

Nr. 39

**Untersuchungen zur Bodenpeloidschicht
am westlichen Barents See Kontinentalhang**

Laurenz Thomsen

Gliederung

Zusammenfassung / Abstract

Einleitung

Material und Methoden

Das Arbeitsgebiet

Die Meteor 13 Expedition (6. Juli bis 24. August 1990)

Die Meteor 17-1 Expedition (15. Juli bis 8. August 1991)

Die Poseidon 181 Expedition (18. Februar bis 20. März 1991)

Probennahme

Der Bodenwasserschöpfer

Analysen

Statistik

Ergebnisse

Ergebnisse der Meteor 13 Expedition im Juli 1990

Ausprägung der Nepheloidschichten

Die Stationen am Kontinentalhang

Allgemeine Charakteristika aller Stationen der Meteor 13 Expedition

Abundanz, Größenspektrum und Biomasse der Bakterien in den Wasserproben

Statistik

Ergebnisse der Meteor 17/1 Expedition im Juli 1991

Das Oberflächensediment

Das Bodenwasser in 10-25 cm und in 40 cm Höhe ü.Gr.

Ergebnisse der Poseidon 181 Expedition im Februar-März 1991

Attenuation, Seston, Anorganische Fraktion

POC, PON, Bakterien

Diskussion

Das BIOPROBE System zur Beprobung des bodennahen Wasserkörpers

Vergleich der Partikelkonzentrationen in der Bodennepheloidschicht

Hydrodynamische Sortierung innerhalb der partikulären organischen Fraktion

Physikalische und biologische Deposition und Resuspension der partikulären

organischen Substanz

Flüsse in der Bodennepheloidschicht

Stoffeintrag im Benthal am westlichen Barents See Kontinentalhang

Literatur

Tabellenanhang

1
4
4
6
7
8
10
10
18
21
22
22
22
23
31
33
35
38
40
40
43
44
46
50
50
54
54
62
71
76
79
86

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Bodennepheloidschicht am westlichen Barents See Kontinentalhang mit einem für den Einsatz in der Tiefsee neu konstruierten Bodenwasserschöpfer in 10, 15, 25 und 40 cm Höhe sowie mit einem Kranzwasserschöpfer in 500 cm Höhe über Grund beprobt.

Die Untersuchungen fanden während dreier Ausfahrten in das Seegebiet im Sommer 1990 (Meteor 13), Winter 1991 (Poseidon 181) und Sommer 1991 (Meteor 17) statt.

Die Probennahmen während der Meteor 13 Expedition erfolgten vom Barents See Kontinental-schelf in 370 m Tiefe, etwa entlang 75° N bis zum 170 km entfernten Kontinentalschelf in 2500 m Tiefe. Im Zentrum des Untersuchungsgebietes auf 75° N 14° E befand sich ein Hochakkumulationsgebiet mit einer Ausdehnung von ~500 km². Im Bodenwasser der Stationen konnten deutliche Partikel-Konzentrationsgradienten nachgewiesen werden. Von den 14 untersuchten Parametern wurden auf den Stationen der Meteor 13 Expeditionen Sauerstoff, Seston, Chlorophylläquivalente, POC und das Größenspektrum der Bakterien genauer betrachtet.

- Die Sauerstoff-Konzentrationen im Bodenwasser umfaßten während des Untersuchungszeit-raumes einen Bereich von 266 - 376 $\mu\text{mol l}^{-1}$.
- Seston lag im Konzentrationsbereich 1,2 - 11,3 mg l^{-1} [Median Wert 8 mg l^{-1}].
- Es wurde kein Zusammenhang zwischen den Sauerstoffkonzentrationen im Bodenwasser und der Entfernung zum Meeresboden sowie den Sestonkonzentrationen und der Entfernung zum Meeresboden festgestellt.
- Die Chlorophylläquivalent-Konzentrationen umfaßten einen Bereich von 0,0 bis 0,13 $\mu\text{g l}^{-1}$ [Median Wert 0,05 $\mu\text{g l}^{-1}$] und nahmen in die Wassersäule hinein ab [$P \leq 0,01$].
- Die POC-Konzentrationen schwankten zwischen 16 - 107 $\mu\text{g l}^{-1}$ [Median Wert 52 $\mu\text{g l}^{-1}$] und nahmen bis in 40 cm Höhe über Grund zu [$P \leq 0,01$].
- Auf den Stationen der Meteor 13 Expedition kam es innerhalb der bodennah beprobten Was-serschichten zu einer Verschiebung des Biomasse-Größenspektrums der Bakterien von 10 bis 40 cm Höhe über Grund zu größeren Bakterien. In diesen Wasserschichten waren 35-65% der Bakterien partikelgebunden, während in 500 cm Höhe mindestens 85% des Bakterioplanktons freilebend war.

Im Sommer 1991 wurde während der Meteor 17 Expedition ein *in situ* Experiment am mittleren Kontinentalhang im Zentralbereich der Hochakkumulation in 1340 m Tiefe durchgeführt. Auf drei jeweils eine Seemeile in Strömungsrichtung voneinander entfernten Stationen mit der am Kontinentalhang dichtesten Besiedlung an Suspensionsfressern wurde der Einfluß der Makro-fauna auf Transportvorgänge innerhalb der Bodennepheloidschicht untersucht.

- Eine Abnahme des Sestongehaltes in Strömungsrichtung um bis 41% , der anorganischen Partikel um 59%, der organischen Partikel um 48% sowie die Reduzierung der Bakteriendichte um 35% spiegelte den deutlichen Einfluß eines filtrierenden Polychaetenrasens auf den bo-dennahen Wasserkörper in 10 - 25 cm Höhe über Grund wieder.
- Der POC-Gehalt des Bodenwassers wurde in Strömungsrichtung um 23% verringert, der Chlo-rophyllgehalt hingegen um 85% erhöht. Der Chlorophyllgehalt im Sediment erhöhte sich stromabwärts um 58%. Die Abundanz der suspensionsfiltrierenden Polychaeten verringerte sich stromabwärts um 63%.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurden folgende Thesen aufgestellt:

- Innerhalb des bodennahen Wasserkörpers findet eine hydrodynamische Sortierung der orga-nischen Fraktion nach leichten und schweren Partikeln statt.

- Der partikuläre organische Kohlenstoff (POC) nimmt mit Abstand zum Meeresboden zu. Partikel dieser Fraktion mit geringer Dichte und Sinkgeschwindigkeit folgen der Strömung und bleiben länger in Suspension. Dadurch gewinnt das Strömungsregime innerhalb der Bodennepheloidschicht eine hohe Bedeutung für die Verbreitung von POC.
- Die in Bodennähe zunehmenden Chlorophyllkonzentrationen im Barents See Untersuchungsgebiet zeigen die Zugehörigkeit des Phytodetritus zur "schweren" organischen Fraktion. Diese organischen Partikel mit hoher Sinkgeschwindigkeit haben nur geringe Aufenthaltszeiten in der bodennahen Wasserschicht, das Strömungsregime wirkt sich nur geringfügig auf ihre Verteilung aus
- Der Eintrag frischen Materials aus der euphotischen Zone erfolgt pulsartig, wobei der Phytodetritus durch Biodeposition und Bioturbation aufgrund seiner geringen Aufenthaltszeiten in den bodennahen Wasserschichten schnell in das Sediment eingetragen wird.
- Feines organisches, refraktäres Material im fortgeschrittenen Abbauzustand oder Partikel lithogenen Ursprungs werden in der Bodenströmung angereichert und überregional verteilt. Die Verbreitung dieses Materials in die Bodennepheloidschicht erfolgt langfristig. Es wird vermutet, daß es in Bodennähe zu anorganischer Partikelflocculation, physikochemischer und mikrobiell-induzierter Aggregatbildung sowie Pelletbildung durch Organismen innerhalb der "leichten" organischen Fraktion (POC) kommt. Auf Aggregate spezialisierte Suspensionsfresser sorgen für die Deposition dieses Materials, welches durch die Besiedlung mit Bakterien eine zusätzliche Nahrungsquelle für Benthosorganismen darstellt.
- Die Ausbildung einer vom Benthos beeinflussten "Internen Boundary Layer" konnte bis in 25 cm Höhe über Grund nachgewiesen werden.

Die Untersuchung zur großräumigen Verteilung partikulärer Substanzen in einer Höhe von 500 cm ü. Gr. mit einer CTD mit Transmissiometer und Wasserschöpfern während der Winterexpedition im Februar-März 1991 ergab folgendes Bild:

- Maximale Attenuationswerte von 23 und 24% wurden um das Kerngebietes des Hochakkumulationsgebietes sowie nordwestlich davon ermittelt.
- Maximale Sestonkonzentrationen von 4 bis 7 mg l⁻¹ wurden mit einer Ausdehnung von ~ 400 km² etwa 10 sm südöstlich des Hochakkumulationsgebietes über der 1500 m Tiefenlinie gemessen.
- Über dem Hochakkumulationsgebiet wurde der nördliche Bereich einer von Süd nach Nord verlaufenden 240 km² großen POC-Wolke mit Werten $\geq 24 \mu\text{g l}^{-1}$ festgestellt, dessen Lage mit dem nördlichen Attenuationspeak übereinstimmte.
- Ein Bereich mit $\geq 3 \times 10^7$ Bakterien l⁻¹ erstreckte sich sichelförmig über das Hochakkumulationsgebiet.

Aufgrund dieser und der oben genannten Ergebnisse wurden folgende Thesen aufgestellt:

- Eine länger anhaltende Versorgung mit frischem Material in das Hochakkumulationsgebiet ist bei einer mittleren, an Kontinentalhängen vorkommenden Strömungsgeschwindigkeit von 10 cm s⁻¹ nicht möglich, da die Kohlenstoffquelle "Schelf" schnell erschöpft sein muß.
- Geschätzte Partikelflüsse im bodennahen Bereich des Hochakkumulationsgebietes lassen sich lediglich über die massive horizontale Versorgung von den produktiven Schelfgebieten, durch wirbelartige Strömungen, die über dem Gebiet eine Resuspensionswolke erzeugen und über Kontourströme herantransportierte Partikelwolken bilanzieren. Die möglichen Einzugsgebiete müssen auch bei geringen Strömungen um ein Vielfaches größer als die Depositionsgebiete sein .

Abstract

Benthic boundary layer characteristics of the continental margin of the western Barents Sea were studied by collecting water samples 10, 15, 25, 40 and 500 cm above the sea-floor with an instrument system for both physical and biogeochemical studies. The instrument uses a combination of current meters, a transmissiometer, a compass, a camera system and 4 water samplers of 15 l volume each for the study of the temporal and spatial characteristics of dissolved and particulate matter in the benthic boundary layer under the influence of the benthic population. During "METEOR" Cruise 13 in July 1990, "POSEIDON" Cruise 181 in March 1991 and "METEOR" Cruise 17 in July 1991 bottom water and sediment samples were taken from stations on a 170 km long transect across the continental slope of the western. This transect extended in a line between 74° 50' N, 16° E and 75° 20' N, 10° E and covered water depths between 370 and 2500 m. In the middle of the transect, around 75° N, 14° E, a High Accumulation Area covered an area of about 500 km².

During METEOR Cruise 13 on all 7 stations gradients of oxygen and particulate matter within the benthic boundary layer could be determined. Oxygen varied between 266 and 376 $\mu\text{mol l}^{-1}$ and did not correlate with height above the sea-floor. Total particulate matter concentrations ranged from 1.2 to 11.3 mg l^{-1} with a median value of 8 mg l^{-1} . Particulate organic carbon concentrations ranged from 16 to 107 $\mu\text{g l}^{-1}$ with a median value of 52 $\mu\text{g l}^{-1}$. Chlorophyll equivalent concentrations ranged from 0.0 to 0.13 $\mu\text{g l}^{-1}$ with a median value of 0.05 $\mu\text{g l}^{-1}$. Bacterial biomass measured on 5 stations varied between 0.05 and 2.07 $\mu\text{g bacterial organic carbon l}^{-1}$ with highest values at 25 and 40 cm. From 10 to 25/40 cm above the sea-floor the distribution of individual bacterial volume shift to higher size classes. 10 to 40cm above the bed 35 to 65 % of the bacteria were particle-associated, while more than 85% of the bacteria were free-living 500 cm above the sea-floor. At almost all stations the shape of the particle concentration curves shows the most significant change between 25 and 40 cm above the sea-floor.

Generally particulate organic carbon increased from the seabed into the watercolumn with decreasing values between 40 and 500 cm above the sea-floor ($P \leq 0.01$). Chlorophyll equivalents decrease above the seabed into the watercolumn ($P \leq 0.01$). The chlorophyll equivalent / particulate organic carbon ratio in the near-bottom water did not exceed 0.5 %.

During METEOR Cruise 17 field profiles of total particulate matter, chlorophyll equivalents, particulate organic carbon, bacterial abundance in the near-bottom water were taken on 3 station upstream across a suspension feeder field on the high accumulation area at 1370 m water depth. Over a distance of 2 nm between the upstream and downstream stations total particulate matter, particulate organic carbon and bacterial abundances were reduced by 41%, 23% and 35% respectively between 10 - 25 cm height above bed. Chlorophyll equivalents in the sediments increased by 58%.

During POSEIDON Cruise 181 bottom water samples for particulate matter at 500 cm above sea-floor were taken from at 29 stations on a grid between 74° 24' N, 12° E and 75° 30' N, 18° E across the continental margin. Samples were taken with a CTD-rosette with 5 l Niskin bottles and a mounted transmissiometer.

- max. beam attenuation of 23 - 24% were found above the center and northwest of the high accumulation area.
- max. concentrations of total particulate matter ($4\text{-}7 \text{ mg l}^{-1}$) were found 10 nm southeasterly of the high accumulation area in about 1500 water depth and covered an area of 400 km².
- particulate organic carbon concentrations $\geq 24 \mu\text{g l}^{-1}$ covered an area of 240 km². Concentrations in the northern part of this particle cloud correlated with the northern peak of the attenuation ($P \leq 0.05$).
- in the center of the high accumulation area bacterial abundances were greater than $3.5 \cdot 10^7 \text{ cells l}^{-1}$

Abstract

Data from the Barents Sea site suggest that particle stratification due to hydrodynamic sorting occurs within the benthic boundary layer.

Aggregated phytodetritus tends to behave like material with high settling velocity, thus the concentrations and fluxes of these particles decrease above the bed and particles are easily incorporated into the sediment.

Fine particles of high organic content tend to behave like material with low settling velocities, follow streamlines in flow and thus the concentrations and fluxes of these particles increase above the bed.

Within the lower part of the benthic boundary layer the existence of an internal boundary layer influenced by bed characteristics and benthos up to a height of 25 to 40 cm above the sea-floor occurs. Effects of biodeposition and bioentrainment and maximum POC and bacterial biomass concentrations have been observed in this layer.

These results suggest that maximum mass transfer of particulate organic matter occurs within this internal boundary layer as a result of both physical and biological deposition and resuspension phenomena.

Different processes acting at different time scales control the carbon input to the benthos: Pulse like vertical fluxes of aggregated fresh phyto -and zoodetritus from the euphotic zone at distinct times of the year, with high settling velocities and low residence times within the benthic boundary layer.

Long time horizontal fluxes of organic debris of low nutritional value attached with a bacterial epiflora, with low settling velocities and high residence times within the benthic boundary layer. Carbon input of this material to the benthos could occur via aggregate -and fecal pellet formation.

If organic carbon from the shelf areas is exported down the slope with an average flow velocity of 10 cm s^{-1} , it could support a benthic community for only a few days.

Einleitung

Im Pelagial produzierte partikuläre organische Substanzen, die zum Meeresboden absinken, werden auf dem Weg dorthin in ihrer Konzentration und Zusammensetzung verändert. Die Partikel unterliegen Zerfalls- und Auflösungsprozessen, Aggregate werden gebildet und gelöst, und Zooplankton-Grazing findet statt. Beim weiteren Absinken treffen die Partikel einige hundert Meter oberhalb des Meeresbodens auf die Bodennepheloidschicht (McCave 1986). Deren obere Grenze ist durch ein Transmissionsmaximum definiert (Biscaye & Eitrem 1976). Innerhalb der Nepheloidschicht verringert sich die Transmission aufgrund sich erhöhender Partikelkonzentrationen in Annäherung zum Meeresboden (Jerlov 1953). Innerhalb der letzten Meter, mitunter der letzten Zentimeter über dem Sediment nimmt die mittlere Strömungsgeschwindigkeit aufgrund der Reibung am Sediment zunächst langsam und dann logarithmisch ab. Dieser Bereich über dem Boden, der durch die Gradienten in der Strömungsgeschwindigkeit geprägt ist, wird Bodengrenzschicht oder englisch "boundary layer" genannt (Nowell & Jumars 1984, Unsöld 1984). Hier ist die Wasserbewegung turbulent, aber gerichtet: Untersuchungen zur Bodengrenzschicht zeigten, daß in diesem Bereich neben der Änderung der Strömungsgeschwindigkeit auch starke Gradienten der Partikelkonzentration zu verzeichnen sind (Jumars & Gallagher 1982 ; Nowell & Jumars 1984; Sternberg *et al.* 1986).

Nach umfangreichen Untersuchungen zur benthisch-pelagischen Kopplung wurde deutlich, daß zumindest im küstennahen Bereich die vertikalen Sedimentationsprozesse nicht ausreichen, um den Kohlenstoffbedarf des Benthos zu decken. Vielmehr mußte als zusätzliche Komponente der laterale Nahrungseintrag und insbesondere der bodennahe Partikeltransport in die Bilanzierung einbezogen werden (Graf *et al.* 1983, Hargrave & Phillips 1986; Jahnke *et al.* 1990; Graf 1992).

Der bodennahe Partikeltransport wird sowohl von Prozessen in der Wassersäule als auch von dem darunter befindlichen Sediment beeinflusst (Smith *et al.* 1987). Das Vorkommen von Partikeln mit unterschiedlicher Sinkgeschwindigkeit, Turbulenzen, erhöhte Aktivität des Bakterioplanktons sowie zahlreich auftretendes Zooplankton spielen bei diesen Vorgängen eine wichtige Rolle (Smith *et al.* 1986; Wishner & Gowing 1987, Kineke & Sternberg 1989). Es kann zur Entstehung größerer organischer Partikel durch Aggregat- und Pellettbildung kommen, ein Vorgang, dessen Bedeutung zur Versorgung der benthopelagischen Fauna weithin diskutiert wird (Gardner *et al.* 1985; Kranck 1984; Lampitt 1985; McCave 1984, Smetacek 1985; Alldredge & Silver 1988; Muschenheim *et al.* 1989; Riemann 1989; Thiel *et al.* 1989).

Benthosorganismen sind auf die advektiven Prozesse zur Nahrungsversorgung angewiesen (LaBarbara 1984; Miller *et al.* 1984, Graf 1989) und beeinflussen ihrerseits den bodennahen Partikeltransport. Bioturbationsprozesse, Biodeposition und Bioentrainment fördern den Austausch von Partikeln, aber auch von gelösten organischen Substanzen zwischen dem Bodenwasser und dem Sediment (Grant 1983; Eckmann & Nowell 1984; Jumars & Nowell 1984; Miller *et al.* 1984)

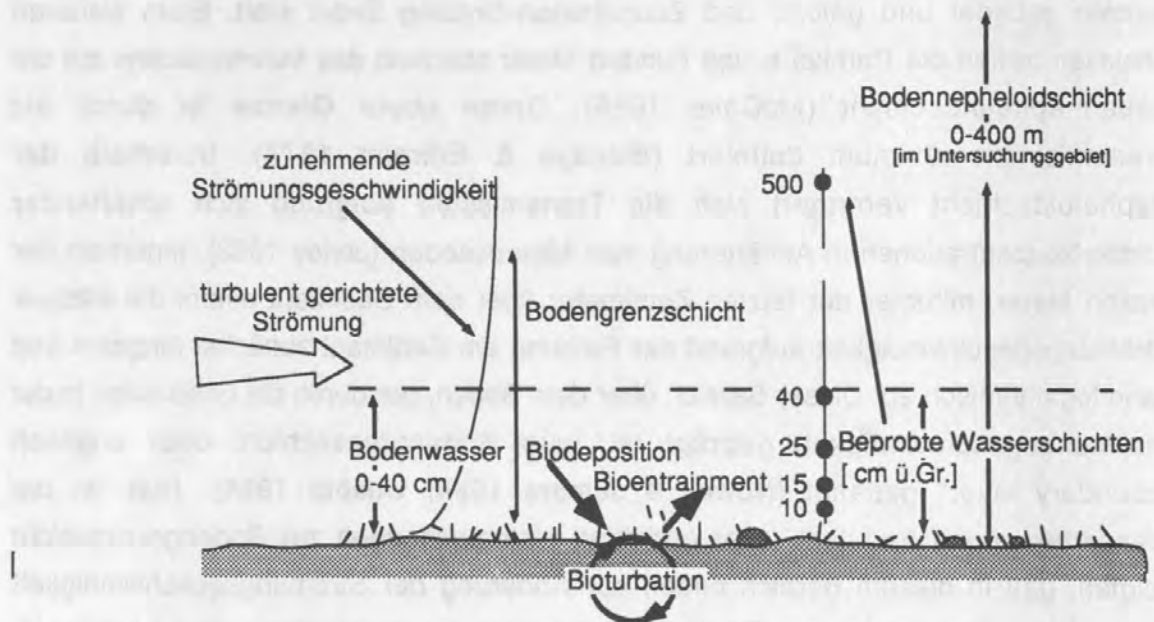


Abbildung 1. Schematische Darstellung der Bodengrenzschicht. Die Nomenklatur wird in der vorliegenden Untersuchung benutzt.

Die Untersuchung der bodennahen Wasserschichten erfolgte bisher in erster Linie unter sedimentologischen Gesichtspunkten, wobei Analysen zur Partikelzahl, Partikelgröße und Sinkgeschwindigkeit durchgeführt wurden (Cacchione & Drake 1979; Sternberg *et al.* 1986, Kineke & Sternberg 1989). Die Probenahme erfolgte mit Bodenwasserschöpfern, die mit modernen ozeanographischen Meßinstrumenten ausgerüstet wurden, jedoch nur geringe Wassermengen entnehmen konnten. Da über die biologisch relevanten Partikelzusammensetzungen nur wenig bekannt war, wurden Bodenwasserschöpfer zur Untersuchung biologischer Parameter von Eversberg (1991) für Flachwasserstudien und von Wellershaus (1973) für Tiefseestudien gebaut. Ritzrau (1990) benutzte einen modifizierten Eversberg-Schöpfer zur Untersuchung der Bodennepheloidschicht in der Ostsee und konnte dort vertikale Gradienten der Partikelkonzentration und ein Ansteigen der bakteriellen Biomasse nach einem Sturmereignis nachweisen (Ritzrau & Graf 1992).

In Rahmen des Sonderforschungsbereiches 313 "Veränderungen der Umwelt: Der nördliche Nordatlantik" der Universität Kiel war es ein Ziel, die in Bodennähe stattfindenden lateralen Prozesse zu untersuchen. Diese Prozesse führen insbesondere im Bereich des Kontinentalhangs zu einer erheblichen Umverteilung der Sedimentpartikel. Als Folge sind Gebiete unterschiedlicher Akkumulationsraten des Sedimentes zu beobachten, die sich ebenfalls in unterschiedlichen benthischen Besiedlungsmustern dokumentieren.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Boden nepheloidschicht am westlichen Barents See Kontinentalhang mit Hilfe eines für den Einsatz in der Tiefsee neu konstruierten Bodenwasserschöpfers in 10, 15, 25 und 40 cm Höhe, sowie mit einem Kranzwasserschöpfer in 500 cm Höhe über Grund beprobt.

Ziel der Untersuchungen, die während dreier Ausfahrten in das Seegebiet im Sommer 1990 (Meteor 13) sowie Winter 1991 (Poseidon 181) und Sommer 1991 (Meteor 17) stattfanden, war es, die Vorgänge in der partikulären Phase zwischen der Boden nepheloidschicht und dem Sediment zu quantifizieren und charakterisieren.

Insbesondere sollte versucht werden, folgende Fragen zu klären:

- Welche Nahrungsqualität für das Benthos haben die organischen Partikel im Bodenwasser und in welchen Konzentrationsgradienten kommen sie dort vor ?
- Findet aufgrund ihrer erwartungsgemäß unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten eine hydrodynamische Sortierung der Partikel statt ?
- Gibt es Hinweise auf bodennah gebildete Aggregate ?
- Bis zu welcher Entfernung zum Meeresboden ist der Einfluß der Benthosorganismen erkennbar, und welchen Einfluß haben die Tiere auf den bodennahen Partikeltransport.?
- Inwieweit spielt die benthische Besiedlung eine Rolle bei der Bildung von Hochakkumulationsgebieten ?
- Läßt sich ein in Bodennähe auftretender Partikelfluß frischen organischen Materials aus der euphotischen Zone unter bestimmten Strömungsbedingungen längerfristig bilanzieren?

2.1 Das Arbeitsgebiet

Die Untersuchungen zur Bodennepheloidschicht wurden im Rahmen von drei Expeditionen am Barents See Kontinentalhang durchgeführt. Die Probennahme verlief von der Schelfkante bis zum Fuß des Kontinentalhanges in 2500 m Tiefe.

Der westliche Barents See Kontinentalhang (Abb. 2)

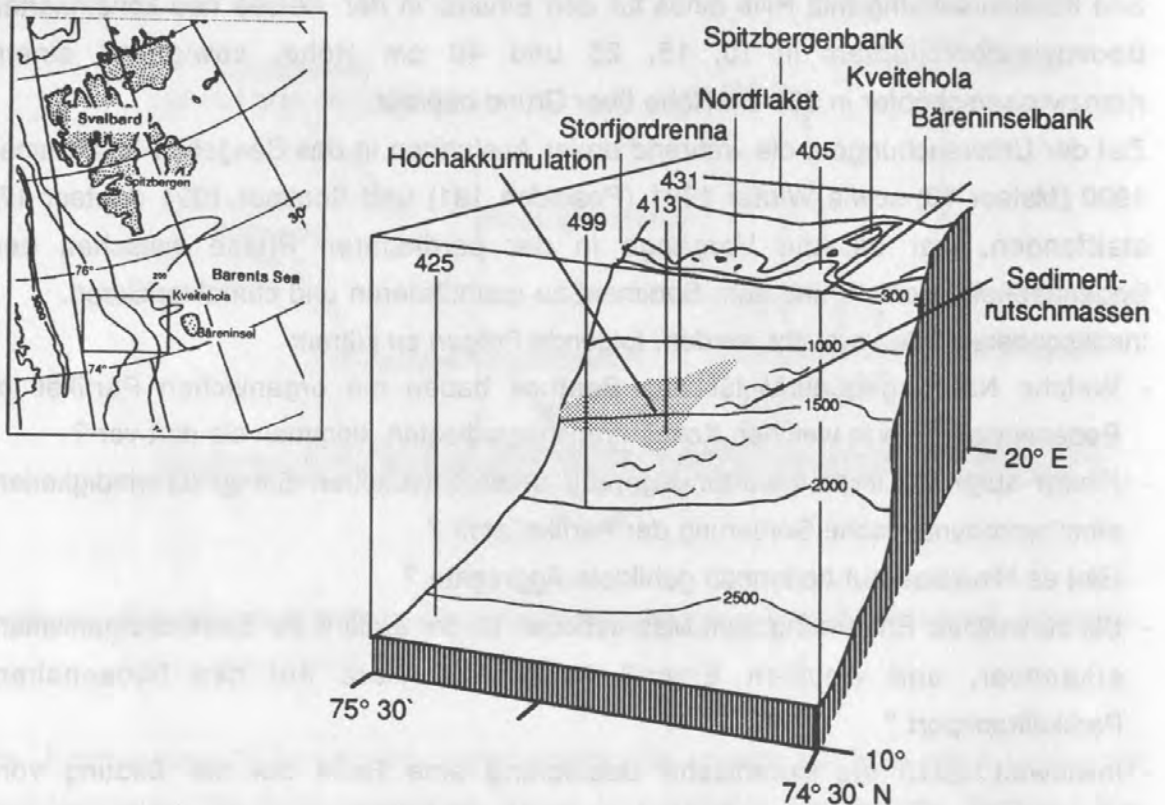


Abbildung 2.A. Vereinfachte Darstellung der Morphologie des europäischen Nordmeeres, Bereich Barents See / Spitzbergen

B: Der Barents See Kontinentalhang nordwestlich der Bäreninseln. Die Stationen der Meteor 13 Expedition sind eingezeichnet.

In der nördlichen Verlängerung zwischen Nordnorwegen und Spitzbergen an der Grenze zur Barents See schwenkt die skandinavische Schelfkante nach Nordwesten in Richtung auf die Framstraße. Hier zieht sich der Bäreninsel Trog auf einer Länge von ca. 700 km nach Osten in die epikontinentale Barents See hinein. Ihm ist zwischen 71°N und 75°N der Bäreninsel-Sedimentfächer vorgelagert, der sich mit einer Hangneigung

von $0,7^\circ$ etwa 280 km weit in das Lofotenbecken hinein erstreckt (Perry *et al.* 1985; Vorren *et al.* 1989).

Am westlichen Barents See Kontinentalhang beträgt die Hangneigung zwischen der Schelfkante in 400 m Tiefe und 1800 m $2,4^\circ$, unterhalb von 1800 m flacht der Hang allmählich ab, bis er bei etwa 2200 m zum Tiefseebecken ausläuft (Abb. 2). Ein durch zwei Sills vom oberen Kontinentalhang abgetrenntes, etwa 100 km langes, glazial geformtes Tal, Kveitehola, trennt die Spitzbergen-Bank von der Bäreninsel-Bank im Süden (Blaume 1992). Die sedimentechographische Vermessung mit 3.5 kHz-Sedimentecholot und Hydrosweep-Sonarsystem zeigte, daß maximale Mächtigkeiten der obersten, gut geschichteten Ablagerungen in nahezu hangnormal orientierten Sedimentkissen am mittleren Kontinentalhang zwischen 900 m und 2000 m Wassertiefe auftreten (Blaume 1992). Die Mächtigkeit dieser postglazialen Schicht beträgt bis zu 8 m bei etwa 1400 m Wassertiefe bei einer Ausdehnung von ca. 500 km^2 . In der Mächtigkeitsverteilung der Holozänsedimente ist ein langgestreckter, annähernd hangparalleler Umriß zu erkennen, dessen hangauf gerichtete Erstreckung auf Kveitehola zeigt. Sedimentrutschmassen beherrschen weitgehend das Bild der Oberflächensedimente im näheren Umfeld und begrenzen dieses Hochakkumulationsgebiet im Süden. Die glazialen Sedimentabfolgen im Liegenden sind häufig mit Sedimentrutschmassen verzahnt (Blaume 1992). Am Kontinentalhang trifft der hangparallel verlaufende Norwegenstrom in 200 bis 800 m Tiefe auf den homogenen Tiefenwasserkörper der Norwegensee. Der Tiefenwasserkörper der Norwegensee ist ein Mischungsprodukt von 60 % Grönlandsee-Tiefenwasser und 40 % Tiefenwasser aus dem Eurasischen Tiefseebecken, welche über begrenzende Schwellen aus den benachbarten Becken advektieren (Aagaard *et al.* 1985; Swift & Koltermann 1988). Eine Modifizierung des Tiefenwassers der Norwegensee durch Bodenwassermassen vom Barents See Schelf wird diskutiert (Quadfasel *et al.* 1988; Blindheim 1989).

Das nördlich des Arbeitsgebietes gelegene Seegebiet (76°N , 10°E , Honjo 1990) wird durch folgende Sedimentationsphasen gekennzeichnet: Phase 1 zwischen Mai und Juli; sie ist zu 18% am jährlichen Partikelfluß beteiligt. In diesem Zeitraum sinken hauptsächlich feine Partikel mit einem vergleichsweise hohen Anteil an biogenem Opal und Karbonat; Phase 2 zwischen August und November mit einem Anteil von 38% am jährlichen Partikelfluß. In dieser Phase wird der TOC Fluß von biogenem Material dominiert. Phase 3, zwischen Dezember und April, hat einen Anteil von 44% am jährlichen Partikelfluß. In diesem Zeitraum gelangen große Mengen an lithogenem Material (bis zu $7,0 \text{ g m}^{-2}$) über advektive Prozesse als Bodenepheloidlayer über die Schelfkante in die Tiefsee (Pfirman 1985, Quadfasel *et al.* 1988, Wassmann 1989, Blaume 1992).

2.2. Die Meteor 13 Expedition (6. Juli bis 24. August 1990)

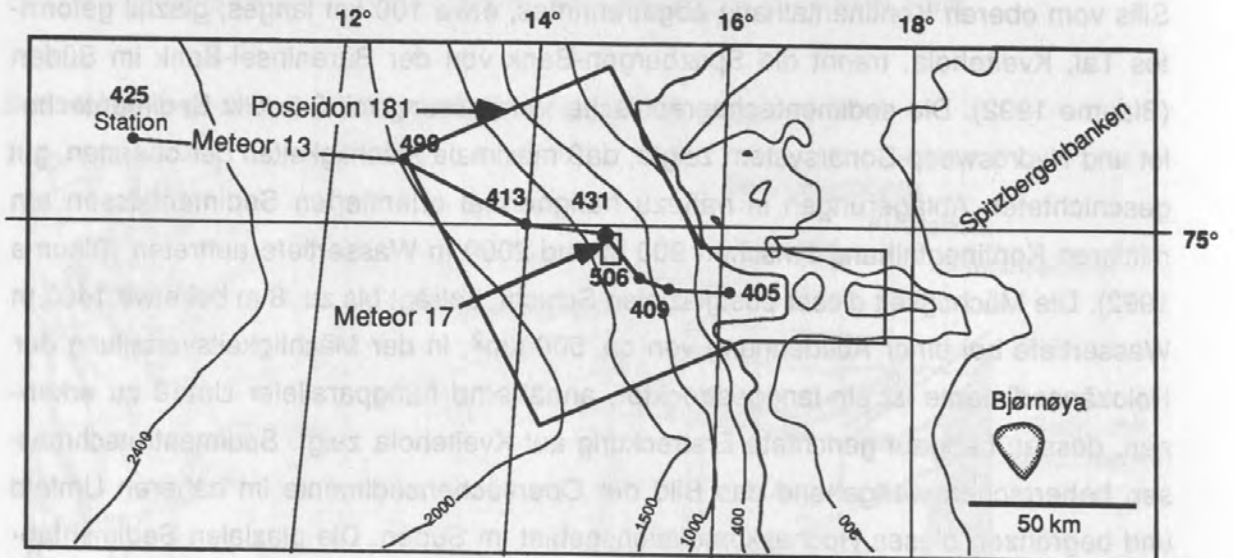


Abbildung 3. Lage der Stationen 405 bis 425 der Meteor 13-1 Expedition vom 6.7. - 1.8.1990. Die Arbeitsgebiete der Meteor 17-1 und der Poseidon 181 Expeditionen sind ebenfalls eingezeichnet.

Zum Nachweis von Nepheloidschichten und zur Charakterisierung der bodennahen Nepheloidschicht wurde das oben beschriebene Arbeitsgebiet während der Meteor-13 Expedition im Juli 1990 angelaufen. Das Stationsprofil mit 7 Hauptstationen verlief etwa entlang des 75. Breitengrades vom Barentseeschelf in 300 m Tiefe bis zum ausgedehnten Schelfsockel in 2500 m Tiefe (Abb.3). Um das Zentrum des Stationsprofils lag auf 75° 00'N und 14° 00'E das Hochakkumulationsgebiet in einer Einbuchtung des etwa SE-NW streichenden Kontinentalhanges nordwestlich der Bäreninsel .

2.3. Die Meteor 17-1 Expedition (15. Juli bis 8. August 1991)

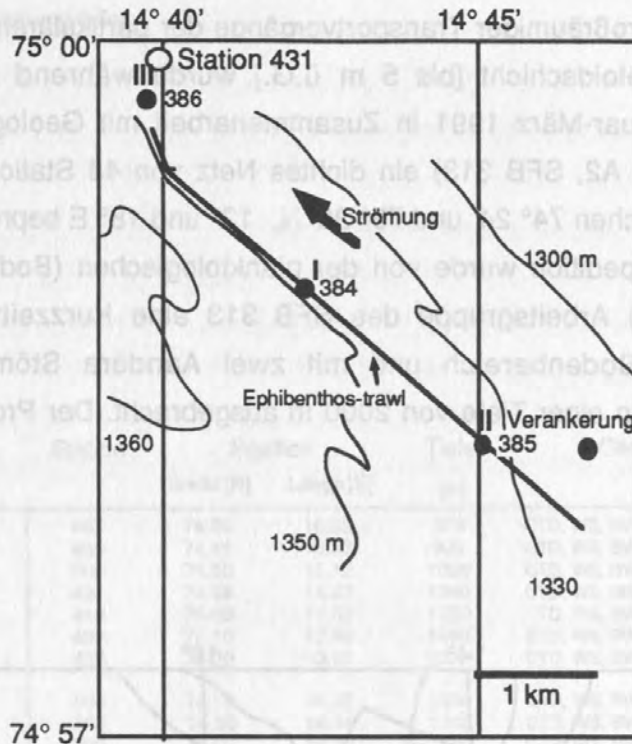


Abbildung 4. Lage der Stationen 384, 385 und 386 der Meteor 17-1 Expedition am 24.7. und 25.7.1991. Die Stationen lagen südlich der Station 431 der Meteor 13-1 Expedition im Zentrum des Hochakkumulationsgebietes.

Zur Untersuchung des Einflusses der Makrofauna auf Transportvorgänge innerhalb der Boden-Nepheloidschicht wurde während der Meteor 17-1 Expedition im August 1991 ein *in situ* Experiment durchgeführt. Dazu wurden ausgehend von Station 431 (vergl. Meteor 13-1 Expedition) in 1370 m Tiefe drei in Strömungsrichtung gelegene Stationen im Abstand von einer Seemeile angelaufen. Außerdem wurde eine 10 Stunden-Verankerung zur Ermittlung eines Transmissionsprofils über die Zeit und zur Aufnahme eines mehrstündigen Strömungsprofils mit Strömungsrichtung ausgebracht (Abb. 4, Tab. 1). Das Experiment wurde in Zusammenarbeit mit Polarökologen (v. Juterzenka), Chemikern (Schultz-Bull, Körner, Petrick), Geologen (Rumohr) und Mikrobiologen (Köster) durchgeführt.

2.4. Die Poseidon 181 Expedition (18. Februar bis 20. März 1991)

Zur Beschreibung großräumiger Transportvorgänge der partikulären Substanzen in der bodennahen Nepheloidschicht [bis 5 m ü.G.] wurde während der Poseidon 181 Expedition im Februar-März 1991 in Zusammenarbeit mit Geologen (F. Blaume, J. Rumohr, Teilprojekt A2, SFB 313) ein dichtes Netz von 48 Stationen um die sieben Hauptstationen zwischen $74^{\circ} 24'$ und $75^{\circ} 30'$ N, 12° und 18° E beprobt (Abb. 5, Tab. 1). Während dieser Expedition wurde von der planktologischen (Bodungen) und chemischen (Schulz-Bull) Arbeitsgruppe des SFB 313 eine Kurzzeitverankerung mit 4 Sinkstoffallen im Bodenbereich und mit zwei Aandera Störungsmessern mit Transmissiometern in einer Tiefe von 2000 m ausgebracht. Der Probenwechsler arbeitete wöchentlich.

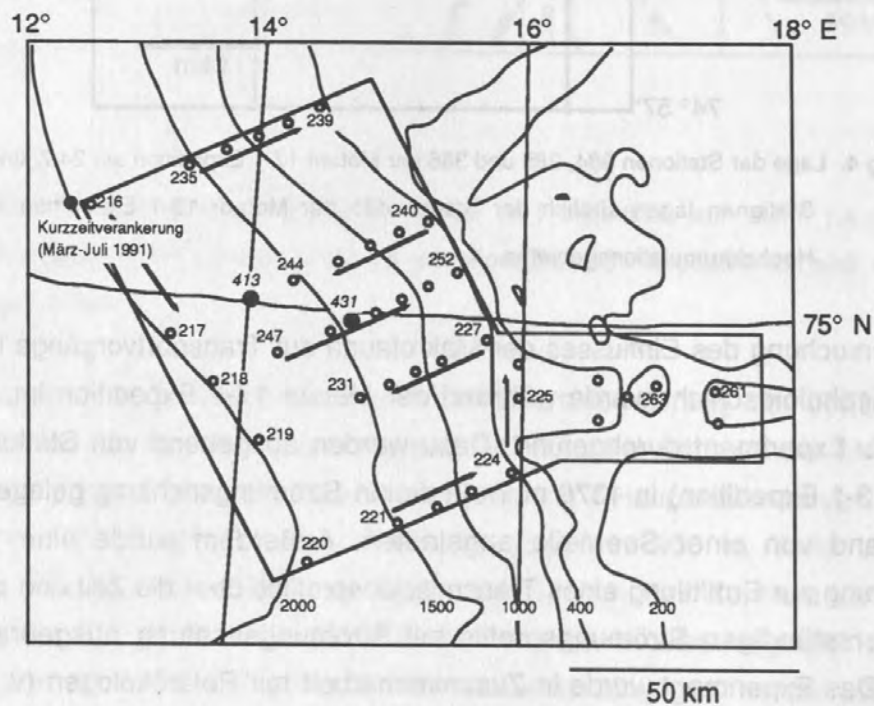


Abbildung 5. Lage der Stationen 214 bis 268 der Poseidon 181 Expedition vom 18.2 - 20.3.1991.

Tabelle 1. Positionen der Stationen der Meteor 13 (M 13) , Meteor 17-1 (M 17) und Poseidon 181 (P181)

Expeditionen zum westlichen Barents See Kontinentalhang.

Abkürzungen: CTD / CTD, WS / Wasserschöpfer, BWS / Bodenwasserschöpfer, MC / Multicorer,

GKG / Großkastengreifer

Reise-Nr.	Station	Position		Tiefe [m]	Geräte
		Breite [N]	Länge [E]		
M 13	405	74.50	16.02	373	CTD, WS, BWS, MC, GKG
M 13	409	74.51	15.23	900	CTD, WS, BWS, MC, GKG
M 13	506	74.53	15.12	1066	CTD, WS, BWS, MC, GKG
M 13	431	74.59	14.42	1340	CTD, WS, BWS, MC, GKG
M 13	413	75.00	14.02	1750	CTD, WS, BWS, MC, GKG
M 13	499	75.10	12.40	1993	CTD, WS, BWS, MC, GKG
M 13	425	75.20	10.00	2537	CTD, WS, BWS, MC, GKG
M 17	384	74.59	14.42	1354	CTD, WS, BWS, MC, GKG
M 17	385	74.58	14.44	1345	CTD, WS, BWS, MC, GKG
M 17	386	75.00	14.39	1344	CTD, WS, BWS, MC, GKG
M 17	395	74.59	14.42	1347	Verankerung
P 181	215	75.06	12.07	2250	CTD, WS
P 181	216	75.12	12.39	2009	CTD, WS
P 181	217	74.54	13.29	2000	CTD, WS
P 181	218	74.48	13.53	2060	CTD, WS
P 181	219	74.42	14.11	2000	CTD, WS
P 181	220	74.24	14.37	1980	CTD, WS
P 181	221	74.30	15.07	1700	CTD, WS
P 181	223	74.36	15.40	950	CTD, WS
P 181	224	74.42	15.59	450	CTD, WS
P 181	225	74.48	16.00	365	CTD, WS
P 181	226	74.54	15.56	374	CTD, WS
P 181	227	75.00	15.45	453	CTD, WS
P 181	229	74.54	15.18	960	CTD, WS
P 181	230	74.48	15.04	1244	CTD, WS
P 181	231	74.48	14.50	1473	CTD, WS
P 181	235	75.18	13.24	1450	CTD, WS
P 181	237	75.24	14.00	887	CTD, WS
P 181	239	75.30	14.23	404	CTD, WS
P 181	240	75.12	15.10	447	CTD, WS
P 181	242	75.06	14.48	923	CTD, WS
P 181	244	75.00	14.16	1517	CTD, WS
P 181	245	75.00	14.43	1356	CTD, WS
P 181	247	74.54	14.19	1740	CTD, WS
P 181	249	75.00	14.48	1312	CTD, WS
P 181	251	75.00	15.19	796	CTD, WS
P 181	258	74.42	17.30	120	CTD, WS
P 181	263	74.54	16.40	310	CTD, WS
P 181	267	75.00	15.20	892	CTD, WS
P 181	268	74.48	16.40	317	CTD, WS

2.5. Probennahme

Während der beschriebenen Expeditionen wurden die folgenden Geräte zur Probennahme eingesetzt:

Zu Beginn jeder Station wurde eine CTD mit Transmissiometer und mit Niskin-Wasserschöpfern eingesetzt. Beim Fieren wurden die Nepheloidschichten und ihre Mächtigkeiten ermittelt und dementsprechend beim Hieven ab 5 m über Grund (ü.Gr.) beprobt. Bei der ersten Meteor Expedition 13 wurde eine für die Tiefsee modifizierte Form eines Bodenwasserschöpfer (Ritzrau 1992), eingesetzt. Bei den späteren Expeditionen kam ein neu entwickelter Bodenwasserschöpfer zum Einsatz (Thomsen *et al.* einger.). Mit den Bodenwasserschöpfern konnte die bodennahe Nepheloidschicht 10 bis 40 cm ü.G. beprobt werden.

Zur Beprobung ungestörter Oberflächensedimente wurde ein Multicorer eingesetzt (Barnett *et al.* 1984). Ein Großkastengreifer (0,25 m²) diente zur Untersuchung der Makrofauna sowie zur Charakterisierung der Sedimenteigenschaften.

2.6. Der Bodenwasserschöpfer

Zur Untersuchung der lateralen und advektiven Stoffflüsse in der partikulären Phase zwischen der Bodennepheloidschicht und dem Sediment am Barents See Kontinentalhang wurde ein neuer Bodenwasserschöpfer entwickelt. Bodenwasserschöpfer zur Untersuchung biologischer Parameter wurden u.a. von Eversberg (1991) für Flachwasserstudien und von Wellershaus (1973) für Einsätze in der Tiefsee gebaut. Ritzrau (1990) benutzte einen modifizierten Eversberg-Schöpfer zur Untersuchung der Bodennepheloidschicht in der Ostsee. Das für den Einsatz am Barents See Kontinentalhang entwickelte Gerätesystem stellt die Weiterentwicklung des im Flachwasser erfolgreich eingesetzten Eversberg-Schöpfers dar und dient zur Erfassung physikalischer und biogeochemischer Daten. Das neue Gerät wurde in Anlehnung an das bekannte Gerätesystem GEOPROBE (Cacchione & Drake 1979; Sternberg *et al.* 1986) BIOPROBE genannt.

Für die erfolgreiche Probennahme aus der Bodennepheloidschicht waren folgende Voraussetzungen zu schaffen:

Das Gerät mußte kontrolliert auf den Meeresboden abgesetzt werden können, vor und während der Probennahme fest auf dem Sediment stehen.

Die Ansaugöffnungen für die Wasserproben sollten soweit auseinanderliegen, daß Störungen durch Turbulenzen, die von anderen Ansaugstutzen verursacht werden könnten, ausgeschlossen sind.

Eine Überlappung der beprobten Wasserschichten in verschiedenen Höhen über dem Sediment sollte ausgeschlossen sein.

Die mittlere Ansauggeschwindigkeit sollte weitestgehend der freien Flußgeschwindigkeit entsprechen.

Das Gerät sollte leicht aufzustellen und zu bedienen sein.

2.6.1. Das BIOPROBE System

Das BIOPROBE System besteht aus 8 Komponenten (Abb. 6): Dreibein, Wasserschöpfer, Pumpe, Kompaß, Kamerasystem, Transmissiometer, Strömungsmesser und Steuerelektronik. Die Einzelkomponenten sind unabhängig voneinander verwendbar, um größtmögliche Flexibilität unter verschiedenen Einsatzbedingungen zu gewährleisten. Die Einzelkomponenten sind in Tabelle 2 (Seite 17) aufgeführt. Die maximale Einsatztiefe beträgt z.Zt. 4000 m.

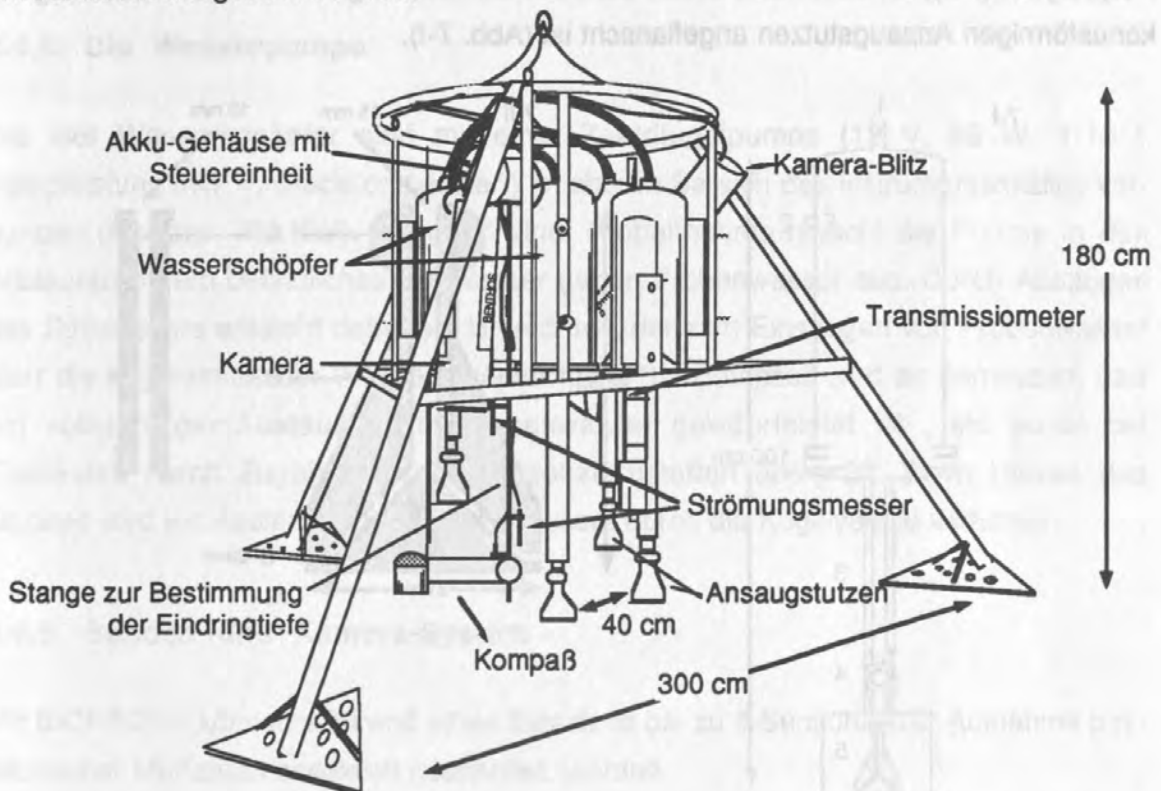


Abbildung 6. Das BIOPROBE System, bestehend aus Dreibein, Wasserschöpfer, Pumpe, Kompaß, Kamerasystem, Transmissiometer, Strömungsmesser und Steuerelektronik.

2.6.2. Das Dreibein

Das Gestell besteht aus einem Instrumentenkäfig, drei Beinen mit horizontal verlaufenden Verstrebungen und drei Bodenplatten. Alle Metallteile bestehen aus rostfreiem Stahl. Das Gestell kann auf See in kurzer Zeit zusammengebaut werden. Die Höhe von BIOPROBE beträgt 1.8 m, die Abstände zwischen den Beinen 3 m. Das Gesamtgewicht an Land beläuft sich auf 200 kg.

2.6.3. Die Wasserschöpfer

Das Schöpfersystem besteht aus 4 Wasserschöpfern mit einem Probenvolumen von jeweils 16 l. Jeder Probennehmer besteht aus einem zylinderförmigen Behälter aus Polyethylen (PE), an dem nach unten ein PE Rohr mit Kugelventil und endständigem konusförmigen Ansaugstutzen angeflanscht ist (Abb. 7-I).

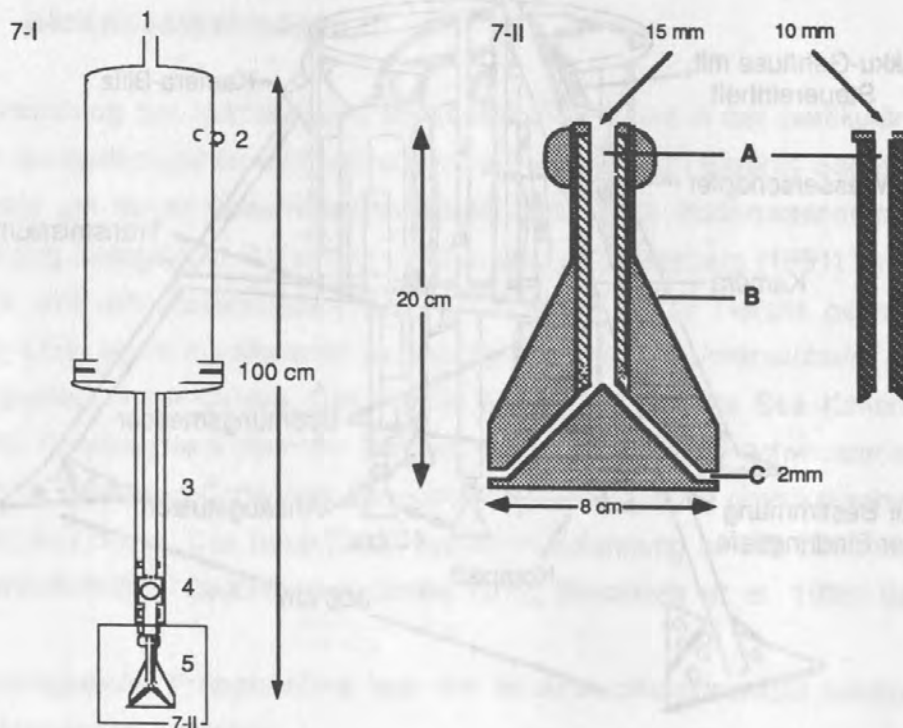


Abbildung 7 I,II: Schemazeichnung des Wasserschöpfers (6-I) und des multidirektionalen Ansaugstutzen (7-II) (Eversberg 1991). Die Ansaugstutzen werden mit Röhren (7-II,A) mit verschieden weiten Innendurchmessern ausgestattet, um unterschiedliche Ansauggeschwindigkeiten zu erzeugen.

7-I: 1: Zur Pumpe 2: Entnahme gelöster Substanzen 3: Schnorchel

4: Kugelventil 5: Ansaugstutzen (7-II)

7-II: A: Röhren mit unterschiedlichem Innendurchmesser für unterschiedliche Ansauggeschwindigkeiten B: Ansaugstutzen C: Wassereinlaß

Eine 2 mm weite Einstromöffnung befindet sich am weiten Ende des PE Konus (\varnothing 8 cm). In die konusförmigen Ansaugstutzen können weitere Röhren mit definierten Innendurchmessern eingesetzt werden; dadurch werden unterschiedliche Ansauggeschwindigkeiten entsprechend den gefundenen Strömungsgeschwindigkeiten erzeugt. Die Einstromöffnungen liegen während des Geräteinsatzes 10, 15, 25 und 40 cm über dem Meeresboden und können aufgrund unterschiedlicher Einsinktiefen des Gerätes in den Meeresboden um maximal 2 cm differieren. Der Abstand zwischen 2 Einstromöffnungen beträgt 40 cm. Die Ansaugstutzen (Abb. 7-II) sind nach allen Richtungen hin geöffnet. Der Instrumentenkäfig ist 40 cm über dem obersten Ansaugstutzen angebracht. Der Aufbau der Ansaugstutzen und die Anordnung der Wasserschöpfer bietet unter dem Aspekt der Hydrodynamik einen Kompromiß zwischen ungestörter Probennahme und Geräteartefakten (pers. Mitgl. G. Lang, Inst. für Strömungsmechanik, Universität Hannover).

2.6.4. Die Wasserpumpe

Die vier Wasserschöpfer sind mit einer Zentrifugalpumpe (12 V, 60 W, 1-15 l Pumpleistung min^{-1} , druckkompensiert) im oberen Bereich des Instrumentenkäfigs verbunden (Martens, IfM Kiel). Während einer Probennahme tauscht die Pumpe in den Wasserschöpfern befindliches Süßwasser gegen Probenwasser aus. Durch Absaugen des Süßwassers entsteht dabei ein Unterdruck, der zum Einsaugen von Probenwasser über die Kugelventile der Wasserschöpfer führt. Die Pumpzeit wird so bemessen, daß ein vollständiger Austausch mit Probenwasser gewährleistet ist, sie wurde bei Testläufen durch Zugabe von Fluoreszenzfarbstoffen überprüft. Beim Hieven des Gerätes wird ein Auslaufen des Probenwassers durch die Kugelventile verhindert.

2.6.5. Sonden und Kamera-System

Mit BIOPROBE können während eines Einsatzes bis zu 8 Sensoren zur Aufnahme physikalischer Meßdaten zeitgleich geschaltet werden.

Transmission wird mit einem 25 cm Sea-Tech Transmissiometer in einer Höhe ab 40 cm über Grund gemessen.

Die Strömungsgeschwindigkeit wird mit drei Thermistorsonden ermittelt. (ADM Elektronik, Kiel, Konstruktion von V. Martens, IfM Kiel, nach Vogel 1981). Diese Sonden funktionieren nach dem Prinzip der Anemometrie. Dieses Meßprinzip beruht auf der konvektiven Wärmeabgabe eines elektrisch geheizten Thermistors als Funktion der Strömung. Die Abkühlung des Thermistors bewirkt eine Veränderung seines elektri-

schen Widerstandes, der resultierende Spannungsunterschied wird mit einem Voltmeter registriert, und die Signale werden auf einer Platine aufgezeichnet. Damit sich Temperaturschwankungen des Wassers nicht auf die Messung auswirken, ist ein zweiter Thermistor mit dem Strömungsthermistor in einer Brückenschaltung in Serie geschaltet und dient als Temperaturkompensator. Die Temperaturkompensation gilt für einen Bereich von $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ der durchschnittlichen Umgebungstemperatur und muß vor der Messung entsprechend eingestellt werden. Die Thermistoren sind kugelförmig und haben einen Durchmesser von 1 mm. Der Strömungsthermistor befindet sich an der Spitze und der Kompensationsthermistor 1,5 cm oberhalb an einer 30 cm langen und 8 mm dicken Lanze (Ziebis 1991). Die Thermistorsonden dienen zur Aufnahme eines Strömungs- und Temperaturprofils in 15, 20 und 60 cm Höhe über Grund. Der Meßbereich liegt zwischen 0.5 und 50 cm sec^{-1} mit einer Auflösung von 1 mm. Die Sonden sind an einer im zentralen Bereich des Instrumentenkäfigs stehenden Stange angebracht, welche zusätzlich zum Erkennen der Eindringtiefe von BIOPROBE ins Sediment genutzt wird (Abb. 7-III). Anhand der gewonnenen Daten können Bodenschubspannung u_* und Temperaturgradienten zur Ermittlung thermischer Durchmischung berechnet werden.

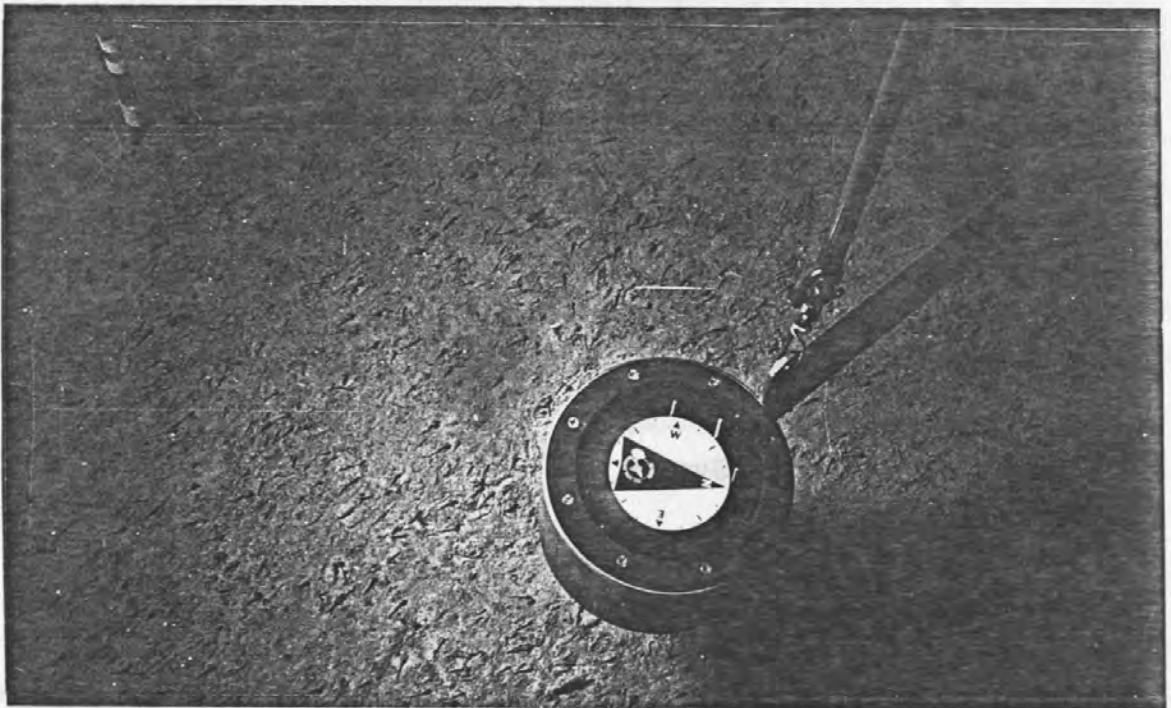


Abbildung 7-III. Halterung für die Thermistor Strömungs sonden. Die Stange dient dazu, die Eindringtiefe des Bodenwasserschöpfers anhand von Fotografien zu ermitteln. Die unterste Markierung an der Stange zeigt die 2 cm Eindringtiefe an. Die Strömungsrichtung wird durch Fotografien des Tiefseekompaß mit Strömungsfahne ermittelt.

Die Strömungsrichtung wird durch Fotografien des Tiefseekompasses mit Strömungsfahne ermittelt. Dafür ist eine 35 mm Tiefseekamera mit Blitz am Instrumentenkäfig angebracht. Diese Kamera kann im Abstand von 10 - 200 sec. Bilder vom Meeresboden, dem Kompaß und der Stange zur Erkennung der Eindringtiefe machen. Die Bilder werden an Bord entwickelt und über einen Film-Video Prozessor (Tamron IIX) ausgewertet.

2.6.7. Sondensteuerung und Stromversorgung

Die Steuereinheit, der Datenrekorder und die Akkumulatoren sind in einem Druckgehäuse im Instrumentenkäfig integriert (siehe Abb. 6). Die Elektroneinheit steuert den Einsatz der Sonden, der Pumpe und des Datenrecorders. Folgende Programmöglichkeiten stehen zur Verfügung: Wartezeit vor Beginn der Probennahme 0-30 min oder 0-167 h; Pumpzeit 3-40 min und Aufnahme physikalischer Parameter über die Sonden 0-168 h (erweiterbar). Die Stromversorgung erfolgt über 90 Ni/Cd Akkus.

2.6.8. Datenrekorder

Die Datenerfassung und Kontrolle erfolgt über eine Steuerplatine (8 Kanäle, 64 kbyte) mit AD-Wandler (ADM-Elektronik, Kiel). Die Steuerplatine ist softwaregesteuert. Eine interne Uhr synchronisiert die Datenerfassung. Zur Auswertung werden die Daten an Bord über eine R232 Schnittstelle auf einen IBM kompatiblen PC übertragen.

2.6.9. Bordeinsatz

BIOPROBE kann über Serierdraht (\varnothing 10 mm, 200 g m⁻¹ in Wasser) mit Bodenkontakttrigger, Einleiterkabel (\varnothing 15 mm, 220 g m⁻¹ in Wasser) mit Bordauslöseeinheit oder mittels 2-Kanaltimer als "Landersystem" eingesetzt werden.

Nach dem Aufsetzen des Gerätes auf den Meeresboden werden über den Bodenkontakt oder per Einleiterkabelimpuls die Sonden getriggert und die Pumpe nach einer Zeitverzögerung von 2-10 min. gestartet. Durch Absaugen des Süßwassers gelangt das Probenwasser aus dem bodennahen Bereich in die Probenbehälter. Nach einer Pumpzeit von 5-10 min, die einen vollständigen Austausch des Probenwassers in den Behältern gewährleistet, wird der Bodenwasserschöpfer gehievt. Während des Einsatzes besteht eine permanente Verbindung zum Schiff. Um ein Umreißen des Gerätes durch das driftende Schiff zu vermeiden, werden nach dem Aufsetzen auf den

Meeresboden jeweils 50-80 m Draht gefiert. Auftriebskörper (Benthos, je 25 kg Auftrieb), die in 40 m Höhe über dem Gerät am Windendraht angebracht sind, verhindern ein Absinken des Drahtes zum Meeresboden (Abb. 8). So kann ein Aufwirbeln des Sediments vor dem Bodenwasserschöpfer vermieden werden. Während des gesamten Einsatzes wird die Position des Gerätes sowie das Verhalten des Drahtes mittels eines Pingers überprüft. Dieser befindet sich kurz unter den Auftriebskörpern am Windendraht. Abbildung 9 verdeutlicht diese Kontrollmöglichkeiten.

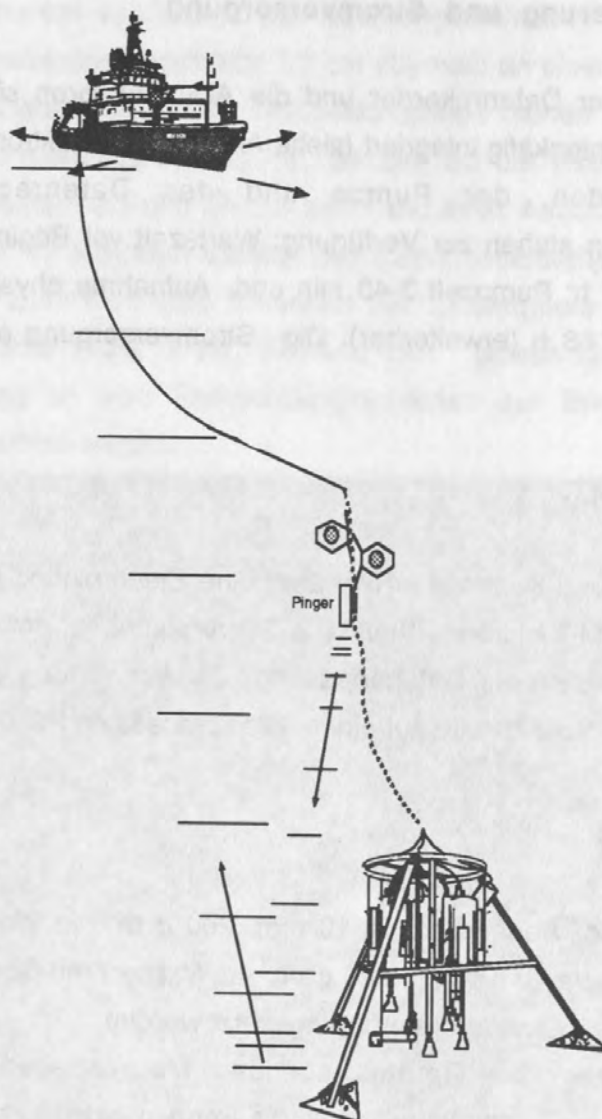


Abbildung 8. Das BIOPROBE System im Einsatz. Um ein Umreißen des Gerätes durch das driftende Schiff zu vermeiden, werden nach dem Aufsetzen auf den Meeresboden jeweils 50-80 m Draht gefiert. Auftriebskörper (Benthos, je 25 kg Auftrieb), die in 40 m Höhe über dem Gerät am Windendraht angebracht werden, verhindern ein Absinken des Drahtes zum Meeresboden. So kann ein Aufwirbeln des Sediments vor dem Bodenwasserschöpfer vermieden werden.

An Deck werden zuerst Wasserproben zur Untersuchung der gelösten Substanzen über die im oberen Bereich der Wasserschöpfer befindlichen Hähne genommen. Nach Abschrauben der Ansaugstutzen und Öffnen der Kugelventile erfolgt dann die Überführung der Restproben in Kanister. Zur Bestimmung partikulärer Substanzen werden Unterproben aus den Kanistern entnommen. Vor jeder Probenentnahme sind die Kanister zu schütteln, um eventuell abgesunkene Partikel in Suspension zu bringen.

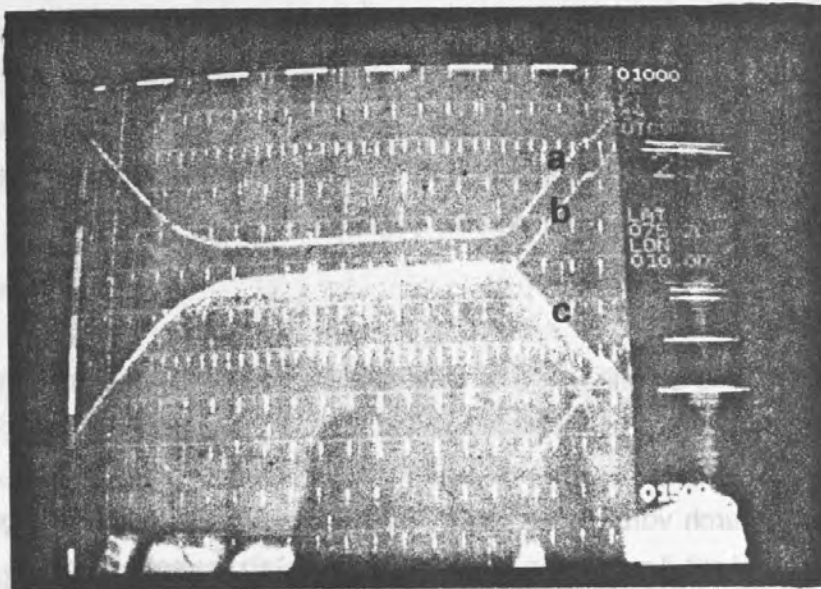


Abbildung 9. Kontrollmöglichkeit während des Einsatzes. Während des gesamten Einsatzes wird die Position des Gerätes mit Hilfe eines Pingers überprüft, der sich 40 m über dem Gerät befindet. A: Pingersignal. B: Gerätesignal. C. Meeresboden

Tabelle 2. Die elektronischen Einzelkomponenten des BIOPROBE Systems

Sensor (No.)	Typ	Hersteller	Model Nr.
Strömungsmesser (3)	Thermistor	ADM Elektronik	
Temperatursensor	Thermistor	ADM Elektronik	
Transmissiometer	Durchlicht	Sea-Tech	25cm No. 108D
OBS (4 möglich)	Backscatter	D&A instrument	
Kamerasystem	35mm	Benthos inc.	372/383
Datenlogger	Dlog 32kB Platine	ADM Elektronik	
Elektronikgehäuse	ø 17x35cm	Scholz Ing.	VoMar Typ 1
Elektronik (3)	Timer	Scholz Ing.	VoMar Typ 1
Akkupack	NiCad 10Ah	Scholz Ing.	VoMar Typ 1
	12 VDC		VoMar Typ 1
Pumpe	12 VDC	Scholz Ing.	VoMar Typ 1

2.7. Analysen

Zur Untersuchung von Sauerstoff und den partikulären Substanzen wurden folgende Analysen durchgeführt:

2.7.1 Sauerstoff

Zur Ermittlung der Sauerstoffkonzentrationen im Bodenwasser wurden zu Beginn jeder Probennahme direkt aus den Schöpfnern 50 ml Wasser in Winklerflaschen überführt. Die Sauerstoffbestimmung erfolgte nach Winkler (Grasshoff 1976).

2.7.2 Partikulärer Anteil

Seston

2 l Wasser wurden durch vorbehandelte GF/F Filter (gespült, 4 h bei 500° geglüht, gewogen) filtriert, 3 mal mit Aqua deion. gespült, um das Salz zu entfernen. Die Filter wurden bei -18° C gelagert. Die Bestimmung des Trockengewichts erfolgte nach Lenz (1971).

Karbonat

Nach der Bestimmung des Sestongewichtes wurden die Filter für 48 h mit konzentrierter rauchender Salzsäure behandelt, anschließend gespült, getrocknet und erneut gewogen. Die Gewichts Differenz zum Sestongewicht ergab das Karbonatgewicht.

Organische Partikel [POM] und anorganische Partikel [PIM]

Zur Bestimmung des Gewichtes des gesamten verbrennbaren organischen Anteiles in den Wasserproben wurden die Filter nach der Bestimmung des Karbonatgehaltes 4 h bei 500° geglüht und erneut gewogen.

Die Differenz zwischen dem Sestongewicht und der übriggebliebenen anorganischen Fraktion auf dem Filter abzüglich des Karbonatgewichtes wurde als [POM] bezeichnet. Die Differenz zwischen der übriggebliebenen anorganischen Fraktion auf dem Filter

und dem Leergewicht des Filters wurde anorganische Fraktion [PIM] genannt. Dadurch wurde biogenes Opal ebenfalls zu PIM-Fraktion gerechnet.

Partikulärer Kohlenstoff [POC] und partikulärer Stickstoff [PON]

2 l Wasser wurden durch vorbehandelte GF/F Filter (gespült, 4 h bei 500° geglüht) filtriert (0.4 bar) und, um das Salz zu entfernen, 3 mal mit Aqua deion. gespült. Die Filter wurden bei -18° C gelagert. Vor der Messung wurden die Probenfilter für 48 h mit rauchender Salzsäure behandelt, um das Karbonat auszugasen. Die Messung erfolgte in einem Heraeus CHN-Analyzer bei einer Temperatur von 1000° C. Die Genauigkeit der Analyse betrug $\pm 4\%$.

Biogenes Opal [PSI]

1.5 l Wasser wurden durch Polykarbonatfilter (0.8 μm) filtriert. Die Analyse erfolgte nach dem kombinierten Verfahren von Krause *et al.* (1983) und Paasche (1973), wobei eine Verfälschung der Ergebnisse von 3-5% durch lithogenes Material einkalkuliert wurde.

Chlorophyll *a* [Chl.*a*] und Chlorophylläquivalente [Chl. äqu.]

Chlorophyll *a* sowie Chlorophylläquivalente als Parameter für Phytodetritus wurde gemäß der Anleitung von Lorenzen (1967) fluorometrisch bestimmt. Dazu wurden 1-2 l Wasser durch vorbehandelte GF/F Filter (gespült, 4 h bei 500° geglüht) filtriert und bis zur Bestimmung tiefgefroren. Zur Feststellung des Chlorophyll *a* Gehaltes im Sediment wurden 1 cm^3 Parallelproben aus Multicorerkernen bis zur Aufarbeitung tiefgefroren. Nach dem Auftauen wurde das Sediment mit Aceton versetzt und homogenisiert. Der Überstand wurde abzentrifugiert und der Pigmentgehalt photometrisch bestimmt (UNESCO 1966).

DNS

DNS als Maß für die Biomasse wurde gemäß der Anleitung von Witzel und Graf (1984) bestimmt. Dazu wurden 1-2 l Wasserproben durch vorbehandelte GF/F Filter (gespült, 4h bei 500° geglüht) filtriert und sofort tiefgefroren. Zur Bestimmung des DNS Gehaltes im Bodenwasser wurden die Filter mit eiskaltem Phosphatpuffer und gereinigtem Sand gemörsert, das Homogenisat bei 0° C zentrifugiert und der Überstand mit Trispuffer versetzt. Die Messung erfolgte fluorometrisch vor und nach Zugabe von DAPI (Russel *et al* 1979).

Partikelgröße

Zur einmaligen Bestimmung der Partikelgrößen in den Wasserproben wurde ein Mischpräparat des Bodenwassers aller Stationen mit einem elektronischen Partikelmeßgerät (Multisizer, CASY) nach dem Prinzip des Coulter-Counter Meßverfahrens analysiert.

Sauerstoffzehrung im Sediment

Zur Messung der Sauerstoffzehrung im Sediment wurden Sedimentkerne mit dem darüber befindlichen Bodenwasser in Multicorerrohren luftdicht verschlossen und die Sauerstoffkonzentration (nach Winkler in Grasshoff 1979) direkt nach dem Ausbau der Multicorerrohre gemessen. Die zweite Messung zur Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs erfolgte nach 24 Stunden.

ATP im Sediment

ATP wurde als Maß für die Aktivität des Benthos bestimmt (Graf 1979). Dazu wurden nach dem Ausbau der Multicorerrohre 1 cm³ Sedimentproben genommen, mit kochendem Trispuffer extrahiert und nach der Methode von Witzel (1979) gemessen. Die Wiederfundrate wurde nach Graf (1979) bestimmt.

2.7.3 Abundanz, Größenspektrum und Biomasse der Bakterien in den Wasserproben

100 ml Wasserproben wurden an Bord mit 2 ml 37%igem partikelfreiem Formol fixiert (2% Borax gepuffert, steril filtriert). Die Bestimmung der Bakterienzahl und ihre Biomasse erfolgte nach Hobbie *et al.* (1977). Dazu wurden 35 ml Unterproben für 2 x 5 s einer Ultraschallbehandlung bei 40 kHz unterzogen (Branson Sonifier 250). Die Probe wurden auf Irgalan Schwarz gefärbte Nucleopore Filter (0.2 µm) abfiltriert und mit Acridine Orange für 5 min. gefärbt. Für das Auszählen und Fotografieren der Bakterien stand ein Zeiss Epifluoreszenzmikroskop (Axiowert 35, Anregung 490 nm) mit 1000 facher Vergrößerung zur Verfügung. Es wurden nur Bakterien mit eindeutig erkennbaren Umrißlinien gezählt. Zur Ermittlung der Zellzahl wurden etwa 600-800 Bakterien auf 30-40 Rasterfeldern ausgezählt und die Gesamtbakterienzahl über Multiplikationsschritte bestimmt (Rasterfläche 9025 µm², Filterfläche 317,31 mm²). Zur Ermittlung der bakteri-

ellen Biomasse und der Größenklassenverteilung kam die Methode der computergestützten Bildanalyse zur Anwendung (Thomsen 1991). Dazu wurden Dias von je 100 Bakterien einer Wasserprobe angefertigt und über eine Apple Macintosh Bildverarbeitungsanlage mit dem Programm "Image 1.37" vermessen. Die Zellvolumina wurden als Rotationsellipsoid errechnet (Meyer-Reil, L.-A. 1983):

$$\text{Bakterien-Volumen } (\mu\text{m}^3) = (\pi/6) \text{ Länge}[\mu\text{m}] \times \text{Breite}[\mu\text{m}]^2$$

$$\text{Bakterien-Biomasse } (\mu\text{g C}) = 0.11 \times \text{Volumen } [\text{nI}]$$

2.8 Statistik

Insgesamt wurden pro Station bis zu 19 Parameter in jeder Wasserprobe gemessen. Um Zusammenhänge in dem multivariaten Datensatz aufzudecken, wurde eine Faktoranalyse (Hauptkomponentenanalyse) mit Varimaxrotation als Statistiktest angewandt. Zur deskriptiven Statistik wurden Medianwerte für die einzelnen Parameter berechnet. Ein t-Test wurde für alle Variablen und ein Kendall-Rank Test zur Überprüfung unabhängiger Variablen durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte mit den Programmen ST-Statistik (Atari) und Stat View II (Apple Macintosh).



ERGEBNISSE

3. Ergebnisse der Meteor 13 Expedition im Juli 1990

3.1 Ausprägung der Nepheloidschichten

Es konnte eine 150 m bis 300 m mächtige Bodennepheloidschicht am oberen und mittleren Barents See Kontinentalhang zwischen 300 m und 1800 m nachgewiesen werden. Die Transmissionswerte schwankten zwischen 87% bis 90%. Innerhalb der Grenzschicht zwischen dem Norwegenstrom und dem Tiefenwasser der Norwegensee wurden in verschiedenen Wassertiefen schwache Zwischenschicht-Trübungsmaxima gemessen (Abb. 10) [200 m bis 300 m, 600 m bis 800 m Wassertiefe, Gerlach & Graf 1990]. Die geringsten Transmissionswerte mit bis zu 87 % wurden auf Station 431 in 1340 m Tiefe über dem östlichen Zentrum der Hochakkumulation ermittelt. Auf Station 413 zeigte sich in 1400 bis 1500 Tiefe ein erstes bodennahes Trübungsmaximum. Die Bodennepheloidschicht hatte auf dieser Station eine Mächtigkeit von ~150 m und reichte von 1600 m auf 1750 m hinab.

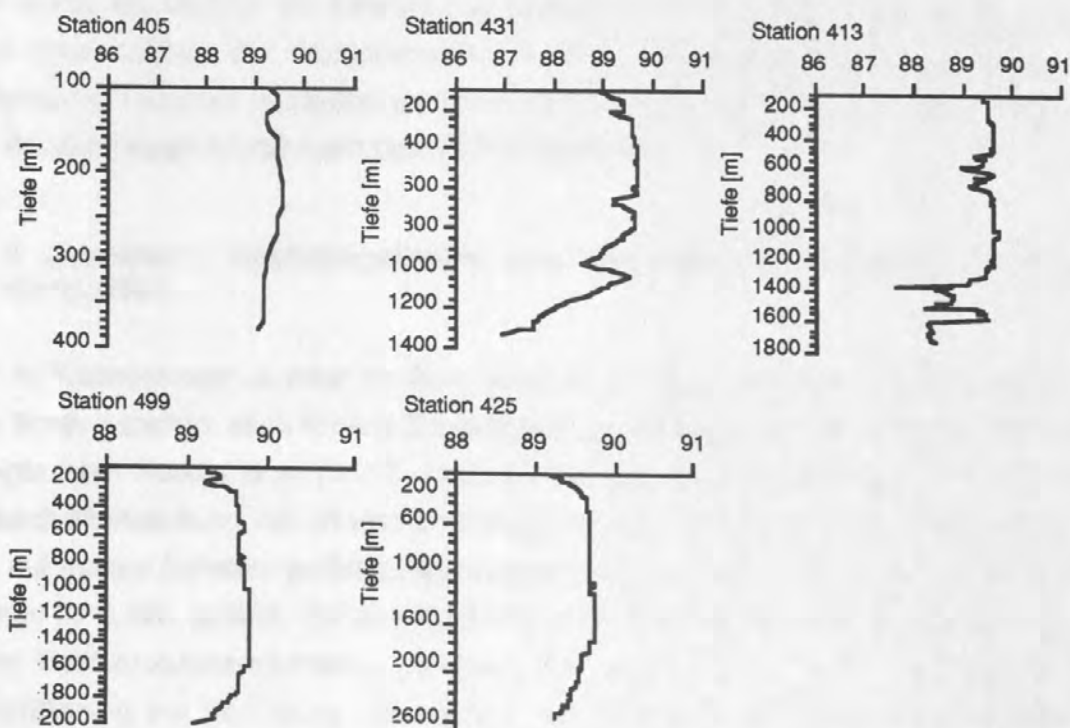


Abbildung 10. Transmissionsplot der Stationen 405, 431, 413, 499 und 425 der Meteor 13 Expedition. Die Skalierung der Stationen 499 und 425 weicht von denen der übrigen Stationen ab.

An den Stationen mit Wassertiefen > 2000 m (Stationen 499 und 425) betrug die Transmissionsdifferenz gegenüber einem Maximum in der Zwischenwasserschicht jedoch nur noch $\leq 1\%$. Auf diesen Stationen wurden keine Zwischenschicht-Trübungsmaxima gemessen (Blaume, Linke, unveröffentl.).

3.2. Die Stationen am Kontinentalhang

Um einen genaueren Eindruck der Bodennepheloidschicht der einzelnen Stationen, die während der Meteor 13 Expedition im Juli/August 1990 angelaufen wurden, zu vermitteln, werden im folgenden 5 der 7 Stationen am Kontinentalhang gesondert betrachtet. Die Parameter Sauerstoff, Chlorophyll, POC, Seston sowie Abundanz und Größenspektrum der Bakterien werden dabei eingehender beschrieben.

Die Schelfstation Nr. 405 (373 m; M-13, 15.07.1990)

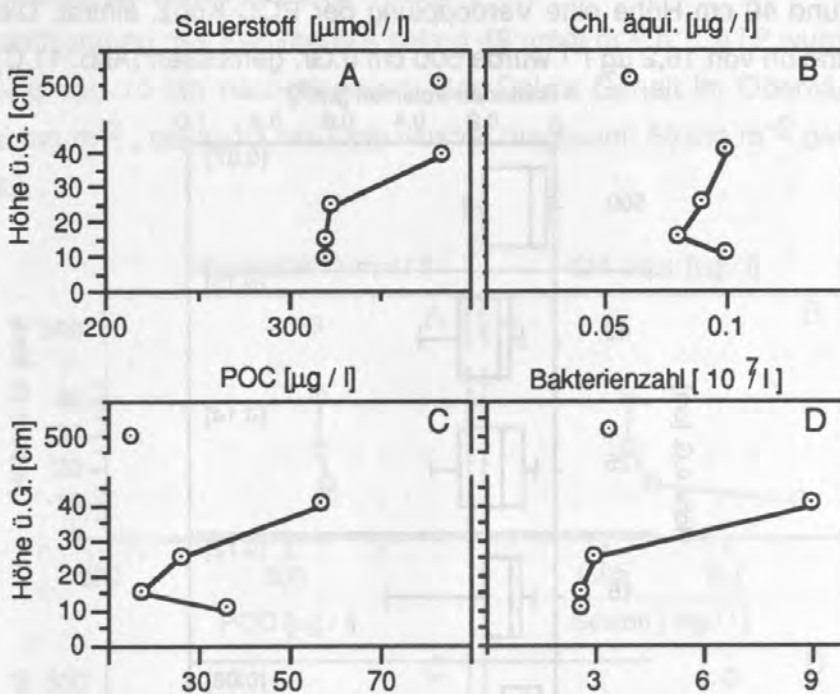


Abbildung 11. Konzentrationsprofil für Sauerstoff, Chlorophylläquivalente (Chl. äqui.), POC und Bakterienzahl im Bodenwasser der Station 405 der Meteor 13 Expedition. Es besteht ein Skalenbruch zwischen 40 und 500 cm Höhe ü.Gr.

Auf Station 405 der Meteor 13 Expedition wurde eine dichte Makrofaunabesiedlung vorgefunden. Der Meeresboden war mit großen Steinen bedeckt, auf denen suspen-

sionsfiltrierende Megafauna saß. Im Oberflächensediment dominierten suspensionsfiltrierende Polychaeten (1024 ind m^{-2} , Juterzenka, pers. Mittlg.). Die Sauerstoffzehrung des Sedimentes betrug $18 \mu\text{mol } m^{-2} h^{-1}$. Der Chl.a Gehalt im Oberflächensediment betrug $34 \text{ mg } m^{-2}$, bis in 10 cm Tiefe wurden insgesamt $157 \text{ mg } m^{-2}$ gemessen. ATP als Maß für aktive Benthosorganismen konnte bis in eine Sedimenttiefe von 5 cm nachgewiesen werden (Graf, unveröffentl.).

Abbildung 11 zeigt die Konzentrationsprofile für Sauerstoff, Chlorophylläquivalente (Chl. äqui.), POC und Bakterienzahl im Bodenwasser der Station 405. Es besteht ein Skalenbruch zwischen 40 und 500 cm Höhe ü.Gr.

Im bodennahen Wasser schwankte der Sauerstoffgehalt innerhalb der ersten 25 cm ü.Gr. zwischen 317 und $320 \mu\text{mol } l^{-1}$ und stieg dann auf einen Wert von $375 \mu\text{mol } l^{-1}$ in 40 cm Höhe an (Abb. 11 A). Die Chl. äqui. Konzentration nahm in die Wassersäule hinein bis 15 cm Höhe von $0,10$ auf $0,08 \mu\text{g } l^{-1}$ ab und stieg zwischen 15 und 40 cm ü.Gr. auf $0,10 \mu\text{g } l^{-1}$ an. Der niedrigste Chl. äqui. Wert von $0,07 \mu\text{g } l^{-1}$ wurde 500 cm ü.Gr. gemessen (Abb. 11 B). Ebenso nahm POC bis 15 cm Höhe ü.Gr. von $36,1$ auf $17,5 \mu\text{g } l^{-1}$ ab und stieg auf einen Maximalwert von $56,5 \mu\text{g } l^{-1}$ in 40 cm Höhe ü.Gr. an, wobei zwischen 25 und 40 cm Höhe eine Verdopplung der POC Konz. eintrat. Die niedrigste POC Konzentration von $16,2 \mu\text{g } l^{-1}$ wurde 500 cm ü.Gr. gemessen (Abb. 11 C).

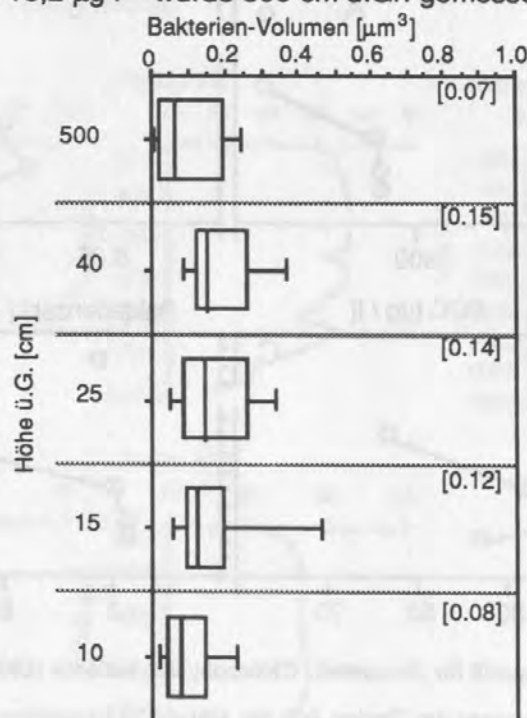


Abbildung 12. Boxplots der Verteilung der Bakterienvolumina im bodennahen Wasser der Station 405 der Meteor 13 Expedition. Die Linien innerhalb der Box zeigen den Medianwert (50% Perzentil) an. Die oberen und unteren Begrenzungen der Box zeigen das obere und untere Quartil (75 und 25% Perzentil), die obere und untere Markierung des Boxplots die 90 und 10% Perzentile an. (Werte in Klammern: Mediane).

Der Seston Gehalt (ohne Abb.) nahm bis 15 cm Höhe ü.Gr. von 7,9 auf 1,2 mg l⁻¹ ab, stieg auf 4,8 mg l⁻¹ in 25 cm Höhe an und erhöhte sich um das 1,8 fache bis 40 cm ü.Gr. auf 8,7 mg l⁻¹. 500 cm ü.Gr. wurde ein Seston Gehalt von 8,6 mg l⁻¹ gemessen. Die Bakteriendichte betrug innerhalb der ersten 25 cm ü.Gr. $2,6 \pm 0,2 \cdot 10^7$ ind. l⁻¹ und stieg dann auf einen Wert von $9,0 \cdot 10^7$ ind. l⁻¹ 40 cm ü.Gr. an. 500 cm ü.Gr. betrug die Bakteriendichte $4,0 \cdot 10^7$ ind. l⁻¹ (Abb. 11D). Das Größenspektrum der Bakterien verschob sich mit Abstand zum Meeresboden von im Mittel $0,08 \mu\text{m}^3$ Individualvolumen nach $0,15 \mu\text{m}^3$ in 40 cm Höhe. Die im Mittel kleinsten Bakterien traten 500 cm ü.Gr. auf (Abb. 12).

Die obere Hangstation Nr. 431 (1340 m; M-13, 21.07.1990)

Auf Station 431 wurde das Benthos von suspensionsfiltrierenden Polychaeten dominiert, die mit ihren Röhren bis zu 4 cm in die Wassersäule hineinragten (1250 Ind. m⁻², 70 Sipunkuliden m⁻², Juterzenka, pers. Mittlg.). Das Sediment war von Sipunkulidenröhren durchsetzt. Die Station 431 lag im östlichen Zentrum des Hochakkumulationsgebietes (Blaume 1992).

Die Sauerstoffzehrung des Sedimentes betrug $49 \mu\text{mol m}^{-2} \text{h}^{-1}$. ATP wurde bis zu einer Sedimenttiefe von 10 cm nachgewiesen. Der Chl. a Gehalt im Oberflächensediment betrug $17,5 \text{ mg m}^{-2}$, bis in 10 cm Tiefe wurden insgesamt 60 mg m^{-2} gemessen (Graf, unveröffent.).

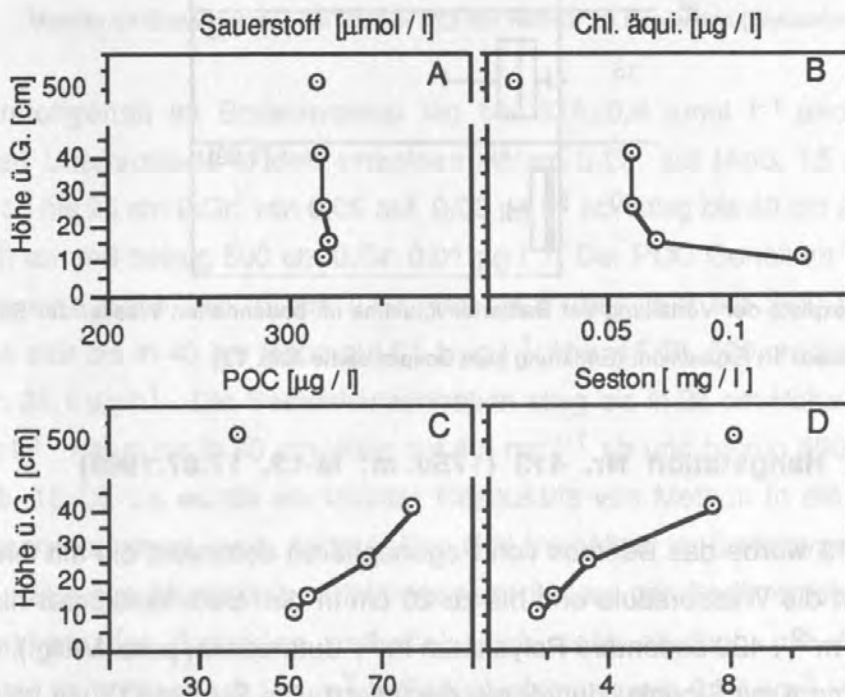


Abbildung 13. Konzentrationsprofil für Sauerstoff, Chlorophylläquivalente (Chl. äqui.), POC und Seston im Bodenwasser der Station 431 der Meteor 13 Expedition (Skalenbruch!).

Der Sauerstoffgehalt im Bodenwasser lag bei $317 \pm 2 \mu\text{mol l}^{-1}$ und wies keine signifikanten Unterschiede in den einzelnen Höhen ü.Gr. auf (Abb. 13 A). Der Chl. äqui. Gehalt nahm von 10 bis 40 cm ü.Gr. von 0,13 auf $0,06 \mu\text{g l}^{-1}$ ab (Abb. 13 B); die geringste Konzentration trat mit $0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ 500 cm ü.Gr. auf. Der POC Gehalt im Bodenwasser nahm mit Entfernung zum Meeresboden bis in eine Höhe von 40 cm ü.Gr. von 50,8 auf $76,9 \mu\text{g l}^{-1}$ zu und betrug 500 cm ü.Gr. $40 \mu\text{g l}^{-1}$ (Abb. 13 C). Die Sestonkonzentration stieg bis in 25 cm Höhe ü.Gr. von 1,7 auf $3,4 \text{ mg l}^{-1}$ an und verdoppelte sich auf 7,4 und $7,8 \text{ mg l}^{-1}$ in 40 und 500 cm Höhe (Abb. 13 D).

Das Größenspektrum der Bakterien verschob sich sehr deutlich mit Abstand zum Meeresboden im Mittel von $0,03 \mu\text{m}^3$ Individualvolumen nach $0,45 \mu\text{m}^3$ in 25 cm Höhe (Abb.14).

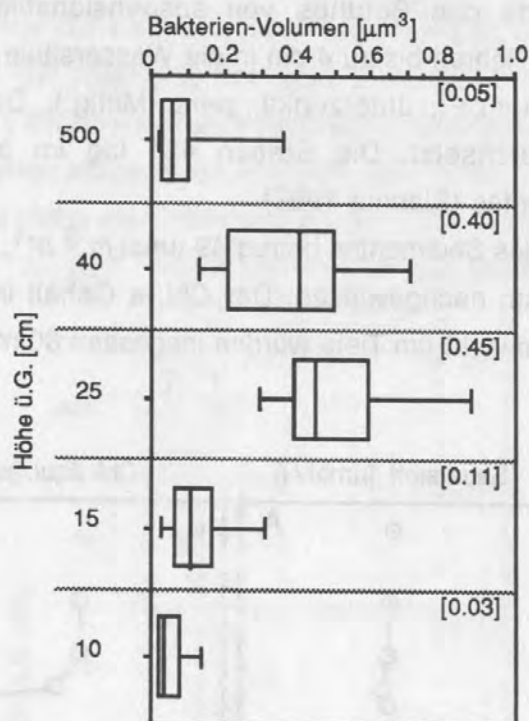


Abbildung 14. Boxplots der Verteilung der Bakterienvolumina im bodennahen Wasser der Station 431 der Meteor 13 Expedition. (Erklärung zum Boxplot siehe Abb. 12)

Die mittlere Hangstation Nr. 413 (1750 m; M-13, 17.07.1990)

Auf Station 413 wurde das Benthos von Pogonophoren dominiert, die mit ihren Röhren bis zu 4 cm in die Wassersäule und bis zu 20 cm in den Sedimentkörper hineinragten ($400\text{-}500 \text{ Ind. m}^{-2}$, 420 sedentäre Polychäten m^{-2} , Juterzenka, pers. Mittlg.). Auch hier war das Sediment mit Sipunkulidenröhren durchsetzt. Die Station 413 lag im westlichen Zentrum des Hochakkumulationsgebietes (Blaume 1992).

Die Sauerstoffzehrung des Sedimentes betrug $27 \mu\text{mol m}^{-2} \text{h}^{-1}$. Der Chl.a Gehalt im Oberflächensediment betrug $5,5 \text{ mg m}^{-2}$, bis in 10 cm Tiefe wurden insgesamt 34 mg m^{-2} gefunden. ATP, DNS und Chlorophyll konnten bis in eine Sedimenttiefe von 10 cm deutlich nachgewiesen werden (Graf, unveröffent.).

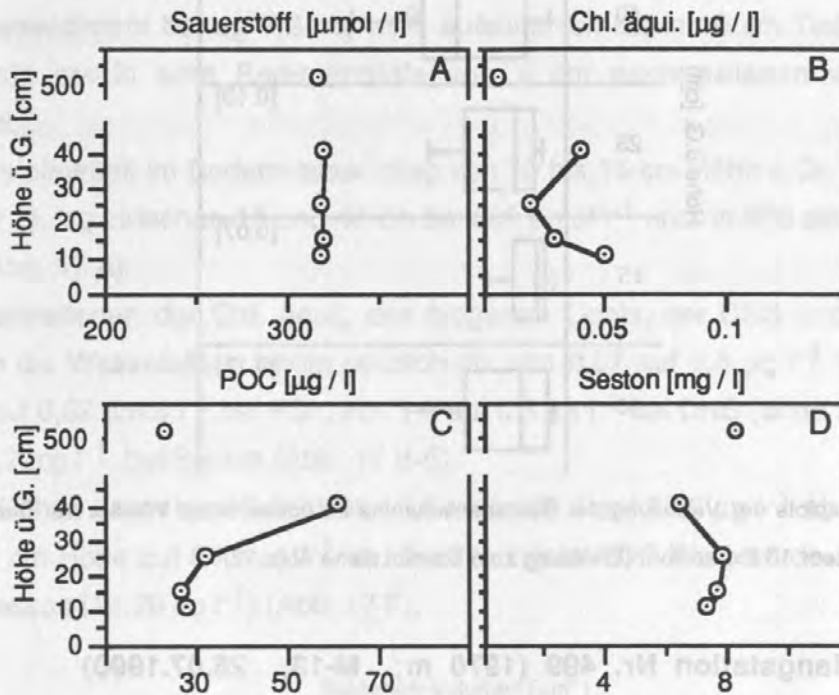


Abbildung 15. Konzentrationsprofil für Sauerstoff, Chlorophylläquivalente (Chl. äqui.), POC, Seston und Methan im Bodenwasser der Station 413 der Meteor 13 Expedition (Skalenbruch I).

Der Sauerstoffgehalt im Bodenwasser lag bei $315 \pm 0,4 \mu\text{mol l}^{-1}$ und wies keine signifikanten Unterschiede in den einzelnen Höhen ü.Gr. auf (Abb. 15 A). Chl. äqui. nahm von 10 bis 25 cm ü.Gr. von 0,05 auf $0,02 \mu\text{g l}^{-1}$ ab, stieg bis 40 cm auf $0,04 \mu\text{g l}^{-1}$ (Abb. 15 B) an und betrug 500 cm ü.Gr. $0,01 \mu\text{g l}^{-1}$. Der POC Gehalt im Bodenwasser stieg bis in eine Höhe von 25 cm ü.Gr. von 28,2 über 26,9 auf $32,0 \mu\text{g l}^{-1}$ an und verdoppelte sich bis in 40 cm Höhe auf $61,1 \mu\text{g l}^{-1}$ (Abb. 15 C). 500 cm ü.Gr. betrug die POC Konz. $26,1 \mu\text{g l}^{-1}$. Die Sestonkonzentration stieg bis in 25 cm Höhe ü.Gr. von 7,4 auf $7,9 \text{ mg l}^{-1}$, nahm bis in 40 cm Höhe auf $6,5 \text{ mg l}^{-1}$ ab und betrug 500 cm ü.Gr. $8,5 \text{ mg l}^{-1}$ (Abb. 15 D). Es wurde ein leichter Gasaustritt von Methan in die Wassersäule nachgewiesen (Lammers, pers. Mittlg.). Das C/N Verhältnis im Bodenwasser entsprach bis in eine Höhe von 25 cm ü.Gr. mit Werten um 8 dem der Sedimentoberfläche. Das Größenspektrum der Bakterien verschob sich sehr deutlich mit Abstand zum Meeresboden im Mittel von $0,11 \mu\text{m}^3$ Individualvolumen nach $0,29 \mu\text{m}^3$ in 40 cm Höhe und betrug 500 cm ü.Gr. $0,06 \mu\text{m}^3$ (Abb. 16).

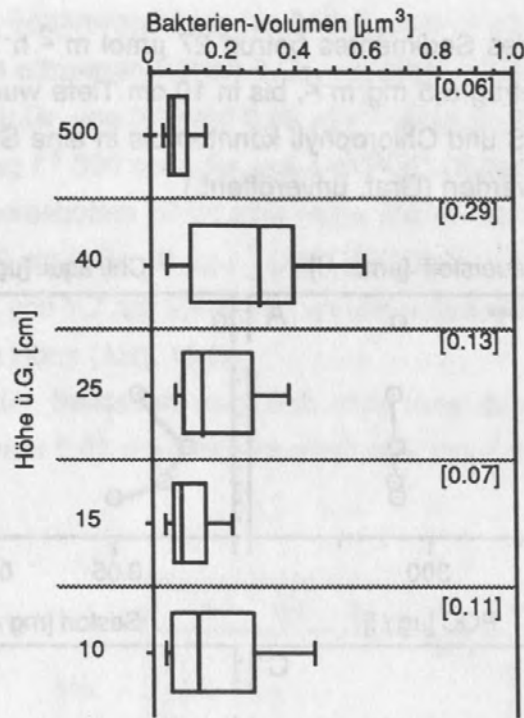


Abbildung 16. Boxplots der Verteilung der Bakterien volumina im bodennahen Wasser der Station 413 der Meteor 13 Expedition. (Erklärung zum Boxplot siehe Abb. 12)

Die untere Hangstation Nr. 499 (1970 m; M-13, 26.07.1990)

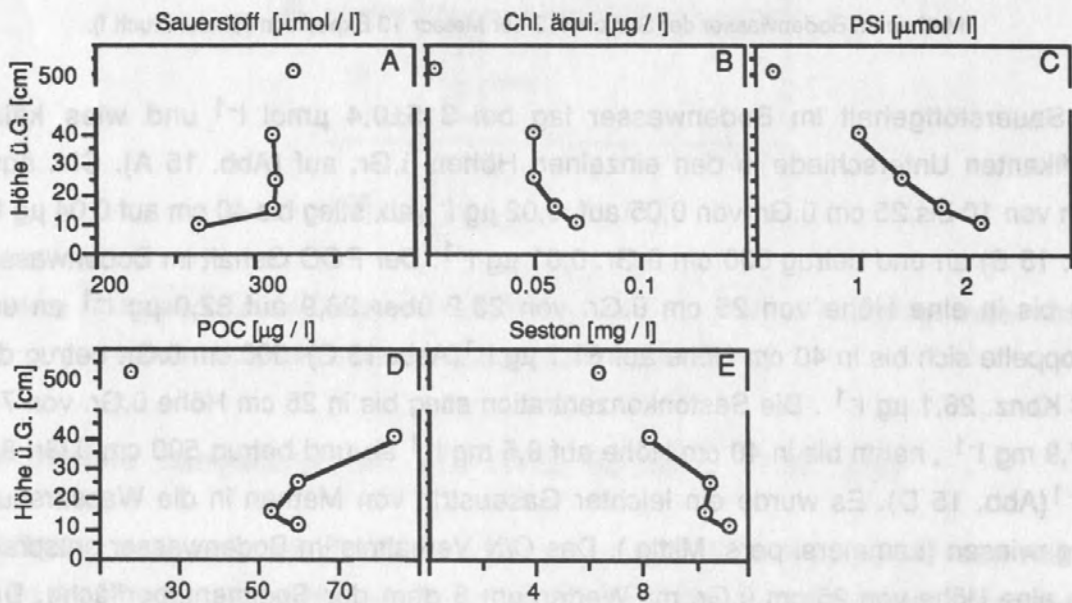


Abbildung 17. Konzentrationsprofil für Sauerstoff, Chlorophylläquivalente (Chl. äqui.), biogenes Opal (PSi), POC und Seston im Bodenwasser der Station 499 der Meteor 13 Expedition (Skalenbruch I).

Auf Station 499 war die Besiedlung durch Benthosorganismen vergleichsweise gering (200 sedentäre Polychaeten, 56 Priapuliden und 100 Crustaceen m^{-2} , Juterzenka, pers. Mittlg.). Das Sediment war wellig, mit Mulden, in denen Amphipoden saßen. Die Sedimentoberfläche wies eine flocculente Schicht auf.

Die Sauerstoffzehrung des Sedimentes betrug $18 \mu mol m^{-2} h^{-1}$. Der Chl.a Gehalt im Oberflächensediment betrug $7,3 mg m^{-2}$, aufsummiert bis in 10 cm Tiefe $24 mg m^{-2}$. ATP konnte bis in eine Sedimenttiefe von 4 cm nachgewiesen werden (Graf, unveröffent.).

Der Sauerstoffgehalt im Bodenwasser stieg von 10 bis 15 cm Höhe ü.Gr. steil an ($266 - 308 \mu mol l^{-1}$), lag zwischen 15 und 40 cm bei $309 \mu mol l^{-1}$ und in 500 cm Höhe bei $316 \mu mol l^{-1}$ (Abb. 17 A).

Die Konzentrationen der Chl. äqui., des biogenen Opals, der DNS und des Sestons nahmen in die Wassersäule hinein deutlich ab; von 0,07 auf $0,0 \mu g l^{-1}$ bei Chl. äqui., von 2,15 auf $0,32 \mu mol l^{-1}$ bei P*S*i, von 1,0 auf $0,3 \mu g l^{-1}$ bei DNS (ohne Abb.) und von 11,3 auf $7,7 mg l^{-1}$ bei Seston (Abb. 17 B-E).

Der POC Gehalt nahm bis 15 cm Höhe ü.Gr. von $60,5$ auf $53,5 \mu g l^{-1}$ ab und zwischen 15 und 40 cm Höhe auf $84,3 \mu g l^{-1}$ zu. Der niedrigste POC Wert wurde erneut 500 cm ü.Gr. gemessen ($18,29 \mu g l^{-1}$) (Abb. 17 F).

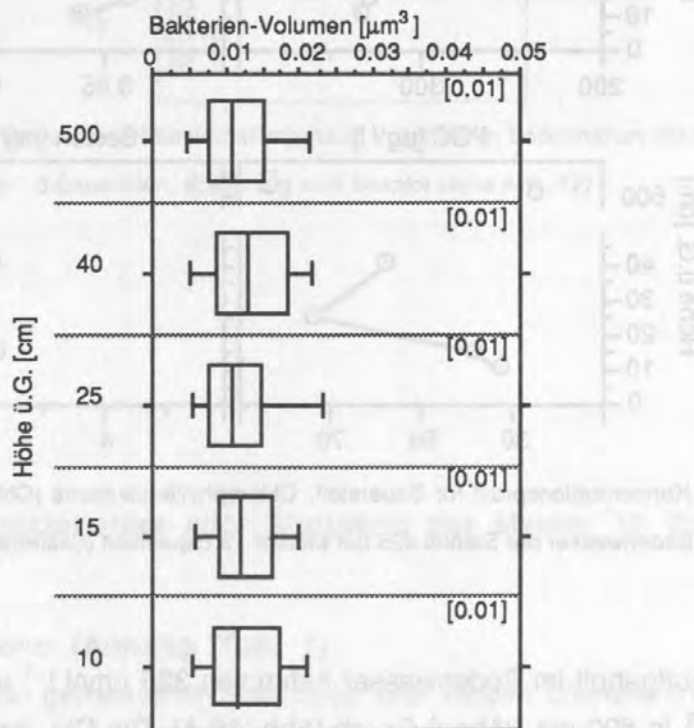


Abbildung 18. Boxplots der Verteilung der Bakterienvolumina im bodennahen Wasser der Station 499 der Meteor 13 Expedition. (Erklärung zum Boxplot siehe Abb. 12)

Das Größenspektrum der Bakterien wies keine deutlichen Unterschiede in den jeweiligen Wasserkörpern auf. Verglichen mit den Bakterienpopulationen der anderen Stationen dominierten hier kleine Bakterien mit im Mittel $0,01 \mu\text{m}^3$ Zellvolumen (Abb.18).

Die Kontinentalsockel-Station Nr. 425 (2537 m; M-13, 19.07.1990)

Die Besiedlung auf Station 425 war gering (400 sedentäre Polychaeten, 60 Porifera und 116 Crustaceen m^{-2} , Juterzenka, pers. Mittlg.). Das Sediment war hellbraun tonig und mit Foraminiferen bedeckt.

Die Sauerstoffzehrung des Sedimentes betrug $36 \mu\text{mol m}^{-2} \text{h}^{-1}$. ATP wurde bis zu einer Sedimenttiefe von 2,5 cm nachgewiesen. Der Chl. a Gehalt im Oberflächensediment betrug $9,0 \text{ mg m}^{-2}$, bis in 10 cm Tiefe 15 mg m^{-2} (Graf, unveröffentl.).

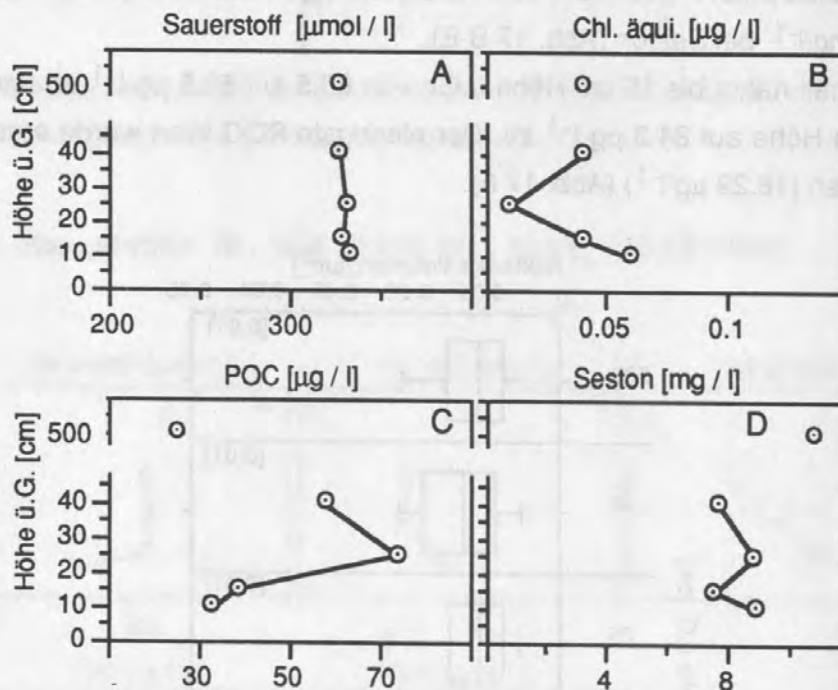


Abbildung 19. Konzentrationsprofil für Sauerstoff, Chlorophylläquivalente (Chl. äqui.), POC und Seston im Bodenwasser der Station 425 der Meteor 13 Expedition (Skalenbruch I).

Der Sauerstoffgehalt im Bodenwasser nahm von $325 \mu\text{mol l}^{-1}$ in 10 cm Höhe ü.Gr. auf $320 \mu\text{mol l}^{-1}$ in 500 cm Höhe ü.Gr. ab. (Abb. 19 A). Die Chl. äqui. Konzentration nahm bis 25 cm ü.Gr. von 0,06 auf $0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ ab. In 40 und 500 cm Höhe ü.Gr. betrug die Chl. äqui. Konzentration $0,04 \mu\text{g l}^{-1}$ (Abb. 19 B). Die POC Konzentration nahm bis 25 cm ü.Gr. von 32,8 auf $73,6 \mu\text{g l}^{-1}$ zu und sank bis auf $27,8 \mu\text{g l}^{-1}$ in 500 cm Höhe (Abb.

19C). Die Sestonkonzentration betrug 10, 25 und 500 cm ü.Gr. 8,97, 8,86 und 9,86 mg l⁻¹ mit geringeren Sestongehalten von 7,58 und 7,74 mg l⁻¹ in 15 und 40 cm Höhe ü.G (Abb. 19 D). Das Größenspektrum der Bakterien verschob sich mit Abstand zum Meeresboden im Mittel von 0,03 μm^3 Individualvolumen auf 0,08 μm^3 in 15 cm und 25 cm Höhe (Abb. 20).

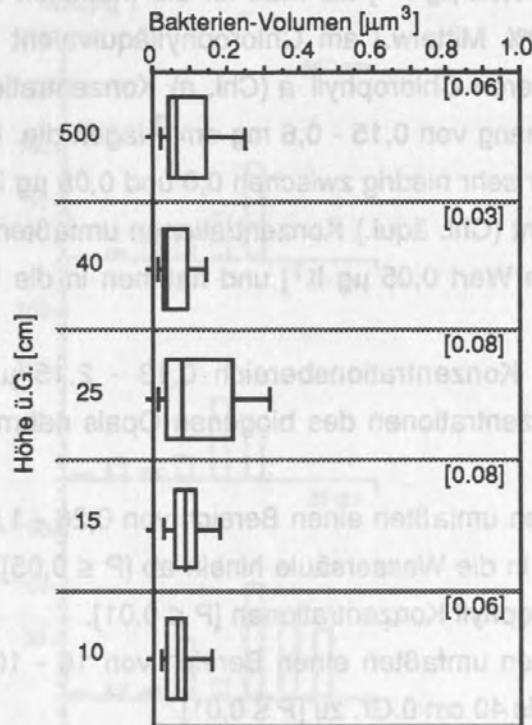


Abbildung 20. Boxplots der Bakterien-Größenverteilung nach Volumen im bodennahen Wasser der Station 425 der Meteor 13 Expedition. (Erklärung zum Boxplot siehe Abb. 12)

3.3 Allgemeine Charakteristika aller Stationen der Meteor 13 Expedition

Konzentrationsbereiche (Anhang Tab. 1)

Im folgenden werden die gemessenen Parameter aller sieben Stationen, die während der Meteor 13 Expedition angelaufen wurden, beschrieben. Zur Berechnung der Mediane, Mittelwerte sowie für die vergleichende Statistik wurden die Daten aller Stationen verwendet.

Sauerstoff und Partikulärer Anteil

Die Sauerstoff-Konzentrationen im Bodenwasser umfaßten einen Bereich von 266 - 376 $\mu\text{mol l}^{-1}$.

Chlorophyll *a* [Median 0,02 $\mu\text{g l}^{-1}$] als Maß für die Intaktheit des Phytodetritus hatte einen hohen Anteil [32% Mittelw.] am Chlorophylläquivalent in den Wasserproben. Verglichen mit der mittleren Chlorophyll *a* (Chl. *a*) Konzentration in Oberflächensedimenten am Kontinentalhang von 0,15 - 0,6 mg dm^{-3} lagen die Konzentrationen im bodennahen Wasserkörper sehr niedrig zwischen 0,0 und 0,08 $\mu\text{g l}^{-1}$ (i.e. 7500:1).

Die Chlorophylläquivalent (Chl. äqui.) Konzentrationen umfaßten einen Bereich von 0,0 und 0,13 $\mu\text{g l}^{-1}$ [Median Wert 0,05 $\mu\text{g l}^{-1}$] und nahmen in die Wassersäule hinein ab [$P \leq 0,01$].

Biogenes Opal lag im Konzentrationsbereich 0,13 - 2,15 $\mu\text{mol l}^{-1}$ [Median Wert 0,47 $\mu\text{mol l}^{-1}$]. Die Konzentrationen des biogenen Opals nahmen in die Wassersäule hinein ab [$P \leq 0,01$].

Die DNS Konzentrationen umfaßten einen Bereich von 0,26 - 1,51 $\mu\text{g l}^{-1}$ [Median Wert 0,7 $\mu\text{g l}^{-1}$] und nahmen in die Wassersäule hinein ab [$P \leq 0,05$]. Die Werte korrelierten signifikant mit den Chlorophyll Konzentrationen [$P \leq 0,01$].

Die POC Konzentrationen umfaßten einen Bereich von 16 - 107 $\mu\text{g l}^{-1}$ [Median Wert 52 $\mu\text{g l}^{-1}$] und nahmen bis 40 cm ü.Gr. zu [$P \leq 0,01$].

Die PON Konzentrationen umfaßten einen Bereich von 0,5 - 12,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ [Median Wert 3,0 $\mu\text{g l}^{-1}$].

Seston lag im Konzentrationsbereich 1,2 - 11,3 mg l^{-1} [Median Wert 8 mg l^{-1}].

Karbonat lag im Konzentrationsbereich 0,8 - 8,7 mg l^{-1} [Median Wert 5,3 mg l^{-1}].

Die PIM Konzentrationen umfaßten einen Bereich von 0,0 - 4,4 mg l^{-1} [Median Wert 1,35 mg l^{-1}].

Es wurde kein Zusammenhang der PON, Seston, Karbonat -und PIM Konzentrationen mit der Entfernung zum Meeresboden festgestellt.

Verhältnisse (Anhang Tab. 2)

Die C/N Verhältnisse umfaßten einen Bereich von 5 bis 35 [Median Wert 15]. Die Chl. äqui. /POC Verhältnisse reichten von 0,01 - 0,05% und nahmen generell mit Abstand zum Meeresboden hin ab [$P \leq 0,01$]. Der prozentuale Anteil des POC am Seston lag zwischen 0,2 - 3,0%. Der prozentuale Anteil des bakteriellen Kohlenstoffes [BOC] am

POC lag zwischen 0,1 - 3,7%. BOC korrelierte mit Sauerstoff [$P \leq 0,01$] und DNS [$P \leq 0,01$].

3.4 Abundanz, Größenspektrum und Biomasse der Bakterien in den Wasserproben

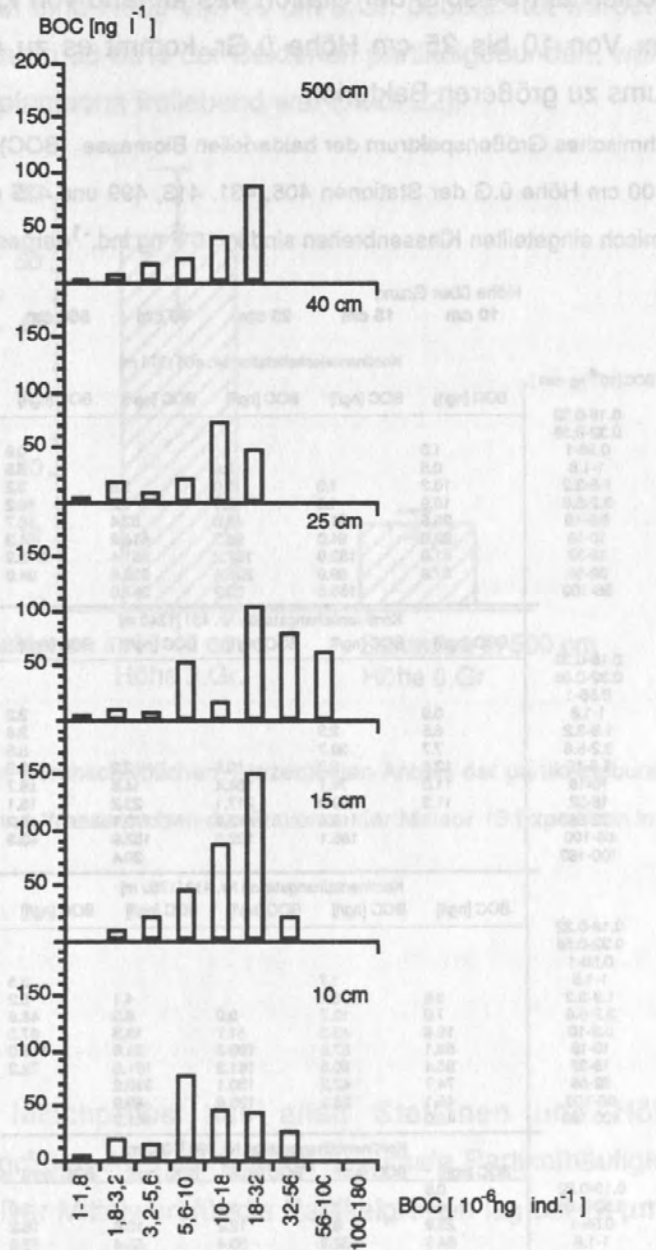


Abbildung 21. Logarithmisches Größenspektrum der bakteriellen Biomasse (BOC) in $\mu\text{g l}^{-1}$ aus Wasserproben in 10 bis 500 cm Höhe ü.G. auf Station 425 der Meteor 13 Expedition. Die logarithmisch eingeteilten Klassenbreiten sind in $10^{-6} \text{ng ind.}^{-1}$ dargestellt.

Die Abundanz der Bakterien in den Wasserproben umfaßte einen Bereich von 0,08 - 1,7 10^8 ind. l^{-1} [Median Wert 1,7 10^7 ind. l^{-1}]. Die Biomassewerte lagen zwischen 0,05 und 2,07 μg BOC l^{-1} [Median Wert 0,3 μg l^{-1}].

Auf den Stationen kam es innerhalb der bodennah beprobten Wasserkörper zu einer Verschiebung des Biomasse-Größenspektrums der Bakterien. Abbildung 21 verdeutlicht diesen Unterschied am Beispiel der Station 425 anhand von logarithmisch eingeteilten Klassenbreiten. Von 10 bis 25 cm Höhe ü.Gr. kommt es zu einer Verschiebung des Größenspektrums zu größeren Bakterien.

Tabelle 3. Logarithmisches Größenspektrum der bakteriellen Biomasse (BOC) in μg l^{-1} aus Wasserproben in 10 bis 500 cm Höhe ü.G der Stationen 405, 431, 413, 499 und 425 der Meteor 13 Expedition. Die logarithmisch eingeteilten Klassenbreiten sind in 10^{-6} ng ind. l^{-1} dargestellt.

BOC [10^{-6} ng /cell]	Höhe über Grund				
	10 cm	15 cm	25 cm	40 cm	500 cm
Kontinentalschelfstation Nr. 405 [373 m]					
0.18-0.32					
0.32-0.56					
0.56-1	1.0				0.8
1-1.8	0.5		0.6		0.8
1.8-3.2	10.3	1.0	3.0	3.6	3.2
3.2-5.6	16.9	1.5	5.9	7.2	16.2
5.6-10	25.6	51.1	48.0	57.4	56.7
10-18	92.3	94.0	96.7	514.8	54.3
18-32	81.0	152.9	157.2	561.4	213.9
32-56	57.9	89.9	225.4	638.6	94.0
56-100		155.5	33.2	287.0	
Kontinentalhangstation Nr. 431 [1340 m]					
0.18-0.32					
0.32-0.56					
0.56-1					
1-1.8	0.9				2.2
1.8-3.2	6.5	2.3			3.8
3.2-5.6	7.7	39.7			8.6
5.6-10	12.6	9.2	10.6	2.2	15.9
10-18	11.0	74.1	154.4	14.8	16.7
18-32	11.3	159.0	217.1	23.2	15.1
32-56		115.4	442.9	170.1	45.2
56-100		165.1	132.0	152.9	43.3
100-180				30.4	
Kontinentalhangstation Nr. 413 [1750 m]					
0.18-0.32					
0.32-0.56					
0.56-1					
1-1.8		1.7			3.5
1.8-3.2	8.8	3.1		4.1	5.2
3.2-5.6	7.0	12.7	9.9	6.3	48.6
5.6-10	18.9	43.3	51.7	13.3	67.5
10-18	59.1	57.6	109.2	21.6	116.0
18-32	85.4	50.5	161.2	101.5	72.2
32-56	74.7	42.2	130.1	310.2	85.9
56-100	45.1	26.9	126.6	85.9	85.9
100-180	45.0			141.7	
Kontinentalhangstation Nr. 499 [1993 m]					
0.18-0.32					
0.32-0.56					
0.56-1	0.5				2.0
1-1.8	4.8	2.7	3.5		16.2
1.8-3.2	23.9	8.0	12.2	10.6	52.8
3.2-5.6	64.6	52.3	50.4	63.4	48.7
5.6-10	69.4	40.2	45.2	110.9	10.2
10-18	7.2	6.7	8.7	47.5	
Kontinentalsockelstation Nr. 425 [2537 m]					
0.18-0.32					
0.32-0.56					
0.56-1					
1-1.8	2.3		3.7	3.8	1.2
1.8-3.2	17.5	9.1	9.2	18.8	6.0
3.2-5.6	13.0	21.1	6.4	7.5	15.1
5.6-10	76.3	45.1	52.3	21.1	22.0
10-18	45.2	85.0	15.1	70.9	39.5
18-32	41.8	150.3	102.8	46.5	86.2
32-56	24.9	21.6	78.0		
56-100			63.4		
100-180					

In 25 cm Höhe stellen Bakterien der $18-32 \cdot 10^{-6} \text{ ng C. ind}^{-1}$ Größenklasse den Hauptanteil an der Gesamtbioasse in der Wasserprobe. Des weiteren treten erhöhte Werte in den $32-56$ und $56-100 \cdot 10^{-6} \text{ ng C. ind.}^{-1}$ Klassen auf. In 10 cm Höhe ü.Gr. dominieren Bakterien der $5,6-10 \cdot 10^{-6} \text{ ng C. ind.}^{-1}$ Größenklasse den Wasserkörper. Auf den übrigen Stationen konnte ebenfalls eine Verschiebung des Größenspektrums zu größeren Bakterien bis in eine Höhe von 40 cm ü.Gr. beobachtet werden (Tab. 3). In 10 bis 40 cm Höhe ü.Gr. waren 35-65% der Bakterien partikelgebunden, während in 500 cm Höhe 85% des Bakterioplanktons freilebend war (Abb. 22).

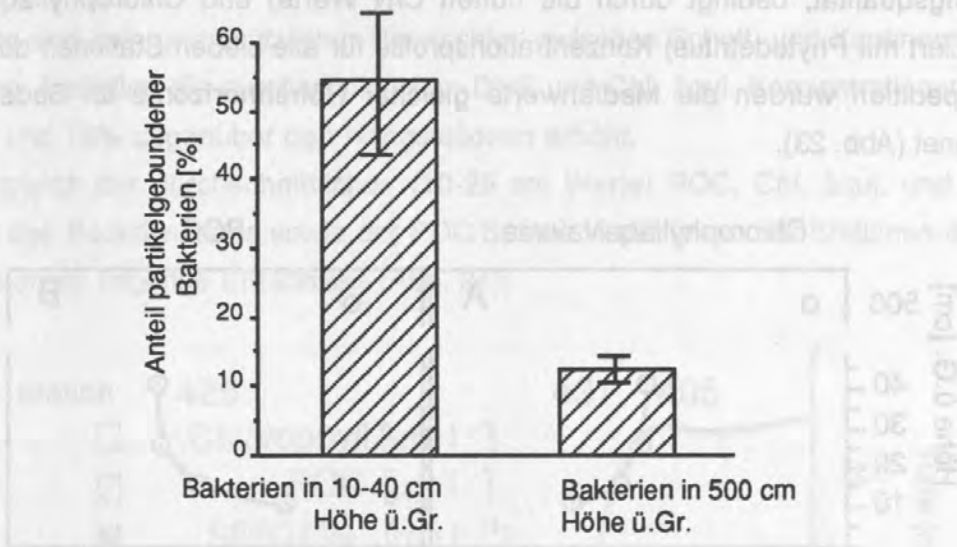


Abbildung 22. Darstellung des durchschnittlichen, prozentualen Anteils der partikelgebundenen Bakterien in den bodennahen Wasserproben der Stationen der Meteor 13 Expedition in 10-40 cm und 500 cm Höhe ü.Gr.

3.5 Partikelgrößen

Bei einer an einer Mischprobe aus allen Stationen und Höhenhorizonten durchgeführten Partikelgrößen-Analyse wurden maximale Partikelhäufigkeiten in der 3 - 6 μm Fraktion ermittelt. Der Mittelwert für die Partikelgrößen lag bei 12 μm .

3.6 Statistik

Auf nahezu allen Stationen zeigten sich die deutlichsten Unterschiede im Profilverlauf der einzelnen Parameter zwischen 25 und 40 cm Höhe über Grund.

Die nicht genauer betrachteten Stationen 409 und 506 am oberen Kontinentalhang sind bei der Gesamtdarstellung charakteristischer Konzentrationsprofile berücksichtigt. Für diese beiden Stationen am oberen Kontinentalhang liegen keine Ergebnisse zum Bakterien-Größenspektrum vor. Die Konzentrationsprofile dieser Stationen für Sauerstoff, Chlorophylläquivalent, POC und Seston weisen keine grundsätzlichen Unterschiede gegenüber denen der übrigen Stationen auf.

Zur Darstellung charakteristischer POC- (assoziiert mit organischem Detritus geringer Nahrungsqualität, bedingt durch die hohen C/N Werte) und Chlorophylläquivalent- (assoziiert mit Phytodetritus) Konzentrationsprofile für alle sieben Stationen der Meteor 13 Expedition wurden die Medianwerte gleicher Höhenhorizonte im Bodenwasser berechnet (Abb. 23).

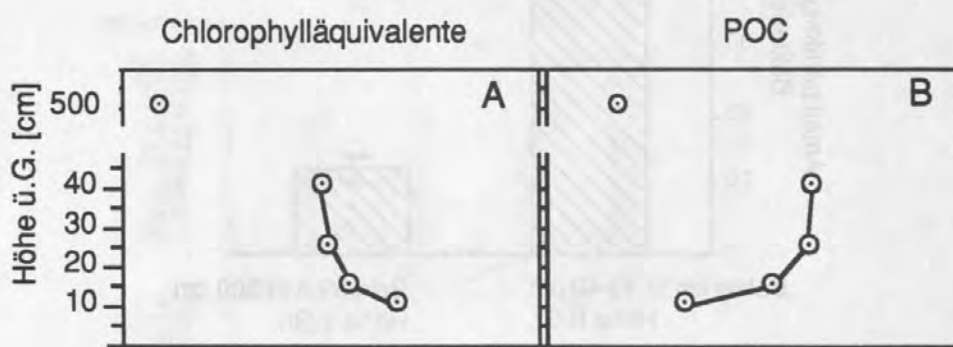


Abbildung 23. Charakteristische POC- und Chlorophylläquivalent- Konzentrationsprofile im Bodenwasser aller Stationen der Meteor 13 Expedition, berechnet als Medianwerte gleicher Höhenhorizonte

Das aufgrund der Medianberechnungen entstandene Konzentrationsprofil für Chlorophyll zeigt eine Abnahme des Chl. äqui. Gehaltes mit Abstand zum Meeresboden bis in 40 cm Höhe und erreicht 500 cm ü.Gr. den Minimalwert (Abb. 23 A).

Das Konzentrationsprofil für POC zeigt eine Zunahme des POC Gehaltes mit Abstand zum Meeresboden bis in 40 cm Höhe und erreicht 500 cm ü.Gr. den Minimalwert (Abb. 23 B).

POC und Chlorophylläquivalent wiesen bei der Auswertung der Hauptkomponentenanalyse eine hohe Korrelation (0,9) zu 2 der 5 extrahierten Faktoren auf. Das charakteristische Konzentrationsprofil von POC erklärte 18% und das von Chl. äqui. 20 % der Gesamtvarianz des Datensatzes des partikulären Anteils der Wasserproben. Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Chlorophyllwerten im Sediment von 0-1 cm Tiefe sowie den aufsummierten Werten von 0-10 cm Tiefe und den durchschnittlichen Chl. äqui. Konzentrationen im Bodenwasser in 10-25 cm Höhe ü.Gr.

($P \leq 0,05$ bzw. $P = 0,08$). Bei den Stationen 405, 409, 506, 413 und 425 bestand eine positive lineare Korrelation zwischen den Chlorophyllkonzentrationen des Sediments von 0-1 cm Tiefe sowie 0-10 cm Tiefe und denen des Bodenwassers in 10-25 cm Höhe ü.G ($r^2 = 0,95$, $r^2 = 0,89$). Die Stationen 431 und 499 bildeten diesbezüglich die Ausnahme; bei ihnen wurde im Bodenwasser eine vergleichsweise höhere Chl. äqui. Konzentration festgestellt. Ein Zusammenhang zwischen den POC Gehalten der Sedimentoberfläche der Stationen 405, 409, 413, 499 und 425 und denen des Bodenwassers ($P = 0,8$) konnte nicht festgestellt werden.

Es zeigte sich kein grundsätzlicher Unterschied zwischen Schelf- und Kontinentalhang-Stationen. Lediglich die durchschnittlichen DNS und Chl. äqui. Konzentrationen waren zu 65% und 76% gegenüber den Hangstationen erhöht.

Der Vergleich der durchschnittlichen (10-25 cm Werte) POC, Chl. äqui. und Seston Gehalte des Bodenwassers sowie der POC/Seston Verhältnisse der Stationen 405, 431 und 425 ergab folgende Ergebnisse (Abb. 24):

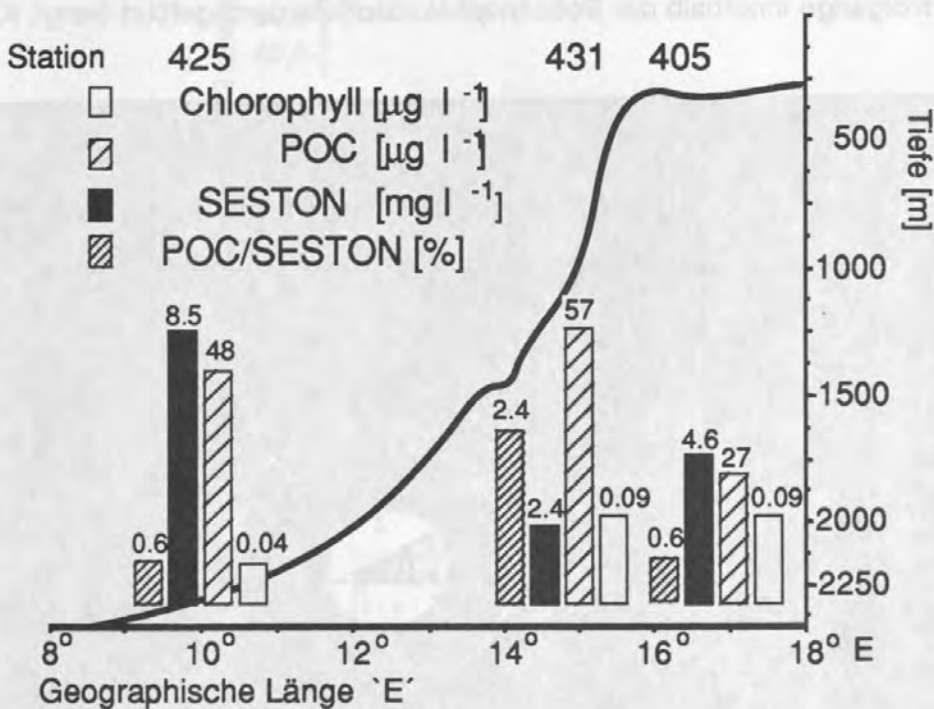


Abbildung 24. Durchschnittliche POC- Chl. äqui.- und Sestonkonzentrationen sowie POC/Seston Verhältnisse im Bodenwasser (10-25 cm) der Stationen 405, 431 und 425.

Der durchschnittliche Chl. äqui. Gehalt des bodennahen Wassers der Stationen 405 und 431 betrug $0,09 \mu\text{g l}^{-1}$. Auf Station 425 am Kontinentalsockel sank die mittlere Chl. äqui. Konz. auf $0,04 \mu\text{g l}^{-1}$. Der durchschnittliche POC Gehalt lag bei $27 \mu\text{g l}^{-1}$ auf der Schelfstation Nr. 405, $57 \mu\text{g l}^{-1}$ auf Station 431 und $48 \mu\text{g l}^{-1}$ auf Station 425. Der

durchschnittliche Seston-Gehalt betrug $4,6 \text{ mg l}^{-1}$ auf Station 405, $2,4 \text{ mg l}^{-1}$ auf Station 431 und $8,5 \text{ mg l}^{-1}$ auf Station 425. Das durchschnittliche POC / Seston Verhältnis lag auf Station 431 mit 2,4% deutlich über denen der Stationen 405 (0,6%) und 425 (0,6%). Das durchschnittliche Chl. *a* / Chl. *äqui.* Verhältnis als Anhaltspunkt für den Abbauzustand des Phytodetritus lag auf Station 431 mit 52,5% ebenfalls deutlich über denen der anderen Stationen des Stationsprofils (Sta.405 / 27%, Sta.409 / 31%, Sta.506 / 23%, Sta.413 / 32%, Sta.499 / 31% und Sta.425 / 27%).

4. Ergebnisse der Meteor 17/1 Expedition im Juli 1991

Aufgrund der Ergebnisse der Meteor 13-1 Expedition im Juli 1990 wurde nahe der Station 431 am mittleren Kontinentalhang (1340 m Tiefe, dichteste Besiedlung mit Suspensionsfressern, östliches Zentrum des Hochakkumulationsgebietes) im Sommer 1991 das *in situ* Experiment zur Untersuchung des Einflusses der Makrofauna auf Transportvorgänge innerhalb der Bodennepheloidschicht durchgeführt (vergl. Kap. 2.3).



Abbildung 25. Fotografie des Meeresbodens auf Station 384 der Meteor 17 Expedition. Die Station lag etwa 1,5 sm entfernt von Station 431 der Meteor 13 Expedition. Das Benthos wurde von suspensionsfiltrierenden sedentären Polychaeten dominiert, die mit ihren Röhren bis zu 4 cm in die Wassersäule hineinragten. Der Kompaß zeigte eine nordwestlich gerichtete Bodenströmung an. Der Kompaßdurchmesser beträgt ~ 7 cm.

Abbildung 26 zeigt das Bodenstromprofil in 20 cm und 65 cm Höhe ü.Gr. sowie die Transmission. Die resultierende Bodenschubspannung, u_* , wurde folgendermaßen berechnet :

$$u_* = \frac{d\bar{u}}{\kappa \times d \log z}$$

Die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit betrug in 65 cm Höhe ü.Gr. $28,3 \text{ cm s}^{-1}$ und $22,5 \text{ cm s}^{-1}$ in 20 cm Höhe ü.Gr. Die Ansauggeschwindigkeit betrug $\sim 30 \text{ cm s}^{-1}$. Die Strömungsprofile sind durch kurzfristige Schübe in der Strömungsgeschwindigkeit, sogenannte "bursts" gekennzeichnet. Die berechnete Bodenschubspannung schwankte dementsprechend zwischen $1,7 \text{ cm bis } 2,4 \text{ cm s}^{-1}$.

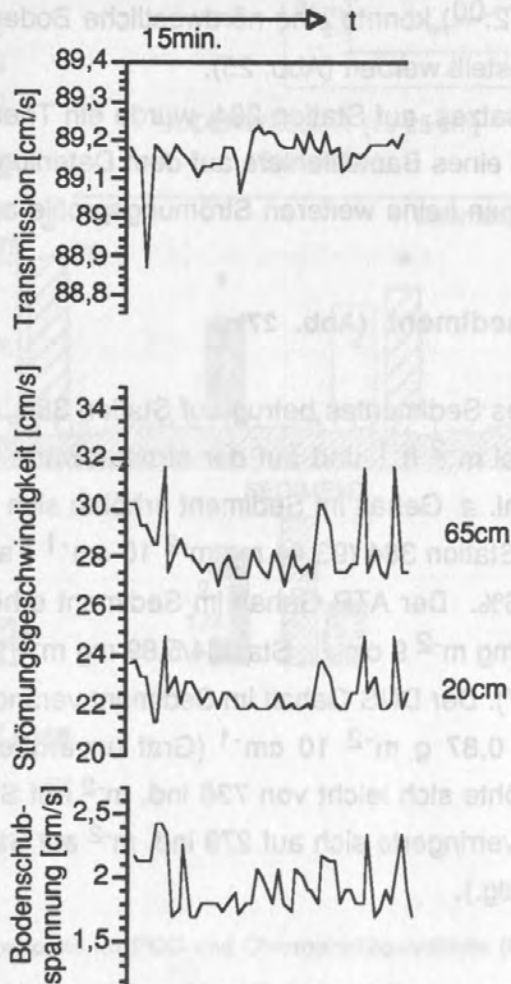


Abbildung 26. Bodenstromprofil in 20 cm und 65 cm Höhe ü.Gr. sowie Transmission auf Station 384 der Meteor 17 Expedition.

Die Transmission betrug durchschnittlich 89,2% und wies ebenfalls kurzfristige Schwankungen im Sekundenbereich auf.

Auf den Stationen 384, 385 und 386 der Meteor 17 Expedition, die 0,5 bis 2,5 sm entfernt von Station 431 lagen, zeigte sich folgendes Bild (Abb. 25): Wie im Jahre 1990 (Meteor 13) wurde das Benthos von suspensionsfiltrierenden sedentären Polychaeten dominiert, die mit ihren Röhren bis zu 4 cm in die Wassersäule hineinragten (812 Ind. m^{-2} , 64 Sipunkuliden m^{-2} , 12 Ophiuriden m^{-2} , Station 384, Juterzenka, pers. Mittlg.). Das Sediment war von Sipunkulidenröhren durchsetzt. Während der jeweils 15 minütigen Einsätze des Bodenwasserschöpfers am ersten Tag des Experimentes (9.00, 17.00, 22.00) und während der zehnstündigen Verankerung des BWS am 2. Tag des Experimentes (16.00 bis 2.00) konnte eine nördwestliche Bodenströmung entlang des Kontinentalhanges festgestellt werden (Abb. 25).

Während des ersten Einsatzes, auf Station 384, wurde ein Thermistorströmungsmesser beschädigt. Aufgrund eines Bauteilfehlers auf dem Datenlogger konnten daraufhin auf den folgenden Stationen keine weiteren Strömungsprofile aufgenommen werden.

4.1 Das Oberflächensediment (Abb. 27)

Die Sauerstoffzehrung des Sedimentes betrug auf Station 385 $58 \pm 7 \mu\text{mol } m^{-2} h^{-1}$, auf Station 384 $175 \pm 54 \mu\text{mol } m^{-2} h^{-1}$ und auf der stromabwärts gelegenen Station 386 $58 \mu\text{mol } m^{-2} h^{-1}$. Der Chl. *a* Gehalt im Sediment erhöhte sich von Station 385 ($65,45 \text{ mg } m^{-2} 10 \text{ cm}^{-1}$) über Station 384 ($93,44 \text{ mg } m^{-2} 10 \text{ cm}^{-1}$) auf Station 386 ($101,92 \text{ mg } m^{-2} 10 \text{ cm}^{-1}$) um 56%. Der ATP Gehalt im Sediment erhöhte sich stromabwärts um 160 % (Sta.385/4,44 $\text{mg } m^{-2} 9 \text{ cm}^{-1}$, Sta.384/5,89 $\text{mg } m^{-2} 9 \text{ cm}^{-1}$, Sta.386/ 11,54 $\text{mg } m^{-2} 9 \text{ cm}^{-1}$) (Abb. 27). Der DNS Gehalt im Sediment veränderte sich stromabwärts von 1,15 über 0,06 auf $0,87 \text{ g } m^{-2} 10 \text{ cm}^{-1}$ (Graf unveröffent.). Die Abundanz der Suspensionsfiltrierer erhöhte sich leicht von 736 ind. m^{-2} auf Station 385 auf 812 ind. m^{-2} auf Station 385 und verringerte sich auf 279 ind. m^{-2} auf Station 386 (Tab. 4, Seite 42) (Juterzenka, pers. Mittlg.).

4.2. Das Bodenwasser in 10-25 cm und in 40 cm Höhe ü.Gr.

Die Konzentrationsprofile für POC und Chlorophylläquivalente wiesen auf den Stationen 384-386 der Meteor 17 Expedition ähnliche Unterschiede wie im Jahr zuvor während der Meteor 13 Expedition auf. POC nahm in die Wassersäule hinein zu, während sich der Chlorophyllgehalt im Bodenwasser in die Wassersäule hinein verringerte (Abb. 27 I)

Der durchschnittliche Sauerstoffgehalt in 10-25 cm Höhe ü.Gr. verringerte sich stromabwärts von 318 über 316 auf 311 $\mu\text{mol l}^{-1}$, in 40 cm Höhe lag er bei 323 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Die durchschnittliche Sestonkonzentration in 10-25 cm Höhe ü.Gr. nahm stromabwärts um 41% von 1,75 mg l^{-1} über 1,27 mg l^{-1} auf 1,04 mg l^{-1} ab. Dagegen stieg der Sestongehalt 40 cm ü.Gr. um 22% von 0,8 auf 0,98 mg l^{-1} . Der durchschnittliche POC Gehalt in 10-25 cm Höhe ü.Gr. nahm stromabwärts um 23% von 78,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ über 68,6 $\mu\text{g l}^{-1}$ auf 60,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ und in 40 cm ü.G um 21% von 85 auf 67 $\mu\text{g l}^{-1}$ ab.

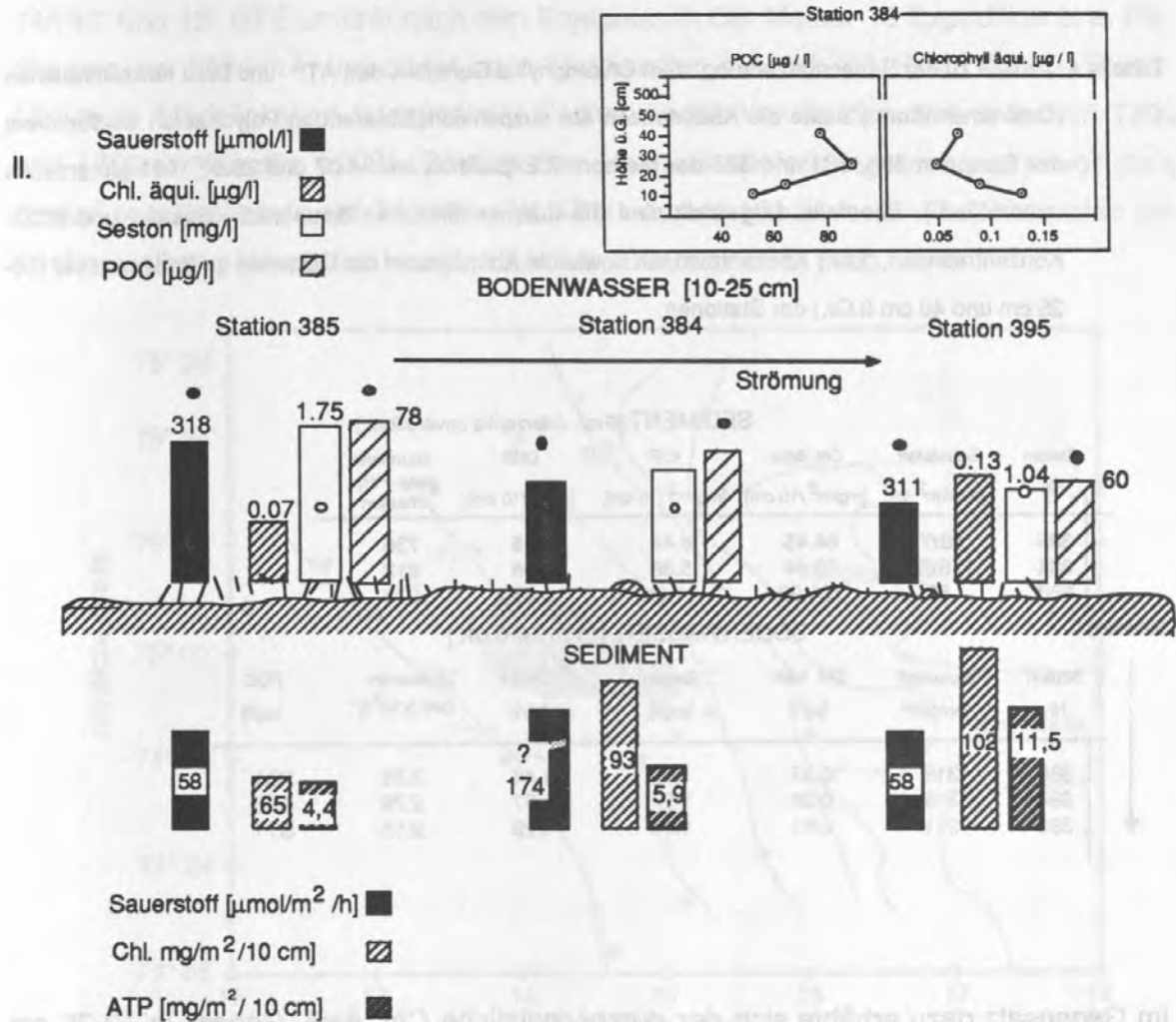


Abbildung 27. I: Konzentrationsprofil für POC und Chlorophylläquivalente (Chl. äqui.) im Bodenwasser der Station 384 der Meteor 17 Expedition (Skalenbruch I)

II: Säulendiagramm der Sauerstoffzehrung, des Chlorophyll a Gehaltes und der ATP Konzentrationen im Sediment der Stationen 385, 384 und 386 der Meteor 17 Expedition am 24.07 und 25.07.1991 (Graf unveröffentl.). Ebenfalls dargestellt sind die durchschnittlichen Sauerstoff-, Seston- und POC- Konzentrationen und POC / Seston Gehalte im Bodenwasser (10-25 cm ü.Gr.) der Stationen. Die Datenpunkte stellen die 40 cm ü.Gr. Werte dar.

Das durchschnittliche POC / Seston Verhältnis erhöhte sich entsprechend in 10-25 cm Höhe ü.Gr. um 32% von 4,5 auf 5,8 während es 40 cm ü.Gr. lediglich um 2% stieg. Die durchschnittliche bakterielle Abundanz in 10-25 cm Höhe ü.Gr. reduzierte sich um 35% von $3,36$ auf $2,15 \times 10^7$ ind. l^{-1} , während die Bakteriendichte 40 cm ü.Gr. um 24% auf $3,53 \times 10^7$ ind. l^{-1} anstieg. DNS als Maß für die Biomasse ging bis 25 cm ü.Gr. durchschnittlich um 10% von $1,44$ auf $1,29 \mu g l^{-1}$ zurück und nahm 40 cm ü.Gr. um 24% von $2,46$ auf $3,05 \mu g l^{-1}$ zu (Tab. 4) (Anhang Tab. 5).

Tabelle 4. Tabelle zu der Sauerstoffzehrung, dem Chlorophyll a Gehaltes, den ATP -und DNS Konzentrationen (Graf unveröffent.) sowie die Abundanzen der suspensionsfiltrierenden Polychaeten im Sediment der Stationen 385, 384 und 386 der Meteor 17 Expedition am 24.07 und 25.07.1991 (Juterzenka unveröffent.). Ebenfalls dargestellt sind die durchschnittlichen Sauerstoff-, Seston- und POC-Konzentrationen, DNS Konzentrationen sowie die Abundanzen der Bakterien im Bodenwasser (10-25 cm und 40 cm ü.Gr.) der Stationen.

SEDIMENT (Graf, Juterzenka unveröffent.)						
Station Nr.	Sauerstoff [$\mu mol/m^2/h$]	Chl. äqui. [$mg/m^2/10 cm$]	ATP [$mg/m^2/10 cm$]	DNS [$g/m^2/10 cm$]	Abundanz susp. Poly- chaeten	
385	58 ± 7	64.45	4.44	1.15	736	
384	175 ± 54	93.44	5.89	0.06	812	
386	58	101.92	11.54	0.87	279	

BODENWASSER [10-25 CM Ü.GR.]						
Station Nr.	Sauerstoff [$\mu mol/l$]	Chl. äqui. [$\mu g/l$]	Seston [mg/l]	DNS [$\mu g/l$]	Bakterien- zahl [$\times 10^7/l$]	POC [$\mu g/l$]
385	318	0.07	1.75	1.44	3.36	78.1
384	316	0.09	1.27	1.37	2.79	68.6
386	311	0.13	1.04	1.29	2.15	60.1

Strömung ↓

Im Gegensatz dazu erhöhte sich der durchschnittliche Chl. äqui. Gehalt in 10-25 cm Höhe ü.Gr. stromabwärts um 85% von $0,07 \mu g l^{-1}$ über $0,09 \mu g l^{-1}$ auf $0,13 \mu g l^{-1}$, in 40 cm Höhe sogar um 67%. Das C/N Verhältnis betrug in allen Proben $7(\pm 1)$.

Zum Zeitpunkt des Experimentes betrug der POC - Anteil in der bodennahen Sinkstofffalle (1760 m) der Kurzzeit-Verankerung (März-Juli 1991 ~20 sm westnordwestlich der Station 431) 6% der gesamten partikulären Fraktion, biogenes Opal war zu 2% an der Gesamtmenge beteiligt. Das POC/PON Verhältnis lag bei 8 (Bodungen unveröffent.). Es bestand für alle Stationen ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Chlorophyllkonzentrationen des Sediments von 0-1 cm Tiefe sowie 0-10 cm Tiefe und denen des Bodenwassers in 10 bis 25 cm ü.Gr. ($P = 0,04$, $P=0,08$).

5. Ergebnisse der Poseidon 181 Expedition im Februar-März 1991

Die Untersuchung zur regionalen Verteilung partikulärer Substanzen in einer Höhe von 500 cm ü. Gr. mittels einer CTD mit Wasserschöpfern während der Winterexpedition im Februar-März 1991 ergab folgendes Bild:

Der Kernbereich des Hochakkumulationsgebietes zwischen $74^{\circ} 55'$ und $75^{\circ} 05'N$ und $14^{\circ} 40'$ und $15^{\circ} 00'E$ umfaßt nach den Ergebnissen der Meteor 13 Expedition eine Fläche von ca. 120 km^2 und dünnt nach Nordwesten hin auf $75^{\circ} 15'N$, $13^{\circ} 30' E$ aus. Maximale Mächtigkeiten postglazialer Sedimentschichten fanden sich zwischen 1300 und 1700 m (Blaume 1992). Südlich des Hochakkumulationsgebietes und vor dem Auslaß von Kveitehola auf $74^{\circ} 40' - 74^{\circ} 50'N$ und $14^{\circ}-15^{\circ} E$ wurden Rutschmassen am Kontinentalhang bis an den Hangfuß kartiert (Blaume 1992) (Abb. 28) .

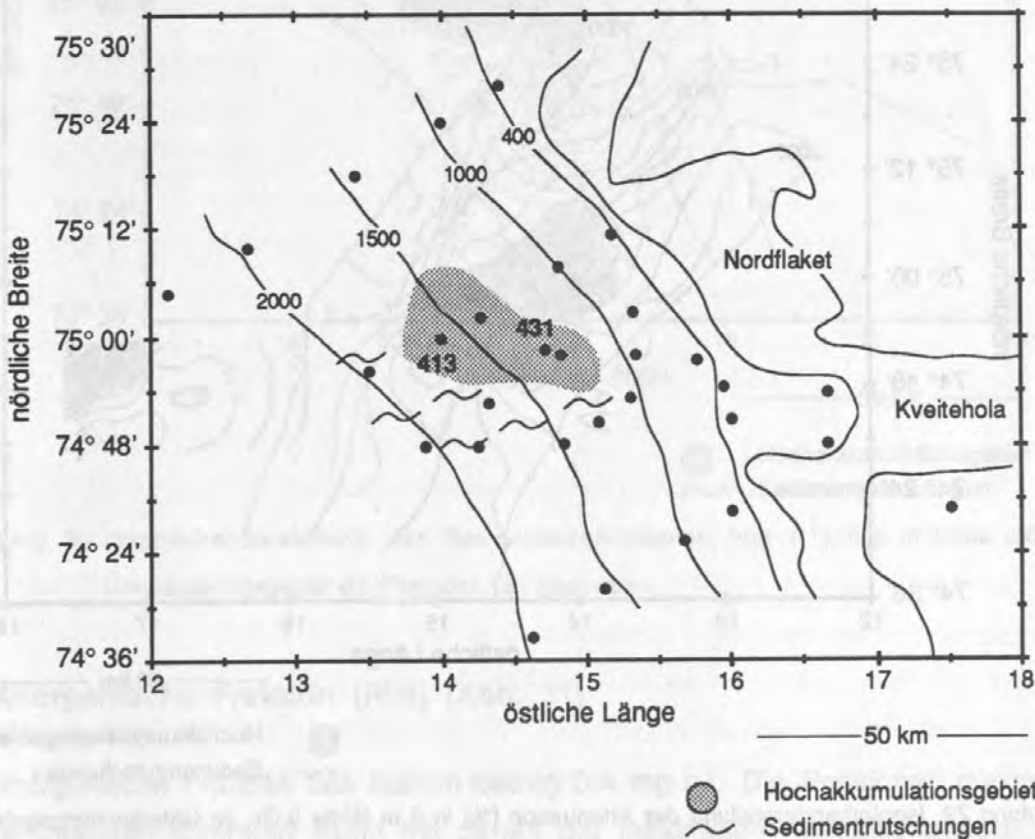


Abbildung 28. Darstellung des Untersuchungsgebietes der Poseidon 181 Expedition im März 1991 mit der vorläufigen Kartierung des Hochakkumulationsgebietes nach Blaume (1992). Die Stationsnummern 216/239, 217/240, 218/252, 219/227 sowie 220/224 stellen die Anfangs- und Endpunkte der einzelnen Kontinentalhang-aufwärts verlaufenden Stationensprofile dar (siehe Blaume 1992). HA: Mächtigkeiten holozäner Sedimentabfolgen $\geq 1\text{m}$.

5.1 Attenuation (Abb.29)

Die gemessene Attenuation schwankte zwischen 17 und 24%/m. Maximale Attenuationswerte von 23 und 24% wurden um das Hochakkumulationsgebiet sowie nordwestlich davon ermittelt. Ein weiterer Attenuationspeak befand sich südöstl. des Hochakkumulationsgebietes auf $74^{\circ} 50' N$, $15^{\circ} E$. Die geringsten Werte wurden am Ausgang des Kveitehola (17%) und südlich des Kerngebietes der Hochakkumulation in dem Seegebiet norwestlich von $74^{\circ} 50' N$, $14^{\circ} 30' E$ gemessen.

Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen den bodennahen Verteilungsmustern von Seston und der Attenuation ($P=0,088$) sowie POC und der Attenuation ($P \leq 0,05$) (Anhang Tab. 6).

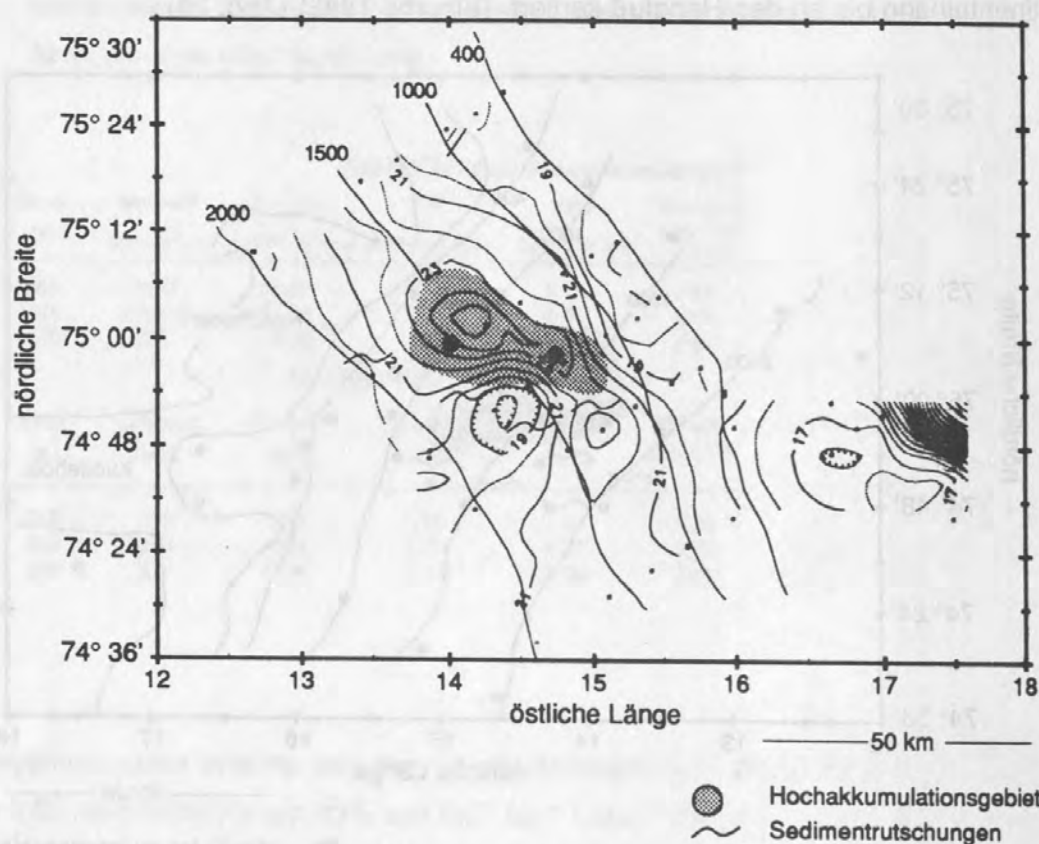


Abbildung 29. Isoplethendarstellung der Attenuation [%] in 5 m Höhe ü.Gr. im Untersuchungsgebiet der Poseidon 181 Expedition am westlichen Barents See Kontinentalhang (Blaume 1992).

5.2 Seston (Abb.30)

Die Sestonkonzentrationen in der bodennahen Nepheloidschicht schwankten zwischen $0,56$ und $7,05 \text{ mg l}^{-1}$. Maximale Partikelkonzentrationen von 4 bis 7 mg l^{-1} wurden mit

einer Ausdehnung von $\sim 400 \text{ km}^2$ etwa 10 sm südlich des Hochakkumulationsgebietes um den südlichen Attenuationspeak bei $74^\circ 50' \text{ N}$, 15° E . gemessen. Das Sestonmaximum befand sich dort auf der 1500 m Tiefenlinie. Die Partikelwolke von $\geq 3 \text{ mg l}^{-1}$ stellte sich als eine vom Kontinentalschelf bis in 2000 m Tiefe hinabreichende Blase SSW der Hochakkumulation dar, die eine Fläche von $\sim 900 \text{ km}^2$ umfaßte. Im Kernbereich der Hochakkumulation betragen die Sestonkonzentrationen lediglich $1\text{-}2 \text{ mg l}^{-1}$.

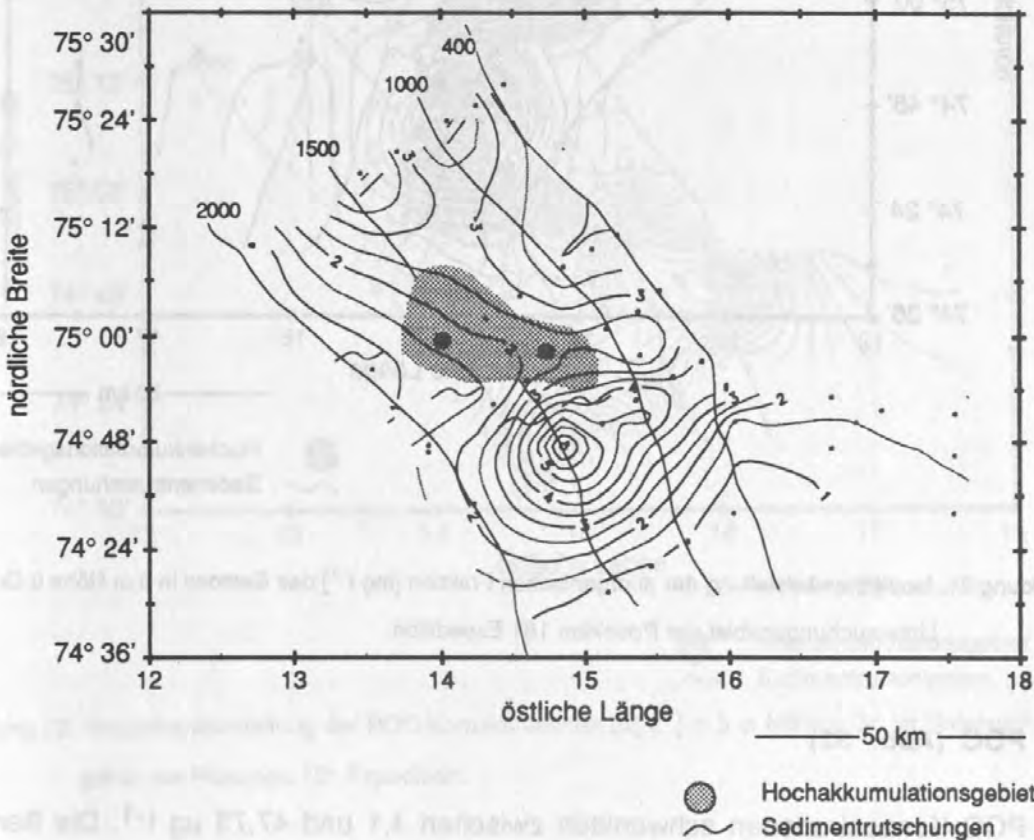


Abbildung 30. Isoplethendarstellung der Sestonkonzentrationen [mg l^{-1}] in 5 m Höhe ü.Gr. im Untersuchungsgebiet der Poseidon 181 Expedition.

5.3 Anorganische Fraktion [PIM] (Abb. 31)

Die anorganische Fraktion des Seston betrug $0\text{-}4 \text{ mg l}^{-1}$. Die Positionen maximaler Konzentrationen stimmten exakt mit denen der maximalen Sestonkonzentrationen überein und lagen damit im südlichen Attenuationspeak. Die anorganische Fraktion des Seston umfaßte einen kreisförmig abgeschlossenen Bereich von 950 km^2 mit Werten von $\geq 0,8 \text{ mg l}^{-1}$. Der gesamte Kernbereich von $0,8\text{-}4 \text{ mg l}^{-1}$ befand sich südlich des Hochakkumulationsgebietes mit maximalen Werten auf der 1500 m Tiefenlinie. Im Kernbereich der Hochakkumulation betragen die Konzentration etwa $0,5 \text{ mg l}^{-1}$.

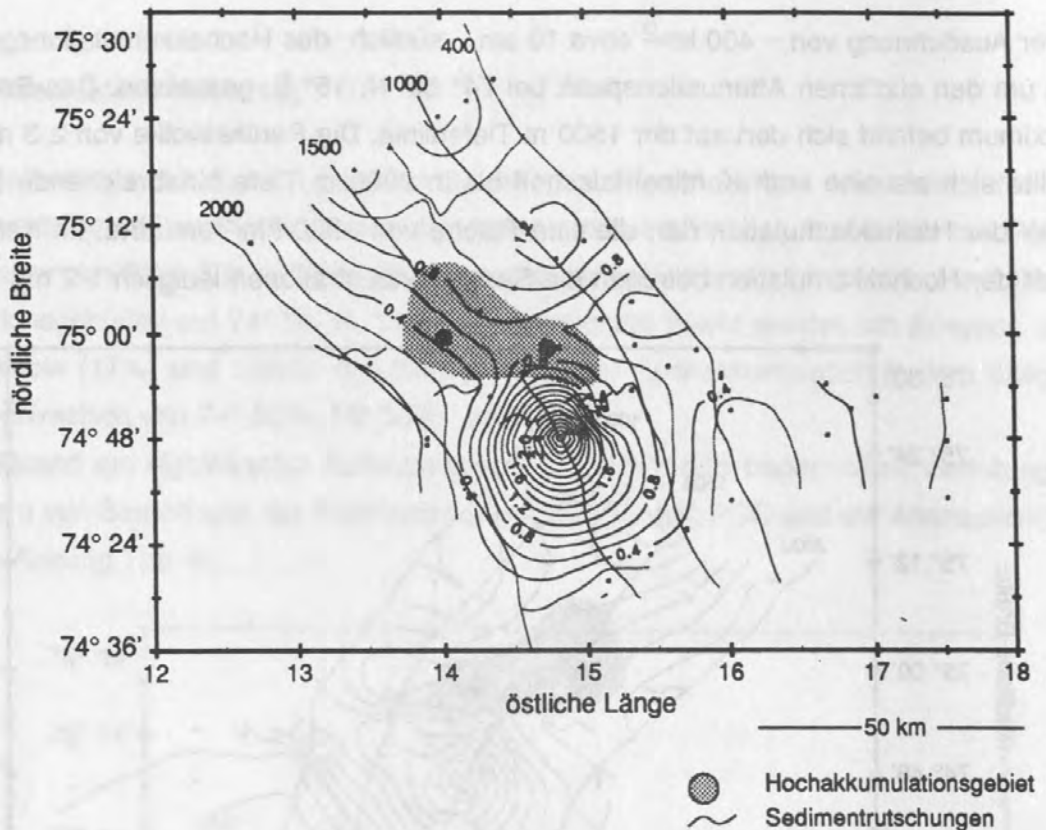


Abbildung 31. Isoplethendarstellung der anorganischen Fraktion [mg l^{-1}] des Sestons in 5 m Höhe ü.Gr. im Untersuchungsgebiet der Poseidon 181 Expedition.

5.4 POC (Abb. 32)

Die POC Konzentrationen schwankten zwischen $4,1$ und $47,73 \mu\text{g l}^{-1}$. Die Bereiche maximaler POC Konzentrationen lagen im Abstand von 10 bis 15 sm deutlich außerhalb der Bereiche maximaler Sestonkonzentrationen. Ein Kernbereich maximaler POC Konzentrationen von $\geq 28 \mu\text{g l}^{-1}$ befand sich auf $74^\circ 30' - 74^\circ 40' \text{ N}$ und $14^\circ 30' - 15^\circ 30' \text{ E}$. Diese nach Südosten geöffnete POC Wolke reichte von 1000 m bis auf 2000 m Tiefe hinab, wobei der Bereich maximaler POC Konzentrationen über der 1500 m Tiefenlinie lag. Die Entfernung zum Zentrum des Hochakkumulationsgebietes betrug 35 sm. Ein weiterer Kernbereich mit POC Konz. $\geq 28 \mu\text{g l}^{-1}$ und einer Ausdehnung von $\sim 350 \text{ km}^2$ befand sich auf $74^\circ 50' \text{ N}$ $16^\circ 00' \text{ E}$ am westlichen Ausgang des Kveitehola 35 sm entfernt vom Zentrum der Hochakkumulation.

Über dem Hochakkumulationsgebiet wurde der nördliche Bereich einer von Süd nach Nord verlaufenden 240 km² großen POC-Wolke mit Werten $\geq 24 \mu\text{g l}^{-1}$ festgestellt, deren Lage mit dem nördlichen Attenuationsmaximum übereinstimmte.

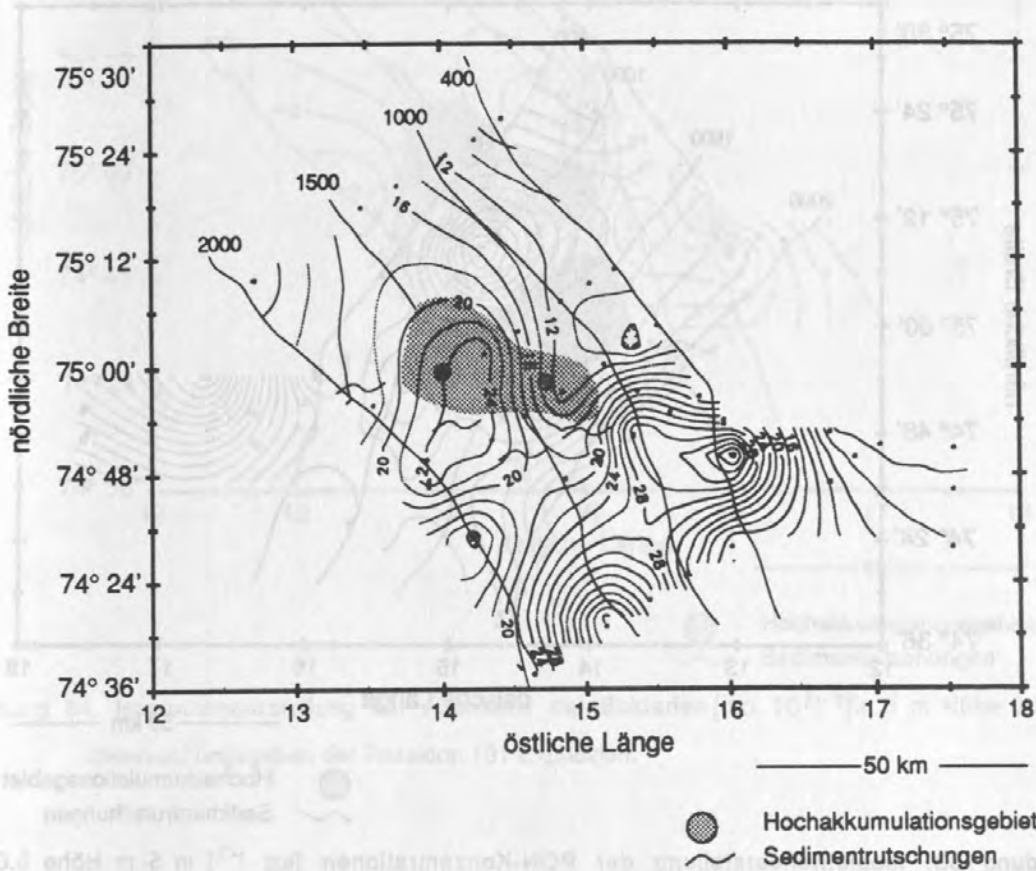


Abbildung 32. Isolethendarstellung der POC-Konzentrationen [$\mu\text{g l}^{-1}$] in 5 m Höhe ü.Gr. im Untersuchungsgebiet der Poseidon 181 Expedition.

5.5 PON (Abb. 33)

Die PON Konzentrationen schwankten zwischen 0,9 und 10,4 $\mu\text{g l}^{-1}$. Es wurden drei Bereiche maximaler PON Konzentrationen festgestellt: Ein 5-7 $\mu\text{g l}^{-1}$ umfassender Bereich im Kveitehola, der sich bis zur 400 m Tiefenlinie erstreckte. Ein weiterer mit Konzentrationen von 5-8 $\mu\text{g l}^{-1}$ ~ 300 km² großer Bereich über und bis 10 sm nördlich der Hochakkumulation mit Zentrum über der 1000 m Tiefenlinie;

und ein $\sim 270 \text{ km}^2$ großer Bereich mit $4\text{-}6 \mu\text{g PON l}^{-1}$ über der 1500 m Tiefenlinie in einer Entfernung von 10 km vom westlichen Zentrum der Hochakkumulation.

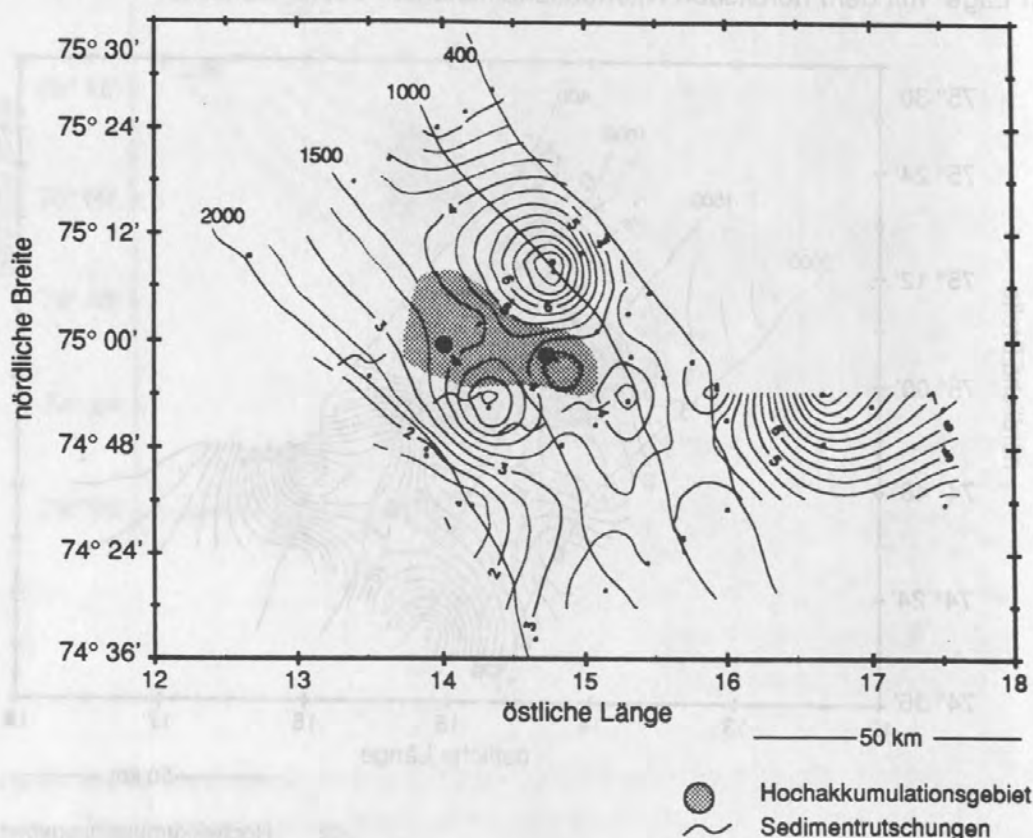


Abbildung 33. Isoplethendarstellung der PON-Konzentrationen [$\mu\text{g l}^{-1}$] in 5 m Höhe ü.Gr. im Untersuchungsgebiet der Poseidon 181 Expedition.

5.6 Bakteriendichte (Abb. 34)

Die Abundanz der Bakterien schwankte zwischen $0,6 - 4,7 \cdot 10^7$ Bakterien l^{-1} . Ein Bereich mit $\geq 3 \times 10^7$ ind. l^{-1} erstreckte sich sichelförmig bei $74^\circ 40' \text{ N}$, 14° E beginnend und nach Nordwesten geöffnet über das Hochakkumulationsgebiet. Ein $\sim 500 \text{ km}^2$ großer Bereich maximaler Bakterienabundanz mit Bakteriendichten $\geq 4 \times 10^7$ ind. l^{-1} umfaßte die beiden nördl. und südl. gelegenen Kernbereiche maximaler PON Konzentrationen und lag demzufolge über dem Hochakkumulationsgebiet.

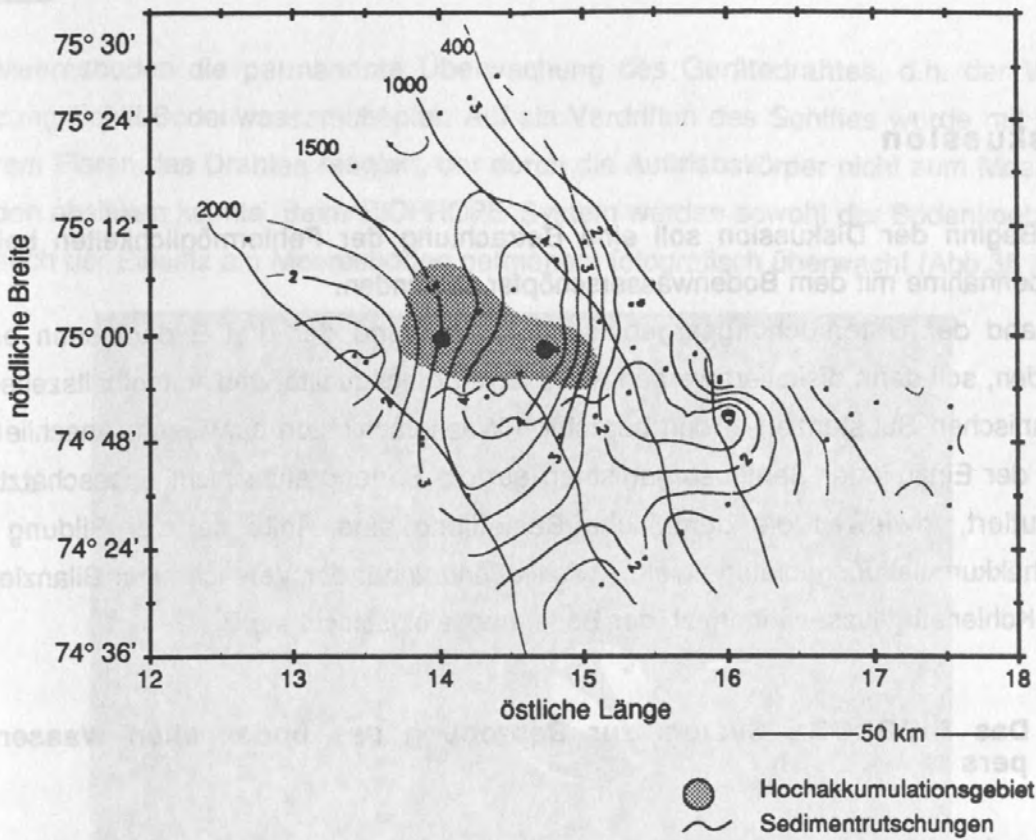


Abbildung 34. Isoplethendarstellung der Abundanz der Bakterien [$\text{ind. } 10^7 \text{ l}^{-1}$] in 5 m Höhe ü.Gr. im Untersuchungsgebiet der Poseidon 181 Expedition.

Diskussion

Zu Beginn der Diskussion soll eine Betrachtung der Fehlermöglichkeiten bei der Probennahme mit dem Bodenwasserschöpfer stattfinden.

Anhand der Untersuchungsergebnisse, die während der drei Expeditionen erzielt wurden, soll dann diskutiert werden, welche Nahrungsqualität und Aufenthaltszeiten die organischen Substanzen in den beprobten Wasserschichten aufwiesen. Anschließend wird der Einfluß der Benthosorganismen auf die Bodengrenzschicht abgeschätzt und diskutiert, inwieweit die benthische Besiedlung eine Rolle bei der Bildung von Hochakkumulationsgebieten spielt. Abschließend findet der Versuch einer Bilanzierung des Kohlenstoffflusses innerhalb der Bodennepheloidschicht statt.

4.1 Das BIOPROBE System zur Beprobung des bodennahen Wasserkörpers

In der Literatur sind mehrfach Geräte zur sedimentologischen Untersuchung der Bodennepheloidschicht beschrieben. (Cacchione & Drake 1979; Sternberg *et al.* 1986; Kineke & Sternberg 1989; McCave 1991). Diese Geräte können kleine Wasserproben (1-2 l) aus definierten Abständen über dem Meeresboden aufnehmen und, unterstützt von Meßsonden, Profile der Strömungsgeschwindigkeit und Partikelkonzentration ermitteln. Um biogeochemische Analysen von Wasserproben aus dem bodennahen Bereich durchführen zu können, sind jedoch größere Probenvolumina von 8-20 l nötig. Die beiden für die vorliegenden Untersuchungen eingesetzten Bodenwasserschöpfer konnten Proben von jeweils 8 bis 16 l aufnehmen, was biogeochemische Analysen der bodennahen Wasserschichten ermöglichte.

Folgende Fehler können bei der Probennahme bodennahen Wassers aus der Tiefsee auftreten und wurden bei den Einsätzen der Bodenwasserschöpfer vermieden:

Unkontrolliertes Absetzen (das Gerät fällt um, wird über Grund geschleift): Ein kontrolliertes Absetzen des Bodenwasserschöpfers auf den Meeresboden war über die Pingerkontrolle und die Zulentlastungsanzeige möglich (vergl. Abb.9). Anhand des Gerätesignals auf dem Pingerkontrollmonitor konnte der Zeitpunkt des Bodenkontaktes des Gerätes präzise bestimmt werden. Die Fiergeschwindigkeit wurde dementsprechend vorher von 1 m s^{-1} auf $0,3 \text{ m s}^{-1}$ reduziert. Mit dem Zulentlastungsschreiber wurde eine Gegenkontrolle des Zeitpunktes des Bodenkontaktes durchgeführt. Über den Pingerkontrollmonitor erfolgte während des Einsatzes am

Meeresboden die permanente Überwachung des Gerätedrahtes, d.h. der Verbindung Schiff/Bodenwasserschöpfer. Auf ein Verdriften des Schiffes wurde mit weiterem Fieren des Drahtes reagiert, der durch die Auftriebskörper nicht zum Meeresboden absinken konnte. Beim BIOPROBE System werden sowohl der Bodenkontakt als auch der Einsatz am Meeresboden permanent fotografisch überwacht (Abb.35 A,B).

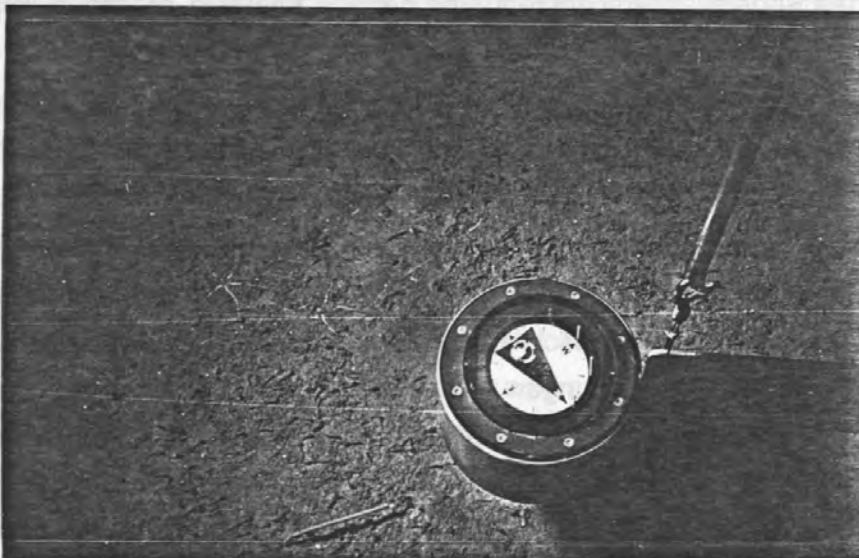
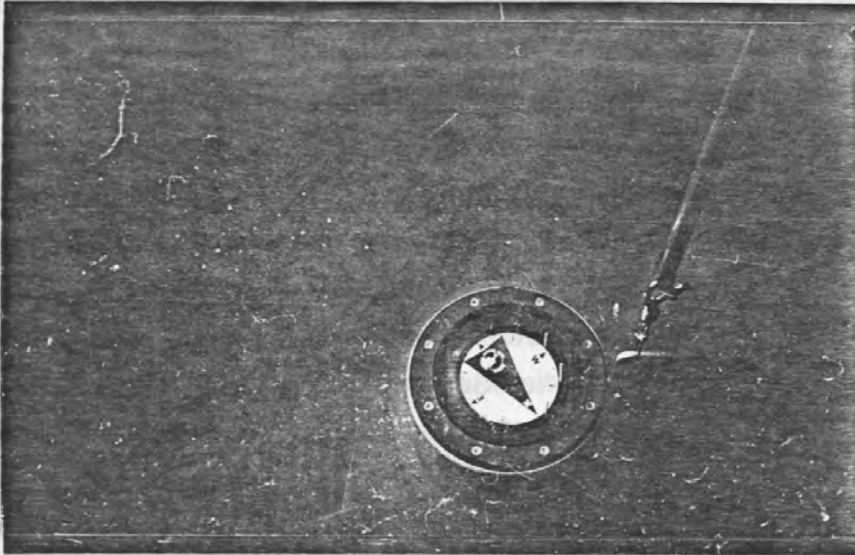


Abbildung 35 A,B. Fotografische Überwachung von Bodenkontakt und Einsatz am Meeresboden beim BIOPROBE System (Abb.35 A,B). Zwischen den in Abbildung 35 gezeigten Fotografien vom Meeresboden liegt ein Zeitintervall von einer Minute. Das Bild A zeigt den Bodenwasserschöpfer unmittelbar nach dem Aufsetzen auf den Meeresboden. Die Stange am linken oberen Bildrand von Abbildung 35 B dient zur Bestimmung der Eindringtiefe ins Sediment. Aus der Fotografie der Abbildung 35 B ist ersichtlich, daß BIOPROBE etwa 1 cm ins Sediment eindrang.

Zwischen den in Abbildung 35 gezeigten Fotografien vom Meeresboden liegt ein Zeitintervall von einer Minute. Das Bild A zeigt den Bodenwasserschöpfer unmittelbar nach dem Aufsetzen auf den Meeresboden. Anhand der Bilder wird deutlich, daß aufgewirbeltes Sediment innerhalb kurzer Zeit verdriftet.

Das Gerät dringt zu tief in den Meeresboden ein, die Probennahme erfolgt nicht in den angegebenen Höhenhorizonten: Die Eindringtiefe des Bodenwasserschöpfers wurde fotografisch ermittelt. Die Stange am linken oberen Bildrand von Abbildung 35 B dient zur Bestimmung der Eindringtiefe ins Sediment. Diese Stange, die an Bord des Forschungsschiffes so befestigt wird, daß sie Bodenkontakt hat, ist zentral am Bodenwasserschöpfer angebracht. Die an der Stange erkennbare untere Markierung befindet sich 2 cm über ihrem Ende. Aus der Fotografie der Abbildung 35 B ist ersichtlich, daß BIOPROBE etwa 1 cm ins Sediment eindrang. Die großen Fußplatten des Gerätes und das geringe Gewicht im Wasser (~100 kg) bewirken die geringen Eindringtiefen auch in feine Sedimente. Bei der ersten Version des Bodenwasserschöpfers diente zur Bestimmung der Eindringtiefe ein mit Fett gefülltes Lot. Auch bei diesem Gerät, welches mit großen Fußplatten ausgerüstet war und ein geringeres Gewicht unter Wasser aufwies (~50 kg), wurden maximale Eindringtiefen von 2 cm festgestellt. Da keine Kameraüberwachung stattfand, war bei der ersten Version des Bodenwasserschöpfers eine genaue Kontrolle allerdings nicht möglich. Die Höhe der Probennahme betrug demnach 10, 15, 25 und 40 cm \pm 2 cm über Grund.

Überlappende Probennahme: Die eindeutigen Gradienten der Sauerstoff -und Partikelkonzentrationen (vergl. Abb. 12-21) können als deutlicher Beleg dafür angesehen werden, daß dieser Fehler bei der Probennahme auszuschließen war.

Die Ansauggeschwindigkeit stimmt nicht mit der freien Flußgeschwindigkeit überein: Die Einstellung der Ansauggeschwindigkeiten an den Wassereinlässen über unterschiedlich weite Ansaugöffnungen vermindert Fehler bei der Probennahme, die aufgrund von Unterschieden zwischen Strömungs- und Ansauggeschwindigkeit entstehen können. Um eine überhöhte Probennahme bestimmter Partikelgrößen zu vermeiden, sollte die Ansauggeschwindigkeit nicht mehr als 50% von der Strömungsgeschwindigkeit abweichen (Muschenheim *et al.* 1986). Bei dieser Abweichung beträgt der Fehler für Partikel der Größen 150 μ m 7% während er bei einer Partikelgröße von 62 μ m lediglich 1,6% ausmacht (Sundborg 1956). Das Bioprobe System saugte mit einer bis zu 40% von der Strömungsgeschwindigkeit abweichenden Ansauggeschwindigkeit an. Bei der im Untersuchungsgebiet dominierenden feinen Partikelgröße von 3 μ m ist auch bei einer höheren Abweichung kein verfälschender Einfluß zu erwarten. Allerdings muß im bodennahen Bereich der Tiefsee mit dem Auftreten von Aggregaten (Kranck 1980; McCave 1984) gerechnet

werden. Diese bis zu mehreren Millimetern großen Partikel sind sehr fragil und entsprechend schwierig zu beproben. (Honjo *et al.* 1984, Krank & Milligan 1985). Es ist anzunehmen, daß Aggregate bei Annäherung an die Ansaugöffnungen zerbrechen, um dann als kleinere Partikel eingesaugt zu werden. Diese Vermutung wurde allerdings bisher nicht bestätigt. Aufschluß darüber könnte eine am Gerät angebrachte Partikelkamera geben, die zur Untersuchung der Sinkgeschwindigkeit und des Verhaltens von Aggregaten im Bereich des Scherfeldes der Ansaugstutzen eingesetzt werden würde. Kineke und Sternberg (1989) benutzten die von Gibbs (1985) empirisch ermittelte Beziehung zwischen Aggregatgröße und deren Sinkgeschwindigkeit, um einen Methodenvergleich zwischen einem Settling Cylinder und einer Partikelkamera durchzuführen. Die Ergebnisse lassen eine Partikelkamera zur Feststellung der Sinkgeschwindigkeiten von Partikeln $\geq 50 \mu\text{m}$ geeignet erscheinen.

Der gesamte Geräteaufbau von BIOPROBE wurde in Anlehnung an bisher erfolgreich eingesetzte Bodenwasserschöpfer durchgeführt. Speziell das von Sternberg *et al.*, (1986) vorgestellte Gerätesystem GEOPROBE zur sedimentologischen Untersuchung der Bodennepheloidschicht diente als Vorlage bei Bau (und Namensgebung) von BIOPROBE. GEOPROBE besteht ebenfalls aus einem Dreibein mit Instrumentenkäfig, ist mit Strömungsmessern und Transmissiometern ausgerüstet und pumpt Wasser aus definierten Höhenhorizonten bis 1 m ü.Gr. in Probenbehälter, die allerdings nur ein Fassungsvermögen von je 2,5 l aufweisen. Die Konzeption der Ansaugstutzen weicht von der des BIOPROBE Systems ab. Die bei BIOPROBE eingesetzten Ansaugstutzen von Eversberg (1991) wurden am Institut für Strömungsmechanik der Universität Hannover überprüft und als funktionstüchtig bewertet.

Parallelproben: Da die Probennahme am Kontinentalhang mit einem erheblichen Zeitaufwand verbunden ist, wurde auf die Entnahme von Parallelproben verzichtet. Ritzrau (1990) gibt für vier Wiederholungseinsätze eine mittlere Fehlerbreite von 5 % an. Es wird davon ausgegangen, daß der bei den Messungen am Kontinentalhang möglicherweise aufgetretene Fehler das Gesamtergebnis der Untersuchungen nicht verändert.

Das neue BIOPROBE System konnte während der Meteor 17-1 Expedition erfolgreich eingesetzt werden. Das Gerät drang niemals tiefer als 2 cm in den Meeresboden ein. Die unterschiedlichen Einstellmöglichkeiten und der modulare Aufbau erlauben ein vielseitiges Beprobungsprogramm. Einsätze am Meeresboden von mehr als 15 min. Dauer können unter Zuhilfenahme von Transpondern durchgeführt werden. Der Konstruktionsfehler an der Platinenschaltung, durch den beim Ausfall einer Strömungs-sonde die anderen Sonden funktionsuntüchtig wurden, konnte behoben werden. Für die Stabilität des Gerätes bedeutete der 4. Einsatz eine harte Prüfung: BIOPROBE

wurde nach Verlust des Gerätes aus 1300 m Tiefe mit einem 9 km langen Schleppdraht in einer achtstündigen Bergungsaktion gedredged und wieder an Bord geholt. Der Draggen, der das Gerät gefischt hatte, zerstörte bei dem Einsatz lediglich einen Strömungsmesser. Zwei Beine des Gerätes waren bei dem 40 minütigen Übergrundscheifen geknickt und konnten an Bord repariert werden.

Zur Weiterentwicklung des Gerätes sollte eine software-gesteuerte, von Deck aus bedienbare Regelung der Pumpleistung angestrebt werden. Als Modifizierung bietet sich auch die ereignisgesteuerte Probennahme an. Hierbei wird über die 8 Kanal-Platine ein bestimmter Schwellenwert der Transmission oder Strömung einprogrammiert, nach dessen Erreichen BIOPROBE mit der Messung und Probennahme beginnt.

4.2 Vergleich der Partikelkonzentrationen in der Bodennepheloidschicht

Vergleichbare Untersuchungen zur Bodennepheloidschicht in Schelfgebieten und der Tiefsee wurden von Townsend *et al.* (1992) und Smith *et al.* (1987) durchgeführt. Townsend *et al.* (1992), die die Bodennepheloidschicht im Golf von Maine untersuchten, stellten im gleichen Konzentrationsbereich wie die am Barents See Hang befindliche POC, PON, und Chl. äqui. Gehalte bei 200 m Wassertiefe in 20, 30, 40 und 50 cm Höhe ü.Gr. fest. Die Sestonkonzentrationen lagen jedoch im Golf von Maine 50-75% unter denen des Barents See Hanges, während die Bakterienabundanzen im Golf etwa 100% höher lagen. Ergebnisse zur Bakterienabundanz im bodennahen Wasser liegen von Smith *et al.* (1987) aus dem Santa Catalina Becken (1300 m) vor. In diesem Untersuchungsgebiet lagen die Bakterienwerte mit $\sim 8 \times 10^7$ ind. l^{-1} in 1 m Höhe ü.Gr. innerhalb, der Anteil der partikelgebundenen Bakterien mit 7% deutlich unter den Größenbereichen, die am Barents See Hang gemessen wurden.

4.3 Hydrodynamische Sortierung innerhalb der partikulären organischen Fraktion

Der Verlauf eines Konzentrationsprofils wird in Bodennähe sowohl von der Sinkgeschwindigkeit der Partikel als auch von der Bodenrauigkeit bestimmt, wodurch Partikel entweder in Suspension oder als Bedload transportiert werden (Rouse 1937, McCave 1972). Je höher die Bodenschubspannung, desto weniger Partikel können sedimentieren. Nowell & Jumars (1984) wiesen darauf hin, daß sich Partikel mit verschiedenen Sinkgeschwindigkeiten innerhalb einer Strömung unterschiedlich verhalten, und Mueschenheim (1987 A,B) konnte in Strömungskanal-Experimenten zeigen, daß eine hydrodynamische Sortierung der Partikel innerhalb der Bodengrenzschicht stattfindet. Dabei entstehen Flußprofile, die "top heavy" für die leichtere organische Fraktion (d.h.

die Partikelkonzentration nimmt in die Wassersäule hinein zu) und "bottom heavy" für die schwerere anorganische Fraktion sind (d.h. die Partikelkonzentration nimmt in die Wassersäule hinein ab).

In der vorliegenden Untersuchung wird bei Betrachtung der Profilverläufe von POC und Chlorophylläquivalent der Hangstationen 431-425 (Abb. 11, 13, 15, 17, 19) deutlich, daß eine hydrodynamische Sortierung innerhalb der organischen Fraktion stattfand.

Das über alle Stationen über Medianwerte berechnete charakteristische Konzentrationsprofil für Chl. äqui. (Abb. 23 A) zeigt eine Abnahme des Chl. äqui. Gehaltes mit Abstand zum Meeresboden bis in 40 cm Höhe und erreicht 500 cm ü.Gr. den Minimalwert. Phytodetritus erweist sich demnach als Material der "schwereren" organischen Fraktion mit daraus resultierender höherer Sinkgeschwindigkeit.

Das Konzentrationsprofil für POC (Abb. 23 B) zeigt eine Zunahme des POC Gehaltes mit Abstand zum Meeresboden bis in 40 cm Höhe. Dieser Konzentrationsanstieg führt zu der Annahme, daß POC innerhalb der partikulären Substanzen die leichte organische Fraktion mit geringer Dichte und Sinkgeschwindigkeit darstellt.

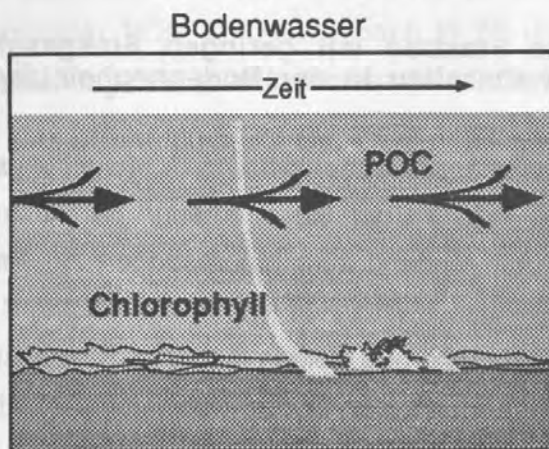


Abbildung 36. Konzentrationsprofile für POC und Chlorophylläquivalente innerhalb der beprobten bodennahen Wasserschichten. Das unterschiedliche Verhalten der beiden Partikelgruppen führt zu der Annahme, daß eine hydrodynamische Sortierung innerhalb der organischen Fraktion stattfand.

Die Tatsache, daß diese beiden organischen Stoffklassen ein so unterschiedliches Verhalten aufweisen, führt zu der These, daß sie unterschiedlich lange Aufenthaltszeiten in der Bodennepheloidenschicht haben. Dementsprechend würde das Strömungsregime innerhalb dieser Schicht einen unterschiedlich starken Einfluß auf Chlorophyll und POC ausüben (Abb. 36).

Untersuchungen von McCave (1991) zeigen, daß Nepheloidschichten mit geringen Partikelkonzentrationen größtenteils aus feinen, langsam sinkenden Partikeln bestehen. Bei Konzentrationen von $\leq 200 \text{ mg m}^{-3}$ haben mehr als 50% der Partikel Sinkgeschwindigkeiten unter $2 \times 10^{-4} \text{ cm s}^{-1}$ und sind kleiner als $3 \text{ }\mu\text{m}$. Bei einer 20 m dicken Nepheloidschicht hätten diese Partikel Halbwertszeiten von ~ 2 Jahren. Der Anteil der feinen Fraktion an der Gesamtheit der Partikel geht bei einer Konzentrationszunahme zurück (McCave 1991). Die gröbere Fraktion ($\geq 60 \text{ }\mu\text{m}$) sinkt schneller zum Meeresboden. Es ergäbe sich für diese Fraktion eine Halbwertszeit von nur 2 Tagen. $^{234}\text{Thorium}$ Untersuchungen von Bacon und v.d. Loeff (1989) ergaben Halbwertszeiten von ~ 25 Tagen für Partikel aus der Boden-Nepheloidschicht. Die Proben wurden mit Pumpen über eine $0,45 \text{ }\mu\text{m}$ Filtration gewonnen und stellten somit eine Mischung aus feinen und größeren Partikeln dar.

Die Ergebnisse zum charakteristischen Verhalten der Partikel am Barents See Kontinentalhang zeigen, daß diese unterschiedliche Aufenthaltszeiten in der Boden-nepheloidschicht haben.

4.3.1 Die "leichte" organische Fraktion mit geringen Sinkgeschwindigkeiten und langen Aufenthaltszeiten in der Boden-nepheloidschicht

Die Sestonkonzentration in der Boden-nepheloidschicht des Untersuchungsgebietes lag bei etwa 7 g m^{-3} . Der Anteil des POC an der Gesamtmenge partikulären Materials betrug bis zu 3 %. POC nahm mit Abstand zum Meeresboden zu. Partikel dieser Fraktion mit geringer Dichte und Sinkgeschwindigkeit sind in der "leichten" organischen Fraktion angereichert, folgen der Strömung und bleiben länger in Suspension. Dadurch gewinnt das Strömungsregime innerhalb der Boden-Nepheloidschicht eine hohe Bedeutung für die Verbreitung von POC.

Bodungen *et al.* (1991) berichten von erhöhten POC Flüssen in bodennahen Sinkstoffallen in der Norwegischen See. Der POC Fluß war 300 m ü.Gr. mehr als 1,8 mal höher als 2300 m ü.Gr. Die Anreicherung von POC in bodennahen Sinkstoffallen unterstützt die These von der Zugehörigkeit zur "leichten" Fraktion.

Das C/N Verhältnis in den Fallenproben schwankte ohne saisonalen Trend zwischen 14 und 21. In der vorliegenden Untersuchung belegen die hohen C/N Verhältnisse (im Mittel 15) in den bodennahen Wasserproben am Barents See Kontinentalhang während der Meteor 13 Expedition, daß es sich beim POC größtenteils um refraktäres, schwer abbaubares Material handelt. Die Partikel haben entweder viele Resuspensionsschleifen durchlaufen und/oder sind terrestrischen Ursprungs. Wenn die Aufenthaltszeit des POC von der der Chlorophylläquivalent aufgrund unterschiedlicher Sinkgeschwindigkeiten abweicht, so dürften die bei einer Probennahme mit dem Bodenwasserschöpfer

gewonnenen POC und Chlorophylläquivalent Partikel größtenteils nicht den gleichen Ursprung haben. Der geringe Anteil der Chlorophylläquivalente am POC von $\leq 0,5\%$ liefert einen weiteren Hinweis für diese These. Ein geringer Prozentsatz des POC dürfte an das Chlorophyll gekoppelt sein und sich innerhalb der Bodennepheloidschicht ähnlich verhalten. Der Großteil des POC ist jedoch nicht mit dem Chlorophyll gekoppelt, sondern müßte einer anderen, zeitlich und räumlich getrennten Kohlenstoffquelle entstammen. Die hohen C/N Werte charakterisieren POC, welches möglicherweise als dominierendes "Hintergrundrauschen" eine saisonal auftretende, frische Kohlenstoffzufuhr aus der euphotischen Zone überdeckt. (Abb. 36).

Die direkte Nutzung des refraktären POC innerhalb der Bodennepheloidschicht als Nahrungsquelle scheint von geringer Bedeutung zu sein. Das Material hat geringen Nährwert, wird größtenteils außerhalb der Reichweite von Benthosorganismen transportiert und sinkt aufgrund geringer Sinkgeschwindigkeiten nur langsam zu Boden. Die bakterielle Epiflora auf diesen Partikeln würde ein nutzbares Nahrungspotential darstellen, auch wenn der Anteil des BOC am POC lediglich $\sim 1\%$ betrug. Beim Vergleich der Bakteriendaten mit den POC Konzentrationsprofilen wird deutlich, daß die Bereiche maximaler POC Konzentrationen in 25 und 40 cm Höhe ü.Gr. mit denen maximaler Bakteriengröße übereinstimmen [$P \leq 0,05$] (Abb. 37).

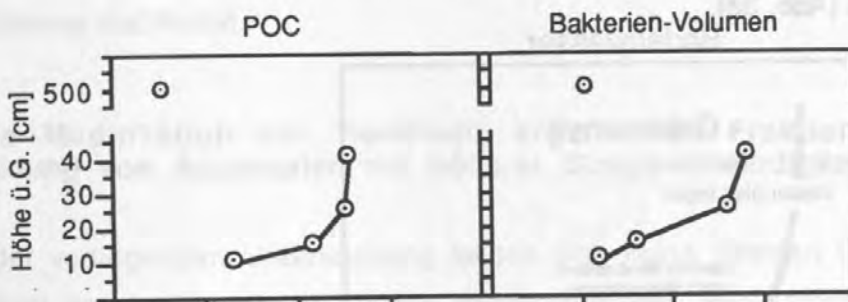


Abbildung 37. Vergleich des charakteristischen POC-Konzentrationsprofils mit dem Medianprofil der Bakterienvolumina im Bodenwasser aller Stationen, berechnet aus Medianwerten gleicher Höhenhorizonte

Jumars *et al.* (1990) weisen darauf hin, daß Energie aus refraktärem terrestrischen Material (Karbohydrate, Chitin) durch mikrobiellen Abbau freigesetzt werden kann. Ihr Anteil in Tiefseesedimenten beträgt mindestens 20% der organischen Substanz (Prahll & Mühlhausen 1989). Der Anteil der identifizierbaren organischen terrestrischen Substanz in Sedimenten des Untersuchungsgebietes betrug bis sogar zu 60% (Wagner pers. Mittlg.). Über einen speziellen mikrobiellen Abbau könnte refraktäres Material

ohne Bakterienbesiedlung z.B. in den Mägen von Depositfressern mittels bakterieller Fermentierer verarbeitet werden (Plante *et al.* 1989).

Um in den Einflußbereich von Benthosorganismen zu gelangen, müßte sich allerdings die Sinkgeschwindigkeit von POC erhöhen.

4.3.2 Die "schwere" organische Fraktion mit hohen Sinkgeschwindigkeiten und kurzen Aufenthaltszeiten in der Bodennepheloidschicht

Aggregierter Phytodetritus sinkt mit vergleichsweise hoher Geschwindigkeit von $0,1-0,2 \text{ cm s}^{-1}$ zum Meeresboden (Aldrege & Silver 1988). Dort bilden sich durch die Bodenströmung größere Aggregate. Experimentell ermittelte Sinkgeschwindigkeiten dieses "Fluffs" erhöhten sich dabei auf $0,35 \text{ bis } 1,2 \text{ cm s}^{-1}$ (Lampitt 1985). Jumars *et al.* (1990) beschreiben Fluff, der sich während ihrer 6-8 stündigen Tauchgänge mit "Alvin" wie "Steppenhexen" (verglb. Wollmäusen) über Grund bewegt.

Die in Bodennähe zunehmenden Chlorophyllkonzentrationen im Barents See Untersuchungsgebiet zeigen in der vorliegenden Arbeit die Zugehörigkeit des Phytodetritus zur "schweren" organischen Fraktion. Diese organischen Partikel mit hoher Sinkgeschwindigkeit haben demzufolge nur geringe Aufenthaltszeiten in der bodennahen Wasserschicht, das Strömungsregime wirkt sich nur geringfügig auf deren Verteilung aus (Abb. 38).

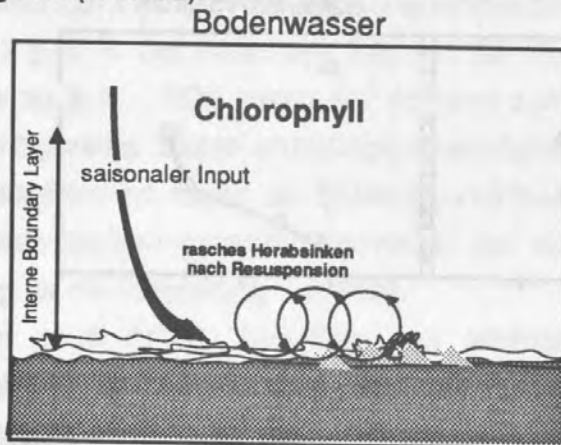


Abbildung 38. Prozesse in der Bodennepheloidschicht, die die Aufenthaltszeit von Phytodetritus (i.e. Chlorophyll) beeinflussen.

Der in Kapitel 3.6 und 4.2 beschriebene signifikante Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Chlorophylläquivalent Konzentration im bodennahen Bereich und der im Sediment befindlichen Chlorophyllmenge der Stationen am Kontinentalhang liefert ein weiteres Indiz, daß Chlorophyll (i.e. Phytodetritus) zur schweren organischen

Fraktion gehört und daher in der Verbreitung regional begrenzt ist. Die während der Meteor 13 und Meteor 17 ermittelten Sediment-Chlorophyllwerte korrelierten mit hohen Bodenwasserwerten (vergl. Anhang Tab. 1 und 6).

Als Erklärung für dieses Phänomen bieten sich folgende Überlegungen an:

Aufgrund eines Nahrungspulses frischen Materials aus der euphotischen Zone erreichten größere Mengen Phytodetritus den Meeresboden.

Während des Zeitraumes der Meteor 13 und 17 Expedition war das Material bereits in das Oberflächensediment über Bioturbation eingetragen worden.

Durch biologische und physikalische Resuspension gelangte ein Bruchteil des Phytodetritus in die bodennahen Wasserschichten, sank jedoch aufgrund seiner vergleichsweise hohen Sinkgeschwindigkeit nach kurzer Zeit zum Meeresboden und wurde nicht oder nur in geringem Maße wegtransportiert.

Es fand demnach eine permanente kleinräumige Resuspension und anschließende Deposition des Materials statt.

Der wiederholte Bodenkontakt des Phytodetritus und die Kompaktion und Aggregation des Materials mit dem Sediment verändern die Sinkeigenschaften des Materials. Neben der Aggregation des Phytodetritus in der oberen Wassersäule, der weiteren Aggregation und Disaggregation des Materials auf dem Weg zum Meeresboden und der Kompaktion auf und mit dem Sediment kann im bodennahen Bereich eine weitere Art der Aggregatbildung stattfinden.

4.3.3 Die Modifikation der "leichten" organischen Fraktion (POC) zur Bildung von Aggregaten mit höherer Sinkgeschwindigkeit

Anhand der vorliegenden Untersuchung lassen sich keine direkten Beweise für die Anwesenheit von bodennah gebildeten Aggregaten des POC anführen, da keine Fotografien von Aggregaten mithilfe einer Partikelkamera existieren und durch die Probennahme die Aggregate höchstwahrscheinlich zerbrochen. Es bestehen lediglich indirekte Hinweise auf das Vorhandensein von Aggregaten aus der POC-Fraktion im Bodenwasser.

Das in der "leichten" organischen Fraktion angereicherte POC könnte über anorganische Partikelflocculation (Kranck 1981; Gibbs 1985), physikochemische und mikrobiell-induzierte Aggregatbildung (Biddanda 1985; Muschenheim *et al.* 1989) sowie Pelletbildung durch Organismen seine langsame Sinkgeschwindigkeit erhöhen, worauf das Material beim Absinken in die vom Benthos erreichbaren Wasserschichten gelangt (Kineke & Sternberg 1989). Maximale Aggregatkonzentrationen im Tiefenwasser und im Einflußbereich des Benthos wurden von Asper (1987) beschrieben. Untersuchungen von Gardener & Walsh (1990) belegen, daß am mittleren Kontinentalhang der

Partikeltransport in Form größerer Aggregate ($\geq 500 \mu\text{m}$) stattfindet. Auch bei geringer bakterieller Abundanz können Aggregate durch die Exudate der Bakterien gebildet werden (Muschenheim et al. 1989). Auf Aggregaten sitzen große Bakterien, freilebende Formen sind vom coccoiden Typ (Turley 1991). Das Vorkommen von Partikeln mit unterschiedlicher Sinkgeschwindigkeit, Turbulenzen, hohe POC Konzentrationen, erhöhte bakterielle Biomasse sowie ein hoher Anteil anorganischer Partikel bilden nach Kranck (1980) und McCave (1984) eine Voraussetzung zur physikochemische und biologischen Aggregatbildung.

In der vorliegenden Untersuchung waren diese Voraussetzungen und Fakten zur Aggregatbildung in 25 bis 40 cm Höhe ü.Gr. am Barents See Kontinentalhang gegeben. Innerhalb der partikulären Substanz in diesen Wasserschichten traten Partikel mit unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten auf. Die Bodenrauigkeit sowie die Strömung erzeugten Turbulenzen, die POC -und PIM Konzentrationen waren hoch, ebenso die bakterielle Biomasse.

Der Anteil der partikelgebundenen Bakterien in diesem Wasserkörper zwischen 10 und 40 cm Höhe ü.Gr. lag zwischen 35-65% und es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen größeren Bakterien und erhöhten POC-Konzentrationen nachgewiesen werden (vergl. Abb. 37). Es besteht daher Grund zu der Annahme, daß Aggregatbildung innerhalb der "leichten" organischen Fraktion (POC) im Untersuchungsgebiet stattfand (Abb. 39).

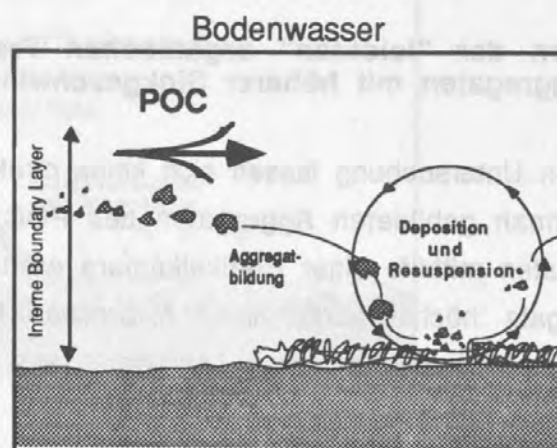


Abbildung 39. Prozesse in der Bodennepheloidschicht, die die Aufenthaltszeit der "leichten" POC Fraktion beeinflussen. POC könnte über anorganische Partikelflocculation, physikochemische und mikrobiell-induzierte Aggregatbildung sowie Pelletbildung durch Organismen seine Sinkgeschwindigkeit erhöhen.

Bodennahe Zooplanktonfänge auf den Stationen am Barents See Hang zeigten, daß sich größere Mengen Copepoden, Amphipoden, Isopoden, Decapoden und Mysidaceen in der Bodennepheloidschicht aufhielten (Brattegard, Linke pers. Mittlg.). Dieses Zooplankton beeinflusst chemische und biologische Prozesse in der Bodennepheloidschicht und kann die Partikelzusammensetzung über Pelletbildung verändern (Smith 1982; Wishner & Gowing 1987). Fecal Pellets, die in diesen Wasserkörper gebildet werden, sinken zum Meeresboden (Cherry & Higgo 1978, Noji *et al.* 1990).

Die Depositionsrates des in der "leichten" organischen Fraktion angereicherten POC würde dementsprechend stark von der Aggregatbildung gesteuert (McCave 1984). *In situ* Bestimmungen der Sinkgeschwindigkeit von Aggregaten zeigten, daß ihr Sinkverhalten dem von Quarzkörnern vergleichbar ist. Die Meßwerte liegen bis zu zwei Größenordnungen über den anhand der Stokesschen Gleichung oder über eine Gewichtsbestimmung dissaggregierter Proben berechneten Sinkgeschwindigkeiten (Kineke & Sternberg 1989).

Es muß jedoch angenommen werden, daß nur ein geringer Prozentsatz des POC eine Aggregatbildung durchläuft und die Sinkgeschwindigkeit erhöht, da das charakteristische POC Profil insgesamt auf Partikel geringer Sinkgeschwindigkeit hinweist. Literaturdaten zum Anteil von Aggregaten an der Gesamtmenge der für die Aggregation zur Verfügung stehenden Partikelmenge lagen für die vorliegenden Untersuchungen nicht vor.

In Tabelle 5 sind anhand von Literaturdaten die verschiedenen Sinkgeschwindigkeiten von Partikeln unterschiedlicher Größe und Zusammensetzung dargestellt. Die Daten wurden als weiteres Indiz für die in der vorliegenden Arbeit aufgestellte Behauptung von der unterschiedlichen Aufenthaltszeit der Partikel in der Bodennepheloidschicht gewertet.

Tabelle 5. Literaturdaten zur Sinkgeschwindigkeit von Partikeln unterschiedlicher Größe und Zusammensetzung

		Sinkgeschwindigkeit [cm / s]
Feine Partikel [3 µm]	McCave, 1991	0.0001
Grobe Partikel [60 µm]	McCave, 1991	0.01
Aggregierter Phytodetritus	Aldrege & Silver, 1988	0.1-0.2
Aggregate	Kineke & Sternberg, 1989	0.2
Fluff	Lampitt, 1985	0.3-1.2
Pellets	Cherry & Higgo, 1978	
	Noji <i>et al.</i> (1989)	0.5-1.1

4.4 Physikalische und biologische Deposition und Resuspension der partikulären organischen Substanz.

Aggregierter Phytodetritus gelangt nach dem Absinken aus der euphotischen Zone, dem Auftreffen auf den Meeresboden und Resuspensionsvorgängen wegen seiner erhöhten Sinkgeschwindigkeit immer wieder in unmittelbare Bodennähe. Sedimentcharakteristika und das Vorkommen von Benthosorganismen können diesen Vorgang beeinflussen und verstärken. Jumars & Nowell (1984) zeigten, daß Benthosorganismen die Bodenrauigkeit verändern und damit passiv und aktiv die Depositionsrate von Partikeln beeinflussen können. Die Stoffwechselprodukte von Benthosorganismen bewirken eine veränderte Erhöhung der kritischen Bodenschubspannung bis um den Faktor 2 (Grant 1983).

Bodenunebenheiten wie Rippel und Gräben sowie isoliert auftretende Röhren und Trichter können zu einer verstärkten Deposition partikulären Materials führen (Eckman 1983). Bei leichten Bodenströmungen mit geringer Bodenschubspannung wird das Material in Bodennähe und damit im direkten Einflußbereich der Benthosorganismen horizontal transportiert. Durch Resuspension aufgewirbeltes Material der schweren Fraktion erreicht nach kurzer Zeit erneut den Meeresboden und kann deponiert oder erneut resuspendiert werden (Abb. 40).

In Bodennähe gebildete Aggregate der "leichten" organischen Fraktion (POC) brechen im Scherbereich der Meeresboden/Wasser Grenze leicht in kleinere und stabilere Einheiten auseinander (Kranck 1980, 1984). Diese Bruchstücke geraten aufgrund geringerer Sinkgeschwindigkeiten erneut in Suspension und werden weitertransportiert (Kranck & Milligan 1985). Es gibt Beispiele, daß Suspensionsfresser auf das Einfangen und Fressen von Aggregaten spezialisiert sind (Muschenheim 1987 A,B). Eine Deposition dieser Aggregate findet wahrscheinlich bei der Nahrungsaufnahme durch die Tiere ins Sediment statt. Beim Zerkleinern der Nahrungspartikel während des Freßvorgangs "sloppy feeding" freigesetzte Bruchstücke dieser organischen Partikel gelangen dabei wieder in die Wassersäule (Abb. 40)

Durch eine erhöhte Bodenrauigkeit, wie sie durch Benthosorganismen mit deren Trichtern und Röhren erzeugt wird, entsteht eine "Benthic canopy layer". Ein erhöhter Wasserwiderstand mit den einhergehenden Turbulenzen resultiert in einer höheren Bodenreibung, wodurch die Strömungsgeschwindigkeit stärker als über einem benthosfreien Meeresboden herabgesetzt wird. Das plötzliche Abbremsen der Strömung erzeugt Turbulenzen in unmittelbarer Bodennähe. Schwere Partikel werden durch diese Wasserbewegung wenig beeinflußt und gelangen an strömungsberuhigten Zonen zur Deposition. Leichte Partikel werden jedoch verstärkt resuspendiert bzw. aus

der Bodenströmung in Bereiche erhöhter Strömungsgeschwindigkeit und Turbulenzen transportiert.

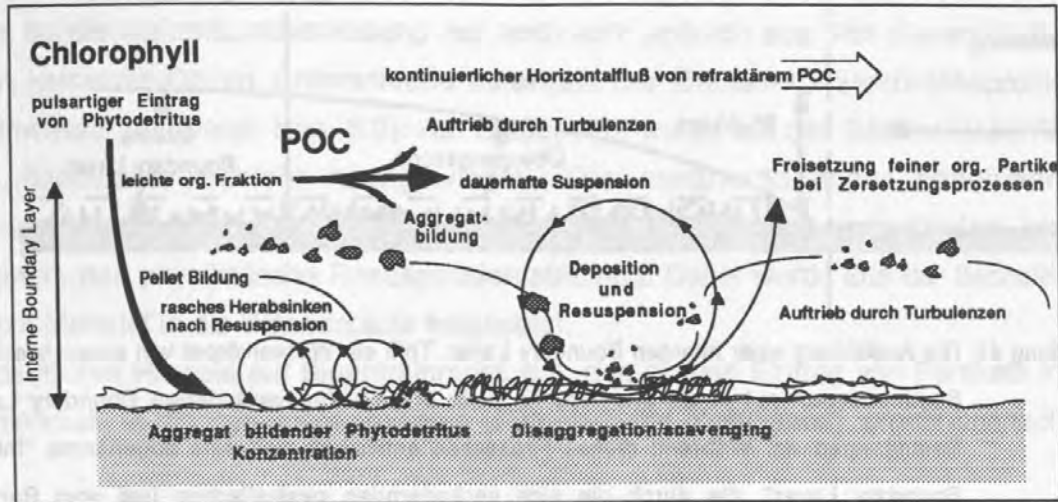


Abbildung 40. Prozesse in der Bodennepheloidschicht, die die Verbreitung und Deposition von Partikeln beeinflussen und sich in unterschiedlichen Zeiträumen abspielen

Carey (1983) konnte zeigen, daß Polychaetenröhren lokal eine erhöhte Bodenschubspannung erzeugen.

In der vorliegenden Untersuchung am Barents See Kontinentalhang kann das vergleichsweise hohe POC / Seston Verhältnis über dem Suspensionsfresserfeld auf Station 431 der Meteor 13 Expedition im Zentrum des Hochakkumulationsgebietes (vergl. Abb. 24) als ein weiterer Beleg zur Stützung dieser These angesehen werden. Ohne Aggregatbildung, aktiven Wegfang aus der Wassersäule und der Inkorporation der Partikel ins Sediment würde die leichte organische Fraktion (POC) nur schwerlich zur Deposition gelangen.

Trifft ein Wasserkörper von einem speziellen Sedimenttypus auf einen anderen, so paßt er sich den veränderten Boundary Layer-Bedingungen an. Während dieses Prozesses entwickelt sich eine sogenannte "Interne Boundary Layer" (Middleton & Southard 1984). Die Interne Boundary Layer wird durch die sich verändernden physikalischen und vom Benthos verursachten Bedingungen am Meeresboden beeinflusst. Diese lokal begrenzte Boundary Layer stellt lediglich den unteren Bereich der gesamten Bodengrenzschicht dar. Innerhalb der Internen Boundary Layer geraten Partikel in den direkten Einflußbereich von Benthosorganismen und können herausgefangen, modifiziert und resuspendiert werden. Die Eigenschaften der Wasserschichten, die sich über der Internen Boundary Layer befinden, stehen demgegenüber unter weiträumigeren Einflüssen (Abb. 41).

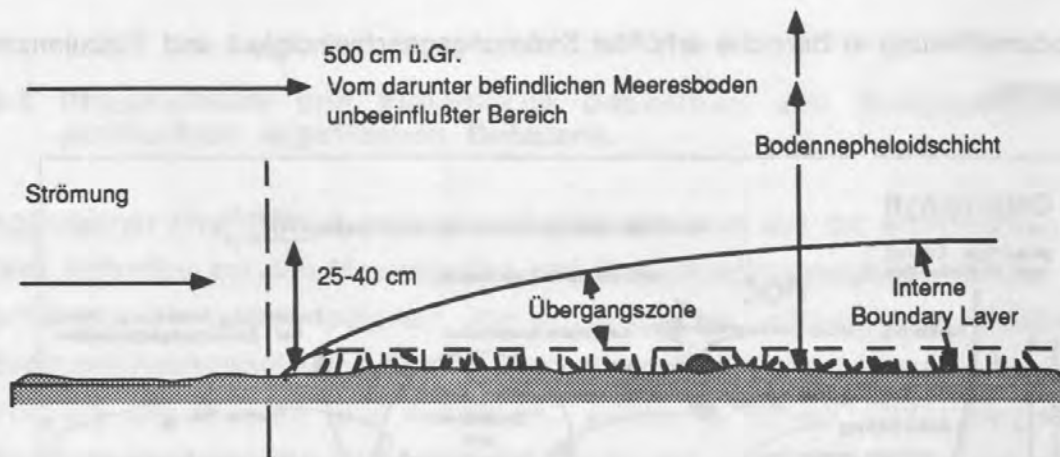


Abbildung 41. Die Ausbildung einer Internen Boundary Layer. Trifft ein Wasserkörper von einem speziellen Sedimenttypus auf einen anderen, so paßt er sich den veränderten Boundary Layer-Bedingungen an. Während dieses Prozesses entwickelt sich eine sogenannte "Interne Boundary Layer", die durch die sich verändernden physikalischen und vom Benthos verursachten Bedingungen am Meeresboden beeinflusst wird.

In der vorliegenden Untersuchung werden die deutlichen Unterschiede zwischen den Partikelkonzentrationen in 500 cm und 10-40 cm Höhe ü.Gr. als ein Indiz dafür gewertet, daß während des Untersuchungszeitraumes die am weitesten vom Meeresboden entfernte beprobte Wasserschicht vom direkt unter ihm befindlichen Meeresboden unbeeinflusst blieb und damit außerhalb der Internen Boundary Layer lag.

Auf den Stationen mit starker Makrofaunabesiedlung läßt sich eine deutliche Beeinflussung des Wasserkörpers bis in eine Höhe von 25 cm ü.Gr. nachweisen.

Auf der Schelf-Station 405 der Meteor 13 Expedition wirkte sich der direkte Filtrierbereich der Tiere bis in eine Höhe von 25 cm aus (die epibenthische Makrofauna saß auf Steinen), wodurch neben einer Verminderung des Sestongehaltes im Bodenwasser auch eine Erniedrigung der Bakteriendichte bis in 25 cm Höhe eintrat. Ebenso lag der Sauerstoffgehalt im Bodenwasser dieser Station bis 25 cm ü.Gr. mit $313 \mu\text{mol l}^{-1}$ deutlich unter dem Sättigungswert von ca. $357 \mu\text{mol l}^{-1}$, der in 40 und 500 cm Höhe gemessen wurde (vergl. Kap. 3.2, Abb. 11). Biodeposition von Partikeln aus den ersten 25 cm ü.Gr. auf Station 431 der Meteor 13 Expedition im Zentrum der Hochakkumulation führte zu einer Halbierung der in 40 cm und 500 cm Höhe ü.Gr. gemessenen Sestonkonzentration im Bodenwasser (vergl. Kap. 3.2, Abb. 13). Station 413 der Meteor 13 Expedition zeigte trotz hoher Makrofaunabesiedlung (420 Polychaeten, 400 bis 500 Pogonophoren m^{-2}) keine Verringerung der Sestonkonzentrationen in 10-25 cm Höhe ü.Gr. (vergl. Abb. 15), was durch die Annahme erklärt werden könnte, daß der Einfluß der 420 Polychaeten m^{-2} auf die bodennahen Wasserschichten nicht ausreichte, um eine deutliche Abnahme des

Sestongehaltenes zu bewirken. Die Pogonophoren auf dieser Station stellen lediglich ein passives Hindernis dar und erhöhten möglicherweise die Bodenrauhigkeit.

Auf den Stationen 499 und 425 der Meteor 13 Expedition, die in 2000 und 2500 m Tiefe lagen, fiel die Makrofaunabesiedlung nur noch sehr spärlich aus. Auf diesen Stationen traten keine deutlichen Unterschiede innerhalb der Seston-Konzentrationsprofile im Bodenwasser auf (vergl. Kap. 3.2). Auf Station 499 wurde auf der Sedimentoberfläche eine flocculente Schicht nachgewiesen. Die annähernd linear abnehmenden Konzentrationsprofile für Chlorophyll, biogenes Opal, DNS und Seston lassen vermuten, daß physikalische Resuspension stattfand. Dabei wurde aus der flocculenten Schicht Material in die Wassersäule freigesetzt.

Ein deutlicher Hinweis auf Bioentrainment, d.h. den aktiven Eintrag von Partikeln in die Wassersäule durch Benthosorganismen (Pumpaktivität, Kotabgabe), ergab sich nicht.

Auf nahezu allen Stationen zeigten sich deutliche Unterschiede im Profilverlauf der einzelnen Parameter zwischen 15 und 40 cm Höhe über Grund. Stationen mit einer hohen Anzahl suspensionsfiltrierender Macrofauna zeichneten sich dadurch aus, daß eindeutige Unterschiede im Profilverlauf der einzelnen Parameter zwischen 25 und 40 cm Höhe ü.Gr. auftraten. Es wird daher davon ausgegangen, daß die Grenze der Internen Boundary Layer, d.h. des Einflusses des Meeresbodens und der Makrofauna auf den bodennahen Wasserkörper, zwischen 15 und 40 cm ü.Gr. lag. Auf Stationen mit Suspensionsfiltrierern reichte die direkte Beeinflussung mindestens 25 cm in die Wassersäule hinein, konnte jedoch in 40 cm Höhe nicht mehr nachgewiesen werden.

Die Intensität der direkten Beeinflussung der suspensionsfiltrierenden Makrofauna auf den bodennahen Partikeltransport sollte während der Meteor 17 Expedition mit einem *in situ* Experiment in der Nähe der Station 431 näher untersucht werden. Die modellhafte Vorstellung des Einflusses der Makrofauna auf den bodennahen Wasserkörper ließ folgende Ergebnisse erwarten: Beim Übergang auf das Suspensionsfresserfeld in der Nähe der Station 431 verändern die bodennahen Wasserschichten aufgrund der Beeinflussung durch die Makrofauna bis in 25 cm Höhe ü.Gr. ihre Eigenschaften. Es entsteht eine Interne Boundary Layer. Eine sehr zahlreich auftretende Makrofauna nutzt den Partikelfluß innerhalb der bodennahen Wasserschichten und filtriert im verstärkten Maße Partikel aus der Wassersäule ab. Es kommt zu einem erhöhten Verbrauch von Sauerstoff in den ersten 25 cm ü.Gr., der in Strömungsrichtung immer mehr verringert wird. Durch den Wegfang von Partikeln aus dem Bodenwasser vermindert sich auch der Anteil des Seston im Bodenwasserkörper, die Konzentration nimmt ab. Ebenso nimmt die Chlorophyllkonzentration in Strömungsrichtung weiter ab, da sich das Material aufgrund seiner höheren Sinkgeschwindigkeit im Fangbereich der Makrofauna bewegt.

Im Gegensatz dazu erhöhen sich die POC Konzentrationen im Bodenwasser, da beim Freßvorgang feines Material in die Wassersäule freigesetzt wird und dem Einfluß der Makrofauna entzogen wird.

Im Sediment sollte sich dieser Vorgang ebenfalls widerspiegeln. Die Chlorophyllkonzentrationen im Sediment nehmen in Strömungsrichtung ab, da auch im Wasserkörper durch Biodeposition immer weniger chlorophyllhaltige Partikel vorbeitreiben. Die Abundanz der Makrofauna verringert sich in Strömungsrichtung, da immer weniger Material aus der Wassersäule zur Verfügung steht. Der Sauerstoffverbrauch im Sediment wird parallel mit Abnahme der Abundanz der Makrofauna geringer.

Die Ergebnisse des Experiments erfüllten lediglich in einigen Punkten die Erwartungen. Die Abnahme des Sestongehaltes in Strömungsrichtung um bis 41%, der anorganischen Partikel um 59%, der organischen Partikel um 48% sowie die Reduzierung der Bakteriendichte um 35% spiegelt den massiven Einfluß des filtrierenden Polychaetenrasens auf den bodennahen Wasserkörper in 10 - 25 cm Höhe ü.Gr. wider. In 40 cm Höhe, also außerhalb der Internen Boundary Layer stiegen hingegen der Sestongehalt und Bakteriendichte auf der 2 m langen Versuchsstrecke in Strömungsrichtung um 22 bzw. 24% an, was als Zeichen für einen Export von Material außerhalb der Internen Boundary Layer bewertet werden kann. Entgegen den Erwartungen wurde der POC-Gehalt des Bodenwassers jedoch um 23% verringert, der Chlorophyllgehalt hingegen um 85% erhöht. Der Chlorophyllgehalt im Sediment nahm in Strömungsrichtung nicht ab, sondern erhöhte sich um 58%. Auch der ATP Gehalt im Oberflächensediment als Maß für die Aktivität des Benthos erhöhte sich in Strömungsrichtung um das 4 fache.

Trotzdem war die Sauerstoffzehrung im Sediment nicht höher als auf den anderen Stationen der Experimentierstrecke. Die Ergebnisse zur Abundanz der suspensionsfiltrierenden Polychaeten (Juterzenka, pers. Mittlg.) lassen sich nur schwer interpretieren. Zwar erscheint eine Abnahme der Abundanzen um 63% aufgrund der zwischen 23 und 41% abnehmenden POC -und Sestonkonzentrationen plausibel; da der Rückgang der Polychaetendichte jedoch sprunghaft stattfand, läßt sich kein direkter Zusammenhang erkennen. Inwieweit beim Freßvorgang feines organisches Material durch Bioentrainment freigesetzt wurde und zu einer Netto-Anreicherung in Strömungsrichtung führte, könnte bei einer genaueren Untersuchung zum Freßverhalten der Polychaeten geklärt werden.

Aus der Literatur sind Versuche zur Biodeposition im Flachwasser bekannt. Asmus & Asmus (1990) konnten über Kanalversuche belegen, daß Muschelbänke im Gezeitenbereich des Wattenmeeres die Phytoplanktonkonzentrationen im bodennahen

Wasser in einem 20 m langen Kanal um $37 \pm 20\%$ verringern konnten. Newell & Muschenheim (1989) führten ähnliche Versuche durch und zeigten, daß über einer Muschelbank die Chlorophyllkonzentration in 5 cm Höhe ü.Gr. in Strömungsrichtung abnimmt. Bei den hier zitierten Untersuchungen handelte es sich um die Biodeposition von frischem Phytoplankton.

Dagegen wurde in der vorliegenden Untersuchung am Barents See Hang auf den drei Stationen durch die Bodenströmung Phytodetritus aus dem Sediment resuspendiert und zwar in Abhängigkeit von der im Sediment befindlichen Chlorophyllmenge (vergl. Kap. 4.2), die in Strömungsrichtung zunahm. Eine Netto-Abnahme des Chlorophylls in Strömungsrichtung konnte möglicherweise deswegen nicht nachgewiesen werden, weil der Anteil des aus dem Sediment resuspendierten Phytodetritus zu hoch war. Eine verstärkte Freisetzung von chlorophyllhaltigem Phytodetritus in die beprobten bodennahen Wasserschichten wäre folgendermaßen möglich: Entweder wurde das in Bodennähe befindliche Chlorophyll (i.e. Phytodetritus) durch den Freißvorgang in kleinere Einheiten zerbrochen, die dadurch verminderte Sinkgeschwindigkeit der Partikel hatte zu ihrer Anreicherung im Bodenwasser geführt; oder durch die in die Wassersäule ragenden Polychaetenröhren wurde der Fluff beim Vorbeitreiben in kleinere Einheiten zerlegt, was die gleichen Konsequenzen gehabt hätte. Nach Betrachtung der Ergebnisse zum *in-situ* Experiment erscheinen beiden Thesen möglich. Demzufolge ist es ebenfalls denkbar, daß sich das charakteristische Konzentrationsprofil für Chlorophyll äquivalente umkehrt und dem des POC ähnelt (vergl. Abb. 23 A,B). Zerkleinerter oder besonders leichter Phytodetritus mit geringer Sinkgeschwindigkeit könnte auf diese Weise ebenfalls in der Bodenströmung angereichert und abtransportiert werden

Die Verringerung der Seston -und POC-Konzentrationen über dem Versuchsfeld bei Station 431 zeigt, daß diese Gebiete am Meeresboden Depositionszentren für Partikel darstellen.

Versuche von Ziebis (1991) im Strömungskanal ergaben, daß über Biodeposition, i.e. Nahrungsaufnahme, der Eintrag von feinen Partikeln ($1-6 \mu\text{m}$) in das Sediment verzehnfacht werden kann. Ob diese Partikel einzeln oder in Form von adhäsiv gebildeten Aggregaten aufgefangen wurden, konnte bei den Versuchen nicht geklärt werden.

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen wird vermutet, daß die verstärkte Deposition feinsten Partikel durch den Wegfang aus dem direkten Einflußbereich der Benthosorganismen stattfand (die durchschnittliche Höhe der Polychaetenröhren betrug 4 cm) sowie durch die Aufnahme organo-mineralischer Aggregate, die beim Absinken in den Einflußbereich des Benthos gelangten. Die Abnahme des POC-Gehaltes sowie der Bakteriendichte in Strömungsrichtung unterstützen die Hypothese, daß Aggregate der

POC Fraktion aus der Wassersäule abfiltriert wurden. Auf diesem Wege könnten sich große Mengen feinsten organischer Substanzen im Sediment über Biodeposition anreichern und langfristig deponiert werden. Die Ergebnisse der Sedimentanalysen aus dem Hochakkumulationsgebiet unterstützen diese Überlegungen. Bis zu 70 Gewichtsprozent des Sedimentes wurden von der $\leq 6,3 \mu\text{m}$ Fraktion gebildet und lediglich 5% des Sedimentes bestand aus Partikeln, die größer als $63 \mu\text{m}$ waren (Blaume 1992).

Die Ergebnisse des *in situ* Experimentes stellen einen ersten Ansatz dar, unter natürlichen Versuchsbedingungen den Einfluß der Makrofauna auf die Partikelfracht im Bodenwasserkörper zu überprüfen. Versuche dieser Art erfordern in den vorgegebenen Wassertiefen einen erheblichen Zeitaufwand, und es ist bei den vorliegenden Ergebnissen fraglich, ob nicht mindestens 5 Stationen beprobt werden sollten. In Zukunft sollte versucht werden, mittels fotografischer Methoden die Ausdehnung und Grenzen eines bestimmten Besiedlungsmusters zu ermitteln. Nach ausreichender Untersuchung des charakteristischen Strömungsmusters über dem Versuchsgebiet sollten die In- und Outputmengen des horizontalen Partikelflusses an den Grenzen des Versuchsgebietes längerfristig erfaßt werden. Nur so lassen sich auftretende Besonderheiten innerhalb eines Versuchsgebietes bei der nachfolgenden Interpretation vernachlässigen.

Das Versuchsgebiet für das Experiment lag inmitten des Hochakkumulationsgebietes auf Station 431. In einem weiter südlich gelegenen Gebiet am Barents See Kontinentalhang, wo ebenfalls verstärkt Sedimentation stattfindet, kommt es infolge von Rutschungen zu verstärkter Erosion. Es ist unsicher, ob in diesem Gebiet Suspensionsfresser in hoher Abundanz vorkommen. Es stellt sich daher die Frage, ob Hochakkumulationsgebiete nicht erst dadurch entstehen, daß eine Makrofaunagemeinschaft das verstärkt absinkende Material einfängt, in den Meeresboden einträgt und verfestigt. Sollte dies der Fall sein, so spielte die Makrofauna die entscheidende Rolle bei der Sedimentation. Dichte Polychaetenrasen in der Ostsee zeichneten sich durch eine verstärkte Sedimentation zwischen den Röhren aus (Schmager 1988). Als ein weiterer Hinweis auf die Existenz der oben genannten Vorgänge kann die nach der einmaligen Strömungsmessung auf dem Versuchsfeld bei Station 384 (vergl. Abb. 26) berechnete Bodenschubspannung von $1,7 \text{ cm bis } 2,4 \text{ cm s}^{-1}$ angesehen werden. Sie hätte ausreichen müssen, das feine Sediment (60-70 Gew.% $\leq 6,3 \mu\text{m}$) auf der Station verstärkt zu resuspendieren. Der verfestigende Einfluß des Benthos, auch in tieferen Sedimentlagen, verhinderte anscheinend die Resuspension. Eine Rutschung des angewachsenen Sedimentkörpers kann ebenfalls durch das Benthos verhindert werden. Auf den Stationen im Hochakkumulationsgebiet war das Sediment mit Sipunkulidenröhren durchsetzt. Romero-Wetzel (1987) beschreibt 50 -

200 cm lange Gänge dieser Tiere in Sedimenten des Vøring-Plateaus. Diese Röhren tragen zur Entwässerung des Sedimentkörpers bei und verhindern somit möglicherweise ein Abgleiten größerer Sedimentmassen. Mit zunehmender Sedimentmächtigkeit und Druck auf den darunterliegenden Sedimentkörper könnten Hochakkumulationsgebiete zu "cold seep" Regionen werden. Beispiele für "cold seep" Lokalitäten im Europäischen Nordmeer wurden von Hovland & Judd (1988) beschrieben. Durch den erhöhten Druck des während eines kurzen geologischen Zeitraumes entstandenen Sedimentkörpers auf tiefere Sedimentschichten werden Fluide und biogenes Methan in die Wassersäule gepreßt. Die Sipunkulidengänge wären dafür geeignete Transportwege. Station 413 im westlichen Zentrum des Hochakkumulationsgebietes stellt möglicherweise eine solche Entwicklung dar. Die leichten Methanaustritte auf dieser Station unterstützen diese These (Lammers, pers. Mittlg.). Der ausgedehnte Pogonophorenrasen gibt Anlaß zu der Überlegung, ob als Folge dieser Fluid- und Gasaustritte neue Benthosgemeinschaften entstehen, die ihre Energie unter anderem aus dem im Sediment aufwärts gerichteten Stofffluß beziehen. Aktivitätsmaxima im Sedimentkörper in 20 und 30 cm Tiefe (Köster, pers Mittlg) unterstützen diese Schlußfolgerungen. Ob dieser Zustand eine Weiterentwicklung einer ehemals aus Suspensionsfressern bestehenden Benthosgemeinschaft darstellt, bleibt solange Spekulation, bis fossile Reste einer solchen Gemeinschaft in diesen Sedimenten nachgewiesen werden. Als Nachweisorganismen bieten sich Foraminiferen an, die im besonderen Maße Anzeiger für unterschiedliche Nahrungssituationen darstellen (Struck, 1992)

Auf die Frage, warum Hochakkumulationsgebiete mit einer erhöhten Partikelfracht belegt werden, sollte die Winterexpedition mit F.S. Poseidon weiteren Aufschluß geben. Anhand der Isoplethenplots der Partikelkonzentrationen in 500 cm Höhe über dem untersuchten Meeresboden ließen sich ausgedehnte Gebiete mit erhöhter Partikelkonzentration am Kontinentalhang kartieren. Die Sestonwolken und Partikelwolken der anorganischen Fraktion erreichten dabei eine mehrere hundert Quadratkilometer (400-1000 km²) große Ausdehnung über dem Meeresboden, lagen jedoch dabei nicht über den Zentren der Hochakkumulation. Die POC und PON Wolken deckten kleinere (300 bis 400 km²) Bereiche am Kontinentalhang ab, direkt über oder in unmittelbarer Nähe der Hochakkumulation.

Die Zentren der unterschiedlichen Partikelwolken liegen auffällig jeweils über den gleichen Tiefenlinien wie die Zentren des Hochakkumulationsgebietes. Entweder verdriften diese Wolken erhöhter Partikelkonzentrationen entlang der Tiefenlinien bis über das Hochakkumulationsgebiet, um dort abzuregnen; oder sie stellen ortsfeste regionale Wirbel dar, unter denen es zu verstärkter Sedimentation kommt. Ob es sich

bei diesem Phänomen um mesoskalige Wirbel handelt, die an den Frontensystemen zwischen Nordatlantikwasser und norwegischem Tiefenwasser induziert wurden, um Windschubspannung (Sætre *et al.* 1988) oder topographische Effekte am Meeresboden ("Taylor-Säule", Hogg 1973; Bigg 1984), konnte bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht festgestellt werden. Die Rotationsgeschwindigkeit in diesen Wirbeln kann typische benachbarte Strömungen um den Faktor 10 übersteigen, was zu einer Potenzierung der kinetischen Energie führt (Dickson *et al.* 1982). Wegen einer möglicherweise nicht vorhandenen Makrofaunabesiedlung und Bodenfestigung könnte die erhöhte Sedimentation daraufhin zu Sedimentrutschungen führen.

Das Material aus den weiter südlich gelegenen Wolken von Seston und anorganischen Partikeln (Abb. 29,30) gelangt entlang der Konturströme in dieses Seegebiet. Das über dem Hochakkumulationsgebiet beprobte Material hat seinen Ursprung möglicherweise auf dem direkt darüber befindlichen Schelf, wurde über den Kveitehola und/oder breitgefächert vom Schelf antransportiert (Blaume 1992) und stellt somit das für diesen Abschnitt des Kontinentalhanges frischeste organische Material zur Verfügung. Dort, wo die höchste Besiedlung des Kontinentalhanges mit Benthosorganismen ermittelt wurde, liegt das Hochakkumulationsgebiet. Und darüber, sozusagen als Fingerzeig auf diesen Bereich des Meeresbodens mit stark erhöhten Aktivitäts- und Biomassewerten, erstreckt sich eine ausgedehnte Wolke mit maximaler bakterieller Abundanz, ortsfest trotz nordwestlich ausgerichteter Konturströmung.

Maximale Makrofauna-Abundanzen, maximale Sedimentationsraten und ein maximaler Sauerstoffverbrauch im Sediment zeichnen diesen Bereich des Barents See Kontinentalhang als Depositions- und Hochverbrennungsgebiet aus.

Während der Sommerexpedition M13 traten auf der Station 431 im Zentrum der Hochakkumulation in 1340 m Tiefe die höchsten Chl *a* / Chl. *ä*qui. Verhältnisse im Bodenwasser auf (52,5%). Der Meeresboden wurde an dieser Stelle des Kontinentalhanges mit dem vergleichsweise frischesten Material versorgt. Mit Abstand zu dieser Station verringert sich das Verhältnis hangaufwärts bis auf 27% in 370 (Sta. 405) und hangabwärts bis auf 27% in 2500 m Tiefe (Sta. 425). Wird der Meeresboden an dieser Stelle am schnellsten mit einem vertikalen Nahrungspuls aus der euphotischen Zone versorgt, dann kann dieses Material nur über Bodenströmungen innerhalb der Bodennepheloidschicht vom flachen Kontinentalschelf her transportiert worden sein. Dabei müßte vom Schelf (in diesem Fall des Gebiet des Kveitehola, der Nord Flaket und des südwestlichen Ausganges der Storfjordrenna) über Erosion das frische Material exportiert worden sein. Ähnliche Überlegungen zu diesem Thema stellen Walsh & Gardener (in press) an, die über laterale Advektion und Injektion die erhöhten POC Werte in bodennahen Sinkstoffallen im Pazifik deuten.

4.6 Flüsse in der Bodennepheloidschicht

Die laterale Zufuhr von Material stellt nach der vorliegenden Untersuchung möglicherweise eine fortdauernde Versorgung des Benthos sicher. Nach Berechnung einer mittleren Partikelkonzentration aus den während der Meteor 13 gewonnenen Einzelproben der einzelnen Parameter im Bodenwasser ergäbe sich folgender Partikelfluß bei einer für den Barents See Kontinentalhang charakteristischen Strömungsgeschwindigkeit von 10 cm s^{-1} (Pfirman & Solheim 1989) (Tab. 6).

Tabelle 6. Geschätzte horizontale Flußraten für Partikel in einer Höhe von 10-25 cm ü.Gr. bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 10 cm s^{-1} über einer Sedimentfläche von 1 dm^{-2} berechnet nach der mittleren Partikelkonzentration innerhalb der einzelnen Partikelklassen während der Meteor 13 Expedition.

	Durchschn. Konz. $\times 10^{-1}$ [10-25cm]	Fluß [$u = 10 \text{ cm s}^{-1}$] [conc. $\times 1 \text{ dm}^{-2} \times \text{s}^{-1}$]	Fluß [$u = 10 \text{ cm s}^{-1}$] [conc. $\times 1 \text{ dm}^{-2} \times \text{d}^{-1}$]
Seston	6.4 mg	6.4 mg	553 g
POC	47 µg	47 µg	4,1 g
BOC	0.34	0.34	29,4 mg
Chl.	0,03-0,09 µg	0,03-0,09 µg	2,6-7,8 mg

Demnach würden pro Tag insgesamt rund 553 g Seston, 72 g POM, 4 g POC, 29 mg BOC und regional begrenzt 2.6-7.8 mg Chlorophyll eine Sedimentoberfläche von 1 dm^2 im Einflußbereich des Benthos in 10 bis 25 cm Höhe ü.Gr. passieren. Die Sinkgeschwindigkeit dieser Partikel, die Bodenschubspannung und der Einfluß des aktiven Benthos bestimmten die Menge des auf dieser Fläche zur Deposition kommenden Materials. Tabelle 7 gibt die berechneten horizontalen Entfernungen an, die Partikel mit verschiedenen Sinkgeschwindigkeiten aus einer Höhe von 25 cm ü.Gr. zum Absinken auf den Meeresboden benötigen.

Tabelle 7. Geschätzte horizontale Entfernung für Partikel mit unterschiedlicher Sinkgeschwindigkeit zum Erreichen des Meeresbodens aus einer Höhe von 25 cm ü.Gr. bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 10 cm s^{-1} .

		Sinkgeschwindigkeit [cm / s]	Zurückgelegte Entfernung vor Bodenkontakt [m]
Feine Partikel [3 μm]	McCave, 1991	0.0001	25000
Grobe Partikel [60 μm]	McCave, 1991	0.01	250
Aggregierter Phytodetritus	Aldredge & Silver, 1988	0.1-0.2	12-24
Aggregate	Kineke & Sternberg, 1989	0.2	13
Fluff	Lampitt, 1985	0.3-1.2	2-8
Pellets	Cherry & Higgo, 1978		
	Noji et al. (1989)	0.5-1.1	2-5

Diese Berechnungen zeigen, daß die schwere organische Fraktion (Chlorophyll i.e. Phytodetritus, Aggregate, Pellets und andere größere Partikel) nach 2 bis 250 m wieder den Meeresboden erreichen könnte. Sollte der Phytodetritus bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten resuspendiert werden (Lampitt 1985), so würde er aufgrund einer Sinkgeschwindigkeit von $0,1 - 0,2 \text{ cm s}^{-1}$ (Aldredge & Silver 1988) nach kurzer Zeit erneut zu Boden sinken. Mit Sediment vermischt erhöhte sich die Sinkgeschwindigkeit des Fluffs auf $0,35 - 1,2 \text{ cm s}^{-1}$ (Lampitt 1985). Auf diese Weise könnten täglich 2,9-7,8 mg Chlorophyll in direkten Bodenkontakt gelangen und dem Benthos zur Verfügung stehen. Die leichte organische Fraktion (POC) hätte aufgrund ihrer geringen Sinkgeschwindigkeit nur selten Bodenkontakt. Wenn jedoch nur 1% dieser Fraktion durch Aggregat -und Pelletbildung absinken würden, so erreichten auf diesem Wege neben dem in unmittelbarer Bodennähe (0-5 cm) ablaufenden Horizontalfluß organischer Substanz 41 mg POC und 0,15 mg BOC eine 1 dm^2 große Fläche am Meeresboden und ständen den Benthosorganismen zur Verfügung.

Während des Zeitraumes der Untersuchungen am Barents See Kontinentalhang schwankte der Sauerstoffgehalt im Sediment zwischen 0,15 und 0,5 mg Sauerstoff $100 \text{ cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Graf, unveröffentl.). Diese Werte entsprechen einem Kohlenstoffverbrauch von 0,05 bis 0,16 mg C $100 \text{ cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ bei einem Respirationsquotienten von 0,85. Unter Zugrundelegung des oben erwähnten Massenflusses auf eine Sedimentoberfläche von 100 cm^2 und einer maximalen Sedimentrespiration gelangt in 1 bis 2 Stunden mehr organisches Material in den Einflußbereich der Benthosorganismen, als diese an einem ganzen Tag verbrauchen.

Unter Zugrundelegung einer 10 cm s^{-1} starken, 24 Stunden andauernden Strömung über das Suspensionsfresserfeld bei den Stationen 384, 385 und 386 der Meteor 17

Expedition käme folgender Partikelfluß zustande (um die Vergleichbarkeit der Angaben mit denen aus dem vertikalen Partikelfluß zu gewährleisten, wurde die Einheit [Konz. $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$] gewählt): Durchschnittlich 15, 12 kg Seston, 3,72 kg anorg. Partikel, 4,41 kg organische Partikel, 673 g POC und 0,6 g Chlorophylläquivalent fließen pro $\text{m}^2 \text{d}^{-1}$ in das Versuchsfeld der Stationen 385, 386 und 386 hinein (Abb. 42).

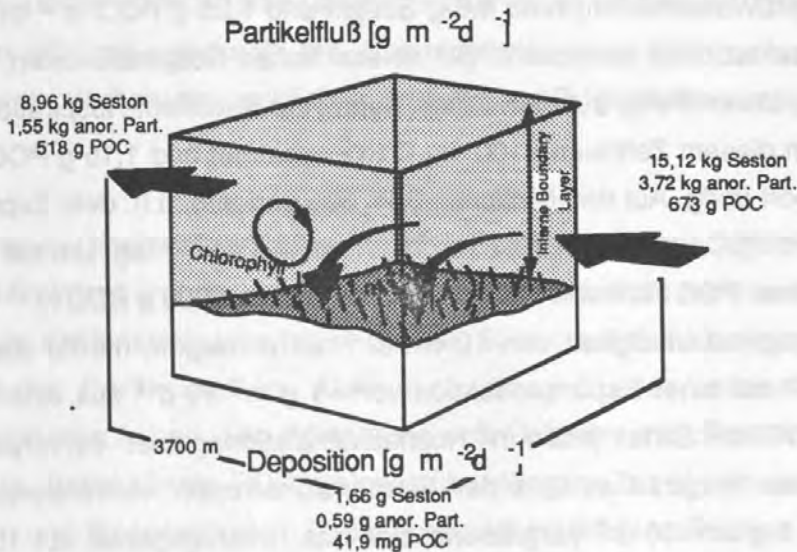


Abbildung 42. Import -und Exportmengen von Partikeln in das Suspensionsfresserfeld bei den Stationen 384, 385 und 386 der Meteor 17 Expedition. Dargestellt sind der Partikelfluß [$\text{Konz. m}^{-2} \text{d}^{-1}$] unter Zugrundelegung einer 10 cm s^{-1} starken, 24 Stunden andauernden Strömung sowie die deponierten Partikelkonzentrationen pro $\text{m}^2 \text{d}^{-1}$

Nach 2 sm verlassen 8,96 kg Seston, 1,55 kg anorg. Partikel, 2,33 kg organische Partikel, 518 g POC und 1,12 g Chl. äqui. pro $\text{m}^2 \text{d}^{-1}$ das 3700 m lange Versuchsfeld. Das entspricht einer (Bio)depositionsrate [$\text{Konz. m}^{-2} \text{d}^{-1}$] von 1,66 g Seston, 0,59 g anorg. Part., 0,56 g org. Part. und 41,9 mg POC $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$. Innerhalb des Versuchsfeldes findet kein Abtransport von Chlorophyll statt. Vielmehr wird das Material lokal resuspendiert und sinkt nach kurzer Zeit wieder zu Boden (verg. Kap. 4.3.2). In der 35 sm vom Versuchsfeld entfernten Kurzzeitverankerung betrug der vertikale Partikelfluß in der bodennahen Falle im Juni/Juli 1991 $\sim 390 \text{ mg Seston}$ und $25 \text{ mg POC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (Bodungen *et al.* unveröffent.). Unter bestimmten Strömungs -und Turbulenzbedingungen kann sedimentierter Phytodetritus weit in die Wassersäule resuspendieren (Walsh *et al.* 1988). Dieses Material wird dann lateral abtransportiert, kann in Bereichen geringer Turbulenzen komplett absinken und große Flächen am Meeresboden mit einem Nahrungspuls versorgen (Weirich 1988).

Die oben durchgeführten Berechnungen zum *in situ* Experiment zeigen, daß ein verglichen mit dem vertikalen Partikelfluß um mehrere Potenzen erhöhter lateraler Partikelfluß die Benthosorganismen versorgen und durch die Tiere zur Sedimentation gebracht

werden kann. Dabei stellt sich die Frage, woher diese großen Mengen organischen Materials kommen. Für das Untersuchungsgebiet bietet sich der Barents See Kontinentalschelf als Quelle für das Material an. Die durchschnittliche Sedimentationsrate auf dem Schelf beträgt im Mai/Juni etwa 1300 mg Seston und 250 mg POC $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (Wassmann 1989). Danach könnten sich unter günstigsten Bedingungen (50% Deposition in geringen Wassertiefen) rund 6,5 g Seston und 1,25 g POC m^{-2} im Laufe von 10 Tagen am Meeresboden anreichern. Bei einem hohen Respirationswert von 10 mg C $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (Graf, unveröffentl.; auf dem Schelf betrug die Sediment-Respiration 5 mg C $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$) würden in diesem Zeitraum ~ 100 mg C m^{-2} veratmet und 1,15 g POC m^{-2} blieben zum Abtransport übrig. Auf den Stationen 384, 385 und 395, d.h. dem Experimentierfeld, wurde frisches POC festgestellt, da das C/N Verhältnis bei ~ 7 lag. Um auf dieser Station für 10 Tage einen POC Fluß von 500 g POC $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ i.e. 5000 g POC $\text{m}^{-2} 10 \text{ d}^{-1}$ bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 10 cm s^{-1} zu erzeugen, müßte die Kohlenstoffquelle "Schelf" mit einer Exportproduktion von ~ 1 g $\text{m}^{-2} 10 \text{ d}^{-1}$ aus einem Einzugsbereich von ~ 5000 m^2 Schelf jedes m^2 Hochakkumulationsgebiet versorgen. Bei einer durch massiven Wegfraß seitens der Suspensionsfresser verminderten Exportproduktion von 0,5 g $\text{m}^{-2} 10 \text{ d}^{-1}$ vergrößerte sich das Einzugsgebiet auf 10000 m^2 . Die Ausdehnung des Hochakkumulationsgebietes betrug mindestens 500 km^2 . Bei einem Faktor von $\sim 5000 - 10000$ ergäbe sich ein Einzugsgebiet von 2,5 - 5 $\times 10^6$ km^2 . Der Bereich des Barents See Schelfes, der für eine Exportproduktion in Frage käme, ist jedoch lediglich 50000 km^2 (120 \times 120 sm) groß. Das Einzugsgebiet müßte aber 50 - 100 mal größer sein. Um eine zusätzliche Kohlenstoffquelle geringer Kapazität, da es sich dabei größtenteils um lithogenes Material handelt, käme der Partikelfluß über Schmelzwasserflüsse in Frage. Die feinkörnigen Partikel in der Boden-Nepheloidschicht über dem Kontinentalhang und dem Schelf könnten aufgrund der durchgeführten Attenuationsmessungen (Blaume 1992) aus Schmelzwasser-Suspensionen stammen. Partikel diesen Ursprungs sedimentieren zusammen mit der "saisonalen Primärproduktion". Die erhöhte Dichte des Materials bedingt ein Abfließen, vorzugsweise auf topographisch vorgezeichneten Bahnen - durch eiszeitliche Drainagerinnen bis an die Schelfkante (Kveitehola, Nord Flaket, Storfjordrenna). Von dort gelangt das Material durch den wenig stratifizierten Wasserkörper den steilen oberen Hang hinunter (Pfirman & Solheim 1989; Honjo 1990). Die Hangneigung steigert die kinetische Energie dieses Bodenstromes und ermöglicht eine Erosion und Aufnahme weiteren Sediments. Eine Sedimentation oder gar Sedimentakkumulation am oberen Hang in Bereichen eines aktiven Hangabtransportes ist in solchen Bereichen daher unwahrscheinlich (Blaume 1992). Die vom Nord Flaket und dem südwestlichen Ausgang der Storfjordrenna bis in 1200-1500 m Tiefe herabreichenden Seston -und anorganischen Partikel-Wolken lie-

ßen sich durch ein zusätzliches breitgefächertes Abfließen über die flachen Schelfbänke sowie über die Erosion von Sedimenten im oberen Hangabschnitt erklären. Im Winter wird das Material durch Winterwasserkaskaden über den Kontinentalschelf exportiert. Im Sommer kann z.B. ein Sturm mit 10 Beaufort Windgeschwindigkeit in 200 m Wassertiefe Bodenströmungen von ca. 25 cm s^{-1} verursachen und die Geschwindigkeit welleninduzierter Bodenströme um den Faktor 4 bei idealen topographischen Voraussetzungen erhöhen, wodurch die Resuspension von Sedimenten auf flachen Schelfen im wesentlichen atmosphärisch gesteuerten Fluktuationen unterliegt (Legutke 1991).

Die erforderlichen Kohlenstoffquellen für das Hochakkumulationsgebiet lassen sich über den Schelfeintrag und den Eintrag terrestrischen Materials nicht erklären. Eine zusätzliche große Kohlenstoffquelle böten die von Süden auf das Hochakkumulationsgebiet zudriftenden Partikelwolken. Aber auch diese Quellen müssen ihr Material irgendwoher erhalten haben. Die Versorgung des Gebietes mit refraktärem POC wäre jedoch möglich. Dabei könnte POC, welches über längere Zeit akkumuliert wurde, über Resuspension und Bioentrainment in die bodennahen Wasserschichten gelangen. Die Bildung eines stationären Wirbels über dem Hochakkumulationsgebiet käme für die lokale Ausbreitung des Materials in Betracht. Eine kreisförmige Strömung könnte so eine permanente Partikelwolke über dem Meeresboden bilden. Berücksichtigt man die Ausscheidungsprodukte der benthopelagischen Lebensgemeinschaft, den zusätzlichen Eintrag von außen sowie den Kohlenstoffeintrag möglicher Seep-Gemeinschaften, könnten somit die erforderlichen Partikelflüsse bilanziert werden. Die zusätzliche laterale Quelle frischen Materials aus der euphotischen Zone kann nach den oben durchgeführten Berechnungen nur kurzfristig sein. Bei den am Kontinentalhang vorherrschenden Strömungsgeschwindigkeiten wäre selbst die Kohlenstoffquelle "Schelf" nach kürzester Zeit erschöpft. Zukünftig sollten Untersuchungen zum DOC Pool innerhalb der Bodennepheloidschicht neue Aufschlüsse geben, inwieweit diese große Kohlenstoffquelle zum Aufbau bakterieller Biomasse und damit zur zusätzlichen Versorgung der Benthosorganismen beitragen kann. Erste Hinweise auf erhöhte Aufnahmearten von Aminosäuren durch Bakterien nach Resuspension konnten in Experimenten nachgewiesen werden (Ritzrau & Deming 1992).

4.6 Stoffeintrag im Benthos am westlichen Barents See Kontinentalhang (Abb. 43)

Anhand der vorliegenden Untersuchung ließen sich die Stationen der Meteor 13 Expedition folgendermaßen charakterisieren.

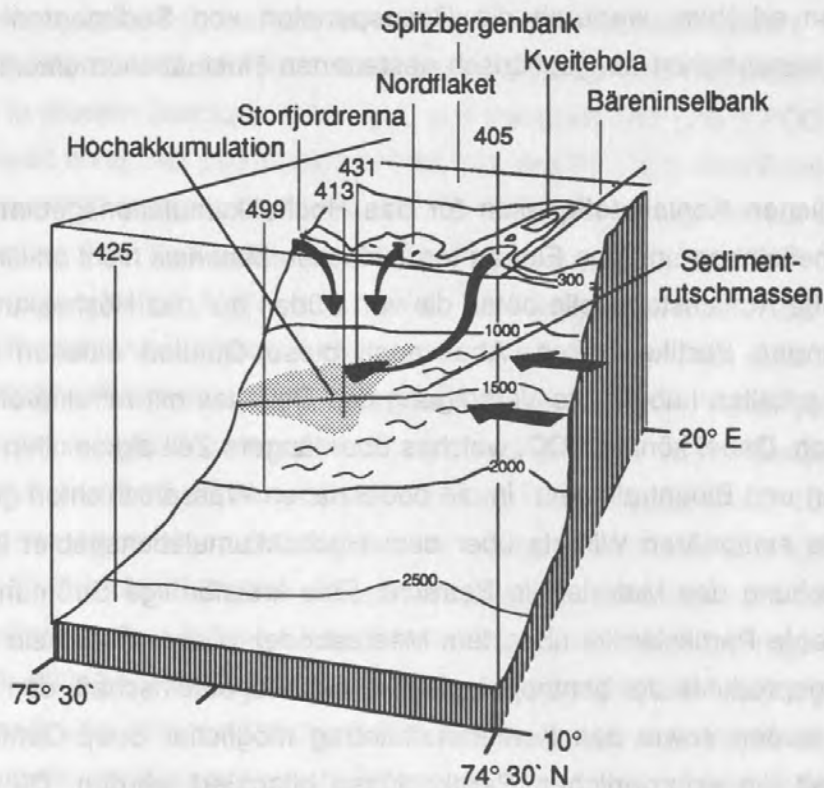


Abbildung 43. Der Barents See Kontinentalhang mit den möglichen Versorgungsquellen für das Benthos. Die schwarzen Pfeile zeigen die mögliche Herkunft und Richtung der Partikelwolken, die das Hochakkumulationsgebiet versorgen.

Station 405 am westlichen Ausgang des Kveitehola stellt ein Erosionsgebiet mit hohen Turbulenzen dar. Die Versorgung des Benthos erfolgt durch Biodeposition, Filtrierer dominieren. Es findet eine für Schelfgebiete geringe Deposition organischen Materials statt. Im Sediment ist der Sauerstoffverbrauch gering. Diese Station steht im Gegensatz zu anderen Stationen im Kveitehola (vergl. Station 517 Meteor Fahrtbericht M13, Gerlach & Graf 1991), die bis zum Abtransport organischer Partikel Depositionsgebiete der vom Schelfbereich in Bodendepressionen abfließenden Partikelladung darstellen. Mit Ausnahme dieser Gebiete finden vermutlich bis zur Grenze des Norwegengstromes/Norwegisches Tiefenwasser in 700-900 m Tiefe Erosion und ein

verstärkter, nach Nordwesten und hangabwärts gerichteter Partikeltransport statt (Abb. 43).

Station 431 im östlichen Zentrum des Hochakkumulationsgebietes stellt mit maximalen Chlorophyll -und DNA Konzentrationen und dem höchsten Sauerstoffverbrauch im Sediment ein Depositions -und Hochverbrennungsgebiet dar. Es findet verstärkter Partikeleintrag, insbesondere in der feinen Fraktion, statt. Der erhöhte vertikale und bodennahe horizontale Partikeleintrag erzeugt ein Besiedlungsmuster, welches durch das massenhafte Auftreten von Suspensionsfressern gekennzeichnet ist (Abb. 25). Der Partikeleintrag findet vermutlich über den gesamten darüberliegenden Schelfbereich statt, wobei das meiste Material über den Kveitehola angeliefert wird. Eine zusätzliche Quelle des Partikeleintrages stellen möglicherweise aus südlicher Richtung kommende Partikelwolken dar, die über dem Gebiet nach Abschwächung ihrer kinetischen Energie aussedimentieren (Abb. 43). Durch Biodeposition kommt es zur Anreicherung grober und feiner organischer und anorganischer Partikel im Sediment. Der horizontale bodennahe Partikelfluß sowie die Bodentopographie erzeugen das Besiedlungsmuster im Hochakkumulationsgebiet. Die Besiedlung mit Tieren beeinflusst wiederum massiv die vertikalen und horizontalen Gradienten in der Bodennepheloidschicht bis 25 cm Höhe ü.Gr. und spielt eine entscheidende Rolle bei der Partikeldeposition. Der Meeresboden wird verstärkt zur geologischen Endlagerstätte.

Station 413 im westlichen Zentrum des Hochakkumulationsgebietes stellt ein Depositions -und Hochverbrennungsgebiet mit verstärktem organischem Partikeleintrag dar. Der Partikeleintrag findet vermutlich über den Kveitehola sowie durch aus südlicher Richtung kommende Partikelwolken statt. Der Druck der verstärkten Sedimentation auf den Sedimentkörper führt zur Entwässerung und Entgasung des Systems, wahrscheinlich über Gangsysteme der Makrofauna. Erhöhte Benthosaktivität kann bis in 30 cm Tiefe nachgewiesen werden. Das massenhafte Auftreten von Pogonophoren deutet auf die zusätzliche Versorgung des Benthos aus dem Sediment (Methan -oder Sulfatatermer). Die Partikelsedimentation wird durch einen dichten Pogonophoren -und Polychaetenrasen verstärkt, deren Röhren zur Strömungsberuhigung und damit zur Erhöhung der Bodenrauhigkeit beitragen. Der Meeresboden wird auch hier verstärkt zur geologischen Endlagerstätte.

Station 499 im Übergangsbereich zum Fuße des Kontinentalhanges stellt ein Depositionsgebiet mit vorübergehenden Erosionsereignissen dar. Bei der geringen Besiedlung durch größere Benthosorganismen kann es leicht zur Erosion kommen. Rippelbildung an der Sedimentoberfläche deuten auf eine Bodenströmung, die in nur geringem Maße durch biogene Strukturen vermindert wird. Die horizontale Versorgung

mit Material vom Kontinentalschelf ist in diesem Bereich außerhalb der Hochakkumulation gering.

Station 425 am Kontinentalschelf stellt ein Gebiet mit vergleichsweise geringer Depositionsrates dar. Der Nahrungseintrag erfolgt in erster Linie vertikal, die Versorgung über den Kontinentalhang ist als gering einzustufen. Eine Deposition von Partikeln durch biogene Strukturen kann vernachlässigt werden. Die Sedimentaktivität ist gering. Die Anreicherung von Foraminiferen im Sediment vermindert eventuell auftretende Erosion. Es findet langsame geologische Endlagerung statt.

Literatur

- Aagaard, K., Swift, J.H., Carmack, E.C. (1985). Thermohaline Circulation in the Arctic Mediterranean Seas. *Journal of Geophysical Research* 90 (C3): 4833-4846
- Allredge, A.L., Silver, M.W. (1988). Characteristics, dynamics and significance of marine snow. *Prog. Oceanog.* 20: 41 - 82
- Asmus, R.M., Asmus, H. (1990). Mussel beds: Limiting or promoting phytoplankton? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 148 (2): 215-232
- Asper, V.L. (1987). Measuring the flux and sinking speed of marine snow aggregates. *Deep-Sea Res.* 34: 1-17
- Bacon, M.P., Loeff, M.M.R. v.d. (1989). Removal of thorium-234 by scavenging in the bottom nepheloid layer of the ocean. *Earth Planet Sci. Lett.* 92: 157-164
- Barnett, P.R.O., Watson, J., Conelly, D. (1984). A multiple corer for taking virtually undisturbed samples from shelf, bathyal and abyssal sediments. *Oceanologica Acta* 7: 339-409
- Biddanda, A.B. (1985). Microbial synthesis of macroparticulate matter. *Mar Ecol. Prog. Ser.* 20: 241-251
- Bigg, G.R. (1984). A note on the temporal evolution of Taylor columns over topography. *Dyn. Atmos. Oceans* 8 (1): 87-94.
- Biscaye, P.E., Eitrem, S.L. (1976). Suspended particulate loads and transports in the nepheloid layer of the abyssal Atlantic Ocean. *Marine Geol.* 23: 155-172
- Blaume, F. (1992). Hochakkumulationsgebiete am norwegischen Kontinentalhang: Sedimentologische Abbilder Topographie-geführter Strömungsmuster. Dissertation, Univ. Kiel
- Blindheim, J. (1989). Cascading of Barents Sea bottom water into Norwegian Sea. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer* 188: 49 - 58.
- Bodungen, B.v., Voß, M., Wunsch, M. (1991). Vertical particle flux in the Norwegian Sea - resuspension and interannual variability. In: Wassmann, P., Heishanen, A.S., Lindahl, O. (ed.). *Sediment trap studies in the Nordic Countries*: ISBN 952-90-2844-x
- Cacchione, D.A., Drake, D.E. (1979). A new instrument system to investigate sediment dynamics on continental shelves. *Mar. Geol.* 30: 299-312
- Carey, D.A. (1983). Particle resuspension in the benthic boundary layer induced by flow around polychaete tubes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 301-308
- Cherry, R.D., Higgo, J.J.W. (1978). Zooplankton fecal pellets and element residence times in the ocean. *Nature* 274: 246-248
- Dickson, R.R., Gould, W.J., Gurbutt, P.A., Killworth, P.D. (1982). A seasonal signal in ocean currents to abyssal depths. *Nature* 295: 193-198.
- Eckman, J.E. (1983). Hydrodynamic processes affecting benthic recruitment. *Limnol. Oceanogr.* 28: 241-257

- Eckman, J.E., Nowell, A.R.M. (1984). Boundary skin friction and sediment transport about an animal tube mimic. *Sedimentology* 31: 851-862
- Eversberg, U. (1991). A new device for sampling water from the benthic boundary layer. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 44: 329-334
- Gardner, W.D., Southard, J.B., Hollister, C.D. (1985). Sedimentation, resuspension and chemistry of particles in the northwest Atlantic. *Mar. Geol.* 65: 199 - 242
- Gardner, W.D., Walsh, I.D. (1990). Distribution of macroaggregates and fine-grained particles across a continental margin and their potential role in fluxes. *Deep-Sea Res.* 37: 401-411
- Gerlach, S.A., Hahn, A.E., Schrage, M. (1985). Size spectra of benthic biomass and metabolism. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 26: 161 - 173
- Gerlach, S.A., Graf, G. (1990). Europäisches Nordmeer, Reise Nr. 13, 6. Juli - 24. August 1990. - METEOR-Berichte, Universität Hamburg 91-2: 217pp
- Gibbs, R.J. (1985). Estuarine flocs: Their size, setting velocity and density. *J. Geophys. Res.* 90: 3249-3251
- Graf, G. (1979). Energy-Charge Messungen im marinen Benthos. Dissertation, Univ. Kiel
- Graf, G., Schulz, R., Peinert, R. Meyer-Reil, L.-A. (1983). Benthic response to sedimentation events during autumn to spring at a shallow water station in Western Kiel Bight. I. Analysis of processes on a community level. *Mar. Biol.* 77: 235-246
- Graf, G. (1989). Benthic pelagic coupling in a deep-sea benthic community. *Nature* 341/6241: 437-439
- Graf, G. (1992): Benthic pelagic coupling: A benthic view. *Oceanogr. Mar. Biol. An. Rew.* 30
- Grant, J. (1983). The relative magnitude of biological and physical sediment reworking in an intertidal community. *J. Mar. Res.* 41: 673-689
- Grasshoff, K. (1976). Methods of seawater analysis. Verlag Chemie, Weinheim: 317 pp
- Hargrave, B.T., Phillips, G.A. (1986). Dynamics of the benthic food web in St. Georges Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 31: 277-294
- Hobbie J.E., Daley, R.J., and Jasper, S. (1977). Use of Nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Appl. and Env. Microbiol.* 33: 1225 - 1228
- Hogg, N.G. (1973). On the stratified Taylor column.. *J. Fluid mech.* 58: 517 - 537.
- Honjo, S., Doherty, K.W., Agrawal, Y.C., Asper, V.L. (1984). Direct optical assessment of large amorphous aggregates (marine snow) in the deep ocean. *Deep-Sea Res.* 31:67-76
- Honjo, S. (1990). Particle fluxes and modern sedimentation in the Polar Oceans. In: Smith, W.O.(ed). *Polar Oceanography, Part B: Chemistry, Biology and Geology.*, Academic Press: 687 - 739.
- Hovland, M. Judd, A.G. (1988). Seabed pockmarks and Seepages. Graham & Trotman, London: 293pp

- Jahnke, R.A., Reimers, C.E., Craven, D.B. (1990). Intensification of recycling of organic matter at the sea floor near ocean margins. *Nature* 348: 50-54
- Jerlow, N.G. (1953). Particle distribution in the ocean. Rept. Swedish Deep-Sea Exped. 3: 73-97
- Jumars, P.A., Gallagher, E.D. (1982). Deep-sea community structure: three place on the benthic proscenium. In: Ernst, W.G., Morin, J.G. (eds.) *The environment of the deep-sea*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ: 217-255
- Jumars, P.A., Nowell, A.R.M. (1984) Effects of benthos on sediment transport: difficulties with functional grouping. *Cont. Shelf Res.* 3: 115-130.
- Jumars, P.A., Mayer, L.M., Deming, J.W., Baross, J.A., Wheatcroft, R.A. (1990). Deep-sea deposit-feeding strategies suggested by environmental and feeding constraints. *Phil. Trans. R. Soc. Land. A* 331: 85-101
- Kineke, G.C., Sternberg, R.W. (1989). The effect of particle settling velocity on computed suspended sediment concentration profiles. *Mar. Geol.* 90: 159-174
- Kranck, K. (1980). Experiment on the significance of flocculation in the settling of fine-grained sediment in still water. *Can. J. Earth Sci.* 17: 1517-1526
- Kranck, K. (1981). Particulate matter grain-size characteristics and flocculation in a partially mixed estuary. *Sedimentology* 28: 107-114
- Kranck, K. (1984). The role of flocculation in the filtering of particulate matter in estuaries. In: Kennedy, V.S. (ed.) *The estuarine as a filter*. Academic press, New York: 159-175
- Kranck, K., Milligan, T.G. (1985). Origin of grain size spectra of suspension deposited sediment. *Geo-Mar. Lett.* 5: 61-66
- Krause, G.L., Schelske, C.L., Davis, C.O. (1983). Comparison of three wet-alkaline methods of digestion of biogenic silica in water. *Freshwater Biol.* 13: 73-81
- LaBarbera, M. (1984). Feeding currents and particle capture mechanisms in suspension feeding animals. *Amer. Zool.* 24: 71-84
- Lampitt, R.S. (1985). Evidence for seasonal deposition of detritus to the deep-sea floor and its subsequent resuspension. *Deep-Sea Res.* 32: 885-879
- Legutke, S. (1991). A numerical investigation of the circulation in the Greenland and Norwegian Seas. *Journal of Physical Oceanography* 21: 118-148
- Lenz, J. (1971). Zur Methode der Sestonbestimmung. *Kieler Meeresforschung* 27: 180 - 193
- Lorenzen, C.J. (1967). Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12
- McCave, I.N. (1972). Transport and escape of fine grained sediment from shelf areas. In: Swift, D.J.P., Duane, D.B., Pilkey, O.H. (eds.) *Shelf sediment transport, process and pattern*. Dowden, Hutchinson & Ross: 225-248

- McCave, I.N. (1984). Size spectra and aggregation of suspended particles in the deep ocean. *Deep-Sea Res.* 31: 329-352
- McCave, I. N. (1986). Local and global aspects of the bottom nepheloid layers in the world ocean. *Neth. J. Sea Res.* 20(2/3): 167-181
- McCave, I.N., Gross, T.F. (1991). In-situ measurements of particle settling velocity in the deep sea. *Mar. Geol.* 99: 403-413
- Meyer-Reil, L.-A. (1983). Benthic responses to sedimentation events during autumn to spring at a shallow water station in Western Kiel Bight. II Analysis of benthic bacterial populations. *Mar. Biol.* 77:247-256
- Middleton, G. V., Southard, J.B. (1984). *Mechanics of sediment movement*. S.E.P.M. Short course Number 3, 2nd Edition, Providence.
- Miller, D.C., Jumars, P.A., Nowell, A.R.M. (1984). Effects of sediment transport on deposit feeding: scaling arguments. *Limnol. Oceanogr.* 29: 1202-1217
- Muschenheim, D.K., Grant, J., Mills, E.L. (1986). Flumes for benthic ecologists: theory, construction and practice. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 28: 185-196
- Muschenheim, D.K. (1987) (A). The dynamics of near-bed seston flux and suspension-feeding benthos. *J. Mar. Res.* 40: 473-497
- Muschenheim, D.K. (1987) (B). The role of hydrodynamic sorting of seston in the nutrition of a benthic suspension feeder, *Spio setosa* (Polychaeta: Spionidae). Fluxes of particulate matter across benthic boundaries: 265-288
- Muschenheim, D.K., Kepkay, P.E., Kranck, K. (1989). Microbial growth in turbulent suspension and its relation to marine aggregate formation. *Neth. Journ. of Sea Research* 23: 283-292
- Newell, C.R., Muschenheim, D.K., Murphy, D.A. (1989). Use of the BOSS (benthic organic seston sampler) to investigate the depletion of phytoplankton above a mussel bed in Maine. *J. Shellfish Res.* 8(2): 471
- Noji, T., Estep, K., MacIntyre, F., Norrbin, F. (1990). Image-analysis of fecal material grazed upon by three species of copepod. Evidence for coprohexy, coprophagy and decompaction. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 71: 465-480
- Nowell, A. R. M., Jumars, P. A. (1984). Flow environments of aquatic benthos. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 15: 303-328
- Nowell, A.R.M., Jumars, P.A. (1987). Flumes: Theoretical and Experimental Considerations for Simulation of Benthic Environments. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 25: 91-112
- Perry, R.K. & Fleming, H.S. et al. (1985). *Bathymetry of the Arctic Ocean..* Naval Research Laboratory, Washington, D.C.
- Pfirman, S.L. (1985). Modern sedimentation in the northern Barents Sea. Input, dispersal and deposition of suspended sediments from glacial meltwater. Doctoral Dissertation, WHOI-85-4

- Pfirman, S.L., Solheim, A. (1989). Subglacial meltwater discharge in the open-marine
todewater glacier environment: observations from Nordaustlandet, Svalbard
Archipelago. *Marine Geology* **86**: 265-281.
- Plante, C.J., Jumars, P.A., Baross, J.A. (1989). *Microbial Ecol.* **18**:28-44
- Prahl, F.G., Muehlhausen, L.A. (1989). Lipid biomarkers as geochemical tools for
paleoceanographic study. In: Berger, W:H:, Smetacek, V.S., Wefer, G. (eds.).
Productivity of the Ocean. Present and Past. John Wiley & Sons: 271-289
- Quadfasel, D., Rudels, B., Kurz, K. (1988): Outflow of dense water from a Svalbard fjord into
the Fram Strait.. *Deep-Sea Research* **35** (7): 1143-1150.
- Riemann, F. (1989). Gelatinous phytoplankton detritus aggregates on the Atlantic deep-sea
bed. Structure and mode of formation. *Mar. Biol.* **100**: 533-539
- Ritzrau, W. (1990). Methodische Ansätze zur Bearbeitung von bodennahen
Trübungszonen. Ber. SFB 313, Univ. Kiel 27: 92pp
- Ritzrau, W., Graf, G. (1992). Increase of microbial biomass in the benthic turbidity zone BTZ
of Kiel Bight, Baltic Sea, after resuspension by a storm event. *Limn. Ocean.* (in press)
- Ritzrau, W., Deming, J.W. (1992). Effects of sediment resuspension and turbulence on
bacterial activity. *Aslo 92*
- Romero-Wetzel, M.B., (1987). Sipunculans as inhabitants of very deep, narrow burrows in
deep sea sediments, *Mar. Biol.* **96**: 87-91
- Rouse, H. (1937). Modern conception of mechanics of turbulence. *Trans. Am. Soc. Civ.*
Eng. **102**: 436-505
- Russel, W.C. (1975). *Nature* **253**: 461-462
- Scøtre, R., Aure, J., Ljøen, R. (1988). Wind effects on the lateral extension of the Norwegian
Coastal Water. *Deep-Sea Research* **8** (3): 239-253.
- Schmager, C. (1988). Der Einfluß rasenbildender Spinoiden auf den Stoffaustausch am
Meeresboden. Diplom, Institut für Meereskunde
- Smetacek, V.S. (1985): Role of sinking in diatom life history cycles: Ecological, evolutionary
and geological significance. *Mar. Biol.* **84**: 239-251
- Smith, K.L. (1982). Zooplankton of a bathyal benthic boundary layer: in situ rates of oxygen
consumption and ammonium excretion. *Limnology and Oceanography* **27**: 461-471
- Smith, K.L., Carlucci, A.F., Williams, P.M., Henrichs, S.M., Baldwin, R.J. and Craven, D.B.
(1986): Zooplankton and bacterioplankton of an abyssal benthic boundary layer: in
situ rates of metabolism. *Oceanologica Acta* **9**: 47-55.
- Smith, KL, Carlucci, AF., Jahnke, RA , Craven, DB. (1987). Organic carbon remineralization
in the Santa Catalina Basin: benthic boundary layer metabolism. *Deep Sea Res.***34**:
185-211.

- Sternberg, R. E., Johnson, R. V., Cacchione, D. A., Drake, D. E. (1986). An instrument system for monitoring and sampling suspended sediment in the benthic boundary layer. *Mar. Geol.* 71: 187-199.
- Struck, U. (1992). Zur Paläo-Ökologie benthischer Foraminiferen im Europäischen Nordmeer während der letzten 600000 Jahre. Dissertation, Univ. Kiel
- Sundborg, A. (1956). The River Klaralven: a study of fluvial processes. *Geogr. Ann.* 38:127-316
- Swift, J.H., Koltermann, K.P. (1988). The origin of Norwegian Sea Deep Water. *Journal of Geophysical Research* 93 (C4): 3563 - 3569.
- Thiel, H., Pfannkuche, O., Schriever, G., Lochte, K., Gooday, A.J., Hemleben, C., Mantoura, R.F.C., Turley, C.M., Patching, J.W., Riemann, F. (1989). Phytodetritus on the deep-sea floor in a central oceanic region of the Northeast Atlantic. *Biol. Oceanogr.* 6: 203-239
- Thomsen, L. (1991). Treatment and splitting of samples for bacteria and meiofauna biomass determinations by means of a semi-automatic image analysis system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 71: 301-306
- Thomsen, L., Graf, G., Martens, V. and Steen, E., in press.: An instrument for sampling water from the benthic boundary layer. *Continental Shelf Research*
- Turley, C.M. (1991). Protozoa associated with marine "snow" and "fluff"-session summary. *NATO ASI Series* 25: 310-326
- Townsend, D.W., Mayer, L.M., Dortch, Q., Spinrads, R.W. (1992). Vertical structure and biological activity in the bottom nepheloid layer of the Gulf of Maine. *Continental Shelf Research* 12(2/3): 367-387
- UNESCO (1966). Determinations of photosynthetic pigments in seawater. Rep. SCOR/UNESCO WG 17. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol. 1. Paris
- Unsöld, G. (1984). Der Transportbeginn feinstkörnigen rolligen Sohlmaterials in gleichförmigen turbulenten Strömungen: Eine experimentelle Überprüfung und Erweiterung der Shields-Funktion. *er. SFB 95, Univ. Kiel* 70: 141pp
- Vogel, S. (1981). In: *Life in moving fluids. The physical biology of flow.* Princeton University Press: 352pp
- Vorren, T.O., Lebesbye, E., Andreassen, K., Larsen, K. (1989). Glacigenic sediments on a passive continental margin as exemplified by the Barents Sea. *Marine Geology* 85: 251-272.
- Walsh, I., Fisher, K., Murray, D., Dymond, J. (1988). Evidence for resuspension of rebound particles from near-bottom sediment traps. *Deep-Sea Res.* 35: 59-70
- Walsh, I.D., Gardner, W.D.. A comparison of aggregate profiles with sediment trap fluxes. *Deep-Sea Res.* (in press)

Wassmann, P. (1989). Sedimentation of organic matter and silicate from the euphotic zone of the Barents Sea. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. mer 188:108-144

Weirich, F.H. (1988). Field evidence for hydraulic jumps in subaqueous sediment gravity flows. Nature 332: 626-629

Wellershaus, S. (1973). A new method for collecting near-bottom water in the deep sea. "Meteor" Forschungsergebn. Reihe A 13: 50-57

Wishner, K.F., Gowing, M.M. (1987). In situ filtering and ingestion rates of deep-sea benthic boundary-layer zooplankton in the Santa Catalina Basin. Mar. Biol. 94: 357-366

Witzel, K.P., (1979). The adenylate energy charge as a measure of microbial activities in aquatic habitats. Arch. Hydrobiol. Beih. 12: 146-165

Witzel, K.P., Graf, G. (1984). On the use of nucleic acid precursors for the measurement of microbial nucleic acid turnover. Arch. Hydrobiol. Beih. 19: 59-65

Ziebis, W. (1991). Experimente zur Biodeposition und Partikelresuspension mariner Evertebraten in einem Strömungskanal. Diplom, Insitut für Meereskunde

Station	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m	900m	1000m
Station 408	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 409	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 410	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 411	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 412	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 413	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 414	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 415	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 416	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 417	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 418	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 419	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 420	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 421	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 422	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 423	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 424	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 425	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 426	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 427	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 428	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 429	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Station 430	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0

Tabellenanhang

Tabelle 1A. Sauerstoff- und Partikelkonzentrationen in Bodenwasserproben der Meteor 13 Expedition im Juli 1990. Die Probenahme erfolgte an 7 Stationen am Barents See Kontinentalhang.

	Höhe über Grund [cm]	Sauerstoff [µmol/l]	Chl. a [µg/l]	Chl. äqui [µg/l]	Biogenes Opal(PSI) [µmol/l]	DNS [µg/l]	Bakterien Kohlenstoff (BOC) [µg/l]	Bakterien- zahl [x10 ⁷ /l]
Station 405 373m	500	375.9	0.008	0.07	0.33	1.06	0.44	4.00
	40	375.0	0.029	0.10	0.61	1.43	2.07	9.00
	25	319.6	0.016	0.09	0.65	1.51	0.57	3.00
	15	317.0	0.025	0.08	0.57	1.32	0.55	2.60
	10	317.9	0.033	0.10	0.47	0.48	0.29	2.60
Station 409 900m	500	315.2	0.004	0.01	0.25	0.54		1.60
	40	314.3	0.025	0.06	0.88	0.71		2.60
	25	311.6	0.016	0.05	0.60	0.71		2.70
	15	310.7	0.012	0.04	0.47	0.80		1.30
	10	308.0	0.016	0.05	0.56	0.73		2.80
Station 506 1066m	500	310.7	0.003	0.01	0.42	0.39		3.70
	40	306.7	0.016	0.04		0.56		3.20
	25	308.5	0.008	0.03	0.35	0.43		3.30
	15	306.7	0.012	0.06	0.26	0.43		3.10
	10	307.1	0.016	0.07	0.27	0.61		3.10
Station 431 1340m	500	314.7	0.006	0.01	0.52	0.26	0.15	1.10
	40	315.2	0.037	0.06	0.56	0.67	0.38	0.84
	25	315.6	0.025	0.06	0.42	0.95	0.96	3.30
	15	318.8	0.037	0.07	0.61	0.76	0.56	3.90
	10	316.5	0.082	0.13	0.99	0.82	0.05	0.79
Station 413 1750m	500	316.1	0.003	0.01	0.20	0.26	0.31	3.60
	40	315.9	0.012	0.04	0.16	0.39	0.68	2.10
	25	314.8	0.008	0.02	0.36	0.50	0.59	2.90
	15	315.4	0.008	0.03	0.37	0.65	0.24	1.90
	10	314.7	0.016	0.05	0.49	0.63	0.34	1.80
Station 499 1993m	500	315.6	0.000	0.00	0.32	0.26	0.12	12.00
	40	308.5	0.016	0.05	0.98	0.56	0.28	14.00
	25	309.8	0.016	0.05	1.41	0.61	0.12	12.00
	15	308.0	0.016	0.06	1.78	0.82	0.11	11.00
	10	266.1	0.020	0.07	2.15	1.02	0.17	17.00
Station 425 2537m	500	320.4	0.015	0.04	0.13	0.55	0.17	1.70
	40	320.3	0.016	0.04	0.25	0.45	0.17	2.40
	25	323.5	0.000	0.01	0.22	0.80	0.33	2.40
	15	321.7	0.016	0.04	0.47	1.02	0.33	2.30
	10	324.6	0.024	0.06	0.23	0.56	0.22	2.70

Tabelle 1B. Partikelkonzentrationen in Bodenwasserproben der Meteor 13 Expedition im Juli 1990. Die Probennahme erfolgte an 7 Stationen am Barents See Kontinentalhang.

	Höhe über Grund [cm]	Partikulärer org. Stickst. (PON) [$\mu\text{g/l}$]	Partikulärer org. Kohlenst. (POC) [$\mu\text{g/l}$]	Seston [mg/l]	Karbonat [mg/l]	anorganische Partikel (PIM) [mg/l]
Station 405 373m	500	1.00	16.15	8.60	6.48	1.42
	40	2.96	56.50	8.67	6.08	1.46
	25	1.00	26.15	4.82	2.06	1.86
	15	1.00	17.51	1.17	0.81	0.00
	10	2.78	36.07	7.92	5.72	1.23
Station 409 900m	500	6.89	33.74	8.43	5.04	2.30
	40	2.74	41.24	8.37	3.77	3.24
	25	3.01	60.24	8.41	1.85	4.39
	15	2.10	57.81	8.33	4.43	2.52
	10	2.42	33.03	8.79	5.33	2.20
Station 506 1066m	500	3.01	52.57	9.78	7.68	1.13
	40	12.13	107.17	8.21	6.81	0.61
	25	3.30	55.89	2.59	1.80	0.27
	15	6.64	62.76	2.31	1.94	0.03
	10	4.51	52.18	2.85	2.54	0.00
Station 431 1340m	500	2.01	40.25	7.77	5.74	1.35
	40	8.73	76.90	7.43	5.79	0.89
	25	4.49	66.50	3.35	1.51	0.97
	15	2.39	53.78	2.22	1.32	0.31
	10	3.12	50.83	1.68	1.46	0.03
Station 413 1750m	500	0.75	26.06	8.50	5.09	1.80
	40	4.51	61.13	6.51	5.59	0.00
	25	4.30	31.99	7.93	4.82	1.89
	15	3.01	26.84	7.74	6.02	0.88
	10	3.11	28.21	7.40	5.09	1.36
Station 499 1993m	500	0.52	18.29	7.72	5.13	1.40
	40	9.93	84.29	8.28	5.13	1.84
	25	7.48	60.05	10.59	8.73	1.11
	15	4.71	53.50	10.34	7.95	1.63
	10	5.20	60.51	11.33	7.05	3.11
Station 425 2537m	500	1.03	27.82	9.86	6.03	2.80
	40	2.53	57.72	7.74	7.22	0.05
	25	9.64	73.62	8.86	6.27	1.68
	15	1.23	38.35	7.58	6.99	0.19
	10	1.03	32.80	8.97	8.73	0.00

Tabelle 2. Verhältnisse der Partikelkonzentrationen in Bodenwasserproben der Meteor 13 Expedition im Juli 1990. Die Probennahme erfolgte an 7 Stationen am Barents See Kontinentalhang.

	Höhe über Grund [cm]	POC/PON	POC/Seston [%]	PIM/Seston [%]	Karbonat/Seston [%]	Chl./POC [%]	Chl./Chl. [%]	BOC/POC [%]
Station 405 373m	500	16	0.2	17	75	0.4	11.4	2.7
	40	19	0.7	17	70	0.2	29.0	3.7
	25	26	0.5	39	43	0.3	17.8	2.2
	15	17	1.5	0	69	0.5	31.3	3.1
	10	13	0.5	16	72	0.3	33.0	0.8
Station 409 900m	500	5	0.4	27	60	0.0	40.0	
	40	15	0.5	39	45	0.1	41.7	
	25	20	0.7	52	22	0.1	32.0	
	15	24	0.7	30	53	0.1	30.0	
	10	14	0.4	25	61	0.1	32.0	
Station 506 1066m	500	17	0.5	12	79	0.0	30.0	
	40	9	1.3	7	83	0.0	40.0	
	25	17	2.2	10	69	0.1	26.7	
	15	9	2.7	1	84	0.1	20.0	
	10	12	1.8	0	89	0.1	22.9	
Station 431 1340m	500	20	0.5	17	74	0.0	60.0	0.4
	40	9	1.0	9	78	0.1	61.7	0.5
	25	15	2.0	29	45	0.1	41.7	1.4
	15	23	2.4	14	59	0.1	52.9	1.0
	10	16	3.0	2	87	0.3	63.1	0.1
Station 413 1750m	500	35	0.3	21	60	0.0	30.0	1.2
	40	14	0.9	0	86	0.1	30.0	1.1
	25	7	0.4	24	61	0.1	40.0	1.8
	15	9	0.3	11	78	0.1	26.7	0.9
	10	9	0.4	18	69	0.2	32.0	1.2
Station 499 1993m	500	35	0.2	18	66	0.0	•	0.7
	40	8	1.0	22	62	0.1	32.0	0.3
	25	8	0.6	10	82	0.1	32.0	0.2
	15	11	0.5	16	77	0.1	26.7	0.2
	10	12	0.5	27	62	0.1	35.7	0.3
Station 425 2537m	500	27	0.3	28	61	0.1	37.5	0.6
	40	23	0.7	0	93	0.1	40.0	0.3
	25	8	0.8	19	71	0.0	0.0	0.4
	15	31	0.5	3	92	0.1	40.0	0.9
	10	32	0.4	0	97	0.2	42.0	0.7

Tabelle 3. Bakterienvolumina in Bodenwasserproben der Meteor 13 Expedition im Juli 1990. Die Probennahme erfolgte an 7 Stationen am Barents See Kontinentalfang.

Station 405 [372 m] Bakterien- Volumen in [μm^3]

500 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.1008	100	0.0006	0.3943	0.3937
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.0042	0.0119	0.0668	0.1969	0.2464

40 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.2099	100	0.0154	0.853	0.8376
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.0812	0.1133	0.1485	0.2639	0.3685

25 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.1748	100	0.0117	0.5124	0.5007
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.0501	0.0752	0.1432	0.2644	0.3399

15 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.1922	100	0.0198	0.8509	0.8311
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.055	0.0864	0.1223	0.1978	0.458

10 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.1035	100	0.0057	0.3896	0.3839
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.0192	0.0356	0.0752	0.1436	0.2287

Station 431 [1340 m] Bakterien - Volumen in [μm^3]

500 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.123	98	0.006	0.759	0.753
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.014	0.023	0.054	0.106	0.358

40 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.405	100	0.072	1.01	0.938
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.129	0.203	0.403	0.503	0.709

25 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.528	101	0.208	1.586	1.377
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.293	0.383	0.451	0.596	0.882

15 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.131	100	0.015	0.494	0.479
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.026	0.058	0.109	0.165	0.313

10 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.057	100	0.009	0.254	0.245
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.016	0.019	0.035	0.074	0.134

Tabelle 3. Bakterienvolumina in Bodenwasserproben der Meteor 13 Expedition im Juli 1990. Die Probennahme erfolgte an 7 Stationen am Barents See Kontinentalhang.

Station 413 [1730 m] Bakterien- Volumen in [μm^3]

500 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.08	102	0.01	0.26	0.25
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.03	0.04	0.06	0.1	0.15

40 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.3	97	0.02	1.2	1.18
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.03	0.1	0.29	0.38	0.58

25 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.18	100	0.03	0.69	0.66
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.06	0.07	0.13	0.26	0.37

15 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.11	100	0.01	0.98	0.97
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.02	0.04	0.07	0.14	0.21

10 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.2	100	0.02	1.75	1.74
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.03	0.04	0.11	0.26	0.43

Station 499 [1993 m] Bakterien- Volumen in [μm^3]

500 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.01	100	0.002	0.05	0.05
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.005	0.01	0.01	0.02	0.02

40 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.01	97	0.005	0.03	0.02
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

25 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.01	100	0.003	0.04	0.04
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.01	0.01	0.01	0.01	0.02

15 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.01	100	0.003	0.04	0.04
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

10 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.01	105	0.002	0.03	0.03
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

Tabelle 3. Bakterienvolumina in Bodenwasserproben der Meteor 13 Expedition im Juli 1990. Die Probennahme erfolgte an 7 Stationen am Barents See Kontinentalhang.

Station 425 [2537 m] Bakterien- Volumen in [μm^3]

500 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.09	101	0.01	0.3	0.29
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.02	0.03	0.06	0.14	0.25

40 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.06	100	0.01	0.25	0.25
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.01	0.02	0.03	0.1	0.14

25 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.13	100	0.003	0.67	0.67
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.01	0.02	0.08	0.22	0.32

15 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.1	100	0.02	0.41	0.39
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.03	0.05	0.08	0.11	0.18

10 cm ü.G.				
Mittelwert:	Anzahl:	Minimum:	Maximum:	Range:
0.08	100	0.01	0.44	0.43
10th %:	25th %:	Medianwert:	75th %:	90th %:
0.02	0.03	0.06	0.09	0.16

Tabelle 4. Prozentualer Anteil der partikelgebundenen Bakterien in Bodenwasserproben der Meteor 13 Expedition im Juli 1990. Die Probennahme erfolgte an 7 Stationen am Barents See Kontinentalhang.

Station Nr.	Anteil partikelgebunder Bakterien	
	10-40cm ü.G	500 cm ü.Gr.
405	35	12
409	44	9
506	49	14
431	65	14
413	58	13
499	65	10
425	65	15

Tabelle 5. Sauerstoff- und Partikelkonzentrationen in Bodenwasserproben der Meteor 17 Expedition im Juli 1991. Die Probennahme erfolgte an 3 Stationen auf dem Suspensionsfresserfeld am Barents See Kontinentalhang.

	Station	Höhe über Grund			
		10cm	15cm	25cm	40cm
Sauerstoff					
	385	317	318	318	323
[$\mu\text{mol/l}$]	384	316	317	315	325
	386	311	313	309	320
Seston					
	385	1.77	1.21	2.26	0.8
[mg/l]	384	1.23	0.92	1.65	0.82
	386	1.01	0.75	1.38	0.98
POC					
	385	63	66	106	85
[$\mu\text{g/l}$]	384	52	65	90	78
	386	46	65	70	61
Chl. äqui.					
	385	0.09	0.07	0.05	0.06
[$\mu\text{g/l}$]	384	0.13	0.09	0.05	0.07
	386	0.18	0.14	0.09	0.10
Karbonat					
	385	0.86	0.53	1.02	0.41
[mg/l]	384	0.65	0.5	0.88	0.44
	386	0.64	0.4	0.75	0.57
DNS					
	385	1.34	1.12	1.86	2.46
[$\mu\text{g/l}$]	384	1.45	1.02	1.64	2.79
	386	0.8	0.77	1.32	3.05
PIM					
	385	0.36	0.38	0.55	0.12
[mg/l]	384	0.17	0.15	0.21	0.17
	386	0.13	0.14	0.27	0.1
Bakterienzahl					
	385	2.72	3.58	3.77	3.53
[$\times 10^7$]	384	2.67	2.78	2.92	2.91
	386	3.30	2.21	0.93	2.85

Tabelle 6. Partikelkonzentrationen in Wasserproben [5 m ü.G.] der Poseidon 181 Expedition im Februar/März 1991. Die Probennahme erfolgte an 30 Stationen am Barents See Kontinentalhang. (Positionsangaben im Dezimalsystem)

Geogr. Länge	Geogr. Breite	Station	Tiefe [m]	Attenuation [%]	Seston [mg/l]	PIM [mg/l]	PON [µg/l]	POC [µg/l]	Bakterien abundanz [x10 ⁷ /l]
12.12	75.10	215	2250	20.22	0.57	0.00	1.75	13.28	2.13
12.66	75.20	216	2009	20.02	0.56		2.21	10.10	
13.49	74.90	217	2000	19.78	0.58	0.01	2.25	16.50	0.86
13.88	74.80	218	2060	21.56	1.68	0.02	1.73	25.30	3.08
14.19	74.70	219	2000	20.27	2.04	0.35	0.88	10.34	3.47
14.62	74.40	220	1980	21.37	0.77	0.12	3.15	20.52	
15.12	74.50	221	1700	21.41	0.60	0.00	4.14	47.73	0.94
15.67	74.60	223	950	22.94	0.94	0.36	2.90	21.99	3.57
15.99	74.70	224	450	19.37	0.56	0.07	2.40	12.57	
15.99	74.80	225	365	18.51	1.40	0.04	3.79	39.44	0.66
15.93	74.90	226	374	21.64	3.92	0.58	2.04	25.13	3.68
15.76	75.00	227	453	21.04	3.66	0.42	2.96	18.08	
15.30	74.90	229	960	21.74	5.39	0.90	5.00	32.85	0.81
15.07	74.80	230	1244	24.11	3.93	0.78	3.69	18.27	
14.83	74.80	231	1473	21.84	7.05	3.99	3.35	19.32	
13.40	75.30	235	1450	23.10	4.77	1.43	3.96	17.64	3.49
14.00	75.40	237	887	17.09	1.27	0.44	1.64	11.30	3.46
14.39	75.50	239	404	19.09	4.22	0.97	1.75	6.20	2.47
15.17	75.20	240	447	17.08	3.97	1.10	3.40	12.10	1.21
14.80	75.10	242	923	22.42	4.03	1.35	8.88	10.30	4.67
14.27	75.00	244	1517	26.93	2.29	0.87	3.60	26.02	3.44
14.71	75.00	245	1356	25.56	2.05				
14.32	74.90	247	1740	17.32	1.44	0.42	6.24	25.16	4.72
14.81	75.00	249	1312	24.19	2.66	0.54	2.77	9.51	4.45
15.31	75.00	251	796	16.52	1.44	0.30	3.10	6.96	1.45
17.50	74.70	258	120	17.86	1.65	0.65	3.04	6.15	
16.66	74.90	263	310	17.57	1.40	0.42	10.37	4.08	4.36
15.33	75.00	267	892	18.57	1.32	0.41	3.92	21.23	
16.66	74.80	268	317	15.48			1.02	10.90	

Danksagung

Professor Dr. Gerd Graf danke ich für die Betreuung der Arbeit und das stete Interesse am Fortgang der Untersuchungen.

Priv. - Doz. Dr. B. v. Bodungen, Dr. Alexander Altenbach und Dr. Jan Rumohr haben in vielen Diskussionen durch wertvolle Anregung und Ratschläge wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Mein Dank gilt weiterhin:

Will Ritzrau, Wiebke Ziebis und Dr. Frank Blaume für ihre Gesprächsbereitschaft und Hilfe,

V. Martens und E. Steen für ihre tatkräftige Unterstützung und Mithilfe bei Entwicklung und Bau des Bodenwasserschöpfers,

Karen v. Juterzenka für die Überlassung unveröffentlichten Datenmaterials,

Annette Schelz für die Durchführung der Sedimentanalysen,

Wolfgang Queisser für die sorgfältige und kritische Durchsicht des Manuskripts,

den Besatzungen der Forschungsschiffe Poseidon und Meteor für die gute Zusammenarbeit, insbesondere der Schiffsführung der METEOR unter Kapitän Bruns für die erfolgreiche Bergung des Bodenwasserschöpfers aus 1300 m Tiefe,

den Kollegen des Sonderforschungsbereiches 313 für die fachübergreifenden Gespräche,

Claudia für die Geduld und Henrik für die Ablenkung,

der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 313.