale Diatomeen- und Silikoflagellatenflußmaxima (März-April, August-September), sowie ein weniger ausgeprägtes im Oktober-November auf. Südlich des Äquators gibt es dagegen nur ein Maximum (März-Mai). Im Vergleich zu anderen kieseligen Organismen liegt die Anzahl der Diatomeenschalen um eine (Radiolarien) bzw. zwei Zehnerpotenzen (Silikoflagellaten) höher. Im Vergleich zu den anderen genannten Opalproduzenten korreliert der Diatomeenfluß deutlich besser mit dem Opalfluß. Von 202 bestimmten Diatomeenarten machen nur 7 bzw. 12 Arten oder Artengruppen 50 bzw. 75% der Gesamtdiatomeenvergesellschaftung aus. An beiden Stationen tragen Arten der Gattung *Nitzschia* und *Pseudo-Nitzschia,* sowie *Thalassionema nitzschioides* var. *parva* wesentlich zum Gesamtdiatomeenfluß während des Beprobungsjahres bei, wobei Arten der *Nitzschia bicapitata*-Gruppe dominieren. Von Juli bis Anfang September erreicht diese Gruppe mit vornehmlich kleinen, relativ schwach silizifizierten Individuen ihr Maximum von 68-83%. Diese monospezifische Vergesellschaftung repräsentiert den saisonalen Sommerauftrieb, der zeitlich mit der nördlichen Lage der ITCZ, einem verstärkten SEC und den kältesten Oberflächentemperaturen zusammenfällt.

Während des borealen Winters und Frühjahres, wo die ITCZ ihre südlichste Position erreicht, können windtransportiertes Material, darunter auch Süßwasserdiatomeen und Phytolithe, sowie Nährstoffe durch den NO-Passatwind bis in den Bereich südlich des Äquators transportiert werden. Dieser äolische Eintrag ist mit dem Frühjahrsmaximum an beiden Stationen belegt und zeigt sich deutlich in dem Maximum litoraler und Süßwasserarten, sowie der Phytolithe.

Das Auftreten der antarktisch-subantarktischen Art *Fragilariopsis kerguelensis* im Juli südich des Äquators weist auf den Transport einzelner Arten innerhalb bestimmter Wassermassen

selbst über große Distanzen hin. Ein solcher Transport könnte mit starken SO-Passatwinden und hohen Geschwindigkeiten des SEC während der Auftriebszeit im Zusammenhang stehen.

II) Nachdem die Saisonalität im Diatomeen- und Silikoflagellatenfluß im äquatorialen Auftriebsgebiet im vorherigen Kapitel untersucht wurde, konnte in dem Manuskript *Vertical fluxes of diatoms and silicoflagellates in the eastern equatorial Atlantic, and their contribution to the sedimentary record* (Treppke, Lange, Wefer; im Druck) gezeigt werden, wie sich das saisonale Flußmuster an der Position GBN3 in 853 m Wassertiefe in größerer Wassertiefe abbildet und in welcher Form es im Oberflächensediment erhalten wird. Die signifikanten Frühjahrs-und Sommermaxima im Diatomeen- und Silikoflagellatenfluß in 853 m Wassertiefe sind in einer etwas modifizierten Form in 3921 m Wassertiefe wiederzuerkennen. Der Flußverlauf ist in der tieferen Falle gegenüber der flacheren geglättet und zwischen den Maxima in beiden Tiefen besteht ein Zeitversatz, der für das Frühjahrsmaximum zwischen 38 bis 95 Tagen liegt.

Die höheren Flußwerte für Diatomeen und Silikoflagellaten, sowie für die Gesamtpartikel weisen deutlich auf einen zusätzlichen Eintrag zum vertikalen Fluß hin. Dieser Eintrag in 3921 m Tiefe ist vermutlich auf lateralen Transport von Material aus der Küstenregion der Elfenbeinküste und Ghana zurückzuführen. Ein solcher Transport kann auch aufgrund des Flusses der Süßwasserdiatomeen angenommen werden. Während diese in 853 m im Frühjahr und Sommer von Bedeutung sind, verteilen sie sich in der unteren Falle das ganze Jahr über annähernd gleichmäßig. Diese Verteilung zeigt, daß zu dem vertikalen Fluß weitere Individuen eingetragen werden. Als Transportweg werden hangabwärtsgerichtete Trübeströme in Betracht gezogen.

Die Artenvergesellschaftungen in den einzelnen Jahreszeiten in 3921 m sind mit denen in 853 m vergleichbar und auch die Diversität ist in beiden Tiefen ähnlich. Die nahezu monospezifische Vergesellschaftung während des Sommermaximums in der flacheren Falle (siehe Arbeit I) entspricht in der unteren Falle einer wenig diversen Flora, jedoch dominiert auch in 3921 m die *N. bicapitata*-Gruppe.

Verschiebungen in den Anteilen von schwach und grob verkieselten Arten zwischen beiden Fallentiefen deuten auf Lösung unterhalb von 853 m Tiefe hin. Intensive Opallösung muß für die Wasser/Sediment-Grenzfläche angenommen werden. Berechnungen der mittleren jährlichen Diatomeen- und Silikoflagellatenflüsse für die Wassersäule und dem Oberflächensediment zeigen, daß fast 98% der kieseligen Schalen zwischen 853 m Wassertiefe und dem Meeresboden verloren gehen. Als Ursache hierfür wird Opal-untersättigtes Porenwasser angenommen.

Da die Lösung an der Wasser/Sediment-Grenze primär die leicht verkieselten Diatomeentaxa betrifft, wurden das Sommerauftriebssignal mit *N. bicapitata* und typische Arten für das Frühjahrsmaximum im Sediment nicht erhalten. Das bedeutet, daß die Prozentanteile der leicht löslichen Arten zugunsten der resistenten Arten drastisch verschoben werden. Die Untersuchung der Flora in Sedimentoberflächenproben auf einem Profil senkrecht zum Äquator zeigen, daß trotz der Anreicherung der grob verkieselten Taxa das Verteilungsmuster der Sedimentvergesellschaftungen die hydrographischen Bedingungen, sowie die Produktivität in der photischen Zone widerspiegelt.

III) In der dritten Arbeit *Diatom and silicoflagellate fluxes at the Walvis Ridge: an environment influenced by coastal upwelling in the Benguela System* (Treppke, Lange, Donner, Fischer, Ruhland, Wefer; akzeptiert) wird der Fluß kieseliger Algen an einer Position am Ostrand des Walfisch-Rückens, die sich im Einflußbereich des küstennahen Auftriebes vor Namibia befindet, behandelt. Der Diatomeenfluß in 599 m Wassertiefe zeigt, wie der Opal- und Gesamtpartikelfluß, eine deutliche bimodale Verteilung. Die Flußmaxima treten im Südherbst und Südfrühjahr auf. Nur der Silikoflagellatenfluß weist ein weiteres schwaches Maximum im Südwinter auf. Der Verlauf der einzelnen Flüsse korreliert positiv mit dem Windstress und negativ mit der Wasseroberflächentemperatur. In der tieferen Falle bei 1648 m ist nur das Maximum des Südherbstes nachgewiesen, weil diese Falle wegen eines technischen Defektes nur bis Anfang des Südwinters Material gefangen hat.

Von 150 bestimmten Diatomeenarten machen 19 Arten 50% der Gesamtvergesellschaftung aus. Die einzelnen Diatomeenarten folgen allgemein in ihrem Fluß dem bimodalen Muster des Gesamtflusses. Die beiden Maxima sind meistens nicht gleichwertig, so daß sie eine unterschiedliche Diatomeenzusammensetzung zeigen. Insgesamt ist die Diatomeenvergesellschaftung während des Beprobungsjahres sehr variabel, was sich vor allem in den relativen Häufigkeiten der Taxa dokumentiert. Mit Hilfe einer Clusteranalyse konnten saisonale Zusammenhänge zwischen einzelnen Taxa herausgefunden und dargestellt werden. So charakterisieren Arten wie *Thalassionema nitzschioides* das Südfrühjahrsmaximum, deren vermehrtes Auftreten an küstennahen Auftrieb gekoppelt ist. Daher kann dieses Maximum, das durch eine geringe Diversität charakterisiert ist, als Folge des Küstenauftriebs vor Namibia betrachtet werden. Dagegen zeichnet sich das Maximum im Südherbst durch eine hohe Diversität aus. Auch während dieses Maximums ist *T. nitzschioides* häufig vertreten und repräsentiert den ganzjährig wirksamen Küstenauftrieb. Charakterisiert wird dieses Maximum aber durch küstenliebende Arten *wie Amphora* aff. *ostrearia, Guinardia cylindrus, Hemiaulus sinensis, Navicula* spp., *Thalassiosira poro-irregulata.* Diese Arten sind jedoch an Auftriebsereignisse vor der Küste gebunden. Als Herkunftsgebiet für diese Arten wird das Angola-Becken angesehen. Während des Südherbstes befindet sich die Angola-Benguela-Front an ihrer südlichen Position,

so daß Intrusionen warmen, salzreichen Wassers in das nördliche Benguela-System auftreten. Derartige Intrusionen könnten für den hohen Fluß dieser Küstenarten, und damit für das Herbstmaximum verantwortlich sein.

Während des Südsommers und Winters, d. h. Zeiten sehr niedrigen Flusses, repräsentieren die relativen Häufigkeitsmaxima pelagischer, tropisch-temperierter Arten eher ozeanische Bedingungen. Im Südsommer deutet das Aufkommen küstenliebender Arten zusammen mit den ozeanischen Taxa auf eine Mischung oder kurzzeitige Wechsel hydrographischer Bedingungen hin. Der Einfluß antarktischer bzw. subantarischer Wassermassen besonders auf den Fluß in 599 m Tiefe ist in dem Auftreten von *Fragilariopsis kerguelensis* dokumentiert. Wirbel, die sich im Bereich der Agulhas-Retroflektion lösen und nach Norden wandern, könnten für den Transport dieser Art eingebunden in solche südlichen Wassermassen verantwortlich sein.

Der Vergleich des Diatomeenflusses in 599 m Tiefe während des Südherbstes bis Anfang Winter mit 1648 m zeigt, daß das Herbstmaximum mit den gleichen typischen Arten auch in der tieferen Falle überliefert ist. Einen relativen Häufigkeitsanstieg hauptsächlich der Küsten- und Warmwasserarten, die auch relativ grob verkieselt sind, läßt auf lateralen Eintrag zum einen vom Schelf und zum anderen durch Transport in tieferen Wassermassen schließen.

Die saisonalen Änderungen in der Diatomeenvergesellschaftung führen im Oberflächensediment zu einer gemischten Flora von ozeanischen und litoralen Arten. Die Prozentanteile dieser Arten reflektieren jedoch nicht die Dominanz der Küstenarten in der Wassersäule. Aufgrund der Lösung an der Wasser/Sediment-Grenze werden die jeweils grob verkieselten Anteile der verschiedenen Vergesellschaftungen angereichert. Hierbei fällt auf, daß die resistente *F. kerguelensis* in dieser Sedimentvergesellschaftung nicht überliefert ist.

Die robusten Dauerstadien von *Chaetoceros* weisen auf einen lateralen Sedimenteintrag von der Küste her hin. Ein fluviatiler Eintrag konnte weder im Sediment noch in den Fallen nachgewiesen werden. Ein schwacher kontinentaler Einfluß konnte anhand von äolisch eingetragenen Phytolithen in der Wassersäule und im Sediment belegt werden.

Die Anreicherung einiger grob verkieselter Arten bereits in der Wassersäule ist weniger auf Opallösung, als auf Advektion zurückzuführen. Die Veränderungen in der relativen und absoluten Häufigkeitsvertelung grob und leicht silizifizierter Arten im Sediment verdeutlicht, daß die Opallösung hauptsächlich an der Sedimentoberfläche stattfindet. Das Ausmaß der Lösung konnte mit Hilfe des Vergleiches des jährlichen Diatomeen- und Silikoflagellatenflusses in 599 m Wassertiefe mit der jährlichen Akkumulationsrate dieser Organismen quantifiziert werden: nur 1% des Flusses in der Wassersäule bleibt im Sediment erhalten.

4. Vergleich der Diatomeenverteilung in der Wassersäule und im Sediment zwischen dem Guinea-Becken und dem Walfisch-Rücken

4.1. Vergleich des Diatomeenflusses im Guinea-Becken und am Walfisch-Rücken

Der jährliche Gesamtpartikelfluß ist an der Walfisch-Rücken-Position höher als an den Positionen im Guinea-Becken (Abb. 4.1). Dieses entspricht der höheren Produktivität am östlichen Walfisch-Rücken im Einflußbereich des Küstenauftriebes vor Namibia und damit einem erhöhten Partikelfluß im Vergleich zum äquatorialen Auftriebsgebiet (Berger et al., 1989). Im Gegensatz hierzu ist der Diatomeenfluß gemessen in Individuenzahlen (Anzahl der Klappen m^{-2} y^{-1}) an der WR-Position niedriger als an der GBN-Position (Abb. 4.1). Betrachtet man das Artenspektrum, so zeigt sich, daß im Guinea-Becken die relativ kleinen Arten der *Nitzschia bicapitata*-Gruppe deutlich dominieren und entweder kleinere (*Neodelphineis indica, T. nitzschioides* var. *parva, F. pseudonana*) oder relativ schwach verkieselte Arten (*Pseudo-Nitzschia* spp., *T. bacillaris*) zahlenmäßig überwiegen (siehe Kapitel 2.1 und Appendix I desselben Kapitels). Am Walfisch-Rücken dagegen treten neben den relativ schmalen und langen *T. nitzschioides* und *Pseudo-Nitzschia* spp. relativ große Arten z. B. der Gattungen *Proboscia, Rhizosolenia, Guinardia, Amphora* und *Coscinodiscus* in den Vordergrund (Kapitel 2.3, Anhang 6.2.2). Da der Kohlenstoffgehalt der Diatomeen eine Funktion ihres Zell- bzw. besser Biovolumens ist (Strathman, 1967), kann er größenordnungsmäßig für bestimmte Arten berechnet werden. So ergibt sich für den jährlichen Fluß von 21,8 x 10^8 Klappen m^{-2} y^{-1} der *N. bicapitata*-Gruppe an der GBN3-Position im Guinea-Becken basierend auf den Angaben von Strathmann (1967) und Ligowski (1993) ein C_{org}-Fluß von 22-220 mg m^{-2} y^{-1}. Im Vergleich dazu führt der um fast zwei Größenordnungen geringere Fluß von *P. alata* am Walfisch-Rücken (0,8 x 10^8 Klappen m^{-2} y^{-1}) zu einem zwei- bis vierfachen C_{org}-Fluß von 80-400 mg m^{-2} y^{-1}. Dieses zeigt, daß der zahlenmäßig geringere Diatomeenfluß an der WR-Position im Vergleich zur GBN-Position in einem höheren C_{org}-Fluß und damit wahrscheinlich in einer höheren Produktivität resultiert.

Den Angaben von Pitcher et al. (1991) zufolge, die die Phytoplanktonverteilung in der St. Helena-Bucht im südlichen Benguela-System untersuchten, sind die Diatomeen im Vergleich zu den Coccolithophoriden, Silikoflagellaten und Dinoflagellaten auch bei geringerer Zellkonzentration für einen höheren Beitrag zum C_{org}-Fluß verantwortlich. Selbst wenn die Anzahl der Diatomeenschalen nur 10 % der gesamten Phytoplanktonzellen ausmacht, kann ihr C_{org}-Anteil bis zu 90 % betragen (Pitcher et al., 1991). Der C_{org}-Gehalt einzelner Silikoflagellatenarten ist bisher nicht bekannt, weshalb ihr Beitrag zum C_{org}-Fluß nicht aufgrund der Individuenzahl berechnet werden kann.

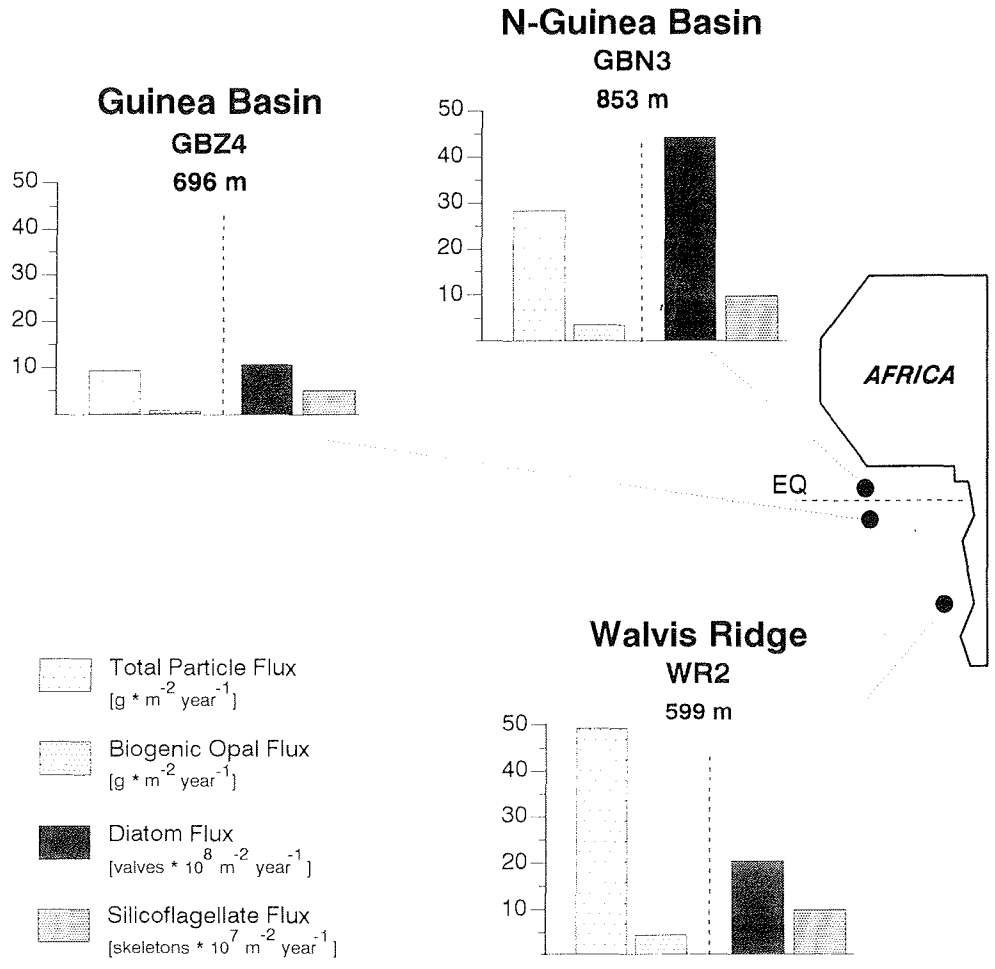


Abb. 4.1: Durchschnittlicher jährlicher Fluß von Diatomeen und Silikoflagellaten (in Individuen m^{-2} y^{-1}) im Vergleich zum Gesamtpartikel- und biogenen Opalfluß (Wefer & Fischer, 1993; in g m^{-2} y^{-1}.) gemessen an den Sinkstoffallenstationen im Guinea-Becken und am Walfisch-Rücken.

Wie die Untersuchungen von Pitcher et al. (1991) zeigen, sind die Diatomeen im küstennahen Bereich des südlichen Benguela-Systems die Hauptproduzenten organischen Kohlenstoffs. Nach Hentschel (1936) dominieren Diatomeen im Phytoplankton des gesamten Benguela-Auftriebsgebietes. Im äquatorialen Auftriebsgebiet hingegen sind nach Hentschel (1936) die Diatomeen den Coccolithophoriden zahlenmäßig geringfügig unterlegen. Die Korrelation des C_{org}-Flusses mit dem Karbonat- und Opal-Fluß im äquatorialen Ostatlantik ergibt jedoch einen höheren Koeffizienten zwischen C_{org} und Opal als zwischen C_{org} und Karbonat (Fischer & Wefer, 1995). Dieses weist darauf hin, daß Diatomeen gegenüber Coccolithophoriden und Silikoflagellaten auch bedeutende C_{org}-Produzenten im äquatorialen Auftrieb sind.

Das molare Si:C-Verhältnis kann benutzt werden, um bei bekannter Primärproduktion die Produktion biogenen Silikats zu bestimmen (Lisitzin, 1972; Nelson & Gordon, 1982). Der jährliche Fluß biogenen Opals ist wie der Gesamtpartikelfluß an der WR-Position höher als an der GBN-Position (Abb. 4.1). Ebenso wie im Widerspruch zum höheren Gesamtpartikelfluß stehen die niedrigeren Diatomeen-Zählwerte an der WR-Position auch im Widerspruch zum höheren Opalfluß an dieser Position. Dieser Widerspruch läßt sich wiederum mit Hilfe des Artenspektrum der Diatomeen auflösen. Da der Opalgehalt zwischen den Arten um bis um fünf Größenordnungen (Conley et al., 1989), aber auch innerhalb einer Art stark variieren kann, wird der Opal- bzw. der Si-Gehalt einer Diatomeenpopulation nicht nur von der Individuenzahl, sondern vielmehr von der Artenzusammensetzung bestimmt. Der Si-Gehalt einzelner Individuen, der von der Größe der Zelle, vom Verkieselungsgrad und vom Wassergehalt abhängt, kann über das Zell- oder Biovolumen bestimmt werden (Conley et al., 1989). So bedingt im Guinea-Becken die Dominanz der kleinen Schalen der *N. bicapitata*-Gruppe ein niedrigeres Gewicht trotz höherer Individuenzahl als die am Walfisch-Rücken vorkommenden größeren und / oder stärker verkieselten Arten z. B. der Gattungen *Proboscia, Rhizosolenia, Guinardia, Coscinodiscus,* und *Fragilariopsis* (*F. kerguelensis*) mit einem bis zu vier Größenordnungen höherem Si-Gehalt pro Diatomeenzelle. Bei einem Biovolumen zwischen ca. 200 und 1700 μm^3 bei Arten der Gattung *Nitzschia* beträgt der Si-Gehalt pro Zelle weniger als 1 pmol, bei den relativ großen, zentrischen Arten der Gattungen *Corethron, Rhizosolenia, Proboscia* und *Coscinodiscus* beträgt er über 10 und bis zu 5600 pmol Si pro Zelle (Conley et al., 1989). Daraus ergibt sich z. B. für den jährlichen Fluß von 0,8 x 10^8 Klappen m^{-2} y^{-1} der *P. alata* am Walfisch-Rücken ein Fluß von 90 mg m^{-2} y^{-1}, während der um das 27fache höhere jährliche Fluß von 21,8 x 10^8 Klappen m^{-2} y^{-1} der *N. bicapitata*-Gruppe im Guinea-Becken ein um 40% geringeren Fluß von 55 mg m^{-2} y^{-1} ergibt. Dieses weist darauf hin, daß im Bereich des Walfisch-Rückens vermehrt Diatomeenarten mit einem höheren Si-Gehalt als im äquatorialen Ostatlantik zum Opalfluß beitragen. Auch die Ergebnisse von Bishop et al. (1977, 1978) zeigen, daß der durchschnittliche Si-Gehalt der Diatomeen aus den obersten 400 m der Wassersäule an einer Station im Kap-Becken doppelt so hoch ist als an der Station im Guinea-Becken. Die hohen Variationen des Si-Gehaltes zwischen den Arten machen deutlich, daß die Höhe des Diatomeenflusses gemessen in Individuenzahlen zwar nicht als absolutes Maß verwendet werden kann. Wie aber die saisonalen Veränderungen im Diatomeenfluß in der Wassersäule zeigen, spiegelt auch der Fluß gemessen in Individuenzahlen die relativen Veränderungen in der Opalproduktion wieder, die unter Berücksichtigung des Artenspektrums semiquantitativ erfaßt werden können.

Der jährliche Fluß der Silikoflagellaten ist im äquatorialen Auftriebsgebiet und am Walfisch-Rücken etwa gleich und ist eine Größenordnung kleiner als der Diatomeenfluß (Abb. 4.1.1). Takahashi´s (1991) Berechnungen zufolge beträgt der Anteil der Silikoflagellaten an der Opalproduktion weniger als 1 %. Bishop et al. (1977) fanden an äquatorialen Proben, daß der Si-

Gehalt der größten Silikoflagellaten (40 µm) um eine Größenordnung kleiner ist als der einer durchschnittlich großen Diatomee (60 µm). Daraus wird ersichtlich, daß Veränderungen in der Silikoflagellatenproduktion den Fluß biogenen Opals deutlich weniger beeinflussen als die Diatomeenproduktion.

4.2. Diatomeenverteilung in Oberflächensedimenten des Guinea-Beckens, vor dem Kongo und am Walfisch-Rücken

Wie im vorigen Kapitel gezeigt wurde, ist für die Berechnung des C_{org}- und des biogenen Opalflusses auf der Basis kieseliger Komponenten die Zusammensetzung der kieseligen Organismen und die Artenzusammensetzung innerhalb der Organismengruppen von Bedeutung. Für die Rekonstruktion der Kohlenstoff- und der Opalproduktion ist es deshalb wichtig, die Diatomeenvergesellschaftungen der Wassersäule und des Sedimentes zu erfassen. Erst wenn die Veränderungen von der Bio- zur Taphozönose erfaßt sind (siehe Kapitel 2.2 und 2.3), kann aufgrund von Analysen fossiler Vergesellschaftungen auf die Produktionsverhältnisse geschlossen werden.

Da die Primärproduktion an die hydrographischen Bedingungen gekoppelt ist, steht die zeitliche als auch räumliche Verteilung der Diatomeen ebenfalls im Zusammenhang mit den Veränderungen der Wassermassen. So spiegelt der Diatomeenfluß die Saisonalität im Auftriebsgeschehen und die Vorherrschaft bestimmter Wassermassen wider, was anhand der Sinkstoffallenuntersuchungen gezeigt werden konnte (Kap. 2.1, 2.3). Das saisonale Signal ist zwar im Oberflächensediment bei den relativ geringen Sedimentationsraten nicht aufzulösen, bestimmte hydrographische Verhältnisse spiegeln sich jedoch in der Verteilung der Diatomeen im Sediment wider, was aus der Diatomeenverteilung auf dem GKG-Oberflächenprobenprofil (Kapitel 2.3) hervorgeht.

Das Verteilungsmuster der Gesamtdiatomeenkonzentrationen im Guinea-Becken, am Walfisch-Rücken und vor dem Kongo (Abb. 4.2), die zwischen $< 1 \times 10^5$ und $> 1 \times 10^8$ Klappen pro 1 g Trockensediment variieren, ist das Resultat von Produktion im Oberflächenwasser und Anreicherung im Sediment: Die niedrigeren Werte am Walfisch-Rücken im Vergleich zum Guinea-Becken sind auf geringere Produktion zurückzuführen, die niedrigen Werte am Ostrand des Rückens eher auf Verdünnung durch lateralen Eintrag (Kapitel 2.3). Verdünnung durch terrigene Komponenten führt auch zu den extrem niedrigen Werten vor der Küste Angolas. Die hohen Konzentrationen vor der Kongomündung dagegen beruhen außer auf einer erhöhten Produktion (Berger, 1989) auch auf der guten Erhaltung der Diatomeenschalen aufgrund ihres hohen Aluminiumanteils (Van Bennekom et al., 1988). Im Guinea-Becken spiegelt die

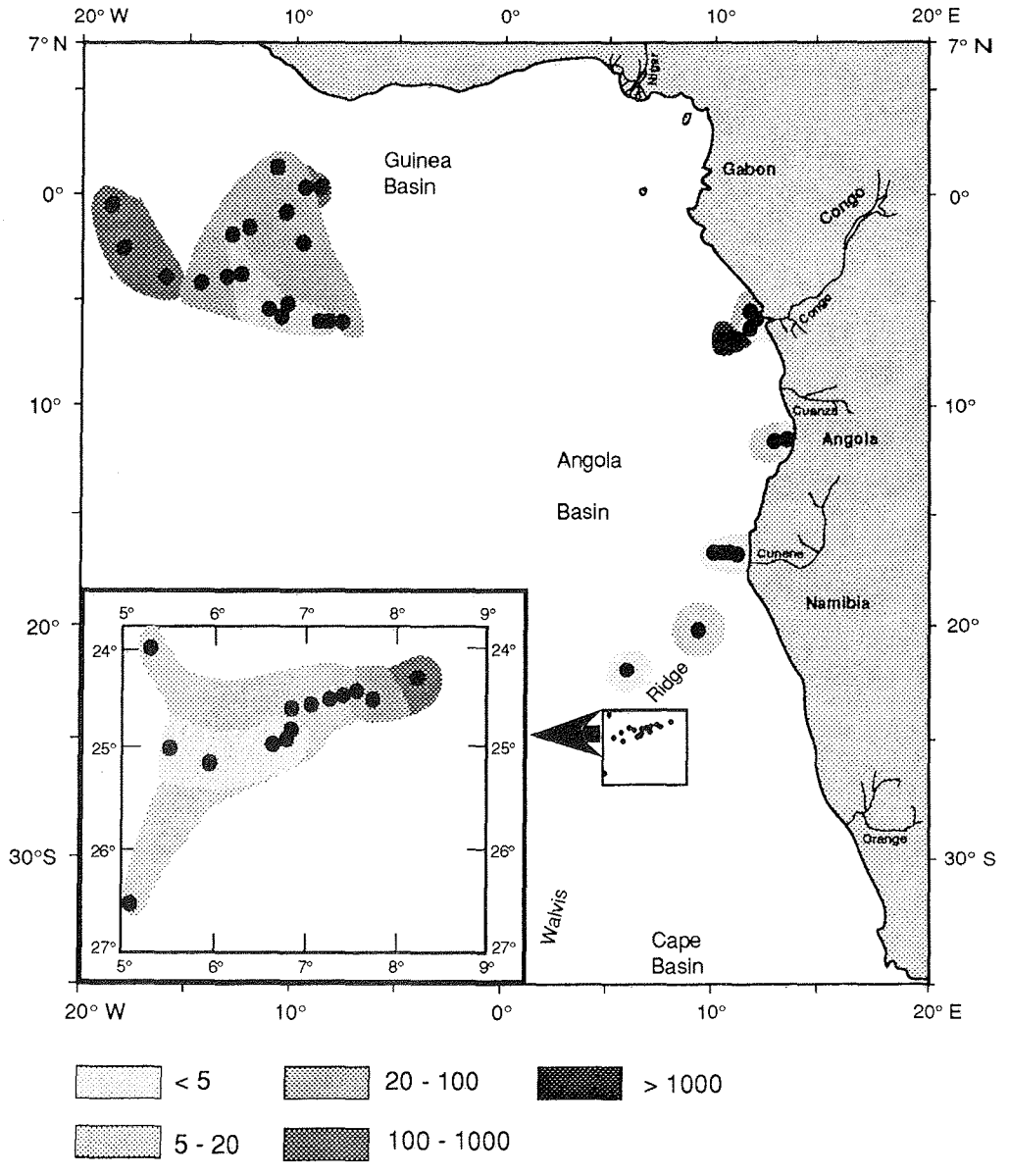


Abb. 4.2: Verteilung der Diatomeenkonzentration in GKG-Sedimentoberflächenproben (Stationen siehe Abb. 1..2. und Kap. 6.3.1) angegeben in Anzahl der Klappen x 10^5 pro 1 g Trockensediment.

Verringerung der Diatomeenkonzentrationen von N nach S eine Abnahme in der Produktion wider (Berger, 1989). Die hohen Konzentrationen an den westlichen Stationen im Guinea-Becken gehen auf Anreicherung grob verkieselter Diatomeenschalen durch selektive Lösung fein verkieselter Schalen einerseits, und Lösung kalkschaliger Organismen unterhalb der CCD andererseits zurück.

Um die Vergesellschaftung von Diatomeentaxa und deren räumliche Verbreitung zu ermitteln, wurde der Gesamtdatensatz der Diatomeen im Oberflächensediment von 39 Proben unter Anwendung der Q-Modus Hauptkomponentenanalyse (Kap. 1.3.1, 6.3.2) bearbeitet. Die Lösung von sechs Vergesellschaftungen bzw. Faktoren erklärt 95 % der Ausgangsvarianz. Die Kommunalitäten der einzelnen Stationen betragen zwischen 0,85 und 0,99 (Kap. 1.3.1). Die dominanten und ökologisch wichtigen Arten der verschiedenen Faktoren sind in Tab. 4.1 aufgelistet. Die geographische Verbreitung der einzelnen Faktoren, die entsprechend ihrem Vorkommen benannt sind, zeigt Abb. 4.3.

Faktor 1 **äquatorialer Auftrieb**	Faktor 2 **oligotrophe Bedingungen**	Faktor 3 **flußinduzierter Auftrieb / Anreicherung**	Faktor 4 **Südäquatorialstrom**	Faktor 5 **äolischer / fluviatiler Eintrag**	Faktor 6 **antarktisches Bodenwasser**
Rhizosolenia bergonii	*T. nitzschioides* var. *parva*	*Chaetoceros*-Dauersporen	*Azpeitia nodulifer*	Süßwassertaxa	*Azpeitia* spp. [1]
Pseudoeunotia doliolus	*Thalassiothrix* spp. [3]	*Coscinodiscus* spp.	*Roperia tesselata*	*T. nitzschioides*	*Pseudoeunotia doliolus*
Azpeitia spp. [1]	*Azpeitia* spp. [1]	*T. nitzschioides*	*Pseudoeunotia doliolus*	*T. nitzschioides* var. *parva*	*T. nitzschioides*
Süßwassertaxa	*Pseudoeunotia doliolus*	*Paralia sulcata*	*Thalassiothrix* spp. [3]		*Thalassiosira oestrupii*
T. eccentrica-Gruppe [2]	*Nitzschisa. marina*	Süßwassertaxa			*Actinocyclus* spp.
	T. nitzschioides	*Actinoptychus* spp.			*Hemidiscus cuneiformis*
		Delphineis karstenii			*Thalassiosira lineata*
					Proboscia alata
					Fragilariopsis kerguelensis

1: *Azpeitia neocrenulata, A. tabularis, A. tabularis* var. *egregius*
2: *Planktonella sol, Thalassiosira eccentrica, T. punctifera, T. symmetrica*
3: *Thalassionema frauenfeldii, Thalassionema sp. A., Thalassiothrix delicatula, T. longissima, T. mediterranea, T. vanhoeffenii*

Tab. 4.1: Artenzusammensetzung der im Q-Modus errechneten Vergesellschaftungen basierend auf die Verteilung der häufigen Arten in den GKG-Oberflächenproben (Kap. 6.3.2). Die Arten der einzelnen Faktoren sind in der Reihenfolge abnehmender Faktorladung angeben.

Das Guinea-Becken wird charakterisiert durch Arten der Faktoren 1 und 4 (Abb. 4.3). Der Faktor 1, der 29,6 % der Varianz erklärt (Anhang 6.3.2), zeichnet sich durch die Dominanz von *Rhizosolenia bergonii* aus. Daneben sind weitere ozeanische Arten wie *Pseudoeunotia doliolus*, *Azpeitia neocrenulata* und *A. tabularis* (hauptsächlich die Varietät *A. tabularis* var. *egregius*; Tab. 4.1) von Bedeutung, allerdings mit deutlich niedrigeren Faktorladungen. Die Verbreitung dieses Faktors entspricht der mittleren Ausdehnung des äquatorialen Auftriebes und reflektiert erhöhte Produktivität in diesem Gebiet. Ein vermehrtes Auftreten von *R. bergonii* in Sedimenten im Auftriebsbereich wurde auch von Maynard (1976) festgestellt. Neben den ozeanischen Arten (siehe Tab. 4.1) tragen zu der *Rhizosolenia bergonii*-Vergesellschaftung auch Süßwasserarten bei. Die Süßwasserflora repräsentiert in ihrer von Norden nach Süden abnehmenden Häufigkeit, vergleichbar den Phytolithen (Kap. 2.2), den bis südlich des Äquators reichenden Einfluß des NO-Passates auf die Partikelsedimentation.

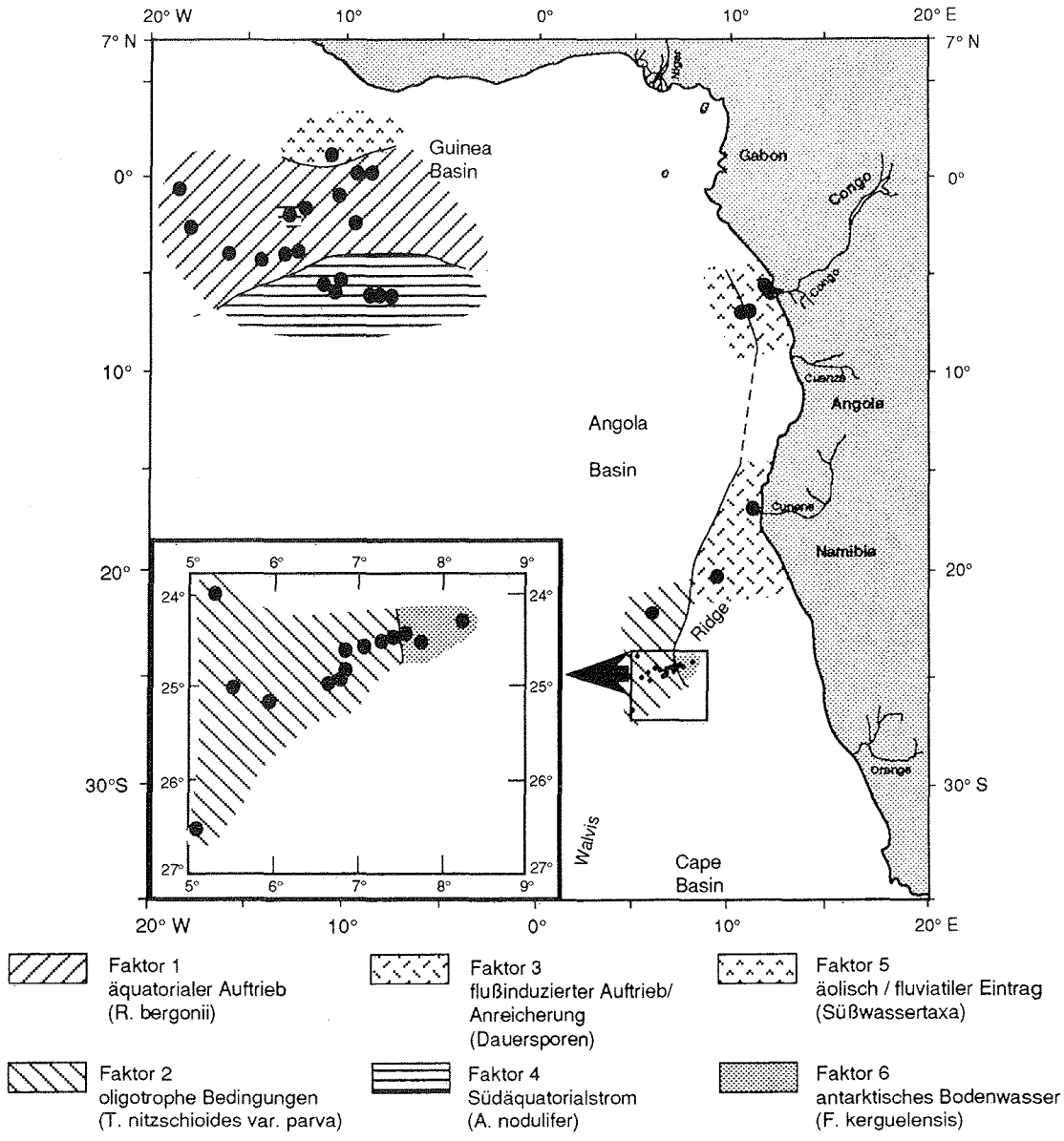


Abb. 4.3: Verbreitung der Diatomeenvergesellschaftungen (Faktoren) basierend auf dem höchsten Faktorwert einer Probe; nur Faktor 6 zeigt bei Station 1212 und 1213 die zweithöchsten Werte (Stationen siehe Abb. 1.2). Zu den Faktoren ist die jeweilige typische Art angegeben.

Nach Süden hin schließt sich die *Azpeitia nodulifer*-Vergesellschaftung des Faktors 4 an (Tab. 4.1; Abb. 4.3), der 16,3 % der Gesamtvarianz erklärt (Anhang 6.3.2) und der ebenfalls wie Faktor 1 mit *P. doliolus* assoziiert ist. Im Unterschied zu Faktor 1 gewinnen *R. tesselata* und Arten der Gattung *Thalassiothrix* an Bedeutung. Diese Vergesellschaftung reflektiert den Einfluß des Südäquatorialstromes, der Wasser aus dem Benguela-System in die äquatoriale Region transportiert. Nach Pokras & Molfino (1986) treten diese pelagischen Arten mit zunehmender Entfernung vom äquatorialen Auftriebsgeschehen in den Vordergrund. Die Süßwasserflora trägt bei Faktor 4 nicht wie bei Faktor 1 eine positive, sondern negative Ladung,

ein Beleg dafür, daß der äolische Eintrag durch den NO-Passat nicht wesentlich über 5° S hinausreicht. Ein vergleichbares Bild ergeben die Untersuchungen von Pokras (1991).

Der Faktor 5 (Tab. 4.1; Abb. 4.3), der die Süßwasserflora repräsentiert, ist zwar nur durch zwei Stationen im nördlichen Guinea-Becken und vor der Kongo-Mündung belegt (4,9 % der Gesamtvarianz, siehe Anhang 6.3.2), die aber signifikante Faktorladungswerte aufweisen. Im Gegensatz zum Guinea-Becken, wo die Süßwasserarten durch den NO-Passat eingetragen werden (siehe Kapitel 2.2), ist ihr Auftreten vor der Kongomündung fluviatil bedingt. Es fällt auf, daß die Süßwasser-Vergesellschaftung ihre höchste Ladung nicht direkt vor der Kongomündung, sondern erst in gößerer Wassertiefe (ab 2000 m) erreicht. Unmittelbar vor der Kongomündung werden die Süßwasserarten vermutlich durch das vermehrte Auftreten der *Chaetoceros*-Dauersporen verdrängt. Diese spiegelt sich auch in dem Verhältnis der Süßwasserdiatomeen zu den marinen Arten (Van Iperen et al., 1987) wieder, welches zwischen 3000 und 5000 m Wassertiefe innerhalb des Kongofächers am höchsten ist.

Neben den Süßwasserarten bestimmen vor der Kongomündung Dauersporen von vegetativen Zellen der Gattung *Chaetoceros* die Diatomeenvergesellschaftung. Dieses drückt sich im Faktor 3 (Tab. 4.1; Abb. 4.3), der 9,4 % der Gesamtvarianz erklärt (Anhang 6.3.2), aus. Das vermehrte Vorkommen der Dauersporen kann auf erhöhte Produktion infolge flußinduzierten Auftriebes zurückgeführt werden, was bereits bei Van Iperen et al. (1987) diskutiert wird. Dieser Auftrieb ist auch durch die relativ hohe Ladung der *Thalassionema nitzschioides* belegt. Die Dauersporen-Vergesellschaftung kommt außer vor dem Kongo auch am Kontinentalhang vor der Kunene-Mündung und am NO-Hang des Walfisch-Rückens vor. Die geringe Gesamtdiatomeenkonzentration und die terrigene Verdünnung zeigen an, daß das Auftreten der Dauersporen im Gegensatz zur Kongo-Mündung hier eher auf Anreicherung der schwer löslichen Schalen von Dauersporen basiert. Die küstennahe Verbreitung des Faktor 3 drückt sich auch in den Ladungen der brackischen Art *Paralia sulcata* und der neritisch lebenden *Delphineis karstenii*, sowie in der litoral allgemein häufiger werdenden Arten der Gattungen *Coscinodiscus* und *Actinoptychus* aus. In den Ergebnissen von Schütte & Schrader (1981) finden sich für die genannten Arten die gleichen Verteilungsmuster im Gebiet vor der Küste Namibias.

Die *Thalassionema nitzschioides* var. *parva*-Vergesellschaftung (Faktor 2; Tab. 4.1), die auf dem Walfisch-Rücken verbreitet ist (Abb. 4.3), erklärt wie Faktor 1 fast ein Drittel der Gesamtvarianz (Anhang 6.3.2). Die offen-ozeanischen Arten, die zwar auch im Guinea-Becken relativ häufig auftreten, zeigen am Walfisch-Rücken eine deutlich andere Häufigkeitsverteilung. Während *Thalassionema nitzschioides* var. *parva* und Arten der Gattung *Thalassiothrix* dominieren, tritt *Rhizosolenia bergonii* deutlich in den Hintergrund. In der Dominanz dieser pelagischen, oligotrophen Arten drückt sich hier eine geringere Produktivität als im äquatorialen Bereich aus.

Am Ost-Hang des Walfisch-Rückens belegen die Stationen, deren Wassertiefe größer als 4000 m beträgt, die höchsten Ladungen des Faktor 6 (Tab. 4.1; Abb. 4.3). Der erklärte Anteil an der Gesamtvarianz dieses Faktors ist mit 3,6 % (Anhang 6.3.2) sehr niedrig. Seine dominanten Arten sind die gleichen wie bei der *Thalassionema nitzschioides* var. *parva*-Vergesellschaftung von Faktor 2. Allerdings zeigt die hohe positive Ladung von *T. nitzschioides* einen zunehmenden Einfluß am östlichen Walfisch-Rücken von dem Auftriebsgeschehen vor der Küste von Namibia. Ein vermehrtes Auftreten von *T. nitzschioides* im Bereich zwischen Walfisch-Rücken und Küste beschreiben auch Pokras & Molfino (1986). Bezeichnend für den Faktor 6 ist das Auftreten von *Fragilariopsis kerguelensis*. Der Anteil dieser antarktischen Art ist zwar gering, doch kann mit dem Vorkommen dieser allochthonen Art der Einfluß antarktischen Bodenwassers belegt werden. Schütte & Schrader (1981), sowie Pokras & Molfino (1986) führen das Vorkommen dieser endemischen Art bis 25 bzw. 23° S ebenfalls auf Verfrachtung mit dem Bodenwasser zurück.

Obwohl sich die Diatomeenzusammensetzung an der Wasser/Sediment-Grenzfläche sehr stark ändert (Kapitel 2.2 und 2.3) und die oben beschriebenen Faktoren bzw. Vergesellschaftungen nur das Vorkommen der im Sediment gegenüber der Wassersäule angereicherten Taxa wiedergeben, spiegelt die geographische Verbreitung dieser Faktoren, trotz der hier vorliegenden unregelmäßigen Probenverteilung und -dichte, ein Muster wider, welches mit den hydrographischen Gegebenheiten im Oberflächenwasser (z. B. äquatorialer oder flußinduzierter Auftrieb), der Tiefenwasserzirkulation (Antarktisches Bodenwasser) und dem Windsystem (äolischer Eintrag durch Passatwinde) im Einklang steht. An- und Abreicherungsprozesse während des Absinkens und der Sedimentation können von Veränderungen in der Produktion in Abhängigkeit wechselnder hydrographischer Konditionen unterschieden werden, wenn die Diatomeenverteilung in der Wassersäule und im Sediment bekannt sind. Das heißt, daß unter Berücksichtigung der saisonalen Diatomeenverteilung in der Wassersäule bei der Analyse fossiler Vergesellschaftungen Produktions- und Erhaltungsfragen gelöst werden können, was für die Rekonstruktionen von Paläoumweltbedingungen von großem Nutzen ist. Es können Anreicherungen bestimmter Arten wie *Chaetoceros*-Dauersporen, grob verkieselter Süßwasserarten oder der endemischen *F. kerguelensis* entweder auf einzelne Produktionsereignisse, auf selektive Lösung oder lateralen Transport zurückgeführt werden.

Da sich die fossilen Diatomeenvergesellschaftungen im Ostatlantik während des Quartärs gegenüber den rezenten Sedimentvergesellschaftungen bezüglich der Häufigkeitsverteilung, aber nicht bezüglich der Artenzusammensetzung geändert haben, was aus den Arbeiten von Pokras (1984), Mikkelsen (1984), Stabell (1986) und Abrantes et al. (1994), sowie aus der qualitativen Analyse einiger Tiefenhorizonte der Schwerelotkerne 1008-3, 1016-3 und 1101-5 hervorgeht, kann die Anbindung der rezenten Sedimentvergesellschaftung an die saisonale Diatomeenverteilung bei weiteren Rekonstruktion von Produktion und Hydrographie dienlich sein.

4.3. Literatur

ABRANTES, F., MORENO, J., PINTO, J., BICKERT, T., MÜLLER, P. J. & SCHNEIDER, R. (1994): Paleoproductivity variations due to upwelling oscillations off SW Africa during the latest 180 kyrs. Poster and abstract, Symposium, The South Atlantic: Present and Past Circulation, 15-19. August 1994, Bremen. - Berichte Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, **52**: 10.

BERGER, W. H. (1989): Global maps of ocean productivity. - In: Berger, W. H., Smetacek, V. S. & Wefer, G. (Eds.): Productivity of the Ocean: Present and Past, John Wiley and Sons, Chichester, pp. 429-455.

BISHOP, J. K. B., EDMOND, J. M., KETTEN, D. R., BACON, M. P. & SILKERS, W. B. (1977): The chemistry, biology, and vertical flux of particulate matter from the upper 400 m of the equatorial Atlantic Ocean. - Deep-Sea Res., **24**: 511-548.

BISHOP, J. K. B., KETTEN, D. R. & EDMOND, J. M. (1978): The chemistry, biology, and vertical flux of particulate matter from the upper 400 m of the Cape Basin in the southeast Atlantic Ocean. - Deep-Sea Res., **25**: 1121-1161.

CONLEY, D. J., KILHAM, S. S. & THERIOT, E. (1989): Differences in silica content between marine and freshwater diatoms. - Limnol. Oceanogr., **34**: 205-213.

FISCHER, G. & WEFER, G. (1995): Downward particulate matter fluxes in the eastern and western Equatorial Atlantic: a comparison. - In: Tsunogai, S., Iseki, K., Koike, I & Oba, T. (Eds.): Global Fluxes of Carbon and ist related Substances in the Coastal Sea-Ocean-Atmosphere System, Proceedings of the 1994-IGPP Symposium (14-17.11.94), Hokkaido Univ., Sapporo, Japan: 317-331.

HENTSCHEL, E. (1936): Allgemeine Biologie des südatlantischen Ozeans. In: Defant, A. (Ed.): Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantik Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff "Meteor" 1925-1927, De Gruyter & Co., Berlin, Bd. **11**: 343 pp.

LIGOWSKI, R. (1993): Marine diatoms (Bacillariophyceae) in Antarctic ecosystem and their importance as an indicator of food source of krill (*Euphasia superba* Dana). - Habilitationsschrift, Univ. Lotz, Polen, 241pp.

LISITZIN, A. P. (1972): Biogenous sedimentation in the oceans. - In: Sedimentation in the World Ocean. Banza Press, Tulsa, Oklahoma, 218 pp.

MAYNARD, N. G. (1976): Relationship between diatoms in surface sediments of the Atlantic Ocean and the biological and physical oceanography of overlying waters. - Paleobiology, **2**: 99-121.

MIKKELSEN, N. (1984): Diatoms in the Zaire deep-sea fan and Pleistocene paleoclimatic trends in the Angola basin and west equatorial Africa. - Neth. J. Sea Res., **17**: 280-292.

NELSON, D. M. & GORDON, L. I. (1982): Production and pelagic dissolution of biogenic silica in the Southern Ocean. - Geochim. Cosmochim. Acta, **46**: 491-501.

PITCHER, G. C., WALKER, D. R., MITCHELL-INES, B. A. & MOLONEY, C.L. (1991): Short-term variability during an anchor station study in the southern Benguela upwelling system: phytoplankton dynamics. - Prog. Oceanog., **28**: 39-64.

POKRAS, E. M. (1984): Paleoclimatic investigation of late Quaternary diatoms from the equatorial Atlantic. - Ph. D. Thesis, Columbia University, 203 pp.

POKRAS, E. M. (1991): Source areas and transport mechanisms for frehwater and brackish-water diatoms deposited in pelagic sediments of the equatorial Atlantic. - Quat. Res., **35**, 144-156.

POKRAS, E. M. & MOLFINO, B. (1986): Oceanographic control of diatom abundances and species distributions in surface sediments of the tropical and southeast Atlantic. - Mar. Micropaleontol., **10**: 165-188.

SCHÜTTE, C. & SCHRADER, H. (1981): Diatom taphocoenoses in coastal upwelling areas of South West Africa. - Mar. Micropaleontol., **6**: 131-155.

STABELL, B. (1986): Variations of diatom flux in the eastern equatorial Atlantic during the last 400,000 years ("Meteor" cores 13519 and 13521). - Mar. Geol., **72**: 305-323.

STRATHMANN, R. R. (1967): Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. - Limnol. Oceanogr., **12**: 411-418.

TAKAHASHI, K. (1991): Mineral flux and biogeochemical cycles of marine planktonic protozoa - session summary. - In: Reid, P. C., Turkey, C. M., Burkhill, P. H. (Eds.): Protozoa and their Role in Marine Processes. - Nato ASI Series, Series G, Ecological Sciences, **25**, Springer Verlag, Berlin, 347-359.

VAN BENNEKOM, A. J., JANSEN, J. H. F., VAN IPEREN, S. J. & PETERS, J. (1988): Aluminum-rich opal: an intermediate in the preservation of biogenic silica in the Zaire (Congo) deep-sea fan. - Deep-Sea Res., **36**, 173-190.

VAN IPEREN, J. M., VAN WEERING, T. C. E., JANSEN, J. H. F. & VAN BENNEKON, A. J. (1987): Diatoms in surface sediments of the Zaire deep-sea fan (SE Atlantic Ocean) and their relation to overlying water masses. - Neth. J. Mar. Res., **21**: 203-217.

WEFER, G. (1991): Stofftransport zum Meeresboden: Eine Übersicht. - Naturwissenschaften, **78**: 1-6.

WEFER, G. & FISCHER, G. (1993): Seasonal pattern of vertical particle flux in equatorial and coastal upwelling areas of the eastern Atlantic. - Deep-Sea Res., **40**: 1613-1645.

5. Schlußfolgerungen und Ausblick

Aufgrund der Zusammensetzung des Partikelflusses im äquatorialen Auftriebsgebiet und im Randbereich des Küstenauftriebs vor Namibia ist ersichtlich, daß kalkige Organismen (Foraminiferen, Coccolithophoriden) im Plankton dominieren (siehe auch Wefer & Fischer, 1993). Die Phytoplanktonproduktion im Oberflächenwasser wird dort jedoch außer von Kalkalgen (Coccolithophoriden) und Dinoflagellaten auch von kieseligen Algen bestimmt. So zeigen die Untersuchungen dieser kieseligen Algenvergesellschaftungen, daß die Saisonalität in der Primärproduktion sich in der Variabilität des Flusses der Diatomeen und Silikoflagellaten widerspiegelt. Die jeweiligen typischen Auftriebsereignisse gehen mit einer geringen Diversität der Flora einher. Die qualitative Analyse der Diatomeen zeigt, daß sich in beiden Auftriebsgebieten die hydrographischen Bedingungen in spezifischen Vergesellschaftungen dokumentieren.

Im äquatorialen Auftriebsgebiet bestimmen ozeanische Diatomeenarten die Vergesellschaftung, wobei die *N. bicapitata*-Gruppe den Diatomeenfluß kontrolliert. In dem Flußmaximum dieser Gruppe nördlich des Äquators zeigt sich der Einfluß des Sommerauftriebs (August-September). In dem Diatomeenfluß etwa 2° südlich des Äquators ist dieses Auftriebsereignis nur schwach dokumentiert. Während des Nordwinters und Frühjahres, wenn sich die ITCZ an ihrer südlichsten Position befindet, beeinflußt der NO-Passat die Partikelsedimentation bis in den Bereich bei 2° S. Dieser Einfluß ist durch das Vorkommen von Süßwasserarten und Phytolithen belegt. Der NO-Passat bringt zusammen mit den Staubpartikeln auch Nährstoffe ein, die durch Erhöhung der Produktion zum Flußmaximum im März-Mai beitragen könnten.

Die saisonalen Vergesellschaftungen am Walfisch-Rücken spiegeln die wechselnden hydrographischen Bedingungen im Bereich zwischen eigentlichem Küstenauftrieb, Auftriebsfilamenten und ozeanischen (oligotrophen) Bedingungen wider. Der ganzjährig wirksame Küstenauftrieb bestimmt die Masse des Diatomeenflusses. Im Südfrühjahr, wenn er sein Maximum erreicht, ist der Diatomeenfluß fern der Küste in etwa 200 km Entfernung am höchsten. Dies kann mit einer Ausdehnung der Auftriebsfilamente erklärt werden. Die Auftriebsvergesellschaftung wird charakterisiert von *Thalassionema nitzschioides*, die weltweit in Verbindung mit Auftriebsbedingungen vorkommt. Die Dominanz dieser Art führt zu einer niedrig diversen Vergesellschaftung. Im Südherbst erfolgt eine Intrusion von Angolawasser in den Bereich des Walfisch-Rückens, so daß wärmeliebende Arten verstärkt eingebracht werden. Im Südwinter und Sommer herrschen ozeanische Wachstumsbedingungen, die zu einem niedrigen Fluß tropischer und temperierter Arten führen.

Der Vergleich des Diatomeenflusses mit dem Coccolithenfluß (Cepek et al., 1994) an der Walfisch-Rücken-Position zeigt, daß beide Algentypen zur gleichen Zeit ihre Maxima haben. Im

Gegensatz zu den eher geglätteten Maxima der Coccolithen (Cepek et al., 1994) ist die Diatomeenverteilung durch signifikante Peaks gekennzeichnet. Im allgemeinen wird angenommen, daß Diatomeen schneller auf die durch den Auftrieb eingebrachten Nährstoffe bezüglich Wachstum und Reproduktion reagieren. Erst eine nach der Diatomeenblüte sich bildende Schichtung des Oberflächenwassers führt dann zu einer bevorzugten Coccolithenbildung und -sedimentation.

Im Bereich des äquatorialen Auftriebes und vor der Küste Namibias konnten die saisonalen Diatomeen- und Silikoflagellatenflußmaxima über die Tiefe selbst bei einer Distanz von 3 km zwischen den Fallen verfolgt werden. Geringe Änderungen in den Prozentanteilen grob und leicht verkieselter Arten deuten auf eine minimale Opallösung in der tieferen Wassersäule (die Wasseroberflächenschicht ausgeschlossen) hin. Die Anreicherung von lösungsresistenteren Arten resultiert einerseits aus einer selektiven Lösung, anderseits kommt es zur lateralen Advektion von zum Teil resuspendierten, lösungsresistenten Individuen. Ein lateraler Transport innerhalb einer Wassermasse über sehr große Entfernungen wurde bisher nur für das Antarktische Bodenwasser angenommen. Das Vorkommen der sehr grob verkieselten antarktischen *F. kerguelensis* im Tiefenbereich des Antarktischen Zwischenwassers am Ostrand des Walfisch-Rückens, sowie südlich des Äquators deutet darauf hin, daß auch ein Transport mit dem Zwischen oder Zentralwasser möglich sein könnte.

Der Diatomeen- und Silikoflagellatenfluß nimmt im Sediment auf 1-2% der Flußmenge in der Wassersäule ab. Die Opallösung an der Wasser/Sediment-Grenze führt zu drastischen Veränderungen in der Diatomeenvergesellschaftung. Leicht verkieselte Taxa, deren Fluß sich in großen Wassertiefen nur wenig ändert, treten im Sediment nicht oder in nur geringen Häufigkeiten auf. Dagegen dominieren die stark verkieselten Arten, deren Anteile an der Vergesellschaftung in der Wassersäule zum Teil unter 1% liegen. Wie aus der räumlichen Verteilung einzelner resistenter Diatomeenarten und ihrer Vergesellschaftungen (Faktoren) hervorgeht, geben auch die "Lösungsvergesellschaftungen" das Muster der äquatorialen Oberflächenzirkulation und die Ausdehnung des Auftriebsgebietes wieder.

Die vorliegenden Diatomeen- und Silikoflagellatenstudien an Sinkstoffallenmaterial geben Einblick in den Transport silikatischer Algenskelette aus der photischen Zone zum Meeresboden und in das Sediment. Die saisonalen Flußdaten wurden mit Ergebnissen aus Oberflächensedimenten verglichen, um herauszufinden, ob und wie Signale aus der Wassersäule im Sediment erhalten werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß Daten von Jahresexperimenten mit Sinkstoffallen mit Untersuchungen an Sedimenten verglichen wurden, die eine Zeitspanne von einigen hundert bis tausend Jahren umfassen. Analysen mehrjähriger Zeitserien sind daher notwendig, um auch interannuelle Flußänderungen zu erfassen und besser fundierte Jahresmittelwerte zu erzielen.

5.1. Literatur

CEPEK, M., RUHLAND, G. & WEFER, G. (1994): Seasonal flux of coccolithophorids in the southeast Atlantic (Walvis Ridge). Abstract, Symposium, The South Atlantic: Present and Past Circulation, 15-19. August 1994, Bremen. - Berichte Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, **52**: 30.

WEFER, G. & FISCHER, G. (1993): Seasonal pattern of vertical particle flux in equatorial and coastal upwelling areas of the eastern Atlantic. - Deep-Sea Res., **40**: 1613-1645.

6. Anhang
6.1. Taxonomie

Die vorliegende Florenliste enthält in alphabetischer Reihenfolge sämtliche Diatomeenarten, die in dem untersuchten Probenmaterial auftreten. Im allgemeinen wurde bis auf Artniveau bestimmt. Nur bei wenigen selten auftretenden pennaten Arten wurde lediglich die Gattung angegeben. Die Bestimmung der Gattungen folgt wesentlich der Arbeit von Round et al. (1990). Neben dem Zitat der Erstbeschreibung wurden jeweils die Referenzen angegeben, nach denen die Bestimmung der jeweiligen Art erfolgte und die eine umfassende Beschreibung und Abbildung dieser enthalten. Synonyme wurden nur dann aufgeführt, wenn diese noch häufig in der aktuellen Literatur auftreten. Ausführliche Synonymlisten finden sich bei Hustedt (1930-1966) und bei Van Landingham (1967-1979). Die ökologischen Ansprüche bestimmter Arten, die an entsprechenden Stellen unter den Resultaten und Diskussionen beschrieben sind, werden hier nicht wiederholt.

Achnanthes BORY de ST. VINCENT 1822

Achnanthes spp.

Actinocyclus EHRENBERG 1837

Actinocyclus actinochilus (EHRENBERG) SIMONSEN 1982
Basionym: *Coscinodiscus actinochilus* ERENBERG, 1854
Synonym: *Charcotia actinochilus* (EHRENBERG) PRAGALLO 1921
Hustedt 1958, S. 122-126, Fig. 57-80 (als *Charcotia actinochilus*)

Actinocyclus curvatulus JANISCH 1878
Tafel III, Fig. 14
Hustedt 1930, S. 538, Fig. 307
Hustedt 1958, S. 129, Fig. 82-83
Bermerkung: In dem hier bearbeiteten Probenmaterial sind die Schalen dieser Art im allgemeinen nicht größer als 50 µm.

Actinocyclus elongatus GRUNOW 1881
Tafel III, Fig. 9
Kolbe 1954, S. 20, T. 3, Fig. 28, 31
Kolbe 1955, S. 164, T. 2, Fig. 20
Simonsen 1974, S. 21, T. 20, Fig. 1-3
Bemerkung: Entsprechend der Darstellung von Simonsen wurden in der vorliegenden Arbeit auch solche Formen dieser Art zugeordnet, die nach Kolbe (1954) mit *Actinocyclus ellipticus* var. *elongatus* bezeichnet werden.

Actinocyclus octonarius EHRENBERG (1838) 1861
Tafel III, Fig. 12
Hustedt 1930, S. 525, Fig. 298 (als *A. ehrenbergii*)
Hendey 1964, S. 83, T. 24, Fig. 3
Bemerkung: In dem hier untersuchten Probenmaterial kommen wesentlich nur Individuen vor, die 50 µm (was der kleinsten Größenangabe von Hustedt entspricht) und kleiner im Durchmesser sind. Außerdem treten einige von Hustedt (1930, S. 529-533, Fig. 299-302) beschriebene Variationen dieser Art wie *Actinocyclus octonarius* EHRENBERG var. *tenella*, var. *crassa* (Tafel III, Fig. 13) und *sparsa* auf, wovon *A. octonarius* var. *sparsa* am wenigsten vertreten ist (Beschreibung siehe: Villareal & Fryxell 1983, S. 453, Fig. 1-14). Da die Übergänge zwischen den Variationen fließend sind, wurden alle Variationen bei der Zählung unter der Art zusammengefaßt.

Actinocyclus okhotensis JOUSÉ 1968
Sancetta 1982, S. 224, T. 1, Fig. 4-6

Actinocyclus subtilis (GREGORY) RALFS 1861
Tafel III, Fig. 10
Hustedt 1930, S. 534-535, Fig. 304

Actinoptychus EHRENBERG 1839

Actinoptychus senarius (EHRENBERG) EHRENBERG 1843
Tafel III, Fig. 11
Syn.: *A. undulatus* (BAILEY) RALFS 1861
Hustedt 1930, S. 475, Fig. 264 (als *A. undulatus*)

Actinoptychus vulgaris SCHUMANN 1867
Sancetta 1982, S. 225, T. 1, Fig. 8

Actinoptychus splendens (SHADBOLT) RALFS 1861
Hustedt 1930, S. 478-479, Fig. 265

Amphiprora (EHRENBERG) CLEVE 1894

Amphiprora spp.
Bemerkung: sehr selten vorkommend

Amphora EHRENBERG ex KÜTZING 1844

Amphora cf. *ostrearia* BRÉBISSON 1849 var. *ostrearia* HENDEY 1951
Tafel X, Fig. 6
Hendey 1964, S. 266, T. 38, Fig. 5
Bemerkung: Die hier beobachtete Art entspricht der von Fenner et al. (1976) in Fig. 15, T. 11 abgebildeten Art. Fenner et al. vergleichen diese

Spezies mit A. biarcuata HEIDEN & KOLBE 1928.

Amphora sp. A
Tafel X, Fig. 3
Bemerkung: Aufgrund des Vorkommens dieser Art in dem hier untersuchten Probenmaterial zusammen mit tropisch marinen Arten, kann vermutet werden, daß es sich um eine marin lebende *Amphora*-Art handelt. Die Ventralseite der eher schmalen Schale ist nahezu gerade. Die Enden sind abgerundet. Die Länge beträgt zwischen 30 und 50 µm, die Breite zwischen 4,5 und 5,7 µm. Etwa 20 Striae kommen auf 10 µm. Die Art ähnelt *Amphora hyalina* KÜTZING, die von Hendey (1964) als eine im Litoral häufig vorkommende, oft planktisch lebende Art beschrieben wird.

Asterolampra EHRENBERG 1845

Asterolampra marylandica EHRENBERG 1844
Tafel IV, Fig. 9
Hustedt 1930, S. 485, Fig. 270-271.

Asteromphalus EHRENBERG 1844

Asteromphalus arachne (BRÉBISSON) RALFS in PRITCHARD 1861
Tafel IV, Fig. 8
Hustedt 1930, S. 493, Fig. 276

Asteromphalus brookei BAILEY 1856
Sancetta 1982, S. 226, T. 1, Fig. 9

Asteromphalus elegans GREVILLE 1859
Tafel III, Fig. 8
Greville 1859, S. 161, T. 7, Fig. 6

Asteromphalus flabellatus (BRÉBISSON) GREVILLE 1859
Tafel IV, Fig. 4
Hustedt 1930, S. 498-499, Fig. 279

Asteromphalus heptactis (BRÉBISSON) RALFS 1861
Tafel IV, Fig. 1
Hustedt 1930, S. 494, Fig. 277

Asteromphalus hiltonianus (GREVILLE) RALFS 1861
Yanagisawa 1987, T. 3, Fig. 8
Hernández-Becerril 1991, S. 16-17, T. 14-15

Asteromphalus imbricatus WALLICH 1860
Kolbe 1957, S. 25, T. 1, Fig. 1

Asteromphalus ingens SIMONSEN 1974
Simonsen 1974, S. 25, T. 21

Asteromphalus peterssonii (KOLBE) THORRINGTON-SMITH 1970
Schrader 1974, S. 912, T. 12, Fig. 10-13

Asteromphalus robustus CASTRACANE 1875
Tafel IV, Fig. 3
Hustedt 1930, S. 496-498, Fig. 278
Sancetta 1982, S. 226, T. 1, Fig. 10

Asteromphalus roperianus (GREVILLE) RALFS 1861
Tafel IV, Fig. 5
Sournia 1968, S. 26, T. 9, Fig. 61
Hernández-Becerril 1991, S. 21-23, T. 22-23

Asteromphalus sarcophagus WALLICH 1860
Tafel IV, Fig. 7
Taylor 1966, S. 443, T. 1, Fig. 6
Thorrington-Smith 1970, S. 820, T. 1 Fig. 1

Aulacoseira THWAITES 1848

Aulacoseira granulata (EHRENBERG) THWAITES 1848
Tafel I, Fig. 24; Deep-Sea Res. Plate 1, Part 14, 15
Syn.: *Melosira granulata* (EHRENBERG) RALFS 1861
Hustedt 1930, S. 248, Fig. 104

Azpeitia PERAGALLO 1912

Azpeitia africana (JANISCH ex SCHMIDT) FRYXELL & WATKINS, comb. nov. 1986
Tafel III, Fig. 1
Syn.: *Coscinodiscus africanus* JANISCH ex SCHMIDT 1878
Schmidt (Atlas der Diatomeenkunde) 1878, 15, T. 59, Figs. 24,25
Fryxell, Sims & Watkins 1986, S. 22-23, Fig. XXII, XXIII, XXX-1, 2

Azpeitia barronii FRYXELL & WATKINS 1986
Fryxell, Sims & Watkins 1986 S. 20-22, Fig. XVIII-3, 5, XIX, XX, XXI, XXXI
Bemerkung: sehr selten vorkommend. Der Übergang zwischen einer groben *A. nodulifer* und *A. barronii* scheint fließend zu sein.

Azpeitia neocrenulata (GRUNOW) FRYXELL & WATKINS, comb. nov. 1986
Tafel III, Fig. 2, 3
Syn.: *Coscinodiscus crenulatus* GRUNOW 1884
Fryxell, Sims & Watkins 1986, S. 18-19, Fig. XVI, XXX-2

Azpeitia nodulifer (SCHMIDT) FRYXELL & SIMS, comb. nov. 1986
Tafel III, Fig. 5
Syn.: *Coscinodiscus nodulifer* A.SCHMIDT 1878
Fryxell, Sims & Watkins 1986, S. 19-20, Fig. XVII, XVIII-1, 2, 4, 5, XXX-3, 4

Azpeitia tabularis (GRUNOW) FRYXELL & SIMS, comb. nov. 1986
Syn.: *Coscinodiscus tabularis* GRUNOW 1884
Hustedt 1930, S. 427, Fig. 230a
Fryxell, Sims & Watkins 1986, S. 16-18, Fig. XIV, XV, XXX-1

Azpeitia tabularis var. *egregius*
Hustedt 1930, S. 428, Fig. 230b

Bacteriastrum SHADBOLT 1854

Bacteriastrum comosum PAVILLARD 1916
Cupp 1943, S. 99-100, Fig. 58

Bacteriastrum elongatum CLEVE 1897
Tafel XI, Fig. 1
Cupp 1943, S. 99, Fig. 57

Bacteriastrum furcatum SHADBOLT 1854
Tafel X, Fig. 1
Syn.: *Bacteriastrum curvatum* SHADBOLT 1854
Syn.: *Bacteriastrum nodulosum* SHADBOLT 1854
Syn.: *Bacteriastrum varians* LAUDER 1864
Syn.: *Bacteriastrum delicatulum* CLEVE 1897
Cupp 1943, S. 96, Fig. 55
Boalch 1973, S. 159-162, Fig. 1-14
Fryxell 1978a, S. 62-71, Fig. 1-17

Bacteriastrum hyalinum LAUDER 1864
Tafel X, Fig. 2
Syn.: *B. solitarium,* Mangin (1912), S. 37, Fig. 24
Gaarder (1910)
Hustedt 1930, S. 615-617, Fig. 354
Cupp 1943, S. 96-98, Fig. 56A
Boalch 1975, S. 185-188, Fig. 8-10

Cerataulina PÉRAGALLO 1892

Cerataulina pelagica (CLEVE) HENDEY 1937
Tafel VII, Fig. 12, 15
Syn.: *Cerataulus bergonii* PERAGALLO 1889
Hustedt 1930, S.869, Fig. 517 (als *C. bergonii*)
Hasle & Syvertsen 1980, S. 82-84, Fig. 1-29, 95

Cerataulina smithii RALFS 1861
Hustedt 1930, S. 861, Fig. 513

Cerataulus EHRENBERG 1843

Cerataulus cf. *turgidus* (EHRENBERG) EHRENBERG 1844
Hustedt 1930, S. 860, Fig. 512

Chaetoceros EHRENBERG 1844

Chaetoceros affinis LAUDER 1864
Cupp 1943, S.124-126, Fig. 78
Rines & Hargraves 1988, S. 59, Fig. 113-114

Chaetoceros anastomosans GRUNOW 1885
Tafel VIII, Fig. 2
Cupp 1943, S. 140, Fig. 96

Chaetoceros atlanticus CLEVE 1873
Cupp 1943, S.103-104, Fig. 59A

Chaetoceros atlanticus var. *neapolitana* (SCHRÖDER) HUSTEDT 1930
Tafel VIII, Fig. 4
Cupp 1943, s. 104-105, Fig. 59B

Chaetoceros bacteriastroides KARSTEN 1907
Hustedt 1930, S. 739, Fig. 427
Fryxell 1978a, S. 62-71, Fig. 18-21, 28

Chaetoceros brevis SCHÜTT 1895
Cupp 1943, S. 129-130, Fig. 82
Rines & Hargraves 1988, S. 62, Fig. 120-122, 221

Chaetoceros coarctatus LAUDER 1864
Cupp 1943, S. 107-108, Fig. 62

Chaetoceros compressus LAUDER 1864
Cupp 1943, S. 119-120, Fig. 74
Rines & Hargraves 1988, S. 64, Fig. 131-134, 218

Chaetoceros concavicornis MANGIN 1917
Cupp 1943, S. 109-110, Fig. 66

Chaetoceros convolutus CASTRACANE 1886
Cupp 1943, S. 110-112, Fig. 67
Rines & Hargraves, 1988, S. 47, Fig. 94

Chaetoceros costatus PAVILLARD 1911
Cupp 1943, S. 127, Fig. 79
Rines & Hargraves 1988, S. 69, Fig. 139-140

Chaetoceros curvisetus CLEVE 1889
Cupp 1943, S.137-138, Fig. 93
Rines & Hargraves 1988, S. 71, Fig. 141-142

Chaetoceros debilis CLEVE 1894
Cupp 1943, S. 138-140, Fig. 95
Rines & Hargraves 1988, S. 72, Fig. 143-147

Chaetoceros decipiens CLEVE 1873
Cupp 1943, S.115-116, Fig. 70
Rines & Hargraves 1988, S. 75, Fig. 148-149, 152

Chaetoceros didymus EHRENBERG 1846
Tafel VIII, Fig. 1
einschließlich *C. didymus* var. *protuberans*
Cupp 1943, S. 120-122, Fig. 75
Rines & Hargraves 1988, S. 77, Fig. 154-163

Chaetoceros eibenii GRUNOW 1885
Cupp 1943, S. 106-107, Fig. 61
Rines & Hargraves 1988, S. 52, Fig. 102-104

Chaetoceros lorenzianus GRUNOW 1863
Tafel IX, Fig. 3
Cupp 1943, S. 117-118, Fig. 71
Rines & Hargraves 1988, S. 85, Fig. 178-184

Chaetoceros messanensis CASTRACANE 1875
Cupp 1943, S. 133-135, Fig. 89

Chaetoceros pendulus KARSTEN 1905
Cupp 1943, S. 114, Fig. 69

Chaetoceros peruvianus BRIGHTWELL 1856
Tafel VIII, Fig. 3
Cupp 1943, S. 113, Fig. 68
Rines & Hargraves 1988, S. 53, Fig. 108-112

Chaetoceros radicans SCHÜTT 1895
Tafel XI, Fig. 4; Deep-Sea Res. Plate 1, Part 16
Cupp 1943, S. 141-142, Fig. 97
Rines & Hargraves 1988, S. 90, Fig. 192-198

Chaetoceros rostratus LAUDER 1864
Tafel VIII, Fig. 6
Hustedt 1930, S. 660-661, Fig. 374
Rines & Hargraves 1988, S. 55, Fig. 105-107

Chaetoceros seiracanthus GRAN 1897
Hendey 1964, S. 129, T. 15, Fig. 1

Chaetoceros seychellarus KARSTEN 1907
Syn.: *Chaetoceros aurivillii*
Hustedt in A. Schmidt Atlas 1920, T. 327, Fig. 12-13
Taylor 1966, S. 445, Fig. 2, Fig. 8 (als *Ch. aurivillii*)
Thorrington-Smith 1970, S. 817

Chaetoceros sp. A
Tafel VIII, Fig. 5
Bemerkung: Diese einzellige vegetative Art konnte keiner bisher beschriebenen Art der Gattung *Chaetoceros* zugeordnet werden.

Chaetoceros-Dauersporen
Tafel IX, Fig. 5, 6
Bemerkung: Bei der qualitativen Analyse wurde versucht, die entsprechenden vegetativen Zellen zu den Dauersporen zu bestimmen. Bei der quantitaiven Analyse wurden sämtliche *Chaetoceros*-Dauersporen zu einer Gruppe gezählt. Beschreibung von Dauersporen bei Gaarder, 1910; Rines & Hargraves, 1988

Climacodium GRUNOW 1867

Climacodium frauenfeldianum GRUNOW 1867
Tafel IX, Fig. 2
Cupp 1943, S. 146-147, Fig. 105

Cocconeis EHRENBERG 1837

Cocconeis spp.
Bemerkung: selten vorkommende benthische Art; nicht auf Artniveau bestimmt.

Corethron CASTRACANE 1886

Corethron criophilum CASTRACANE 1886
Hendey 1937, S. 325, T. 7, 8

Coscinodiscus EHRENBERG 1840

Coscinodiscus alboranii
Hustedt 1930, S. 425-426, Fig. 228

Coscinodiscus asteromphalus EHRENBERG 1844
Hustedt 1930, S. 452, Fig. 250, 251a
Hasle & Lange, 1992, S. 42-45, Fig. 1-14

Coscinodiscus centralis EHRENBERG 1839
Hasle & Lange , 1992, S. 45-50, Fig. 15-30

Coscinodiscus granii GOUGH 1905
Hustedt 1930, S. 436, Fig. 237
Hasle & Lange, 1992, S.60-61, Fig. 63-76

Coscinodiscus jonesianus (GREVILLE) OSTENFELD 1915
Hustedt 1930, S. 438, Fig. 239

Coscinodiscus oculus-iridis EHRENBERG 1839
Hustedt 1930, S. 454-456, Fig. 252
Sancetta 1987, S. 235-238, T. 2, Fig. 11-14, T. 3, Fig. 1-12

Coscinodiscus perforatus EHRENBERG 1845
Hustedt 1930, S. 445, Fig. 244-245

Coscinodiscus plicatoides SIMONSEN 1974
Tafel III, Fig. 6
Simonsen 1974, S. 17, T. 15, Fig. 1-3

Coscinodiscus radiatus EHRENBERG 1840
Hustedt 1930, S. 420-421, Fig. 225
Hasle & Sims 1986a, S. 310-314, Fig. 8-32
Sancetta 1987, S. 234-235, T. 2, Fig. 1-10

Coscinodiscus reniformis CASTRACANE 1886
Hustedt 1974, S. 17-18, T. 9, Fig. 2

Coscinodiscus thorii PAVILLARD 1925
Hustedt 1930, S. 433-436, Fig. 236
Sournia 1968, S. 12, T. 7, Fig. 49
Simonsen 1974, S. 18, T. 16-17

Coscinodiscus wailesii GRAN & ANGST 1931
Hasle & Lange , 1992, S. 55-59, Fig. 49-62

Ctenophera (GRUNOW) WILLIAMS & ROUND 1986

Ctenophera pulchella (RALFS ex KÜTZING) WILLIAMS & ROUND, nov. comb. 1986
Syn.: Synedra pulchella RALFS ex KÜTZING 1844
Williams & Round 1986, S. 330, Fig. 53-61

Cyclotella KÜTZING ex BRÉBISSON 1838

Cyclotella kützingiana THWAITES 1848
Hustedt 1930, S. 338-339, Fig. 171

Cyclotella litoralis LANGE & SYVERTSEN 1989
Tafel VII, Fig. 10
Lange & Syvertsen 1989, S. 343-346, Fig. 1-30

Cyclotella menegheniana KÜTZING 1844
Tafel VII, Fig. 11
Hustedt 1930, S. 341-344, Fig. 174

Cyclotella ocellata PANTOCSEK 1912
Hustedt 1930, S. 340-341, Fig. 173

Cyclotella striata (KÜTZING) GRUNOW in Cleve & Grunow 1880
Hustedt 1930, S. 344-347, Fig. 176

Cyclotella stylorum BRIGHTWELL 1860
Hustedt 1930, S. 348-349, Fig. 179
Hendey 1970, S. 112, Fig. 68

Cylindrotheca RABENHORST 1859

Cylindrotheca closterium (EHRENBERG) REIMANN & LEWIN 1964
Syn.: *Nitzschia closterium* (EHRENBERG) SMITH 1853
Hasle 1964, S. 16-19, T. 5, Fig. 1; T. 7, fig. 1-12; T. 8, Fig. 1-8; T. 9, Fig. 1-9; T. 10, Fig. 1-4 (als *Nitzschia closterium*)
Reimann & Lewin 1964, S. 289

Cymatonitzschia SIMONSEN 1974

Cymatonitzschia marina LEWIS, comb. nov. SIMONSEN 1974
Basyonym: *Cymatopleura marina* LEWIS 1961
Synonym: *Nitzschia antillarum* MEISTER 1937
Simonsen 1974, S. 56, T. 41, Fig. 5-9

Cymbella AGARDH 1830

Cymbella spp.
Bemerkung: selten vorkommende benthische Arten der Gattung *Cymbella*

Dactyliosolen CASTRACANE 1886

Dactyliosolen blavyanus (PERAGALLO) HASLE, comb. nov. 1975
Syn.: *Guinardia blavyana* PERAGALLO 1892
Hasle 1975, S. 121-122, Fig. 101-108, 113

Dactyliosolen fragilissimus (BERGON) HASLE, comb. nov. (im Druck)
Syn.: *Rhizosolenia fragilissima* BERGON 1903
Sundström 1986, S. 103, Fig. 268-269
Hasle (im Druck)

Dactyliosolen phuketensis (SUNDSTRÖM) HASLE, comb. nov., (im Druck)
Syn.: *Rhizosolenia phuketensis* SUNDSTRÖM 1980
Sundström 1980, 579-583
Sundström 1986, S. 103, Fig. 270-271
Hasle (im Druck)

Detonula SCHÜTT 1894

Detonula moselayana (CASTRACANE) GRAN 1900
Taylor 1966, S. 447-448, T. 3, Fig. 16, 17
Hasle 1973a, S. 20-27, Fig. 77-86

Detonula pumilla (CASTRACANE) SCHÜTT 1896
Tafel VII, Fig. 8
Hasle 1973a, S. 18-20, Fig. 69-76

Delphineis ANDREWS 1977

Delphineis karstenii (BODEN) FRYXELL & MILLER, comb. nov. 1978
Fryxell & Miller 1978, S. 116-120, T. 1-2, Fig. 1-10
Andrews 1986, S. 199, T. 1, Fig. 3

Diploneis EHRENBERG ex CLEVE 1894

Diploneis bomber (EHRENBERG) CLEVE 1894
Hendey 1964, S. 227, T. 32, Fig. 2

Epithemia KÜTZING 1844

Epithemia spp.
Bemerkung: selten vorkommende benthische Arten der Gattung *Epithemia*

Ethmodiscus CASTRACANE 1886

Ethmodiscus gazellae (JANISCH) HUSTEDT 1930
Hustedt 1930, S. 375-376, Fig. 196
Kolbe 1957, S. 33, T. 4, Fig. 48-49

Ethmodiscus rex (WALLICH) HENDEY 1953
Hendey in Wiseman & Hendey 1953, S. 51, T. 1-2
Rivera , Avaria & Barrales 1989, S. 131-142, Fig. 1-33
Bemerkung: Da beide Arten der Gattung *Ethmodiscus* bis zu bis 2 mm groß im Durchmesser werden, sind sie im Sediment meist nur als Bruchstücke überliefert. Auch im vorliegenden Probenmaterial (GKG- und Sinkstoffallenproben) konnten keine ganzen Schalen gefunden werden. Simonsen (1974) fand Bruchstücke der Gattung *Ethmodiscus*, die er der Art *E. gazellae* zuordnete, eher weiter von der Küste entfernt. Gardner und Burckle (1975) beschreiben monospezifische Lagen von *E. rex* im tropischen Ostatlantik, die Folge einer kurzlebigen, massiven Blüte dieser Art sind.

Eucampia EHRENBERG 1840

Eucampia balaustium CASTRACANE 1886
Tafel II, Fig. 11
Syvertsen & Hasle 1983, S. 181-186, Tafel 10-14.

Eucampia zodiacus EHRENBERG 1840 f. *cylindrocornis* SYVERTSEN 1983
Tafel VIII, Fig. 8
Syvertsen & Hasle 1983, S. 173-176, Fig. 1e-f, 12-21. 41-47

Eunotia EHRENBERG 1837

Eunotia spp.
Bemerkung: selten vorkommende benthische Arten der Gattung *Eunotia*.

Fragilaria LYNGBYE 1819

Fragilaria capucina DESMAZIERES 1825
Williams & Round 1987, S. 268, Fig. 3-4, 7
Hürlimann & Straub 1991, S. 21-40, Fig. 1-226
Bemerkung: In der vorliegenden Arbeit wurden keine Sippen unterschieden, was auch wegen der geringen Häufigkeit nicht möglich war.

Fragilaria pinnata EHRENBERG 1843
Hustedt 1961-66, S. 160, Fig. 674a-i.

Fragilariopsis HUSTEDT 1913

Fragilariopsis cylindrus (GRUNOW) KRIEGER 1954
Hasle 1965b, S. 34-37, T. 12, Fig. 6-12, T. 14, Fig. 1-10, T. 17, Fig. 2-4
Hasle 1993, S. 316

Fragilariopsis doliolus (WALLICH) MEDLIN & SIMS, comb. nov. 1993
Tafel II, Fig. 9
Syn.: *Synedra doliolus* WALLICH, 1860
Syn.: *Pseudoeunotia doliolus* (WALLICH) GRUNOW 1881
Hustedt 1959, S. 259-260, Fig. 737

Fragilariopsis kerguelensis (O'MEARA) HUSTEDT 1952
Deep-Sea Res. Plate 1, Part 5
Hasle 1965, S. 14-18, T. 3, Fig. 4-5, T. 4, Fig. 11-18, T. 5, Fig. 1-11, T. 6, Fig. 2-4, T 7, Fig. 9, T. 8, Fig. 10, T. 16, Fig. 3-5
Hasle 1993, S.316
Bemerkung: Hasle (1965b) beschreibt *F. kerguelensis* als antarktische bzw. subantarktische Art. Fenner et al. (1976) geben das Vorkommenn dieser Art südlich von 52°S. Nach Jacques (1983) und Fiala & Oriol (1990) gedeiht F. kerguelensis am besten bei Temperaturen bis 6°C.

Fragilariopsis pseudonana HASLE 1965
Deep-Sea Res. Plate 1, Part 2
Hasle 1965b, S. 22-24, T. 1, Fig. 7-14; T. 4, Fig. 20-21; T. 8, Fig. 1-9; T. 17, Fig. 6
Hasle 1993, S. 317

Fragilariopsis rhombica (O'MEARA) HUSTEDT 1952
Hasle 1965b, S. 24-26, T. 1, Fig. 6; T. 4, Fig. 19; T. 6, Fig. 5; T. 8, Fig. 11; T. 9, Fig. 1-6; T. 10, Fig. 2-6
Hasle 1993, S. 317

Fragilariopsis separanda HUSTEDT 1958
Hasle 1965b, S. 26-27, T. 9, Fig. 7-10, T. 10, Fig. 1
Hasle 1993, S. 317

Gossleriella SCHÜTT 1893

Gossleriella tropica SCHÜTT 1892
Tafel II, Fig. 5
Hustedt, 1930, S. 500, Fig. 280

Guinardia PERAGALLO 1892

Guinardia cylindrus (CLEVE) HASLE, comb. nov. (im Druck)
Tafel VI, Fig. 7; Tafel XI, Fig. 2
Syn.: *Rhizosolenia cylindrus* CLEVE 1897
Sundström 1986, S. 103-104, Fig. 276-278
Hasle (im Druck)

Guinardia delicatula (CLEVE) HASLE, comb. nov.(im Druck)
Rhizosolenia delicatula CLEVE, 1900
Sundström 1986, S. 103, Fig. 272-273
Hasle (im Druck)

Guinardia stolterfothii (PERAGALLO) HASLE, comb. nov. (im Druck)
Rhizosolenia stoltherfothii PERAGALLO, 1888

Sundström 1986, S. 103, Fig. 274-275
Hasle (im Druck)

Hantzschia GRUNOW 1877

Hantzschia amphioxys (EHRENBERG) GRUNOW 1877
Mann 1977, S. 323-338, Fig. 1-8, 10, 35-40, 41-43

Haslea SIMONSEN 1974

Haslea hyalinissima SIMONSEN 1974
Simonsen 1974, S. 48, T. 31, Fig. 2-4

Haslea cf *gretharum* SIMONSEN
Tafel IX, Fig. 4
SIMONSEN 1974, S. 48, T. 32, Fig. 1-4

Hemiaulus EHRENBERG 1845

Hemiaulus hauckii GRUNOW 1880-85
Hustedt 1930, S. 874-875, Fig. 518
Cupp 1943, S. 168, Fig. 118

Hemiaulus membranaceus CLEVE 1873
Tafel X, Fig. 4, 5
Cupp 1943, S. 170, Fig. 120

Hemiaulus sinensis GREVILLE 1865
Tafel VIII, Fig. 8
Hustedt 1930, S. 875-876, Fig. 519
Cupp 1943, S. 168-170, Fig. 119

Hemidiscus WALLICH 1860

Hemidiscus cuneiformis WALLICH 1860
Simonsen 1972, S. 267, Fig. 7-11
Bemerkung: Die Größe, sowie das Längen/Breiten-Verhältnis dieser Art sind sehr variabel, was bereits von Simonsen (1974) beschrieben wurde. Eine Beziehung zwischen der Morphologie und der geographischen Verbreitung, wie Simonsen (1974) sie vermutet, konnte auch hier nicht beobachtet werden.

Isthmia AGARDH 1832

Isthmia nervosa KÜTZING 1844
Tafel IX, Fig. 1
CUPP 1940, S. 166-167, Fig. 116
Bemerkung: Diese Art tritt nur sehr selten auf.

Lauderia CLEVE 1873

Lauderia annulata CLEVE 1873
Cleve 1873, S. 8, T. 1, Fig. 7
Hasle 1973a, S. 3-6, Fig. 1-3, 6-12
Syvertsen & Hasle 1982, Bacillaria, 5, 243-256

Leptocylindrus CLEVE 1889

Leptocylindrus danicus CLEVE 1889
Hustedt 1930, S. 558-560, Fig. 318-319

Leptocylindrus mediterraneus (PERAGALLO) HASLE, comb. nov. 1975
Syn.:Dactyliosolen mediterraneus PERAGALLO 1898
Hasle 1975, S. 124-126, Fig. 121-130

Mastogloia THWAITES & SMITH 1856

Mastogloia capitata (BRUN) CLEVE 1895
Hustedt 1959, S. 571-572, Fig. 1006

Mastogloia rostrata (WALLICH) HUSTEDT 1933
Tafel VII, Fig. 9
Hustedt 1930, S. 572, Fig. 1007

Melosira AGARDH 1824

Melosira spp.
Bemerkung: Bruchstücke und angelöste Schalen von Arten der Gattung *Melosira* wurden vereinzelt im Guinea-Becken gefunden.

Navicula BORY de ST.-VINCENT 1822

Navicula spp.
Bemerkung: Im vorliegenden Probenmaterial konnten verschiedene Arten der Gattung *Navicula* unterschieden werden. Diese sind zwar verbreitet, kommen aber nur in kleinen Mengen vor. Unterschieden wurden lediglich zwei *Navicula*-Arten, eine kleinere, gröbere (sp. A: Tafel II, Fig. 8) und eine feine, größere Art (sp. Bfoto?).

Neodelphineis TAKANO 1982

Neodelphineis indica (TAYLOR) HASLE, comb. nov. 1993
Deep-Sea Res. Plate 1, Part 13
Basionym: *Synedra indica* TAYLOR 1966
Simonsen 1974, S. 36, T. 23, Fig. 9-18

Nitzschia HASSALL 1845

Nitzschia aequatorialis HEIDEN 1928
Tafel V, Fig. 18
Kolbe 1955, S. 174, T. 2, Fig. 24

Nitzschia bicapitata - Gruppe beinhaltet folgende Arten:

- *Nitzschia bicapitata* CLEVE 1900
  Deep-Sea Res. Plate 1, Part 1
  Hasle 1960, S. 21, Fig. 10, T. 6, Fig. 53-57
  Simonsen 1974, S. 50, T. 35, Fig. 3-15
  Kaczmarska & Fryxell 1986, S. 237, Fig. 4-6, 9-10

- *Nitzschia bifurcata* KACZMARSKA & LICEA 1986
  Kaczmarska & Fryxell 1986, S. 241, Fig. 1-3, 8

- *Nitzschia braarudii* HASLE 1960
  Tafel V, Fig. 13
  Hasle 1960, S. 22, Fig. 11, T. 7, Fig. 58-63
  Simonsen 1974, S. 50, Fig. 35, Fig. 2

- *Nitschia capitata* HEIDEN & KOLBE 1928
  Kaczmarska et al. 1986, S. 1860, Fig. 16

- *Nitzschia capitellata* HUSTEDT 1922
  Kaczmarska et al. 1986, S. 1860-1861, Fig. 11

Nitzschia capuluspalae SIMONSEN 1974
Tafel V, Fig. 14
Simonsen 1974, S. 50-51, T. 35, Fig.16-23

Nitzschia curta (VAN HEURCK) HASLE, comb. nov. 1972
Tafel V, Fig. 20
Hasle 1965, S. 32, T. 6, Fig. 6, T. 12, Fig. 2-5, T. 13, Fig. 1-6, T. 16, Fig. 5
Hasle 1972, S. 115

Nitzschia dietrichii SIMONSEN 1974
Simonsen 1974, S. 51, T. 36, Fig. 1-3

Nitzschia inflatula var. *capitata* SIMONSEN 1974
Simonsen 1974, S. 52, T. 36, Fig. 6
Bemerkung: Es konnten 2 Variationen dieser Varietät unterschieden werden: Eine grobe Variation, die der Beschreibung von Simonsen entspricht oder weniger als 28 transapikale Striae auf weist, und hier als *Nitzschia inflatula* var. *capitata* aufgeführt wird. Die zweite Variation entspricht den Angaben von Hasle (1965a) für *Nitzschia inflatula* , allerdings mit capitaten Enden, und wird hier als *Pseudo-Nitzschia inflatula* var. *capitata* SIMONSEN aufgeführt.

Nitzschia interruptestriata SIMONSEN 1974
Tafel V, Fig. 16
Syn.: *Nitzschia interrupta* HEIDEN in Heiden & Kolbe
Simonsen 1974, S.. 52, T. 36, Fig. 9-11, T. 37, T. .38, Fig. 1-7
Kolbe 1955, S. 174, T. 2, figs. 25-27

Nitzschia kolaczekii GRUNOW 1877
Tafel V, Fig. 17
Kolbe 1955, S. 174, T. 2, Fig. 22-23

Nitzschia longissima (BRÉBISSON) RALFS 1861
Hasle 1964, S. 20, T. 1, Fig. 2, T. 5, Fig. 6, T. 10, Fig. 5-7, T.11, Fig. 1-4
Hasle & Semina 1987, S. 177-181, Fig. 1-25

Nitzschia marina GRUNOW 1880
Tafel V, Fig. 12
Grunow in Cleve und Grunow 1880, S. 70
Kolbe 1955, S. 175, T. 2, Fig. 28-29

Nitzschia migrans CLEVE 1897
Gran 1908, S. 131, Fig. 177

Nitzschia ossiformis (TAYLOR) SIMONSEN 1974
Simonsen 1974, S. 54, T. 40, Fig. 3

Nitzschia panduriformis GREGORY 1857
Peragallo 1890, S. 268, T. 70, Fig.3-5
Bemerkung: benthisch

Nitzschia sicula (CASTRACANE) HUSTEDT 1958
Hasle 1960, S. 26-27, Fig. 16a-b, T. 7, Fig. 64-65

Nitzschia sicula var. *bicuneata* (GRUNOW) HASLE 1960
Tafel V, Fig. 19
Hasle 1960, S. 26-27, Fig. 16c-d

Nitzschia sicula var. *rostrata* HUSTEDT 1958
Tafel V, Fig. 15
Hasle 1964, S. 39-41, T. 14, Fig. 22; T. 16, Fig. 2-4

Nitzschia sp. A
Deep-Sea Res. Plate 1, Part 6, 7
Bemerkung: Die hier gefundende Art ähnelt *Nitzschia sicula*, allerdings sind ihre Interstriae unregelmäßig ausgebildet.

Odontella AGARDH 1832

Odontella aurita (LYNGBYE) AGARDH 1830
Syn.: Biddulphia aurita (LYNGBYE) BRÉBISSON & GODNEY 1838
Hustedt 1930, S. 846-849, Fig. 501 (als *Biddulphia aurita*)
Sancetta 1982, S. 234, T. 3, fig. 11-12

Odontella mobiliensis (BAILEY) GRUNOW 1884
Hustedt 1930, S. 840, Fig. 485 (als *Biddulphia mobiliensis*)

Opephora PETIT 1888

Opephora spp.
Bemerkung: Die Arten dieser Gattung leben hauptsächlich im Süßwasser. Häufigster Vertreter dieser Gattung ist *O. martyi*.

Pachyneis 1974

Pachyneis gerlachii SIMONSEN 1974
Simonsen 1974, S. 49, T. 33-34

Paralia HEIBERG 1863

Paralia sulcata (EHRENBERG) CLEVE 1873
Syn.: *Melosira sulcata* (EHRENBERG) KÜTZING 1844
Hustedt 1930, S. 276-278, Fig. 118-119 (als *Melosira sulcata*)
Sancetta 1982, S. 235, T. 3, Fig. 13-15

Planktoniella SCHÜTT 1893

Planktoniella sol (WALLICH) SCHÜTT 1893
Tafel IV, Fig. 2, 6
Gerloff, 1970, S. 203-234
Hallegraeff 1984, S. 507, Fig. 25
Bemerkung: Gerloff beschreibt diese Art ohne 'strutted processes'. Nach Hallegraeff treten 4-5 marginal strutted processes in 10 µm auf. Auch bei den hier untersuchten Arten wurden solche randlichen Prozesse beobachtet.

Pleurosigma (SMITH) CLEVE 1894

Pleurosigma directum GRUNOW 1880
Tafel II, Fig. 10
Peragallo 1890, S. 14, T. 5, Fig. 29
Hendey 1937, S. 348

Pleurosigma indicum SIMONSEN 1974
Simonsen 1974, S. 46, T. 29, Fig. 3

Porosira JØRGENSEN 1905

Porosira denticulata SIMONSEN 1974
Tafel I, Fig. 7
Simonsen 1974, S. 11, T. 7, 8

Porosira glacialis (GRUNOW) JORGENSEN 1905
Sancetta 1982, S. 235-236, T. 3, Fig. 16-18

Proboscia SUNDSTRÖM 1986

Proboscia alata (BRIGHTWELL) SUNDSTRÖM, comb. nov. 1986
Tafel VI, Fig. 8
Sundström 1986, S. 99-102, Fig. 258-266
Bemerkung: Neben der Art war die Form *P. alata* f. *indica* auch häufig vertreten, die aber quantitativ nicht erfaßt wurde.

Pseudohimantidium HUSTEDT & KRASSKE 1941

Pseudohimantidium pacificum HUSTEDT & KRASSKE 1941
Tafel X, Fig. 7
Round und Crawford 1990, S. 446, Fig. a-c

Pseudosolenia SUNDSTRÖM 1986

Pseudo-Nitzschia PERAGALLO 1900
Hasle 1994

Pseudo-Nitzschia cuspidata HASLE
Hasle 1965a, S. 34-35, T. 2, Fig. 6-9; T. 15, Fig. 9-18; T. 16, Fig. 1-2
Hasle 1993, S. 318

Pseudo-Nitzschia delicatissima (CLEVE) HEIDEN 1928
Deep-Sea Res. Plate 1, Part 10
Basionym: *Nitzschia delicatissima* CLEVE 1897
Synonym: *Nitzschia actydrophila* HASLE 1965
Hasle 1965a, S. 35-37, T. 2, Fig. 10, T. 15, Fig. 19-23, T. 16, Fig. 3-7
Hasle 1976, S. 102-104, Fig. 1-5
Hasle 1993, S. 318

Pseudo-Nitzschia fraudulenta CLEVE 1897
Tafel V, Fig. 6
Hasle 1965a, S. 15-18, T. 1, Fig. 2-3; T. 4, Fig. 8-10; T. 6, Fig. 5-10; T. 8, Fig. 1-3
Hasle 1993, S. 318

Pseudo-Nitzschia granii HASLE 1964
Hasle 1964, S. 31-32, T. 4, Fig. 6, T. 5, Fig. 4, T. 13, Fig. 7-10, T. 14, Fig. 1-4
Hasle 1993, S. 318

Pseudo-Nitzschia heimii MANGUIN 1957
Tafel V, Fig. 2; Deep-Sea Res. Plate 1, Part 12
Hasle 1965a, S. 21-23, T. 1, Fig. 6-7; T. 10, Fig. 9-13; T. 11, Fig. 1-7
Hasle 1993, S. 319

Pseudo-Nitzschia inflatula HASLE 1965
Hasle 1965a, S. 33-34, T. 13, Fig. 7-10, T. 15, Fig. 1-8
Hasle 1993, S. 319

Pseudo-Nitzschia inflatula var. *capitata* SIMONSEN 1974
Deep-Sea Res. Plate 1, Part 11
Simonsen 1974, S. 52, T. 36, Fig. 6
Hasle 1965a, S. 33-34, T. 13, Fig. 7-10, T. 15, Fig. 1-8
Bemerkung: Diese Varietät folgt der Beschreibung von Simonsen, entspricht aber in der Anzahl der transapikalen Striae und Kielpunkt eher den Angaben von Hasle (1965a) für *Nitzschia inflatula*.

Rhizosolenia clevei OSTENFELD var. *communis* SUNDSTRÖM 1984
Tafel VI, Fig. 6; Tafel VII, Fig. 1
Sundström 1984, S. 348-349, 351, Fig. 2, 3,10-15
Sundström 1986, S. 54-56, Fig. 22-23, 123-124, 126-127

Rhizosolenia crassa SCHIMPER 1905
Sundström 1986, S. 59-61, Fig. 26-27, 139-143

Rhizosolenia debayana PERAGALLO 1892
Sundström 1986, S. 57-59, Fig. 24-25, 128-138

Rhizosolenia decipiens SUNDSTRÖM 1986
Tafel VII, Fig. 6
Sundström 1986, S. 92-93, Fig. 39, 234-240

Rizosolenia fallax SUNDSTRÖM 1986
Tafel VII, Fig. 3
Sundström 1986, S. 89-91, Fig. 38, 40, 227-233

Rhizosolenia formosa PERAGALLO 1888
Sundström 1986, S. 33-36, Fig. 12-13, 88-93, 96-99

Rhizosolenia hyalina OSTENFELD 1901
Sundström 1986, S. 76-77, Fig. 34, 190-194

Rhizosolenia imbricata BRIGHTWELL 1858
Sundström 1986, S. 80-84, Fig. 200-208

Rhizosolenia polydactyla CASTRACANE 1886
Sundström 1986, S. 24-26, Fig. 7-9, 70-79

Rhizosolenia robusta NORMAN 1861
Tafel VII, Fig. 2
Sunström 1986, S. 104, Fig. 289-290

Rhizosolenia setigera BRIGHTWELL 1858
Tafel VI, Fig. 5
Hustedt 1930, S. 588, Fig. 336
Hendey 1964, S. 149-150, T. 4, Fig. 1

Rhizosolenia simplex KARSTEN 1905
Sundström 1986, S. 78-80, Fig. 35, 195-199

Rhizosolenia styliformis BRIGHTWELL 1858
Tafel VI, Fig. 3
Sundström 1986, S. 15-19, Fig. 5, 47-56

Rhizosolenia temperei PERAGALLO 1888
Tafel VI, Fig. 2
Sundström 1986, S. 66-68, Fig. 30, 155-163

Roperia GRUNOW 1884 ex PELLETAN 1889

Roperia tesselata (ROPER) GRUNOW 1884
Tafel III, Fig. 4, 7
Lee & Lee 1990, S. 325-335, Fig. 1-19

Skeletonema GREVILLE 1865

Skeletonema costatum (GREVILLE) CLEVE 1878
Tafel VII, Fig. 13
Hasle 1973b, S. 109-137, Fig. 1-87

Stauropsis MEUNIER 1910

Stauropsis membranacea (CLEVE) MEUNIER 1910
Tafel VII, Fig. 14
Syn.: *Navicula membranacea* CLEVE 1897
Paddock 1986, S. 90-91, Fig. 4-14

Staurosira (EHRENBERG) WILLIAMS & ROUND 1987

Staurosira construens (EHRENBERG) WILLIAMS & ROUND 1987
Syn.: *Fragilaria construens* EHRENBERG
Williams & Round 1987, S. 272, Fig. 15-17

Staurosirella WILLIAMS & ROUND 1987

Staurosirella lapponica WILLIAMS & ROUND 1987
Syn.: *Fragilaria lapponica* GRUNOW in VAN HEURCK
Williams & Round 1987, S. 274, Fig. 21, 2627

Stellarima HASLE & SIMS 1986

Stellarima microtrias (EHRENBERG) HASLE & SIMS 1986
Hasle & Sims 1986b, S. 103, Fig. 18-27
Hasle et al. 1988, S. 196, Fig. 1-25

Stellarima stellaris (ROPER) HASLE & SIMS 1986
Hasle et al. 1988, S. 198, Fig. 26-38

Stephanodiscus EHRENBERG 1845

Stephanodiscus astraea (EHRENBERG) GRUNOW 1880
Deep-Sea Res. Plate 1, Part 14
Hustedt 1930, S. 368, Fig, 193a-c

Thalassionema (GRUNOW) HUSTEDT 1932

Thalassionema bacillaris (HEIDEN) KOLBE 1955
Tafel V, Fig. 11
Hasle & Mendiola 1967, S. 109-110, Fig. 1-4, 18-19, 22-26
Hallegraeff 1986, S. 60-62, Fig. 5a-i

Pseudo-Nitzschia lineola CLEVE 1897
Tafel V, Fig. 3; Deep-Sea Res. Plate 1, Part 8
Basionym: *Nitzschia lineola* CLEVE 1897
Synonym: *Nitzschia barkleyi* HUSTEDT 1952
Hasle 1965a, S. 29-33, T. 12, Fig. 15-16
Hasle 1993, S. 319

Pseudo-Nitzschia prolongatoides HASLE 1965
Hasle 1965a S. 25-28, T. 1, Fig. 8, T. 2, Fig. 11-13, T. 12, Fig. 7-8, T. 13, Fig. 1-2
Hasle 1993, S. 319

Pseudo-Nitzschia pseudodelicatissima HASLE 1965
Deep-Sea Res. Plate 1, Part 9
Syn.: *Nitzschia delicatula* HASLE 1965
Syn.: *Nitzschia pseudodelicatissima* HASLE nom. nov. 1967
Hasle 1965a, S. 37-40, T. 14, Fig. 4-5; T. 16, Fig. 8-118; T. 17, Fig. 1-16
Hasle 1993, S. 319

Pseudo-Nitzschia pungens GRUNOW 1882
Tafel V, Fig. 1
Hasle 1965a, S. 12-14, T. 1, Fig. 4-5; T. 15, Fig. 7-9; T. 6, Fig. 3; T. 7, Fig. 1-8
Hasle 1993, S. 319

Pseudo-Nitzschia pungens f. *multiseries* HASLE 1965
Hasle 1965a, S. 14-15, T. 2, Fig. 1-2; T. 5, Fig. 10-12; T. 6, Fig. 4; T. 7, Fig. 9-11
Hasle 1993, S. 319

Pseudo-Nitzschia pungiformis HASLE 1971
Tafel V, Fig. 4
Basionym: Nitzchia pungiformis HASLE 1971
Hasle 1971, S. 139-144, Fig. 1-13
Hasle 1993, S. 319

Pseudo-Nitzschia subfraudulenta HASLE 1965
Hasle 1965a, S. 18-20, T. 8, Fig. 6-7; T. 9, Fig. 1-8
Hasle 1993, S. 320

Pseudo-Nitzschia subpacifica HASLE 1965
Tafel V, Fig. 5
Hasle 1965a, S. 20-21, T. 1, Fig. 9-10; T. 8, Fig. 4-5; T. 10, Fig. 1-8
Hasle 1993, S. 320

Pseudo-Nitzschia turgidula HUSTEDT 1958
Hasle 1965a, S. 24-25, T. 1, Fig. 11; T. 2, FIg. 3; T. 11, Fig. 8-13; T. 12, Fig. 1-6
Hasle 1993, S. 320

Pseudo-Nitzschia turgiduloides HASLE 1965
Hasle 1965a, S. 28, T. 12, Fig. 9-14, T. 13, Fig. 3-6
Hasle 1993, S. 320

Pseudosolenia calcar-avis (SCHULTZE) SUNDSTRÖM, comb. nov. 1986
Tafel VI; Fig. 9
Sundström 1986, S. 95-99, Fig. 40-46, 247-257

Pseudostaurosira (GRUNOW) WILLIAMS & ROUND 1987

Pseudostaurosira brevestriata (GRUNOW) WILLIAMS & ROUND 1987
Syn.: *Fragilaria brevestriata* GRUNOW in VAN HEURCK
Williams & Round 1987, S. 276, Fig. 28-31

Pseudotriceratium GRUNOW 1884

Pseudotriceratium punctatum (WALLICH) SIMONSEN 1974
Simonsen 1974, S. 23, T. 20, Fig. 4, 5

Raphoneis EHRENBERG 1844

Raphoneis spp.
Bemerkung: Vertreter dieser Gattung sind selten und meistens als Bruchstück erhalten, so daß sie hier zusammengefaßt wurden.

Rhizosolenia (EHRENBERG) BRIGHTWELL 1858

Rhizosolenia acicularis SUNDSTRÖM 1986
Tafel VII, Fig. 7
Sundström 1986, S. 22-24, Fig. 6, 64-69

Rhizosolenia acuminata (PERAGALLO) PERAGALLO 1897
Tafel VI, Fig. 1
Sundström 1986, S. 69-72, Fig. 31, 165-176

Rhizosolenia antennata (EHRENBERG) BROWN f. *semispina* SUNDSTRÖM 1986
Tafel VII, Fig. 5
Sundström 1986, S. 44-46, Fig. 20, 114, 116

Rhizosolenia bergonii PERAGALLO 1892
Tafel VII, Fig. 4
Hustedt 1930, S. 575, Fig. 327
Sundström 1986, S. 72-75, fig. 32-33, 177-189

Rhizosolenia borealis SUNDSTRÖM 1986
Sundström 1986, S. 31-33, Fig. 10-11, 80-87

Rhizosolenia castracanei PERAGALLO 1888
Tafel VI, Fig. 4
Sundström 1986, S. 37-42, Fig. 15-17, 102-111

Rhizosolenia chunii KARSTEN 1905
Sundström 1986, S. 94, fig. 241-244

Rhizosolenia clevei OSTENFELD 1902
Sundström 1984, S. 348, 349-351, Fig. 1, 4-9
Sundström 1986, S. 53-54, Fig. 21, 121-122, 125

Thalassionema frauenfeldii (GRUNOW) HALLEGRAEFF, comb. nov. 1986
Tafel V, Fig. 10
Syn.: *Thalassiothrix frauenfeldii* (GRUNOW) GRUNOW 1880
Hasle & Mendiola 1967, S. 114, Fig. 35-37, 45-46, 53 (als *Thalassiothrix frauenfeldii*)
Hallegraeff 1986, S. 62-64, Fig. 6-14

Thalassionema nitzschioides GRUNOW 1862
Hasle & Mendiola 1967, S. 111-112, Fig. 5, 11-17, 27-34, 39-44
Hallegraeff 1986, S. 58-60, Fig. 1-4

Thalassionema nitzschioides GRUNOW var. *parva* HEIDEN & KOLBE 1928
Deep-Sea Res. Plate 1, Part 3, 4
Heiden & Kolbe 1928, S. 564, T. 35, Fig. 118

Thalassionema sp. A
Tafel V, Fig. 9
Bemerkung: Diese eher selten auftretende Art zeichnet sich durch länglich an den Polenden befindlichen Prozessen aus.

Thalassiosira CLEVE 1873

Thalassiosira aestivalis GRAN 1931
Hasle 1978, S. 83, Fig. 2, 21-35, 38-39

Thalassiosira allenii TAKANO 1965
Hasle 1978, S. 101-107, Fig. 109-128

Thalassiosira anguste-lineata (SCHMIDT) FRYXELL & HASLE 1977
Fryxell & Hasle 1977, S. 73-75, Fig. 22-34

Thalassiosira binata FRYXELL 1977
Hasle & Fryxell 1977b, S. 244- 247, Fig. 24-38

Thalassiosira bioculata (GRUNOW) OSTENFELD 1903
Tafel I, Fig. 12
Hustedt 1930, S. 331-332, Fig. 168
Hasle & Heiimdal 1970, T. 20, Fig. 4

Thalassiosira conferta HASLE 1977
Hasle & Fryxell 1977b, 239-244, Fig. 1-23

Thalassiosira decipiens (GRUNOW) JOERGENSEN 1905
Hasle 1979, S. 85-108, T. 1-8
Mahood et al. 1986, S. 138, Fig. 62-67, 97, 98

Thalassiosira delicatula OSTENFELD 1908
Tafel I, Fig. 10
Hasle 1980, S. 170, Fig. 18-34

Thalassiosira diporocyclus HASLE 1972
Hasle 1972, S.113, Fig. 25-45
Bemerkung: Nach Richert (1975) mit *N. bicapitata* zusammen in Gallertlagern vorkommend.

Thalassiosira eccentrica (EHRENBERG) CLEVE 1903-1904
Fryxell & Hasle 1972, S. 300-308, Fig. 1-18
Simonsen 1974, S. 9, T. 2, Fig. 1-3

Thalassiosira endoseriata HASLE & FRYXELL 1977
Fryxell & Hasle 1977, S. 78-79, Fig. 45-49

Thalassiosira elsayedii FRYXELL 1975
Tafel I, Fig. 9
Fryxell 1975, S. 59-64, Fig. 1-13

Thalassiosira ferelineta HASLE & FRYXELL 1977
Tafel I, Fig. 16
Hasle & Fryxell 1977a, S. 26-28, Fig. 46-53

Thalassiosira fragilis FRYXELL 1984
Tafel I, Fig. 18
Fryxell et al. 1984, S. 147, Fig. 17-28

Thalassiosira frenguellii KOZLOVA 1967
Tafel I, Fig. 12
Fryxell & Hasle 1979a, S. 19-20, Fig. 25-30
Johansen & Fryxell 1985, S. 161, Fig. 6, 64

Thalassiosira frenguelliopsis FRYXELL & JOHANSEN 1985
Johansen & Fryxell 1985, S. 168, Fig. 6, 67-68, 71, 81

Thalassiosira gracilis (KARSTEN) HUSTEDT 1958
Tafel I, Fig. 22
Hasle & Heimdal 1970, S. 563, Fig. 5-6
Fryxell & Hasle 1979b, S. 382-384, Fig. 12-22

Thalassiosira hendeyi HASLE & FRYXELL, nom. nov. 1977
Hasle & Fryxell 1977a, S. 25-26, Fig. 35-45

Thalassiosira intrannula HERZIG & FRYXELL 1986
Tafel I, Fig. 4
Herzig & Fryxell 1986, S. 14-16, Fig. 8-17

Thalassiosira lentiginosa (JANISCH) FRYXELL 1977
Tafel I, Fig. 23
Syn.: *Coscinodiscus lentiginosa* JANISCH 1878
Fryxell 1977, S. 100-103, Fig. 13-14

Thalassiosira leptopus (GRUNOW) HASLE & FRYXELL, comb. nov. 1977
Tafel I, Fig. 3
Hasle & Fryxell 1977a, S. 20-22, Fig. 1-14, 94-96

Thalassiosira licea FRYXELL 1978
Fryxell 1978b, S. 131-133, Fig. 1-8

Thalassiosira lineata JOUSÉ 1968
Jousé 1968, S. 13, T. 1, Fig. 1, 2
Hasle & Fryxell 1977a, S. 22-23, Fig. 15-25

Thalassiosira lundiana FRYXELL 19975
Fryxell 1975, S. 64-69, Fig. 12-24

Thalassiosira mediterranea (SCHRÖDER) HASLE 1990
Syn.: *Thalassiosira stellaris* HASLE & GUILLARD 1977
Syn.: *Thalassiosira salvadoriana* HUSTEDT 1956
Fryxell & Hasle 1977, S. 72-73, Fig. 16-21
Hasle 1990, S. 415-418, Fig. 1-13

Thalassiosira mendiolana HASLE & HEIMDAL 1970
Hasle & Heimdal 1970, S. 570-572, Fig. 44-53, 73-74

Thalassiosira minuscula HASLE 1972
Syn.: Thalassiosira monoporocyclus
Hasle 1972, S. 129, Fig. 46-60

Thalassiosira oceanica HASLE 1983
Hasle 1983, S.220, Fig. 1-18

Thalassiosira oestrupii var. *oestrupii* (OSTENFELD) HASLE 1972
Tafel I, Fig. 21
Hasle 1960, S. 8, Fig. 5-7, 11
Hasle 1972, S. 544
Fryxell & Hasle 1980, S. 805-810, Fig. 1-10

Thalassiosira oestrupii var. *venrickae* FRYXELL & HASLE 1980
Tafel I, Fig. 11
Fryxell & Hasle 1980, S. 810, Fig. 11-19.

Thalassiosira partheneia SCHRADER 1972
Tafel I, Fig. 17
Schrader 1972, S. 58-64, T. 1, Fig. 1-10, T. 2, Fig. 1-5
Hasle 1983, S. 223, Fig. 19-36

Thalassiosira poro-irregulata HASLE & HEIMDAL 1970
Tafel I, Fig. 14, 15
Halse & Heimdal 1970, S. 573-574, Fig. 55-64
Johansen & Fryxell 1985, S. 175, Fig. 11

Thalassiosira poroseriata (RAMSFJELL) HASLE 1979
Hasle 1979, S. 20-22, Fig. 31-36

Thalassiosira punctifera (GRUNOW) FRYXELL, HASLE & SIMONSEN, status nov., comb. nov. 1972
Simonsen 1974, S. 10, T. 2, Fig. 4, T. 3

Thalassiosira sackettii f. *plana* FRYXELL 1977
Fryxell & Hasle 1977, S. 75-78, Fig. 40-44

Thalassiosira sackettii f. *sackettii* FRYXELL 1977
Tafel II, Fig. 3, 4
Fryxell & Hasle 1977, S. 75-78, Fig. 35-39

Thalassiosira simonsenii HASLE & FRYXELL 1977
Hasle & Fryxell 1977a, S. 23-24, Fig.26-34, 97

Thalassiosira subtilis (OSTENFELD) GRAN 1900
Tafel XI, Fig. 3
Hasle 1972, S. 112-113, Fig. 1-20, 66-67
Bemerkung: Nach Richert (1975) mit N. bicapitata zusammen in Gallertlagern vorkommend

Thalassiosira symmetrica FRYXELL & HASLE 1972
Tafel I, Fig. 1,2
Fryxell & Hasle 1972, S. 312-317, Fig. 37-46
Simonsen 1974, S. 11, T. 6, fig. 1-2

Thalassiosira tenera PROSCHKINA- LAVRENKO 1961
Hasle & Fryxell 1977a, S. 28-30, Fig. 54-65

Thalassiosira tubifera FRYXELL 1975
Tafel I, Fig. 8
Fryxell 1975, S. 69-71, Fig. 29-34

Thalassiosira sp. A
Tafel II, Fig. 1, 2
Obwohl hier mit *Thalassiosira* bezeichnet, ähnelt diese Art *Planktoniella sol*, ist aber deutlich größer und gröber als diese.

Thalassiosira sp. U
Tafel I, Fig. 19, 20
Diese relativ seltene, aber verbreitete Art weist ein lineares Areolenmuster auf. ?description Foto? Die Schalen könnten Dauersporen einer hier als vegetative Zelle beschriebenen Art sein.

Thalassiosira sp. W
Tafel I, Fig. 5, 6
Diese vereinzelnd vorkommende Art weist Ähnlichkeiten zur *T. sackettii* auf. Typisch für diese Art ist der hyaline Rand.

Thalassiosira sp. X
Bemerkung: Diese seltene auftretende *Thalassiosira*-Art ist *T. allenii* ähnlich.

Thalassiosira sp. Y
Bemerkung: Dies relativ selten auftretende *Thalassiosira*-Art ist *T. fragilis* ähnlich.

Thalassiosira sp. Z
Tafel II, Fig. 6, 7
Bemerkung: Diese verbreitete Art zeichnet sich durch einen auf der Valvarfläche liegenden Ring von 7 Prozessen (Fultoportulae oder Stützenfortsätze) aus, die 4 Areolen vom Zentrum entfernt sind. Der Durchmesser der Valvarfläche liegt zwischen 15 und 30 µm. Die Zahl der Areolen in 10 µm beträgt 9-14. Die zentrale Areole ist etwas vergrößert, neben ihr befindet sich ein Prozeß. Die marginalen Fortsätze sind eweils 2-3 µm auseinander. Die hier auftretende Art ist vergleichbar mit der von Yanagisama (1987) auf

T.2, fig. 15-16 abgebildeten und als *Thalassiosira* sp. 1 bezeichneten Art.

Thalassiothrix CLEVE & GRUNOW 1880

Thalassiothrix antarctica SCHIMPER ex KARSTEN 1905
Hasle & Semina 1987, S. 181-186, Fig. 26-59

Thalassiothrix delicatula CUPP 1943
Tafel V, Fig. 7
Cupp 1943, S. 188, Fig. 137

Thalassiothrix longissima CLEVE & GRUNOW 1880
Hasle & Semina 1987, S. 177-181, Fig. 1-25

Thalassiothrix mediterranea PAVILLARD 1916
Simonsen 1974, S. 38, T. 24, Fig. 5

Thalassiothrix vanhoeffenii HEIDEN 1928
Tafel V, Fig. 8
Simonsen 1974, S. 38, T. 25, Fig. 1-3

Trachyneis CLEVE 1894

Trachyneis aspera (EHRENBERG) CLEVE 1894
Hendey 1964, S. 236, T. 29, Fig. 13

Triceratium EHRENBERG 1839

Triceratium favus (EHRENBERG) MANN 1907
Hustedt 1930, S. 798, Fig. 462-463

Tropidoneis CLEVE 1894

Tropidoneis spp.
Bemerkung: Arten dieses Genus wurden aufgrund des seltenen Vorkommen nicht bestimmt.

Silikoflagellaten
Bemerkung: In dem untersuchten Probenmaterial konnten folgende Arten nach Bukry (1979, 1980a) und Locker und Martini (1985a) (wenn nicht anders angegeben) bestimmt werden, die für die quantitative Analyse jedoch nicht unterschieden wurden:

Dictyocha EHRENBERG 1837

Dictyocha aculeata LEMMERMANN 1901

Dictyocha fibula EHRENBERG 1839
Tafel II, Fig. 13

Dictyocha perlaevis FRENGUELLI 1951

Dictyocha stapedia HAECKEL 1887

Distephanus STÖHR 1880

Distephanus pulchra (SCHILLER) LING & TAKAHASHI, nov. comb. 1985
Tafel II, Fig. 13
Syn.: *Octactis pulchra* SCHILLER
Ling & Takahashi 1985, S. 80, T. 1, Fig. 1, 4-9, T. 2, fig. 1-4, 7

Distephanus boliviensis FRENGUELLI 1940

Distephanus speculum EHRENBERG 1839

Mesocena EHRENBERG 1843

Mesocena spp.

Actiniscidians (Dinoflagellate mit silikatischen Endoskelett)

Actiniscus pentasterias EHRENBERG 1839
Tafel XI, Fig. 5
Locker & Martini 1985b, S. 945, T. 3, Fig. 11-14, T. 4, Fig. 8-9

Phytolithe
Tafel VIII, Fig. 9, 10

Beschreibung bei Bukry 1980b
Twiss et al. 1969
Bemerkung: In dem bearbeiteten Probenmaterial wurden hauptsächlich Phytolithe der panicoiden Klasse gefunden.

6.1.1.Literatur

ANDREWS, G. W. (1988): Evolutionary trends in the marine diatom genus *Delphineis* G. W. Andrews. - In: Round, F. E. (Ed.): Proceedings of the 9th Diatom-Symposium 1986, 197-206.

BUKRY, D. (1979) Comments on opal phytoliths and stratigraphy of Neogene silicoflagellates and coccoliths at Deep Sea Drilling Project Site 397 off northwest Africa. - In: Luyendyk, B: P., Cann, J. R. et al. (Eds.): Init. Rep. Deep Sea Drilling Proj., **49**: 977-1009.

BUKRY, D. (1980a): Silicoflagellate biostratigraphy and paleoecology in the eastern equatorial Pacific, Deep Sea Drilling Project LEG 54. - In: Rosendahl, B. R:, Hekinian, R. et al. (Eds.): Init. Rep. Deep Sea Drilling Proj., **54**: 545-573.

BUKRY, D. (1980b): Opal phytoliths from the tropical eastern Pacific Ocean, Deep Sea Drilling Project LEG 54. - In: Rosendahl, B. R. Hekinian, R. et al. (Eds.): Init. Rep. Deep Sea Drilling Proj., **54**: 575-589.

FENNER, J., SCHRADER, H.-J. & WIENIGK, H. (1976): Diatom phytoplankton studies in the southern Pacific Ocean, composition and correlation to the Antarctic Convergence and its paleoecological significance. - Init. Rep. Deep Sea Drilling Proj., **35**: 757-813.

FIALA, M. & ORIOL, L. (1990): Light-temperature interactions on the groth of Antarctic diatoms. - Polar Biology, **10**: 629-636.

FRYXELL, G. A. (1975): Three new species of *Thalassiosira* with observations on the occluded process, a newly observed structure of diatom valves. - Nova Hedwigia, Beih. **53**: 57-75.

FRYXELL, G. A. (1977): *Thalassiosira australis* Peragallo and *T. lentiginosa* (Janisch) G. Fryxell, comb. nov.: two antarctic diatoms (Bacillariophyceae). - Phycologia, **16**: 95-104.

FRYXELL, G. A. (1978a): Chain-forming diatoms: Three species of Chaetoceraceae. - J. Phycol., **14**: 62-71.

FRYXELL, G. A. (1978b): The diatom genus *Thalassiosira*: *T. licea* sp. nov. and *T. angstii* (Gran) Makarova, species with occluded processes. - Botanica Marina, **21**: 131-141.

FRYXELL, G. A. & HASLE, G. R. (1972): *Thalassiosira eccentrica* (EHRENB.) CLEVE, *T. symmetrica* sp. nov., and some related centric species. - J. Phycology, **8**: 297-317.

FRYXELL, G. A. & HASLE, G. R. (1977): The genus *Thalassiosira*: some species with a modified ring of central strutted processes. - Nova Hedwigia, Beih. **54**: 67-98.

FRYXELL, G. A. & MILLER, W. I. (1978): Chain-forming diatoms: Three araphid species. - Bacillaria, **1**: 113-136.

FRYXELL, G. A. & HASLE, G. R. (1979a): The genus *Thalassiosira*: *T. trifulata* sp. nova and other species with tricolumnar supports on strutted processes. - Nova Hedwigia, Beih. **64**: 13-40.

FRYXELL, G. A. & HASLE, G. R. (1979b): The genus *Thalassiosira*: species with internal extensions of the strutted processes. - Phycologia, **18**: 378-393.

FRYXELL, G. A. & HASLE, G. R. (1980): The marine diatom *Thalassiosira oestrupii*: structure, taxonomy and distribution. - Am. J. Bot., **67**: 804-814.

FRYXELL, G. A., GOULD, R. W. & WATKINS, T. P. (1984): Gelatinous colonies of the diatom *Thalassiosira* in Gulf Stream warm core rings including *T. fragilis*, sp. nov.. - Br. phycol. J., **19**: 141-156.

GARDNER, J. V. & BURCKLE, L. H. (1975): Upper Pleistocene *Ethmodiscus rex* oozes from the eastern equatorial Atlantic. - Micropaleontol., **21**: 236-242.

GRAN, H. H. (1908): Diatomeen. - In: Nordisches Plankton. Bot. Teil, K. Brandt und C. Apstein, Kiel und Leipzig, **19**. 146 pp.

GREVILLE, R. K. (1859): - Description of diatomaceae observed in Californian Guano. Quart. J. Microscop. Sci., **7**: 155-166.

HALLEGRAEFF, G. M. (1984): Species of the diatom genus *Thalassioisra* in Australian waters. - Botanica Marina, **27**: 495-513.

HALLEGRAEFF, G. M. (1986): Taxonomy and morphology of the marine plankton diatoms *Thalassionema* and *Thalassiothrix*. - Diat. Res., **1**: 57-80.

HASLE, G. R. (1960): Phytoplankton and ciliate species from the tropical Pacific. - Det Norske Videnskamps-Akademi i Oslo, I. Mat.-Naturv. Klasse, **2**: 1-50.

HASLE, G. R. (1964): *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopep. I. Some marine species of the groups Nitzschiella and Lanceolate. - Det Norske Videnskamps-Akademi i Oslo, I. Mat.-Naturv. Klasse, ny serie, **16**: 1-48.

HASLE, G. R. (1965a): *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopep. II. The group *Pseudonitzschia*. - Det Norske Videnskamps-Akademi i Oslo, I. Mat.-Naturv. Klasse, ny serie, **18**: 1-45.

HASLE, G. R. (1965b): *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopep. III. The genus *Fragilariopsis*. - Det Norske Videnskamps-Akademi i Oslo, I. Mat.-Naturv. Klasse, ny serie, **21**: 1-49.

HASLE, G. R. (1972): The inclusion of *Coscinosira* Gran (Bacillariophyceae) in *Thalassiosira*. -Nytt Mag. Bot., **15**: 193-201.

HASLE, G. R. (1973a): Some marine plankton genera of the diatom family Thalassiosiraceae. - Nova Hedwigia, Beih. **45**: 1-49.

HASLE, G. R. (1973b): Morphology and taxonomy of *Skeletonema costatum* (Bacillariophycea). - Norw. J. Bot., **20**: 109-137.

HASLE, G. R. (1976): Examination of diatom material: *Nitzschia delicatissima* CLEVE, *Thalassiosira minuscula* KRASSKE, and *Cyclotella nana* HUSTEDT. - Br. phycol. J., **11**: 101-110.

HASLE, G. R. (1978): Some *Thalassiosira* species with one central process (Bacillariophyceae). - Botany, **2**: 77-110.

HASLE, G. R. (1979): *Thalassiosira decipiens* (Grun.) Jørg. (Bacillariophyceae). Bacillaria, **2**: 85-108

HASLE, G. R. (1980): Examination of *Thalassiosira* type material: *T. minima* and *T. delicatula* (Bacillariophyceae). - Norw. J. Bot., **27**: 167-173.

HASLE, G. R. (1983): The marine. planktonic diatoms *Thalassoiosira oceanica* sp. nov. and *T. partheneia*. - J. Phycol., **19**: 220-229.

HASLE, G. R. (1990): The planktonic marine diatom *Thalassiosira mediterranea* (synonym *Thalassiosira stellaris*). - Diat. Res., **5**: 415-418.

HASLE, G. R. (1993): Nomenclatural notes on marine planktonic diatoms. The family Bacillariophyceae. - Nova Hedwigia, Beih. **106**: 315-321.

HASLE, G. R. (1994): *Pseudo-Nitzschia* as a genus distinct from *Nitzschia* (Bacillariophyceae). - J. Phycol., **30**: 1036-1039.

HASLE, G. R. & MENDIOLA, B. R. E. DE (1967): The fine structure of some *Thalassionema* and *Thalassiothrix*. - Phycologia, **6**: 107-125.

HASLE, G. R. & HEIMDAL, B. R. (1970): Some species of the centric diatom genus *Thalassiosira* studied in the light and electron microscopes. - Nova Hedwigia, Beih. **31**: 543-581.

HASLE, G. R. & FRYXELL, G. A. (1977a): The genus *Thalassiosira*: Some species with a linear areola array. - Nova Hewigia, Beih. **54**: 15-66.

HASLE, G. R. & FRYXELL, G. A. (1977b): *Thalassiosira conferta* and *T. binata*, two new diatom species. - Botany, **16**: 239-248.

HASLE, G.R. & SYVERTSEN, E. E. (1980): The diatom genus *Cerataulina*: Morphology and taxonomy. - Bacillaria, **3**: 79-113.

HASLE, G. R. & SIMS, P. A. (1986a): The diatom *Coscinodiscus* Ehrenb.: *C. argus* Ehrenb. and *C. radiatus* Ehrenb.. - Botanica Marina, **29**: 305-318.

HASLE, G. R. & SIMS, P. A. (1986b): The diatom genera *Stellarima* and *Symbolophora* with comments on the genera *Actinoptychus*. - Br. phycol. J., **21**: 97-114.

HASLE, G. R. & SEMINA, H. J. (1987): The marine planktonic diatoms *Thalassiothrix longissima* and *Thalasiothrix antarctica* with comments on *Thalassionema* spp. amd *Synedra reinboldii*. - Diat. Res., **2**: 175-192.

HASLE, G.R., SIMS, P. A. & SYVERTSEN, E. E. (1988): Two recent *Stellarima* species: *S. microtrias* and *S. stellaris* (Bacillariophyceae). - Botanica Marina, **31**, 195-206.

HASLE, G. R. & LANGE, C. B. (1992): Morphology and distribution of *Coscinodiscus* species from the Oslofjord, Norway, and the Skaggerak, North Atlantic. - Diat. Res., **7**: 37-68.

HASLE, G. R. (im Druck): Identifying marine phytoplankton. Diatoms and dinoflagellates. - In: Thomas, C. R. (Ed.).

HEIDEN, H. & KOLBE, R. W. (1928): Die marinen Diatomeen der deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903. - Dtsch. Südpol. Exped., **8** (Bot.): 450-715.

HENDEY, N. I. (1937): The plankton diatoms of the southern seas. - "Discovery" Rep., **16**: 151-364.

HENDEY, N. I. (1964): An introductory account of the smaller algae of British coastal waters, Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). - In: Fisheries Investigations, SeriesIV, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food , Koeltz Science Publishers, 317 pp.

HERNÁNDEZ-BECERRIL, D. U. (1991): the morphology and txonomy of species of the diatom genus Asteromphalus Ehr.. - In: Cramer, J. (Ed.): Bibliotheca Diatomologica, Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Bd. **23**: 55 pp. (33Tafeln).

HERZIG, W. N. & FRYXELL, G. A. (1986): The diatom genus *Thalassiosira* Cleve in Gulf Stream warm core rings: taxonomy, with *T. intrannula* and *T. lineoides*, spp. nov.. - Botanica Marina, **29**: 11-25.

HÜRLIMANN, J. & STRAUB, F. (1991): Morphologische and ökologische Charakterisierung von Sippen um den *Fragilaria capucina*-Komplex sensu Lange-Bertalot 1980. - Diat. Res., **6**: 21-47.

HUSTEDT, F. (1930): Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. - Rabenhorst, Kryptogamen Flora, Leipzig, Bd. VII, **1**: 920 pp.

HUSTEDT, F. (1958): Diatomeen aus der Antarktis und dem Südatlantik. - Deutsche Antarktische Expedition 1938/39, **2**: 103-191.

HUSTEDT, F. (1959): Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. - Rabenhorst, Kryptogamen Flora, Leipzig, Bd. VII, **2**: 845 pp.

HUSTEDT, F. (1961-1966): Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. - Rabenhorst, Kryptogamen Flora, Leipzig, Bd. VII, **3**: 816 pp.

JACQUES, G. (1983): Some ecophysiological aspects of the Antarctic phytoplankton..- Polar Biology, **2**: 27-33.

JOHANSEN, J. R. & FRYXELL, G. A. (1985): The genus *Thalassiosira*: key to the species occuring south of the Antarctic convergence zone. - Phycologia, **24**: 155-179.

JOUSÉ, A. P. (1986): Species novae Bacillariophytorumin sediments fundi oceani Pacifici et Maris Ochotensis inventae. - Novit. Sys. Plant. non Vasc., 12-21.

KACZMARSKA, I. & FRYXELL, G. A. (1986): The diatom genus *Nitzschia*: Morphologic variation of some small bicapitate species in two Gulf stream warm core rings. - In: Ricard, M. (Ed.): Proceedings of the 8th Diatom Symposium 1984, Paris, 237-252.

KACZMARSKA, I., FRYXELL, G. A. & WATKINS, T. P. (1986): Effect of two Gulf Stream warm-core rings on distributional pattern of the diatom genus *Nitzschia*. - Deep-Sea Res., **33**: 1843-1868.

KOLBE, R. W. (1954): Diatoms from equatorial Pacific cores. - Rep. Swed. Deep Sea Exp. 1947-48, **6**: 1-49.

KOLBE, R. W. (1955): Diatoms from equatorial Atlantic cores. - Rep. Swed. Deep Sea Exp. 1947-48, **7**. 151-184

LEE, J. H. & LEE, J. Y. (1990): A light and scanning electron microscopic study on the marine diatom *Roperia tesselata* (ROPER) GRUNOW. - Diat. Res. **5**: 325-335.

LING, H. Y. & TAKAHASHI, K. (1985): The silicoflagellate genus *Octactis* Schiller 1925: A synonym of the genus *Distephanus*. - Micropaleontol. **31**: 76-81.

LOCKER, S. & MARTINI, E. (1985a): Silicoflagellates and some sponge spicules from the southwest Pacific, Deep Sea Drilling Project, LEG 90. - In: Kennett, J. P., von der Borch, C. C. (Eds.): Init. Rep. Deep Sea Drilling Proj., **90**: 887-924.

LOCKER, S. & MARTINI, E. (1985b): Ebridians and actiniscidians from the southwest Pacific. - In: Kennett, J. P., von der Borch, C. C. (Eds.): Init. Rep. Deep Sea Drilling Proj., **90**: 939-951.

MAHOOD, A. D., FRYXELL, G. A. & MCMILLAN, M. (1986): The diatom genus *Thalassiosira*: species from the San Francisco bay system. - Proc. California Academy of Sciences, **44**: 127-156.

MANN, D. G. (1977): The diatom genus *Hantzschia* GRUNOW - an appraisal. - Nova Hedwigia, Beih., **54**: 323-354.

MEDLIN, L. K. & SIMS, P. A. (1993): The transfer of *Pseudoeunotia doliolus* to *Fragilariopsis*. - Nova Hedwigia, Beih., **106**: 323-334.

PADDOCK, T. B. B. (1986): Observations o the genus *Stauropsis* Meunier and related species. - Diat. Res., **1**: 89-98.

PERAGALLO, H. (1890-1891): Monographie du genre *Pleurosigma* et des genres alliés. - Diatomiste, **1**(4,5),: 1-35.

REIMANN, B. & LEWIN, J. C. (1964): The diatom genus *Cylindrotheca* RABENHORST (or <*Nitzschia closterium*> abandoned). - J. Roy. Microscop. Soc., **83**: 283-296.

RINES, J. E. B. & HARGRAVES, P. E. (1988): The *Chaetoceros* Ehrenberg (Bacilllariophyceae) flora of Narragansett Bay, Rhode Island, USA. - Bibliotheca Phycologica, **79**: 11-195.

RIVERA, P. S., AVARIA, S. & BARRALES, H. L. (1989): *Ethmodiscus rex* collected by net samplesing off the coast of northern Chile. - Diat. Res., **4**: 131-142.

ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. (1990): The diatoms. Biology and morphology of the genera. - Cambridge University Press, Cambridge, 747 pp.

SANCETTA, C. (1982): Distribution of diatom species in surface sediments of the Bering and Okhotsk seas. - Micropaleontol., **28**: 221-257.

SANCETTA, C. (1987): Three species of *Coscinodiscus* Ehrenberg from North Pacific sediments in the light and scanning microscopes. - Microplaeontiology, **33**: 230-241.

SCHRADER, H. J. (1972): *Thalassiosira partheneia* eine neue Gallertlager bildende zentrale Diatomee. - "Meteor" Forsch.-Ergebn., D, **10**: 58-64.

SIMONSEN, R. (1972): Über die Diatomeengattung *Hemidiscus* WALLICH und andere Angehörige der sogenannten "Hemidiscideae". - Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh., **13**: 265-273.

SIMONSEN, R. (1982): Note on the diatom genus *Charcotia* M. PERAGALLO. - Bacillaria, **5**: 101-116.

Sundström, B. G. (1980): *Rhizosolenia phuketensis* sp. nov. and *Rhizosolenia stolterfothii* H. Peragallo (Bacillariophyceae). - Bot. Notiser, **133**: 579-583.

SUNDSTRÖM, B. G. (1984): Observation on *Rhizosolenia clevei* OSTENFELD (Bacillariophyceae) and *Richelia intracellularis* SCHMIDT (Cyanophyceae). - Botanica Marina, **27**: 345-355.

SUNDSTRÖM, B. G. (1986): The marine diatom genus *Rhizosolenia* - A new approach to the taxonomy. - Doktorarbeit, Lund University (Schweden), 196 pp.

TAYLOR, F. J. R. (1966): Phytoplankton of the south western Indian Ocean. - Nova Hedwigia, Beih., **12**: 433-476.

THORRINGTON-SMITH, M. (1970): Some new and little-known planktonic diatoms from the west Indian Ocean. - Nova Hedwigia, Beih. **31**: 815-835.

TWISS, P. C., SUESS, E., SMITH, R. M. (1969): Morphological classification of grass phytoliths. - Proc. of the Soil Sci. Soc. of America, **33**. 109-115.

VAN LANDINGHAM, S. L. (1967-1979): Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. -In: Cramer, J. (Ed.): Ganter Verlag Kommanditgesellschaft, Vaduz, Teil I-VIII.

WILLIAMS, D. M. & ROUND, F. E. (1986): Revision of the genus *Synedra* EHRENB. - Diat. Res., **1**: 313-339.

WILLIAMS, D. M. & ROUND, F. E. (1987): Revision of the genus *Fragilaria*. - Diat. Res., **2**: 267-288.

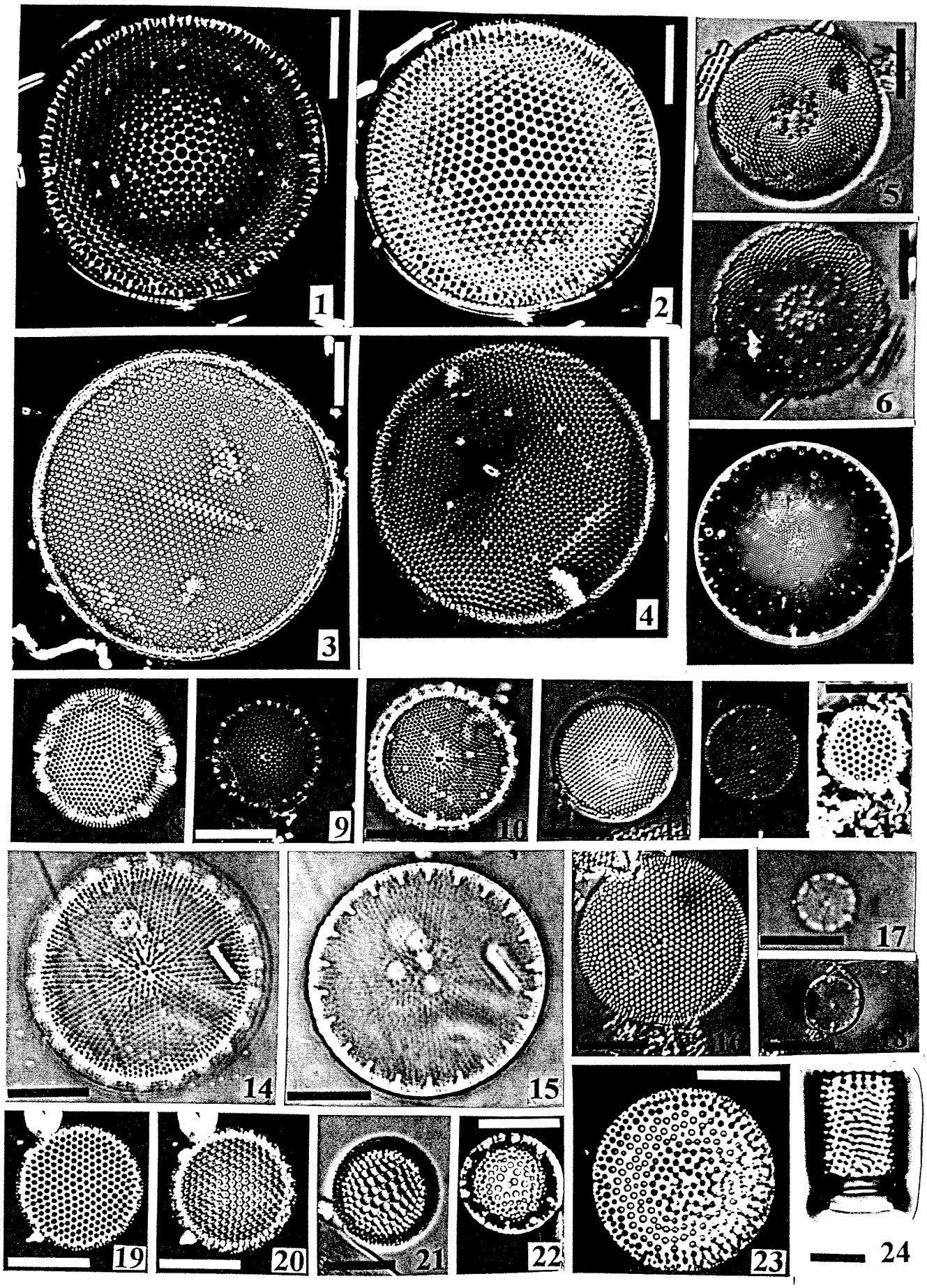
6.1.2. Fototafeln

Tafel I

Fig. 1: *Thalassiosira symmetrica* FRYXELL & HASLE
Fig. 2: wie Fig. 1, nur anderer Fokus; *Thalassiosira symmetrica* FRYXELL & HASLE
Fig. 3: *Thalassiosira leptopus* (GRUNOW) HASLE & FRYXELL
Fig. 4: *Thalassiosira intrannula* HERZIG & FRYXELL
Fig. 5: *Thalassiosira* sp. W
Fig. 6: wie Fig. 5, nur ander Fokus; *Thalassiosira* sp. W
Fig. 7: *Porosira denticulata* SIMONSEN
Fig. 8: *Thalassiosira tubifera* FRYXELL
Fig. 9: *Thalassiosira elsayedii* FRYXELL
Fig. 10: *Thalassiosira delicatula* OSTENFELD
Fig. 11: *Thalassiosira oestrupii* var. *venrickae* FRYXELL & HASLE
Fig. 12: *Thalassiosira bioculata* (GRUNOW) OSTENFELD
Fig. 13: *Thalassiosira frenguellii* KOZLOVA
Fig. 14: *Thalassiosira poro-irregulata* HASLE & HEIMDAL
Fig. 15: wie Fig. 14, nur anderer Fokus; *Thalassiosira poro-irregulata* HASLE & HEIMDAL
Fig. 16: *Thalassiosira ferelineata* HASLE & FRYXELL
Fig. 17: *Thalassiosira partheneia* SCHRADER
Fig. 18: *Thalassiosira fragilis* FRYXELL
Fig. 19: *Thalassiosira* sp. U
Fig. 20: wie Fig. 19, nur anderer Fokus; *Thalassiosira* sp. U
Fig. 21: *Thalassiosira ostrupii* var. *oestrupii* (OSTENFELD) HASLE
Fig. 22: *Thalassiosira gracilis* (KARSTEN) HUSTEDT
Fig. 23: *Thalassiosira lentiginosa* (JANISCH) FRYXELL
Fig. 24: *Aulacoseira granulata* (EHRENBERG) THWAITES

Balkenlänge = 10 µm für Fig. 1 - 23
Balkenlänge = 5 µm für Fig. 24

Tafel I

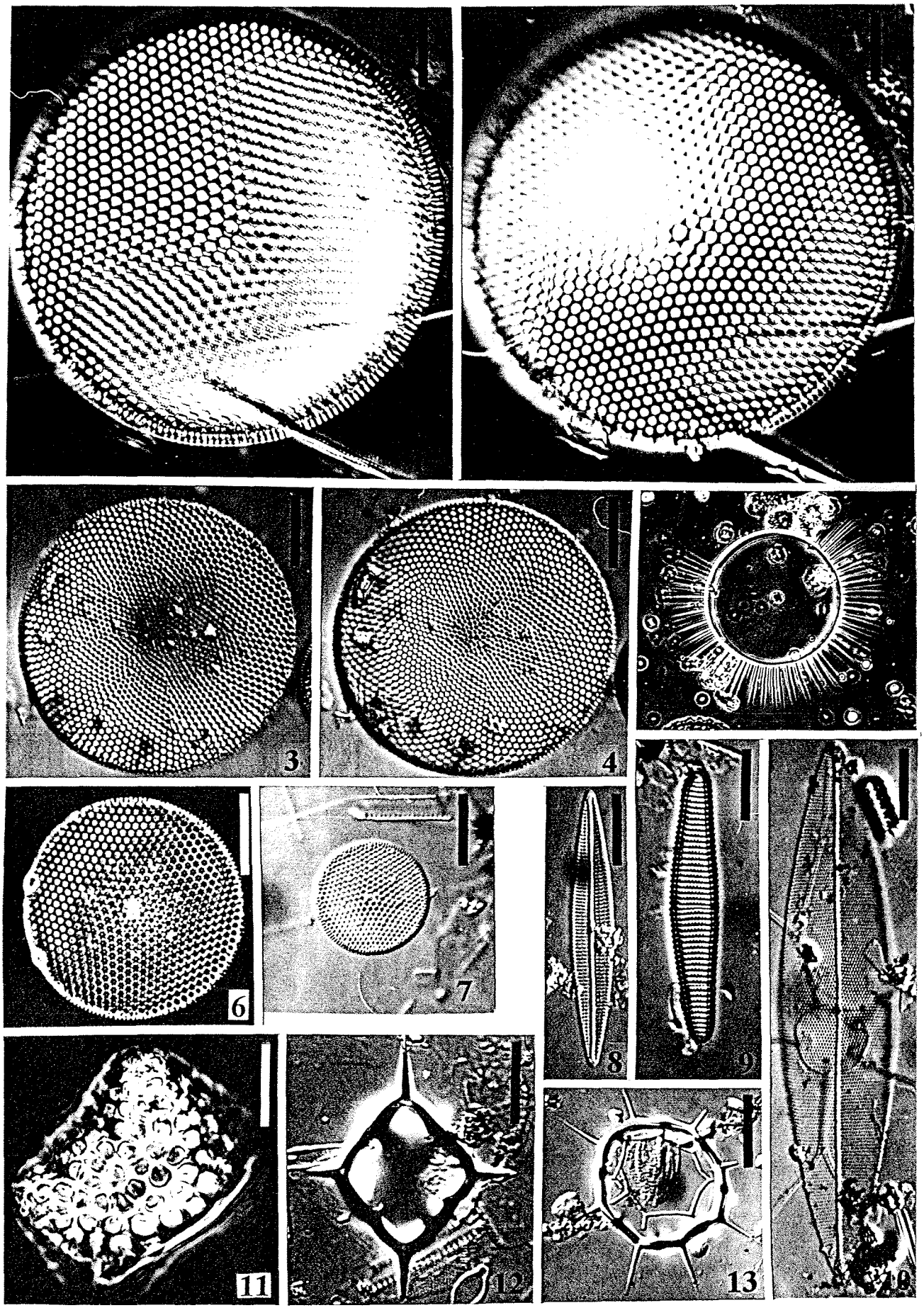


Tafel II

Fig. 1: *Thalassiosira* sp. A
Fig. 2: wie Fig. 1; nur anderer Fokus; *Thalassiosira* sp. A
Fig. 3: *Thalassiosira sackettii* f. *sackettii* FRYXELL
Fig. 4: wie Fig. 3, nur anderer Fokus; *Thalassiosira sackettii* f. *sackettii* FRYXELL
Fig. 5: *Gossleriella tropica* SCHÜTT
Fig. 6: *Thalassiosira* sp. Z
Fig. 7: *Thalassiosira* sp. Z
Fig. 8: *Navicula* sp. A
Fig. 9: *Fragilariopsis doliolus* (WALLICH) MEDLIN & SIMS
Fig. 10: *Pleurosigma directum* GRUNOW
Fig. 11: *Eucampia balaustium* CASTRACANE
Fig. 12: *Dictyocha fibula* EHRENBERG
Fig. 13: *Distephanus pulchra* (SCHILLER) LING & TAKAHASHI

Balkenlänge = 10 µm für Fig. 1 - 13

Tafel II

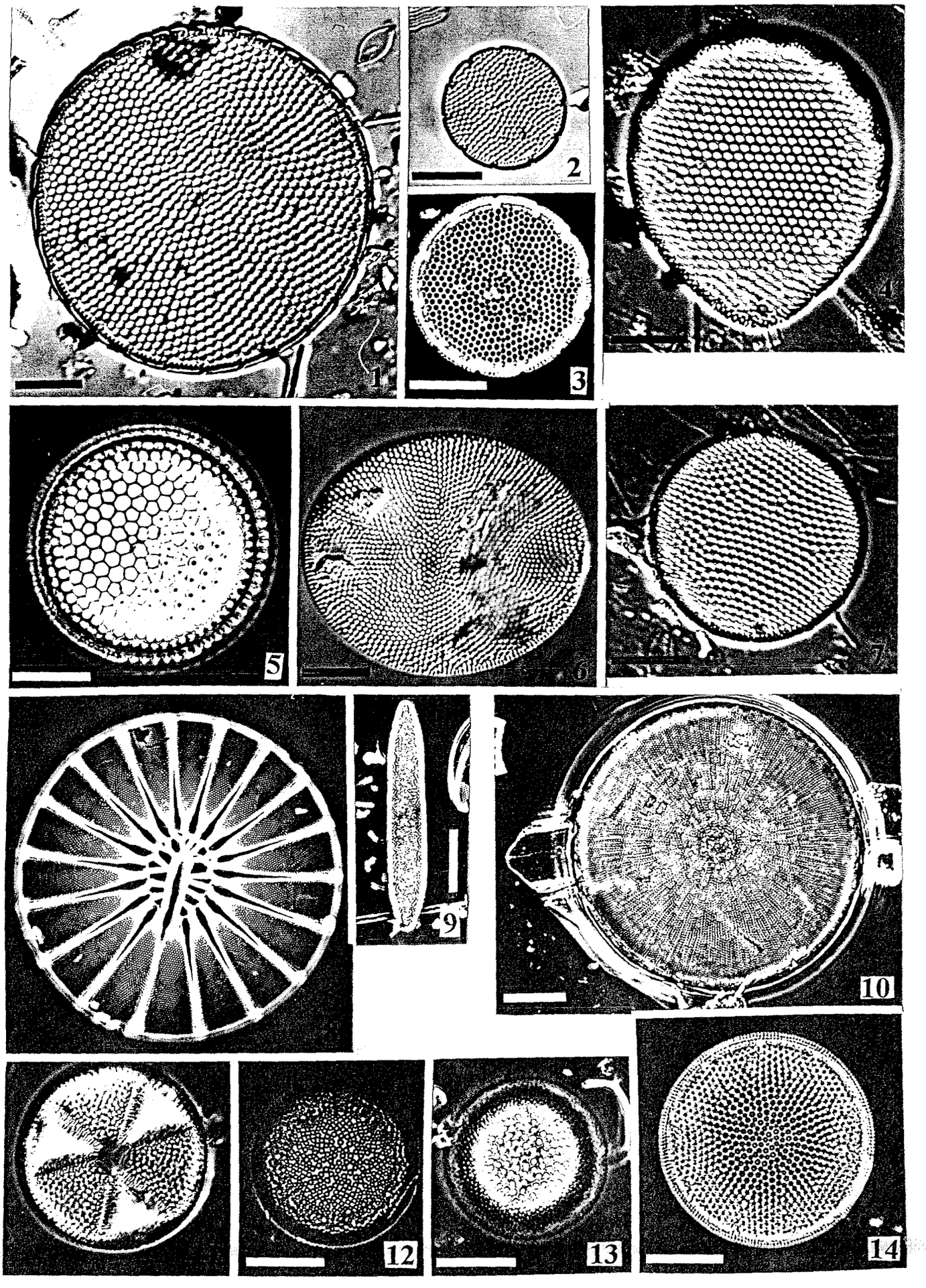


Tafel III

Fig. 1: *Azpeitia africana* JANISCH ex SCHMIDT) FRYXELL & WATKINS
Fig. 2: *Azpeitia neocrenulata* (GRUNOW) FRYXELL & WATKINS
Fig. 3: *Azpeitia neocrenulata* (GRUNOW) FRYXELL & WATKINS
Fig. 4: *Roperia tesselata* (ROPER) GRUNOW
Fig. 5: *Azpeitia nodulifer* (SCHMIDT) FRYXELL & SIMS
Fig. 6: *Coscinodiscus plicatoides* SIMONSEN
Fig. 7: *Roperia tesselata* (ROPER) GRUNOW
Fig. 8: *Asteromphalus elegans* GREVILLE
Fig. 9: *Actinocyclus elongatus* GRUNOW
Fig. 10: *Actinocyclus subtilis* (GREGORY) RALFS
Fig. 11: *Actinoptychus senarius* (EHRENBERG) EHRENBERG
Fig. 12: *Actinocyclus octonarius* EHRENBERG
Fig. 13: *Actinocyclus octonarius* EHRENBERG var. crassa HUSTEDT
Fig. 14: *Actinocyclus curvatulus* JANISCH

Balkenlänge = 10 µm für Fig. 1 - 7, 11 - 13
Balkenlänge = 20 µm für Fig. 8 - 10

Tafel III

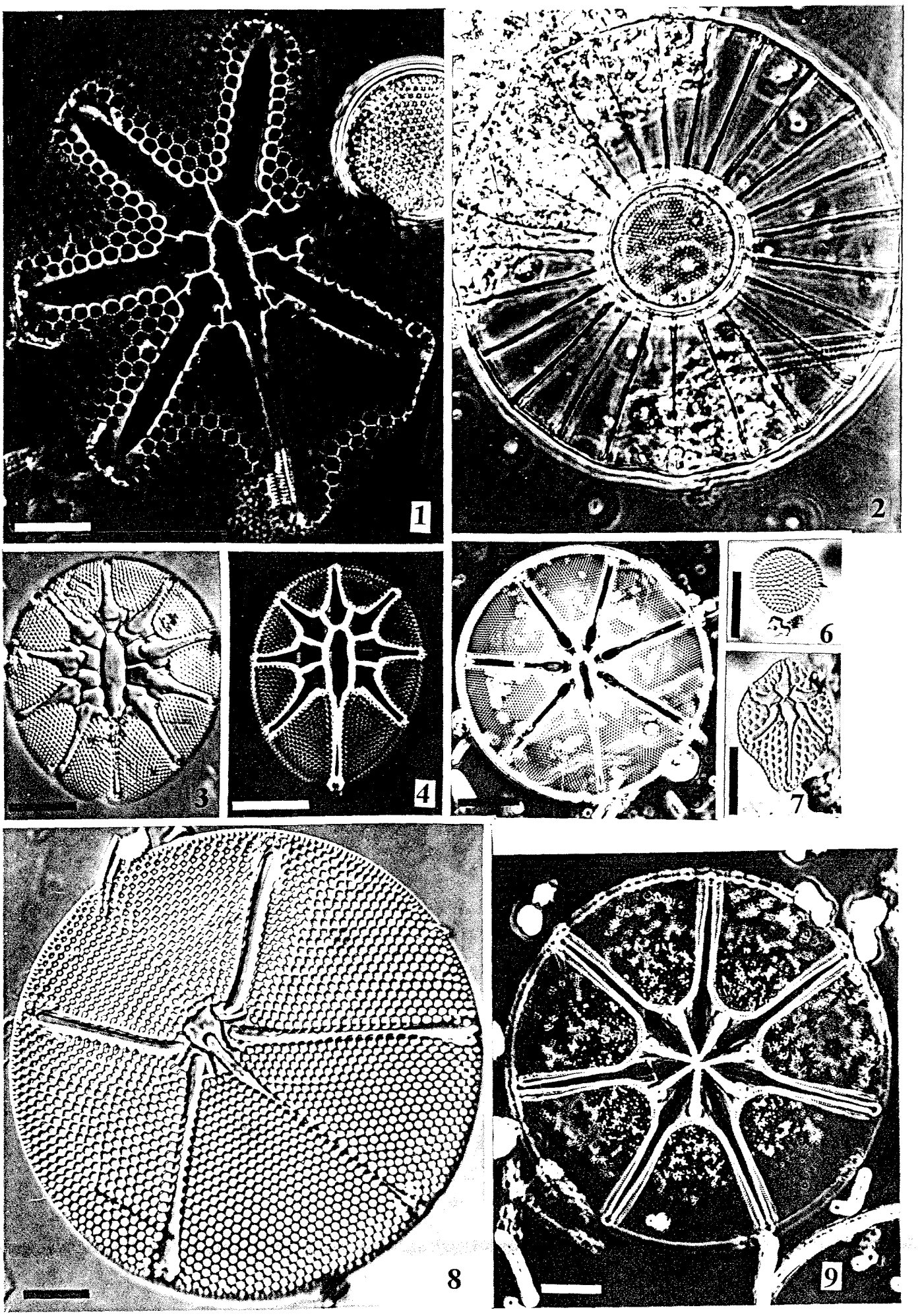


Tafel IV

Fig. 1: *Asteromphalus heptactis* (BRÉBISSON) RALFS
Fig. 2: *Planktoniella sol* (WALLICH) SCHÜTT
Fig. 3: *Asteromphalus robustus* CASTRACANE
Fig. 4: *Asteromphalus flabellatus* (BRÉBISSON) GREVILLE
Fig. 5: *Asteromphalus roperianus* (GREVILLE) RALFS
Fig. 6: *Planktoniella sol* (WALLICH) SCHÜTT
Fig. 7: *Asteromphalus sarcophagus* WALLICH
Fig. 8: *Asteromphalus arachne* (BRÉBISSON) RALFS in PRITCHARD
Fig. 9: *Asterolampra marylandica* EHRENBERG

Balkenlänge = 10 µm für Fig. 1 - 4, 6 - 8
Balkenlänge = 20 µm für Fig. 5, 9

Tafel IV

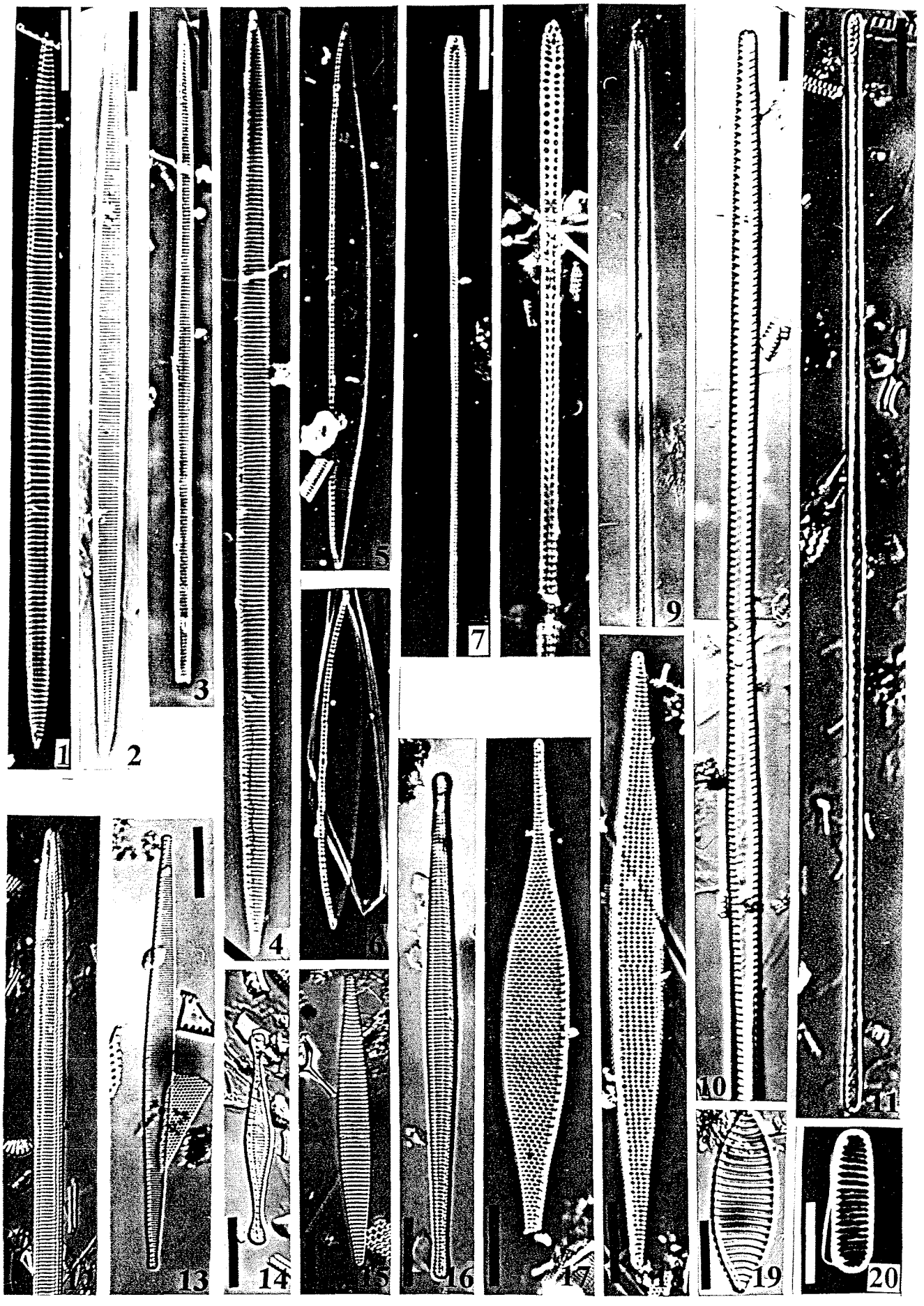


Tafel V

Fig. 1: *Pseudo-Nitzschia pungens* GRUNOW
Fig. 2: *Pseudo-Nitzschia heimii* MANGUIN
Fig. 3: *Pseudo-Nitzschia lineola* CLEVE
Fig. 4: *Pseudo-Ntzschia pungiformis* HASLE
Fig. 5: *Pseudo-Nitzschia subpacifica* HASLE
Fig. 6: *Pseudo-Nitzschia fraudulenta* CLEVE
Fig. 7: *Thalassiothrix delicatula* CUPP
Fig. 8: *Thalassiothrix vanhoeffenii* HEIDEN
Fig. 9: *Thalassionema* sp. A
Fig. 10: *Thalassionema frauenfeldii* (GRUNOW) HALLEGRAEFF
Fig. 11: *Thalassionema bacillaris* (HEIDEN) KOLBE
Fig. 12: *Nitzschia marina* GRUNOW
Fig. 13: *Nitzschia braarudii* HASLE
Fig. 14: *Nitzschia capuluspalae* SIMONSEN
Fig. 15: *Nitzschia sicula* var. *rostrata* HUSTEDT
Fig. 16: *Nitzschia interruptestriata* SIMONSEN
Fig. 17: *Nitzschia kolaczekii* GRUNOW
Fig. 18: *Nitzschia aequatorialis* HEIDEN
Fig. 19: *Nitzschia sicula* var. *bicuneata* (GRUNOW) HASLE
Fig. 20: *Nitzschia curta* (VAN HEURCK) HASLE

Balkenlänge = 10 µm für Fig. 1 - 11, 13 - 14, 16 - 20
Balkenlänge = 5 µm für Fig. 12, 15

Tafel V

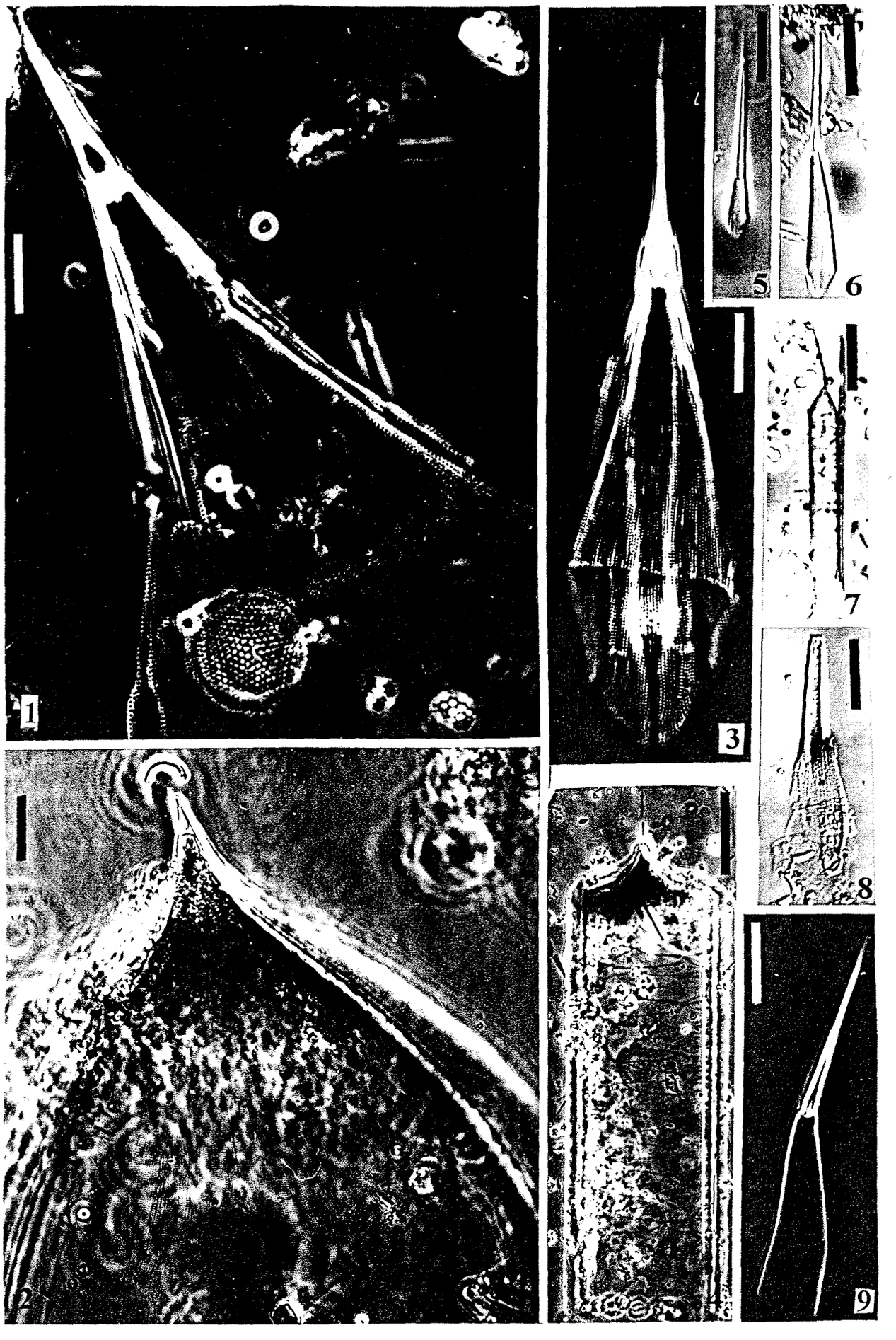


Tafel VI

Fig. 1: *Rhizosolenia acuminata* (PERAGALLO) PERAGALLO
Fig. 2: *Rhizosolenia temperei* PERAGALLO
Fig. 3: *Rhizosolenia styliformis* BRIGHTWELL
Fig. 4: *Rhizosolenia castracanei* PERAGALLO
Fig. 5: *Rhizosolenia setigera* BRIGHTWELL
Fig. 6: *Rhizosolenia clevei* OSTENFELD var. *communis* SUNDSTRÖM
Fig. 7: *Guinardia cylindrus* (CLEVE) HASLE
Fig. 8: *Proboscia alata* (BRIGHTWELL) SUNDSTRÖM
Fig. 9: *Pseudosolenia calcar-avis* (SCHULTZE) SUNDSTRÖM

Balkenlänge = 10 µm für Fig. 1, 3, 5 - 6, 8 - 9
Balkenlänge = 20 µm für Fig. 2, 7
Balkenlänge = 100 µm für Fig. 4

Tafel VI

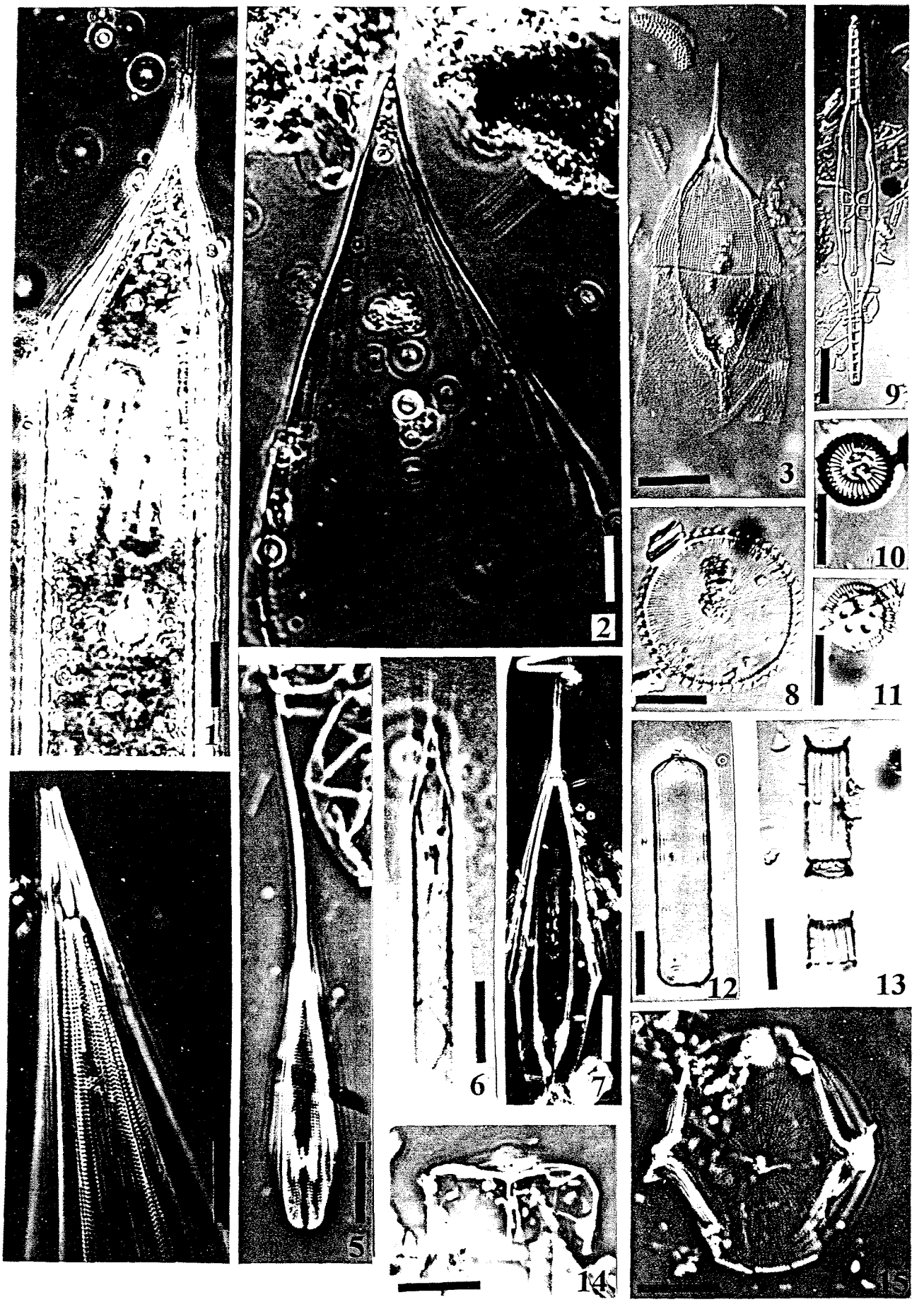


Tafel VII

Fig. 1: *Rhizosolenia clevei* OSTENFELD var. *communis* SUNDSTRÖM mit Filamenten der Cyanobakterie *Richelia intracellularis*
Fig. 2: *Rhizosolenia robusta* NORMAN
Fig. 3: *Rhizosolenia fallax* SUNDSTRÖM
Fig. 4: *Rhizosolenia bergonii* PERAGALLO
Fig. 5: *Rhizosolenia antennata* (EHRENBERG) BROWN f. *semispina* SUNDSTRÖM
Fig. 6: *Rhizosolenia decipiens* SUNDSTRÖM
Fig. 7: *Rhizosolenia acicularis* SUNDSTRÖM
Fig. 8: *Detonula pumila* (CASTRACANE) SCHÜTT
Fig. 9: *Mastogloia rostrata* (WALLICH) HUSTEDT
Fig. 10: *Cyclotella litoralis* LANGE & SYVERTSEN
Fig. 11: *Cyclotella menegheniana* KÜTZING
Fig. 12: *Cerataulina pelagica* (CLEVE) HENDEY
Fig. 13: *Skelettonema costatum* (GREVILLE) CLEVE
Fig. 14: *Stauropsis membranacea* (CLEVE) MEUNIER
Fig. 15: *Cerataulina pelagica* (CLEVE) HENDEY

Balkenlänge = 10 µm für Fig. 3 - 6, 8 - 11, 13 - 15
Balkenlänge = 20 µm für Fig. 1 - 2, 7, 12

Tafel VII

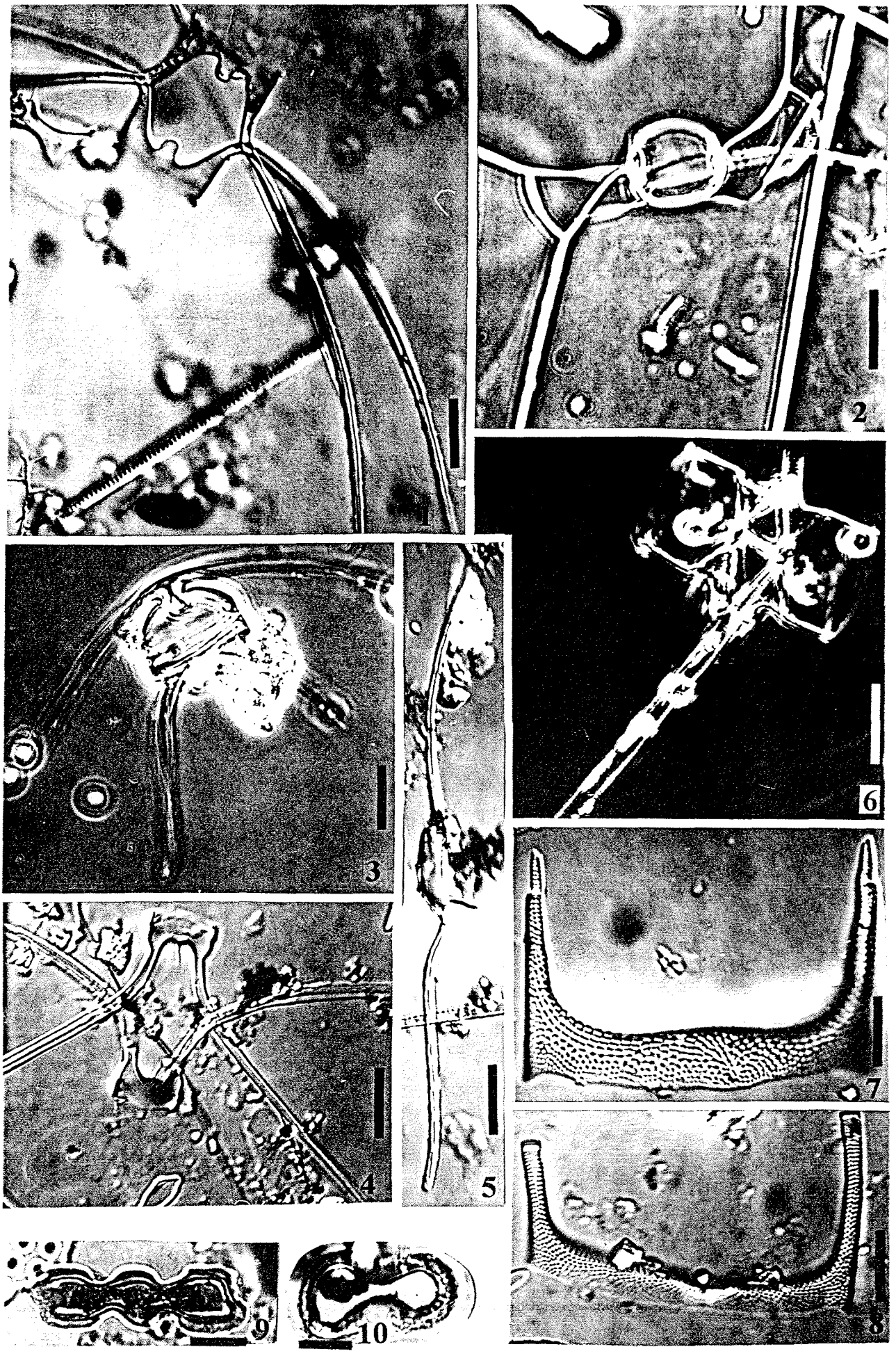


Tafel VIII

Fig. 1: *Chaetoceros didymus* EHRENBERG
Fig. 2: *Chaetoceros anastomosans* GRUNOW
Fig. 3: *Chaetoceros peruvianus* BRIGHTWELL
Fig. 4: *Chaetoceros atlanticus* var. *neapolitana* (SCHRÖDER) HUSTEDT
Fig. 5: *Chaetoceros* sp. A
Fig. 6: *Chaetoceros rostratus* LAUDER
Fig. 7: *Hemiaulus sinensis* GEVILLE
Fig. 8: *Eucampia zodiacus* EHRENBERG f. *cylindrocornis* SYVERTSEN
Fig. 9: Phytolith, panicoide Form
Fig. 10:: Phytolith, panicoide Form

Balkenlänge = 10 µm für Fig. 1 - 2, 4 - 8
Balkenlänge = 20 µm für Fig. 3
Balkenlänge = 5 µm für Fig. 9 - 10

Tafel VIII

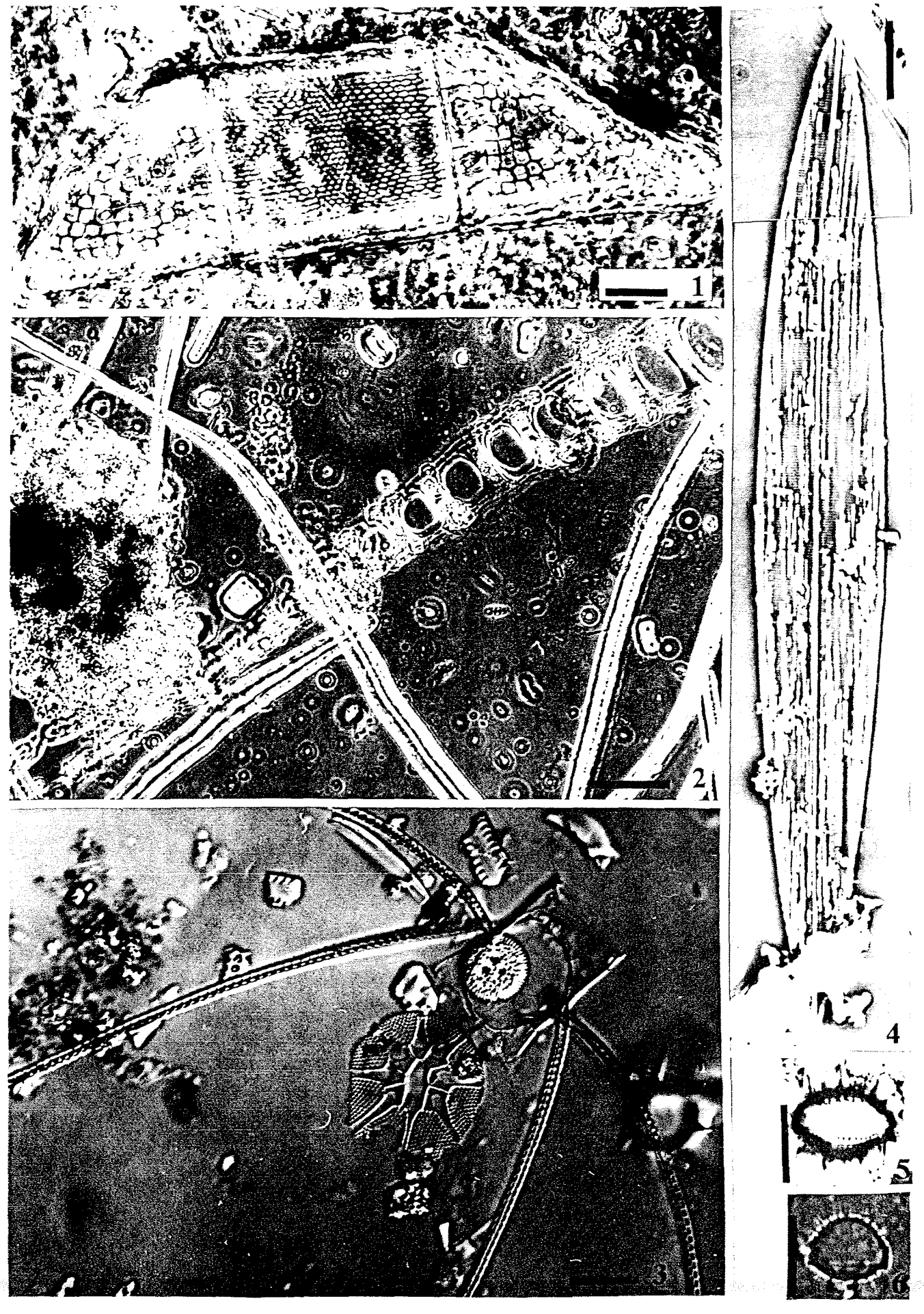


Tafel IX

Fig. 1: *Isthmia nervosa* KÜTZING
Fig. 2: *Climacodium frauenfeldii* GRUNOW
Fig. 3: *Chaetoceros lorenzianus* GRUNOW
Fig. 4: *Haslea gretharum* SIMONSEN
Fig. 5: Dauerspore von *Chaetoceros*
Fig. 6: Dauerspore von *Chaetoceros*

Balkenlänge = 10 µm für Fig. 3 - 6
Balkenlänge = 20 µm für Fig. 1
Balkenlänge = 100 µm für Fig. 2

Tafel IX

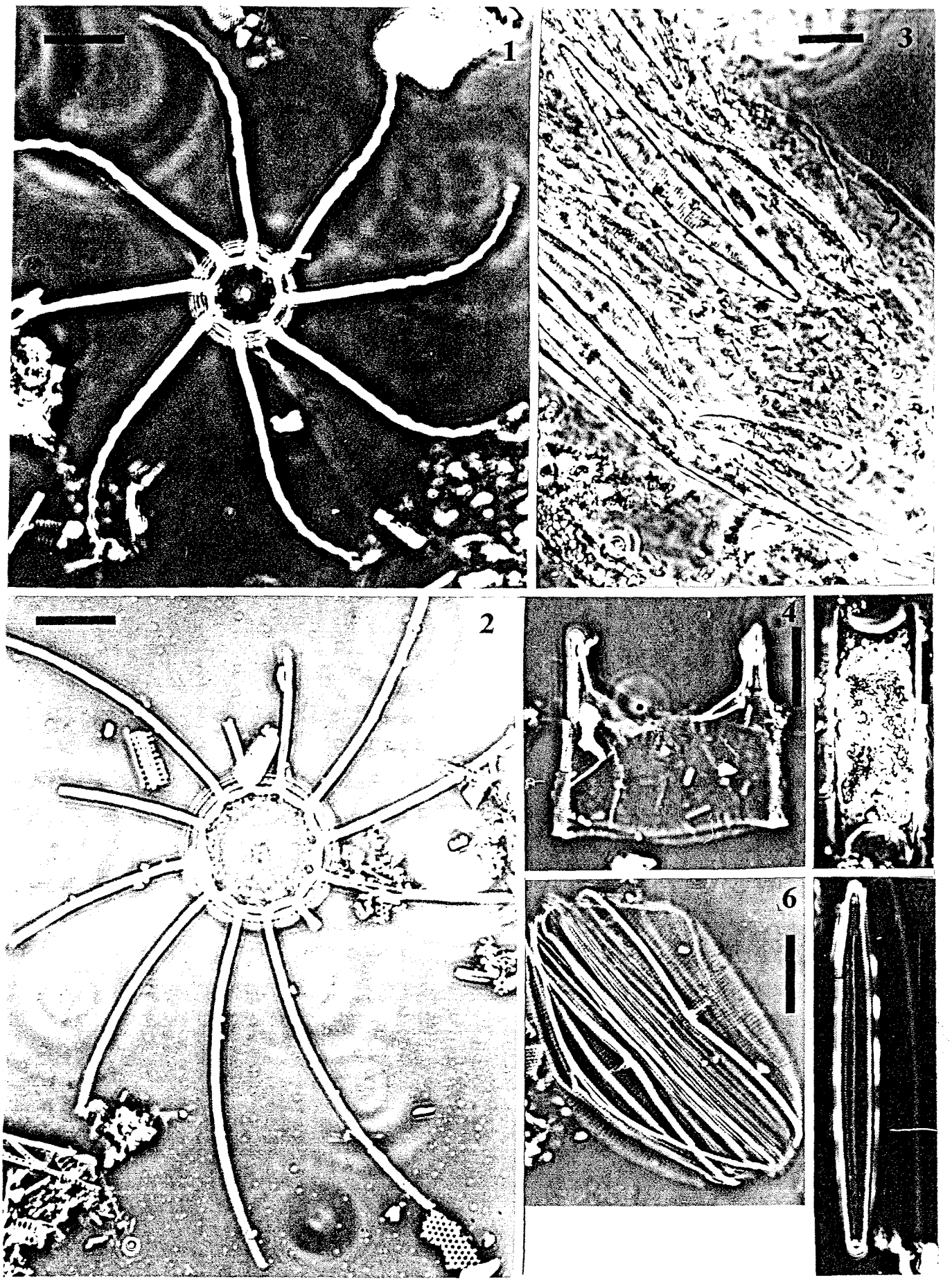


Tafel X

Fig. 1: *Bacteriastrum furcatum* SHADBOLT
Fig. 2: *Bacteriastrum hyalinum* LAUDER
Fig. 3: *Amphora* sp. A
Fig. 4: *Hemiaulus membranaceus* CLEVE
Fig. 5: *Hemiaulus membranaceus* CLEVE
Fig. 6: *Amphora* cf. *ostrearia* BRÈBISSON var. *ostrearia* HENDEY
Fig. 7: *Pseudohimantidium pacificum* HUSTEDT & KRASSKE

Balkenlänge = 10 µm für Fig. 1 - 2, 4, 6 - 7
Balkenlänge = 20 µm für Fig. 5
Balkenlänge = 8 µm für Fig. 3

Tafel X

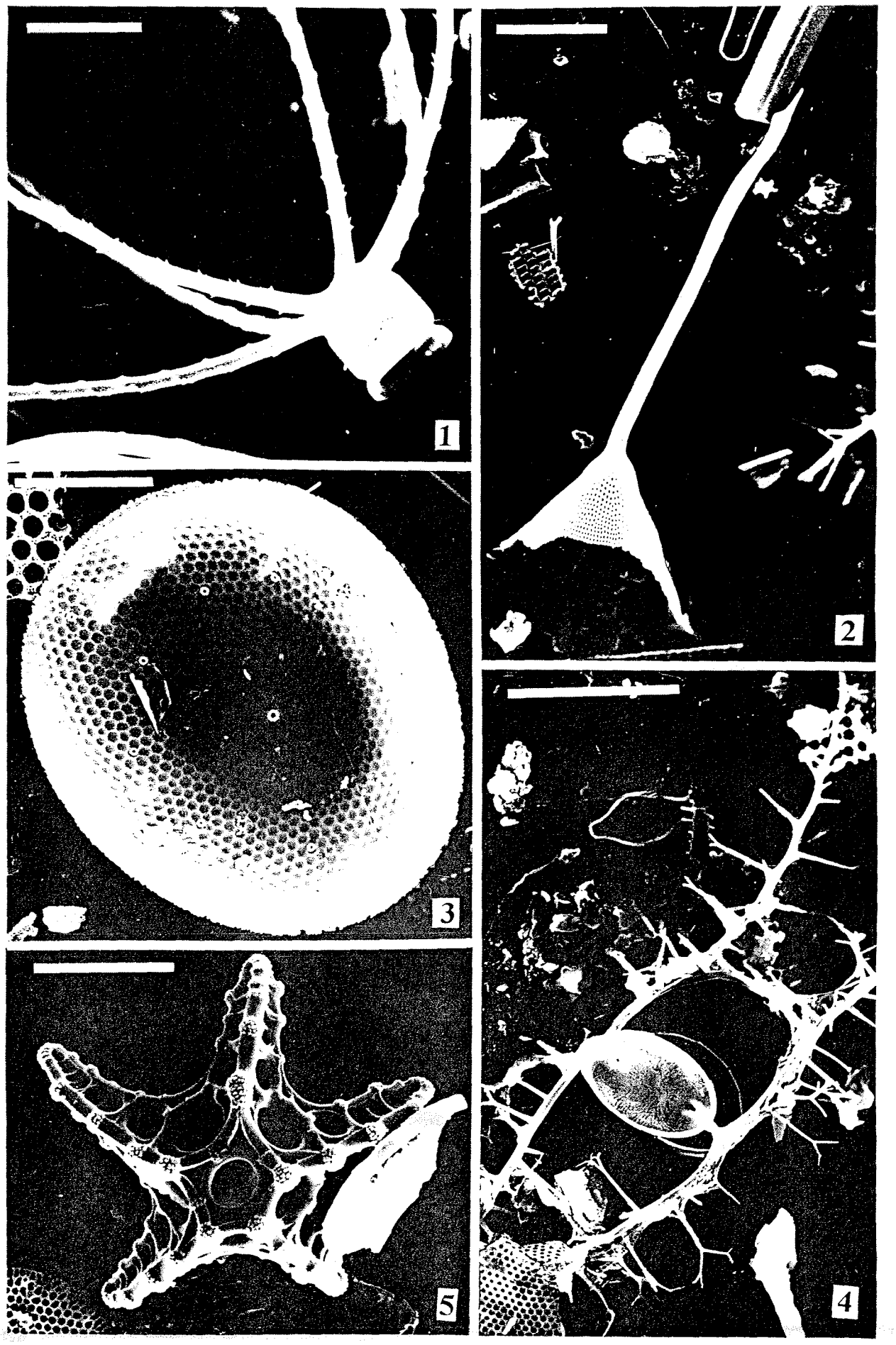


Tafel XI

Fig. 1: *Bacteriastrum elongatum* CLEVE
Fig. 2: *Guinardia cylindrus* (CLEVE) HASLE
Fig. 3: *Thalassiosira subtilis* (OSTENFELD) GRAN
Fig. 4: *Chaetoceros radicans* SCHÜTT
Fig. 5: *Actiniscus pentasterias* EHRENBERG

Balkenlänge = 10 µm für Fig. 1, 4 - 5
Balkenlänge = 5 µm für Fig. 2 - 3

Tafel XI



6.2. Sinkstoffallen

6.2.1. Zählergebnisse

Erläuterungen zu den folgenden Tabellen:

1: Größe der Teilprobe [in ml] des gesamten, auf 55 ml aufgefüllten Splitts

2: gezählte Fläche des Deckglases im Verhältnis zur Gesamtfläche der Teilprobe

a: Prozentanteil einer Diatomeenart an der durschnittlichen jährlichen Gesamtdiatomeenassoziation

b: durchnittlicher täglicher Fluß [in Schalen bzw. Individuen $x\ 10^3\ x\ m^{-2}\ x\ d^{-1}$]

Fragilaria-Gruppe: umfaßt Arten der Gattung *Pseudostaurosira, Staurosira* und *Staurosirella*

Nitzschia bicapitata-Gruppe: umfaßt die Arten *N. bicapitata, N. bifurcata, N. braarudii, N. capitata* und *N. capitellata.*

Pseudo-Nitzschia-Gruppe: umfaßt die Arten *Pseudo-Nitzschia delicatissima, P. pseudodelicatissima* und bei den GBN- und GBZ-Proben *P. lineola.*

Thalassiosira allenii-Gruppe: umfaßt *T. allenii* selbst, sowie *T.* aff. *allenii.*

Sinkstoffalle GBN3, 853 m

Arten	Probennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Fangintervall	01.03.89-20.03.89	20.03.89-08.04.89	08.04.89-27.04.89	28.04.89-16.05.89	16.05.89-04.06.89	04.06.89-23.06.89	23.06.89-12.07.89	12.07.89-31.07.89	31.07.89-19.08.89	19.08.89-07.09.89
	Dauer (Tage)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Splittgröße	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64
	Teilprobe (ml)*[1]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	A / a *[2]	4170,5	2780,3	436,5	436,5	218,3	109,1	145,5	436,5	218,3	436,5
Aulacoseira granulata		6,0	3,0	7,0	2,0	1,0	1,0	0,0	0,0	2,0	4,0
Azpeitia spp.		1,0	0,0	3,0	4,0	5,0	4,0	1,0	3,0	2,0	4,0
Bacteriastrum spp.		4,0	3,0	8,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0,0	2,0	1,0
Chaetoceros spp.		38,0	29,0	49,0	30,0	25,0	16,0	18,0	4,0	6,0	13,0
Chatoceros-Dauersporen		13,0	10,0	5,0	6,0	11,0	14,0	1,0	5,0	1,0	4,0
Cyclotella spp.		0,0	2,0	6,0	6,0	5,0	2,0	2,0	4,0	1,0	2,0
Fragilariopsis doliolus		2,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	2,5	2,0	1,0	9,0
F. pseudonana		13,0	5,0	11,5	5,0	12,5	4,5	4,0	12,0	9,5	47,0
Neodelphineis indica		62,5	41,5	67,0	81,5	24,5	7,0	13,0	13,0	6,0	14,0
Nitzschia bicapitata-Gruppe		221,0	162,5	340,5	291,5	224,0	162,0	186,0	776,0	295,0	1006,5
N. sicula		1,5	1,0	8,5	7,0	1,0	0,0	1,0	11,0	3,0	19,0
N. marina		0,0	0,0	2,5	0,5	2,5	0,5	2,5	0,0	0,0	0,5
N. interruptestriata		7,5	8,0	8,5	11,5	23,0	15,0	18,5	7,5	8,0	11,0
N. capuluspalae		1,5	1,0	1,0	2,0	3,0	1,0	1,0	0,0	2,0	1,5
Planktoniella sol		3,0	0,0	2,0	7,0	9,0	4,0	8,0	2,0	7,0	2,0
Pseudonitzschia spp.		82,0	49,0	47,0	34,0	16,5	6,5	19,5	11,5	14,5	26,5
Rhizosolenia bergonii		1,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	5,0
Roperia tesselata		0,0	2,0	2,0	0,0	1,0	1,0	3,0	1,0	3,0	10,0
Stephanodiscus astraea		3,0	2,0	3,0	3,0	6,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
Thalassionema bacillaris		17,5	10,5	26,0	14,5	17,0	3,0	6,0	7,0	5,5	13,0
T. nitzschioides		5,5	5,0	9,0	11,0	10,0	2,0	2,0	5,0	6,0	18,5
T. nitzschioides var. *parva*		22,0	12,0	39,0	41,0	40,0	14,0	20,0	12,0	16,5	29,0
Thalassiosira bioculata		0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	3,0	6,0	4,0	17,0
T. eccentrica		0,00	0,0	4,0	3,0	2,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0
T. ferelineata		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	10,0
T. lineata		0,0	2,0	2,0	5,0	2,0	1,0	0,0	3,0	3,0	11,0
T. oestrupii var. *oestrupii*		1,00	1,0	2,0	2,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0
T. oestrupii var. *venrickae*		0,0	1,0	1,0	0,0	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0
Thalassiothrix spp.		0,5	1,5	4,5	1,0	2,0	0,5	4,0	3,0	5,5	17,5
Sonstige		25,0	17,0	61,0	52,0	72,5	27,0	82,0	45,0	28,5	80,5
Gesamtdiatomeen		531,5	369,0	723,0	625,5	525,5	291,0	402,0	936,0	435,0	1382,5
Gesamtsilikoflagellaten		4,0	10,0	22,0	12,0	25,0	11,0	24,0	7,0	18,0	43,0
Actiniscus pentasterias		x	x				x				
Phytolithe		x					x				x

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
07.09.89-26.09.89	26.09.89-15.10.89	15.10.89-03.11.89	03.11.89-22.11.89	22.11.89-11.12.89	11.12.893 0.12.89	30.12.89-18.01.90	18.01.90-06.02.90	06.02.90-25.02.90	25.02.90-16.03.90		
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	Prozent-	tägl. Fluß
1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	anteil	[10^3 x
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	[%][a]	Schalen/
72,8	218,3	436,5	436,5	218,3	72,8	218,3	218,3	145,5	218,3		m^2/ Tag][b]
2,0	0,0	1,0	3,0	1,0	4,0	1,0	1,0	5,0	22,0	0,56	89,2
3,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	3,0	7,0	2,0	6,0	0,49	33,7
1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	5,0	5,0	12,0	21,0	0,62	76,7
4,0	8,0	20,0	43,0	13,0	35,0	44,0	28,0	66,0	130,0	5,64	705,4
9,0	2,0	2,0	10,0	3,0	8,0	6,0	1,0	8,0	6,0	1,32	197,5
2,0	1,0	2,0	6,0	1,0	4,0	4,0	7,0	6,0	11,0	0,67	46,8
1,5	2,5	0,0	4,0	6,5	5,5	7,5	6,5	3,5	5,5	0,60	43,5
6,0	17,0	12,0	10,0	33,5	2,0	20,5	14,0	4,0	23,0	2,29	261,8
8,0	10,0	20,5	40,5	18,5	11,5	24,0	27,5	33,0	45,0	5,12	967,2
258,5	160,0	455,0	278,5	243,0	70,0	255,5	230,5	196,5	341,5	50,28	5977,9
3,0	2,0	3,0	0,0	0,0	1,0	2,5	2,0	0,0	2,0	0,29	29,3
20,5	5,5	15,5	12,5	3,0	9,5	13,5	21,0	15,5	11,0	2,47	203,6
0,0	0,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	2,0	0,17	8,9
7,5	7,5	12,0	12,5	3,0	1,5	7,5	1,0	5,5	1,5	0,89	86,2
2,0	4,0	2,0	12,0	3,0	2,0	3,0	3,0	5,0	4,0	0,83	63,2
5,0	2,5	23,0	33,0	14,5	8,5	20,5	16,0	9,5	31,0	4,29	1085,1
4,0	2,0	3,0	0,0	2,0	2,0	5,0	0,0	0,0	2,0	0,28	21,5
4,0	3,0	1,0	1,0	0,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	0,37	29,2
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	4,0	7,0	0,34	48,8
4,5	5,5	10,5	40,5	8,5	9,0	24,5	11,0	23,5	25,0	2,47	329,1
11,0	14,5	16,0	34,0	13,0	13,5	16,0	15,5	16,5	13,0	2,21	188,1
22,0	29,0	20,0	85,0	13,0	23,0	46,0	35,0	44,0	52,0	5,64	534,3
1,0	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0	0,0	0,34	28,4
5,0	7,0	4,0	0,0	0,0	0,0	11,0	5,0	4,0	8,0	0,50	25,1
1,0	1,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	2,0	0,23	18,7
5,0	1,0	3,0	9,0	1,0	3,0	8,0	1,0	1,0	1,0	0,52	45,4
1,0	3,0	1,0	1,0	0,0	1,0	2,0	1,0	2,0	0,0	0,22	24,2
3,0	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	2,0	4,0	4,0	2,0	0,32	19,6
6,0	7,5	9,0	10,5	1,0	7,5	6,5	5,5	7,0	5,5	0,96	66,8
40,5	40,5	63,5	70,0	31,0	28,0	55,0	34,0	55,5	90,5	9,07	775,7
441,0	342,0	709,0	727,5	417,5	257,5	598,5	492,0	543,0	871,5	100,00	12031,0
35,0	35,0	23,0	21,0	11,0	18,0	21,0	11,0	14,0	21,0		263,0
x											
	x					x	x	x	x		

Sinkstoffalle GBN3, 3961 m

Probennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fangintervall	01.03.89-20.03.89	20.03.89-08.04.89	08.04.89-27.04.89	28.04.89-16.05.89	16.05.89-04.06.89	04.06.89-23.06.89	23.06.89-12.07.89	12.07.89-31.07.89	31.07.89-19.08.89	19.08.89-07.09.89
Dauer (Tage)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Splittgröße	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64
Teilprobe *[1]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
A / a *[2]	1390,2	1191,6	436,5	1390,2	1390,2	1390,2	395,2	414,8	218,3	926,8
Actinocyclus octonarius	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Actinoptychus senarius	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Amphiprora spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Amphora spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Asteromphalus arachne	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0
A. flabellatus	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
A. heptactis	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0
A. imbricatus	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A. petersonii	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
A. robustus	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0
A. sarcophagus	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Aulacoseira granulata	11,0	11,0	18,0	7,0	16,0	10,0	9,0	7,0	12,0	5,0
Azpeitia spp.	1,0	4,0	5,0	3,0	2,0	1,0	4,0	7,0	18,0	5,0
Baceriastrum comossum	4,0	2,0	4,0	3,0	3,0	5,0	1,0	1,0	3,0	0,0
B. delicatulum	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	2,0	3,0	2,0	1,0
B. elongatum	5,0	2,0	17,0	4,0	3,0	10,0	4,0	5,0	7,0	0,0
B. hyalinum	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	3,0	0,0	0,0
Bacteriastrum spp.	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0	0,0
Cerataulina spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chaetoceros affinis	1,0	2,0	3,0	1,0	0,0	0,0	1,0	2,0	1,0	0,0
C. anastomosans	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0
C. atlanticus	1,0	7,0	4,0	4,0	9,0	2,0	4,0	12,0	18,0	3,0
C. bacteriastrum	0,0	2,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. compressus	3,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. decipiens	0,0	2,0	6,0	4,0	4,0	0,0	10,0	5,0	0,0	0,0
C. didymus	3,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	4,0	0,0
C. eibenii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. lorenzianus	2,0	10,0	14,0	4,0	6,0	4,0	8,0	6,0	8,0	0,0
C. messanensis	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	7,0	0,0
C. pendulus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
C. peruvianus	1,0	1,0	2,0	0,0	2,0	3,0	5,0	0,0	3,0	0,0
C. radicans	22,0	17,0	70,0	27,0	27,0	23,0	12,0	15,0	27,0	13,0
C. rostratatus	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. seychellarum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	4,0	0,0	0,0
Chaetoceros sp. A	1,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	1,0	0,0
Chaetoceros spp. (Hyalochaete)	0,0	0,0	12,0	2,0	4,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0
Chaetoceros spp. (Phaeoceros)	0,0	0,0	3,0	4,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	1,0
Chaetoceros spp.	16,0	24,0	14,0	4,0	4,0	6,0	2,0	12,0	23,0	4,0
Chaetoceros-Dauersporen	8,0	18,0	36,0	17,0	15,0	18,0	33,0	22,0	29,0	12,0
Climacodium frauenfeldii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocconeis spp.	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Corethron criophilum	0,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0
Coscinodiscus concinniformis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. plicatoides	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
C. radiatus	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
C. thorii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cyclotella comensis	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. kützingiana	0,0	2,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
C. litoralis	1,0	2,0	2,0	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	1,0	0,0
C. menegheniana	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

11	12	13	14	15	16	17	18	19		
07.09.89-26.09.89	26.09.89-15.10.89	15.10.89-03.11.89	03.11.89-22.11.89	22.11.89-11.12.89	11.12.893 0.12.89	30.12.89-18.01.90	18.01.90-06.02.90	06.02.90-25.02.90		
19	19	19	19	19	19	19	19	19	Prozent-	tägl. Fluß
1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	anteil	[10^3 x
10	10	10	10	10	10	10	10	10	[%][a]	Schalen/
834,1	218,3	218,3	218,3	218,3	395,2	218,3	361,0	490,6		m^2/ Tag][b]
0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,7
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,1
0,0	1,0	3,0	1,0	1,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,1	12,3
2,0	0,0	3,0	1,0	0,0	2,0	1,0	0,0	1,0	0,2	20,3
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	8,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3
0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	10,7
2,0	7,0	11,0	7,0	13,0	2,0	3,0	5,0	3,0	1,3	215,5
0,0	8,0	8,0	15,0	3,0	4,0	4,0	2,0	3,0	0,7	81,5
1,0	0,0	3,0	0,0	1,0	2,0	2,0	1,0	0,0	0,3	58,0
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	2,0	1,0	3,0	0,2	19,0
1,0	2,0	1,0	0,0	0,0	1,0	4,0	1,0	2,0	0,5	96,9
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	7,6
0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,1	6,4
0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,6
0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,1	19,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
2,0	5,0	6,0	1,0	2,0	2,0	6,0	3,0	1,0	0,7	105,3
0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	9,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8
2,0	0,0	4,0	4,0	2,0	1,0	0,0	2,0	2,0	0,4	54,8
0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,2	23,1
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	2,0	6,0	7,0	7,0	1,0	4,0	2,0	6,0	0,7	111,9
0,0	0,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,1	10,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
1,0	0,0	0,0	4,0	1,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,2	32,6
3,0	7,0	15,0	6,0	11,0	12,0	10,0	7,0	16,0	2,6	479,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	8,7
0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	10,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	30,3
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	19,5
4,0	10,0	18,0	8,0	7,0	2,0	2,0	2,0	6,0	1,3	211,6
9,0	17,0	19,0	17,0	30,0	12,0	10,0	3,0	8,0	2,6	380,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,9
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	3,5
1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,1	18,4
0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
0,0	2,0	1,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	13,3
0,0	1,0	1,0	3,0	5,0	0,0	4,0	2,0	4,0	0,3	27,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3

Sinkstoffalle GBN3, 3921 m

Arten	Probennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Fangintervall	01.03.89-20.03.89	20.03.89-08.04.89	08.04.89-27.04.89	28.04.89-16.05.89	16.05.89-04.06.89	04.06.89-23.06.89	23.06.89-12.07.89	12.07.89-31.07.89	31.07.89-19.08.89	19.08.89-07.09.89
	Dauer (Tage)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Splittgröße	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64
	Teilprobe *[1]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	A / a *[2]	1390,2	1191,6	436,5	1390,2	1390,2	1390,2	395,2	414,8	218,3	926,8
C. af. *menegheniana*		2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	1,0	3,0	5,0	2,0
C. ocellata		3,0	2,0	5,0	5,0	1,0	1,0	4,0	0,0	7,0	1,0
C. stelligera		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Cyclotella spp.		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cylindrotheca closterium		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0
Detonula pumila		1,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0
Eucampia zoodiacus f. *cylindrus*		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0
Fragilaria pinnata		2,0	2,0	6,0	6,0	3,0	2,0	2,0	0,0	1,0	0,0
Fragilaria spp. *[3]		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilariopsis cylindrus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F. doliolus		3,0	2,5	1,5	0,5	2,5	0,5	2,0	3,0	6,5	2,0
F. pseudonana		8,5	4,5	16,5	5,0	11,0	9,5	9,5	10,5	14,5	11,5
Guinardia cylindrus		0,0	3,0	4,0	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	0,0	0,0
Haslea spp.		0,0	0,0	3,0	3,0	0,0	2,0	5,0	9,0	12,0	3,0
Hemiaulus hauckii		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	1,0	1,0
H. membranaceus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	3,0	0,0	1,0	0,0
H. sinensis		0,0	1,0	4,0	2,0	0,0	1,0	3,0	0,0	2,0	0,0
Hemidiscus cuneiformis		1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
Lauderia annulata		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Leptocylindrus mediterraneus		1,0	1,0	2,0	0,0	2,0	4,0	1,0	0,0	1,0	3,0
Licomorpha spp.		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mastogloia rostrata		0,0	1,0	3,0	0,0	0,0	0,0	2,0	4,0	1,0	1,0
Navicula sp. A		2,0	0,0	9,0	1,0	5,0	9,0	1,0	1,0	7,0	1,0
Navicula sp. B		5,0	6,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	4,0	4,0	3,0
Navicula spp.		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Neodelphineis indica		28,0	26,5	72,5	29,5	33,0	25,5	22,0	9,0	13,5	18,0
Nitzschia aequatorialis		0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N. bicapitata-Gruppe		209,0	177,0	403,0	165,5	193,5	208,0	262,0	249,0	382,5	275,0
N. capuluspalae		2,5	5,5	1,0	0,0	0,0	1,0	2,0	1,0	4,0	1,0
N. inflatula var. *capitata*		2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	0,5	6,5	6,0	5,0	1,0
N. interuptestriata		6,5	6,5	24,0	7,5	16,5	12,0	22,0	11,0	49,5	9,0
N. kolazcekii		0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
N. longicollum		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0
N. marina		1,5	2,5	3,5	1,0	2,0	0,5	1,0	1,0	4,0	0,5
N. ossiformis		0,0	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
N. sicula		6,0	4,5	6,0	4,0	6,0	1,5	9,0	5,0	6,5	9,0
Nitzschia sp. A		3,0	8,0	13,0	4,5	5,5	7,0	7,0	8,5	15,5	1,0
Nitzschia spp. (Süßwasser)		0,0	1,0	1,5	1,0	0,0	0,5	0,5	0,0	1,0	0,0
Odontella aurita		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
O. mobiliensis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Opephora spp.		1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pachyneis gerlachii		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Paralia sulcata		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Pinnularia spp.		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plagiotropis spp.		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planktoniella sol		6,0	6,0	16,0	6,0	4,0	13,0	11,0	6,0	17,0	3,0
Pleurosigma directum		3,0	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	3,0	7,0	2,0
P. hyalinum		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. indica		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
Porosira denticulata		0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0

11	12	13	14	15	16	17	18	19		
07.09.89-26.09.89	26.09.89-15.10.89	15.10.89-03.11.89	03.11.89-22.11.89	22.11.89-11.12.89	11.12.893 0.12.89	30.12.89-18.01.90	18.01.90-06.02.90	06.02.90-25.02.90		
19	19	19	19	19	19	19	19	19	Prozent-	tägl. Fluß
1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	anteil	[10^3 x
10	10	10	10	10	10	10	10	10	[%] [a]	Schalen/
834,1	218,3	218,3	218,3	218,3	395,2	218,3	361,0	490,6		m^2/ Tag] [b]
0,0	1,0	5,0	0,0	2,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,3	43,9
3,0	3,0	1,0	5,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	0,4	56,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	0,0	4,5
0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,1	10,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5
2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	3,0	2,0	2,0	0,3	58,6
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
2,0	3,5	6,5	5,0	8,5	4,5	10,0	2,0	4,5	0,6	61,8
13,0	6,0	16,0	29,0	23,0	13,0	23,5	14,0	16,5	2,1	257,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,1	25,2
2,0	4,0	3,0	4,0	2,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,4	48,7
0,0	2,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,1	6,8
0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	6,3
0,0	0,0	2,0	1,0	3,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,2	22,0
0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	8,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	4,0	6,0	1,0	3,0	0,3	39,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	1,0	5,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,2	17,1
1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	4,0	0,0	1,0	1,0	0,3	67,8
1,0	1,0	6,0	3,0	3,0	0,0	1,0	2,0	1,5	0,4	51,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
16,5	11,0	16,0	18,0	12,0	27,5	39,0	35,5	52,5	4,1	664,4
0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
302,0	242,5	313,0	284,5	184,0	295,5	285,0	285,0	281,5	40,8	5667,3
0,0	0,0	3,0	2,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,5	0,2	32,9
1,5	3,5	3,0	1,0	0,0	0,0	3,0	1,5	1,5	0,3	42,4
14,0	15,0	34,5	20,5	18,5	10,5	19,5	10,0	12,0	2,4	309,3
0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,5	0,1	8,5
1,0	1,0	2,0	0,5	1,5	0,5	2,0	0,0	0,5	0,2	32,0
0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6
4,0	8,0	15,0	14,0	8,5	9,5	11,0	3,0	3,5	1,1	136,4
3,0	5,5	9,0	6,0	9,5	3,0	1,5	4,0	2,0	0,9	129,9
0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,3
0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4
0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,4
0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,6
6,0	6,0	11,0	13,0	6,0	8,0	7,0	8,0	2,0	1,2	173,9
1,0	1,0	2,0	4,0	3,0	3,0	2,0	3,0	3,0	0,4	49,5
0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,1
0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,1	7,2

Sinkstoffalle GBN3, 3921 m

Arten	Probennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Fangintervall	01.03.89-20.03.89	20.03.89-08.04.89	08.04.89-27.04.89	28.04.89-16.05.89	16.05.89-04.06.89	04.06.89-23.06.89	23.06.89-12.07.89	12.07.89-31.07.89	31.07.89-19.08.89	19.08.89-07.09.89
	Dauer (Tage)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Splittgröße	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64
	Teilprobe *[1]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	A / a *[2]	1390,2	1191,6	436,5	1390,2	1390,2	1390,2	395,2	414,8	218,3	926,8
Proboscia alata		1,0	1,0	4,0	3,0	2,0	0,0	8,0	4,0	3,0	0,0
Pseudo-Nitzschia cuspidata		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
P. delicatissima/pseudodelicatissima		23,0	47,0	88,5	39,5	38,5	54,5	54,5	22,5	33,5	24,5
P. fraudulenta		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. heimii		3,0	0,5	2,5	0,5	2,5	1,0	1,0	0,5	4,5	2,0
P. inflatula		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. inflatula var. *capitata*		1,5	3,0	12,0	4,0	2,0	6,5	3,5	4,5	7,5	1,5
P. pungens		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. pungiformis		2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
P. subfraudulenta		0,0	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	1,0	0,0	1,0
P. subpacifica		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Pseudosolenia calcar-avis		1,0	4,0	4,0	1,0	1,0	0,0	3,0	3,0	13,0	0,0
Pseudostaurosira brevestriata		1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0
Pseudotriceratum punctatum		1,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
Rhizosolenia acuminata		0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. bergonii		2,0	0,0	3,0	1,0	2,0	2,0	3,0	2,0	4,0	2,0
R. castracanei		0,0	1,0	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
R. clevei		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
R. clevei var. *communis*		1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	3,0	2,0	0,0
R. debayana		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. decipiens		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. fallax		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
R. formosa		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. hyalina		0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. imbricata		1,0	1,0	5,0	0,0	3,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0
R. setigera		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0
R. styliformis		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Rhizosolenia spp.		3,0	1,0	0,0	0,0	1,0	4,0	1,0	2,0	5,0	0,0
Roperia tessela		0,0	3,0	2,0	3,0	3,0	0,0	2,0	3,0	4,0	3,0
Skelettonema costatum		0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stauropsis membranaceus		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Staurosira construens		0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stephanodiscus astraea		5,0	11,0	7,0	3,0	3,0	2,0	7,0	5,0	12,0	2,0
Surirella sp.		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Thalassionema bacillaris		20,5	26,0	62,0	18,5	25,0	12,5	16,0	19,5	33,0	12,0
T. frauenfeldii		1,0	0,5	3,5	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	5,5	1,0
T. nitzschioides		16,0	11,0	27,0	11,0	12,5	9,0	15,5	16,0	35,5	12,5
T. nitzschioides var. *parva*		36,0	38,0	95,0	30,0	34,0	28,0	37,0	37,0	92,0	15,0
Thalassionema sp. A		0,0	0,5	2,5	2,5	1,5	0,5	1,0	0,5	2,0	0,0
Thalassiosira anguste-lineata		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. bioculata		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	4,0	1,0
T. delicatula		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. diporocyclus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. eccentrica		0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
T. elsayedi		7,0	3,0	12,0	3,0	3,0	0,0	2,0	3,0	3,0	0,0
T. ferelineata		1,0	4,0	1,0	2,0	2,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,0
T. fragilis		2,0	7,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0	4,0	0,0
T. lineata		1,0	4,0	1,0	2,0	4,0	3,0	7,0	9,0	6,0	2,0
T. monoporocyclus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
T. oestrupii var. *oestrupii*		1,0	2,0	1,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	4,0	2,0

11	12	13	14	15	16	17	18	19		
07.09.89-26.09.89	26.09.89-15.10.89	15.10.89-03.11.89	03.11.89-22.11.89	22.11.89-11.12.89	11.12.893 0.12.89	30.12.89-18.01.90	18.01.90-06.02.90	06.02.90-25.02.90		
19	19	19	19	19	19	19	19	19	Prozent-	tägl. Fluß
1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	anteil	[10^3 x
10	10	10	10	10	10	10	10	10	[%][a]	Schalen/
834,1	218,3	218,3	218,3	218,3	395,2	218,3	361,0	490,6		m^2/ Tag][b]
0,0	1,0	1,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,2	35,1
1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
28,5	13,5	31,5	32,5	17,0	46,5	35,0	14,0	28,0	5,4	898,8
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	1,0	3,0	0,0	1,0	0,5	1,5	0,0	0,5	0,2	32,6
0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,4
1,0	1,0	3,0	2,5	7,5	1,5	3,5	2,0	0,5	0,5	79,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8
1,0	1,0	0,5	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	8,6
0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
1,0	1,0	4,0	1,0	4,0	5,0	2,0	0,0	1,0	0,3	42,6
0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	7,7
0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	13,3
0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
4,0	2,0	3,0	5,0	5,0	4,0	4,0	1,0	3,0	0,4	52,0
2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	12,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	10,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,4
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7
3,0	1,0	5,0	3,0	0,0	0,0	2,0	1,0	1,0	0,2	30,6
0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	4,6
1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3
1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	4,0	3,0	1,0	0,0	0,3	37,3
3,0	6,0	2,0	7,0	6,0	4,0	5,0	2,0	3,0	0,5	59,3
0,0	0,0	0,0	2,0	5,0	3,0	0,0	2,0	0,0	0,1	10,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	6,2
2,0	5,0	4,0	7,0	2,0	3,0	1,0	6,0	1,0	0,7	103,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
10,0	10,0	15,5	22,0	24,5	23,5	19,5	9,5	17,0	3,1	480,7
0,0	3,0	2,0	2,5	2,0	2,0	0,5	1,0	1,0	0,2	29,9
10,0	14,5	27,5	29,0	35,5	16,0	24,0	14,5	18,0	2,8	354,2
18,0	30,0	44,0	60,0	91,0	51,0	47,0	42,0	28,0	6,6	881,6
0,5	0,0	0,5	1,5	0,5	0,5	0,0	0,5	0,5	0,1	20,6
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6
1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	1,0	0,1	12,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,1	7,7
3,0	1,0	6,0	2,0	6,0	1,0	2,0	3,0	1,0	0,5	73,6
1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	0,2	38,2
1,0	2,0	4,0	2,0	4,0	3,0	2,0	4,0	1,0	0,4	50,9
2,0	2,0	5,0	8,0	7,0	6,0	5,0	2,0	2,0	0,6	78,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,1	21,1

Sinkstoffalle GBN3, 3921 m

Probennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fangintervall	01.03.89-20.03.89	20.03.89-08.04.89	08.04.89-27.04.89	28.04.89-16.05.89	16.05.89-04.06.89	04.06.89-23.06.89	23.06.89-12.07.89	12.07.89-31.07.89	31.07.89-19.08.89	19.08.89-07.09.89
Dauer (Tage)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Splittgröße	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64
Teilprobe (ml) *[1]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
A / a *[2]	1390,2	1191,6	436,5	1390,2	1390,2	1390,2	395,2	414,8	218,3	926,8
T. oestrupii var. *venrickae*	0,0	4,0	4,0	3,0	3,0	0,0	5,0	13,0	21,0	3,0
T. partheneia	0,0	1,0	3,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3,0	1,0
T. partheneia/oceanica *[3]	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
T. punctifera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
T. sackettii f. plana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0
T. sackettii f. *sackettii*	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0
T. subtilis	1,0	0,0	5,0	2,0	2,0	1,0	7,0	3,0	3,0	3,0
T. symmetrica	3,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	3,0	1,0
T. tubifera	1,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0
Thalassiosira sp. A	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0
Thalassiosira sp. U	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	0,0
Thalassiosira sp. W	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Thalassiosira sp. Z	4,0	1,0	0,0	1,0	2,0	0,0	2,0	1,0	2,0	1,0
Thalassiothrix delicatissima	1,0	0,5	0,0	0,0	1,0	1,5	0,0	0,5	0,0	0,5
T. longissima	4,5	5,5	8,5	2,5	3,5	3,0	5,0	1,0	7,0	6,5
T. mediterraneae	0,0	1,0	1,5	0,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0
T. van hoeffenii	0,5	2,5	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5
Thalassiothrix spp.	1,0	0,0	1,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
Tropidoneis subalata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Centrale indet.	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pennales indet.	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	4,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Sonstige	5,5	3,5	10,5	3,0	4,5	2,0	3,5	2,5	4,0	6,0
Gesamtdiatomeen	542,0	581,0	1234,0	482,5	571,5	538,5	707,0	638,5	1090,0	510,0
Gesamtsilikoflagellaten	29,0	29,0	81,0	21,0	35,0	23,0	38,0	45,0	106,0	28,0
Actiniscus pentasterias	0,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Phytolithe	1,0	1,0	5,0	4,0	2,0	0,0	4,0	5,0	5,0	3,0

11	12	13	14	15	16	17	18	19		
07.09.89-26.09.89	26.09.89-15.10.89	15.10.89-03.11.89	03.11.89-22.11.89	22.11.89-11.12.89	11.12.893 0.12.89	30.12.89-18.01.90	18.01.90-06.02.90	06.02.90-25.02.90		
19	19	19	19	19	19	19	19	19	Prozent-	tägl. Fluß
1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	1/64	anteil	[10^3 x
10	10	10	10	10	10	10	10	10	[%] [a]	Schalen/
834,1	218,3	218,3	218,3	218,3	395,2	218,3	361,0	490,6		m^2/ Tag] [b]
3,0	6,0	7,0	7,0	5,0	6,0	3,0	6,0	1,0	0,8	84,3
0,0	1,0	1,0	2,0	3,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,1	19,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,1	14,9
0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,1
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3
1,0	2,0	4,0	3,0	1,0	2,0	3,0	2,0	2,0	0,4	47,1
1,0	0,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,2	28,0
2,0	0,0	0,0	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	11,5
1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,1	12,1
0,0	1,0	2,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,1	10,4
0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3
0,0	3,0	8,0	1,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,2	33,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	1,0	0,0	0,0	0,1	13,0
1,0	4,0	6,0	4,5	6,0	2,0	4,5	2,0	4,0	0,6	95,0
0,5	0,0	0,0	0,5	1,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,1	13,8
1,5	0,5	2,0	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	0,5	0,2	28,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	6,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	25,5
1,0	2,0	4,0	4,5	5,5	5,5	6,0	1,5	3,5	0,6	94,6
									0,0	0,0
509,0	514,0	779,0	734,5	649,5	636,0	678,5	549,0	587,5	100,0	14329,1
										0,0
14,0	29,0	46,0	46,0	47,0	32,0	22,0	18,0	24,0		754,5
0,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0		11,1
6,0	4,0	4,0	2,0	0,0	2,0	1,0	2,0	0,0		57,6

Sinkstoffalle GBZ, 696 m

Arten	Probennummer	1	2	3	4	5	8	10	11	12	19
	Fangintervall	01.03.89-20.03.89	20.03.89-08.04.89	08.04.89-27.04.89	27.04.89-16.05.89	16.05.89-04.06.89	12.07.89-31.0□7.89	19.08.89-07.09.89	07.09.89-26.09.89	26.09.89-15.10.89	06.02.90-25.02.90
	Dauer (Tage)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Splittgröße	1/16	1/64	1/64	1/64	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
	Teilprobe (ml) *[1]	10	10	10	10	10	20	30	30	20	30
	A / a *[2]	436,5	436,5	436,5	436,5	1390,2	218,3	87,3	72,8	87,3	145,5
Achnanthes spp.		5,0	1,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Actinocyclus curvatulus		2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A. octonarius		2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0
Actinoptychus senarius		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Asteromphalus arachne		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	3,0	1,0	2,0
A. elegans		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
A. flabellatus		0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	0,0	1,0	4,0
A. heptactis		1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	5,0
A. imbricatus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,0	1,0
A. robustus		2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A. roperianus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
A. sarcophagus		1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Aulacoseira granulata		21,0	1,0	1,0	1,0	3,0	0,0	0,0	2,0	5,0	1,0
Azpeitia spp.		45,0	7,0	12,0	9,0	9,0	12,0	15,0	37,0	46,0	25,0
Bacteriastrum delicatulum		1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
B. elongatum		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
Cerataulina pelagica		2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chaetoceros affinis		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
C. atlanticus		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. bacteriastroides		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. decipiens		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. messanensis		0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0
C. radicans		2,0	2,0	0,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. peruvianus		2,0	0,0	3,0	1,0	0,0	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0
C. seychellarum		0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chaetoceros sp. A		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chaetoceros spp.		9,0	0,0	1,0	2,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0
Chaetoceros-Dauersporen		0,0	2,0	0,0	6,0	2,0	0,0	8,0	1,0	0,0	0,0
Coscinodiscus plicatoides		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
C. thorii		0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Cyclotella spp.		11,0	1,0	2,0	0,0	2,0	3,0	42,0	2,0	1,0	1,0
Cylindrotheca closterium		0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Detonula pumila		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denticula spp.		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diploneis sp.		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilaria-Gruppe		4,0	0,0	1,0	1,0	2,0	4,0	1,0	0,0	1,0	1,0
Fragilariopsis doliolus		9,5	5,0	6,0	5,5	3,0	20,0	20,5	22,5	36,5	22,0
Fragilariopsis kerguelensis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Fragilariopsis pseudonana		54,5	19,5	14,5	8,5	14,0	111,0	19,5	6,5	8,0	31,5
Haslea spp.		8,0	0,0	3,0	1,0	6,0	5,0	0,0	3,0	0,0	0,0
Hemiaulus membranaceus		0,0	0,0	1,0	0,0	4,0	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0
Hemiaulus sinensis		0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hemidiscus cuneiformis		2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0	3,0	1,0
Leptocylindrus mediterraneus		1,0	4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mastogloia rostrata		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mastogloia rostrata		3,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula sp. A		3,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula sp. B		4,0	3,0	1,0	2,0	1,0	3,0	0,0	1,0	0,0	1,0
Neodelphineis indica		67,0	29,0	33,5	25,5	16,5	37,5	1,0	1,0	0,0	10,0
Nitzschia aequatoriales		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0

20 25.02.90- 16.03.90 19 1/16 30 14,3	Prozent- anteil [%] [a]	tägl. Fluß [10^3 x Schalen/ m^2/Tag] [b]
0,0	0,1	9,2
0,0	0,0	1,9
1,0	0,1	0,8
1,0	0,0	0,1
1,0	0,1	0,6
0,0	0,0	0,0
0,0	0,1	4,0
0,0	0,1	2,2
0,0	0,1	0,2
0,0	0,0	0,7
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	1,9
2,0	0,4	15,9
53,0	3,6	73,4
0,0	0,0	3,0
1,0	0,0	0,1
0,0	0,0	2,2
0,0	0,0	1,5
0,0	0,0	0,4
2,0	0,0	0,0
0,0	0,0	1,5
0,0	0,1	1,4
0,0	0,2	13,4
0,0	0,2	6,9
0,0	0,0	2,9
0,0	0,0	1,5
4,0	0,2	8,0
0,0	0,3	14,3
1,0	0,0	0,0
0,0	0,0	1,5
0,0	0,9	12,2
0,0	0,0	4,4
0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	1,5
0,0	0,2	7,2
39,5	2,6	36,5
0,0	0,0	0,3
9,5	3,0	111,3
1,0	0,3	16,4
0,0	0,1	6,2
0,0	0,0	1,6
2,0	0,2	1,1
0,0	0,1	10,5
0,0	0,0	0,2
0,0	0,1	6,4
0,0	0,0	4,0
2,0	0,2	11,8
0,0	2,3	177,2
0,5	0,0	0,1

Sinkstoffalle GBZ, 696 m

Arten	Probennummer	1	2	3	4	5	8	10	11	12	19
	Fangintervall	01.03.89-20.03.89	20.03.89-08.04.89	08.04.89-27.04.89	27.04.89-16.05.89	16.05.89-04.06.89	12.07.89-31.0□7.89	19.08.89-07.09.89	07.09.89-26.09.89	26.09.89-15.10.89	06.02.90-25.02.90
	Dauer (Tage)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Splittgröße	1/16	1/64	1/64	1/64	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
	Teilprobe (ml) *[1]	10	10	10	10	10	20	30	30	20	30
	A / a *[2]	436,5	436,5	436,5	436,5	1390,2	218,3	87,3	72,8	87,3	145,5
N. bicapitata-Gruppe		766,0	229,0	449,0	327,0	230,5	686,5	172,0	65,5	79,5	609,0
N. capuluspalae		4,5	0,0	2,0	1,0	1,0	2,0	5,0	2,0	7,5	3,0
N. inflatula var. *capitata*		11,5	2,5	6,0	4,5	2,5	2,0	0,5	4,5	3,0	1,5
N. interruptestriata		116,5	16,0	27,5	26,5	19,0	36,5	20,5	29,5	52,0	19,0
N. kolazceckii		0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	1,0	0,5	1,0	2,0	0,0
N. longicollum		7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N. marina		0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	1,0	1,0	0,5	1,5	0,0
N. sicula		46,5	17,0	11,5	4,5	11,0	23,0	8,0	3,0	6,5	14,0
N. sp. A		18,0	3,0	2,0	2,5	3,0	5,5	2,0	4,0	10,0	3,5
Opephora spp.		0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planktoniella sol		26,0	7,0	3,0	8,0	9,0	10,0	3,0	5,0	11,0	12,0
Pleurisigma directum		3,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	3,0	5,0	3,0	2,0
Porosira denticulata		3,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0
Proboscia alata		13,0	1,0	0,0	1,0	0,0	4,0	1,0	3,0	0,0	2,0
Pseudohimantidium pacificum		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Pseudonitzschia cuspidata		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pseudonitschia delicatissima-Gruppe		54,0	139,5	92,5	21,0	11,5	64,0	27,0	16,5	7,0	13,5
P. fraudulenta/subfraudulenta		0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	3,0	0,0	0,0	0,0	3,0
P. heimii		0,0	0,0	4,5	0,0	1,0	0,0	1,5	1,0	2,5	0,5
P. inflatula		0,5	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. inflatula var. *capitata*		0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	1,5	3,0	2,5	3,0	1,0
P. pungiformis		2,0	1,0	1,5	0,0	0,0	0,5	0,0	1,0	0,0	0,0
P. subpacifica		0,0	2,5	1,5	0,0	0,0	3,5	1,0	3,5	0,0	0,0
Pseudosolenia calcar-avis		29,0	2,0	4,0	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	8,0	0,0
Pseudotriceratum puncatatum		1,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
R. acuminata		1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	3,0	0,0	1,0
R. bergonii		10,0	4,0	3,0	2,0	1,0	3,0	11,0	19,0	20,0	4,0
R. castracanai		7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. clevei var. *communis*		0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	12,0	0,0	0,0	0,0	4,0
R. imbricata		18,0	5,0	8,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. setigera		0,0	0,0	0,0	1,0	7,0	2,0	2,0	1,0	0,0	0,0
R. styliformis		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0
Rhizosolenia spp.		0,0	0,0	2,0	2,0	5,0	10,0	7,0	9,0	4,0	2,0
Roperia tesselata		14,0	2,0	3,0	3,0	1,0	7,0	10,0	13,0	13,0	8,0
Stauropsis membranaceus		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stauropsis sp.		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stellarima stellaris		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stephanodiscus astraea		13,0	2,0	4,0	0,0	3,0	3,0	3,0	1,0	0,0	1,0
Thalassionema bacillaris		11,0	3,5	3,0	3,5	4,0	6,0	2,5	4,0	5,0	4,5
T. frauenfeldii		0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	0,0	1,5	0,0	0,5
T. nitzschioides		16,5	1,5	9,0	10,0	9,0	12,5	21,0	20,0	24,5	12,0
T. nitzschioides var. *parva*		61,0	21,0	28,0	17,0	22,0	50,0	42,0	54,0	90,0	42,0
Thalassionema sp. A		3,0	0,0	0,5	0,0	0,0	3,5	1,5	2,5	0,5	0,5
Thalassiosira allenii-Gruppe		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. binata		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. bioculata		8,0	1,0	4,0	2,0	0,0	5,0	6,0	2,0	3,0	12,0
T. eccentrica		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. elsayedii		6,0	1,0	6,0	2,0	1,0	3,0	6,0	5,0	12,0	6,0
T. ferelineata		7,0	1,0	2,0	2,0	3,0	4,0	4,0	9,0	20,0	6,0
T. fragilis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0

20 25.02.90- 16.03.90 19 1/16 30 14,3	Prozent- anteil [%][a]	tägl. Fluß [10^3 x Schalen/ m^2/Tag][b]
138,5	40,5	2126,1
4,0	0,4	8,0
2,5	0,5	26,7
37,0	4,7	175,3
0,0	0,1	2,4
0,5	0,0	2,6
1,5	0,1	0,9
7,0	1,6	81,7
1,5	0,6	22,3
0,0	0,0	1,5
13,0	1,3	48,6
2,0	0,3	4,5
0,0	0,1	2,4
2,0	0,3	8,3
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	1,5
3,0	5,5	413,0
0,0	0,1	1,6
0,5	0,2	8,0
0,0	0,0	3,1
2,5	0,2	3,4
0,5	0,1	4,5
0,0	0,2	6,3
4,0	0,8	26,9
0,0	0,1	4,8
0,0	0,1	3,5
11,0	1,3	20,0
0,0	0,0	2,6
0,0	0,2	3,9
0,0	0,3	27,3
3,0	0,3	9,9
0,0	0,1	1,6
11,0	0,8	13,3
7,0	1,0	20,1
0,0	0,0	1,5
0,0	0,0	1,5
0,0	0,0	0,1
0,0	0,3	17,5
0,5	0,6	24,5
1,5	0,1	0,9
21,5	2,2	50,3
57,0	6,4	157,2
0,5	0,1	2,3
2,0	0,0	0,1
0,0	0,0	1,5
5,0	0,5	14,5
0,0	0,0	0,4
12,0	0,8	17,9
3,0	0,8	15,1
0,0	0,0	0,1

Sinkstoffalle GBZ, 696 m

Arten	Probennummer	1	2	3	4	5	8	10	11	12	19
	Fangintervall	01.03.89-20.03.89	20.03.89-08.04.89	08.04.89-27.04.89	27.04.89-16.05.89	16.05.89-04.06.89	12.07.89-31.0□7.89	19.08.89-07.09.89	07.09.89-26.09.89	26.09.89-15.10.89	06.02.90-25.02.90
	Dauer (Tage)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Splittgröße	1/16	1/64	1/64	1/64	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
	Teilprobe (ml) *[1]	10	10	10	10	10	20	30	30	20	30
	A / a *[2]	436,5	436,5	436,5	436,5	1390,2	218,3	87,3	72,8	87,3	145,5
T. cf. *licea*		0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. lineata		43,0	10,0	16,0	4,0	11,0	15,0	8,0	13,0	20,0	13,0
T. oceanica/partheneia		0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	7,0	1,0	0,0	0,0	4,0
T. oestrupii var. *oestrupii*		4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	5,0	5,0	11,0	2,0
T. oestrupii var. *venrickae*		21,0	4,0	4,0	3,0	3,0	5,0	4,0	7,0	19,0	7,0
T. sackettii f. *plana*		0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0
T. sackettii f. *sackettii*		2,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. subtilis		7,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	5,0	4,0	3,0	2,0
T. symmetrica		2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	4,0	3,0	6,0	4,0	2,0
T. tubifera		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0
Thalassiosira sp. A		0,0	0,0	1,0	1,0	2,0	2,0	0,0	2,0	3,0	1,0
Thalassiosira sp. U		1,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	3,0	2,0	2,0	0,0
Thalassiosira sp. W		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Thalassiosira sp. Z		8,0	2,0	4,0	3,0	1,0	4,0	1,0	6,0	3,0	1,0
Thalassiosira spp.		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Thalassiothrix delicatula		0,5	1,0	0,5	0,0	0,0	1,0	0,5	2,0	0,5	0,5
T. longissima		19,5	6,0	9,0	7,0	7,0	17,0	31,0	22,0	30,0	9,5
T. mediterranea		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,0	0,0	0,0	1,5
T. vanhoeffeni		1,5	1,5	1,0	0,0	0,0	2,0	1,0	2,5	1,5	0,5
Thalassiothrix spp.		9,0	2,0	0,0	0,5	0,0	2,5	0,0	0,5	0,0	1,5
Sonstige		38,5	4,0	14,0	8,0	9,0	14,5	15,0	6,0	15,0	15,5
Gesamtdiatomeen		1701,5	586,5	826,0	560,5	466,0	1278,5	571,0	478,5	612,0	960,0
Silikoflagellaten		28,0	8,0	33,0	51,0	67,0	52,0	58,0	50,0	60,0	33,0
Actiniscus pentasteria		2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	4,0	1,0	0,0
Phytolithe		3,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	2,0

20 25.02.90- 16.03.90 19 1/16 30 14.3	Prozent- anteil [%] [a]	tägl. Fluß [10^3 x Schalen/ m^2/ Tag] [b]
0,0	0,0	1,5
12,0	1,9	75,9
0,0	0,1	3,8
2,0	0,5	8,0
7,0	1,0	29,1
0,0	0,1	2,7
2,0	0,1	3,4
6,0	0,5	12,9
6,0	0,4	6,0
0,0	0,0	0,1
3,0	0,2	5,7
4,0	0,2	4,4
0,0	0,0	1,5
4,0	0,5	18,0
0,0	0,1	0,8
1,0	0,1	2,6
16,0	2,4	52,0
0,5	0,0	0,2
0,0	0,1	4,6
1,5	0,2	7,3
15,5	1,8	66,0
556,0	100,0	4277,2
57,0		235,0
2,0		2,3
2,0		2,8

Sinkstoffalle WR2, 599 m

Arten	Probennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Fangintervall	18.03.89-05.04.89	05.04.89-23.04.89	23.04.89-11.05.89	11.05.89-29.05.89	29.05.89-16.06.89	16.06.89-04.07.89	04.07.89-22.07.89	22.07.89-09.08.89	09.08.89-27.08.89	27.08.89-14.09.89
	Dauer (Tage)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	Splittgröße	1/64	1/16	1/16	1/64	1/265	1/64	1/16	1/16	1/16	1/16
	Teilprobe (ml) *[1]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	A / a *[2]	87,3	145,5	145,5	202,4	436,5	346,0	259,8	145,5	218,3	556,1
Actinocyclus actinochilus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A. curvatulus		44,0	4,0	2,0	0,0	0,0	4,0	2,0	10,0	3,0	1,0
A. octonarius		3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	1,0	2,0
A. cf. *subtilis*		5,0	2,0	0,0	2,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Actinocyclus spp.		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A. vulgaris		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Amphora af. *ostrearia* var. *ostrearia*		3,0	2,0	0,0	29,0	55,0	26,0	8,0	6,0	1,0	0,0
Amphora sp. A		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	3,0	0,0
Asteromphalus arachne		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
A. flabellatus		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	5,0	1,0	4,0
A. heptactis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0
A. petersonii		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
A. sarcophagus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Azpeitia neocrenulata		3,0	2,0	5,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0
A. nodulifer		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
A. tabularis incl. var. *egregius*		2,0	10,0	7,0	3,0	0,0	0,0	14,0	10,0	9,0	34,0
Bacteriastrum comosum		2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	6,0	3,0	7,0	7,0
B. delicatulum		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
B. elongatum		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	2,0
B. furcatum		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	10,0	21,0	8,0
Biddulphia alternans		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chaetoceros atlanticus		2,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. convolutus/concavicornis		0,0	1,0	0,0	0,0	6,0	24,0	6,0	0,0	0,0	0,0
C. decipiens		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. lorenzianus		2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	2,0	2,0	0,0	0,0
C. messanensis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. peruvianus		2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	2,0	9,0
C. cf. *seychellarum*		0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chaetoceros sp. A		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
Chaetoceros spp.		2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	1,0	0,0	2,0
Chaetoceros-Dauersporen		34,0	8,0	6,0	7,0	2,0	4,0	5,0	17,0	31,0	6,0
Corethron criophilum		51,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. janischii		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. plicatoides		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C. radiatus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coscinodiscus sp. A		2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Fragilariopsis curta		0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
F. doliolus		11,5	2,5	4,0	1,0	0,0	0,5	1,5	2,5	5,0	3,0
F. kerguelensis		37,0	120,0	138,5	45,0	7,0	10,0	75,5	77,5	72,0	43,5
F. pseudonana		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F. rhombica		2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
F. separanda		0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F. cylindrus		14,0	9,0	60,0	38,0	56,0	32,0	51,0	10,0	2,0	2,0
Hantzschia amphioxys		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Haslea spp.		0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Hemiaulus sinensis		0,0	0,0	0,0	21,0	27,0	4,0	3,0	0,0	0,0	0,0
Hemidiscus cuneiformis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
Leptocylindrus mediterraneus		0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	3,0	1,0
Mastogloia rostrata		0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Navicula sp. A		0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
14.09.89-02.10.89	02.10.89-20.10.89	20.10.89-07.11.89	07.11.89-25.11.89	25.11.89-13.12.89	13.12.89-31.12.89	31.12.89-18.01.90	18.01.90-05.02.90	05.02.90-23.02.90	23.02.90-13.03.90		
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	Prozent-	tägl. Fluß
1/64	1/64	1/64	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	anteil	[10^3 x
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	[%][a]	Schalen/
207.4	377.3	1544.6	197.6	834.1	521,3	72.8	188.6	138.3	12.0		m^2/ Tag][b]
0,0	0,0	0,0	0.0	0,0	0.0	0,0	0.0	1,0	0.0	0,0	0,1
2.0	1.0	0,0	1,0	0.0	2.0	2.0	3.0	0.0	3.0	0.8	14.4
1,0	1,0	0.0	0,0	0,0	2,0	3.0	2.0	2.0	0.0	0,2	3,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0.0	0,0	0.0	0,0	0,0	0.0	0,1	12,0
0.0	0.0	0,0	2,0	0.0	2,0	2,0	1.0	2.0	0.0	0,1	1,6
0,0	0.0	0,0	1,0	1.0	0,0	1.0	2.0	0.0	3.0	0,1	1,3
1.0	0,0	2.0	4.0	0,0	0,0	0.0	0.0	0.0	4.0	1,3	226,8
23.0	2.0	3,0	9,0	15.0	11.0	3.0	66.0	24.0	99.0	2.5	34,2
0,0	0.0	0.0	0,0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0,0	0,1
6.0	1,0	0.0	3,0	1,0	1,0	1,0	0.0	0.0	3,0	0,3	5,9
0,0	2,0	1.0	0,0	3,0	3.0	0,0	0.0	0.0	0,0	0,1	7,2
2.0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0	0.0	0,0	0.0	0,1	1,6
0,0	0,0	0,0	0,0	0.0	0,0	0.0	0.0	0.0	0,0	0,0	0,1
3,0	2,0	0,0	0.0	2,0	0,0	2,0	5,0	11,0	7,0	0,5	9,0
0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	6,4
31,0	22,0	10,0	32,0	19,0	12,0	14,0	14,0	10,0	10,0	2,6	90,7
3,0	2,0	6,0	1,0	5,0	1,0	1,0	1,0	0,0	2,0	0,5	29,4
0,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
4,0	0,0	1,0	1,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,2	5,9
8,0	3,0	10,0	8,0	11,0	0,0	3,0	0,0	0,0	2,0	0,8	46,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,2
0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,2
2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	39,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
1,0	10,0	4,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,3	24,5
0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
2,0	12,0	1,0	6,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,4	20,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
2,0	7,0	4,0	1,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	26,0
3,0	12,0	3,0	13,0	14,0	7,0	38,0	11,0	13,0	7,0	2,3	59,9
4,0	2,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	12,9
1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
0,0	2,0	0,0	4,0	3,0	6,0	10,0	1,0	4,0	1,0	0,3	6,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,1	0,3
3,0	8,0	2,5	15,0	8,5	9,0	7,5	8,5	13,5	5,0	1,1	32,2
22,5	6,5	2,5	12,5	11,0	7,0	17,5	21,0	14,0	47,0	7,8	137,3
0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,6
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4
2,0	0,0	0,0	1,0	4,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,7	245,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
2,0	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,1	7,3
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	103,6
0,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	2,0	3,0	0,0	0,1	2,6
0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	2,0	0,1	4,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4
0,0	1,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,1	23,1

Sinkstoffalle WR2, 599 m

Arten	Probennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Fangintervall	18.03.89-05.04.89	05.04.89-23.04.89	23.04.89-11.05.89	11.05.89-29.05.89	29.05.89-16.06.89	16.06.89-04.07.89	04.07.89-22.07.89	22.07.89-09.08.89	09.08.89-27.08.89	27.08.89-14.09.89
	Dauer (Tage)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	Splittgröße	1/64	1/16	1/16	1/64	1/265	1/64	1/16	1/16	1/16	1/16
	Teilprobe (ml) *[1]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	A / a *[2]	87,3	145,5	145,5	202,4	436,5	346,0	259,8	145,5	218,3	556,1
Navicula sp. B		0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
Navicula spp.		0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitzschia bicapitata-Gruppe		16,0	52,0	51,5	29,0	35,0	29,0	63,0	36,5	47,0	19,5
N. capuluspalae		0,0	2,0	5,5	4,0	0,0	1,0	5,0	4,0	7,5	5,0
N. closterium		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N. inflatula var. *capitata*		3,5	1,5	1,0	0,5	0,0	0,0	0,5	2,0	1,0	0,5
N. interruptestriata		8,5	4,0	4,5	3,0	2,0	1,0	8,0	3,5	5,0	4,5
N. kolaczekii		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N. longicollum		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N. marina		0,0	0,5	5,0	0,5	0,0	0,0	2,5	2,0	2,0	2,5
N. sicula		0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	5,5	2,0
Nitzschia sp. A		3,0	2,0	2,0	2,0	0,0	2,0	11,0	10,0	11,5	6,0
Nitzschia spp.		0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pachyneis gerlachii		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plagiotropis spp.		0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planktoniella sol		10,0	7,0	2,0	6,0	9,0	72,0	16,0	17,0	22,0	5,0
Pleurosigma directum		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
P. indicum		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Porosira denticulata		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
Proboscia alata		20,0	4,0	69,0	96,0	25,0	57,0	29,0	17,0	11,0	16,0
Pseudo-Nitzschia cuspidata		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
P. delicatissima-Gruppe		12,5	1,5	1,0	1,5	45,5	10,0	21,5	4,0	3,0	2,0
P. fraudulenta/subfraudulenta		0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. cf. *granii*		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. heimii		0,0	0,0	1,5	0,0	7,5	2,0	1,5	0,0	0,0	0,0
P. pacifica		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. prolongatoides		0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. pungens		0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P. pungiformis		0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
P. seriata		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	1,0	0,0	0,0
P. turgiduloides		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
Pseudosolenia calcar-avis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pseudotriceratium punctatum		1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0	0,0
R. bergonii		97,0	48,0	42,0	37,0	11,0	61,0	42,0	61,0	46,0	29,0
R. cf. *borealis*		4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. castracanei var. *neglecta*		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. hebetata		0,0	1,0	1,0	0,0	4,0	11,0	11,0	4,0	7,0	2,0
Rhizosolenia hyalina		1,0	0,0	1,0	7,0	13,0	2,0	6,0	1,0	0,0	0,0
R. imbricata		5,0	1,0	2,0	3,0	4,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0
R. robusta		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. semispina		9,0	12,0	22,0	18,0	30,0	19,0	8,0	3,0	2,0	3,0
R. setigera		1,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. cf. *simplex*		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R. styliformis		15,0	3,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	1,0	1,0
Rhizosolenia spp.		37,0	29,0	11,0	11,0	13,0	6,0	4,0	7,0	1,0	4,0
Roperia tesselata		1,0	6,0	7,0	13,0	4,0	11,0	15,0	32,0	44,0	44,0
Skelettonema costatum		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stauropsis membranacea		0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stellarima microtrias		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
S. stellaris		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
14.09.89-02.10.89	02.10.89-20.10.89	20.10.89-07.11.89	07.11.89-25.11.89	25.11.89-13.12.89	13.12.89-31.12.89	31.12.89-18.01.90	18.01.90-05.02.90	05.02.90-23.02.90	23.02.90-13.03.90		
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	Prozent-	tägl. Fluß
1/64	1/64	1/64	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	anteil	[10^3 x
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	[%][a]	Schalen/
207,4	377,3	1544,6	197,6	834,1	521,3	72,8	188,6	138,3	12,0		m^2/ Tag][b]
1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,1	5,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	27,3
33,0	24,5	48,5	29,0	33,0	41,0	13,5	18,5	34,5	17,0	6,6	389,3
2,0	0,0	0,0	4,0	1,5	1,0	2,0	2,0	8,5	2,0	0,6	9,3
0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
1,0	0,0	0,0	0,5	0,0	2,5	1,0	0,0	1,5	1,0	0,2	2,5
2,5	0,5	0,0	4,0	1,0	1,0	2,5	3,0	6,0	2,5	0,7	17,4
0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	3,5	3,0	2,0	0,3	4,2
3,5	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	1,0	7,5	1,5	5,0	0,3	3,8
4,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	6,0	2,5	2,0	0,0	0,7	9,6
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	2,5	0,0	0,1	0,5
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
12,0	30,0	23,0	59,0	25,0	19,0	20,0	8,0	10,0	13,0	3,6	224,0
0,0	0,0	1,0	1,0	6,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	6,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
16,0	12,0	6,0	9,0	11,0	10,0	8,0	12,0	19,0	17,0	4,5	222,8
0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7
6,5	14,0	83,5	10,5	36,0	35,0	9,0	19,0	5,0	4,5	3,2	462,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
2,0	1,5	5,5	2,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,3	46,9
0,0	0,0	1,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5
1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	14,4
0,0	0,0	1,0	0,5	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	17,2
1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	4,0	1,0	0,1	1,0
22,0	49,0	52,0	174,0	52,0	45,0	81,0	55,0	40,0	23,0	10,0	445,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
6,0	1,0	0,0	0,0	6,0	10,0	4,0	3,0	2,0	10,0	0,8	31,2
0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	52,6
2,0	4,0	5,0	6,0	3,0	3,0	5,0	3,0	0,0	1,0	0,5	40,4
0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
3,0	2,0	7,0	5,0	4,0	15,0	15,0	3,0	2,0	2,0	1,8	159,9
0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	5,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,4
3,0	3,0	8,0	9,0	5,0	4,0	4,0	3,0	4,0	2,0	1,7	98,1
19,0	11,0	2,0	14,0	16,0	21,0	21,0	18,0	82,0	196,0	5,5	90,6
4,0	2,0	7,0	8,0	6,0	2,0	3,0	4,0	1,0	0,0	0,3	29,6
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	9,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3

Sinkstoffalle WR2, 599 m

Arten	Probennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Fangintervall	18.03.89-05.04.89	05.04.89-23.04.89	23.04.89-11.05.89	11.05.89-29.05.89	29.05.89-16.06.89	16.06.89-04.07.89	04.07.89-22.07.89	22.07.89-09.08.89	09.08.89-27.08.89	27.08.89-14.09.89
	Dauer (Tage)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	Splittgröße	1/64	1/16	1/16	1/64	1/265	1/64	1/16	1/16	1/16	1/16
	Teilprobe (ml) *[1]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	A / a *[2]	87,3	145,5	145,5	202,4	436,5	346,0	259,8	145,5	218,3	556,1
Thalassionema bacillaris		9,0	1,0	1,5	1,0	2,0	1,5	3,5	0,5	3,0	3,0
T. nitzschioides var. *nitzschioides*		28,5	9,0	41,0	52,0	41,5	68,0	38,0	46,5	53,5	33,0
T. nitzschioides var. *parva*		5,0	10,0	13,0	5,0	0,0	2,0	4,0	5,0	5,0	9,0
Thalassionema sp. A		1,5	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	1,5
Thalassiosira anguste-lineata		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. bioculata		0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. af. *confusa*		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. eccentrica		4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0
T. ferelineata		11,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	8,0
T. fragilis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
T. frenguelli/frenguellopsis		0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	4,0
T. gracilis		3,0	7,0	6,0	3,0	0,0	1,0	4,0	5,0	3,0	4,0
T. gravida		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
T. hendey		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. intranula		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
T. lentiginosa		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	2,0
T. leptopus		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
T. lineata		9,0	6,0	3,0	1,0	1,0	3,0	7,0	14,0	21,0	21,0
T. af. *mediterranea*		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. nanolineata		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. oestrupii var. *oestrupii*		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	25,0
T. oestrupii var. *venrickae*		11,0	3,0	3,0	5,0	1,0	3,0	9,0	8,0	12,0	30,0
T. poro-irregulata		0,0	0,0	0,0	5,0	48,0	23,0	10,0	3,0	0,0	2,0
T. poroseriata		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T. subtilis		0,0	0,0	1,0	0,0	9,0	5,0	0,0	0,0	0,0	1,0
T. symmetrica		0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	4,0	0,0	2,0	0,0	0,0
T. tubifera		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
Thalassiosira sp. Z		0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0	2,0	0,0	1,0
Thalassiosira sp. U		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0
Thalassiosira spp.		2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
Thalassiothrix delicatula		1,0	0,0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,0
T. longissima/antarctica		4,0	3,0	4,5	4,0	7,0	28,0	13,5	16,0	17,5	24,5
T. mediterranea		1,0	1,0	0,5	0,5	1,5	0,5	1,0	1,5	2,0	1,0
T. vanhoeffenii		1,5	0,5	2,0	1,5	2,5	3,0	3,0	2,0	5,0	4,0
Thalassiothrix spp.		0,5	0,0	1,5	2,0	3,5	0,5	0,0	1,0	1,0	0,0
Centrales indet.		2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0
Pennales indet.		0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige		3,0	8,0	5,0	6,0	8,5	3,0	11,0	3,0	11,5	11,5
Gesamtdiatomeen		572,0	401,5	555,0	476,5	517,0	570,0	554,5	492,0	533,5	470,0
Gesamtsilikoflagellaten		66,0	60,0	42,0	27,0	10,0	21,0	48,0	134,0	149,0	100,0
Actiniscus pentasterias		0,0	2,0	3,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Phytolithe		0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	1,0	5,0	1,0	6,0

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
14.09.89-02.10.89	02.10.89-20.10.89	20.10.89-07.11.89	07.11.89-25.11.89	25.11.89-13.12.89	13.12.89-31.12.89	31.12.89-18.01.90	18.01.90-05.02.90	05.02.90-23.02.90	23.02.90-13.03.90		
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	Prozent-	tägl. Fluß
1/64	1/64	1/64	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	anteil	[10^3 x
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	[%][a]	Schalen/
207,4	377,3	1544,6	197,6	834,1	521,3	72,8	188,6	138,3	12,0		m^2/Tag][b]
0,5	3,5	14,0	6,5	7,0	6,0	2,0	2,0	3,0	2,0	0,7	63,9
73,5	99,5	150,5	188,5	113,5	85,5	64,5	40,5	27,5	24,5	12,1	923,9
8,0	3,0	5,0	7,0	6,0	7,0	5,0	10,0	22,0	15,0	1,5	37,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	1,0	0,5	0,1	1,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,3
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,1	0,3
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1,0	0,0	0,0	4,0	2,0	0,0	5,0	1,0	1,0	1,0	0,2	4,4
4,0	6,0	2,0	3,0	12,0	1,0	9,0	1,0	10,0	4,0	0,8	23,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,2
4,0	2,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,2	4,1
1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	6,0	0,5	6,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
17,0	23,0	5,0	26,0	12,0	24,0	25,0	21,0	16,0	9,0	2,6	76,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
20,0	7,0	3,0	2,0	9,0	2,0	4,0	0,0	2,0	0,0	0,8	28,7
25,0	13,0	8,0	21,0	15,0	8,0	10,0	9,0	17,0	4,0	2,1	75,8
0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	183,9
0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	43,0
2,0	2,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,1	8,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	2,0	1,0	1,0	0,2	2,6
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,1
0,0	0,0	1,0	0,0	3,0	2,0	3,0	1,0	1,0	0,0	0,2	5,9
0,0	1,5	0,5	0,5	1,5	2,5	0,5	3,5	2,0	0,0	0,2	9,2
24,5	18,5	6,5	23,5	15,0	14,5	33,0	16,5	18,0	11,5	3,0	115,7
1,5	1,5	1,0	0,0	1,5	3,0	2,5	1,5	1,0	0,5	0,2	12,6
6,5	7,0	3,5	4,0	9,5	3,0	3,0	3,5	5,0	2,0	0,7	37,1
2,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	1,0	0,5	1,5	0,5	0,2	14,2
0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
7,5	7,5	5,0	3,5	9,5	0,0	8,0	5,0	2,0	7,0	1,2	68,4
479,5	461,0	517,5	755,0	552,0	461,0	497,5	435,0	462,0	597,5	100,0	5474,1
55,0	43,0	17,0	29,0	31,0	22,0	49,0	34,0	37,0	41,0		262,0
0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	4,0	0,0	0,0	3,0		1,9
1,0	1,0	0,5	0,5	1,5	2,0	1,5	2,0	0,5	0,5		7,7

Sinkstoffalle WR2, 1648 m

Arten	Probennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Fangintervall	18.03.89-05.04.89	05.04.89-23.04.89	23.04.89-11.05.89	11.05.89-29.05.89	29.05.89-16.06.89	16.06.89-04.07.89	04.07.89-22.07.89	22.07.89-09.08.89	09.08.89-13.03.90		
	Dauer (Tage)	18	18	18	18	18	18	18	18	216	Prozent-	tägl. Flu
	Splittgröße	1/16	1/16	1/16	1/16	1/64	1/64	1/64	1/16	1/256	anteil	[10³
	Teilprobe (ml) *¹	10	10	10	10	10	10	10	10	10	[%]"	Schaler
	A / a *²	1390,2	672,7	490,6	758,3	1191,6	1191,6	834,1	109,1	307,7		m²/ Tag]
A. curvatulus		16,0	12,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,8	54,
A. octonarius		0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	1,
A. cf. *subtilis*		4,0	0,0	1,0	0,0	3,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,3	40,
Actinocyclus spp.		3,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,2	6.
A. vulgaris		2,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0	0,2	9,
Amphora aff. *ostrearia* var. *ostrearia*		4,0	2,0	0,0	17,0	34,0	26,0	13,0	0,0	0,0	2,5	426,
Amphora sp. A		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,3	1,
A. flabellatus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,1	0,
A. heptactis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	9,
Azpeitia neocrenulata		2,0	5,0	4,0	7,0	1,0	1,0	7,0	9,0	13,0	1,0	57.
A. tabularis incl. var. *egregius*		4,0	7,0	14,0	0,0	1,0	1,0	0,0	2,0	0,0	0,8	32.
Bacteriastrum comosum		1,0	3,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	3,0	4,0	0,3	18.
B. elongatum		1,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,1	9.
B. furcatum		0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	5,0	2,0	0,2	6
Chaetoceros atlanticus		0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3
C. convolutus/concavicornis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,1	17
C. lorenzianus		4,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	0,0	1,0	0,3	38
C. peruvianus		2,0	0,0	0,0	1,0	3,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,3	50
Chaetoceros spp.		3,0	4,0	2,0	1,0	7,0	12,0	17,0	0,0	0,0	1,2	190
Chaetoceros-Dauersporen		59,0	38,0	32,0	21,0	7,0	8,0	13,0	39,0	24,0	5,8	315
Corethron criophilum		16,0	4,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,6	36
C. janischii		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,1	0
C. margintus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	4
C. radiatus		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,1	0
Coscinodiscus sp. A		0,0	1,0	2,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	25
Delphineis karstenii		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0
Fragilariopsis doliolus		15,0	14,0	11,5	9,0	5,0	1,5	2,5	9,0	4,0	1,8	101
F. kerguelensis		2,5	2,5	9,5	5,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,0	0,6	32
F. cylindrus		27,0	67,0	47,0	132,0	42,0	49,0	24,0	10,0	0,0	10,2	880
Hemiaulus sinensis		1,0	1,0	2,0	3,0	13,0	11,0	1,0	1,0	0,0	0,9	150
Hemidiscus cuneiformis		1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2
Leptocylindrus mediterraneus		3,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,2	16
Navicula sp. A		0,0	0,0	0,0	1,0	8,0	5,0	1,0	0,0	0,0	0,4	80
Navicula sp. B		0,0	0,0	2,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,1	10
Neodelphineis indica		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1
Nitzschia aequatoriales		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	(
Nitzschia bicapitata-Gruppe		26,5	41,0	61,0	47,0	17,0	20,5	10,5	42,5	30,5	7,1	42
N. capuluspalae		0,0	4,5	3,0	3,0	0,5	0,0	1,0	2,5	0,0	0,4	1
N. inflatula var. *capitata*		0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,1	1
N. interruptestriata		11,0	9,0	9,0	1,5	1,0	1,0	1,5	3,5	1,0	1,0	5
N. kolaczekii		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	(
N. marina		0,0	1,5	0,0	2,0	1,0	0,5	0,5	2,0	1,5	0,2	1
N. sicula		0,5	0,5	3,0	3,5	0,5	1,0	0,0	1,0	5,0	0,3	1
Nitzschia sp. A		0,0	1,0	1,5	1,0	1,0	0,0	6,0	1,0	4,0	0,3	3
Planktoniella sol		14,0	14,0	8,0	18,0	8,0	39,0	70,0	25,0	21,0	5,1	61
Pleurosigma directum		0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	0,0	0,2	2
Proboscia alata		18,0	5,0	27,0	64,0	46,0	56,0	57,0	10,0	5,0	7,2	93
Pseudo-Nitzschia cuspidata		0,0	0,0	0,0	9,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1
P. delicatissima-Gruppe		20,5	12,5	12,0	8,5	16,5	10,5	9,0	2,5	16,5	2,4	25
P. fraudulenta/subfraudulenta		1,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1

Sinkstoffalle WR2, 1648 m

Arten	Probennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Fangintervall	18.03.89-05.04.89	05.04.89-23.04.89	23.04.89-11.05.89	11.05.89-29.05.89	29.05.89-16.06.89	16.06.89-04.07.89	04.07.89-22.07.89	22.07.89-09.08.89	09.08.89-13.03.90		
	Dauer (Tage)	18	18	18	18	18	18	18	18	216	Prozent-	tägl. Fluß
	Splittgröße	1/16	1/16	1/16	1/16	1/64	1/64	1/64	1/16	1/256	anteil	[10^1 x
	Teilprobe (ml) *[1]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	[%] [a]	Schalen/
	A / a *[2]	1390,2	672,7	490,6	758,3	1191,6	1191,6	834,1	109,1	307,7		m^2/Tag][b]
P. cf. *granii*		0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,6
P. heimii		4,0	0,5	1,5	0,5	7,0	4,5	2,5	1,0	1,0	0,6	85,9
P. lineola		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,2
P. subpacifica		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
P. pungens		0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	2,5	1,0	1,0	0,0	0,2	27,5
P. pungiformis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8
Rhizosolenia antennata f. *semispina*		7,0	8,0	4,0	4,0	17,0	15,0	17,0	1,0	0,0	1,9	280,4
R. bergonii		85,0	55,0	31,0	19,0	12,0	31,0	50,0	17,0	33,0	7,8	682,5
R. cf. *borealis*		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,1	5,8
R. castracanei var. *neglecta*		2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4
R. cf. *hebetata*		3,0	1,0	0,0	7,0	3,0	1,0	1,0	2,0	3,0	0,5	40,1
R. hyalina		2,0	5,0	2,0	3,0	9,0	13,0	7,0	0,0	0,0	1,0	168,2
R. imbricata		2,0	7,0	6,0	6,0	10,0	11,0	2,0	1,0	1,0	1,2	148,9
R. robusta		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0	0,1	8,3
R. setigera		0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
R. styliformis		5,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,3	17,0
Rhizosolenia spp.		21,0	14,0	20,0	5,0	12,0	13,0	17,0	7,0	6,0	2,9	279,7
Roperia tesselata		10,0	4,0	9,0	10,0	5,0	3,0	7,0	27,0	7,0	2,1	113,7
Stauropsis membranacea		0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,2	40,8
Thalassionema bacillaris		9,0	4,0	4,5	4,5	3,0	1,5	2,0	2,0	9,5	0,8	60,1
T. nitzschioides var. *nitzschioides*		51,5	34,0	52,5	60,5	42,0	61,0	47,0	79,5	149,5	11,4	1005,3
T. nitzschioides var. *parva*		4,0	12,0	13,0	13,0	0,0	3,0	3,0	4,0	4,0	1,4	66,7
Thalassionema sp. *A*		0,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	1,8
Thalassiosira anguste-lineata		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,1
T. eccentrica		1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,1	8,1
T. ferelineata		4,0	5,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,4	17,6
T. frenguelli/frenguellopsis		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
T. gracilis		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,1
T. lentiginosa		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
T. lineata		5,0	8,0	8,0	1,0	0,0	4,0	1,0	11,0	17,0	1,0	49,6
T. oestrupii var. *oestrupii*		1,0	7,0	2,0	2,0	0,0	1,0	1,0	1,0	8,0	0,4	20,5
T. oestrupii var. *venrickae*		10,0	6,0	15,0	6,0	2,0	6,0	12,0	6,0	4,0	1,7	132,8
T. poro-irregulata		0,0	0,0	0,0	1,0	73,0	75,0	16,0	14,0	0,0	4,7	930,2
T. subtilis		0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	5,0	1,0	0,0	0,0	0,2	39,6
T. symmetrica		1,0	1,0	2,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	3,0	0,2	8,9
Thalassiosira sp. Z		0,0	2,0	2,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,2	13,7
Thalassiosira spp.		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,1	2,0
Thalassiothrix delicatula		2,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,5	0,5	0,0	0,5	0,1	10,4
T. longissima/antarctica		4,5	5,0	8,0	3,5	6,5	11,0	13,5	9,5	19,5	1,6	178,1
T. mediterranea		2,5	0,0	0,5	1,5	3,5	2,0	0,5	0,5	0,5	0,3	40,1
T. vanhoeffenii		0,5	2,5	2,5	2,0	1,5	2,5	5,5	6,5	5,5	0,6	52,9
Thalassiothrix spp.		0,0	1,5	0,5	0,0	1,0	4,0	1,0	0,5	1,0	0,2	34,8
Pennales indet.		1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,3
Sonstige		6,5	5,5	7,0	5,5	2,0	7,0	6,0	8,5	25,0	1,3	102,9
Gesamtdiatomeen		511,5	453,0	457,5	523,0	446,5	543,0	472,5	402,5	447,0	100,0	9745,4
Gesamtsilikoflagellaten		40,0	41,0	43,0	28,0	17,0	25,0	22,0	43,0	22,0		493,5
Actiniscus pentasterias		0,0	3,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0		9,0
Phytolithe		0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	2,0	1,0		5,3

6.2.2. Wertetabelle der häufigen Arten an der WR-Position

WR2, 599 m

Species or group of species	Sample number 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Thalassionema nitzschioides	6	7,5	6	2	5	2	5	3	2	4
Rhizosolenia bergonii	1	3	5	5	13	3	4	2	4	7
Fragilariopsis kerguelensis	4	1	1	3	16	14,5	1	1	1	1
Nitzschia bicapitata	8	2	4	6,5	6	8	2	4	3	10
Proboscia alata	7	NR	2	1	9	4	6	8	11	12
Guinardia cylindrus	10	7,5	3	4	2	7	3	14	NR	NR
Roperia tesselata	NR	13	11	10	NR	13	9,5	5	5	2
Chaetoceros spores	5	9	13	12,5	NR	NR	NR	8	6	17
Actinocyclus spp.	3	13	NR	NR	NR	NR	NR	12,5	NR	NR
Corethron ciophilum	2	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Pseudo-nitzschia spp.	11	NR	NR	NR	1	12	7	18	NR	NR
"Thalassiothrix"	16	NR	10	11	10	6	11	6	NR	5
Planktionella sol	15	10,5	NR	14	14,5	1	8	8	8	18,5
Chaetoceros vegetative	18,5	NR	13	NR	7	5	16,5	NR	NR	13
Azpeitia spp.	NR	4,5	9	NR	NR	NR	9,5	15	13	3
Amphora ostrearia var. ostrearia	NR	NR	NR	6,5	3	9	16,5	17	NR	NR
Amphora sp. A	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
T. oestrupii var. venrickae	13,5	NR	NR	16	NR	NR	14	16	11	6
Rhizosolenoa styliformis	9	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Thalassionema bacillaris	18,5	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Nitzschia interruptestriata	21	NR	NR	NR	NR	NR	16,5	NR	NR	NR
Pseudoeunotia doliolus	12	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Thalassiosira lineata	18,5	13	NR	NR	NR	NR	19,5	11	9	9
Thalassiosira ferelineata	13,5	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	15,5
R. antennata f. semispina	18,5	4,5	7	9	7	11	16,5	NR	NR	NR
T. nitz. var. parva	NR	6	8	16	NR	NR	NR	19,5	NR	14
Thalassiosira gracilis	NR	10,5	13	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Hemiaulus sinensis	NR	NR	NR	8	8	NR	NR	NR	NR	NR
T. poro-irregulata	NR	NR	NR	16	4	10	13	NR	NR	NR
Rhizosolenia hyalina	NR	NR	NR	12,5	12	NR	21	NR	NR	NR
Navicula spp.	NR	NR	NR	NR	11	NR	NR	NR	NR	NR
Thalassiosira subtilis	NR	NR	NR	NR	14,5	NR	NR	NR	NR	NR
R. imbricata-group	NR	NR	NR	NR	NR	14,5	NR	NR	NR	NR
Thalassiosira "eccentric pattern"	NR	NR	NR	NR	NR	16	NR	NR	NR	NR
Bacteriastrum spp.	NR	NR	NR	NR	NR	NR	19,5	10	7	11
Nitzschia sicula	NR	NR	NR	NR	NR	NR	12	12,5	10	15,5
Asteromphalus flabellatus	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	19,5	NR	NR
Nitzschia capuluspalae	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	18,5
Thalassiosira oestrupii var. oestrupii	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	8
Skeletonema costatum	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Coscinodiscus radiatus	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Diatom flux (valves x 10 EXP 05 m-2 d-1)	**19,5**	**5,7**	**7,9**	**37,7**	**353,1**	**77,1**	**14,1**	**7,0**	**11,4**	**25,6**

Saisonale Sukzession dominanter Arten: Einstufung in der Reihenfolge abnehmender Prozenthäufigkeit mit 1 als Stufe höchster relativer Häufigkeit und NR als "no rank" für Häufigkeiten < 1%, bei gleichen Prozenthäufigkeiten sind Mittelwerte angegeben. Die schattierten Bereiche geben für jede Probe die Arten an, die zusammen 75% der Gesamtdiatomeenhäufigkeit ergeben und ein Maß der Diversität sind. Der Gesamtdiatomeenfluß gibt die absoluten Häufigkeitsveränderungen wieder.

cont. WR2, 599 m

Species or group of species	Sample number 11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Thalassionema nitzschioides	1	1	1	1	1	1	2	3	5	4
Rhizosolenia bergonii	8	2	3	2	2	2	1	2	2	5
Fragilariopsis kerguelensis	7	17	NR	13	14,5	16,5	7	5,5	12	3
Nitzschia bicapitata	4	6	4	5	4	3	10	8	3	7,5
Proboscia alata	12	11,5	14	16,5	14,5	12	16	11	9	7,5
Guinardia cylindrus	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Roperia tesselata	10	13	NR	10	9	6	NR	10	1	1
Chaetoceros spores	NR	11,5	NR	11,5	12	16,5	4	12	14	13
Actinocyclus spp.	NR	NR	NR	NR	NR	20	16	18	19,5	NR
Corethron ciophilum	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Pseudo-nitzschia spp.	15	9	2	11,5	3	4	13,5	7	19,5	NR
"Thalassiothrix"	2	5	9	6	5	5	3	4	4	9,5
Planktoniella sol	14	3	5	3	6	7,5	6	17	15,5	11
Chaetoceros vegetative	18	4	10,5	14	20	16,5	NR	NR	NR	NR
Azpeitia spp.	3	7	8	4	7	10	8	9	7,5	6
Amphora osrearia var. ostrearia	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Amphora sp. A	6	NR	NR	16,5	10,5	11	NR	1	6	2
T. oestrupii var. venrickae	5	10	10,5	8	10,5	14	11,5	15	10	NR
Rhizosolenoa styliformis	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Thalassionema bacillaris	NR	NR	7	NR	20	20	NR	NR	NR	NR
Nitzschia interruptestriata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	18	NR
Pseudoeunotia doliolus	NR	14	NR	9	18	13	18	16	13	NR
Thalassiosira lineata	11	8	NR	7	16,5	7,5	5	5,5	11	12
Thalassiosira ferelineata	NR	18,5	NR	NR	13	NR	13,5	NR	15,5	NR
R. antennata f. semispina	NR	NR	12,5	NR	NR	9	9	NR	NR	NR
T. nitzschioides var. parva	16	NR	NR	NR	22,5	16,5	20,5	13,5	7,5	9,5
Thalassiosira gracilis	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	14,5
Hemiaulus sinensis	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
T. poro-irregulata	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Rhizosolenia hyalina	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Navicula spp.	NR	NR	NR	NR	20	NR	NR	NR	NR	NR
Thalassiosira subtilis	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
R. imbricata-group	NR	NR	NR	NR	NR	NR	20,5	NR	NR	NR
Thalassiosira "eccentric pattern"	NR	NR	NR	NR	NR	NR	16	NR	NR	NR
Bacteriastrum spp.	13	15,5	6	15	8	NR	NR	NR	NR	14,5
Nitzschia sicula	17	NR	NR	NR	NR	NR	19	13,5	NR	NR
Asteromphalus flabellatus	19	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Nitzschia capuluspalae	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	17	NR
Thalassiosira oestrupii var. oestrupii	9	15,5	NR	NR	16,5	NR	NR	NR	NR	NR
Skeletonema costatum	NR	NR	12,5	18	22,5	NR	NR	NR	NR	NR
Coscinodiscus radiatus	NR	NR	NR	NR	NR	20	11,5	NR	NR	NR
Diatom flux (valves x 10 EXP 05 m-2 d-1)	**9,7**	**68,0**	**312,6**	**58,3**	**45,0**	**23,5**	**3,5**	**8,0**	**6,2**	**0,7**

Legende siehe Seite 194

WR2, 1648 m

Species or group of species	Sample number 1	2	3	4	5	6	7	8
Thalassionema nitzschioides	3	5	2	3	3,5	2	4	1
Rhizosolenia bergonii	1	2	5	6,5	12	6	3	6,5
Fragilariopsis kerguelensis	NR	NR	13	NR	NR	NR	NR	NR
Nitzschia bicapitata	5	3	1	4	7	9	14	2
Proboscia alata	8	NR	6	2	2	3	2	11,5
Guinardia cylindrus	4	1	3	1	3,5	4	5	11,5
Roperia tesselata	18,5	NR	14,5	9	NR	NR	16	4
Chaetoceros spores	2	4	4	5	16,5	16	10,5	3
Actinocyclus spp.	7	8,5	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Corethron ciophilum	9	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Pseudo-nitzschia spp.	6	8,5	9	10,5	6	11	12	16,5
"Thalassiothrix"	13	12	11	12	10	10	6	6,5
Planktoniella sol	11	6,5	16,5	6,5	14,5	5	1	5
Chaetoceros vegetative	15,5	19	NR	NR	11	8	7	NR
Azpeitia spp.	18,5	10,5	7	13,5	NR	NR	15	9,5
Amphora ostrearia var. ostrearia	NR	NR	NR	8	5	7	10,5	14,5
Amphora sp. A	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
T. oestrupii var. venrickae	14	19	8	15	NR	17,5	13	16,5
Rhizosolenoa styliformis	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Thalassionema bacillaris	15,5	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Nitzschia interruptestriata	12	13	14,5	10,5	NR	NR	NR	NR
Pseudoeunotia doliolus	10	6,5	12	NR	16	NR	NR	13
Thalassiosira lineata	NR	14,5	16,5	NR	NR	NR	NR	9,5
Thalassiosira ferelineata	NR	21,5	NR	NR	NR	NR	NR	NR
R. antennata f. semispina	17	14,5	NR	13,5	8	12	9	NR
T. nitz. var. parva	NR	10,5	10	NR	NR	NR	NR	NR
Thalassiosira gracilis	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Hemiaulus sinensis	NR	NR	NR	NR	9	14,5	NR	NR
T. poro-irregulata	NR	NR	NR	NR	1	1	8	8
Rhizosolenia hyalina	NR	21,5	NR	NR	13	13	NR	NR
Navicula spp.	NR	NR	NR	NR	14,5	NR	NR	NR
Thalassiosira subtilis	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
R. imbricata-group	NR	16,5	NR	NR	16,5	14,5	NR	NR
Thalassiosira "eccentric pattern"	NR	NR	18	NR	NR	NR	NR	NR
Bacteriastrum spp.	NR	19	NR	NR	NR	NR	NR	14,5
Nitzschia sicula	NR	NR	NR	NR	NR	NR	17	NR
Asteromphalus flabellatus	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Nitzschia capuluspalae	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Thalassiosira oestrupii var. oestrupii	NR	16,5	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Skeletonema costatum	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Coscinodiscus radiatus	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Stauropsis sp.	NR	NR	NR	NR	NR	17,5	NR	NR
Diatom flux (valves x 10 EXP 05 m-2 d-1)	**68,3**	**29,8**	**22,0**	**38,3**	**208,6**	**253,1**	**153,5**	**4,3**

Legende siehe Seite 194

6.3. GKG-Sedimentproben

6.3.1. Stationsliste (einschließlich Multinetz- und Schwerelotkerne)

Koordinaten der Stationen (Sinkstoffallen siehe Kap. 2)

GeoB-Nr.	Breitengrad	Längengrad	Wassertiefe (m)
GKG-Sedimentoberflächenproben			
M6-6			
1000-1	05°41.9'S	11°42.6'E	106
1004-3	06°06.0'S	12°07.6'E	30
1005-2	06°14.1'S	11°30.1'E	237
1007-2	06°23.8'S	10°56.3'E	1533
1008-6	06°35.6'S	10°19.1'E	3100
1012-1	11°48.5'S	13°35.4'E	99
1015-2	11°46.7'S	12°50.8'E	1638
1019-3	17°10.6'S	11°38.8'E	75
1020-1	17°10.1'S	11°32.9'E	110
1022-3	17°10.5'S	11°18.0'E	531
1023-2	17°09.7'S	11°00.6'E	1965
1025-2	17°09.9'S	10°14.5'E	3565
1028-4	20°06.0'S	09°10.7'E	2215
1033-3	22°03.2'S	05°32.1'E	3147
M9-4			
1101-4	01°39.8'N	10°58.6'W	4567
1102-3	00°30.9'N	08°35.3'W	4779
1103-3	00°36.1'N	09°15.8'W	4321
1104-5	01°09.8'S	10°42.3'W	3724
1105-3	01°39.9'S	12°25.7'W	3231
1106-5	01°45.6'S	12°33.1'W	2471
1108-6	02°10.4'S	09°52.4'W	3897
1109-4	06°00.8'S	07°44.7'W	4725
1110-3	05°56.5'S	08°08.4'W	4180
1111-5	05°50.5'S	08°39.0'W	3757
1112-3	05°46.2'S	10°44.7'W	3122
1113-7	05°44.7'S	11°02.1'W	2473
1114-3	05°17.0'S	10°12.2'W	3422
1115-4	03°33.5'S	12°34.8'W	2921
1116-1	03°37.4'S	13°11.2'W	3471
1117-3	03°49.0'S	14°54.2'W	3977
1118-2	03°33.6'S	16°25.9'W	4675
1119-2	02°59.9'S	18°22.7'W	5213
1120-3	00°13.7'S	18°30.2'W	7622
M12-1			
1203-2	26°32.9'S	05°01.0'E	2395
1204-3	25°02.7'S	05°29.9'E	2241
1207-2	24°35.9'S	06°51.3'E	2593
1208-1	24°29.5'S	07°06.8'E	2971
1209-1	24°30.7'S	07°17.0'E	3303
1210-3	24°29.1'S	07°26.3'E	3750
1211-1	24°28.4'S	07°32.2'E	4089
1212-2	24°19.9'S	08°15.0'E	4669
1213-2	24°31.9'S	07°41.8'E	4427
1214-2	24°41.4'S	07°14.5'E	3220
1215-1	24°50.2'S	06°50.7'E	2761
1216-2	24°55.5'S	06°47.3'E	2255
1217-1	24°56.7'S	06°43.5'E	2007
1218-1	25°10.1'S	05°55.1'E	1023
1220-2	24°02.0'S	05°18.4'E	2266
Multinetzproben			
M23-1			
2006-4	29°10.9'S	13°07.5'E	3044
2011-3	35°36.6'S	08°15.8'E	5067
2012-2	33°02.7'S	03°20.3'E	4905
Schwerelotkerne			
1008-3	06°34.9'S	10°19.1'E	3124
1101-5	01°39.5'N	10°58.8'W	4588

6.3.2. Q-Modus-Faktorladungen

Q-Mode Varimax Factor Loadings Matrix (Faktorladungsmatrix); GKG-Sedimentoberflächenproben

Stations-Nr. GeoB	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6	Kommunalität
1000-1	-0,059	0,084	0,935	-0,074	0,263	-0,029	0,96
1007-2	-0,069	0,111	0,877	-0,093	0,371	0,034	0,93
1008-6	0,046	-0,068	0,373	-0,065	0,903	0,072	0,97
1019-3	-0,105	0,005	0,905	-0,106	-0,024	-0,061	0,85
1028-4	0,176	0,273	0,881	0,132	-0,113	0,121	0,93
1033-3	0,169	0,757	0,210	0,412	0,004	0,188	0,85
1101-4	0,457	0,144	0,081	0,124	0,828	-0,155	0,96
1102-3	0,943	0,219	0,013	0,116	0,100	-0,028	0,96
1103-3	0,957	0,164	0,004	0,150	0,154	-0,022	0,99
1104-5	0,937	0,252	-0,008	0,142	0,143	-0,002	0,98
1105-3	0,947	0,201	-0,007	0,209	0,047	0,066	0,99
1106-5	0,627	0,205	-0,032	0,701	0,053	0,060	0,93
1108-6	0,917	0,283	-0,010	0,207	-0,023	0,101	0,97
1109-4	0,561	0,302	-0,028	0,747	0,006	0,067	0,97
1110-3	0,442	0,390	-0,063	0,793	-0,011	0,083	0,99
1111-5	0,389	0,226	-0,030	0,878	-0,007	0,027	0,97
1112-3	0,289	0,219	-0,046	0,916	0,013	0,094	0,98
1113-7	0,472	0,419	-0,086	0,684	0,058	0,142	0,90
1114-3	0,599	0,376	-0,073	0,679	0,001	0,119	0,98
1115-4	0,806	0,263	-0,012	0,501	-0,018	0,099	0,98
1116-1	0,867	0,123	0,010	0,460	-0,008	0,065	0,98
1117-3	0,800	0,284	-0,028	0,513	-0,021	0,060	0,99
1118-2	0,874	0,338	-0,017	0,294	-0,064	0,141	0,99
1119-2	0,844	0,400	-0,037	0,302	-0,043	0,142	0,99
1120-3	0,862	0,186	0,019	0,280	0,293	0,086	0,95
1203-2	0,341	0,871	-0,064	0,149	-0,005	0,014	0,90
1204 -3	0,141	0,948	-0,075	0,073	0,056	-0,014	0,93
1207-2	0,249	0,926	0,094	0,178	0,048	0,077	0,97
1208-1	0,244	0,918	0,139	0,141	-0,012	-0,064	0,95
1209-1	0,370	0,794	0,154	0,196	-0,042	0,379	0,97
1210-3	0,160	0,848	0,278	0,340	0,005	0,033	0,94
1211-1	0,216	0,542	-0,023	0,431	-0,043	0,653	0,95
1212-2	0,302	0,785	0,126	0,150	-0,083	0,334	0,86
1213-2	0,278	0,668	0,064	0,317	-0,054	0,584	0,97
1215-1	0,181	0,823	0,005	0,426	0,006	0,255	0,96
1216-2	0,351	0,906	0,168	0,103	0,013	0,025	0,98
1217-1	0,132	0,891	0,128	0,183	0,033	0,254	0,93
1218-1	0,156	0,925	-0,001	0,129	0,063	-0,155	0,92
1220-2	0,185	0,921	-0,104	0,132	0,052	-0,042	0,92
% der Varianz	29,64	31,25	9,41	16,35	4,88	3,63	

Q-Mode Varimax Factor Scores Matrix (Faktorwertematrix), GKG-Sedimentoberflächenproben

Arten	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6
Actinocyclus spp.	-0,308	0,034	0,159	0,108	-0,105	0,678
Actinoptychus spp.	-0,248	-0,612	0,381	-0,325	-0,649	-0,024
Asterolampra marylandica	-0,325	-0,391	-0,347	-0,416	-0,238	-0,014
Asteromphalus spp.	-0,276	-0,563	-0,217	0,003	-0,171	-0,010
Azpeitia africana	-0,207	-0,636	-0,309	-0,260	-0,182	-0,209
A. nodulifer	-0,009	-1,026	0,190	5,612	0,090	-0,119
Azpeitia spp. [1]	0,663	2,125	-0,566	0,050	0,252	2,733
Chaetoceros-Sporen	-0,510	0,707	5,822	-0,294	-0,270	-0,449
Coscinodiscus spp.	-0,185	-0,606	0,606	-0,251	-0,664	-0,260
Delphineis karstenii	-0,228	-0,664	0,212	-0,326	-0,556	-0,318
Fragilariosis kerguelensis	-0,253	-0,572	-0,303	-0,493	-0,299	0,473
Hemidiscus cuneiformis	-0,354	-0,097	-0,362	-0,180	-0,223	0,586
Navicula spp.	-0,263	-0,629	-0,287	-0,366	-0,114	-0,076
Nitzschia bicapitata	-0,292	0,264	-0,446	-0,049	0,181	-1,487
N. capuluspalae	-0,230	-0,291	-0,360	-0,296	-0,275	-0,601
N. inflatula var. *capitata*	-0,215	-0,557	-0,322	-0,383	-0,260	-0,260
N. interruptestriata	-0,106	-0,443	-0,305	0,151	0,236	-0,616
N. marina	-0,743	1,496	-0,732	-0,223	0,316	0,344
N. sicula [2]	-0,220	-0,420	-0,274	-0,203	-0,181	-0,369
Paralia sulcata	-0,209	-0,688	0,504	-0,298	-0,676	-0,460
Porosira denticulata	-0,238	-0,635	-0,316	-0,317	-0,212	-0,172
Proboscia alata	-0,102	-0,537	-0,205	-0,537	-0,323	0,518
Pseudo-Nitzschia spp.	-0,260	-0,637	-0,331	-0,323	-0,087	-0,208
Pseudoeunotia doliolus	0,719	2,047	0,156	0,925	-0,735	2,353
Pseudotriceratum punctatum	-0,335	-0,310	-0,345	-0,165	-0,190	-0,293
Rhizosolenia bergonii	5,891	-0,113	0,194	-0,409	-0,598	-0,986
Rhizosolenia spp.	-0,154	-0,491	-0,188	-0,126	-0,292	-0,272
Roperia tesselata	-0,105	-0,120	-0,062	1,594	-0,152	0,451
Skelettonema sp.	-0,288	-0,666	-0,001	-0,336	-0,029	-0,113
Süßwassertaxa	0,594	-0,971	0,404	-0,139	5,779	0,178
Thalassionema bacillaris	-0,306	-0,437	-0,359	-0,334	-0,073	-0,466
T. nitzschioides	-0,369	1,298	0,544	-0,749	0,944	1,648
T. nitzschioides var. *parva*	-0,463	3,240	-0,716	0,130	0,853	-3,511
T. eccentrica-Gruppe [3]	0,486	-0,134	0,059	0,141	-0,090	0,471
T. ferelineata	0,124	-0,611	-0,174	-0,122	-0,327	0,318
T. leptopus	-0,170	-0,524	-0,347	-0,408	-0,033	-0,111
T. lineata	-0,051	0,005	-0,230	-0,259	-0,246	0,552
T. oestrupii var. *oestrupii*	-0,110	0,343	-0,418	-0,522	0,130	1,307
T. oestrupii var. *venrickae*	-0,139	0,314	-0,301	-0,307	-0,144	0,102
Thalassiothrix spp. [4]	-0,204	2,509	-0,408	0,699	-0,387	-1,307

1: *Azpeitia neocrenulata, A. tabularis, A. tabularis* var. *egregius*
2: einschließlich der *Nitzschia sicula* ähnlichen Art *Nitzschia* sp. A
3: *Planktoniella sol, Thalassiosira eccentrica, T. punctifera, T. symmetrica*
4: *Thalassionema frauenfeldii, Thalassionema sp. A., Thalassiothrix delicatula, T. longissima, T. mediterranea, T. vanhoeffenii*

Danksagung

Für die Anregung zu dieser Arbeit und die Unterstützung danke ich Herrn Prof. Dr. Gerold Wefer. Für die unermüdliche Betreuung danke ich Frau Dr. Carina Lange.
Herrn Prof. Dr. Helmut Willems gilt mein Dank für die Übernahme des Koreferates.
Herrn Dr. Gerd Fischer bin ich für die stete Diskussionsbereitschaft dankbar.
Für die erste Einweisung in die Problematik danke ich Herrn Dr. Rainer Gersonde.
Bei meinen Kollegen Dr. Ulrich Zielinski, Dr. Alexander Kohly und Dipl.-Geol. Jensjörg Knaack bedanke ich mich für die fachlichen Gespräche und wertvollen Ratschläge. Ulrich Zielinski und Dr. Gerhard Schmiedl möchte ich für die Hilfestellung bei der Anwendung statistischer Programme danken.
Für die freundliche Diskussionsbereitschaft bedanke ich mich bei Dr. Richard Crawford. Friedel Hinz gilt mein besonderer Dank für die Unterstützung bei Arbeiten am Rasterelektronenmikroskop und der Durchführung von Fotoarbeiten, sowie für die Einweisung in die Friedrich Hustedt-Sammlung.
Maike Scholz danke ich für die Hilfe bei labortechnischen Problemen und Dr. Gerrit Meinecke, sowie Dipl.-Geol. Götz Ruhland für die Hilfe bei Hardwareproblemen. Gisela Eggerichs half zu jeder Zeit bei bürokratischen Fragen.
Meinen Kolleginnen und Kollegen der Arbeitsgruppe Meeresgeologie bin ich für das gute Arbeitsklima sehr dankbar.
Der Besatzung der Meteor möchte ich für die Hilfe der Probennahme danken.
Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat die vorliegende Arbeit im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 261 der Universität Bremen "*Der Südatlantik im Spätquartär: Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen*" finanziell gefördert.

In dieser Reihe bereits erschienen:

Nr. 1 Wefer, G., E. Suess und Fahrtteilnehmer
Bericht über die "POLARSTERN"-Fahrt ANT IV/2, Rio de Janeiro - Punta Arenas, 6.11. - 1.12.1985.
60 Seiten, Bremen, 1986.

Nr. 2 Hoffmann, G.
Holozänstratigraphie und Küstenlinienverlagerung an der andalusischen Mittelmeerküste.
173 Seiten, Bremen, 1988.

Nr. 3 Wefer, G., U. Bleil, P.J. Müller, H.D. Schulz, W.H. Berger, U. Brathauer, L. Brück, A. Dahmke, K. Dehning, M.L. Duarte-Morais, F. Fürsich, S. Hinrichs, K. Klockgeter, A. Kölling, C. Kothe, J.F. Makaya, H. Oberhänsli, W. Oschmann, J. Posny, F. Rostek, H. Schmidt, R. Schneider, M. Segl, M. Sobiesiak, T. Soltwedel, V. Spieß
Bericht über die METEOR-Fahrt M 6-6, Libreville - Las Palmas, 18.2. - 23.3.1988.
97 Seiten, Bremen, 1988.

Nr. 4 Wefer, G., G.F. Lutze, T.J. Müller, O. Pfannkuche, W. Schenke, G. Siedler, W. Zenk
Kurzbericht über die METEOR-Expedition Nr. 6, Hamburg - Hamburg, 28.10.1987 - 19.5.1988.
29 Seiten, Bremen, 1988.

Nr. 5 Fischer, G.
Stabile Kohlenstoff-Isotope in partikulärer organischer Substanz aus dem Südpolarmeer (Atlantischer Sektor).
161 Seiten, Bremen, 1989.

Nr. 6 Berger, W.H. und G. Wefer
Partikelfluß und Kohlenstoffkreislauf im Ozean.
Bericht und Kurzfassungen über den Workshop vom 3.-4. Juli 1989 in Bremen.
57 Seiten, Bremen, 1989.

Nr. 7 Wefer, G., U. Bleil, H.D. Schulz, W.H. Berger, T. Bickert, L. Brück, U. Claussen, A. Dahmke, K. Dehning, Y.H. Djigo, S. Hinrichs, C. Kothe, M. Krämer, A. Lücke, S. Matthias, G. Meinecke, H. Oberhänsli, J. Pätzold, U. Pflaumann, U. Probst, A. Reimann, F. Rostek, H. Schmidt, R. Schneider, T. Soltwedel, V. Spieß
Bericht über die METEOR - Fahrt M 9/4, Dakar - Santa Cruz, 19.2. - 16.3.1989.
103 Seiten, Bremen, 1989.

Nr. 8 Kölling, M.
Modellierung geochemischer Prozesse im Sickerwasser und Grundwasser.
135 Seiten, Bremen, 1990.

Nr. 9 Heinze, P.-M.
Das Auftriebsgeschehen vor Peru im Spätquartär.
204 Seiten, Bremen, 1990.

Nr. 10 Willems, H., G. Wefer, M. Rinski, B. Donner, H.-J. Bellmann, L. Eißmann., A. Müller, B.W. Flemming, H.-C. Höfle, J. Merkt, H. Streif, G. Hertweck, H. Kuntze, J. Schwaar, W. Schäfer, M.-G. Schulz, F. Grube, B. Menke
Beiträge zur Geologie und Paläontologie Norddeutschlands: Exkursionsführer.
202 Seiten, Bremen, 1990.

Nr. 11 Wefer, G., N. Andersen, U. Bleil, M. Breitzke, K. Dehning, G. Fischer, C. Kothe, G. Meinecke, P.J. Müller, F. Rostek, J. Sagemann, M. Scholz, M. Segl, W. Thiessen
Bericht über die METEOR-Fahrt M 12/1, Kapstadt - Funchal, 13.3.1990 - 14.4.1990.
66 Seiten, Bremen, 1990.

Nr. 12 Dahmke, A., H.D. Schulz, A. Kölling, F. Kracht & A. Lücke
Schwermetallspuren und geochemische Gleichgewichte zwischen Porenlösung und Sediment im Wesermündungsgebiet.
BMFT-Projekt MFU 0562, Abschlußbericht.
121 Seiten, Bremen, 1991.

Nr. 13 Rostek, F.
Physikalische Strukturen von Tiefseesedimenten des Südatlantiks und ihre Erfassung in Echolotregistrierungen.
209 Seiten, Bremen, 1991.

Nr. 14 Baumann, M.
Die Ablagerung von Tschernobyl-Radiocäsium in der Norwegischen See und in der Nordsee.
133 Seiten, Bremen,1991.

Nr. 15 Kölling, A.
Frühdiagenetische Prozesse und Stoff-Flüsse in marinen und ästuarinen Sedimenten.
140 Seiten, Bremen, 1991.

Nr. 16 SFB 261 (Hrsg.)
1. Kolloquium des Sonderforschungsbereichs 261 der Universität Bremen (14.Juni 1991): Der Südatlantik im Spätquartär: Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen. Kurzfassungen der Vorträge und Poster.
66 Seiten, Bremen, 1991.

Nr. 17 Pätzold, J., T. Bickert, L. Brück, G. Meinecke, S. Mulitza, W. Thiessen
Bericht und erste Ergebnisse über die METEOR-Fahrt M 15/2,
Rio de Janeiro - Vittoria, 18.1. - 7.2.1991.
46 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 18 Wefer, G., N. Andersen, W. Balzer, U. Bleil, L. Brück, D. Burda, A. Dahmke, B. Donner, T. Felis, G. Fischer, H. Gerlach, L. Gerullis, M. Hauf, R. Henning, S. Kemle, C. Kothe, R. Melyooni, F. Pototzki, H. Rode, J. Sagemann, M. Schlüter, M. Scholz, H.D. Schulz, V. Spieß, U. Treppke
Bericht und erste Ergebnisse über die METEOR-Fahrt M 16/1,
Pointe Noire - Recife, 27.3. - 25.4.1991.
120 Seiten, Bremen, 1991.

Nr. 19 Schulz, H. D., N. Andersen, M. Breitzke, D. Burda, K. Dehning, V. Diekamp, T Felis, H. Gerlach, R. Gumprecht, S. Hinrichs, H. Petermann, C. C. Pimenta, F. Pototzki, U. Probst, H. Rode, J. Sagemann, U. Schinzel, H. Schmidt, R. Schneider, M. Segl, W. J. Showers, M. D. Tegeler, W. Thiessen, U. Treppke, M. Zabel
Bericht und erste Ergebnisse über die METEOR-Fahrt M 16/2,
Recife - Belem, 28.4. - 21.5.1991.
149 Seiten, Bremen, 1991.

Nr. 20 Berner, H.
Mechanismen der Sedimentbildung in der Fram-Straße, im Arktischen Ozean und in der Norwegischen See.
167 Seiten, Bremen, 1991.

Nr. 21 Schneider, R.
Spätquartäre Produktivitätsänderungen im östlichen Angola-Becken: Reaktion auf Variationen im Passat-Monsun-Windsystem und in der Advektion des Benguela-Küstenstroms.
198 Seiten, Bremen, 1991.

Nr. 22 Hebbeln, D.
Spätquartäre Stratigraphie und Paläozeanographie in der Fram-Straße.
174 Seiten, Bremen, 1991.

Nr. 23 Lücke, A.
Umsetzungsprozesse organischer Substanz während der Frühdiagenese in ästuarinen Sedimenten.
137 Seiten, Bremen, 1991.

Nr. 24 Wefer, G., D. Beese, W.H. Berger, U. Bleil, H. Buschhoff, G. Fischer, M. Kalberer, S. Kemle von Mücke, B. Kerntopf, C. Kothe, D. Lutter, B. Pioch, F. Pototzki, V. Ratmeyer, U. Rosiak, W. Schmidt, V. Spieß, D. Völker
Bericht und erste Ergebnisse der METEOR-Fahrt M 20/1,
Bremen - Abidjan, 18.11.1991 - 22.12.1991.
74 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 25 Schulz, H.D., D. Beese, M. Breitzke, L. Brück, B. Brügger, A. Dahmke, K. Dehning, V. Diekamp, B. Donner, I. Ehrhardt, H. Gerlach, M. Giese, R. Glud, R. Gumprecht, J. Gundersen, R. Henning, H. Petermann, M. Richter, J. Sagemann, W. Schmidt, R. Schneider, M. Segl, U. Werner, M. Zabel.
Bericht und erste Ergebnisse der METEOR-Fahrt M 20/2,
Abidjan - Dakar, 27.12.1991 - 3.2.1992.
173 Seiten, Bremen, 1992.

Nr. 26 Gingele, F.
Zur klimaabhängigen Bildung biogener und terrigener Sedimente und ihrer Veränderung durch die Frühdiagenese im zentralen und östlichen Südatlantik.
202 Seiten, Bremen, 1992.

Nr. 27 Bickert, T.
Rekonstruktion der spätquartären Bodenwasserzirkulation im östlichen Südatlantik über stabile Isotope benthischer Foraminiferen.
205 Seiten, Bremen, 1992.

Nr. 28 Schmidt, H.
Der Benguela-Strom im Bereich des Walfisch-Rückens im Spätquartär.
172 Seiten, Bremen, 1992.

Nr. 29 Meinecke, G.
Spätquartäre Oberflächenwassertemperaturen im östlichen äquatorialen Atlantik.
181 Seiten, Bremen, 1992.

Nr. 30 Bathmann, U., U. Bleil, A. Dahmke, P. Müller, A. Nehrkorn, E.-M. Nöthig, M. Olesch, J. Pätzold, H.D. Schulz, V. Smetacek, V. Spieß, G. Wefer, H. Willems
Bericht des Graduierten Kollegs, Stoff-Flüsse in marinen Geosystemen.
Berichtszeitraum Oktober 1990 - Dezember 1992.
396 Seiten, Bremen, 1992.

Nr. 31 Damm, E.
"Frühdiagenetische Verteilung von Schwermetallen in Schlicksedimenten der westlichen Ostsee."
115 Seiten, Bremen, 1992.

Nr. 32 Antia, E. E.
Sedimentology, Morphodynamics and Facies Association of a meotidal Barrier Island Shoreface (Spiekeroog, Southern North Sea).
370 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 33 Duinker, J. und G. Wefer (Hrsg.)
Bericht über den 1. JGOFS-Workshop. 1./2. Dezember 1992 in Bremen.
83 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 34 Kasten, Sabine
Die Verteilung von Schwermetallen in den Sedimenten eines stadtbremischen Hafenbeckens.
103 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 35 Spieß, V.
Digitale Sedimentechographie - Neue Wege zu einer hochauflösenden Akustostratigraphie.
199 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 36 Schinzel, U.
Laborversuche zu frühdiagenetischen Reaktionen von Eisen(III)-Oxidhydraten in marinen Sedimenten.
189 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 37 Sieger, R.
COTAM - ein Modell zur Modellierung des Schwermetalltransports in Grundwasserleitern.
56 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 38 Willems, H.
Geowissenschaftliche Untersuchungen im Tethys-Himalaya.
183 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 39 Hamer, K.
Entwicklung von Laborversuchen als Grundlage für die Modellierung des Transportverhaltens von Arsenat, Blei, Cadmium und Kupfer in wassergesättigten Säulen.
147 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 40 Sieger, R.
Modellierung des Stofftransports in porösen Medien unter Ankopplung kinetisch gesteuerter Sorptions- und Redoxprozesse sowie thermodynamischer Gleichgewichte.
158 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 41 Thießen, W.
Magnetische Eigenschaften von Sedimenten des östlichen Südatlantiks und Ihre paläozeanographische Relevanz.
170 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 42 Spieß, V., A. Abelmann, T. Bickert, I. Brehme, R. Cordes, K. Dehning, T. v. Dobeneck, B. Donner, I. Ehrhardt, M. Giese, G. Grigel, R. Haese, W. Hale, S. Hinrichs, S. Kasten, P. Laier, M. de Oliveira, R. Rapp, J. Rogers, H. Petermann, M. Richter, A. Schmidt, M. Scholz, F. Skowronek, M. Zabel
Bericht und erste Ergebnisse der METEOR-Fahrt M 23/1, Kapstadt - Rio de Janeiro, 4.2.1993 - 25.2.1993.
139 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 43 Bleil, U., A. Ayres Neto, D. Beese, M. Breitzke, K. Dehning, V. Diekamp, T. v. Dobeneck, A. Figueiredo, M. Pimentel Esteves, M. Giese, R. Glud, J. Grigel, J. Gundersen, R. Haese, S. Hinrichs, S. Kasten, G. Meinecke, S. Mulitza, H. Petermann, R. Petschik, R. Rapp, M. Richter, C. Rühlemann, M. Scholz, K. Wallmann, M. Zabel.
REPORT AND PRELIMINARY RESULTS OF METEOR-CRUISE 23/2
RIO DE JANEIRO - RECIFE; 27.02.-19.03.1993
133 Seiten, Bremen, 1993.

Nr. 44 Wefer, G., D. Beese, W.H. Berger, H. Buschhoff, M. Cepek, V. Diekamp, G. Fischer, E. Holmes, S. Kemle von Mücke, B. Kerntopf, C. Lange, S. Mulitza, S. Otto, R. Plugge, V. Ratmeyer, C. Rühlemann, W. Schmidt, M. Schwarze, K. Wallmann, M. Zabel
Bericht und reste Ergebnisse der METEOR-Fahrt M 23/3, Recife - Las Palmas, 21.03.1993 - 12.4.1993
71 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 45 Giese, M. und G. Wefer (Hrsg.)
Bericht über den 2. JGOFS-Workshop. 18./19. November 1993 in Bremen.
93 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 46 Balzer, W., M. Bleckwehl, H. Buschhoff, G. Fischer, F.G. Palma, M. Kalberer, U. Kuller, V. Ratmeyer, U. Rosiak, D. Schneider, A. Zimmermann
Report an preliminary results of METEOR-Cruise M 22/1, Hamburg - Recife, 22.09. - 21.10.1992.
24 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 47 Stax, R.
Zyklische Sedimentation von organischem Kohlenstoff in der Japan See: Anzeiger für Änderungen von Paläoozeanographie und Paläoklima im Spätkänozoikum.
150 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 48 Skowronek, F.
Frühdiagenetische Stoff-Flüsse gelöster Schwermetalle an der Oberfläche von Sedimenten des Weser Ästuares.
107 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 49 Dersch-Hansmann, M.
Zur Klimaentwicklung in Ostasien während der letzten 5 Millionen Jahre: Terrigener Sedimenteintrag in die Japan See (ODP Ausfahrt 128).
149 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 50 Zabel, M.
Frühdiagenetische Stoff-Flüsse in Oberflächen-Sedimenten des aquatorialen und östlichen Südatlantik.
129 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 51 Bleil, U., M. Breitzke, K. Däumler, L. Dittert, J. Ewert, K. Gohl, B. Heesemann, W.-D. Heinitz, P. Helmke, H. Keil, T. Merkel, B. Pioch, F. Pototzki, U. Rosiak, R. Schneider, T. Schwenke, V. Spieß, G. Uenzelmann-Neben
Bericht und erste Ergebnisse der Sonne-Fahrt SO 86
Buenos-Aires - Kapstadt, 22.04.1993 - 31.05.1993
116 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 52 Symposium
The South Atlantik: Present and Past Circulation.
Bremen, Germany, 15 - 19 August 1994.
Abstracts
167 Seiten, Bremen, 1994

Nr. 53 Kretzmann, U. B.
^{57}Fe-Mössbauer-Spektroskopie an Sedimenten -
Möglichkeiten und Grenzen
183 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 54 Bachmann, M.
Die Karbonattrampe von Organjà im oberen Oberapt und unterem Unteralb
(NE-Spanien, Prov. Lerida: Fazies, Zyklo- und Sequenzstratigraphie.
147 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 55 Kemle-von Mücke, S.
Oberflächenwasserstruktur und -zirkulation des Südostatlantiks im Spätquartär.
151 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 56 Petermann, H.
Magnetataktische Bakterien und ihre Magnetosome im Oberflächensedimenten des Südatlantiks.
134 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 57 Mulitza, S.
Spätquartäre Variationen der Oberflächennahen Hydrographie im westlichen Äquatorialen Atlantik
134 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 58 Segl, M., M. Cepek, K. Dehning, V. Diekamp, T.v. Dobeneck, U. Frey, J. Harloff, S. Hinrichs, A. Janke, C. Joppich, S. Kasten, K. Keil, C. Lange, N. Nowald, W.T. Ochsenhirt, C. Rühlemann, F. Schmieder, J. Schüring, S. Siemer, E. Steinmetz, I. di Tomaso, E. Uliana, F. Vetere, S. Wunsch, M. Zabel
Report an preliminary results of METEOR-Cruise M 29/1, Buenos Aires - Montevideo, 17.06.1994 - 13.07.1994
94 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 59 Bleil, U, M. Breitzke, H. Buschhoff, T. v. Dobeneck, A. Dürkoop, I. Ehrhardt, I. Engelbrecht, M. Giese, F. Gingele, S. Hacke, R. Haese, C. Hensen, S. Hinrichs, C. Höll, E. Holmes, B. Jahn, A. Janke, S. Kasten, N. Nowald, S. Otto, H. Petermann, M. Raulfs, U. Rosiak, A. Schmidt, M. Scholz, M. Zabel
Report an preliminary results of METEOR-Cruise M 29/2, Montevideo - Rio de Janeiro 15.07.1994 - 08.08.1994
153 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 60 Henrich, R. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 29/3, Rio de Janeiro - Las Palmas 11.08.1994 - 05.09.1994
Bremen, 1995 (in Vorbereitung).

Nr. 61 Sagemann, J.
Saisonale Variationen von Porenwasserprofilen, Nährstoff-Flüssen und Reaktionen in interdidalen Sedimenten des Weser-Ästuars.
110 Seiten, Bremen, 1994.

Nr. 62 Giese, M. und G. Wefer
Bericht über den 3. JGOFS-Workshop
5./6. Dezember 1994 in Bremen
84 Seiten, Bremen, 1995.

Nr. 63 Mann, U.
Genese kretazischer Schwarzkiefer in Kolumbien: Globale vs. regionale/lokale Prozesse.
153 Seiten, Bremen, 1995.

Nr. 64 Willems et. al.

Nr. 65 Hünken, Ulf
Liefergebiets-Charakterisierung proterozoischer Goldseiten in Ghana anhand von Fluideinschlußuntersuchungen
270 Seiten, Bremen, 1995 (im Druck)

Nr. 66 Nyandwi, N.
The Nature of die Sediment Distribution Patterns in the Spiekeroog Backbarrier Area, the East Frisian Islands.
162 Seiten, Bremen, 1995 (im Druck).

Nr. 67 Isenbeck-Schröter, Margot
Habilitation
xSeiten, Bremen, 1995 (im Druck).

Nr. 68 Hebbeln et al.
Report and preliminary results of SONNE-Cruise SO 102, Valparaiso-Valparaiso, 95
134 Seiten, Bremen, 1995 (im Druck).

Nr. 69 Bathmann, U., U. Bleil, T. v. Dobeneck, K. Herterich, B.B. Jorgensen, E.-M. Nöthig, M. Olesch, J. Pätzold, H.D. Schulz, V. Smetacek, V. Spieß, G. Wefer, H. Willems
Bericht des Graduierten-Kollegs Stoff-Flüsse in marinen Geosystemen.
Berichtszeitraum Januar 1993-Dezember 1995.

Nr. 70 Giese, M. und G. Wefer
Bericht über den 4. JGOFS-Workshop. 20./21. November 1995 in Bremen.
60 Seiten, Bremen, 1996 (im Druck).

Nr. 71 Meggers, H.
Pliozän-quartäre Karbonatsedimentation und Paläozeanographie des Nordatlantiks und des Europäischen Nordmeeres-Hinweise aus planktischn Foraminiferengemeinschaften.
143 Seiten, Bremen, 1996 (im Druck).

Nr. 72 Teske, A.
Phylogenetische und ökologische Untersuchungen an Bakterien des oxidativen und reduktiven marinen Schwefelkreislaufs mittels ribosomaler RNA.
220 Seiten, Bremen, 1996 (im Druck).

Nr. 73 Andersen, N.
Dissertation
(im Druck)

Nr. 74 Treppke, U.
Saisonalität im Diatomeen- und Silikoflagellatenfluß im östlichen tropischen und subtropischen Atlantik
197, Seiten, Bremen.

Nr. 75 Schüring, J.
Die Verwendung von Steinkohlebergematerialien im Deponiebau im Hinblick auf die Pyritverwitterung und die Eignung als geochemische Barriere.
110 Seiten, Bremen, 1996 (im Druck)