



# Zweijahresbericht 1997 - 1998

## Impressum

Herausgeber:

IOW

Institut für Ostseeforschung Warnemünde

an der Universität Rostock

Seestr. 15

18119 Rostock

Redaktion:

Dr. Barbara Hentzsch, IOW

# Inhalt

1. **Überblick (4)**
2. **Die Sektionen (9)**
  - 2.1 **Sektion Physikalische Ozeanographie und Meßtechnik (9)**
    - 2.1.1 Projekte der Sektion (12)
  - 2.2 **Sektion Meereschemie (18)**
    - 2.2.1 Projekte der Sektion (21)
  - 2.3 **Sektion Biologische Meereskunde (25)**
    - 2.3.1 Projekte der Sektion (28)
  - 2.4 **Sektion Marine Geologie (35)**
    - 2.4.1 Projekte der Sektion (39)
3. **Das Umweltüberwachungsprogramm der Ostsee (45)**
4. **Die zentralen Einrichtungen**
  - 4.1 Bibliothek (46)
  - 4.2 EDV (47)
5. **Highlights aus den Jahren 1997 und 1998**
  - 5.1 **Forschungsschwerpunkt 1: Wasseraustausch zwischen Ost- und Nordsee sowie Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers (49)**
    - 5.1.1 Zur Dynamik des Wasseraustausches zwischen Ostsee und Nordsee, W. Fennel (49)
    - 5.1.2 MESODYN (mesoscale dynamics in deep basins of the Baltic Sea, E. Hagen (52)
  - 5.2 **Forschungsschwerpunkt 2: Energie- und Stoffaustausch zwischen Küstengewässern und offener Ostsee (54)**
    - 5.2.1 Nahrungsbeziehungen und Schadstoffbelastung mariner Organismen in eutrophierten Küstengebieten der Ostsee, M. Voß (55)
    - 5.2.2 Wechselwirkung zwischen dem Einzugsgebiet der Oder und der Ostsee, F. Pollehne (57)
  - 5.3 **Forschungsschwerpunkt 3: Prozesse in der Wassersäule und an den Grenzschichten (59)**
    - 5.3.1 Stickstoffixierung in der Ostsee, K. Lochte, N. Wasmund, M. Voß (59)
    - 5.3.2 Das Kohlenstoffbudget für die östliche Gotlandsee, B. Schneider (61)
    - 5.3.3 Organische Schadstoffe in marinen Organismen, R. Schneider (64)
  - 5.4 **Forschungsschwerpunkt 4: Langfristige Veränderungen in der Ostsee (67)**
    - 5.4.1 Schwermetalle in Beckensedimenten der westlichen Ostsee, T. Leipe, F. Tauber (67)
    - 5.4.2 Mangan-Eisen-Akkumulate in der westlichen Ostsee als Paläomilieu-Indikatoren, J. Harff (70)
  - 5.5 **Forschungsschwerpunkt 5: Überwachung der Meeresumwelt der Ostsee (73)**
    - 5.5.1 Besonderheiten der hydrographisch-chemischen Bedingungen in der Ostsee in den Jahren 1997 und 98, W. Matthäus (73)
    - 5.5.2 Variabilität der Photosynthese im Freiland, A. M. Müller (75)
    - 5.5.3 Benthosmonitoring mit konventionellen und optischen Methoden, M. Zettler (77)
  - 5.6 **Modellierung (80)**
    - 5.6.1 Ökosystemmodelle, T. Neumann (80)
  - 5.7 **Arbeiten außerhalb der Ostsee (83)**
    - 5.7.1 Untersuchungen vor Namibia und Angola, G. Nausch, H. U. Lass (83)
  - 5.8 **Das Internationale Jahr des Ozeans (86)**
    - 5.8.1 **Europe on Oceans: ein grenzüberschreitendes Experiment, B. Hentzsch (86-88)**

# 1. Überblick

## Vorwort

Das Institut für Ostseeforschung Warnemünde an der Universität Rostock veröffentlicht alle zwei Jahre ausführliche Berichte zum Fortschritt seiner Arbeit und zur Dokumentation der Mittelverwendung. Neben dem Aufbaubericht, der die Jahre 1992 - 96 umfasste, ist der nun vorliegende Zweijahresbericht 1997/98 der erste „planmäßige“ Bericht in dieser Reihe.

## **Evaluierung**

Im Berichtszeitraum fand nach 5jähriger Aufbauphase (1992-1996) die zweite Begehung des Instituts durch den Wissenschaftsrat statt: Am 25./26. September 1997 stellte sich das Institut dem Gutachtergremium mit den Disziplin-übergreifenden Aktivitäten im Rahmen der 5 Schwerpunkten seines langfristigen Forschungsprogramms vor. Im Juli 1998 stand dann mit Vorlage des Abschlußberichtes fest, daß das IOW auch in dieser Evaluierungsrunde ein prinzipiell gutes Ergebnis erzielt hatte: Der Wissenschaftsrat bescheinigte dem Institut eine erfolgreiche Aufbauarbeit, sehr gute wissenschaftliche Arbeit sowie eine flexible und effiziente Struktur. Er empfahl die Weiterförderung des IOW im Rahmen der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL). Mit den Umsetzungen der Empfehlungen wurde zügig begonnen.

## **Biologisches Monitoring**

Eine weiteres wichtiges Ereignis im Jahr 1997 war das Inkrafttreten einer neuen Verwaltungsvereinbarung zwischen dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie und dem IOW am 17. März 1997. Hiermit wurde dem IOW im bestehenden finanziellen Rahmen die Durchführung des Biologischen Monitoring auf der Hohen See in der Ostsee im Rahmen der HELCOM übertragen. So konnten nach fünfjährigen Diskussionen die biologischen Arbeiten in diesem Überwachungsprogramm in vollem Umfang bei gleichzeitiger Reduzierung der hydrographisch-chemischen Arbeiten aufgenommen werden.

## **Personelle Veränderungen**

Am 3. März 1997 wurde der erste Direktor des IOW, Prof. Dr. Gotthilf Hempel, verabschiedet. Zum neuen Direktor wurde Prof. Dr. Bodo v. Bodungen auf vier Jahre bestellt. Er gab die Leitung der Sektion Biologische Meereskunde für diesen Zeitraum an Prof. Dr. Karin Lochte ab.

Am 30. April 1997 ging Prof. Dr. Nehring, Leiter der Sektion Meereschemie, in den Ruhestand. Neu berufen wurden im Berichtszeitraum Prof. Dr. Michael Scott MacLachlan auf die C3-Professur für Meereschemie (1. April 1998) und Prof. Dr. Monika Rhein (1. Juni 1998) auf die C3-Professur für Physikalische Ozeanographie.

## **Das Jahr des Ozeans**

Das Jahr 1998 wurde von der IOC zum Jahr des Ozeans erklärt. Das IOW trug dazu mit mehreren Aktivitäten bei. Im April 1998 fand im Rahmen eines Symposiums am Deutschen Meeresmuseum Stralsund eine open-ship-Veranstaltung auf der „A. v. Humboldt“ statt. Rund 600 Besucher nutzten die Gelegenheit, sich über die Arbeitsbedingungen auf einem Forschungsschiff zu informieren. Im April/Mai veranstaltete das Institut eine kleine Vortragsreihe in der Aula der Universität Rostock mit den Themen Umwelt- und Seerecht, Ozean und Klima und Küstenmanagement. Schließlich bewarb sich das IOW um ein Projekt bei der EU im Rahmen der „European Week for Scientific and Technological Culture“. Dieses Projekt „Europe on Ocean“ beinhaltete im wesentlichen die Zusammenführung von jungen Studenten der Meereskunde und Journalistik,

um diesen auf verschiedenen Schiffsreisen, die europäische Meeresforschung nahezu bringen und an Bord die Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse in einer allgemein verständlichen Form zu üben. Unter der Koordination des IOW waren 7 Schiffe aus 6 Ländern beteiligt, die zum Teil Lissabon anliefen, wo auch auf dem EXPO-Gelände die Abschlußveranstaltung mit Vorträgen der Beteiligten stattfand.

### **Wissenschaftliche Veranstaltungen**

Im Oktober 1997 organisierte das Institut mit finanzieller Unterstützung der EU einen internationalen Workshop zur GLOBEC-Thematik. Das Ziel der Veranstaltung im IOW war die Planung und Formulierung eines EU-GLOBEC Programmes. Der entsprechende EU-GLOBEC Science Plan erschien im Frühjahr 1998. Neben zahlreichen weiteren Veranstaltungen organisierte das IOW im November 1998 die Baltic Sea Science Conference in Warnemünde, bei der zum ersten Male die baltischen biologischen, hydrographisch-chemischen und geologischen Organisationen vereint waren. Insgesamt kamen rund 200 Teilnehmer aus dem In- und Ausland. Ausgewählte Beiträge der Konferenz zum Thema „The Changing Coastal Oceans – From Assessment to Prediction“ werden Ende 1999 in einem Sonderband des Journal of Marine Systems erscheinen.

### **Die Warnemünder Abende**

Seit 1997 veranstaltet das IOW die sogenannten „Warnemünder Abende“. In der Sommersaison werden in dieser Veranstaltungsreihe wöchentlich allgemein verständliche Vorträge zur Meereskunde der

Ostsee gehalten. Neben den Mitarbeitern des IOW beteiligen sich auch Vertreter der Universität, der Landesämter und anderer maritimer Einrichtungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern an diesen Präsentationen.

### **Aus der Forschung**

**Implementierungsplan:** Im Jahre 1998 wurde ein neuer Implementierungsplan zum langfristigen Forschungsprogramm des Institutes für die Jahre 1999 – 2001 vorgelegt. Ausgehend von der an Forschungsthemen gebundenen Präsentation während der Begehung des Wissenschaftsrates hat das IOW mit dem vorgelegten Plan horizontale Programme am Institut eingeführt, die von sogenannten „Projektgruppen“ getragen werden. Sie haben die Aufgabe Ergebnisse verschiedener Projekte in übergreifenden Themenkomplexen zusammenzutragen, Schlüsselfragen der Forschungsschwerpunkte zu beantworten und Meilensteine auf dem Weg zu Abschluss, Weiter- oder Neuentwicklung von Forschungsthemen zu erarbeiten. In den kommenden Jahren werden diese Projektgruppen Zug um Zug durch den Wissenschaftlichen Beirat des IOW begutachtet werden. Den Anfang machte die Projektgruppe „Entwicklung integrierter Modelle“, die Ende 1998 einer externen Begutachtung unterzogen wurde.

**Abschluß des ersten großen interdisziplinären Projektes:** Im Jahre 1997 wurde das erste große interdisziplinäre Projekt des IOW abgeschlossen. In TRUMP (Transport- und Umsatzprozesse in der Pommerschen Bucht) wurde in enger Kooperation mit polnischen

Kollegen die chemische und biologische Modifikation und der physikalische Transport der durch die Oder eingetragenen Frachten untersucht. Die Ergebnisse zeigen, daß es sich bei der Pommerschen Bucht um ein Ökosystem handelt, das über eine weitgehend ausgeglichene Bilanz zwischen autotrophen und heterotrophen Prozessen inklusive des Benthals verfügt. Die Höhe der Umsätze übersteigt deutlich die theoretisch aus der Nährstofffracht der Oder produzierbare Biomasse. Der hohe regenerative Umsatz des Systems aus eigenen Quellen verdeutlicht die Rolle des Nahrungsnetzes für die Modifikation der Oderfrachten. Unter Beibehaltung der spezifischen Umsatzraten vollzieht sich ein gradueller Wechsel in den Arten bis hin zu einer für die südliche Ostsee typischen Organismengemeinschaft in den äußeren Bereichen der Bucht. Diese wird je nach Windrichtung in das Arkonabecken oder in das Bornholmbecken und Danziger Tief transportiert.

Die Simulationen mit einem vorhandenen Zirkulationsmodell, das mit einem einfachen 4-Komponenten-chemisch-biologischen Modell auf Stickstoffbasis gekoppelt wurde, ergaben realitätsnahe Abbildungen für die typischen meteorologischen Szenarien. Dieser Modellansatz wurde im Sommer 1997 erfolgreich bei der Vorhersage der Ausbreitung der Oderflut in der südlichen Ostsee eingesetzt. Der TRUMP-Ansatz, bestehend aus hochauflösenden Prozeßmessungen an den Vermischungsgradienten, der fast synoptischen Aufnahme relevanter Variablen in der gesamten Bucht, dem Einsatz von Fernerkundung und robuster Modelle, hat sich

bewährt und kann für die Untersuchung gezeitenloser Ästuare als generelle Strategie empfohlen werden. Daten und Ergebnisse des Projektes sind dem LOICZ International Project Office übergeben worden.

**Ostseeweite Kooperation im Rahmen der EU-Förderung:** Seit Spätsommer 1996 koordiniert das IOW das Projekt BASYS (Baltic Sea System Study), an dem sich 50 Institute aus 13 europäischen Ländern, inklusive aller Ostseeanrainer-Staaten, beteiligen. Die Jahre 1997 und 1998 waren geprägt durch intensive Feldarbeiten. Die Auswertung ist zwar noch nicht abgeschlossen, es zeichnen sich jedoch jetzt schon einige neue Ergebnisse ab. Zum ersten Mal wird durch intensive Messungen an Land und auf See sowie durch Anwendung eines großräumigen Klimamodells eine realistische Bestimmung der atmosphärischen Einträge in die Ostsee möglich. Insbesondere für den Stickstoffkreislauf kann hiermit eine wichtige Lücke geschlossen werden. Die intensive Auswertung langer Datenserien und Befunde aus den laminierten Sedimenten der Ostsee zeigen das Ausmaß der klimabedingten Variabilität im Ökosystem. Diese Schwankungen schlagen sich im Flußwasserablauf und den Einträgen bis zu einem Faktor größer 2, in erheblichen Artenverschiebungen und starken Bestandsschwankungen der Fische in interannuellen und dekadischen Skalen nieder. Ebenso kann die zeitliche Reaktion auf Veränderungen in den anthropogenen Frachten besser eingeschätzt werden, wodurch eine wichtige Grundlage für Kosten/Wirkungsbetrachtungen bei der Reduzierung von anthropogenen Frachten geschaffen

wird. Bei der Beurteilung der Auswirkung lokaler und regionaler Veränderungen auf das Gesamtsystem Ostsee und vice versa wird dieses Projekt jedoch noch keine befriedigenden Ergebnisse erzielen können.

**Außerbaltische Aktivitäten und TEMA:** Nach dem Abschluß der Feldarbeiten im Nordatlantik und in der Arabischen See im Rahmen von JGOFS wurden im Frühjahr 1997 mit einer Expedition in den Südost-Atlantik Forschungs- und Ausbildungsaktivitäten in der Benguela-Region begonnen. Die Forschungsarbeiten beinhalten die Erfassung der Struktur der Strömungsfelder und der Wassermassen im Bereich der Angola-Benguela-Front, ihren Zusammenhang mit dem äquatorialen Stromsystem, der Bedeutung des polwärts gerichteten Unterstromes für die Verbindung zwischen dem tropischen Ökosystem vor der angolanischen Küste und dem Benguela-Auftriebsgebiet, die Beschreibung der interannuellen Variationen im Auftriebsgebiet und längerfristigen Schwankungen in Fischbeständen sowie den Spurenstoffeintrag durch die Atmosphäre.

Verbunden mit diesen Aktivitäten sind meereskundliche Lehrveranstaltungen und wissenschaftliches Training im Rahmen von BENEFIT (Benguela Environment Fisheries Interaction&Training), die in enger Kooperation mit dem ZMT-Bremen, der GTZ, Angola, Namibia und Südafrika sowie der Southern African Development Community durchgeführt werden. Das IOW engagiert sich besonders intensiv in dem genannten Trainingsprogramm. Planung und Durchfüh-

rung der Expedition finden unter starker Beteiligung junger Wissenschaftler der Region statt, die anschließend zur gemeinsamen Auswertung der Ergebnisse für mehrere Wochen zu Gast im IOW sind. Zusätzlich organisiert das IOW vor Ort den Transfer von Knowhow zum Aufbau eines effektiven Monitoringsystems in der Region. Die Aktivitäten in dieser Region sind zunächst bis zum Jahr 2001 geplant.

## 2. Die Sektionen

### 2.1 Sektion Physikalische Ozeanographie und Meßtechnik

#### Allgemeine Entwicklung der Sektion

Die Arbeiten der Sektion befassen sich mit theoretischen und experimentellen Untersuchungen der Strömungs-, Austausch- und Vermischungsprozesse im Meer. Besondere Bedeutung besitzen dabei die Probleme des Wasser- und Stoffaustausches zwischen Ostsee und Nordsee, zwischen den Teilbecken der Ostsee sowie zwischen Küste und offener See.

Fragen des Wasseraustausches zwischen Ostsee und Nordsee wurden in den nunmehr abgeschlossenen EU- Projekten „DYNOCS“ und dem „Fehmarnbelt“ gemeinsam mit dänischen Kollegen untersucht. Ziel war es, die Dynamik der Beltsee auf die Prozesse der Wassertransformation und die Zirkulationsmuster im Bereich des Fehmarnbelts genauer zu verstehen.

Außerhalb der Ostsee konzentrieren sich die Aktivitäten der Sektion auf das Benguela-Auftriebssystem, wo in enger Kooperation mit Wissenschaftlern aus Angola, Namibia und Südafrika Forschungs- und Ausbildungsprogramme durchgeführt werden. Eine Expedition mit der „Petr Kottsov“ in das Gebiet der Angola-Front wurde 1997 erfolgreich durchgeführt und weitere Arbeiten sind in den nächsten Jahren geplant.

Mitte des Jahres 1998 wurde Frau Prof. Dr. Monika Rhein als Universitätsprofessorin und stellvertretende Sektionsleiterin ernannt. Die durch sie betreuten Arbeiten zum Gasaustausch zwischen Meer und Atmosphäre sowie CLIVAR-Projekte führen zu einer Verbreiterung des wissenschaftlichen Profils der Sektion.

Insgesamt waren in der Sektion Physikalische Ozeanographie und Meßtechnik einschließlich der Feinmechanik-Werkstatt im Berichtszeitraum 39 Mitarbeiter, davon 16 Wissenschaftler, 3 Doktoranden, 17 technische Angestellte, 2 Arbeiter und ein Auszubildender tätig. 2 Doktorarbeiten wurden erfolgreich abgeschlossen.

Ein besonderes Anliegen der Forschung in der Sektion ist die enge Verknüpfung theoretischer und experimenteller Arbeiten. Felduntersuchungen mit modernen Geräten (Schleppvarianten für CTD- und ADCP-Messungen, Dauerstationen mit Datenübertragung und Fernerkundung) stehen in enger Verbindung mit theoretischen Untersuchungen auf der Grundlage numerischer Zirkulationsmodelle. Für die numerische Modellierung hat die Verbesserung der Recherausstattung, wobei neben den neuen Workstations insbesondere der Zugang zur CRAY T3E im Rechenzentrum der Universität Rostock zu nennen ist, zu erheblich besseren Bedingungen geführt.

Interdisziplinäre theoretische Arbeiten zur Entwicklung und Anwendung gekoppelter chemisch-biologischer Prozeßmodelle und Zirkulationsmodelle wurden in den letzten Jahren weiter vorangetrieben. Neue Projekte werden vorbereitet und Untersuchungen mit dem „IOW-Ökosystemmodell der Ostsee“ (erste Generation) sind bereits angelaufen.

Die Sektion Physikalische Ozeanographie und Meßtechnik leistet Beiträge zur Erforschung des Ökosystems der Ostsee durch gemeinsame, interdisziplinär angelegte

Meßprogramme, die der Erfassung der physikalischen Steuerung von biologischen und chemischen Prozessen dienen.

Die Arbeiten zur Fernerkundung sind auf die Bereitstellung und Nutzung von Daten zur Darstellung von Szenen der Oberflächentemperatur sowie von Wasserinhaltsstoffen gerichtet und besitzen sektionsübergreifenden Charakter.

Die Sektion Physikalische Ozeanographie und Meßtechnik nimmt in erheblichem Umfang Aufgaben im Rahmen des hydrographischen Ostsee-Monitorings wahr. Dies schließt das Terminfahrten-Programm, den Aufbau des Ostseemeßnetzes sowie die Koordinierung der Überwachungsaufgaben im IOW ein. Neben dem erfolgreichen Einsatz der Dauerstationen auf der Darßer Schwelle und in der Pommernbucht, wurde der Einsatz der dritten Station im Arkonabecken vorbereitet. Die Station soll 1999 in den Probetrieb gehen.

### **Schwerpunkte der Arbeit**

In den vergangenen Jahren wurden Projekte („DYNOCS“ und „Fehmarnbelt“) zur Untersuchung von mesoskaligen Prozessen im Übergangsbereich Ostsee / Nordsee abgeschlossen. Ein DFG-Projekt zur Überströmung der Darßer Schwelle und Ausbreitung des Salzwassers in der Arkonasee wurde begonnen. Im Rahmen einer deutsch-russischen Zusammenarbeit erfolgten Untersuchungen zur Wirbelaktivität im Bornholm- und Gotlandbecken. Hinzu kamen Arbeiten zu kleinskaligen Vermischungsprozessen in der Wassersäule im Rahmen von BALTEX

(Teilprojekt DIAMIX) und dem Projekt MITEC. Die Fernerkundungsarbeiten wurden durch eine HSP III Wissenschaftler-Stelle verstärkt, um den Einfluß des Bodens auf optische Parameter zu untersuchen. Die theoretischen Arbeiten konzentrierten sich auf Zirkulationsmodelle und gekoppelte physikalisch-chemisch-biologische Modelle.

### **Lehre**

Die Ausbildung in physikalischer Ozeanographie erfolgt im Rahmen des Physikstudiums als ein Fachgebiet der angewandten Physik im Fachbereich Physik der Universität Rostock. Unser Lehrangebot umfaßt Vorlesungen zur allgemeinen, regionalen und theoretischen Ozeanographie. Hinzu kommen Übungen, Seminare, Labor- und Seepraktika sowie Beleg- und Diplomarbeiten. Die Ausbildung soll als Aufbaustudium nach dem Vordiplom beginnen und ist auch als Nebenfachausbildung für Meeresbiologie und Meereschemie geeignet.

### **Technische Ausstattung**

In den letzten Jahren wurden die Schleppvarianten für CTD und ADCP weiterentwickelt. Damit ist die Gewinnung von synoptischen Aufnahmen der ozeanographischen Grundparameter erheblich verbessert worden.

Die ozeanographische Standardmeßtechnik auf den Forschungsschiffen, wie CTD, ADCP, LADCP, Datenerfassungs- und Verteilungssystem, Fahrtverwaltungssysteme sowie die Computer im Bordnetz werden durch die Sektion betreut und weiterentwickelt.

Die Sicherung einer hohen Datenqualität wird durch den Betrieb eines Kalibrierlabors für die ozeanographische Standardmeßtechnik gesichert, wobei die Genauigkeit ozeanographischer Temperatur-, Salzgehalt- und Druckmessungen die modernen internationalen Standards einhalten.

Die Ausstattung der Arbeitsgruppen zur numerischen Modellierung und Fernerkundung mit Workstations wurde modernisiert. Um die Anforderungen, die durch den Betrieb von leistungsfähigen numerischen Modellen gestellt werden, zu erfüllen, beteiligte sich das Institut an der Beschaffung eines Hochleistungsrechners CRAY T3E an der Universität Rostock.

## 2.1.1 Projekte der Sektion

**DYNOCS (Dynamics of Connecting Seas)**

**Laufzeit:** 1994 - 1997

**Förderinstitution:** EU

**Leitung der Projektarbeit im IOW:** W. Fennel

**Beteiligung:** Lass, Mutzke, M. Schmidt, T. Schmidt, Seifert, Zorn,

**Kooperation:** DHI, DMI (DK), SINTEF (NO), SMHI (S)

Mit hochauflösenden Messungen (geschleppter ADCP) in Verbindung mit hochauflösenden numerischen Zirkulationsmodellen sollte die Dynamik des Übergangsbereiches zwischen Ostsee und Nordsee genau erfaßt werden, mit dem Ziel, die dynamische Bedeutung des Systems für den Wasseraustausch besser zu verstehen. Neue Erkenntnisse wurden u.a. bei den Zirkulationsstrukturen im Bereich der Mecklenburger Bucht und des Fehmarnbells gewonnen. Kieler und Mecklenburger Bucht können vorübergehend Salztransporte puffern.

**Fehmarnbeltstudie**

**Laufzeit:** 1996 - 1998

**Förderinstitution:** EU

**Leitung der Projektarbeit im IOW:** W. Fennel

**Beteiligung:** Lass, Mutzke, T. Schmidt, Seifert

**Kooperation:** DHI (DK)

Durch genaue Erfassung der lokalen Dynamik im Fehmarnbelt als Reaktion auf Nahfeld- (lokaler Wind) und Fernfeldanregungen (Wasserstandsdifferenzen Ost-/Nordsee), sollen wissenschaftliche Grundlagen für die Abschätzungen der Wirkung von Querschnittsveränderungen durch Bauten geschaffen werden. Für diese Untersuchungen werden Feldmessungen und numerische Modelle eingesetzt.

**BALTEX - Teilprojekt Wasseraustausch (Untersuchungen des Wasseraustausches über die Darßer Schwelle)**

**Laufzeit:** 1994 - 1997

**Förderinstitution:** BMBF

**Leitung der Projektarbeit im IOW:** Lass

**Beteiligung:** Matthäus

**Kooperation:** RDANH (DK), IfM Kiel

Im Rahmen des Projektes wurden kontinuierliche Zeitreihenmessungen von Strömungs-, Temperatur- und Salzgehaltsprofilen an zwei Meßpunkten auf der Darßer Schwelle durchgeführt. Ziel war es, die Zeitskalen und räumlichen Korrelationen der für den Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee relevanten Prozesse zu erfassen. Die Untersuchungen erlauben Aussagen über die Genauigkeit, mit der numerische Zirkulationsmodelle die Wasserbilanz der Ostsee bestimmen können. Durch die Messungen auf der Darßer Schwelle konnte gezeigt werden, daß sich stabile Mittelwerte der ästuarinen Zirkulation der Ostsee erst für Mittelungszeiten von über einem Jahr einstellen.

**BALTEX - DIAMIX (Untersuchungen zum Energiefluß von internen Wellen zur Mikrostruktur in der Gotlandsee)**

**Laufzeit:** 1998 - 2000

**Förderinstitution:** BMBF

**Projektleiter:** Lass

**Beteiligung:** Heene

**Kooperationen:** Ozeanographisches Institut der Universität Göteborg, S; Finnisches Institut für Meereskunde, Helsinki, FIN; Institut für Ozeanographie der Polnischen Akademie der Wissenschaften, Zopot, PL

DIAMIX ist eine Prozeßstudie innerhalb des

Baltischen Experiments (BALTEX). Es sollen Schiffsbeobachtungen und verankerte Geräte zur Erfassung des Energiestromes durch die Meeresoberfläche und der modalen Verteilungsmuster in der Wassersäule eingesetzt werden. Insbesondere soll der Energiefluß von subinertialen Prozessen über interne Wellen bis zur Dissipation durch mikromaßstäbliche Turbulenz, welche die diapkyknische Vermischung antreibt, bestimmt werden. Das Ziel der Untersuchungen besteht in einer Verbesserung der für Zirkulationsmodelle geeigneten Parametrisierung der diapkyknischen Vermischung.

**MITEC (Improved microstructure measurement technologies for marine near surface flux studies)**

**Laufzeit:** 1998 - 2001

**Förderinstitution:** EU

**Leitung der Projektarbeit im IOW:** Hagen

**Beteiligung:** R. Feistel, W. Fennel,

Reissmann, Schuffenhauer, Siegel, Zülicke

**Kooperationen:** Space Applications Institute of JRC (co-ordination)/ I; Swiss Federal Institute for Environmental Science and

Technology; Wassermeßtechnik GmbH / D;

DJL Software Consultancy Ltd. / UK;

University Le Havre / F; IFREMER / F;

Finnish Institute for Marine Research / FIN;

National Environmental Research Institute /

S; University of Uppsala, Department of

Meteorology / S; Water Quality Institute /

DK; Estonian Marine Institute / EE, Meßtech-

nik und Elektronik, Universität Rostock / D

Es wird an der Weiterentwicklung von Hard- und Software zur Beschreibung turbulenzbedingter Energiedissipation in ozeanischen Deckschichten gearbeitet. Am Ende der

Entwicklungs- und Erprobungsarbeiten soll ein marktfähiges Produkt stehen.

**SALPRO (Ausbreitung und Vermischung von Salzwasser im Arkonabecken)**

**Laufzeit:** 1998 - 2000

**Förderinstitution:** DFG

**Projektleiter:** Lass

**Beteiligung:** Mohrholz

Ziel ist es, das Überströmen der Darßer Schwelle und der Drogden Schwelle durch Salzwasserzungen und ihre anschließende Ausbreitung und Transformation im Arkonabecken zu verstehen und in numerischen Modellen abzubilden. Insbesondere sollen durch eine enge Wechselwirkung zwischen Modellierung und Beobachtung die Ausbreitungswege von den Schwellen bis zum Bodenwasser (Pool) des Arkonabeckens sowie die Modifizierung der Form der Salzwasserzunge erforscht werden. Die Zielstellung soll durch eine geeignete Kombination von Modellsimulationen und Feldmessungen erreicht werden.

**MESODYN (Meso-scale Dynamics)**

**Laufzeit:** 1996 - 1999

**Hausprojekt im Rahmen der Deutsch-Russischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Meeres- und Polarforschung des BMBF zur Erforschung der Ostsee**

**Projektleiter:** Hagen

**Beteiligung:** R. Feistel

**Kooperation:** Atlantische Abteilung des IORAN, Kaliningrad; St. Petersburger Abteilung des Staatlichen Ozeanographischen Instituts

Im Rahmen von MESODYN werden wirbelauflösende hydrographische Datensätze

über die tiefen Becken der Ostsee (Arkonabecken, Bornholm-, Gotlandbecken und Stolper Rinne) geschaffen. Sie dienen der Untersuchung der meso-maßstäbigen Austauschprozesse zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser und zwischen Küstenwasser und dem zentralen Becken. Die Mechanismen thermohaliner Intrusionen bei der Entstehung von Wirbelgebilden sollen in Abhängigkeit vom tiefen Zustrom des Nordseewassers für numerische Zirkulationsmodelle aufbereitet werden.

**TRUMP - Transport- und Umsatzprozesse in der Pommerschen Bucht**

**Teilprojekt: Untersuchung der Zirkulations- und Vermischungsprozesse in der Region Oderbucht - Oderhaff - Greifswalder Bodden**

**Laufzeit:** 1993 - 1997

**Förderinstitution:** BMBF

**Teilprojektleiter:** Lass

**Beteiligung:** W. Fennel, Siegel

**Kooperation:** IfM Kiel

Das Ziel des Projektes bestand darin, die Zirkulations- und Transportprozesse in der Pommerschen Bucht und ihre Abhängigkeit vom Wind und den Dichtegradienten zu erfassen. Der Einfluß der Transportprozesse auf die Verteilung der durch die Oder eingebrachten Stoffe stand dabei im Vordergrund des Interesses. Die wesentlichen Merkmale der wind- und dichtegetriebenen Zirkulation und ihre Einwirkung auf die Transportprozesse in der Pommerschen Bucht wurden durch die im Rahmen des Projektes durchgeführten Untersuchungen genauer verstanden. Typische Verteilungsmuster des Oderausstroms für die 8 Hauptwindrichtungen und Haupttransportrichtungen mit Einfluß

bis in die Gdanskener Bucht konnten unterschieden werden.

#### **Jahresgänge und zwischenjährliche Variationen in der SST der Ostsee**

**Laufzeit:** 1997 - 2000

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** Siegel

**Beteiligung:** Gerth

Ziel ist die Untersuchung von Jahresgängen und zwischenjährlichen Variationen in der Wasseroberflächentemperatur (SST) der Ostsee von 1990 - 1997 anhand von Monatsmitteln, die aus Daten des hochauflösenden Radiometers AVHRR der NOAA-Wettersatelliten abgeleitet worden sind. Die Diskussion der Jahresgänge und der zwischenjährlichen Variationen erfolgt in Relation zu Wärme- und Kältesummen der Lufttemperatur, Solarstrahlung und zum Wind.

#### **Einfluß der Warnow auf den Warnemünder Weststrand**

**Laufzeit:** 1997 - 1998

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** Siegel

**Beteiligung:** Gerth, Mutzke

Im Rahmen des Projektes wird der Einfluß der Warnow auf den Warnemünder Weststrand untersucht. Der Warnemünder Weststrand ist für den Tourismus der Region von großer Bedeutung. Deshalb ist eine Zusammenstellung der Ursachen für stark schwankende Wassertemperaturen im Sommer und Aussagen über den Einfluß der Warnow von besonderem Interesse. Dazu wurde für typische Windsituationen die Dynamik der Flußwasserfahne der Warnow untersucht. Es werden dynamische Modellierungen,

Schiffsmessungen, Messungen an Mole und Steg sowie Satellitendaten, Luftbilder und Photographien in die Auswertung einbezogen.

#### **Eliminierung des Bodeneinflusses in Satellitendaten des sichtbaren Spektralbereichs**

**Laufzeit:** 1997 - 2000

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** Siegel

**Beteiligung:** Ohde

Ziel ist es, den Bodeneinfluß in Satellitenbildern von Wasserinhaltsstoffen (Chl, SPM, Gelbstoff) in Flachwasserbereichen der Ostsee zu eliminieren. Der Bodeneinfluß wird durch die Reflektionseigenschaften des Bodens, die Wassertiefe und durch die variable Transmission der Wassersäule bestimmt. Durch die Berücksichtigung dieser Effekte wird zum Beispiel die Bestimmung der Wasserinhaltsstoffe in der Pommerschen Bucht (Oderbank) verbessert.

#### **Algorithmen MOS-PRIRODA**

**Laufzeit:** 1992 - 1998

**Förderinstitution:** DARA/DLR

**Leitung der Projektarbeit im IOW:** Siegel

**Beteiligung:** Beckert, Gerth, Schuffenhauer

**Kooperation:** Institut für Weltraumsensorik, Forschungszentrum Neustrelitz der DLR

Ziel ist die Erarbeitung von Auswertungsverfahren für den optischen Sensor MOS des Modul PRIRODA der Raumstation MIR und des indischen Satelliten IRS-P3 auf der Grundlage von Farbverhältnialgorithmen und Reflektanzmodellen. Die bearbeiteten Daten werden für die Lösung ozeanologischer Fragestellungen des IOW genutzt.

**Verbundprojekt - Tiefendrifter APG (Autonomer Profilierender Geräteträger)**

**EUREKA-Projekt EU 1703**

**Teilprojekt: Entwicklung eines APG-Profilers für Flachwasseranwendungen**

**Laufzeit: 1996 - 1998**

**Förderinstitution: BMBF**

**Leitung der Projektarbeit im IOW: Krüger**

**Kooperation: 4H-jena engineering GmbH; IAP Uni Kiel; Instituto Canario De Ciencias Marinas und IBERCO company (E)**

Das IOW beteiligt sich an der Entwicklung, Erprobung und Einführung einer speziellen Variante des Automatisch Profilierenden Geräteträgers (APG). Entstehen soll im Rahmen des laufenden Projektes eine "offene" Variante des Flachwasser-Profilers, an den verschiedene kommerzielle Präzisionsmeßgeräte angedockt und im Jo-Jo-Betrieb gefahren werden können. Die Daten werden in regelmäßigen Abständen auf akustischem Wege an eine Feststation (MARNET-Station) weitergegeben.

**Thermodynamik des Meerwassers**

**Laufzeit: 1997 - 1999**

**Hausprojekt**

**Projektleiter: R. Feistel**

**Beteiligung: Hagen**

Das Projekt dient der Bestimmung von thermodynamischen Eigenschaften des Meerwassers und des Meereises mit theoretischen und numerischen Methoden, mit dem Ziel der quantitativen Bereitstellung von neuen und Verbesserung von bekannten Eigenschaften für die Auswertung ozeanographischer Messungen.

**Gasaustausch und Deckschichtphysik**

**Laufzeit: 1998 - 2001**

**Hausprojekt**

**Projektleiterin: Rhein**

**Beteiligung: Badewien, W. Fennel, Krüger**

Mit Hilfe von kontinuierlichen Messungen an der Darsser Schwelle (Sauerstoff sowie andere meteorologische und physikalische Parameter) werden Gasaustausch und Deckschichtphysik untersucht.

**ENVIFISH (Environmental conditions and fluctuations in recruitment and distribution of small pelagic fish stocks)**

**Laufzeit: 1998 - 2001**

**Förderinstitution: EU**

**Leitung der Projektarbeit im IOW: Hagen**

**Beteiligung: Alheit, R. Feistel, W. Fennel, Siegel**

**Kooperationen: Space Applications Institute of JRC (co-ordination)/ I; Institute of Fisheries Research / AO; National Marine Research and Information Centre / NA; Sea Fisheries Research Institute / ZA; University of Cape Town / ZA; Institute of Marine Research / NO; University of Warwick / UK; Food and Agricultural Organization / I; Instituto de Investigacao das Pescas e do Mar / P**

Im Projekt werden Langzeitreihen biotischer und abiotischer Parameter mit modernen statistischen Methoden zur Beschreibung zwischenjährlicher Variationen im Ökosystem des Auftriebsgebietes vor Südafrika, Namibia und Angola erhoben, ausgewertet und interpretiert. Raum-zeitliche Massenfelmuster werden mit Hilfe analytischer und numerischer Zirkulationsmodelle im Ver-

gleich mit hydrographischen und meteorologischen Felddaten sowie Fernerkundungsdaten analysiert bei einer Konzentration auf das Zeitfenster von 1982 bis jetzt.

#### **Dynamik der Angola - Benguela Front**

(Hochauflösende hydrographische und Strömungsmessungen im Bereich der Angola - Benguela Front)

**Laufzeit:** 1997 - 1999

**Förderinstitution:** DFG

**Projektleiter:** Lass

**Beteiligung:** Mohrholz, M. Schmidt

**Kooperation:** Institute of Fisheries Research (AO), National Marine Research and Information Centre (NA), Sea Fisheries Research Centre (ZA), University of Cape Town (ZA), Institute for Marine Research (NO)

Das Ziel des Projektes besteht darin, die Struktur der Strömungsfelder und der Wassermassen im Bereich der Angola-Benguela Front zu untersuchen. Der Zusammenhang zwischen der Position der Front, dem lokalen Windfeld und der vom äquatorialen Stromsystem ausgehenden Kelvin Wellen soll erfaßt werden.

#### **Hydrographische Untersuchungen im Bereich der Angola-Benguela-Front und des Angola-Doms**

**Laufzeit:** 1998 - 2000

**Förderinstitution:** BMBF und GTZ

**Projektleiter:** M. Schmidt

**Beteiligung:** Disterheft, Mohrholz, G. Nausch, Postel, T. Schmidt, Wasmund, Weinreben, Wlost

**Kooperationen:** Taxonomische Arbeitsgruppe am Forschungsinstitut Senckenberg c/o Zoologisches Institut und Museum; Instituto

*de Investigacao Pesqueira, Luanda/AO; National Marine Information and Research Center, Swakopmund/NA*

Mit Hilfe von Feldmessungen im Bereich der Ostrandströme vor dem südwestlichen Afrika (Expedition mit FS Poseidon, März/April 1999) wird die Dynamik der Angola-Benguela-Front untersucht. Dabei soll der Frage nachgegangen werden, inwieweit der polwärts gerichtete Unterstrom eine Verbindung zwischen dem tropischen Ökosystem vor der Angolanischen Küste und dem Benguela-Auftriebsgebiet herstellt. Ein weiteres Ziel der Feldmessungen ist die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen dem Auftreten des Angola-Doms und der Variabilität der regionalen Windfelder.

## 2.2 Sektion Meereschemie

### Allgemeine Entwicklung

Am 30. 4. 97 trat Prof. Dr. Dietwart Nehring, der seit Gründung des IOW die Sektionsleitung innehatte, in den Ruhestand. Da die Neubesetzung der C4-Stelle aus verschiedenen Gründen vorerst nicht möglich war, wurde die Sektion zunächst kommissarisch von Herrn Dr. B. Schneider geleitet. Erfolgreich verlief das Berufungsverfahren für die C3-Professur, die Herr Prof. Dr. McLachlan am 1.4.98 antrat und damit gleichzeitig die kommissarische Sektionsleitung übernahm. Durch die Berufung von Prof. Dr. McLachlan sowie durch die Einstellung von zwei Postdocs erhielt die Arbeitsgruppe „Organische Spurenstoffchemie“ zusätzliches Gewicht. Sie wird sich in den kommenden Jahren vorrangig mit den Prozessen in der Wassersäule und den Flüssen an den Grenzflächen beschäftigen und darauf aufbauend mathematische Modelle zum Verbleib organischer Fremdstoffe in der Ostsee erarbeiten. Als zukunftsweisend wird auch die verstärkte Zusammenarbeit mit der Modelliergruppe der Sektion Physikalische Ozeanographie betrachtet, mit der gemeinsam die Entwicklung eines Boxmodells zur Beschreibung des Kohlenstoffkreislaufs in der Gotlandsee in Angriff genommen wurde. Im Berichtszeitraum waren in der Sektion 7 wissenschaftliche Mitarbeiter, 1 Doktorandin sowie 13 technische Angestellte und eine Auszubildende tätig. Drei Doktorarbeiten wurden erfolgreich abgeschlossen.

### Schwerpunkte der Arbeit

Die Sektion Meereschemie befaßt sich im weitesten Sinne mit den Kreisläufen und

Budgets von biochemisch reaktiven Elementen (C, N, P, O), Spurenmetallen und organischen Kontaminanten. Hierbei haben sich Austauschvorgänge an der Grenzfläche Meer/Atmosphäre sowie biogeochemische Umsetzungen in der Redoxgrenzschicht als Schwerpunkte herauskristallisiert.

Die Meereschemie hat sich an verschiedenen interdisziplinären Großprojekten beteiligt. Im Rahmen des 1997 abgeschlossenen Projekts TRUMP erstreckten sich die Aktivitäten auf die Erstellung von Nährsalz- und Spurenmetallbilanzen in der Pommerschen Bucht. Ein wesentlicher Beitrag wurde weiterhin zum Unterprojekt „Atmospheric Load“ der EU- Ostseestudie BASYS geleistet. Für die Erfassung des atmosphärischen Spurenmetalleintrags durch ein Ostsee-weites Meßstellennetz wurden die erforderlichen Probennahmegeräte bereitgestellt, die chemisch-analytischen Arbeiten sowie die Auswertung der Daten übernommen.

In enger Anlehnung an die Monitoring-Verpflichtungen wurden die Untersuchungen zur Re- und Immobilisierung von Phosphaten sowie zur Saisonalität und räumlichen Verteilung von organisch gebundenem Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor fortgesetzt. Bezüglich der Arbeiten zum Kohlenstoffkreislauf wurden die Projekte „Der CO<sub>2</sub>-Austausch an der Grenzfläche Meer/Atmosphäre: Vergleichende Studien in der Ostsee und im Nordatlantik“ (JGOFS) und „Die Kohlenstoffbilanz für das Oberflächenwasser der Gotlandsee“ abgeschlossen. Es konnte erstmalig gezeigt werden, daß der Nordatlantik auch während der

tiefgreifenden winterlichen Durchmischung noch weitgehend als Senke für atmosphärisches CO<sub>2</sub> wirkt. In der Ostsee erfolgt ein ausgeprägter saisonaler Wechsel zwischen CO<sub>2</sub>-Aufnahme und CO<sub>2</sub>-Freisetzung. Im Jahresmittel wurde zwar eine Netto-Aufnahme ermittelt, die jedoch auch bei weltweiter Übertragung auf alle Rand- und Nebenmeere keine Relevanz für das atmosphärische CO<sub>2</sub>-Budget besitzt. Aus den Bilanzrechnungen für den Kohlenstoff im Oberflächenwasser der Gotlandsee ergaben sich deutliche Hinweise darauf, daß die gegenwärtig verwendeten Parameterisierungen der CO<sub>2</sub>-Gastransfargeschwindigkeiten durch die Windgeschwindigkeit enorme Schwächen aufweisen. Ein aus den Daten abgeleiteter modifizierter funktionaler Zusammenhang muß noch durch gezielte Untersuchungen überprüft werden. Hierauf sowie auf die Erweiterung der Budgetuntersuchungen auf das Tiefenwasser der Gotlandsee konzentrieren sich künftige Aktivitäten der betreffenden Arbeitsgruppe.

Die Spurenmetalluntersuchungen im Übergangsbereich zwischen oxischen und anoxischen Wasserschichten wurden fortgesetzt. Es konnte gezeigt werden, daß den Manganoxiden eine Schlüsselrolle für die Verteilung von Spurenmetallen zwischen der gelösten und partikulären Phase zukommt. Durch Messungen der Manganoxidkonzentrationen im Tiefenwasser wurde ferner ein Beitrag zum Projekt GOBIC geleistet, mit dem die Sektion Biologische Meereskunde dem Phänomen erhöhter Produktivität in Trübungszonen nachgeht. Die Untersuchungen zu organischen Kontaminanten zielten

auf die Erstellung einer Bilanz für PCBs in der Arkonasee. Durch ein saisonal aufgelöstes Probennahmeprogramm wurde insbesondere der Frage nachgegangen, ob der Austausch mit der Atmosphäre eine signifikante Bilanzgröße darstellt. Aufgrund der bisherigen Ergebnisse läßt sich feststellen, daß die PCB-Gehalte in der Atmosphäre und im Oberflächenwasser sich nahe dem Gleichgewichtszustand bewegen und daß deshalb umfangreichere und genauere Messungen erforderlich sind, um die Frage nach der Quell-/Senkenfunktion der Ostsee zu beantworten.

Außerplanmäßige Aktivitäten entwickelten sich im Zusammenhang mit der Oderflut. Die verschiedenen Arbeitsgruppen beteiligten sich an kurzfristig organisierten Untersuchungsprogrammen und konnten zeigen, daß vorschnell in die Öffentlichkeit getragene Meldungen von einer Bedrohung der Ostsee durch eine dramatische Nährstoff- und Schadstoffflut nicht der Realität entsprechen.

### **Die technische Ausstattung der Sektion**

Nachdem der Bedarf der Sektion an zeitgemäßer chemisch-analytischer Technik und Laborausstattung in den vorangegangenen Jahren bereits weitgehend gedeckt werden konnte, bezogen sich Beschaffungsmaßnahmen vorwiegend auf die Ersatzbeschaffung, Modernisierung und Fortentwicklung von Gerätschaften. So wurde im Bereich der Nährstoffanalytik die in-situ-Meßtechnik weiter ausgebaut und verbessert. Weiterhin konnten die in-situ-Pumpen für die Erfassung von organischen

Kontaminanten durch die Einführung einer Pumpe für Mehrfachprobenahmen weiterentwickelt werden. Zur Steigerung der Nachweisempfindlichkeit von Quecksilber im Meerwasser wurde der bisherige auf Atomabsorption beruhende Analysator durch ein Quecksilber-Fluoreszenzgerät ersetzt. Mit der Neuanschaffung eines leistungsfähigen Analysators für Quecksilber in der Atmosphäre wurde die Voraussetzung für künftige Arbeiten zum Quecksilber-Gasaustausch an der Grenzfläche Meer/Atmosphäre geschaffen.

## 2.2.1 Projekte der Sektion

**Der CO<sub>2</sub>-Austausch zwischen Ozean und Atmosphäre**

**Laufzeit:** 1994 - 1999

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** B. Schneider

**Beteiligung:** Thomas

**Kooperation:** BSH/IfM-Kiel

Die seit 1994 laufenden Untersuchungen zur CO<sub>2</sub>-Partialdruckverteilung im Nordatlantik wurden auf einer WOCE-Expedition mit FS „Meteor“ im August 1997 fortgesetzt. Die Daten dienen einer Bilanzierung des CO<sub>2</sub>-Flusses zwischen dem Oberflächenwasser des Nordatlantiks und der Atmosphäre und verstehen sich als Beitrag zu einer Abschätzung der Aufnahme von anthropogenem CO<sub>2</sub> durch den Ozean.

**Re- und Immobilisierung von Phosphaten aus dem Sediment und in der Wassersäule bei wechselnden oxischen und anoxischen Bedingungen**

**Laufzeit:** 1997 - 1999

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** G. Nausch

**Beteiligung:** Wachs

Mit diesem Projekt sollen die Ursachen für die Re- und Immobilisierung des Phosphats an den externen (Wasser/Sediment) und internen (Redoxsprungschicht) Grenzschichten aufgeklärt werden. Es soll abgeschätzt werden, in welchem Umfang Phosphat unter oxischen Bedingungen als Eisen-III-hydroxophosphat an suspendierte und sedimentierte Partikel gebunden ist und wie intensiv in Gegenwart von Schwefelwasserstoff Phosphat durch Reduktion des Eisens wieder freigesetzt wird. Diese Prozesse so-

wie der Phosphattransport durch die Dichtesprungschicht sind von wesentlicher Bedeutung für das Eutrophierungsgeschehen in der Ostsee.

**TRUMP - Transport und Umsatzprozesse in der Pommerschen Bucht**

**Teilprojekt: Verteilungsgradienten chemischer Ökosystemparameter in der Pommerschen Bucht**

**Laufzeit:** 1994 – 1997

**Förderinstitution:** BMBF

**Teilprojektleiter:** G. Nausch

**Beteiligung:** Disterheft, Kerstan, Nagel, Nehring, Sadkowiak, Wachs, Welz

**Kooperationen:** Universität Greifswald; Sea Fisheries Institute, Gdynia, PL

Im Projektbereich „Transportprozesse und Verteilungsmuster“ wurde in diesem Teilprojekt die räumliche und zeitliche Variation der aus dem Oderhaff eingetragenen eutrophierenden Stoffe (anorganische Nährstoffe, gelöste und partikuläre Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorverbindungen, Sauerstoff) untersucht. Es konnten typische Verteilungsmuster sowohl unter saisonalem Aspekt wie auch in Abhängigkeit von den herrschenden meteorologischen und hydrographischen Bedingungen beschrieben werden. Die Nährstoffverteilungen lassen den Schluß zu, daß die Pommersche Bucht ein Transformations- und Modifikationsgebiet für die eingetragenen Stoffe, jedoch kein Akkumulationsgebiet darstellt.

**TRUMP - Transport und Umsatzprozesse in der Pommerschen Bucht**

**Teilprojekt: Untersuchungen zum Transport und Verbleib von ausgewählten anorgani-**

**schen und organischen Spurenstoffen im System Pommersche Bucht unter Berücksichtigung saisonaler Abhängigkeiten**

**Laufzeit:** 1994 – 1997

**Förderinstitution:** BMBF

**Teilprojektleiter:** Graeve

**Beteiligung:** Dannenberger, Hennings, Lerz, Petersohn, Pohl, Trost, Witt, Wodarg

Das Ziel des Teilprojektes waren Untersuchungen zur Verteilung und zum Verbleib von Schwermetallen (Hg, Pb, Cd, Cu, Zn) und organischen Kontaminanten (PCBs, HCHs, DDTs) in der gelösten und partikulären Phase sowie in Oberflächensedimenten und in Biota nur unter Berücksichtigung der regionalen und saisonalen Variabilität. Die Daten bilden die Basis für hypothetische Massenbilanzen und Schadstoffeinträge in die Pommersche Bucht. Bei der Auswertung der Daten wurden weiterhin Fragen zum Transport, zum geochemischen Verhalten und zur Modifikation sowie zum Verbleib von organischen Schadstoffen und Schwermetallen in den Sedimenten diskutiert.

**GOBEX: Bilanz für anorganischen und organischen Kohlenstoff im Oberflächenwasser der Gotlandsee**

**Laufzeit:** 1994 – 1998

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** B. Schneider

**Beteiligung:** Disterheft, Kubsch, Nagel, Seifert, Struck, Wachs, Welz

Auf der Grundlage von umfangreichen Messungen wurden die saisonalen Änderungen der Konzentrationen von anorganischem und organischem Kohlenstoff bestimmt und durch die Flüsse an den Grenzflächen des betrachteten Systems erklärt. Durch die Ein-

führung einer neuen Parameterisierung der CO<sub>2</sub>-Gasaustauschgeschwindigkeit (kubische Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit) sowie einer modifizierten Bestimmung des diapyknischen Austauschs konnte eine ausgeglichene Kohlenstoffbilanz für das Oberflächenwasser in der Gotlandsee erhalten werden.

#### **Umsatz und Akkumulation von C, N und P im Tiefenwasser der Gotlandsee**

**Laufzeit:** 1998 – 2001

##### **Hausprojekt**

**Projektleiter:** B. Schneider

**Beteiligung:** Nagel, G. Nausch, Pollehne, Struck, Wachs, Welz

Durch die Bestimmung der Konzentrationen des Gesamt- CO<sub>2</sub> im Tiefenwasser der Gotlandsee konnte gezeigt werden, daß während des Zeitraums 1995 - 1998 die durch Mineralisierung organischen Kohlenstoffs verursachte Akkumulation von CO<sub>2</sub> sowie die daran gekoppelte Sauerstoffverarmung nicht stetig verlaufen. Dieses konnte auf wiederholte Einschübe von Wassermassen mit geringerer CO<sub>2</sub>-Anreicherung zurückgeführt werden. Die beobachteten maximalen Akkumulationsraten konnten nur zu etwa 50 % durch den vertikalen Transport von partikulärem organischen Kohlenstoff erklärt werden, so daß ein erheblicher lateraler Eintrag von organischem Kohlenstoff angenommen werden muß.

#### **BASYS, Subproject 5 „Atmospheric Load“, Schwerpunkt „Atmosphärische Spurenmetalle“**

**Laufzeit:** 1996 – 1999

**Förderinstitution:** EU

**Leitung Projektarbeit - IOW:** B. Schneider

**Beteiligung:** Kubsch, Petersohn

**Kooperationen:** Institute of Physics, Vilnius, LT; IVL, Göteborg, S; Institute of Oceanology, Sopot, PL

Um zu einer verbesserten Abschätzung der atmosphärischen Spurenmetalleinträge zu gelangen, wurden während einer Sommer- und einer Wintermeßphase an vier Küstenstationen (Kap Arkona; Hel, PL; Preila, LT; Hoburg, SE) die Konzentrationen von Zn, Cu, Cd und Pb im Aerosol und im Niederschlag bestimmt. Eingebettet in diese jeweils zweimonatigen Meßreihen waren sogenannte Lagrange-Experimente. Hierbei wurden die beiden Forschungsschiffe des IOW so positioniert, daß sie zusammen mit einer Küstenstation auf einer Luftmassentransportbahn lagen. Dadurch konnten Veränderungen der atmosphärischen Spurenmetallkonzentrationen beim Passieren der Küstenlinie und beim Transport über See erfaßt werden, aus denen Verfahren abgeleitet werden sollen, um Küstenmessungen auf die offene See zu übertragen.

#### **Konzentration ausgewählter persistenter organischer Schadstoffe in der südlichen Ostsee und deren Eintrag über die Atmosphäre**

**Laufzeit:** 1997 – 2000

##### **Hausprojekt**

**Projektleiter:** McLachlan

**Beteiligung:** Bruhn, Koßurok, Lerz, Trost

Erstmals wird die jahreszeitliche Variabilität der Konzentrationen von ausgewählten persistenten organischen Fremdstoffen (POPs) in der Ostsee erfaßt. Durch die parallele Bestimmung der Konzentrationen in der Atmosphäre wird der gasförmige Austausch

von diesen Substanzen zwischen der Atmosphäre und dem Wasser abgeschätzt. Dieser Prozeß steuert die Belastung der Ostsee mit vielen POPs.

**Entwicklung eines Box-Modells für den Verbleib organischer Schadstoffe in der Gotlandsee**

**Laufzeit:** 1998 – 2002

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** McLachlan,

**Beteiligung:** Bruhn, Kömp

Die Konzentrationen von organischen Schadstoffen werden in der Atmosphäre, in Sedimentfallen und im Oberflächenwasser der Gotlandsee bestimmt. Auf der Grundlage dieser Messungen wird ein Box-Modell erstellt, das den Verbleib dieser Substanzen im Oberflächenwasser der Gotlandsee beschreibt. Dieses Projekt ist ein integraler Teil der Aktivitäten der Arbeitsgruppe Stoffbilanzen in der östlichen Gotlandsee.

**Messungen an der Küstenstation Heiligendamm**

**Laufzeit:** 1998 – 2001

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** B. Schneider

**Beteiligung:** Disterheft, Kubsch, Nagel, G. Nausch, Sadkowiak, Welz

Die Untersuchung anorganischer und organischer Nährstoffe sowie von verschiedenen Schwermetallen im wöchentlichen Abstand in Heiligendamm stellt eine Fortsetzung der Langzeitmeßreihe der Küstenstation Warnemünde dar. In zeitlich hoher Auflösung lassen sich Aussagen über saisonale Zyklen wie auch über Langzeitveränderungen im Küstenbereich treffen.

**Entwicklung neuer Methoden zur in-situ Bestimmung und Beprobung von Nährsalzen und organischen Schadstoffen**

**Laufzeit:** 1998 – 2001

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** McLachlan

**Beteiligung:** Bruhn, Kömp, Krüger, G. Nausch, Roeder, Wachs,

Die quasi-kontinuierlichen Messungen der wichtigsten anorganischen Nährstoffe Phosphat und Nitrat (Meßintervall Stunden – Tag) sowie die ereignisgesteuerte Probennahme für die Messung organischer Schadstoffe kann besonders in hydrographisch-dynamischen Gebieten wie der Darßer Schwelle oder der Pommerschen Bucht neuartige Erkenntnisse liefern.

## 2.3 Sektion Biologische Meereskunde

### Allgemeine Entwicklung der Sektion

Die Sektion Biologische Meereskunde bearbeitet die klassischen Richtungen der biologischen Meereskunde in unterschiedlich starkem Maße. Untersuchungen des Phytoplanktons, Zooplanktons, Benthos, der Mikroorganismen, physiologische Untersuchungen, Schadstoffwirkungen an Organismen und Analyse von Stoffflüssen sind langfristig in der Grundausstattung verankert. Durch Projekte werden weitere Schwerpunkte gesetzt, und es ergaben sich aufgrund personeller Veränderungen in den Jahren 1997 und 1998 einige Entwicklungen in den Arbeitsrichtungen. Eine Verstärkung der Bearbeitung von Makrozoobenthos wurde durch Zusammenarbeit mit der Universität Rostock (Arbeitsgruppe Prof. Graf) und neue Projekte erreicht. Es wurden in bescheidenem Umfang molekularbiologische Methoden etabliert. Die Modellierung von biogeochemischen Stoffkreisläufen und die Kopplung an Zirkulationsmodelle wird gemeinsam mit der Sektion Physikalische Ozeanographie vorangetrieben. Fragen des "Coastal Zone Managements" wurden in einem Pilotprojekt in Kooperation mit sozio-ökonomischen und juristischen Arbeitsgruppen als neues Thema aufgegriffen und die Untersuchung der Stoffflüsse in sandigen Sedimenten wird aufgebaut. Im Berichtszeitraum umfaßte die Sektion 22 wissenschaftliche Mitarbeiter, 5 Doktoranden und 20 technische Mitarbeiter. Es wurden 1 Doktorarbeit und 7 Diplomarbeiten abgeschlossen. Die Sektionsleitung wurde 1997 durch Prof. Karin Lochte übernommen.

Die Lehre im Fach Biologische Meereskunde wurde gemeinsam mit dem Lehrstuhl für

Meeresbiologie der Universität Rostock in den Jahren 1997 und 1998 weiter aufgebaut und vertieft. Besondere Schwerpunkte in der Lehre, die durch die Sektion vertreten wird, sind Planktologie, Mikrobiologie und biologische Stoffflüsse. Seit 1998 verbesserten sich die Bedingungen für die meeresbiologischen Praktika, da jetzt im Institut für Ostseeforschung ein Praktikumsraum zur Verfügung steht. Weiterhin wurden auch die Forschungsschiffe als wichtiges Ausbildungsmedium für 2 Praktika im Jahr genutzt.

### Schwerpunkte der Arbeit

Die Forschungsschwerpunkte der Sektion umfassen:

- (i) Quantifizierung und Steuerung von biologischen Stoffkreisläufen, die für die Einschätzung des Ostseezustandes von Bedeutung sind;
- (ii) Interaktionen zwischen den Organismen und der Umwelt, auch unter Berücksichtigung anthropogener Veränderungen und dekadischer Klimaschwankungen;
- (iii) Laterale Austauschvorgänge zwischen den Ästuaren, Küstengebieten und den zentralen Becken der Ostsee, da in einem Randmeer wie der Ostsee der Einfluß des Lateraltransportes dominiert.

In den Jahren 1997 und 1998 konnte die Sektion einige große Projekte erfolgreich abschließen und mit neuen Projekten beginnen, die in den meisten Fällen gemeinsam mit den anderen Sektionen oder externen Kooperationspartnern durchgeführt wurden. Das interdisziplinäre Gemeinschaftsprojekt

TRUMP (Transport und Umsatzprozesse in der Pommerschen Bucht) wurde 1997 abgeschlossen und ausgewertet. Parallel dazu waren Untersuchungen gemeinsam mit polnischen, lettischen, litauischen, estnischen und russischen Wissenschaftlern in verschiedenen küstennahen Systemen der südlichen Ostsee durchgeführt worden, die ebenfalls 1997 endeten. Ein wichtiges Thema war die Untersuchung des Stickstoffkreislaufs, das im Rahmen verschiedener Projekte bearbeitet wurde, von denen die meisten 1997 begannen. Im BASYS Subprojekt 2 "Pelagic Fluxes" wurde die Stickstofffixierung in der Gotlandsee bestimmt, im Projekt "Ammoniakoxidierer im Pelagial der Ostsee" wurden Abundanz und Aktivität dieser Bakterien durch molekulare biologische Methoden in der Gotlandsee bestimmt, das Teilprojekt "Stabile Stickstoffisotope" des SFB 261 bearbeitete die Isotopenfraktionierung des Stickstoffs durch pelagische Prozesse, im Projekt "Gelöster organischer Kohlenstoff und Stickstoff in marinen Ökosystemen" wurde die Menge dieser gelösten Substanzen im Indik und Nordatlantik bestimmt und ihre Rolle im Stoffumsatz bewertet und im JGOFS-Projekt "Stickstoffkreislauf im Arabischen Meer" wurde die Rolle des Stickstoffs als Antrieb für Kohlenstoffumsätze im Plankton untersucht. Mikrobieller Abbau organischer Partikel in der Wassersäule und an der Sediment-Wasser Grenzschicht wurde in der Tiefsee des Nordostatlantik und Indik verfolgt, und der Einfluß bakterieller extrazellulärer Polymere auf die Stabilität von Sedimentoberflächen wurde in der Pommerschen

Bucht bestimmt. Zur "Optimierung des Biologischen Monitoring auf See" wurden seit 1997 Methoden zur Erfassung des Phytoplanktons und Zoobenthos entwickelt. Auswirkungen von Schadstoffen auf den Fortpflanzungserfolg der Dorsche und Effekte von Sauerstoffmangel oder Sulfidstress auf Benthosorganismen sind seit langem Teil der Arbeiten der Sektion. Die Auswirkung dekadischer Klimaschwankungen auf Zooplankton und Jungfische werden als Teil des BASYS Sub-Projektes 1b verfolgt. Als erstes Projekt zum Küstenzonenmanagement wurde eine disziplinübergreifende Untersuchung der Einträge der Oder in die Pommersche Bucht durchgeführt, die die Landnutzung im polnischen und deutschen Einzugsgebiet berücksichtigt und die Nähr- und Schadstofffracht durch Boxmodelle beschreibt. Diese Arbeiten sowie die Ergebnisse der TRUMP- Untersuchungen ermöglichen es, relativ rasch die Auswirkungen der Oder- Flut im Juli 1997 einschätzen zu können.

### **Die technische Ausstattung der Sektion**

Die Entwicklung der technischen Ausstattung der Sektion verfolgte hauptsächlich das Ziel, die Probennahme zu verbessern und die Qualität der bestehenden Analytik zu sichern. Neben der Standardausrüstung zur Beprobung von Wasser und Sediment wurden Geräte zur hochauflösenden Beprobung in der bodennahen Wasserschicht (Bodenwasserschöpfer) und in der Wassersäule entwickelt. Durch Mehrkanalfluoreszenzsonden, die sowohl in profilierenden als auch verankerten Geräten und auch als Durchflußgeräte im Schiff eingebaut sind,

können die kleinskaligen Verteilungsmuster des Phytoplanktons in Beziehung zu den physikalischen Variablen gesetzt werden. Geräte zur Unterwasser-Videotechnik wurden als zusätzliches Hilfsmittel für die Analyse des Makrozoobenthos aufgebaut, da damit größere Areale des Meeresbodens untersucht werden können als mit klassischen Methoden. Zusätzlich zu den üblichen Analysemethoden wurden in der Sektion einige aufwendigere Techniken weiterentwickelt bzw. neu etabliert. Massenspektroskopie für die Analyse stabiler Isotope ( $^{15}\text{N}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) war in der Sektion ein vielseitiges Hilfsmittel zur Untersuchung von Stoffflüssen. Für Schadstoffanalysen von Xenobiotika, insbesondere von chlorierten Kohlenwasserstoffen, in biologischem Material stehen Gaschromatographen mit Elektroneneinfangdetektor oder mit gekoppeltem Massenspektrometer zur Verfügung. Die Bestimmung der Pflanzenpigmente durch HPLC-Analytik und die Zählung kleiner Phytoplanktonzellen durch Flow-Cytometrie wurden so weit standardisiert, daß sie als Monitoring-Begleitparameter erfaßt werden. Zur Untersuchung der physiologischen Adaptation des Phytoplanktons an das Lichtklima wurde die Methode der PAM-Fluorometrie (Pulse Amplitude Modulated Fluorometer) aufgebaut. Um das Auftreten bestimmter Bakteriengruppen in natürlichen Proben zu verfolgen, wurden einige molekularbiologische Methoden (DNS-Extraktion, PCR Amplifizierung, in situ Hybridisierung mit Fluoreszenzsonden) etabliert.

## 2.3.1 Projekte der Sektion

### **Gelöster organischer Kohlenstoff und Stickstoff in marinen Ökosystemen, Quellen und Senken**

**Laufzeit:** 1993 - 1998

**Förderinstitution:** BMBF

**Projektleiter:** v. Bodungen

**Beteiligung:** Buuk, Kähler, Pollehne

Auf mehreren Expeditionen im Rahmen von JGOFS seit 1992 wurden gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) und Stickstoff (DON) im Nordatlantik, im polaren Südatlantik und in der Arabischen See gemessen. Dabei stellte sich heraus, daß der weit überwiegende Teil des DOC inert ist, also nicht an biotischen oder abiotischen Umsetzungen teilnimmt. Im Oberflächenwasser wird zusätzlich DOC gebildet, das von Bakterien aufgenommen werden kann. Es wird dabei nur wenig Bakterien-Biomasse gebildet, da der Großteil veratmet wird. Das DOC ist außerordentlich arm an Stickstoff und sein Abbau ist im Sommersystem bei Stickstoffarmut verzögert (saisonale Akkumulation). Für den Export von Kohlenstoff von der Oberfläche in den tiefen Ozean (biologische Pumpe) spielt die inerte Fraktion keine, die biologisch nutzbare Fraktion nur eine geringe Rolle gegenüber dem Transport von Partikeln.

### **BIGSET – Biogeochemische Stoff- und Energietransporte in der Tiefsee**

**Teilprojekt: Mikrobielle Prozesse der Frühdiagenese**

**Laufzeit:** 1996 - 1999

**Förderinstitution:** BMBF

**Teilprojektleiterin:** Lochte

**Beteiligung:** Boetius

**Kooperation:** GEOMAR Kiel, Universität

Hamburg, Universität Bremen, Universität Oldenburg, Universität Tübingen

Im Arabischen Meer und im Nordatlantik werden an ausgewählten JGOFS Stationen, an denen langjährige Untersuchungen mit Sinkstofffallen durchgeführt werden, die mikrobiellen Abbauraten am Meeresboden untersucht. Es soll geklärt werden, mit welcher Geschwindigkeit sedimentiertes Material abgebaut wird und in welchem Maße sich der unterschiedlich hohe Vertikalfluß auf die benthischen Umsatzraten auswirkt.

**GOBIC: Biogeochemie des Gotlandbeckens**

**Laufzeit:** 1998-1999

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** Pollehne

**Beteiligung:** Pohl

Ziel dieses Projektes sind Untersuchungen an der oxisch/anoxischen Grenzschicht. Hier sollen die Verteilungen und der Transport von Partikeln sowie deren Gehalte an den redoxsensitiven Metallen Eisen und Mangan durch die Redoxcline genauer untersucht werden, da diese Prozesse vermutlich eine Schlüsselfunktion für den Transport von anderen Metallen wie Pb, Cd oder Hg bilden. Weiterhin dienen diese Untersuchungen zur Klärung, inwieweit die Mn/Fe Reduktion/Oxidation durch biologische Prozesse (Bakterienaktivitäten) initiiert bzw. gesteuert wird.

**BASYS SP2 „Pelagic Fluxes“**

**(Schwerpunkt: Stickstoffkreislauf und Sedimentation)**

**Laufzeit:** 1996 - 1999

**Förderinstitution:** EU

**Leitung der Projektarbeit im IOW:** Lochte

**Beteiligung:** Kähler, G. Nausch, Struck, Wasmund

**Kooperation:** Marine Biological Laboratory University Copenhagen, Helsingør, DK; Institute of Ecology, Tallin / EE; Finnish Environmental Institute, Helsinki, University of Turku / FIN; Space Applications Institute Ispra / I; University of Latvia, Salaspils /LV; University Stockholm, University Umea / S  
Hauptziel des durch das IOW bearbeiteten Teilprojektes ist die Erfassung des Stickstoffkreislaufs in der Gotlandsee und seiner saisonalen Variationen. Hierzu werden die Raten der Stickstofffixierung, der Primärproduktion und der Sedimentation sowie die Nährstoffkonzentrationen und die Zusammensetzung des Planktons zu verschiedenen Jahreszeiten bestimmt. Die Denitrifikation in der Wassersäule, die ebenfalls bestimmt werden muß, um den Stickstoffkreislauf zu schließen, kann jedoch aufgrund sehr niedriger Raten nicht direkt gemessen werden und soll durch Bilanzierungen auf der Basis der hochauflösenden Messungen der Nährstoffkonzentrationen ermittelt werden.

**Transport- und Umsatzprozesse in der Pommerschen Bucht (TRUMP)**

**Laufzeit:** 1994 - 1997

**Förderinstitution:** BMBF

**Projektleiter:** v. Bodungen

**Beteiligung:** Buuk, Busch, Jost, Kube, Lage, Meyer-Harms, Mumm, M. Nausch, Peters, Pollehne, A. Postel, L. Postel, Powilleit, Reckermann, K. Schmidt, R. Schneider, Setzkorn, Topp, Wasmund

**Kooperation:** Universität Greifswald; Sea Fisheries Institute Gdynia; Institute of

*Oceanology, PAS, Sopot; Marine Biology Center, PAS, Gdynia; Agriculture University, Szczecin; University of Gdansk (Polen)*

Hauptziel des Projektes "Transport- und Umsatzprozesse in der Pommerschen Bucht" (TRUMP) war die Erfassung des Einflusses der physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse auf Transport, Verteilung, Modifikation und Verbleib der eingetragenen Stoffe aus Oder, Bodden und Haff, sowie die Simulation der Ergebnisse in einem angepaßten Zirkulationsmodell mit angekoppeltem einfachem ökologischen Modell.

#### **Untersuchung des Stoffeintrages und -umsatzes in küstennahen Gebieten der südöstlichen Ostsee**

**Laufzeit:** 1993 - 1997

**Förderinstitution:** EU

**Projektleiter:** L. Postel

**Beteiligung:** Buuk, Busch, Jost, A. Postel, Wasmund

**Kooperation:** Estonian Marine Institute Tallinn, EE; Institute of Aquatic Ecology, University of Latvia, Riga, LV; Centre of Marine Research, Klaipeda, LT; Sea Fisheries Institute Gdynia, PL; State Oceanographic Institute, Marine Pollution Monitoring Laboratory, Moskau, RUS

Ziel des Projektes war die Untersuchung des Stoffeintrages und -umsatzes in der Pommerschen Bucht, Danziger Bucht, dem Mündungsbereich und vorgelagerten Seegebiet der Njeman (Memel) sowie der Rigaer Bucht, in welche Daugava (Düna) und Pärnu (Pernau) fließen. Der Vergleich der topographisch und hydrographisch unterschiedlichen Seegebiete wurde in der Sommer-

situation durchgeführt, da sie frei von meridionalen jahreszeitlichen Einflüssen ist.

#### **DYSMON II: Einfluß von Sulfid auf die ökophysiologische Anpassungsfähigkeit mariner Polychaeten an variierende Umweltbedingungen**

**Laufzeit:** 1994 - 1997

**Förderinstitution:** BMBF

**Leitung der Projektarbeit im IOW:** Schiedek

**Beteiligung:** Arndt, Hahlbeck, Daunys, Schwartinski

**Kooperation:** FB Biologie Universität Rostock; Institut für Zoophysologie Düsseldorf; Institut für Meereskunde Kiel; Centre for System Analysis, Klaipeda University, LT; Gatty Marine Laboratory, St. Andrews, Schottland; RIKZ Haren, NL; Universität Bremen; Fraunhofer Institut Garmisch-Partenkirchen

Vor dem Hintergrund der massiven „Einwanderung“ des Polychaeten *Marenzelleria* spp. in die Küstenbereiche der Nord- und Ostsee wurde in einer vergleichenden Studie mit dem Polychaeten *Nereis (Hediste) diversicolor*, einem typischen Vertreter der hiesigen Benthosfauna, analysiert, inwieweit die Toleranz gegenüber Schwefelwasserstoff und die Fähigkeit zur Sulfidentgiftung bei der erfolgreichen Ansiedlung des „Immigranten“ eine Rolle spielen.

#### **Partikelresuspension und -modifikation in der bodennahen Nepheloidschicht**

**Laufzeit:** 1996 - 1997

**Hausprojekt**

**Projektleiterin:** Lochte

**Beteiligung:** Becher, Heise, M. Nausch

**Kooperation:** Institute of Marine Sciences, Szczecin / PL

Das Pilotprojekt zur Partikelresuspension untersuchte in vierteljährlichen Fahrten zu verschiedenen Stationen in der Pommernbucht, teilweise auf polnischem Gebiet, Erosions- und Transportprozesse sowie die die Erosion bestimmenden biotischen und abiotischen Parameter. Zur Probennahme wurden hierzu routinemäßig Kastengreifer, Bodenwasserschöpfer und eine Erodierungsapparatur nach GUST (Labor- und teilweise „in situ“-Gerät) eingesetzt.

#### **Mikrobieller Abbau sedimentierender Partikel in der tiefen Wassersäule**

**Laufzeit:** 1995-1997

**Förderinstitution:** BMBF

**Projektleiterin:** Lochte

**Beteiligung:** Petry

**Kooperation:** GEOMAR Kiel; IfM Kiel

Im Arabischen Meer und im Nordatlantik wurden als Teilprojekt der JGOFS-Untersuchungen die mikrobiellen Prozesse auf Partikeln aus verschiedenen Tiefen der Wassersäule experimentell durchgeführt. Biomassen und Umsatzraten sowie die Aktivität verschiedener hydrolytischer Enzyme wurden auf sedimentierende Partikel aus kurzfristig ausgelegten flachen und tiefen Sinkstoffallen und in den verschiedenen Wassertiefen untersucht.

#### **OBBSI: Odra Basin - Baltic Sea Interactions**

**Laufzeit:** 1997 - 1999

**Förderinstitution:** VW-Stiftung

**Projektleiter:** v. Bodungen

**Beteiligung:** Humborg

In dem disziplinenübergreifenden Forschungsprojekt geht es um die Erarbeitung integrativer Steuerungsmöglichkeiten mit Blick auf die Gewässerreinigung im

Sinne des Küstenzonenmanagements. Beispielfähig wird das Einzugsgebiet der Oder bis in die Pommersche Bucht bearbeitet. Eine Bestandsaufnahme der Schwermetall- und Nährstoffbelastung in den deutsch-polnischen Küstengewässern wird durchgeführt und die Dynamik der Nähr- und Schadstoffflüsse unter Zuhilfenahme von numerischen Boxmodellen erfaßt.

#### **BASYS Subproject 1b: Processing of historical data**

**Laufzeit:** 1996 – 1999

**Förderinstitution:** EU

**Teilprojektleiter:** Alheit

**Beteiligung:** Dippner

**Kooperation:** Dept. of System Ecology, University of Stockholm, S; Archipelago Research Institute, University of Turku, FIN; Estonian Marine Institute, Tallinn, EE; Estonian National Maritime Board, Tallinn, EE; Latvian Fisheries Research Institute, Riga, LV; Institute of Aquatic Ecology, University of Riga, LV; Institut für Meereskunde, Kiel

Durch integrierende Analyse der relevanten meteorologischen, hydrographischen und biologischen Langzeitdatensätze werden langfristige Änderungen im Ökosystem Ostsee erfaßt. Dabei soll der Einfluß natürlicher Faktoren von dem anthropogener getrennt und die Bedeutung der Klimavariabilität herausgearbeitet werden.

#### **Effects of Climate induced Temperature Change on marine coastal Fishes (CLICOFI)**

**Laufzeit:** 1998 – 2000

**Förderinstitution:** EU, Alfred-Wegener-Institute für Polar- und Meeresforschung

**Leitung der Projektarbeit im IOW:** Alheit

**Beteiligung:** Dippner

**Kooperation:** Alfred-Wegener-Institute, Bremerhaven (Koordination); Zoological Institute, University of Bergen, NO; Department of Biology, University of Antwerp, B; Fachbereich Biologie, Universität Bremen, D; Dept. of Biochemical Sciences, University of Rome – La Sapienza, I

Langzeitserien (meteorologische, hydrographische und fischereiliche Daten) aus Barentssee, Norwegischer See, Nordsee, Ostsee und Weißem Meer sollen einer statistischen Analyse unterzogen werden.

**Optimierung des Biologischen Monitorings auf der Hohen See – Ansätze zur Steigerung der Effizienz von Methoden und der Aussagekraft**

**Laufzeit:** 1998-1999

**Förderinstitution:** UBA, BMBF

**Projektleiter:** v. Bodungen

**Beteiligung:** Krüger, A. M. Müller, Pollehne, Siegel (Teilprojekt Pelagial)

Schiedek, Zettler (Teilprojekt Benthall)

**Kooperation:** Uni Würzburg, Uni Greifswald, FTZ Büsum, IFM Kiel, LAUN Schleswig-Holstein

**Teilprojekt Pelagial**

Ziel der Untersuchungen ist die Einführung schneller, räumlich und zeitlich hoch auflösender Monitoring-Methoden. Dabei soll der Einsatz schiffsinterner Mehrkanal-Fluoreszenzsonden zur on-line Registrierung der Oberflächenfluoreszenz auf ihre Eignung zur automatisierten Erfassung des Biomasseparameters Chlorophyll geprüft werden. Zur Detektion von photo-physiologischen und somit die Fluoreszenz-abstrahlung beeinträchtigenden Prozessen kommt ein zusätzliches, in der Grundlagen-

forschung verwendetes Xenon-PAM Fluorometer zum Einsatz.

**Teilprojekt Benthall**

Zielstellung der vorliegenden Studie ist es, die konventionellen Monitoringmethoden (Greifer, Dredge) im „Baltic Marine Programme“ (BMP) der HELCOM mit Videoaufnahmen zu begleiten. Die Aufnahmen sollen in drei Punkten zur besseren Beurteilung der BMP-Stationen beitragen. Erstens wird über das Erkennen von Strukturen wie z.B. Phytal, Steinfelder, Schwefelwasserstoff, Patchiness und Muschel-Bänken ein Gesamteindruck vermittelt, der teilweise deduktive Rückschlüsse auf die Besiedlung zuläßt. Zweitens werden Tiere der Epifauna qualitativ und quantitativ ermittelt. Drittens kann Endofauna in einigen Ausnahmefällen über sogenannte Lebensspuren (Kotschnüre, Siphos) ebenfalls identifiziert und gezählt werden. Die Arbeiten konzentrieren sich auf eine großräumige Erfassung und bessere Charakterisierung der benthischen Makrofauna.

**Der Stickstoffkreislauf im Zwischenmonsun des Arabischen Meeres als Antrieb für neue Produktion und Exportfluß von organischem Kohlenstoff**

**Laufzeit:** 1995 -2000

**Förderinstitution:** BMBF

**Projektleiter:** v. Bodungen

**Beteiligung:** Barkmann, Böttcher, Gerth, Kähler, Leipe, G. Nausch, Pollehne, B. Schneider, Siegel

**Kooperation:** Verbund Deutsches JGOFS, Internationales JGOFS

Das übergeordnete Ziel dieses Teilprojektes ist, mit Untersuchungen zur Produktion, zum Abbau und zum Partikeltransport in der

Arabischen See zur globalen Bilanzierung der ozeanischen Kohlenstoffflüsse im Rahmen von JGOFS beizutragen. Insbesondere werden Prozeßuntersuchungen zur Rolle des Stickstoffs als Antrieb für den Kohlenstofftransport während der Intermonsunphase durchgeführt. Abschließend soll eine großräumige Aufnahme von Algenbiomasse und Produktionsbedingungen in der Arabischen See durchgeführt werden.

Die Arbeiten in diesem Projekt ordnen sich in die Konzepte des internationalen JGOFS-Science Plans sowie des nationalen JGOFS-Verbundes und damit in das Ziel einer globalen Bilanzierung der ozeanischen Kohlenstoffflüsse ein. Die in der ersten Projektphase im Arabischen Meer durchgeführten Messungen bilden die Grundlage für die zur Zeit durchgeführte Modellierung der saisonalen Muster von Neuer Produktion und Partikelfluß.

#### **Struktur und Funktion chemolithotropher Ammoniakoxidierer im Pelagial der Ostsee**

**Laufzeit:** 1997 -1999

**Förderinstitution:** DFG

**Projektleiter:** Jost

**Beteiligung:** Bauer

**Kooperation:** MPI für Limnologie, Plön

Projektziel ist die Bestimmung der Leistung (Nitrifikationsraten, gemessen mittels <sup>15</sup>N-Tracern), sowie der Populationsgröße (in-situ Hybridisierung) und Zusammensetzung (Auftrennung von 16S rDNA mittels DGGE und Sequenzierung der Fragmente) von chemolithotrophen Ammoniakoxidierern der Beta-Proteobakterien in verschiedenen Wasserkörpern des Gotlandtiefs. Zusätzlich soll eine Differenzierung von freilebenden und mit Partikeln assoziierten Populationen

und deren Anteil an den Nitrifizierungsraten vorgenommen werden.

#### **Mechanisms influencing long-term trends in reproductive success and recruitment of Baltic cod: Implication for fisheries management (CORE)**

**Laufzeit:** 1994 - 1997

**Förderinstitution:** EU

**Leitung Projektarbeit - IOW:** R. Schneider

**Beteiligung:** Rimek

**Kooperation:** Institut für Meereskunde, Kiel, Abtlg. Fischereibiologie (Koordination); Danish Institute for Fisheries Research, Charlottenlund; Institut für Ostseefischerei, Rostock; Institute for Marine Research, Lysekil; Finnish Game and Fisheries Research Institute, Helsinki; Sea Fisheries Institute, Gdynia

Im Rahmen des Gesamtprojekts zur Erforschung der natürlichen und der anthropogenen Ursachen der Rekrutierungsschwankungen des Dorschbestandes in der zentralen Ostsee zielte das Teilprojekt auf mögliche Zusammenhänge zwischen der Belastung der Dorschovarien mit chlorierten Kohlenwasserstoffen und vermindertem Entwicklungserfolg von Eiern und Larven als biologischem Effekt von Schadstoffen.

#### **Monitoring von Chlorkohlenwasserstoffen in Miesmuscheln in den Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns**

**Laufzeit:** Fortlaufend

**Amtshilfe für das Landesamt für Umwelt und Natur M.-V. (LAUN) im Rahmen des Bund-Länder-Meßprogramms (BLMP)**

**Projektleiter:** R. Schneider

**Kooperation:** Landesamt für Umwelt und Natur M.-V., Stralsund; Institut für Angewand-

*te Ökologie, Neubroderstorf*

Ziel ist die Untersuchung raum-zeitlicher Trends in der Schadstoffbelastung von Miesmuscheln in den Küstengewässern Mecklenburg-Vorpommerns

**Akkumulationswege von organischen Schadstoffen im marinen Nahrungsnetz**

**Laufzeit:** 1998

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** R. Schneider

**Beteiligung:** Ulbrich (Diplomand), Voß

**Kooperation:** Landesamt für Umwelt und Natur M.-V., Stralsund; Staatliches Amt für Umwelt und Natur, Stralsund; Landesinstitut für Fischerei M.-V., Rostock; Institut für Angewandte Ökologie, Neubroderstorf

Vergleichende Analysen von Flundern, Nährtieren und Seewasser auf ausgewählte Chlorkohlenwasserstoffe sollten Aufschluß darüber erbringen, ob die Akkumulation dieser Schadstoffe eher auf eine Biomagnifikation (Anreicherung über die Nahrungskette) oder auf eine physikalisch-chemische Gleichgewichtsverteilung zwischen einer wässrigen Phase (Meerwasser) und einer lipophilen Phase (Körperfett) zurückzuführen ist.

**Untersuchung lokal-kleinskaliger Unterschiede im Schadstoffgehalt bei *Mytilus spec.***

**Laufzeit:** 1998

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** R. Schneider

Dieses kleine Projekt zielte darauf ab, festzustellen, ob Proben von Miesmuscheln kleinräumig (im Bereich weniger Meter) signifikante Unterschiede in ihren Chlorkohlenwasserstoffgehalten aufweisen. Be-

zweckt war eine Prüfung der Probenahmetaktik im Bund- Länder- Meßprogramm.

**Atlantic Data Base for Exchange Processes at the Deep Sea Floor (ADEPD)**

**Laufzeit:** 1997 – 1999

**Förderinstitution:** EU

**Projektleiterin:** Lochte

**Beteiligung:** Boetius, Prena

Geochemische und biologische Daten aus der Boden-Wasser-Grenzschicht in der Tiefsee des Atlantiks wurden in vielen Projekten separat erhoben und werden in diesem internationalen Projekt in einer Datenbank zusammengetragen. Diese Daten werden am IOW gesammelt und in ein geographisch orientiertes Dateninformationssystem (PANGAEA) eingelesen, das am Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven betreut wird. Erste Analysen dieser Datensammlung sollen Hinweise darauf geben, welche Regionen der Tiefsee des Atlantiks hohe oder niedrige biogeochemische Umsatzraten aufweisen.

### Allgemeine Entwicklung der Sektion

Die Sektion Marine Geologie befaßt sich mit der Erforschung der Bildungs- und Umbildungsprozesse von Sedimenten in der Ostsee seit Ende der letzten Inlandvereisung in Nordeuropa. Die Sedimente spiegeln Veränderungen der natürlichen Umwelt wider und sind gleichzeitig ein Archiv für Einflüsse des Menschen in den letzten Jahrzehnten und Jahrhunderten. Zudem sind sie eine wichtige Komponente der heutigen Ostsee als Lebensraum für das Benthos, Speicher und Quelle für Nähr- und Schadstoffe und als dynamisches Abbild natürlicher und anthropogener Umverteilungsprozesse. Die Grundlagenforschung zu diesen Themen wurde im Berichtszeitraum verknüpft mit Untersuchungen zur Nutzung der natürlichen Ressource „Ökosystem Ostsee“, die Planung und Realisierung von regulierenden Eingriffen in das System unterstützen. Dabei leistet die Sektion Marine Geologie ihren Beitrag im Sinne der Durchsetzung des Nachhaltigkeitsprinzips.

Es ist offensichtlich, daß diese komplexen Aufgabenstellungen nur in enger Zusammenarbeit mit den anderen Fachsektionen des IOW erfüllt werden können. Ausgebaut wurden, neben der bereits gut entwickelten Kooperation zur Biologischen Meereskunde, die Beziehungen zur Meereschemie und zur Physikalischen Ozeanographie. Bedeutung hat hier gerade die Modellierung von Zuständen und Prozessen, die als methodische Klammer den Integrationsprozess fördert. Die im Land Mecklenburg-Vorpommern begrenzten humanen Ressourcen fordern aber auch besonders die Zusammenarbeit mit den

Fachkollegen an den Universitäten. Neben der traditionell sehr guten Kooperation der Sektion Marine Geologie mit den Geowissenschaftlern der Universität Greifswald hat die Entwicklung der Beziehungen zum FB Biologie der Universität Rostock gerade im Hinblick auf die Applikation von Forschungsergebnissen beim Umweltmanagement eine erfreuliche Entwicklung erfahren. Die internationalen Forschungsbeziehungen zu den Ostseeanrainern und der Ukraine, zu Gruppen in Westeuropa und in Übersee (USA, Brasilien, Neuseeland, Japan, China) dienen der Entwicklung der methodischen Richtungen wie auch der Forschung außerhalb der Ostsee.

Im Berichtszeitraum waren in der Sektion Marine Geologie 10 Wissenschaftler, 12 technische Mitarbeiter und 5 Doktoranden beschäftigt. Eine Doktorarbeit wurde abgeschlossen.

Die akademische Lehre nehmen die Professoren und wissenschaftlichen Angestellten vorwiegend an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, dem universitären Standort der Geowissenschaften in Mecklenburg-Vorpommern wahr. Schwerpunkte der Lehre bilden die Marine Geologie, die Ozeanographie, Geochemie sowie Modellierung und Geoinformatik. Das Lehrangebot wird jährlich durch die praktische Ausbildung, zum Teil in interdisziplinären Praktika mit anderen Sektionen des IOW, auf See und in den Labors sowie im StAUN Rostock, Abt. Küste, ergänzt.

## Schwerpunkte der Arbeit

Die Forschungsarbeit konzentrierten die Wissenschaftler der Sektion Marine Geologie auf drei Schwerpunkte:

- (i) Geschichte der Ostsee und der Klimageschichte Nordeuropas,
- (ii) Energie- und Stoffaustausch zwischen Küstengewässern und offener Ostsee,
- (iii) Forschungsarbeiten in Seegebieten außerhalb der Ostsee.

Im Zeitraum 1997/98 konnten zum Schwerpunkt (i) Projekte erfolgreich abgeschlossen werden. Das betrifft einerseits die westliche Ostsee, wo eine Neuinterpretation des Sedimentationsgeschehens während des Postglazials im Schwellenbereich zwischen Mecklenburger Bucht und Arkonabecken erarbeitet werden konnte. Ergebnisse dieser Arbeiten, die Dr. Lemke im Rahmen eines Hausprojektes durchführte, legte er gleichzeitig als Habilitationsschrift an der Universität Greifswald vor. Untersuchungen der Geochemie und Mikropaläontologie in Sedimentkernen der Ostseebecken (gemeinsam mit Kollegen anderer Institute) vertieften unsere Kenntnis des (klimatisch gesteuerten) Wechsels in den hydrographischen Bedingungen der Ostsee während des Holozäns. Natürliche Variationen des Sedimentationsmilieus und anthropogene Einflüsse während des industriellen Zeitalters konnten anhand von Nähr- und Schadstoffflüssen in der Mecklenburger Bucht (im Rahmen eines DFG-Projektes zu Schwermetallkonzentrationen in Eisen-Mangan-Akkumulaten) und in anderen Ostseebereichen

(Schwerpunkte Oderhaff, Arkonabecken, Gotlandbecken, Danziger Becken, Bornholmbecken) erkannt und quantifiziert werden.

Zum vertieften Verständnis der Beziehungen zwischen sedimentärer Fazies und steuern dem Sedimentationsmilieu werden die gegenwärtig noch in der Bearbeitung befindlichen Projekte im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens Baltic Sea System Study (BASYS) beitragen. Sedimente aus den tiefen Becken und ihre Rolle als Paläomilieuindikatoren (Subproject 7) werden von der Sektion mit Partnern aus Dänemark, Schweden, Finnland, Litauen und den USA untersucht. Die Arbeiten im Rahmen des Unterprojekts 3a (Küsten-Becken-Interaktionen; Partner aus Polen, Dänemark, England und von der Universität Rostock) dienen dagegen der Erforschung des Lateraltransports partikulären und gelösten Materials von der Mündung der Oder bis zu den Ablagerungsbereichen im Arkona- und Bornholmbecken und orientieren sich damit auf o.a. Schwerpunkt (ii).

Aus letzteren Arbeiten heraus kristallisieren sich zunehmend Forschungsinitiativen der Sektion mit einer deutlichen Anwendungs-komponente. Gemeinsam mit dem Wasser- und Schiffsamt Stralsund wurden zunächst im Rahmen eines Hausprojektes erste Arbeiten zur Untersuchung der ökologischen Auswirkungen der Verklappungen von Baggergut im Seebereich begonnen. Diese sehr komplexe Fragestellung erfordert die Kooperation zwischen Sedimentologen, Benthos- und Mikrobiologen und Physikalischen

Ozeanographen. Ein Verbundprojekt, das Kapazitäten des IOW und der Universität Rostock mit Ämtern und Behörden zusammenführt, befindet sich in der Vorbereitung.

Eine wichtige Komponente der Forschung der Sektion stellen Arbeiten in Meeresgebieten außerhalb der Ostsee dar. Einen regionalen Schwerpunkt bildet dabei zur Zeit das Mittelmeer, wo im Rahmen DFG- und EU-geförderter Projekte mit international besetzten Forschergruppen der Klimawandel und seine hydrographischen Auswirkungen im Quartär untersucht werden.

Wichtige Voraussetzung für die Forschung zu o.g. Schwerpunkten bilden gerade methodische Arbeiten zu indirekten Meßverfahren der Lagerungsstruktur der Sedimente. Gemeinsam mit der Universität Rostock konnten mit dem BMBF- Projekt „Adaptive Seismoakustische Systeme für die Ostsee“ (ASS) hochauflösende Profilierungsverfahren für Lockersedimente in Flachmeerbereichen weiterentwickelt werden.

### **Die technische Ausstattung der Sektion**

Die technisch-logistischen Anteile der Forschungsarbeit werden in der Sektion Marine Geologie durch die Laborbereiche abgesichert, die mit leistungsfähiger Gerätetechnik ausgestattet sind. Vom sedimentologischen Labor (Leitung: Dr. Lemke) wird die Probeentnahmetechnik sowie die granulometrische Analytik (Siebgeräte, Laser-Sizer) zur Durchführung von Kartierungsarbeiten betreut. Zum Bereich Geochemie (Leitung: Prof. Emeis) gehören

sowohl das Aufschlußlabor als auch das Labor für anorganische als auch organische Geochemie mit ICP-, HPCL-, GC- und GC-MS-Technik. Das Labor für Mikrostrukturanalyse nutzt für die Partikeluntersuchung die Rasterelektronenmikroskopie und Röntgendiffraktometrie. Das Modellierungslabor (Leitung: Prof. Harff) verwendet vernetzte PC- und WS-Technik für Datenmanagement und Modellentwicklung. Im Bereich Sedimentphysik (Leitung: Dr. Endler) werden Sedimenteigenschaften sowohl laborativ als auch indirekt durch Messung auf See (Flachseismik, SSS) bestimmt. 1997-98 spielte hier der Einsatz eines Multi-Sensor Core Loggers (MSCL) eine wichtige Rolle einerseits bei der Untersuchung von Beckensedimenten aus der Ostsee, aber auch von Sedimentkernen aus dem Mittelmeer. Zur Anbindung der Kernuntersuchungen an die seismoakustische Profilierung wurde 1997 für die bestehende Flachseismik-Apparatur eine neue Energie- und Schallquelle beschafft. Diese besteht aus der „Power Supply Pulsar 2002“ (Hochspannungsenergiequelle) und einer Boomer-Platte „UVACO2“. Mit Hilfe dieser Erweiterung und methodischer Entwicklungen zum Postprocessing können die Beckenrand- und Schwellenbereiche der Ostsee, d.h. in sandigen Bereichen mit einem höheren Auflösungsvermögen als vorher untersucht werden. Diese Weiterentwicklung ist besonders vor dem Hintergrund zunehmender Forschungsarbeiten in küstennahen Bereichen relevant.

Zur Verbesserung der Probenahme für Schwebstoffuntersuchungen wurde 1998

ein autonom arbeitender Filtrationssammler angeschafft und in der Pommernbucht erfolgreich eingesetzt. Dieses Gerät wird zur Zeit mit entsprechenden hydrographischen Sensoren ausgestattet (CTD, Strömungsmesser), um eine schiffsunabhängige ereignisgesteuerte Probenahme zu ermöglichen. Die technische Realisierung dieses Vorhabens erfolgt im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung mit der Universität Rostock.

## 2.4.1 Projekte der Sektion

### Hochauflösende Klimageschichte des Holozän

**Laufzeit:** 1996 - 1999

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** *Ermeis*

**Beteiligung:** *Lage, Menzel, Schöner, Struck, Rosenberg*

Das Ziel des Hausprojektes ist die Erstellung eines Paläotemperaturindex des Oberflächenwassers der Ostsee in den letzten 6000 Jahren. Dazu werden Lipidextrakte aus Ostseesedimenten analysiert. Die Verhältnisse von langkettigen Methylketonen, die Biomarker von Prymnesiophyceen sind, geben Auskunft über die Temperaturen im umgebenden Wasser. Als erster Schritt auf dem Weg zur Rekonstruktion wurden Oberflächensedimente untersucht, die das heutige Temperatur- und Salzgefälle in der Ostsee abbilden. Gleichzeitig wurde begonnen, Algen zu hältern, die als Produzenten der Ketone in Frage kommen. Nach erfolgreicher Identifikation der Produzenten sollen systematische Hälterungsversuche mit unterschiedlichen Temperaturen und Salinitäten einen spezifischen Ostsee-Untersättigungsindex etablieren.

### Paläogeographie westliche Ostsee

**Laufzeit:** 1995 – 1998

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** *Lemke*

**Beteiligung:** *Bening, Christoffer, Frahm, Tauber*

**Kooperation:** *Universität Greifswald, GEUS Kopenhagen, Universität Stockholm, Universität Szczecin*

Ziel des Projektes war die möglichst detaillierte Rekonstruktion der spät- und postglazialen Entwicklung im Gebiet der heuti-

gen westlichen Ostsee. Aufbauend auf umfangreichen neuen Daten zur Seismo-, Bio- und Chronostratigraphie wurde eine Neuinterpretation der spät- und postglazialen Sedimentationsgeschichte des Seegebietes zwischen Mecklenburger Bucht und Arkonabecken erarbeitet. Neue Ergebnisse konnten insbesondere zur spätglazialen und frühholozänen Entwicklung der untersuchten Region abgeleitet werden. Gleichzeitig finden die erhobenen Daten Eingang in geologische Karten, welche im Rahmen der Verwaltungsvereinbarung zur Wahrnehmung meereskundlicher Aufgaben in der Ostsee zwischen IOW und BSH angefertigt werden. Der Abschlußbericht des Projektes wurde als Habilitationsschrift an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald eingereicht und angenommen.

#### **Stabile Isotope des Stickstoffs im marinen Ökosystem**

**Teilprojekt A 6 des Sonderforschungsbereiches 261 "Der Südatlantik im Spätquartär – Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen", Bremen**

***Laufzeit:* 1994 - 1998**

***Förderinstitution:* DFG**

***Projektleiter:* v. Bodungen; Harff**

***Beteiligung:* Eichner, Struck**

***Kooperation:* Universität Bremen**

Der Einfluß biologischer Prozesse auf die Fraktionierung der stabilen Isotope des Stickstoffs und des Kohlenstoffs in der organischen Substanz im Pelagial und Benthos soll unter verschiedenen Umweltbedingungen erfaßt werden. Damit werden Grundlagen für die Verwendung der stabilen Isotope in Sedimenten für die Rekonstruktion der

paläoozeanographischen Umwelt erarbeitet, wobei der Wechsel von oxischen und anoxischen Bedingungen im Mittelpunkt steht. Die Untersuchungen in der Ostsee dienen einerseits der Rekonstruktion des Paläomilieus in diesem Meeresgebiet, andererseits der Kalibrierung der Methode für die Anwendung im vollmarinen Bereich.

#### **Rekonstruktion von Bildungsbedingungen von Sapropelen im Mittelmeer**

***Laufzeit:* 1995 - 1998**

***Förderinstitution:* DFG**

***Leitung der Projektarbeit im IOW:* Emeis**

***Beteiligung:* Lage, Rosenberg, H.-M. Schulz, Struck**

***Kooperationen:* Universitäten von Hokkaido, Sapporo (Japan), Edinburgh (Schottland), South Carolina (USA)**

Sapropelen sind organisch-reiche Sedimente, die im Mittelmeer zu Zeiten klimatischer Optima abgelagert werden und die anoxische Bedingungen anzeigen. Gleichaltrige Sapropelagen aus Bohrungen des Leg 160 (östliches Mittelmeer) wurden in hochauflösenden Probenserien auf die Isotopensignatur des Stickstoffs ( $^{15}\text{N}$ ) im organischen Material hin untersucht. Ziel war, die Ursachen für die deutlich höheren Akkumulationsraten organischen Materials zu beleuchten und die Quellen der zusätzlichen Nährstoffe zu identifizieren. Neben diesen Untersuchungen zu Nährstoffbedingungen im Oberflächenwasser werden physikalische Bedingungen von Temperatur (mit dem Alkenonuntersättigungsindex UK'37) und Salinität ( $\delta^{18}\text{O}$ -Signatur des Schalenkalzits planktonischer Foraminiferen) in der Deckschicht des Mittelmeeres zu Zeiten der Sapropelbildung untersucht. Die räumlichen und zeitlichen Gradi-

enten dieser Variablen sollen die Bildungsbedingungen der Sapropelle erklären. Der Beitrag der Warnemünder Arbeitsgruppe (und ihrer auswärtigen Mitarbeiter) betraf zwei unterschiedliche Fragenkomplexe: Stratigraphische Korrelation der Sapropelle einzelner Sites (in Zusammenarbeit mit Gastwissenschaftler Dr. T. Sakamoto, Hokkaido Universität, Japan) sowie die Klärung der Bedingungen im Oberflächenwasser vor, während und nach der Bildung von Sapropelen.

**Diatomeenvergesellschaftungen der Ostsee und ihre paläo-ökologischen Aussagen: Ein Vergleich von Wassersäule und Sediment**

**Laufzeit:** 1996 - 2000

**Förderinstitution:** DFG

**Leitung der Projektarbeit im IOW:** Emeis

**Beteiligung:** Schöner, Struck

**Kooperation:** Universität Kiel

Die klimatische, hydrographische und ökologische Entwicklung der Ostsee der letzten 10.000 Jahre wird mittels einer Kombination mikropaläontologischer und geochemischer Methoden aus einem datierten Sedimentkern des Östlichen Gotlandbeckens rekonstruiert. Ein Vergleich der Diatomeenassoziationen in Sedimentfallenmaterial und in Oberflächensedimenten beleuchtet die Effekte von Opallösung auf die sedimentären Diatomeenvergesellschaftungen. Alkenon-Akkumulationsraten und die isotopische Zusammensetzung von Stickstoff spiegeln die Beiträge von Haptophyceen und Stickstoff-Fixerern zum sedimentären organischen Material wider.

**Temperatur-, Salinitäts- und Nährstoffregimes im Oberflächenwasser des Mittelmeeres in den letzten 20.000 Jahren (DFG-Schwerpunkt „Durchführung von Meteor-Expeditionen“)**

**Laufzeit:** 1997 - 1998

**Förderinstitution:** DFG

**Projektleiter:** Emeis

**Beteiligung:** Ender, Leipe, Struck

**Kooperation:** Universitäten Tübingen, Greifswald

Das Ziel der Fahrt Meteor 40-4 war, Sedimentkerne aus dem Mittelmeer zu gewinnen und an diesen die räumlichen Gradienten in den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Oberflächenwassers für 3 definierte Zeitscheiben (Jetztzeit, Sapropelbildung des S1, Sapropelbildung des S5 und des S6) zu rekonstruieren. Die Expedition wurde im Januar/Februar 1998 erfolgreich durchgeführt.

**Faunistische, isotopische und geochemische Rekonstruktion der Bedingungen von Temperatur, Salinität und Bildungsbedingungen von Sapropelen im Mittelmeer: Nährstoffregime im Oberflächen- und Bodenwasser**

**Laufzeit:** 1998 - 2001

**Förderinstitution:** DFG

**Projektleiter:** Emeis

**Beteiligung:** Lage, Rosenberg, Weldeab,

**Kooperationen:** Universität Tübingen, Universität Greifswald

Das Gesamtziel der Arbeiten ist die Erfassung und Rekonstruktion von klimatischen, ozeanographischen und geochemischen Gradienten des Mittelmeeres in drei Zeitscheiben: dem letzten glazialen Maximum, dem Klimaoptimum des Eem (zeitgleich mit der Bildung des Sapropels S5) und dem

Isotopenstadium 6 (zeitgleich mit der Bildung des Sapropels S6). Untersuchungen der isotopischen Zusammensetzung organischen Materials ( $^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) in Sapropelen sollen Aufschluß über seine Herkunft sowie der Nährstoffnutzung (und indirekt der Nährstoffkonzentration) im Oberflächenwasser geben. Gleichzeitig sollen Untersuchungen an relevanten Haupt-, Neben- und Spurenelementen Aufschluß über Paläo-Produktivitäten, postsedimentäre Veränderungen der Sapropete und eine Abschätzung über äolischen Eintrag in die Sedimente geben. Kombinierte Untersuchungen der isotopischen Zusammensetzung planktonischer Foraminiferen ( $\text{CO}_2$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) in Verbindung mit Bestimmungen der Paläo-SSTs ( $U^k_{37}$ ) werden ermöglichen, in den Zeitscheiben Gradienten in Temperaturen und Salinitäten des Oberflächenwassers zu rekonstruieren. Aus diesen Informationen erwarten wir Hinweise über die Bedingungen im Oberflächenwasser des Mittelmeeres zur Zeit der Sapropelbildung des S1 und seiner Vorgänger in Kalt- und Warmzeiten.

**Sea-Surface Temperature Evolution Mapping Project based on  $U^k_{37}$  Stratigraphy (TEMPUS)**

**Laufzeit:** 1998 - 1999

**Förderinstitution:** EU

**Projektleiter:** Emeis

**Beteiligung:** Rosenberg, Schulz,

**Kooperationen:** Universitäten Newcastle (UK), Cerege (FR), Barcelona (ES), Bremen

Das Projekt zielt auf eine verbesserte Kalibrierung des Alkenon-Untersättigungsindex  $U^k_{37}$  als Anzeiger für vergangene Meeresoberflächentemperaturen, auf eine umfassende Interkalibrierung der wesentli-

chen Labors, und auf die Erstellung von Karten der Temperaturen an der Meeresoberfläche in folgenden Zeitscheiben: Dem holozänen Klimaoptimum, der Termination Ib, der Jüngerer Dryas, der Termination Ia, dem letzten glazialen Maximum, dem frühen Isotopenstadium 2 und der Eem-Warmzeit. Die Aufgabe des IOW besteht in der Rekonstruktion der Temperaturgeschichte im Mittelmeer.

**BASYS- Subproject 3a – Coastal-Basin Interactions**

**Laufzeit:** 1996 - 1999

**Förderinstitution:** EU

**Teilprojektleiter:** Emeis

**Beteiligung:** Bahlo, Frahm, Lage, Leipe, Löffler, Miltner, Nickel, Pollehne, Voß, Witt

**Kooperationen:** Universitäten Rostock und Arhus (DK), Institute of Oceanology Sopot (PL), Dunstaffnage Marine Laboratory (UK)

Das Projekt untersucht die Herkunft, Transportmechanismen, saisonale Trends und Modifikationen von Material aus der Küstenzone der Pommernbucht auf dem Weg in das Ablagerungsgebiet des Arkona-beckens. Dazu wurden Sedimente und Wassersäule in vier Untersuchungsgebieten unterschiedlicher Wassertiefe und Entfernung von der Odermündung intensiv und in hoher zeitlicher Auflösung beprobt, teilweise unter Verwendung von Dauerregistrierungen. Die chemischen, biologischen und radiochemischen Eigenschaften des Materials werden bestimmt und quantifiziert. Das Ziel ist eine Abschätzung des Materialtransports und seiner bestimmenden Faktoren in Kombination mit einem 3-D Stofftransportmodell, welches an ein hydrodynamisches Modell gekoppelt ist.

**Adaptive seismoakustische Systeme für die Ostsee / ASS – Ostsee**

**Teilprojekt: ASS - Ostsee - Anwendung**

**Laufzeit:** 1994 - 1997

**Förderinstitution:** BMBF

**Teilprojektleiter:** Endler

**Beteiligung:** Förster, Moros, Nickel

**Kooperation:** Institut für Nachrichtentechnik und Informationselektronik, Universität Rostock, Universität Leipzig, Universität Stockholm, GEUS Kopenhagen

Im Rahmen des Verbund-Vorhabens wurden hochauflösende seismoakustische Profilierungsverfahren für die Untersuchung quartärer Sedimente in Schelfgebieten und Flachmeeren entwickelt. Der Projektteil der Universität Rostock „ASS - Ostsee Verfahrensentwicklung“ beinhaltete die Schaffung der gerätetechnischen und methodischen Basis. Das IOW - Teilprojekt „ASS - Ostsee - Anwendung“ umfaßte den Test der Profilierungsgeräte sowie die Erarbeitung geophysikalischer Grundlagen für die Auswertung und Interpretation der Meßdaten. Im Ergebnis der Arbeiten entstanden zwei Sedimentecholote (Labormuster): ein lineares System für den Einsatz auf FS „A.v. Humboldt“ sowie ein parametrisches System als Schleppvariante für den Einsatz auf beliebigen Forschungsschiffen. Beide Systeme wurden erfolgreich getestet und lieferten hochauflösende (Dezimeterbereich) Ergebnisse über Strukturen und Eigenschaften (z.B. Schallgeschwindigkeit) des Untergrundes. Die modulare Bauweise sowie die flexible Parameterwahl erlaubt eine optimale Anpassung der Systeme an die jeweilige Meßaufgabe. Abgeleitete Systemvarianten werden durch die Fa. Innomar Technologie GmbH vermarktet.

**Modellierung Sedimentdynamik westliche Ostsee**

**Laufzeit:** 1997-1999

**Hausprojekt**

**Projektleiter:** Harff; W. Fennel

**Beteiligung:** Rietz, M. Schmidt, Seifert, Bobertz, Lemke, Oldenburg

**Kooperation:** FB Biologie Universität Rostock, Wasser- und Schifffahrtsamt Stralsund

Es sollen Transport-, Sedimentations- und Resuspensionsprozesse partikulären Materials in Buchten und Schwellenbereichen der westlichen Ostsee numerisch simuliert und damit Grundlagen sowohl für die genetische Interpretation der rezenten Sedimentverteilung als auch der Vorhersage von Transportprozessen erarbeitet werden. Dazu ist das am IOW verwendete dreidimensionale Zirkulationsmodell MOM-II durch Kopplung mit entsprechenden Modellen zur Beschreibung der Transportprozesse zu erweitern. Einen Schwerpunkt bildet die Applikation zur Untersuchung von Auswirkungen der Verklappung von Baggergut und industriellen Abfällen.

**BASYS – Subproject 7: The Paleoenvironment – based on the study of deep basin sediments**

**Laufzeit:** 1996-1999

**Förderinstitution:** EU

**Leitung der Projektarbeit im IOW:** Harff

**Beteiligung:** Endler, Schwarzacher, Struck, Voß

**Kooperation:** Geological Survey of Finland, Universität Stockholm, Schweden; GEUS Kopenhagen, RISØ Roskilde, DK; Institute of Geology Vilnius, LT; Institute of Oceanology Sopot, Polen; Universität Belfast, UK, Kansas Geological Survey, Lawrence, USA

Auf Grund einer multidisziplinären Untersuchung der Fazies der Sedimente in zentralen Becken der Ostsee ist eine zeitlich hochauflösende Rekonstruktion des Paläomilieus des Postglazials in der Ostsee vorzunehmen. Dazu werden Sedimentkerne mit möglichst kontinuierlicher Sedimentation aus dem Bornholmbecken, dem östlichen Gotlandbecken und dem Nördlichen Zentralbecken sedimentologisch, geochemisch, paläontologisch und sedimentphysikalisch analysiert. In der Sektion Marine Geologie erfolgt die Messung von MSCL-Daten sowie die multivariate Datenexploration.

#### **Fe/Mn-Akkumulate**

**Laufzeit:** 1995-1998

**Förderinstitution:** DFG

**Projektleiter:** Harff

**Beteiligung:** Hlawatsch (Diss.), Kulik, Leipe

**Kooperation:** GEOMAR, GPI Kiel

Die Schwermetallgehalte in Fe-Mn-Akkumulaten der Mecklenburger Bucht werden längs der Wachstumsrichtung in Beziehung gesetzt zur Variation der hydrographischen Bedingungen (speziell Sauerstoffversorgung des bodennahen Wassers) sowie den anthropogenen Einträgen von Schwermetallen und Nährstoffen in die Ostsee. Neben laborativen Untersuchungen der Mineralphasen und Stoffkonzentrationen der Akkumulate und physikochemischen Bedingungen des bodennahen Wassers wurden thermodynamische Modelle der Bindungsprozesse der Schwermetalle für die Akkumulate angewendet. Diese Modellierungen helfen, die Rolle der Akkumulate als Paläomilieuindikatoren zu klären.

#### **Geochemisch-mineralogische Charakterisierung von Partikeln aus der Schwebfracht und aus der bodennahen Trübungszone der westlichen Ostsee mittels Rasterelektronenmikroskopie und Röntgen-Mikroanalytik**

**Laufzeit:** 1997 - 1999

**Förderinstitution:** BMBF

**Projektleiter:** Leipe

**Beteiligung:** Bahlo, Löffler

**Kooperation:** Universität Greifswald

Mit Hilfe eines automatisierten Verfahrens zur mineralogisch-geochemischen Identifikation von Schwebstoff-Partikeln im Rasterelektronenmikroskop werden Probenserien aus dem Oderästuar und der vorgelagerten Ostsee untersucht. Dabei sollen natürliche terrigene, biogene und anthropogene Minerale und Partikel quantifiziert werden, um deren Häufigkeit in räumlicher und zeitlicher Abhängigkeit zu ermitteln und Aussagen über deren Herkunft und Transport treffen zu können.

#### **Suspended particulate matter in Paranagua und Anotina Bay, Brasil**

**Laufzeit:** 1998 - 1999

**Förderinstitution:** BMBF, WTZ

**Leitung der Projektarbeit im IOW:** Leipe

**Beteiligung:** Bahlo

**Kooperation:** Centro de Estudos do Mar, Pontal do Sul, Brasilien.

Das Projekt beinhaltet geochemisch-mineralogische Untersuchungen an Schwebstoffen aus Flüssen und Ästuaren im Gebiet der Paranagua Bay. Ziel ist die Beschreibung jahreszeitlicher und räumlicher Variationen in Qualität und Quantität der Schwebfracht zur Rekonstruktion dynamischer Transportprozesse in Abhängigkeit von den jeweiligen hydrographischen Verhältnissen.

### 3. Das Umweltüberwachungsprogramm der Ostsee

#### Physikalisch-chemisch-biologisches Monitoring

*Laufzeit:* seit 1992

*Förderinstitution:* BMV/BSH

*Projektleiter:* Matthäus

Das Umweltüberwachungsprogramm des IOW ist eine permanente sektionsübergreifende Aufgabe, die sich an den nationalen Interessen und internationalen Verpflichtungen der Bundesrepublik Deutschland zum Schutz der Meeresumwelt der Ostsee orientiert. Die Aufgaben, die grundsätzlich einen interdisziplinären Ansatz erfordern, umfassen die Überwachung des Wasseraustauschgeschehens zwischen Nord- und Ostsee, der zeitlichen und räumlichen Veränderungen physikalischer, chemischer und biologischer Größen sowie die Belastung des Wasserkörpers und der Sedimente mit marinen Schadstoffen. Das Projekt umfaßt die Grundlagenforschung sowie eine Begleit- und Vorlaufforschung zur Entwicklung verbesserter und effektiverer Meßstrategien.

- Hydrographisch-chemische Zustandseinschätzung der Ostsee  
(verantwort.: Matthäus)
- Chemische Überwachungsaufgaben  
(verantwort.: G. Nausch)  
(anorganische Nährstoffe: G. Nausch; organische Nährstoffe: Nagel; Schwermetalle: Pohl; organische Schadstoffe: McLachlan)
- Meeresbiologische Überwachungsaufgaben (verantwort.: Wasmund)  
(Phytoplankton: Wasmund; Zooplankton: Alheit; Makrozoobenthos: Schiedek)
- Sedimentologische Überwachungsaufgaben (verantwort.: Lemke)  
(Sedimentdynamik: Lemke; Schadstoffbelastung: Gingele)
- Aufbau und Betrieb des Ostseemeßnetzes (verantwort.: Krüger)
- Datenbearbeitung und Archivierung (verantwort.: Wulff)

## 4. Die zentralen Einrichtungen

### 4.1 Bibliothek

Die Bibliothek des IOW verfügt über Literatur aus allen Gebieten der Meereskunde und aus verwandten Grundlagenfächern. Sie umfaßte Ende 1998 etwa 44.000 Monographien, Zeitschriftenbände und Sonderdrucke. Von den 750 Zeitschriften werden 350 laufend bezogen.

Alle vorhandene Literatur kann trotz Magazinaufstellung sofort zur Verfügung gestellt werden. Im Leseraum stehen neben einer Auswahl an Lehr- und Standardwerken die laufenden Jahrgänge der 84 wichtigsten Zeitschriften zur Verfügung. Über den OPAC (On-Line Public Access Catalogue) ist es möglich, alle seit 1987 erworbene Literatur zu ermitteln. Ältere Literatur ist über Zettelkataloge nachgewiesen, ihre Einarbeitung in den OPAC hat begonnen und wird sukzessive fortgesetzt.

Die Bibliothek stellt sich und ihre Arbeit seit 1997 auf einer eigenen Homepage vor. Dort sind auch das Bestandsverzeichnis der Zeitschriften sowie die monatlichen bzw. wöchentlichen Neueingänge an Monographien und Zeitschriften aufgeführt.

Auch für die Literaturrecherche hat das Internet im Berichtszeitraum an Bedeutung zugenommen. Auf der Bibliotheks-Homepage werden hierzu ausgewählte Datenbank-Adressen angeboten. Insgesamt haben sich durch die Nutzungsmöglichkeiten zahlreicher On-Line-Datenbanken die Lieferzeiten im Leihverkehr deutlich verkürzt.

Die Literaturdatenbank „Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts“ (ASFA) ist als CD-ROM-Version im Leseraum nutzbar.

Der Zeitschriftenbestand des IOW ist vollständig in der Zentralen Zeitschriften-Datenbank Deutschlands verzeichnet und steht damit auch externen Nutzern zur Verfügung. Grundsätzlich sind die IOW-Bibliotheksbestände auch über Fernleihe für auswärtige Benutzer zugänglich.

## 4.2 EDV

Im Bereich EDV sind gegenwärtig 6 Mitarbeiter (3 wissenschaftliche Angestellte, 3 technische Angestellte) tätig, deren Aufgabenspektrum u.a. Planung, Aufbau und Betrieb der IT-Infrastruktur, die Verwaltung des Meßdatenarchivs, das Management der IOW-Datenbank und die Datenaufbereitung im Rahmen des Ostseemonitoring- Programmes umfaßt. Im Berichtszeitraum wurde die nach der Institutsneugründung begonnene Neugestaltung der Informations- und Kommunikationsinfrastruktur zielgerichtet vorangetrieben.

### Lokale Netzinfrastruktur und externe Netzanbindung

An das Lokalnetz des IOW sind gegenwärtig ca. 190 Personalcomputer und 30 UNIX-Workstation/Server angeschlossen. Die im Jahre 1996 begonnene Sanierung der Gebäudeverkabelung konnte 1997 in einer zweiten Projektphase erfolgreich abgeschlossen werden (Laborgebäude, Kellergeschoß Villa, Zwischenbau). Alle Arbeitsplätze des IOW sind nun durchgängig über eine dienstneutrale, breitbandige und strukturierte Gebäudeverkabelung vernetzt.

Der Anschluß an das ATM-Netz der Universität Rostock erfolgt mittels einer vom IOW beschafften Lichtwellenleiterverbindung

(155 Mbps) zum Standort Warnemünde, Richard-Wagner-Straße. Über diese ist eine effektive Nutzung des Parallelrechners CRAY T3E und der Zugang zum Breitbandwissenschaftsnetz (B-WIN) möglich. Der bereits seit mehreren Jahren betriebene Modemzugang zum IOW-Lokalnetz wurde im Berichtszeitraum ausgebaut.

### Serverrechner / Kommunikationsdienste

Das IT-Versorgungskonzept des IOW basiert auf dem flächendeckenden Einsatz von Workstations und Personalcomputern für dedizierte Aufgaben in den einzelnen Fachbereichen und der Bereitstellung von zentraler Rechnerleistung und Kommunikationsdiensten.

*Compute-Server:* Das langfristige Ziel der theoretischen Forschung ist es, das komplexe Ökosystem der Ostsee zu modellieren. Dafür sind ausreichende Rechnerkapazitäten bereitzustellen. Für das Testen, Einrichten, kurze Modellläufe und die Visualisierung der Modellergebnisse steht in der Modellierungsgruppe ein Server- / Workstationpool (IBM RISC 6000) zur Verfügung. Der Bestand dieser Maschinen wurde bedarfsgerecht modernisiert und erneuert. Große Projekte werden auf dem 1996 gemeinsam mit der Universität Rostock beschafften Hochleistungsrechner CRAY T3E (gegenwärtig 44 Prozessoren; insgesamt 39,6 GFlops) abgearbeitet.

*Storage-Management (File-Server, Backup-Server):* Als Fileserver steht zugriffsberechtigten Servern und Clients im Lokalnetz ein multiprotokollfähiges

Hochleistungs-Disk-Array zur Verfügung. Dieses System wurde bis zur Kapazitätsgrenze von 112 Gbyte ausgebaut. Eine wesentliche Komponente der verteilten Datenmanagementstrategie ist die Datensicherung der Server und Clients im Netz. Im IOW ist eine Backup-Lösung für ein netzwerkweites automatisches Sichern von Rechnern aller Klassen, d. h. vom PC bis zum Institutsserver, im Einsatz. Da das Backup sowohl automatisch als auch vollständig durch den Endbenutzer gesteuert werden kann, eignet sich diese Lösung auch für einfache Archivierungsaufgaben. 1998 wurde die Sekundärspeicherkapazität durch die Beschaffung einer weiteren Tape-Library den weiterhin stark wachsenden Datenvolumina angepaßt.

### **Datenmanagement / Datenbanken**

Die im Rahmen des Baltic Monitoring Programmes gewonnenen hydrophysikalisch, hydrochemischen sowie biologischen Daten werden bearbeitet und an das BSH übergeben. Die Aufarbeitung des historischen Datenmaterials wird fortgesetzt. Die im Jahre 1991 begonnene Aufgabe umfasst die Nachbearbeitung von ca. 400 Expeditionen aus den Jahren 1949-1991 von denen bis heute etwa 60 vollständig nachbearbeitet wurden. Die Aufbereitung der historischen Strömungsmessungsdaten (Ostsee, Atlantik) wurde abgeschlossen. Z.Zt. enthält die Datenbank des IOW Daten von 166 Projekten (das sind ca. 18000 hydrographische Stationen), größtenteils aus der Ostsee. Der einfache Online-Zugriff über WWW zur IOW-Datenbank wurde realisiert und läuft im Testbetrieb.

### **PC-Dienste / Poolraum**

Die Vereinheitlichung der Hard- und Software im Bereich der PC-Arbeitsplätze ist eine vordringliche Aufgabe. Die Homogenisierung der PC-Hardware erfolgt dabei durch gleitende Ablösung der aus technischen Gründen auszusondernden Systeme.

Durch Verlagerung des Meßdatenarchivs vom Vitrinengang im 2.Obergeschoß in den Keller der Villa und die anschließenden Rekonstruktionsmaßnahmen sind 1998 die baulichen Voraussetzungen für einen PC-Poolraum mit neun Arbeitsplätzen geschaffen worden. Dieser wird 1999 mit einem Multi-User-NT-Server ausgestattet (CITRIX, MetaFrame). Die 1998 beschafften Netzwerkdrucker und Spezialperipherie wurden ebenfalls im neuen Poolraum stationiert.

## **5. Die Forschungsschwerpunkte des IOW: Highlights aus den Jahren 1997 und 1998**

### **5.1 Forschungsschwerpunkt 1: Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee sowie die Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers**

#### **5.1.1 Zur Dynamik des Wasseraustausches zwischen Ostsee und Nordsee**

Für das Ökosystem der Ostsee ist die Existenz des Salzwassergradienten vom Kattegat bis zum Bottnischen Meerbusen von prägender Bedeutung. Dieser Salzgradient wird durch die Balance ausströmenden, salzarmen Ostseewassers und einströmenden, salzreichen Nordseewassers aufrecht erhalten. Dabei finden insbesondere im flachen Übergangsgebiet westlich der Darßer Schwelle Wassermassentransformationen statt, die im Rahmen des MAST II-Projektes DYNOCs untersucht und genauer verstanden werden sollten.

#### **Synthese von Feldmessungen und Modelluntersuchungen**

Aus Satellitenbildern der Oberflächentemperatur ist bekannt, daß in der westlichen Ostsee ständig mesoskalige Prozesse angeregt werden, die in Form von konzentrierten Strömungen, Kaltwasserauftrieb vor den Küsten und Wirbelmuster in Erscheinung treten. Für den Salzgehalt existieren keine entsprechenden Fernerkundungsverfahren. Daher gab es bisher nur unklare Vorstellungen, welche räumlichen und zeitlichen Variabilitäten die Salzgehaltsverteilung besitzen. Diese sind durch Messungen mit Stationsprogrammen nur ungenau zu ermitteln, da die Zeitskalen der beobachteten Prozesse oft kürzer sind als die Dauer der Bearbeitung eines Stationsprogrammes mit einem langsam fahrenden Schiff. Die Lösung des Problems kann durch die Kombination der Messungen mit den Ergebnissen von hochaufgelösten numerischen Zirkulationsmodellen

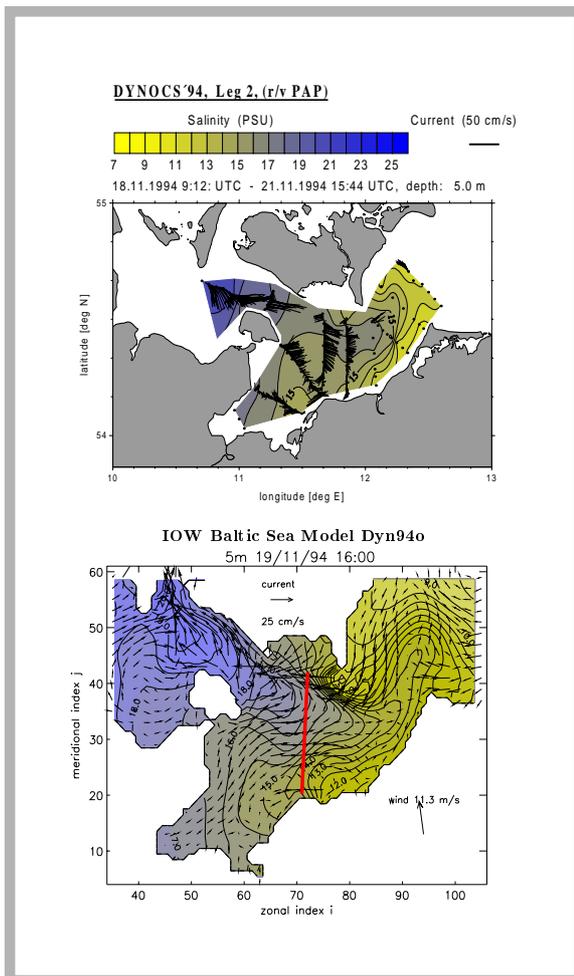


Abbildung 1

erreicht werden. Die Meßergebnisse, unter Beachtung der Zeitpunkte der Stationsarbeiten, ermöglichen die Überprüfung der modellierten Strömungs- und Salzgehaltsverteilungen. Die Modelle erlauben ihrerseits eine Interpolation der Messungen und somit die genauere Darstellung der Prozesse.

Durch das IOW wurden auf zwei Meßfahrten im November 1994 und im Juli 1995 dichte CTD-Stationsnetze bearbeitet und Strömungsmessungen mit einem geschleppten Flachwasser-ADCP durchgeführt. Während der Feldprogramme wurden jeweils drei ozeanographische Aufnahmen des See-

gebietes von Langeland bis zur Darßer Schwelle gewonnen. Die Meßergebnisse wurden dann mit Modellen nachgebildet. Die Modelle ergaben eine sehr gute Übereinstimmung mit den gemessenen Prozessen, wenn die Zeiten der ozeanographischen Schnitte und der Modellergebnisse synchronisiert wurden. Die Variabilitäten waren jedoch so groß, daß einzelne Schnappschüsse des Modells nicht für eine einzelne ozeanographische Aufnahme des Stationsnetzes repräsentativ sind.

Ein Beispiel zeigt die Abbildung 1, in deren oberen Teil die mit dem Schiff aufgenommene quasisynoptische Salzgehaltsverteilung im Nov. 1994 und die mit dem ADCP gemessene Strömung zu sehen sind.

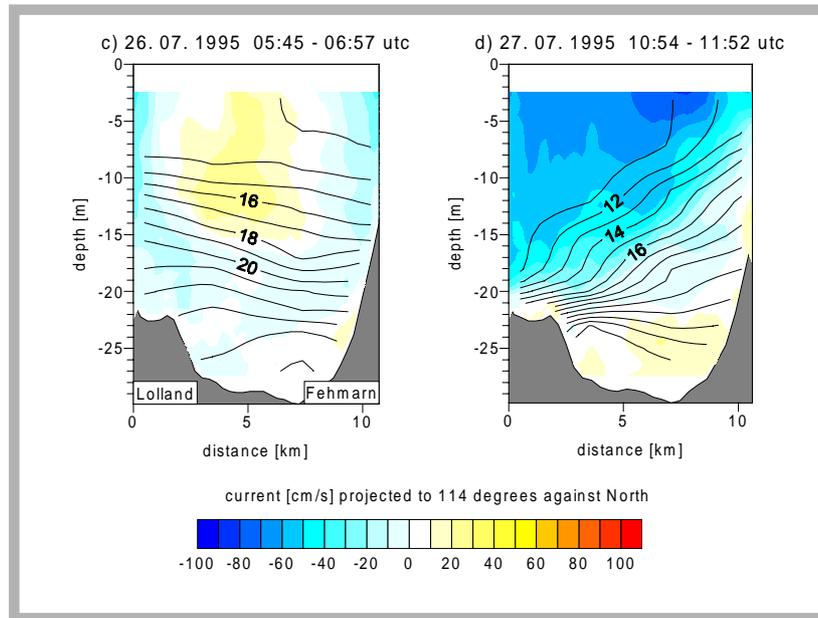
Im unteren Teil der Abb. 1 ist eine Momentaufnahme aus der Modellsimulation dargestellt, die das Strömungsmuster auf dem rot gekennzeichneten ADCP-Schnitt reproduziert. Im Fehmarnbelt herrscht jedoch Ausstrom und der Modellsalzgehalt zeigt die Bildung starker Gradienten vor Gedser, beides wurde von den Messungen nicht erfaßt.

Die Abbildung 2 zeigt die beobachtete Umstellung einer Einstromlage im Fehmarnbelt auf Ausstrom (negative Geschwindigkeitswerte) und die Anpassung der Salzgeschichtung innerhalb von ca. 30 Stunden während der Meßfahrt im Juli 1995.

### Ergebnisse

Die Untersuchungen zeigten, daß sich das salzreiche Wasser zungenartig vom Fehmarnbelt zur Darßer Schwelle ausbreitet. Diese Salzwasserzunge bewegt sich in Reaktion auf das Windfeld relativ rasch ost- und westwärts. Dabei führen mesoskalige

Abbildung 2



Prozesse zur Deformation und Vermischung des Salzwassers mit salzarmen Ostseewassers.

Wesentlich ist die durch Ekmantransport getriebene Nord-Süd-Bewegung des salzreichen Wassers bei West- bzw. Ostwind. Dadurch wird bei Ausstrom salzreiches Wasser in der Mecklenburger Bucht zurückgehalten und brackiges, süßeres Ostseewasser fließt durch den Fehmarnbelt ab. Bei Einstrom wird dieses Wasser nach Osten zurückgedrängt und mit dem zurückgehaltenen Salzwasser vermischt, bevor salzreicher Kattegatwasser nachfließt.

Ein weiterer wesentlicher Prozeß ist die Herausbildung einer scharfen Wassermassenfront östlich von Gedser. Diese Front wurde in den Messungen nur teilweise wahrgenommen, da die Schnitte parallel zur Front verliefen.

Ein wesentliches Resultat ist ein genaueres Verständnis der Variabilitäten der Strömungsmuster im Fehmarnbelt, die sich als viel stärker erwiesen als bisher angenommen.

(Wolfgang Fennel, Sektion Physikalische Ozeanographie)

*Die hier beschriebenen Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projektes DYNOCOS (Dynamic of connecting seas) durchgeführt.*

### 5.1.2 MESODYN (meso-scale dynamics in deep basins of the Baltic Sea)

Nach der Passage durch die Verbindungsstraßen der Ostsee zum Kattegat erreicht das Tiefenwasser das Arkonabecken. Von hier strömt es durch den Bornholmkanal in das Bornholmbecken und in erster Näherung dem tiefsten Talweg in der Bodentopographie folgend durch die Stolper Rinne in Richtung des Danziger Beckens und des östlichen Gotlandbeckens. Jedes dieser Becken bildet eine Etappe in der „Alterung der Wassermassen“.

Die Volumenkapazität der tiefen Ostseebecken entscheidet wesentlich über Verweilzeiten des durch Belte und Sund eingeströmten salzreichen Tiefenwassers und damit auch über Vermischungsraten mit darüberliegendem Wasser flacherer Schichten. Die Bedeutung meso-maßstäbiger Wirbelgebilde für die Wasservermischung in den einzelnen Becken ist bislang ungeklärt. Bisherige Daten zeigen, daß sie eine ‚Lebenszeit‘ von mehreren Wochen besitzen können. Ihre vertikale Mächtigkeit erfaßt Zwischenschichten von 10-30m bei Durchmessern von 10-30km. Eingeschlossene Temperatur- Salz- Charakteristika deuten auf einen Entstehungsursprung entlang der Beckenflanken hin.

Das MESODYN- Feldprogramm begann im Frühjahr 1996 mit wirbelaflösenden Vermessungen des Massenfeldes in der Stolper Rinne und wird voraussichtlich im Herbst 2000 mit Messungen im östlichen Gotlandbecken enden. Die CTD- Arbeiten starten an der Meeresoberfläche und erreichen die bodennahen Wasserschichten auf regulär ver-

teilten Meßstationen mit einem Abstand von 4.6 km. Das Programm ist so konzipiert, daß das Arkonabecken und das Bornholmbecken, die Stolper Rinne als auch das östliche Gotlandbecken zu jeder Jahreszeit einmal im Zeitraum von 1996 bis 2000 vermessen wird. Sorgfältig kalibrierte Echolotmessungen liefern dabei Angaben über die topographische Beschaffenheit der Becken. Da das östliche Gotlandbecken den größten Volumenanteil zur Speicherung und Transformation des schweren Tiefenwassers ausmacht, wurden hier von August 1997 bis September 1998 Strömungsmesser und autark registrierende Thermometer in Tiefen unterhalb der beständigen Salzgehaltssprungschicht verankert. Über die Zeit eines Jahres hinaus wurde eine zyklonal umlaufende Strömung mit Geschwindigkeiten von etwa 3 cm/s beobachtet, die mit hinreichender Näherung dem Verlauf die Linien gleicher Wassertiefe folgte.

Die Verankerungspositionen und die in 170m Tiefe erhaltenen fortschreitenden Vektordiagramme der aufgezeichneten Strömung sind in Abbildung 1 dargestellt. In dieser Zeit konnte ein 130 Tage anhaltender Einstrom relativ warmen, salzreichen aber sauerstoffarmen Tiefenwassers in das Östliche Gotlandbecken dokumentiert werden. Der Vergleich des Massenfeldaufbaus vor und nach dem Einstromereignis zeigte, im Kontext mit den erbrachten Langzeitreihen von Strömung und Temperatur, daß der Einstrom in das Becken mit einer deutlichen Zunahme meso-maßstäbiger Wirbelgebilde sowie etwa 20-tägigen Pulsationen im Stromfeld einher ging. Das Einstromsignal erreich-

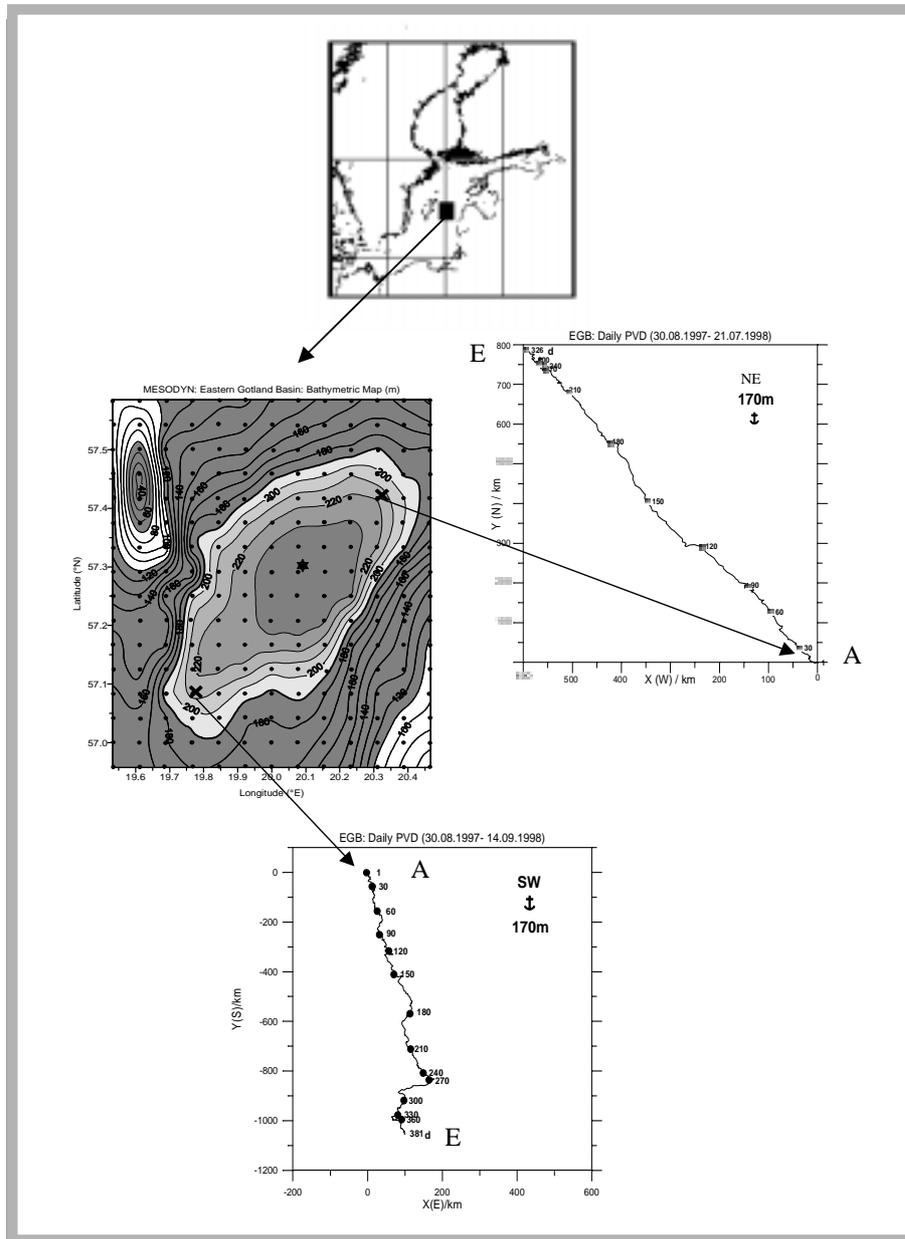


Abbildung 1  
Die Lage des MESODYN-Arbeitsgebietes im Östlichen Gotlandbecken (o) mit der erarbeiteten Bathymetrie (m); Punkte kennzeichnen die CTD-Stationen und Kreuze die der Verankerungen Nordost (NE: Länge 326 Tage) und Südwest (SW: Länge 381 Tage); die fortschreitenden Vektordiagramme der Strömungsmessungen liefern scheinbar in der Meßzeit zurückgelegte Wegstrecken; sie beginnen bei (A) und enden bei (E) und besitzen 30-Tage Intervalle (Punkte).

te zuerst die in Abbildung 1 gezeigte NE-Position. Es wurde 30 Tage später an der SW-Position registriert. So wurde erstmalig nachgewiesen, daß das Auffüllen tiefer Teile des Beckens mit schwerem Wasser entlang der Ostflanke des Beckens begann. Das eindringende schwere Tiefenwasser hob leichteres Wasser der Zwischenschicht an. Aus der zeitlichen Aufwärtsverlagerung von Flä-

chen gleicher Dichte wurde die mittlere Geschwindigkeit des Auffüllens tiefer Teile des östlichen Gotlandbeckens zu 0,35 m/d bestimmt. Derartige Vertikalgeschwindigkeiten resultieren aus den vertikalen Änderungen des Beckenvolumens, d.h. sie nehmen von unten nach oben drastisch ab. Beispielsweise liefert der Vergleich der durch das MESODYN- Programm vermessenen Topo-

graphie unterhalb von 190m Tiefe zu den Bodentopographien vieler numerischer Zirkulationsmodelle ein um etwa 45% größeres Volumen, d.h. die in derartigen Modellen simulierten Austauschraten und Verweilzeiten des Tiefenwasser werden zur Zeit noch drastisch unterschätzt.

(Eberhard Hagen, Rainer Feistel, Sektion Physikalische Ozeanographie)

*MESODYN ist ein Projekt des BMBF- Programmes zur Deutsch- Russischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Meeres- und Polarforschung.*

## **5.2 Forschungs- schwerpunkt 2: Energie- und Stoffaus- tausch zwischen Küsten- gewässern und offener Ostsee**

## 5.2.1 Nahrungsbeziehungen und Schadstoffbelastung mariner Organismen in eutrophierten Küstengebieten der Ostsee

Im Sommer 1998 wurden in der Arbeitsgruppe "Stabile Isotope" Untersuchungen zur Ernährungsweise von *Bosmina longispina maritima*, einer in der östlichen Ostsee endemisch vorkommenden Brackwassercladocere, durchgeführt. Die Ernährungsweise dieser Art war aus paläoklimatischen Gründen von Interesse, weil Reste des Karapax der Tiere in Sedimentkernen der zentralen Ostsee zahlreich gefunden worden waren. Messungen der Zusammensetzung der stabilen Stickstoffisotope  $^{15}\text{N}$  und  $^{14}\text{N}$  an den isolierten Chitinpanzern der Tiere zeigten Muster, die typisch für die Ernährung mit isotopisch leichten stickstofffixierenden Phytoplanktonorganismen waren. Dabei ist von heute lebenden Zooplanktern bekannt, daß sie Flagellaten, Grünalgen und Diatomeen bevorzugen. Die Vermutung, daß Cyanobakterien in der Nahrung von *Bosmina* schon vor tausenden von Jahren einen hohen Anteil ausmachten, sollte durch rezente Freißperimente untermauert werden, die an der Südküste Finnlands durchgeführt wurden. Die mikroskopische Auszählung des Phytoplanktons in Proben, die vor und nach den Freißperimenten aus dem Inkubationsmedium genommen wurden, zeigte ein eindeutig opportunistisches Verhalten von *Bosmina*. Danach nahmen die Tiere die Nahrung auf, die verfügbar war, und mieden Cyanobakterien nicht. Die Isotopenzusammensetzung in den Tieren und der Nahrung wies ebenso darauf hin.

Niedrige Isotopenwerte wurden in *Bosmina* bestimmt und daraus der Anteil von Cyanobakterien in der Nahrung im Sommer mit 60-80% berechnet (Abb.1). Dieses Ergebnis wird auch dadurch beeinflusst, daß sowohl *Bosmina* als auch deren potentielle Nahrung, die Cyanobakterien, bei bestimmten abiotischen Randbedingungen (Temperatur  $> 15^{\circ}\text{C}$ , Salz  $< 15\text{PSU}$ ) gemeinsam auftreten.

Einen weiteren Schwerpunkt bildeten Arbeiten in der Warnow, wo die Bedeutung der verschiedenen terrestrischen und marinen Nahrungsquellen sowie die trophischen Beziehungen für einige pelagische und benthische Arten im Ästuar im Jahresgang erfaßt werden sollten. Gleichzeitig wurden einige ausgewählte Schadstoffe (DDE, PCBs) in Flundern, Muscheln und deren Nahrungsgrundlage analysiert (Diplomarbeit S. Ulbrich, siehe auch Kap. 5.3.2). Da die

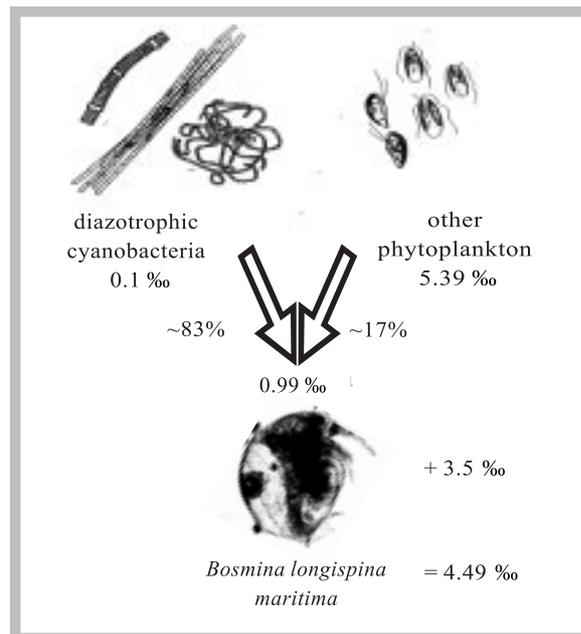


Abbildung 1:  
Aus den Daten der stabilen Isotope  
berechnete Nahrungszusammensetzung von *Bosmina*

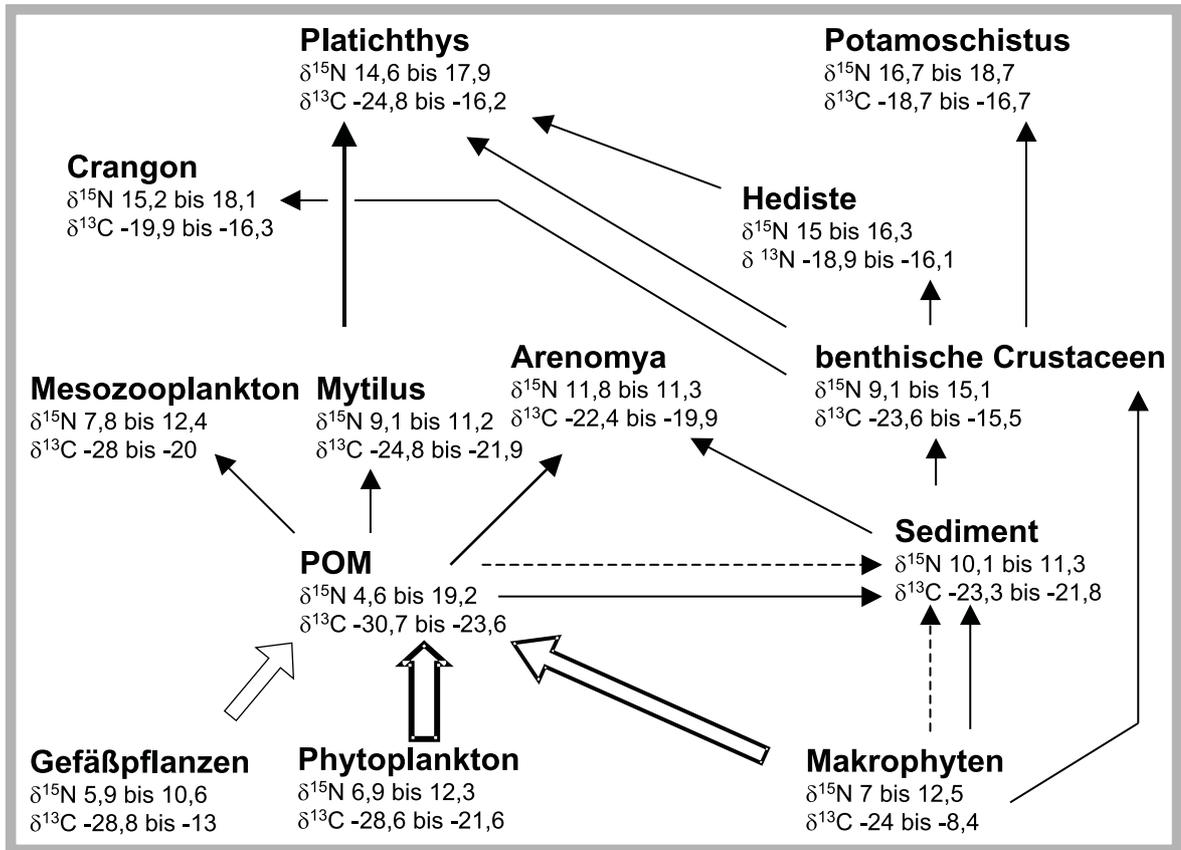


Abbildung 2  
Beziehungen im Nahrungsnetz des Warnow-Breitling mit der Isotopenzusammensetzung aller beprobten Organismen. Für die Anordnung in der Horizontalen, die der trophischen Ebene entspricht, sind die  $\delta^{15}\text{N}$  Werte ausschlaggebend. Einfache Pfeile stellen die Nahrungsbeziehungen dar, die Dicke der Pfeile verdeutlicht den quantitativen Anteil. Ebenfalls angegeben sind die  $\delta^{13}\text{C}$  Werte der Organismen. Hohle Pfeile zeigen den Ursprung des partikulären organischen Materials aus den verschiedenen Primärproduzenten; gestrichelte Pfeile verdeutlichen den Materialfluß in den organischen Anteil des Sedimentes.

Isotopendaten Aufschluß über die Art der Nahrung und die Stellung im Nahrungsnetz geben, konnten sie sinnvoll mit den Schadstoffmessungen in Zusammenhang gebracht werden.

Darüber hinaus zeigten die Isotopenergebnisse dieser Studie, wie komplex das Warnow-Ästuar in seinem Nahrungsgefüge aufgebaut ist, und daß sich spezialisierte Ernährungsweisen klar dokumentieren lassen (Abb.2). Beispielsweise hatten die beiden untersuchten Muschelarten *Mytilus edulis*

und *Arenomya spec.* verschiedene  $^{15}\text{N}$  Werte, da erstere Partikel aus dem Meerwasser filtriert, letztere jedoch im Sediment vergraben lebt und aus diesem abgebaute organische Bestandteile ingestiert. Saisonale Variabilitäten zeigten sich nicht nur in den Primärproduzenten, sondern wurden bis in höhere trophische Ebenen abgebildet. Dies ist in der Literatur bisher kaum eindeutig gezeigt worden. Allerdings führt die Änderung der Isotopensignatur in der Nahrung zu komplizierten Mustern in höheren trophischen Ebenen, weil hier die Umsatzgeschwindigkeit von Stickstoff und Kohlenstoff im Organismus zum Tragen kommt. Ist ein Tier noch im Wachstum begriffen und nutzt dabei eine isotopisch neue Nahrung, so bildet sich diese nach ca. 6 Wochen ab. Wenn jedoch das Wachstum abgeschlossen ist und nur noch

der normale Stoffwechsel stattfindet, dauert die Abbildung der Isotopensignatur wesentlich länger. Ein Experiment mit *Nereis spec.* zeigt sehr lange Umsatzzeiten von über einem Jahr. Trotz großer Variabilität in den Daten konnte ein vorläufiges und sehr informatives Bild von den Nahrungsnetzen im Warnow-Ästuar erstellt werden.

(Maren Voß, Sektion Biologische Meereskunde)

*Diese Ergebnisse basieren weitgehend auf den Diplomarbeiten von Sonja Kerker, Claudia Fellerhoff und Steffen Ulbrich, sowie Untersuchungen von Dr. R. Schneider*

## 5.2.2 Wechselwirkungen zwischen dem Oder- Einzugsgebiet und der Ostsee

Eine wesentliche Veränderung von externen Antriebsgrößen und Randbedingungen für die Stoffflüsse im Küstenraum entsteht durch Prozesse, die auf die Landnutzung in den Flußeinzugsgebieten zurückgehen. Ein Beispiel für ein integratives Projekt, in dem dynamische Prozesse im Hinterland mit resultierenden Entwicklungen im Küstenbereich gemeinsam betrachtet wurden, ist die inzwischen abgeschlossene Studie 'Oder Basin-Baltic Sea Interactions' (OBBSI). In diesem mehr landseitig orientierten Projekt, das nachhaltige Strategien für den Gewässerschutz und das Wassermanagement der Oder untersuchte, wurden Landnutzungsänderungen und resultierende Ablaufmuster zwischen Einzugsgebiet und Ästuar des Flusses betrachtet. In diesem direkt anthropogen beeinflussten Bereich stehen die naturwissenschaftliche, die soziologisch-ökonomische Forschungslinie und die Untersuchung der umweltrechtlichen Rahmenbedingungen unter jetzigen und zukünftigen Voraussetzungen (z.B. EU-Beitritt Polens) gleichberechtigt nebeneinander. Im Projektrahmen sind naturwissenschaftlich fundierte Gewässergütemodelle für die Oder und die angrenzenden Küstengewässer unter Berücksichtigung der hydrologischen und ökologischen Verhältnisse konzipiert worden, welche mit einem ökonomischen Modell verknüpft werden können, das die Kosten und Emissionsminderungseffekte für unterschiedliche Handlungsalternativen beschreibt. Diese Szenarien wiederum orientieren sich an den gegebenen wirtschaftlichen, institutio-

nellen und rechtlichen Verhältnissen, die in einem dritten Arbeitspaket „Recht“ analysiert worden sind.

Das Ziel des meereskundlichen Teils im Vorhaben war eine adäquate Budgetierung und Modellierung der Nährstoff- und Schwermetallflüsse im Oder-Haff, der Pommerschen Bucht und der angrenzenden Küstengewässer. Als Modellregion für das im Projekt entwickelte Boxmodell diente das Oder-Haff, da hier eine große Dichte physikalischer, chemischer und biologischer Daten besteht, sowie die hydrographischen Randbedingungen durch den direkten Flusseintrag in das Haff und den Austrag durch die Lagunen-Ausgänge (Swina, Dzwina und Peenestrom) klar definiert sind. Mit diesem Boxmodell wurden Modellrechnungen zur Eutrophierung des Oderästuars über die letzten 50 Jahre vorgenommen. Eine Verfünffachung des Nährstoffeintrags der Oder seit den 50er Jahren wurde dabei angenommen. Dies entspricht dem Anstieg des Düngemittleinsatzes in dieser Region, was in Anbetracht des gleichzeitig angestiegenen landwirtschaftlichen Ertragsniveaus sicherlich eine Überschätzung der Eintragsentwicklung bedeutet. Darüber hinaus wurde eine genauere Parametrisierung der Akkumulation und Freisetzung der Nährstoffe im Sediment erreicht. Das Modell spiegelt die wesentlichen Auswirkungen von Eutrophierung über einen Zeithorizont von Jahrzehnten wider und kann darüber hinaus als Entscheidungshilfe für ein Umweltmanagement dienen: Der langfristige Anstieg und die Dynamik der Nährstoffkonzentration und der Phytoplanktonblüten im Oderästuar wurden reali-

stisch wiedergegeben.

Das Modell spiegelt den Wechsel von P-Limitierung der Phytoplanktonblüten im Frühjahr zu einer N-Limitierung im Sommer sehr gut wider. Die errechneten Akkumulationsraten von N und P („Verschlickung des Sedimentes“) stimmen mit Messungen der langfristigen Ablagerungen im Sediment überein (Leipe et al., 1998). Die Vergrabungs- und Denitrifizierungsraten (natürliche Filterkapazität) und deren zeitliche Veränderung unter ansteigender Eutrophierung werden realistisch wiedergegeben.

(Falk Pollehne, Sektion Biologische Meereskunde)

*Das hier beschriebene Projekt OBBSI (Oder Basin - Baltic Sea Interaction) wurde von der Volkswagen-Stiftung finanziert.*

## 5.3 Forschungsschwerpunkt 3: Prozesse in der Wassersäule und an den Grenzschichten

### 5.3.1 Stickstoff-Fixierung in der Ostsee

Das Wachstum des Phytoplanktons ist in der eigentlichen Ostsee durch den Stickstoff, der von den Algen als Ammonium, Nitrat, Nitrit oder Harnstoff aufgenommen wird, limitiert. Bestimmte Cyanobakterien können darüber hinaus den im Wasser gelösten Luft-Stickstoff ( $N_2$ ) verwerten und sich somit gegenüber anderen Algen einen Konkurrenzvorteil verschaffen. Deshalb findet man speziell im Sommer regelmäßig Massenentwicklungen (Blüten) von Stickstoff-fixierenden Cyanobakterien der Gattungen *Aphanizomenon* und *Nodularia*. Der durch Fixierung des Luft-Stickstoffs zusätzlich in die eigentliche Ostsee eingetragene neue Stickstoff kann nach älteren Literaturangaben 20 000 bis 200 000 t pro Jahr betragen. Die starken Schwankungen beruhen auf der natürlichen Heterogenität (große Unterschiede in der Blütenentwicklung von Jahr zu Jahr, patchiness), aber auch auf methodischen Unzulänglichkeiten. Bisher wurde die Stickstoff-Fixierung mittels Azetylen-Reduktionsmethode bestimmt. Da diese Methode recht unempfindlich ist, mußten die

Proben mittels Netz angereichert werden, wodurch regelmäßig die kleinzellige Fraktion verloren ging. Es gibt jedoch den Verdacht, daß nicht nur die großen, fädigen Cyanobakterien, sondern auch die kleineren kokkalen Cyanobakterien

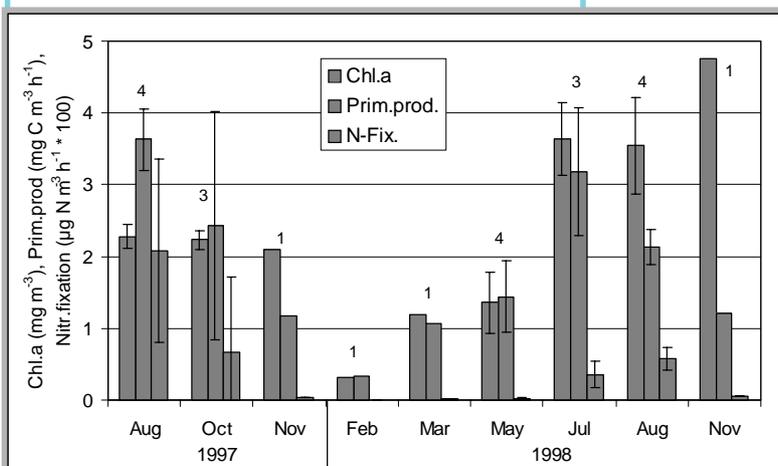


Abbildung 1: Stickstoff-Fixierung in den Monaten Februar, März, Mai, August und Oktober 1998 an den Stationen M2, K5, K2, K1 und J1.

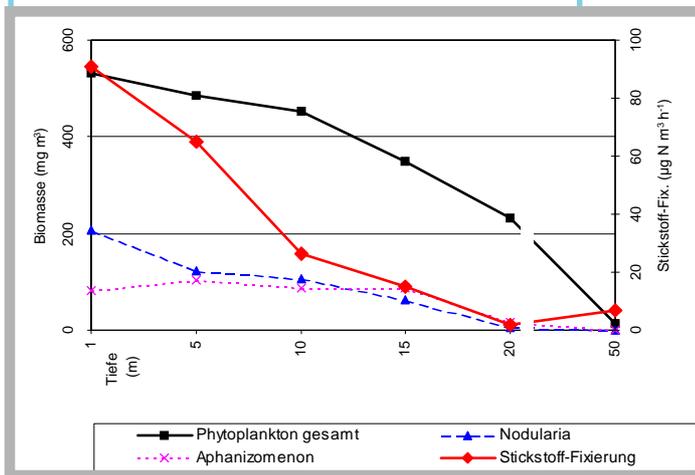


Abbildung 2:  
Tiefenverteilung der Phytoplankton-Gesamtbio-  
masse (Frischmasse) und der  
Biomasse von *Nodularia spumigena* und  
*Aphanizomenon sp.* sowie die Stickstoff-  
Fixierung in den oberen 50 m der Wassersäule  
am 2. August 1998 an Station J1.

der eigentlichen Ostsee durchge-  
führt.

Es zeigte sich, daß die Stickstoff-  
Fixierung im wesentlichen auf den  
Sommer, also die Zeit der  
Cyanobakterienblüte beschränkt  
war (Abb. 1). In dieser lag auch  
das Maximum der Pico-

Cyanobakterien. Bei Biomassen

der hetero-cytenführenden Cyanobakterien  
von weniger als 40 mg m<sup>-3</sup> bzw. einer  
Zeaxanthin-Konzentration unter 0,28 mg m<sup>-3</sup>  
war die Stickstoff-Fixierung annähernd Null.  
Im Vergleich zu den großen saisonalen Un-  
terschieden waren die regionalen Unterschie-  
de gering (Abb. 1). Insgesamt konnten  
schwache Korrelationen der Stickstoff-Fixie-  
rung zur Primärproduktion und zum  
Zeaxanthin, dem Markerpigment der  
Cyanobakterien, gefunden werden. Im  
Tiefenprofil zeigte sich eine Abnahme der  
Stickstoff-Fixierung mit der Tiefe (Abb. 2).  
Unterhalb der thermischen Sprungschicht (in  
etwa 20 m) fand keine signifikante Stick-  
stoff-Fixierung mehr statt. Erstaunlich war,  
daß die Stickstoff-Fixierung während der  
Nacht etwa so hoch war wie am Tage. Bis-  
her wurde in der Literatur von deutlich ver-  
ringerten Dunkel-Fixierungsraten berichtet,  
was auch von uns an Netzproben, die im  
wesentlichen nur noch die hetero-  
cytenführenden Cyanobakterien enthielten,  
bestätigt werden konnte. Offensichtlich sind  
nachts aber die sehr kleinen Stickstoff-Fixie-  
rer aktiv, die keine Heterocyten besitzen.

Luft-Stickstoff fixieren.

Durch das im IOW befindliche Massen-  
spektrometer ergab sich die Möglichkeit, die  
Stickstoff-Fixierung über das stabile Isotop  
<sup>15</sup>N zu messen. Diese sehr empfindliche Me-  
thode ermöglichte die Messung  
unangereicherter Proben auch außerhalb von  
Blütensituationen, so daß neue Abschätzun-  
gen zur Bedeutung der Stickstoff-Fixierung  
in der Ostsee möglich wurden.

Die Versuche zur Stickstoff-Fixierung wur-  
den zusammen mit Messungen der Primär-  
produktion, Phytoplankton-Biomasse und  
Artenzusammensetzung, sowie weiterer  
physikalischer, chemischer und biologischer  
Primärdaten in den Jahren 1997 und 1998  
in der östlichen Gotlandsee (Station BMP J1  
= 271) durchgeführt. Sie fanden im Rah-  
men des EU (MAST III)-Projekts BASYS  
(Baltic Sea System Study), Unterprojekt 2  
(„Pelagic fluxes“) statt.

Um zusätzliche Aussagen zur räumlichen  
und zeitlichen Variabilität der Stickstoff-Fi-  
xierung machen zu können, wurden ergän-  
zende Untersuchungen in der Beltsee und

Auf diese Weise separieren sie die Sauerstoff-empfindliche Stickstoff-Fixierung zeitlich von der Photosynthese, im Gegensatz zu den heterocytenführenden Cyanobakterien, die mit ihren Heterocyten eine räumliche Trennung dieser beiden sich ausschließenden Prozesse vornehmen.

Unter Berücksichtigung der von uns ermittelten Tiefenprofile und Tagesgänge der Stickstoff-Fixierung läßt sich für die Haupt-Vegetationsperiode der Cyanobakterien (Juli-August) der Jahre 1997 und 1998 (n = 24) ein Durchschnittswert von 34,4 mg N m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> errechnen. Der Jahreswert dürfte etwa 1720 mg N m<sup>-2</sup> betragen.

(Karin Lochte, Norbert Wasmund, Maren Voß, Sektion Biologische Meereskunde)

*Die hier beschriebenen Arbeiten wurden im Rahmen des EU- Projektes BASYS (Baltic Sea System Study) - Teilprojekt „Pelagic fluxes“ durchgeführt.*

### 5.3.2 Das Kohlenstoffbudget für die östliche Gotlandsee: Brauchen wir eine neue Parameterisierung der CO<sub>2</sub>- Transfargeschwindigkeit?

Mit einem umfangreichen experimentellen Programm wurde der Versuch unternommen, das Kohlenstoffbudget im Oberflächenwasser der östlichen Gotlandsee mit saisonaler Auflösung zu beschreiben. Das Ziel dieser Untersuchungen lag zum einen darin, die relevanten Kohlenstoffflüsse zu erkennen und zu quantifizieren, wobei dem CO<sub>2</sub>-Austausch mit der Atmosphäre und dem Kohlenstofffluß durch die Halokline besondere Beachtung geschenkt wurden. Andererseits bieten Bilanzrechnungen die Möglichkeit, die Konsistenz der ermittelten Budgetgrößen sowie die ihnen teilweise zugrunde liegenden Parameterisierungen zu überprüfen und diese gegebenenfalls zu modifizieren.

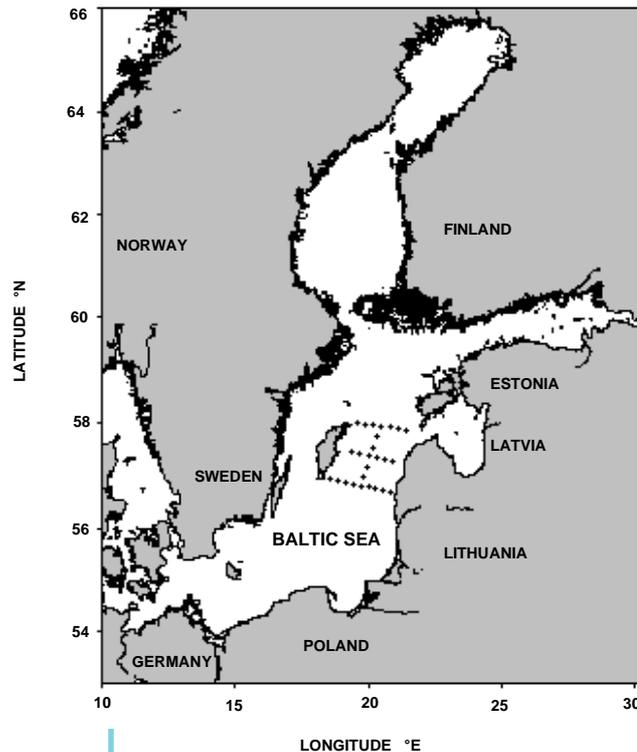


Abbildung 1

Dieser Ansatz wird im folgenden genutzt, um die bislang gängigen Parametrisierungen der Transfergeschwindigkeit für den  $\text{CO}_2$ -Gasaustausch durch die Windgeschwindigkeit kritisch zu durchleuchten. Für die Erstellung des Kohlenstoffbudgets wurde in der östlichen Gotlandsee eine Box definiert, die horizontal durch die Verbindungslinien zwischen der Nord- beziehungsweise Südspitze Gotlands und der lettischen Küste begrenzt ist (Abb. 1). Die Grenzfläche zur Atmosphäre sowie die permanente Halokline, die durch das Maximum des Dichtegradienten ermittelt wurde, bilden die vertikalen Ränder der Box. Im Zeitraum von 1995 bis 1998 wurden insgesamt sechs Meßfahrten unternommen, um in einem dichten Stationsnetz die Konzentrationen für Gesamt-  $\text{CO}_2$  (Ct), gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) und partikulären organischen Kohlenstoff (POC) zu bestimmen. Gleichzeitig wurden der  $\text{CO}_2$ -Partialdruck des Oberflächenwassers kontinuierlich vom fahrenden Schiff aus registriert. Die Budgetrechnungen für die Oberflächenbox konzentrierten sich auf das Jahr 1997, in dem Meßfahrten im Februar, Mai und No-

vember durchgeführt wurden. Da im Februar 1998 keine Messungen vorgenommen wurden, mußten zur Beschreibung eines geschlossenen Jahresgang die Daten aus dem Februar 1997 verwendet und somit die zwischenjährliche Variabilität ignoriert werden.

Aus den Ct-, DOC- und POC-Profilen der 26 Boxstationen wurden mittlere Konzentrationen für diese Größen berechnet und die Änderungen der Gesamtkohlenstoffgehalte ( $C = \text{Ct} + \text{DOC} + \text{POC}$ ) zwischen den Meßzeitpunkten ermittelt. Während der Zeitspanne von Februar bis Mai war eine fast vernachlässigbare Abnahme des C-Inventars ( $-36 \mu\text{mol}/\text{m}^3 \text{ d}$ ) in der Oberflächenbox zu verzeichnen. Dieses ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß das während der Frühjahrsblüte produzierte POC noch nicht aus der Oberfläche sedimentiert ist und darauf, daß auch der Austausch mit der Atmosphäre nahezu vernachlässigbar ist, da eine  $\text{CO}_2$ -Freisetzung zu Beginn und eine  $\text{CO}_2$ -Aufnahme am Ende des betrachteten Zeitraums sich weitgehend kompensieren.

Im Gegensatz hierzu ließ sich für die Zeit von Mai – November ein erhebliches Anwachsen ( $+173 \mu\text{mol}/\text{m}^3 \text{ d}$ ) und von November – Februar eine kräftige Verringerung ( $-274 \mu\text{mol}/\text{m}^3 \text{ d}$ ) des C-Pools beobachten. Zur Erklärung dieser Änderungen wurden die C-Flüsse durch die

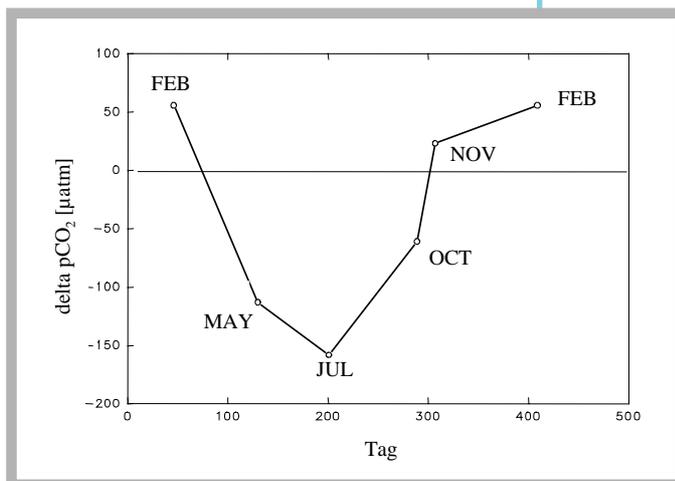


Abbildung 2

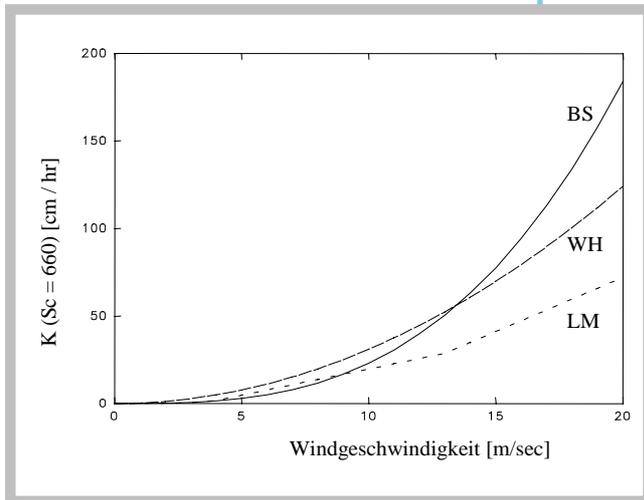


Abbildung 3

terhin die Kenntnis der Gas-Transferringeschwindigkeit  $k$  erforderlich, die im wesentlichen von der Windgeschwindigkeit abhängt. Zur Beschreibung dieses Zusammenhangs haben Liss und Merlivat für drei Windgeschwindigkeits-

Grenzflächen der Box ermittelt. Der Export von POC wurde mit Hilfe einer Sinkstoffalle, die in 140 m Tiefe in der zentralen Gotlandsee verankert war, erfaßt. Die Bestimmung des Austauschs von Ct und DOC an der Halokline erfolgte, indem aus den Salzgehaltsänderungen im winterlichen Zwischenwasser diapycnische Salzflüsse abgeleitet wurden und diese mittels empirischer Salz/Ct- und Salz/DOC-Korrelationen in die betreffenden Flüsse umgerechnet wurden. Die lateralen Ct- und DOC-Transporte konnten aus einer Salzgehaltsbilanz für die Oberflächenbox und wiederum einer Verknüpfung mit den Ct- und DOC-Konzentrationen abgeleitet werden.

Zur Bestimmung des  $\text{CO}_2$ -Austauschs mit der Atmosphäre wurden zunächst aus den mittleren  $\text{CO}_2$ -Partialdrücken und den atmosphärischen  $\text{CO}_2$ -Gehalten die Partialdruckdifferenzen ( $\Delta p \text{CO}_2$ ) an der Grenzfläche zur Atmosphäre errechnet. Um der ausgeprägten Saisonalität des  $\Delta p \text{CO}_2$  Rechnung zu tragen, wurden für die Beschreibung des Jahresganges Daten aus dem Oktober 1995 und dem Juli 1998 mit berücksichtigt (Abb. 2). Zur Berechnung des  $\text{CO}_2$ -Flusses ist wei-

berfläche unterschiedliche lineare Funktionen vorgeschlagen (Abb. 3: LM). Dieser Ansatz wurde in der Vergangenheit ganz überwiegend im Zusammenhang mit dem  $\text{CO}_2$ -Austausch angewendet und bildete daher zunächst auch die Grundlage für die Berechnung der Transferringeschwindigkeiten in der Gotlandsee. Mit den daraus berechneten  $\text{CO}_2$ -Flüssen wurde das Kohlenstoffbudget für die Oberflächenbox bilanziert. Hierbei ergab sich für die Zeitspanne von Mai bis November ein erhebliches Kohlenstoffdefizit ( $-96 \mu\text{mol}/\text{m}^3 \text{d}$ ), während sich für November bis Februar ein Kohlenstoffüberschuß ( $+199 \mu\text{mol}/\text{m}^3\text{d}$ ) errechnete. Da der  $\text{CO}_2$ -Gasaustausch die bedeutendste Flußgröße im C-Budget darstellt, lag die Vermutung nahe, daß die erheblichen Diskrepanzen auf eine mangelhafte Beschreibung der  $\text{CO}_2$ -Transferringeschwindigkeit zurückzuführen ist. Es wurde deshalb eine von Wanninkhof vorgeschlagene quadratische Abhängigkeit der Transferringeschwindigkeit von der Windgeschwindigkeit (Abb. 3: WH) verwendet, um die  $\text{CO}_2$ -Flüsse zu berechnen. Die Unausgeglichenheit der Bilanz reduzierte sich hierdurch zwar, war aber dennoch signifi-

kant. Aus den Abweichungen ließ sich schließen, daß die Transfergeschwindigkeiten während der Zeitspanne von Mai bis November überschätzt und während des Winters, der sich durch stärkere Winde auszeichnet, unterschätzt werden. Dieses war Veranlassung, eine kubische Funktion zur Beschreibung der Transfergeschwindigkeit durch die Windgeschwindigkeit anzusetzen (Abb. 3: BS) und diese so an die Daten anzupassen, daß die Abweichungen von einer ausgeglichenen Bilanz auf ein Minimum reduziert werden.

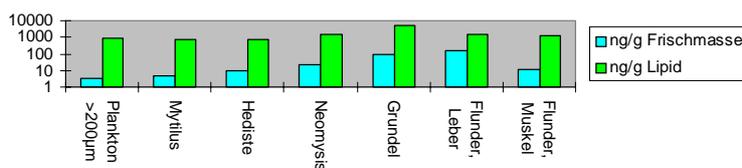
(Bernd Schneider, Sektion Meereschemie)

### 5.3.3 Organische Schadstoffe in marinen Organismen - Anreicherung und Effekte

#### Anreicherung chlorierter Kohlenwasserstoffe: die Bedeutung der Bezugsgröße

Nach gängiger Vorstellung werden chlorierte Kohlenwasserstoffe, wie polychlorierte Biphenyle (PCBs) und das DDT, entlang der Nahrungskette angereichert. Demnach steigen die Konzentrationen eines schwerabbaubaren (persistenten) Fremdstoffs aufgrund seiner Weitergabe mit der Nahrung stufenweise vom Medium über die Primärproduzenten und die verschiedenen Konsumentenebenen an, um ihr Maximum an der Spitze der Nahrungspyramide (Greifvogel, Meeressäuger, Mensch) zu erreichen. Konzentrationen eines Stoffes werden naturgemäß auf die Masse oder das Volumen der Matrix bezogen. So wird in der Lebensmittelüberwachung die Konzentration üblicherweise auf das Frischgewicht bezogen. Dies ist für diesen Zweck sehr sinnvoll; zum ökologischen Vergleich unterschiedlicher Organismen erscheint diese Bezugsgröße aber eher ungeeignet. Es ist nämlich unumstritten, daß für die Anreicherung chlorierter Kohlenwasserstoffe in Organismen neben ihrer Persistenz ihre sehr hohe Fettlöslichkeit (Lipophilie) von ausschlaggebender Bedeutung ist. Sie reichern sich entsprechend in Organismen überwiegend im Körperfett an.

Abbildung 1:  
PCB-Konzentrationen im  
Nahrungsnetz und in zwei  
Geweben der Flunder



Aus der Toxikologie ist zudem bekannt, daß es für diese Stoffe keinerlei physiologische Barrieren gibt, daß also alle Membranen frei permeabel

sind. Deswegen gehen einige Autoren davon aus, daß der grundlegende Mechanismus der Anreicherung in kiemenatmenden Tieren in einer Gleichgewichtsverteilung dieser Stoffe zwischen dem umgebenden Wasser und dem Körperfett bestehe.

Um zu überprüfen, welches der beiden Konzepte realistischer ist, wurden 1998 in der Unterwarnow die Chlorkohlenwasserstoffkonzentrationen im Nahrungsnetz der Flunder mit Hilfe hochauflösender Kapillar-Gaschromatographie analysiert. Dabei wurde die relative Trophiestufe der Organismen durch die Verhältnisse stabiler Stickstoffisotopen abgeschätzt.

Zwar zeigen einige Chlorkohlenwasserstoffe bis zur Flunderleber einen Konzentrationsanstieg mit der Trophiestufe, wenn die Konzentration auf das Frischgewicht bezogen werden (Abb. 1). Dieser Anstieg ist jedoch auf einen gleichzeitigen Anstieg der Lipidgehalte zurückzuführen. Dieses Phänomen verdeutlicht auch der Vergleich der beiden analysierten Flundergewebe - relativ fette Lebern mit hohen PCB-Konzentrationen, mageres Muskelgewebe mit deutlich niedrigeren PCB-Konzentrationen. Werden die Schadstoffkonzentrationen dagegen auf die Lipidmasse bezogen (Abb. 1), so ergibt sich ein deutlich gleichförmigeres Bild. Die Auswahl der Bezugsgröße präjudiziert demnach das Ergebnis: Da die Lipidgehalte anscheinend oftmals in der Nahrungskette ansteigen, entsteht beim Bezug auf das Frischgewicht (oder auch Trockengewicht) der Eindruck der Schadstoffweitergabe in der Nahrungskette. Wenn die Schadstoffkonzentrationen aber auf die für den Bioakkumulationsprozeß quasi als Lösungs-

mittel ursächlichen Lipide bezogen werden, so spricht das Ergebnis eher für die Einstellung von Verteilungsgleichgewichten zwischen Umgebungswasser und Körperlipiden. Zusätzlich wurden Muskeln und Lebern der Flunder parallel auf ihre Gehalte an Neutralfetten untersucht. Die Ergebnisse zeigen, daß besonders die Neutralfettfraktion die Akkumulation bestimmter Stoffe ( $\log K_{ow} = 6-7$ ) bestimmt. Diese Fraktion bietet sich darum zur Normalisierung von Konzentrationsdaten in Organismen an.

#### **Beeinträchtigung des Fortpflanzungserfolgs des Dorsches der zentralen Ostsee**

Ungefähr seit 1970 sind immer wieder Berichte über Fortpflanzungsbeeinträchtigungen bei einigen Fischarten aus der Ostsee erschienen. Typische Kennzeichen waren dabei unzureichende Reifung der Oozyten oder Ovarien, verminderte Fruchtbarkeit und erhöhte Mortalität früher Entwicklungsstadien (Eier und Larven). In Experimenten zeigten Eier des Ostseedorsches immer wieder schlechtere Schlupfraten als Dorscheier aus dem Skagerrak oder der Barentssee, was auf eine generell schlechtere Qualität des Laichs aus der Ostsee schließen läßt. Besonders einige chlororganische Schadstoffe stehen im Verdacht, hierbei eine Rolle zu spielen. Im Rahmen eines multidisziplinären EU-(FAIR)-Projektes über natürliche und anthropogene Ursachen der langfristigen Variabilität der Dorschrekrutierung in der Ostsee (CORE) wurde auch dieser Aspekt bearbeitet. Dazu wurden von Kollegen aus Kopenhagen (FFS *Dana*) und Kiel (FS *Alkor*) laichreife Dorsche im Bornholmbecken und teilweise im Danziger Becken gefangen und ab-

gestreift. Die Eier der einzelnen Weibchen wurden mit gepooltem Spermium mehrerer Männchen unter standardisierten Bedingungen befruchtet und die Ei- und Larvalentwicklung bis zum 10. Tag nach dem Schlupf verfolgt, während die Ovarien individuell eingefroren und der Schadstoffanalyse im IOW zugeführt wurden.

In beiden Versuchsserien ähnelten sich die Ergebnisse: die Prozentsätze der geschlüpften Larven und der den Versuchszeitraum überlebenden Larven, die Wachstumsleistung der Larven sowie der nach zehn Tagen erreichte Entwicklungsstand waren negativ mit den jeweiligen Konzentrationen einzelner PCB-Kongenerer und Pestizide korreliert. Als Beispiel wird hier die Beziehung zwischen dem Prozentsatz der 10 Tage überlebenden geschlüpften Larven und dem mütterlichen DDE-Gehalt im Ovar dargestellt (Abb. 2). Bei der Betrachtung der Abbildung ist zu berücksichtigen, daß niedrige Entwicklungserfolge vielerlei Ursachen haben können und deshalb besonders gehäuft bei niedrigen Schadstoffgehalten auftreten - bei erhöhten Schadstoffgehalten war aber in keinem Fall ein hoher Entwicklungserfolg der Larven zu verzeichnen.

Entsprechende signifikante Unterschiede zeigten sich zwischen den Dorschen aus dem Danziger Becken (höhere Schadstoffgehalte, geringerer Entwicklungserfolg) und aus dem Bornholmbecken. Trotz dieser Befunde ist nicht unbedingt davon auszugehen, daß die analysierten Schadstoffe allein für die Wirkung verantwortlich sind. Sie sind eher als die „Spitze eines Eisbergs“ einer Vielzahl von Fremdstoffen zu betrachten, die ein ähnliches Anreicherungs- und

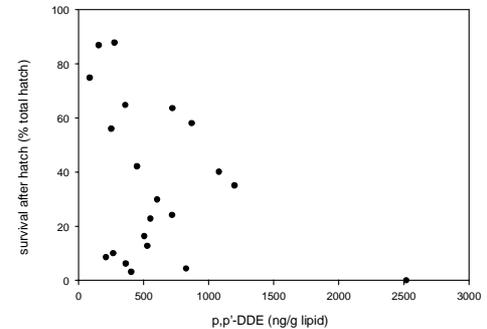


Abbildung 2:  
Beziehung zwischen überlebenden Dorschlarven (10 d) und p,p'-DDE-Gehalt des mütterlichen Ovars

Wirkungsverhalten zeigen, aber bisher in der Ostsee kaum analysiert wurden.

Um abzusichern, ob die aufgefundenen formalen Beziehungen zwingend auf eine Kausalität schließen lassen, bedarf es ergänzender Untersuchungen unter Einbeziehung eindeutigerer biochemischer Effektparameter. Keineswegs kann mit diesen Ergebnissen die aufgrund allgemein sinkender Chlorkohlenwasserstoff-Gehalte in vielen Ostseetieren eher optimistische Einschätzung des letzten HELCOM-Assessment geteilt werden. In der Tiefe der Becken, und damit auch im Dorsch, ist der zeitliche Trend weit weniger deutlich als in den Küsten- und Oberflächengewässern.

Rolf Schneider (Sektion Biologische Meereskunde)

*Die hier beschriebenen Ergebnisse basieren zum einen auf der Diplomarbeit von Steffen Ulbrich zum anderen auf dem EU-Projekt CORE "Mechanism influencing long-term trends in reproductive success and recruitment of Baltic cod: Implication for fisheries management"*

## 5.4 Forschungsschwerpunkt 4: Langfristige Veränderungen in der Ostsee

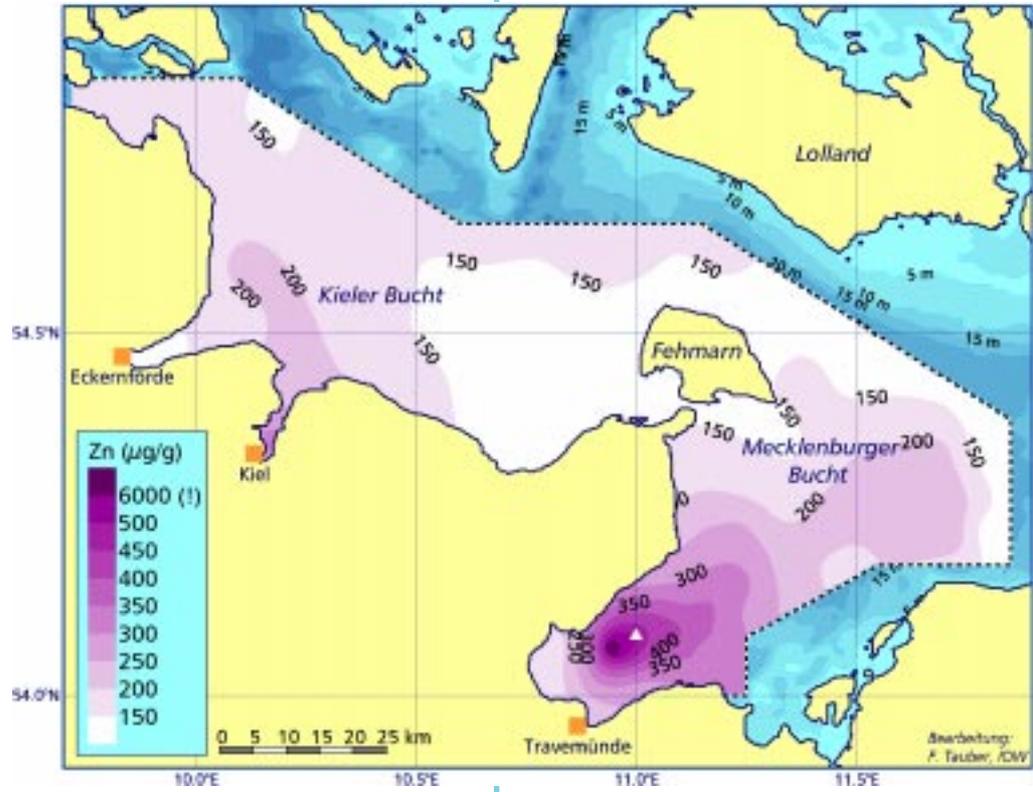
### 5.4.1 Schwermetalle in Beckensedimenten der westlichen Ostsee

Etwa zeitgleich, aber unabhängig voneinander, wurden in den Jahren 1983 bis 1989 in den ehemals getrennten beiden deutschen Staaten geochemische Kartierungsarbeiten von Meeresbodensedimenten der westlichen Ostsee durchgeführt. Neben sedimentologischen Parametern wurden vor allem Schwermetallgehalte (Blei, Cadmium, Kupfer, Quecksilber, Zink und andere) untersucht, um daraus Rückschlüsse auf die Ablagerung von kontaminierten Sedimenten zu ziehen und geochemische Anomalien zu lokalisieren. Diese Analyseergebnisse wurden jetzt erstmals zusammenfassend bearbeitet. Der Datenbestand umfaßt Schwermetallgehalte und sedimentologische Parameter von insgesamt 496 Einzelproben aus dem Arkonabecken, aus der Mecklenburger/Lübecker Bucht und aus der Kieler Bucht.

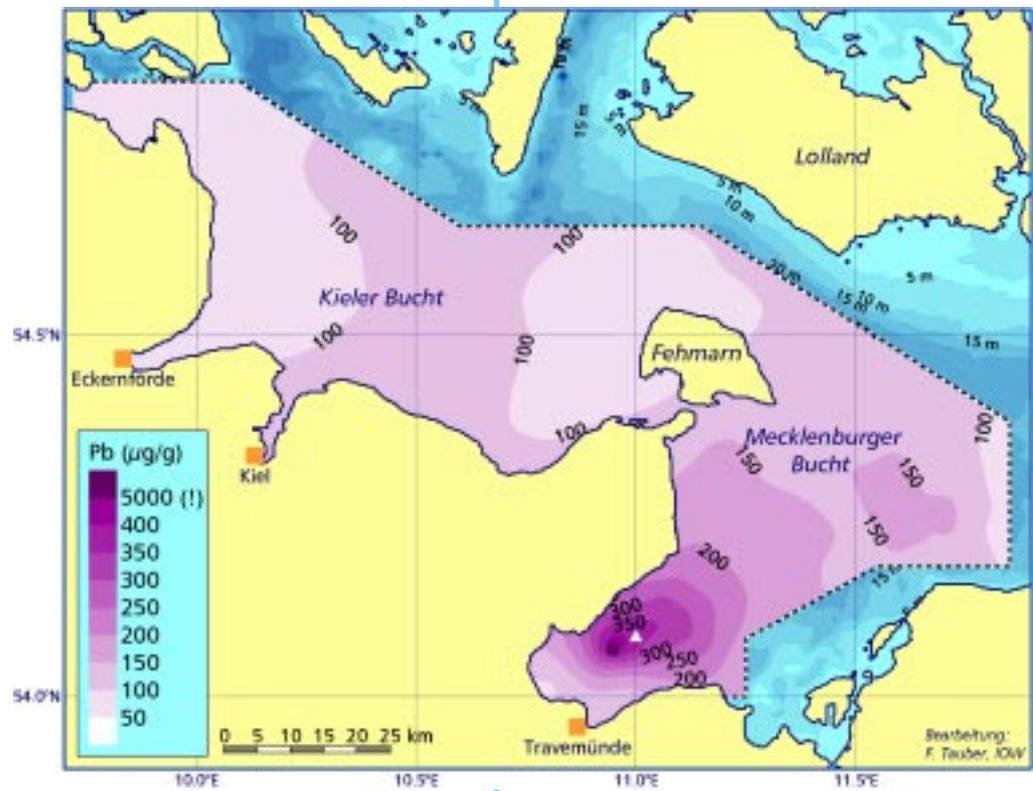
Aufgrund der unterschiedlichen Analyseverfahren der beiden Untersuchungsprogramme mußten zunächst die Analyseergebnisse einander angeglichen bzw. umgerechnet werden. Die relativen Metallgehalte wurden unter Nutzung der vorliegenden Korngrößenverteilungsanalysen auf eine einheitliche Korngrößenfraktion normiert. Hinsichtlich der vertikalen Schwermetallverteilung im Sediment und der verwendeten geochemischen Aufschlußverfahren wurde überwiegend Übereinstimmung festgestellt.

Eine statistische Auswertung der Daten aus dem Arkonabecken, wo die Verteilung der Elemente weitgehend durch natürliche Pro-

Zinkgehalt in den Oberflächensedimenten der Mecklenburger und Kieler Bucht.



Bleigehalt in den Oberflächensedimenten der Mecklenburger und Kieler Bucht.



zesse gesteuert wird, zeigt eine starke Tendenz zur Anreicherung der meisten Schwermetalle in den feinkörnigen, organikreichen Sedimenten mit hohem Tongehalt im nördlichen Arkonabecken. Cadmium und Quecksilber dagegen korrelieren weniger mit diesem Sedimenttyp, sie sind auch regional stärker im westlichen Teil des Arkonabeckens konzentriert.

Mittels numerischer Interpolations- und Darstellungsverfahren wurden Kartenabgebildungen erzeugt, die erstmals einen kompletten Überblick zur Verteilung ausgewählter, umweltrelevanter Schwermetalle im Gebiet der Mecklenburger/Lübecker Bucht geben. Damit war es möglich, Teilergebnisse aus den ehemals getrennten Arbeitsgebieten ostdeutscher und westdeutscher Kollegen zusammenzuführen. Im inneren Teil der Lübecker Bucht wurde ein hochkontaminiertes Areal nachgewiesen, welches auf die Verklappung von Abfallprodukten aus der Metallindustrie vor etwa 30 Jahren zurückzuführen ist. In den Abbildungen wird die gesamte Ausdehnung (geochemische Aureole) der erhöhten Konzentrationen von Schwermetallen sichtbar, welche von dem Verklappungsort industrieller Altlasten ausgeht. Der stark kontaminierte Bereich der Lübecker Bucht stellt für die deutschen Küstengewässer der Ostsee das Gebiet mit der höchsten Schwermetallbelastung in Sedimenten dar.

Die gegenwärtige Vertikalverteilung der Schwermetalle in diesem Verklappungsgebiet weist deren höchste Gehalte in einigen Zentimetern Sedimenttiefe aus, was für eine mittlere Sedimentationsrate von etwa 2

mm pro Jahr spricht. Jedoch ist diese Sedimentation nicht als ungestörte Ablagerung und somit Abdeckung der kontaminierten Schicht zu verstehen, da Vermischungs- und Transportprozesse zu einer Aufarbeitung und Verschleppung des Materials geführt haben, wie aus den Verteilungskarten zu ersehen ist. Neben der Verfrachtung der kontaminierten Sedimente durch bodennahe Strömungen, starke Stürme, Schifffahrt und Grundnetzfisherei kann es durch Resuspension und nachfolgende chemische Prozesse in sauerstoffreichem Wasser auch zur Freisetzung der Schwermetalle kommen. Die Verteilungsmuster der Schwermetalle in den Oberflächensedimenten sind Momentaufnahmen. Sie können für Monitoring-Programme zur Umweltüberwachung und zur Erfassung von Veränderungen, für vertiefende Arbeiten zur Geochemie der Schwermetalle der Ostsee oder für Untersuchungen zu den hydrographischen Ursachen des Transportes und der Verteilung von Sedimentmaterial in den Beckengebieten genutzt werden. Bei Bedarf können sie wiederholt werden und bilden somit die Basis für weiterführende Untersuchungen.

(Thomas Leipe, Franz Tauber, Sektion Marine Geologie)

*Die vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen des BMBF-Projektes „Datenzusammenstellung und wissenschaftliche Interpretation von Daten über den Meeresboden der gesamten westlichen Ostsee aus den Jahren 1953 - 1985“ sowie durch die Monitoring-Begleitforschung erarbeitet.*

## 5.4.2 Mangan-Eisen-Akkumulate in der westlichen Ostsee als Paläomilieu-Indikatoren

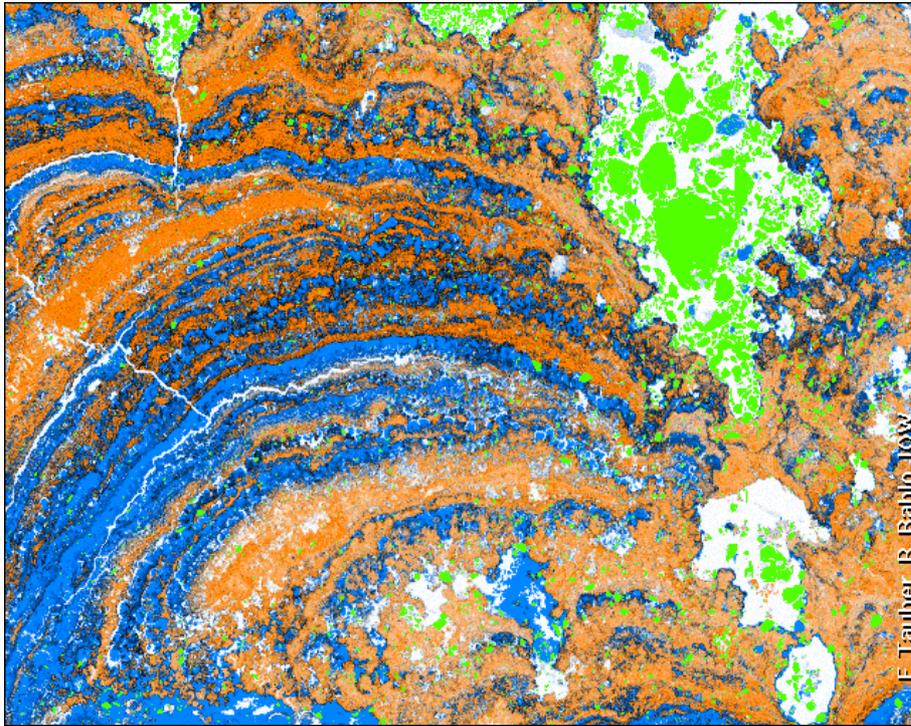
Natürliche und anthropogene Faktoren wirken sich gravierend auf das sensible Ökosystem der Ostsee aus. Dabei zählt die Verarmung an Sauerstoff im bodennahen Wasser durch thermohaline Schichtung zu den natürlichen, der Eintrag von Schadstoffen aus Industrie und Landwirtschaft zu den anthropogenen Einflüssen. Bio- und hydroturbirte Sedimente, wie wir sie gewöhnlich in der westlichen Ostsee finden, liefern als Paläomilieuindikatoren jedoch häufig nicht die gewünschte zeitliche Auflösung. Deshalb waren Forschungen im Rahmen eines von der DFG geförderten Projektes, das an Untersuchungen in der Kieler Bucht und der Mecklenburger Bucht in den achtziger Jahren anknüpfte, auf die Rolle der Mn-Fe-Akkumulate als zeitlich hochauflösende Anzeiger von Paläo-Redox-Bedingungen und -Schwermetalleinträgen gerichtet. Bei Ausfahrten mit dem FS "Prof. Albrecht Penck" in den Jahren 1994, 1995 und 1996 wurden Proben aus der Mecklenburger Bucht

nordwestlich von Kühlungsborn bei ca. 20 m Wassertiefe auf einer Geschiebemergelauftragung durch Taucher entnommen, der Meeresboden kartiert und die jeweiligen hydrographischen Verhältnisse meßtechnisch erfaßt. Die Akkumulate wurden geochemisch untersucht und direkt mit Proben verglichen, die 1980 an gleicher Position, sowie 1993 und 1994 in der Kieler Bucht entnommen worden waren.

Abbildung 1 zeigt typische Akkumulate, die sich pilzförmig vor allem an der Oberfläche des Geschiebemergels in Nähe der Grenze zum Schlick bilden. Die Akkumulate bestehen aus alternierend um einen zentralen Kern – häufig ein Geschiebe – herum gebildeten Mn- und Fe-(Hydr)oxidlagen. Abbildung 2 zeigt die Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme eines Anschnittes einer Akkumulatprobe aus der Mecklenburger Bucht rechtwinklig zur Wachstumsrichtung. Flächig erfaßte Mikrosonden-Daten der Elementverteilungen wurden farbcodiert und zeigen den Wechsel zeitlich nacheinander gebildeter mangan- und eisenreicher Lagen.

Abbildung 1: Mn-Fe-Akkumulate der westlichen Ostsee





■ Eisen  
■ Mangan  
■ andere Elemente

Abbildung 2:  
 Farbkodierte Darstellung der Mn-/Fe-Verteilung  
 in einer Akkumulat-Probe aus der  
 Mecklenburger Bucht.  
 Originalgröße des Anschnittes 3 x 4 mm

Die Mn- und Fe-(Hydr)oxide adsorbieren bei ihrer Bildung Spurenmetalle, wobei die Frage zu untersuchen war, ob die gemessene Schwermetallkonzentration das Elementangebot im Sedimentationsraum zur Bildungszeit widerspiegelt. Als Indikator diente das Zink, dessen Konzentration längs der Anwachsrichtung hochauflösend mit Methoden der Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy (LA-ICP-MS) und der Röntgenfluoreszenzanalyse mit Synchrotronstrahlung (SYRFA) analysiert wurde. Abbildung 3 zeigt die Mangan-normierte Zn-Verteilung im äußeren Saum von zwei 1980 und 1994 in der Mecklenburger Bucht und einer 1993 in der Kieler Bucht entnommenen Probe. Die Datierung erfolgte durch Vergleich der typischen Verteilungsmuster des Zinks. Dazu dienten insbesondere die deutlich ausgebildeten Peaks ("Fingerprints") der Zn-Verteilungskurven.

Eine Stretchung der Kurven der Probe BG4 (Kieler Bucht) wurde vorgenommen, um die Korrelation visuell zu verdeutlichen. Durch den Vergleich im Anwachsereich der Proben zwischen 1980 und 1993, bzw. 1994 wurde die Anwachs-geschwindigkeit mit 0.021 mm/Jahr in der Mecklenburger Bucht und mit 0.018 mm/Jahr in der Kieler Bucht ermittelt. Damit konnte der signifikante Zn-Anstieg in der Kieler Bucht auf 1871 und in der Mecklenburger Bucht auf 1884 datiert werden.

Bei der Erklärung des wechselnden Mn/Fe-Verhältnisses in den Akkumulaten geht man davon aus, daß unter anoxischen Bedingungen vermehrt Eisen aus Sediment und suspendierten Partikeln gelöst und somit für die (Hydr)oxidbildung zu Verfügung steht. Zudem wird in anoxischem Milieu das Mangan aus den vorher gebildeten Mn-/Fe-

(Hydr)oxid-Mischlagen selektiv gelöst. Betrachtet man nun die äußeren ca. 100 Jahre erfassenden Zonen der Akkumulate, so fällt - verglichen mit den kernnahen Bereichen - das niedrigere Mn/Fe-Verhältnis auf. Diese Tatsache läßt sich aufgrund von längeren Schichtungsphasen mit einer abnehmenden Sauerstoff-Versorgung des Wasserkörpers erklären. Auch können an den Proben beobachtete Anlösungserscheinungen nach hydrographischen Langzeit-Meßreihen mit Phasen verringerter Sauerstoff-Versorgung des Bodengewässers während der letzten Dekaden korreliert werden.

Die thermodynamische Modellierung der Sorptionsprozesse von Schwermetallen an Mn-/Fe-(Hydr)oxiden zeigte, daß ein verstärkt anoxischer Sedimentationsraum sekundär zur Anreicherung von Schwermetallen wie Zink in Akkulaten führen kann. Damit wird die Aussagekraft der Schwermetallkonzentration der Akkulate für ein Paläo-Monitoring der entsprechenden anthropogenen Belastung des Sedimentationsraumes eingeschränkt. Dagegen zeigen die Ergebnisse der Untersuchungen im Rahmen des Projektes, daß sowohl die Spurenmetallverteilung als auch die Mn/Fe-Verhältnisse der Akkulate geeignet sind, als Indikatoren für die Paläo-Redox-Bedingungen eines Sedimentationsraumes zu fungieren.

(Jan Harff, Sektion Marine Geologie)

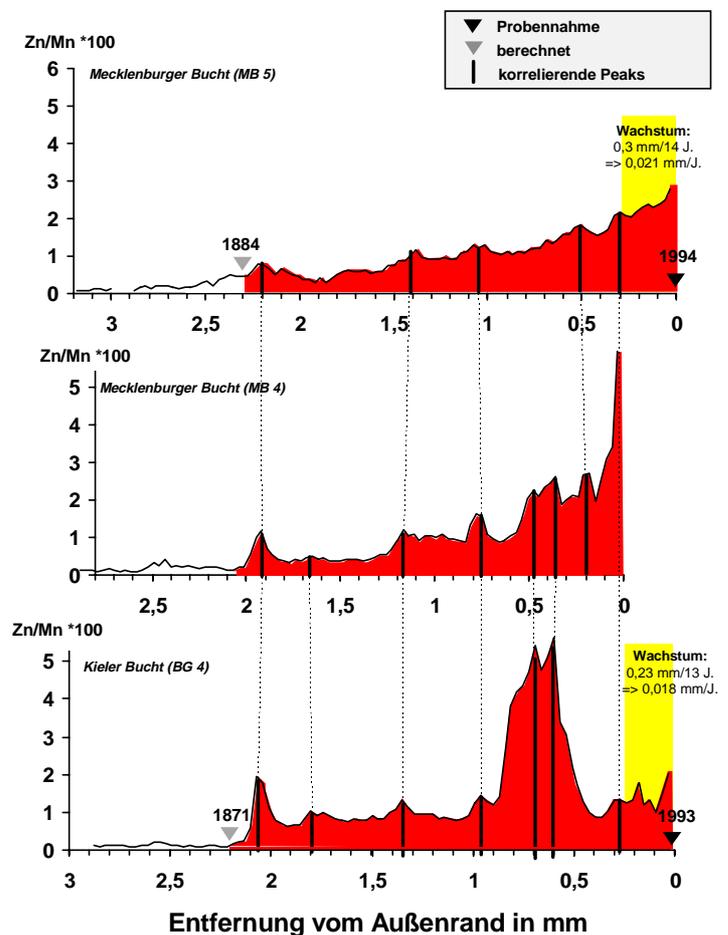


Abbildung 3  
Zn/Mn-Verhältnis in drei Mn-/Fe-Akkumulatproben aus der Mecklenburger Bucht und Kieler Bucht einschließlich Datierung und Wachstumsraten (Zn/Mn-Daten nach SYRFA-Analyse, nach HLAWATSCH 1998)

Die hier beschriebenen Arbeiten wurden im Rahmen des DFG-Projektes "Spurenelemente in Fe/Mn-Akkumulaten als Indikatoren für Schad- und Nährstoffeinträge in der westlichen Ostsee" durchgeführt. Die geochemischen Untersuchungen waren Bestandteil der Dissertation von Frau Dr. Sylke Hlawatsch.

## 5.5 Forschungsschwerpunkt 5: Überwachung der Meeresumwelt der Ostsee

### 5.5.1 Besonderheiten der hydrographisch-chemischen Bedingungen in der Ostsee in den Jahren 1997 und 1998

Der Sommer 1997 war außergewöhnlich warm und muß als der wärmste seit 1890 angesehen werden. Die sommerlichen Wassertemperaturen erreichten in einer 10 m mächtigen Deckschicht der westlichen und zentralen Ostsee im August mit Werten von mehr als 23°C positive Anomalien bis 6 K.

In den Jahren 1997 und 1998 erfolgten keine Salzwassereinbrüche. Von den kleineren Einströmen sind nur während der Sturmereignisse im September und Anfang Oktober 1997 größere Wassermengen über die Schwellen in die Ostsee transportiert worden. Dadurch gelangte sehr warmes und salzreiches Wasser in die Tiefenbecken, das Ende Oktober 1997 mit Temperaturen von 11,5 – 13°C und Salzgehalten bis 18 PSU im Tiefenwasser des Bornholmbeckens beobachtet wurde. Derartig hohe Temperaturen, die um 3 - 4 K über den langjährigen Mittelwerten des Tiefenwassers liegen, wurden im Bornholmbecken in diesem Jahrhundert nur selten erreicht. Das Becken füllte sich im Herbst zunehmend mit salzreichem Wasser und erreichte Ende Oktober im gesamten Becken mit Tiefen > 60 m Salzgehalte > 15 PSU, so daß salz- und sauerstoffreiches Wasser von 14 - 15 PSU bzw. von bis zu 2 cm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup> ungehindert über die Stolper Schwelle in die zentrale Ostsee abfließen konnte. Der Einstrom, der im Mai 1998 beendet war, führte zu einer ungewöhnlichen Erhöhung der Temperaturen im Tiefenwasser des östlichen Gotlandbeckens,

die im grundnahen Wasser des Gotlandtiefs etwa 2 K betrug und zu rund 7°C führte. Derartig hohe Temperaturen wurden im Tiefenwasser lediglich 1977 beobachtet.

Die Entwicklung im Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers der zentralen Ostsee weist auf eine weiter andauernde Stagnation hin. Der Einstrom von salz- und sauerstoffreicherem, aber ungewöhnlich warmem Wasser im Herbst 1997 unterbrach die anoxischen Bedingungen im Tiefenwasser des Östlichen Gotlandbeckens nur kurzzeitig zwischen Januar und April 1998. Ab Mai wurde Schwefelwasserstoff bereits wieder im Bornholmbecken und seit Juni im östlichen Gotlandbecken gemessen. Die Mächtigkeit der anoxischen Tiefenschicht verstärkte sich 1998 und breitete sich weiter nach Süden aus. Das Sauerstoffdefizit vergrößerte sich auch im Tiefenwasser des westlichen Gotlandbeckens, wo 1998 die niedrigsten Jahresmittel der Sauerstoffkonzentration seit Mitte der 80er Jahre erreicht wurden.

Bei den Winterkonzentrationen der anorganischen Nährstoffe setzte sich die in den Vorjahren erkennbare Entwicklung fort. Der Rückgang in den Nitratkonzentrationen, der 1997 begann, zeigte sich auch im Winter 1997/98. Die Phosphatkonzentrationen wiesen eine weiterhin abnehmende Tendenz auf, wobei das Niveau im Winterwasser 1997/98 vergleichbar mit dem des Winters 1996/97 war.

Die Konzentrationen organischer Nährstoffe lagen 1997 und 1998 im Schwankungs-

bereich der Messungen der letzten fünf Jahre. Aus den bisherigen Meßreihen für gelöste organische Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen läßt sich ein Gradient mit zunehmenden Konzentrationen von der westlichen zur zentralen Ostsee erkennen.

Signifikante Auswirkungen des Jahrhunderthochwassers der Oder im Sommer 1997 auf die Ostsee waren im wesentlichen nur lokal in der Pommerschen Bucht zu beobachten. Die gemessenen Konzentrationen der meisten anorganischen Nährstoffe waren in der gleichen Größenordnung wie sie bei früheren Untersuchungen zu Zeiten verstärkten Oderausstroms im Frühjahr zu beobachten waren. Signifikant erhöhte Konzentrationen wurden aber für Silikat sowie für organische Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen gefunden. Im Bereich der Ausstromfahne der Oder kam es zur Bildung von Schwefelwasserstoff in den bodennahen Schichten. Langzeiteffekte der während des Hochwassers eingetragenen Nährstoffmengen auf das Ökosystem sind weder in der Pommersche Bucht noch in der Ostsee aufgetreten.

(Wolfgang Matthäus, Sektion Physikalische Ozeanographie)

### 5.5.2 Variabilität der Photosynthese im Freiland – Probleme bei der Erfassung von Biomasse und Primärproduktion

Die Photosynthese ist ein komplexer Prozeß, der ausschließlich Pflanzen und photoautotrophe Bakterien befähigt, die physikalische Energie des Sonnenlichts in chemische Energie umzuwandeln. In aquatischen Systemen bildet der Aufbau organischer Materie durch die photosynthetische Aktivität des Phytoplanktons den Grundstein für die Nahrungskette. Der dabei als Abfallprodukt entstehende Sauerstoff ist die lebensnotwendige Voraussetzung aller in einem Gewässer existierenden heterotrophen Lebewesen.

Die Erfassung der photosynthetisch aktiven Biomasse, die traditionell durch die Analyse des Chlorophyll a-Gehalts bestimmt wird, ist ein wesentlicher Inhalt der biologischen Überwachungsprogramme von Gewässern. Ein zentrales Problem der diskreten Probenahme mit angeschlossener chemischer Chlorophyll a-Analyse besteht in der schlechten Abtastrate, die der heterogenen horizontalen und vertikalen Verteilung der Algen nicht gerecht wird. Dieses Problem kann durch den Einsatz von kontinuierlich messenden Sonden überwunden werden. Daher sind seit langem in den meisten marinen und limnischen Monitoringprogrammen Sondensysteme im Einsatz, die sich die Fluoreszenzabstrahlung des Chlorophylls zu Nutze machen. Aufgrund ihres Meßprinzips unterliegen diese Geräte aber gerade im wichtigen Oberflächenbereich der Gewässer einem hohen Fehler, der auf der Veränderung der Fluoreszenzabstrahlung durch zellphysiologische Prozesse basiert.

Innerhalb des Monitoring-Begleitforschungsprojekts "Optimierung des Biologischen Monitorings auf der Hohen See – Ansätze zur Steigerung der Effizienz von Methoden und der Aussagekraft" wurde die auf dem Forschungsschiff "A. v. Humboldt" installierte Fluoreszenzsonde zur on-line Registrierung der Oberflächenfluoreszenz getestet und die Meßwerte in Beziehung zum über acetonische Extraktion ermittelten Chlorophyll a-Gehalt gesetzt. Die durch beide Meßverfahren erhaltenen Daten korrelierten nur ungenügend. Bei zwei durchgeführten Seereisen lagen die Korrelationen bei 0,311 (n = 60) (Sommerfahrt ins Gotlandtief 1998) bzw. 0,511 (n = 55) (Monitoringfahrt Herbst 1998). Die Gründe hierfür sind in der Abhängigkeit der Fluoreszenz-Abstrahlung sowohl von der vorangegangenen Belichtung als auch von der aktuellen Lichtzufuhr sowie möglicherweise in der fehlenden Gelbstoff-Fluoreszenzkorrektur zu suchen. Alternativ wurden Untersuchungen mit einem speziell für die Grundlagenforschung entwickelten Xenon-PAM-Fluorometer durchgeführt. Mit diesem Meßsystem können über die Fluoreszenzemission photo-physiologische Prozesse innerhalb der Zellen detektiert werden, so daß auch Aussagen über die Photosynthesekapazität und den Licht-Adaptationszustand der Algen möglich sind. Der experimentell ermittelte Parameter der sog. Grundfluoreszenz wurde in Beziehung zum acetonisch extrahierten Chlorophyll a-Gehalt gesetzt. Aufgrund des meßtechnisch bedingten Ausschlusses von Fluoreszenz-unterdrückenden Prozessen und der Option der systeminternen Kompensation des Medium-Fluoreszenzsignals waren

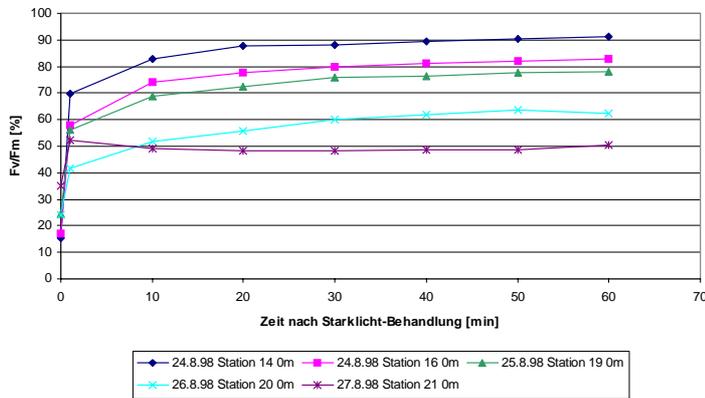


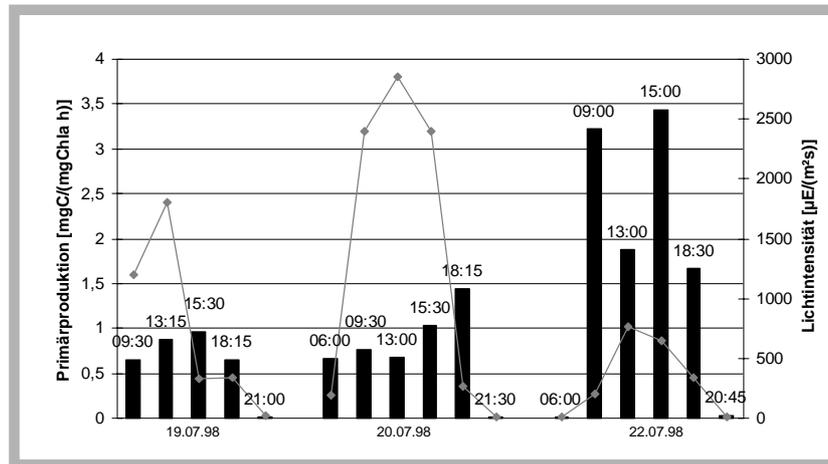
Abbildung 1:  
Erholung der fluorometrisch ermittelten Photosynthesekapazität ( $F_v/F_m$ ) in Oberflächenproben vom Mündungsbereich des Peene-Stroms (Fahrt-Station 14) bis in die Arkonasee (Fahrt-Station 21) nach einer 20-minütigen künstlich induzierten Starklichtbestrahlung.

die Werte in diesen Untersuchungen besser korreliert. Die Korrelation für alle durchgeführten Untersuchungen (Horizontal- und Vertikalmessungen) während der Sommerfahrt ins Gotlandtief 1998 lag bei 0,846 ( $n = 67$ ). Bei alleiniger Betrachtung der gewonnenen Oberflächendaten verbesserte sich die Korrelation auf 0,910 ( $n = 27$ ). Mit Hilfe von physiologischen Untersuchungen wurden die auf die Fluoreszenz-Abstrahlung Einfluß nehmenden Faktoren untersucht. Es konnte gezeigt werden, daß die Unterdrückung der Fluoreszenz-Abstrahlung (Fluoreszenz-Quenching) im Tagesverlauf eines Sommertages unter den Spitzenbelichtungen am Mittag an der Wasseroberfläche am höchsten ist und bis zum späten Nachmittag auf einem hohen Level bleibt. Darüber hinaus zeigte sich, daß die Erholung der maximalen Photosynthesekapazität im Oberflächenwasserkörper nach einem künstlich induzierten Starklichteinfluß vom Flußmündungsbereich des Peene-Stroms bis

hin zur offenen See sukzessive weniger effizient verlief (Abb. 1). Die Erholung der Photosyntheseleistung nach einem Starklichteinfluß ist demnach offensichtlich ein Prozeß, der sowohl von der Nährstoffsituation als auch vom Lichtadaptationsgrad der Algen abhängt.

Neben der Erfassung der Biomasse bereitet auch die Abschätzung der marinen Primärproduktion Schwierigkeiten, da die Variabilität der Photosynthese keine Berücksichtigung findet. Die Mehrzahl der durchgeführten Untersuchungen basieren auf der klassischen Radiocarbonmethode nach Steemann Nielsen. Trotz der hohen Aussagekraft der Methode liefern diese Messungen nur Momentaufnahmen der Photosyntheseleistung und können nicht repräsentativ etwa für die Tagesprimärproduktion stehen. Daher dürfen sie nicht als Grundlage für Modellrechnungen gelten. Die Beziehung zwischen Photosynthese und Licht ist nicht konstant, sondern Schwankungen unterworfen, die auf Phänomenen der Lichtadaptation und/oder Photoinhibition beruhen können (s.o.). Abbildung 2 gibt einen Einblick in die Variabilität der Primärproduktion im Tagesverlauf in Abhängigkeit von den Belichtungsverhältnissen (aktuelle und vorangegangene) eines simulierten Oberflächenwasserkörpers (Gotlandtief). Aus mehreren Gründen (Versuchsdauer, sog. Flascheneffekt, Radioaktivität etc.) ist es wünschenswert, eine alternative Methode zur schnellen und ungenügenden Erfassung der Primärproduktion zu eta-

Abbildung 2.:  
Verlauf der Primärproduktion  
(Balken) in Abhängigkeit von  
der Belichtung (Messpunkte) in  
einem Oberflächenwasser-  
körper.



blieren. Theoretisch ist es möglich, über die Fluoreszenzemission photosynthetischer Zellen Aussagen zur Produktionsleistung zu erhalten.

Über das neu zur Verfügung stehende Xe-PAM-Fluorometer können physiologische Prozesse der Photosynthese detektiert und damit relative Elektronentransportraten als Maß für die photosynthetische Kapazität der Probe ermittelt werden. Ob die ermittelten Elektronentransportraten aber tatsächlich unter allen Belichtungsbedingungen mit dem fixierten Kohlendioxid und somit mit der tatsächlichen Primärproduktion korrelieren, bleibt fraglich. Gezielte Laborexperimente müssen klären, in welchem Rahmen (unter welchen Belichtungsgrenzen) eine lineare Korrelation zwischen beiden Parametern gegeben ist und daher die über die Xenon-PAM-Fluorometrie ermittelten Parameter als direktes Maß für die Primärproduktion nutzbar werden.

(Anna Maria Müller, Sektion Biologische Meereskunde)

*Die hier beschriebenen Arbeiten wurden im Rahmen des von UBA und BMBF geförderten Vorhabens „Optimierung des biologischen Monitoring auf hoher See - Teilprojekt Pelagial“ durchgeführt.*

### 5.5.3 Benthosmonitoring mit konventionellen und optischen Methoden

Der Schwerpunkt der Arbeiten lag auf der Effektivierung des Monitoring von Makrozoobenthos. Deshalb wurden an insgesamt 17 Stationen vom Fehmarnbelt bis zur Bornholmsee in Wassertiefen von 10 bis 90 m sowohl herkömmliche Methoden (van Veen-Greifer, Dredge) als auch eine geschleppte Videokamera eingesetzt (Abb. 1).

Zur Halterung der Kamera wurde ein Videomonitoringschlitten (ViMoS) konstruiert, der in seinen Ausmaßen eine hervorragende Handhabung und Wendigkeit zuließ. Zuerst wurde als Kamera eine Sony Hi 8 im Niro-Stahlgehäuse verwendet. Die Aufnahmen erfolgten sowohl mit Hi 8- als auch mit S-VHS-Recorder. Die Qualität der Aufnahmen und die unzureichende Steuerung über den Rechner veranlaßten uns zur Konstruktion einer neuen Kamera. Zur Verwendung kam eine üblicherweise als Überwachungskamera eingesetzte VK-C78ES (CCTV Power Zoomkamera) von Hitachi. Die Kamera wurde in eine Schwenk- und Neigeeinrichtung montiert und in einem PVC-Gehäuse unterge-

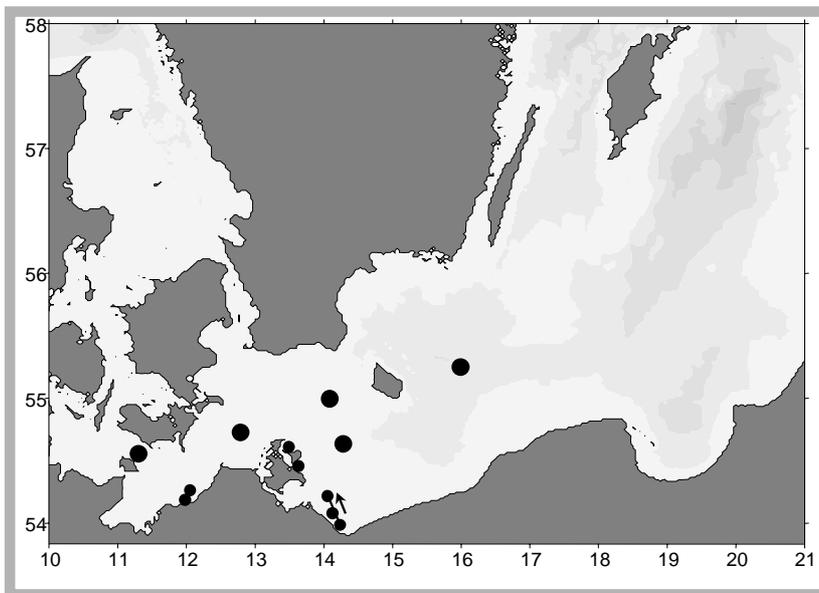


Abbildung 1:  
Übersicht über die Stationen an  
denen 1998 Videoaufnahmen  
gemacht wurden

Arten (ca. 15) die  
sich in den meisten  
Fällen mit Hilfe von  
Bodengreifern gar  
nicht oder nur sehr  
sporadisch nachwei-  
sen lassen (z. B.  
*Carcinus maenas*,  
*Saduria entomon*,  
*Arenicola marina*).

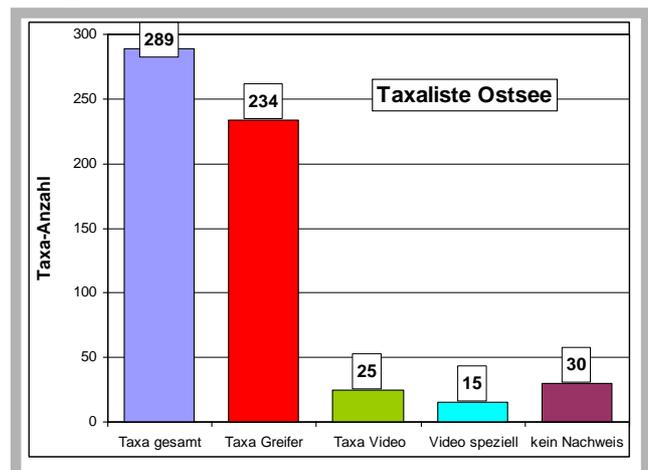
30 Taxa werden so-  
wohl durch Greifer als

bracht. Zusätzlich wurden zwei parallele La-  
ser angebracht, die auf dem Sediment und  
im Videobild sichtbar, ständig einen kon-  
stanten Abstand markieren, so daß ein Maß-  
stab zur Verfügung steht.

Von den derzeit 289 Taxa die potentiell auf  
Stationen der südlichen und westlichen Ost-  
see gefunden werden können, sind etwa 80  
% (234 Taxa) mit konventionellen Greifern  
(van Veen) nachzuweisen (Abb. 2). 25  
Taxa sind vermutlich (selber haben wir bis-  
her 11 Taxa identifiziert) mit Hilfe von  
Videotechnik determinierbar. Dies sind  
vor allem Arten, die entweder als  
Epifauna leicht zu beobachten sind  
(z.B. *Asterias rubens*, *Ophiura albida*)  
oder aber zu der Endofauna gehören,  
die typische Lebensspuren an der Ober-  
fläche der Sedimente hinterlassen (z.B.  
*Arenomya arenaria*, *Barnea candida*).  
Beide Gruppen enthalten auch solche

auch durch Video nur sehr vereinzelt und  
nie quantitativ erfaßt. Dazu zählen v.a. eini-  
gen Krebse, so Amphipoden (z.B.  
*Gammarus* spp., *Hyperia galba*), Isopoden  
(z.B. *Idotea* spp., *Sphaeroma* spp.),  
Dekapoden (z.B. *Palaemon* spp.) und  
Mysidaceen aber auch opisthobranche Mol-  
lusken (z.B. *Elysia viridis*, *Limapontia nigra*).  
Hier kann meist nur der Einsatz von Dredge-  
fängen abhelfen, der dann allerdings nur  
eine relative Abundanz zu ermitteln erlaubt.  
Die Diskrepanz zwischen Videoaufnahmen

Abbildung 2:  
Abgeschätzte Nachweismöglichkeiten der Methoden  
Greifer und Video in der südlichen und westlichen  
Ostsee



und Greiferproben wurde uns am deutlichsten beim Wattwurm *Arenicola marina*. Der Polychaet dominiert in den Sandbodenzönosen der südlichen Ostsee bis hin zur Darßer Schwelle. Teilweise konnten wir Dichten von etwa 100 Ind./m<sup>2</sup> am Videobild abschätzen. Die Art tauchte jedoch in den Bodengreiferproben nie oder nur als Jungtier auf. Auch bei *Arenomya arenaria*, der Sandklaffmuschel, wurden ähnlich Beobachtungen gemacht. Zwar konnte diese Art immer nachgewiesen werden, jedoch fehlen oft die größeren Altersklassen in den Proben. Es ist zu vermuten, daß gerade die tiefer eingegrabenen Adulti mit dem Greifer schlecht oder gar nicht erfaßt werden. Mit Hilfe der Videotechnik sind v.a. die größeren Siphontrichter im Sediment zu erkennen und quantifizierbar.

Von den epibenthischen Arten lassen sich auf Sandflächen auch einige vagile Benthosorganismen gut nachweisen. Hier sind besonders *Crangon crangon* (Nordseegarnele), *Ophiura albida* (Schlangestern) und *Asterias rubens* (Seestern) hervorzuheben. Mit Filmmaterial können diese Arten auch quantifiziert werden. Letztere Art schätzten wir anhand der Videos in Teilen der Mecklenburger Bucht auf Dichten zwischen 4 und 16 Ind./m<sup>2</sup>. In den Greiferproben war *Asterias rubens* nicht oder nur selten enthalten.

Ein anderes Beispiel ist das Auftreten von *Barnea candida* (Bohrmuschel), welche nur Mergel, Kalk und Ton besiedelt. Diese Art kommt an der deutschen Ostseeküste überall dort vor, wo entsprechende Substrate anstehen. So sind Fundorte zwischen Kieler Bucht bis zum Darßer Ort auf Geschiebe-

mergelbänken bekannt. Bei Videoaufnahmen an der Baggerklappstelle 552A wurden in den Mergelklumpen (Baggergut von der ehemaligen Ostmole des Rostocker Hafens) umfangreiche Kolonien von *Barnea candida* beobachtet. Allerdings konnte erst anhand der von Tauchern gehaltenen Proben eine genauere Bestimmung der auf den Aufnahmen gleichmäßigen "schwarzen Löcher" im Mergel durchgeführt werden. Eine Quantifizierung auf dem Bildschirm war in diesem Falle ohne Probleme möglich. Es wurden Dichten von bis zu einigen 100 Ind./m<sup>2</sup> festgestellt. Ebenfalls anhand von Videoaufnahmen konnte sehr gut das durch Schwefelwasserstoff bedingte Fehlen von Makrozoobenthos beobachtet werden. Im Bornholmbecken (90 m tief) wurden auf großem Areal nur faunenfreie Sedimente gefilmt. Dagegen wurde flächenhaft das Auftreten von *Beggiatoa* nachgewiesen.

Unsere Ergebnisse zeigen, daß in der Ostsee zwar nur etwa 15-25 Arten mit Videotechnik zu identifizieren sind (15 davon werden mit Greifern vermutlich gar nicht erfaßt), jedoch in der Analyse von Lebensgemeinschaften erhebliche Lücken geschlossen werden können. Konkret in der Beurteilung des Lebensraumes und der Analyse von Verteilungsmustern spielt der Einsatz von Videotechnik eine große Rolle. Über die qualitative Erkennung hinaus können weiterhin einige Organismen auch quantitativ abgeschätzt werden.

(Michael L. Zettler, Sektion Biologische Meereskunde)

*Die hier beschriebenen Arbeiten wurden im Rahmen des von UBA und BMBF geförderten Vorhabens „Optimierung des biologischen Monitoring auf hoher See - Teilprojekt Benthos“ durchgeführt.*

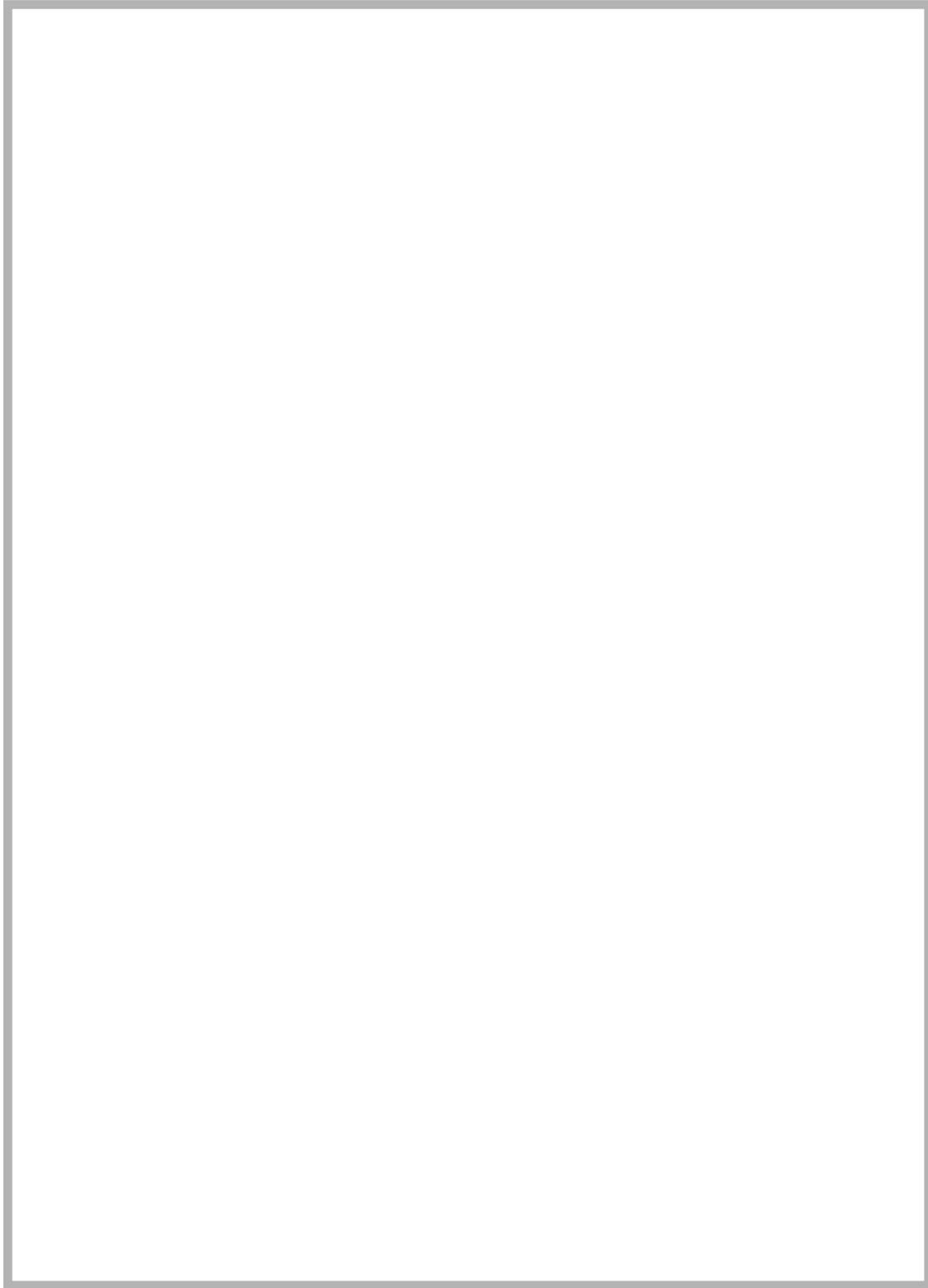
## 5.6 Modellierung

### 5.6.1 Ökosystemmodelle

Durch die schnellen Entwicklungen auf dem Gebiet der Zirkulationsmodelle wurde in den vergangenen Jahren die Möglichkeit eröffnet, chemisch- biologische Modelle in Strömungsmodelle zu integrieren. Damit entstehen echte Modelle der marinen Ökosysteme, die sowohl relevante chemisch- biologische Prozesse, wie Nährsalzaufnahme, Wachstum, Absterben, Remineralisierung, als auch die physikalischen Prozesse wie turbulente Durchmischung und Advektion berücksichtigen.

Simulationen mit vereinfachten Testmodellen zeigten bereits, wie sich durch die chemisch- biologische Dynamik in Verbindung mit mesoskaliger Zirkulation die räumlichen Verteilungsmuster entwickeln, wie sie etwa durch Satellitenbilder (Chlorophyll an der Oberfläche) beobachtet werden. Weitere Modell-Simulationen zeigten die beobachteten regionalen und saisonalen Unterschiede im Verlauf der jährlichen Phytoplanktonentwicklung für unterschiedliche Jahre (z. B. warme oder kalte Winter).

Die Entwicklung von Modellen wird zunächst mit Box- oder Wassersäulenmodellen begonnen. Die Boxmodelle bilden nach abgeschlossener Erprobung dann das chemisch- biologische Modellmodul, das in Zirkulationsmodelle integriert werden kann. Für verschiedene Fragestellungen, bei denen die detaillierten Zirkulationsprozesse nicht von unmittelbarer Bedeutung sind, können die Boxmodelle eine eigenständige Bedeutung besitzen. So wurden gekoppelte Boxmodelle des Oderhaffs und der Pommernbucht eingesetzt, um die Entwicklung der Eutrophierung erfolgreich nachzubilden.



*Die Abbildung zeigt die simulierten Oberflächenverteilungen von Chlorophyll und DIN in der Pommerschen Bucht während der Oderflut 1997.*

## 5.7 Arbeiten außerhalb der Ostsee

Ein wichtiges, bereits positiv begutachtetes Projekt, dessen Förderung durch das BMBF in 1999 beginnen wird, soll der Einrichtung und Auswertung einer ersten Generation von Ostsee-Ökosystemmodellen dienen. Das biologische Modell erfaßt neun Zustandsgrößen, drei Nährstoffgruppen, drei Phytoplanktongruppen, Zooplankton, Sauerstoff und Detritus. Ziel ist es, die Stickstoffflüsse in der Ostsee genauer zu quantifizieren und zu verstehen. Dafür ist eine konsistente Beschreibung der Physik und Biologie der Schlüsselprozesse in einem gekoppelten Modell das geeignete Werkzeug.

Dieses Modell soll auch den Verzweigungspunkt zu weiteren Modellen bilden, die höheren trophischen Stufen genauer auflösen (GLOBEC) sowie die benthopelagische Kopplung erfassen (LOICZ).

Als eine praktische Anwendung wurde ein räumlich hochaufgelöstes Ökosystemmodell zur Abschätzung der Auswirkungen der Oderflut im Seegebiet vor der Odermündung eingesetzt. Dabei wurde mit einem Verzug von nur wenigen Tagen der Verlauf der Flut simuliert. Zusammen mit Ergebnissen der Meßkampagnen ergaben die Modellrechnungen, daß die Auswirkungen des erhöhten Stickstoffeintrags räumlich auf die Oderbucht begrenzt bleiben würden und eine rasche Erholung zu erwarten sei.

(Thomas Neumann, Sektion Physikalische Ozeanographie)

*Die hier geschilderten Arbeiten wurden im Rahmen eines Hausprojektes durchgeführt.*

### 5.7.1 Untersuchungen vor Namibia und Angola

Der Benguela-Strom im Südatlantik ist neben dem Kanarenstrom, dem Humboldt-Strom und dem California-Strom eines der vier großen Auftriebsgebiete der Erde, die an der Westküste der Kontinente liegen. Diese Gebiete sind gekennzeichnet durch den Auftrieb nährstoffreichen Wassers, starke Planktonproduktion und große Fischbestände (Sardellen, Sardinen, Schildmakrelen, Makrelen, Seehechte). Wie alle großen Auftriebsgebiete zeigt auch der Benguela-Strom starke kurzfristige und langfristige Schwankungen in seinen physikalischen, chemischen und biologischen Parametern.

Das Benguela-Ökosystem erstreckt sich vom Süden Angolas entlang der Küsten von Namibia und Südafrika bis zur Südspitze Afrikas. Im Unterschied zu den anderen drei Auftriebsströmen wird der Benguelastrom sowohl im Süden als auch im Norden von Warmwasserströmen begrenzt.

Die meisten Fischbestände sind überfischt, nicht zuletzt durch starke Befischung ausländischer Flotten, die z.B. vor der Unabhängigkeit Namibias nahezu ungehindert in ehemals südwest-afrikanischen Gewässern Raubbau betreiben konnten. Daher ist ein länderübergreifendes Management der Fischerei und des ganzen Ökosystems von großer Bedeutung.

Die Regierungen der drei Anrainerländer erkannten die Notwendigkeit eines länderübergreifenden Management des Benguelastroms und den Bedarf an geeignetem wissenschaftlichen und technischen Personal.

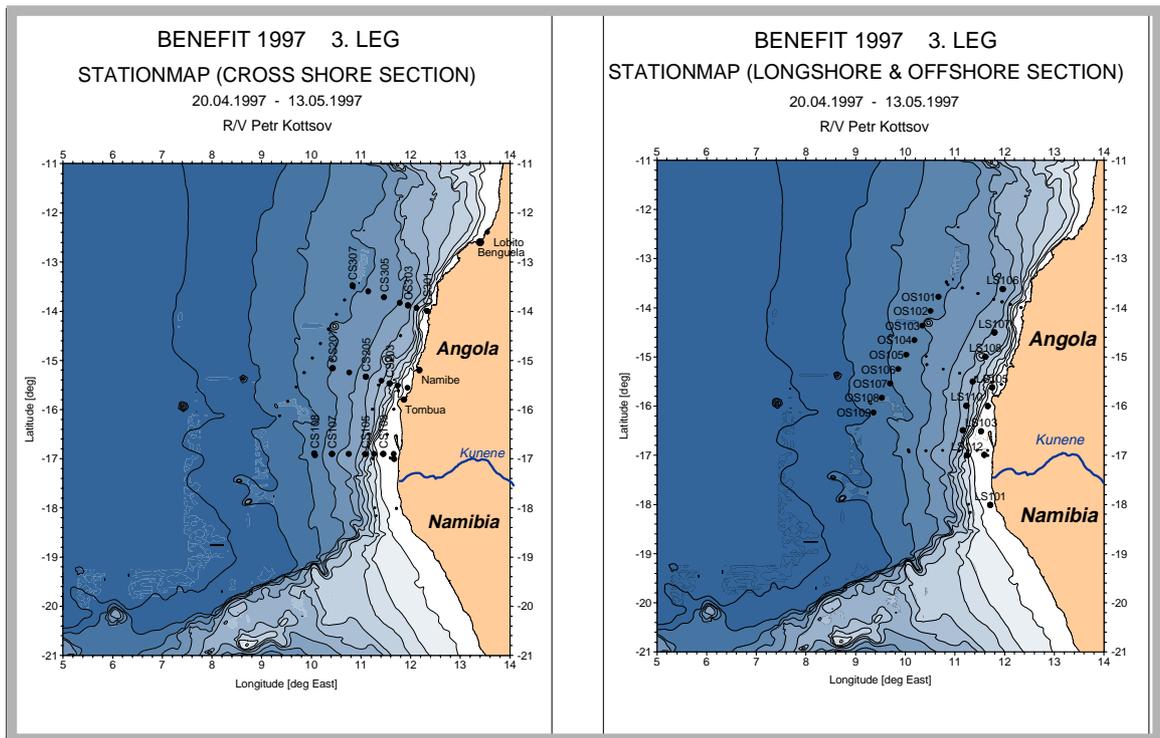
In enger Zusammenarbeit mit SADC (Southern African Development

Community), internationalen Entwicklungs- hilfeorganisationen wie IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission of Unesco), GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) und NORAD (Norwegen) wurde unter intensiver Mitarbeit von IOW- Wissenschaftlern das BENEFIT- Programm (**BEN**guela **E**nvironment **F**isheries **I**nteraction and **T**raining) ins Leben gerufen.

Die Ziele von BENEFIT sind:

- Ein besseres Verständnis der Dynamik der kommerziell wichtigen Lebendressourcen und der auf sie einwirkenden physikalischen und biologischen Variablen
- Ausbildung eines ausreichenden Potentials an kompetenten Wissenschaftlern und Technikern.

BENEFIT ist ein Forschungs- und Ausbildungsprogramm mit einer Dauer von 10 Jahren. Es wurde im April 1997 offiziell mit einem internationalen meereskundlichen Kurs, der vom IOW durchgeführt wurde, eingeweiht. Parallel fanden Expeditionen mit dem norwegischen Forschungsschiff „Dr. Fridjof Nansen“ und dem vom IOW gecharterten Forschungsschiff „Petr Kottsov“ statt. Ziel dieser Fahrten war es, die Strömungen und Wassermassen im Bereich der Benguela-Angola-Front zu charakterisieren, wobei insbesondere die mesoskaligen Strukturen der Schichtung und des Strömungsfeldes im Mittelpunkt standen. Untersuchungen der Nährstoffverteilung und des Sauerstoffregimes sowie biologischer Kenngrößen (Phyto- und Zooplankton) zur weiteren Charakterisierung der unterschiedlichen



Wassermassen wurden ebenfalls durchgeführt. Auf einem Schnitt küstenparalleler und küstensenkrechter Schnitte zwischen 17°S und 14°S wurden 57 Stationen beprobt (Abb. 1). Hochauflösende Strömungsprofile wurden mit einem geschleppten ADCP gewonnen.

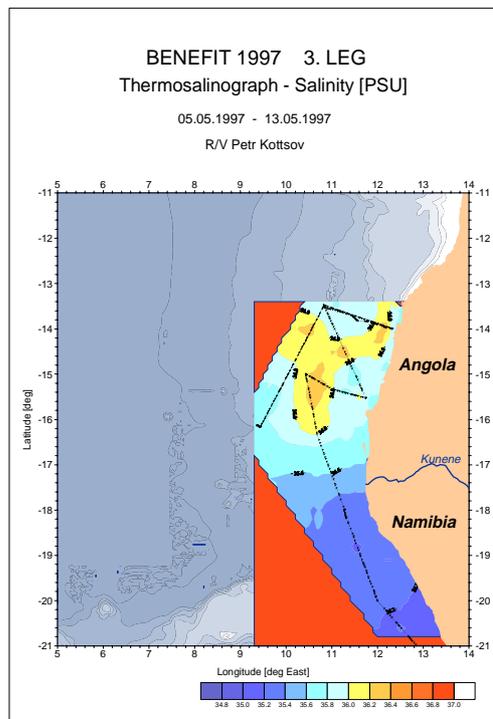
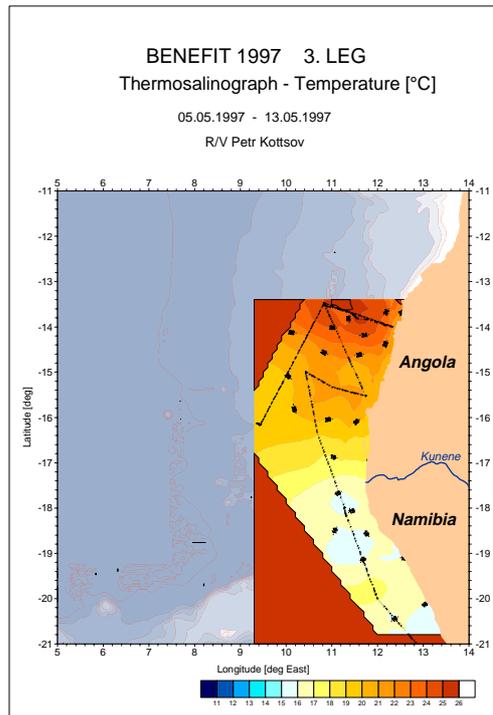
Die Strömung in der Deckschicht war durch einen intensiven Ekman-Offshore Transport gekennzeichnet, der das Auftriebswasser und das warme Wasser des Angolastroms in einer 50 m starken Schicht zum offenen Ozean transportierte. Dem war ein tieferreichender, aus dem offenen Ozean bei 14° 30'S auf den Schelf treffender Strom überlagert. Dieser Strom setzte sich als schmales, jedoch bis mindestens 500m Tiefe reichendes Band entlang der Schelfkante nach Süden fort. In 400m Tiefe war dieser Unter-

strom durch ein Sauerstoffminimum charakterisiert.

Besonders interessante Ergebnisse erbrachte die quasikontinuierliche Registrierung des Phosphatgehaltes im Oberflächenwasser mit einem automatischen Phosphatanalysator. Die dadurch erzielte hohe zeitliche und räumliche Auflösung zeigt deutlich den Frontbereich mit niedrigen Phosphatkonzentrationen im Angolastromwasser und Konzentrationen über 1 µmol/l im Auftriebswasser des Benguelastromsystems. Die Phosphatmessungen sind in Übereinstimmung mit parallel durchgeführten Messungen des Thermosalinographen (Abb. 2). Die nördlich der Front liegenden phosphatarmen Wassermassen sind deutlich wärmer und salzreicher. Das nährstoffreiche Auftriebswasser weist einen geringeren Salzgehalt und niedrigere Temperaturen auf.

Die im Jahre 1997 begonnenen Untersuchungen in dieser Region werden durch weitere Expeditionen mit FS "Poseidon" (April 1999) und "Meteor" (Herbst 2000) fortgesetzt.

(Günter Nausch, Sektion Meereschemie, Hans Ulrich Lass, Sektion Physikalische Ozeanographie)



## 5.8 Das Internationale Jahr des Ozeans

Das Jahr 1998 war von den Vereinten Nationen zum „Internationalen Jahr des Ozeans“ erklärt worden. Mit dieser Widmung wurden weltweit Aktionen angeregt, die in der Öffentlichkeit für den Schutz der Meeresumwelt werben sollten. Etliche für das Jahr 1998 geplante internationale Veranstaltungen schlossen sich diesem Anliegen an - so auch die Weltausstellung EXPO98 in Lissabon, die unter dem Motto „The oceans - a heritage for the future“ stand.

Die Europäische Kommission stellte die „European Week of Scientific and Technological Culture“, eine Initiative zur Verbreitung des Wissens und Verständnisses von Forschung und Technologie in der Europäischen Union thematisch ebenfalls in diesen Rahmen und ließ alle vier geplanten Aktivitäten in einem gemeinsamen großen Finale in Lissabon auf der EXPO98 kulminieren.

Eines dieser vier Projekte der „Europäischen Woche der Wissenschaften“ war auf Anregung des IOW entstanden und wurde auch von ihm koordiniert: „Europe on Oceans“ beinhaltete 7 ozeanographische Praktikumsfahrten auf den europäischen Meeren. Das Neuartige daran war die Zusammensetzung der Teilnehmergruppen: neben Studenten der Meereskunde wurden auch angehende Journalisten und Studenten der Kommunikationswissenschaften an Bord geladen.

## 5.8.1 Europe on Oceans: ein grenzüberschreitendes Experiment

Aus der Sicht der Meeresforscher basiert mangelnde Kenntnis der Probleme der Meere in der Bevölkerung häufig auf Verständigungsschwierigkeiten zwischen Wissenschaftlern und Journalisten, den heutzutage wichtigsten Informationsvermittlern. Eine fruchtbare Wissensvermittlung ist mit der hochspezialisierten Fachsprache der Wissenschaftler auf der einen Seite und dem Bedürfnis der Medien, ihre Klientel mit griffigen Formeln oder Sensationen anzusprechen, auf der anderen Seite nur schwer zu erreichen. Die Auseinandersetzung zwischen Geistes- und naturwissenschaftlichen Studenten während der Praktikumsfahrten sollte dazu dienen, diese sprachlichen Probleme zu kennen- und überwinden zu lernen. Insgesamt wurden 7 Fahrten auf den Forschungsschiffen RV ARANDA, Finnland, RRS DISCOVERY, Großbritannien, FS POLARSTERN, Deutschland, RV NADIR und RV THALASSA, Frankreich, RV URANIA, Italien und RV HESPERIDES, Spanien, durchgeführt.

Kernstück von „Europe on Oceans“ war die Fahrt auf RV ARANDA, die von 9. bis 29. August 1998 von Rostock über Klaipeda, Helsinki, Stockholm, Kopenhagen, Brest und Vigo nach Lissabon führte. An ihr nahmen 20 Studenten aus allen 9 Ostseerainernstaaten sowie Irland und Frankreich teil.

Ausgehend von dem seit 1996 laufendem EU-Projekt BASYS war für die ARANDA-Fahrt ein Vorlesungs- und Praktikumsprogramm ausgearbeitet worden, welches die derzeitigen Forschungsschwerpunkte in der Ostsee, aber auch die Hauptcharakteristika und -probleme dieses Binnenmeeres behandelte. Die Aufgabe der Studenten war es, aus diesem Lehrstoff Pressemitteilungen und Berichte, aus ihren Eindrücken vom Leben und Arbeiten an Bord einen Forschungsschiffes kleine Essays zu erstellen. In jedem angelaufenen Hafen wurde eine Pressekonferenz anberaumt, auf der die Studenten ihre „Produkte“ vorführten.

Das Lehrprogramm wurde hauptsächlich von Dozenten aus dem IOW getragen und ergänzt durch Beiträge von Wissenschaftlern des Institutes für Meereskunde Kiel, des Finnish Institute of Marine Research Helsinki, des Geological Survey of Denmark and Greenland, Kopenhagen, und der Universität St. Petersburg. Journalistischen Beistand bekamen die Teilnehmer durch eine Wissenschaftsjournalistin der Zeitschrift nature sowie zwei freiberuflich tätige Fernsehjournalisten.

Die Studentengruppe war von Anfang an und trotz rauher See mit Windstärken bis 10 Beaufort im Englischen Kanal durchgängig hoch motiviert und engagiert. In gemeinsamen Diskussionen entstanden kurze und aussagekräftige Pressemitteilungen. Das Interesse der Medien war jedoch für die Studenten oft enttäuschend. Sie lernten dadurch eine der Hauptschwierigkeiten in der Vermittlung wissenschaftlicher Inhalte kennen: was nicht mit Sensationen verbunden ist, wird selten

als interessant wahrgenommen. Nichtsdestotrotz war jede Pressekonferenz mit Kontakten zu mindestens zwei bis drei Vertretern der lokalen Medien verbunden, so daß immer die Gelegenheit es direkten Austausches bestand.

Am Ende der Fahrt hatten alle Beteiligten über die Ostsee, ihre Probleme und moderne europäische Ostseeforschung, aber auch über einander viel gelernt. Daß das Anliegen des Internationalen Jahres des Ozeans, die Meere ins Bewußtsein der Menschen zu rücken zumindest beider Studentencrew der ARANDA gefruchtet hatte, zeigen die von den Teilnehmern erstellten Essays: egal, ob als Thema nun die Enge des Schiffes, die Freude auf den Hafent, Seekrankheit oder die im Atlantik vorbeiziehenden Wale und Delfine gewählt wurden, im Endeffekt schrieben alle über die Faszination, auf und mit dem Meer zu leben.

(Barbara Hentzsch, Direktorat)

*Das Projekt „Europe on Oceans“ wurde von der Europäischen Kommission und dem Stifterverband für die deutsche Wissenschaft finanziert.*