

Verbundvorhaben JGOFS IV

-Abschlussbericht -

Langzeitstudien bei den Kanarischen Inseln (ESTOC) -Physikalische Ozeanographie und Partikelfluß-

Auswerte- und Synthesephase

Förderzeitraum 01.10.1997-31.03.2000

BMBF- Projekt JGOFS IV/ESTOC

FKZ: 03F0202A TP 3

Projektleitung

G. Siedler, Institut für Meereskunde an der Universität Kiel

G. Wefer, Universität Bremen

Bericht erstellt unter der Mitarbeit von

T.J. Müller, *B. Lenz*, Institut für Meereskunde an der Universität Kiel

S. Neuer, Universität Bremen

Inhalt:

1. Aufgabenstellung
2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde
3. Planung und Ablauf des Vorhabens
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen
6. Erzielte Ergebnisse
 - 6.1 Schichtung und Zirkulation in der ESTOC-Region
 - 6.2 Partikelflußprozesse in der nördlichen Kanarenregion
 - 6.3 Vergleich der Sinkstofffallenergebnisse mit sedimentären Akkumulationsdaten
 - 6.4 Kohlenstofffluß bei ESTOC
 - 6.5 Kopplung von atmosphärischen Einträgen und Partikelfluß bei ESTOC und La Palma
 - 6.6 Vergleich der ESTOC-Fallendaten mit Stationen in anderen Teilen des Nordatlantiks: Beispiel Cap Blanc
7. Voraussichtlicher Nutzen
8. Fortschritt bei anderen Stellen
9. Erfolgte und geplante Publikationen
 - 9.1 Aufsätze in begutachteten Zeitschriften, Bücher und Buchbeiträge
 - 9.2 Dissertationen, Diplomarbeiten, Berichte, Newsletter
 - 9.3 Vorträge und Poster auf internationalen und nationalen Konferenzen, Symposien und Workshops
10. Anhang
 1. Verwendete Fachliteratur
 3. ESTOC Data report 1995-1996
 5. Kopie Publikation Davenport und Neuer (im Druck)
 6. Kopie Publikation Sprengel, Baumann und Neuer (im Druck)
 7. Kopie Publikation Freudenthal, Neuer, Meggers, Davenport und Wefer (eingereicht)

1. Aufgabenstellung

Bei unveränderten Projektzielen stand die Auswertung und die wissenschaftliche Interpretation im Vordergrund:

- die Untersuchung der langfristigen Veränderungen der Schichtung und Zirkulation auf saisonalen und zwischenjährlichen Zeitskalen in dem südwestlich an Europa angrenzenden Seegebiet, mit dem Ziel, die Datenbasis zu erweitern, um Zirkulationsmodelle am östlichen Rand zu verbessern zu können
- die Untersuchung der biogeochemischen Kreisläufe in dieser Region, mit dem Ziel, die Prozesse, welche den Kohlenstofffluß und zugehörige Elemente im Ozean im saisonalen und zwischenjährlichen Zeitraum steuern, besser zu verstehen
- die Ergebnisse aus den Untersuchungen zur Schichtung und Zirkulation mit denen zu den biogeochemischen Kreisläufen in einer gemeinsamen Analyse zusammenzuführen
- einen Schwerpunkt der Meeresforschung im Bereich der Kanarischen Inseln für europäische und andere Forschungsgruppen zu schaffen
- die Kapazität der Meeresforschung im Bereich der Kanarischen Inseln zu vergrößern und den wissenschaftlichen Austausch zwischen den lokalen Instituten und anderen europäischen Meeresforschungsinstituten, insbesondere zwischen Spanien und Deutschland, zu verbessern
- die Verwendung der ESTOC-Zeitseriendaten als einen Beitrag zu dem World Ocean Circulation Experiment (WOCE)
- die Verwendung der ESTOC-Zeitseriendaten als einen Beitrag zu den Joint Global Ocean Flux Studies (JGOFS)
- die Verwendung der ESTOC-Zeitseriendaten als Referenz für das EU-Programm CANIGO (Canary Islands Azores Gibraltar Observations), gefördert von August 1996.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Zeitserienstation ESTOC (European Station for Time-Series in the Ocean, Canary Islands) wurde im Rahmen von JGOFS im Jahre 1994 auf 29°10'N, 015°30'W etwa 100 Km nördlich von Gran Canaria und Teneriffa auf 3610 m Wassertiefe eingerichtet. Von Anfang an bestand die Absicht, die Station über den Zeitrahmen der deutschen JGOFS-Förderung hinaus langfristig aufrecht zu erhalten und in das künftige Netz von Stationen des Global Ocean Observing Programms (GOOS) einzubinden. Die Stationsarbeiten haben drei Komponenten:

- monatliche Messungen und Beprobungen der wichtigsten physikalischen, chemischen und biologischen Parameter nach JGOFS-Standards
- Zeitreihenmessungen von Temperatur, Strömung und vertikalen Stofftransporten mit Hilfe verankerter Geräte
- mesokaliqe Aufnahmen und kurzfristige Studien zu bio-geochemischen Prozessen im Umfeld der Station zu verschiedenen Jahreszeiten

ESTOC ist ein Gemeinschaftsprojekt von vier spanischen und deutschen Instituten. Sie bringen ihre spezielle fachliche Kompetenz sowie die instrumentellen und logistischen Möglichkeiten ein, die erforderlich sind, eine Zeitserienstation im offenen Ozean regelmäßig zu beproben und langfristig aufrecht zu erhalten.

- Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM), Telde, Gran Canaria,
- Instituto Espanol de Oceanografia (IEO), Santa Cruz de Tenerife, Teneriffa,
- Institut für Meereskunde an der Universität Kiel (IFM), Kiel,
- Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen (GeoB), Bremen.

Die wissenschaftliche Leitung des Projekts unterliegt einem Komitee, das sich jährlich trifft und dessen Mitglieder die folgenden Vertreter der vier Institute sind: Dr. O.Llinás (ICCM), Dr. A.Rodríguez de León (IEO), Prof. Dr. U. Send (IFM, seit Okt. 1999), Prof. Dr. G. Siedler (IFM), Prof. Dr. G.Wefer (GeoB).

Die Arbeitsgruppen der beteiligten deutschen Institute (IFM und GeoB) besitzen langjährige Erfahrungen bei der Durchführung und Auswertung von großen nationalen und internationalen interdisziplinären Meßprogrammen, z.B. im Rahmen von WOCE und im Rahmen des Bremer SFB 261 'Der Südatlantik im Spätquartär' mit den dort geforderten Standards. Beiden Arbeitsgruppen standen die notwendigen Labors für Kalibrierungen und Analysen sowie die Software zur Auswertung zur Verfügung. Die im Rahmen des früheren Kieler SFB 133 'Warmwassersphäre des Nordatlantiks' gewonnenen Kenntnisse bezüglich der großräumigen Wassermassenstruktur und Zirkulation in dieser Region bildeten eine wichtige Grundlage.

Die spanischen Arbeitsgruppen des ICCM und des IEO brachten die notwendigen Erfahrungen und technischen Einrichtungen in der Erfassung und Analyse chemischer und biologischer Parameter ein. Aus früheren Meßprogrammen im Bereich der Kanarischen Inseln lagen spezielle Kenntnisse über kleinräumige Variabilität physikalischer und bio-geochemischer Größen nahe den Inseln vor.

Nach Beendigung der Meßphase im deutschen JGOFS im September 1997 lagen folgende Datensätze als Grundlage für die Analyse vor:

- monatliche Messungen aus den ESTOC-Stationsarbeiten (ICCM mit Beteiligung des IEO)
- Zeitreihen der Partikelflüsse aus verankerten Geräten, begonnen in Vorstudien des SFB261, seit 1991 (GeoB)
- Zeitreihen von Temperatur und Strömung aus verankerten Geräten seit 1994 (IFM)
- mesoskalige Untersuchungen und Prozeßstudien während fünf Fahrten mit POSEIDON, V. HENSEN und METEOR (P202 Sep 1994, P212 Okt 1995, VH Mai 1997, M37/2 Dez 96/Jan 1997, P233 Sep 1997)

Im September 1996 war im Rahmen von MAST III durch die Europäische Union die Förderung zum Projekt CANIGO begonnen worden. Dadurch konnten bis Mitte 1998 zusätzliche und ergänzende Datensätze aus der ESTOC-Region gewonnen werden.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Nach dem Ende der Meßphase im deutschen JGOFS-Programm im September 1997 sollten die bis dahin gewonnenen Datensätze ausgewertet, interpretiert und einer Synthese zugeführt werden. Dies sollte im Zusammenhang mit Satellitendaten und mit geeigneten Modellen geschehen. Ferner war sicherzustellen, daß ESTOC als Zeitserienstation fortgesetzt wurde. Die spanischen Partner, die die monatlichen Beprobungen fortsetzen wollten, sollten weiter durch Beratung und Kalibration von Geräten unterstützt werden. Zu den Arbeiten gehört auch die Mitherausgabe des jährlichen Datenberichts der Station.

Ein wichtiger Aspekt ist die enge Verknüpfung der deutschen und spanischen Arbeitsgruppen bei der Auswertung. Bereits bei den Beobachtungen war konsequent für gemeinsame Arbeit an Bord der Forschungsschiffe gesorgt worden. In der Analysephase sollte durch langfristige Forschungsaufenthalte deutscher Teilnehmer in den spanischen Instituten und spanischer Teilnehmer in den deutschen Instituten eine direkte gemeinsame Arbeit sichergestellt werden.

Wissenschaftliche Analyse

Die wissenschaftliche Analyse konzentrierte sich auf folgende Fragestellungen:

- Wie repräsentativ sind die Daten der Zeitserienstation für die hydrographischen und biogeochemischen Prozesse in der Region?
- Welche Bedeutung hat die seitliche Advektion für den Partikelfluß an der ESTOC-Station?
- Welche Prozesse steuern den Kohlenstofffluß an der ESTOC-Station?
- Wie hoch ist die interannuelle Variabilität der Prozesse an der ESTOC-Station, und kann man bereits Beziehungen zu anderen Zeitserien im Nordatlantik erkennen?

Über vorläufige Ergebnisse wurde im internationalen Rahmen während der Jahrestagung der Europäischen Geophysikalischen Gesellschaft (EGS) im Rahmen einer eigenen Sitzung zu Zeitserienstationen (Co-Convenor T.J. Müller) im April 1998 in Nizza berichtet. Hieran nahmen auch Vertreter aus den USA teil, die an den Stationen BATS (Bermuda) und HOT (Hawaii) arbeiten. Anläßlich des Abschlusses des CANIGO-Projekts wurde über ESTOC auf der CANIGO-Konferenz „The Marine System in the Canary-Azores-Gibraltar Region“ in Las

Palmas im September 1999 berichtet. Auf nationaler Ebene sind die jährlichen JGOFS-Workshops in Bremen zu nennen, an denen auch jeweils Vertreter des ICCM teilnahmen. Die Vorbereitungen zur Teilnahme an der abschließenden JGOFS-Konferenz im September 2000 in Bremen mit internationaler Beteiligung laufen.

Mehrere Forschungsaufenthalte eines der Projektleiter (Prof. Dr. G. Siedler) sowie von Mitarbeitern im Projekt (Dr. S. Neuer, Dipl.-Ozeanogr. B. Lenz) am ICCM haben dazu beigetragen, die Zusammenarbeit mit den spanischen Partnern zu vertiefen und die Analyse voran zu treiben.

ESTOC-Steering Committee

Um die laufenden Auswertearbeiten, die Fortsetzung der Stationsarbeiten zu ESTOC über den Förderungszeitraum des deutschen JGOFS hinaus sowie die Veröffentlichung der jährlichen Datenberichte zu ESTOC und Freigabe der Daten zu koordinieren, traf sich das ESTOC Steering Committee im Berichtszeitraum zweimal:

03.09.1997 im ICCM, Telde, Gran Canaria
07.10.1998 auf FS Meteor, Las Palmas, Gran Canaria

Das folgende Treffen wurde wegen der ohnehin 1999 stattfindenden Gespräche anlässlich der CANIGO-Konferenz im September 1999 auf das Jahr 2000 verschoben. Auf den für 1999 vorgesehenen ESTOC-Workshop konnte verzichtet werden, weil die ESTOC-Arbeiten wegen der engen Verknüpfung mit CANIGO ausführlich auf der CANIGO-Konferenz vorgestellt und diskutiert wurden.

Datenberichte und -weitergabe

Die Datenberichte für die Jahre 1994 und 1995/1996 sind erschienen. Der Datenbericht für 1997/1998 wird zur Zeit bearbeitet. Die deutschen Daten sind an das deutsche JGOFS-Datenzentrum übergeben. Zur Zeit werden sie für die Übergabe an die internationalen WOCE und JGOFS-Datenbanken vorbereitet.

Fortsetzung der Stationsarbeiten

Seit Herbst 1997 wurden während des CANIGO-Projekts die Stations- und Verankerungsarbeiten mit spanischen nationalen Mitteln und in Deutschland aus der Grundausrüstung weitergeführt. Ein Antrag zur Weiterführung im 5. Rahmenprogramm der EU ist zwar trotz positiver wissenschaftlicher Begutachtung zunächst abgelehnt worden. Er wurde jedoch am 15. Februar 2000 in veränderter Form erneut eingereicht.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Der Stand der Forschung wurde im Erstantrag und in den Fortsetzungsanträgen zum Vorhaben dargestellt. Die wichtigsten Grundlagen werden hier noch einmal kurz zusammengefaßt (verwendete Fachliteratur s. 8):

Der Bereich der Kanarischen Inseln ist Teil des Rezirkulationssystems im oberflächennahen nordatlantischen subtropischen Wirbel, der sich vom Golfstrom über die Azoren und den Kanarenstrom zum Nordäquatorialstrom erstreckt. Ein Zweig dieses Wirbels liegt westlich der Kanarischen Inseln, ein anderer Zweig nähert sich Madeira, überquert das kanarische Archipel und vereinigt sich mit dem Kanarenstrom, der südwärts fließt. Das Strömungsmuster im Gebiet Madeira/Kanarische Inseln unterliegt allerdings starken Veränderungen auf

unterschiedlichen Skalen. Das Kanarische Becken ist ein geeigneter Ort für die Überwachung des Wassermassentransports. Man findet dort viele der wichtigsten Wassermassen des Nordatlantiks. Die Untersuchungen in den vorhergehenden Bewilligungsperioden hatten bereits erste Erkenntnisse über die Wassermassen und geostrophischen Transporte geliefert, die aber noch keine Rückschlüsse auf saisonale Variabilität erlaubten. Ein regionales Zirkulationsmodell, das das östliche Randstromsystem horizontal und vertikal genügend gut auflöst, wird mit Beginn des EU-Projektes CANIGO seit Ende 1996 eingesetzt.

Die Phytoplanktongemeinschaft im Kanareengebiet ist charakteristisch für den östlichen Teil eines subtropischen Wirbels. Eine tiefe Durchmischung im Spätwinter verursacht einen Anstieg des Gehalts an Nährsalzen in der Oberflächenschicht, wo sich daraufhin eine Spätwinterblüte entwickelt. Während des Rests des Jahres reduzieren sich die Oberflächenwerte des Chlorophylls, und es entwickelt sich ein tiefes Chlorophyllmaximum in etwa 40-80 m Tiefe. Strömungsmuster und biogeochemische Kreisläufe in der Kanarenregion unterliegen starken Änderungen, die von global gesteuerten klimatischen Faktoren abhängen. Die Kanarenregion wird ganzjährig, besonders aber im Sommer, durch Auftriebsfilamente beeinflusst, die vom nordwestafrikanischen Auftriebsgebiet mehrere 100 km weit nach Westen vordringen können. Inwieweit die ESTOC-Region hierdurch beeinflusst wird, z.B. ob die beobachtete Zunahme des Partikelflusses mit der Tiefe bei ESTOC verursacht wird und wie der regionale Kohlenstoffkreislauf beeinflusst wird, ist noch nicht bekannt. Im Kanareengebiet kann es auch zu jahreszeitlichen und episodischen Einträgen von atmosphärischem Staub aus dem Sahara/Sahel-Gebiet kommen. Die Auswirkungen dieser Staubeinträge auf die Spurenmetallchemie, die Produktivität und die Partikelbildung ist nur unzureichend erforscht. Die ESTOC-Zeitserienstation liegt deshalb an einer geeigneten Stelle, um den Einfluß von Prozessen in der Wassersäule wie auch von aeolisch eingetragenen lithogenen Material auf die Bildung von Partikeln und den Sinkstofffluß zu untersuchen.

5. Zusammensetzung der Arbeitsgruppen und Zusammenarbeit mit anderen Stellen im ESTOC Projekt

IfM Kiel

Prof. Dr. G. Siedler (Projektleiter)

Dr. T.J. Müller (physikal. Ozeanographie)

Dr. M. Knoll (physikal. Ozeanographie, bis September 1998)

Dipl.-Oz. J. Reppin (Datenaufbereitung und -auswertung, bis Frühjahr 1999)

Dipl.-Oz. B. Lenz (Datenaufbereitung und -auswertung, seit Frühjahr 1999)

M. Busse (Diplomand, Datenaufbereitung, bis 1999)

W. Hansen (Diplomandin, Datenaufbereitung, bis 1999)

Universität Bremen

Prof. Dr. G. Wefer (Projektleiter)

Prof. Dr. W. Balzer (Spurenmetallchemie)

B. Davenport (Doktorand, Satellitenarbeiten)

T. Freudenthal (Doktorand, Biogeochemie)

Dr. B. Klein (Tracerozeanographie)

Dr. S. Neuer (Partikelfluß, bio-geochemische Prozeßstudien)

A. Spies (Foraminiferen, bis Sommer 1998)

G. Ruhland (Verankerungsarbeiten)

K. Adolph (Aufbereitung und Analyse von Fallenproben, bis April 1998)

C. Hayn (Aufbereitung und Analyse von Fallenproben, seit Mai 1998 bis März 1999)

ICCM

Dr. O. Llinás (Projektleiter)
Dr. M.-J. Rueda (Stationsarbeiten, Überwachung der Datenanalyse)
Dr. C. Rodríguez (Phytoplankton, Pigmente)
A. Alamo (Techniker, Sauerstoff, Salinometer)
Dr. J. Marrero (Satellitenbilder)
A. Cianca (Doktorand, XBT-Datenaufbereitung)
Dr. R. Santana (Doktorandin, Nährstoffe)
Dr. M. Villagarcia (Stationsarbeiten)
J. Godoy (Doktorandin, Inkubationen, Chlorophyll)
L. Maroto (Sauerstoff, Nährstoffe)

IEO

Dr. A. Rodríguez de León (Projektleiter)
F. López Laatzén (Ozeanographie)
C. García Ramos (Zooplankton)

Deutsche JGOFS-Gruppen

Vor allem mit

Prof. Dr. Herterich (Univ. Bremen, physikal.-biol.-geochem. Prozeßmodellierung)
Dr. A. Oschlies (IFM Kiel, physikal.-biol.-geochem. Zirkulationsmodellierung)

Univ. East Anglia, Norwich, England

Dr. J. Johnson (regionale Zirkulationsmodellierung)

Universität Las Palmas, Spanien

Dr. J. Hernández-Brito (Spurenmetalle)
Dr. M. Gonzalez-Davila (Kohlenstoff)

Universität Oldenburg

Dr. R. Reuter (Optische Ozeanographie)

ETH Zürich, Schweiz

Prof. Dr. Thierstein (Coccolithophoriden)

6. Ergebnisse

6.1 Schichtung und Zirkulation in der ESTOC-Region

(Bearbeiter: Knöll, Lenz, Müller, Reppin, Siedler)

Einführung

In der ESTOC-Region bestimmt das östliche Randstromsystem des Subtropenwirbels unter Einschluß der Auftriebsregion vor Nordwestafrika mit seiner mesoskaligen Variabilität und seinem Jahresgang sowie möglicherweise zwischenjährlichen Schwankungen wesentlich die biologische Produktion sowie den vertikalen Transport und die horizontale Verfrachtung von organischen und anorganischen (Saharastaub) Partikeln. Um abzuschätzen, wie repräsentativ die ESTOC-Position selbst ($29^{\circ}10'N$, $15^{\circ}30'W$) für die Region ist, wurden deshalb neben den Zeitserienbeobachtungen bei ESTOC fünf Fahrten mit POSEIDON (Knöll et al., 1999) und zwei mit METEOR (Wefer und Müller, 1998; Pfannkuche et al., im Druck) genutzt, um wiederholt auf einem Schnitt entlang ca. $29^{\circ}N$ (Abb. 6.1.1) die horizontale Variabilität von Schichtung und meridionalem Volumentransport der beobachteten Wassermassen zu untersuchen. Dabei konnten unter Einbeziehung der CANIGO-Fahrten die vier Jahreszeiten abgedeckt werden sowie durch Wiederholungen von Herbst- und Wintersituationen Schwankungen von zweier gleicher Jahreszeiten in verschiedenen Jahren erfaßt werden.

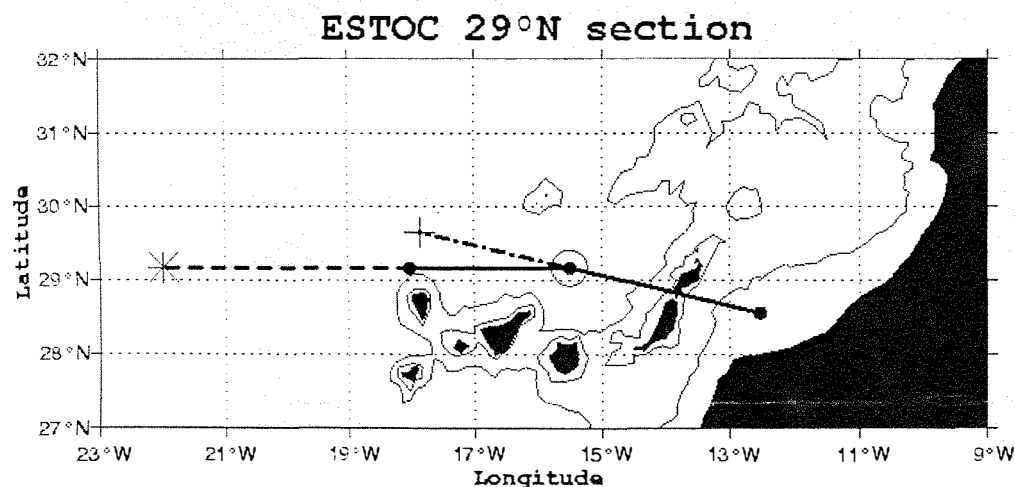


Abb. 6.1.1: Lage der ESTOC-Station (offener Kreis) und des $29^{\circ}N$ Schnittes. Bei der POSEIDON-Fahrt 212 (Okt. 1995) wurde der Schnitt nach Nordwesten geführt (+); alle anderen nach Westen bis $18^{\circ}W$ nördlich La Palma, bei der POSEIDON-Fahrt 247 darüber hinaus bis $22^{\circ}W$ (*).

Mesoskalige und saisonale Schwankungen

Die Schichtung entlang $29^{\circ}N$ ist nach der Beziehung von potentieller Temperatur und Salzgehalt (Abb. 6.1.2) durch fünf Wassermassen gekennzeichnet (Tab. 6.1.1): die Deckschicht (SF); Nordatlantisches Zentralwasser (NACW) bis ca. 700 m Tiefe; Reste Antarktischen Zwischenwassers (AAIW) mit einem Salzgehaltsminimum bei $\sigma_{\theta} = 27.5 \text{ kg/m}^3$ in ca. 800 m Tiefe; salzreichem Mittelmeerwasser (MW) mit Kern bei ca. 1200 m Tiefe; Nordatlantischem Tiefenwasser (NADW) bis zum Boden. Die Eigenschaften von Zentralwasser (NACW) und (NADW) unterliegen im ESTOC-Bereich weder mesoskaligen noch saisonalen Schwankungen.

Tab. 6.1.1: Definition der Dichtebereiche für die Wassermassen im Kanarengbiet (s. Abb 6.1.2)

	Bereich Dichteanomalie $\sigma_\theta / (\text{kg/m}^3)$	Tiefenbereich / m
Deckschicht, SF	< 26.6	0 - 100
Nordatl. Zentralwasser, NACW	26.6 - 27.3	100 - 700
Antarkt. Zwischenwasser, AAIW	27.3 - 27.6	700 - 1000
Mittelmeerwasser, MW	27.6 - 27.8	1000 - 1500
Nordatl. Tiefenwasser, NADW	> 27.8	1500 - Boden

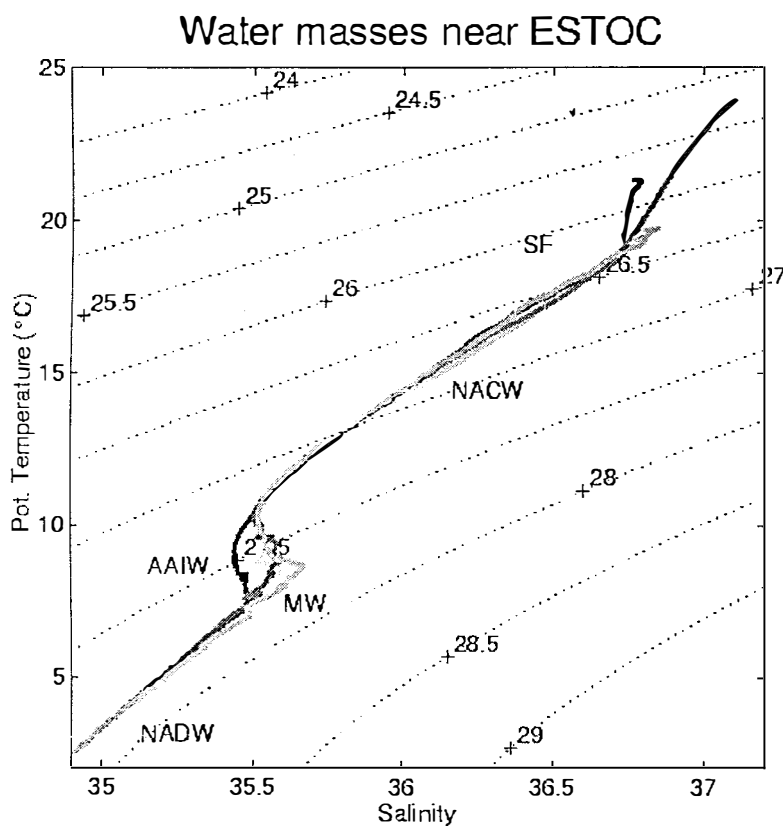


Abb. 6.1.2: Beziehung von potentieller Temperatur und Salzgehalt (mit Linien gleicher potentieller Dichteanomalie) an vier ausgewählten Stationen entlang 29°N mit charakteristischen Wassermassen. Deckschicht (SF) mit Jahresgang; Nordatlantisches Zentralwasser (NACW); Reste Antarktischen Zwischenwassers (AAIW) vorwiegend im Osten; Mittelmeerwasser (MW) mit hoher Variabilität im Kern bis hin zu Meddies (hier nicht gezeigt); Nordatlantisches Tiefenwasser (NADW)

Bei ESTOC findet man neben mesoskaliger Variabilität einen ausgeprägtem Jahresgang für die Tiefe der Deckschicht, ihrer Temperatur und ihres Salzgehalts: im Winter ca. 150 m Deckschichttiefe, 18.5°C und 36.7 Salzgehalt, im Sommer dagegen ca. 30 m Deckschichttiefe, mehr als 22°C und bis zu 37.0 Salzgehalt (Abb. 6.1.3). Im Bereich des Mittelmeerwasserkerns und des Tiefenwassers (hier nicht gezeigt) ist hingegen kein Jahresgang in der Schichtung erkennbar.

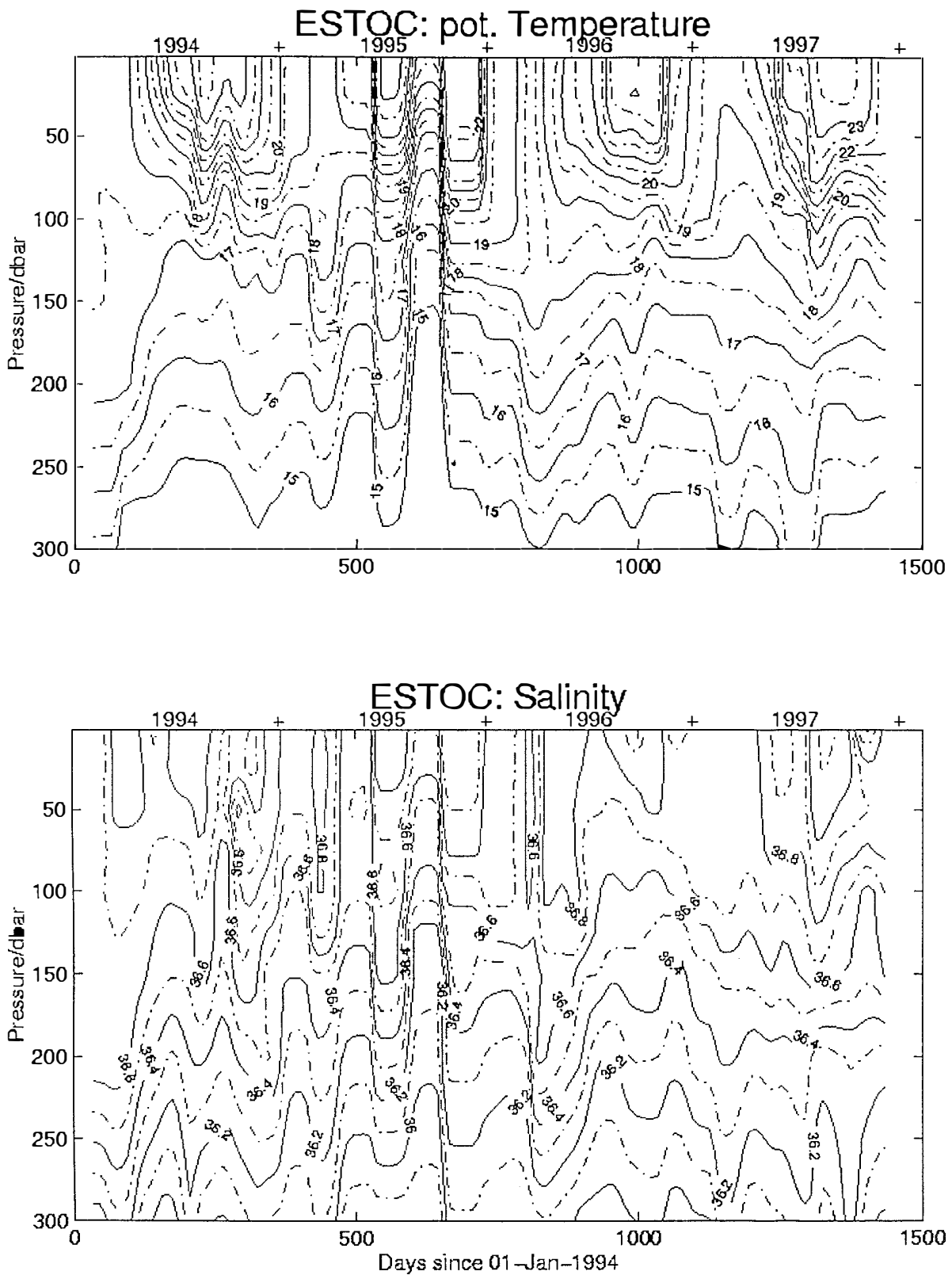


Abb 6.1.3: ESTOC: Temperatur und Salzgehalt in den oberen 300 m für die Jahre 1994 bis 1997 (Daten vom ICCM). Erkennbar der deutliche Jahrgang in Temperatur und Salzgehalt. Die jeweiligen Extremwerte für Winter und Sommer sind in den verschiedenen Jahren unterschiedlich.

Die Position der Strommesserverankerung liegt in einem Sicherheitsabstand von 16 km westlich der Station, damit aber noch innerhalb eines Rossby-Radius (ca. 30 km) von der Station entfernt, so daß man kohärente Verhältnisse mit denen auf der Station selbst erwarten kann. Die gewonnen Strömungsmessungen (Abb. 6.1.4) sind durch mesoskalige Ereignisse dominiert. Die Mittelwerte (Tab. 6.1.2) sind klein und im Bereich des Mittelmeerwasserkerns und des Tiefenwassers nicht signifikant verschieden von Null (auf dem 95%-Vertrauensniveau). In den oberen 200 m, wo mit ADCP gemessen wurde, bis in ca. 500 m Tiefe setzt der Kanarenstrom mit im Mittel geringen Geschwindigkeiten von weniger als 2 cm/s nach Südosten, wobei das Maximum in der Deckschicht liegt. Die Diskussion des geostrophische Strömungsfeldes, das aus den den Schnitten berechnet wurde (s.u.), bestätigt die Beobachtung, daß in der ESTOC-Region das Wirbelfeld über das mittlere dominiert.

Die vertikale Struktur der mesoskaligen Ereignisse läßt darauf schließen, das sie von der barotropen und der ersten baroklinen Mode bestimmt sind. In den ersten vier Jahren wurden bei ESTOC im Niveau des Mittelmeerwassers drei Meddies beobachtet, deren Signal in die Deckschicht hinauf reicht. Beide Beobachtungen passen zu denen früherer Ergebnisse aus dem nördlichen Kanarenbecken (Müller und Siedler, 1992). Ein Jahresgang in der Strömung ist hier nicht erkennbar.

Tab. 6.1.2: Statistik der Strömungswerte bei ESTOC nach Verankerungsdaten

ESTOC: mooring V36700									
Basic statistics, daily averaged low pass filtered data, 1343 d record length									
Depth m	average						standard deviation		
	SPD cm/s	DIR deg N	STAB	East cm/s	North cm/s	Temp deg C	East cm/s	North cm/s	Temp K
50	1.8	150	0.21	0.9	-1.6	---	7.5	6.0	---
100	1.6	136	0.21	1.1	-1.2	---	6.8	5.5	---
150	1.4	143	0.21	0.8	-1.1	---	6.0	4.8	---
270	0.7	126	0.14	0.6	-0.4	15.1	4.5	3.6	0.3
500	0.6	156	0.16	0.3	-0.6	11.9	3.7	3.2	0.2
800	0.5	46	0.13	0.4	0.3	9.5	3.4	3.5	0.3
1200	1.0	29	0.22	0.5	0.8	7.9	4.8	5.9	0.6
2000	0.1	297	0.04	0.0	0.0	4.3	1.0	1.2	0.1
3550	0.0	168	0.02	0.0	0.0	2.5	1.1	1.1	0.1

SPD, DIR: vector averaged current speed and direction
 STAB : directional stability of current;
 STAB=1 for a directionally stable flow;

ESTOC currentmeter mooring

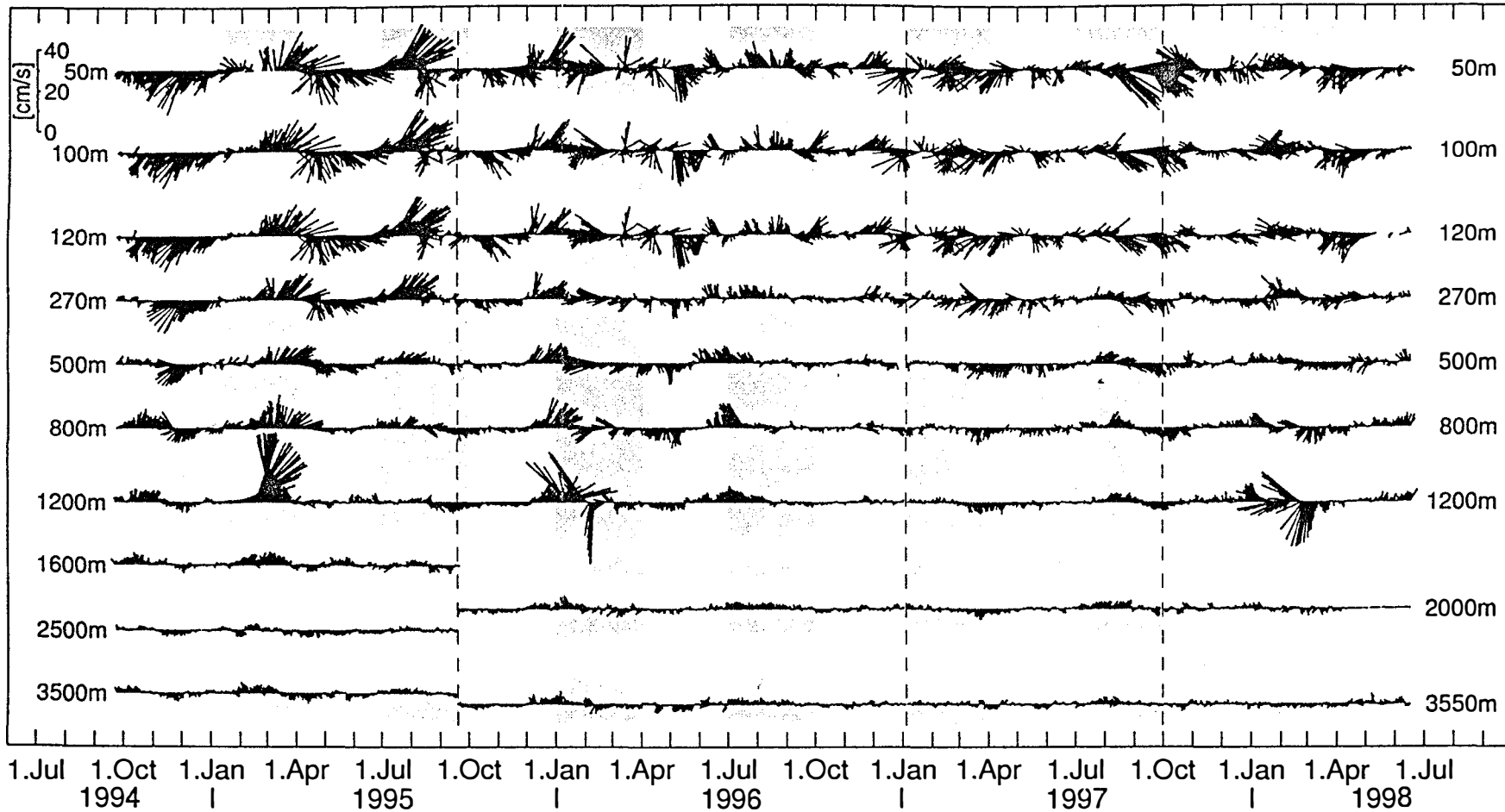


Abb. 6.1.4: Vektorzeitreihen der Stömung bei ESTOC in verschiedenen Tiefen; gezeigt sind tiefpassgefilterte Tagesmittel. Nordwärts gerichtete Strömungsvektoren zeigen nach oben. Die Messungen aus 50 m, 100 m, und 120 m Tiefe stammen von einem ADCP, die anderen von Aanderaa Rotorstrommessern RCM8.

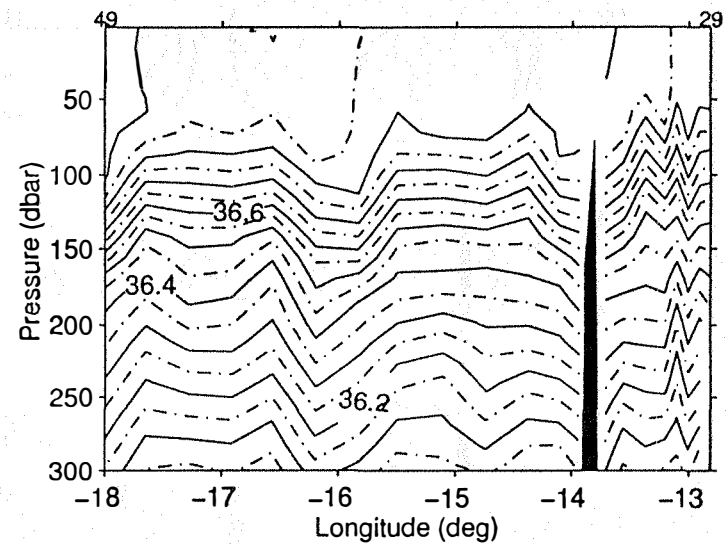
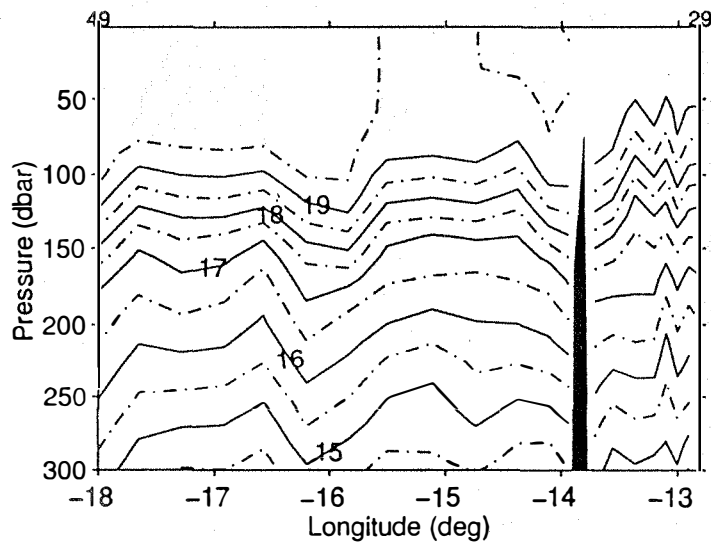
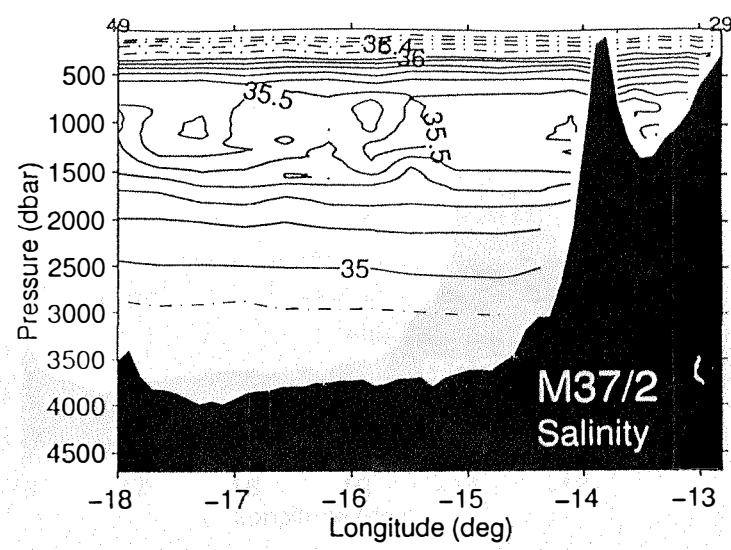
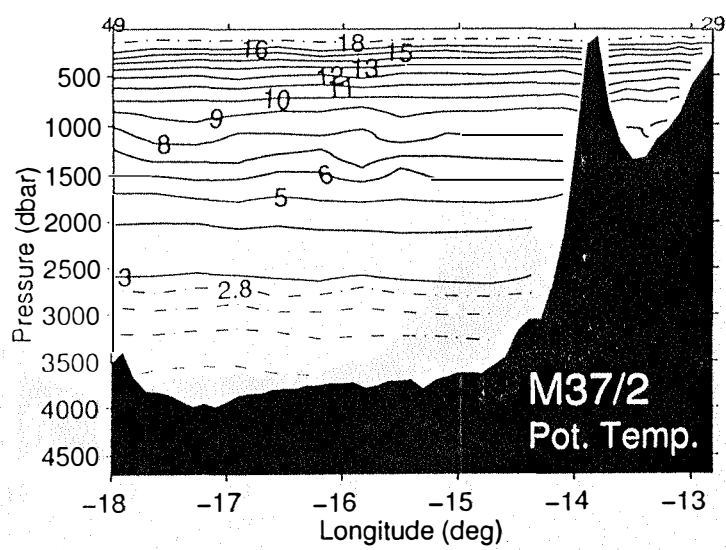


Abb. 6.1.5a: Temperatur- und Salzgehaltsverteilung entlang 29°N für den gesamten Tiefenbereich (oberes Bild) und die oberen 300 m (unteres Bild); Aufnahme vom Januar 1997 während der METEOR-Fahrt 37/2

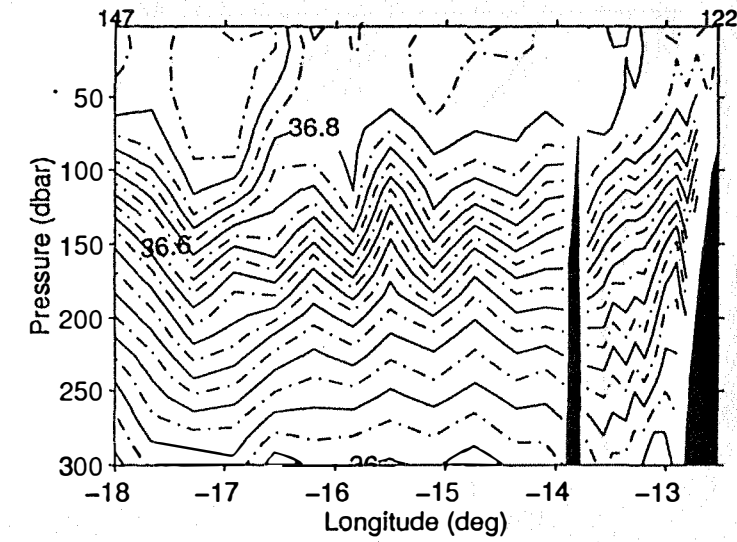
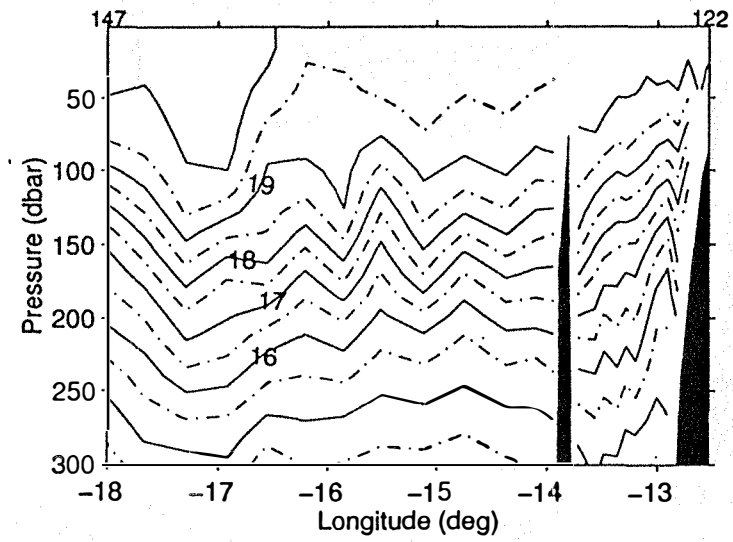
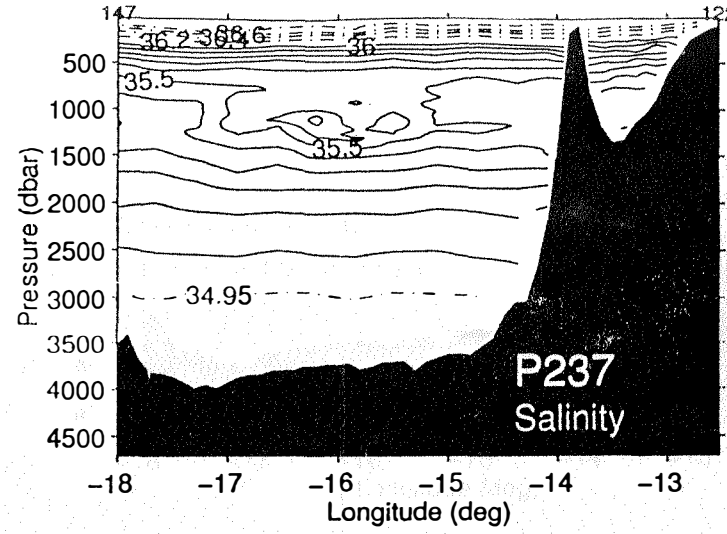
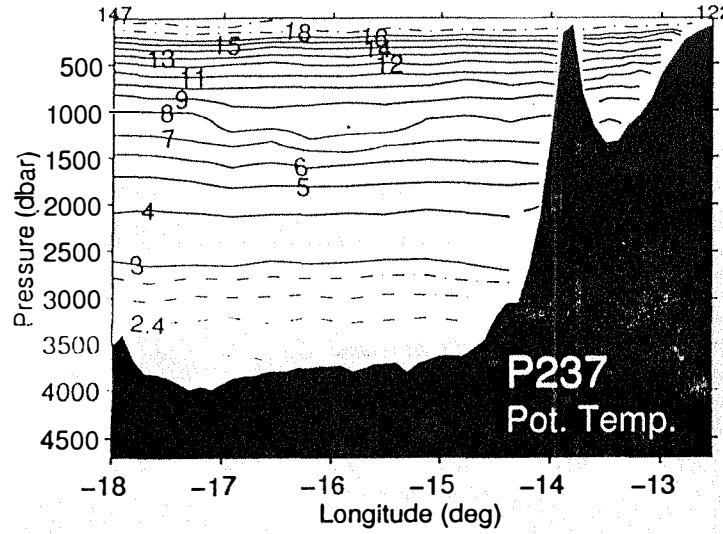


Abb 6.1.5b: wie Abb 6.1.5a, April 1998, POSEIDON-Fahrt 237

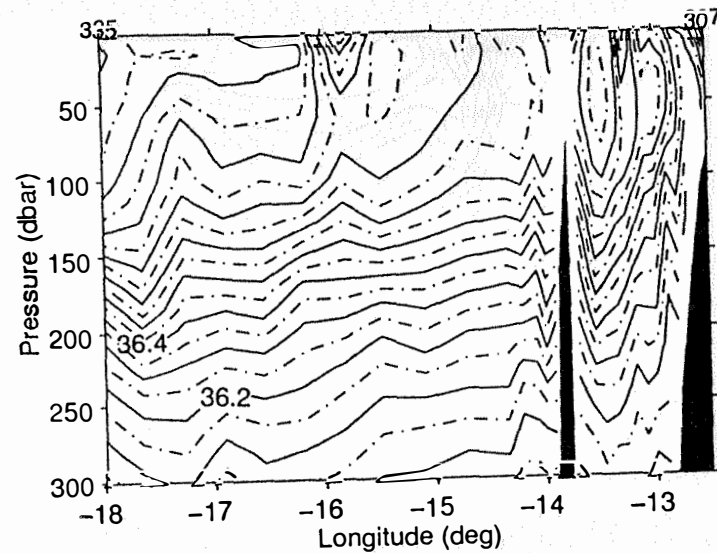
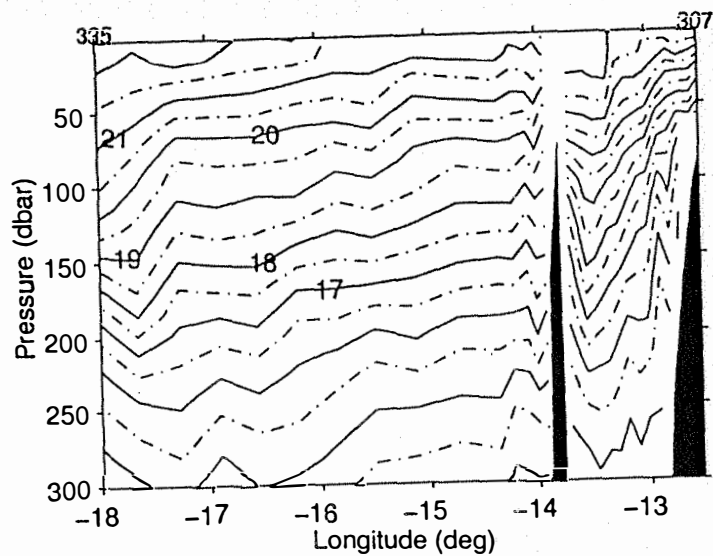
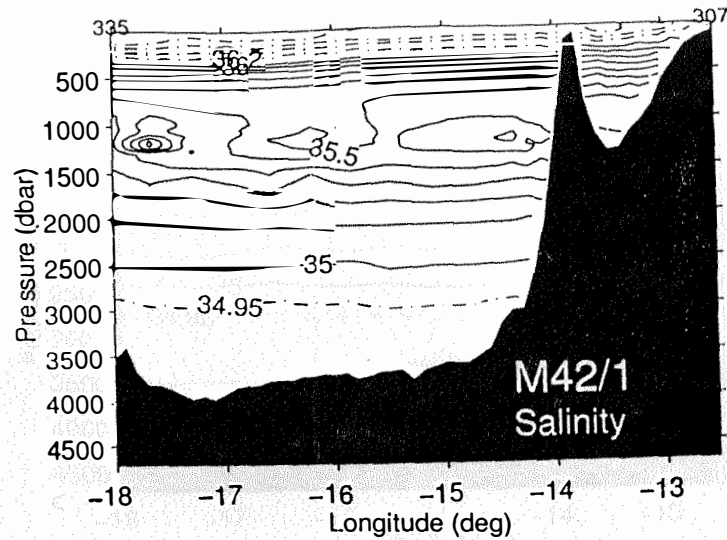
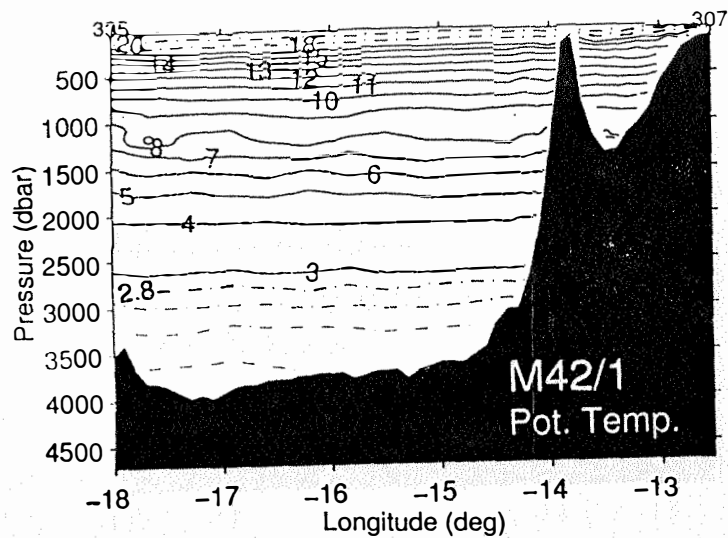


Abb 6.1.5c: wie Abb 6.1.5a, Juli 1998, METEOR-Fahrt 42/1

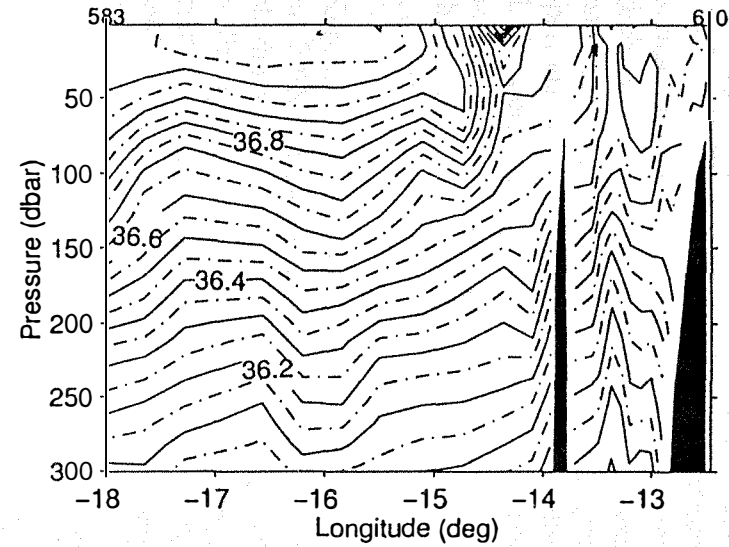
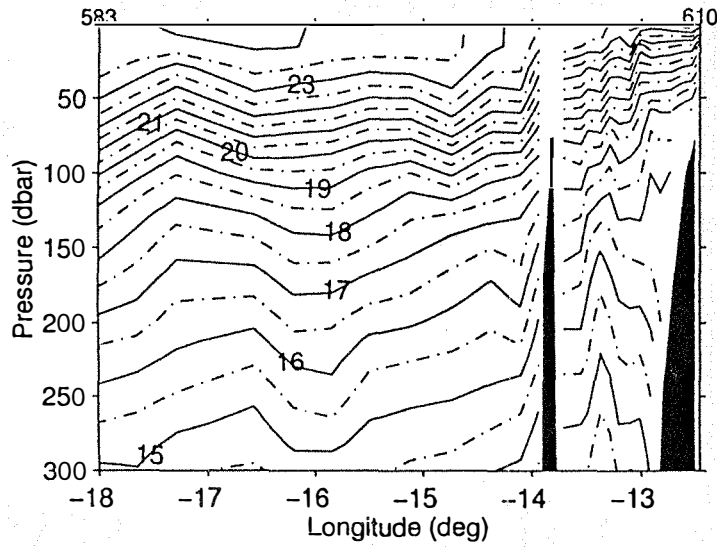
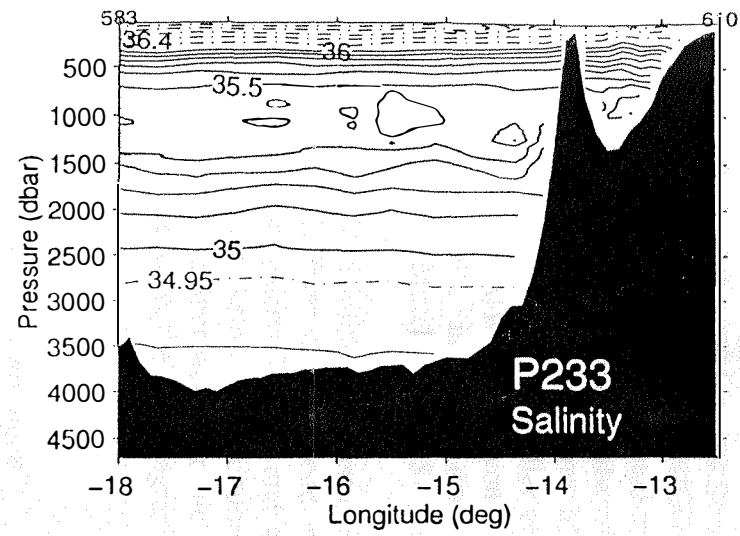
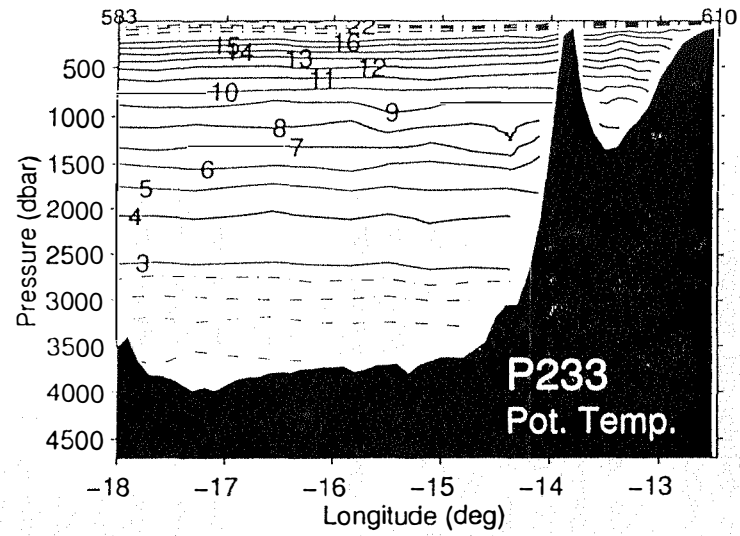


Abb 6.1.5d: wie Abb 6.1.5a, September 1997, POSEIDON-Fahrt 233

Ein Salzgehaltsminimum, das mit einem Maximum in Nitrat und im Silikat korreliert, findet man vorwiegend östlich von Lanzarote, den Kern angelehnt an den afrikanischen Schelf, aber auch unmittelbar westlich von Lanzarote. Es wird durch den polwärtigen Unterstrom, der Antarktisches Zwischenwasser aus dem äquatorialen Stromsystem von Süden heranzuführt, verursacht (Fiekas et al., 1989; Mittelstädt, 1991). Die geostrophischen Abschätzungen zeigen einen im Mittel schwachen nordwärtigen Transport (0.04 Sv), der im Sommer sein Maximum hat (0.2 Sv im Juli 1998 bzw. 0.4 Sv im Herbst 1997). Direkte Strömungsmessungen, die für zwei Jahre im Rahmen von CANIGO durchgeführt wurden, zeigen, daß dieser Unterstrom in seiner Intensität zwar schwankt und möglicherweise auch einen Jahresgang aufweist, der von der Lage und Intensität des Passatwindsystems abhängt, daß er aber sehr richtungsstabil ist, da er für die Dauer der zweijährigen Meßperiode seine nordwärtige Richtung nahezu ständig beibehält (CANIGO, 1999; Müller et al., in Vorbereitung). Der abgeschätzte Transport für den Kern des AAIW östlich von Lanzarote ist nordwärts gerichtet und beträgt 0.1 Sv (CANIGO, 1999); innerhalb der Fehlergrenzen ist er damit vergleichbar zu dem geostrophischen Mittel von 0.04 Sv (Tab. 6.1.2).

Mesoskalige Variabilität bestimmt den Kern des Mittelmeerwassers (MW) mit Salzgehalten höher als 35.5. Zwar wurden Meddies auf 29°N auf diesen vier Aufnahmen nicht entdeckt; die Ergebnisse anderer Fahrten und auch die Verankerungsdaten (s.o.) bei ESTOC zeigen jedoch, daß sie keine ungewöhnliche Erscheinung in der ESTOC-Region sind. Die meridionalen Transportwerte für die tiefer gelegenen Wassermassen (MW, NADW) sind wegen der Inselkette, die als topographisches Hindernis wirkt, klein; ein Jahresgang ist nicht erkennbar.

Zwischenjährliche Schwankungen

Die Zeitreihen bei ESTOC sind mit vier Jahren Länge noch zu kurz und die Anzahl von drei bis vier wiederholten Schnitte zu gleichen Jahreszeiten entlang 29°N zu gering, um statistisch abgesicherte Aussagen hinsichtlich zwischenjähriger Schwankungen treffen zu können. Einige charakteristische Eigenschaften lassen sich jedoch erkennen.

Die winterlichen Minima der Deckschichttemperatur scheinen für die Jahre 1994 bis 1997 leicht anzusteigen (Abb. 6.1.3) von weniger als 18.0°C in 1994 über etwa 18.5°C und 18.5°C in 1995 und 1996 auf über 19°C in 1997. Gleichzeitig nimmt die winterliche Deckschichttiefe ab (Abb. 6.1.3 und Abb. 6.1.7). Geringere winterliche Deckschichttiefen scheinen mit eher nordwärtigen oder sehr variablen Strömungen, d.h. schwächerem Kanarenstrom bei ESTOC, korreliert zu sein. Ob es sich um einen langfristigen Trend handelt, bleibt zunächst unklar. Die geostrophischen Abschätzungen aus den Folgejahren zeigen eher einen im Januar 1999 stärkeren Kanarenstrom als im Januar 1997.

Auswirkungen des Strömungsfeldes auf den Partikelfluß bei ESTOC

Änderungen der winterlichen Deckschichttiefe bei ESTOC scheinen mit der spätwinterlichen Blüte und damit dem Partikelfluß korreliert zu sein. Bei ESTOC wurde in 3000 m Tiefe ein höherer Partikelfluß gemessen als in 700 m. Dies steht im Gegensatz zu anderen Stationen. Eine Arbeitshypothese (s. Abschn. 6.2), mit der diese Beobachtung erklärt werden soll, lautet, daß Material, das im Bereich des produktionsreichen Kap Ghir Filaments (Abb. 6.2.1) absinkt durch gleichzeitige Advektion nach Süden in den Bereich der ESTOC-Station gelangt und so dort zu dem verstärkten Partikelfluß in 3000 m beiträgt. Bei einer mittleren Advektionsgeschwindigkeit von weniger als 2 cm/s, wie sie bei ESTOC beobachtet wird

(Tab. 6.1.2), würden Partikel, die vom Filament absinken, mindestens 150 Tage benötigen, um die Distanz von etwa 250 Km bis zur ESTOC-Position zurückzulegen. Gleichzeitig dürfte allerdings die Sinkrate 20 m/Tag nicht übersteigen, damit sie nicht tiefer als 3000 m gelangen. In dem regionalen Modell von Johnson und Stevens (2000) werden passive Partikel, die vom Filament absinken, zwar in die Kanarenregion verfrachtet, erreichen aber vorwiegend die Region im Westen bei La Palma und die im Osten bei Lanzarote, nicht jedoch die um ESTOC (Johnson und Stevens, Poster bei der CANIGO-Konferenz, Sept. 1999, Las Palmas). Dieses Ergebnis des Modells ist damit zwar konsistent mit geostrophischen Strömungsberechnungen, die ebenfalls eine Aufpaltung des Kanarenstrom zeigen (Stramma und Siedler, 1988; Abb. 6.1.6e), bestätigt aber noch nicht die oben genannte Hypothese.

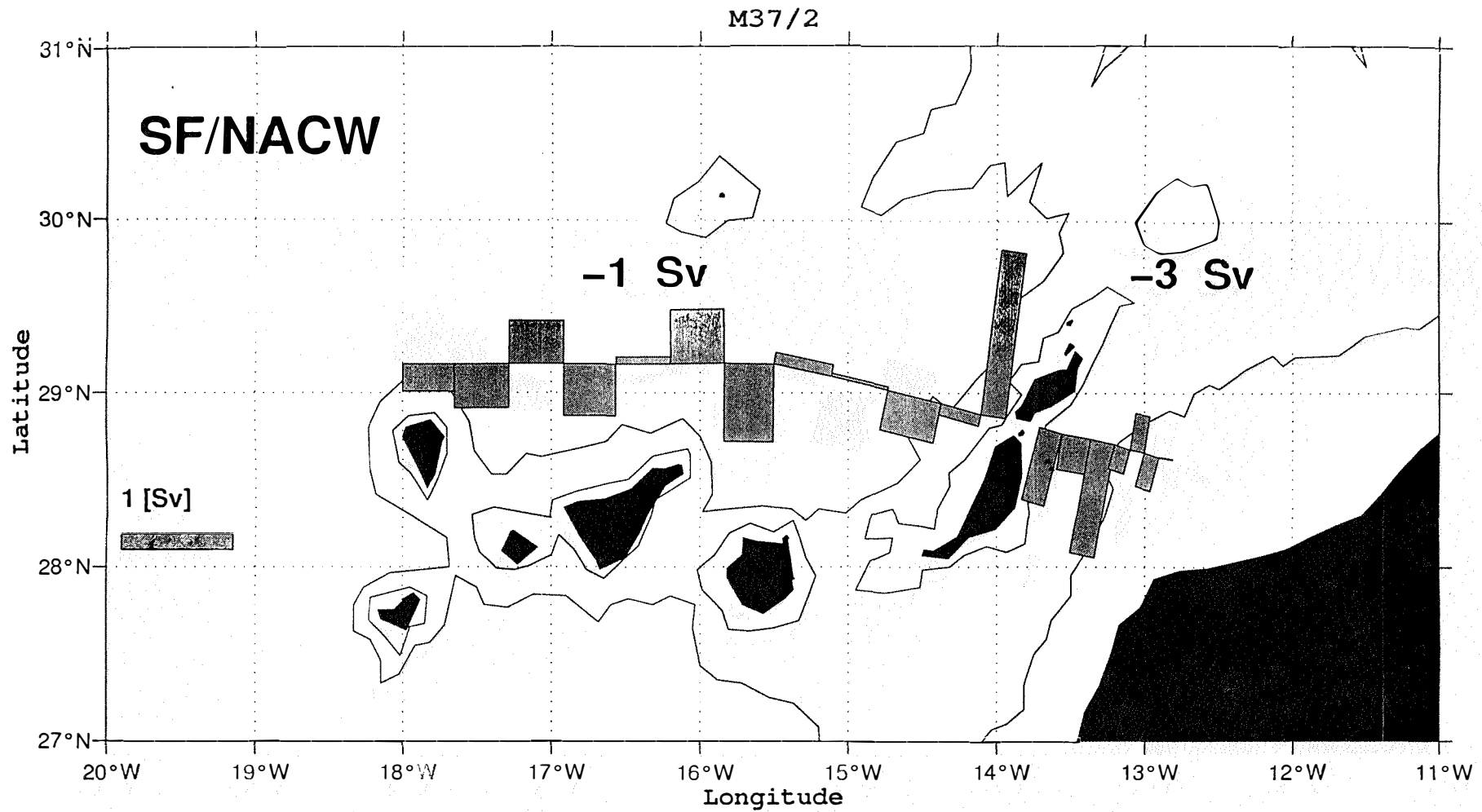


Abb. 6.1.6a-d: Meridionale geostrophische Transporte im Dichtebereich (s.Tab. 6.1.1) der Deckschicht und des Zentralwassers (NACW) zu verschiedenen Jahreszeiten, beginnend im Winter; (a) Januar 1997, METEOR-Fahrt 37/2

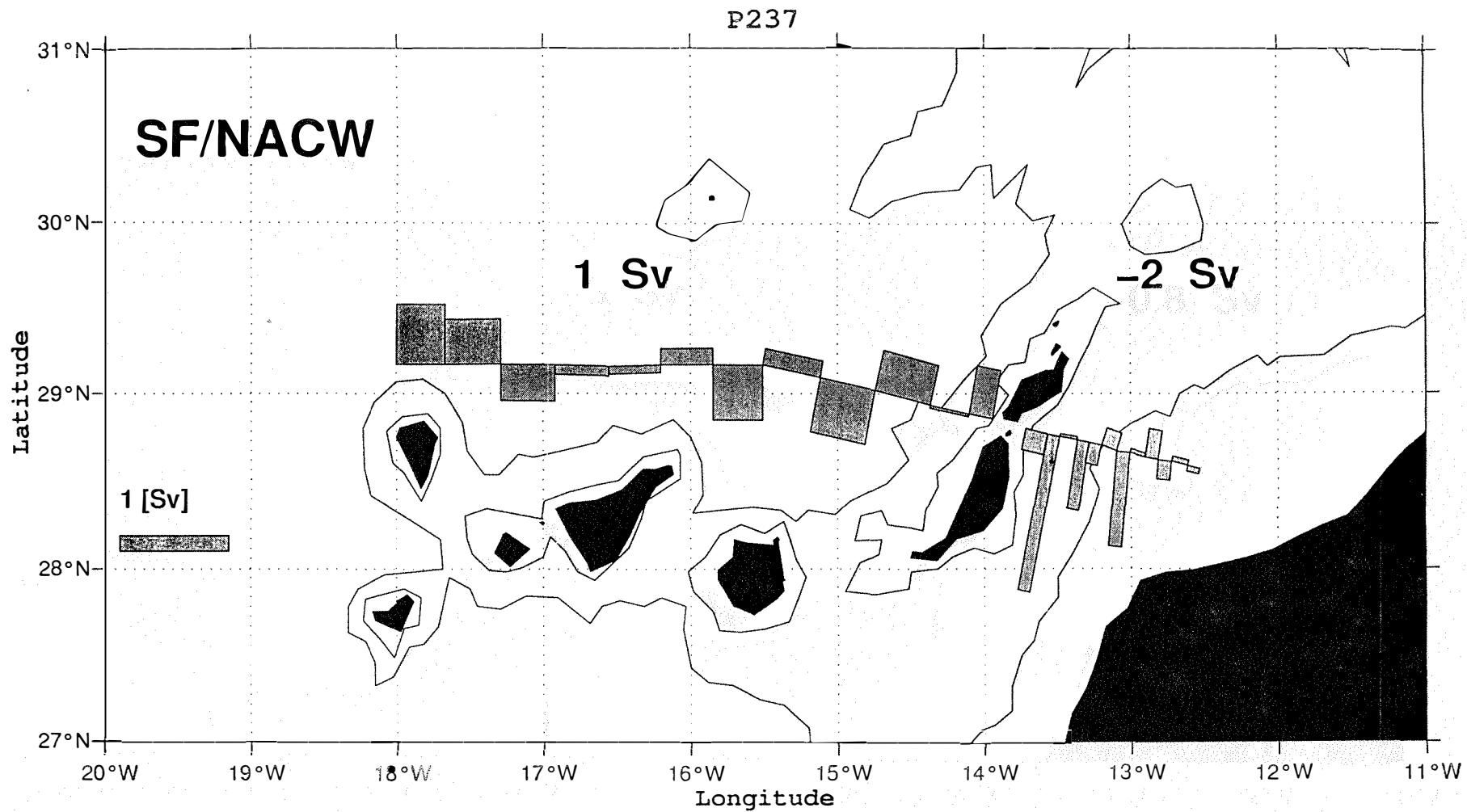


Abb 6.1.6b: wie Abb 6.1.4a, April 1998, POSEIDON-Fahrt 237

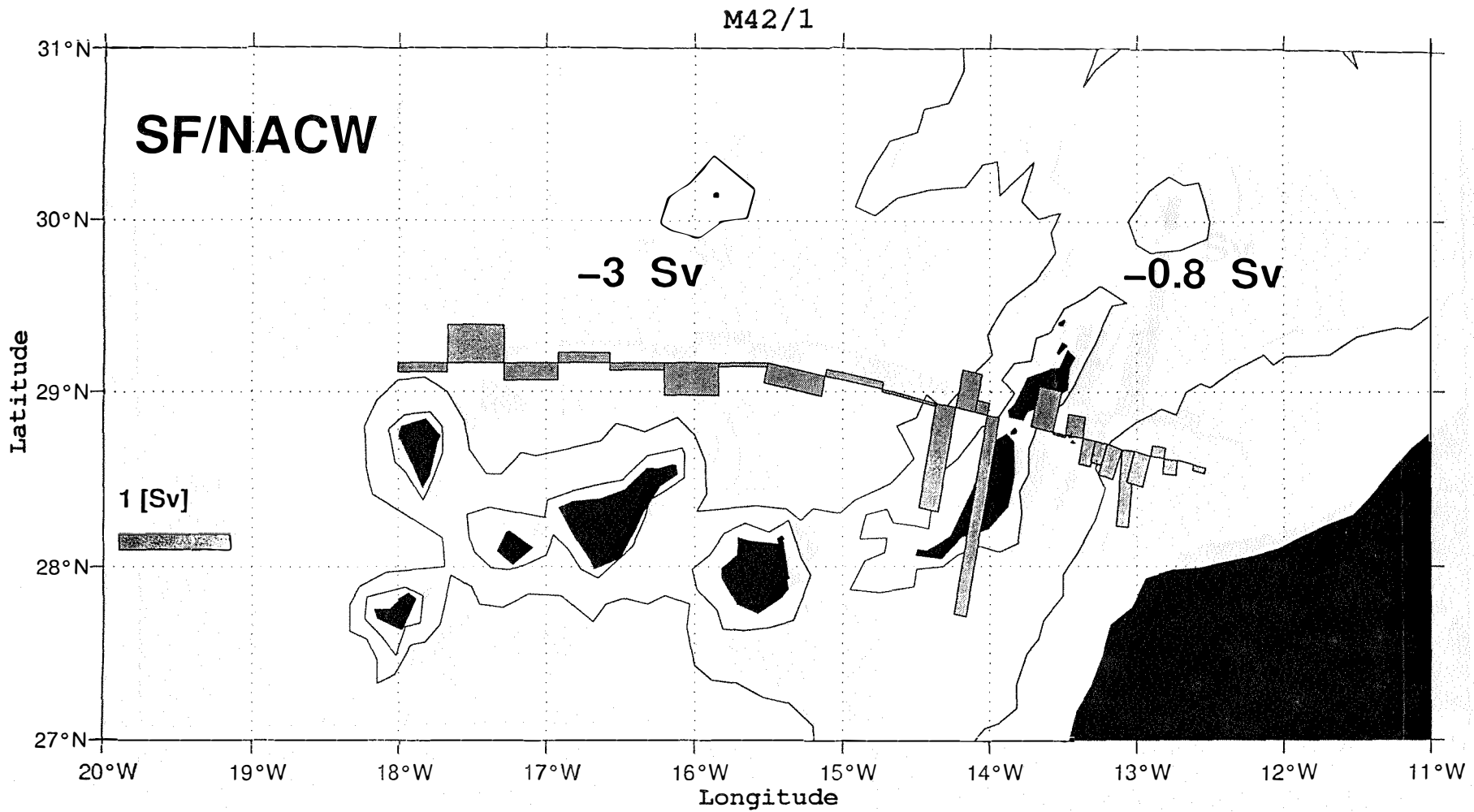


Abb 6.1.6c: wie Abb 6.1.4a, Juli 1998, METEOR-Fahrt 42/1

P233

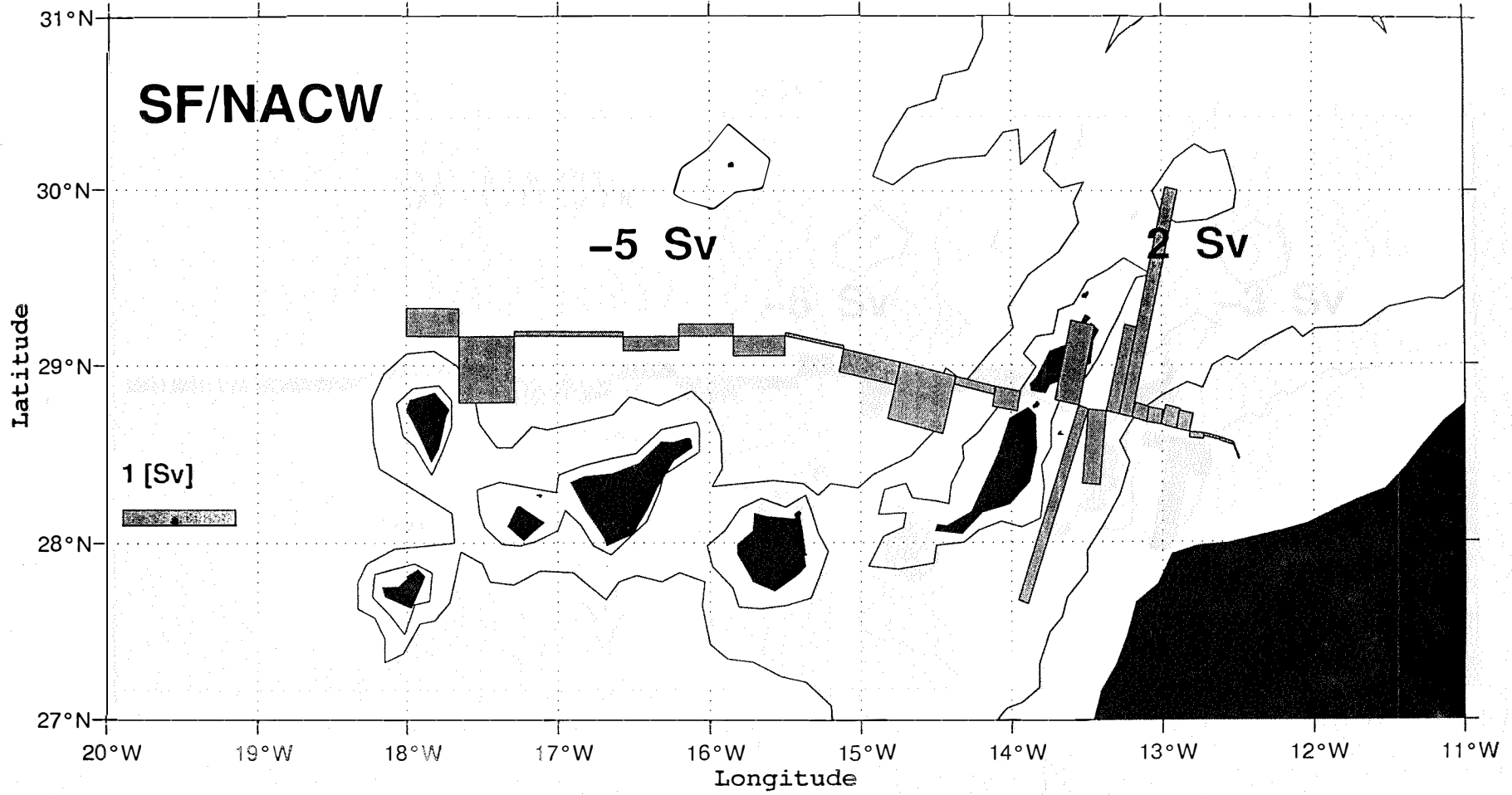


Abb 6.1.6d: wie Abb 6.1.4a, September 1997, POSEIDON-Fahrt 233

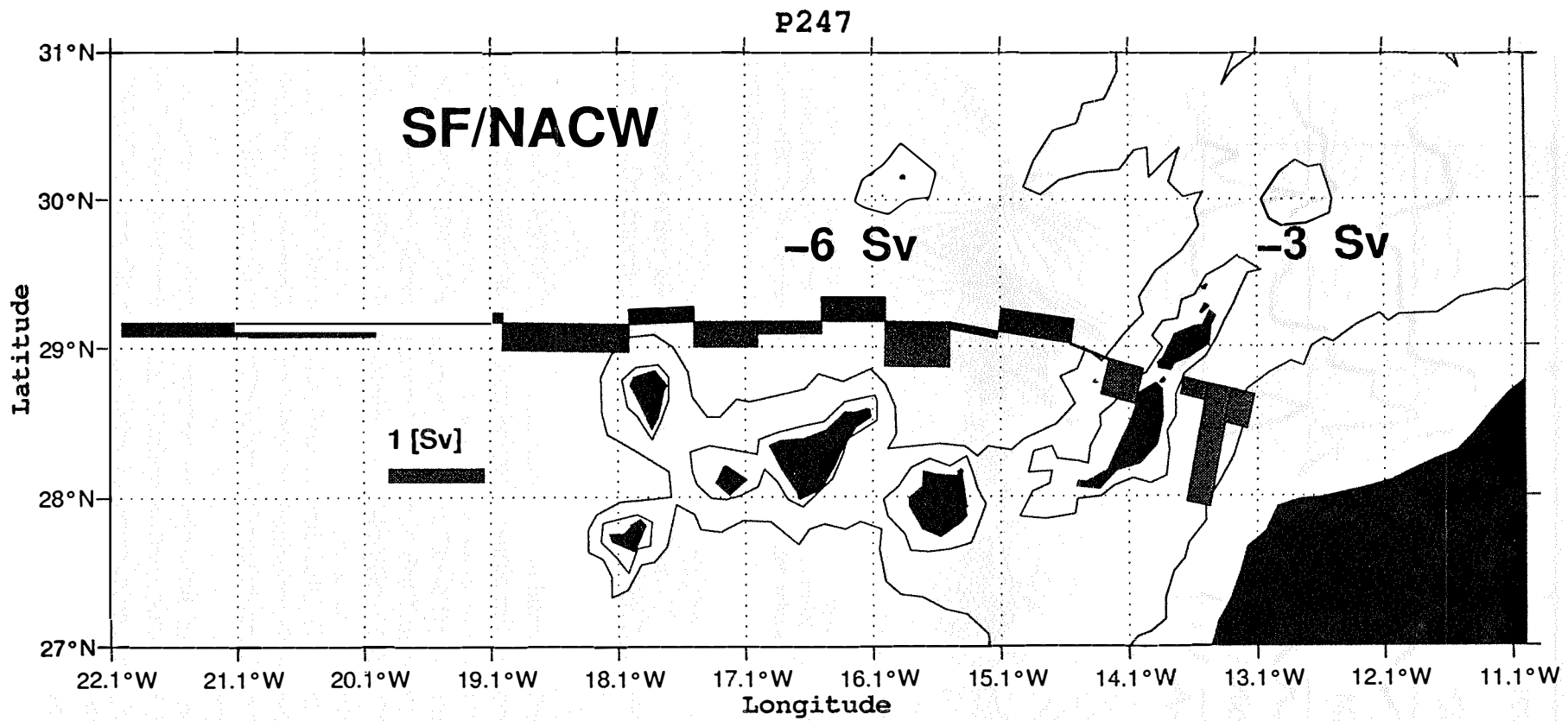


Abb 6.1.6e: wie Abb 6.1.4a, Januar 1999, POSEIDON-Fahrt 247

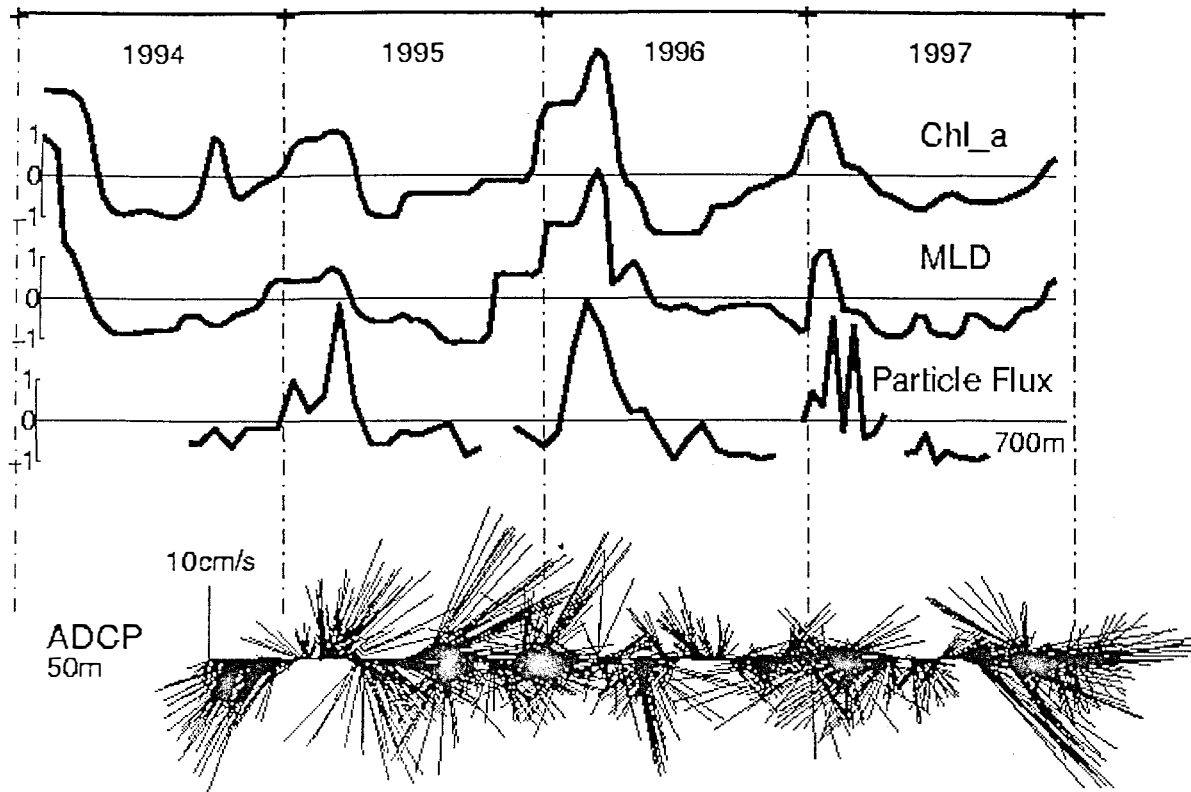


Abb. 6.1.7: ESTOC: Chlorophyll *a* in 10 m Tiefe, Deckschichttiefe MLD, und Partikelfluß in 700 m Tiefe sind deutlich korreliert (alle Größen sind nach Abzug der Mittelwerte normiert mit der Standardabweichung). Geringere Deckschichttiefen im Winter scheinen mit nordwärtiger oder schwacher und variabler Strömung in den oberen 50 m korreliert zu sein.

6.2 Partikelflußprozesse in der nördlichen Kanarenregion

(Bearbeiter: Baumann, Davenport, Freudenthal, Meggers, Neuer, Sprengel, Wefer)

Einleitung

Partikelflußprozesse an der ESTOC-Station sind deutlich von lateralen Transporten beeinflusst (Neuer et al. 1997). Die zusätzliche tiefe Partikelfracht wurde mit Prozessen entlang der NW Afrikanischen Küste in Zusammenhang gebracht, besonders mit dem weitreichenden Cap Ghir Filament (Neuer et al. 1997, Davenport et al. 1999). Diese Beobachtung wird auch durch die Zunahme der Korngrößen des lithogenen Materials in den Fallen mit zunehmender Tiefe unterstützt (Ratmeyer et al. 1999). Im Rahmen des EU-Projektes CANIGO ist die Umgebung der ESTOC-Station, im wesentlichen der Schnitt entlang 29°N mit zwei zusätzlichen Fallenstationen, LP (nördlich der Insel La Palma) und EBC (Eastern Boundary Current, zwischen der östlichen Inselgruppen und dem afrikanischen Kontinent, s. Abb. 6.2.1.) untersucht worden. Mit Hilfe dieser zusätzlichen Fallenstationen, die zusammen mit der ESTOC-Station einen Gradienten des organischen Kohlenstoffs mit zunehmender Entfernung von der Küste erfassen, sollte getestet werden, in wie weit a) die nordwestafrikanische Küstenregion die Partikelfracht entlang des Gradienten beeinflusst, und b) wie repräsentativ die Daten der ESTOC-Station für die nördliche Kanarenregion sind. Zusätzlich bietet die Verfügbarkeit der Sea-viewing Wide Field Sensor (SeaWiFS) Daten die Möglichkeit, die Saisonalität und Ausbildung der oberflächennahen Prozesse bezüglich der

Phytoplanktonbiomasse direkt mit den Flußraten zu vergleichen und mit diesen die Primärproduktion an diesen Stationen abschätzen zu können (Davenport und Neuer 1999).

Im folgenden sollen die Ergebnisse der Studien zu den Satellitenergebnissen und Partikelfallen in der nördlichen Kanarenregion zusammengefasst werden, die im CANIGO-Untersuchungszeitraum erhalten wurden.

Oberflächenchlorophyll entlang des 29°N Schnitt

Oberflächenchlorophyll entlang des Schnittes, abgeschätzt mit Hilfe der SeaWiFS Daten, zeigt eine deutliche Abnahme von EBC bis nach ESTOC über den gesamten Beobachtungszeitraum (September 1997 bis März 1999) (Abb. 7.1.2). Dagegen zeigten sich bei ESTOC und LP ähnliche Werte, was darauf hinweist, dass ESTOC sich bereits im oligotrophen Bereich des Schnittes befindet. Die hohen Werte bei EBC (8.3.1998, 0.34 mg m^{-3} ; 26.7., 0.40 mg m^{-3} ; 28.10., 0.44 mg m^{-3}) sind um einen Faktor 3 bis 3.5 höher als die entsprechenden Werte bei ESTOC. Untersuchungen der SeaWiFS-Satellitenbilder zeigen auch, daß diese Erhöhungen auf periodische Einschübe des Cap Yubi Filamentes über die Verankerungsstation zurückzuführen sind. Die anderen Maxima bei LP am 14.1. und 5.2.1999 waren das Resultat der Winterblüte in der nördlichen Kanarenregion, die auch die erhöhten Werte am 5.2.1999 bei ESTOC von 0.44 mg m^{-3} verursachten. Interannuelle Unterschiede lassen sich im Vergleich der beiden Winter von 1998-1999 und 1997-1998 ausmachen. Das erste Jahr zeigte nämlich keine deutlichen Chlorophyllerhöhungen, weder bei ESTOC noch bei LP, wie dies von historischen CZCS Daten aus der Kanarenregion zu erwarten wäre (Davenport et al. 1999). Nur im Mai 1998 waren die Werte erhöht, was auf eine sehr späte Winterblüte hinweist. Außerdem war im März 1998 noch ein ungewöhnlich stark entwickeltes Cap Ghir Filament zu beobachten, das bis zu 500 km in den offenen Ozean hinausragte. Ein weiterer Hinweis auf die ungewöhnliche Spätwinter/Frühjahrsituation in dem Jahr.

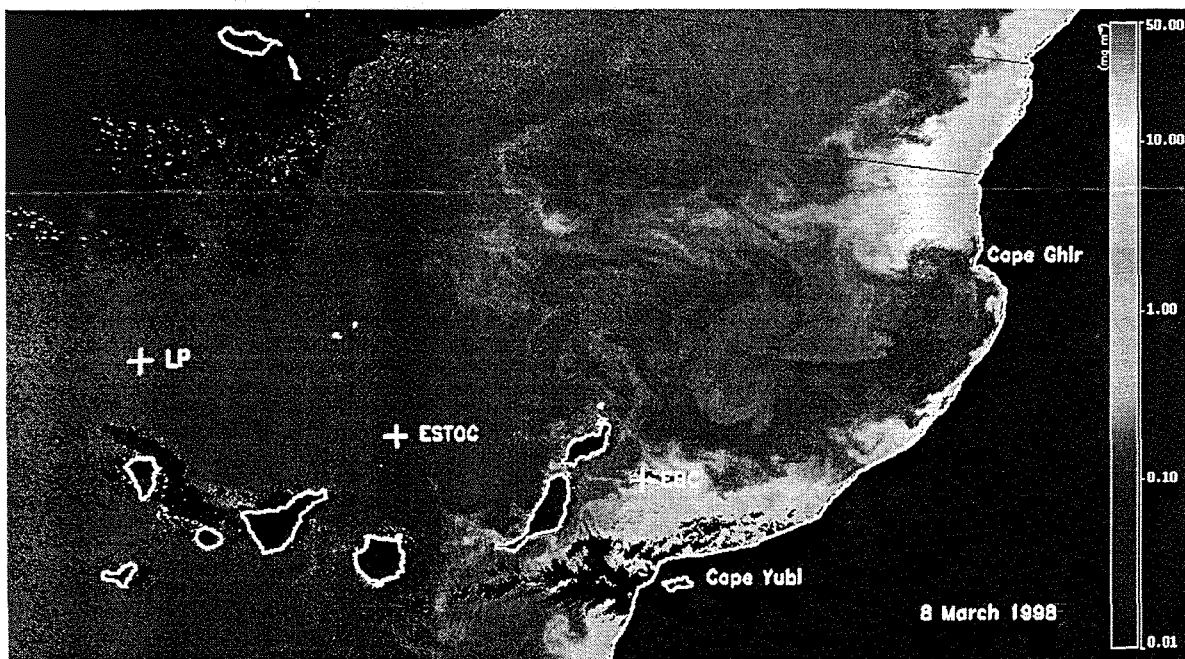


Abb. 6.2.1.: SeaWiFS-Satellitenbild des Untersuchungsgebietes vom 8.3.1998 mit einem ungewöhnlich ausgeprägten Cap Ghir Filament im Norden und Cap Yubi Filament im Süden der Küstenlinie von NW Afrika. Gezeigt sind auch die Positionen der drei Verankerungsstationen LP, ESTOC und EBC auf dem quasi-zonalen Schnitt entlang 29°N.

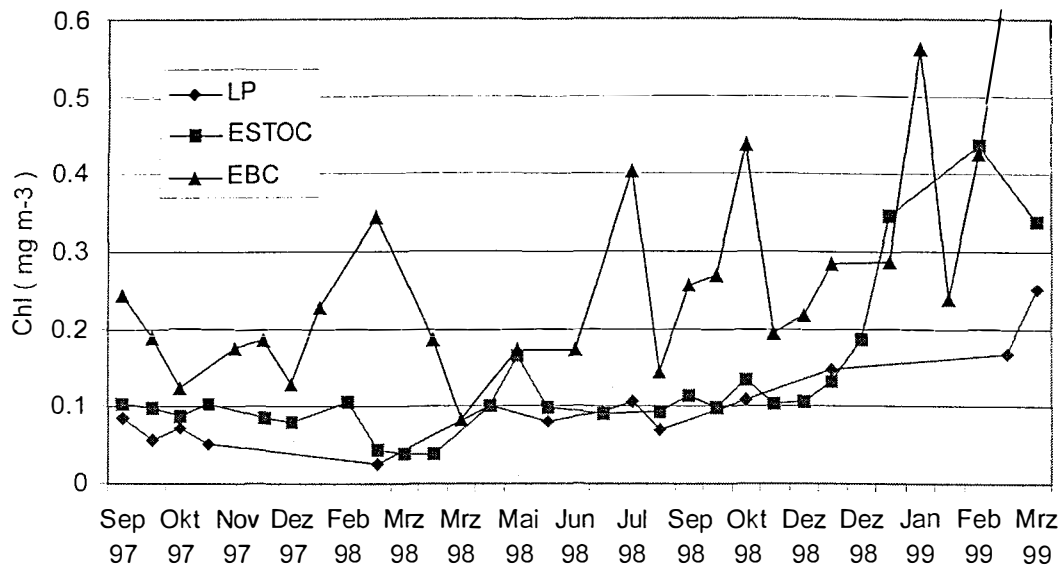


Abb. 6.2.2.: Oberflächennahes Chlorophyll an den Verankerungsstationen LP, ESTOC und EBC von September 1997 bis March 1999 berechnet aus SeaWiFS Daten. Mittlere Chlorophyllwerte wurden für eine Box mit der Größe von 11 x 11 Pixel (1 Pixel = 1 km) um jede Verankerungsstation mit Hilfe des SeaDAS image processing systems berechnet.

Partikelfluß und Vergleich mit Oberflächenwasserprozessen

Tabelle 6.2.1. zeigt die Rahmendaten der Verankerungen entlang des quasi-zonalen 29°N Schnittes, die im CANIGO-Zeitraum bearbeitet wurden. Höchster Partikelfluß wurde bei allen drei Stationen im Winter beobachtet, verursacht durch die Winterblüte in diesem Gebiet, mit dem höchsten Fluß bei EBC (Abb. 6.2.3). LP und ESTOC zeigten ein bemerkenswert ähnliches Sedimentationsmuster in 1997, eine Beobachtung, die mit dem Einfluß atmosphärischer Staubdeposition in Verbindung gebracht wird (s. 6.5.). In 1998 war die Situation anders, Flußmaxima bei ESTOC und La Palma konnten der Winterblüte zugeordnet werden, aber ESTOC zeigte zusätzlich eine Erhöhung während der Sommermonate. Bei EBC waren zusätzliche Maxima während der Sommermonate zu beobachten und sind wahrscheinlich mit den periodischen Einschüben des Cap Yubi Filamentes in Verbindung zu bringen.

Der Partikelfluß nahm an allen Stationen auf dem Schnitt mit der Tiefe hin zu (Abb. 6.2.3.), bis zu einer zweifachen Zunahme bei LP (Tab. 6.2.2). Dies zeigt auch bei der küstenferneren Station LP, dass eine allochthone Partikelquelle zusätzlich zu dem jahreszeitlich begründeten Signals die Station beeinflusste. Die zusätzliche Quelle war sehr wahrscheinlich die höher produktive Schelfregion vor Nordwestafrika; eine Hypothese, die durch die leichteren ¹⁵N stabile Isotopenverhältnisse der Partikel der tieferen Fallen (Tabelle 6.2.3., Freudenthal et al., eingereicht.) und die Zunahme von Cocolithophoriden mit der Tiefe (Sprengel et al., im Druck) bestätigt wird.

Table 6.2.1. Verankerungen, Sammelintervalle, Tiefen (m) und Anzahl der Proben der Fallen entlang des 29°N Schnittes innerhalb des CANIGO Projektes (s. auch Abb. 6.2.1.). CI- ESTOC, LP-La Palma; EBC2, EBC3 – Verankerungen innerhalb des östlichen Randsystems (in Zusammenarbeit mit IfM Kiel).

Mooring	CI7	CI8	CI9	LP1	LP2	EBC2-1	EBC2-2	EBC3-3
Coll. Period	23.12.96- 14.9.97	26.9.97- 16.3.98	26.03.98- 1.10.98	6.1.97- 23.9.97	26.9.97- 27.9.98	2.1.97- 29.9.97	4.10.97- 19.06.98	24.06.98- 2.2.99
upper samples avail.	500 #1-19	330 #2-18	500 none		300 #1-11			500 #1-20
middle samples avail.	750 #1-19	500 #2-4	780 none	900 #1-18		700 #1-20	700* #1-15	700 #1-20
deep samples avail.	3000 #1-19	3000 #2-18	3000 #1-19	3700 #1-18	2900 #1-18			

*trap probably faulty

Die partikuläre Fraktion bestand aus lithogenem Material (bis zu 58%), Karbonat (bis zu 66%) und nur zu einem geringeren Anteil Opal (bis zu 5%). Die Partikelzusammensetzung der Partikel in den oberen Fallen entlang des Schnittes zeigte jahreszeitliche und örtliche Unterschiede (Tab. 6.2.3). Der höchste Anteil biogener Komponenten wurde im Winter beobachtet, was die Wichtigkeit der Diatomeen und Coccolithophoriden für die Primärproduzenten entlang des gesamten Schnittes zeigt (s. auch Sprengel et al. im Druck). Der Anteil an Opal blieb auch während der Sommermonate bei EBC hoch, was auf einen direkten Einfluß durch das Auftriebsgebiet hinweist. Während der Winterblütensedimentation waren die ¹⁵N-Verhältnisse geringer bei allen Stationen, bedingt durch die Assimilation von isotopisch leichtem Stickstoff. Die Verhältnisse von C_{org} zu Karbonat (rain-ratio, Berger and Keir, 1984) waren an allen Stationen im Winter ähnlich (um eins), aber viel höher in den oligotrophen Bereichen im Frühling und Sommer mit einer klaren Zunahme in Richtung LP. Dies wird auch durch die Ergebnisse der Coccolithophoridenzählungen bestätigt (Sprengel et al. im Druck, s. Anlage). Der Anteil an Opal war immer höher bei EBC (und damit der Anteil an organischem Kohlenstoff zu Opal niedriger) als bei den Stationen weiter im offenen Ozean, was die wichtige Rolle der Diatomeen bei EBC anzeigt. Die Regression von lithogenem Material und Opal gegen C_{org} hat auch bei EBC höhere Regressionskoeffizienten als bei ESTOC und LP (Abb. 6.2.4). Die Beziehung von Karbonat zu organischem Kohlenstoff war bei allen Stationen sehr ähnlich.

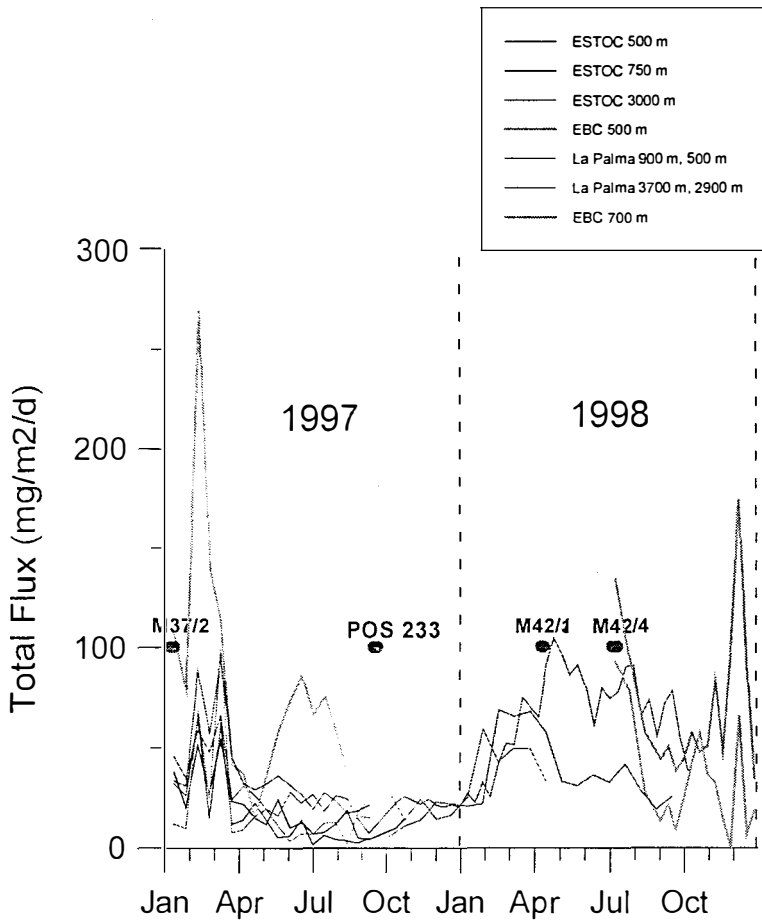


Abb.: 6.2.3. Gesamt-fluß über den 29°N Schnitt aller drei Fallenlokationen (S. Tabelle 6.2.2). Überla-gert sind die Termine der hydrographischen Aufnahmen aus dem CANIGO-Projekt ent-lang dem 29°N Schnitt in 1997 und 1998 mit METEOR (M37/2, M42/1) und mit POSEIDON (POS233).

Tab. 6.2.2 Integrierte Flüsse und stabile Isotopenzusammensetzung Des partikulären Materials

Station	Depth (m)	Flux (g/m2/yr)			d15N (%)
		Total	Corg	Carb	
EBC	700	26.9	1.4	8.5	3.1
ESTOC	500	7.4	0.8	3.6	4.2
	750	6.3	0.5	3.8	
	3000	10.9	0.5	6.0	2.0
LP	900	7.3	0.7	3.7	5.5
	3700	13.4	0.5	7.7	2.2

Tab. 6.2.3 Jahreszeitliche Mittelwerte der prozentualen Verteilung und Verhältnisse verschiedener Komponenten zum Gesamtfluß.

Season	Parameter	EBC	CI	LP
Winter	%Corg	4.8	8.1	8.5
	% CaCO ₃	36.3	54.5	66.3
	%Opal	4.7	2.2	2.2
	%Lith	49.5	27.2	14.5
	C/N	8.4	7.5	9.2
	Corg/Opal	1.3	6.6	4
	C _{org} /C _(CaCO₃)	1.1	1.3	1.1
	¹⁵ N	3.1	3.5	3
Spring	%Corg	5.5	13.1	15
	% CaCO ₃	30.7	35.6	41.4
	%Opal	3.8	1.5	2.3
	%Lith	54.5	37.1	34.4
	C/N	8.2	9.1	8
	Corg/Opal	1.6	9.8	7.9
	C _{org} /C _(CaCO₃)	1.6	3.1	4.7
	¹⁵ N	3.1	5.3	6.8
Summer	%Corg	7.0	16.4	12.4
	% CaCO ₃	26.9	39.7	26
	%Opal	3.2	3	2
	%Lith	56.0	24.8	57.9
	C/N	7.8	6.3	7.1
	Corg/Opal	2.1	7.1	11.3
	C _{org} /C _(CaCO₃)	2.5	3.1	7.6
	¹⁵ N	3.9	3.8	7.4

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Winterblütensignal entlang des gesamten 29°N Schnittes die Sedimentationsmuster beeinflusst. EBC, obwohl nicht innerhalb des primären Auftriebsgebietes war von den episodischen Einträgen des Cap Yubi Filamentes beeinflusst, vor allem im Sommer, aber gelegentlich auch in den Wintermonaten. Die Zusammensetzung der partikulären Fraktion (höhere Anteil an Opal und lithogener Fraktion) zeigte aber deutlich den Einfluß des nahen Auftriebsgebietes im Gegensatz zu den Stationen weiter im oligotrophen Bereich des Subtropenwirbels. Interannuelle Unterschiede in der Chlorophyllentwicklung entlang des Schnittes deuten auf großskalige Phänomene hin. Die beiden Stationen weiter vor der Küste waren ähnlich sowohl im Sedimentationsmuster wie auch in der Zusammensetzung des Materials. Es wird dadurch deutlich, dass der Hauptgradient entlang des Schnittes sich zwischen den Stationen EBC und ESTOC befindet. Der Partikelfluß war entlang des gesamten Gradienten durch den Eintrag zusätzlicher Partikel beeinflusst, was durch die leichteren Stickstoffisotope, die Abundanz von Chaetocerossporen (Auftriebsanzeiger; Abrantes et al., pers. Mitteil.) und den höheren Anteil von Coccolithophoriden (Sprengel et al., im Druck) in den tiefen Fallen bestätigt wird. Quellenregionen sind wahrscheinlich das primäre Auftriebsgebiet für EBC und die nördliche Küstenregion (Cap Ghir Filament) für ESTOC und LP. Die Bedeutung des Filamentes wird auch durch Ergebnisse von Modellierarbeiten von Johnson und Stevens (2000) unterstützt.

Die Ergebnisse aus der Kanarenregion führen zu Schlußfolgerungen für küstennahe Auftriebsgebiete, die sich durch eine stark ändernde Topographie (Kaps) auszeichnen. Kaps können die Ausbildung küstennaher mesoskaliger Variabilität (Filamente und Eddies) verursachen und möglicherweise partikuläre Substanz von der Küstenregion in den offenen Ozean hinein kanalisieren (vor allem wenn die Kaps mit untermeerischen Canyons zusammentreffen, wie dies bei Cap Ghir der Fall ist). Partikel können so in tiefen Wasserschichten in Form von intermediären Nepheloidschichten weit in den offenen Ozean hinaus transportiert werden.

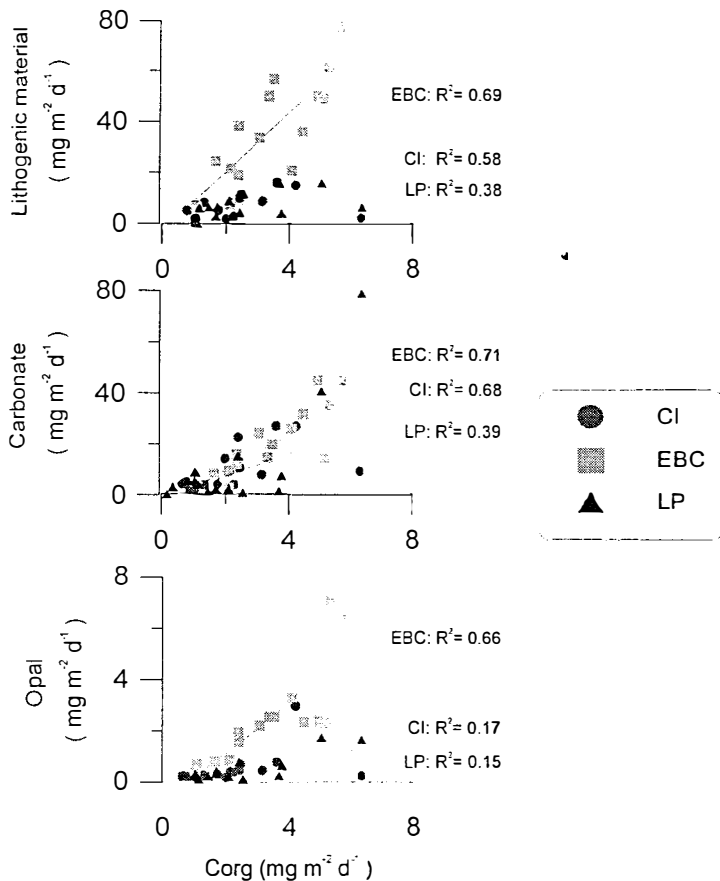


Abb.: 6.2.4 Regressionen von lithogenem Anteil, Karbonat und Opal gegen organischem Kohlenstoff in den Fallen CI17 oben (700 m, Kreise). EBC 2-1(700 m, Quadrate) and LP1 oben (900 m, Dreiecke) (1997, erste Verankerungsperiode). Eingekreist sind Werte, die wegen ungewöhnlich hoher Corg –Werte nicht mit in der Regression berücksichtigt wurden.

6.3 Vergleich der Sinkstofffallenergebnisse mit sedimentären Akkumulationsraten (Bearbeiter: Davenport, Freudenthal, Meggers, Neuer, Wefer)

Gesamtflußraten und Flußraten stabiler Stickstoffisotope werden entlang des 29°N Gradienten von C_{org} mit den Akkumulationsraten im Oberflächensediment verglichen. Höhere Akkumulationsraten und niedrigere Stickstoffisotopenwerte werden an der auftriebsnahen Station EBC gemessen. Remineralisierung von organischer Substanz in Wassersäule und Sedimentoberfläche ergab eine Kohlenstoffhaltung von weniger als 1% der geschätzten Exportproduktion. Wenigstens 50% der partikulären Substanz bei ESTOC stammen von allochthonen Hochproduktionsgebiet, einen Beobachtung, die durch die höheren Sedimentations- und Akkumulationsraten in der Tiefsee gezeigt wird. Die niedrigeren

Stickstoffisotope dieses Materials weisen auf das hochproduktive küstennahe Auftriebsgebiet als Quelle hin. Sedimentäre organische Kohlenstoffakkumulation in Gebieten mit starken Produktivitätskoeffizienten sollte jedoch nur mit Vorsicht zur Rekonstruktion von Exportproduktion oder Nährstoffverfügbarkeit angewendet werden.

6.4 Kohlenstofffluß bei ESTOC

(Bearbeiter: Davenport, Neuer)

Ein Vergleich von Exportproduktionsmessungen aus Treibfallen, die an der ESTOC-Station regelmäßig eingesetzt werden, und den oberen verankerten Fallen zeigen eine sehr gute Übereinstimmung. Aus Daten für 1996 und 1997 wurde ein Exportfluß von 220 bis 330 mmol organischen Kohlenstoff pro m^2 und Jahr berechnet, jeweils extrapoliert auf 100 m Wassertiefe. Dies steht einer Gesamtproduktionsabschätzung bei ESTOC von 9-10 Mol organischen Kohlenstoff pro m^2 und Jahr gegenüber. Werte, die sowohl aus Verdünnungsreihenexperimenten und aus Modellberechnungen mit Hilfe der tatsächlich gemessenen Chlorophyllkonzentrationen der ESTOC-Station erhalten wurden. Dies ergibt ein Exportverhältnis von 2-4 %, das niedriger ist als die bei den anderen JGOFS Zeitserienstationen (HOT bei Hawaii und BATS bei Bermuda) berechneten 9-12% (aus Daten von Lohrenz et al. (1992) und Karl et al. (1996)). Dies weist darauf hin, daß die neue Produktion bei ESTOC geringer ist, was durch relativ geringe Einträge von Nitrat in die durchmischte Schicht bedingt sein könnte, eine Vermutung, die sich durch beckenweite Modelliererergebnisse von A. Oschlies (pers. Mitt.) bestätigen läßt. Diese Modelliererergebnisse zeigen nämlich, daß die Nitratreintragsraten auf der Westseite des subtropischen Atlantiks höher sind als auf der Ostseite.

6.5 Kopplung von atmosphärischen Einträgen und Partikelfluß bei ESTOC und La Palma

(Bearbeiterin: Neuer)

Das Gebiet der Kanarischen Inseln ist von episodischen Staubeinträgen aus der Sahara beeinflusst. Der lithogene Anteil des Partikelflusses beträgt etwa 50 % und zeigt eine klare Kopplung zur Sedimentation von organischem Material (s. Abschnitt 6.2, Neuer et al. 1997, Ratmeyer et al. 1999). Es ist allerdings unklar, ob die lithogene Fraktion lediglich zusammen mit der organischen Substanz exportiert wird, oder ob der Staub aktiv die Sedimentation organischer Substanz beeinflusst. Diese Fragen lassen sich anhand des Vergleichs von Sedimentationsraten an der Zeitserienstation und Messungen des atmosphärischen Eintrags von Saharastaub testen. Die Messungen der täglichen Saharastaubkonzentrationen in der Luft über Gran Canaria (Pico de la Gorra) wurden von der Gruppe von J. Hernández-Brito, Univ. Las Palmas innerhalb des EU-Projektes CANIGO durchgeführt und erlauben einen direkten Vergleich mit den Flußraten der partikulären Fraktion in der Tiefsee bei ESTOC und bei LP nördlich von La Palma (s. Abschn. 6.2.)). Die Staubdeposition wird aus der gemessenen Staubkonzentration mit der über Trockendeposition abgeleiteten Sinkgeschwindigkeit des Staubes berechnet.

Abbildung 6.5.1 zeigt einen Vergleich zwischen Staubdeposition und Flußraten von lithogenem Material in den Fallen von 1997, dem ersten Jahr, in dem beide Messungen gleichzeitig stattfanden. Um den Vergleich möglich zu machen, wurden die Staubmessungen ebenfalls auf die Länge des Fallenfangintervalles (10-15 Tage) integriert.

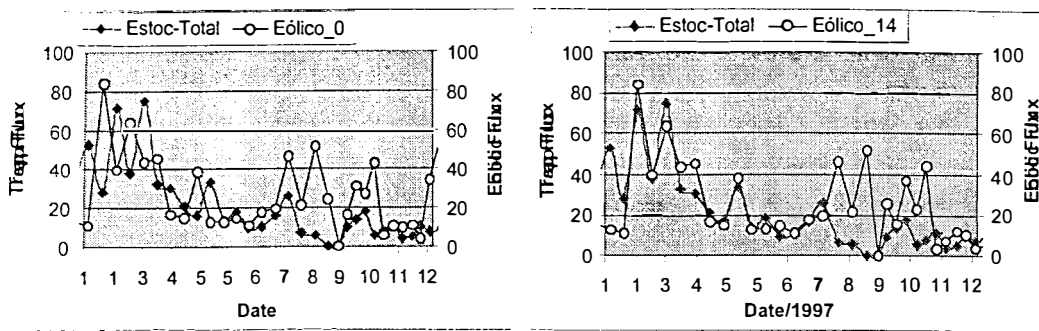


Abb.: 6.5.1 Vergleich der Staubdeposition und Partikelfluss in 700 m bei der ESTOC Station in 1997: direkte Überlagerung (links) und mit 14-tägigem Verzu der Staubdeposition (rechts)

Maxima im Staubeintrag und Partikelfluss sind mit einer Phasenverschiebung von 14 Tagen (Spannbreite 12-15 Tage) gekoppelt, d.h. Maxima im Partikelfluss treten ca. 14 Tage nach dem Maximum im Staubeintrag auf (Abb. 6.5.1.); längere und kürzere Intervalle zeigen keine Überdeckung. Diese Beziehung läßt sich aber nur für den Winter beobachten, im Sommer in der Zeit der Niedrigflußphase ist diese Beziehung nicht vorhanden, obwohl auch hohe atmosphärische Staubdeposition gemessen wird.

Die Kopplung beider Maxima zeigt einen kausalen Zusammenhang zwischen Staubeintrag und Partikelfluss; verschiedene aktive und passive Prozesse können hierbei möglicherweise eine Rolle spielen.

Im Winter (Dezember bis März), ist die Konzentration an organischem Material und Pflanzenbiomasse am höchsten, zeitgleich mit den höchsten Partikelflußraten (Davenport et al. 1999). Ein Eintrag eines Staubeintrags in dieser Zeit kann zu einer Aggregatbildung (oder Akkumulation in fecal pellets) und Ausbildung einer kritischen Masse von zunehmend schweren Partikeln führen (analog zum Kondensationsnuclei), die dann zu einem effizienten Transport aus der durchmischten Schicht führen. Die hohe Konzentration an organischem Material, beides in gelöster und partikulärer Form, und die hohe Konzentration lithogenen Materials kann so also zu einem synergistischen Zusammenspiel führen, was dann wenige Tage später zu einem Sedimentationspuls führt. Im Sommer hingegen ist die Konzentration an Biomasse und gelösten Substanzen geringer und eine Kopplung beider Faktoren weniger effizient. Bei einer mittleren Sinkgeschwindigkeit von schweren Partikeln von mindestens 100 m pro Tag bedeutet dies, dass der Staub mindestens 1 Woche in der Wassersäule akkumuliert, bis er sich in einem Flußmaximum in den Fallen (700 m) niederschlägt. Dies wäre aber auch genügend Zeit, um einen biologischen Effekt auf die Primärproduktion ausüben zu können. Es ist möglich, dass zur Zeit erhöhter Nährstoffkonzentrationen im Winter auch Staub einen wesentlichen Nährstoffeintrag von z.B. limitierenden Spurenmetallen darstellt. Im Sommer hingegen sind Makronährstoffe nicht mehr in der durchmischten Schicht vorhanden, so dass auch ein Nährstoffeintrag durch den Staub keinen meßbaren Einfluß auf die Produktivität hätte. In beiden Fällen, der Aggregation und damit Auslösung eines Sedimentationspulses und der Erhöhung der biologischen Produktivität durch Zufuhr limitierender Nährstoffe, übt der eolische Eintrag eine aktive Rolle bei der Steuerung der Sedimentation aus.

Diese aktive Steuerung der Partikelsedimentation könnte eine weitere Beobachtung erklären: In 1997 fanden die Sedimentationspulse bei den Partikelfallenstationen La Palma und ESTOC gleichzeitig statt. Beide Stationen sind 240 km voneinander entfernt und eine gleichzeitige Sedimentation wäre nicht unbedingt zu erwarten. Wenn die Staubpartikel, die ja in einem größeren Gebiet ausfallen, das Sedimentationsgeschehen quasi katalytisch beeinflussen, so wäre es durchaus denkbar, dass diese eine Zeitgeberfunktion für die Partikelflußprozesse in einem größeren Gebiet ausüben.

6.6 Vergleich der ESTOC Fallendaten mit Stationen in anderen Teilen des Nordatlantiks: Beispiel Cap Blanc

(Bearbeiter: Fischer, Neuer, Romero)

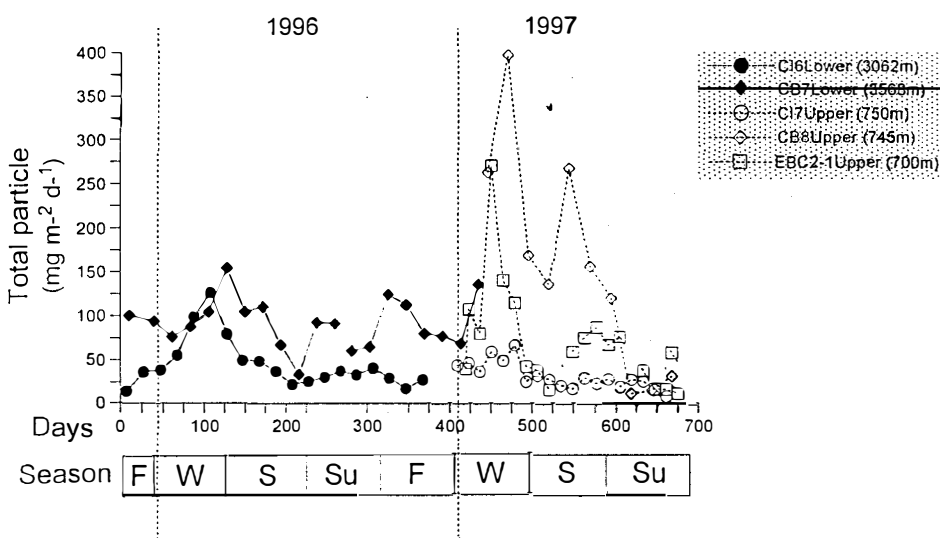


Abb.: 6.6.1 Vergleiche der Gesamtpartikelflußraten bei ESTOC (CI), EBC (Eastern Boundary Current) und bei Cap Blanc (CB) während 1996 und 1997.

Die Partikelfallenverankerung vor Cap Blanc (CB) ist positioniert bei $20^{\circ}55' N$, $19^{\circ}45' W$ im Einzugsbereich des ‚Riesenfilamentes‘ vor Cap Blanc im Auftriebsgebiet vor Mauretanien (Wefer und Fischer 1993). Erste Vergleiche der Partikelflußraten bei ESTOC und Cap Blanc zeigen ähnliche Sedimentationsmuster bei beiden Fallenstationen in 1996 und 1997, jedoch mit deutlichen interannuellen Unterschieden (Abb. 6.6.1.). Im Jahr 1996 waren die Partikelflußraten bei beiden Fallen ähnlich hoch, ein überraschendes Ergebnis, da CB in einem deutlich produktiveren Gebiet liegt (Davenport et al., pers. Mitt.; Fischer et al. im Druck). Im Jahr 1997 war die Sedimentationsrate bei CB viel höher sowohl im Winter als auch im Sommer und ähnlich der vom Cap Yubi Filament beeinflussten Station EBC (s. Abschnitt 6.2). Auftriebsereignisse bei CB sind im Gegensatz zu den Kanarischen Inseln ganzjährig, jedoch zeigt es sich, daß Auftriebsvorgänge im Sommer vor beiden Küstengebieten anscheinend ein ähnliches Sedimentationsmuster auslösen. Die Flußmaxima im Winter können auch bei CB durch die Sedimentation der Winterblüte beeinflusst sein. Der Vergleich beider Fallen wird auch in Zukunft nach der Fertigstellung der vollständigen Analyse der Zusammensetzungen des Fallenmaterials zu interessanten Aufschlüssen über die großräumige Kopplung von Partikelflußprozessen im östlichen Nordatlantik geben. Weiterhin geplant sind Vergleiche mit der Fallenverankerung bei der BATS Station und der L1 Verankerung weiter nordwestlich (Schulz-Bull et al. Im Druck).

7. Voraussichtlicher Nutzen

Die Beobachtungen auf der ESTOC-Station und die zugehörigen Prozeßstudien sind eingebunden in das JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study) und das WOCE (World Ocean Circulation Experiment)-Programm. Die Daten sind weiterhin relevant für die Untersuchungen des EU-Projekts CANIGO (Canary Islands Azores Gibraltar Observations) und bieten eine Grundlage für das geplante GOOS (Global Ocean Observing System)-Programm. Die Ergebnisse des ESTOC-Projekts tragen zum Verständnis der physikalischen, biologischen und chemischen Prozesse in der Kanarenregion und der Fischerei in dieser Region bei. Das ESTOC-Programm stärkt die deutsch/spanische Zusammenarbeit und bietet die Grundlage für künftigen einen Austausch von Wissenschaftlern im Rahmen der 'Acciones Integradas' für weitere gemeinsame Auswertungen.

8. Fortschritt bei anderen Stellen

Barton et al. (1998) stellten in einem Übersichtsaufsatz die regionale Variabilität der Wassermassen und biologisch-chemischer Vorgänge in der Kanarenregion dar und diskutierten die Rolle mesoskaliger Wirbel und der Filamente des Küstenauftriebssystems. Der Jahresgang des Phytoplanktonsignals wie es sich in Satelliten-Daten findet, wurde von Pacheo und Hernandez-Guerra behandelt (1999):

Siegel und Deuser (1997) untersuchten den statischen Trichter der Sedimentfallen im Oceanic Flux Programm (OFP) an der BATS (Bermuda Time Series) Station in der Sargassosee mit Hilfe der Lagrangian Analyse von Partikeln, die durch ein realistisches horizontales Strömungsfeld sinken. Die Ergebnisse zeigen, daß die Fallen mit zunehmender Tiefe Partikel aus sehr großen Gebieten im Rahmen von hunderten bis zu tausend km² fangen. Dies verdeutlicht, daß die Kenntnis der zeitlichen und räumlichen Variabilität des Strömungsfeldes über den Fallen für das Verständnis des Partikelflusses sehr wichtig ist.

Im Rahmen des Oceanic Flux Programms (OFP) in der Sargassosee berichtet Conte et al. (1998) von episodischen Flußereignissen, die in der Tiefsee gemessen wurden. Durch die Analyse von Biomarkern finden die Autoren heraus, daß die Zusammensetzung des partikulären Materials der Maxima darauf hinweist, daß es sich um frisches Material handelt, das schnell sank und nicht oder nur unzureichend remineralisiert wurde. Die Autoren weisen darauf hin, daß diese episodischen Ereignisse einen bedeutenden Anteil des Exportflusses zur Tiefsee darstellen können.

McGillicuddy et al. 1998 zeigen in einer Studie zur Nährstoffbilanz bei der Zeitserienstation BATS, dass das Nährstoffbudget in der Sargassosee durch mesoskalige Eddies wesentlich erhöht werden kann. Mesoskalige Eddies stellen also einen wichtigen Mechanismus dar, um die externe Nährstoffzufuhr sicherzustellen, die nötig ist, um die beobachtete neue Produktion aufrecht halten zu können.

Buesseler et al (2000) verglichen eine neue Entwicklung einer freitreibenden Sedimentfalle, die freischwebend in einer bestimmten Wassertiefe austariert ist, mit den standardmässig eingesetzten Fallen bei der BATS Station, die mit einer Oberflächenboje ausgestattet sind. Die Autoren fanden, dass die mit den neuen Fallen gemessenen Flussraten niedriger waren, und auch nicht die typische Abnahme mit der Tiefe zeigten. Der Anteil der ‚Schwimmer‘ (aktiv in die Falle eingedrungenen Zooplankter) waren ebenfalls niedriger in den neuen Fallen. Die

Ergebnisse zeigen, dass unterschiedliche Partikel von verschiedenen Fallentypen mit unterschiedlichen Fangeffizienzen gefangen werden.

Die HOT (Hawaii Ocean Time-Series)- und BATS (Bermuda Time-Series Station)-Zeitserienstationen (Karl und Lukas, 1996; Michaels und Knap, 1996) wurden weitergeführt und bestehen inzwischen 13 bzw. 12 Jahre. Auf der Jahrestagung der Europäischen Geophysikalischen Gesellschaft EGS wurde erneut deutlich, wie bei zunehmender Länge dieser Zeitserienstationen große interannuelle Variabilitäten ozeanischer Kreisläufe erkennbar werden, die neue Erkenntnisse über Prozesse und Bilanzierungen des Kohlenstoffsystems liefern. Diese beiden etablierten Zeitserien zeigen damit, wie wichtig eine konsistente und kontinuierliche Arbeit und Förderung über viele Jahre hinweg ist, um langfristige Änderungen und Prozesse der Zirkulation und biogeochemischer Kreisläufe untersuchen zu können.

Die Ergebnisse eines kürzlich veröffentlichten hochauflösendes Modell für den subtropischen Nordostatlantik (Johnson und Stevens, 2000) werden wichtig sein für einen weitergehenden Vergleich mit den Meßergebnissen bei ESTOC. Gleiches gilt für die vorläufigen Ergebnisse, insbesondere aus den Teilprojekten 1 und 3, des EU-Projektes CANIGO, die im wissenschaftlichen Teil des Abschlußberichts (CANIGO, 1999) dargestellt sind.

Literatur ab 1997 (ältere s. Anhang 10.1)

- Barton, E.D., J. Aristegui, P. Tett, M. Canton, J. Garcia-Braun, S. Hernandez-Leon, L. Nykjaer, C. Almeida, J. Almunia, S. Ballesteros, G. Basterretxea, G. Basterretxera, J. Escanez, L. Garcia-Weill, A. Hernandez-Guerra, F. Lopez-Lautzen, R. Molina, M.F. Montero, E. Navarro-Perez, J.M. Rodriguez, K. van Lenning, H. Velez and K. Wild (1998): The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Progress in Oceanography* 41, 455-504
- Buesseler, K. O., D. K. Steinberg, A. F. Michaels, R. J. Johnson, J. E. Andrews, J. R. Valdes, J. F. Price (2000): A comparison of the quantity and composition of material caught in a neutrally buoyant versus surface tethered sediment trap. *Deep-Sea Res.* 47.
- Conte, M.H., J.C. Weber, N. Ralph (1998): Episodic particle flux in the deep Sargasso Sea: an organic geochemical assessment. *Deep-Sea Res.* 45, 1819-1841.
- Johnson, J., I. Stevens (2000): A fine resolution model of the eastern North Atlantic between the Azores, the Canary Islands and the Gibraltar Strait. *Deep-Sea Res. I*, Vol. 47(5), 875-899.
- McGillicuddy, D. J., A. R. Robinson, D. A. Siegel, H. W. Jannasch, R. Johnson, T. D. Dickey, J. Mc Neil, A. F. Michaels and A. H. Knap (1998). Influence of mesoscale eddies on new production in the Sargasso Sea. *Nature* 394, 263-266.
- Neuer, S, V. Ratmeyer, R. Davenport, G. Fischer and G. Wefer (1997): Deep water particle flux in the Canary Islands region: Seasonal trends in relation to long-term satellite derived pigment data and lateral sources. *Deep-Sea Res.* 44, 1451-1466.
- Pacheo, M.M and A. Hernandez-Guerra (1999): Seasonal variability of recurrent phytoplankton pigment patterns in the Canary Islands area. *Int. J. Rem. Sens.*, 20(7), 1405-1418.
- Siegel, D. A. and W.G. Deuser (1997): Trajectories of sinking particles in the Sargasso Sea: modelling of statistical funnels above deep-ocean sediment traps. *Deep-Sea Res.* 44, 1519-1541.

Ferner Beiträge zum CANIGO Final Scientific Report.

9. Erfolgte und geplante Publikationen

9.1 Aufsätze in begutachteten Zeitschriften, Bücher und Buchbeiträge

- Davenport, R., S. Neuer, A. Hernandez-Guerra, M.J. Rueda, O.Llinas, G. Fischer and G. Wefer. 1999. Seasonal and interannual pigment concentration in the Canary Islands region from CZCS data and comparison with observations from the ESTOC. *Int. J. Remote Sensing*, 20, 1419-1433.
- Davenport, R. and S. Neuer (1999): Satellitenfernerkundung von Phytoplanktonbiomasse und Primärproduktion im Weltozean. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 17: Fernerkundung und Ökosystem-Analyse. S. 129-142.
- Fischer, G. and G. Wefer (1991). Sampling, preparation and analysis of marine particulate matter. In: D.C. Hurd and D.W. Spencer, Eds., *The analysis and characterisation of marine particles*. AGU, Washington. pp 391-397.
- Fischer, G., G. Krause, S. Neuer, and G. Wefer (1996): Short-term sedimentation pulses recorded with a fluorescence sensor and sediment traps in 900 m water depth in the Canary Basin., *Limnol. Oceanogr.*, 41(6), 1354-1359.
- Fischer, G, V. Ratmeyer and G. Wefer (im Druck). Organic carbon fluxes in the Atlantic and the Southern Ocean: relationship to primary production compiled from satellite radiometer data. *Deep-Sea Res. II: Particle flux and its preservation in sediments*.
- Freudenthal, T, S. Neuer, H. Meggers, R. Davenport und G. Wefer (eingereicht). Sinking particle fluxes, sedimentary accumulation rates and the stable nitrogen isotope signature along a productivity gradient in the Canary Islands region.
- Neuer, S., V. Ratmeyer, R. Davenport, G. Fischer, and G. Wefer (1997). Deep water particle flux in the Canary Islands region: seasonal trends in relation to long-term satellite derived pigment data and lateral sources. *Deep-Sea Research*. S. 1451-1466.
- Ratmeyer, V. and G. Wefer (1996): A high resolution camera system (ParCa) for imaging particles in the ocean: system design and results from profiles and a 3 month deployment. *J. Mar. Res.* 54, 1-16.
- Ratmeyer, V., G. Fischer and G. Wefer. 1999. Lithogenic particle fluxes and grain size distributions in the deep ocean off northwest Africa: Implications for seasonal changes of aeolian dust input and downward transport. *Deep-sea Research*. 46. 1289-1337.
- Sprengel, C., Baumann, K.-H., Neuer, S., 2000. Seasonal and interannual variation of coccolithophore fluxes and species composition in sediment traps north of Gran Canaria (29°N 15°W). In: Young, J.R., Thierstein, H.R., Winter, A. (Editors), *Nannoplankton ecology and palaeoecology*. Proc. INA7 Conf., Puerto Rico 1998. *Marine Micropaleontol. Spec. Iss.* (im Druck).
- Wefer, G. und G. Fischer. 1993. Seasonal pattern of vertical particle flux in equatorial and coastal upwelling areas of the eastern Atlantic. *Deep-sea Research*, 40, 1613-1645.

In Vorbereitung

Zahlreiche der folgenden in Vorbereitung befindlichen Arbeiten werden gemeinsam ESTOC- und CANIGO- Ergebnisse behandeln. Sie sind für den CANIGO-Sonderband von *Deep-Sea Research* vorgesehen.

- Abrantes, A., C. Sprengel, J. Bollmann, S. Palma, S. Nave, H. Meggers and J. Henderiks: Flux of organisms along an East-West transect at 29°N in the Canary Island region
- Davenport, R., S. Neuer, G. Wefer: Primary production in the northern Canary Islands region as inferred from SeaWiFS imagery
- Freudenthal, Meggers, Moreno, Henderiks and Wefer: Variability of upwelling intensity and filament activity during the last 250 kyr
- F. Gaillard, I. Ambar, G. Siedler, D. Smith-Wright, B. Le Cann: Mediterranean water in the North-East Atlantic, large and mesoscale features.
- W.Hansen, J.Johnson, G.Siedler, I.Stevens: Observed and modelled transports north of the Canary Islands.
- J. Henderiks, T. Freudenthal, H. Meggers, F. Abrantes, S. Nave, E. Salqueiro, P. Freitas, J. Bollmann, H.R. Thierstein, J. Targarona: Glacial-interglacial variability of particle fluxes in the Canary Basin: A time-slice Approach
- M. Knoll, B. Lenz, F. Lopez Laatz, T.J. Müller, G. Siedler: The Eastern Boundary Current System between the Canary Islands and the African Coast
- M. Knoll, T.J. Mueller, G. Siedler, O.Llinas: Mixing and Interleaving of Intermediate and Mediterranean Water
- O. Llinás and other authors of ICCM, G. Siedler: Subpolar Mode Water in the Northern Canary Box

- Meggers, Abrantes, Freudenthal, Henderiks, Nave, Targarona, Davenport and Wefer: Oceanic surface conditions recorded on the sea floor of the Canary Islands region through the distribution of micropaleontological and geochemical parameters'
- Mueller, T.J., A. Hernandez-Guerra, F. Lopez-Laatzten, O. Llinas: Current variability in the Eastern Boundary Current (EBC) system near the Canary islands.
- Neuer, M.D. Gelado, E. Perez, C. Collado and J.J. Hernández-Brito: Coupling of atmospheric inputs and particle flux at the water column off North-West Africa S.
- Neuer, Freudenthal, Davenport, Abrantes, Mueller, Wefer: Deep lateral advection influences particle flux off a coastal upwelling margin
- Siedler, G., B.Lenz, M. Knoll, W. Hansen, O. Llinas: Budgets of physical and chemical properties in the northern Canary Basin.
- Siedler, G., A. New, O. Llinas, J. Pelegri: Mode water sources and transports in the supolar-subtropical boundary region.
- Siedler, G., M. Busse, M. Knoll, M.J. Rueda: Water masses and transports in the Canary archipelago.
- Sprengel, Baumann, Helmke, Henderiks, Henrich, Neuer and Thierstein: Coccolithophore assemblages and biogenic carbonate fluxes along a zonal transect (29°N) north of the Canary Islands: Comparison between sediment trap and sediment samples

9.2 Dissertationen, Diplomarbeiten, Berichte, Newsletter

- Busse, M. (1998): Transporte, Bilanzen und Vermischungsprozesse im Gebiet des Kanarenarchipels. Diplomarbeit
- Knoll, M. Müller und G. Siedler (1999): xxxxxxxx, *Ber. Inst. F. Meereskd. Kiel*, Nr. 302, xxx S.
- Llinás, O., A. Rodríguez de Leon, G. Siedler and G. Wefer (1994): The ESTOC Time Series Station Started Operation. *Int. WOCE Newsletter*, 17, Nov. 1994
- Llinás, O., A. Rodríguez de Leon, G. Siedler and G. Wefer (1997): ESTOC Data Report 1994 *Informes Técnicos Inst. Canario Cienc. Mar.*, Numero 3.
- Llinás, O., A. Rodríguez de Leon, G. Siedler and G. Wefer (1999): ESTOC Data Report 1995-1996. *Informes Técnicos Inst. Canario Cienc. Mar.*, Numero 3.
- Neuer, S. and M. Rueda (1997): European Time-Series Station In Operation North of Canary Islands. *U.S. JGOFS Newsletter*, March 1997.
- SIEDLER, G. and O. LLINAS (1999): *Time Series: Five years of ESTOC Station Operation. GOOS News, April 1999, No. 7, 3-5.*

9.3 Vorträge und Poster auf internationalen und nationalen Konferenzen, Symposien und Workshops

1997:

EUG. Strasbourg, March 1997

- Neuer, S., B. Davenport, V. Ratmeyer, G. Fisher, S. Nave, F. Abrantes: Importance of lateral advection for the particle flux record at the ESTOC time-series station

6. *JGOFS Workshop Universität Bremen, 4.-5.12.1997*

- Determann, S.: Erste Ergebnisse eines hochauflösenden Zirkulationsmodells im Bereich der ESTOC-Station (First results from a high resolution circulation model in the area of the ESTOC station).
- Neuer, S. et al.: Particle flux measurements at ESTOC.
- Neuer, S. et al.: Present status of ESTOC-Observations.
- Pätsch, J. and G. Radach: Ein 1D-Ökosystemmodell für die biologischen und chemischen Prozesse in den oberen 3000m des Nordatlantik bei der ESTOC-Station (A 1d-Ecosystem model of the biological and chemical processes in the upper 3000m of the North Atlantic at ESTOC).
- Peeken, I. and S. Neuer: Phytoplanktonzusammensetzungen anhand photosynthetischer Pigmente zu verschiedenen Jahreszeiten an der ESTOC-Station (Phytoplankton composition derived through photosynthetic pigments at different seasons at ESTOC).
- Reppin, J. et al.: ESTOC- European Station for Time-Series in the Ocean, Canary Island

1998:*CANIGO 2nd General Meeting, Lisbon, Portugal, 10.-13.01.1998*

- Knoll, M., B. Lenz, T.J. Müller, J. Reppin and G. Siedler: Seasonal and interannual variations of the eastern Canary Basin hydrography and circulation.

EGS: XXIII General Assembly, Nice, France, April 23, 1998

- Reppin, J. and M. Knoll: Watermasses and currents in the area of the ESTOC time series station.
- Neuer, S., R. Davenport, V. Ratmeyer, G. Fischer, G. Wefer, M.J. Rueda, O. Llinas: Particle flux measurements at ESTOC
- Siedler, G. and T.J. Müller:

AGU Ocean Sciences Meeting, San Diego, Feb. 1998:

- Susanne Neuer and Ilka Peecken: Investigations with surface-tethered particle traps at the ESTOC (European Station for Time-series in the Ocean)

6th International Conference on Paleoceanography, Lisbon, Aug. 1998

- Meggers, H., Freudenthal, T., Davenport, R., Neuer, S. and G. Wefer: Particle Flux and Paleoceanography in the Eastern Boundary Current system
- Nave, S., Freitas, P., Abrantes, F., Neuer, S. and Wefer, G.: Diatom assemblages in the Canary Islands region: Comparison of a sediment trap time series and the sea floor record

7. JGOFS Workshop, Universität Bremen, 4.-5.12.1998

- Determann, S.: Woher kommt das Wasser an der ESTOC Station? Ergebnisse eines eddy-auflösenden Zirkulationsmodells (Where does the water at ESTOC come from? First results from an eddy resolving circulation model).
- Kühn, W.: ESTOC - eine 1D-Modellstudie (ESTOC - a 1D-model study).
- Kühn, W.: Biogeochemische Prozesse und Partikelfluß bei ESTOC - Modelle und Daten (Biogeochemical processes and particle flux at ESTOC - models and data).
- Müller, T., O. Llinas, S. Neuer, J. Reppin, M. J. Rueda, G. Siedler and G. Wefer: Die ESTOC-Zeitreihenstation nördlich der Kanarischen Inseln.
- Neuer, S., R. Davenport, O. Llinas, M.-J. Rueda, J. Godoy, and G. Wefer: Estimates of primary and export production at ESTOC.
- Patsch, J., W. Kühn, S. Determann, K. Herterich, G. Radach, M. Gonzalez-Davila and M. Gonzalez-Davila: Ergebnisse der Modellieraktivitäten für die ESTOC-Station (Results of modelling activities at ESTOC).
- Rueda, M.J., R. Santana, J. Perez-Marrero, A. Cianca, M.G. Villagarcia, J. Godoy, J. Escanez and O. Llinas: Variability of the nutrients concentration at ESTOC (1994-1997).

AGU: Ocean Sciences Conference Santa Fe, NM, 1.-5-2.1999

- Neuer, S., Davenport, R., Freudenthal, T., Meggers, H., Sprengel, C., Llinas, O., Nave, S., Abrantes, F. (1999). Particle flux measurements along a productivity gradient in the northern Canary Islands basin. (Talk).
- Freudenthal, T., S. Neuer, G. Wefer (1999) – Nitrogen isotopes along a productivity gradient in the Canary Basin. (Poster).

Sediment '99, Bremen

- Sprengel, C., Baumann, K.-H., Henderiks, J., Neuer, S. and Henrich, R. (1999). Rezente Sedimentation von Coccolithophoriden im östlichen Atlantik: Beispiele aus Sedimentfallenstudien im Bereich der Kanarischen Inseln. *Terra Nostra* 99/4: 259-260 (Talk).

Eurogoos Meeting, March 10-12, 1999, Rome

- ESTOC, Llinas, Rodriguez, Siedler, Wefer, presented by S. Neuer

CANIGO Final Conference, 12-16 September 1999, Las Palmas, Gran Canaria.

- Balzer, W., C. von Oppen und S. Neuer: Vertical flux of Trace metals under upwelling and mesotrophic regimes near the Canary Islands
- Bollmann, J., H. Barth, M. Knoll, B. Lenz, O. Llinas, T.J. Müller, R. Reuter und O. Zielinski: Distribution of living coccolithophores along a zonal transect (29°N) of the Canary Islands: vertical, seasonal and interannual variations
- Davenport, R. und S. Neuer: Primary production estimates for the Canary Islands region using SeaWiFS ocean colour data
- Hansen, W., J. Johnson, G. Siedler und I. Stevens: Observed and modelled transports north of the Canary Islands
- Llinas, O., G. Siedler, G. Wefer und A. Rodríguez: Time-series observations at ESTOC in the Canary region
- Meggers, H., R. Davenport, T. Freudenthal, J. Henderiks, S. Neuer, A. Spies und G. Wefer: Planctic foraminifera in space and time in the Canary Islands region
- Neuer, S., O. Llinas, M.J. Rueda, M. Villagarcia, J. Godoy, T. Freudenthal, R. Davenport und G. Wefer: Seasonal particle flux and water column properties north of Canary Islands
- Oppen, C. von und W. Balzer: Particulate trace metals in the Canary Islands region and their relation to the dissolved phase
- Siedler, G.: The Eastern Boundary Regime of the North Atlantic
- Siedler, G., M. Busse, M. Knoll und M.J. Rueda: Water masses and transports in the Canary Archipelago region.
- Sprengel, C., K.H. Baumann und S. Neuer: Coccolithophore sedimentation in the Canary Islands region: seasonal variation, species composition and coccolith-carbonate fluxes
- Meggers, H., R. Davenport, T. Freudenthal, S. Neuer, A. Spies und G. Wefer: Planktic foraminifera in space and time in the Canary Islands region.
- Davenport, R. und S. Neuer: Primary production estimates for the Canary Islands region using SeaWiFS ocean colour data.
- Neuer, S., R. Davenport, T. Freudenthal, H. Meggers, C. Sprengel, O. Llinas, S. Nave, F. Abrantes: Particle flux measurements along a productivity gradient in the northern Canary Islands basin.

8. *JGOFS Workshop, Universität Bremen, 2.-4.12.1999*

- Davenport, R., S. Neuer, P. Helmke und G. Wefer: Primary Production Estimates for the Canary Islands Region using SeaWiFS Ocean Colour Data
- Freudenthal, T., S. Neuer, R. Davenport, H. Meggers und G. Wefer: Nitrogen isotopes of sinking particulate matter along a productivity gradient in the Canary Basin
- Lenz, B., T.J. Müller, S. Neuer, O. Llinas, M.J. Rueda, G. Siedler und G. Wefer: Currents and Particle Fluxes at ESTOC
- Llinas, O. A. Rodríguez de León, G. Siedler und G. Wefer: ESTOC
- Neuer, S. R. Davenport, T. Freudenthal, C. Hayn, G. Wefer, J. Godoy, M.J. Rueda und O. Llinas: Primary production estimates at ESTOC : Are satellite derived data valid?

2000:*AGU Ocean Science Meeting, San Antonio, Texas, U.S.A., 24-28.1.2000*

- Neuer, S. R. Davenport, O. Llinas-Gonzalez, M.-J. Rueda, G. Wefer: Estimates of primary and export production at ESTOC
- Hernández-Brito, J. J., S. Neuer, M. D. Gellado-Caballero, M.E. Torres-Padrón, C. Collado-Sanchez: Coupling of eolian inputs and particle flux in the water column off NW Africa.
- Scholten J.C., J. Fietzke, W. Koeve, M. Rutgers van der Loeff, A. Mangini, A. Antia, S. Neuer, D. Schulz-Bull, J. Waniek: Comparing fluxes intercepted by deep sediment traps: The effect of trapping biases.

10. Anhang

10.1 Verwendete Fachliteratur

- Arhan, M., A. Colin de Verdiere, und L. Mémary (1994): The eastern boundary of the Subtropical North Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, 6, 1295-1316.
- Aristegui, J., P. Sangra, S. Hernández-Leon, M. Canton, A. Hernández-Guerra und J.L. Kerling (1994): Island-induced eddies in the Canary Islands. *Deep-Sea Res.*, 41, 1509-1525.
- Aristegui, J., P. Tett, A. Hernández-Guerra, G. Basterretxea, M.F. Montero, K. Wild, P. Sangrá, S. Hernández-León, M. Cantón, J.A. García-Braun, M. Pacheco, and E.D. Barton. 1997. The influence of island-generated eddies on chlorophyll distribution: a study of mesoscale variation around Gran Canaria. *Deep-Sea Research* 44: 71-96.
- Barton, E.D. (1994): Frontal structures downwind and downstream of Gran Canaria. *Annales Geophysicae*, Vol 12, Suppl.II, C267 (Abstract).
- Barton, E.D. (1987): Meanders, Eddies and Intrusions in the Thermohaline Front Off Northwest Africa. *Oceanologica Acta*, 10(3), 267-283.
- Barton, E.D., J. Aristegui, P. Tett, M. Canton, J. Garcia-Braun, S. Hernandez-Leon, L. Nykjaer, C. Almeida, J. Almunia, S. Ballesteros, G. Basterretxea, G. Basterretxera, J. Escanez, L. Garcia-Weill, A. Hernandez-Guerra, F. Lopez-Laatzén, R. Molina, M.F. Montero, E. Navarro-Perez, J.M. Rodriguez, K. van Lenning, H. Velez and K. Wild (1998): The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Progress in Oceanography* 41, 455-504
- Bergametti, G. et al. 1989. African dust observed over Canary islands: source-regions identification and transport pattern for some summer situations. *J. Geophys. Res.*, 94(D12), 14855-64.
- Berger, W.H. and R.S. Keir. 1984. Glacial-Holocene changes in atmospheric CO₂ and the deep-sea record. 1984. In: J.E. Hansen and T. Takahashi (Eds.), *Climate Processes and Climate Sensitivity* (Geophys. Monogr., 29). Am. Geophys. Union, Washington, DC, pp 337-351.
- Blasco, D., M. Estrada and B. Jones (1980): Relationship between the phytoplankton distribution and composition and the hydrography in the northwest African upwelling region near Cabo Corbeiro. *Deep-Sea Research*, 27, 799-821.
- Brand, L.E., W.G. Sunda and R.R.L. Guillard (1986): Reduction of marine phytoplankton reproduction rates by copper and cadmium. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 96, 225-250.
- Braun, J. G., I. Orzaiz, J. D. d. Armas and F. Real (1985): Productividad y biomasa del ultraplankton, nanoplankton y fitoplankton de red en aguas de las Islas Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanog.*, 2, 192-204.
- Brink, K.H., F. Abrantes, P.A. Bernal, R.C. Dugdale, M. Estrada, L. Hutchings, R.A. Jahnke, P.J. Müller and R.L. Smith. 1995. Group report: How do coastal upwelling systems operated as integrated physical, chemical and biological systems and influence the geological record? The role of physical processes in defining the spatial structures of biological and chemical variables. In: *Upwelling in the Ocean: Modern Processes and Ancient Records*. Summerhayes, C.P. et al. (eds.): 103-124, John Wiley & Sons Ltd.
- Buesseler, K. O., D. K. Steinberg, A. F. Michaels, R. J. Johnson, J. E. Andrews, J. R. Valdes, J. F. Price (2000): A comparison of the quantity and composition of material caught in a neutrally buoyant versus surface tethered sediment trap. *Deep-Sea Res.* 47.
- CANIGO (1999): Final Scientific Report (unveröffentlicht).
- Chester, R., K.J.T. Murphy, F.J. Lin, A.S. Berry, G.A. Bradshaw and P.A. Corcoran (1993): Factors controlling the solubilities of trace metals from non-remote aerosols deposited to the sea surface by the dry deposition mode. *Mar. Chem.*, 42, 107-126
- Colin de Verdiere, A. (1992): On the southward motion of Mediterranean salt lenses. *Journal Phys. Oceanogr.*, 22, 413-420.
- Conte, M.H., J.C. Weber, N. Ralph (1998): Episodic particle flux in the deep Sargasso Sea: an organic geochemical assessment. *Deep-Sea Res.* 45, 1819-1841.
- De León, A. R. and J. G. Braun (1973): Ciclo anual de la producción primaria y su relación con los nutrientes en aguas Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanog.*, 167, 1-24.
- Dickson, R.R., W.J. Gould, T.J. Müller, C. Maillard (1985): Estimates of the Mean Circulation in the Deep (>2000m) Layer of the Eastern North Atlantic. *Prog. Oceanogr.*, 14, 103-127.
- Duce, R.A. et al. (1991): The atmospheric input of trace species to the world ocean. *Global Biogeochem. Cycles*, 5, 193-259.
- Emery, W.E. und J. Meincke (1986): Global water masses: summary and review. *Oceanologica Acta*, 9(4), 383-391.

- Ercilla G., B. Alonso, F. Perez-Belzuz, F. Estrada, J. Baraza, M. Farran, M. Canals and D. Masson. 1998. Origin, sedimentary processes and depositional evolution of the Agadir turbidite system, central eastern Atlantic. *Journal of the Geological Society London*, 155: 929-939.
- Fernandez de Puellas, M.-L. and J. A. Garcia-Braun (1989): Dinámica de las comunidades planctónicas en una zona del Atlántico Subtropical (Isla de Tenerife). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 5, 87-100.
- Fiuza, A.F.G und D. Halpern (1982): Hydrographic observation of the Canary Current between 21°N and 25.5°N in March/April 1974. *Rapp. P.-V.Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 180, 58-64.
- Fiekas, V., J. Elken, T. Müller, A. Aitsam und W. Zenk (1992): A View of the Canary Basin Thermocline Circulation in Winter. *J. Geophys. Res.*, 97, No.C8, 12495-12510.
- Fischer, G, G. Krause, S. Neuer and G. Wefer: Short-term sedimentation pulses recorded with a chlorophyll sensor and sediment traps in 900 m water depth in the Canary Basin. *Limnology and Oceanography*, 41, 1354-1359.
- Fischer, K., J. Dymond and M. Lyle (1986): The benthic cycle of copper: evidence from sediment trap experiments in the eastern tropical North Pacific. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 50, 1535-1543.
- Gelado-Caballero M. D., M. E. Torres-Pardón, J. J. Hernández-Brito, J. A. Herrera-Melián and J. Pérez-Peña. 1996. Aluminium distributions in Central East Atlantic waters (Canary Islands). *Mar. Chem.*, 51, 359-372.
- Gould, W.J. (1985): Physical Oceanography of the Azores Front. *Prog. Oceanog.* Vol. 14, pp. 167-190.
- Hagen, E., C. Zülchke, and R. Feistel. 1996. Near-surface structures in the Cape Ghir filament off Morocco, *Oceanologica Acta*. 19: 577-598
- Hagen, E., E. Mittelstaedt, R. Feistel und H. Klein (1994): Hydrographische Untersuchungen im Ostrandstromsystem vor Portugal und Marokko 1991-1992. *Berichte des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie*, Nr.2, 49pp.
- Helmers, E. (1991): Untersuchungen zur horizontalen Verteilung ausgewählter Spurenelemente im Atlantischen Ozean. *Diss. Univ. Bremen*.
- Hempel, G. (ed) (1982): The Canary Current: Studies of an Upwelling System. Symposium held in Las Palmas, 11-14 April 1978. *Rapports et Procés-Verbaux des Réunions*, 180, pp 455.
- Hernandez, F., P.Y. Le Traon and R. Morrow 1995. Mapping mesoscale variability of the Azores current using Topex/Poseidon and ERS-1 altimetry, together with hydrographic and Lagrangian measurements, *J. Geophys. Res.*, 100 : 24995-25006
- Hernández-Guerra, A., J. Aristegui and L. Nykjaer (1993): Phytoplankton pigment patterns in the Canary Islands area as determined using Coastal Zone Colour Scanner Data. *Int. J. Remote Sensing*, 14, 1431-1437.
- Hernández-Guerra, A. and L. Nykjaer. 1997. Sea surface temperature variability off north-west Africa: 1981-1989. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 12: 2539-2558.
- Hernández-Guerra, A., J. Aristegui und L. Nykjaer (1993): Phytoplankton pigment patterns in the Canary Islands area as determined using Coastal Zone Colour Scanner Data. *Int. J. Remote Sensing*, 14, 1431-1437.
- Hernández-León, S. (1988): Algunas observaciones sobre la abundancia y estructura del mesozooplankton en aguas del Archipiélago Canario. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 5, 109-118.
- Hernández-León, S. (1991): Accumulation of mesozooplankton in a wake area as a causative mechanism of the "island-mass effect". *Mar. Biol.* 109, 141-147.
- Heywood, K.J., E.D. Barton, and J.H. Simpson. 1990. The effects of flow disturbance by an oceanic island. *Journal of Marine Research* 48: 55-73.
- Hogg, N. und H. Stommel (1990): How currents in the upper thermocline could advect meddies deeper down. *Deep-Sea-Res.*, 37, 613-623.
- Honjo, S. and S. J. Manganini (1993): Annual biogenic fluxes to the interior of the North Atlantic Ocean; studied at 34° N 21° W and 48° N 21° W. *Deep-Sea Res.*, 40, 587-607
- Jickells, T.D., T.M. Church & W.G. Deuser (1987): A comparison of atmospheric inputs and deep-ocean fluxes for the Sargasso Sea. *Global Biogeochem. Cycles*, 1, 117-130.
- Jickells, T.D., W.G. Deuser and A.H. Knap (1984): The sedimentation rates of trace elements in the Sargasso Sea measured by sediment trap. *Deep-Sea Res.*, 31, 1169-1178.
- Johnson, J., I. Stevens (2000): A fine resolution model of the eastern North Atlantic between the Azores, the Canary Islands and the Gibraltar Strait. *Deep-Sea Res. I*, Vol. 47(5), 875-899.
- Karl, D. M., R. Letelier, D. Hebel, L. Tupas, J. Dore, J. Christian and C. Winn (1995): Ecosystem changes in the North Pacific subtropical gyre attributed to the 1991-1992 El Niño. *Nature*, 373, 230-234.
- Karl, D.M., J. R. Christian, J. E. Dore, D.V. Hebel, R. M. Letelier, L.M. Tupas and C. D. Winn (1996): Seasonal and interannual variability in primary production and particle flux at Station ALOHA. *Deep-Sea Res.* 43, 539-568.
- Karl, D. M. und R. Lukas (1996): The Hawaii Ocean Time-series (HOT) program: Background, rationale and field implementation. *Deep-Sea Research II*, 43, No 2-3, 129-156.
- Käse, R.H. und G. Siedler (1982): Meandering of the subtropical front southeast of the Azores. *Nature*, 300, 245-246.

- Käse, R.H., J.F. Price, P.L. Richardson und W. Zenk (1986): A quasi-synoptic survey of the circulation and water mass distribution within the Canary Basin. *J. Geophys. Res.*, 91(C8), 9739-9748.
- Käse, R.H., W. Zenk, T.B. Sanford, W. Hiller (1985): Currents, Fronts and Eddy Fluxes in the Canary Basin. *Prog. Oceanogr.* Vol. 14, pp. 231-257
- Klein, B. und G. Siedler (1989): On the origin of the Azores Current. *J. Geophys. Res.*, 94, 6159-6168.
- Kolber, Z. S., R. T. Barber, K. H. Coale, S. E. Fitzwater, R. M. Greene, K. S. Johnson, S. Lindley and P. G. Falkowski (1994): Iron limitation of phytoplankton photosynthesis in the equatorial Pacific Ocean. *Nature*, 371, 145-149.
- Kostianoy, A.G. and A.G. Zatsepin. 1996. The West African coastal upwelling filaments and cross-frontal water exchange conditioned by them. *Journal of Marine Systems* 7: 349-359.
- Kremling, K. and C.Pohl (1989): Studies on the spatial and seasonal variability of dissolved cadmium, copper and nickel in north-east Atlantic surface waters. *Mar. Chem.*, 27, 43-60.
- Kremling, K. and P.Streu (1993): Saharan dust influenced trace element fluxes in deep North Atlantic subtropical waters. *Deep-Sea Res.*, 40, 1155-1168
- Le Traon, P.Y. und P. De Mey (1994): The eddy field associated with the Azores front east of the Mid-Atlantic Ridge as observed by the Geosat altimeter. *Journal Geophys. Res.*, 99, 9907-9923.
- Lohrenz S.E, G. A. Knauer, V.L. Asper, M.Tuel, A. F. Michaels and A. H. Knap (1992): Seasonal and interannual variability in primary production and particle flux in the northwestern Sargasso Sea. *Deep-Sea Res.* 39, 1373-1391.
- Martin, J.H., R.M.Gordon and S.E.Fitzwater (1991): The case for iron. *Limnol. Oceanogr.*, 36, 1793-1802.
- Masuzawa, T., S.Noriki, T.Kurosaki, S.Tsunogai and M.Koyama (1989): Compositional change of settling particles with water depth in the Japan Sea. *Mar. Chem.*, 27, 61-78.
- McGillicuddy, D. J., A. R. Robinson, D. A. Siegel, H. W. Jannasch, R. Johnson, T. D. Dickey, J. Mc Neil, A. F. Mmichaels and A. H. Knap (1998). Influence of mesoscale eddies on new production in the Sargasso Sea. *Nature* 394, 263-266.h
- Michaels, A. F., N. R. Bates, K. O. Buesseler, C. A. Carlson and A. H. Knap (1994): Carbon cycle imbalances in the Sargasso Sea. *Nature*, 372, 537-540.
- Michaels, A. F., und A. H. Knap (1996): Overview of the U.S. JGOFS Bermuda Atlantic Time-series Study and the Hydrostation S Program. *Deep-Sea Research II*, 43, No 2-3, 157-198.
- Mittelstaedt, E. (1982): Large-scale circulation along the coast of Northwest Africa. *Rapp P.-v. Reun. Cons. int. Expor. Mer*, 180, 50-57.
- Mittelstaedt, E. (1983): The upwelling area off Northwest Africa - A description of phenomena related to coastal upwelling. *Prog. Oceanogr.*, 12,
- Mittelstaedt, E. (1989): The subsurface circulation along the Moroccan slope. In: *Coastal and Estuarine Studies. Poleward Flows Along Eastern Ocean Boundaries*. S.J. Neshyba et al. (Eds.), Springer Verlag, 96-108.
- Mittelstaedt, E. (1991): The ocean boundary along the northwest African coast: Circulation and oceanographic properties at the sea surface. *Prog. Oceanogr.*, 26, 307-355.
- Mittelstaedt, E. und I.Hamann (1981): The Coastal Circulation Off Mauretania. *Dt. Hydrogr. Z.*, 34, 81-118.
- Morel, F.M.M., R.J.M.Hudson and N.M.Price (1991) Limitation of productivity by trace metals in the sea. *Limnol.Oceanogr.*, 36, 1742-1755.
- Müller, T.J. und G. Siedler (1992): Multi-year current time series in the North Atlantic Ocean. *J. Mar. Res.*, 50, 63-98 .
- Neshyba, S.J., C.N.K. Mooers, R.L. Smith und R.T. Barber (eds.) (1989): *Coastal and Estuarine Studies* 34, Poleward flows along eastern ocean boundaries, Springer-Verlag, 96-109.
- Newton, P. P., R. S. Lampitt, T. D. Jickells, P. King and C. Boutle (1994): Temporal and spatial variability of biogenic particle fluxes during the JGOFS northeast Atlantic process studies at 47 N, 20 W. *Deep-Sea Res.*, 41, 1617-1642.
- Neuer, S, V. Ratmeyer, R. Davenport, G. Fischer and G. Wefer (1997): Deep water particle flux in the Canary Islands region: Seasonal trends in relation to long-term satellite derived pigment data and lateral sources. *Deep-Sea Res.* 44, 1451-1466.
- Nykjaer L. und Schrimpf W.. (1995): Remote sensing and numerical modelling of sea surface temperature distribution during coastal upwelling. *Remote Sensing Review*, 12, 1-2., 41-53.
- Nykjaer, L. und L. Van Camp (1994): Seasonal and interannual variability of coastal upwelling along northwest Africa and Portugal from 1981 to 1991. *J. Geophys. Res.*, 99, 14197-14207.
- Nykjaer, L. (1988): Remote sensing applied to the NW African upwelling area. Ph.D. Thesis, University of Copenhagen, Denmark, pp 144.
- Nykjaer, L., R.Refk und P.M.Schlittenhardt (1986): Remote sensing of the north west African upwelling area. Assessment of Coastal Zone Color Scanner images for fishery purposes. Commission of the European Communities. Ispra Establishment, pp 53.

- Pacheco, M. and A. Hernández-Guerra. 1999. Seasonal variability of recurrent phytoplankton pigment patterns in the Canary Islands area. *International Journal of Remote Sensing* (in press).
- Pelegri, J.L., P. Sangra und A. Hernández-Guerra (1995): Heat gain in the eastern North Atlantic subtropical gyre. In "Mathematical models for the Climate and Environment", ed. J.I. Diaz, NATO ASI Series, Springer-Verlag (in press).
- Ratmeyer, V. and G. Wefer (1996): A high resolution camera system (ParCa) for imaging particles in the ocean: system design and results from profiles and a 3 month deployment. *J. Mar. Res.* 54, 1-16.
- Saunders, P.M. (1982): Circulation in the eastern North Atlantic. *J. Marine Res.*, 40, 641-657.
- Sherrell, R.M. and E.A.Boyle (1992) The trace metal composition of suspended particles in the oceanic water column near Bermuda. *Earth Planet. Sci. Letts.*, 111, 155-174.
- Siegel, D. A. and W.G. Deuser (1997): Trajectories of sinking particles in the Sargasso Sea: modelling of statistical funnels above deep-ocean sediment traps. *Deep-Sea Res.* 44, 1519-1541.
- Siedler, G. and R. Onken 1996. Eastern Recirculation. In: *The Warmwatersphere of the North Atlantic Ocean*. W. Krauss (ed.): 339-364. Gebrueder Borntraeger, Berlin, Stuttgart
- Siedler, G. und M. Finke (1993): Long-period transport changes in the Eastern North Atlantic and their simulation by propagating waves. *J. Geophys. Res.*, 98, No. C2, pp. 2393-2406.
- Siedler, G. und U. Paul (1991): Barotropic and baroclinic tidal currents in the eastern basins of the North Atlantic. *J. Geophys. Res.*, 96, C12.
- Siedler, G., A. Kuhl und W. Zenk (1987): The Madeira Mode Water. *J. Phys. Oceanogr.*, 17(10), 1561-1570.
- Siedler, G., W. Zenk und W.J. Emery (1985): Strong-current events related to a subtropical front in the Northeast Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, 15, 885-897.
- Spall, M. (1990): Circulation in the Canary Basin: A model/data analysis. *J. Geophys. Res.*, 95, 9611-9628.
- Stramma, L. (1984): Geostrophic transport in the Warm Water Sphere of the eastern subtropical North Atlantic. *J. Mar. Res.*, 42, 537-558.
- Stramma, L. und G. Siedler (1988): Seasonal changes in the North Atlantic subtropical gyre. *J. Geophys. Res.*, 93, 8111-8118.
- Stramma, L. und H.J. Isemer (1988): Seasonal variability of meridional temperature fluxes in the eastern North Atlantic Ocean. *J. Mar. Res.*, 46, 281-299.
- Stramma, L. und T.J. Müller (1989): Some observations of the Azores Current and the North Equatorial Current. *J. Geophys. Res.*, 94, 3181-3186.
- Thiele, G., Roether, W., Schlosser, P. und R. Kuntz (1986): Baroclinic flow and transient-tracer fields in the Canary-Cape Verde Basin. *J. Phys. Oceanogr.*, 16, 814-826.
- Tokmakian, R.T. und P.G. Challenor (1993): Observations in the Canary Basin and the Azores Frontal region using Geosat data. *J. Geophys. Res.*, 98, 4761-4773.
- Tomczak, M. und P. Hughes (1980): Three Dimensional Variability of Water Masses and Currents in the Canary Current Upwelling Region. "Meteor"-Forsch.-Ergebn., A, 21, 1-24.
- Van Camp, L., L. Nykjaer, E. Mittelstaedt und P. Schlittenhardt (1991): Upwelling and boundary circulation off Northwest Africa as depicted by infrared and visible satellite observations. *Prog. Oceanogr.*, 26, 357-402.
- Wefer, G. and G. Fischer (1993): Seasonal patterns of vertical particle flux in equatorial and coastal upwelling areas of the eastern Atlantic. *Deep-Sea Res.*, 40, 1613-1645.
- Whitfield, M. and D.R. Turner (1987) The role of particles in regulating the composition of sea-water. In: W. Stumm (ed.) *Aquatic Surface Chemistry*, Wiley-Interscience, pp. 457-493.
- Wild, K.A. und E. Navarro-Perez (1994): Observations of mesoscale oceanic features in the vicinity of the Canary Islands. *Annales Geophysicae*, Vol 12, Suppl.II, C271.