

BERICHTE
aus dem
INSTITUT FÜR MEERESKUNDE
an der
CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT · KIEL

DOI 10.3289/IFM-BER-258

Nr. 258
1994

Sonderforschungsbereich 133
Warmwassersphäre des Atlantiks
- Eine Dokumentation -

von
W. Krauß



Kopien dieser Arbeit können bezogen werden:
Institut für Meereskunde an der Universität Kiel
Abt. Theoretische Ozeanographie
Düsternbrooker Weg 20
24105 Kiel, F.R.G.

ISSN 0341 - 8561 -

Inhalt

Vorwort

	Seite
1. Ausgangslage	1
1.1 Die bisherigen Arbeitsgebiete der Forschungsgruppen	1
1.2 Die Infrastruktur	2
1.3 Die Warmwassersphäre des Atlantiks	2
2. Kenntnisstand über die Warmwassersphäre des Atlantiks 1980 und Zielsetzung des SFB 133	4
2.1 Das großräumige Strömungssystem im Nordatlantik	4
2.2 Der meridionale Wärmetransport	7
2.3 Wechselwirkungen Ozean-Atmosphäre	9
2.4 Die ozeanische Deckschicht	11
2.5 Die Rolle des Atlantiks im Klimasystem	13
3. Förderung 1980 - 1994	15
3.1 Fördersummen der DFG	15
3.2 Verbesserung der Infrastruktur	17
3.3 Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses	18
3.4 Wissenschaftlertausch	19

4.	Ausgewählte Ergebnisse	29
4.1	Das Nordatlantische Strömungssystem - Messungen und Datenanalyse	29
4.2	Das Noratlantische Strömungssystem - Modellrechnungen	36
4.3	Wirbelfelder	42
4.4	Die meteorologischen Felder an der Meeresoberfläche	47
4.5	Der meridionale Wärmetransport	52
4.6	Ausbreitung des Mittelmeerwassers und Meddies	54
4.7	Thermohaline Zirkulation	56
4.8	Schlußbemerkung zu Abschnitt 4	59
5.	Expeditionen des SFB	60
6.	Publikationen von Mitarbeitern auf dem Arbeitsgebiet des SFB	64
6.1	Bücher	64
6.2	Veröffentlichungen in rezensierten Zeitschriften	65
6.3	Habilitationsschriften	92
6.4	Doktorarbeiten	93
6.5	Diplomarbeiten	96
6.6	Berichte	105
7.	Struktur des SFB	118
7.1	Teilprojekte	118
7.2	Wissenschaftliche Mitarbeiter	122
7.3	SFB-Seminare	126
8.	Danksagung	126
9.	Literatur	129

Vorwort

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat den Sonderforschungsbereich 133 "Warmwassersphäre des Atlantiks" 15 Jahre lang mit insgesamt 43,1 Millionen DM gefördert. Sie hat damit einen bedeutsamen Betrag für die Erforschung des Atlantischen Ozeans bereitgestellt.

Beiträge zur Physik des Ozeans werden fast ausschließlich in internationalen Zeitschriften veröffentlicht. Der SFB 133 folgt deshalb der Empfehlung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, statt eines Abschlußberichtes seiner eigenen Arbeiten, eine Zusammenfassung des gegenwärtigen Wissens über die Zirkulation im Nordatlantik - unter deutlicher Einbeziehung seiner eigenen Beiträge - in Englisch herauszugeben.

Eine solche Veröffentlichung ist naturgemäß fachspezifisch und nur einem relativ kleinen Kreis zugänglich. Um die Forschungsergebnisse auch einer weiteren Öffentlichkeit zu erschließen, werden hier einige Probleme und Ergebnisse allgemein verständlich dargestellt und in Zusammenhang mit der scheinbar formalen Dokumentation des SFB gebracht, in der sich jedoch die aktive Arbeit des SFB widerspiegelt.

1. Ausgangslage

Der Sonderforschungsbereich "Warmwassersphäre des Atlantiks" begann seine Arbeit am 1.7.1980. Dies setzte die Zusammenführung mehrerer Arbeitsgruppen auf ein Schwerpunktthema voraus.

1.1 Die bisherigen Arbeitsgebiete der Forschungsgruppen

Die physikalischen Arbeitsgruppen des Instituts für Meereskunde (IfM) waren vor der Gründung des SFB unterschiedlich stark auf den Atlantik konzentriert. In den Jahren 1975 - 1979 standen insbesondere die großen internationalen Expeditionen zur Wechselwirkung Ozean-Atmosphäre im Vordergrund, z.B. GATE (GARP Atlantic Tropical Experiment, 1974) im tropischen Atlantik, JASIN (Joint Air-Sea Interaction Project, 1978) im Nordostatlantik. Die Auswertung dieser Forschungsfahrten dauerte auch in den ersten Jahren des SFB an; andererseits konnten die Erfahrungen aus diesen Arbeiten und die Ergebnisse unmittelbar in den SFB eingebracht werden.

Andere Gruppen, insbesondere hinsichtlich der numerischen Modellierung, waren fast vollständig auf die Ostsee konzentriert. Grund hierfür war vor allem die im Vergleich zu den USA mangelhafte Rechenkapazität auf Großrechnern.

Allen Gruppen war gemeinsam, sowohl den beobachtenden als auch den theoretischen, daß Prozeßstudien, z.B. zur ozeanischen Deckschicht, über interne Wellen usw., im Mittelpunkt der Arbeiten standen. Der SFB stellte demgegenüber die großräumige Zirkulation und deren Auswirkung auf den meridionalen Wärmetransport ins Zentrum seiner Untersuchungen.

1.2 Die Infrastruktur

Für die messenden Arbeitsgruppen war einerseits mit "Meteor" und dem zugehörigen Gerätepark eine gute Basis vorhanden, andererseits bedeutete die Hinwendung zu großräumigen Vermessungen, insbesondere der Einsatz von geschleppten Geräten über lange Zeiten, keine hinreichende Auslastung eines multidisziplinär angelegten Forschungsschiffes. Hier war zusätzliche Schiffskapazität auf einem kleineren Forschungsschiff erforderlich, das von einer Disziplin über mehrere Wochen allein genutzt werden kann. Für Modellrechnungen stand in Kiel - wie an den meisten europäischen Instituten - keine hinreichende Rechenkapazität zur Verfügung. Das Rechenzentrum des IfM besaß eine PDP11, die Universität Kiel ein PDP10-Cluster. Hinreichend umfangreiche Rechnungen am RZN Hannover (CYBER 76) scheiterten an den hierfür erforderlichen Rechenkosten. Der Ausbau der Rechenkapazität in Kiel wurde deshalb zu einem zentralen (und Jahre dauernden) Anliegen des SFB.

1.3 Die Warmwassersphäre des Atlantiks

Als Warmwassersphäre des Ozeans bezeichnet man die oberen Schichten des Ozeans mit Temperaturen von mehr als 8° - 10°C . Sie ist im Blockdiagramm der Abb. 1 rot dargestellt. Im Südatlantik erstreckt sie sich bis ca. 50°S , im Ostteil des Nordatlantiks jedoch bis 65°N , im Sommer sogar bis Nordnorwegen (70°N). Ähnlich asymmetrisch ist auch ihre Mächtigkeit. Während sie im Südatlantik bis ca. 500 m Tiefe reicht, ist sie im Nordatlantik fast 800 m tief.

Die Warmwassersphäre stellt das größte Wärmereservoir dar, von dem das Klima der Erde entscheidend geprägt wird. Wegen der ca. 3100mal größeren Wärmekapazität von Wasser enthalten die obersten 3 m des Ozeans dieselbe Wärmemenge wie die gesamte Atmosphäre darüber.

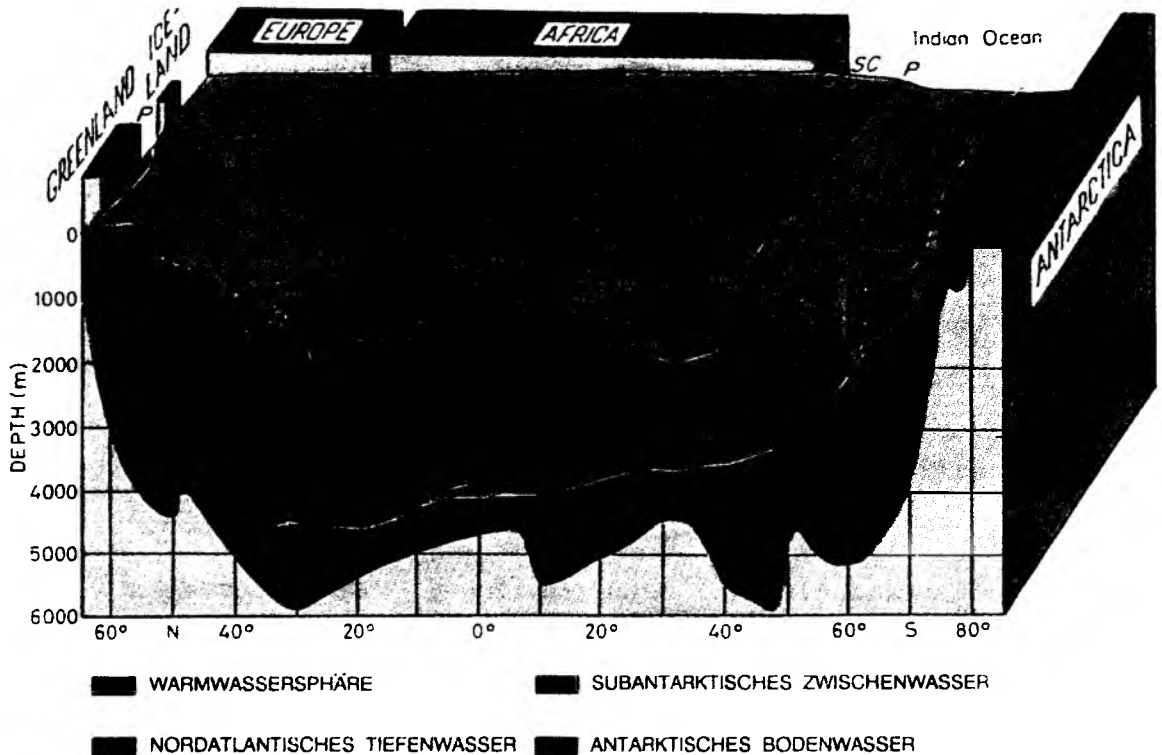


Abb. 1: Schematisches Blockdiagramm der Zirkulation im Atlantischen Ozean (nach Wüst) mit Warmwassersphäre (rot), Nordatlantischem Tiefenwasser (hellblau), Antarktischem Zwischenwasser (grün) und Antarktischem Bodenwasser (dunkelblau). Die Polarfront P ist die polwärtige Begrenzung der Warmwassersphäre: SC = Subtropische Konvergenz. Isolinien sind Linien gleichen Salzgehaltes (Defant, 1961). Die Strömungspfeile deuten die Zirkulation an: Kaltes (schweres) Antarktisches Bodenwasser sinkt am Rande der Antarktis bis zum Boden und breitet sich nordwärts aus. Nordatlantisches Tiefenwasser wird in der Labradorsee, der Irmingersee und im Europäischen Nordmeer gebildet und sichtet sich über das Antarktische Bodenwasser. In der Warmwassersphäre wird warmes salzreiches Wasser in die Bildungsregion nachgeführt. Unter die Warmwassersphäre schiebt sich aus dem Antarktischen Wasserring das salzarme Antarktische Zwischenwasser.

Für das Klima Mittel- und Nordeuropas ist die Ausdehnung der Warmwassersphäre nach Norden von entscheidender Bedeutung. Der gesamte nördliche Nordatlantik ist an der Meeresoberfläche mehrere Grad wärmer als es der geographischen Breite entspricht. Zwischen Island und Schottland erreicht diese Anomalie mehr als 9°C.

Durch Verdunstung und Wärmeleitung gibt die Warmwassersphäre Wärme an die Atmosphäre ab. Die vorherrschend westlichen Winde heizen auf diese Weise Nord- und Mitteleuropa.

Die Ausdehnung der Warmwassersphäre nach Norden ist eng mit dem Strömungssystem verknüpft. Ohne meridionale Meeresströmungen würde sich die Warmwassersphäre nur bis ca. 25°N erstrecken, d.h. bis in die Subtropen. Die Wärmebilanz durch Ein- und Ausstrahlung, Verdunstung und Wärmeleitung ist nördlich davon negativ; der Ozean würde sich dort dauernd abkühlen. Der Analyse des Strömungssystems und dessen Ursachen kommt daher eine zentrale Bedeutung für die Interpretation der Prozesse der Warmwassersphäre zu.

2. Kenntnisstand über die Warmwassersphäre des Atlantiks 1980 und Zielsetzung des SFB 133

Nachstehend werden einige zentrale Probleme skizziert, die sich für den SFB stellen.

2.1 Das großräumige Strömungssystem im Nordatlantik

Das Strömungssystem der Warmwassersphäre des Nordatlantiks ist in Abb. 1 durch den subtropischen Wirbel zwischen Äquator und 50°N gekennzeichnet, an dessen Westrand der Golfstrom warmes Wasser aus den Subtropen nach Norden transportiert. Dieser Strom setzt sich in Abb. 1 als Nordatlantischer Strom bis nach Nordeuropa und Island fort.

Der Golfstrom ist eine über viele Jahrzehnte hinweg intensiv untersuchte Meeresströmung. Durch die Straße von Florida fließen im Mittel ca. 30 Mio. m^3/s warmen Wassers aus den Subtropen, die bis ca. 60 Mio. m^3/s bei Kap Hatteras (Position 2 in Abb. 2) anschwellen und weiter nordöstlich 100 - 150 Mio. m^3/s erreichen.

Die Bahn des Golfstroms läßt sich anfangs relativ leicht in Satellitenbildern erkennen, weil der Strom unterschiedliche Wassermassen - salzreiches und warmes von salzärmeren und kälteren - in einer scharfen Front trennt (Abb. 2). Nach der Separation vom Schelfrand, nordöstlich von Kap Hatteras, beginnt der Strom stark zu mäandrieren, Ringe und Wirbel lösen sich ab und werden zur dominanten Erscheinung. Südlich von Neufundland verliert sich der Strom meist im Wirbelfeld (Abb. 2). Über dessen weiteren Verlauf im Nordatlantik setzte in den 70iger Jahren die Kontroverse ein. Auf der einen Seite stand das klassische Strömungsschema nach Dietrich (Abb. 3), das sich auf Beobachtungen vieler Jahrzehnte, insbesondere auf die vom "Internationalen Polarfront Programm 1957/8" stützte. Es zeigt den Transport des warmen Wassers in zahlreichen Stromzweigen nach Nordosten. Dem stand das Schema von Worthington gegenüber (Abb. 4), das den Nordatlantischen Strom als selbständigen nördlichen Wirbel interpretierte. Ein zentrales Anliegen des SFB 133 war, durch Messungen und Modellrechnungen zu klären, wie die Strömungen im nördlichen und östlichen Nordatlantik verlaufen und welche Rolle die Wirbelfelder spielen, die nicht nur im Golfstrombereich, sondern überall im nördlichen Nordatlantik das Strömungsfeld dominieren.

Während Modellrechnungen den gesamten Nordatlantik umfassen müssen, sollten die Beobachtungen mit Forschungsschiffen den eigentlichen Golfstrom nicht mit einbeziehen. Dies wäre aus logistischen Gründen unzumutbar gewesen; darüber hinaus konzentrierten sich mehrere US-Institute auf diese Region.



Abb. 2: Oberflächentemperatur nach Infrarotmessungen vom Satelliten aus im Golfstrombereich: Floridastrom (1), Ablösung des Golfstromes vom Schelf bei Kap Hatteras (2), warmer (3) und (4) kalter Golfstromring. Die Temperaturen nehmen von rot über gelb, grün, blau und violett ab.

2.2 Der meridionale Wärmetransport

Bereits seit der Auswertung der berühmten "Meteor"-Reise 1925/27 in den Südatlantik war bekannt (s. Abb. 1), daß sehr warmes Wasser aus dem Agulhasstrom an der Südspitze Afrikas aus dem Indischen Ozean in den Südatlantik gelangt, am Nordrand des Subtropenwirbels äquatorwärts fließt und vor der brasilianischen Küste den Äquator zur Nordhemisphäre überquert. Der Nordatlantik importiert somit warmes Wasser aus der Südhemisphäre (heute als "Conveyer-Belt" bezeichnet). Im nördlichen Nordatlantik - nachdem es einen Großteil seiner Wärme an die Atmosphäre abgegeben hat - sinkt das vom Golfstrom und dem anschließenden Strömungssystem nordwärts transportierte abgekühlte Wasser aufgrund seiner Schwere (hoher Salzgehalt) in die Tiefe und strömt als Nordatlantisches Tiefenwasser wieder zur Südhalbkugel zurück, wo es bis in den Pazifik gelangt. Diese thermohaline Meridionalzirkulation ist mit einem meridionalen Wärmetransport verbunden, d.h. die Gesamtwärme, die in der dünnen Warmwassersphäre mit relativ hoher Geschwindigkeit nach Norden transportiert wird, überwiegt die Wärmemenge, die vom relativ kalten, langsam nach Süden zurückfließenden Tiefenwasser transportiert wird. Dies gilt auch im Südatlantik, d.h. dort erfolgt, integriert über die gesamte Wassertiefe, ein Wärmetransport zum Äquator. Eine genaue Abschätzung dieser Wärmemengen ist schwierig, weil sie detaillierte Kenntnisse über das Geschwindigkeitsfeld voraussetzt. Abschätzungen ergaben, daß zur Aufrechterhaltung der Temperaturverteilung im Nordatlantik ein Wärmetransport von ca. $0.7 \cdot 10^{15}$ Watt bei 40°N erforderlich ist. Rechnungen für den Südatlantik führten zu einem äquatorwärts gerichteten Wärmetransport von $0.8 \cdot 10^{15}$ Watt bei 30°S . Trotz dieser Schätzwerte galt die Wärmebilanz des Ozeans um 1980 als die am wenigsten bekannte Komponente in der globalen Wärmebilanz. Dies insbesondere, weil der Wärmetransport einen starken Jahresgang aufweist (Abb. 5). Im SFB 133 wurde deshalb einer besseren Bestimmung der meridionalen Wärmetransporte und deren Jahresgang für den gesamten Nordatlantik hohe Bedeutung beigemessen.

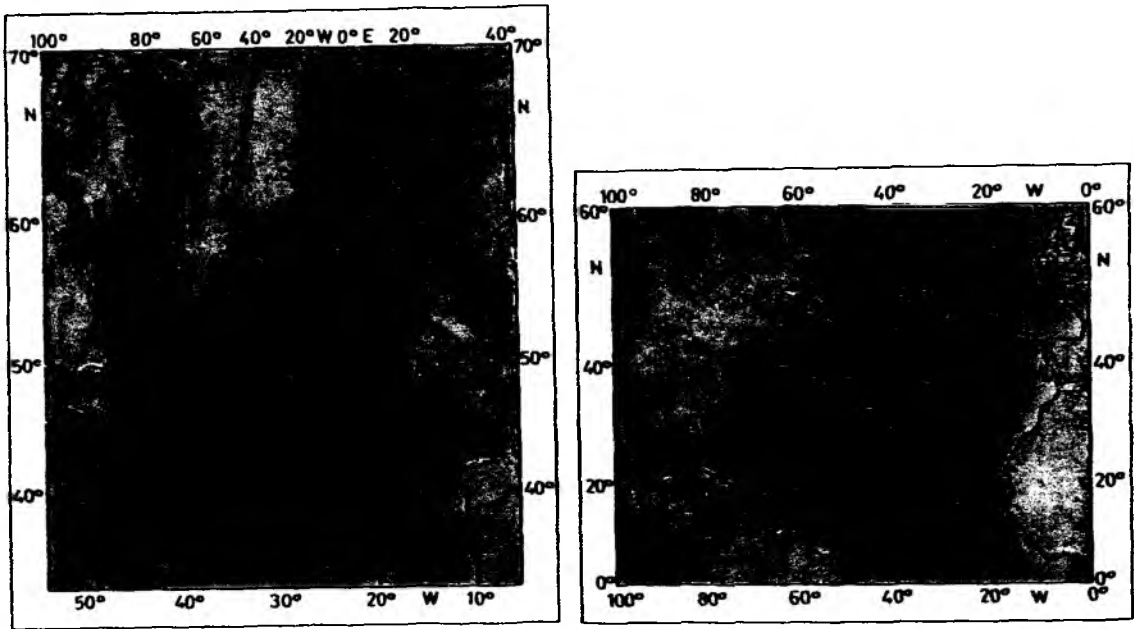


Abb. 3: Schema des Wassertransportes in Mio. m^3/s in der Schicht 0 – 1000 m im nördlichem Atlantik (oben links). G = Golfstrom, Ir = Irmingerstrom, La = Labradorstrom, Ng = Norwegischer Strom, Nk = Nordkapstrom, Ni = Nordislandstrom, Og = Ostgrönlandstrom, Oi = Ostislandstrom, Po = Portugalstrom, Sb = Spitzbergenstrom, Wg = Westgrönlandstrom, - - - - Mittelatlantischer Rücken (Dietrich et al, 1975).

Abb. 4: Worthington's Strömungsschema für den westlichen Nordatlantik in den oberen 2000 m (oben rechts). Jede Stromlinie repräsentiert 10 Mio. m^3/s (Worthington, 1962).

Im Gegensatz zum herkömmlichen Schema (Abb. 3) wäre der Einfluß des Golfstromes auf den westlichen Atlantik beschränkt. Der separate Wirbel des Nordatlantischen Stromes würde vorwiegend aus kälterem Wasser gespeist. Das milde Klima in Europa ist damit nicht erklärbar.

2.3 Wechselwirkungen Ozean-Atmosphäre

Eine Möglichkeit der Bestimmung des Wärmetransportes liegt in der Ermittlung der Wärme- und Strahlungsflüsse an der Meeresoberfläche. Deren horizontale Divergenz entspricht dem Wärmetransport. Diese Flüsse stellen darüber hinaus eine wichtige Randbedingung für numerische Modellrechnungen dar.

Die Bestimmung der Impuls-, Wärme- und Frischwasserflüsse (Niederschlag und Verdunstung) an der Meeresoberfläche ist relativ ungenau, weil die meisten hierfür erforderlichen Daten (Windgeschwindigkeit, Bewölkung usw.) auf Schätzungen oder Messungen von Handels- und Kriegsschiffen beruhen, die natürlicherweise mit gewissen Fehlern behaftet sind. Hinzu kommt, daß sich zahlreiche Meßmethoden im Laufe der Zeit geändert haben und sich z.T. auch von Schiff zu Schiff unterscheiden. So wird z.B. die Wassertemperatur an der "Meeresoberfläche" von den meisten Schiffen am Seewassereinlauf des Maschinenraumes gemessen, der sich je nach Schiffstyp zwischen 2 m und 10 m Tiefe befindet. Auch genaue Windmessungen sind heute noch die Ausnahme auf Handelsschiffen. In den meisten Fällen wird die Windgeschwindigkeit anhand des auftretenden Seegangs geschätzt und dann in eine Beaufort Äquivalentskala umgerechnet. Am unsichersten sind die Schätzungen des Niederschlags auf See. Zwischen Wetterschiffen und Handelsschiffen wurden Unterschiede von ca. 50% bezüglich der Regenhäufigkeit gefunden. Eine weitere Unsicherheit liegt in der sogenannten Parametrisierung, d.h. der Festlegung der funktionalen Abhängigkeit der Oberflächenflüsse von den gemessenen Größen Wind, Bewölkung usw. Verschiedene Autoren sind hier zu unterschiedlichen Resultaten gelangt (Abb. 6). Abweichungen ergeben sich auch zwischen in situ-Messungen und Satellitenmessungen. Die konsistente Einbeziehung von Satellitendaten stellt ein großes Problem dar.

Der SFB hatte sich zum Ziel gesetzt, möglichst zu verbesserten Kenntnissen der Flüsse an der Meeresoberfläche zu gelangen.



Abb. 5: Jahresgang des meridionalen Wärmetransportes im Ozean, berechnet als Restterm aus Satellitenmessungen und meteorologischen Beobachtungen (oben links). Einheiten 10^{15} Watt. Transport nach Norden rot, nach Süden blau (Oort & van der Haar, 1976).

Abb. 7: Temperaturverteilung (oben rechts) in den oberen 100 m nach Wetterschiffbeobachtungen in 50° N (Dietrich et al, 1975).

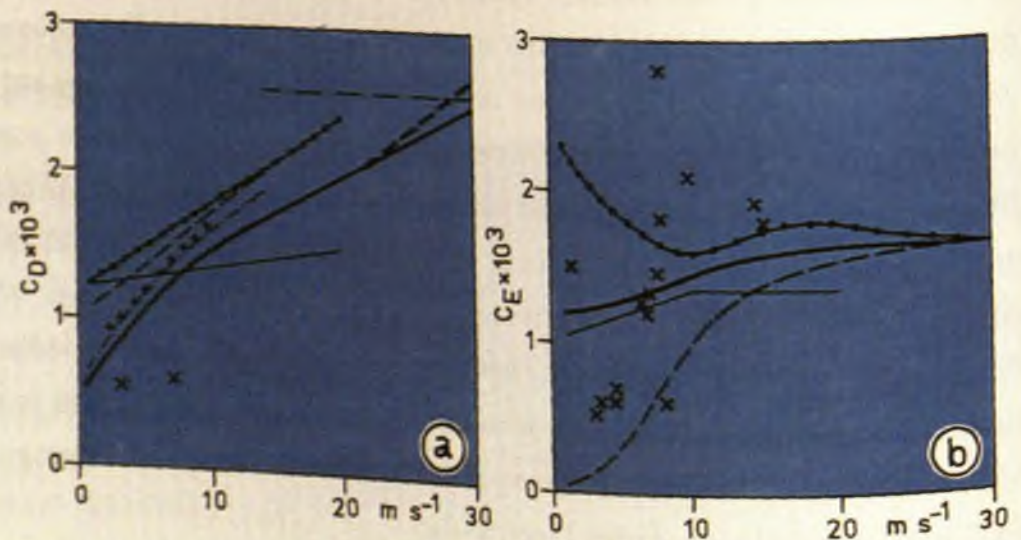


Abb. 6: Unsicherheit der Parametrisierung: (a) Widerstandsbeiwert der Schubspannung des Windes und (b) Transportkoeffizient für Wasserdampf als Funktion der Windgeschwindigkeit (Bunker, 1976).

2.4 Die ozeanische Deckschicht

Wie in Abschnitt 1.3 ausgeführt, setzt sich die lokale Wärmebilanz im Meer - läßt man den horizontalen Wärmetransport durch Meeresströmungen einmal unberücksichtigt - vorwiegend aus der Differenz von Ein- und Ausstrahlung sowie dem Verlust durch Wärmeleitung und Verdunstung zusammen. Diese Bilanz ist positiv, d.h. das Meer speichert Wärme, in den Breiten zwischen 20°S und 25°N.

In den mittleren Breiten gewinnt das Meer in den Monaten April bis September zusätzliche Energie durch die sommerliche Einstrahlung. Wind und Seegang vermischen den oberflächennahen Bereich und führen zu einer homogenen Verteilung dieser Wärme auf eine Schicht von 50 bis 100 m Tiefe, die sommerliche Deckschicht. Abb. 7 zeigt mittlere Temperaturprofile als Funktion der Tiefe auf einer Position in 50°N für die Monate März und August. Diese zwischen den Kurven für März und August während des Sommers gespeicherte Wärmemenge wird im Winter durch Abkühlung mit einem Wärmestrom von ca. 100 W pro m² wieder frei. Unabhängig vom meridionalen Wärmetransport liegt darin ein weiteres großes klimarelevantes Wärmereservoir für die mittleren Breiten.

Im sturmreichen Nordatlantik ist die Wärmeabgabe an die Atmosphäre so groß, daß die durchmischte Deckschicht zum Ende des Winters (März) bis weit über 500 m hinabreicht (Abb. 8).

Der SFB hatte sich zum Ziel gesetzt, Entstehung und Auflösung der Deckschicht intensiv zu untersuchen. Dies erfolgte auf zahlreichen Forschungsfahrten mit "Poseidon". Dabei wurden neueste Technologien eingesetzt (Schlepp-Sonden, akustische Strommesser vom fahrenden Schiff), die natürlicherweise "Kinderkrankheiten" hatten. Durch Wegberufung konnten diese Arbeiten leider nicht im geplanten Sinne zum Abschluß gebracht werden.



Abb. 8: Tiefe der durchmischten Deckschicht im Nordatlantik im Spätwinter nach Robinson et al (Woods, 1984). Die Zahlen geben die Deckschichttiefe in Metern an.

2.5 Die Rolle des Atlantiks im Klimasystem

Um den Wärmetransport vom Südatlantik in den Nordatlantik verstehen zu können, muß man den Atlantik im Kontext mit dem gesamten Weltmeer sehen. Alle Ozeane stehen über den antarktischen Zirkumpolarstrom miteinander in Verbindung. Abb. 9 zeigt eine Abschätzung der Wärme- und Frischwassertransporte für das Weltmeer (in der Ozeanographie verwendet man statt des Salztransportes den äquivalenten, entgegengerichteten Frischwassertransport).

Bezeichnet man einen Wärmetransport vom Äquator zum Pol und einen Frischwassertransport von den niederschlagsreichen hohen Breiten zu den niederen Breiten als Normalfall - wie im Nordatlantik - zeigen die verschiedenen Ozeane folgende Abnormitäten:

- der *Südatlantik* ist abnorm bezüglich seines Wärmetransportes zum Äquator, was damit begründet werden kann, daß der Nordatlantik durch seinen hohen Wärmeverlust in den hohen Breiten einen zusätzlichen Wärmeimport aus dem Südatlantik erfordert
- der *Indische Ozean* nördlich des Äquators verhält sich abnorm sowohl bezüglich des Wärme- als auch des Frischwassertransportes. Durch seine Begrenzung in den mittleren Breiten erfordert die starke Verdunstung einen Frischwassertransport nach Norden; die hohe Wärmezufuhr durch Strahlung in den niederen Breiten verlangt einen Abtransport der Wärme zum Äquator
- der *Südpazifik* besitzt einen abnormen Frischwassertransport polwärts wegen der extrem hohen Niederschläge in den Tropen.

Ein stationäres Klima auf der Erde ist nur möglich, wenn ein Ausgleich der Transporte über den Zirkumpolarstrom erfolgt. Die thermohaline Zirkulation, die diese Transporte von Wärme- und Frischwasser bewirkt, wird angetrieben von den Wärme- und Frischwasserflüssen (Niederschlag-Verdunstung) an der

Meeresoberfläche. Seit den 60iger Jahren war bekannt, daß geringfügige Abänderungen dieser Oberflächenflüsse zu einem Umkippen der Zirkulation führen können. So bedingt z.B. verstärkter Niederschlag in den hohen Breiten eine Verringerung der Dichte in Oberflächennähe, damit eine Stabilisierung der Schichtung, wodurch jegliches Absinken des Wassers im Norden verhindert werden kann. Die Folge ist ein Zusammenbruch der thermohalinen Zirkulation, also z.B. eine Unterbindung des meridionalen Wärmetransportes im Atlantik, was enorme Auswirkungen auf das Klima Europas hätte. Numerische Modellrechnungen zu diesem Problemkreis haben einen breiten Raum im SFB 133 eingenommen, seit hinreichende Rechenkapazität zur Verfügung stand.

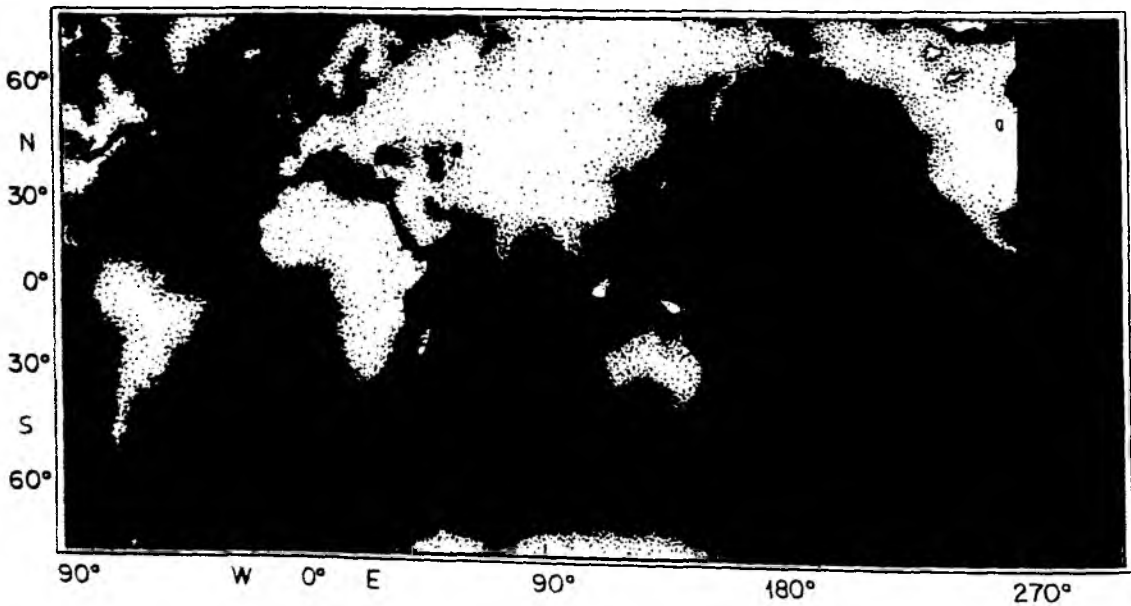


Abb. 9: Meridionale Wärmefflüsse H (10^{13} W) und Frischwasserflüsse F (10^3 m^3/s) im Weltmeer (Stommel, 1980).

3. Förderung 1980 – 1994

3.1 Fördersummen der DFG

Die Förderung des SFB 133 begann im Juli 1980 und endet im Dezember 1994. In diesem Zeitraum wurden von der DFG 43,1 Mio DM bereitgestellt. Hinzu kommen aus der Grundausrüstung der Institute geschätzte 80,1 Mio DM. Unberücksichtigt sind Betriebs- und Sondermittel im Rahmen der "Meteor"-Fahrten.

Die zeitliche Entwicklung der Förderung geht aus Abb. 10 hervor. Abgesehen von der hohen Anfangsförderung und der Reduktion in der Auslaufphase lagen die Bewilligungssummen bei ca. 2,9 Mio DM jährlich. Der Verlauf der Kurve wird im einzelnen aus Abb. 11 deutlich:

Die Anfangsphase war durch hohe Investitionen gekennzeichnet, wozu insbesondere der Ausbau des Forschungsschiffes "Poseidon" zu einem hochseetüchtigen Schiff mit 2,6 Mio DM beitrug. In den Jahren 1983/1984 führten zahlreiche Forschungsfahrten mit der erforderlichen Gerätebeschaffung und Ersatzbeschaffung zu verstärkten Investitionen. Die Feldprogramme wurden 1990 weitgehend abgeschlossen und die Investitionen beendet.

Der personelle Aufbau des SFB war 1983 abgeschlossen und hielt sich in den folgenden Jahren nahezu auf gleichem Niveau.

Die Verbrauchsmittel lagen bis 1990 – ebenfalls verbunden mit den Meßprogrammen – zwischen 0,7 und 1 Mio DM. Mit dem Ende der Seefahrten, in der abschließenden Auswertephase, wurden sie entsprechend reduziert.

In Kombination mit der Grundausrüstung des IfM haben die Zusatzmittel des SFB eine sehr fruchtbare Zusammenarbeit zwischen den Teilprojekten ermöglicht.

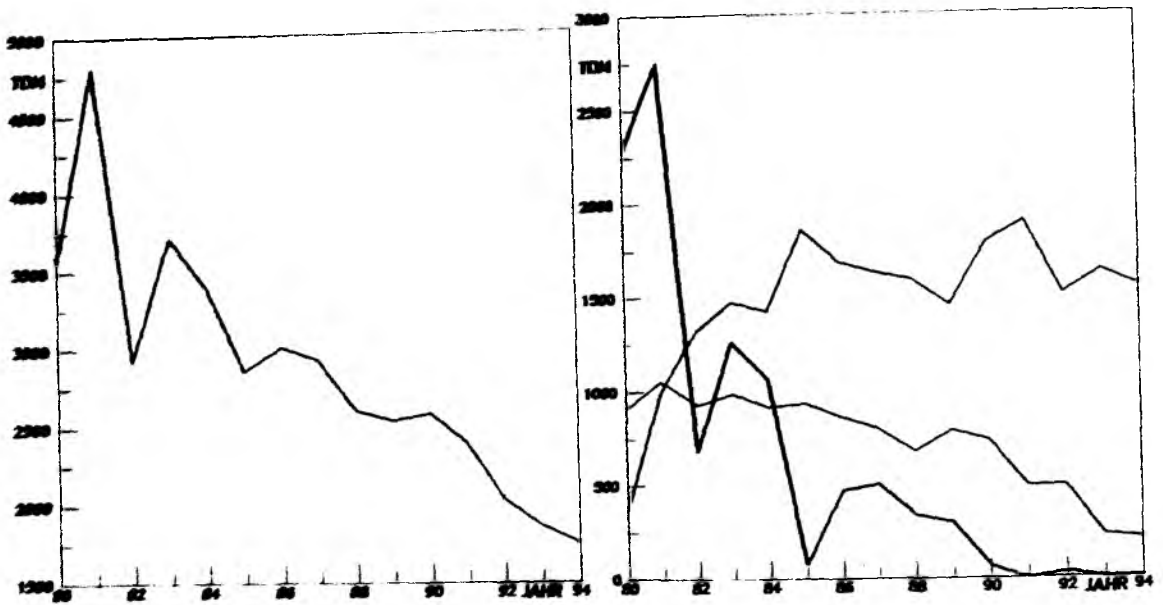


Abb. 10 und 11: Förderung des SFB 133, 1980 – 1994: Personal (rot), Sachmittel (grün) und Investitionen (blau).

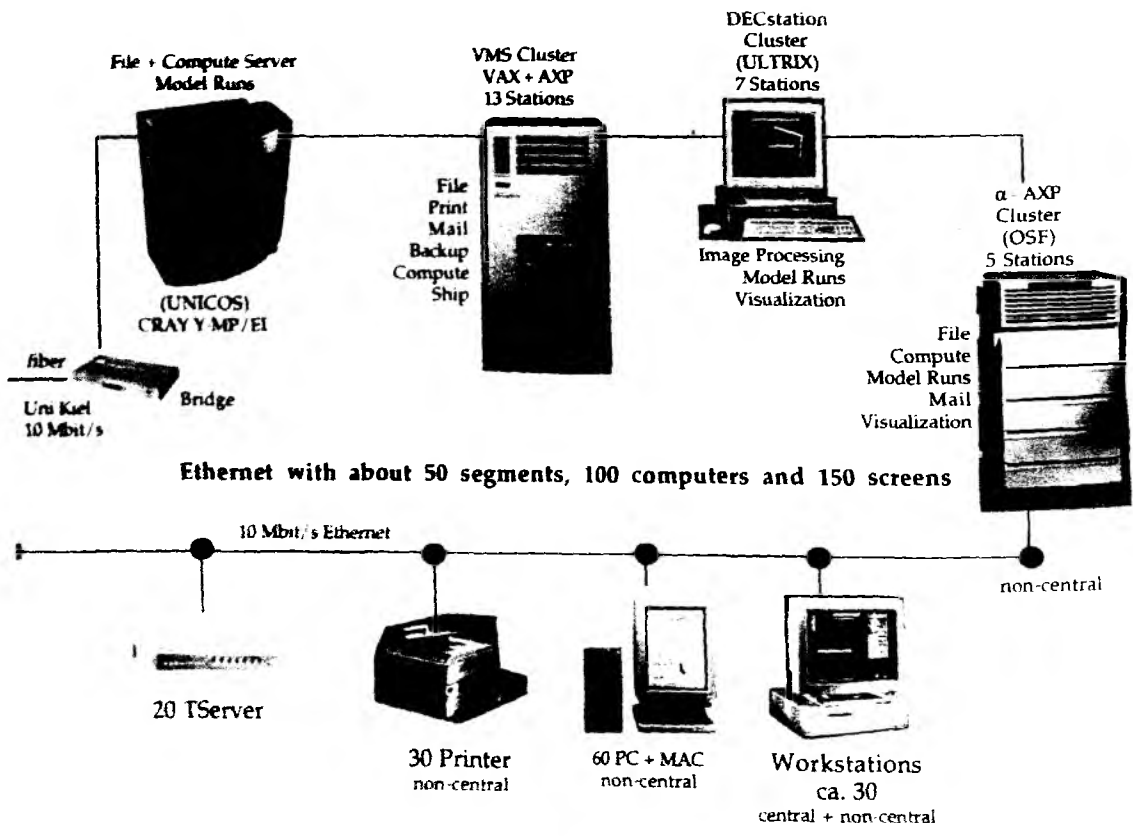


Abb.12: Rechenanlagen des Instituts für Meereskunde

3.2 Verbesserung der Infrastruktur

Für die erfolgreiche Durchführung des Forschungsprogrammes des SFB waren Verbesserungen in der Infrastruktur in folgenden Bereichen erforderlich:

- Erhöhung der Schiffskapazität durch den Ausbau der "Poseidon"
- Verbesserung der Rechnerkapazität für Modellrechnungen
- Aufbau der Bildverarbeitung für Satellitendaten.

Dieser Ausbau der Infrastruktur erfolgte durch Land und Bund – und soweit SFB-spezifisch – mit starker Unterstützung der DFG.

Das *Forschungsschiff "Poseidon"*, für die europäischen Schelfmeere konzipiert, wurde zur Erweiterung der durch "Meteor" gegebenen Schiffskapazität für den Hochseebereich umgerüstet. Die DFG investierte hierfür 2,6 Mio DM. Das Schiff hat sich im Nordatlantik unter allen Wetterbedingungen hervorragend bewährt.

Das *Rechenzentrum* der Universität Kiel war 1980 mit einer PDP10 ausgerüstet, womit zeitgemäße Modellrechnungen für den Nordatlantik nicht realisierbar waren. Durch Bereitstellung von Rechnerkapazität am RZN Hannover und später durch den Norddeutschen Vektorrechner Verbund am ZIB in Berlin, konnte die Problematik zwar gemildert, jedoch nicht beseitigt werden. Erst durch die Beschaffung der CRAY X-MP/216 im Rahmen des HFBG im Jahre 1987 wurden Modellrechnungen möglich, die den SFB international in die Spitzengruppe der Modellierung führten. Ohne den SFB 133 wäre dieser Ausbau der Rechenkapazität in Kiel schwerlich möglich gewesen. Im Jahre 1993 standen für den SFB (und für Modellrechnungen verwandter Förderprogramme) ca. 35% der verfügbaren CPU-Zeit des Rechenzentrums der Universität Kiel (CRAY Y-MP/M92 (2), CRAY Y-MP/EL (4)), und je ca. 10% am ZIB Berlin (CRAY X-MP (2), CRAY Y-MP/2E (2)), am RZN Hannover (Siemens S400/40 (2)) und DKRZ Hamburg (CRAY-2S (4), CRAY Y-MP/4E (3)) zur Verfügung.

Am Rechenzentrum des IfM war zunächst der Aufbau einer Satellitenbildverarbeitung notwendig. Dem folgte ein zügiger Ausbau des Rechenzentrums aus der Grundausrüstung zur heutigen Konfiguration (Abb. 12).

Dem Ausbau dieser Infrastruktur wurde besondere Bedeutung beigemessen, weil moderne Meeresforschung auf die drei technischen Hilfsmittel – Forschungsschiffe, Satelliten und Rechner – besonders angewiesen ist. Hochleistungsrechner nehmen heute eine zentrale Rolle ein und erzeugen wesentliche synergetische Effekte im Zusammenspiel zwischen Beobachtung und Theorie. Ein Modellexperiment im Nordatlantik mit etwa 6 Millionen Gitterpunkten (Auflösung $1/6^\circ$) kostet pro 5 Jahre Modellsimulation etwa 2500 CRAY X-MP CPU-Stunden. Selbst auf den verfügbaren Rechnern erstrecken sich die realen Rechenzeiten hier über ein ganzes Jahr.

3.3 Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses

Mit Themen des SFB haben zwischen 1981 und 1994 insgesamt 5 Habilitationen stattgefunden (s. Abschnitt 6.3).

Besondere Bedeutung erhielt die Promotionsmöglichkeit im SFB. Von den Personalmitteln des SFB entfielen ca. 25% auf BAT IIa/2 – Stellen, wodurch im Durchschnitt 13 Doktoranden beschäftigt werden konnten. Sie haben wesentlich zu den Ergebnissen beigetragen. 35 Dissertationen wurden bis 1994 fertiggestellt bzw. befinden sich im Abschluß (s. Abschnitt 6.4).

Für studentische Hilfskräfte standen ca. 11% der Personalmittel zur Verfügung. Damit konnten durchschnittlich 190 Studentenverträge für die Dauer je eines Monats abgeschlossen werden. Bei ca. 50 Studenten der Fächer Ozeanographie und Meteorologie im 5. – 10. Semester bedeutet dies, daß potentiell jeder Student der höheren Semester 4 Monate im Jahr auf seinem Fachgebiet gegen Bezahlung arbeiten konnte. Dies war eine wesentliche Voraussetzung für die Durchführung von Forschungsfahrten, Datenaufbereitung und Modellanalyse. Gleichzeitig

erhielten diese Studenten bereits in einer frühen Phase Einblicke in reale Forschungstätigkeit. 99 Diplomarbeiten (s. Abschnitt 6.5) sind ein Nebenprodukt dieser Förderung.

3.4 Wissenschaftlertausch

Dem SFB standen, neben den Reisemitteln zur Durchführung der Expeditionen, jährlich ca. 60 – 80 TDM an Reisemitteln zur Verfügung. Hierdurch konnten intensive Kontakte zu ausländischen, insbesondere US-Instituten, gepflegt werden. 80 – 90 TDM pro Jahr für Gastforscher erlaubten allen Teilprojekten des SFB, ausländische Wissenschaftler für Kurzbesuche oder längere Aufenthalte nach Kiel einzuladen. Einen Überblick über die Gastforscher, die sich mindestens 5 Tage im SFB aufgehalten haben, gibt Tabelle 3.1.

Tabelle 3.1: *Gastforscher im SFB mit Aufenthalt von mindestens 5 Tagen*

13.08.1980 - 06.09.1980	Dr. J. Sarmiento Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Princeton University, USA
15.09.1980 - 05.10.1980	R. C. Pacanowski Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Princeton University, USA
01.06.1981 - 30.06.1981	Prof. Dr. R. Bleck Department of Meteorology and Oceanography, University of Miami, USA
01.07.1981 - 31.12.1982	Dr. J. Price Department of Oceanography, University of Hawaii, USA
05.07.1981 - 02.08.1981	Dr. T. B. Sanford Applied Physics Laboratory, University of Washington, Seattle, USA
01.07.1981 - 31.08.1981	Prof. Dr. F. Schott Department of Meteorology and Oceanography University of Miami, USA
28.09.1981 - 10.10.1981	Prof. Dr. N. P. Fofonoff Woods Hole Oceanographic Institution Woods Hole, MA, USA
26.09.1981 - 04.10.1981	Dr. J. Lazier Bedford Institute of Oceanography Dartmouth, N.S., Kanada
09.11.1981 - 31.12.1981	Dr. D.B. Haidvogel Woods Hole Oceanographic Institution Woods Hole, MA., USA
01.01.1982 - 31.08.1983	Dr. J. M. Price Department of Oceanography University of Hawaii, USA
16.10.1982 - 31.10.1982	Dr. T. B. Sanford University of Washington Seattle, WA., USA

- 01.07.1983 - 31.08.1983 Prof. Dr. F. Schott
University of Miami
Institute of Atmospheric and Oceanographic Sciences
Miami, FLA., USA
- 26.08.1983 - 07.09.1983 Prof. Dr. L. Magaard
University of Hawaii
Department of Oceanography
Honolulu, Hawaii, USA
- 01.09.1983 - 15.10.1983 Prof. Dr. P. Welander
Department of Oceanography
University of Washington
Seattle, WA., USA
- 16.05.1983 - 21.05.1983 Prof. Dr. L. A. Mysak
z. Zt. Eidgenössische Technische Hochschule
Zürich, Schweiz
- 13.05.1984 - 19.05.1984 Dr. P. Killworth
University of Cambridge
Cambridge, England
- 20.06.1984 - 31.08.1984 Prof. Dr. F. Schott
University of Miami
Institute of Marine and Atmospheric Sciences
Miami, FLA., USA
- 16.07.1984 - 15.08.1984 Prof. Dr. R. Bleck
University of Miami
Institute of Marine and Atmospheric Sciences
Miami, FLA., USA
- 01.08.1984 - 15.09.1984 Dr. D. Anderson
University of Oxford
Department of Atmospheric Physics
Oxford, England
- 01.07.1984 - 15.08.1984 Dr. R. J. Brush
University of Dundee
Department of Electronics and Electrical Engineering
Dundee, Schottland
- 13.09.1984 - 19.09.1984 Prof. Dr. H. A. Panofsky
Department of Meteorology
Pennsylvania State University, USA

- 20.08.1984 - 07.10.1984 Prof. Dr. P. Welander
University of Washington
Department of Oceanography
Seattle, WA., USA
- 05.11.1984 - 09.11.1984 Dr. J. Lazier
Bedford Institute of Oceanography
Dartmouth, Kanada
- 01.01.1985 - 30.04.1985 Prof. Dr. W. J. Emery
University of British Columbia
Vancouver, Kanada
- 23.06.1985 - 29.06.1985 Dr. M. Arhan
IFREMER, Centre de Brest
Brest, Frankreich
- 23.06.1985 - 27.06.1985 Dr. P. Gaspar
Institut d'Astronomie
et de Geophysiques
Louvain-La-Neuve, Belgium
- 24.06.1985 - 28.06.1985 Dr. J. Harvey
University of East Anglia
School of Environmental Sciences
Norwich, U.K.
- 19.08.1985 - 30.09.1985 Prof. Dr. P. Welander
Department of Oceanography
University of Washington
Seattle, U.S.A.
- 09.09.1985 - 30.09.1985 Prof. Dr. R. Bleck
University of Miami
RSMAS, Miami, USA
- 16.09.1985 - 27.09.1985 Prof. Dr. L. Magaard
University of Hawaii
Department of Oceanography
Honolulu, Hawaii, USA
- 09.11.1985 - 13.11.1985 Dr. E. Barton
University College of North Wales
Dept. of Physical Oceanography
Anglesey, U.K.
- 15.12.1985 - 18.12.1985 Dr. E. C. Monahan
Department of Oceanography
University College, Galway, Irland

- 01.04.1986 - 30.09.1986 Dr. M. Arhan
IFREMER, Centre de Brest, Frankreich
- 16.04.1986 - 20.04.1986 Dr. T. McDougall
CSIRO, Marine Laboratories
Devison of Oceanography
Hobart, Australia
- 01.05.1986 - 18.07.1986 Prof. Dr. R. Bleck
University of Miami
RSMAS, Miami, USA
- 04.06.1986 - 20.06.1986 Prof. Dr. L. Armi
Scripps Institute of Oceanography
University of California, San Diego, USA
- 15.08.1986 - 12.10.1986 Prof. Dr. P. Welander
Department of Oceanography
University of Washington
Seattle, USA
- 15.12.1986 - 19.12.1986 Prof. Dr. J. D. Woods
Natural Environment Research Council
Swindon, U.K.
- 01.04.1987 - 31.05.1987 Dr. C. Maillard
Antenne ORSTOM-COB
Brest, Frankreich
- 15.05.1987 - 22.05.1987 Dr. D. Seidov
Akademie der Wissenschaften der UDSSR,
Moskau, UDSSR
- 21.05.1987 - 26.05.1987 Prof. Dr. F. Schott
University of Miami
Institute of Atmospheric and Oceanographic Science
Miami, USA
- 02.07.1987 - 11.07.1987 Prof. Dr. L. Magaard
University of Hawaii at Manoa
Department of Oceanography
Honolulu, Hawaii, USA
- 15.08.1987 - 15.09.1987 Dr. R. Zantopp
University of Miami
Institute of Atmospheric and Oceanographic Science
Miami, USA

- 01.10.1987 - 26.10.1987 Prof. Dr. P. Welander
Department of Oceanography
University of Washington
Seattle, USA
- 29.04.1988 - 07.05.1988 Prof. Dr. T. Rossby
Graduate School of Oceanography
University of Rhode Island
Kingston, USA
- 08.05.1988 - 12.05.1988 Prof. Dr. L. Armi
Scripps Institute of Oceanography
University of California
La Jolla, USA
- 31.10.1988 - 11.11.1988 Dr. J. Swallow
Universität Plymouth, U.K.
- 14.11.1988 - 15.01.1989 Dr. U. Send
Scripps Institution of Oceanography
La Jolla, USA
- 18.11.1988 - 05.12.1988 Dr. K. Striggow
Institut für Meereskunde der AdW
Rostock
- 01.04.1989 - 30.04.1989 Dr. L. Washburn
Ocean Physics Group, University of California
Los Angeles, USA
- 01.04.1989 - 30.06.1989 Prof. Dr. A. Blackadar
Pennsylvania State University, USA
- 01.04.1989 - 12.05.1989 Prof. Dr. D. Vincent
Purdue University
West Lafayette, USA
- 28.04.1989 - 06.05.1989 Prof. Dr. J. O'Brien
Florida State University, Department of Meteorology
USA
- 12.05.1989 - 23.05.1989 Prof. Dr. K. Leaman
RSMAS, University of Miami, USA
- 25.05.1989 - 11.06.1989 Prof. Dr. L. Magaard
University of Hawaii at Manoa
Department of Oceanography
Honolulu, Hawaii, USA

- 05.06.1989 - 30.06.1989 D. Bitterman
NOAA, University of Miami, USA
- 19.06.1989 - 24.06.1989 Dr. W. Fennel
Institut für Meereskunde, Rostock-Warnemünde
- 02.07.1989 - 17.07.1989 Dr. R. Molinary
NOAA, Atlantic Oceanographic Laboratories
Miami, Florida, USA
- 13.09.1989 - 28.09.1989 Dr. F. Dobson
Bedford Institute of Oceanography
Dartmouth, Canada
- 10.10.1989 - 14.10.1989 Prof. Dr. A. Mascarenhas jr.
Universidade de Sao Paulo
Instituto Oceanographico
Sao Paulo, Brasilia
- 19.03.1990 - 06.04.1990 Prof. Dr. A. Aitsam
09.12.1990 - 21.12.1990 Institute of Thermophysics and Electrophysics
Academy of Sciences of the Estonian SSR
Tallinn, Estonian SSR
- 25.06.1990 - 01.07.1990 Prof. Dr. L. Magaard
University of Hawaii at Manoa
Department of Oceanography
Honolulu, Hawaii, USA
- 22.02.1990 - 09.03.1990 J. Fontain
University of Rhode Island
Kingston, Rhode Island, USA
- 12.03.1990 - 30.03.1990 Dr. J. Elken
Department of the Baltic Sea Academy of Sciences
Tallinn, Estonian SSR
- 27.04.1990 - 01.05.1990 Prof. Dr. T. B. Sanford
Applied Physics Laboratory, University of
Washington, Seattle, USA
- 17.06.1990 - 28.06.1990 Dr. Rui Xin Huang
Woods Hole Oceanographic Institution
Woods Hole, USA
- 11.11.1990 - 14.12.1990 Prof. Dr. M. Tomczak
Universität Sidney, Australien

- 03.07.1990 - 07.07.1990 Prof. Dr. A. L. Gordon
Lamont-Doherty Geological Observatory
of Columbia University, USA
- 03.03.1991 - 17.03.1991 Dr. S. Gulev
State Oceanography Institute
Moskau, UdSSR
- 07.04.1991 - 31.12.1991 Dr. S. Fokin
Leningrad Hydrometeorological Institute
Leningrad, UdSSR
- 28.09.1991 - 18.10.1991 Dr. E. Campos
Instituto Oceanográfico
Univ. de Sao Paulo, Brasilien
- 17.11.1991 - 21.11.1991 Prof. Dr. L. Magaard
University of Hawaii at Manoa
Department of Oceanography
Honolulu, Hawaii, USA
- 17.02.1992 - 03.04.1992 Dr. G. Shapiro
Institut für Ozeanographie
Akademie der WEissenschaften
Moskau, Rußland
- 20.03.1992 - 25.03.1992 Prof. Dr. K. Wyrtki
University of Hawaii at Manoa
Department of Oceanography
Honolulu, USA
- 19.03.1992 - 29.03.1992 Prof. Dr. L. Magaard
University of Hawaii at Manoa
Department of Oceanography
Honolulu, Hawaii, USA
- 02.06.1992 - 30.09.1992 Prof. Dr. H. T. Rossby
Graduate School of Oceanography
University of Rhode Island
Narragansett, USA
- 01.06.1992 - 31.07.1992 Prof. Dr. D. Haidvogel
Institute of Marine and Coastal Sciences
Rutgers University
New Brunswick NJ, USA
- 12.09.1992 - 16.09.1992 Dr. Keith Haines
University of Edinburgh
Schottland

- 15.12.1992--20.12.1992 Prof. Dr. J. Marshall
Massachusetts Institute of Technology
Department of Meteorology and Physical
Oceanography
Cambridge, MA, USA
- 03.01.1993 - 08.01.1993 Prof. Dr. A. Robinson
Harvard University
Cambridge, USA
- 02.09.1993 - 30.09.1993 Dr. W. J. Schmitz
Woods Hole Oceanographic Institution
Woods Hole, MA, USA
- 16.05.1993 - 28.05.1993 Prof. Dr. W. J. Emery
University of Colorado
Boulder, USA
- 28.06.1993 - 03.07.1993 Dr. M. McCartney
Woods Hole Oceanographic Institution
Woods Hole, USA
- 26.06.1993 - 03.07.1993 Dr. W. Johns
RSMAS/MPO
University of Miami
Miami, USA
- 29.06.1993 - 03.07.1993 F. Bub
University of New Hampshire
Physical Oceanography Department
Durham, New-Hampshire, USA
- 08.02.1994 - 13.02.1994 Dr. R. Pawlowicz
Woods Hole Institution
Woods Hole, USA
- 13.04.1994 - 24.04.1994 Prof. Dr. P. Rhines
University of Washington
Dept. of Oceanography
Seattle, USA
- 23.05.1994 - 29.05.1994 Prof. Dr. P. Takahashi
University of Hawaii at Manoa
Department of Oceanography
Honolulu, Hawaii, USA

- 28.06.1994 - 25.06.1994 Prof. Dr. T. Dickey
University of Southern California
Ocean Physics Group
Los Angeles, USA
- 15.06.1994 - 14.07.1994 Dr. J. Marotzke
Dept. of Earth & Planetary Sciences, M.I.T.
Cambridge, MA, USA
- 27.06.1994 - 26.07.1994 Dr. Chr. Kummerow
Goddard Space Flight Center NASA
Greenbelt, Maryland, USA
- 01.09.1994 - 30.11.1994 Prof. Dr. P. Rhines
University of Washington
Dept. of Oceanography
Seattle, USA

4. Ausgewählte Ergebnisse

Wie im Vorwort ausgeführt, wird der SFB seine Forschungsergebnisse im Kontext der internationalen Forschungsergebnisse als Buch in Englisch darstellen. Um auch der breiteren deutschen Öffentlichkeit einen kleinen Einblick zu ermöglichen, werden nachfolgend einige Resultate ausgewählt.

4.1 Das Nordatlantische Strömungssystem - Messungen und Datenanalyse

Basierend auf dem Levitus-Datensatz (Temperatur und Salzgehalt gemittelt für 1° -Felder) wurden mit einem Inversverfahren die horizontalen und vertikalen Geschwindigkeitsfelder für den Nordatlantik ermittelt. Aufgrund der horizontalen Glättung in diesem Datensatz erscheinen auch die resultierenden Strömungen in einer stark geglätteten Form, enthalten jedoch alle Informationen, die in Jahrzehnten über die Schichtung im Atlantik gesammelt wurden. Abbildung 13 und 14 zeigen das horizontale Strömungsfeld in der Warmwassersphäre (100 m) und darunter (2000 m). Nach Abbildung 13 spaltet sich der Golfstrom südöstlich von Neufundland auf:

- Der Nordatlantische Strom ist eine direkte Fortsetzung des Golfstromes bis in die Irmingersee südwestlich von Island mit einem Zweig südlich von Island zur Faroer-Shetland-Region (seine Fortsetzung ist der warme Norwegische Strom)
- einem breiten Strom, der als Azorenstrom zwischen 30°N und 38°N südlich der Azoren nach Osten setzt und den nach Südwesten fließenden Nordäquatorialstrom speist
- einer Rezirkulation des Golfstromwassers nach Südwesten, wo es wieder in den Golfstrom einbezogen wird.

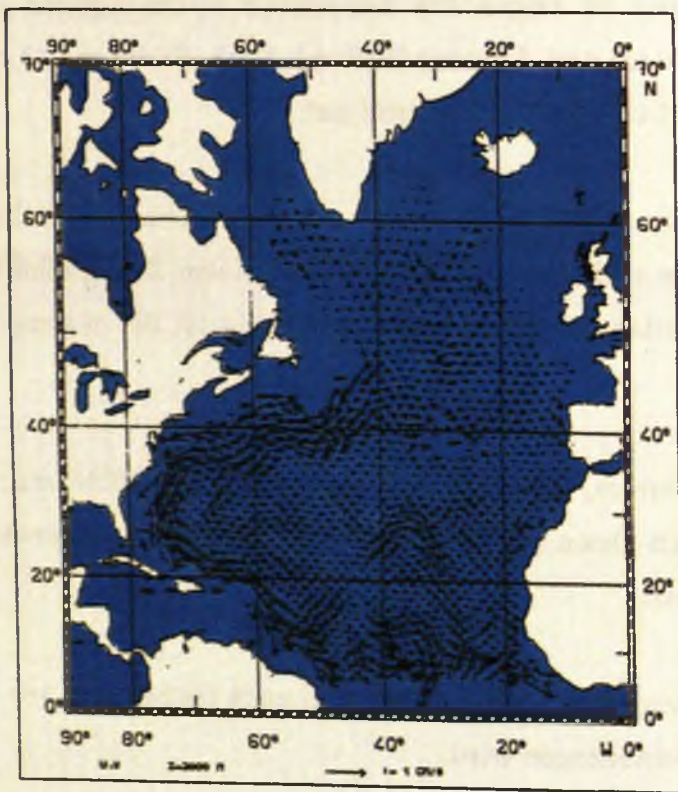
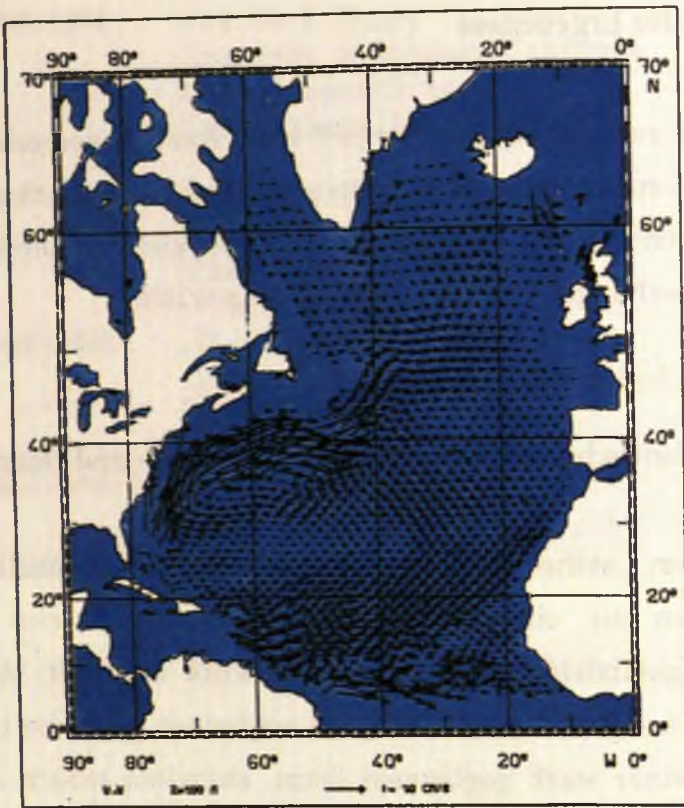


Abb. 13 und 14: Strömungen in 100 m und 2000 m Tiefe (Wenzel, 1986).

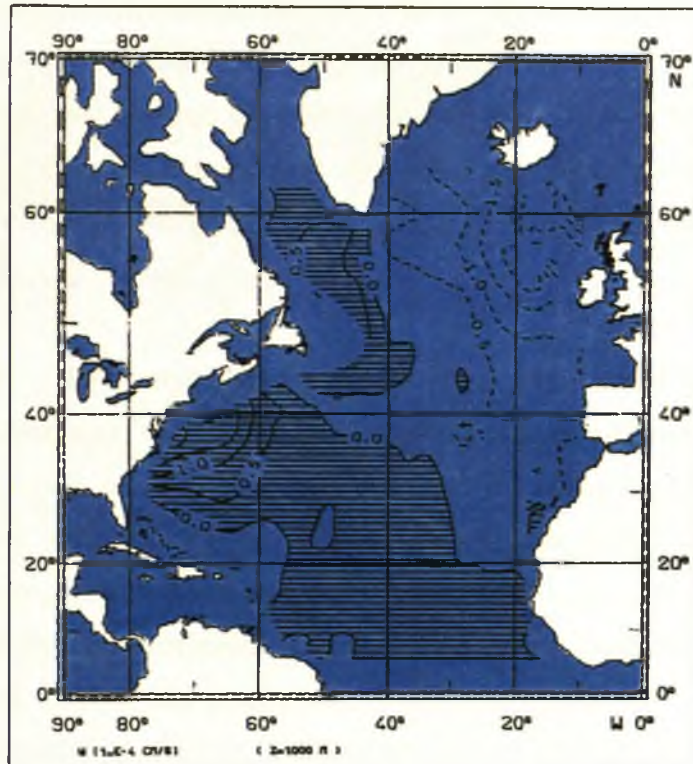


Abb. 15: Vertikalgeschwindigkeiten in 1000 m Tiefe (Wenzel, 1986).

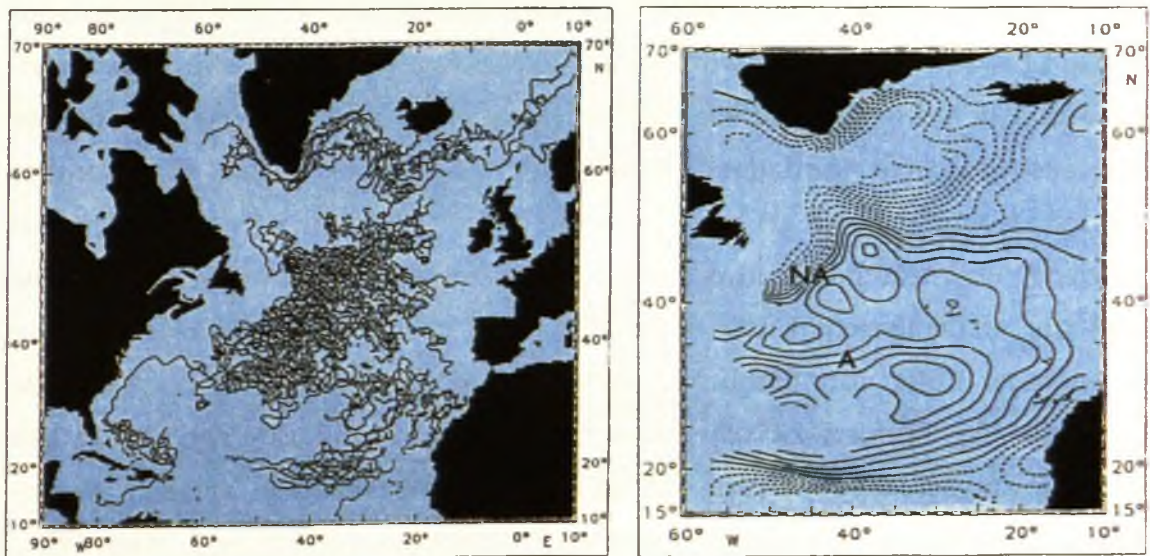


Abb. 16 und 17: Bahnen von Driftbojen im Nordatlantik, 1980 – 1989 (links) und daraus abgeleitete Stromfunktion des mittleren Strömungsfeldes. Linienabstand $5000 \text{ m}^3/\text{s}$.
 NA = Nordatlantischer Strom, A = Azorenstrom (Brügge, 1994).

Das nordwärts transportierte Wasser des Nordatlantischen Stromes sinkt nach Abkühlung im Nordostatlantik ab und verläßt die Warmwassersphäre (Abb. 15); als Nordatlantisches Tiefenwasser strömt es östlich des Mittelatlantischen Rückens zunächst nach Süden (Abb. 14), überquert den Rücken nördlich von 40° und folgt dann als tiefer Randstrom dem amerikanischen Schelf in Richtung Äquator.

Direkte großräumige Strommessungen wurden von 1981 - 1989 mit ca. 200 satellitengeorteten Driftbojen durchgeführt, aus deren Trajektorien (Abb. 16) das mittlere Strömungsfeld in 100 m Tiefe berechnet wurde. Der unruhige Verlauf der Trajektorien zeigt die Dominanz der Wirbelfelder im Strömungssystem. Sehr deutlich wird in Abb. 16 die bereits erwähnte Aufspaltung des Irmingerstromes in einen Zweig, der sich am ostgrönländischen Schelf dem Ostgrönlandstrom nach Südwesten anschließt und einen, der südlich Islands und längs des Faroer-Island-Rückens in das Europäische Nordmeer mündet.

Die aus den Trajektorien resultierende mittlere Strömung ist als Stromfunktion in Abb. 17 dargestellt. Der Nordatlantische Strom trennt den subpolaren Wirbel im Norden vom Subtropenwirbel im Süden und transportiert Wasser aus dem Golfstrombereich in den gesamten nordöstlichen Atlantik. Der Azorenstrom beginnt bei 40°N , 50°W und wird südöstlich der Azoren Teil des Nordäquatorialstromes. Die Auswertung historischer Daten hat ergeben, daß die Abspaltung des Azorenstroms vom Nordatlantischen Strom jahreszeitlich variiert. Im Sommer ist der Strom schmaler als im Winter (Abb. 18). Zahlreiche Expeditionen mit "Meteor" und "Poseidon" in das östliche Rezirkulationsgebiet zwischen Azoren und der afrikanischen Küste sowie die Auswertung historischer Datensätze haben eine Fülle von Einblicken in die detaillierte Strömungsstruktur, die Dynamik der Fronten zwischen den Wassermassen und die Ventilation der Hauptsprungschicht in diesem Gebiet gebracht. Wie auch in anderen Regionen dominieren hier die zeitlich variablen Prozesse das mittlere Feld (Abb. 19).

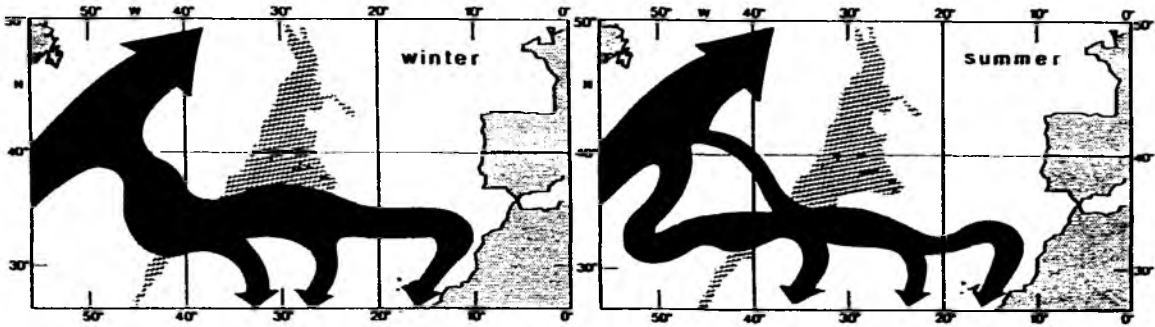


Abb. 18: Schematische Darstellung des Azorenstromes im Winter und Sommer. Schraffiert ist das Gebiet des Mittelatlantischen Rückens (Klein & Siedler, 1989).

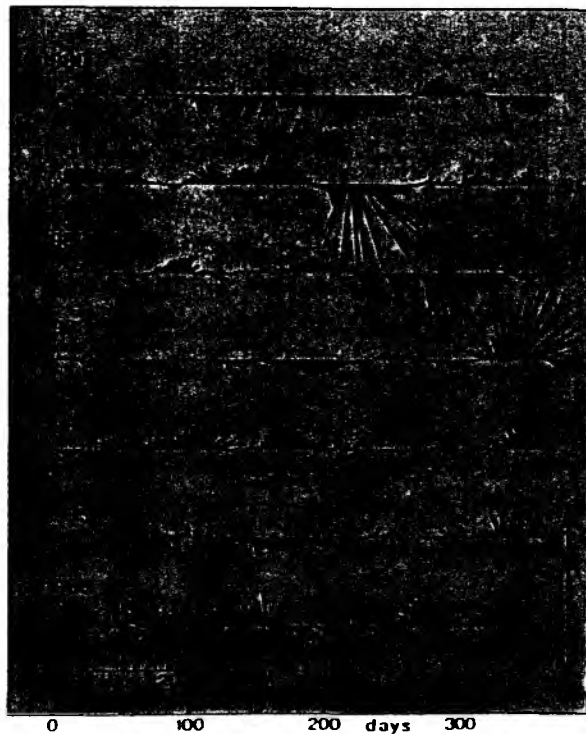


Abb. 19: Siebenjährige Meßreihe von Strömungsvektoren in 1000 m Tiefe auf einer Position im subtropischen Ostatlantik zwischen den Azoren und den Kanarischen Inseln (Zenk & Müller, 1988).

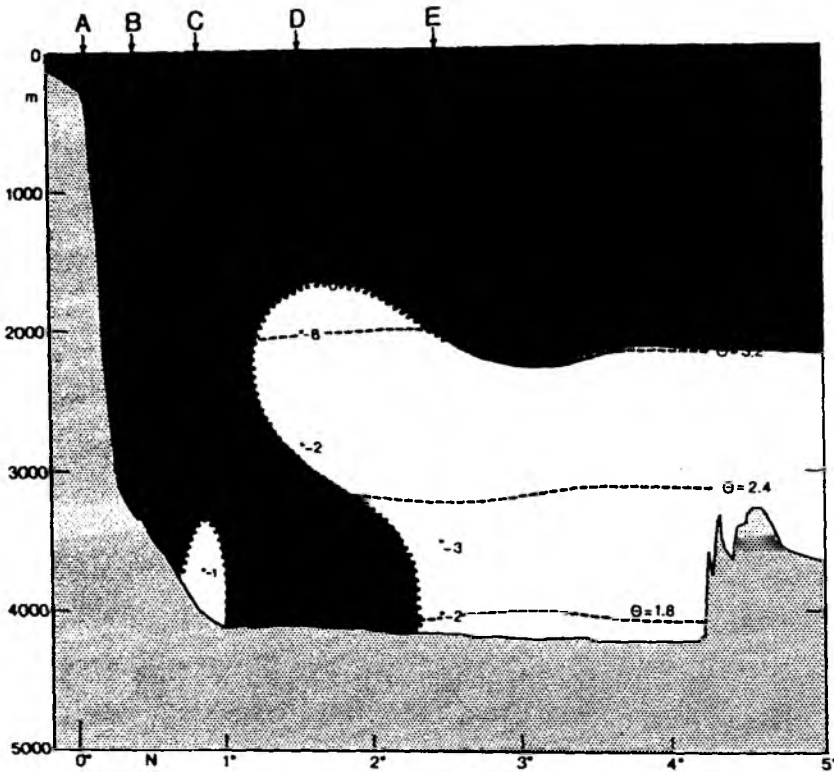


Abb. 20: Mittlere Strömungsverteilung (cm/s) am Äquator vor der südamerikanischen Küste längs 44° W. Strömungskomponente parallel zum Schelf. Negative Werte (rot) sind Strömungen nach Nordwesten, positive Werte (blau) nach Südosten, gestrichelte Linien kennzeichnen Isothermen (Schott et al, 1993).

Charakteristisch für viele Meeresströmungen ist ihre Konzentration auf den Schelfrand (westliche Randströme), wohingegen im Inneren der Ozeane in der Tiefe nur geringe Geschwindigkeiten beobachtet werden. Das Nordatlantische Tiefenwasser (blau) entsteht im nördlichen Nordatlantik und strömt längs des amerikanischen Schelfes nach Süden bis in den Antarktischen Wasserring, wo es weiter in den Indischen und Pazifischen Ozean vordringt (siehe auch Abb. 1).

Die zweite Region intensiver Feldmessungen war das Gebiet zwischen Neufundland, den Azoren und der Polarfront, das vom Nordatlantischen Strom und seinen Wirfeldern beherrscht wird. Im Vergleich zum Azorenstrom (ca. 12 Mio m³/s) transportiert der Nordatlantische Strom 25 - 30 Mio. m³/s nach Osten, fast soviel wie der Floridaström. Ähnlich wie beim Golfstrom dominieren auch beim Nordatlantischen Strom mit wachsender Entfernung von seiner Ursprungsregion Neufundland die Wirbel das Strömungsfeld.

Die dritte Region intensiver Meßprogramme war das äquatoriale Gebiet der westlichen Randströme vor der südamerikanischen Küste, wo in der Warmwassersphäre der Einstrom aus dem Südatlantik in den Nordatlantik und der Rückstrom in der Tiefe erfolgt. Strommessungen in diesem Gebiet (Abb. 20) ergaben in Äquatornähe einen nach Nordwesten, parallel zur Küste setzenden Strom in der oberen 1000 m-Schicht von ca. 30 Mio. m³/s und einen tiefen westlichen Randstrom zum Äquator von ca. 20 Mio. m³/s unterhalb von 1400 m, der aus Nordatlantischem Tiefenwasser besteht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Meßprogramme des SFB und die Auswertung historischer Datensätze mit modernen Methoden das Worthington'sche Zirkulationsschema (Abb. 4) widerlegen und eine Fülle quantitativer Einblicke in das großräumige Strömungsfeld gebracht haben.

(An den Untersuchungen waren die Teilprojekte A3, A4, A9, B3, C1, C6, C8 beteiligt).

4.2 Das Nordatlantische Strömungssystem - Modellrechnungen

Das hydrodynamische Gleichungssystem besteht aus Bilanzgleichungen für Impuls, Wärme und Salzgehalt und verknüpft diese über die Zustandsgleichung mit der Dichte des Meerwassers und dem hydrostatischen Druck. Zusammen mit den Randbedingungen an der Meeresoberfläche, dem Meeresboden und den Küsten gestattet es die zeitliche Entwicklung z.B. der Geschwindigkeits-, Temperatur- und Salzgehaltsverteilung unter dem Einfluß der atmosphärischen Randbedingungen - Wind, Luftdruck, Wärme- und Frischwasserflüsse - zu berechnen. Voraussetzung hierfür ist, daß das Meeresgebiet horizontal mit einem Gitter überzogen und vertikal in zahlreiche Schichten zerlegt wird; das diskretisierte Differentialgleichungssystem wird dann an jedem Gitterpunkt in allen Niveaus gelöst.

Besondere Probleme ergeben sich aus der großen horizontalen Ausdehnung der Ozeane (Atlantik 7000 km breit) und den Skalen der zu beschreibenden Prozesse: der Golfstrom und die Wirbel haben typische Skalen von 100 km. Dies zwingt dazu, die Modelle auf Teilbereiche des Ozeans zu begrenzen, und sie an diesen künstlichen Rändern abzuschließen. Abb. 21 zeigt den Modellbereich der im SFB 133 verwendeten Modelle von 15°S bis 65°N. In sog. Zwangsanpassungszonen an diesen Rändern werden klimatologisch beobachtete Werte von Temperatur und Salzgehalt vorgeschrieben, an die sich das Modell anpaßt. Damit soll der integrale Effekt der Prozesse berücksichtigt werden, den die Vorgänge außerhalb der künstlichen Ränder auf das Modellgebiet haben (z.B. Einstrom von Bodenwasser usw.). Auch der Einstrom von Mittelmeerwasser oder die Eisdecke auf dem Labradorschelf werden künstlich vorgegeben.

Im SFB wurden sowohl grob auflösende Modelle (1°, d.h. 110 km und 30 vertikale Schichten) als auch wirbelauflösende Modelle mit 1/3° (35 km) bzw. 1/6° (ca. 18 km) horizontaler Auflösung und 30 Schichten gerechnet. Dies stellt enorme Anforderungen an Rechen- und Speicherkapazität sowie die anschließende Datenanalyse.

In Abb. 22 ist die im 1° -Modell resultierende mittlere Jahrestemperaturverteilung der 3. Schicht (91 m) den Beobachtungen gegenübergestellt. Man entnimmt, daß grob auflösende Modelle in der Lage sind, die großräumigen mittleren Strukturen weitgehend richtig zu berechnen. Abb. 23a und b zeigen die dazugehörigen Strömungsfelder für 91 m und 2125 m. Innerhalb der Warmwassersphäre (Abb. 23a) erkennt man den westlichen Randstrom, der als Nordbrasilstrom über den Äquator tritt, als Golfstrom von der Karibik bis Neufundland strömt und sich als Nordatlantischer Strom bis in die Irmingersee westlich Islands forsetzt. Auch erkennbar ist der Zweig, der südlich Islands zu den Faroer Inseln und ins Europäische Nordmeer setzt. Das Modell ist jedoch nicht in der Lage, den Azorenstrom zu erzeugen. Gründe dafür sind bisher nicht gefunden worden. Wie auch in den Beobachtungen (Abb. 15) strömt das nordwärts transportierte Wasser nach Abkühlung und Verlassen der Warmwassersphäre in der Tiefe als Nordatlantisches Tiefenwasser wieder zurück und bildet einen westlichen Randstrom, der bis in den Südatlantik reicht (Abb. 23b).

Der Umwälzprozeß im Norden ist in Abb. 24 als zonal integrierter Volumentransport durch die Stromfunktion dargestellt. Danach verlassen $17 \text{ Mio. m}^3/\text{s}$ im Norden die Warmwassersphäre. Ebenso erkennbar ist die auch in Abb. 1 enthaltene Zelle mit Antarktischem Bodenwasser unterhalb von 3000 m, das bis etwa 45°N vordringt.

Das Strömungsfeld ändert sich dramatisch in den Modellen, wenn man zu höherer Auflösung übergeht. Mit höherer Auflösung werden die Fronten und die dazugehörigen Strömungen schmaler, die Geschwindigkeiten steigen, es bilden sich Mäander und Wirbel. In Abb. 25 ist für den Bereich des Nordatlantischen Stromes das momentane Strömungsfeld eines $1/3^\circ$ -Modelles dem des $1/6^\circ$ -Modelles gegenübergestellt. Nach Beobachtungen haben Wirbel im Nordatlantik typische Skalen $\leq 100 \text{ km}$. Mit dem $1/3^\circ$ -Modell beginnt man die größeren von ihnen gerade aufzulösen; das $1/6^\circ$ -Modell zeigt ein wesentlich intensiveres Wirbelfeld. Wie in Realität beherrscht es das gesamte Strömungsfeld.

(Die Modellrechnungen erfolgten in den Teilprojekten A5, A7).

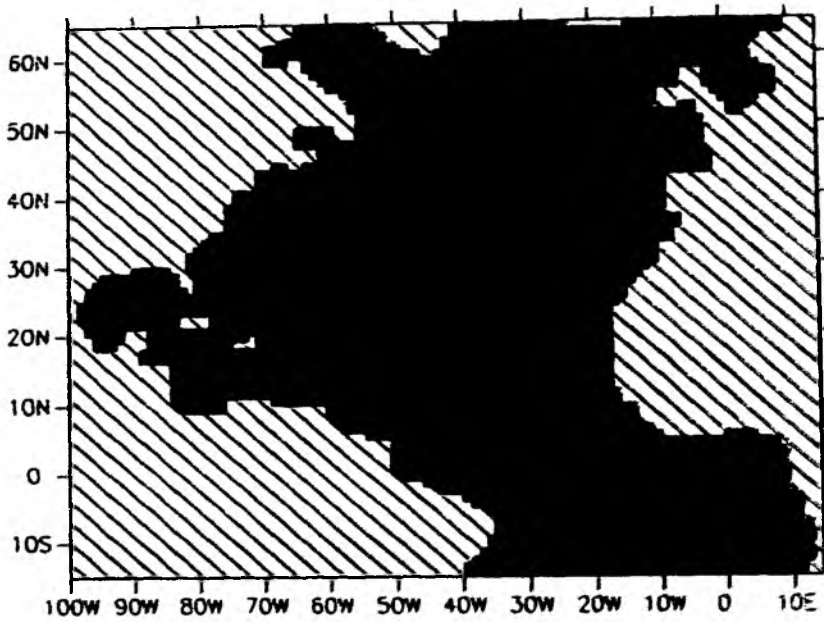


Abb. 21: Modellgebiet des Atlantiks und Lage der Zwangszonen:

- (1) nördlicher Rand, (2) südlicher Rand, (3) Mittelmeerausstrom,
 (4) Labradorzone (Döscher, 1994).

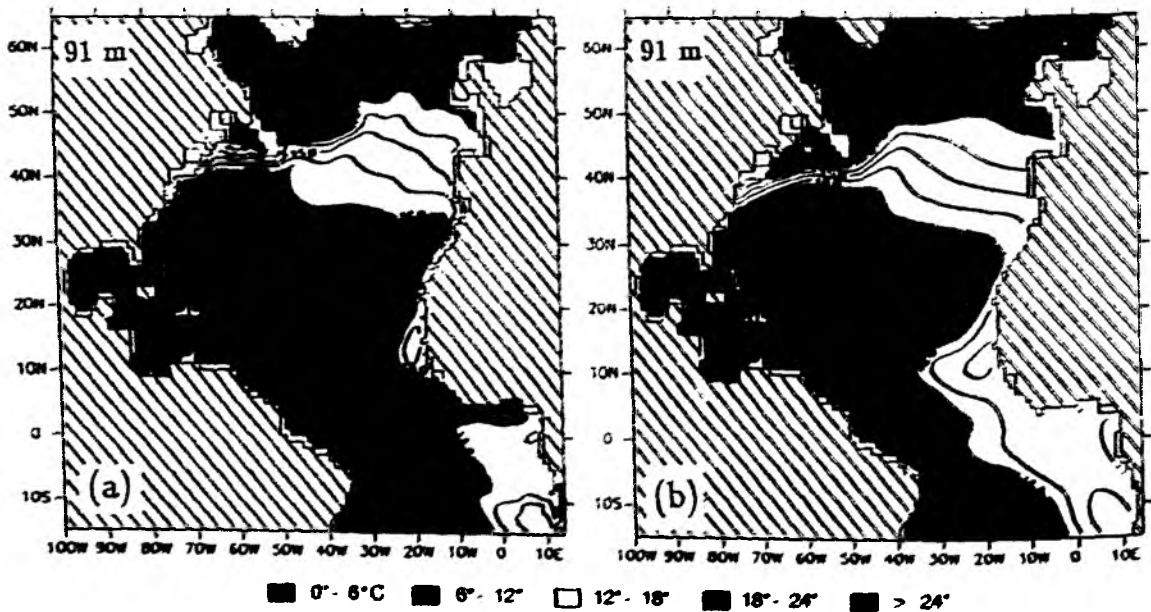


Abb. 22: Jahresmitteltemperatur in 91 m Tiefe (a) beobachtet und (b) im Modell (Döscher, 1994).

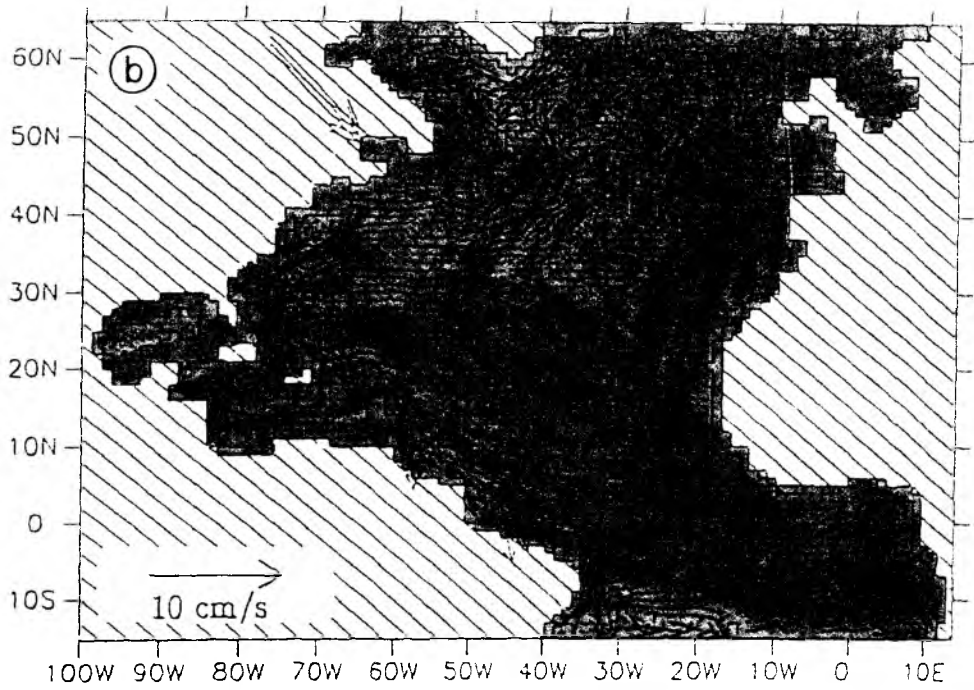
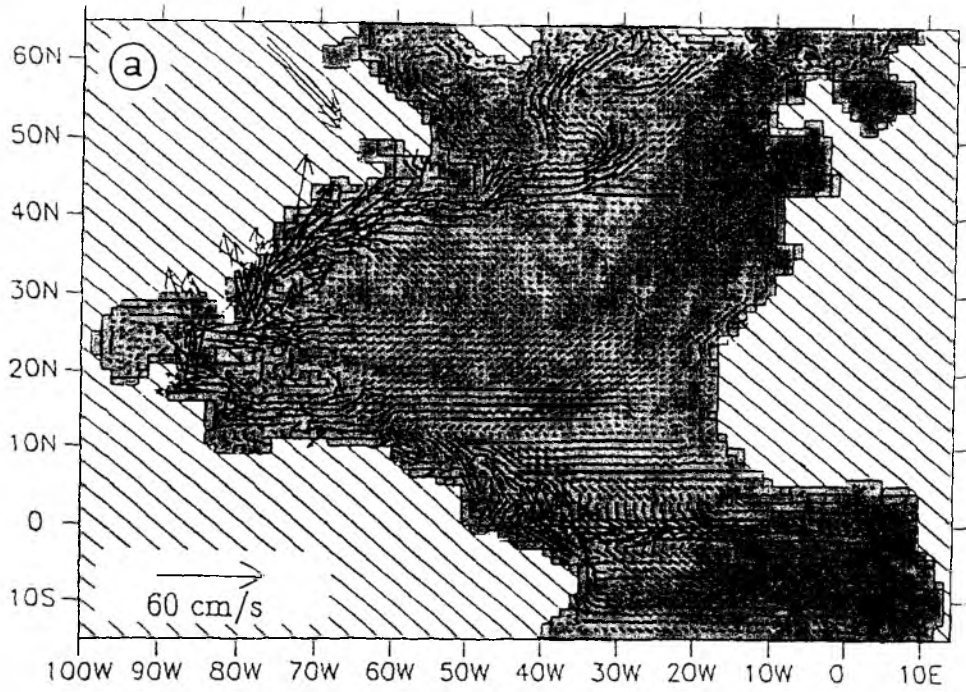


Abb. 23: Jahresmittel der modellierten Geschwindigkeiten (a) in 92 m und (b) 2125 m Tiefe (Döscher, 1994).

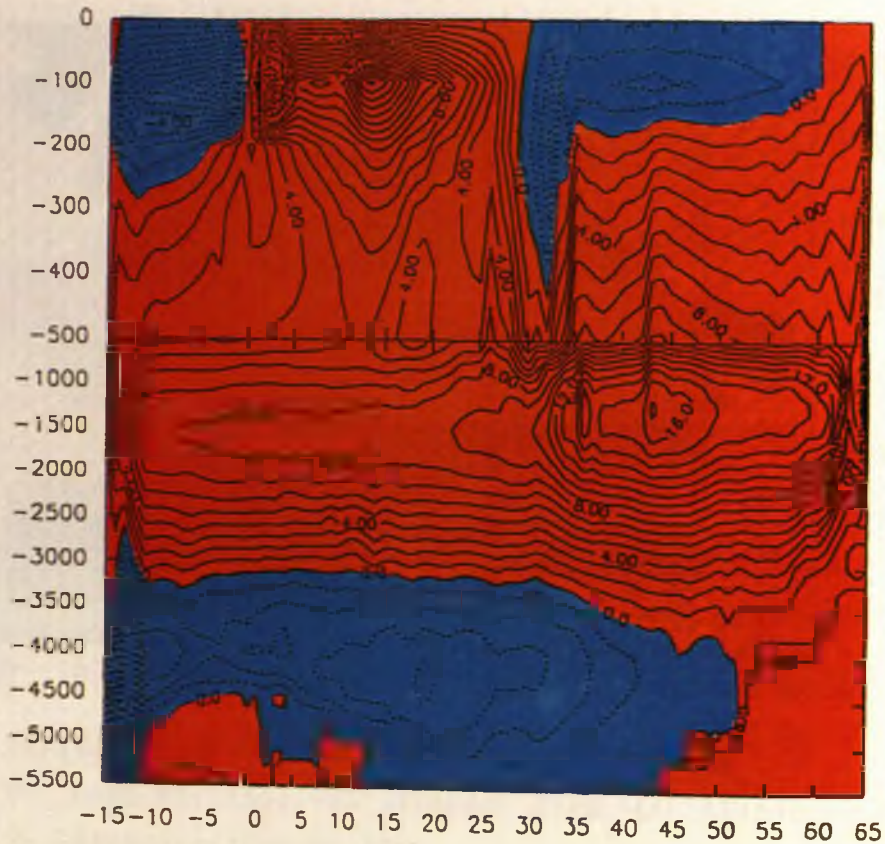


Abb. 24: Stromfunktion des zonal integrierten Volumentransportes in der meridionalen Vertikalebene (Umwälzung; Linienabstand 2 Mio. m^3/s). Geschlossene Linien (rot) zeigen Zirkulation im Uhrzeigersinn, gestrichelte (blau) gegen den Uhrzeigersinn. Man beachte die unterschiedliche Tiefenskala oberhalb 500 m (Döscher, 1994).

Unterhalb von 500 m Tiefe ist die thermohaline Meridionalzirkulation zu erkennen, die Wasser vom Äquator ($-15 = 15^\circ \text{S}$) zwischen 500 und 1000 m Tiefe nach Norden führt ($65 = 65^\circ \text{N}$). Das Wasser strömt als Nordatlantisches Tiefenwasser in 1500 – 3000 m wieder zurück. Darunter befindet sich die Zelle des Antarktischen Bodenwassers. Oberhalb von 500 m Tiefe wird die Struktur durch windbedingte Zellen modifiziert: die Divergenz am Äquator und die subtropische Konvergenz bei 30°N .

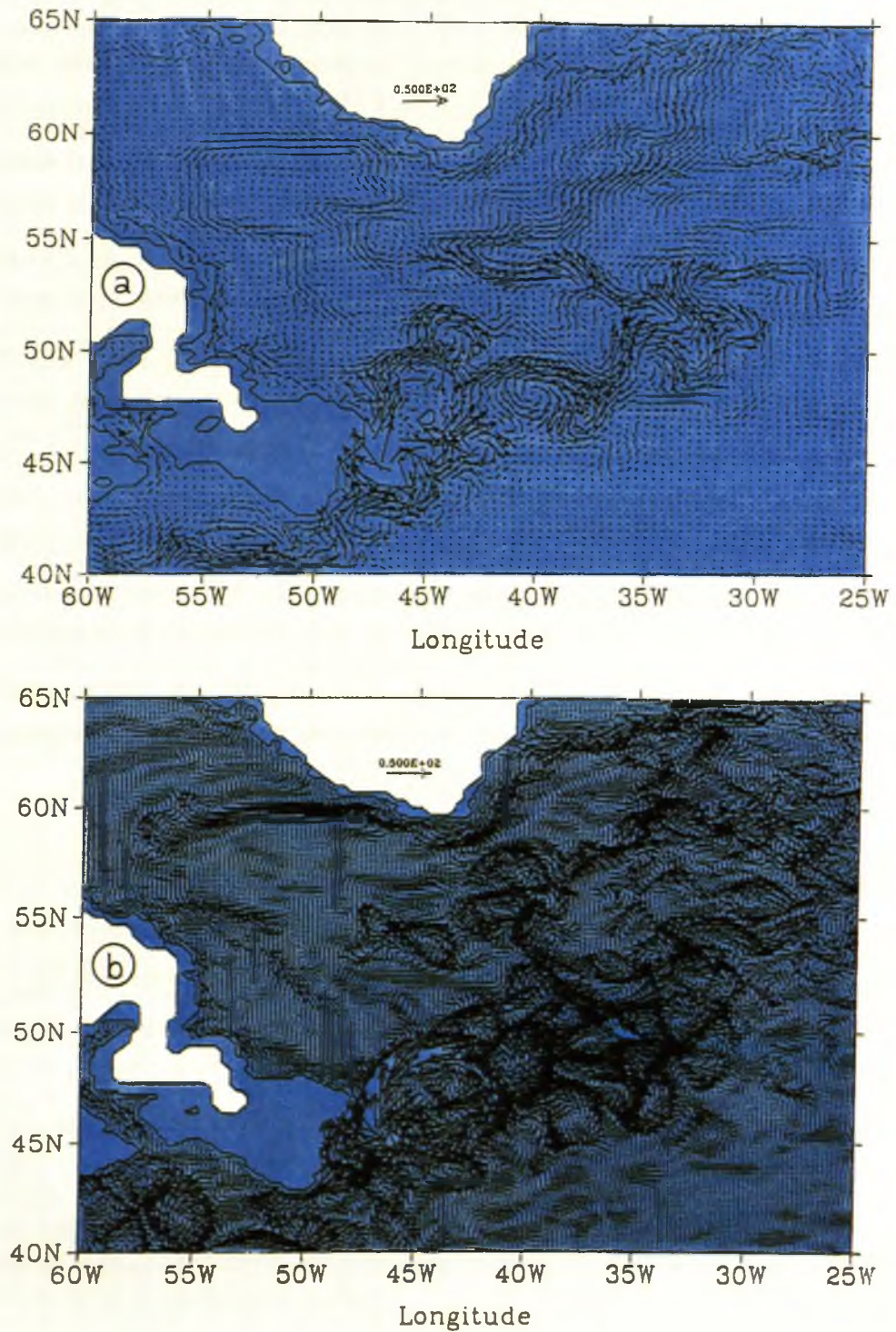


Abb. 25: Momentbild der horizontalen Zirkulation im nördlichen Nordatlantik in 180 m Tiefe nach den Rechnungen (a) des $1/3^\circ$ - Modells und (b) des $1/6^\circ$ - Modells (Böning et al, 1994).

4.3 Wirbelfelder

Die dominierende Rolle der Wirbelfelder wird in hydrographischen Schnitten, in Infrarot-Satellitenbildern der Oberflächentemperatur, in Altimeterdaten, Strommessungen von Verankerungen, Driftdaten und in den wirbelauflösenden Modellen deutlich. Abb. 26 zeigt einen Vertikalschnitt der Dichte längs 62°N von den Faroer Inseln (rechts) nach Ostgrönland. Die wellenartige Struktur der Linien gleicher Dichte resultiert aus der Schrägstellung der Dichteflächen in den Wirbeln. In einem zyklonalen Wirbel wird die Meeresoberfläche abgesenkt und die Dichteflächen werden aufgewölbt, in einem antizyklonalen ist das Umgekehrte der Fall (Abb. 27). Häufig sind diese Strukturen direkt in der Temperaturverteilung der Meeresoberfläche zu erkennen, besonders in der Nähe von Fronten mit großen horizontalen Temperaturgradienten (Abb. 2 und Abb. 28). Altimeter, die von Satelliten aus die Auslenkung der Meeresoberfläche messen, zeigen sie als "Dellen" in der Oberfläche. In Abb. 29 ist ein Wirbelfeld vor der südamerikanischen Küste im tropischen Atlantik mit der Verlagerung eines antizyklonischen Wirbels (A1) vom 17.11.1986 bis 22.01.1987 wiedergegeben. In den Wirbeln ist die Meeresoberfläche bis zu 20 cm ausgelenkt.

Im Gegensatz zur Atmosphäre, wo die Zyklonen und Antizyklonen Skalen von 1000 km und Lebenszeiten von Tagen haben, liegt der Durchmesser der ozeanischen Wirbel in den Subtropen bei 100 - 200 km und nimmt auf 50 - 100 km südlich Islands ab. Ihre Lebensdauer beträgt mehrere Monate. Abb. 30 zeigt die Bahn einer Driftboje in einem Wirbel südlich Islands auf ca. 2200 m Wassertiefe. Die Boje geriet am 26.06.1988 in den Wirbel und verließ ihn erst am 17.10.1988. Die mittlere Geschwindigkeit im Wirbel betrug ca. 20 cm/s.

Aus den Rechnungen mit wirbelauflösenden Modellen geht hervor, daß barokline Instabilität die dominierende Ursache für die Wirbelfelder ist.

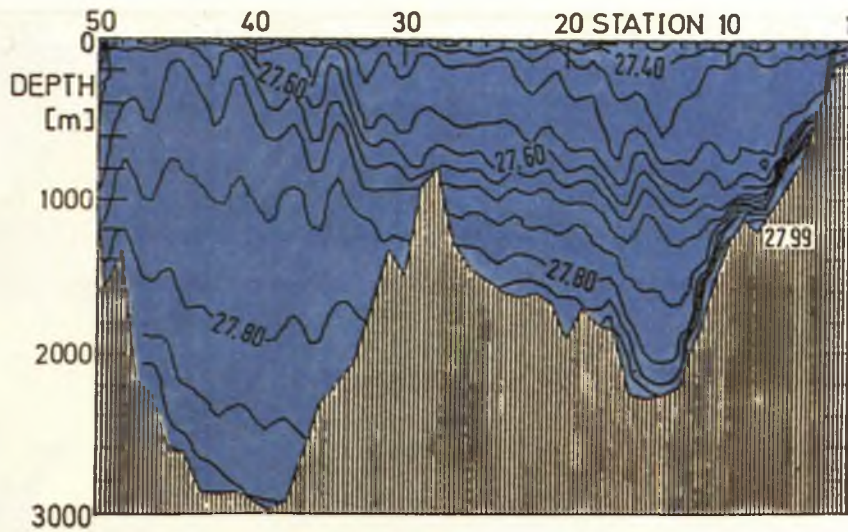


Abb. 26: Vertikalschnitt der Dichteverteilung längs 62° N von den Faroer Inseln (rechts) nach Ostgrönland (Krauß, 1994).

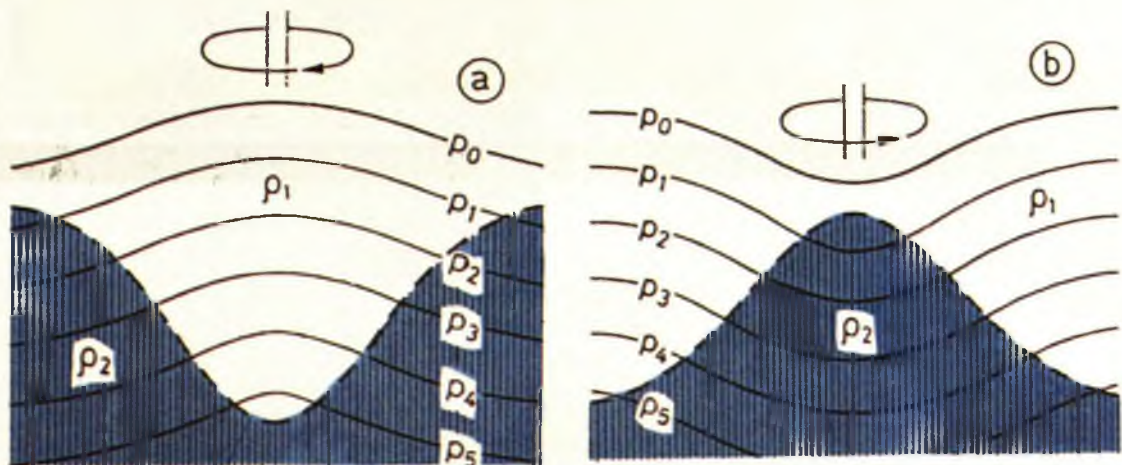


Abb. 27: Vertikale Auslenkung der Flächen gleichen Druckes p und der Dichte ρ in einem Wirbel. (a) antizyklonaler, (b) zyklonaler Wirbel (Dietrich et al, 1975).

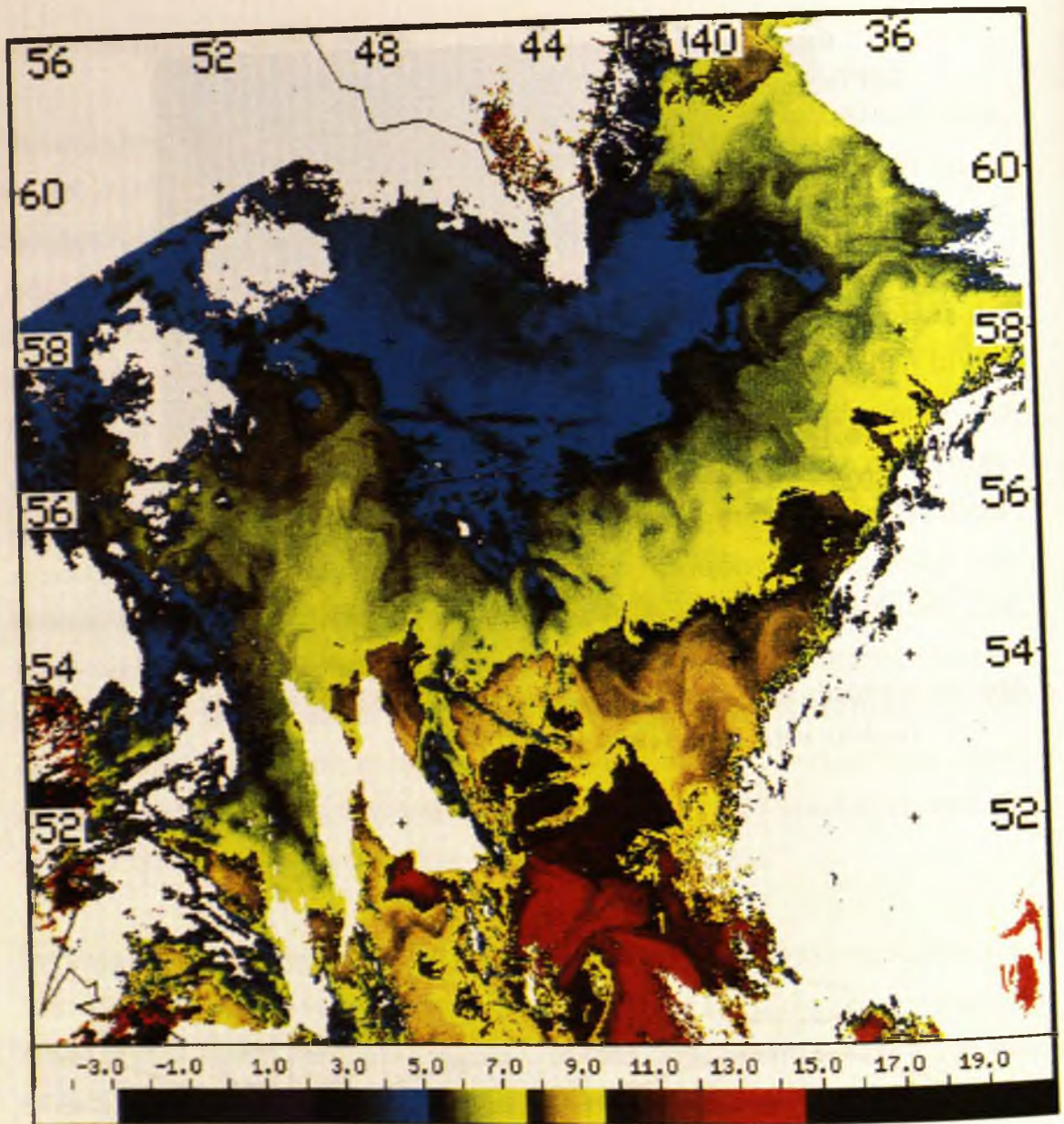


Abb. 28: Infrarotaufnahmen der Oberflächentemperatur im Bereich des Nordatlantischen Stromes, Temperaturskala unten im Bild; weiße Regionen sind Wolken (Krauß et al, 1990).

Die Aufnahme zeigt das intensive Wirbelfeld des Nordatlantischen Stromes. Zur Orientierung ist am oberen Bildrand zwischen 50° W und 42° W die Kontur der Südspitze von Grönland eingetragen.

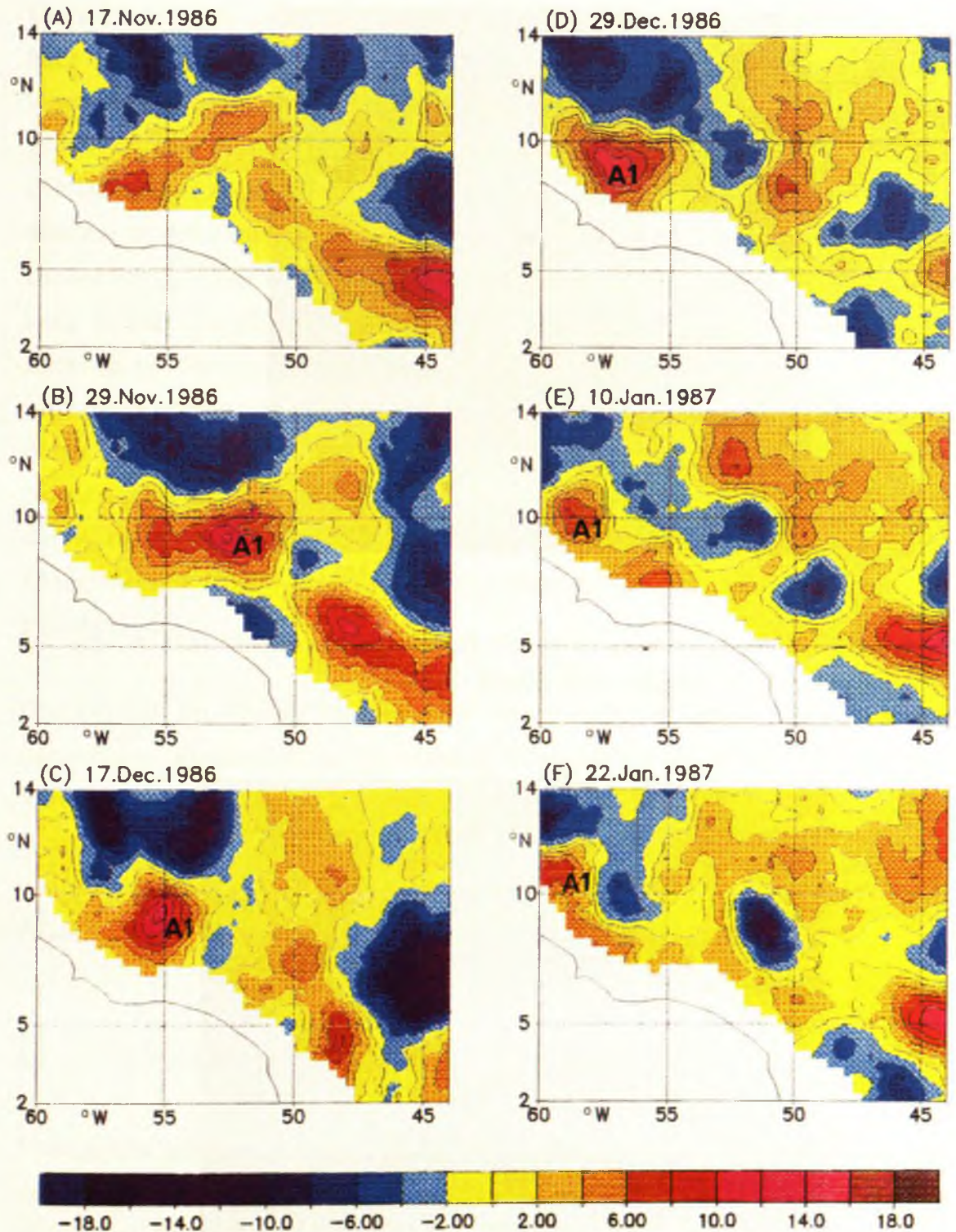


Abb.29: Wirbelfeld im tropischen Nordatlantik vor der südamerikanischen Küste zwischen 2° N und 14° N abgeleitet aus Altimeterdaten vom November 1986 – Januar 1987. Die Verlagerung des Wirbels A1 ist deutlich erkennbar (Didden & Schott, 1993).

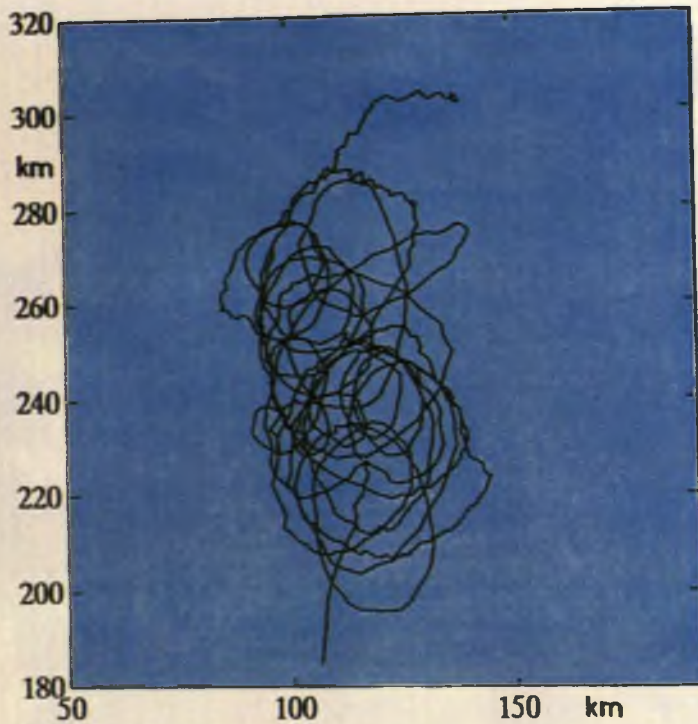


Abb. 30: Driftbahn einer Boje in einem Wirbel südlich Islands (62° N, 15° W) von Juni bis Oktober 1988 (Krauß, 1994).

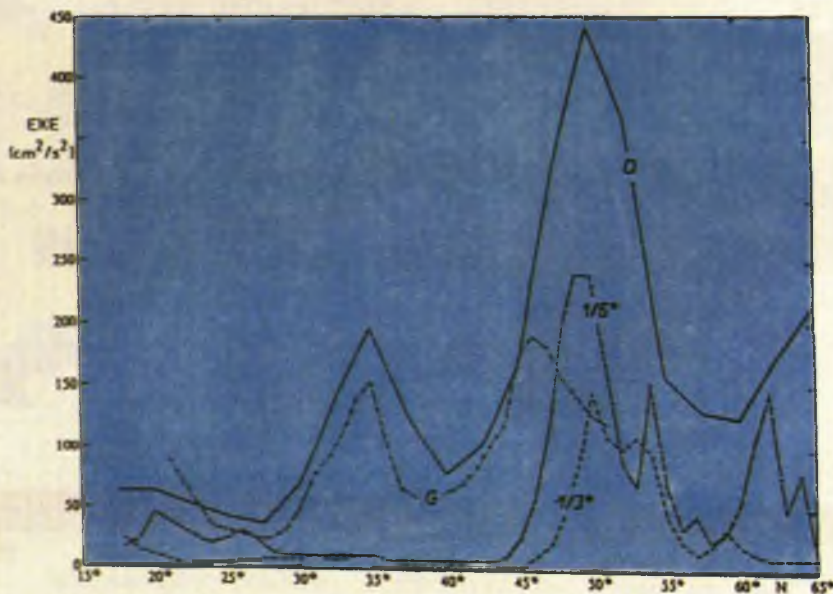


Abb. 31: Meridionalverteilung der Wirbelenergie im zentralen Nordatlantik längs 30° W von den Subtropen (15° N) bis Ostgrönland (65° N). D nach Driftbojen, G aus Altimeterdaten von GEOSAT, $1/3^{\circ}$ und $1/6^{\circ}$ nach Modellrechnungen des $1/3^{\circ}$ - bzw. $1/6^{\circ}$ -Modells (Beckmann et al, 1994).

Die Wirbelenergie nimmt von den Subtropen zu den Polen zu und ist besonders hoch im Bereich der Fronten. Abb. 31 enthält die meridionale Verteilung der kinetischen Energie der Wirbel im Nordatlantik entlang 30°W nach Drifter- und Altimeterdaten sowie den Modellrechnungen mit dem 1/3°- und 1/6°-Modell. Die Driftdaten zeigen einen Anstieg der Wirbelenergie von 20°N bis 65°N mit Maxima in den Frontalregionen des Azorenstroms bei 35°N und des Nordatlantischen Stromes bei 50°N. Das GEOSAT-Altimeter liefert ebenfalls beide Maxima, kann jedoch die kleinerskaligen Wirbel an der Polarfront in 50°N nicht hinreichend auflösen, ergibt daher dort zu niedrige Energie. Wie bereits ausgeführt, sind die Modelle nicht in der Lage, den Azorenstrom zu erzeugen. Sie weisen daher dort auch kein Maximum der Wirbelenergie auf. Im Bereich des Nordatlantischen Stromes zeigt sich deutlich, daß mit wachsender Auflösung die Wirbelenergie wächst. Generell erzeugen jedoch Modelle ein niedrigeres Energieniveau sowohl in den schmalen Randströmen als auch bezüglich der Wirbelfelder.

Die Wirbel im Ozean spielen eine wichtige Rolle für die großräumige horizontale Vermischung. An Fronten scheinen sie auch für die vertikale Vermischung bedeutsam zu sein.

(Untersuchungen über Wirbel konzentrierten sich auf die Teilprojekte A3, A4, A7, A9, C2, C5).

4.4 Die meteorologischen Felder an der Meeresoberfläche

Numerische Modelle der ozeanischen Zirkulation werden angetrieben von den meteorologischen Feldern an der Meeresoberfläche. Von ihrer genauen Kenntnis hängen die Ergebnisse der Modelle wesentlich ab.

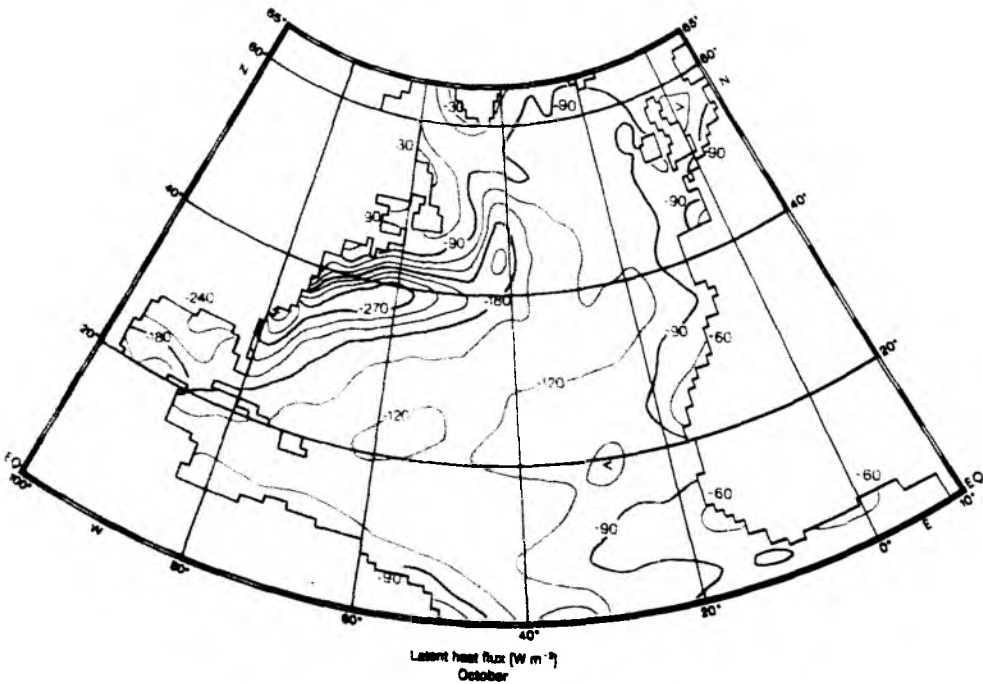
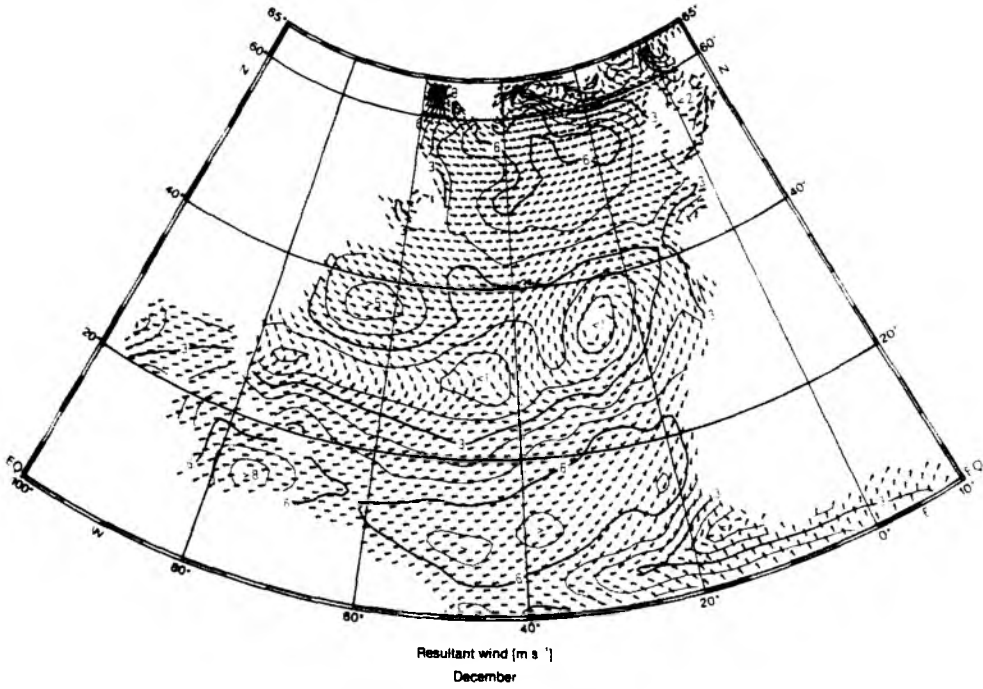


Abb. 32 und 33: Windgeschwindigkeit und -richtung über dem Nordatlantik im Dezember und latenter Wärmefluss an der Meeresoberfläche im Oktober (Mittelwerte 1941 – 1972 aus Schiffsbeobachtungen) (Isemer & Hasse, 1987).

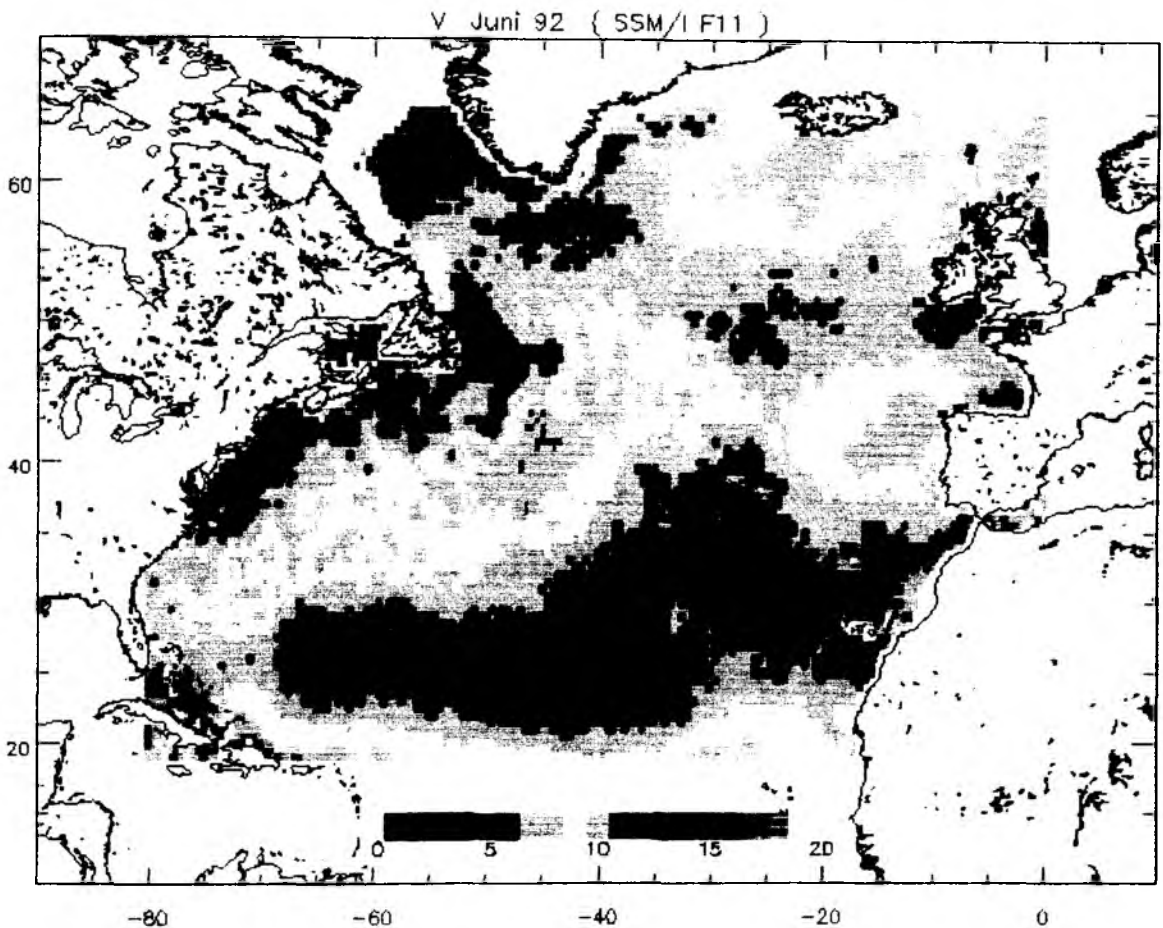
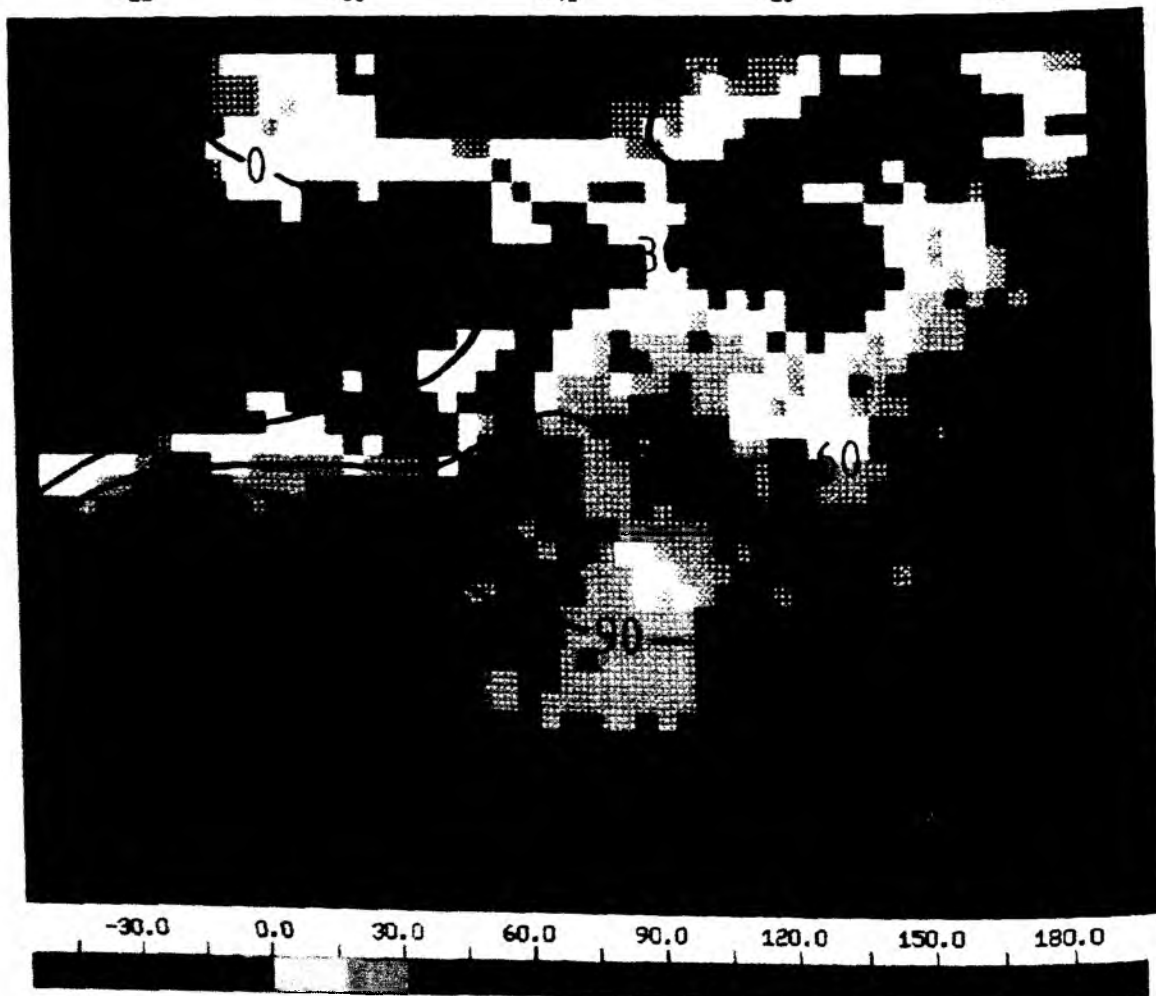
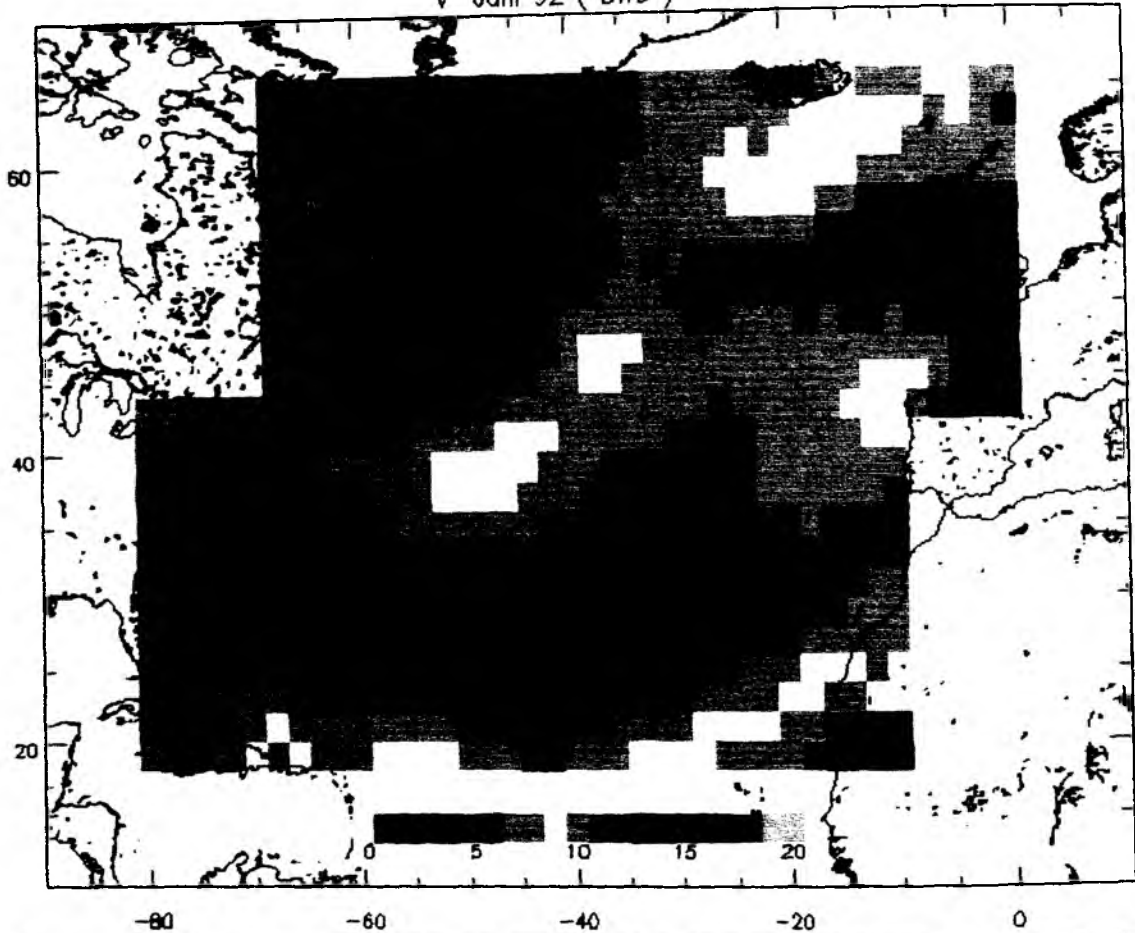


Abb. 34: Windgeschwindigkeit über dem Nordatlantik im Juni 1992 in m/s (siehe Skala am unteren Rand) abgeleitet aus Satellitendaten SSM/I (Simmer, unveröffentlicht).

Abb. 35: (nächste Seite): Windgeschwindigkeit über dem Nordatlantik im Juni 1992 in m/s nach Schiffsbeobachtungen (Bumke, unveröffentlicht).

Abb. 36: (nächste Seite): Latenter Wärmefluß (Watt/m^2) über dem Nordatlantik im Monatsmittel Juli 1983, abgeleitet aus Mikrowellenbeobachtungen des Satelliten NIMBUS 7 / SMMR. Isolinien stellen das langjährige Juli – Mittel nach Isemer & Hasse dar (Crewell et al, 1991).

v Juni 92 (DWD)



A. Bunker vom Woods Hole Oceanographic Institution hat einen sorgfältig geprüften Datensatz von Schiffsbeobachtungen im Nordatlantik zusammengestellt, der ca. 8 Millionen Daten umfaßt. Als Bunker 1979 starb, waren wesentliche Teile dieses Datensatzes unveröffentlicht. Sie lagen in Tabellenform in Woods Hole vor. Mit Hilfe von Henry Stommel wurden sie dem SFB zugänglich gemacht und analysiert. Der daraus resultierende "Bunker Climate Atlas" ist heute eine Basis unseres Wissens über die Wechselwirkungen Ozean-Atmosphäre. Er enthält monatliche Mittelwerte des Klimas des Nordatlantiks, basierend auf Beobachtungen der Jahre 1941 - 1972. Abb. 32 zeigt z.B. Windrichtung und -geschwindigkeit im Dezember. Die Auflösung beträgt 1° in geographischer Breite und Länge.

Die direkt beobachteten Daten dienen in der maritimen Meteorologie zur Berechnung abgeleiteter Größen, die für den Energieaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre wesentlich sind, z.B. den latenten Wärmefluß. Abb. 33 zeigt diesen für den Monat Oktober. Aus der Abbildung geht der große Einfluß des Golfstromes und des anschließenden Nordatlantischen Stromes deutlich hervor.

Während früher Beobachtungen von Schiffen die einzige Quelle unserer Kenntnisse über das Klima der Ozeane waren, liefern nunmehr Satelliten eine Fülle von Informationen. Dabei werden mit Hilfe empirisch gewonnener Relationen die von Satelliten empfangenen Strahlungswerte in meteorologische und ozeanographische Größen an der Meeresoberfläche umgerechnet. Als Beispiel ist in Abb. 34 die Windgeschwindigkeit über dem Atlantik für den Monat Juni 1992 dargestellt. Zum Vergleich zeigt Abb. 35 die Windgeschwindigkeit aus Schiffsbeobachtungen für diesen Monat. Aus dem Vergleich ist zu entnehmen, welchen immensen Fortschritt die Einbeziehung von Satellitendaten erbringt.

Aus den Einzelgrößen können die Flüsse an der Meeresoberfläche berechnet werden. Abb. 36 gibt z.B. den Fluß latenter Wärme (Watt/m^2) über dem Nordatlantik für den Monat Juli 1983 wieder, basierend auf den Mikrowellenbeobachtungen des Satelliten Nimbus 7/SMMR. Zum Vergleich sind die

Isolinien des langjährigen Mittels aus dem Bunker-Atlas für den gleichen Monat dargestellt.

(Die Arbeiten wurden in den Teilprojekten B2, B6 durchgeführt).

4.5 Der Meridionale Wärmetransport

Der anomale meridionale Wärmetransport im Atlantik wurde bereits in Abschnitt 2.2 skizziert. Seine quantitative Bestimmung ist schwierig und hängt von der genauen Parametrisierung der Flüsse an der Meeresoberfläche bzw. - bei direkter Berechnung - von der genauen Kenntnis des Temperatur- und Strömungsfeldes im Ozean ab.

Die Wärme Flüsse zwischen Ozean und Atmosphäre sind in den niederen Breiten zum Ozean, in den höheren Breiten aus dem Ozean heraus gerichtet. Unsicherheiten in den Werten entstehen aufgrund von Meßfehlern und fehlerhafter Parametrisierung. Aus der meridionalen Divergenz dieser Flüsse ergibt sich der meridionale Wärmetransport im Ozean (Abb. 37). Danach fließen ca. $0.8 \cdot 10^{15}$ Watt aus dem Südatlantik über den Äquator. Der Wärmetransport ist im gesamten Nordatlantik positiv nach Norden gerichtet.

Aus numerischen Modellrechnungen läßt sich der meridionale Wärmetransport direkt berechnen. Er ist jedoch entscheidend davon abhängig, daß die thermohaline Zirkulation richtig wiedergegeben wird. Neueste Untersuchungen haben gezeigt, daß diese sehr stark von den (künstlichen) Randbedingungen am nördlichen Rand des Modells abhängen. Die prinzipielle Struktur des meridionalen Wärmetransportes mit dem Maximum in den Subtropen bleibt unverändert, der Wert des Maximums hängt jedoch stark von diesen Randbedingungen ab (Abb. 38). Festzuhalten bleibt, daß alle Untersuchungen darauf hindeuten, daß im Atlantik ca. 10^{15} Watt an Wärme nach Norden fließen und damit das Klima Europas entscheidend prägen.

(Die Untersuchungen erfolgten in den Teilprojekten A7 und B2).

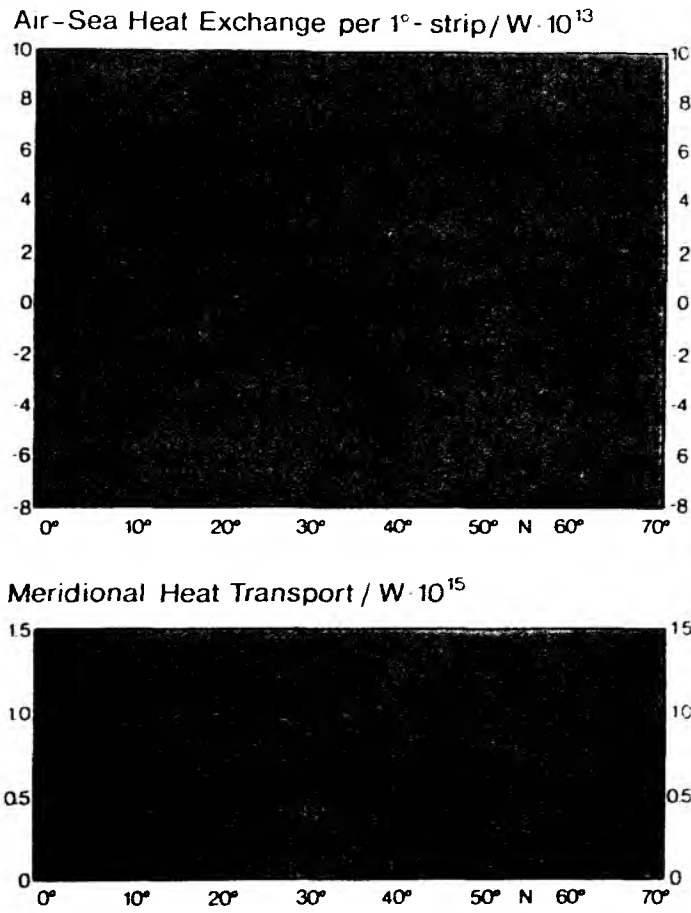


Abb. 37: Meridionaler Wärmetransport in 10^{15} Watt im Nordatlantik, berechnet aus der Divergenz der Oberflächenflüsse (oben). Dicke Kurve: Ergebnisse des SFB 133. Sonstige Kurven: andere Autoren. (Isemer & Hasse, 1987)

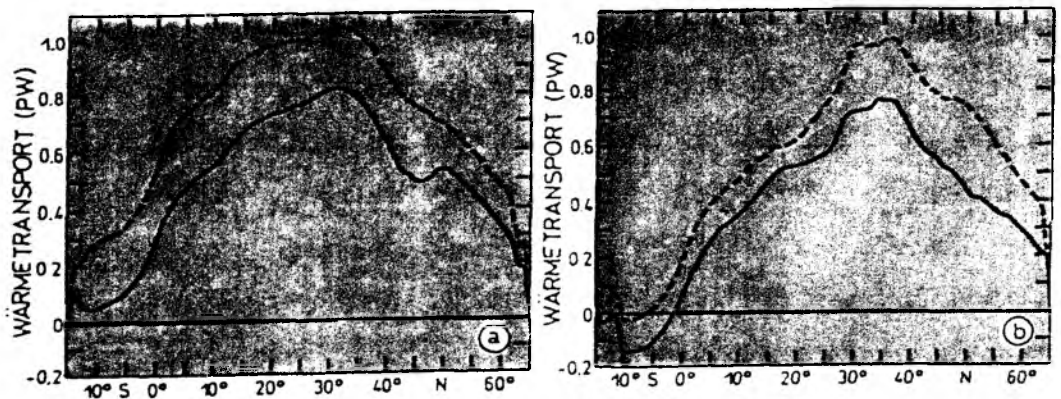


Abb. 38: Meridionaler Wärmetransport (10^{15} Watt) im Atlantik zwischen 15° S und 65° N nach Modellrechnungen (a) des 1° -Modells, (b) des $\frac{1}{3}^\circ$ -Modells. Ausgezogene und gestrichelte Kurven basieren auf unterschiedlichen Randbedingungen am nördlichen Rand (Döscher, 1994).

4.6 Ausbreitung des Mittelmeerwassers und Meddies

Aufgrund der hohen Verdunstung ist der Salzgehalt im Mittelmeer sehr hoch. Die Salzgehaltsdifferenz zum Atlantik bewirkt, daß salzärmeres und damit leichteres Wasser an der Oberfläche ins Mittelmeer strömt. Davon verdunsten ca. 4 %; als Kompensation ergibt sich ein Ausstrom salzreichen Wassers in der Tiefe. Wegen seines größeren spezifischen Gewichts sinkt es jenseits der Straße von Gibraltar im Atlantik auf eine Tiefe ab, die seiner eigenen Dichte entspricht (Abb. 39). Der Atlantik gewinnt auf diese Weise salzreiches Wasser, das sich als sog. Mittelmeerzunge in 700 - 1400 m Tiefe an der Untergrenze der Warmwassersphäre über fast den gesamten subtropischen Atlantik erstreckt. Früher nahm man an, daß diese Salzgehaltsverteilung im wesentlichen durch horizontale Vermischung entsteht.

Anfang der 80er Jahre wurde erstmals nachgewiesen, daß es in ca. 1000 m Tiefe zwischen den Azoren und Madeira, 1000 km von Gibraltar entfernt, isolierte Wirbel von Mittelmeerwasser gibt. Die tiefen Wirbel wurden Meddies genannt (Mediterranean water eddies, Mittelmeerwasser-Wirbel) und haben das Bild über die Vermischung im Ozean wesentlich verändert. Diese Wirbel enthalten nahezu unvermishtes warmes und salzreiches Mittelmeerwasser, rotieren mit hoher Geschwindigkeit und isolieren sich damit von der Umgebung. Im Golf von Cadiz und vor der portugiesischen Südwestküste bilden sich schätzungsweise jährlich 10 - 12 Meddies. Ihr horizontaler Durchmesser schwankt zwischen 50 und 100 km, ihre vertikale Mächtigkeit zwischen einigen Hundert und 1000 m. Sie haben eine Lebensdauer von einigen Monaten bis mehr als 2 Jahren und wandern über große Distanzen im Atlantik, bevor sie zerfallen. Sie tragen damit entscheidend zur Verbreitung des Mittelmeerwassers bei. Statt durch gleichmäßige Diffusion breitet sich das salzreiche Mittelmeerwasser vorwiegend durch isolierte Wirbel in den Atlantik aus.

Meddies werden mit sog. RAFOS-Floats verfolgt. Dies sind Schwebekörper, die dermaßen austariert sind, daß sie in ein bestimmtes Tiefenniveau (das der Mittelmeerzunge) absinken. In dieser Tiefe werden sie vom Meddy mitgeführt. Unterwasserschallquellen senden codierte Signale aus, die von den Schwebekörpern dreimal täglich registriert werden. Aus ihnen läßt sich später die Position bestimmen. Vom RAFOS-Float wird am Ende der Mission ein Ballastgewicht abgeworfen, so daß es zur Oberfläche aufsteigt. Dort werden die Meßdaten über Satelliten an die Empfangsstation gesendet.

(Die Resultate stammen aus den Teilprojekten C5 und C7).

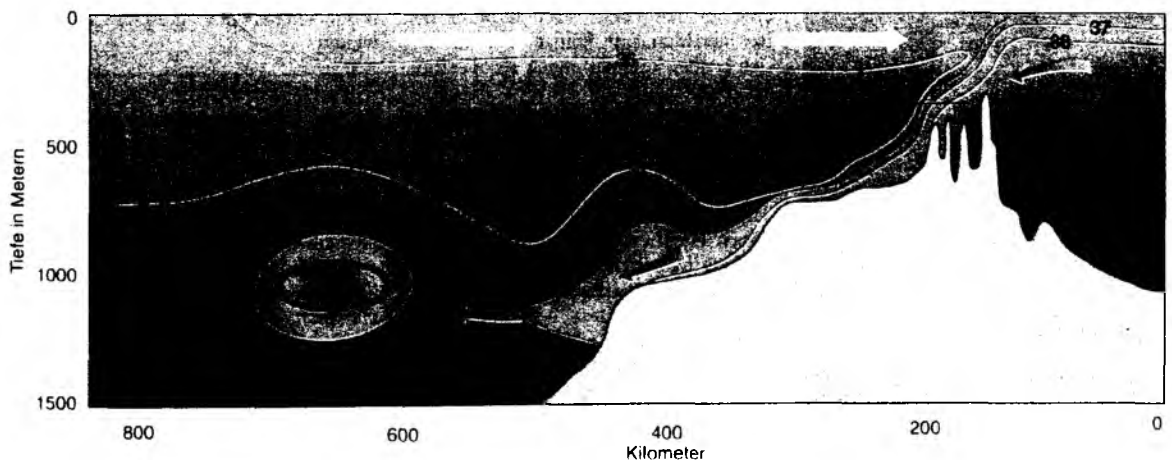


Abb. 39: Ausstrom des salzreichen Mittelmeerwassers durch die Straße von Gibraltar in den Nordatlantik und Bildung eines Meddies (Käse & Zenk, 1993).

Das salzreiche (schwere) Mittelmeerwasser folgt zunächst der Bodentopographie und wird durch Vermischung mit dem darüberliegenden Atlantikwasser salzärmer. Wenn es die Dichte der Umgebung erreicht hat, löst es sich vom Boden und bildet Wirbel.

4.7 Thermohaline Zirkulation

Die thermohaline Zirkulation im Ozean wird angetrieben von den Temperatur- und Salzgehaltsunterschieden zwischen den niederen und den hohen Breiten. Aus ihnen resultieren Dichteunterschiede zwischen Äquator und Pol, die das warme und salzreiche Wasser in den oberen Schichten aus den Subtropen in die hohen Breiten führen.

Temperatur und Salzgehalt wirken sich unterschiedlich auf die Dichte aus: Temperaturerhöhung reduziert die Dichte, Salzgehaltserhöhung bedingt eine höhere Dichte.

Die Bildung von Tiefenwasser in den subpolaren Bereichen hängt entscheidend davon ab, mit welcher Dichte das Wasser in diesen Regionen ankommt. Auf dem Weg von den Subtropen polwärts gibt das Wasser einerseits Wärme an die Atmosphäre ab, d.h. es wird kälter und damit schwerer, andererseits nimmt durch Verdunstung in den niederen Breiten der Salzgehalt zu, in den höheren Breiten wird er durch Niederschlag reduziert. Die Dichteänderung während des Transports unterliegt somit komplizierten Prozessen und hängt entscheidend von der Advektionsgeschwindigkeit ab, d.h. davon, wie lange das Wasser den Wechselwirkungen mit der Atmosphäre ausgesetzt ist.

Vergleicht man den Pazifischen mit dem Atlantischen Ozean, so ist der herausragende Unterschied, daß im Nordatlantik 15 - 20 Mio m^3/s Tiefenwasser gebildet und durch warmes Wasser aus den niederen Breiten ersetzt werden; nichts Vergleichbares geschieht im Pazifik. Dies spiegelt sich wider im Klima: im Atlantik dringt das warme Subtropenwasser bis 70°N vor und erwärmt die darüber liegende Atmosphäre, im Pazifik herrschen in Alaska - in der geographischen Breite Norwegens - dagegen arktische Verhältnisse. Paläoklimatische Daten deuten darauf hin, daß dieser Zustand sich in der Vergangenheit mehrfach geändert hat.

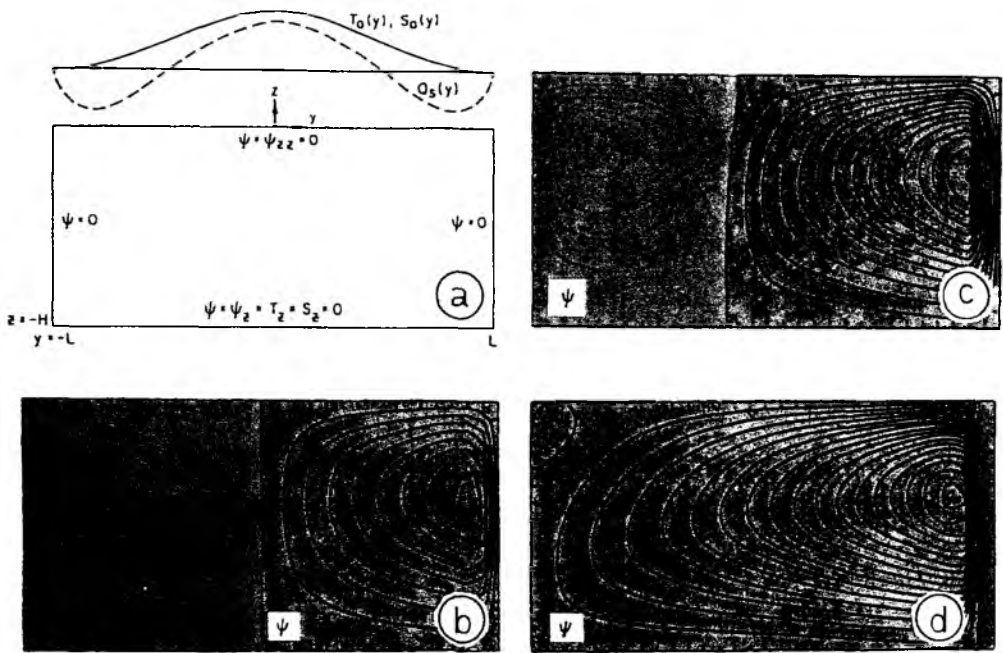


Abb. 40: Übergang der thermohalinen Zirkulation in einen neuen Gleichgewichtszustand:

- Meridionalschnitt durch das Becken von Pol zu Pol; darüber wirksame Randbedingungen der Temperatur T_0 und des Salzgehaltes S_0 bzw. des Frischwasserflusses Q_5 .
- Symmetrische Zirkulationszelle in jeder Hemisphäre als Folge der Randwerte T_0 und S_0 . Der Massentransport längs der Stromlinien erfolgt vom Äquator (Bildmitte) zu den Polen.
- Verstärkung der Zirkulation auf der Nordhemisphäre (rechte Hälfte), wenn statt S_0 der Frischwasserfluß Q_5 das Modell antreibt und eine geringfügige Salzanomalie addiert wird.
- Neuer stationärer Endzustand der Zirkulation, bestehend aus nur einer Zelle und starkem meridionalem Wärmetransport über dem Äquator (Marotzke et al, 1988).

Modellrechnungen zeigen, daß die thermohaline Zirkulation mehrfache Gleichgewichtszustände aufweisen kann; bei geringer Abänderung des Salzgehaltes kann ein Ozean in einen neuen Gleichgewichtszustand übergehen.

Abb. 40 zeigt ein Beispiel hierfür. Das rechteckige Gebiet (Abb. 40a) möge einen Vertikalschnitt durch einen idealisierten Ozean von Pol zu Pol darstellen, mit dem Äquator in der Mitte. Die Kurven darüber kennzeichnen die Randbedingungen an der Meeresoberfläche: hohe Temperatur T_0 und hoher Salzgehalt in den niederen Breiten, abnehmend zu den Polen. Unter dem Einfluß dieser Randwerte bildet sich in jeder Hemisphäre eine Zirkulationszelle aus, in der warmes Wasser in Oberflächennähe polwärts fließt, dort absinkt und in der Tiefe zurückströmt (Abb. 40b). Das Vorschreiben der Oberflächentemperatur als Randbedingung ist eine gute Approximation an die Realität, weil sich die Atmosphäre schnell an die Oberflächentemperatur anpaßt; das Vorschreiben des Salzgehaltes ist jedoch nicht realistisch (und geschieht lediglich zur Erzeugung der symmetrischen Zirkulation). In Wirklichkeit sind die Frischwasserflüsse (Niederschlag und Verdunstung) wirksam. Die gestrichelte Kurve in Abb. 40a kennzeichnet den Frischwasserfluß, der zum Zirkulationsschema in Abb. 40b gehört.

Rechnet man das Modell mit diesen Flüssen weiter und addiert auf der Nordhemisphäre (rechte Hälfte) an der Oberfläche eine kleine Salzgehaltsstörung von 0,5%, so beginnt sich die Zirkulation auf der Nordhalbkugel zu verstärken und auf der Südhalbkugel abzuschwächen (Abb. 40c). Ein positiver Rückkoppelungsmechanismus wird dabei wirksam: durch den leicht erhöhten Salzgehalt sinkt mehr Wasser im Norden ab, was einen verstärkten Zustrom salzreichen Wassers aus den niederen Breiten erzwingt. Gleichzeitig bedeutet ein Abschwächen der Zirkulation auf der Südhalbkugel, daß Wasserteilchen an der Oberfläche länger dem Frischwasserzufluß (Niederschlag) in den hohen Breiten ausgesetzt sind, daher salzärmer (leichter) werden und weniger stark absinken. Daher schwächt sich die Zirkulation dort ab.

Diese positive Rückkoppelung führt schließlich zu einem neuen stationären Endzustand (Abb. 40d), der nur noch aus einer Zirkulationszelle besteht, die von Pol zu Pol reicht und mit einem hohen meridionalen Wärmetransport über den Äquator hinweg nach Norden verbunden ist. Dies entspricht dem heutigen Zustand im Atlantik.

Rechnungen unter Einbeziehung des Indischen und Pazifischen Ozeans - miteinander verbunden über den antarktischen Wasserring - zeigen, daß das Weltmeer eine große Zahl von stabilen Gleichgewichtszuständen besitzt, in denen die Rolle von Atlantik und Pazifik vertauscht sein können. Auch gibt es keine eindeutige Bevorzugung für einen meridionalen Wärmetransport nach Norden. Paläo-ozeanographische Daten weisen darauf hin, daß insbesondere nach der letzten Eiszeit beim Abschmelzen des Festlandeises der Salzgehalt an der Oberfläche des Nordatlantiks so stark reduziert wurde, daß die Tiefenwasserbildung abgeschwächt wurde und die thermohaline Zirkulation nur bis in die mittleren Breiten reichte. Die Wechselwirkungen Ozean - Atmosphäre und die genaue Kenntnis der Oberflächenflüsse haben somit eine weitreichende Bedeutung.

(Mit dem Problemkreis beschäftigte sich das Teilprojekt A6).

4.8 Schlußbemerkung zu Abschnitt 4

Ausgewählte Ergebnisse können immer nur einen begrenzten Einblick in das gesamte Arbeitsfeld geben. Die Auswahl erfolgte hier bezüglich eines der Schwerpunkte des SFB, dem Wärmetransport in der Warmwassersphäre und den ihm zugrunde liegenden Prozessen. Die ganze Breite des Arbeitsfeldes wird aus den Publikationen des Abschnittes 6 deutlich.

5. Expeditionen des SFB

Der Sonderforschungsbereich hat insbesondere in den Jahren 1981-1991 intensive Meßprogramme im Atlantik durchgeführt. Die wesentlichsten Forschungsfahrten fanden mit "Poseidon" und "Meteor" statt. Darüber hinaus wurde auch die Möglichkeit genutzt, Daten mit Hilfe anderer Forschungsschiffe zu gewinnen.

Tabelle 5.1 gibt einen Überblick über die einzelnen Reisen.

Tabelle 5.1: *Forschungsfahrten im Rahmen des SFB 133*

Dauer	Forschungsschiff und Gebiet	Teilprojekt
12.05. - 21.05.1980	"Walter Herwig" Mittelatlantischer Rücken	A3
28.11. - 01.12.1980	"Polarsirkel" XBT-Schnitt Lissabon - Recife	C1
März 1981	"Meteor" Rückreise Antarktis, Kanaren - Iberisches Becken	C1, C2
12.03. - 06.04.1981	"Polarsirkel" XBT-Schnitt Kapstadt - Lissabon	C1
23.06. - 28.06.1981	"Walther Herwig" Mittelatlantischer Rücken	A3
15.07. - 05.09.1981	"Meteor" Nordostlantik	A3, C1, C2
10.07. - 18.09.1981	"Poseidon" Nordostatlantik	A3, B1, C3
27.02. - 20.04.1982	"Meteor" Subtropischer Atlantik	C1
11.03. - 04.04.1982	"Polarqueen" XBT-Schnitt Kapstadt - Bremerhaven	C1
15.03. - 27.04.1982	"Poseidon" Kanarenbecken und Mittelatlantischer Rücken	C2 A3
12.05. - 28.05.1982	"Anton Dohrn" Mittelatlantischer Rücken	A3
03.06. - 25.06.1982	"Walther Herwig" XBT-Schnitt Mittelatlantischer Rücken	A3

13.09. - 31.10.1982	"Poseidon" Azorenregion	A3
April/Mai 1983	"Poseidon" Norwegischer Küstenstrom und west- norwegischer Schelf	C4
10.04. - 16.05.1983	"Meteor" Mittelatlantischer Rücken	A3
Juni 1983	"Cape Florida" Florida Strom	C4
19.06. - 24.07.1983	"Poseidon" Polarfront	B1
06.09. - 13.10.1983	"Poseidon" Azoren	A3
17.10. - 15.11.1983	"Poseidon" Kanarenbecken	C1, C4
12.11. - 21.11.1983	"Anton Dohrn" Nordostatlantik	A3
März 1984	"Valdivia" Rockall-Gebiet	A3
14.07. - 31.07.1984	"Poseidon" Rockall-Gebiet	A3
30.07. - 24.08.1984	"Arnold Veimer" Azoren, Neufundland	C4
02.08. - 24.08.1984	"Poseidon" Azoren, Neufundland	A3, A4, C4
27.07. - 26.08.1984	"Meteor" Mittelatlantischer Rücken	A3
26.08. - 23.09.1984	"Poseidon" Polarfront	B1
20.10. - 30.11.1984	"Meteor" Kanarenbecken	C1, B2, C4
19.03. - 12.04.1985	"Poseidon" Kanarenbecken	A4, C4
13.04. - 08.05.1985	"Poseidon" Mittelatlantischer Rücken, Polarfront	B1
08.11. - 12.12.1985	"Poseidon" Kanarenbecken	C1

28.09. - 14.10.1985	"Polarstern" Kanarenstrom südlich der Kanarischen Inseln Kapverden-Frontalzone	C1 C6
07.11. - 09.12.1985	"Poseidon" Portugal-, Azoren- und Kanarenstrom in Zusammenarbeit mit 'Taliarte', Telde, C.G., Spanien	C1
07.03. - 09.04.1986	"Poseidon" Azoren - Neufundland Ursprung der Azorenfront	C5
07.06. - 11.07.1986	"Poseidon" Azoren, Polarfront	B1
07.08. - 16.08.1986	"Thompson" Cape Mendocino	C4
06.10. - 13.10.1986	"Poseidon" HEXOS (Humidity Exchange Over Sea) vor der Niederländischen Küste	B2
28.10. - 06.12.1986	"Meteor" Kanarenbecken Kapverden-Frontalzone	C1 C6
07.11. - 06.12.1986	"Meteor" Dakar - Kiel	C4
12.03. - 22.04.1987	"Poseidon" Azoren - Neufundland - Bermuda - Azoren Golfstromaufspaltung	A5 C5
19.03. - 18.04.1987	"Polarstern" Quer-GEK-Messungen Argentinien - Bremerhaven	C4
16.05. - 28.05.1987	"Poseidon" Polarfront, Azoren	B1
01.09. - 01.10.1987	"Researcher" Subtropical Atlantic Climate Study (STACS) Bahamas - Brasilien	C4
28.10. - 21.12.1987	"Meteor" Kanarenbecken Kapverden-Frontalzone	C1 C6
26.02. - 25.03.1988	"Poseidon" Iberisches Becken	C5
13.05. - 29.05.1988	"Poseidon" Irminger Sea	A4, C4

29.12. 1988 - 17.03.1989	"Meteor" Iberische Tiefsee Kapverden-Frontalzone Äquatorialer Atlantik	C6, C7
16.05. - 20.06.1989	"Poseidon" Iberisches Becken	C5, C7, C8
27.08. - 16.09.1989	"Malcolm Baldrige" Westlicher tropischer Atlantik	C8
24.10. - 14.11.1989	"Meteor" Iberische See Kapverden-Frontalzone	C6 C7
24.03. - 05.04.1990	"Poseidon" Iberisches Becken	C5, C8
06.04. - 20.04.1990	"Poseidon" Golf v. Cadiz-Alboransee	C8
15.05. - 23.05.1990	"Poseidon" Iberische Tiefsee	C7
13.08. - 22.08.1990	"Poseidon" Rockall-Bank	C7
17.09. - 01.10.1990	"Meteor" Iberische Tiefsee Kapverden-Frontalzone	C7
01.10. - 28.10.1990	"Meteor" Westlicher tropischer Atlantik	C8
25.03. - 20.04.1991	"Poseidon" Iberisches Becken	C5
13.05. - 29.05.1991	"Poseidon" Iberische Tiefsee	C5, C7
23.05. - 18.06.1991	"Meteor" Westlicher tropischer Atlantik	C8
18.08. - 02.10.1992	"Alkor" Iberisches Becken Golf von Cadiz	C5, C7, C9
08.04. - 17.04.1993	"Poseidon" Iberisches Becken	C5, C7, C9
21.07. - 05.08.1993	"Poseidon" Iberisches Becken	C5, C7

6.0 Publikationen von Mitarbeitern aus dem Arbeitsfeld des SFB

In den nachfolgenden Listen sind nur Veröffentlichungen aufgenommen, die entweder aus der Themenstellung des SFB oder während der Laufzeit des SFB entstanden, jedoch auf Untersuchungen im Atlantik vor Gründung des SFB beruhen und direkten Bezug zur SFB-Problematik haben.

Die meisten Ergebnisse des SFB sind in internationalen Zeitschriften erschienen. Dissertationen sind in der Regel als "Berichte aus dem Institut für Meereskunde" erschienen und als solche zugänglich, jedoch nicht noch einmal in Abschnitt 6.6 aufgeführt.

6.1 Bücher

Isemer, H. J., and L. Hasse, 1985: *The BUNKER climate atlas of the North Atlantic Ocean. Volume 1: Observations*. Springer-Verlag, Heidelberg, 218 pp.

Hasse, L., and F. W. Dobson, 1986: *Introductory Physics of Atmosphere and Ocean*. D. Reidel, Dordrecht, 126 pp.

Isemer, H. J., and L. Hasse, 1987: *The BUNKER Climate Atlas of the North Atlantic Ocean, Vol. 2: Air-Sea Interactions*. Springer, Heidelberg, 256 pp.

Willebrand, J., and D. L. T. Anderson, 1993: *Modelling Oceanic Climate Interactions*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo, 472 pp.

Simmer, C., 1994: *Satellitenfernerkundung hydrologischer Parameter der Atmosphäre mit Mikrowellen*. Verlag Dr. Kovac, Hamburg, 313 pp.

6.2 Veröffentlichungen in rezensierten Zeitschriften

(Mit * sind Veröffentlichungen in populär-wissenschaftlichen Zeitschriften gekennzeichnet).

1980

Hasse, L., and M. Dunkel, 1980: Hot wire, hot film measurements. *Air-sea interaction, instruments and methods*. F. Dobson, L. Hasse, and R. Davis, Eds., Plenum Press, New York, 47–63.

Hasse, L., and P. S. Liss, 1980: Gas exchange across the air-sea interface. *Tellus*, **32**, 470–481.

Hasse, L., D. Schriever, 1980: Pilot balloon measurements. *Air-sea interaction, instruments and methods*. F. Dobson, L. Hasse, and R. Davis, Eds., Plenum Press, New York, 97–194.

Joyce, T. M., R. H. Käse, and W. Zenk, 1980: Horizontal advection of temperature in the seasonal thermocline during JASIN 1978. *J. Phys. Oceanogr.*, **10**, 10, 1686–1690.

Käse, R. H., and D. J. Olbers, 1980: Wind-driven inertial waves observed during Phase III of GATE. *Deep-Sea Res.*, Suppl. to Vol. **26**, 191–216.

* Krauß, W. 1980: Golfstrom und Nordostatlantische Wärmeanomalie. *Umschau in Wiss. u. Technik*, **6**, 167–174.

Luthardt, H., und L. Hasse, 1980: Zusammenhang von Druckfeld und Bodenwind im Gebiet der Deutschen Bucht. *Ann. Meteorol.*, N. F. **15**, 126–128.

Macvean, M., and J. D. Woods, 1980: Redistribution of scalars during upper ocean frontogenesis – a numerical model. *Q. J. Roy. Met. Soc.*, **106**, 293–311.

- Siedler, G., and W. Zenk, 1980: JASIN 1978. Field activities on the research vessels "Meteor", "Planet" and "Poseidon" and the research aircraft D-CMET. *Meteor-Forsch. Ergebn. Reihe A*, **21**, 25-48.
- Willebrand, J., and J. Meincke, 1980: Statistical analysis of fluctuations in the Iceland-Scotland frontal zone. *Deep-Sea Res.*, **27 A**, 1047-1066.
- Willebrand, J., S. G. H. Philander, and R. C. Pacanowski, 1980: The oceanic response to large-scale atmospheric disturbances. *J. Phys. Oceanogr.*, **10**, 411-429.
- Wittstock, R. G., and G. Siedler, 1980: On the determination of vertical velocities in the tropical Atlantic Ocean. *Meteor-Forsch. Ergebn. Reihe A*, **21**, 49-56.
- Woods, J. D., 1980: Do waves limit turbulent diffusion in the ocean? *Nature*, **288**, 219-224.
- Woods, J. D., 1980: Diurnal and seasonal variation of convection in the wind layer. *Q. J. Roy. Soc.*, **106**, 379-394.
- Zenk, W., 1980: The sub-Mediterranean undercurrent. *Deep-Sea Res.*, **27 A**, 1, 97-98.
- 1981**
- Dooley, H. D., and J. Meincke, 1981: Circulation and water masses in the Faroese channels during Overflow 73. *Dt. Hydr. Z.*, **34**, 2, 41-55.
- Grassl, H., 1981: The climate at maximum entropy production by meridional atmospheric and oceanic heat fluxes. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, **107**, 153-166.
- Grassl, H., and P. Koepke, 1981: Corrections for atmospheric attenuation and surface reflectivity in satellite-borne SST measurements. *Oceanography from space*. J. F. R. Gower, Ed., Plenum Publ. Corp., New York, 97-107.
- Krauß, W., 1981: The erosion of a thermocline. *J. Phys. Oceanogr.*, **11**, 415-433.

- Luthardt, H., and L. Hasse, 1981: On the relationship between surface and geostrophic wind in the region of the German Bight. *Beitr. Phys. Atmosph.*, **54**, 222–237.
- Olbers, D. J., 1981: A formal theory of internal wave scattering with applications to ocean fronts. *J. Phys. Oceanogr.*, **11**, 1078–1099.
- Olbers, D. J., 1981: The propagation of internal waves in a geostrophic current. *J. Phys. Oceanogr.*, **11**, 1124–1233.
- Olbers, D. J., and Neil Pomphrey, 1981: Disqualifying two candidates for the energy balance of oceanic internal waves. *J. Phys. Oceanogr.*, **11**, 1423–1425.
- 1982**
- Fahrbach, E., 1982: The variability of equatorial thermocline spreading as an indication of equatorial upwelling in the Atlantic Ocean. *Océanogr. Trop.*, **17** (2), 121–132.
- Fechner, H., 1982: Klimatologie des Geopotentials der 500mb–Fläche der Nordhalbkugel unter Verwendung von natürlichen Orthogonalfunktionen im Wellenzahlenbereich. *Meteorol. Rdsch.*, **35**, 171–181.
- Grassl, H., 1982: The influence of aerosol particles on radiation parameters of clouds. *IDÖJARAS*, Heft 4.
- Grassl, H., and M. Newiger, 1982: Changes of local planetary albedo by aerosol particles. *The science of the total environment*, Elsevier, Amsterdam, **23**, 313–320.
- Käse, R. H., and G. Siedler, 1982: Meandering of the subtropical front southeast of the Azores. *Nature*, **300** (5889), 245–246.
- Knoll, M., W. Zenk, and E. Bauer, 1982: Some XBT-observations on the thermal structure of the WARMWASSERSPHÄRE in equatorial and lower latitudes of the eastern Atlantic. *Dtsch. Hydrogr. Z.*, **35**, 73–81.

Krauß, W., and J. Meincke, 1982: Drifting buoy trajectories in the North Atlantic current. *Nature*, **296** (5859), 737-740.

Krauß, W., and C. Wübbler, 1982: A semi-spectral model on the β -plane. *Dtsch. Hydr. Z.*, **35**, 187-210.

Krauß, W., and C. Wübbler, 1982: Response of the North Atlantic to annual wind variations along the eastern coast. *Deep-Sea Res.*, **29**, 851-868.

1983

Fahrbach, E., 1983: On the Variation of the Heat Content in Various Vertical Layers in the Central Equatorial Atlantic. *Hydrodynamics of the Equatorial Ocean*, J. C. J. Nihoul, Ed., Elsevier Amsterdam, 83-98, 1983.

* Grassl, H. 1983: Kann Ozeanographie vom Weltraum aus betrieben werden? *PROMET*, **13**, 3/4, 36-42.

Hasse, L. 1983: Introductory Meteorology and Fluid Dynamics. *Air-Sea Exchange of Gases and Particles*. P. S. Liss and W. G. N. Slinn, Eds., NATO-ASI series, Series C. Mathematical and Physical Series No. 108, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, 1-51, 1983.

Käse, R. H., M. Knoll, G. Siedler, and W. Zenk, 1983: Moored current meter data from JASIN 1978. *'Meteor' Forsch. Ergebn.*, A/B, **24**, 5-24.

Kielmann, J., T. J. Simons, 1983: Some Aspects of Baroclinic Circulation Models. *Hydrodynamics of Lakes*. K. Hutter, Ed., CISM Lectures, Springer-Verlag Wien, New York, 235-285, 1983.

Lass, H. U., V. Bubnov, J. M. Huthnance, E. J. Katz, J. Meincke, A. de Mesquita, F. Ostapoff, and B. Voituriez, 1983: Seasonal changes of the zonal pressure gradient in the equatorial Atlantic during FGGE year. *Oceanologica Acta*, **6** (1), 2-11.

- * Meincke, J., 1983: Der Nordatlantische Strom – Revision des Bildes vom Wärmetransport im Nordatlantik. *Geowissenschaften in unserer Zeit*, **1** (5), 168–175.
- Meincke, J., 1983: The modern current regime across the Greenland- Scotland Ridge. *Structure and Development of the Greenland-Scotland Ridge*. Bott et al., Eds., Plenum Publ. Corp., 637–650, 1983.
- Minnett, P. J., R. T. Pollard, D. S. Collins, A. Horch, and M. Knoll, 1983: The structure of a weak thermocline front. *Phil. Trans. R. Soc. London*, **A 308**, 359–375.
- Molinari, R. L., E. Katz, E. Fahrbach, H. U. Lass, and B. Voituriez, 1983: Near Surface Temperature Observations obtained in the Equatorial Atlantic Ocean during FGGE (1979). *Hydrodynamics of the Equatorial Ocean*. J. C. J. Nihoul, Ed., Elsevier Sci. Publ. Co., 65–82, 1983.
- Peters, H., 1983: On the kinematics of the stochastic field of internal waves modified by a mean shear current. *Deep-Sea Res.*, **30** (2A), 119–148.
- Siedler, G., 1983: Tropical and equatorial regions. *Eddies in marine Science*, A. R. Robinson, Ed., Springer-Verlag, New York, 181–199, 1983.
- Siedler, G., and L. Stramma, 1983: The applicability of the T/S method to geopotential anomaly computations in the Northeast Atlantic. *Oceanologica Acta*, **6** (2), 167–172.
- Weller, R. A., R. E. Payne, W. G. Large, and W. Zenk, 1983: Wind measurements from an array of oceanographic moorings and from F. S. "Meteor" during JASIN 1978. *J. of Geophys. Res.*, **88** (C14), 9689–9705.
- Woods, J. D., 1983: Seasonal variation and water mass conversion. *Global Observations and Understanding of the General Circulation of the Oceans*. C. Wunsch, Ed., National Academy of Sciences, Washington, DC, 1983.
- Woods, J. D., 1983: Satellite monitoring of the ocean for climate research. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, **A, 309**, 337–359.

1984

- Armi, L., and W. Zenk, 1984: Large lenses of highly saline Mediterranean water. *J. Phys. Oceanogr.*, **14**, 1560–1576.
- Grassl, H., and J. Fischer, 1984: Radiative transfer in a atmosphere–ocean system: an azimuthally dependent Matrixoperator approach. *Appl. Opt.*, **23**, 1032–1039.
- * Grassl, H., E. Maier–Reimer, E. T. Degens, S. Kempe, and A. Spitzky, 1984: CO₂, Kohlenstoff–Kreislauf und Klima. Teil I. Globale Kohlenstoffbilanz. *Naturwissenschaften*, **71**, 129–136. Teil II. Strahlungsbilanz und Wasserhaushalt. *Naturwissenschaften*, **71**, 234–238.
- Grassl, H., T. Storck, and C. v. Rüsten, 1984: Daily temperature amplitude at the surface from NOAA 7. *Zbornik*, **11**.
- Hardtke, G., 1984: Zur Abbildung ozeanischer Bewegungsvorgänge in Satelliteninfrarot– und Radaraltimeterdaten. *Z. f. Flugwissenschaften und Weltraumforschung*, **8** (5), 359–364.
- Hardtke, G., and J. Meincke, 1984: Kinematic interpretation of infrared surface pattern in the North Atlantic. *Oceanologica Acta*, **7**, 373–378.
- * Hasse, L., 1984: Cumuluskonvektion und Konvektionsrollen. *PROMET*, 2/3, 45–48.
- * Hasse, L., 1984: Großräumige Wechselwirkung Ozean–Atmosphäre. *PROMET*, 2/3, 45–48.
- Krauß, W., and R. H. Käse, 1984: Mean circulation and eddy kinetic energy in the eastern North Atlantic. *J. Geoph. Res.*, **89** (C3), 3407–3415.
- Stramma, L., 1984: Geostrophic transport in the Warm Water sphere of the eastern subtropical North Atlantic. *J. Mar. Res.*, **42**, 537–558.

Woods, J. D., 1984: The upper ocean air-sea interaction in global climate. *The Global Climate*. J. T. Houghton, Ed., Cambridge University Press, 141-187, 1984.

Woods, J. D. W. Barkmann, and A. Horch, 1984: Solar heating of the oceans – diurnal, seasonal and meridional variation. *Quart. J. R. Met. Soc.*, **110**, 633-656.

1985

Dick, G., and G. Siedler, 1985: Barotropic tides in the Northeast Atlantic inferred from moored current meter data, *Dt. Hydr. Z.*, **38**, 7-22.

Dickson, R. R., W. J. Gould, T. J. Müller, and C. Maillard, 1985: Estimates of the mean circulation in the deep (> 2000 m) layer of the eastern North Atlantic. *Prog. Oceanography*, **14**, 103-127.

Fahrbach, E., J. Meincke, and A. Sy, 1985: Observations on the horizontal separation of the salinity and the current cores in the Atlantic Equatorial Undercurrent. *J. Mar. Res.*, **44**, 763-779.

Käse, R. H., W. Zenk, T. B. Sanford, and W. Hiller, 1985: Currents, fronts and eddy fluxes in the Canary Basin. *Progr. Oceanogr.*, **14**, 231-257.

Leach, H., P. J. Minnett, and J. D. Woods, 1985: The GATE Lagrangian Batfish Experiment. *Deep-Sea Res.*, **32**, 575-597.

Lippert, A., and R. H. Käse, 1985: Stochastic wind forcing of baroclinic Rossby waves in the presence of a meridional boundary. *J. Phys. Oceanogr.*, **15**, 184-194.

Olbers, D. J., M. Wenzel, and J. Willebrand, 1985: The inference of North Atlantic circulation patterns from climatological hydrographic data. *Rev. Geophys.*, **23**, 313-356.

Siedler, G., W. Zenk, and W. J. Emery, 1985: Strong current events related to a subtropical front in the Northeast Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, **15**, 885-897.

Stramma, L., 1985: Potential vorticity and volume transport in the eastern North Atlantic from two long CTD-sections. *Dt. Hydr. Z.*, **37**, 147–155.

Sy, A., 1985: An alternative editing technique for oceanographic data. *Deep-Sea Res.*, **32** (12A), 1591–1599.

Woods, J. D., 1985: The physics of thermocline ventilation. *Coupled Ocean Atmosphere Models*. J. C. Nihoul, Ed., Elsevier, Amsterdam, 1985.

Woods, J. D., W. Barkmann, and V. Strass, 1985: Mixed layer and Ekman current response to solar heating. *The Ocean Surface – Wave Breaking, Turbulent Mixing and Radio Probing* – Y. Toba, and H. Mitsuyayasu, Eds., D. Reidel, Dordrecht, 487–597, 1985.

1986

Böning, C., 1986: On the influence of frictional parametrization in wind-driven ocean circulation models. *Dyn. Atm. Oceans*, **10**, 63–92.

Emery, W. J., W. Lee, W. Zenk, and J. Meincke, 1986: A low-cost digital XBT-system and its application to the real-time computation of dynamic height. *J. Atm. Oceanic Technology*, **3**, 1, 75–83.

Ennenga, U., and L. Hasse, 1986: Lokal optimale Bestimmung des Windfeldes auf See aus Wind- und Druckbeobachtungen mit einer Inversmethode. *Ann. Meteor. Neue Folge* **23**, 184–185.

Finke, M., and G. Siedler, 1986: Drag coefficients of oceanographic mooring components. *J. Atm. Oceanic Technology*, **3**, 255–264.

Gerstl, S. A. W., and C. Simmer, 1986: Radiation Physics and Modelling of Off-Nadir Satellite Sensing of Non-Lambertian Surfaces. *Remote Sensing of Environment*, **20**, 1–29.

Hasse, L., 1986: On Charnock's relation for the roughness at sea. *Oceanic Whitecaps and their role in Air Sea Exchange Processes*. E. Monahan, and G. MacNiocaill, Eds., D. Reidel, Dordrecht, 49–56, 1986.

- * Hasse, L., and Isemer, H. J., 1986: Annual migration of the North Atlantic zero heat flux line. *Naturwissenschaften*, **73**, 550–551.
- Isemer H. J., and L. Hasse, 1986: Vertikale Energieflüsse und meridionaler Wärmetransport im Nordatlantik. *Ann. Meteor.*, Neue Folge, **23**, 17–18.
- Käse, R. H., J. F. Price, P. L. Richardson, and 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.
- König, W., and E. Ruprecht, 1986: Investigation of the Diagnostic Determination of Cumulus Cloud Mass Fluxes by the Parametrization of Arakawa and Schubert. *Reihe Phys. Atm.*, **59**, 237–250.
- Krauß, W., 1986: The North Atlantic Current. *J. Geophys. Res. Oceans*, **91**, 5061–5074.
- Leach, H., 1986: The analysis of currents measured from a moving ship in the region of the North Atlantic Polar Front. *Deep-Sea Res.*, **33**, 1069–1181.
- Müller, P., and J. Willebrand, 1986: Compressibility effects in the thermohaline circulation: a manifestation of the temperature-salinity mode. *Deep-Sea Res.*, **33**, 559–571.
- Siedler, G., and H. Peters, 1986: Properties of sea water, Physical properties (general). *Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. New Series, Oceanography*. J. Sündermann, Ed., Landolt-Börnstein, V/3a, 233–264, 1986.
- Stramma, L., 1986: Baroclinic flow and transient-tracer fields in the Canary-Cape-Verde Basin. *J. Phys. Oceanogr.*, **16**, 814–826.
- Stramma, L., 1986: Satellitenbeobachtungen atmosphärisch bedingter Änderungen der Oberflächentemperatur des Ozeans. *Ann. Met.* (Neue Folge), **21**, 150–151.
- Stramma, L. and H. J. Isemer, 1986: Meridional temperature fluxes in the subtropical eastern North Atlantic. *Deep-Sea Res.*, **33**, 209–223.

- Sy, A., and H. H. Hinrichsen, 1986: The Long-Term Storage on the Salinity of Bottled Seawater Samples. *Dt. Hydrogr. Z.*, **39**, 35–40.
- Thiele, G., W. Roether, P. Schlosser, R. Kuntz, G. Siedler, and L. Stramma, 1986: Baroclinic flow and transient-tracer fields in the Canary-Cape-Verde Basin. *J. Phys. Oceanogr.*, **16**, 814–826.
- Welander, P., 1986: Thermohaline effects in the ocean circulation and related simple models. *Large-scale transport processes in oceans and atmosphere*. J. Willebrand, and D. L. T. Anderson, Eds, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, 163–200, 1986.
- Woods, J. D., and W. Barkmann, 1986: The response of the upper ocean to solar heating. I: The mixed layer. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, **112**, 1–27.
- Woods, J. D., and W. Barkmann, 1986: A Lagrangian mixed layer model of Atlantic 18°C water formation. *Nature*, **319**, 574–576.
- Woods, J. D., R. Onken, and J. Fischer, 1986: Thermohaline intrusions created isopycnally at oceanic fronts are inclined to isopycnals. *Nature*, **322**, 446–449.
- Woods, J. D., and V. Strass, 1986: The response of the upper ocean to solar heating. II. The wind-driven current. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, **112**, 29–42.
- 1987**
- Cornillon, P., L. Stramma, and J. F. Price, 1987: Satellite measurements of sea surface cooling during hurricane Gloria. *Nature*, **326**, 373–375.
- Cornillon, P., C. Gilman, L. Stramma, O. Brown, R. Evans, and J. Brown, 1987: Processing and analysis of large volumes of satellite-derived thermal infrared data. *J. Geophys. Res.*, **92**, 12993–13002.
- Didden, N., 1987: Performance evaluation of a shipboard 115 kHz acoustic Doppler current profiler. *Cont. Shelf Res.*, **7**, 1231–1243.

- Käse, R. H., and L. Washburn, 1987: Double diffusion and distribution of density ratio in the Mediterranean water front southeast of the Azores. *J. Phys. Oceanogr.*, **17**(1), 12–25.
- Käse, R. H., and W. Zenk, 1987: Reconstructed Mediterranean salt lens trajectories. *J. Phys. Oceanogr.*, **17**, 158–163.
- Kielmann, J., and R. H. Käse, 1987: Numerical modelling of meander and eddy formation of the Azores–Current frontal zone. *J. Phys. Oceanogr.*, **17**, 529–541.
- Krauß, W., and C. W. Böning, 1987: Lagrangian properties of eddy fields in the northern North Atlantic as deduced from satellite-tracked buoys. *J. Mar. Res.*, **45**, 259–291.
- Krauß, W., E. Fahrbach, A. Aitsam, J. Elken, and P. Koske, 1987: The North Atlantic Current and its associated eddy field southeast of Flemish Cap. *Deep-Sea Res.*, **34**, 1161–1185.
- Leach, H., 1987: The diagnosis of synoptic-scale vertical motion in the seasonal thermocline. *Deep-Sea Res.*, **34**, 2005–2017.
- Peterson, E. W., and L. Hasse, 1987: Did the Beaufort-scale or the wind climate change? *J. Phys. Oceanogr.*, **17**, 1071–1074.
- Siedler, G., A. Kuhl, and W. Zenk, 1987: The Madeira Mode Water. *J. Phys. Oceanogr.*, **17**(10), 1561–1570.

1988

- Bauer, E., and G. Siedler, 1988: The relative contributions of advection and isopycnal and diapycnal mixing below the subtropical salinity maximum. *Deep-Sea Res.*, **35**, 811–838.
- Beckmann, A., 1988: On the Vertical Structure of Midlatitude Mesoscale Instabilities. *J. Phys. Oceanogr.*, **18**, 1354–1371.

- Bleck, R., R. Onken, and J. D. Woods, 1988: A two-dimensional model of mesoscale frontogenesis in the ocean. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 11 4B, 347-372.
- Böning, C. W., 1988: Characteristics of particle dispersion in the North Atlantic: An alternative interpretation of SOFAR float results. *Deep-Sea Res.*, 35, 1379-1385.
- Böning, C. W., and M. D. Cox, 1988: Particle dispersion and mixing of conservative properties in an eddy-resolving model. *J. Phys. Oceanogr.*, 18, 320-338.
- Emery, W. J., W. Zenk, K. Huber, P. Rual, and P. Nowlan, 1988: Trends in Atlantic Equatorial Current variability. *Dt. Hydrogr. Z.*, 6, 261-278.
- Marotzke, J., P. Welander, and J. Willebrand, 1988: Instability and multiple steady states in a meridional-plane model of the thermohaline circulation. *Tellus*, 40A, 162-172.
- Stramma, L., and T. J. Müller, 1988: Thermohaline structures of the Azores Current and the North Equatorial Current. *J. Geophys. Res.*, 94 (C3), 3181-3186.
- Stramma, L., and G. Siedler, 1988: Seasonal changes in the North Atlantic subtropical gyre. *J. Geophys. Res.*, 93, 8111-8118.
- Stramma, L., and H. J. Isemer, 1988: Saisonal variability of meridional temperature fluxes in the eastern North Atlantic Ocean. *J. Marine Res.*, 46, 281-299.
- Strass, V., and J. D. Woods, 1988: Horizontal and seasonal variation of density and chlorophyll profiles between the Azores and Greenland. *Toward a Theory on Biological-Physical Interactions in the World Ocean*. B. Rothschild, Ed., Reidel Publ., Dordrecht, 1988.

Sy, A., 1988: Investigation of large-scale circulation patterns in the central North Atlantic: the North Atlantic Current, the Azores Current, and the Mediterranean Water plume in the area of the Mid-Atlantic Ridge. *Deep-Sea Res.*, **35** (3), 383-413.

Wolf, U., and J. D. Woods, 1988: Lagrangian simulation of primary production in the physical environment – The deep chlorophyll maximum and nutricline. *Toward a Theory on Biological-Physical Interactions in the World Ocean*. B. Rothschild, Ed., Reidel Publ., Dordrecht, 1988.

Zenk, W., and T. J. Müller, 1988: Seven-year current meter record in the eastern North Atlantic. *Deep-Sea Res.*, **35**, 1259-1268.

W. Zenk, Klein, B., M. Schröder, 1988: Cape Verde Frontal Zone. *J. Deep-Sea Res.*, **38**, Suppl. 1, S505-S530.

1989

Beckmann, A., and R. H. Käse, 1989: Numerical Simulation of the Movement of a Mediterranean Water Lens. *Geophysical Research Letters*, **16**, No. 1, 65-68.

Böning, C. W., 1989: Influences of a rough bottom topography on flow kinematics in an eddy-resolving circulation model. *J. Phys. Oceanogr.*, **19**, 77-97.

Bumke, K., and L. Hasse, 1989: An analysis scheme for determination of true surface winds at sea from ship synop wind and pressure observations. *Bound. Lay. Met.*, **47** (Panofsky-Volume), 295-308.

Fahrbach, E., and J. Meincke, 1989: Temperature and Salinity Characteristics of World Ocean Waters. *Oceanography*. Landolt-Börnstein, Neue Serie, Band V/3b, J. Sündermann, Ed., 15-58, 1989.

Fischer, J., H. Leach, and J. D. Woods, 1989: A synoptic map of isopycnic potential vorticity in the seasonal thermocline. *J. Phys. Oceanogr.*, **19**, 519-531.

- Herrmann, P., and W. Krauß, 1989: Generation and Propagation of Annual Rossby Waves in the North Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, **19**, (6), 727 - 744 .
- Isemer, H. J., J. Willebrand, and L. Hasse, 1989: Fine adjustment of large-scale air-sea energy flux parameterizations by direct estimates of ocean heat transport. *J. Climate*, **2** (10), 1173-1184.
- Käse, R. H., A. Beckmann, and H. H. Hinrichsen, 1989: Observational evidence of salt lens formation in the Iberian Basin, *J. Geophys. Res.*, **94**, C4, 4905-4912.
- Klein, B., and G. Siedler, 1989: On the origin of the Azores Current. *J. Geophys. Res.*, **94**, 6159-6168.
- Krauß, W., J. Dengg, and H. H. Hinrichsen, 1989: The response of drifting buoys to currents and wind. *J. Geophys. Res.*, **94**, (C3), 3201-3210.
- Maillard, C., and R. Käse, 1989: The near-surface flow in the subtropical gyre south of the Azores. *J. Geophys. Res.*, **94**, 16133-16140.
- Marotzke, J., 1989: Instabilities and multiple steady states of the thermohaline circulation. *Oceanic Circulation Models: Combining Data and Dynamics*. D. L. T. Anderson, and J. Willebrand, Eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 501-511, 1989.
- Müller, P., and J. Willebrand, 1989: Equations of oceanic motions. *Oceanography*. Landolt-Börnstein J. Sündermann, Ed., Springer Verlag, Berlin, **3**(b), 1-14, 1989.
- Richardson, P. L., D. Walsh, L. Armi, M. Schröder, and J. F. Price, 1989: Tracking three meddies with SOFAR floats. *J. Phys. Oceanogr.*, **19**, 371-383.
- Simmer, C., E. Ruprecht, and D. Wagner, 1989: The influence of the Vertical Structure of Humidity on the Retrieval of Total Water Vapour Content over the Oceans by Microwave Radiometry from Space. *Microwave Remote Sensing of the Earth System*. A. Chedin, Ed., A. Deepak Publ., 75-94, 1989.

Stramma, L., and T. J. Müller, 1989: Some observations of the Azores Current and the North Equatorial Current. *J. Geophys. Res.*, **94**, 3181–3186.

Viehoff, T., 1989: Mesoscale variability of sea surface temperature in the North Atlantic. *Int. J. Remote Sensing*, **10**, Nos. 4 and 5, 771–785.

Willebrand, J., 1989: General circulation dynamics. *Oceanography*. Landolt-Börnstein, J. Sündermann, Ed., Springer-Verlag, Berlin, **3(b)**, 123–150, 1989.

1990

Hasse, L. 1990: On the mechanism of gas exchange. *Tellus*, **42 B**, 250–253.

Hasse, L., 1990: Oceanic micrometeorological field experiments: a historical review. *Boundary-Layer Meteorol.*, **50**, 139–146.

Johns, W. E., T. N. Lee, F. Schott, R. Zantopp, and R. Evans, 1990: The North Brazil Current retroreflections: Seasonal structure and eddy variability. *J. Geophys. Res.*, **95** (C12), 22103–22120.

Knutz, T., P. Koske, J. Rathlev, 1990: Current measurement in Estuaries by electromagnetic methods and Decca-drifters. *Estuarine Water Quality Management*. Springer-Verlag, Berlin, 217–220.

Krauß, W., J. Dengg, and H. H. Hinrichsen, 1990: Reply. (To the Comment of P. M. Poulain and P. P. Niiler on our paper: The response of drifting buoys to currents and wind.) *J. Geophys. Res.*, **95**,(C1),801–803.

Krauß, W., R. Döscher, A. Lehmann, and T. Viehoff, 1990: On eddy scales in the eastern and northern North Atlantic Ocean as function of latitude / *J. Geophys. Res.*, **95**, C10, 18049–18056.

Krauß, W., R. H. Käse, and H. H. Hinrichsen, 1990: The branching of the Gulf Stream southeast of the Grand Banks. *J. Geophys. Res.*, **95** (C8), 13089–13103.

- Leach, H., 1990: Interannual variability in the upper ocean in the North Atlantic, summer 1983 and 1986. *Deep-Sea Res.*, **37**, 1169–1175.
- * Lindau, R., H. J. Isemer, und L. Hasse, 1990: Zeitabhängige Kalibrierung der Beaufort-Skala für Klima-Untersuchungen an historischen Windschätzungen auf See. *Naturwissensch.*, **77**, 28–29.
- Lindau, R., L. Hasse, and H. J. Isemer, 1990: Towards Time-Dependent Calibration of Historical Wind Observations at Sea. *Tropical Ocean Atmosphere Newsletter*, **54**, 7–12.
- Mammen, T. C., and N. v. Bosse, 1990: STEP – A Temperature Profiler for Measuring the Oceanic Thermal Boundary Layer at the Ocean-Air Interface. *J. Atmosph. and Ocean. Tech.*, **7**, 2, 312–322.
- Onken, R., 1990: The creation of reversed baroclinicity and subsurface jets in oceanic eddies. *J. Phys. Oceanogr.*, **20**, 786–791.
- Onken, R., J. Fischer, and J. D. Woods, 1990: Thermohaline finestructure and its relation to frontogenesis dynamics. *J. Phys. Oceanogr.*, **20** (9), 1379–1394.
- Schlüssel, P., W. J. Emery, H. Grassl, and T. C. Mammen, 1990: On the Bulk-Skin Temperature Difference and its Impact on Satellite Remote Sensing of Sea Surface Temperature. *J. Geophys. Res.*, **95**, C8, 13341–13356.
- Wagner, D., E. Ruprecht, and C. Simmer, 1990: A combination of microwave observations from satellites and EOF analysis to retrieve vertical humidity profiles over the ocean. *J. Appl. Meteor.*, **29**, 1142–1157.
- Willebrand, J., R. H. Käse, D. Stammer, H. H. Hinrichsen, and W. Krauß, 1990: Verification of GEOSAT sea-surface topography in the Gulf Stream extension with surface drifting buoys and hydrographic measurements. *J. Geophys Res.*, **95**, (C3), 3007–3014.
- Willebrand, J., and C. Wunsch, 1990: Inversion of ocean general circulation models. *EOS Transactions of the American Geophysical Union*, **71**, 1, 2–5.

Zenk, W., L. Armi, 1990: The complex spreading pattern of Mediterranean Water off the Portuguese continental slope. *Deep-Sea Res.*, **37**, 12, 1805–1832.

1991

- Bauer, J., H. Leach, and J. D. Woods, 1991: The seasonal variation of heat and fresh water contents between the Azores and Greenland. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, **117**, 1081–1104.
- Böning, C. W., and R. G. Budich, 1991: Eddy dynamics in a primitive equation model: sensitivity to horizontal resolution and friction. *J. Phys. Oceanogr.*, **22**, 361–381.
- Böning, C. W., R. Döscher, and R. G. Budich, 1991: Seasonal transport variation in the western subtropical North Atlantic: Experiments with an eddy-resolving model. *J. Phys. Oceanogr.*, **21** (9) 1271–1289.
- Böning, C. W., R. Döscher, and H. J. Isemer, 1991: Monthly mean wind stress and Sverdrup Transports in the North Atlantic: A comparison of the Hellerman-Rosenstein and Isemer-Hasse Climatologies. *J. Phys. Oceanogr.*, **21**, 221–235.
- Brügge, B., and J. Dengg, 1991: Differences in drift behaviour between drogued and undrogued satellite-tracked drifting buoys. *J. Geophys. Res.*, **96** (C4), 7249–7263.
- Bumke, K., L. Hasse, and K. Uhlig, 1991: Fluxes of water vapour and momentum at the IfM mast during HEXMAX. Preprints, 5th Conference on Meteorology and Oceanography of the Coastal Zone. AMS, Boston, 168–171.
- Crewell, S., E. Ruprecht, and C. Simmer, 1991: Latent heat flux over the North Atlantic Ocean – a case study. *J. Appl. Meteor.*, **30**, 1627–1635.
- Gerdes, R., C. Köberle, and J. Willebrand, 1991: The influence of numerical advection schemes on the results of ocean general circulation models. *Climate Dynamics*, **5**, 211–226.

- Haidvogel, D. B., A. Beckmann, and K. S. Hedström, 1991: Dynamical Simulations of Filament Formation and Evolution in the Coastal Transition Zone. *J. Geophys. Res.*, **96** (C8), 15017–15040.
- Hasse, L., 1991: On "Integration of space and in situ observations to study global climate change". *BAMS*, **72**, No. 2, 242–243.
- Isemer, H. J., and L. Hasse, 1991: The Scientific Beaufort Equivalent Scale: Effects on wind statistics and climatological air– flux estimates in the North Atlantic Ocean. *J. of Climate*, **4**, 819–836.
- König, H., K. Schultz Tokos, and W. Zenk, 1991: MAFOS – a simple tool for monitoring the performance of RAFOS sound sources in the ocean. *J. Atm. Oc. Techn.*, **8**, 669–676.
- Marotzke, J., 1991: Influence of convective adjustment on the stability of the thermohaline circulation. *J. Phys. Oceanogr.*, **21**, 903–907.
- Marotzke, J., and J. Willebrand, 1991: Multiple Equilibria of the Global Thermohaline Circulation. *J. Phys. Oceanogr.*, **21**(9), 1372–1385.
- Onken, R., and B. Klein, 1991: A model of baroclinic instability and waves between the ventilated gyre and the shadow zone of the North Atlantic Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, **21** (1), 53–67.
- Ruprecht, E., and C. Simmer, 1991: Fluxes of latent heat over the oceans: Climatological studies and applications of satellite observations. *Dyn. Atm. Oceans*, **16**, 111–121.
- Schott, F. A., and C. W. Böning, 1991: The WOCE model in the western equatorial Atlantic: upper layer circulation. *J. Geophys. Res.*, **96**, (C4), 6993–7004.
- Schultz Tokos, K., and H. T. Rossby, 1991: Kinematics and dynamics of a Mediterranean salt lens. *J. Phys. Oceanogr.*, **21**, 879–892.
- Siedler, G., and U. Paul, 1991: Barotropic and baroclinic tidal currents in the eastern basins of the North Atlantic. *J. Geophys. Res.*, **96**, 22259–22271.

- Stammer, D., and C. W. Böning, 1991: Mesoscale variability in the Atlantic Ocean from GEOSAT altimetry and WOCE high-resolution numerical modelling effort. *J. Phys. Oceanogr.*, **22**(7), 732–753.
- Stammer, D., H. H. Hinrichsen, and R. H. Käse, 1991: Can meddies be detected by satellite altimetry? *J. Geophys. Res.*, **96**(C4), 7005–7014.
- Strass, V., H. Leach, and J. D. Woods, 1991: On the seasonal development of mesoscale variability: the influence of the seasonal pycnocline formation. *Deep-Sea Res.*, **39**, 1627–1639.
- Zenk, W., B. Klein, and M. Schröder, 1991: Cape Verde Frontal Zone, *Deep-Sea Res.*, Joseph Reid Festschrift, **38**, suppl. 1, 505–530.
- 1992**
- Anderson, D. L. T., and J. Willebrand, 1992: Recent advances in modelling the ocean circulation and its effect on climate. *Rep. Prog. Phys.*, **55**, 1–37.
- Böning, C. W., 1992: Modelluntersuchungen zur Rolle mesoskaliger Fluktuationen im Atlantischen Ozean. *Ann. Meteor.*, **27**, 216–217.
- Böning, C. W., and R. G. Budich, 1992: Eddy dynamics in a primitive equation model: sensitivity to horizontal resolution and friction. *J. Phys. Oceanogr.*, **22**, 361–381.
- Bumke, K., und L. Hasse, 1992: Korrelationsfunktionen des Windes auf See im synoptischen bis kleinräumigen Bereich. *Ann. Meteor.*, **27**, 15–16.
- Didden, N., and F. Schott, 1992: Seasonal variations in the western tropical Atlantic: surface circulation from Geosat altimetry and WOCE model results. *J. Geophys. Res.*, **97**, C3, 3529–3541.
- Fiekas, V., J. Elken, T. J. Müller, A. Aitsam, and W. Zenk, 1992: A view of the Canary Basin thermocline circulation in winter. *J. Geophys. Res.*, **97**, C8, 12495–12510.

- Gemrrich, J., and L. Hasse, 1992: Small surface streaming under natural conditions. *Tellus*, **44B**, 150–159.
- Großklaus, M., K. Uhlig, and L. Hasse, 1992: Entwicklungen zur Niederschlagsmessung auf See. *Ann. Meteor.*, **27**, 37–38.
- Hargens, U., C. Oelke, E. Ruprecht, C. Simmer, and E. Roeckner, 1992: Wolkenwasser über dem Atlantik – Vergleich zwischen Klimamodellergebnissen und Mikrowellenfernerkundung. *Ann. Meteor.*, **27**, 276–277.
- Isemer, H. J., and L. Hasse, 1992: Bestimmung der Wechselwirkungsflüsse Ozean – Atmosphäre als Antrieb ozeanischer Zirkulation. *Ann. Meteor.*, **27**, 218–219.
- Müller, T. J., and G. Siedler, 1992: Multi-year current time series in the eastern North Atlantic Ocean. *J. Mar. Res.*, **50**, 63–98.
- Onken, R., 1992: Mesoscale upwelling and density finestructure in the seasonal thermocline – a dynamical model. *J. Phys. Oceanogr.*, **22**, 1257–1273.
- Poetsch–Heffter, C., Q. Liu, E. Ruprecht, and C. Simmer, 1992: Der Einfluß von Wolken auf die Strahlung am Atmosphärenoberrand berechnet mit dem ISCCP–Wolkendatensatz. *Ann. Meteor.*, **27**, 279–280.
- Schrader, M., R. Fuhrhop, E. Ruprecht, and C. Simmer, 1992: Feuchtefelder über dem Atlantik – Vergleich der EZMW–Analysen mit fernerkundeten Feuchteprofilen aus Mikrowellenbeobachtungen. *Ann. Meteor.*, **27**, 238–239.
- Siedler, G., N. Zangenberg, R. Onken, and A. Morlière, 1992: Seasonal Changes in the Tropical Atlantic Circulation: observation and Simulation of the Guinea Dome. *Journ. Geophys. Res.*, **97**, 703–715.
- Smith, S. D., R. J. Anderson, W. A. Oost, C. Kraan, N. Maat, J. Decosmo, K. B. Katsaros, K. L. Davidson, K. Bumke, L. Hasse, and H. M. Chadwick, 1992: Sea Surface Wind Stress and Drag Coefficients: The HEXOS Results. *BLM*, **60**, 109–142.

Speer, K. G., and M. S. McCartney, 1992: Bottom Water Circulation in the Western North Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, **22**, 83–92.

Speer, K. G., and E. Tzipermann, 1992: Rates of water mass formation in the North Atlantic Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, **22**, 93–104.

Stammer, D., and C. W. Böning, 1992: Mesoscale variability in the Atlantic Ocean from geosat altimetry and WOCE high-resolution numerical modeling. *J. Phys. Oceanogr.*, **22** (7), 732–752.

Sy, A., U. Schauer, and J. Meincke, 1992: The North Atlantic Current and its associated hydrographics structure above and eastward of the Mid-Atlantic Ridge. *Deep-Sea Res.*, **39**(5), 825–853.

Xu Jianping, 1992: Hydrographic structure and circulation in the central area of the North Eastern Atlantic. *Acta Oceanologica Science*, **11**, 343–356.

Zenk, W., K. Schultz Tokos, and O. Boebel, 1992: New observations of Meddy movement south of the Tejo Plateau. *Geophys. Res. Letters*, **19**, 2389–2392.

1993

Beckmann, A., and D. B. Haidvogel, 1993: Numerical simulation of flow around a tall isolated seamount: Part 1: problem formulation and model accuracy. *J. Phys. Oceanogr.*, **23**, 1736–1753.

Böning, C. W., and F. A. Schott, 1993: Deep currents and the eastward salinity tongue in the Equatorial Atlantic: Results from an eddy-resolving, primitive equation model. *J. Geophys. Res.*, **98**(C4), 6991–6999.

Dengg, J., 1993: The problem of Gulf Stream separation: A barotropic approach. *J. Phys. Oceanogr.*, **23**, 2182–2200.

Didden, N., and F. Schott, 1993: Eddies in the North Brazil Current retroflexion region observed by Geosat Altimetry. *J. Geophys. Res.*, **98** (C11), 20121–20131.

- Fischer, J., and M. Visbeck, 1993: Deep velocity profiling with self-contained ADCPs. *J. Atmosph. Ocean. Techn.*, **10**, 764-774.
- Gemmrich, J., and L. Hasse, 1993: Observations of small scale surface streaming as an indication of surface renewal. *Journ. Marine Systems*, **4**, 231-233.
- Großklaus, M., L. Hasse, and K. Uhlig, 1993: Correction of in-situ rainrate measurements at high wind speeds. *Precipitation measurement and quality control*. B. Sevruck and M. Lapin, Eds., Slovak Hydromet. Inst., Bratislava, and ETH, Zürich, 157-158, 1993.
- Haidvogel, D. B., A. Beckmann, D. C. Chapman, and R. Q. Lin, 1993: Numerical simulation of flow around a tall isolated seamount. Part II. Resonant generation of trapped waves. *J. Phys. Oceanogr.*, **23**, 2373-2391.
- Hasse, L., 1993: Observations of air sea fluxes. *Energy and water cycles in the climate system*. Raschke and Jacob, Eds., NATO ASI Series I, Vol. 5, Springer, Berlin, Heidelberg, 263-293, 1993.
- Hasse, L., 1993: Turbulence Closure in Boundary-Layer Theory – An Invitation to Debate. *Boundary-Layer Meteorology*, **65**, 249-254.
- Hasse, L., M. Großklaus, and K. Uhlig, 1993: Measurement of precipitation at sea. *Precipitation measurement and quality control*. B. Sevruck and M. Lapin, Eds., Slovak Hydromet. Inst., Bratislava, and ETH, Zürich, 36-41, 1993.
- Hinrichsen, H. H., and M. Rhein, 1993: On the origin and the spreading of the shallow Mediterranean water core in the Iberian Basin, 1993. *Deep-Sea Res.*, **140**, 2167-2178.
- Hinrichsen, H. H., M. Rhein, R. H. Käse, and W. Zenk, 1993: The Mediterranean Water Tongue and its chlorofluoromethane signal in the Iberian Basin in early summer 1989. *J. Geophys. Res.*, **98**(C5), 8405-8412.
- Hinrichsen, H. H., and M. Tomczak, 1993: Optimum multiparameter analysis of the water mass structure in the Western North Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, **98**(C6), 10155-10169.

- * Käse, R. H., und W. Zenk, 1993: Meddies–Wirbel aus Mittelmeerwasser im Ostatlantik. *Spektrum der Wissenschaft*, **11**, 29–34.
- Krauß, W., 1993: Ekman Drift in Homogeneous Water. *J. Geophys. Res.*, **98**(C11), 20187–20209.
- Onken, R., 1993: The Azores Countercurrent. *Journ. Phys. Oceanogr.* **23**, 1638–1646.
- Rhein, M., and H. H. Hinrichsen, 1993: Modification of Mediterranean Water in the Gulf of Cadiz, studied with hydrographic, nutrient and chlorofluoromethane data. *Deep–Sea Res.*, I **40**, 267–291.
- Ruprecht, E., 1993: Observation and analysis of global rainfall. *Energy and Water Cycles in the Climate System*. Raschke and Jacob, Eds., NATO ASI Series I, Vol. 5, Springer, Berlin, Heidelberg, 165–185, 1993.
- Schott, F., J. Fischer, J. Reppin, and U. Send, 1993: On mean and seasonal currents and transports at the western boundary of the equatorial Atlantic. *J. Geophys. Res.*, **98**(C8), 14353–14368.
- Siedler, G., and M. Finke, 1993: Long–period transport changes in the eastern North Atlantic and their simulation by propagating waves. *J. Geophys. Res.*, **98**(C2), 2393–2406.
- Spall, M. A., P. L. Richardson, and J. Price, 1993: Advection and eddy mixing in the Mediterranean salt tongue. *Journ. Mar. Res.*, **51**, 797–818.
- Speer, K. G., 1993: Conversion among North Atlantic surface water types. *Tellus*, **45A**, 72–79.
- Willebrand, J., 1993: Forcing the ocean by heat and freshwater fluxes. *Energy and water cycles in the climate system*. E. Raschke, and D. Jakob, Eds., Springer Verlag, 215–234, 1993.
- Zlotnicki, V., G. Siedler, and B. Klein, 1993: Can the weak surface currents of the Cape Verde Frontal Zone be measured with Altimetry? *Journ. Geophys. Res.*, **98**(C2), 2485–2493, 1993.

1994

- Beckmann, A., C. W. Böning, B. Brügge, and D. Stammer, 1994: Generation and role of eddy variability in the central North Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, (im Druck).
- Beckmann, A., C. W. Böning, C. Köberle, and J. Willebrand, 1994: Effects of increased horizontal resolution in a simulation of the North Atlantic Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, **24**, 326–344.
- Boebel, O., K. L. Schultz Tokos, and W. Zenk, 1994 : On the Calculation of Salinity from Neutrally Buoyant RAFOS Floats. *J. Atmos. and Oceanic Techn.* (im Druck).
- Boebel, O., K. Schultz Tokos und W. Zenk, 1994: Tracking of watermasses using RAFOS floats. *Journ. Atm. Oc. Technology* (eingereicht).
- Böning, C. W., F. O. Bryan, W. R. Holland, and R. Döscher, 1994: Thermohaline circulation and poleward heat transport in a high resolution model of the North Atlantic Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, (eingereicht).
- Böning, C. W., W. R. Holland, F. O. Bryan, G. Danabasoglu, and J. C. McWilliams, 1994: An overlooked problem in model simulations of the thermohaline circulation and heat transport in the Atlantic Ocean. *J. Climate*, (im Druck).
- Brügge, B., 1994: Near surface mean circulation and kinetic energy in the central North Atlantic from drifter data. *J. Geophys. Res.*, (eingereicht).
- Bryan, F. O., C. W. Böning, and W. R. Holland, 1994: On the mid-latitude circulation in a high resolution model of the North Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, (im Druck).
- Bumke, K., 1994: Spatial scales of surface wind observations and analysed wind fields over the North Atlantic Ocean. *J. Marine Systems*, **6** (angenommen).

- Bumke, K., K. Behrens & L. Hasse, 1994: A comparison of turbulent flux estimates at sea made from direct observations and analysed fields. *American Met. Soc., Preprint Volume of the Second International Conference on Air-Sea Interaction and Meteorology and Oceanography of the Coastal Zone*, (im Druck).
- De Cosmo, J., K. B. Katsaros, S. D. Smith, R. J. Anderson, W. Oost, K. Bumke, & A. L. M. Grant, 1994: Air-sea exchange of sensible heat and water vapor over whitecap sea states. *J. Geophys. Res.*, (eingereicht).
- Döscher, R., C. W. Böning, and P. Herrmann, 1994: Response of circulation and heat transport in the North Atlantic to changes in thermohaline forcing. *J. Phys. Oceanogr.*, (im Druck).
- Fricke, H., and R. Käse, 1994: Tracking of artificially matured eels (*Anguilla anguilla*) in the Sargasso Sea and the problem of the ell's spawning site. *Naturwissenschaften*, (eingereicht).
- Fuhrhop, R, and E. Ruprecht, 1994: An Improved Water Vapour Algorithm for Cloudy Situations. *Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment*. VSP Intern. Science Publ., The Netherlands (angenommen).
- Fuhrhop, R., and C. Simmer: SSM/I Brightness Temperature Corrections for Incidence Angle Variations. *J. Atm. Ocean Techn.*, (eingereicht).
- Gent, P. R., J. Willebrand, T. J. McDougall, and J. C. McWilliams, 1994: Parameterizing Eddy-Induced Tracer Transports in Ocean Circulation Models. *J. Phys. Oceanogr.*, (eingereicht).
- Hinrichsen, H. H., and A. Lehmann, 1994: A Comparison of Geostrophic Velocities and Profiling ADCP Measurements in the Iberian Basin. *J. Atmos. and Oceanic Tech.*, (eingereicht).
- Hinrichsen, H. H., and M. Rhein, 1994: On the origin and spreading of the shallow Mediterranean water core in the Iberian basin. *Deep-Sea Res.*, (im Druck).

- Isemer, H.-J., 1994: Trends of the marine surface wind speeds: Ocean weather stations versus voluntary observing ships. *J. Climate* (eingereicht).
- Klein, B. und G. Siedler, 1994: Isopycnal and diapycnal mixing at the Cape Verde Frontal Zone. *J. Phys. Oceanogr.* (eingereicht).
- Klein, B., G. Siedler, T. J. Müller, R. L. Molinari und E. Jones 1994: Water mass distribution and the meridional transport of heat and mass at 14.5°N in the Atlantic. *J. Mar. Res.* (eingereicht).
- Krauß, W., 1994: Current and mixing in the Irminger Sea. *J. Geophys. Res.*, (eingereicht).
- Krauß, W., 1994: Further support for the existence of a tensorial relationship between Ekman stress and wind stress in homogeneous water. *J. Geophys. Res.*, (eingereicht).
- Krauß, W., 1994: On the slippages of deep-drogued drifters. *J. Geophys. Res.*, (eingereicht).
- Luick, J. L., R. Käse, and M. Tomczak, 1994: On the formation and spreading of the Bass Strait cascade. *Continental Shelf Research*, **14** (4), 385–399.
- Onken, R., 1994: The Asymmetry of Western Boundary Currents in the Upper Atlantic Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, **24** (5), 928–948.
- Rahmstorf, S., 1994: Climate drift in an OGCM coupled to a simple, perfectly matched atmosphere. *Climate Dynamics*, (eingereicht).
- Rahmstorf, S., 1994:: Multiple convection patterns and thermohaline flow in an idealised OGCM. *Journal of Climate*, (eingereicht).
- Rahmstorf, S., 1994: A new mechanism for rapid climatic change in the North Atlantic. *Nature*, (eingereicht).
- Rahmstorf, S., 1994: Comment on "Instability of the thermohaline circulation with respect to mixed boundary conditions: Is it really a problem for realistic models?" *J. Phys. Oceanogr.*, (eingereicht).

- Rahmstorf, S., and J. Willebrand: The role of temperature feedback in stabilising the thermohaline circulation. *J. Phys. Oceanogr.*, (eingereicht).
- Rhein, M., 1994: The Deep Western Boundary Current: Tracers and Velocities. *Deep-Sea Res.* (im Druck).
- Rhein, M., L. Stramma und U. Send, 1994: The Deep Western Boundary Current: water masses and transports near the equator. *J. Geophys. Res.* (angenommen).
- Rosby, H. T., G. Siedler und W. Zenk, 1994: The Volunteer Observing Ship (VOS) and Future Ocean Monitoring. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* (im Druck).
- Schiller, A., 1994: The Mean Circulation of the Atlantic Ocean North of 30° S Determined by the Adjoint Method. *J. Mar. Res.*, (eingereicht).
- Schiller, A., and J. Willebrand, 1994: A Technique for the Determination of Surface Heat and Freshwater Fluxes from Hydrographic Observations, Using an Approximate Adjoint Ocean Circulation Model. *J. Mar. Res.*, (eingereicht).
- Schott, F., J. Reppin und J. Fischer, 1994: Currents in the Atlantic equatorial tracer tongue. *J. Geophys. Res.* (in Vorbereitung).
- Schrader, M., and Q. Liu, 1994: On the Use of Different Ocean Surface Models in Radiative Transfer Calculation. *Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment*. VSP Intern. Science Publ., The Netherlands (angenommen).
- Schultz Tokos, K. L., H. H. Hinrichsen, and W. Zenk, 1994: Merging and Migration of two Meddies. *J. Phys. Oceanogr.* (im Druck).
- Send, U., 1994: The accuracy of current profile measurements - effect of tropical and mid-latitude internal waves. *J. Geophys. Res.* (eingereicht).
- Send, U., M. Visbeck, and G. Krahnemann, 1994: Some developments for acoustic transponder surveys and acoustic navigation. *J. Ocean. Techn.* (in Vorbereitung).

Shapiro, G. I., W. Zenk, S. L. Meschanov, and K. L. Schultz Tokos, 1994: Self-similarity of the Meddy family in the eastern North Atlantic. *Oceanol. Acta* (eingereicht).

6.3 Habilitationsschriften

1981

Willebrand, J.: Zur Erzeugung großräumiger ozeanischer Strömungsschwankungen in mittleren Breiten durch veränderliche Windfelder.

1983

Käse, R.H.: Zur Winderzeugung barokliner Trägheits- und Rossbywellen in linearen Modellen unter Berücksichtigung des vertikalen Impulsflusses.

1992

Böning, C.W.: Transportprozesse im subtropischen Nordatlantik: Untersuchungen mit wirbelauflösenden Modellen der windgetriebenen und thermohalinen Zirkulation.

Simmer, C.: Satellitenfernerkundung hydrologischer Parameter der Atmosphäre mit Mikrowellen.

1994

Rhein, M.: Traceruntersuchungen zur Bildung und Ausbreitung von Tiefenwasser.

6.4. Doktorarbeiten

1983

Fahrbach, E. : Transportprozesse im zentralen äquatorialen Atlantik und ihr Einfluß auf den Wärmeinhalt.

1984

Stramma, L.: Wassermassenausbreitung in der Warmwassersphäre des subtropischen Nordostatlantiks.

1985

Böning, C.: Eine Untersuchung der Dynamik der windgetriebenen ozeanischen Zirkulation mit einem wirbelaflösenden barotropen Modell.

Lippert, A.: Erzeugung niederfrequenter ozeanischer Variabilität durch fluktuierende Windfelder.

1986

Barkmann, W.: Der Einfluß der Wärmebilanz auf die Struktur der saisonalen Grenzschicht.

Bauer, E.: Isopyknische und diapycnische Ausbreitungsvorgänge im tropischen und subtropischen Nordatlantik.

Ennenga, U.: Objektive Analyse aktueller Wind- und Druckfelder über dem Nordatlantik.

Onken, R.: Numerische Simulation der Erzeugung und Instabilität mesoskaliger Fronten.

Wenzel, M.K.Ch.: Die mittlere Zirkulation des Nordatlantik auf der Grundlage klimatologischer hydrographischer Daten.

Wübber, Ch.: Ein numerisches Modell zur Untersuchung barokliner Rossby-Wellen im Nordatlantik.

1987

Beckmann, A.: Die Modellierung mesoskaliger quasi-geostrophischer Instabilität.

Fischer, J.: Struktur und Dynamik einer mesoskaligen Front im Wirbelfeld des Nordatlantischen Stromes.

Isemer, H.-J.: Optimierte Parametrisierungen der klimatologischen Energie- und Impulsflüsse an der Oberfläche des Nordatlantik.

Müller, T.J.: Analyse niederfrequenter Strömungsschwankungen im Nordostatlantik.

Sy, A.: Untersuchungen zum großskaligen Feld der Zirkulation des Nordatlantiks im Bereich des Mittelatlantischen Rückens.

Viehoff, Th.: Bestimmung mesoskaliger Variabilitäten der Oberflächentemperatur und der Attenuation im Nordatlantik aus Satellitenmessungen.

1988

Bauer, J.: Sommerliche Ausbreitung von salzarmem Deckschichtwasser der Labradorsee in den Nordatlantischen Strom.

Fiekas, V.: Ageostrophische Effekte im Wirbelfeld des Nordatlantischen Stromes - eine quasigeostrophische Analyse.

Finke, M.: Zirkulation und Rossbywellen im Kanarenbecken.

Gerdes, R.: Die Rolle der Dichtediffusion in numerischen Modellen der nordatlantischen Zirkulation.

1990

Marotzke, J.: Instabilities and Multiple Equilibria of the Thermohaline Circulation.

Wagner, D.: Ein semi-statistisches Verfahren zur Fernerkundung von troposphärischen Wasserdampfprofilen über dem Ozean.

1992

Bunke, K.: Räumliche Skalen des Bodenwindfeldes auf dem Nordatlantik.

Klein, B.: Die Kapverden-Frontalzone.

Stammer, D.: Über die mesoskalige Variabilität im Atlantischen Ozean - Analyse und Assimilation von GEOSAT-Altimeterdaten.

1993

Behrens, K.: Turbulente Windfluktuationen und vertikale Flüsse im Küstenvorfeld.

Brügge, B.: Über die Eigenschaften der oberflächennahen Zirkulation im zentralen Nordatlantik - Analyse eines Driftbojendatensatzes.

Dengg, J.: Prozeßstudien zur Golfstromablösung in windgetriebenen numerischen Modellen.

Lindau, R.: Eine neue Beaufort-Äquivalentskala.

Schiller, A.: Assimilation hydrographischer Daten in ein Zirkulationsmodell des Atlantiks auf der Grundlage des adjungierten Verfahrens.

1994

Döscher, R.: Die thermohaline Zirkulation in einem numerischen Modell des Nordatlantischen Ozeans: quasistationäre Zustände und Adaptationsprozesse.

Oschlies, A.: Assimilation of Satellite Altimeter Data into an Eddy-Resolving Primitive Equation Model of the North Atlantic Ocean.

- * Redler, R.: Der Einfluß offener Randbedingungen auf die Zirkulation in einem numerischen Modell des Nordatlantik.
- * Schrader, M.: Modell zur Berechnung der Mikrowellen-Reflexion an der Ozeanoberfläche.

* noch in Bearbeitung

6.5 Diplomarbeiten**1980**

Böning, C.: Die windbedingte Reaktion eines geschichteten Meeres mit geostrophischem Grundzustand.

Bohle, M.: Ein Halbspektralmodell auf der Kugel, Grundlagen einer Modellübertragung.

Kassler, B.: Die Verteilung von Dichteinversionen im GATE-Datensatz der RSS "DISCOVERY".

1981

Budéus, G.: Adaptationsprobleme auf der β -Ebene.

Lippert, A.: Elimination interner Wellen aus hydrographischen Schnitten mittels der Adaptationsmethode.

Stramma, L.: Die Bestimmung der dynamischen Topographie aus Temperaturdaten aus dem Nordostatlantik.

Willenbrink, E.: Wassermassenanalyse im tropischen und subtropischen Nordostatlantik.

1982

Fiekas, V.: Untersuchungen mit einem eindimensionalen Modell des oberen Ozeans.

Häußermann, S.: Elimination interner Wellen durch eine Reibungsschicht.

Hofman, K.: Ein eindimensionales numerisches Modell zur Beschreibung der oberen Schichten des Ozeans.

Ketzler, C.: Zur Kinematik der Gezeiten im Rockall-Gebiet.

Petow, M.: Zur Deckschichtvertiefung und Anwendbarkeit eines eindimensionalen Modells während JASIN 1978.

Schröder, M.: Das Verhalten von verankerten Meßsystemen bei Anströmung.

1983

Gerdes, R.: Die Wechselwirkung einer barotropen Scheerströmung mit flacher Bodentopographie.

- Hirschberg, M.-M.: Eine Fourierreihenzerlegung einer winterlichen Wetterlage über dem Nordatlantik.
- Jeckström, Ch.: Jahresgang der winderzeugten Oberflächenströmungen im Nordostatlantik nach Schiffversetzungsdaten.
- Häussermann, W.: Beeinflussung einer Strömung durch Dichteadvektion.
- Hamann, H.-J.: Mesoskalige Fluktuationen auf Meridionalschnitten im Nordostatlantik.
- Kronfeld, U.: Die Wärmebilanz der ozeanischen Deckschicht im GATE C-Gebiet - Eine Analyse des Batfish-Datensatzes.
- Mammen, T.: Zur Messung der Temperaturgrenzschicht im Wasser an der Grenzfläche Ozean-Atmosphäre.
- Rohardt, G.: Zur Beobachtung und Interpretation fluktuativer Wärmetransporte im Nordatlantischen Strom nördlich der Azoren.
- Schumacher, E.: Eine Untersuchung einer Drei-Wassermassen-Front während JASIN 1978.
- Seiler, U.: Ein Halbspektralmodell in Kugelkoordinaten - Windgetriebene Bewegungen auf einer wasserbedeckten Erde.
- Strass, V.: Ein eindimensionales numerisches Modell zum Einfluß des Tagesganges der Deckschicht auf das winderzeugte Stromprofil.
- Swoboda, K.A.: Wellen in der Nähe der Trägheitsperiode in einem geschichteten Kanal mit variabler Bodentopographie.
- Viehoff, Th.: Bestimmung der Meeresoberflächentemperatur mittels hochauflösender Infrarot-Satellitenmessungen.

1984

- Beckmann, A.: Zur Kinematik und Dynamik barotroper Rossby-Wellen in einem Stromaufspaltungsgebiet.
- Bunke, K.: Berechnung der lokalen planetaren Albedo und der Erwärmungsraten für eine vorgegebene Wolken- und Aerosolteilchenverteilung im solaren Spektralbereich.
- Dick, G.: Die barotrope Gezeit im Nordostatlantik nach Messungen mit verankerten Geräten.
- Fiegen, U.: Anomalie des Geopotentials und Wassermassentransporte auf zwei Schnitten im Nordostatlantik
- Finke, M.: Messungen zum Widerstandsbeiwert von Verankerungskomponenten.
- Saure, G.: Verhalten der Freifallprofilsonde FPS.

1985

- Hinrichsen, H.-H.: Über die Fehler bei der Bestimmung dynamischer Topographien aus Messungen mit XBT-Sonden.
- Ullmer, S.: Ein Vergleich von Geschwindigkeitsfeldern aus Drifterbahnen im Nordatlantik mit windgetriebenen, barotropen Strömungen.

1986

- Helm, D.: Verhalten und dynamische Belastungen ozeanographischer Verankerungssysteme beim Abtauchen - Versuche zur numerischen Simulation.
- Herrmann, P.: Jahreszeitliche Veränderlichkeit in einem quasi-geostrophischen Modell der nordatlantischen Zirkulation.

Klein, B.: Barokline Strömungen im Azorenggebiet.

Kleinicke, M.: Die baroklinen Strömungen im nördlichen Kanarenbecken.

Kuhl, A.: Das 18-Grad-Wasser im Nordostatlantik.

Pirotton, M.: Simulation des Tagesganges der tropischen Deckschicht und Vergleich mit GATE C-Daten.

1987

Behrens, K.: Meteorologische Einflüsse auf die kinetische Energie im maritimen mesoskaligen Minimum.

Lehmann, A.: Die Erstellung quasisynoptischer Bilder der Temperaturverteilung im Verzweigungsgebiet des Golfstroms aus NOAA-9 Oberflächen-temperaturdaten im Infraroten.

Reikowski, A.: Jahreszeitliche Veränderlichkeit hydrographischer Parameter and der nordatlantischen Ozean-Wetter-Station "Charlie".

Ross, H.: Der Einfluß der Scherung des Triftstromes auf die horizontale Dispersion in der planetarischen Grenzschicht - Simulation mit einem eindimensionalen Modell des oberen Ozeans.

Stammer, D.: Die jahreszeitliche Veränderlichkeit der isopyknischen potentiellen Vorticity in der Warmwassersphäre des Nordatlantiks.

1988

Budich, R.: Frontogenese durch Ekman-Konvergenz: Ein zweidimensionales Modell.

Dengg, J.: Die Bestimmung des Abrißzeitpunktes von Drifterseglern.

Diemer, J.: Salzbilanz in der ozeanischen Grenzschicht - Simulation mit Hilfe der Lagrange'schen Integration mit differentieller Advektion.

Döscher, R.: 2-Teilchen-Statistik von Driftbojen im Nordatlantik.

Ölmüller-Kuss, C.: Änderungen der thermohalinen Struktur im Bereich einer Frontalzone bei JASIN.

Schiller, A.: Inverse Bestimmung ozeanischer Zirkulationsparameter aus hydrographischen Daten.

1989

Knoche, M.: Analyse fluktuativer Energien und Temperaturflüsse in westlichen Randstromgebieten des subtropischen Atlantiks und des südlichen Indischen Ozeans.

Pels-Leusden, O.: Untersuchung von Feuchteprofilen mit Hilfe der EOF-Analyse unter besonderer Berücksichtigung der zeitlichen Variationen.

Podewski, S.: Verknüpfung simulierter Altimeterdaten mit einem linearen Zirkulationsmodell.

Röske, F.: Untersuchung auf Reproduzierbarkeit von Methoden zur Analyse von Satellitenaltimeterdaten.

Zangenberg, N.: Der Guinea-Dom und die Zirkulation südlich der Kapverdischen Inseln.

1990

Crewell, S.: Fluß latenter Wärme über dem Nordatlantik.

Ginster, O.: Räumliche und zeitliche Skalen der Jetinstabilität eines zonalen Jets und die Bedeutung der Bodentopographie für die Entwicklung großskaliger Strukturen.

Paul, U. W.: Gezeiten im Iberischen und Kanarischen Becken.

Seiß, G.: Thermosterische Schwankungen des Meeresniveaus.

1991

Griffith, S.: Wassermassen und Zirkulation im westlichen tropischen Atlantik.

Haupt, B.: Fluß-Gradient-Beziehung in wirbelaflösenden Modellen.

Koalick, K.-U.: Wassermassenstruktur und geostrophische Strömungen im Bereich des Atlantischen Nordäquatorialstroms.

Lindow, H.: Energetische Analysen in verschiedenen wirbelaflösenden Modellen des Nordatlantik.

Waniek, J.: Zum Aufbau einer mittleren Zirkulation durch doppelldiffusive Flüsse.

1992

Gnade, O.: Ein Vergleich von Modell- und Beobachtungsergebnissen zur zyklonalen Zirkulation im Gebiet des Guineadoms.

Redler, R.: Theoretische Untersuchungen zur Energetik des Norwegenstroms.

Schmid, C.: Translations- und Stabilitätsverhalten von baroklinen Wirbeln bei großskaligen Strömungen.

Wehner, F.: Ein Vergleich ausgewählter Energie- und Schubspannungsterme aus Verankerungsmessungen und Ergebnissen des Nordatlantik-Modells.

1993

- Bellach, L.: Über das Verhalten der drahtgeführten induktiven Profilsonde (DIPS).
- Haag, Ch.: Das tropische Salzgehaltsmaximum im östlichen Atlantik.
- Hamann, M.: Die nord- und südhemisphärischen Unterströmungen im tropischen Atlantik.
- Herbers, D.: Direkte Bestimmung meridionaler Wärmetransporte.
- Romaneeßen, E.: Untersuchungen saisonaler Variabilität im tropischen Südatlantik und in der Karibik mit GEOSAT.
- Schmidt, A.: Auswertung von Driftbojen über das Verhalten der Ekmanschicht.
- Schubert, Ch.: Jahresgang im subpolaren Wirbel in einem hochauflösenden Modell des Nordatlantiks.
- Stolte, S.: Überprüfung der vom Europamodell analysierten Wind- und Druckfelder auf dem Nordatlantik.
- Stutzer, S.: Assimilation von Driftdaten in ein regionales quasigeostrophisches Modell.
- Thomas, C.: Vergleiche von Regenalgorithmen des Special Sensor Microwave-Imager.
- Turla, T.: Ein Vergleich von Strömungsmessungen aus Tiefseeverankerungen und Satelliten-Altimetrie.
- Vanicek, M.: Räumlich-zeitliche Änderungen in 'Control Volumes' - Vergleich von Ergebnissen des hochauflösenden Nordatlantikmodells (CME) mit Beobachtungsdaten.

1994

- * Bäuerle, I.: Formulierung des halinen Antriebs in Zirkulationsmodellen.

- Biastoch, A.: Der Einfluß des atmosphärischen Frischwasserflusses und des großräumigen Dichtefeldes auf die großskalige Zirkulation im Nordatlantik.

- Dieterich, Ch. : Analyse und Vorhersage von Rossbywellen mit Hilfe des Kalman Filters.

- * Erasmi, W.: Energieumwandlungen und Voraussetzungen für Doppeldiffusion in der Kapverden Frontalzone.

- * Ernst, U.: Untersuchung von Teilchenbahnen im Atlantikmodell.

- * Hansen, I.: Schwingungen der thermohalinen Zirkulation in einem 4-Boxen-Modell.

- * Kröger, J.: Lagrange'sche Untersuchungen am wirbelauflösenden Modell zum Transport südatlantischen Wassers in die Karibische See.

- * Meyer, R.: Einfluß von internen Gezeiten auf die Berechnung mittlerer geostrophischer Transporte.

- * Mitzka, Th.: Zwischenjährliche Schwankungen meteorologischer und ozeanographischer Parameter im tropischen Atlantik.

- * Müller, S.: Kalibrationsverfahren bei RAFOS-Floats.

- * Plähn, O.: Wassermassenanalyse mit Freonen.

- * Rafalzik, Ch.: Mehrfache Gleichgewichtszustände der barotropen Stommel-Munk-Zirkulation.

- Rix, N.: Parametrisierung wirbelinduzierter Wärme- und Salzgehaltstransporte mit nicht-diffusiven Ansätzen.

- * Steiner, N.: Variabilität der Oberflächenauslenkung im westlichen Nordatlantik.

- * Stindt, M.: Wassermassenumbildung in Auftriebsgebieten.
- * Twelsiek, E.: Äquatoriale Instabilitätswellen im Atlantik.
- * Wilhelm, D.: Teilchendispersion und Wärmetransport durch Wirbel in instabilen Jetströmen.
- * noch in Bearbeitung

6.6 Berichte

1980

Brockmann, E., E. Fahrbach, and J. Meincke, 1980: Observations in the tropical Atlantic. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, 2.

Siedler, G., 1980: Wärme- und Impulstransport im oberflächenahen Ozean. *Ann. d. Meteorol.* (Neue Folge), 15, 114-120.

Willebrand, J., and J. Meincke, 1980: Statistical model of mesoscale temperature and current fluctuations over the Iceland-Faroe slope. ICES C. M., 1980/C: 12, 23 pp.

Woods, J. D., 1980: Generation of thermocline finestructure at fronts. *Ocean Modelling*, 32, 1-4.

1981

Bäuerle, E., 1981: Die Eigenschwingungen abgeschlossener zweigeschichteter Wasserbecken bei variabler Bodentopographie. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 85.

- Ellet, D., J. Meincke, and J. Smed, 1981: Time Series of Oceanographic Measurements in the ICES Area. JSC/CCCO Meeting on Time Series of Ocean Measurements. Doc. 6, 30 pp, ICSU/WMO, Geneva.
- Fahrbach, E., and J. Meincke, 1981: Moores current measurements in the equatorial Atlantic during FGGE. *Recent Progress in Equatorial Oceanography. A Report of the final Meeting of SCOR Working Group 47 in Venice, Italy, April 27–30, 1981.* J. P. McCreary, jr., D. W. Moore, and J. M. Witte, Eds., 121–126, 1981.
- Müller, T., 1981: Current and temperature measurements in the North–East Atlantic during NEADS. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 90.
- Peters, H., 1981: Zur Kinematik eines stochastischen Feldes interner Wellen in einer Scherströmung. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 82.
- Stramma, L., 1981: Die Bestimmung der dynamischen Topographie aus Temperaturdaten aus dem Nordostatlantik. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 84.
- Sy, A., and J. Meincke, 1981: The comparison of hydrographic features during FGGE in the equatorial Atlantic with a conventional CTD and a towed system. *Recent Progress in Equatorial Oceanography. A Report of the final Meeting of SCOR Working Group 47 in Venice, Italy, April 27–30, 1981.* J. P. McCreary, jr., D. W. Moore, and J. M. Witte, Eds., 55–60, 1981.
- Woods, J. D., H. Leach, and P. Minnett, 1981: The GATE Lagrangian Batfish Experiment – Summary Report. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 88.

1982

- Bauer, J., 1982: BATFISH Experiment Handbuch. Techn. Bericht, Nr. 4.
- Breitenbach, J., and M. Schröder, 1982: Anleitung für Benutzer des Rechenprogramms STASIP (statistic of single–point moorings). Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 109.

- Fahrbach, E., 1982: Drifting buoy clusters in the Atlantic equatorial undercurrent. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, **14**, 1-12.
- Fahrbach, E., and J. Meincke, 1982: High-frequency velocity fluctuations on a steep continental slope. *Rapp. P. v. Réun. Cons. int. Explor. Mer.*, **180**, 76-77.
- Horch, A., 1982: NOVA programs for BATFISH experiments. *Techn. Ber.*, Nr. 5.
- Horch, A., P. J. Minnett, and J. D. Woods, 1982: CTD Measurements made from FS POSEIDON during JASIN 1978. *Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel*, Nr. 97.
- Käse, R. H., and J. Rathlev, 1982: CTD-Data from the North-Canary Basin. *Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel*, Nr. 103.
- Krauß, W., and C. Wübbler, 1982: A detailed description of a semispectral model on the β -plane. *Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel*, Nr. 104.
- Leach, H., 1982: Eine Beschreibung des Wissenschaftlichen Navigationssystems des FS POSEIDON. *Techn. Ber.*, Nr. 2.
- Meincke, J., 1982: The North Atlantic Current in the Mid-Atlantic Ridge region, ICES-Report, C.M./C:11, 9pp.
- * Meincke, J. 1982: Wärmetransporte im Nordatlantik und ihre Bedeutung für das Klima Nordwest-Europas. *Bremer Beitr. Z. Geographie u. Raumplanung*, Heft 2, 41-49.
- Minnett, P., F. Fischer, C. Meincke, and V. Rehberg, 1982: A description of the IfM BATFISH System. *Techn. Ber.*, Nr. 1.
- Olbers, D. J., J. Willebrand, and M. Wenzel, 1982: The inference of ocean circulation parameters from climatological hydrographic data. *Ocean Modelling*, **46**, 5-9.
- Sarmiento, J. L., J. Willebrand, and S. Hellermann, 1982: Objective analysis of Tritium observations in the Atlantic Ocean during 1971-1974. *Ocean Tracers Lab. Technical Report No. 1*, Princeton University, N. J.

Schröder, M. 1982: Das statische Verhalten von Einpunktverankerungen bei Ausströmung. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 108.

Siedler, G., and G. Philander, 1982: Physics of the upper tropical ocean. GATE Monograph. GARP Publication Series No. 25, WMO Geneva, 219–235.

Warren, L., and H. Leach, 1982: The CTD Read System: RRZN Version. Techn. Ber., Nr. 3.

Woods, J. D., H. Leach, and P. Minnett, 1981: The GATE Lagrangian Batfish Experiment – Data Report. Pts. 1–13, Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 89.

1983

Fahrbach, E., 1983: On the Vertical Distribution of Heat Content in the Central Equatorial Atlantic. *Tropical Ocean–Atmosphere Newsletter*, 18, 1–2.

Fahrbach, E., W. Krauß, J. Meincke, and A. Sy, 1983: Nordostatlantik '81. – Data Report. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 118, 90 S.

Fahrbach, E., W. Krauß, J. Meincke, and A. Sy, 1983: Nordostatlantik '82. – Data Report. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 119, 71 S.

Grassl., H., 1983: The merits of a better knowledge of basic meteorological parameters. *Application of laser for climatology and atmospheric research*. Vol. II, Report des Battelle-Instituts zu ESTEC, No. 4868/81/NL/HP.

Hiller, W., R. H. Käse, 1983: Objective Analysis of Hydrographic Data Sets from Mesoscale Surveys. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 116.

Horch, A., W. Barkmann, and J. D. Woods, 1983: Die Erwärmung des Ozeans hervorgerufen durch solare Strahlungsenergie. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 120.

Käse, R. H., M. Knoll, and G. Siedler, 1983: Moored current meter data from JASIN 1978. "Meteor"-Forsch.-Ergebn., A/B, 24, 5–24.

- Knoll, M., 1983: Feinstrukturen in der jahreszeitlichen Sprungschicht im JASIN-Gebiet. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 133.
- Knoll, M., 1983: CTD and current profile data from JASIN 1978. "Meteor"-Forsch.-Ergebn., A/B, 24, 25-40.
- Krauß, W., 1983: The eddy field of the central North Atlantic. *The Role of Eddies in the General Ocean Circulation*. Magaard, L., P. Müller, and R. Pujaleit, Eds., Proceedings Hawaiian Winter Workshop, 275-282, Honolulu, 1983.
- Meinke, J. und A. Sy, 1983: Large-scale Effects of the Mid-Atlantic Ridge on the North Atlantic Current. ICES-Report, C.M./C:8, 10pp.
- Müller, T. J., and W. Zenk, 1983: Some Eulerian current measurements and XBT-sections from the North East Atlantic, October 1980 - March 1982. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 114.
- Price, J. M., 1983: Historic hydrographic and meteorological data from the North Atlantic and some derived quantities. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 117.
- Siedler, G., H. Peters, D. Schnack, and H. Weikert, 1983: Forschungsschiff "Meteor"-Reise Nr. 64. Bericht der wissenschaftlichen Leiter. Inst. f. Meeresk. Kiel.
- Sy, A., 1983: "Warmwassersphäre", Handling and Processing of Hydrographic Data - Technical Report. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 111, 86 S.
- Viehoff, T., 1983: Bestimmung der Meeresoberflächentemperatur mittels hochauflösender Infrarot-Satellitenmessungen. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 115.
- Woods, J. D., 1983: Climatology of the upper boundary layer of the ocean. *Large-scale oceanographic experiments in the WRCP*. World Climate Publication Series, 1 (2), 147-179, 1983.

Zenk, W., 1983: Sea surface temperature distribution on the return leg of "Polarbjörn" between Cape Town and the Bay of Biscay. *Antarktis-Expedition von MS "Polarbjörn" 1983/83 (Sommercampagne zur Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen)*. H. Kohnen, Ed., *Berichte zu Polarforschung*, **13**, 76-78, 1983.

1984

Bauer, J., and J. D. Woods, 1984: Isopycnic Atlas of the North Atlantic Ocean – monthly mean maps and sections. *Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel*, Nr. **132**.

Bauerfeind, E., C. Brockmann, E. Fahrbach, J. Meincke, H. J. Panitz, G. Rohardt, and A. Sy, 1984: A Compendium of the Oceanographic Data obtained during "FGGE-Equator '79", Cruise No. 51 of R.V. "Meteor". "Meteor" *Forsch.-Erg. A/B*, **25**, 1-108.

Fahrbach, E., W. Krauß, J. Meincke, and A. Sy, 1984: Nordostatlantik '83. – Data Report. *Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel*, Nr. **134**.

Finke, M., 1984: Messungen zum Widerstandsbeiwert von Verankerungskomponenten. *Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel*, Nr. **129**.

Fuchs, G., K. Jahncke, and J. Meincke, 1984: Observations of winter convection in the Northeastern Atlantik. *ICES-Report*, C.M./C:18, 9pp.

Grassl, H., 1984: Differential absorption Lidar for temperature, pressure and humidity profiling from Space (a theoretical study). *Orbiting Lidars for atmospheric research*, ESTEC, Noordwijk, Final Report for ESTEC Contract No. 5186/82/NL/HP.

Grassl, H., and K. Bumke, 1984: Influence of multiple cloud layers on planetary Albedo. *Proc. 3rd. Radiation Budget Colloquium*, München, BMFT-Bericht.

Grassl, H., and A. Manschke, 1984: Radiation Budget variations caused by cirrus. *Proc. 3rd. Radiation Budget Colloquium*, München, BMFT-Bericht.

- Grassl, H., and W. Meyer, 1984: Multi-angle or multi-wavelength technique for remote sensing of sea surface temperature. Proc. 3rd. Radiation Budget Colloquium, München, BMFT-Bericht.
- Grassl, H., and P. Schlüssel, 1984: Differential absorption Lidar in space for temperature and humidity profiles in the atmosphere. Proceedings of the ESA Workshop on Space Laser Applications and Technology, Les Diablerets, ESA SP-202.
- Grassl, H., and P. Schlüssel, 1984: Temperature and humidity profiles in the atmosphere from space borne lasers. Proc. of the USRI Commissions F Symposium and Workshop Frontiers of Remote Sensing of the Oceans and Troposphere from air and space Platforms. Shores, Israel, NASA Conference Publication 2303.
- Hansen, B., and J. Meincke, 1984: Long-term coastal sea surface temperature observations at the Faroe Islands. ICES-Report, C.M./C:7, 6pp.
- Hardtke, G., 1984: SST from AVHRR-data, possibilities and limitations in oceanographic research. Report on the UK AVHRR data users meeting, Clarendon Lab. Oxford, 13-14 Dec. 1984.
- Müller, T. J., 1984: Eulerian current measurements from the North East Atlantic, March 1982 - October 1983. A Data Report. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 127.
- Olbers, D. J., J. Willebrand, and M. Wenzel, 1984: Estimates of cross-isopycnal diffusivities from climatological hydrographic data. Proc. "Aha Huliko'a", Hawaii Institute of Geophysics Special Publication, 163-170.
- Olbers, D. J., J. Willebrand, and M. Wenzel, 1984: Mixing of potential vorticity in the North Atlantic. *Ocean Modelling*, 59, 1-4.
- Saure, G., 1984: Verhalten der Freifallprofilsonde FPS. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 135.
- Woods, J. D., 1984: The Warmwatersphere of the North East Atlantic - a Miscellany. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 128.

1985

- Bauer, J., J. Fischer, H. Leach, and J. D. Woods, 1985: ROVER Data Report I – North Atlantic Summer 1981 – NOAA'81. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 143, 155 S.
- Breitenbach, J., W. Zenk, W. Dasch, R. R. Wittstock, and P. Schlosser, 1985: A compilation of hydrographic data from the Canary Basin, October to November 1983. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 139.
- Ennenga, U., 1985: Objektive Analyse aktueller Wind- und Druckfelder über dem Nordatlantik. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 142.
- Fahrbach, E., J. Meincke, and A. Sy, 1985: The North Atlantic Current transport across the Mid-Atlantic Ridge. ICES, C.M. /C:28, Hydrograph. Conn., 1–8.
- Hardtke, G., 1985: Satellite altimetry for the determination of ocean currents. Dornier ERS-1 Newsletter, No. 3.

1986

- Price, J. F., T. K. McKee, J. R. Valdes, P. L. Richardson, and L. Armi, 1986: SOFAR Float Mediterranean Outflow Experiment Data from the first year, 1984–1985. Technical Report WHOI-86-31, 195 pp.
- Ruprecht, E., M. Hantel, and P. Speth, 1986: Diagnostische Untersuchungen der innertropischen Konvergenzzone. *Annalen Meteor.*, NF 23, 13–14.
- Siedler, G., 1986: Die Ventilation der Warmwassersphäre im Nordatlantik. *Ann. Met. (Neue Folge)*, 21, 137–140.
- Siedler, G., 1986: Fahrtabschnitt Las Palmas – Dakar (ANT-IV/1b). *Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS "POLARSTERN" 1985/86*. D. Fütterer, Hrsg., Ber. Polarforsch., 32, 43–53, 1986.
- Topogulf Group, 1986: Topogulf – Data Report – Volume 1. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 154, 183 S.

Zenk, W., M. Finke, T. J. Müller, and O. Llinas Gonzales, 1986: The role of the Canary Current in the Subtropical Atlantic gyre circulation, *Terra cognita*, 6(3), 375.

1987

Böning, C. W., 1987: Eddy mixing and the potential vorticity distribution in the subtropical thermocline. *Ocean Modelling*, 74, 5–9.

Hasse, L., and H. A. Strunk, 1987: High resolution determination of true surface winds at sea from wind and pressure data. Proc. Symp. Mesoscale Analysis & Forecasting, Vancouver, Canada, 17–19 Aug 87, ESA SP-282, 457–459.

Isemer, H. J., and L. Hasse, 1987: The Bunker Climate Atlas of the North Atlantic Ocean – a technical description of the data tape. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 160a.

Leach, H., N. Didden, V. Fiekas, J. Fischer, A. Horch, and J. D. Woods, 1987: SEA ROVER Data Report II – North Atlantic Summer 1983 – NOA '83. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 175.

Müller, T. J., M. Finke, W. Dasch, and R. R. Wittstock, 1987: Hydrographic and current measurements in the North–East Atlantic Ocean. Data Report F. S. Meteor cruises 69/5 and 69/6 –October to November 1984 –. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 166, 106 S.

Ruprecht, E., G. Nacke, U. Hargens, and E. Rudolph, 1987: Determination of Thresholds to Separate Cloud and Clear Sky Radiances. Report of the Proceedings of the 6th METEOSAT Scientific Users' Meeting, Amsterdam, 25.–27.11.1986, EUMETSAT, Darmstadt.

Siedler, G., H. Schmickler, T. J. Müller, H. W. Schenke, und W. Zenk, 1987: Forschungsschiff "METEOR", Reise Nr. 4, Berichte der wissenschaftlichen Leiter. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 173, 123 S.

Simmer, C., 1987: Modelled Angular Reflectance of Plant Canopics Including Canopy Phase Function and Shading. Los Alamos National Laboratory, LA-UR-87- 2638, 33pp.

Simmer, C., 1987: Application of ONEDANT to the Transport of Solar Radiation in the EARTH's Atmosphere. Los Alamos National Laboratory, LA-UR-87-2749, 32pp.

Stammer, D., and J. D. Woods, 1987: Isopycnic potential vorticity atlas of the North Atlantic Ocean. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 165.

Woods, J. D., 1987: The Warmwatersphere of the North East Atlantic – A Miscellany. Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel, Nr. 128, 2nd revised Edition.

1988

Hasse, L., 1988: Wind is not Wind. *Atmospheric forcing of ocean circulation*. J. R. Scoggins, Ed., Institute for Naval Oceanography, Stennis MS, 261–272, 1988.

Isemer, H. J., and L. Hasse, 1988: Consistent parametrisation of air–sea interaction from ship data. *Atmospheric forcing of ocean circulation*. J. R. Scoggins, Ed., Institute for Naval Oceanography, Stennis MS, 255–260, 1988.

1989

Böning, C. W., 1989: Eddies in a primitive–equation model: sensitivity to horizontal resolution. *Ocean modelling*, 85, 3–5.

Hasse, L., 1989: Guidelines for obtaining basic meteorological data during monitoring and reseach cruises. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 49. UNEP, ILMR, Monaco, 13 pp.

Onken, R., and B. Klein, 1989: Space and time scales of variability in the Cape Verde Frontal Zone. *Ann. Geophys.* (special issue): XIV General Assembly of the European Geophysical Society, Barcelona, 13–17 March, 1989, 101–102.

Onken, R., und B. Klein, 1989: Skalen der Veränderlichkeit in der Kapverden-Frontalzone. *Ann. Met.*, 26, 5–6.

Siedler, G., 1989: Circulation in the eastern North Atlantic gyre. *Ann. Geophys.* (special issue): XIV General Assembly of the European Geophysical Society, Barcelona, 13–17 March, 1989, 94.

Siedler, G., 1989: Die Zirkulation des Ozeans – ein Forschungsschwerpunkt des Weltklimaprogramms. *Ann. Met.*, 26, 280.

Siedler, G., L. Stramma, und M. Zwierz, 1989: Langzeitige Änderungen des Wärmehaltes der atlantischen Warmwassersphäre, Beitrag zu WOCE. Berichte des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Projektträger Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, 37–41.

Stramma, L., und T. J. Müller, 1989: Beobachtung der großräumigen Struktur des Azoren- und des Nordäquatorialstroms. *Ann. Met.*, 26, 149–150.

Zenk, W., T. J. Müller, and G. Wefer, 1989: BARLAVENTO-Expedition, Reise Nr. 9, 29. Dez. 1988 – 17. März 1989. METEOR-Berichte, Universität Hamburg, 89–2, 238 S.

1990

Ambar, I., A. Bower, A. Cantos-Figuerola, M. A. Kennelly, E. L. Kunze, R. Lueck, M. T. O'Neil Baringer, G. Parillia, M. D. Prater, J. F. Price, P. L. Richardson, T. B. Sanford, and K. Schultz Tokos, 1990: Report on the Gulf of Cadiz Expedition Workshop, Oct 1–2, 1989. Techn. Memorandum, APL-UW TM9–90, University of Washington, Seattle, U.S.A.

Müller, T. J., J. Xu, O. Llinas, and E. Perez-Martell, 1990: Hydrographic and Current Observations in the North-East Atlantic Ocean – Data Report F.S. POLARSTERN -Cruise ANT IV/1b, F.S. POSEIDON Cruise 124, B.O. TALIARTE Cruise XIV, September to December 1985. Ber. Inst. f. Meeresk., Kiel, Nr. 202, 105 S.

Zenk, W., 1990: Project "German RAFOS", *ARGOS Newsletter*, 39, 13–17.

1991

Bunke, K., L. Hasse, and K. Uhlig, 1991: Fluxes of watervapor and momentum at the IfM mast during HEXOS. Preprints for the 5th Conference on Meteorology and Oceanography of the Coastal Zone. AMS, Boston, 168–171.

Müller, T. J., and E. Pérez-Martell, 1991: On the structure of the Azores Front. *Ann. Geophys.*, **9** (C228).

1992

Ambar, I., L. Armi, M. O. Baringer, A. Bower, A. Fiuza, G. C. Johnson, R. Käse, M. Kennelly, E. Kunze, R. Lueck, P. Lundberg, C. G. Martins, M. D. Prater, J. Price, M. Rhein, T. Sanford, K. Schutz Tokos, J. Verrall, and W. Zenk, 1992: Outflows and overflows in the Atlantic and their role in the eastern boundary current system. Proceedings of the international Workshop, Univ. Lisboa, Portugal, October 4, 1991.

Böning, C. W., 1992: Modelluntersuchungen zur Rolle mesoskaliger Fluktuationen im Atlantischen Ozean. *Ann. Meteorol.*, **27**, 216–217.

Böning, C. W., 1992: High resolution simulation of the circulation in the North Atlantic Ocean. *Annales Geophysicae*, **10** (Suppl.II), C168.

Hargens, U., C. Simmer, and E. Ruprecht, 1992: Remote Sensing of Cloud Liquid Water during ICE '89. *Proceedings of the Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing Applications*, NOAA, Wave Propagation Laboratory. E. R. Westwater, Ed., Boulder, Colorado, USA, 27–31, 1992.

Hasse, L., M. Großklaus, H. J. Isemer, and K. Uhlig, 1992: New instrumentation for measurement of precipitation at sea. *Instruments and observing methods*. Report 49. World Meteorological Organisation. Geneva. WMO/TD No. **462**, 195–198, 1992.

Isemer, H. J., 1992: Comparison of estimated and measured marine surface wind speed. *Proceedings of the International COADS Workshop*. H. F. Diaz, K. Wolter, and S. D. Woodruff, Eds., Boulder, Colorado, USA, 143–158, 1992.

- Isemer, H. J., and L. Hasse, 1992: The Scientific Beaufort Equivalent Scale: Effects on wind statistics and climatological air-sea flux estimation in the North Atlantic Ocean. *Proceedings of the International COADS Workshop*. H. F. Diaz, K. Wolter, and S. D. Woodruff, Eds., Boulder, Colorado, USA, 159–177, 1992.
- Käse, R. H., 1992: Dynamics of isolated vortices. *Lecture notes and seminar abstracts from the First Australian Climate Research Graduate Summer School*. M. Tomczak, Ed., Technical Report 9, Flinders Institute for Atmospheric and Marine Sciences, 163 S., 1992.
- König, H., and W. Zenk, 1992: Principles of RAFOS technology at the Institut für Meereskunde Kiel. *Ber. Inst. f. Meeresk. Kiel*, Nr. 222, 99 S.
- Ruprecht, E., R. Fuhrhop, and C. Simmer, 1992: Statistical Analysis of the Interrelation of the Different Channel Observations of DMSP-SSM/I. *Proceedings of the Specialist Meeting in Microwave Radiometry and Remote Sensing Applications, NOAA, Wave Propagation Laboratory*. E. R. Westwater, Ed., Boulder, Colorado, USA, 276–280, 1992.
- Zenk, W., 1992: Das Mittelmeerwasser auf dem Weg in den Atlantik. *Forschung – Mittlg. DFG*, 21–23.
- Zenk, W., 1992: The Mediterranean flows into the Atlantic. *German Research, Rep. DFG*, 3, 29–31.
- 1993**
- Böning, C. W., F. O. Bryan, and W. R. Holland, 1993: Modelling the subpolar North Atlantic. *The North Atlantic Current System: A scientific report*. P. Malanotte-Rizzoli, and T. Tossby, Eds., Woods Hole Oceanographic Institution, 1993.
- Hasse, L., M. Großklaus, H. J. Isemer, and K. Uhlig, 1993: New instrumentation for measurement of precipitation at sea. *WCRP-81, WMO Geneva, WMO/TD 588, A/30–A/35*.

Meincke, J., 1993: The modern current regime across the Greenland–Scotland ridge. *Structure and Development of the Greenland–Scotland ridge*. Bott, Saxor, Tolwani, and Milde, Eds., Plenum Press, 637–650, 1993.

Ruprecht, E., and C. Simmer, 1993: The Use of SSM/I Observations to Retrieve Water Vapour Profiles of the Troposphere over the Oceans. Proceedings of the 8th Symposium on Meteorological Observations and Instrumentation, Jan. 17–22, 1993, Anaheim, CA, USA, 169–172.

1994

Schultz Tokos, K. L., C. Schmid, O. Boebel, and W. Zenk, 1994: Institut für Meereskunde, RAFOS float observations. *ARGOS Newsletter*, (eingereicht).

7. Struktur des SFB

7.1 Teilprojekte

Der SFB hat seine Struktur in den Grundzügen während aller Bewilligungsperioden beibehalten: Projektbereich A enthält die numerische Modellierung und Untersuchungen im nördlichen Nordatlantik, Projektbereich B meteorologische Untersuchungen, Wechselwirkungen Ozean – Atmosphäre sowie die ozeanische Deckschicht, Projektbereich C konzentriert sich auf die subtropische und tropische Region sowie der Entwicklung neuer Technologien.

Tabelle 7.1: Gliederung des SFB 133

Projektbereich	Teilprojekt	Thema	Teilprojektleiter	Förderdauer
A	A ₁	Spektralmodell des Nordatlantiks	Krauß	1980 – 1985
	A ₂	Dynamisches Modell lokaler Prozesse im Nordatlantik	Kielmann	1980 – 1985
	A ₃	Nordatlantisches Strömungssystem im Bereich des Mittelatlantischen Rückens	Meincke	1980 – 1985
	A ₄	Großräumige Driftexperimente	Krauß	1983 – 1993
	A ₅	Entstehung des Nordatlantischen Stromes	Krauß	1986 – 1988
	A ₆	Thermohaline Zirkulation und Wassermassenausbreitung im Atlantik	Willebrand	1986 – 1994
	A ₇	Wirbelauflösendes Modell des Nordatlantiks	Böning	1989 – 1994
	A ₈	Prozeßstudien zur Wirbelentstehung und Golfstromablösung	Krauß	1989 – 1994
	A ₉	Analyse von Strömungs- und Transportschwankungen aus historischen und GEOSAT-Datensätzen	Schott / Willebrand	1989 – 1994

Projektbereich	Teilprojekt	Thema	Teilprojektleiter	Förderdauer
B	B ₁	Hydrographische Schnitte	Woods	1980 – 1982
	B ₁	Turbulente Grenzschicht der Warmwassersphäre	Woods	1983 – 1985
	B ₁	Physik der Ventilation / Mesoskalige Fronten	Woods	1986 – 1988
	B ₁	Variabilität der saisonalen Grenzschicht im Nordatlantik	Leach	1989 – 1991
	B ₂	Wechselwirkung Atmosphäre – Warmwassersphäre	Hasse	1980 – 1982
	B ₂	Bestimmung meteorologisch – ozeanographischer Felder an der Meeresoberfläche	Hasse	1983 – 1985
	B ₂	Energieübergänge an der Meeresoberfläche	Hasse	1986 – 1994
	B ₃	Datenorientierte Modellierung des Jahreszyklus	Willebrand	1980 – 1985
	B ₆	Ableitung hydrographischer Parameter aus Satellitendaten über dem Ozean	Ruprecht	1986 – 1988
	B ₆	Analyse von Feuchtefeldern über dem Ozean mit Satelliten- und Radiosondendaten	Ruprecht	1989 – 1990
	B ₆	Satellitenfernerkundung der Feuchtefelder über dem Atlantik	Ruprecht	1992 – 1994

Projektbereich	Teilprojekt	Thema	Teilprojektleiter	Förderdauer
C	C ₁	Wassermassentransport im Kanarenbecken	Siedler	1980 – 1988
	C ₂	Modellierung mesoskaliger Variabilität im Kanarenbecken	Käse	1980 – 1985
	C ₃	Mesoskalige Fronten	Woods	1980 – 1982
	C ₄	Strömungsmessungen vom fahrenden Schiff	Koske	1983 – 1988
	C ₅	Dynamik der Azorenfront	Käse	1986 – 1991
	C ₅	Wirbelbildung im Mittelmeerwasser des Atlantiks	Käse	1992 – 1994
	C ₆	Austauschprozesse im Südosten des Subtropenwirbels	Siedler	1986 – 1994
	C ₇	Strömungsbeobachtungen in der Mittelmeerwasserzunge	Zenk	1989 – 1994
	C ₈	Strömungen und Massentransporte im westlichen Randstromsystem des subtropisch-tropischen Nordatlantiks	Schott	1989 – 1994
C ₉	Entwicklung und Einsatz von EM-Unterwasserdriftern	Koske	1989 – 1994	
	Z	Sprecher	Krauß	1980 – 1994

7.2 Wissenschaftliche Mitarbeiter des SFB

(* promoviert im Rahmen des SFB)

Name, Vorname, Akad. Grad	Fachrichtung	GA/ EA	Zeitraum
Assenbaum, M., Dipl. Oz.	Phys. Oz	EA	1994
Bäuerle, E., Dr.	Theoret. Oz.	EA	1980 - 1982
*Barkmann, W., Dr.	Meteorologie	EA	1981 - 1985
*Bauer, E., Dr.	Theor. Oz.	EA	1981 - 1986
*Bauer, J., Dr.	Phys. Oz.	EA	1980 - 1985
Baum, E., Dipl.Phys.	Physik	EA	1992
*Beckmann, A., Dr.	Theor. Oz.	EA	1984 - 1988
		GA	1991 - 1993
*Behrens, K., Dr.	Meteorologie	EA	1989 - 1994
*Böning, C.W., Dr.	Theoret. Oz.	EA	1981 - 1985
		GA	1987 - 1994
Boll, H.-P., Dipl.-Phys.	Physik	EA	1986 - 1987
Bongers, T., Dipl.-Oz	Phys. Oz	EA	1986 - 1987
Breitenbach, J., Dr.	Meßtechnik	EA	1981 - 1984
*Brügge, B., Dr.	Theor. Oz.	EA	1988 - 1994
Budich, R., Dipl.-Oz.	Theor. Oz.	EA	1988 - 1991
*Bumke, K., Dr.	Meteorologie	EA	1987 - 1992
Burkert, B., Dipl.-Oz.	Phys. Oz.	EA	1985 - 1986
Dasch, W., Dr.	Meerestechnik	EA	1983 - 1985
*Dengg, J., Dr.	Theor. Oz.	EA	1990 - 1994
Dick, G., Dipl.-Oz.	Phys. Oz.	EA	1984 - 1986
Didden, N., Dr.	Physik	EA	1988 - 1993
		GA	1988 - 1993

Diemer, J., Dipl.-Oz.	Phys. Oz.	EA	1988
*Döscher, R. Dr.	Theor. Oz.	EA	1988 - 1994
*Ennenga, U., Dr.	Meteorologie	EA	1980 - 1984
*Fahrbach, E., Dr.	Phys. Oz.	EA	1981 - 1986
Fechner, H., Dr.	Mathematik	GA	1980 - 1992
*Fiekas, V., Dr.	Phys. Oz.	EA	1982 - 1990
*Finke, M., Dr.	Phys. Oz.	EA	1984 - 1987
*Fischer, J., Dr.	Phys. Oz.	EA	1980 - 1984
		GA	1985 - 1994
Fuchs, G., Dipl.-Phys.	Physik	EA	1985
Fuhrhop, R. Dipl.-Met.	Meteorologie	EA	1990 - 1994
*Gerdes, R., Dr.	Theor. Oz.	EA	1983 - 1988
Gnade, O., Dipl.-Oz.	Phys. Oz.	EA	1993 - 1994
Graßl, H., Prof. Dr.	Meteorologie	GA	1981 - 1984
Hardtke, G., Dr.	Physik	GA	1980 - 1985
Hasse, L., Prof. Dr.	Meteorologie	GA	1980 - 1994
Herrmann, H.-P., Dipl.-Oz.	Theor. Oz.	EA	1986 - 1994
Heßler, G. Dipl.-Oz.	Meteorologie	EA	1988
Hille, P., Dipl.-Phys.	Meteorologie	EA	1983
Hiller, W., Dr.	Prakt. Math.	EA	1981 - 1983
Hinrichsen, K.-H., Dipl.-Oz.	Theor. Oz.	EA	1985 - 1994
Hoffahrt, B., Dipl.-Phys.	Physik	EA	1991
*Isemer, H. J., Dr.	Meteorologie	EA	1980 - 1988
		GA	1988 - 1994
Jürgensen, A., Dipl.-Met.	Meteorologie	EA	1984 - 1989
Käse, R.H., Prof. Dr.	Phys. Oz.	GA	1980 - 1994
Kielmann, J., Dr.	Mathematik	GA	1980 - 1994
*Klein, B., Dr.	Phys. Oz.	EA	1986 - 1992
Knoll, M., Dr.	Phys. Oz.	EA	1991 - 1994
*Knutz, Th., Dr.	Physik	EA	1986 - 1991

Köberle, C., Dipl.-Math.	Theor. Oz.	EA	1990 - 1991
König, H., Dipl.-Phys	Physik	EA	1986 - 1991
Koske, P., Prof. Dr.	Meerestechnik	GA	1980 - 1994
Krahmann, G., Dipl.-Phys.	Physik	EA	1994
Krauß, W., Prof. Dr.	Theoret. Oz.	GA	1980 - 1994
Leach, H., Dr.	Phys. Oz.	GA	1980 - 1989
Lehmann, A., Dr.	Theor. Oz.	EA	1987
*Lindau, R., Dr.	Meteorologie	EA	1989 - 1994
*Lippert, A., Dr.	Theoret. Oz.	EA	1981 - 1985
Mahrt, K.H., Dr.	Meerestechnik	GA	1980 - 1985
Mammen, T., Dipl.-Met.	Meteorologie	EA	1983 - 1989
*Marotzke, J., Dr.	Theor. Oz.	EA	1985 - 1990
Meier, M., Dipl.-Phys.	Physik	EA	1991
Meincke, J., Prof. Dr.	Phys. Oz.	GA	1980 - 1984
Minett, P., Dr.	Phys. Oz.	EA	1980 - 1981
Mirbach, K.-J., Dipl.-Oz.	Phys. Oz.	EA	1991
*Müller, Th., Dr.	Phys. Oz.	GA	1980 - 1994
Neugum, A., Dipl.-Met.	Meteorologie	EA	1989 - 1994
Niekamp, K., Dipl.-Met.	Meteorologie	EA	1993 - 1994
*Onken, R., Dr.	Phys. Oz.	EA	1982 - 1987
		GA	1987 - 1993
*Oschlies, A., Dr.	Physik	EA	1990 - 1994
Peters, H., Dr.	Phys. Oz.	GA	1981 - 1985
Pinkenburg, C., Dipl.-Phys.	Phys. Oz.	EA	1991
Rahmstorf, St., Dr.	Theor. Oz.	EA	1991 - 1994
Rathlev, J., Dr.	Meerestechnik	GA	1980 - 1988
Redler, R., Dipl.-Oz.	Theor. Oz.	EA	1992 - 1994
Rhein, M., Dr.	Physik	GA	1988 - 1994
Roether, R., Prof. Dr.	Physik	GA	1986
Ruprecht, E., Prof. Dr.	Meteorologie	GA	1985 - 1994

Saure, G., Dipl.-Oz.	Phys. Oz.	EA	1985 - 1987
Sayin, E., Dr.	Theor. Oz.	EA	1990
Schäfer-Neth, Ch., Dipl.-Oz.	Theor. Oz.	EA	1990
*Schiller, A., Dr.	Ozeanogr.	EA	1988 - 1994
Schmidt, J., Dipl.-Phys.	Datenverarb.	EA	1982 - 1985
Schott, F., Prof. Dr.	Phys. Oz.	GA	1987 - 1994
*Schrader, M., Dipl.-Met.	Meteorologie	EA	1991 - 1994
Schröder, M., Dipl.-Oz.	Phys. Oz.	EA	1986 - 1987
Schultz Tokos, K., MS	Phys. Oz.	EA	1990 - 1994
Siedler, G., Prof. Dr.	Phys. Oz.	GA	1980 - 1994
Simmer, C., Dr.	Meteorologie	GA	1986 - 1994
Sinn, M., Dipl.-Met.	Meteorologie	EA	1982 - 1984
Stahlmann, J., Dipl.-Oz.	Theoret. Oz.	EA	1980 - 1985
*Stammer, D., Dr.	Phys. Oz.	EA	1987
*Stramma, L., Dr.	Phys. Oz.	EA	1981 - 1984
		GA	1986 - 1994
Strass, V., Dipl.-Oz.	Phys. Oz.	EA	1988 - 1990
Strunk, H.-A. Dipl.-Met.	Meteorologie	EA	1985 - 1987
Struve, S., Dipl.-Oz.	Theoret. Oz.	EA	1980 - 1982
*Sy, A. Dr.	Phys. Oz.	EA	1981 - 1985
Thiele, G., Dipl.-Phys.	Physik	EA	1985
Uhlig, K., Dr.	Physik	GA	1980 - 1994
Ulrich, J., Dr.	Geographie	GA	1980 - 1987
*Viehoff, Th., Dr.	Theor. Oz.	EA	1983 - 1987
Visbeck, M., Dipl.-Oz.	Phys. Oz.	EA	1990 - 1991
*Wagner, D., Dr.	Meteorologie	EA	1986 - 1991
Waniek, J., Dipl.-Oz.	Ozeanogr.	EA	1991 - 1993
Weber, H., Dipl.-Met.	Meteorologie	EA	1990
*Wenzel, M., Dr.	Theoret. Oz.	EA	1980 - 1985
Wilhelm, H., Prof. Dr.	Theoret. Oz.	GA	1980

Willebrand, J., Prof. Dr.	Theoret. Oz.	GA	1980 - 1994
Wolf, K.-V., Dipl.-Oz.	Phys. Oz.	EA	1987 - 1988
Woods, J.D., Prof. Dr.	Phys. Oz.	GA	1980 - 1986
*Wübber, C., Dr.	Theoret. Oz.	EA	1980 - 1985
Zenk, W., Dr.	Phys. Oz.	GA	1980 - 1994
Zwiers, M., Dipl.-Oz.	Phys. Oz.	EA	1991

7.3 SFB – Seminare

Der SFB hat regelmäßig im Semester montags ein 2-stündiges Seminar abgehalten, in dem Wissenschaftler über Ergebnisse aus den Teilprojekten berichteten. Dies hat sehr stark zur Kooperation innerhalb des SFB's beigetragen. Darüber hinaus diente das Seminar für Vorträge von Gastforschern.

8. Danksagung

Zur Vorbereitung des Sonderforschungsbereichs 133 fand im Juni 1977 in Hamburg ein Abstimmungsgespräch zwischen Vertretern der DFG und den beiden meereskundlichen Sonderforschungsbereichen 94 (Hamburg) und 95 (Kiel) statt. In den folgenden Monaten wurde der SFB konzipiert und im November 1977 und April 1978 in der Senatskommission für Ozeanographie erläutert.

Ein weiteres Abstimmungsgespräch zwischen den genannten Sonderforschungsbereichen und der DFG folgte im Februar 1979 in Hamburg. Die 1. Begutachtung erfolgte im Februar 1980, die Förderung durch die DFG begann am 1. Juli 1980.

Der Sonderforschungsbereich 133 dankt den Berichterstattern und Gutachtern,

die den SFB konstruktiv und kritisch in den vergangenen 15 Jahren bewertet haben. Er dankt darüber hinaus der Geschäftsstelle der DFG, dem Rektorat der Christian-Albrechts-Universität, dem Kultusministerium von Schleswig-Holstein sowie dem BMFT für die erfreulich gute Zusammenarbeit und Unterstützung.

Berichterstatter	Gutachter
<p>1980 - 1982</p> <p>Prof. Dr. H. Werner, Münster Prof. Dr. E.W. Otten, Genf</p>	<p>Prof. Dr. H. J. Bolle, Innsbruck Prof. Dr. W. Duing, Miami Prof. Dr. H. Hinzpeter, Hamburg Prof. Dr. L. Magaard, Honolulu Prof. Dr. F. Ostapoff, Miami Prof. Dr. H. U. Roll, Hamburg Prof. Dr. J. Sündermann, Hamburg Prof. Dr. H. Stommel, Woods Hole Prof. Dr. H. Weidemann, Hamburg Prof. Dr. H. Poehls, Hannover Prof. Dr. W. Droste, Hannover</p>
<p>1983 - 1985</p> <p>Prof. Dr. E. Meister, Darmstadt Prof. Dr. E. W. Otten, Mainz</p>	<p>Prof. Dr. F. Fiedler, Karlsruhe Prof. Dr. Ph. Hartl, Stuttgart Prof. Dr. H. Hinzpeter, Hamburg Prof. Dr. G. Krause, Bremerhaven Prof. Dr. L. Magaard, Honolulu Prof. Dr. F. Ostapoff, Miami Prof. Dr. H. U. Roll, Hamburg Prof. Dr. J. Sundermann, Hamburg Prof. Dr. H. Weidemann, Hamburg</p>

<p>1986 - 1988</p> <p>Prof. Dr. E. Meister, Darmstadt Prof. Dr. G. J. Seus, München</p>	<p>Prof. Dr. F. Fiedler, Karlsruhe Prof. Dr. Ph. Hartl, Stuttgart Prof. Dr. K. Hasselmann, Hamburg Prof. Dr. H. Hinzpeter, Hamburg Prof. Dr. G. Krause, Bremerhaven Prof. Dr. L. Magaard, Honolulu Prof. Dr. F. Ostapoff, Miami Prof. Dr. J. Sündermann, Hamburg Prof. Dr. U. Trottenberg, St. Augustin Prof. Dr. H. Weidemann, Hamburg</p>
<p>1989 - 1991</p> <p>Prof. Dr. W. Zielke, Hannover Prof. Dr. J. Stoer, Würzburg</p>	<p>Prof. Dr. F. Fiedler, Karlsruhe Prof. Dr. Ph. Hartl, Stuttgart Prof. Dr. H. Hinzpeter, Hamburg Prof. Dr. J. Meincke, Hamburg Prof. Dr. D. Olbers, Bremerhaven Prof. Dr. J. Sündermann, Hamburg Prof. Dr. U. Trottenberg, St. Augustin Prof. Dr. H. Weidemann, Hamburg</p>
<p>1992 - 1994</p> <p>Prof. Dr. W. Zielke, Hannover Prof. Dr. G. Färber, München</p>	<p>Prof. Dr. E. Augstein, Bremerhaven Prof. Dr. F. Fiedler, Karlsruhe Prof. Dr. H. Hinzpeter, Hamburg Prof. Dr. J. Meincke, Hamburg Prof. Dr. D. Olbers, Bremerhaven Prof. Dr. J. Sündermann, Hamburg</p>

9. Literatur

Zusätzlich zu der in Abschnitt 6 angegebenen Literatur wurden für die Abbildungen in den Abschnitten 1 - 4 folgende Arbeiten verwendet:

Bunker, A.F., 1976: *Computations of surface energy flux and annual air-sea interaction cycles of the North Atlantic Ocean*. Monthly Weather Rev., **104**, 1122-1140.

Defant, A, 1961: *Physical Oceanography*, **1**, Pergamon Press, London, 729 pp.

Dietrich, G., K. Kalle, W. Krauss, G. Siedler, 1975: *Allgemeine Meereskunde*. 3. Aufl. Gebr. Bornträger, Verlag Berlin, 593 pp.

Oort, A. H. & T. H. van der Haar, 1976: *On the observed annual cycle in the ocean-atmosphere heat balance over the northern hemisphere*. J. Phys. Oceanogr., **6**, 781-800.

Stommel, H., 1980: *Asymmetry of interoceanic fresh-water and heat fluxes*. Proc. Ntl. Acad. Scie. USA, **77**, 2377-2381.

Worthington, L.V., 1962: *Evidence of a two gyre circulation system in the North Atlantic*. Deep-Sea Res., **9**, 51-67.