

Schlußbericht zum Projekt

"Zusammenstellung und wissenschaftliche Interpretation von Daten über den Meeresboden der westlichen Ostsee aus den Jahren 1953 - 1985"

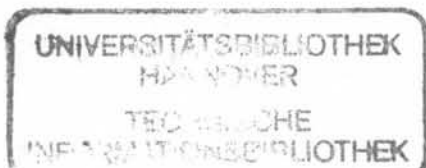
Förderkennzeichen: BMBF-03F0079A

Förderzeitraum: 01.05.1992 – 28.02.1997

Projektleiter: Prof. Dr. J. Harff

Berichtsautoren: A. Bliesener, J. Harff, T. Leipe, W. Lemke,
C. Reimer, F. Tauber (IOW) und
R. A. Olea (KGS, USA)

Warnemünde, den 31.08.1997



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einführung	3
1.1 Aufgabenstellung	3
1.2 Voraussetzungen für die Durchführung des Vorhabens	5
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens	6
1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand	7
1.5 Kooperation	9
2. Verarbeitung geomariner Daten am IOW – Stand und Konzepte	11
2.1 Generelle Methodik	11
2.2 Datenbank	13
2.2.1 Ersterfassung der Altdaten	13
2.2.2 Geo-Datenbank und SEPAN	17
2.3 Beschreibung der verwendeten Daten	19
2.4 Datenverwaltung mit GIS	31
3. Methodische Entwicklungen	36
3.1 Methodik der granulometrischen Kartierung	36
3.2 Regionalisierung	37
3.3 Perspektivische Darstellung	39
4. Datenintegration, -auswertung, -interpretation	40
4.1 Bathymetrische Karten und Reliefmodelle	40
4.2 Sedimentverteilung westliche Ostsee	46
4.3 Granulometrische Kartierung von Teilbereichen der westlichen Ostsee	49
4.4 Schwermetallverteilung in Sedimenten der Lübecker Bucht, Kieler Bucht und Arkonabecken	60
4.5 Beckenfüllungen/Paläographische Modellierung	66
5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	70
Literaturverzeichnis	73
Erfolgskontrollbericht	77

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
 HANNOVER
 TECHNISCHE
 INFORMATIONSBIBLIOTHEK

Anlagen

- 2.2.1 Teilbericht „Geodatenbank“ des Projektes
„Zusammenstellung und wissenschaftliche Interpretation von Daten über den Meeresboden der westlichen Ostsee aus den Jahren 1953 – 1985“
- 3.1.1 Poster Tauber (1995)
„Characterization of grain-size distributions for sediment mapping of the Baltic Sea bottom“
- 3.2.1 Publikation Davis, Harff, Lemke, Olea, Tauber, Bohling (1996)
„Analysis of Baltic Sedimentary Facies by Regionalized Classification“
- 4.0.1 Publikation Harff, Lemke, Tauber, Emelyanov (1995)
„Geologische Kartierung der Ostsee“
- 4.3.1 Publikation Tauber, Lemke (1995)
„Map of Sediment Distribution in the Western Baltic Sea“
- 4.3.2 Poster Bobertz, Harff, Tauber (1997)
„Untersuchung der regionalen Verteilung granulometrischer Eigenschaften der Oberflächensedimente der Pommerschen Bucht“
- 4.4.1 Publikationsmanuskript Leipe, Tauber, Brüggemann, Irion, Hennings (1997)
„Schwermetall-Verteilung in Oberflächensedimenten der westlichen Ostsee (Arkonabecken, Mecklenburger/Lübecker Bucht und Kieler Bucht)“

1. Einführung

1.1. Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung des Projektes läßt sich in drei Schwerpunkte einteilen.

- (I) Sicherung der sedimentologischen Forschungsdaten des IfM Warnemünde und Erschließung für die wissenschaftliche und wirtschaftliche Nutzung.

Seit den fünfziger Jahren wurde vom Standort Warnemünde aus meereskundliche Forschung in der Ostsee betrieben. Die meeresgeologischen Arbeiten umfaßten dabei eine systematische Beprobung der oberflächennahen Sedimente der westlichen Ostsee, ebenso wie von Teilen der östlich angrenzenden Gebiete (Oderbank bei Kolberg, Gewässer um Bornholm). Dabei konnte die Beprobung der Oberflächensedimente noch vor der III. Seerechtskonferenz bis unmittelbar an die Arbeitsgewässer Dänemarks und Schwedens flächendeckend und engabständig (1 sm – 0,5 sm) im Untersuchungsgebiet erfolgen. Zusätzlich waren zahlreiche Stechrohrkerne entnommen und Tauchersondierungen vorgenommen worden. An diesen Proben waren die Sedimenteigenschaften makroskopisch bestimmt, granulometrische Daten durch Sieb- und Schlämmanalysen, sowie chemische und mineralogische Parameter durch Laboranalysen bestimmt worden. Damit konnte die westliche Ostsee aus sedimentologischer Sicht als eines der global bestuntersuchten Meeresgebiete zu gelten. Aus Gründen der Geheimhaltung und des spezifischen Sicherheitsbedürfnisses der damaligen DDR hatte man die Positionsangaben verschlüsselt. Auch Publikationen der Daten lagen nicht vor. Als Speichermedien dienten Bordkladden sowie handgeschriebene Analysenbücher und Seekarten mit Stationsplänen. Dieser Datenfundus war im Rahmen des Projektes zu ordnen, Positionsangaben waren zu dekodieren und Meßdaten geographischen Positionen zuzuordnen. Damit war die Grundvoraussetzung für eine Sicherung und Nutzung des aus wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Sicht wertvollen Datenbestandes zu schaffen. Die moderne Anforderung an eine Datenverwaltung implizierte die zweite Aufgabenstellung des Projektes.

(II) Elektronische Speicherung und –verwaltung der sedimentologischen Daten im Rahmen einer zu erarbeitenden Konzeption des Datenmanagements

Da zu Beginn der Projektarbeiten am IOW keine Datenbank für geomarine Forschungsdaten existierte, war zunächst eine entsprechende Konzeption zu erarbeiten. Diese sollte einerseits zur Verwaltung der im Rahmen dieses Projektes zu erfassenden Daten (im weiteren als „Altdaten“ bezeichnet) dienen, andererseits aber auch gegenwärtig und zukünftig anfallende Forschungsdaten berücksichtigen. Zudem war die Forderung nach einer interdisziplinären, aber auch interinstitutionellen Nutzung zu erfüllen.

Dadurch ergab sich die Aufgabe, eine funktionstüchtige Datenbank für die Altdaten bereitzustellen mit Schnittstellen zur IOW-internen ozeanographischen Datenbank und unter Berücksichtigung der gegenwärtig am AWI laufenden Entwicklungsarbeiten einer sedimentologischen, ozeanographischen Datenbank mit nationaler und internationaler Vernetzung.

(III) Nutzung der Altdaten für die Erarbeitung sedimentologisch-geochemischer Karten aus dem Bereich der westlichen Ostsee

Im Rahmen dieser Aufgabenstellung war insbesondere die internationale Kompilierung von Sedimentkarten vorzunehmen, die erst nach der politischen Wende in Europa möglich geworden war.

Der flächendeckende Fundus digital gespeicherter Daten ermöglichte zudem erstmals die numerische Konstruktion geowissenschaftlicher regionaler und lokaler Karten für das Untersuchungsgebiet der westlichen Ostsee. Dazu mußten jedoch zunächst spezielle Methoden der Kartenkonstruktion für bathymetrische und sedimentologische Daten erarbeitet werden. Mit diesen Verfahren, aber auch bekannten Interpolationsmethoden, sollten dann bathymetrische, granulometrische und sedimentologische Karten, aber auch spezielle Modelle, wie abgedeckte Karten, erarbeitet werden.

Als Nutzer dieser Karten waren sowohl nationale und internationale wissenschaftliche Einrichtungen als auch Behörden und Wirtschaftsunternehmen im Projektantrag genannt worden.

Mit den speziellen Aufgabenstellungen paßt sich das Projekt in das Ostseeforschungskonzept der Bundesrepublik Deutschland ein. Dabei soll es vor allem aus geologisch-sedimentologischer Sicht Grundlagen für das Forschungsziel 4: „Entwicklung und Verifizierung des Zustandes und der Prognose des Ökosystems Ostsee“ liefern. Im internationalen Rahmen ordnet sich die Forschung des Projektes vorwiegend in das Programm von LOICZ (Land Ocean Interaction in the Coastal Zone) ein.

1.2. Voraussetzungen für die Durchführung des Vorhabens

Grundvoraussetzung für das Gelingen des Vorhabens war die Dekodierung der Primärdaten. Für die Verschlüsselung lagen keinerlei schriftliche Unterlagen vor. So erforderte dieser Prozeß die Einbindung eines Personenkreises, der vor der Wende im ehemaligen IfM-W mit der Datenkodierung vertraut war. So ist es im wesentlichen den Projektmitarbeitern Dr. G. Neumann und Herrn Dipl.-Ing. (FH) K.-H. Radtke zu danken, daß dieser Prozeß in der ersten Bearbeitungsphase des Projektes erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Für die mit einem sehr hohen manuellen Aufwand verbundene digitale Erfassung der Primärdaten konnten über Projektmittel zwei technische Mitarbeiterinnen (H.-M. Brendel, M. Dolling) eingebunden werden.

Für die Entwicklung der Datenbank und des Datenmanagements war einerseits die entsprechende Expertise bei Projektmitarbeitern gefordert. Diese steuerten sowohl Herr Dipl.-Ing. A. Bliesener als auch der über Projektmittel eingestellte Dipl.-Geophys. C. Reimer bei.

Andererseits mußte der technische Rahmen für die Durchführung des Projektes geschaffen werden. Das Konzept dafür entwickelte Herr Dipl.-Ing. A. Bliesener. Die PC-Ausstattung der Arbeitsplätze sowie deren Vernetzung erfolgten aus IOW-Haushaltsmitteln.

Für die Beschaffung von WS für die Modellentwicklung (IBM RISC-6000) und für den Betrieb des GIS (HP 712/80) standen Projektmittel bereit, ebenso wie für die Beschaffung von kommerzieller Software (z. B. Arc/Info).

Die graphische Präsentation von Ergebnissen hatte für das Projekt immanente Bedeutung. Dafür stand der aus Projektmitteln beschaffte Farbplotter (HP DesignJet 650C) bereit.

Sowohl für die Integration von Daten als auch für die Methodenentwicklung waren Kooperationsbeziehungen zu schaffen. Diese wurden sowohl national als auch international gezielt aufgebaut und entwickelt (s.u.).

1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Planung und Ablauf des Vorhabens waren eng mit der Entwicklung des jungen IOW in der Wissenschaftslandschaft des wiedervereinigten Deutschlands verbunden. Das drückt sich u. a. in einer zweimaligen Aufstockung eines ersten Projektantrages vom November 1991 aus. Dieser erste Auftrag sah in erster Linie die Sicherung des Altdatenbestandes und manuelle Kartenkonstruktion unter Einbindung von Mitarbeitern des ehemaligen IfM-W vor (Dr. G. Neumann, Dipl.-Ing. K.-H. Radtke, M. Dolling, H. Brendel). Mit der Personalzuführung im Rahmen des Institutsaufbaus (Prof. Harff, Dr. Tauber) wurde die Aufgabenstellung vor allem um die numerische Konstruktion von Karten und Modellentwicklung sowie die Kooperation mit der Universität Kansas erweitert und bis 12/95 verlängert. Ein Ausscheiden von Dr. Neumann 09/93 konnte durch Einbindung von Dr. W. Lemke, AG-Leiter Sedimentologie der Sektion Marine Geologie, in das Projekt kompensiert werden. Kurz vor Abschluß des Vorhabens 1995 kam ein Kontakt mit dem AWI (Dr. Grobe, Dr. Diepenbroek) zustande, wobei die enge Verbindung der Aufgabenstellungen des Altdatenprojektes des IOW mit dem auch vom BMBF geförderten SEPAN-Projekt des AWI (s.u.) offensichtlich wurde.

Sollte die Datenbankkonzeption des Altdatenprojektes auch für aktuelle Forschungsdaten Verwendung finden und zudem eine multidisziplinäre Nutzung ermöglichen, so mußte das Datenmodell und das DBMS (Datenbankmanagement-

System) einen genügenden Verallgemeinerungsgrad aufweisen. Von der Konzeption her versprach das SEPAN-Konzept diese Voraussetzungen. Deshalb wurde als Erweiterung des ursprünglichen Altdatenprojektes eine Anpassung an die ozeanographische Datenbank des IOW für Geo-Daten geschaffen und gleichzeitig eine Prüfung der SEPAN-Lösung für IOW-Zwecke mit dem Ziel einer Entscheidung für zukünftige Arbeiten in das Arbeitsprogramm aufgenommen. Herr Dipl.-Geophys. C. Reimer übernahm als Projektmitarbeiter im Zeitraum 06/96 – 02/97 diese Aufgabe.

Im Rahmen der Zusammenarbeit des IOW mit der Universität Greifswald nutzte Herr cand. geol. B. Bobertz in seiner Diplomarbeit Daten aus der Pommerschen Bucht für die Erarbeitung einer granulometrischen Karte der Oberflächensedimente dieses Seegebietes.

1.4. Wissenschaftlich-technischer Stand

Der Stand, an den angeknüpft werden konnte, bzw. Defizite, die mit dem Projekt auszugleichen waren, ist in dreierlei Hinsicht zu beleuchten.

Zum ersten geht es um Techniken der elektronischen Verwaltung, Transformation und Manipulation raumzeitbezogener Daten. Hier konnte auf ausgearbeitete Praktiken und Werkzeuge der GeoInformationsSysteme (GIS) zurückgegriffen werden. Für das Projekt wurde das System ArcInfo eingesetzt, das Dank weitgehend akzeptierter Standards vor allem die nationale und internationale Kooperation beim Informationsaustausch garantiert. Die Beschaffung der Software erfolgte aus Projektmitteln; jedoch enthalten für allgemeine Zwecke erarbeitete GIS keine fachspezifischen Datenbanksysteme. Für die hier zu bearbeitende Spezifik marinsedimentologischer Daten mußten, da zu Projektbeginn keine verwendbaren Lösungen vorlagen, Eigenentwicklungen vorgenommen werden. Diese erfolgten zunächst auf dBase-Grundlage, das bereits in der Sektion Marine Geologie für spezielle Aufgaben angewendet wurde. Im Laufe der Projektbearbeitung ermöglichten die Entwicklungen einer ozeanographischen Datenbank am IOW auf INGRES-Basis die Anbindung an einen ostsee-spezifischen ozeanographischen Datenfundus. Schließlich eröffneten sich mit den Ergebnissen der Arbeiten am AWI

zur Entwicklung der Datenbank SEPAN konzeptionell neue Möglichkeiten der interdisziplinären und internationalen Einbindung der Projektarbeiten.

Zum zweiten erfordert die Datenauswertung i. S. der Konstruktion von wissenschaftlichen Karten spezielle Verfahren zur numerischen Raummodellierung. Für konventionelle Aufgaben der Interpolation stand Standardsoftware, wie SURFER und ROCKWORKS, für die Gestaltung und das Layout von Karten das Programm COREL DRAW bereit und wurde aus Projektmitteln beschafft.

Das Programmsystem GSLIB (Deutsch und Journel, 1992) diente der Bearbeitung geostatistischer Interpolationsaufgaben (Kriging, stochastische Simulation).

Die Spezifik der Aufgabenstellung forderte jedoch zusätzlich die Entwicklung von Transformationsmethoden für granulometrische Daten, von Modellen für die Reliefdarstellung des Meeresbodens und Interpretation bathymetrischer Daten und die Erstellung von Regionalisierungsverfahren für thematische sedimentologische Karten.

Zum dritten war die technische Ausstattung des IOW zu berücksichtigen, da das Projekt in den Aufbau der Informationstechnik am IOW direkt eingebettet war. PC-Technik zur Dateneingabe und zum Betrieb der dBase-Datenbank sowie die Workstations zur Bearbeitung großer Datenmengen und zum Betrieb des Systems ArcInfo wurden über Projektmittel beschafft. Ein Digitizer für die Eingabe von Karten stand bereits zur Verfügung. Für die Ausgabe von Karten und Grafiken konnten über Projektmittel sowohl ein A3-Plotter als auch ein A0-Trommel-Farbplotter beschafft werden. Alle Eingabe-, Ausgabe- und Verarbeitungseinheiten wurden über das lokale Netzwerk des IOW miteinander verbunden. Für die überinstitutionelle Verbindung – eine Voraussetzung z. B. für die Einbindung der SEPAN-Datenbank des AWI - wurde die INTERNET-Anbindung des IOW genutzt.

1.5. Kooperation

Die nationale Kooperation erfolgte auf verschiedenen Ebenen. Im Rahmen seiner Lehrverpflichtungen an der EMAU Greifswald vergab der Projektleiter ein Diplom-Thema, welches Herr cand. geol. B. Bobertz 1996 bearbeitete.

Gleichzeitig wurden sedimentologische Daten aus dem Greifswalder Bodden an das Geographische Institut zur Bearbeitung eines dort von Prof. Lampe betreuten Diplom-Themas übergeben. Eine Koordinierung mit dem BMBF-Forschungsprojekt SEPAN des AWI ermöglichte die direkte Zusammenarbeit mit den Herren Dr. Grobe und Dr. Diepenbrock bei der Datenbankentwicklung.

In Zusammenarbeit mit Herrn Dr. G. Irion, Forschungsinstitut Senckenberg, Wilhelmshaven, wurde ein konsistenter Datensatz zur Schwermetallbelastung der Kieler, Lübecker, Mecklenburger Bucht sowie des Arkonabeckens zusammengestellt.

Im Rahmen der Verwaltungsvereinbarung des IOW mit dem BSH lieferte die Dienststelle in Rostock bathymetrische Seevermessungskarten, die unter Leitung von Herrn Dr. P. Hempel bei der Energiesysteme Nord GmbH Kiel als Auftrag an Dritte digitalisiert wurden.

Die WASY GmbH Berlin betreute das GIS ARC/INFO von ESRI im Rahmen eines Wartungsvertrages.

In der ersten Aufstockungsphase des Projektes war von Anfang an die internationale Kooperation mit dem Kansas Geological Survey/University of Kansas (Prof. J. Davis) verankert, die sich vor allem auf die Entwicklung von Regionalisierungsmethoden bezog. Der Entwicklung dieser Modelle diente auch eine Kooperation mit dem Institute of Oceanology of the South China Sea Guangzhou, China (Prof. Zhou, Di).

Die Zusammenarbeit mit dem Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (IORAS Kaliningrad (Prof. E. Emelyanov), dem Staatlichen Geologischen Institut Sopot, Polen (Dr. Uścińowicz) und dem Danish Geological Survey

Kopenhagen (Dr. A. Kuijpers) diene dem Datenaustausch und der Kompilierung grenzüberschreitender geologischer Karten.

Als besonders förderlich für die Kooperation erwiesen sich Gastaufenthalte von Wissenschaftlern aus den Partnereinrichtungen am IOW (Prof. Emelyanov; Prof. Zhou, Di; Prof. J. Davis; Dr. R. Olea; Dr. L. Watney).

2. Verarbeitung geomariner Daten am IOW - Stand und Konzepte

2.1. Generelle Methodik

Abb. 2.1.1. gibt in schematischer Form das durch Aufgaben und Datentypen determinierte Bearbeitungskonzept geomariner Informationen am IOW (Harff et al., 1997) wieder. Die Referenzdaten vermitteln zwischen Forschungsdaten und Untersuchungsraum. Bei den Referenzdaten handelt es sich um den Verlauf von Küstenlinien, bathymetrische Daten, Relief des Festlandes, das Drainagesystem, Landnutzung u. ä. Diese in einem Geographischen Informationssystem gehaltenen Referenz- oder geographischen Basisdaten stehen für die in regional vergleichbaren Gebieten angesetzten Forschungsprojekte zur Verfügung. Beobachtungs- oder Meßstationen (oder Meßprofile), an denen durch Messung oder Beobachtung gewonnene Meßdaten gewonnen werden, ordnen sich in diesen geographischen Rahmen ein.

Rohdaten sind zu validieren und zu kalibrieren, bevor sie in eine Datenbank hineingehen, von wo sie für die weitere Bearbeitung abrufbar sind. Ein geeignetes Datenmodell (s. u.) erleichtert dabei die Recherche in der Datenbank.

Bei der Verarbeitung stellt sich zunächst die Aufgabe der georeferenzierten Datenvisualisierung, welche die Interpretation der Einzeldaten im geographischen Kontext, aber auch im interdisziplinären Verbund ermöglicht.

Die wesentliche Aufgabe besteht aber in der Verknüpfung der Primärdaten und der Ableitung von Modelldaten. Dabei unterscheiden wir drei Aufgabenstellungen:

Zunächst sind aus Primärdaten mit statistischen Verfahren Parameter der theoretischen Verteilungsfunktionen zu schätzen. Dazu werden Standardroutinen, wie sie z. B. im Programmpaket SPSS bereitgestellt werden, genutzt.

Die zweite Aufgabe besteht in der räumlichen Interpolation zwischen Meßdaten. Jede auf diese Weise entstandene Karte ist als Raummodell interpretierbar (s. u.).

Unter Prozeßmodellierung verstehen wir hier im wesentlichen die Darstellung der zeitlichen Entwicklung geologischer Untersuchungsobjekte. Darin schließen wir sowohl Methoden des Backstripping (Lemke,1990) zur Rekonstruktion der geologischen Geschichte als auch die Simulation von Stoff- und Energietransporten (Fennel, 1995) i. s. des Forward-Modeling ein.

Das Backstripping gehört zu den numerischen Standardmethoden der Beckenmodellierung. Beispiele werden in diesem Bericht gegeben. Die Modellierung von Sedimenttransport mit 3D-Strömungsmodellen befindet sich am IOW jedoch erst im Aufbau, so daß erst zu späterer Zeit über Ergebnisse berichtet werden kann.

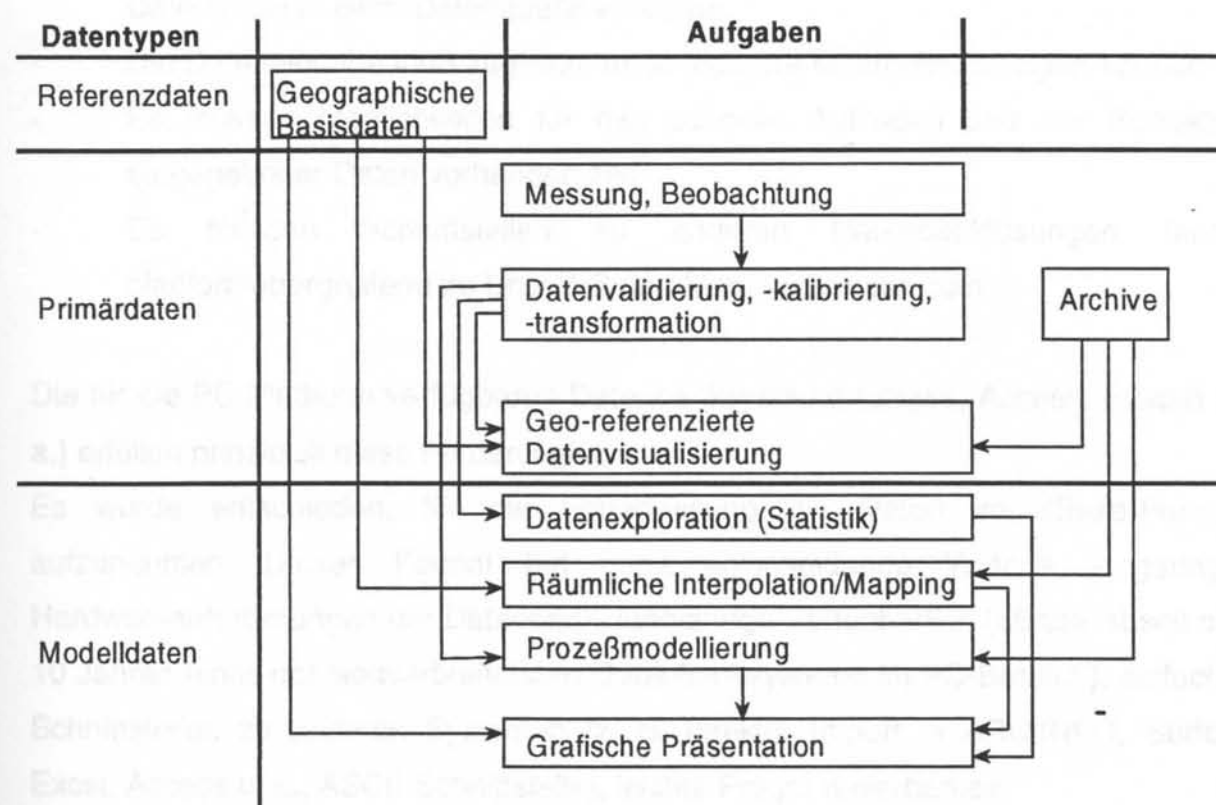


Abb. 2.1.1. Bearbeitungsschema geomariner Daten am IOW nach Harff et al. (1997)

2.2 Datenbank

2.2.1 Ersterfassung der Altdaten

Bei der Ersterfassung der Daten waren folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- Aufnahme der Daten durch ungeschulte Mitarbeiter.
- Zur Dateneingabe stehen nur PC zur Verfügung.
- Die Daten können nicht in einem Durchgang eingegeben werden, da die Daten nicht in einer Datenquelle vorliegen.
- Die Dateneingabe muß zugleich durch mehrere Mitarbeiter erfolgen können.
- Es müssen Möglichkeiten für das schnelle Auffinden und zur Korrektur eingegebener Daten vorhanden sein.
- Es müssen Schnittstellen zu anderen Datenbanklösungen (auch plattformübergreifend zu Unix-WS und Mac) vorhanden sein.

Die für die PC-Plattform verfügbaren Datenbanksysteme (dBase, Access, Foxpro u. a.) erfüllen prinzipiell diese Forderungen.

Es wurde entschieden, für die Ersterfassung die Daten im dBase-Format aufzunehmen. Dieses Format hat ganz entscheidende Vorteile – geringe Hardwareanforderungen der Datenbank, langjährige Verfügbarkeit (dBase ist seit ca. 10 Jahren eines der weitverbreitetsten Datenbanksysteme im PC-Bereich), einfache Schnittstellen zu anderen Systemen (z. B. direkter Import in ARC/INFO, Surfer, Excel, Access u. a.; ASCII-Schnittstelle), leichte Programmierbarkeit.

Für die Datenerfassung wurde ein Programm realisiert, welches die Funktionen Eingabe, Änderung und Fehlerkorrektur übernimmt. Dieses Programm wurde in der Programmiersprache Pascal entwickelt. Es stellt die notwendigen Eingabemasken, Eingabefehlerüberprüfungen usw. zur Verfügung und erzeugt die Dateien im dBase-Format.

Die Datenstruktur wurde im Detail bereits im Zwischenbericht vom 4. November 1993 dargestellt. Die Daten werden in der Datenbank in verschiedenen Dateien entsprechend ihrer thematischen Zugehörigkeit gespeichert. Im einzelnen gibt es gegenwärtig folgende Dateien:

- Header-Datei (Metadaten)
- Kartenbeschreibung (Angaben über verwendete Seekarten)
- Sedimentbeschreibung (Daten aus Bordtagebüchern der Wissenschaftler)
- Körnungsanalysen (Ergebnisse aus Sieb- und Schlämmanalysen)

Das Programm ermöglicht die Eingabe, die Änderung, das Anzeigen sowie das Löschen von Datensätzen.

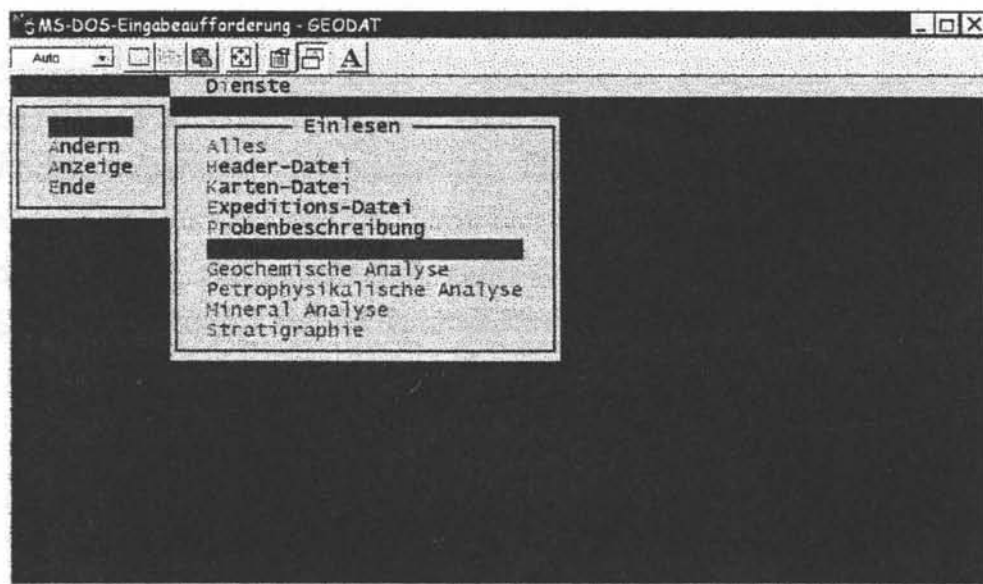


Abb. 2.2.1.: Menü des Dateneingabe- und -editierprogramms

Bei der Eingabe wird die Integrität der Datenbank überwacht, d. h., es ist z. B. in der Sedimentbeschreibung nicht möglich, einen Datensatz für eine Station zu speichern, die nicht in der Header-Datei (Ort, Zeit) angelegt wurde. Die Eingabemasken wurden so gestaltet, daß durch Benutzung von Auswahlmenüs der Eingabeaufwand minimiert wird.



Abb. 2.2.2.: Menü des Eingabeprogramms für Sedimentbeschreibungen

Für Eingabefelder, die keine Auswahlfelder zulassen (numerische Felder) wurden nach Möglichkeit Plausibilitätsüberprüfungen eingebaut.

Zum Ändern bereits eingegebener Datensätze wurden Suchfunktionen programmiert, die das Wiederfinden über verschiedene Parameter erlauben. Ähnlich wie in dBase selbst gibt es einen Anzeigenmodus in Tabellenform (dBase-Befehl BROWSE), mit dem direkt auf die Datendatei zugegriffen werden kann.

MS-DOS-Eingabeaufforderung - GEODAT

Ändern Körnungs-Datei - Browse-Mode

LFD_NR	VON_TEUFE	BIS_TEUFE	STANDARD	SM	Ko	p	A
3710	0.00		nach DIN 4022 (O. Ko	1.	2500		
3720	0.00		nach DIN 4022 (O. Ko	4.	4600		
3730	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	4.	2800		
3740	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	3.	6100		
3750	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	1.	2100		
3760	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	1.	9200		
3770	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	1.	7800		
3780	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	3.	2300		
3790	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	4.	0400		
3800	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	4.	9600		
3820	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	1.	5700		
3830	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	2.	1300		
3850	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	1.	1800		
3860	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	1.	6400		
3870	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	0.	2300		
3880	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	0.	3200		
3890	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	0.	6300		
3900	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	0.	4700		
3910	0.00	0.00	nach DIN 4022 (O. Ko	1.	4200		

D:\DATEN\GEODAT\DATEN\KOERNUNG.DBF Rec: 350/14614

Abb. 2.2.3.: Interaktiver Änderungsmodus am Beispiel der Siebanalysen

Das Programm wurde auf mehreren PC's eingesetzt, wobei über ein Netzwerk auf einer gemeinsamen Datendatei gearbeitet wurde. Prinzipiell ist es auch zur Erfassung von neu anfallenden Daten in der Sektion Geologie einsetzbar. Zur Fehlerkorrektur der Koordinaten der Stationen wurde zusätzlich ein weiteres Programm entwickelt, welches die graphische Darstellung der Stationsposition ermöglicht und damit durch Vergleich mit der Originalkarte eine visuelle Kontrollmöglichkeit darstellt.

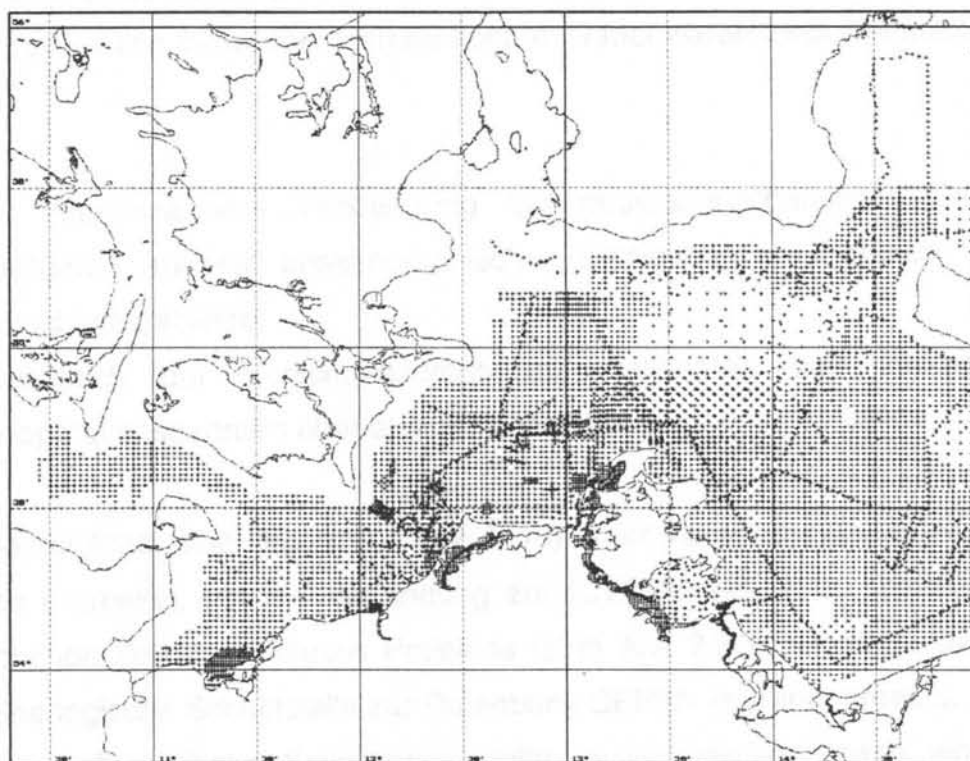


Abb. 2.2.4.: Stationsdarstellung des Korrekturprogramms

In der Abb. 2.2.4. werden Kern- und Oberflächenproben unterschiedlich farbig dargestellt. Durch entsprechende Programmparameter gibt es die Möglichkeit, nur die Stationen einzelner Seekarten darzustellen (ca. 50 bis 200 Stationen). Da das Programm über eine Zoomfunktion verfügt und der Bildausschnitt verschoben werden kann, läßt sich die Position einzelner Stationen kontrollieren. Durch das „Anklicken“ mit der Maus werden die Positionsparameter der Station angezeigt und bei Bedarf (fehlerhafte Eingabe o. ä.) kann die Position direkt im Programm geändert werden.

2.2.2. Geo-Datenbank und SEPAN

Während der Bearbeitung des Projektes zeigte es sich, daß die Datenbanklösung, der zunächst nur eine untergeordnete Wertigkeit zugewiesen war, generelle Bedeutung für die Informationsverarbeitung an der Sektion Marine Geologie und darüber hinaus erlangen sollte.

Das hier erarbeitete Schema wurde somit verallgemeinert, daß es insgesamt für die Arbeit in der Sektion verwendet werden konnte. Dabei waren zwei Zielfunktionen zu erfüllen:

- die interdisziplinäre Verknüpfung der geowissenschaftlichen Daten mit Meßdaten anderer ozeanographischer Disziplinen im Rahmen größerer Forschungsprojekte,
- Austausch der Forschungsdaten mit nationalen und internationalen Kooperationspartnern über elektronische Netze.

Es wurde zunächst eine Datenbank (GEO-DB) unter Verwendung von INGRES für Geodaten erarbeitet, um die Verbindung zur IOW-Datenbank zu realisieren. Der entsprechende Teilbericht dieses Projektes ist in Anl. 2.2.1. angelegt. Gleichzeitig wurde eine logische Schnittstelle zur Datenbank SEPAN (s. Diepenbroek u. a., 1995, 1996) geschaffen. Diese Schnittstelle sollte es ermöglichen, nach einem Test neuerer Versionen von SEPAN über die Nutzung dieses Konzeptes am IOW zu entscheiden. Grundvoraussetzung für die Kompatibilität beider Systeme war die Verwendung eines kompatiblen Datenmodells.

Dieses Modell für die Geo-Datenbank des IOW wird in Abb. 2.2.5. dargestellt. In Anlehnung an Diepenbroek et al. (1995) beschreiben die unter „Project“ bis „Processing“ abgelegten Metadaten die eigentlichen Primärdaten, die in der Datenbanktabelle unter „Value“ abgelegt sind. Die Geo-Datenbank ist in der Anl. 2.2.1. detailliert beschrieben.

Die zunächst unter dBase abgelegten Altdaten wurden in die Geo-Datenbank und gleichzeitig in SEPAN übernommen. Funktionstests haben ergeben, daß die Bearbeitung der Daten in beiden Systemen möglich ist, SEPAN jedoch erheblich mehr Komfort bei der Handhabung liefert.

Auf Grund der nun auch unter MS-Windows laufenden Version von SEPAN ist es empfehlenswert, die technologischen Vorteile dieses Systems auch durch das IOW zu nutzen. Es wird empfohlen, Verträge im Rahmen einer Nutzergemeinschaft zu erarbeiten, um Doppelarbeiten zu vermeiden.

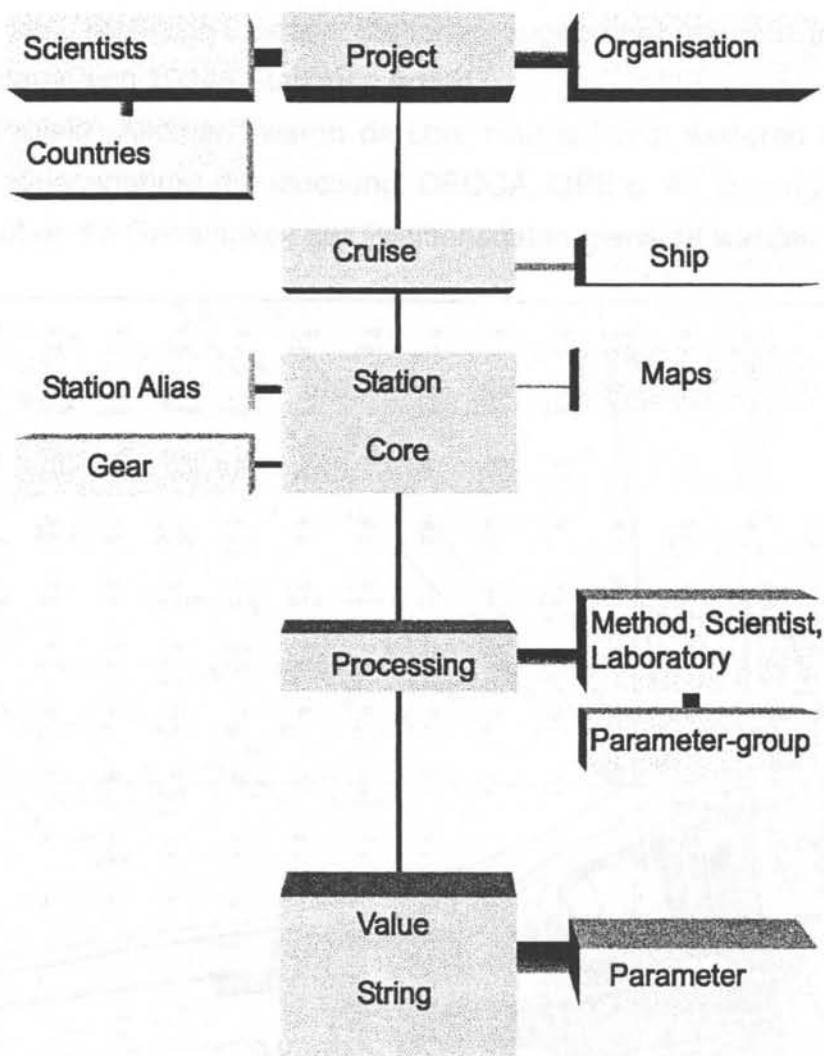


Abb. 2.2.5.: Das Datenmodell der Geologie-Datenbank (nach Reimer, 1997)

2.3. Beschreibung der verwendeten Daten

Positionsdaten

Die Positionen der Stationen wurden in den Vorgänger-Instituten des IOW getrennt von den Meß- bzw. Analysedaten gehalten. Die Lage der Stationen wurde in Seekarten vermerkt (Abb. 2.3.1.). In den Aufzeichnungen der Bordbeschreibungen und Analysen waren generell nur die Seekartenbezeichnung und die Stationsnummern verzeichnet. Zur Aufnahme der Positionsdaten wurden die Stationen aus den Seekarten aufgemessen und anschließend in die Datenbank eingegeben und kontrolliert. Anschließend konnten über die Stationsnummern die Analyse- bzw. Meßdaten diesen Stationen zugeordnet werden. Insgesamt wurden Positionsdaten von 19345 Stationen erfaßt.

Für das Projekt „Altdaten“ waren darüber hinaus keine weiteren Informationen zur Art der Positionsnahme (Landpeilung, DECCA, GPS o. ä.) zugänglich, so daß keine Aussage über die Genauigkeit der Positionsdaten gemacht werden kann.

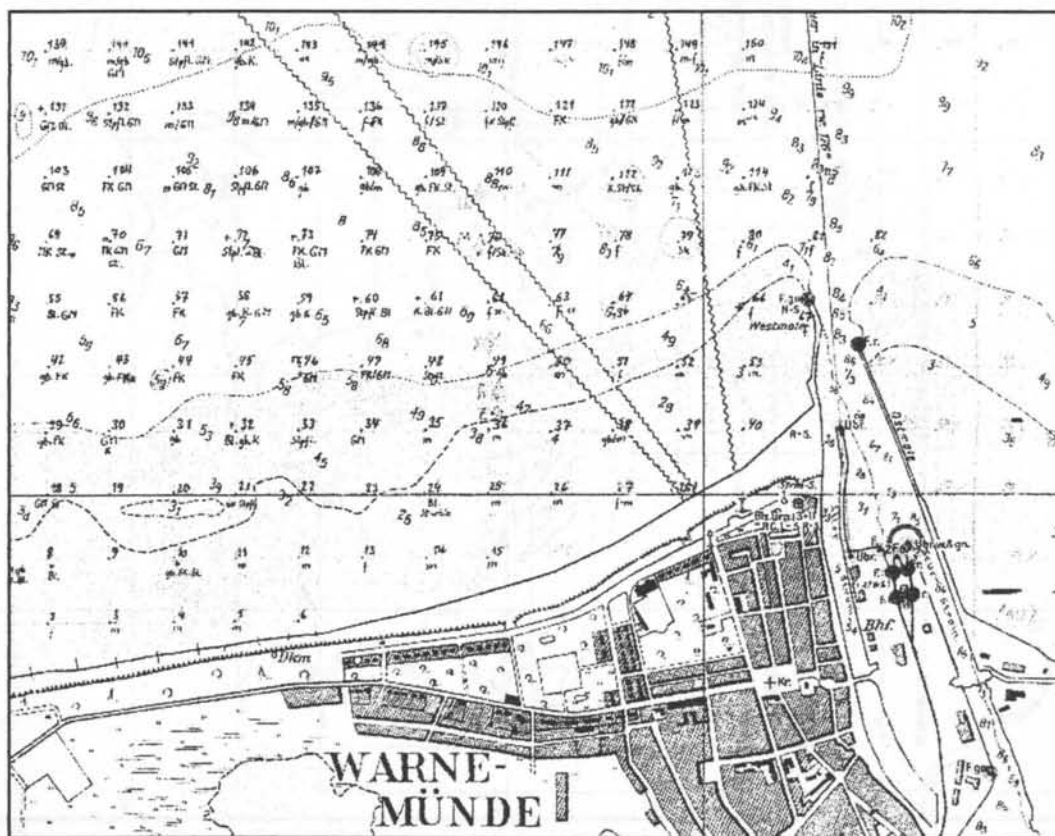


Abb. 2.3.1.: Stationsnetz auf Seekarte (Ausschnitt)

Bei der Datenaufnahme wurden insgesamt 65 Seekarten berücksichtigt. Abb. 2.3.2. zeigt das Untersuchungsgebiet mit den betreffenden Kartenschnitten.

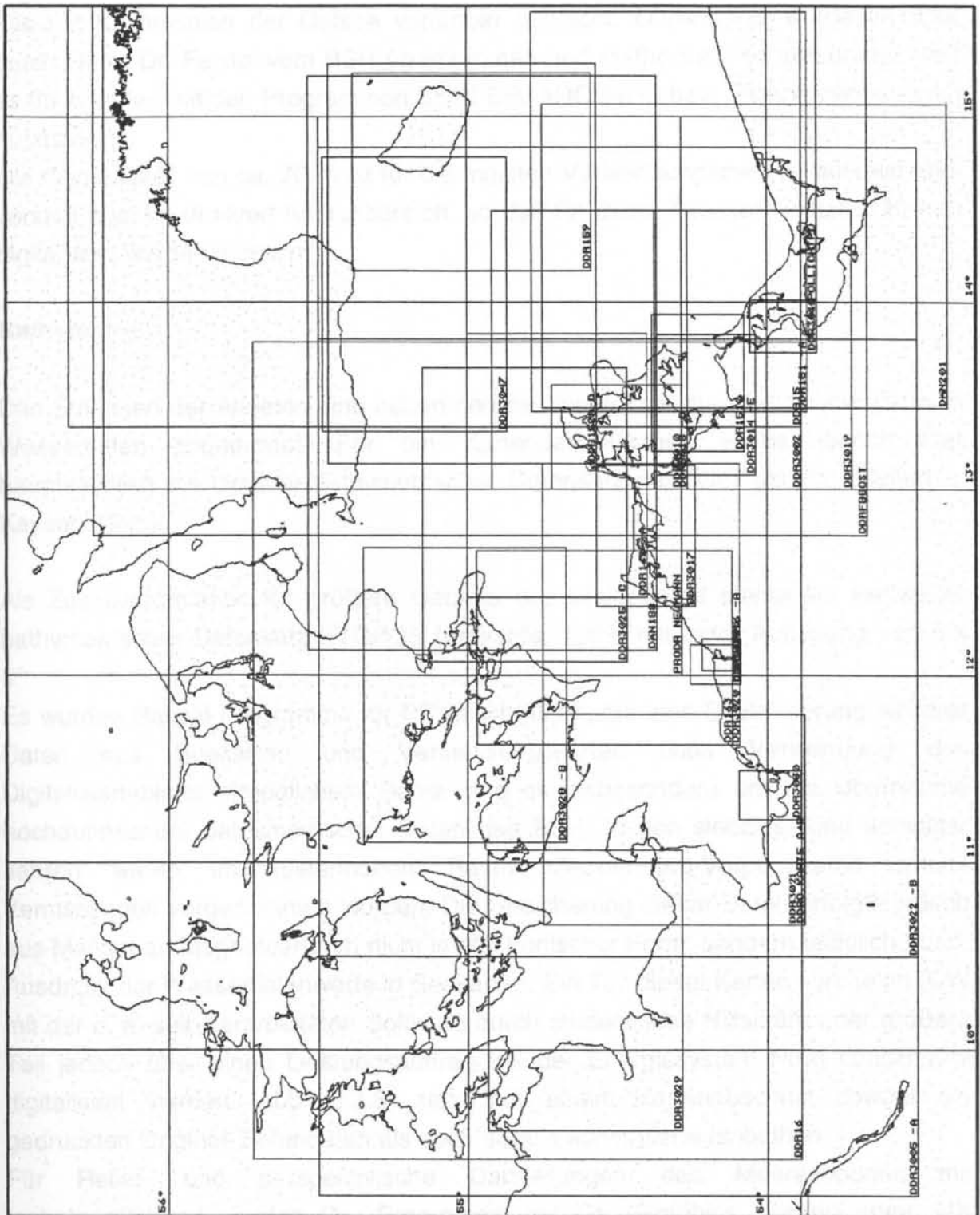


Abb. 2.3.2.: Schnitte der im Projekt bearbeiteten Seekarten

Küstenlinien

Für die Erzeugung von thematischen Karten wurde im Rahmen des Projektes ein File mit Küstenlinien der Ostsee verfügbar gemacht. Dieses File wurde im IOW durch Herrn Dr. Feistel vom BSH übernommen und methodisch so aufbereitet, daß es für Arbeiten mit den Programmen SURFER, ARC/INFO bzw. Eigenentwicklungen nutzbar war.

Die Genauigkeit von ca. 70 m ist für die meisten Verwendungszwecke ausreichend, versagt aber im direkten Küstenbereich, so daß für diese Zwecke zusätzlich Karten digitalisiert werden müssen.

Bathymetrie

Den Stationen der Altdaten sind neben den sedimentologischen Daten jeweils auch Wassertiefen zugeordnet. Für die Kartendarstellungen wurde jedoch hier hauptsächlich ein digitaler bathymetrischer Datensatz des IOW genutzt (Seifert u. Kayser, 1995).

Als Zusatzinformation für größere Gebiete des Weltmeeres diente ein weltweiter bathymetrischer Datensatz ETOPO5 (Edwards, 1989) mit einer Auflösung von 5' x 5'.

Es wurden Pascal-Programme für PC geschrieben, die eine Digitalisierung weiterer Daten aus Seekarten und Vermessungskarten unter Verwendung des Digitalisiertablets ermöglichen. Dabei ging es insbesondere um die Übernahme hochauflösender bathymetrischer Daten des BSH. In den siebziger und achtziger Jahren waren im küstennahen Raum Mecklenburg-Vorpommerns solche Vermessungen vorgenommen worden. Die Speicherung dieser Daten erfolgte jedoch aus Mangel an Magnetbändern nicht in elektronischer Form, sondern lediglich durch Ausdruck der Wassertiefenwerte in Seekarten. Ein Teil dieser Karten konnte im IOW mit der o. a. selbsterarbeiteten Software durch studentische Hilfskräfte, der größere Teil jedoch über einen Leistungsauftrag bei der Energiesystem Nord GmbH Kiel digitalisiert werden. Abb. 2.3.3. zeigt auf einem Kartenabschnitt sowohl die gedruckten Original-Tiefendaten als auch daraus konstruierte Isobathen.

Für Relief- und perspektivische Darstellungen des Meeresbodens mit Isobathenfärbung wurden C++-Programme mit GL (Graphics Library) unter AIX entwickelt, Anwendungsbeispiele dafür zeigen Abb. 4.1.1. bis 4.1.3.

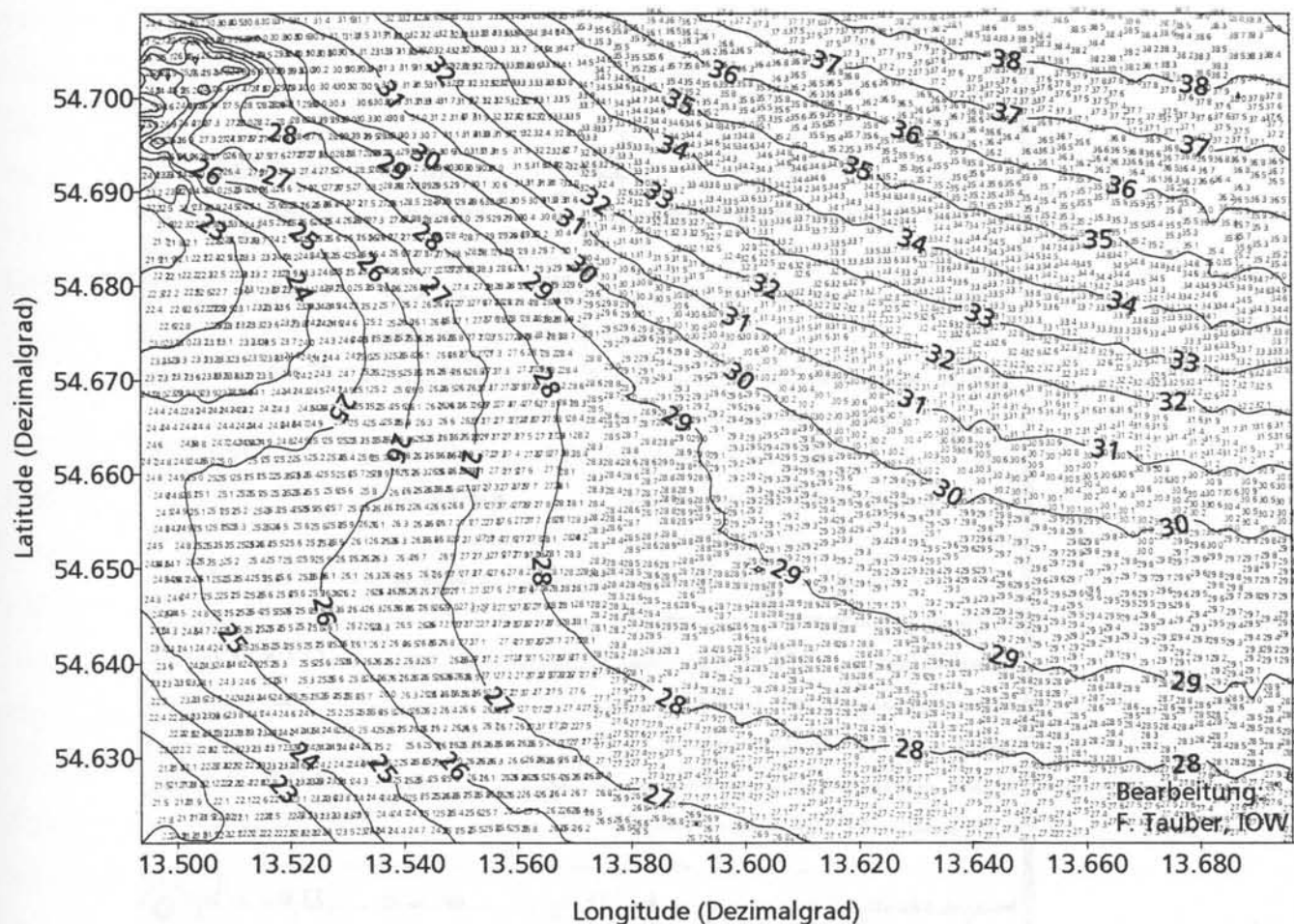


Abb. 2.3.3 Bathymetrie in der Tromper Wiek (östlich Rügen), Wassertiefe in m, blau: Rohdaten

Qualitative Sedimentansprache

Als qualitative Daten liegen in den ausgewerteten Analysebüchern Sedimentbeschreibungen von Stechrohrkernen, von Oberflächenproben sowie durch Taucher vor.

Stich	U/1961	Ud	Tag	Tiefe	Bodenart	Tiefe von gr	Spind höhe	Bemerkungen
54	4/18	39	16.12	2,2	Sbk flach	gr	1,1	fest auf sd. gr. GM; am Kopf gr. sd. GM
55	4/19	40	16.12	3,0	ff. sd. ab Oxyd-schichten	gr	3,0	fest auf Steinschicht; am Kopf keine Probe
56	4/10	41	16.12	5,9	Sbk fest. sd. Sl. Zumpf. gr	gr	4,3	fest auf gr. sd. GM; am Kopf gr. sd. GM; zwischendurch liegen Steine
57	4/14	42	16.12	2,5	ff. sd. ab Steine 0,1 m φ	gr	4,3	fest auf gr. GM; dicht unter der Oberfläche Steinschicht ca. 0,5 m φ; am Kopf GM gr.
58	4/12	43	16.12	2,0	Sbk flach	gr	4,0	fest; bei ca. 0,5 m Steinschicht 0,1 m φ; am Kopf Holzkohlegr. f. sd. gr.
59	4/13	44	16.12	2,2	f. sd. ab	gr	4,0	fest auf gr. sd. GM; am Kopf Holzkohlegr. f. sd. GM; kein liegen Steine 0,1 m φ; zwischendurch einzelne größere Steine
60	4/14	45	16.12	6,0	Sbk	gr	2,8	fest auf Steine; die Steinschicht beginnt bei 2,5 m; am Kopf kleine Steinschicht 0,5 m φ.
61	4/15	46	16.12	5,5	m. sd. ab	gr	1,0	fest auf gr. GM; die Kieseldecke beginnt schon bei 0,2 m (0,2 m GM am Rohr); zwischendurch Steine
62	4/16	47	16.12	3,8	Sbk fest. fest	gr	4,0	fest auf gr. GM; am Kopf f. sd. u. harte GM Stücke; bei 2,0 m harte Schicht
63	4/16	48	16.12	3,0	Sbk fest	gr	5,0	fest auf gr. GM; am Kopf gr. GM u. Torf

Abb. 2.3.4.: Sondierprotokolle des IfM Warnemünde

Wenn die Zuordnung dieser Daten zu entsprechenden geographischen Koordinaten möglich war, wurden sie in die Datenbank aufgenommen.

Von Stechrohrkernen liegen zumeist Beschreibungen vor, die unmittelbar an Bord von Forschungsschiffen angefertigt worden waren. Daneben gibt es in einzelnen Fällen auch ausführlichere Beschreibungen, welche anhand mitgebrachter und verpackter Kerne im Labor angefertigt wurden. Die Beschreibungen beruhen auf der visuellen bzw. makroskopischen Wahrnehmung des jeweiligen Bearbeiters und sind dadurch nicht frei von subjektiven Eindrücken. Trotzdem sind sie dazu geeignet, einen ersten Eindruck vom anstehenden Sediment im bearbeiteten Seegebiet zu vermitteln. Generell wird zunächst der Sedimenttyp hinsichtlich seiner Haupt- und Nebenbestandteile angegeben. Die dabei genutzte Codierung bezieht sich auf Kolp (1966). Farben werden nach subjektivem Empfinden wiedergegeben. Im Verlauf der Datenerfassung innerhalb dieses Projektes wurde versucht, die angegebenen Farbeindrücke mit Hilfe von Farbtafeln zu vereinheitlichen. Weitere Angaben bei der Sedimentbeschreibung beinhalten Sedimentmarken, Schichtungsmerkmale, makroskopisch sichtbare mineralogische Besonderheiten, Kalkgehalt nach Behandlung mit HCl sowie Faunen- und Florenreste im Sediment.

Die beschriebenen Stechrohrkerne wurden mittels unterschiedlicher Geräte gewonnen. In den weichen Sedimenten der Beckengebiete kamen Schwere- und Kolbenlote unterschiedlicher Bauart und Länge zum Einsatz. Für die härteren schluffigen und sandigen Ablagerungen der küstennahen Gebiete und der Schwellen wurde im IfM Warnemünde in Zusammenarbeit mit einer in Warnemünde ansässigen Firma ein Vibrationsstechrohr entwickelt. Dieses hatte zunächst eine Länge von 3 m, wurde aber in der Folgezeit auf 6 m verlängert.

Die Gewinnung von Oberflächenproben geschah meist in Zusammenhang mit Kartierungsaufgaben. Die Proben wurden mittels Bodengreifer oder kleiner Stechrohre an Bord des Forschungsschiffes gebracht. Dort erfolgte eine kurze verbale Beschreibung, bevor die Proben für eine weitere laborative Bearbeitung verpackt wurden. Neben der Probenahme durch Greifer und Stechrohre spielte der Einsatz von Forschungstauchern eine besondere Rolle. Bei den Tauchereinsätzen fielen neben Proben der Sedimentoberfläche auch beschreibende Daten zum Zustand des

Meeresbodens im Sichtfeld des Tauchers an. Diese beinhalteten neben Aussagen zum stofflichen Charakter der Sedimentoberfläche auch Informationen zur Morphologie, zur Steinbestreuung, zu Sedimentmarken sowie zur beobachteten Flora und Fauna. In Gebieten mit Wassertiefen kleiner als 40 m, die mittels Echolot nicht durchschallt werden

konnten, wurde versucht, den Aufbau der obersten Sedimentschichten durch den Einsatz von Spüllanzen zu erkunden. Dabei wurden bis zu 8 m lange Rohre mit einer an Bord des Forschungsschiffes befindlichen Pumpe verbunden und in den Meeresboden eingespült. Beim Einspülen beurteilte der Taucher das Eindringverhalten des Rohres sowie das austretende Spülgut. Durch Messung der jeweiligen Eindringtiefe der Spüllanze konnten so Angaben zur Mächtigkeit der durchteuften Ablagerungen gemacht werden. Auch diese Angaben bilden eine Form der in den Unterlagen überlieferten Altdaten.

Granulometrische Daten

Die an Land gebrachten Sedimentproben wurden standardmäßig einer Korngrößenanalyse unterzogen. In Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung der jeweiligen Proben kamen dabei verschiedene Verfahren zum Einsatz. Für die Ermittlung der Korngrößenzusammensetzung von sandigem Material wurde die Siebanalyse genutzt. Soweit möglich, wurde nach der Lufttrocknung der Sandproben mit einer Einwaage von 100 g trocken gesiebt. Bei Sanden mit sehr hohem feinkörnigen Anteil kam die Naßsiegung zum Einsatz. Im Institut für Meereskunde Warnemünde wurde dabei eine von nach Kolp (1966) entwickelte Unterteilung benutzt. Diese lehnte sich weitgehend an die DIN 4022 an, verwendet aber gewöhnlich zusätzliche Siebschnitte bei 0.4 mm und 0.1 mm. In Ausnahmefällen wurden auch andere Siebschnitte gewählt, was bei der Entwicklung der Formate für die Datenbank berücksichtigt werden mußte.

Tab. 2.3.1. zeigt die Siebeinteilungen.

Standard Kolp	Standard Kolp A	Standard Kolp B
1 Summe Kies	> 6,0	> 2,0
2 2,0 – 1,0	6,0 – 2,0	2,0 – 1,0
3 1,0 – 0,63	2,0 – 0,6	1,0 – 0,5
4 0,63 – 0,4	0,6 – 0,2	0,5 – 0,2
5 0,4 – 0,2	0,2 – 0,06	0,2 – 0,1
6 0,2 – 0,1	< 0,06	0,1 – 0,06
7 0,1 – 0,063	Summe Schwermineral	< 0,06
8 0,063 – 0,02	Kalziumkarbonat	Summe Schwermineral
9 0,02 – 0,0063	Summe Kohlenstoff	Kalziumkarbonat
10 0,0063 – 0,002	Organischer Kohlenstoff	Summe Kohlenstoff
11 0,002 – 0,00063	Humusgehalt	Organischer Kohlenstoff
12 0,00063 – 0,0002		Humusgehalt
13 0,0002 – 0,000063		
14 Summe Schwermineral		
15 Kalziumkarbonat		
16 Summe Kohlenstoff		
17 Organischer Kohlenstoff		
18 Humusgehalt		

Tab. 2.3.1 Eintrag der ursprünglichen Siebstandards in die granulometrische Datei

Die Korngrößenzusammensetzung schlickiger Sedimente aus der Mecklenburger Bucht und dem Arkonabecken wurde mit Hilfe der von Köhn (1927) für die Bodenkunde entwickelten Pipettier-Methode bestimmt. Dabei wurden 5 Klassen gleicher Sedimentationsgeschwindigkeiten bestimmt.

Die granulometrischen Daten lagen als handschriftliche Eintragungen von Sieb- und Schlämmanalysen in Laborbüchern vor (Abb. 2.3.5.).

Bodenproben : Westliche Arkanasee (Fortsetzung aus 2.3.4.)

Standard Kolp C

Station Nr	Standort	grobkies Körnung > 2 mm	Feinkies 2-1 mm	Feinsand 1-0,5 mm	M. Kollid 0,5-0,2 mm	Feinsand 0,2-0,1 mm	starke schl. feink. 0,1-0,06 mm	Mittel- u. fe. Körnung < 0,06 mm	Summe
51580							3,640	0,220	
505 307x	11° 10' E 54° 47' N		0,518 0,58%	39,995 71,7%	55,757 55,76%		3,843 3,84%	-2	49,875 99,87%
51580							2,933	2,098	
504 308x	11° 10' E 54° 46' N		0,993 0,99%	71,898 71,7%	22,112 22,11%		5,021 5,02%	-2	49,828 99,73%
51570									
503 309x	11° 10' E 54° 45' N					17,373 17,37%	1,171 1,17%	-2	49,956 99,98%
51560									
502 310x	11° 10' E 54° 44' N		0,112 0,8%	71,434 71,43%	24,259 24,26%		3,892 3,89%	-2	49,892 99,89%
155080									
28 311x	12° 14,8' E 54° 32' N	0	0	0	0,270 0,54%	34,485 68,97%	15,073 30,15%	-2	49,828 99,71%
155300									
57 312x	12° 13,5' E 54° 35' N		0,262 0,26%	8,004 8,0%	76,453 76,45%		11,629 11,63%	3,579	49,927 99,93%
156330									
80 313x	12° 7' E 54° 40' N		0,112 0,11%	2,111 2,11%	66,006 66,01%		16,115 26,12%	5,497	49,926 99,91%
157620									
109 314x	12° 20,5' E 54° 43' N	0	0	0	1,298 0,6%	8,896 17,79%	29,685 59,37%	10,924 21,85%	49,803 99,61%
157920									
129 315x	12° 23,8' E 54° 46' N	0	0	0	0,214 0,23%	1,915 3,83%	30,352 60,71%	17,323 35,04%	49,902 99,88%

geologie
 VITTO
 ALBERTI

91 Pa.

Abb. 2.3.5.: Auszug aus einem Laborbuch mit granulometrischen Daten

Diese Daten wurden teilweise von mehreren Hilfskräften in eine Datenbank eingegeben. Bei der digitalen Kontrolle der Daten stellte sich heraus, daß viele Datensätze das "Summe=100%"-Kriterium nicht erfüllten, daß Datensätze nichtplausible Nullwerte enthielten, daß Datensätze teilweise mehrfach eingegeben wurden und daß Proben falsche Siebstandards zugewiesen wurden.

Es machte sich deshalb eine umfangreiche Korrektur durch einen Vergleich der digitalen Daten mit den Laborbüchern erforderlich. Ein Großteil der nichtplausiblen Nullwerte ließ sich auf Abweichungen von den ursprünglich drei angenommenen Siebstandards (Tab. 2.3.1) und durch Einträge einzelner Zahlen über mehrere Spalten in den Laborbüchern (siehe Abb. 2.3.5.) erklären, was zu Problemen bei der Dateneingabe geführt hatte. Durch verschiedene Autoren der Laborbücher waren die Siebklassen unterschiedlich eingetragen: als Zahlenwerte, als verbale Beschreibung, und teilweise gar nicht (leere Kopfzeile). Zunächst wurde versucht, weitere Standards zu definieren, um alle Varianten in der Datei zu erfassen. Das führte bald zu einer großen Zahl von zusätzlichen Siebstandards für Einzelfälle, was sich als sehr unhandlich für die Datenbankstruktur erwies. Diese Variante wurde deshalb nicht weiter verfolgt.

Durch eine Analyse der Laborbücher bezüglich Entstehungsdatum und Bearbeiter (nach Handschrift) und durch Vergleich gelegentlicher gleichzeitiger Einträge numerischer und verbaler Siebklassen in die Kopfzeilen konnte eine plausible zeitliche bzw. laborbuchbezogene Entwicklung der grundlegenden Siebstandards ermittelt werden. Für die Markierung von laborbuchbedingten Abweichungen von den Standards wurden dann besondere Einträge in der Datenbank gemacht, die auf die Zusammenfassung zweier oder mehrerer Spalten in den Büchern hinweisen, bei gleichzeitiger Beibehaltung der ursprünglichen Datenbankstruktur.

Die Abweichungen der Zeilensummen von 100% hatten mehrere Ursachen. Ein wesentlicher Grund liegt in den Laborbüchern selbst: die damaligen Bearbeiter hatten oftmals die Meßergebnisse einer (ungefähr) 100-Gramm-Probe einfach mit

dem Prozentzeichen versehen, bzw. Meßergebnisse von (ungefähr) 50-Gramm-Proben verdoppelt, anstatt sie in tatsächliche Massenprozent umzurechnen. Durch die teils schwer lesbaren handschriftlichen Eintragungen und den teils schlechten Erhaltungszustand der Laborbücher (Insektenfraß) gab es auch direkte Ableseprobleme. Ablese- und Tippfehler wurden beim Korrekturlesen erkannt und berichtigt. Von den Mehrfacheingaben einzelner Datensätze wurden jeweils die korrekten erhalten, die anderen aus der Datei entfernt.

Geochemische Daten und Schwermineraldaten

Neben der Korngrößenanalyse wurden an der Mehrzahl der gewonnenen Proben Bestimmungen des Gehaltes an organischem Kohlenstoff und Karbonat vorgenommen. Wenn vorhanden, waren die entsprechenden Analysenergebnisse in den Ergebnistabellen der Korngrößenanalysen enthalten (s. Tab. 2.3.1.).

Die Bestimmung des Karbonatanteils erfolgte mit Hilfe einer Scheibler-Apparatur nach Reuter (Lange, 1984). Dabei wurde 1 g des Probenmaterials mit 10 %iger Kohlensäure behandelt und das freigesetzte Kohlendioxid volumetrisch vermessen.

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff wurde durch trockene Verbrennung der Proben im Sauerstoffstrom einer Apparatur nach Holthaus-Seuthe bei 1000 ° C bestimmt (Lange, 1984). In Abhängigkeit vom organischen Kohlenstoffgehalt wurden 0,1 bis 1,0 g Substanz verwendet.

Das entstehende O₂/CO₂-Gemisch wurde volumetrisch erfaßt. Nach Absorption des CO₂ mit Hilfe von Kalilauge ließ sich aus der Volumendifferenz der Gesamtkohlenstoff berechnen. Nach Subtraktion des Karbonatanteils ergab sich der Gehalt an organischem Kohlenstoff.

An einem großen Teil der sandigen Proben wurde standardgemäß der Gesamtgehalt an Schwermineralen bestimmt (s. Abb. 2.3.6). Wenn sich dieser in einem überdurchschnittlich hohen Niveau bewegte, wurden auch die Schwermineralgehalte in den einzelnen ausgesiebten Korngrößenfraktionen erfaßt. Teilweise wurde die quantitative Zusammensetzung der Schwermineralassoziationen ausgezählt.

Weitere geochemische/granulometrische in der Altdatenbank enthaltenen Daten betreffen Analysenergebnisse, die an oberflächennahen Sedimentproben aus der

Mecklenburger Bucht und dem Arkonabecken im Rahmen eines Monitoringprogramms in den achtziger Jahren entnommen wurden. Es handelt sich dabei um granulometrische Daten aus Schlämmanalysen, sowie Gehalte der Metalle Aluminium, Cadmium, Chrom, Kupfer, Eisen, Quecksilber, Magnesium, Mangan, Nickel, Blei, Zink und Phosphor.

SM

Probe Nr.	1-0.6	0.6-2.0	2.0-6.3	6.3-20	20-63	gesamt	
43 c			19.3 0.1	14.3 0.1	7.1 0.5	0.3	
43 d			16.1 0.1	16.1 0.1	80.0 0.8	0.1	
43 e				58.4 1.1	31.2 0.5	0.6	
44 a			Sp.	25.0 0.1	75.0 0.3	0.4	1.1
44 b				Sp.	100.0 0.5	0.3	
44 c				Sp.	100.0 0.7	0.2	
44 d			20.2 0.2	11.0 Sp.	68.8 0.6	0.1	
44 e			10.1 1.7	9.9 0.1	35.2 1.0	0.1	
44 f				3.8 0.1	96.2 2.5	0.1	
44 g				Sp.	100.0 0.6	0.1	
44 h					100.0 0.3	0.1	4.0 6.0 8.0 10.0
45 a				1.3 0.1	85.7 0.6	0.5	6.0 8.0 10.0
45 b			20.0 0.2	16.6 0.1	70.0 0.7	0.2	
45 c				11.1 0.1	78.9 0.8	0.4	
45 d			Sp.	9.1 0.1	90.9 1.0	0.1	
45 e			Sp.	7.1 0.1	92.9 1.0	0.3	
45 f			Sp.	3.6 0.1	96.4 1.7	0.2	
45 g			14.3 0.2	7.1 0.1	78.6 1.1	0.2	
46 a			Sp.	7.1 0.1	92.9 1.2	0.4	
46 b			Sp.	Sp.	100.0 0.8	0.3	
46 c				5.0 0.1	95.0 0.1	0.4	
46 d			6.7 0.1	6.7 0.1	86.6 1.3	0.1	
46 e			Sp.	6.7 0.1	93.3 1.4	0.2	6.0 8.0 10.0
46 f				Sp.	100.0 0.5	0.1	

Abb. 2.3.6.: Laborprotokoll des IfM-W mit fraktionsbezogenen Schwermineraldaten (in Gew. %)

2.4. Datenverwaltung mit GIS

Das Softwarepaket Arc/Info mit dem Visualisierungstool Arc/View wurde im Rahmen des Forschungsprojektes vor allem für folgende Aufgaben eingesetzt:

- *Haltung und Verwaltung von Referenzdaten (Bathymetrie, Küstenlinien usw.)*
Dazu zeigt die Abb. 2.4.1. die Küstenlinien gemeinsam mit den bathymetrischen Daten nach Seifert & Kayser (1995).
- *Positionsdarstellung von Stationen und Trackplots*
Abb. 2.4.2. zeigt die im Altdatenprojekt erfaßten Stationen von Oberflächenproben und Sedimentkernen.
- *Georeferenzierte Datenvisualisierung*
In der Abb. 2.4.3. sind z. B. die Hauptbestandteile der Oberflächensedimente in der westlichen Ostsee dargestellt.
- Verwendung von Datenlayern aus dem Internet (GRIDA Norwegen-Küstenlinien, Landnutzung u. ä., ETOPO5)
Dazu zeigt die Abb. 2.4.4. qualitative Daten zur Landnutzung in Nordeuropa (GRID-Arenda/Norwegen;
Internet-Adresse: <http://www.grida.no/prog/norba/baltic/index.htm>)
- Import von Daten in das GIS aus verschiedensten Dateiformaten (ASCII-Textfiles – Stationspositionen, Sachdaten zur Interpolation, dBase-Datenbankfiles – Datenbankauszüge zur Verwendung in ArcView, Bitmap-Dateien – Interpolationsergebnisse aus Surfer)
- Interpolation von Daten unter Nutzung der Programm-Module TIN und GRID
- Transformation der Daten unterschiedlicher Kartenprojektionen
- Aufbau von Layers unterschiedlicher Karteninhalte und deren Verschneidung
- Kartengestaltung und -darstellung.

Bei der Bearbeitung hat sich gezeigt, daß sich dieses System für die Verwaltung von geologischen Meßdaten eignet, jedoch aufgrund des komplexen Programmumfanges einen hohen Einarbeitungs- und Betriebsaufwand erfordert.

Abb. 2.4.1. Bathymetrische Daten

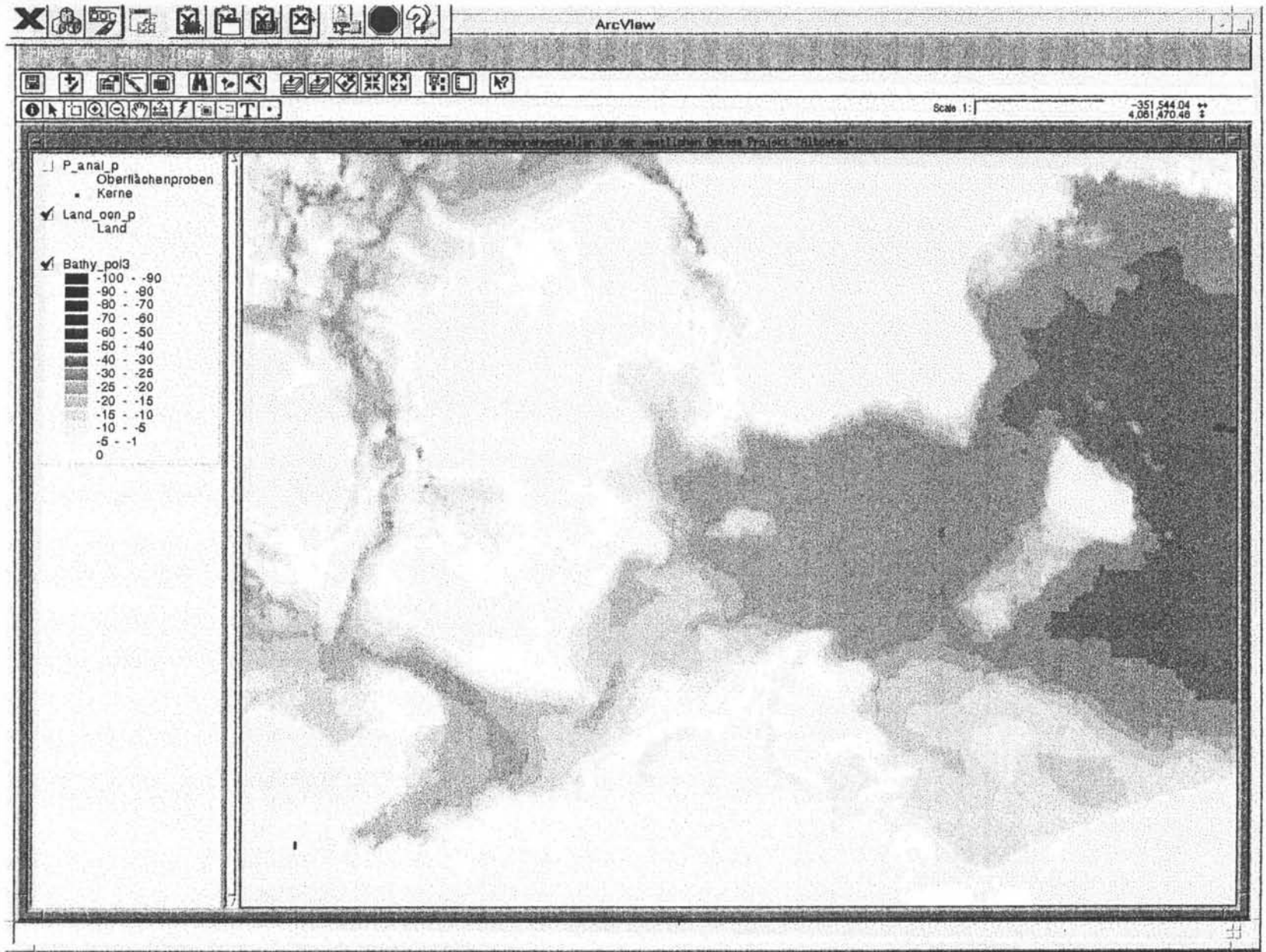


Abb. 2.4.1.: Bathymetrie, Küstenlinien

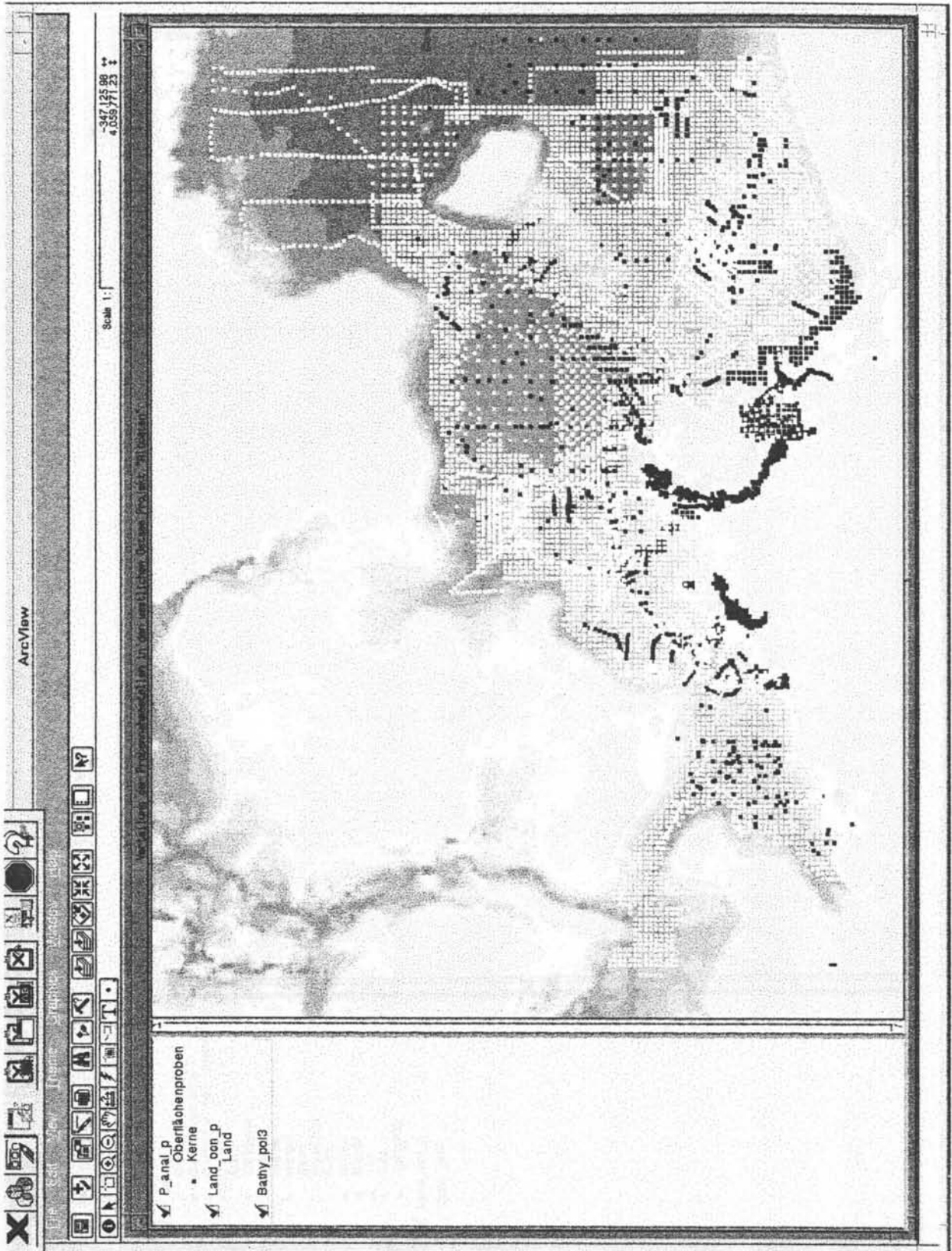
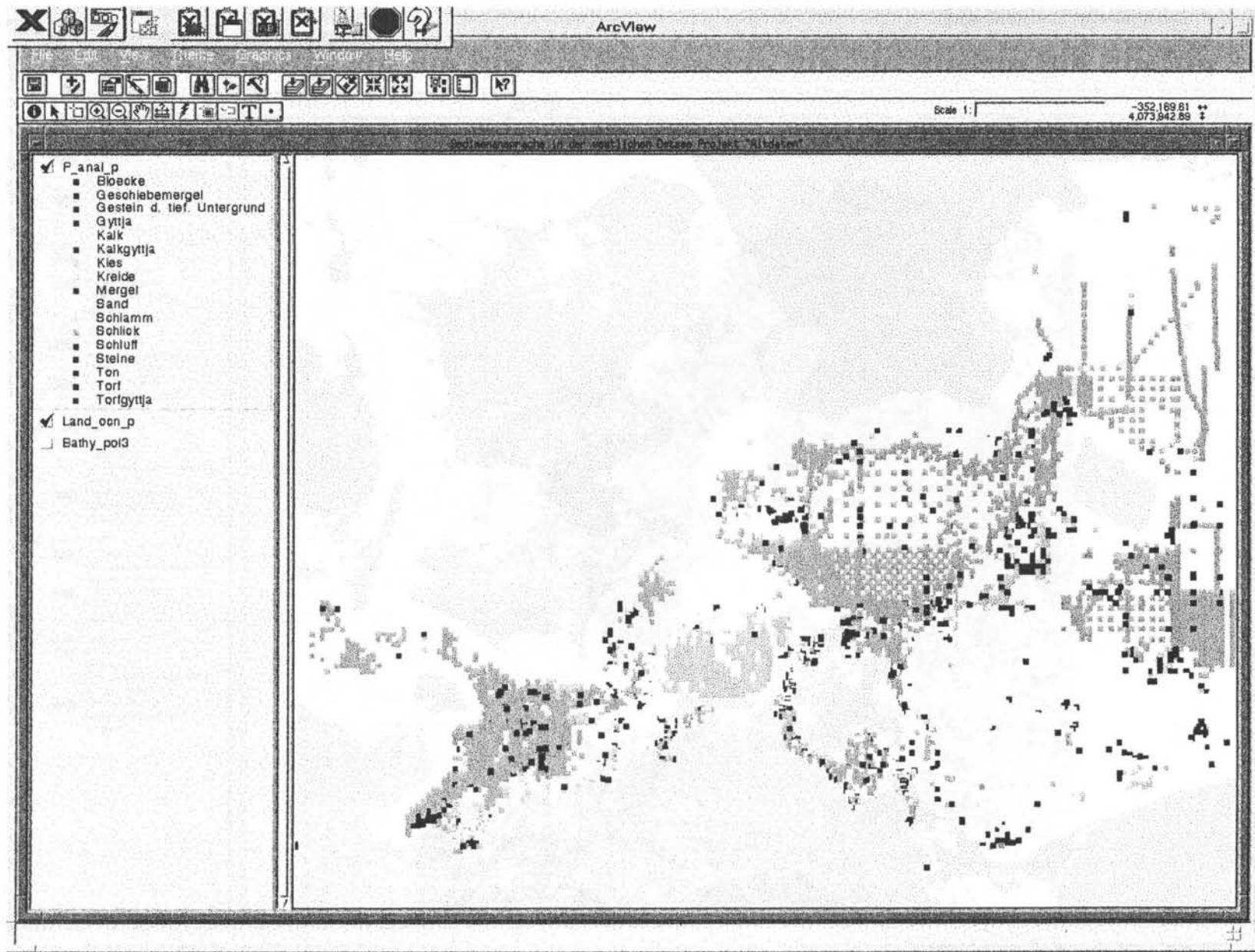


Abb. 2.4.2.: Stationsplan Altdaten

Abb. 2.4.3.: Hauptsedimenttypen westliche Ostsee nach Altdatenbestand



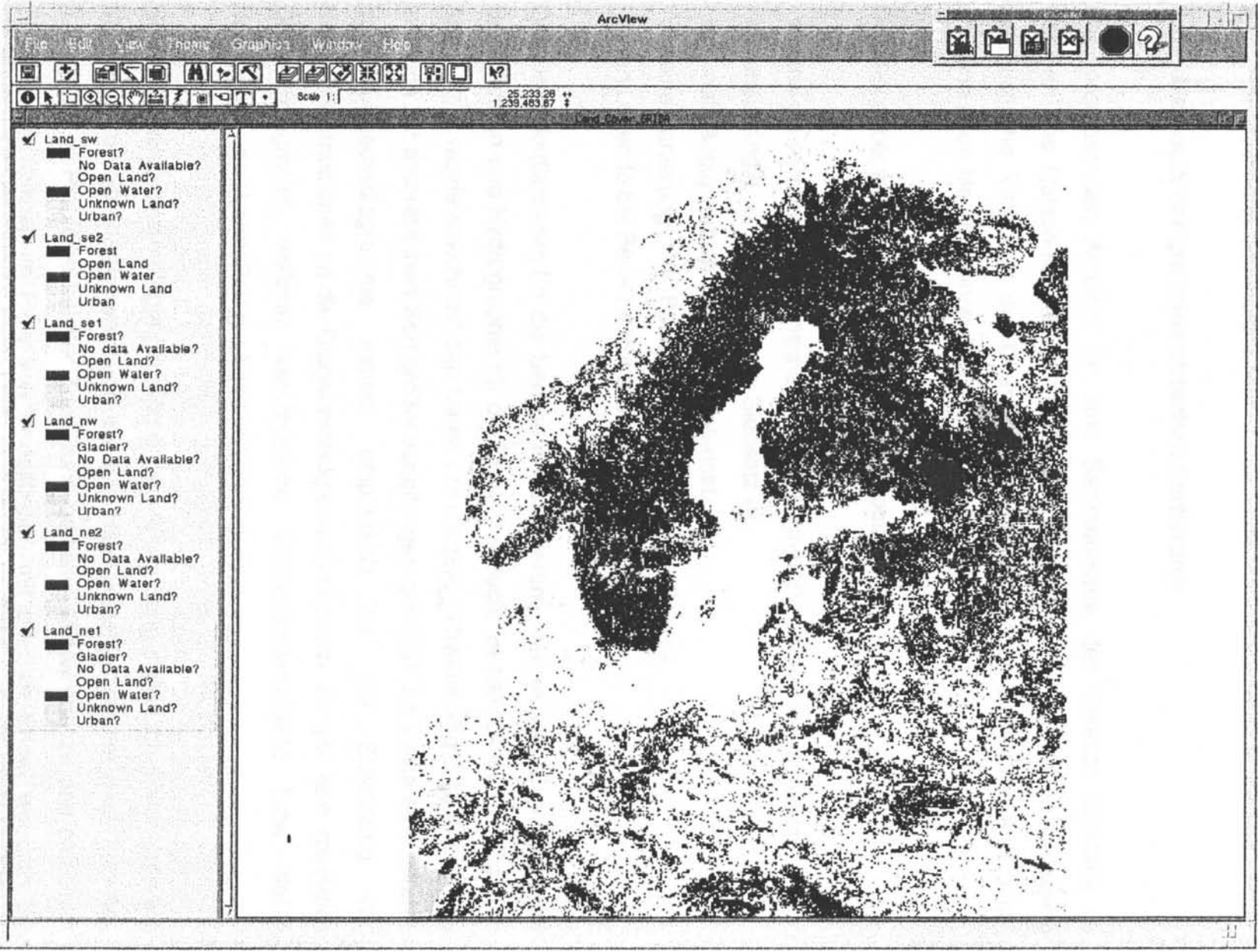


Abb. 2.4.4: GRIDA – Landnutzung Nordeuropa (Quelle: Internet: <http://www.grida.no>)

3. Methodische Entwicklungen

3.1. Methodik der granulometrischen Kartierung

Bei vorbereitenden Arbeiten für eine Sedimentkarte der Darsser Schwelle im Rahmen des Ostsee-Monitoring (Tauber & Lemke, 1995) wurden verschiedene gebräuchliche Methoden der Charakterisierung klastischer Sedimente untersucht und eine neue Methode entwickelt (siehe Anl. 3.1.1.).

Das Ziel dabei war eine Klassifizierungsmethode,

- welche die wichtigsten Eigenschaften einer Korngrößenverteilung reflektiert,
- die unabhängig vom verwendeten Siebsatz ist,
- die unabhängig vom verwendeten Datensatz ist,
- die eine Kartierung ohne Buchstabensignaturen ermöglicht,
- deren Legende bei Bedarf leicht erweitert werden kann.

Das Dreiecksdiagramm für die Sedimentklassifizierung, wie es vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie für die Deutsche Bucht verwendet wurde (Fig. 4 in Anl. 3.1.1.), wurde sowohl mit den Daten der Darsser Schwelle (Fig. 5 in Anl. 3.1.1.) als auch mit theoretischen Korngrößenverteilungen getestet. Es stellte sich heraus, dass Dreiecksdiagramme extrem empfindlich auf die Zuweisung von Korngrößenfraktionen an die Diagrammeckpunkte reagieren. Es gibt kein spezielles Dreiecksdiagramm, welches verschiedene Meeresbodengebiete (bzw. deren Sedimente) gleichermaßen gut beschreiben konnte.

Bei der in der Sedimentologie gebräuchlichen Anwendung statistischer Momente wie Mittelwert und Standardabweichung auf das Häufigkeitshistogramm (Fig. 7 in Anl. 3.1.1.) gibt es Probleme bei der Zuweisung partieller Mittelwerte zu den einzelnen Siebklassen, speziell im Falle von Verteilungen mit offenem Ende, wodurch die Auswertung subjektiv verzerrt wird.

Um die oben genannten Probleme zu überwinden, wurde die Anpassung einer sigmoidalen Kurve an die kumulative gemessene Korngrößenverteilung (auf logarithmischer phi-Skala) eingeführt (Fig. 8 in Anl. 3.1.1.), weil die kumulativen Werte die geringste Sensitivität gegen die (künstlichen) Siebklassen aufweisen. Da es für die kumulative Gauß'sche bzw. Normalverteilung keinen analytischen Ausdruck gibt, wurde die analytisch leichter zu handhabende und in der Kurvenform der kumulativen Normalverteilung sehr ähnliche Fermi-Funktion

$$F(x) = 1 / (1 + \exp(-1.7(x - \text{median})/\text{sorting})).$$

eingeführt, wobei x die Korngröße auf der phi-Skala darstellt. Diese Funktion enthält die zwei Parameter *median* und *sorting*, wobei der *median* die Kurve betrifft (nicht die Rohdaten). Der Faktor 1.7 soll die beiden Parameter identisch machen zu traditionellen Parametern im Falle einer angenommenen idealen Lognormalverteilung und eines angenommenen unendlich fein abgestuften Siebsatzes.

Die durch iterative Kurvenanpassung ermittelten Korngrößenparameter werden dann in der Fläche interpoliert und durch eine spezielle Farblegende für die Sedimentkartierung dargestellt, wobei eine Spektralfarbe für den Median und eine Grauschattierung für die Sortierung verwendet werden (Fig. 13 bis 15 in Anl. 3.1.1.). Auf diese Weise wird eine granulometrisch lesbare Kartendarstellung erzeugt.

3.2. Regionalisierung

Für die Kartendarstellung geowissenschaftlicher Variabler existiert heute eine Vielzahl an Verfahren, wobei geostatistische Methoden auf der Basis des Modells der regionalisierten Variablen (Journel und Huijbregts, 1978) geologische Untersuchungsobjekte adäquat widerspiegeln. Das gilt jedoch in erster Linie für den univariaten Fall einzelner geowissenschaftlicher Variabler. Für den multivariaten Fall nahmen Harff und Davis (1990) die Verknüpfung der Theorie der regionalisierten Variablen mit der Theorie der Klassifizierung geologischer Objekte (Rodionov, 1981)

vor. Die entsprechende Methode der regionalisierten Klassifizierung ist für die Ableitung thematischer Karten oder von 3D-Modellen bei multivariaten Meßwertvektoren anwendbar.

Dabei geht man von einem n-dimensionalen Zufallsfeld $\mathbf{X}(r)$ aus, welches die zu bearbeitenden Variablen beschreibt. $r \in R$ beschreibt die Punkte des (3D)-Untersuchungsraumes und $\mathbf{x}(r) \in \mathbf{X}(r)$ die Wertevektoren der Variablen. Zusätzlich geht man von der Existenz von K Gesteins-, hier: Sedimenttypen aus, die auf eine diskrete Variable I, $i \in I$, $i = 1, \dots, K$, abgebildet sind. Die Klassen werden durch n-dimensionale Normalverteilungen NV (\mathbf{m}_i, Σ_i) , $i \in I$, beschrieben, wobei \mathbf{m}_i den Erwartungswertvektor und Σ_i die Kovarianzmatrix beschreiben. Für jeden Vektor $\mathbf{x}(r)$ werden K Mahalanobis-Abstände definiert

$$d_i(r) = (\mathbf{x}(r) - \mathbf{m}_i)' \Sigma_i^{-1} (\mathbf{x}(r) - \mathbf{m}_i), i \in I$$

und in eine Bayes-Wahrscheinlichkeit $p(i | \mathbf{x}(r))$ transformiert (Harff et al., 1991).

Diese BAYES-Wahrscheinlichkeit kann als regionalisierte Variable aufgefaßt werden. Damit sind die Interpolationsverfahren der Geostatistik einsetzbar (Kriging, stochastische Simulation, s. Deutsch und Journel, 1994). Für jeden Punkt $r \in R$ kann damit die Regionalisierungsprozedur formal als Abbildung beschrieben und für Knoten von Interpolationsgittern numerisch gelöst werden (Harff, Olea, Bohling, 1993).

$$M: \mathbf{x}(r) \rightarrow I(r), r \in R$$

$$\text{mit } i(r) = \{i \in I : p(i | \mathbf{x}(r)) = \max_k (p(k | \mathbf{x}(r)))\}$$

Das Verfahren wurde in der Anwendung auf granulometrische Daten der Darßer Schwelle beschrieben (Davis et al., 1996 in Anl. 4.3.1.). Gewichtsprozent der Siebfraktionen bildeten dabei die Komponenten der mehrdimensionalen Zufallsvariablen.

Es zeigte sich, daß größere Bereiche ähnlicher Fazies in den Karten ausgehalten werden konnten. Diese korrespondieren mit Strömungsmustern, die aus der

Modellierung von Strömungsfeldern in Meeresbodennähe ableitbar sind. Bei den Faziesbereichen handelt es sich um kontinuierlich ineinander übergehende Zonen, die nicht scharf voneinander abzugrenzen sind. Deshalb wurden Übergangszonen, in denen die maximale Zuordnungswahrscheinlichkeit kleiner als 0.5 ist, als gesonderte Klasse ausgehalten. Das bedeutet eine wesentliche Verallgemeinerung des Begriffs der "geologischen Grenze" gegenüber der Definition bei Harff & Davis (1990). Diese methodischen Ergebnisse gingen auch in Arbeiten zu einem DFG-Projekt "Dreidimensionale Regionalisierung und Modellierung für die Analyse sedimentärer Becken", das am IOW in Kooperation mit der University of Kansas bearbeitet wurde, ein.

3.3. Perspektivische Darstellung

Für orthogonale und perspektivische Reliefdarstellungen des Meeresbodens wurden C++-Programme mit GL (Graphics Library) unter AIX entwickelt. Dafür wurden spezielle geometrische Operationen erarbeitet, die eine Oberfläche in Abhängigkeit von Niveauebenen in elementare geometrische Objekte zerlegen. Diese Operationen wurden in numerische Prozeduren umgesetzt. Durch die projizierte Anordnung dieser geometrischen Elemente mit Mitteln der Computergrafik wird der Eindruck einer reliefartigen Oberfläche erzeugt. Die Einfärbung der Relief-Oberfläche zwischen vorgegebenen Isobathenintervallen ermöglicht eine visuelle Zuordnung zur Wassertiefe. Durch die Anwendung virtueller Lichtquellen wird ein räumlicher Effekt erzeugt, und durch die Schattenwirkung werden Hangneigungsgradienten visuell erfassbar. Anwendungsbeispiele dafür zeigen Fig. 12 in Anlage 3.1.1 und Abb. 4.1.1 bis 4.1.3.

4. Datenintegration, -auswertung, -interpretation

Einen Überblick über die im Rahmen des Projektes bis 1995 erarbeiteten Karten geben Harff u. a. (1995) (dazu s. Anl. 4.0.1.). Weitergehende Ergebnisse werden im folgenden beschrieben.

4.1. Bathymetrische Karten und Reliefmodelle

In Abb. 4.1.1 bis 4.1.3 werden Anwendungen digitaler Darstellungsverfahren auf bathymetrische Daten gezeigt.

Das Meeresbodenrelief der gesamten Ostsee in perspektivischer Ansicht ist in Abb. 4.1.1 dargestellt. Die bathymetrische Farbskala wurden hier zu größeren Tiefen verschoben, wobei das Bornholmbecken und seine Verbindung zum Gotlandbecken stärker betont werden. Durch die Farbabstufung wird auch die Tiefenzunahme der Becken von West nach Ost in der südlichen Ostsee deutlich. Die Oderbank ist durch einen bräunlichen Farbton markiert. Das Koordinatensystem für die Berechnung der perspektivischen Ansicht wurde so gewählt, dass Details in der südwestlichen Ostsee hervorgehoben werden, während die nördlichen und östlichen Teile durch die perspektivische Verkürzung im Verhältnis zu den anderen Teilen verkleinert erscheinen.

Abb. 4.1.2 ist eine perspektivische Schrägansicht der Wassertiefe in der südwestlichen Ostsee. Hier wird der Unterschied zwischen den relativ ebenen tieferen Teilen der Becken und Buchten einerseits, und den relativ stärkeren Hangneigungsgradienten des Meeresbodens in der Nähe der Küsten deutlich.

Abb. 4.1.3 zeigt denselben geografischen Ausschnitt aus Abb. 4.1.2 in orthogonaler Projektion. Die Farbskala für die bathymetrischen Intervalle wurde so gewählt, dass ein möglichst differenziertes Bild sowohl der Tiefenverteilung insgesamt (Schwellen- und Beckengebiete), als auch von lokalen Reliefmerkmalen in den flacheren Bereichen (z. B. Kadetrinne, Gedser Rev, Sassnitzrinne, Adlergrund) entstand. Die Beleuchtung wurde zur besseren Lesbarkeit der Karte von Nordwest (in der Karte links oben) gewählt, wobei Reliefdetails mit südwestlich-nordöstlicher Erstreckung (z.

B. die Kadetrinne und die subaquatischen Rinnen an der westlichen Flanke des Arkonabeckens) betont werden.

Eine bathymetrische Isolinienkarte der Pommerschen Bucht (Bobertz 1996), berechnet aus den Wassertiefen der Probennahmestationen der Altdaten, ist in Abb. 4.1.4 dargestellt.

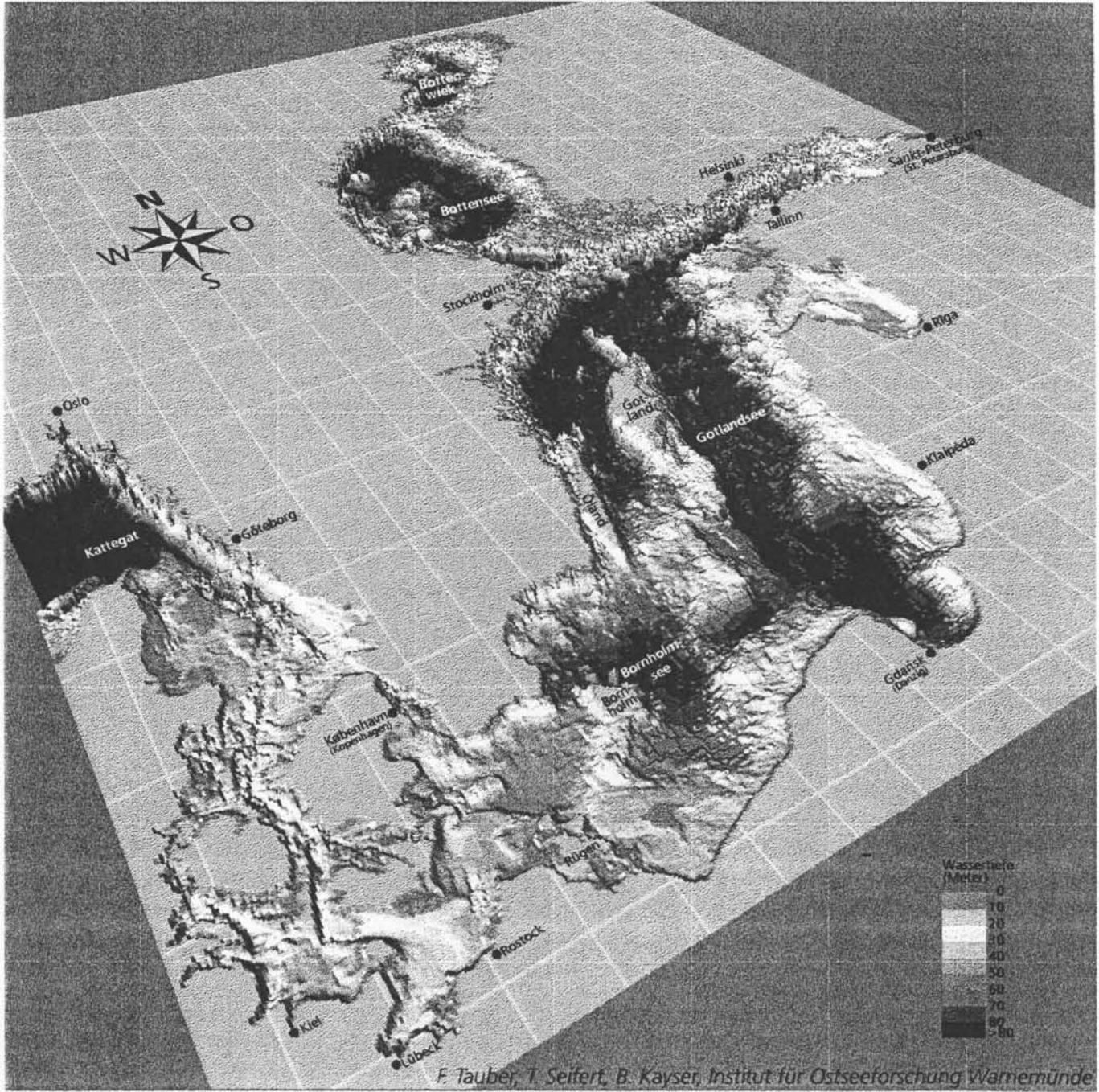
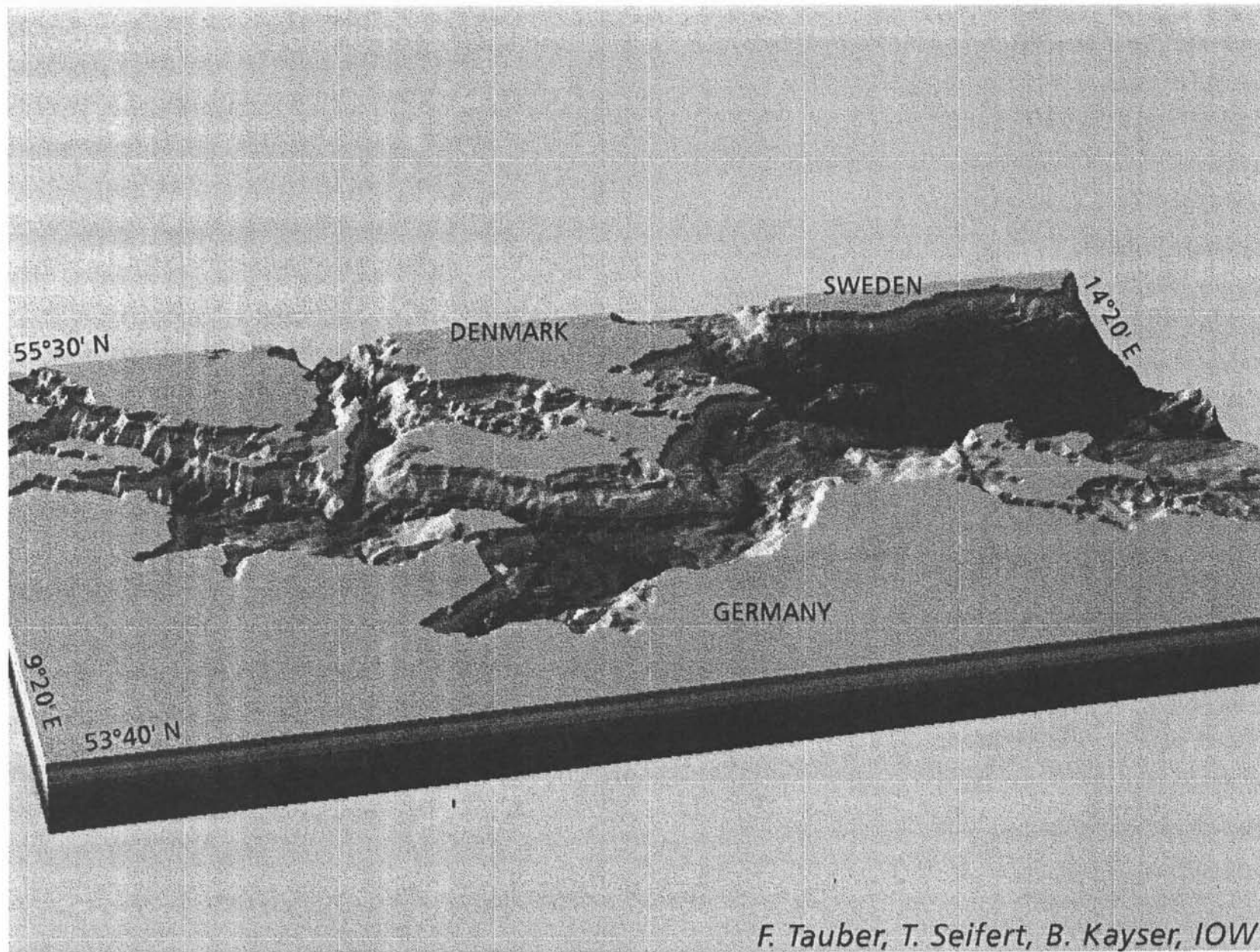
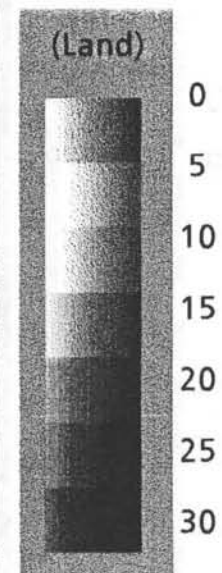


Abb. 4.1.1.: Bathymetrie der Ostsee in perspektivischer Darstellung



Water
Water depth (m)



F. Tauber, T. Seifert, B. Kayser, IOW

Recent bathymetry of western Baltic

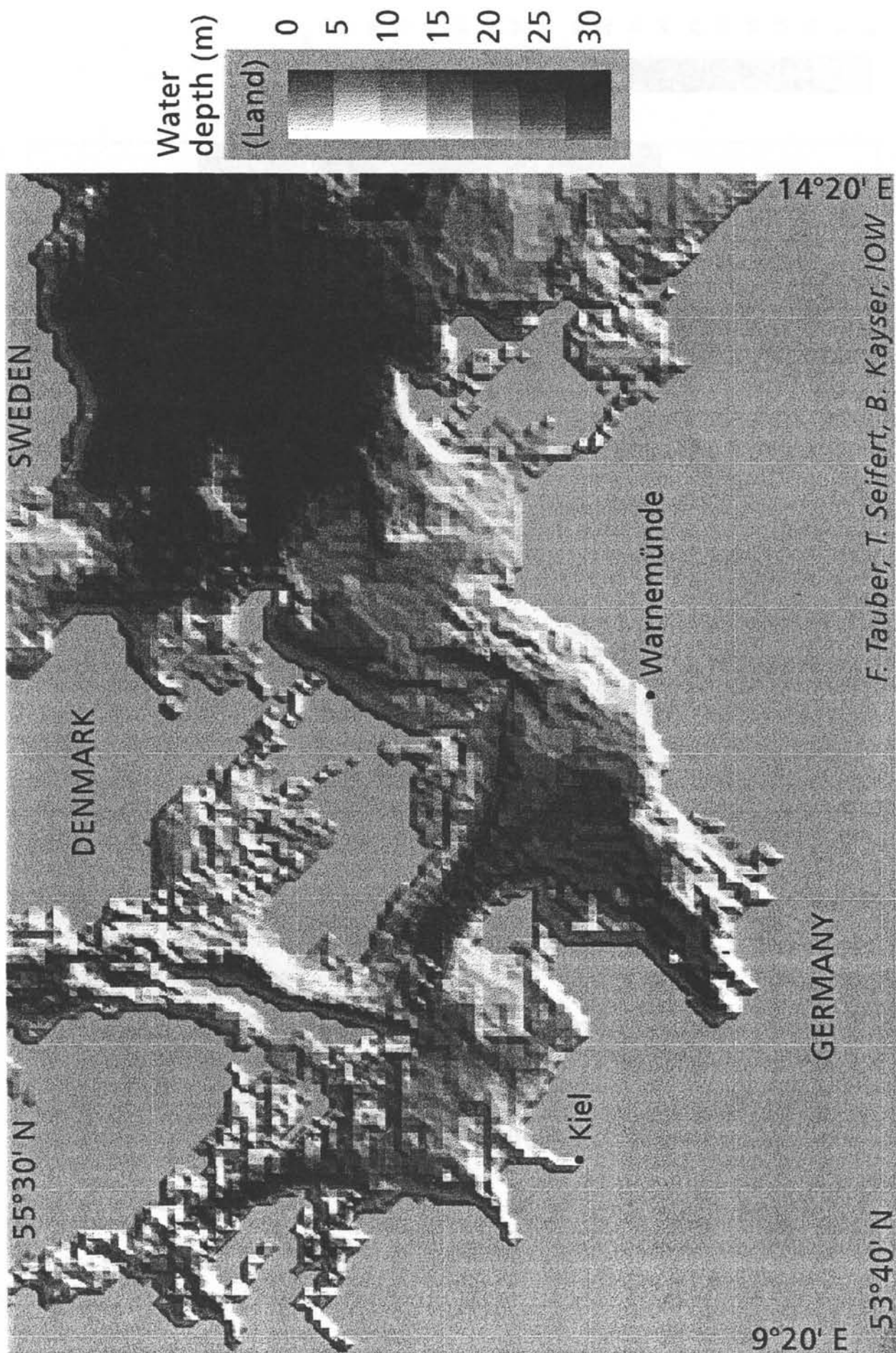
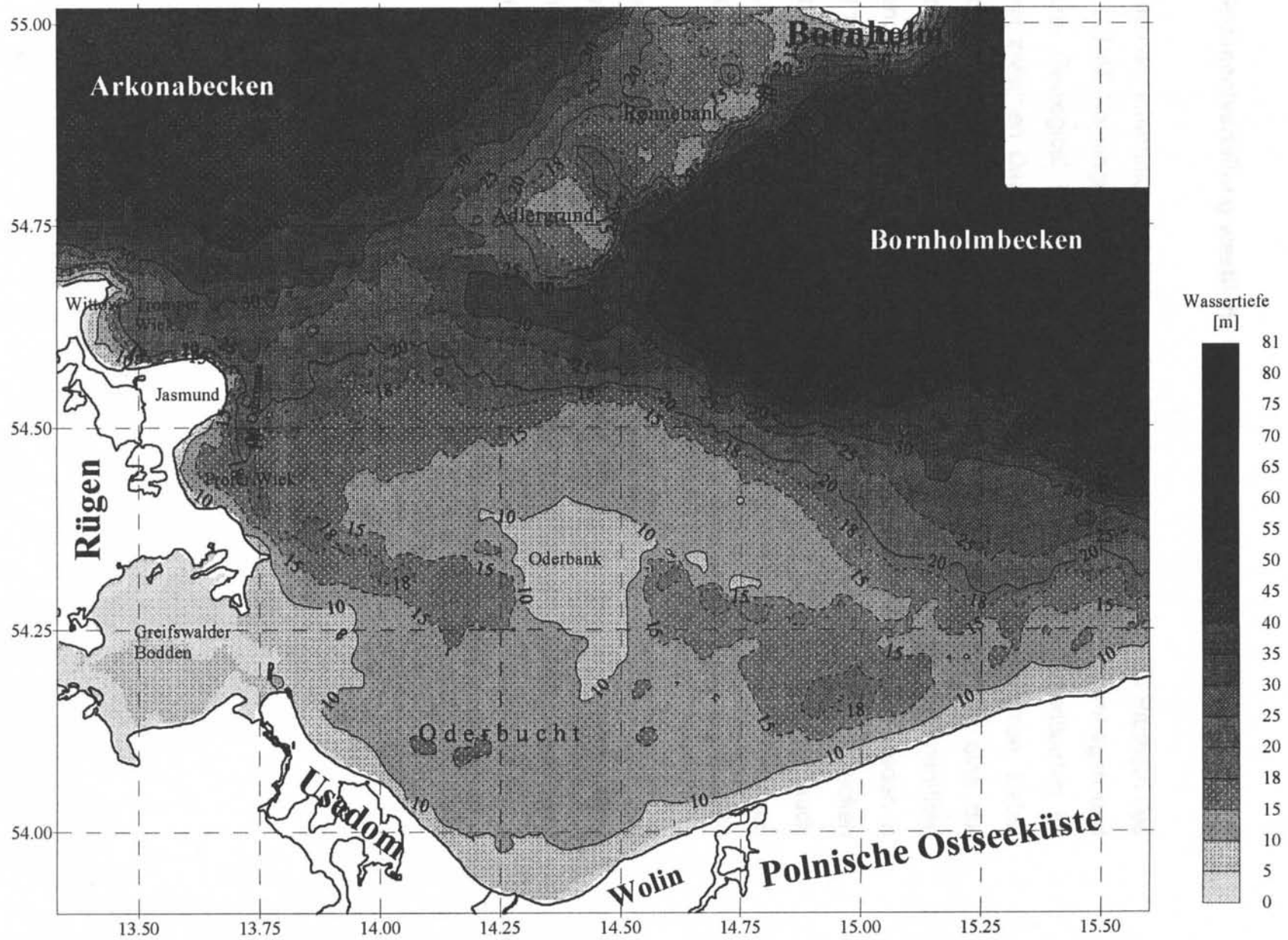


Abb. 4.1.3.: Wassertiefe der westlichen Ostsee

Abb. 4.1.4 Bathymetrische Karte der Pommernbucht (Bobertz 1996).



4.2. Sedimentverteilung westliche Ostsee

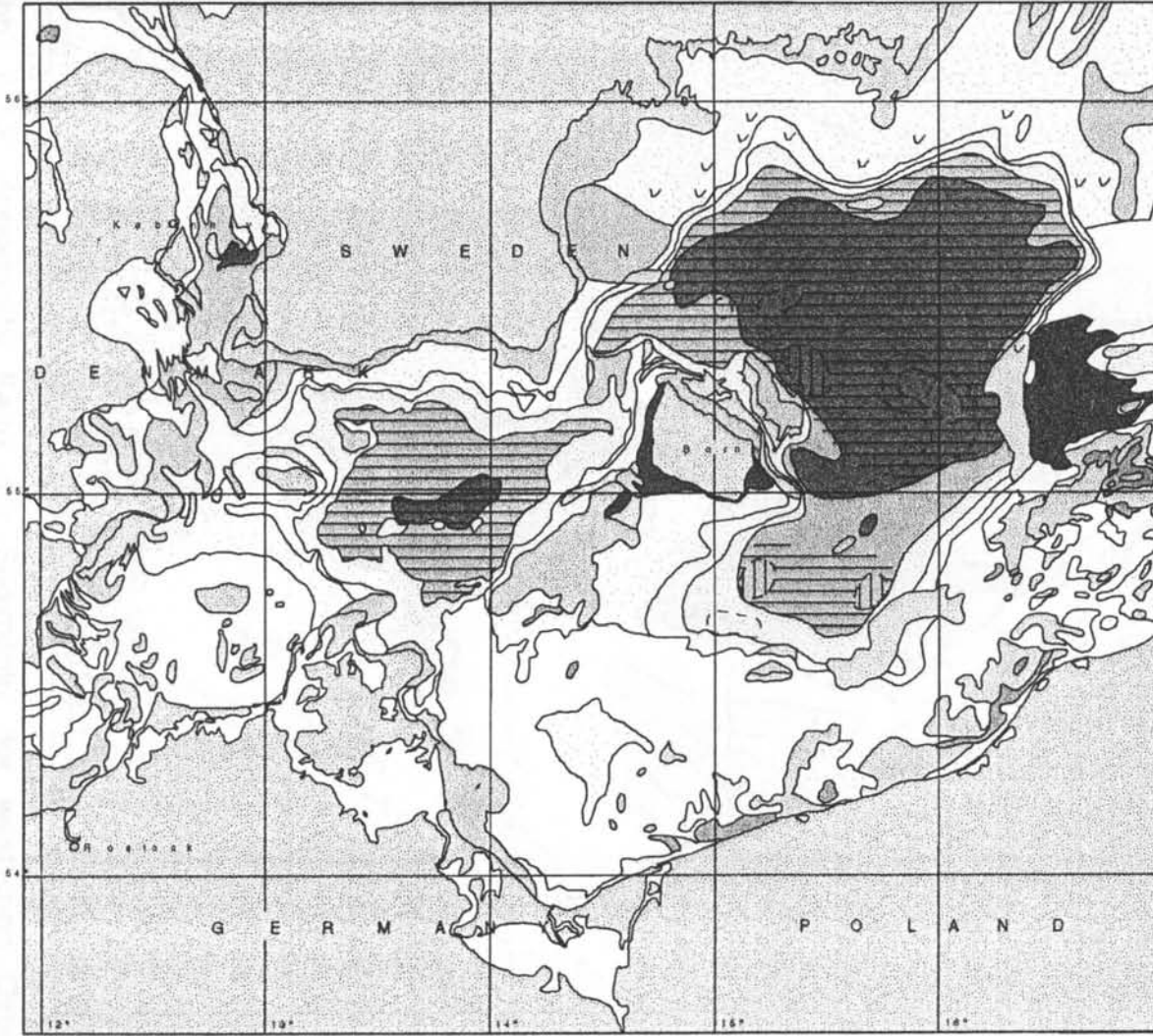
Im Rahmen der internationalen Kooperation wurde gemeinsam mit den Partnern des IOW im IORAS Kaliningrad, dem Geological Survey of Denmark Kopenhagen und dem State Geological Institute Sopot eine Kompilation der Sedimentkarten im Seegebiet zwischen Darßer Schwelle und Bornholmbecken vorgenommen. Dabei entstand ein Kartensatz bestehend aus zwei Einzelkarten, wobei die eine die Sedimentverteilung an der Oberfläche und die andere in 1 m Sedimenttiefe (Emelyanov et al., 1994) erfaßt. Abb. 4.2.1. und 4.2.2. geben diese Karten wieder. In Anl. 4.0.1. sind zusätzlich noch stratigraphische Profile aus dem Bornholmbecken angegeben. Für die Kartenkonstruktion wurden sowohl Oberflächen- als auch Kernbeprobungen herangezogen, ebenso wie seismoakustische Profilierungen eingingen. Die Publikation der Karten erfolgte in St. Petersburg im Maßstab 1 : 500 000.

Besonders bemerkenswert an diesen Karten ist es, daß es erst nach 1990 durch den Wechsel der politischen Verhältnisse in Europa möglich war, Daten aus deutschen, polnischen, russischen und dänischen Instituten zu integrieren und gemeinsam zu publizieren.



Abb. 4.2.1. Coastal bathymetry and sediment distribution in the western Baltic Sea (Emelyanov et al., 1994)

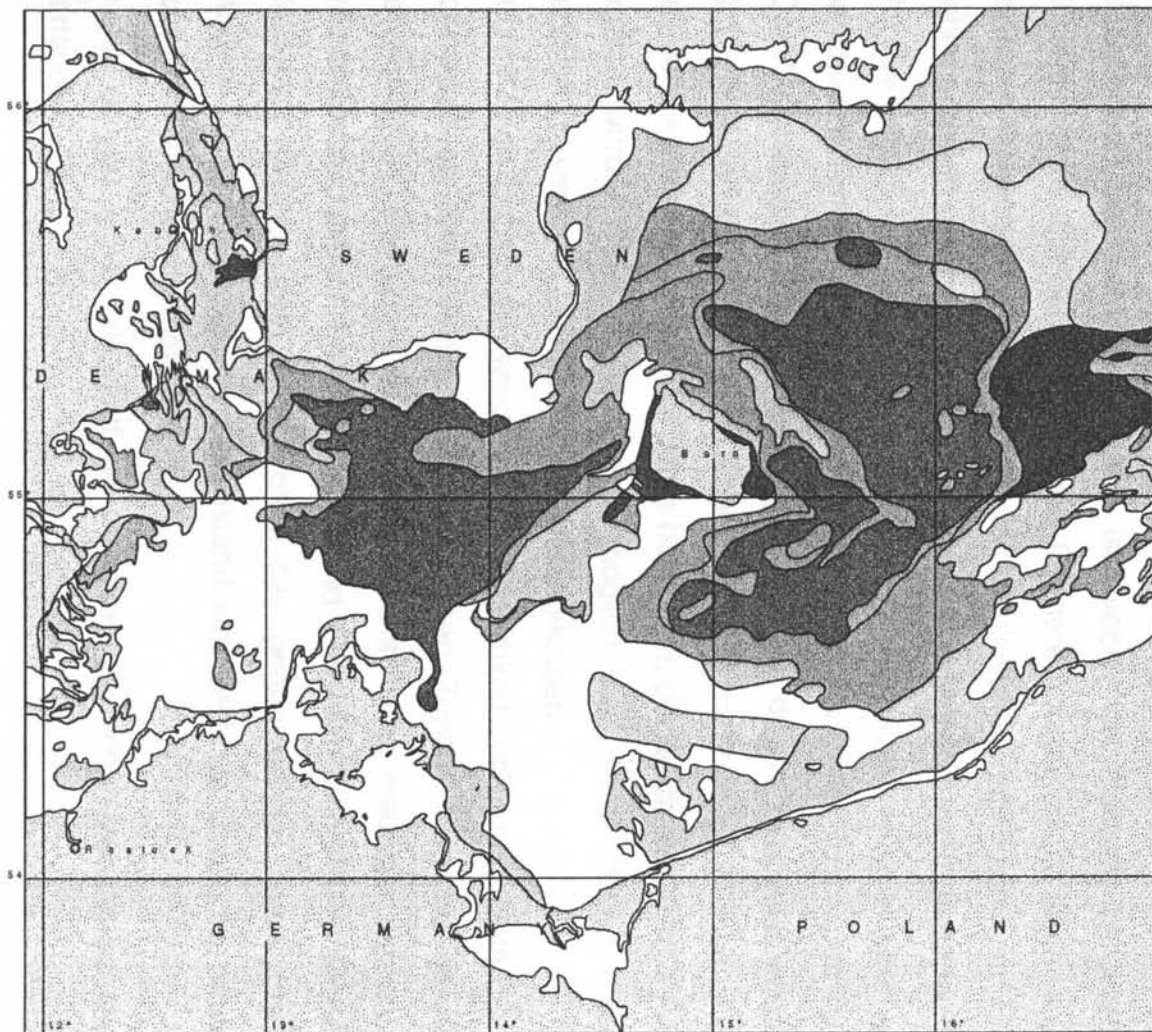
Abb. 4.2.1: Oberflächensedimente der westlichen Ostsee nach Emelyanov et. a. (1994)



Oberflächensedimente der Westlichen Ostsee

- Mangankrusten und -knoten
- Sedimente mit geringen Mangangehalten
- Sedimente mit 3 - 5% organischem Kohlenstoff
- Sedimente mit 5 - 10% organischem Kohlenstoff
- Sedimente mit 10 - 30% Karbonat
- Mittel- bis Feinschluff (z.T. tonig)
- Grobschluff
- Feinschluff
- Grobschluff bis Feinsand (0,05 - 0,1 mm)
- Feinsand (0,1 - 0,25 mm)
- Sande unterschiedlicher Körnung (0,1 - 1 mm)
- Mittel- bis Grobsande mit Kiesanteilen und Steinen
- Kies, Steine
- Spätpleistozäne bzw. Frühholozäne Tone, z.T. mit geringmächtiger Bedeckung von rezenten Sanden, Schluffen oder Schlick
- Subaquatischer Lehm
- Geschiebemergel, z.T. mit geringmächtiger Restsedimentbedeckung
- Präquartäre Gesteine

Abb. 4.2.2: Abgedeckte Karte der Sedimente der westlichen Ostsee nach Emelyanov et. a. (1994)



**Spätpleistozäne und holozäne
Sedimente der westlichen Ostsee
(der oberste Meter ist abgedeckt)**

-  Feinschluff (z.T. tonig)
-  Grob- bis Mittelschluff
-  Feinsand (0,1 - 0,25 mm)
-  Sande und Kiese (0,1 - 1 mm)
-  Holozäne Tone, schluffige Tone bzw. tonige Schluffe, vorwiegend grau gefärbt (Yoldiameer bzw. Ancylussee)
-  Tone und schluffige Tone, vorwiegend braun (Baltischer Eisstausee)
-  Gebänderte Tone, schluffige Tone bzw. tonige Schluffe (Proglaziale Seen)
-  Subaquatischer Lehm
-  Fluvioglazialer Sand
-  Geschiebemergel, z.T. mit geringmächtiger Restsedimentbedeckung
-  Präquartäre undifferenzierte Gesteine

4.3. Granulometrische Kartierung von Teilbereichen der westlichen Ostsee

Darßer Schwelle

Im Rahmen der Verwaltungsvereinbarung zwischen BSH und IOW werden sedimentologische und geochemische Kartierungsarbeiten im Bereich des deutschen Ostsee-Festlandssockels durchgeführt. Ziel dieser Aufgabe ist die Schaffung einer soliden Datenbasis zur Klärung von umweltrelevanten und praktischen Fragestellungen, für die die Kenntnis von Art, Verteilung und Struktur der submarin anstehenden Sedimente unerlässlich ist. Neben der Nutzung bei Problemen des Küstenschutzes, der Schifffahrt oder der Fischerei können solche Karten auch Auskunft über den Transportweg und Verbleib von möglichen Kontaminanten am Meeresboden geben und sind demzufolge auch Bestandteil des Monitoring-Programmes des IOW.

Die Reihenfolge der fertigzustellenden Kartenblätter richtet sich nach der vorhandenen Beprobungsdichte in den einzelnen Seegebieten. Als erstes Blatt wurde 1995 das Blatt "Darß" veröffentlicht (Tauber & Lemke 1995). Für dieses Seegebiet wurde im Institut für Ostseeforschung ein umfangreicher Datensatz mit über 1000 Probenahmestationen aus der zweiten Hälfte der 80er Jahre bearbeitet, der durch zusätzliche Probenahmen ergänzt wurde. Dort, wo dies nicht möglich war, wurde der in diesem Projekt zugänglich gemachte Altdatenbestand herangezogen.

In die Karten einbezogen werden nach Möglichkeit auch Seegebiete der dänischen, schwedischen und polnischen ökonomischen Zonen. Aufgrund der veränderten seerechtlichen Situation sind diese Gebiete seit den siebziger Jahren nicht mehr problemlos zugänglich. Im Altdatenbestand existieren jedoch Unterlagen zu diesen Gebieten, die vor dem Inkrafttreten des gegenwärtigen Seerechts gewonnen wurden. Damit bildet der Altdatenbestand eine wichtige Quelle für heute nur noch schwer erhältliche Informationen.

In der Anlage 4.3.1. beigefügt ist die oben genannte Veröffentlichung mit dem Kartenblatt „Darß“.

Pommersche Bucht

Im Rahmen dieses Projektes zusammengestellte granulometrische Daten bildeten die Grundlage für die Erarbeitung granulometrischer Karten der Oberflächensedimente der Pommerschen Bucht in einer Diplomarbeit an der Universität Greifswald (Bobertz, 1996).

Anlage 3.3.1. beschreibt die generelle Methodik, mit welcher der Autor die von Tauber (1995) erarbeiteten Grundlagen mit einer Methode nach Walger (1962) zur Ausgliederung von Restsedimenten verknüpft. Für die Erarbeitung der Karte standen etwa 4000 Stationen mit granulometrischen Daten zur Verfügung. Abb. 4.3.1. zeigt eine Karte der mittleren Korngröße in der Pommerschen Bucht, während die Sortierung in Abb. 4.3.2. dargestellt ist. Ein Hauptergebnis stellt die Karte der Verteilung der granulometrischen Fazies der Oberflächensedimente in der Pommerschen Bucht dar (Abb. 4.3.3.). Eine detaillierte milieugenetische Interpretation der Karten gibt Bobertz (1996). Mit dieser Karte steht erstmals eine entsprechende Datengrundlage für nationale und internationale Forschungsprojekte in der Pommerschen Bucht zur Verfügung.

Das betrifft insbesondere Forschungsarbeiten zur Modellierung des Sedimenttransportes als auch zur Untersuchung benthischer Lebensgemeinschaften.

Aufbauend auf der Altdatenbank der Pommerschen Bucht wurden weiterhin im Rahmen der Verwaltungsvereinbarung zwischen dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und dem IOW Untersuchungen längs von Munitionsverklappungstrassen durchgeführt.

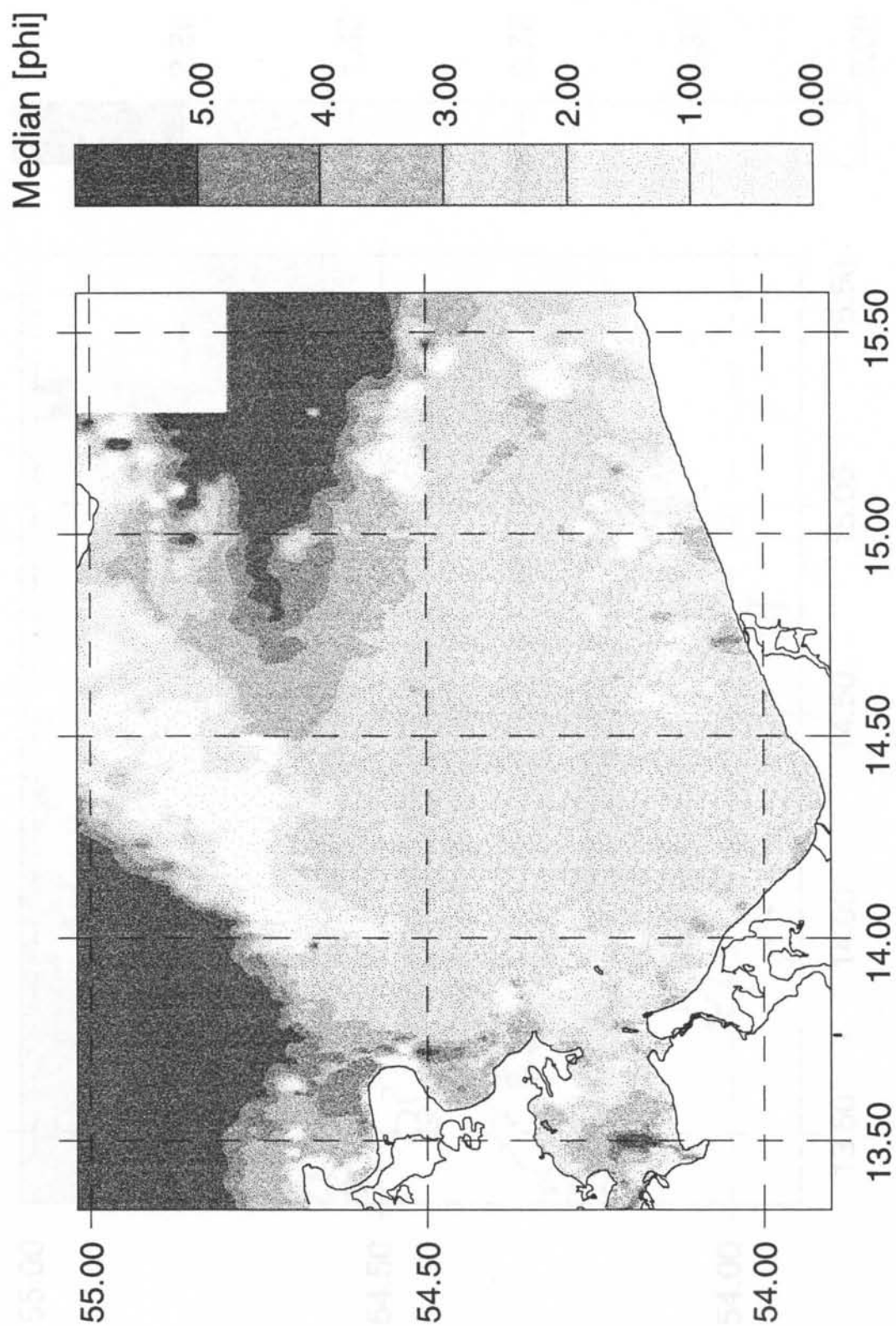


Abb. 4.3.1: Mittlere Korngröße der Oberflächensedimente in der Pommerschen Bucht nach Bobertz (1996)

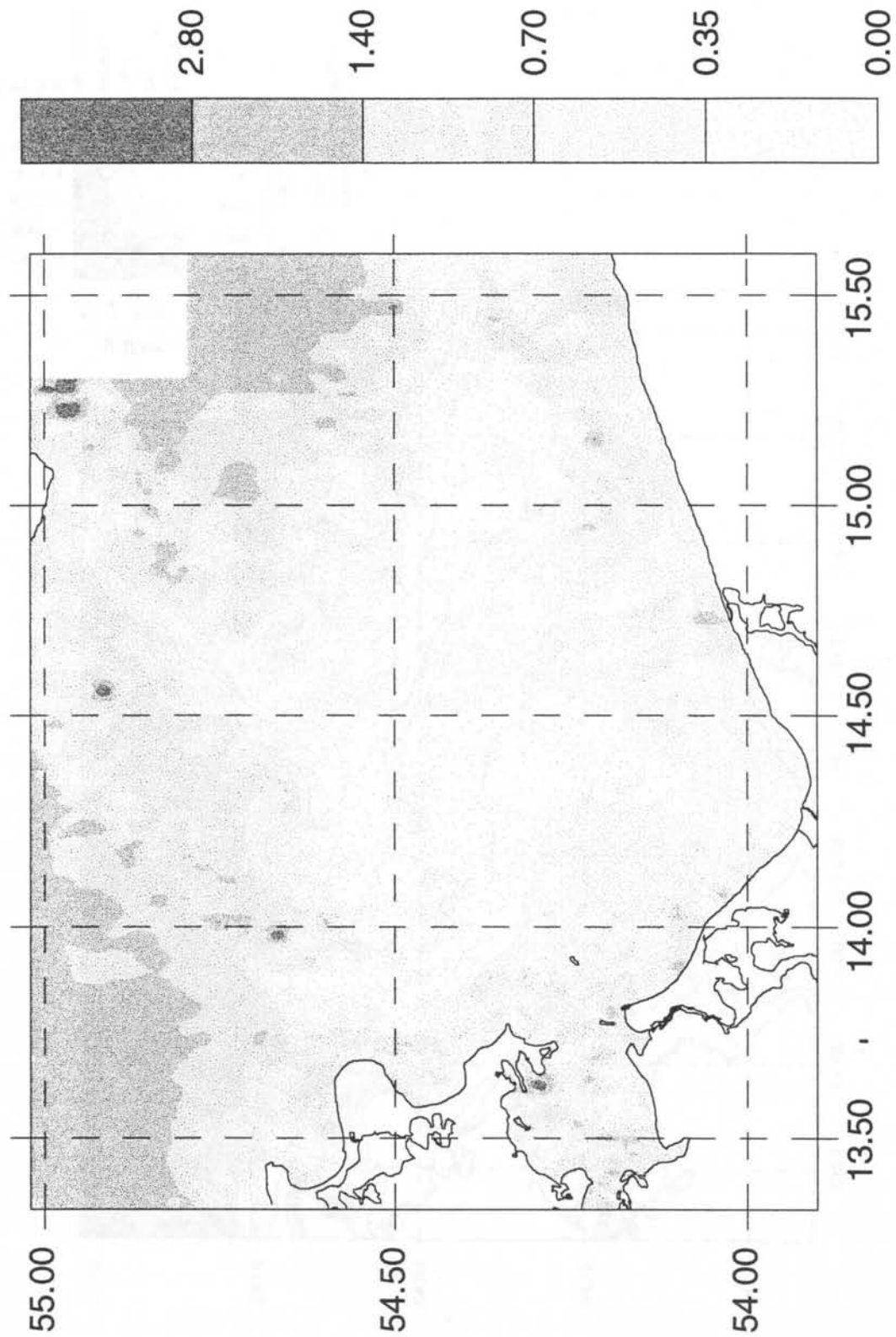
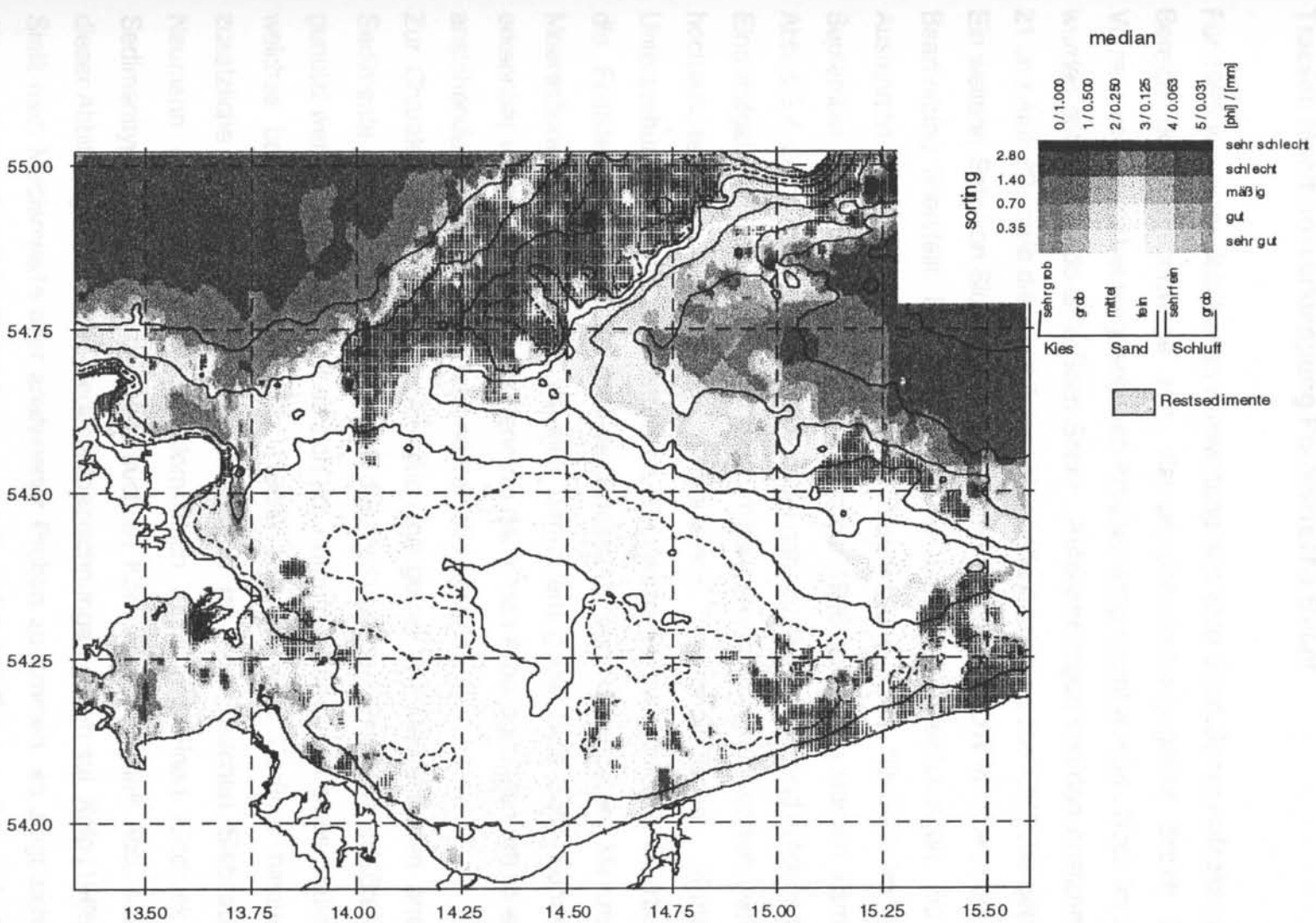


Abb. 4.3.2: Sortierung der Oberflächensedimente in der Pommerschen Bucht nach Bobertz (1996)

Abb. 4.3.3: Regionale Verteilung der Oberflächensedimente in der Pommerschen Bucht nach Bobertz (1996)



Trassen Munitionsverklappung Pommersche Bucht

Für 1995 war einer detaillierten Auswertung von Side Scan Sonar-Aufzeichnungen im Bereich der Transportwege zum Kampfstoffversenkungsgebiet östlich Bornholm Vorrang vor den bisher vorgesehenen Arbeiten eingeräumt worden. Noch im Jahr 1995 wurden entsprechende Side Scan Sonar - Aufzeichnungen von den Ausfahrten Wega 21 und Atair 69 sowie die zugehörigen Navigationsdaten an das IOW übergeben.

Ein weiterer Satz von Side Scan Sonar-Daten wurde dem IOW im November 1996 zur Bearbeitung überstellt. Hierbei handelte es sich um Aufzeichnungen, die während Ausfahrten mit dem Wracksuch- und Vermessungsschiff "Deneb" im März und September 1995 bzw. im Mai und September 1996 gewonnen worden waren. Das in Abb. 4.3.4. dargestellte Gebiet wurde dabei nahezu flächendeckend aufgenommen.

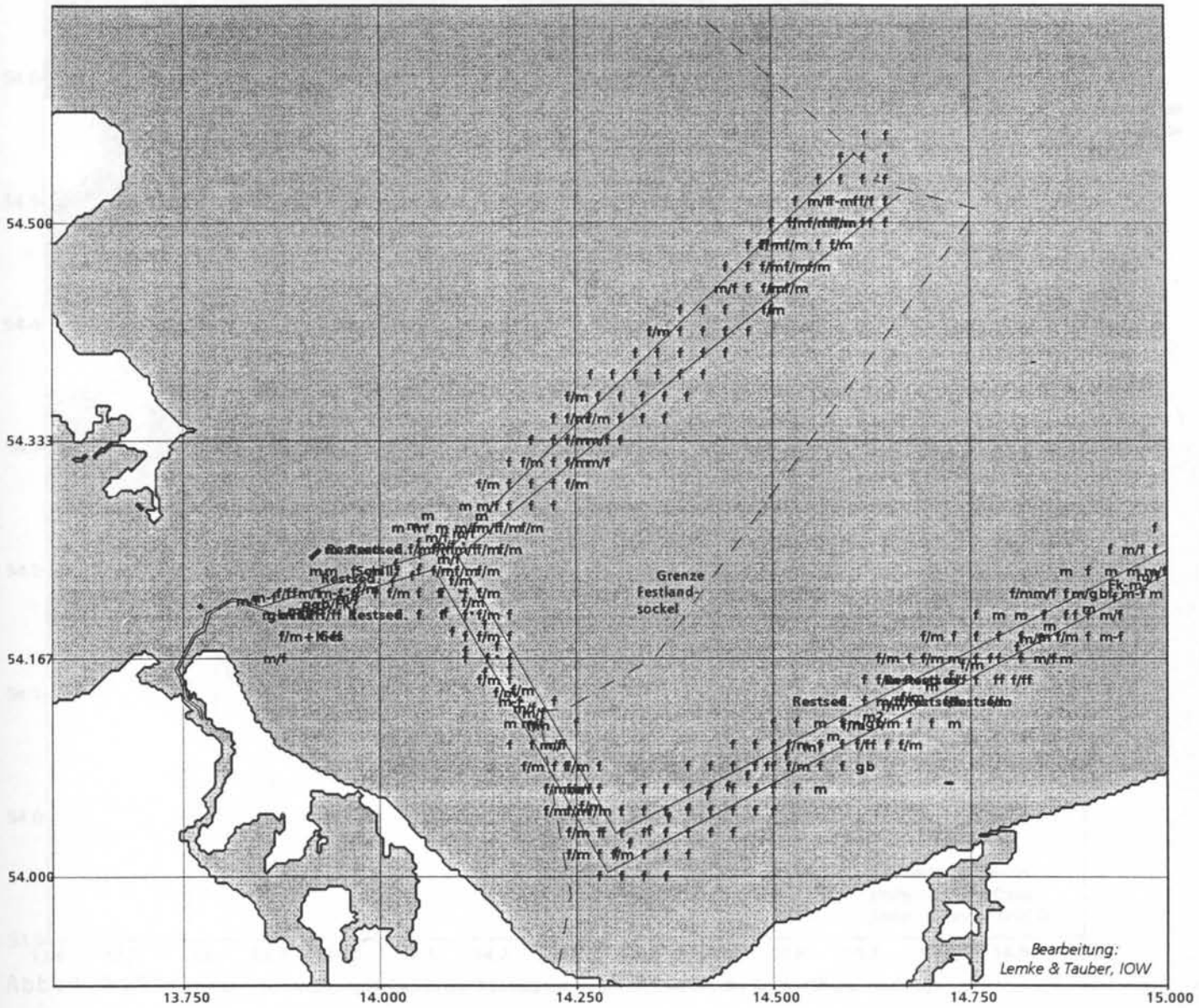
Eine Aufgabe des IOW war es, aus den mitgelieferten Navigationsdaten, welche auch hochauflösende Tiefendaten beinhalteten, morphologische Karten des Untersuchungsgebietes zu konstruieren. Ein zweiter Schwerpunkt der Bearbeitung war die Feststellung und kartenmäßige Erfassung von besonderen Merkmalen des Meeresbodens, wie sie nach visueller Bemusterung der Side Scan Sonar-Schriebe erkennbar waren. Dabei war die Kenntnis der in den Arbeitsgebieten am Meeresboden anstehenden Sedimente von besonderer Wichtigkeit.

Zur Charakterisierung der im Untersuchungsgebiet am Meeresboden anstehenden Sedimente konnten die im Rahmen des vorliegenden Projektes erfaßten Altdaten genutzt werden. Dabei handelt es sich um Korngrößenanalysen eines Stationsnetzes, welches bei Neumann & Bublitz (1969) erläutert wird. Darüber hinaus wurden zusätzliche Beprobungen vorgenommen und mit dem gleichen Siebsatz wie bei Neumann & Bublitz (1969) granulometrisch analysiert. Einen Eindruck von der Sedimenttyp-Verteilung in den untersuchten Korridoren vermittelt Abb. 4.3.4. Die in dieser Abbildung enthaltenen Sedimentbezeichnungen gehen auf Kolp (1966) zurück. Stellt man Medianwerte aller analysierter Proben zusammen, so zeigt sich, daß der überwiegende Anteil im Bereich zwischen 2 und 3 Phi-Graden, d.h. zwischen 0,125 und 0,25 mm liegt. Er liegt damit im groben Feinsandbereich (Abb. 4.3.5.). Nach Hjulström (1935) ist diese Korngrößenklasse die erste, die bei einer bestimmten Scherspannung in Bewegung gerät. Größere und sehr vereinzelt auch feinere

Medianwerte finden sich lediglich in Küstennähe vor Usedom bzw. vor der polnischen Küste. Betrachtet man die Sortierung der analysierten Proben (Abb. 4.3.6.), so sind in den letztgenannten Gebieten besonders schlechte Werte erkennbar. Ausgesprochen gute Sortierungswerte lassen sich auf der Oderbank feststellen. Im Zusammenspiel mit der transportsensitiven mittleren Korngröße (Abb. 4.3.7.) auf der Oderbank spricht dies für intensive Transportprozesse in der obersten Sedimentschicht. Da jedoch keinesfalls eine fortschreitende Erosion der Oderbank erkennbar ist, dürfte sich die Sedimentbewegung auf kleinräumige Prozesse beschränken.

1	Polen
2	Usedom
3	Nachsee
4	1000 - 1500 Jahre
5	1500 - 1800 Jahre
6	1800 - 1900 Jahre
7	1900 - 2000 Jahre
8	2000 - 2500 Jahre
9	2500 - 3000 Jahre
10	3000 - 3500 Jahre
11	3500 - 4000 Jahre
12	4000 - 4500 Jahre
13	4500 - 5000 Jahre
14	5000 - 5500 Jahre
15	5500 - 6000 Jahre
16	6000 - 6500 Jahre
17	6500 - 7000 Jahre
18	7000 - 7500 Jahre
19	7500 - 8000 Jahre
20	8000 - 8500 Jahre
21	8500 - 9000 Jahre
22	9000 - 9500 Jahre
23	9500 - 10000 Jahre
24	10000 - 10500 Jahre
25	10500 - 11000 Jahre
26	11000 - 11500 Jahre
27	11500 - 12000 Jahre
28	12000 - 12500 Jahre
29	12500 - 13000 Jahre
30	13000 - 13500 Jahre
31	13500 - 14000 Jahre
32	14000 - 14500 Jahre
33	14500 - 15000 Jahre
34	15000 - 15500 Jahre
35	15500 - 16000 Jahre
36	16000 - 16500 Jahre
37	16500 - 17000 Jahre
38	17000 - 17500 Jahre
39	17500 - 18000 Jahre
40	18000 - 18500 Jahre
41	18500 - 19000 Jahre
42	19000 - 19500 Jahre
43	19500 - 20000 Jahre
44	20000 - 20500 Jahre
45	20500 - 21000 Jahre
46	21000 - 21500 Jahre
47	21500 - 22000 Jahre
48	22000 - 22500 Jahre
49	22500 - 23000 Jahre
50	23000 - 23500 Jahre
51	23500 - 24000 Jahre
52	24000 - 24500 Jahre
53	24500 - 25000 Jahre
54	25000 - 25500 Jahre
55	25500 - 26000 Jahre
56	26000 - 26500 Jahre
57	26500 - 27000 Jahre
58	27000 - 27500 Jahre
59	27500 - 28000 Jahre
60	28000 - 28500 Jahre
61	28500 - 29000 Jahre
62	29000 - 29500 Jahre
63	29500 - 30000 Jahre
64	30000 - 30500 Jahre
65	30500 - 31000 Jahre
66	31000 - 31500 Jahre
67	31500 - 32000 Jahre
68	32000 - 32500 Jahre
69	32500 - 33000 Jahre
70	33000 - 33500 Jahre
71	33500 - 34000 Jahre
72	34000 - 34500 Jahre
73	34500 - 35000 Jahre
74	35000 - 35500 Jahre
75	35500 - 36000 Jahre
76	36000 - 36500 Jahre
77	36500 - 37000 Jahre
78	37000 - 37500 Jahre
79	37500 - 38000 Jahre
80	38000 - 38500 Jahre
81	38500 - 39000 Jahre
82	39000 - 39500 Jahre
83	39500 - 40000 Jahre
84	40000 - 40500 Jahre
85	40500 - 41000 Jahre
86	41000 - 41500 Jahre
87	41500 - 42000 Jahre
88	42000 - 42500 Jahre
89	42500 - 43000 Jahre
90	43000 - 43500 Jahre
91	43500 - 44000 Jahre
92	44000 - 44500 Jahre
93	44500 - 45000 Jahre
94	45000 - 45500 Jahre
95	45500 - 46000 Jahre
96	46000 - 46500 Jahre
97	46500 - 47000 Jahre
98	47000 - 47500 Jahre
99	47500 - 48000 Jahre
100	48000 - 48500 Jahre
101	48500 - 49000 Jahre
102	49000 - 49500 Jahre
103	49500 - 50000 Jahre
104	50000 - 50500 Jahre
105	50500 - 51000 Jahre
106	51000 - 51500 Jahre
107	51500 - 52000 Jahre
108	52000 - 52500 Jahre
109	52500 - 53000 Jahre
110	53000 - 53500 Jahre
111	53500 - 54000 Jahre
112	54000 - 54500 Jahre
113	54500 - 55000 Jahre
114	55000 - 55500 Jahre
115	55500 - 56000 Jahre
116	56000 - 56500 Jahre
117	56500 - 57000 Jahre
118	57000 - 57500 Jahre
119	57500 - 58000 Jahre
120	58000 - 58500 Jahre
121	58500 - 59000 Jahre
122	59000 - 59500 Jahre
123	59500 - 60000 Jahre
124	60000 - 60500 Jahre
125	60500 - 61000 Jahre
126	61000 - 61500 Jahre
127	61500 - 62000 Jahre
128	62000 - 62500 Jahre
129	62500 - 63000 Jahre
130	63000 - 63500 Jahre
131	63500 - 64000 Jahre
132	64000 - 64500 Jahre
133	64500 - 65000 Jahre
134	65000 - 65500 Jahre
135	65500 - 66000 Jahre
136	66000 - 66500 Jahre
137	66500 - 67000 Jahre
138	67000 - 67500 Jahre
139	67500 - 68000 Jahre
140	68000 - 68500 Jahre
141	68500 - 69000 Jahre
142	69000 - 69500 Jahre
143	69500 - 70000 Jahre
144	70000 - 70500 Jahre
145	70500 - 71000 Jahre
146	71000 - 71500 Jahre
147	71500 - 72000 Jahre
148	72000 - 72500 Jahre
149	72500 - 73000 Jahre
150	73000 - 73500 Jahre
151	73500 - 74000 Jahre
152	74000 - 74500 Jahre
153	74500 - 75000 Jahre
154	75000 - 75500 Jahre
155	75500 - 76000 Jahre
156	76000 - 76500 Jahre
157	76500 - 77000 Jahre
158	77000 - 77500 Jahre
159	77500 - 78000 Jahre
160	78000 - 78500 Jahre
161	78500 - 79000 Jahre
162	79000 - 79500 Jahre
163	79500 - 80000 Jahre
164	80000 - 80500 Jahre
165	80500 - 81000 Jahre
166	81000 - 81500 Jahre
167	81500 - 82000 Jahre
168	82000 - 82500 Jahre
169	82500 - 83000 Jahre
170	83000 - 83500 Jahre
171	83500 - 84000 Jahre
172	84000 - 84500 Jahre
173	84500 - 85000 Jahre
174	85000 - 85500 Jahre
175	85500 - 86000 Jahre
176	86000 - 86500 Jahre
177	86500 - 87000 Jahre
178	87000 - 87500 Jahre
179	87500 - 88000 Jahre
180	88000 - 88500 Jahre
181	88500 - 89000 Jahre
182	89000 - 89500 Jahre
183	89500 - 90000 Jahre
184	90000 - 90500 Jahre
185	90500 - 91000 Jahre
186	91000 - 91500 Jahre
187	91500 - 92000 Jahre
188	92000 - 92500 Jahre
189	92500 - 93000 Jahre
190	93000 - 93500 Jahre
191	93500 - 94000 Jahre
192	94000 - 94500 Jahre
193	94500 - 95000 Jahre
194	95000 - 95500 Jahre
195	95500 - 96000 Jahre
196	96000 - 96500 Jahre
197	96500 - 97000 Jahre
198	97000 - 97500 Jahre
199	97500 - 98000 Jahre
200	98000 - 98500 Jahre
201	98500 - 99000 Jahre
202	99000 - 99500 Jahre
203	99500 - 100000 Jahre

Abb. 4.3.4.: Sedimentverteilung in möglichen Munitionsverklappungsgebieten der Pommerschen Bucht



Bearbeitung:
Lemke & Tauber, IOW

- | | |
|----------|------------------------|
| Fk | Feinkies |
| gb | Grobsand |
| m | Mittelsand |
| m/f | Mittel- bis Feinsand |
| m/ff | Mittel- bis Feinstsand |
| f/m | Fein- bis Mittelsand |
| f | Feinsand |
| f/ff | Fein- bis Feinstsand |
| Restsed. | Restsedimente |

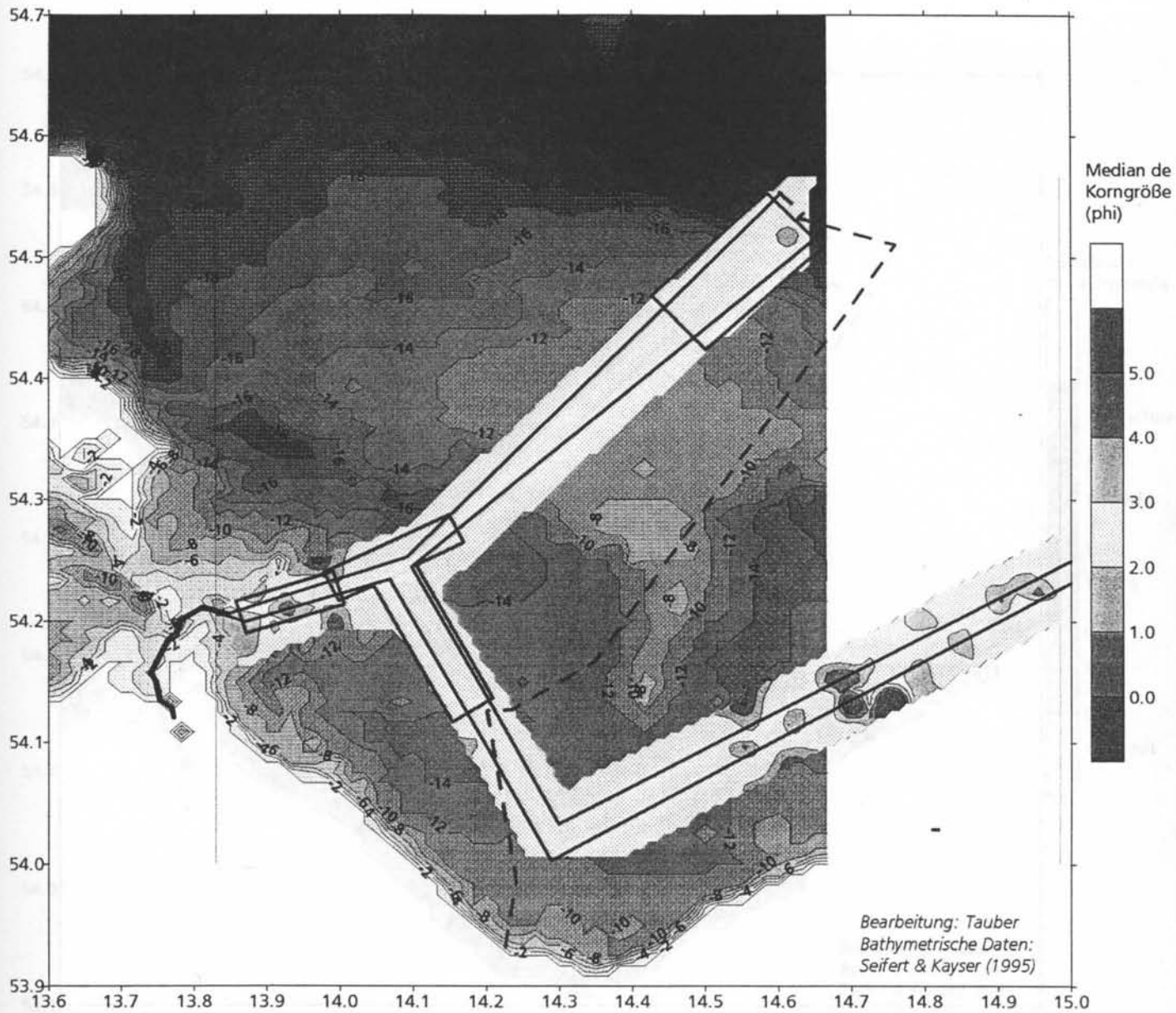


Abb. 4.3.5.: Munitionsverdachtsflächen in der Pommerschen Bucht, Median der Korngrößenverteilung

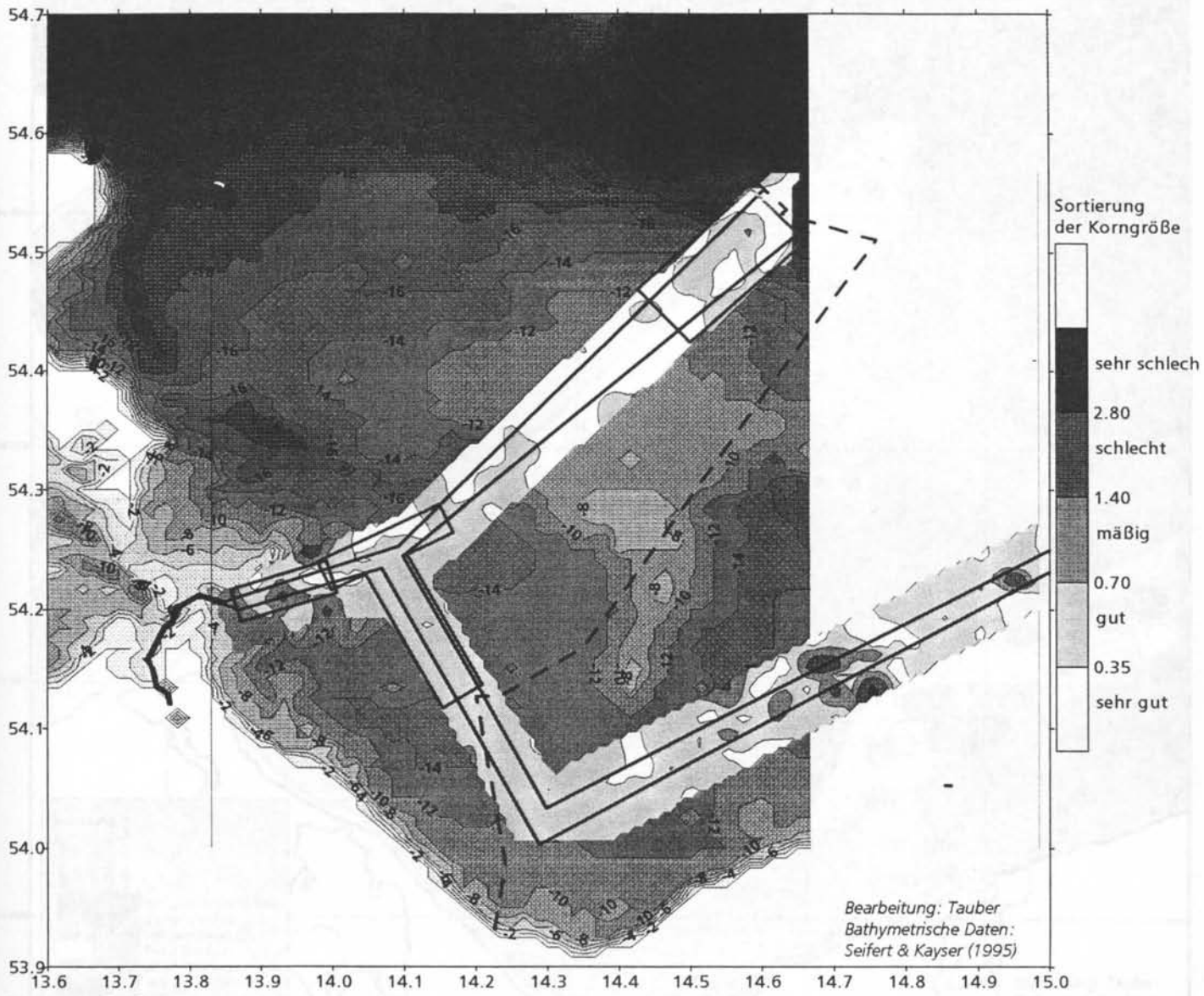
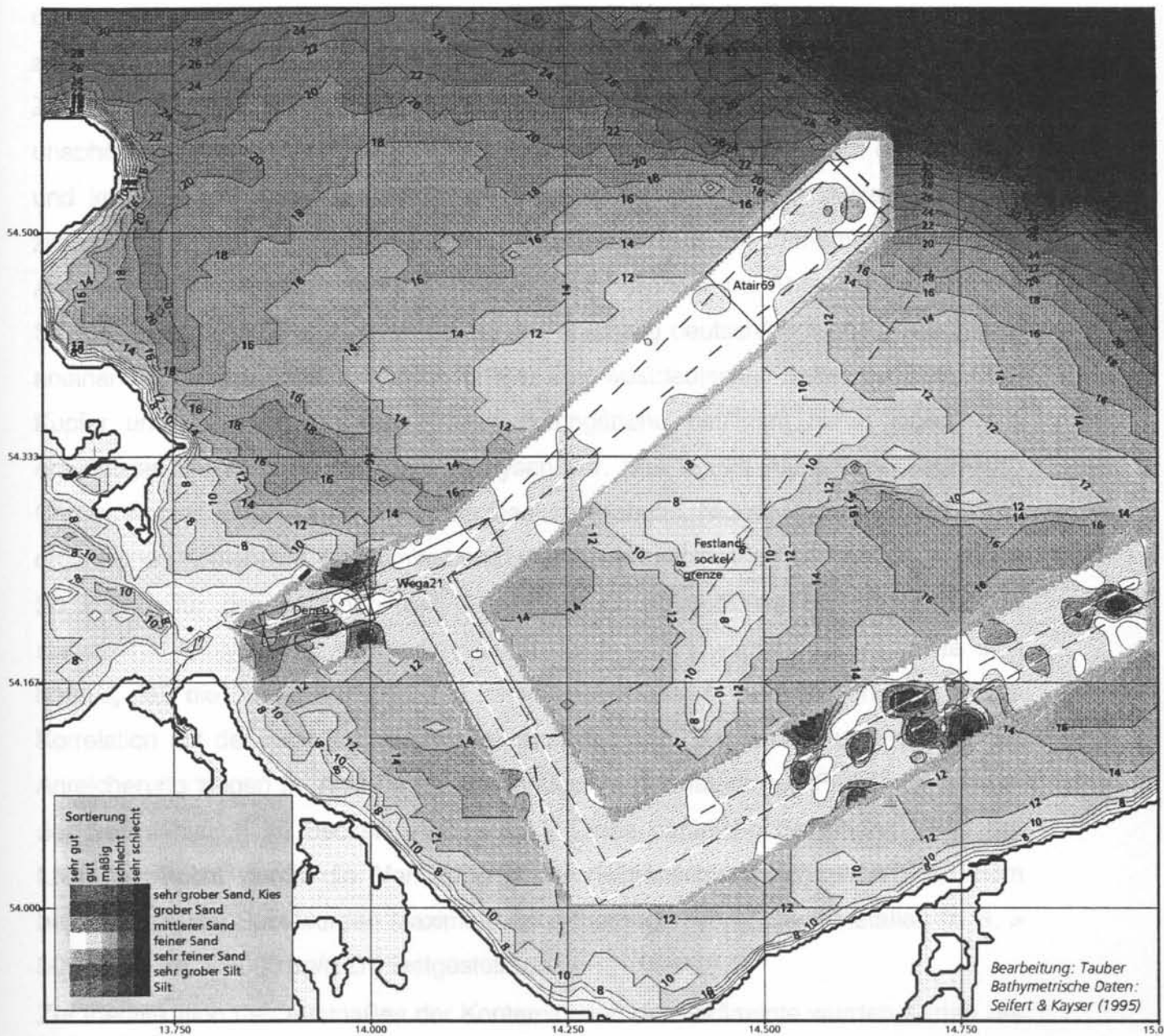


Abb. 4.3.6.: Munitionsverdachtsflächen in der Pommerschen Bucht, Sortierung der Korngrößenverteilung

4.4 Sedimentverteilung in der Pommerschen Bucht

Bucht und Küstenverlauf

Figuren sind in der Reihenfolge der Abbildung in der Reihenfolge der Nummerierung angeordnet. Die Unterauswahl der Figuren, aus denen die Karte besteht, ist in der Reihenfolge der Nummerierung angegeben.



Bearbeitung: Tauber
 Bathymetrische Daten:
 Seifert & Kayser (1995)

Abb. 4.3.7: Munitionsverdachtsflächen in der Pommerschen Bucht, Parameterkombination der Korngrößenverteilung

Datensatzkonstanten (Anl. 4.4.1)

4.4. Schwermetallverteilung in Sedimenten der Lübecker Bucht, Kieler Bucht und Arkonabecken

Eine spezielle Aufgabe bestand im Rahmen dieses Projektes darin, Ergebnisse eines Untersuchungsprogrammes, das Mitte der achtziger Jahre feinkörnigen Sedimenten der westlichen Ostsee (Arkonabecken, Lübecker Bucht, Kieler Bucht) gewidmet war, zu kompilieren und vor allem Schwermetallanalysen in einen räumlichen Zusammenhang zu stellen. Die Untersuchungen wurden in beiden deutschen Staaten unabhängig voneinander in den jeweiligen damaligen Hoheitsgewässern durchgeführt und konnten erst nach der deutschen Vereinigung im Rahmen dieses Projektes zusammenhängend interpretiert werden. Ergebnisse sind zusammenfassend in der Anl. 4.4.1 (Leipe et al., 1997) dargestellt und beschrieben. Abb. 4.4.1. zeigt die Stationspläne beider Programme, die an der ehemals deutsch/deutschen Seegrenze aneinander grenzen. Während Irion (1984) von westdeutscher Seite nur Zink, Blei, Kupfer und Cadmium an den Proben durchgehend bestimmt hatte, lagen vom ehemaligen IfM-W umfangreichere Analysen vor. Das betrifft Aluminium, Cadmium, Chrom, Kupfer, Eisen, Quecksilber, Magnesium, Mangan, Nickel, Phosphor, Blei, Zink, organischen Kohlenstoff, Kalziumkarbonat und die granulometrischen Daten.

So konnte für den östlichen Teil des Untersuchungsgebietes eine umfangreiche statistische Analyse und Kartendarstellung durchgeführt werden. Dabei stellte sich heraus, daß die Schwermetallgehalte im Arkonabecken im wesentlichen eine direkte Korrelation mit der Korngröße aufweisen und damit im Beckenzentrum Maxima der Anreicherung zeigen (s. Anl. 4.4.1.). Das entspricht der natürlichen Fraktionierung bei der Sedimentation im Becken (Abb. 4.4.2.). Diese natürliche Beziehung ist in der Lübecker Bucht durch die Verklappung von Hüttenschlämmen gestört. An dem betreffenden Hot Spot wurden maximale Anreicherungen von Schwermetallen (z. B. > 5000 µg/g Pb, > 6000 µg/g Zn) festgestellt.

Zur Identifikation des Ausmaßes der Kontamination der Sedimente wurden Karten der Schwermetallverteilung aus Lübecker Bucht und Kieler Bucht mit den kompilierten Datensätzen konstruiert (Anl. 4.4.1.).

Class	N Obs	Variable	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
1	1	Pb	5100.00		5100.00	5100.00
		Zn	6150.00		6150.00	6150.00
		Cu	334.00		334.00	334.00
2	10	Pb	330.80	55.09	266.00	44.00
		Zn	410.60	48.76	305.00	491.00
		Cu	65.20	17.00	45.00	96.00
3	18	Pb	198.28	38.35	98.00	250.00
		Zn	311.28	60.24	153.00	409.00
		Cu	48.61	5.33	40.00	59.00
4	102	Pb	152.43	28.88	101.00	244.00
		Zn	209.58	33.32	133.00	336.00
		Cu	38.80	5.73	27.00	66.00
5	14	Pb	78.07	25.49	42.00	117.00
		Zn	110.93	39.56	32.00	160.00
		Cu	29.43	14.19	4.00	46.00

Tab.4.4.1.: Statistische Parameter der Variablen Pb, Zn, Cu für die Sedimentklassen in der Lübecker Bucht

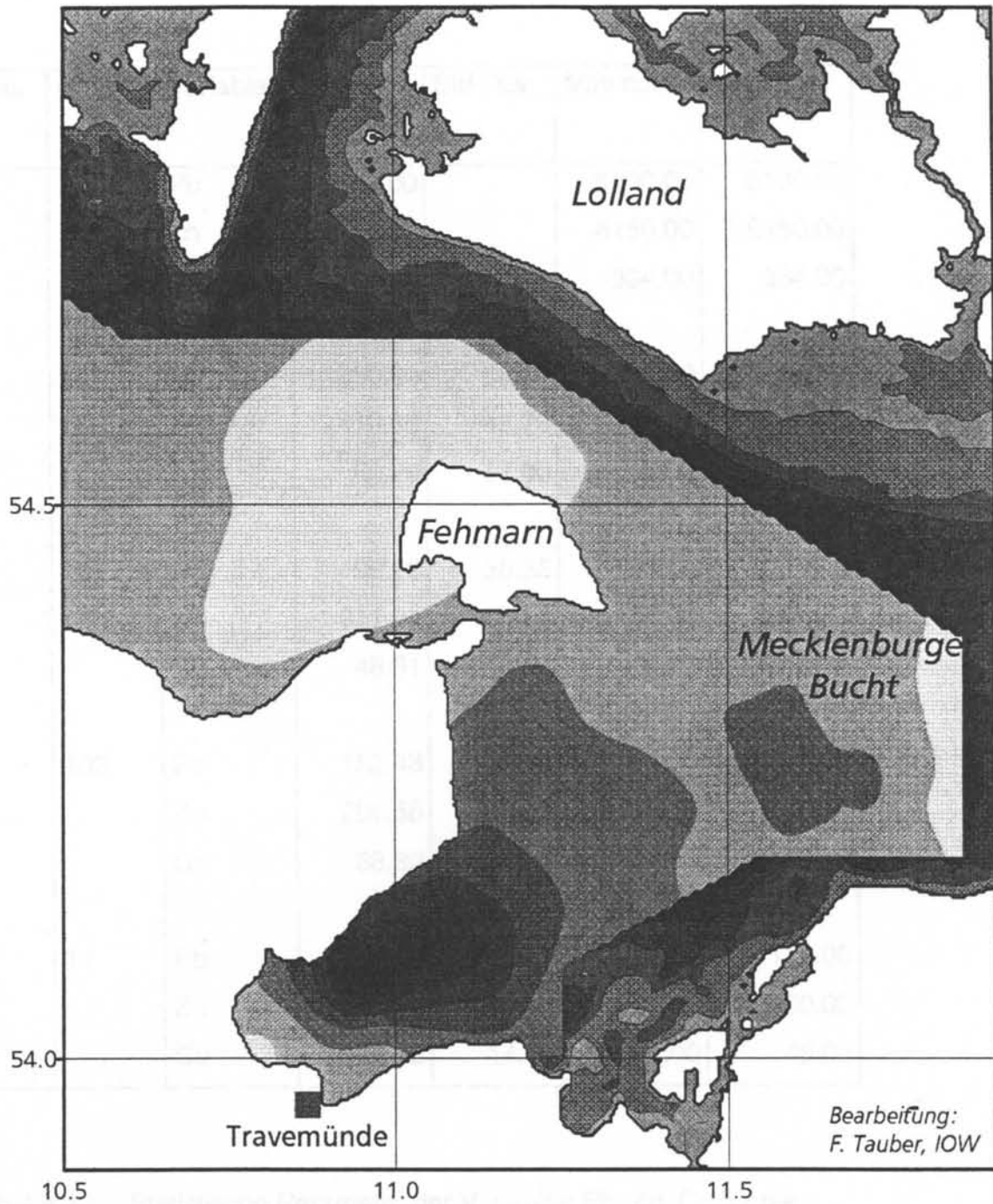


Abb. 4.4.2.:

Verteilung von Blei an der Sedimentoberfläche der Kieler Bucht, Lübecker und Mecklenburger Bucht (Fraktion $<20 \mu\text{m}$).

Class	N Obs	Variable	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
1	1	Pb	5100.00		5100.00	5100.00
		Zn	6150.00		6150.00	6150.00
		Cu	334.00		334.00	334.00
2	10	Pb	330.80	55.09	266.00	44.00
		Zn	410.60	48.76	305.00	491.00
		Cu	65.20	17.00	45.00	96.00
3	18	Pb	198.28	38.35	98.00	250.00
		Zn	311.28	60.24	153.00	409.00
		Cu	48.61	5.33	40.00	59.00
4	102	Pb	152.43	28.88	101.00	244.00
		Zn	209.58	33.32	133.00	336.00
		Cu	38.80	5.73	27.00	66.00
5	14	Pb	78.07	25.49	42.00	117.00
		Zn	110.93	39.56	32.00	160.00
		Cu	29.43	14.19	4.00	46.00

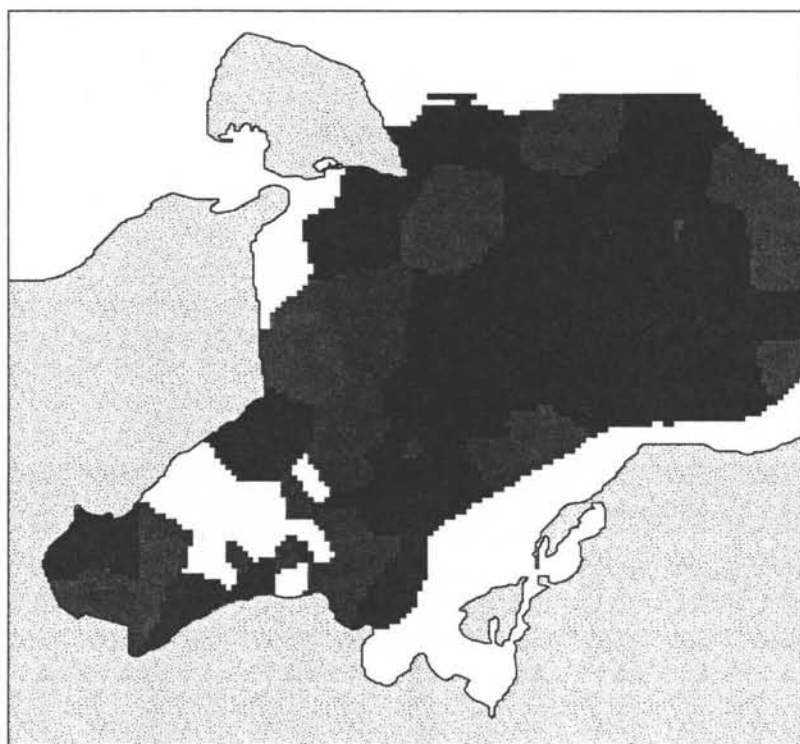
Tab.4.4.1.: Statistische Parameter der Variablen Pb, Zn, Cu für die Sedimentklassen in der Lübecker Bucht

Als Beispiel wird hier nur die Karte der Bleiverteilung wiedergegeben (Abb. 4.4.2.). Die Konzentrationen um den Hot Spot in der Lübecker Bucht lassen auf einen Transport des kontaminierten Sediments in nordöstliche Richtung schließen.

Um diesen Prozeß genauer zu erfassen, wurde in Kooperation mit dem Kansas Geological Survey (Dr. R. Olea) die Methode der regionalisierten Klassifizierung auf die Stationen der Lübecker Bucht angewendet, ausgehend von der Annahme, daß das kontaminierte Sediment durch mehrere Kontaminanten zu beschreiben ist.

Als diejenigen Variablen, die sowohl im östlichen als auch im westlichen Teil der Lübecker Bucht bestimmt wurden, gingen Blei, Kupfer und Zink in die Untersuchung ein. Eine Klassifizierung ergab eine Reihenfolge von fünf Sedimenttypen mit abnehmender Kontamination (Tab. 4.4.1.).

Mittels der von Harff & Davis (1990) erarbeiteten Methode (s. Anl. 3.2.1.) wurde die Verteilung der Klassen als thematische Karte dargestellt (Abb. 4.4.3.).



Legende

Klasse 1	rot
Klasse 2	gelb
Klasse 3	grün
Klasse 4	dunkelblau
Klasse 5	hellblau

Abb. 4.4.3 Regionalisierung der Oberflächensedimente der Lübecker Bucht nach Kontamination der Sedimente mit den Schwermetallen Pb, Zn, Cu

Es zeigt sich, daß die Klasse höchster Schwermetallkonzentration auf die unmittelbare Nähe der Verklappungsstelle (Hot Spot) beschränkt ist. Die Sedimentklasse mit der nächsthöheren (Klasse 2) Schwermetallkonzentration zeigt jedoch eine deutliche Ausrichtung nach E und NE, Klasse 3 hingegen ist sowohl südwestlich vom Hot Spot als auch in einem östlich davon N-S gerichteten Band ausgerichtet. Dieses Verteilungsmuster resultiert aus dem Transport kontaminierten Materials durch die bodennahe Strömung in der Lübecker Bucht. Erste Vergleiche mit Modellergebnissen und Messungen wurden durchgeführt und sollen im Rahmen eines weiterführenden Forschungsprogramms untersetzt und spezifiziert werden.

4.5. Beckenfüllungen/Paläogeographische Modellierung

Als Vorarbeit für über dieses Projekt hinausführende Untersuchungen zur Modellierung der Bildungsprozesse der Ostsee speziell im Hinblick auf eine spätere prognostische Simulation von Becken- und Küstenprozessen wurden Datensätze zusammengestellt und erste paläogeographische Rekonstruktionen durchgeführt.

Speziell für die Sedimentation der marinen Schlicke in den Becken trug Bonacker (1996) Mächtigkeitsdaten für den Schlick aus allen Becken der Ostsee durch Analyse von seismoakustischen Profilen und publizierten Karten zusammen. Abb. 4.5.1. zeigt als Beispiel die Mächtigkeit des "marinen" Schlicks im Bornholmbecken. Die mit dem Programm SURFER in erzeugte perspektivische Grafik in Abb. 4.5.2. stellt das Relief ohne die marinen Schlicke dar. Sie vermittelt damit einen Eindruck vom Relief des Bornholmbeckens zum Ende der ancycluszeitlichen Entwicklung der Struktur. Nicht berücksichtigt sind dabei Erosionsprozesse und neotektonische Bewegungen.

Eine Rekonstruktion des Küstenverlaufs zu Beginn des ancycluszeitlichen Entwicklungsstadiums der Ostsee zeigt Abb. 4.5.3. Dabei wurde das Relieffile ETOP05 zugrunde gelegt und der Küstenverlauf mittels der bei Pirazzoli (1991) gegebenen holozänen regionalen Meeresspiegelvariationen rekonstruiert.

Es handelt sich hier um erste Ergebnisse eines Forschungsprogramms, das aufbauend auf den Ergebnissen dieses Projektes eine prozeßorientierte geologische Forschung zum Inhalt hat. Dabei geht es zunächst darum, die in der Beckenmodellierung entwickelte Methodik des "Backstripping" (Lerche, 1990) zur Rekonstruktion der Entwicklung des Ostseebeckens (speziell der Küsten) anzuwenden. Solche mit vorliegenden Daten validierten Modelle sollen dann die Grundlage für die Ableitung prediktiver Szenarien bilden. Solche Szenarien sind insbesondere für das Management der Küstenzonen zukünftig von erheblicher Bedeutung.

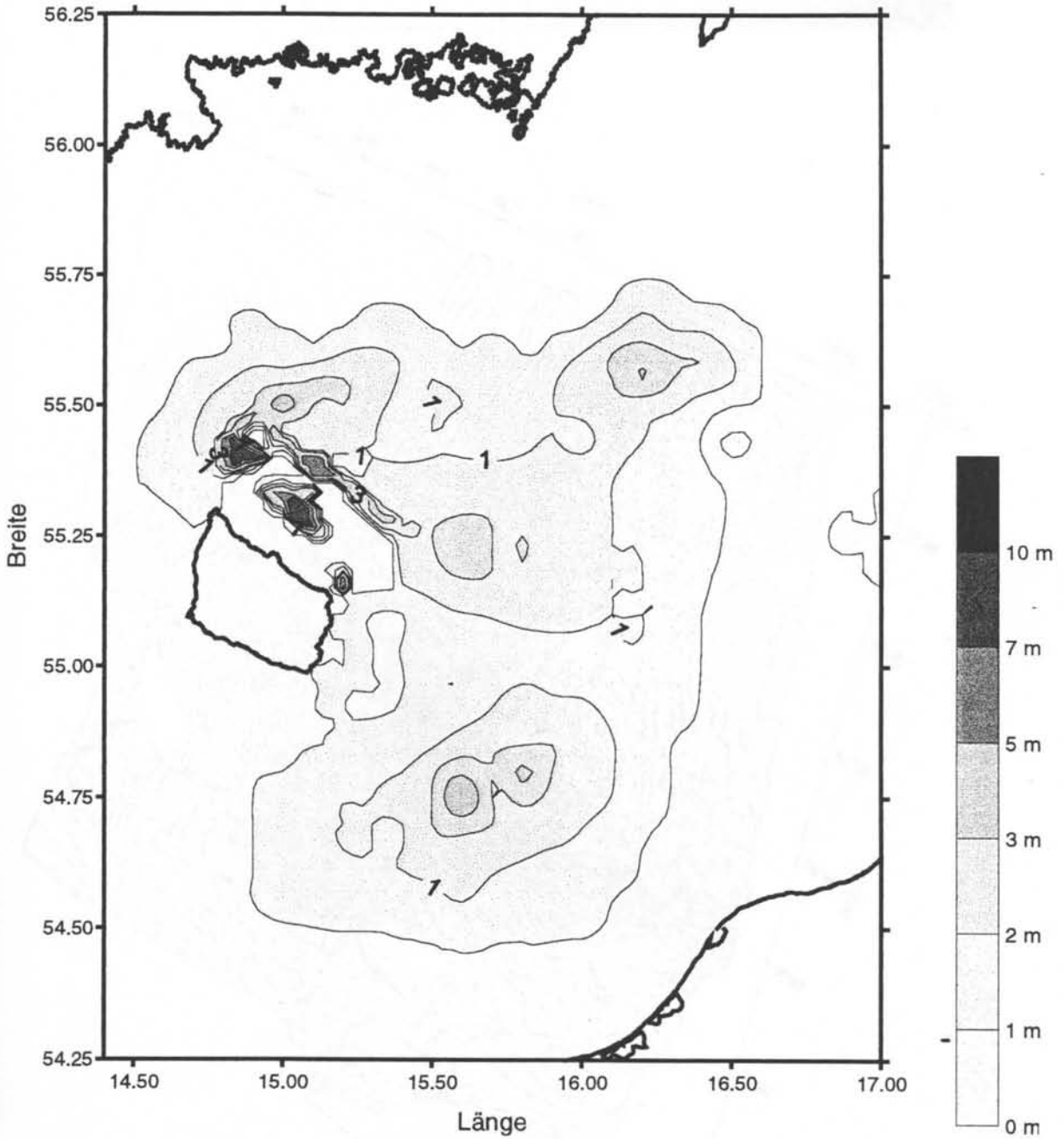


Abb. 4.5.1: Bornholmbecken: Mächtigkeit der marinen Schlicke nach Bonacker (1996)

Abb. 4.5.2: Bornholmbecken: Mächtigkeit der marinen Schlicke nach Bonacker (1996)

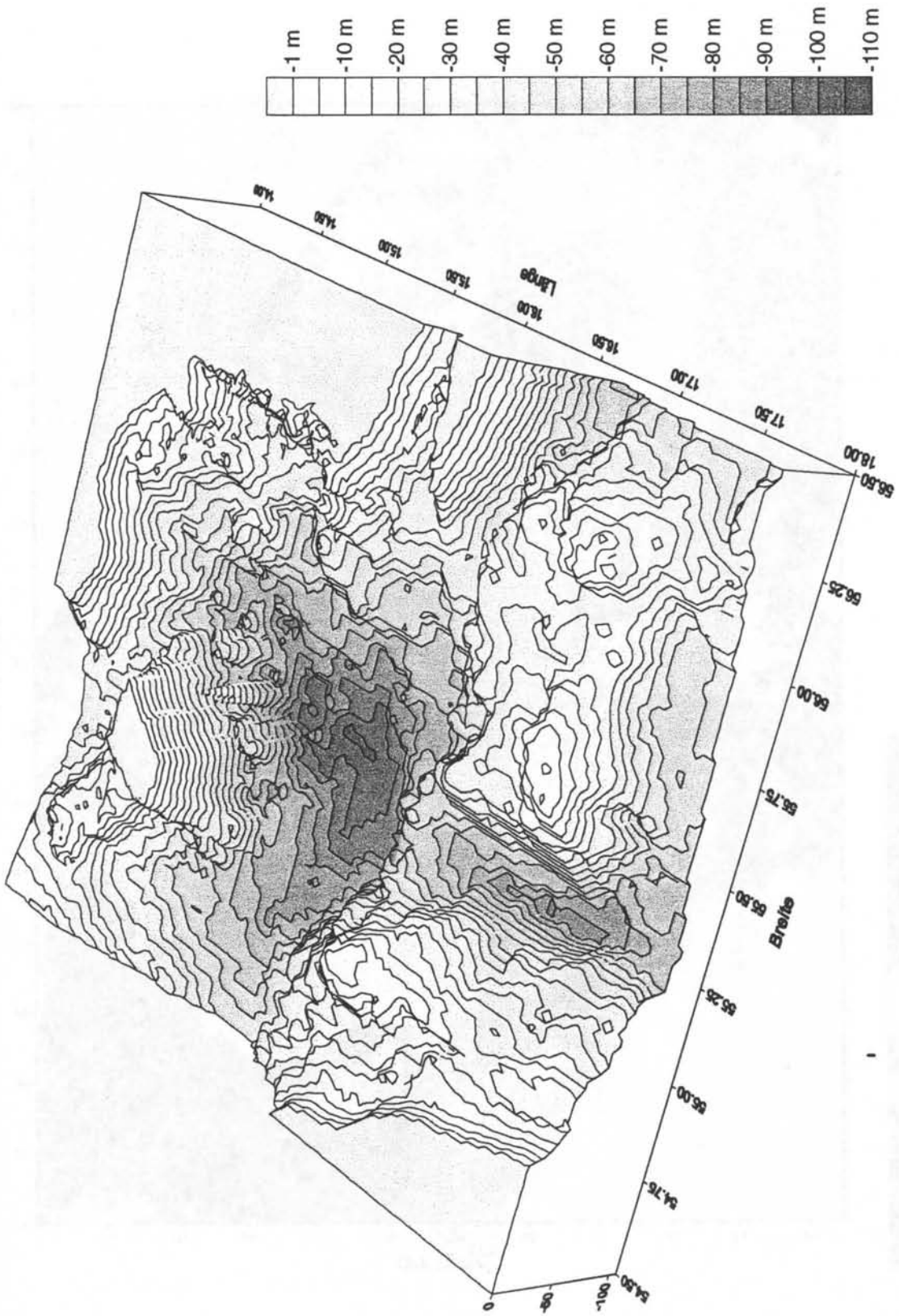


Abb. 4.5.2: Bornholmbecken: Relief ohne marine Schlicke nach Bonacker (1996)

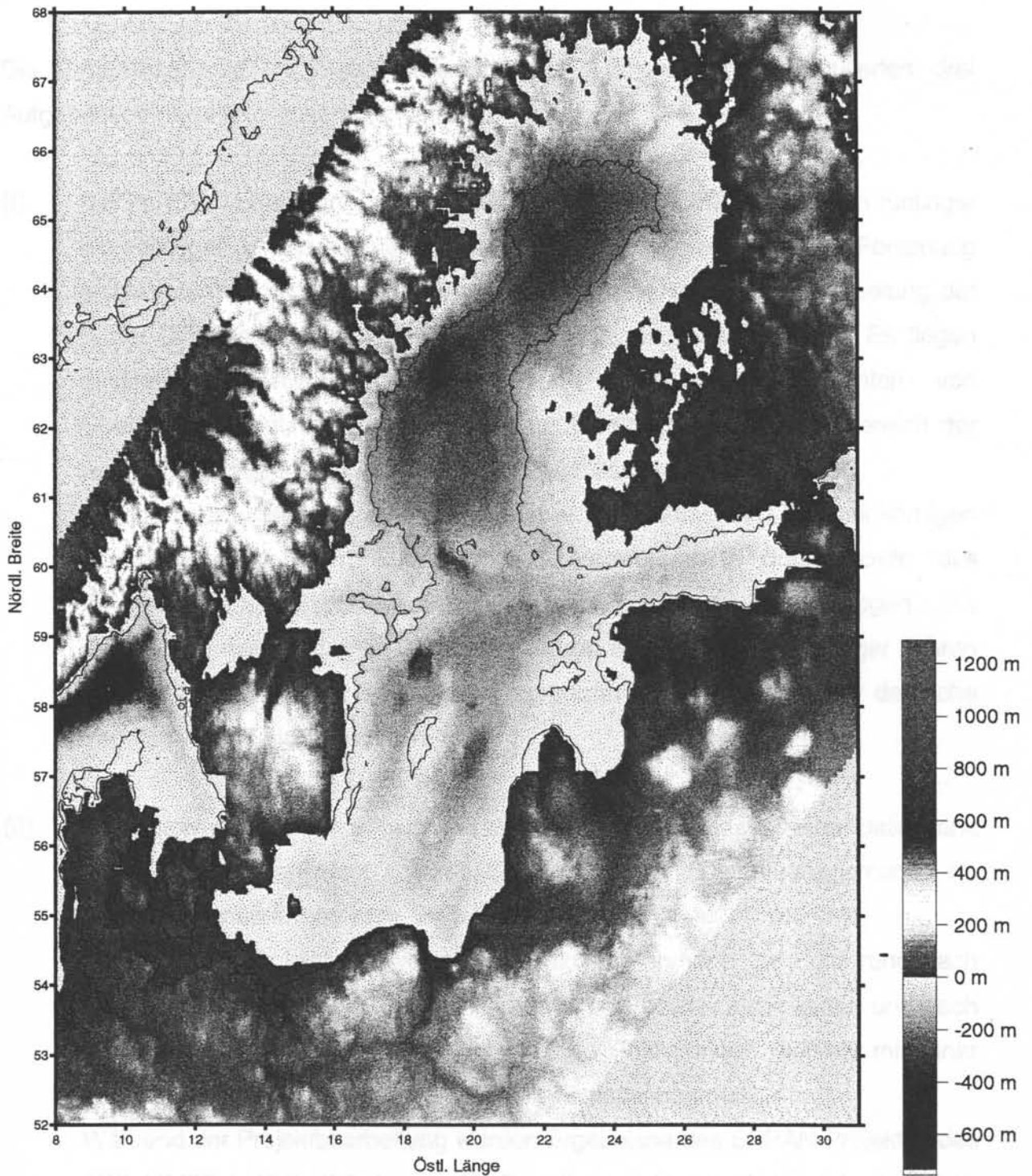


Abb. 4.5.3: Paläo-Reliefkarte des Ostseeraumes 9000 Jahre B.P. nach Bonacker (1996)

5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse sind im folgenden entsprechend der eingangs formulierten drei Aufgabenkomplexe kurz zusammengefaßt.

- (I) Der im IOW vorhandene sedimentologische Altdatenbestand aus den fünfziger bis achtziger Jahren konnte gerettet und für die wissenschaftliche Forschung erschlossen werden. Dabei spielte eine wichtige Rolle die Entschlüsselung der in der DDR-Zeit aus Sicherheitsgründen codierten Datenbestände. Es liegen qualitative Sedimentbeschreibungen und granulometrische Daten von Oberflächen- und Kernproben von ca. 20000 Stationen aus dem Bereich der westlichen Ostsee von $10^{\circ} 30' E$ bis $15^{\circ} 30' E$ flächendeckend vor. Zusätzlich wurden vor allem die Schwermetallbelastung der feinkörnigen Sedimente der Kieler, Lübecker und Mecklenburger Bucht sowie des Arkonabeckens an 500 Stationen in den Datenfundus einbezogen. Die Kompilation dieser aus den beiden deutschen Staaten in den achtziger Jahren separat durchgeführten Monitoring-Programme war erst durch die deutsche Vereinigung möglich geworden.
- (II) Die Daten wurden elektronisch gespeichert, wobei zunächst eine Datenbank unter dBase angelegt wurde, welche das Datenmanagement für Projektaufgaben ermöglichte. Während der Projektbearbeitung stellte sich zunehmend die Forderung nach interdisziplinärer Nutzung der Daten in anderen Forschungsprojekten und nach einer Netzanbindung der Datenbank. Diese Forderungen werden mit einer nachträglich geschaffenen INGRES-Datenbanklösung erfüllt. Während der Projektbearbeitung wurden Ergebnisse des SEPAN-Projektes des AWI (BMBF gefördert) bekannt. Als Reaktion erfolgte in Kooperation mit dem AWI die Schaffung einer Schnittstelle zwischen der IOW-GEO-DB und SEPAN. Testuntersuchungen ergaben, daß SEPAN die von IOW-Seite an eine sedimentologische Datenbank gestellten Anforderungen erfüllt.

(III) Als erstes Ergebnis zum Aufgabenbereich der Kartierung entstanden in Kooperation mit russischen, polnischen und dänischen Partnern inzwischen international genutzte Sedimentkarten der westlichen Ostsee (Darßer Schwelle bis Bornholmbecken).

Grundlage war vor allem die nach 1990 möglich gewordene Ost-West-Kooperation. Eine detaillierte Auwertung des Altdatenbestandes erfolgte konzentriert auf die Pommersche Bucht, da hier derzeit ein regionaler Schwerpunkt der Forschung am IOW und seiner Kooperationspartner liegt. Mit seiner Diplomarbeit legte ein Diplomand an der Universität Greifswald einen Satz numerisch erzeugter Karten der granulometrischen Fazies der Sedimente der Pommerschen Bucht vor. Diese Karten gehen in nationale und internationale Forschungsprojekte ein.

Karten der Schwermetallverteilung im Becken und in Buchten der westlichen Ostsee zeigen die natürliche und anthropogene Anreicherung bzw. Kontamination. Die Anwendung der Methodik der regionalisierten Klassifizierung sowie der Vergleich mit den Ergebnissen von Strömungsmodellen erlaubt Rückschlüsse auf Transportmechanismen kontaminierten Sediments in der Lübecker Bucht.

Erste paläogeographische Modellierungen des Küstenlinienverlaufs der Ostsee während des Holozäns liegen als Karten vor. Hier erarbeitete Karten werden bereits für die Forschung im IOW genutzt.

Erste praktische Nutzungen des Altdatenbestandes erfolgten im Rahmen der Untersuchungen von Munitionsverklappungstrassen in der Pommerschen Bucht durch das BSH.

Es leiten sich folgende Schlußfolgerungen ab:

Der Altdatenbestand bildet einen wertvollen Grundstock für sedimentologische Forschungsarbeiten im IOW und soll durch aktuelle Forschungsarbeiten und das Monitoring-Programm ständig ergänzt und erweitert werden. Geophysikalische Profile sind zunächst getrennt zu erfassen, jedoch ist bereits in konzeptionellem Hinblick auf eine Zusammenführung der Datenbestände zu orientieren.

Als Datenbankbetriebssystem wird SEPAN empfohlen. Das IOW sollte sich am Betrieb des komfortabel ausgestatteten Systems beteiligen, Voraussetzung ist der Betrieb unter MS-Windows und ein funktionstüchtiger Netzbetrieb. Entwicklungsarbeiten der Datenbanksoftware sowie Pflege der Datenbank könnten am IOW damit eingestellt werden.

Die mit dem Projekt aufgenommenen Modellierungsarbeiten wurden im Hinblick auf volumetrische und Massenbilanzmodelle der holozänen Sedimente der westlichen Ostsee ausgerichtet, auch unter Einbeziehung von Transportmodellierungen. Dazu wurde 1997 ein IOW-Projekt "Sedimentdynamik westliche Ostsee" in Kooperation zwischen den Sektionen Marine Geologie und Physikalische Ozeanographie gestartet. Spezielles Interesse verdient die Entwicklung der Küstenräume. Eine Kooperation zur Modellierung von Küstenprozessen zwischen dem IOW, der Universität Greifswald und dem STAUN Rostock befindet sich in Vorbereitung.

Literaturverzeichnis

Bobertz, B. (1996): Untersuchung der regionalen Verteilung granulometrischer Eigenschaften der Oberflächensedimente der Pommernbucht mit geostatistischen Verfahren und ihre genetische Interpretation. – unveröff. Diplom-Arbeit, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Fachrichtung Geowissenschaften, 53 S.

Davis, J.C., Harff, J., Lemke, W., Olea, R.A., Tauber, F., Bohling, G.C., Zhou, Di (1995): Analysis of sedimentary facies by regionalized classification. Kansas Geological Survey Open File Report, 95-4, Lawrence, 28 S.

Davis, J.C., Harff, J., Lemke, W., Olea, R.A., Tauber, F., Bohling, G.C. (1996): Analysis of Baltic Sedimentary Facies by Regionalized Classification. – Geowissenschaften, 14. Lehrgang, Nr. 2, S. 67-72.

Deutsch, C.V., Journel, A.G., (1992): GSLIB – Geostatistical Software Library and Users Guide. – N.Y., Oxford: Oxford Univ. Press, 340 S.

Diepenbroek, M., Grobe, H., Reinke, M. (1995): SEPAN – Sediment and Paleoclimate Data Network. – in: Kremers, H., Pittmann, W. (Eds.), Raum und zeit in Umweltinformationssystemen, Proc. 9th Intern. Symposium CSEP (95), S. 642-649.

Edwards, M.O. (1989): Global Gridded Elevation and Bathymetry (ETOPO5). Digital raster data on a 5-minute Geography (lat/long) 2160 x 4320 (centroid-registered) grid. 9-track tape. Boulder, CO: NOAA National Geophysical Data Center. 18.6. MB.

Emelyanov, E., Neumann, G., Lemke, W., Kramarska, R., Uscinowicz, Sz., (1994): Bottom sediments of the Western Baltic (Layer 0-5 cm), 1:500 000, P.P Shirshov Institute of Oceanology, Institute for Baltic Sea Research, Polish Geological Institute.

Emelyanov, E., Neumann, G., Harff, J., Kramarska, R., Uscinowicz, Sz., (1994): Quaternary deposits of the Western Baltic (Upper 1 m removed), 1:500 000, P.P Shirshov Institute of Oceanology, Institute for Baltic Sea Research, Polish Geological Institute.

Fennel, W. (1995): Wasseraustausch, mesoskalige Zirkulation und gekoppelte physikalisch-biologische Modelle. – Geowissenschaften, 13. Jahrg., Heft 11, S. 435-441.

Harff, J., Davis, J.C. (1990): Regionalization in Geology by Multivariate Classification. – Journ. Intern. Assoc. Mathem. Geol., Bd. 22, Nr. 5, S. 573-588.

Harff, J., Davis, J.C., Olea, R.A., Watney, W.L., Doveton, J.H., Bohling, G.C., Newell, K.D., McElwee, C.D., Hoth, P., Lewerenz, D., Springer, J., Sampson, R.J., Wong, J.C. & Cunningham, K.J. (1991 a): Three dimensional Regionalization and Modeling for

Sedimentary Basin Analysis: the Zenith Oil Field, I. – Kansas Geological Survey Open File Report 91-41, 95 S.

Harff, J., Davis, J.C., Olea, R.A. & Bohling, G.C. (1991 b): Regionalization of Western Kansas on Multivariate Classification of Stratigraphic Data from Oil Wells, II. – Kansas Geological Survey Open File report 91-40, 30 S.

Harff, J., Davis, J.C., Olea, R.A. (1992): Quantitative Assessment of Mineral Resources with an Application to Petroleum Geology. – Nonrenewable Resources, Bd. 1, Nr. 1, S. 74-84.

Harff, J., Davis, J.C., Olea, R.A. & Bohling, G.C. (1993): Computergestützte Geologische kartierung und Rohstoffperspektivität. – Die Geowissenschaften, 11. Jahrg., Nr. 10-11, S. 375-379.

Harff, J., Davis, J.C. & Eiserbeck, W. (1993): Prediction of Hydrocarbons in Sedimentary Basins. – Journ. Intern. Ass. Math. Geol., Bd. 25, Nr. 7, S. 925-936.

Harff, J., Olea, R.A. & Bohling, G.C. (1993): From Multivariate Sampling to Thematic Maps with an Application to marine Geochemistry. – in Davis, J.C. & Herzfeld, U.C. (Eds.): Computers in Geology. – IAMG Studies in Mathematical Geology Nr. 5, Oxford Univ. Press: New York, Oxford, S. 265-274.

Harff, J., Hoth, K., Eiserbeck, W.: Computer Assisted Basin Analysis for the Search for Oil and Gas in the North German Basin (1993). – in Harff, J., Merriam, D. (Hrsg.): Computerized Basin Analysis. – Plenum Press: New York, London (1993), S. 239-254.

Harff, J., Lemke, W., Tauber, F., Emelyanov, E.M. (1995): Geologische Kartierung der Ostsee. – Geowissenschaften, 13. Jahrg., Heft 11, s. 442-447.

Harff, J., Lemke, W., Mutzke, A., Seifert, T., Tauber, F. (1996): Modeling of sediment distribution and currents in the western Baltic Sea. – Internat. Workshop "Numerical Experiments in Stratigraphy", Lawrence, 15-17 May, 1996, Abstracts Vol., S. 99.

Harff, J., Olea, R.A., Davis, J.C., Bohling, G.C. (1996): Geostatistical solution of the classification problem with an application to oil prospecting. In: Geological Modeling and Mapping. Hrsg.: A. Förster, D.F. Merriam. New York, London: Plenum, 1996, S. 263-280.

Hjulström, F. (1935): Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the river Fyris.- Bull. Geol. Inst. Uppsala, **25**, 221-527.

Irion (1984): Schwermetallbelastung in Oberflächensedimenten der westlichen Ostsee. –Naturwiss., Bd. 71, S. 536-538.

Journel, A.G. & Huijbregts, C.J. (1978): Mining Geostatistics. – Academic Press: London, 600 S.

Kolp, O. (1966): Die Sedimente der westlichen und südlichen Ostsee und ihre Darstellung.- Beiträge zur Meereskunde, **17/18**, 9-60.

Köhn, M. (1927): Bemerkungen zur mechanischen Bodenanalyse II.- Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung, Ausgabe A, **10**, 91-99.

Lange, D. (1984): Geologische Untersuchungen an spätglazialen und holozänen Sedimenten der Lübecker und Mecklenburger Bucht.- Unveröffentlichte Dissertation (B), Institut für Meereskunde Warnemünde, 166 S.

Lerche, I. (1990): Philosophies and Strategies of Model Building. – in: Cross, T.A. (1990) Quantitative Dynamic Stratigraphy, London et al.: Prentice Halle, 625 S.

Matheron, G. (1963): Les variables regionalisee et leur estimation. – Paris: Masson

Neumann, G., Bublitz, G. (1969): Seegrunduntersuchungen im westlichen Teil der Oder-Bucht.- Beiträge zur Meereskunde, **24-25**, 81-109.

Olea, R., Newell, D., Harff, J. (1991): Geologic Modeling of The Zenith Field, Kansas Using Correlator. – KGS Open File Report, S. 91-39, Kansas Geol. Survey/Univ. Kansas, Lawrence, Bd. I (Text), 23 S., Bd. 11 (Anl.), 339 S.

Rodionov, D.A. (1981): Statisticeskie Resenija v Geologii. – Moskva: Izd. Nedra, 231 S.

Seifert, T., Kayser, B. (1995): A high resolution spherical grid topography of the Baltic Sea. Meereswissenschaftliche Berichte/Marine Science Reports, Institut für Ostseeforschung Warnemünde.

Tauber, F., Lemke, W. (1995): Map of sediment distribution in the western Baltic Sea (1 : 100,000), sheet "Darß".- Deutsche Hydrographische Zeitschrift, 47, 3, 171-178.

Tauber, F. (1995): Characterization of grain-size distributions for sediment mapping of the Baltic Sea bottom. In: Abstract vol., The Baltic - 4th Marine Geol. Conf., Oct. 24-27, Uppsala: SGU/Stockholm Center for Marine Res., 1995, unnum.).

Walger (1962): Die Korngrößenverteilung von Einzellagen sandiger Sedimente und ihre genetische Bedeutung. – Geol. Rundschau, Bd. 51, S. 494-507.

Watney, L., Harff, J., Davis, J.C., Bohling, G.C., Wong, J.C. (1993): Controls on Petroleum Accumulation in Upper Pennsylvanian Cyclic Shelf Carbonates in Western Kansas, USA, Interpreted by Space Modeling and Multivariate techniques. – in Harff, J., Merriam, D. (Hrsg.): Computerized Basin Analysis. – Plenum Press: New York, London (1993), S. 215-238.

Watney, L., Davis, J.C., Olea, R.A., Harff, J., Bohling, G.C. (1995): Modeling of sediment accomodation realms using regionalized classification of upper

Pennsylvanian genetic stratigraphic units and genetic sets in Kansas. Kansas Geological Survey Open File Report, 95-32, Lawrence, 1995, 37 S.

Watney, L., Davis, J.C., Olea, R.A., Harff, J., Bohling, G.C. (1997): Modeling of sediment accomodation realms by regionalized classification: An application to upper Pennsylvanian genetic stratigraphic units and genetic sets in Kansas. – Geowissenschaften, 15. Jahrg., Nr. 1, S. 26-31.

Forschungsteil 4 des Projekts

Entwicklung und Fortschritt des Zustandes und der

Prognose der Entwicklung des Zustands

zum Bestehen von geologischen Daten und Methoden

Die wissenschaftlichen und technischen Ziele dieses Projekts wurden erreicht

(I) Die im IOWA vorhandene sedimentologische Datenbank wurde durch die Einbeziehung weiterer Daten erweitert und für die wissenschaftliche Forschung nutzbar gemacht. Es wurden qualitative Sedimentbeschreibungen von geologischen und geochronologischen Daten von ca. 20.000 Einheiten der Mesozoik der amerikanischen Kontinente von 37° N bis 17° N E nach Osten und Westwärts

(II) Die Daten wurden in einer elektronischen Datenbank gespeichert und durch die Datenbank der IOWA zur Verfügung gestellt

(III) In Kooperation mit geologischen, geographischen und klassischen Verfahren anliegenden Einrichtungen der Universität Oklahoma wurden geologische Karten und spezielle geologische Karten erstellt, die das Relief des Mesozoik als Modell in unterschiedlichen Skalen zeigen. Spezialkarten der geographischen Position des Sediments wurden im Rahmen einer Datenbank für die Fortsetzung der Forschung am IOWA. Die Sedimentäre der Datenbank

Geographische Elemente in der Datenbank sind in verschiedenen Skalen aus diesem Gebiet. Erste geographische Karten des Küstenverlaufs zu verschiedenen Skalen der Ostküste der USA sind im Rahmen der

Erfolgskontrollbericht

Mit dem Schlußbericht des Forschungsvorhabens leisten die Autoren einen **Beitrag zur Erfüllung des Ostseeforschungsprogramms** der Bundesrepublik Deutschland. Das betrifft besonders die Schaffung von Grundlagen für das Forschungsziel 4 dieses Programms:

„Entwicklung und Verifizierung des Zustandes und der Prognose des Ökosystems Ostsee“

durch Bereitstellung von geologischen Daten und Modellen.

Die **wissenschaftlichen und technischen Zielstellungen** des Projektes wurden erreicht:

- (I) Der im IOW vorhandene sedimentologische Altdatenbestand aus den fünfzig bis achtziger Jahren konnte gerettet und für die wissenschaftliche Forschung erschlossen werden. Es liegen qualitative Sedimentbeschreibungen sowie granulometrische und geochemische Daten von ca. 20.000 Stationen, den Meeresboden der westlichen Ostsee von 10° 30' E bis 15° 30' E flächendeckend erfassend vor.
- (II) Die Daten wurden zunächst elektronisch unter dBase später in einer INGRES-Datenbank gespeichert. Auf Grund neuer Entwicklungen wird jedoch der Datenbank SEPAN des AWI der Vorrang gegeben.
- (III) In Kooperation mit russischen, polnischen und dänischen Partnern entstanden Sedimentkarten der westlichen Ostsee. Bathymetrische Karten und spezielle perspektivische Grafiken reflektieren das Relief des Meeresbodens als Modelle in unterschiedlichen Skalierungen. Spezialkarten der granulometrischen Fazies der Sedimente wurden im Rahmen einer Diplomarbeit für die Pommersche Bucht erarbeitet, einem Schwerpunktgebiet der Forschung am IOW. Die Schwermetallkontamination der Oberflächensedimente in der Lübecker Bucht erfassen Spezialkarten aus diesem Gebiet. Erste päläogeographische Karten des Küstenverlaufs zu verschiedenen Stadien der Ostseeentwicklung liegen vor. Zur Erarbeitung der

Karten wurde teils auf Standardsoftware zurückgegriffen, teils machte sich Erarbeitung von neuen programmtechnischen Werkzeugen erforderlich.

Der **Finanzierungsplan** wurde zweimalig aufgestockt. Dazu siehe Erläuterungen unter Punkt 1.3 des Schlußberichts. Der Finanzierungsplan wurde bezogen auf die Gesamtfördersumme eingehalten. 1993-1994 erfolgte wegen Ausscheiden eines Mitarbeiters eine Umverteilung von Personal- zu Sachmitteln.

Der **Zeitplan** wurde ebenfalls zweimal mit den Aufstockungen geändert. War die erste Verlängerung durch die Zuführung wissenschaftlichen Personals (Grundfinanzierung IOW) und damit eine erweiterte Aufgabenstellung vorgenommen worden, so erfolgte die zweite Verlängerung, um eine Einbeziehung der Ergebnisse des auch durch den BMBF geförderten Projektes SEPAN in das Altdatenprojekt durch Kooperation zu ermöglichen. Die Zwischenergebnisse des SEPAN-Projektes waren den Bearbeitern des Altdatenprojektes erst während der Bearbeitung bekanntgeworden.

Die **Verwertbarkeit der Ergebnisse** bezieht sich einerseits auf die Methodik. Hier wurden teilweise unikale Lösungen für numerische Kartierungsmethodiken geschaffen. Die Programmentwicklung erfolgte jedoch bezogen auf das zu erreichende wissenschaftliche Ziel und nicht im Hinblick auf die kommerzielle Verwendung der Programme. Eine solche Verwendung erscheint möglich, jedoch ist dazu eine nutzerfreundliche Ausgestaltung der Programme vorzunehmen. Das kann nicht die Arbeitsgruppe am IOW leisten, sondern müßte durch ein Softwarehaus oder durch Leistungen Dritter erfolgen. Die erarbeiteten Karten sind multivalent für wissenschaftliche Arbeiten, Fischerei, Bagger- und Baubetriebe, Umweltschutzbehörden und -betriebe und militärische Zwecke verwendbar. Im Rahmen des Projektes erarbeitete Karten werden im IOW bereits für verschiedene Forschungsaufgaben genutzt. Eine erste praktische Nutzung ergab für die Sedimentkarten der Pommerschen Bucht bereits bei Untersuchung von möglichen Munitionsverklappungs-Trassen in diesem Seegebiet durch das BSH.

Teilbericht „Geodatenbank“

des Projektes

„Zusammenstellung und wissenschaftliche

Interpretation von Daten

über den Meeresboden der westlichen Ostsee

aus den Jahren 1953 – 1985“

Zeitraum: 06/96 – 02/97

Projektleiter: Prof. Dr. Jan Harff

Berichtsautor: Dipl.-Geophys. Carsten Reimer

Institut für Ostseeforschung an der
Universität Rostock
Sektion Marine Geologie
Seestraße 15
18119 Warnemünde

1 EINLEITUNG	3
2 VORAUSSETZUNGEN	3
2.1 Nationaler Stand	3
2.2 Voraussetzungen am IOW zur Implementierung einer Datenbank innerhalb des Altdaten-Projekts	5
3 AUFBAU DER GEO-DATENBANK	7
3.1 Anforderungsanalyse:	7
3.2 Konzeptionelles Schema-Design	8
4 RECHERCHE- UND UPDATE-WERKZEUGE	13
4.1 Eingabe	13
4.2 Recherche	17
4.3 Ausgabe	22
4.4 Pflege der Datenbank	23
5 DAS SEPAN-PROJEKT AM AWI	23
6 LITERATUR:	26
2.1 Nationaler Stand	
7 ANHANG 1:	29
8 ANHANG 2:	30
9 ANHANG 3:	31
10 ANHANG 4:	36

1 Einleitung

Im Rahmen des sogenannten „Altdaten-Projektes“ am IOW sind geologische Forschungsdaten des früheren Instituts für Meereskunde Warnemünde und seiner Vorläufereinrichtungen erfasst und EDV-technisch verfügbar gemacht worden.

In den letzten Jahren wurde am IOW durch Herrn Dr. T. Neumann unter dem RDBMS INGRES eine Datenbank aufgebaut, die ozeanographische Daten enthält.

Der Aufstockungsantrag des Altdaten-Projekts sollte nun eine Einbindung der Altdaten-Bestände in das Datenmanagement am IOW erlauben und in einem ersten Schritt die Verfügbarkeit der Daten innerhalb des IOW sicherstellen. In einem zweiten Schritt sollten die Altdaten zum AWI nach Bremerhaven transferiert werden, um die Möglichkeiten des dortigen SEPAN-Projektes (Diepenbroek u.a., 1995) zu testen. Abschließend soll dargestellt werden, inwieweit eine Beteiligung des IOW am SEPAN-Projekt realisierbar ist.

2 Voraussetzungen

2.1 *Nationaler Stand*

Um der Notwendigkeit einer interdisziplinären Verknüpfung von Forschungsdaten gerecht zu werden, sind in den letzten Jahren Informationssysteme aufgebaut worden, die auf der Ebene von Behörden, Projekten und Instituten realisiert wurden.

Im Rahmen des BMBF-Projektes „Konzeptvorschlag zur effizienteren Datenhaltung mariner Parameter in Deutschland“ fand im Dezember 1996 in Hamburg ein Workshop zum Thema

„Marine Datenhaltung in Deutschland“ statt, der einen umfassenden Einblick in die momentanen Datenbank-Konzepte der Geowissenschaften erlaubte. So besteht am UBA eine Meeresumweltdatenbank MUDAB (Vatterrott, 1996), die als externe Datenbank im Deutschen Ozeanographischen Datenzentrum (DOD) am BSH betrieben wird. Am GFZ Potsdam ist ein geowissenschaftliches Informationssystem GEOLIS (Vatterrott, 1996) aufgebaut worden, die GKSS unterhält eine Wattenmeer-Datenbank WATIS (Krasemann u.a., 1992), die ebenso wie das Intelligente Satelliten Informations System (ISIS) der DLR (Vatterrott, 1996) über das Internet nutzbar sind. Das SEPAN-Projekt am Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven (Diepenbroek u.a., 1995) stellt einen Ansatz zur effizienten Datenhaltung auf der Ebene eines Institutes dar. Ein aktueller Überblick der bestehenden Datenbanken im geowissenschaftlichen Bereich findet sich in Buchform (Lautenschlager, Reinke, 1996).

Auf der internationalen Ebene bestehen Datenzentren z.B. bei HELCOM (HELCOM, 1991).

2.2 Voraussetzungen am IOW zur Implementierung einer Datenbank innerhalb des Altdaten-Projekts

Das Institut für Ostseeforschung (IOW) forscht in einem multidisziplinären Ansatz an der Lösung wissenschaftlicher Fragen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die Datensätze der einzelnen Disziplinen zu verknüpfen und sie berechtigten Mitarbeitern verfügbar zu machen.

Dazu muß das bestehende Datenmanagement- und Datenbankkonzept des IOW berücksichtigt werden. Eine Geologie-Datenbank sollte nach ihrer Implementierung und den Funktionstests so flexibel sein, daß sie auch zukünftig zusätzliche Meß-Parameter und geologische Geräte aufnehmen kann. Ebenso soll es möglich sein, Metadaten zu durchgeführten geophysikalischen Profilen in der Datenbank zu verwalten.

Ein Datenbank-Ansatz wurde durch Herrn Dr. T. Neumann am IOW realisiert, der im Rahmen eines Projekts eine Datenbank (IOWDB) aufgebaut hat (T. Neumann, 1995), die aus der Sicht der Ozeanographie gute Ergebnisse zeigt, aktiv genutzt und gepflegt wird.

Zur Verwaltung geologischer Daten am IOW soll eine Datenbank aufgebaut werden, die es erlaubt, den spezifischen Anforderungen dieser Disziplin gerecht zu werden und Mitarbeitern anderer Disziplinen die Möglichkeit gibt, ohne spezielle Strukturkenntnisse der Datenbank zu recherchieren und die gewonnen Datensätze zu exportieren. Diese Datenbank (GEO) kann wie auch die IOWDB unter RDBMS INGRES implementiert werden, das auf einer SUN-

Workstation (SPARC) installiert ist. Der Zugriff auf die Unix-Plattform erfolgt mit der X-Window-Terminal-Software eXceed von einem PC. Dieser PC (60 Mhz-Pentium) hat 16 MB RAM und nutzt Windows 3.11.

Der Hauptarbeitsaufwand innerhalb des Altdaten-Projektes bestand in der Übernahme der Daten aus Analysen- und Bordbüchern des ehemaligen IfM Warnemünde und seiner Vorläufereinrichtungen. Das Ergebnis dieses Projekt-Abschnittes, der 1995 beendet wurde (Harff, 1995) umfaßt Daten zu Sedimentansprachen sowie Analysenergebnissen an Oberflächensedimenten und Sedimentkernen. Zusätzlich sind granulometrische und geochemische Daten aus der Mecklenburger Bucht und dem Arkonabecken verfügbar.

Aufgrund dieser Datenerfassung konnten Ergebnisse publiziert werden (Harff u.a., 1995). Das BSH Hamburg nutzt diesen Datenbestand in Form von Karten der Schwermetallverteilungen in Schlicksedimenten der Mecklenburger Bucht und dem Arkonabecken.

Es handelt sich um Daten über den Meeresboden der westlichen Ostsee aus den Jahren 1953-1985. Zur Zeit befinden sich etwa 19800 Stationseinträge in der Datenbank, zu denen es numerische Daten (Analysenergebnisse) und/oder alphanumerische Daten (Sedimentansprachen) gibt.

Diese Daten wurden im Rahmen von Expeditionen gewonnen, deren Datum und Schiffsname nur zum Teil bekannt ist. Als Geräte zur Probennahme kamen u. a. Stechrohre und Bodengreifer zur Anwendung. Im Labor wurden die Proben mit Sieb- und Schlämmanalysen untersucht. Die Korngrößenklassifizierungen wurden nach unterschiedlichen Standards (Kolp, Köhn) durchgeführt.

3 Aufbau der Geo-Datenbank

3.1 Anforderungsanalyse:

Durch die Implementierung einer geologischen Datenbank am IOW soll es primär den Mitarbeitern des IOW ermöglicht werden, geologische Forschungsdaten zu recherchieren und weiterzuverarbeiten. Wie auch die schon bestehende IOWDB soll die geologische Datenbank unter dem RDBMS CA-INGRES (INGRES, 1991) auf einer Sun-Workstation installiert werden. Diese Workstation ist innerhalb des IOW über das Netz z.B. durch die Installation eines X-Windows-Terminals von PC's erreichbar. Durch die Zugangsberechtigung zur Workstation wird ein erster Security-Check durchgeführt. Der Administrator kann ausgewählten Nutzern ein Berechtigungsprofil zur Wartung der geologischen Datenbank einrichten. Jeder berechtigte Nutzer mit Zugriff zur Workstation kann mit Hilfe des Recherche-Tools Daten aus der geologischen Datenbank selektieren. Das Retrieving soll sich in der Größenordnung von 1-2 Events pro Monat bewegen, deren Umfang je Event mehrere 10000 Zeilen betragen kann. Durch die Parametervielfalt in der Geologie (100-1000)

ist es sinnvoll, die Parameter in Gruppen einzuteilen, die die Teildisziplinen der Forschungsdaten repräsentieren (z.B. Paläomagnetik, Physik, Chemie) .

Das Recherche-Tool soll einerseits erlauben, daß die bei einer geologischen Forschungsfahrt angefahrenen Stationen selektiert werden, um die dort entnommenen Kerne mit den zugehörigen Probandaten auszuwählen. Andererseits soll es möglich sein, daß durch Vorgabe eines geographischen Gebietes nach Daten zu einem bestimmten Parameter gesucht wird: Sind im Gebiet des Gotland-Beckens Analyse-Daten zum Pb-Gehalt vorhanden ?

3.2 *Konzeptionelles Schema-Design*

Es lassen sich zur Beschreibung der Daten in der Geologie Entitäten mit physischer und auch konzeptioneller Existenz finden:

Entitäten mit physischer Existenz sind z.B.: Wissenschaftler, Schiff, Kern, Probe, Gerät.

Entitäten mit konzeptioneller Existenz sind z.B.: Projekt, Expedition, Organisation.

Untersucht man ein geologisches Projekt näher, läßt sich folgendes feststellen:

Die Entität Projekt kann durch bestimmte Eigenschaften (Attribute) beschrieben werden:

Das Projekt hat eine eindeutige Bezeichnung, die es von jedem anderen in der Datenbank gespeicherten Projekt unterscheidet: **Projekt-Name**

Es gibt einen Zeitraum, in dem dieses Projekt durchgeführt wird: **Start und Ende**

Das Projekt wird von einem Projektträger gemanagt: **Organisation**

Das Projekt hat einen verantwortlichen Wissenschaftler: **Chef**

Das Projekt hat einen Untertitel, eine Aufgabenstellung und ein geographisches Forschungsgebiet: **Dokumentation (Kommentarfeld)**

Jede Entität Projekt in der Datenbank soll somit durch diese Attribute beschrieben werden:

Projekt-Name

Start

Ende

Organisation

Chef

Dokumentation

Durch eingehende Analyse aller relevanten geologischen Entitäten lassen sich diese eindeutig und hinreichend beschreiben.

Die geologische Datenbank soll den Aufwand an Pflege und Management gering halten, und somit z.B die Pflege durch Routinen erledigen, die der Administrator aufruft .

Das Datenmodell soll übersichtlich und flexibel sein, so daß zukünftige Administratoren sich

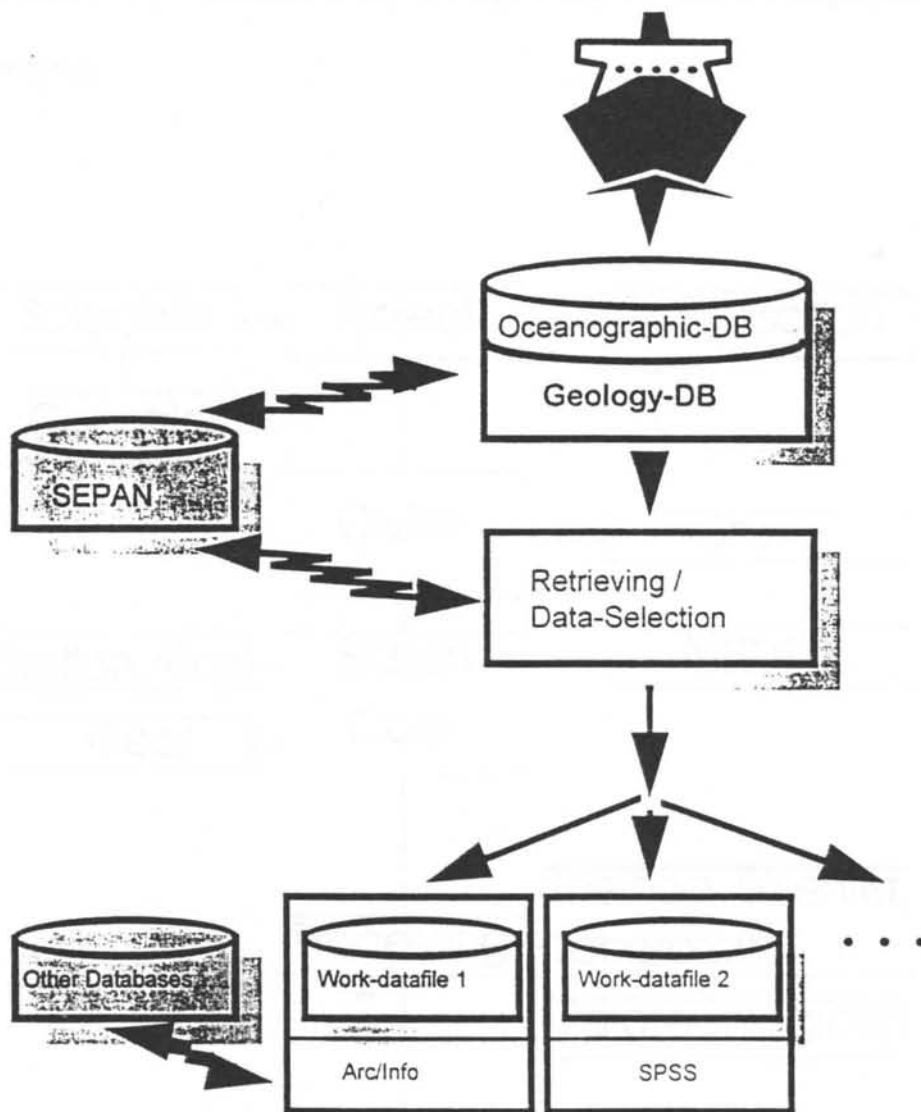


Abb. 1: Der Datenfluß im IOW

schnell einarbeiten können. Die Flexibilität des Systems erlaubt auch die zukünftige Einbindung von Daten anderer wissenschaftlicher Teildisziplinen. Die Form der Daten soll sich auf numerische und alphanumerische Inhalte beschränken.

Zur Erstellung des Modelles wurde beachtet, daß die geologische Meßdatengewinnung einem Datenfluß innerhalb des Institutes (Abb. 1) folgt, so daß den Daten eine gewisse hierarchische Struktur anhängt.

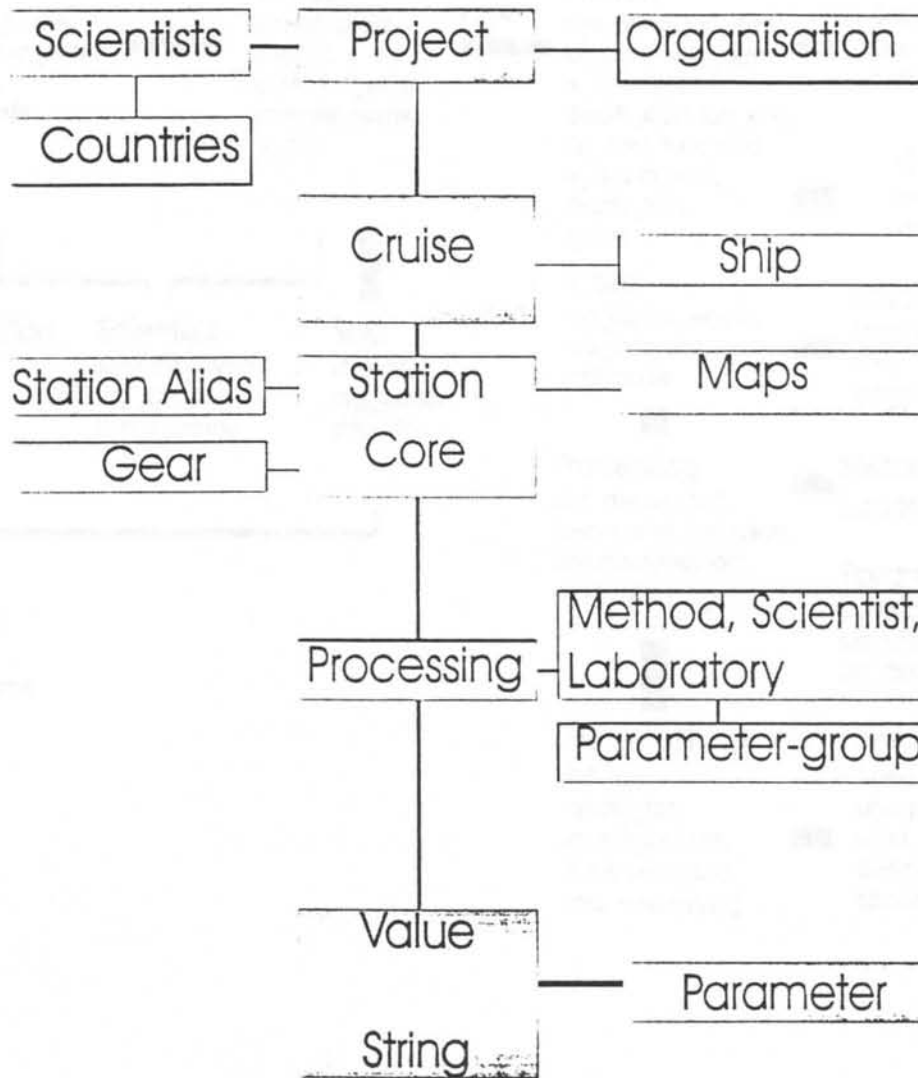


Abb. 2: Das Datenmodell der Geologie-Datenbank

Die zentrale Achse des resultierenden Datenmodells (Abb. 2) wird aus dem Projekt (**Project**), der Expedition (**Cruise**), der angefahrenen Station (**Station**), den genommenen Kernen (**Core**), der Untersuchungsmethode (**Processing**) und den Meßwerten (**Value, String**)

gebildet. Diese Achse wird von begleitenden Tabellen flankiert, die z.B. Angaben zur Administration (**Scientists, Organisation**), zu geologischen Karten (**Maps**), verwendeten Geräten (**Gear**) oder Parametern (**Parameter, Parameter-group**) enthalten.

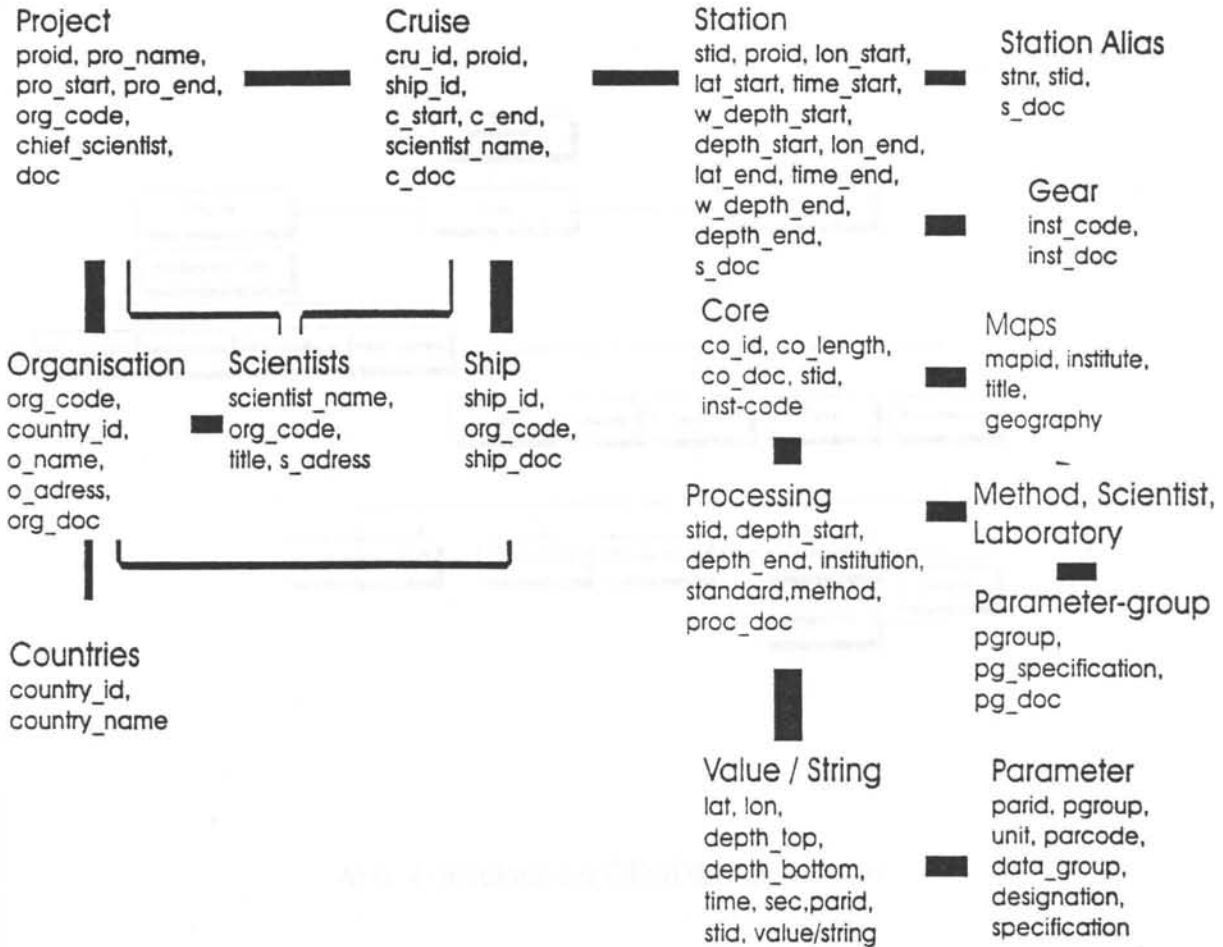


Abb. 3: Die Tabellen-Struktur der Geologie-Datenbank

Es ergibt sich insgesamt für den Aufbau der geologischen Datenbank am IOW eine Tabellenstruktur, wie in der Abbildung 3 gezeigt und im Anhang 2 beschrieben ist.

4 Recherche- und Update-Werkzeuge

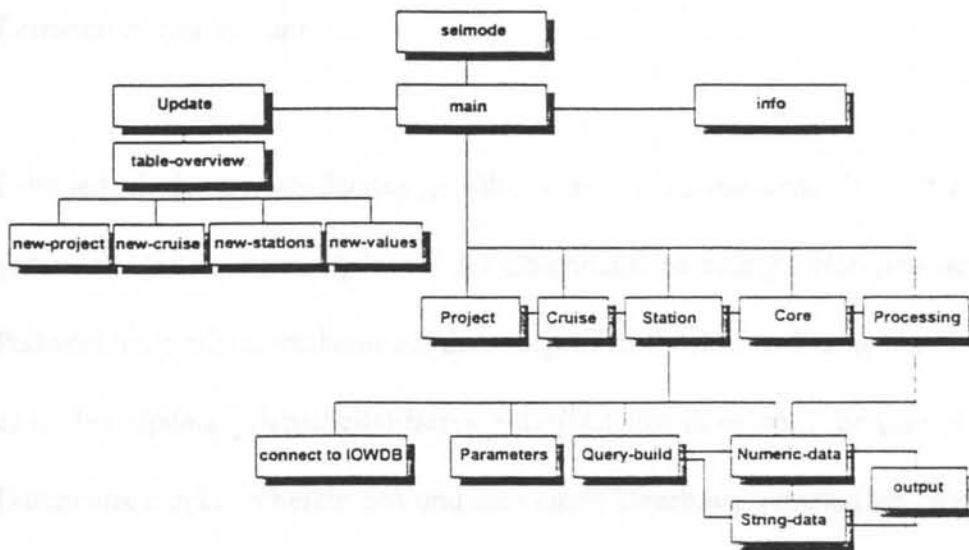


Abb. 4: Struktur der GEODB-Applikation

4.1 Eingabe

Die Eingabe neuer Projekte, Expeditionen, Stationen, Kerne und gemessener Werte wird innerhalb der 4GL-Applikation (Abb. 4), die mit OpenROAD (CA-OpenROAD, 1994) erstellt

wurde, durchgeführt. Aus Sicherheitsgründen ist das Updating der Datenbank nur dem Datenbank-Administrator der GeoDB gestattet. Er muß also als GeoDB-DBA auf der Unix-Workstation eingeloggt sein. Der User-Name für die Sun-Workstation muß mit dem zugehörigen Paßwort eingegeben werden, um das System zu erreichen. Nach dem Aufruf der Applikation kann er im Start-Fenster (Anhang3: Abb. 1) der Anwendung den Read- oder Update-Modus wählen. Der Read-Modus enthält keine weiteren Restriktionen, so daß das Retrieval beginnen kann.

Falls jedoch der Update-Modus gewählt wurde, wird von dem User ein zusätzliches Paßwort gefordert, das ihn zum Updating der Datenbank berechtigt. Hat sich der DBA mit diesem Paßwort legitimiert, erscheint auf dem folgenden Selektions-Frame ein Update-Feld, über das er in den Update-(Sicherheits)-Bereich der Datenbank gelangt. Er kann nun die Tabellen der Datenbank direkt recherchieren und sich einen Überblick verschaffen. Weiterhin läßt sich der Update-Knopf betätigen, der zur Übersicht der Update-Funktionen (Anhang3: Abb. 2) führt: Projekt, Expedition, Stationen und Meßwerte. Die neuen Projekte und Expeditionen werden aufgrund ihrer geringeren Häufigkeit manuell in die zugehörigen Zeilen des Fensters eingetragen. Es können ebenso bestehende Projekte und Expeditionen angezeigt, verändert und gelöscht werden. Im „Get-Menü“ sind die möglichen Optionen aufgelistet und zeigen auch die Belegung der Funktionstasten für das Abwärts-Scrollen (F 7) und das Aufwärts-Scrollen (F 6). Mit der Betätigung des Update-, Insert- oder Delete-Knopfes (Anhang3: Abb. 2) wird die zugehörige

Transaktion sofort ausgeführt. Mit dem Menüpunkt „New Project“ bzw. „New Cruise“ können weitere Daten eingegeben werden. Nach dem Verlassen des Projekt- oder Expeditions-Frames befindet man sich wieder in der Update-Übersicht und kann nun zu einem bestehenden Projekt die Stationen und anschließend die zugehörigen Meßwerte einlesen. Neue Stationen und Meßwerte werden aus jeweils einer ASCII-Datei geladen, die z.B. mit Dbase oder Excel erstellt wurden. Das Laden von Metadaten zu geophysikalischen Profilen ist ebenfalls möglich. In diesem Fall ist die Angabe eines geographischen Start- und Endpunktes mit Zeitangabe und zugehöriger Wassertiefe nötig.

Zur Trennung der einzelnen Spalten können Tabulatoren oder Kommata verwendet werden. Der Aufbau dieser Lade-Dateien ist in den Beispieldateien erklärt (Anhang 4). Nachdem diese Dateien z.B auf PC-Ebene erstellt wurden, können sie mit einem FTP-Tool als ASCII-Datei zur Sun-Workstation kopiert und zum Einlesen von neuen Stationen und Meßwerten verwendet werden. Falls sich in diesen Dateien noch Spaltenüberschriften in der ersten Zeile befinden, müssen sie mit den beiden Programmen „stat“ und „val“ bereinigt bzw. aufgefrischt werden. Durch die Shell-Eingabe von „stat [Input-File-Name] [Output-File-Name]“ wird eine Prozedur aufgerufen, die aus der Stations-Datei die Spaltenköpfe der ersten Zeile löscht. Die Output-Datei erhält automatisch die Extension

„.geodb“ und ist somit als Ladedatei für die Geo-Datenbank gekennzeichnet. Die neuen Stations-Daten stehen nun zum Einlesen in die Datenbank bereit. Wird in der Update-Übersicht der Applikation „Stations“ selektiert, kann man im zugehörigen Frame durch Klicken auf „Refresh“ den Inhalt der Stations-Ladetabelle „loadstat“ sehen. Nun läßt sich durch „Load“ ein Fenster öffnen, indem die Stations-Eingabedatei ausgewählt wird. Die Stations-Daten werden zunächst in die Ladetabelle „loadstat“ eingelesen und die Anzahl der gelesenen Zeilen angezeigt. Jetzt werden die Daten aus „loadstat“ in die Stations-Tabelle der Datenbank eingelesen. Auch für diesen Vorgang wird die Anzahl der Zeilen angezeigt. Sind

beide angezeigten Zeilen-Werte identisch, war der Stations-Ladevorgang erfolgreich und der nun überflüssige Inhalt der Ladetabelle „loadstat“ wird gelöscht. Der Frame kann nun mit dem Menü-Punkt „Close“ oder (F12) verlassen werden. Nun werden mit dem „Values“-Feld der Update-Übersicht die Kerndaten und Meßwerte geladen. In dem Frame erscheint nach Betätigen von „Refresh“ der Inhalt der Ladetabelle „loadval“. Durch Click auf „Load“ öffnet sich ein Fenster, in dem die Meßwerte-Ladefile gewählt wird.

Die Meßwerte-Ladefile enthält neben den Angaben zur geographischen Länge und Breite, Probentiefe und Stationsbezeichnung auch Einträge zur Kernbezeichnung und Kernlänge, sowie Processing-Daten.

Die Meßwerte-Ladefile wird durch die Shell-Eingabe von „val [Input-File-Name] [Output-File-Name]“ zum Einlesen für die Datenbank vorbereitet, indem jeder Meßwert in eine eigene Zeile geschrieben wird. Die resultierende Ausgabe-Datei erhält die Extension „...geodb“.

Diese Datei kann nun mit dem Auswahl-Fenster der Applikation gewählt werden und der Ladevorgang beginnt. Es wird die Anzahl der in „loadval“ eingelesenen Zeilen angezeigt und der Kopiervorgang in die Werte-Tabelle der Datenbank beginnt, indem geprüft wird, ob die zugehörigen Stations-ID's schon vorhanden sind. Wurden in der Meßwerte-Datei Station-ID's verwendet, die sich noch nicht in der Station-Tabelle befinden, erscheint eine Nachricht und der Ladevorgang wird abgebrochen. Konnte jede Stations-ID zugeordnet werden, beginnt der Kopier-Vorgang in die Kerne-, Processing- und Meßwerte-Tabellen. Die Anzahl der kopierten Zeilen in die Datenbank wird angezeigt und wenn sie mit der Anzahl der Zeilen in „loadval“ übereinstimmt, ist der Ladevorgang erfolgreich beendet. Die Identifizierung der Meß-Parameter erfolgt durch die Angabe der Parameter-ID oder der Parameter-Abkürzung.

Hat sich z.B. in der Meßwert-Ladefile eine nicht in der Datenbank vorhandene Parameter-Abkürzung oder Parameter-ID befunden, erfolgt eine Nachricht, und der Kopiervorgang wird

abgebrochen. In diesem Fall kann durch Anlicken von „Refresh“ der Inhalt der Lade-Tabelle „loadval“ angezeigt werden.

4.2 Recherche

Durch Aufruf des X-Windows-Emulation eXceed wird eine Verbindung zur Sun-Workstation hergestellt und die User-Berechtigung erlaubt den Zugriff auf das Unix-System. Zum Einen kann der GeoDB Administrator nun durch Shell-Eingabe von „ingmenu geo“ das Ingres-eigene Auswahlssystem der Geo-Datenbank nutzen und auf die Tabellen zugreifen. Reports erstellen oder SQL-Befehle eingeben.

Andererseits wird mit der Shell-Eingabe „rungeo“ die Recherche-Applikation zur Geo-Datenbank aufgerufen, die, wie im Kapitel 4.1 beschrieben, im „Read-Modus“ oder „Update-Modus“ gestartet werden kann. Im folgenden Frame erscheint nun eine Übersicht, die aus den Einträgen

Project

Cruise

Station

Core

Processing

Data

besteht.

Da die Logistik der geologischen Datengewinnung einer gewissen Hierarchie folgt, kann diese z.B. beim erstmaligen Recherchieren durchlaufen werden. Durch Auswählen von „Project“ öffnet sich ein Frame, der die bisher in der Datenbank vorhandenen Projekte anzeigt: Zum Beispiel das Altdaten-Projekt der Marine Geologie. Zu jedem Projekt gehören

eine eindeutige ID, ein Name, ein Projekt-Beginn, ein Projekt-Ende, eine thematische Erklärung und die zugehörige Organisation (Institution).

Die Frames können durch Druck auf den „Close“-Button oder mit der Funktionstaste F12 verlassen werden.

Wird nun mit der Maus das Altdatenprojekt ausgewählt und die „Load“-Taste betätigt, folgt man der Hierarchie abwärts und befindet sich auf der Cruise-Ebene. Es werden sämtliche zum Projekt durchgeführten Ausfahrten aufgelistet. Eine Expedition besitzt eine zugehörige ID, ein Bezugs-Projekt, eine eindeutige Schiff-ID, einen Expeditionsnamen, einen Expeditions-Beginn, ein Expeditions-Ende, einen verantwortlichen Expeditionsleiter und ein Dokumentations-Feld, in dem z.B. das untersuchte geographische Gebiet oder/und ein wissenschaftliches Thema bezeichnet ist. Im File-Menü können auch unabhängig vom vorher gewählten Projekt alle in der Datenbank vorhandenen Expeditionen selektiert werden. Durch die Auswahl einer angezeigten Expedition mit der Maus und anschließende Betätigung der „Load“-Taste gelangt man in der Hierarchie abwärts auf die Stations-Ebene (Anhang 3: Abb. 3).

Drückt man die grüne „Start“-Taste, werden die Stationen der zuvor ausgewählten Expedition gesucht und angezeigt. Man kann mit den Funktionstasten F7 und F6 abwärts und aufwärts durch die Stationen blättern. Im oberen Bereich des Frames wird die Anzahl der ausgewählten Stationen angezeigt. Unterhalb der Stations-Daten befindet sich die „Start-Taste“, die zu Beginn des Kapitels beschriebene „Close“-Taste, mit der der Frame verlassen wird und die „Clear Query“-Taste, mit der der interne der „Such“-String für eine neue Abfrage zurückgesetzt werden kann.

Rechts neben den Stations-Daten befinden sich die Felder „Cores“, „Processing“ und „Data“, die bei Betätigen zu den unteren Hierarchie-Ebenen führen. So können z.B. bei der Anzeige von Stationsdaten und Betätigen von „Cores“ alle an der angezeigten Station genommenen

Kerne aufgelistet werden. Zu den angezeigten Kern-Daten gehören die zugehörige Stations-ID, eine Kern-Bezeichnung, die Länge des Kernes, ein Dokumentationsfeld, und eine Geräteangabe. Im „Get“-Menü kann nach einer Station, einem Kern oder nach der Kernlänge gesucht werden. Außerdem ist es möglich, alle in der Datenbank vorhandenen Kerne zu selektieren. Von diesem Frame gelangt man durch Mausclick auf „Processing“ in die „Verarbeitungsebene“, die Daten zum gewählten Kern anzeigt. In diesem Fenster werden u.a. der Name des Institutes angezeigt, in dem die Kerne untersucht wurden, auch verwendete Standards (z.B. „nach DIN 4022 (O. Kolp A)“), Untersuchungsmethoden und ein Dokumentationsfeld. Mit Hilfe des „Get“-Menüs kann nach Stationen, Methoden und verwendeten Standards gesucht werden.

Wird innerhalb des Processing-Frames auf die „Data“-Taste gedrückt, gelangt man in den Frame, der die Meßdaten zu dem im „Processing“-Frame ausgewählten Kern zeigt. Durch Betätigung der Start-Taste wird die Daten-Suche gestartet. Es werden Einträge zur geographischen Länge und Breite, das Tiefenintervall der Probe, der Meßwert mit zugehöriger Maßeinheit sowie die Bezeichnung des Parameters und der Parameter-Gruppe dargestellt.

Im „Get“-Menü ist es möglich, Proben-Daten innerhalb eines geographischen Gebietes, nach Parametern oder auch der Tiefenlage der Proben im Sediment zu suchen. Zu der angezeigten Probe können durch Click auf „Text“ Probenbeschreibungen dargestellt werden. Hier lassen sich z.B. Einträge zur Sedimentfarbe, der Art der l. Beimengung, Fauna oder Flora finden. Durch Schließen des Probenbeschreibungs-Fensters gelangt man zurück in den Daten-Frame und es können nun durch Betätigung der „Save“-Taste die recherchierten Daten in ein File exportiert werden. Wird im Datei-Auswahl-Fenster eine schon bestehende Datei gewählt, so werden die angezeigten Datensätze an schon bestehende Datensätze in der Datei angehängt. Soll eine neue Datei angelegt werden, kann diese über die Tastatur eingegeben werden. Die Daten werden im ASCII-Format, mit Tabulatoren getrennt, weggeschrieben. Zum Umfang der

exportierten Daten gehören die Stationsbezeichnung, die geographische Länge und Breite, die Tiefenangabe der Probe, der Meßwert mit Maßeinheit und Parameterbeschreibung.

Damit ist eine Möglichkeit der Daten-Recherche abgeschlossen, indem der Hierarchie der geologischen Probengewinnung gefolgt wurde:

Projekt ⇒ Expedition ⇒ Station ⇒ Kern ⇒ Processing ⇒ Daten

Gehen wir noch einmal zurück in das Stations-Fenster:

Das „IOWDB“-Feld unterhalb des „Data“-Feldes (Anhang3: Abb. 3) erlaubt einerseits eine schnelle Recherche nach Alias-Namen (Anhang3: Abb. 7) in der IOWDB-Datenbank (T. Neumann, 1995), andererseits einen Aufruf des zugehörigen kompletten Recherche-Tools (Anhang3: Abb. 6) der IOWDB.

In der Menü-Leiste des Stations-Fensters sind die Einträge „Get“, „Sort“ und „Show“ vorhanden. Das „Get“-Menü erlaubt auch die Suche nach Stationen unabhängig vom gewählten Projekt oder der Expedition:

- Es können alle Stations-Daten selektiert werden (langwierig!)
- Es kann ein geographisches Gebiet namentlich eingegeben werden, deren zugehörige Koordinaten in der „maps“-Tabelle der Datenbank vorhanden sind
- Eine Stations-ID kann direkt eingegeben werden
- Alle Stationen, an denen die Wassertiefe größer als ein einzugebener Wert ist, können gesucht werden
- innerhalb der Geo-Datenbank kann nach Alias-Namen der Stationen gesucht werden.

Mit dem „Sort“-Menü kann die Anzeige nach einem angezeigten Wert sortiert werden. Durch Anlicken von „Sort“ und „Order By“ öffnet sich ein Eingabefeld, durch das z.B. die Anzeige der Stationen nach aufsteigender Wassertiefe sortiert werden kann:

Eingabe: „w_depth_start asc“

Das bedeutet, die angezeigten Stationen werden nach dem Feld „w_depth_start“ sortiert, wobei „asc“ für „ascending“ also aufsteigend steht.

Im Menü-Punkt „Show“ können durch Auswahl von „Parameters“ die an dieser Station gemessenen Parameter angezeigt werden.

Oberhalb der Stations-Daten wird mit der Taste „Querybuild“ ein separater Frame (Anhang 3: Abb. 4) aufgerufen, der die Suche nach geographischer Länge und Breite, Wassertiefe, Probentiefe und Parametern erlaubt. Durch Drücken der TAB-Taste kann der Eingabe-Cursor von einem Eingabe-Feld zum nächsten gesetzt werden. Im Feld „Parcode“ kann eine in der Parameter-Liste der Geo-Datenbank aufgelistete Abkürzung eingetragen werden oder man wählt durch Betätigung der „Choose“-Taste neben dem Feld „Pgroup“ alle zu einer Parameter-Gruppe vorhandenen Parameter. Somit ist es möglich, durch Selektion der Parameter-Gruppe „Grain Size A6 (nach Kolp C)“ alle nach diesem Standard gemessenen Daten zu suchen. Sind alle erforderlichen Angaben im „Query“-Frame eingetragen, wird durch Druck auf „Ok“ (Anhang 3: Abb. 4) der interne Such-String zusammengesetzt und eventuelle Fehler angezeigt. Durch Druck auf die „Clear“-Taste werden die Einträge in den Feldern zurückgesetzt und durch Click auf „Close“ wird der „Query“-Frame verlassen.

Falls keine Fehler-Mitteilung erfolgte, kann durch Drücken der „Load“-Taste in den Daten-Frame gewechselt werden, und durch Druck auf „Start“ beginnt die Suche. Wurde bei der Angabe der Parameter-Gruppe z.B. der Eintrag „Sediment description“ gewählt und

anschließend „OK“ gedrückt, öffnet sich ein Eingabe-Fenster, in das ein String eingegeben werden kann, nach dem in der Probenbeschreibung gesucht wird. Möchte man somit z.B. nach Einträgen wie „Geschiebemergel“ suchen, kann der gesamte String oder aber auch ein Teil-String wie „mergel“ angegeben werden. Möchte man nach allen Probenbeschreibungen suchen, kann das Eingabe-Fenster auch leer gelassen werden. Wurde mit „Load“ in den Daten-Frame (Anhang3: Abb. 5) gewechselt und mit „Start“ die Suche begonnen, dann werden die recherchierten Daten, nach Stationen getrennt, aufgelistet und es kann mit Hilfe der Rollbalken oder mit F6 oder F7 durch die Anzeige geblättert werden. Sollen die angezeigten Daten verworfen werden, so wird die gesamte Anzeige und der interne Such-String mit Betätigung der „Clear“-Taste zurückgesetzt.

4.3 Ausgabe

Die Daten-Ausgabe der Recherche erfolgt durch Druck auf die „Save“-Taste. Es öffnet sich ein Fenster, in dem eine schon bestehende Datei ausgewählt oder eine neue Datei angelegt werden kann. Die selektierten Daten werden im ASCII-Format, mit Tabulatoren getrennt, zeilenweise in die Export-Datei geschrieben. Ein geschriebener Datensatz umfaßt die geographische Position, die Probentiefe, den Meßwert, den Parameter, die Maßeinheit des Parameters und die Stationsbezeichnung. Die Export-Dateien können anschließend mit FTP auf PC's kopiert und mit Tabellenkalkulations-Programmen, anderen Datenbanken, GIS-Systemen oder Datenvisualisierungs-Software weiterverarbeitet werden.

4.4 Pflege der Datenbank

Die Datenbank kann neben den schon enthaltenen Daten zu Oberflächenproben und Kernen auch Metadaten zu geophysikalischen Profilen verwalten.

Die vorhandenen Meß-Parameter repräsentieren eine Vielzahl geowissenschaftlicher Teildisziplinen wie die Physik, Korngrößenbestimmungen, Probenbeschreibungen, Wasser- und Probenchemie, Isotopen, Mineralogie u.a. . Im Anhang:1 befindet sich eine Liste der momentan verfügbaren Parameter mit zugehörigen Beschreibungen . Falls es notwendig und sinnvoll erscheint, ist eine Erweiterung der Parameter möglich.

In der Datenbank sind Index-Strukturen implementiert (s. Anhang 2 unter stridx und validx), die die Abfrageoperationen der Recherche-Applikation beschleunigen. Diese können zukünftig vom Administrator bei Bedarf verändert oder aktualisiert werden.

Das Sichern der gesamten Geo-Datenbank kann zu bestimmten Zeitpunkten durch den Administrator erfolgen. Dazu ist auf Shell-Ebene der Unix-Workstation der Befehl „ ckpdb geo“ abzusetzen. Dieses Back-Up wird auf eine vom zuständigen System-Administrator der Sun-Workstation festgelegte Lokation geschrieben. Eine Übersicht der erfolgten Back-Up's kann aus der Unix-Shell heraus mit „infodb“ erzielt werden. Näheres zum Thema Back-Up unter Ingres findet sich in der Ingres-Dokumentation (Ingres. 1991).

5 Das SEPAN-Projekt am AWI

Am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven (AWI) ist in den letzten vier Jahren im Rahmen von IGBP/PAGES (International Geosphere Biosphere Project/ Past Global Changes) (IGBP. 1990) eine Datenbank aufgebaut worden (Grobe u.a., 1997), die die konsistente Haltung der aus Sedimenten gewonnen Daten erlaubt. Diese

Datenbank SEPAN (Sediment and Paleoclimate Data Network) erlaubt die Speicherung vielfältiger Rohdaten und Parameter aus Sedimenten.

SEPAN ist als Client/Server-Applikation über das Internet bzw. das Network des jeweiligen Institutes nutzbar. Für die Beteiligung eines externen Institutes außerhalb des AWI ist hardwareseitig momentan ein schneller Macintosh-Rechner mit mindestens 40MB Hauptspeicher als Server, Arbeitsplatzrechner und Netzanschluß (Internet) nötig

(Diepenbroek u.a.,1995). Am AWI wird momentan an der Fertigstellung einer Windows-Version (IBM-PC) gearbeitet, die die Akzeptanz von Seiten des IOW deutlich vergrößern würde. Als DBMS wird SYBASE verwendet und die graphische Bedienungsoberfläche ist mit 4th-Dimension erstellt worden. Für die Nutzung auf der Client-Seite ist somit eine 4D-Lizenz erforderlich. Zur Zeit sind zudem die Werkzeuge MacMap und PolyPlot zur Visualisierung der Recherche-Ergebnisse verfügbar. MacMap dient der Kartenerstellung von Probenpunkten und PolyPlot ermöglicht die graphische Darstellung von bis zu 50 Parametern gegen die Zeit bzw. die Tiefe.

Das SEPAN zugrunde liegende Datenmodell (Grobe, Diepenbroek, 1997) erscheint praxisnah, indem es der Struktur einer meeres-geologischen Probennahme folgt (Projekt-Campaign-Site-Data), übersichtlich und umfassend. Es kann numerische Daten, Strings (z.B. Probenbeschreibungen) und Graphiken speichern und verwalten. Zudem ist es flexibel und offen für die Erweiterung zusätzlicher Parameter und die Verarbeitung von z.B. Eis- oder Korallenkernen.

Die Nutzer-Oberfläche macht sich diese Praxisnähe ebenfalls zu Nutze, so daß die Einarbeitungszeit gering ist.

Die Schnittstellen zum Import und Export von Metainformationen sind nach international gebräuchlichen Standards aufgebaut worden und der Nutzer kann sich zur Weiterverarbeitung

Tabellen (Spreadsheets) individuell konfigurieren. Mit Hilfe des Retrieval-Tools, das auch boolesche Verknüpfungen erlaubt, können Daten komfortabel selektiert werden.

Schließlich sind noch die Validations-Routinen zur Kontrolle der Datenqualität und der Urheber-Schutz der Daten erwähnenswert.

Im Rahmen des Altdaten-Projektes am IOW wurden in den letzten Monaten die Altdaten aus der Geo-Datenbank selektiert und über das Netz zum AWI geschickt. Dort wurden sie in SEPAN integriert und stehen somit zur Verfügung.

Es wurden 2 Dienstreisen zum AWI durchgeführt, um vor Ort die Konzeption und die Realisierung von SEPAN kennenzulernen. Bis Ende Januar 1997 wird an der Windows-Version von SEPAN gearbeitet, ohne daß diese jedoch stabil läuft. Somit kann zur Zeit nur die Mac-Version produktiv eingesetzt werden. Es besteht am IOW die Möglichkeit, ohne Aufwand der Neuanschaffung, einen Mac-Rechner für eine Stand-Alone-Installation von SEPAN zur Verfügung zu stellen. Herr Grobe vom SEPAN-Projekt am AWI beabsichtigt, im März oder April 1997 SEPAN am IOW zu demonstrieren und über die Stand-Alone-Installation am IOW zu entscheiden. Im Rahmen der 2. Dienstreise zum AWI im Januar 1997 konnte festgestellt werden, daß die Performance von SEPAN vor Ort befriedigend ist, sich jedoch erst bei einer Recherche vom IOW aus, über das Netz, relevante Erfahrungswerte ergeben werden. Nach dieser in den nächsten Monaten erfolgenden Testinstallation von SEPAN am IOW kann die Leistungsfähigkeit befriedigend beurteilt und über eine finanzielle Beteiligung von Seiten des IOW abschließend entschieden werden.

6 Literatur:

R.C. Bowie (1995): Data Management in the National Geological Research Centre; in: J.R.A.

Giles (Ed.) : Geological Data Management: The Geological Society, London, S. 117-126

CA-OpenROAD: Application Editors User's Guide; Language Reference Manual (1994):

Computer Associates International Inc.

C.J. Date (1990); An Introduction to Database Systems: Volume 1; Addison-Wesley

Publishing Company

M. Diepenbroek, H. Grobe, M.Reinke (1995): SEPAN-Sediment and Paleoclimate Data

Network; in: H. Kremers, W. Pittmann (Eds.): Raum und Zeit in

Umweltinformationssystemen. proc. 9th International Symposium CSEP (95), S. 642-649

H. Grobe, M. Diepenbroek (1997): PANGAEA - PaleoNetwork for Geological and

Environmental Data; Unveröffentl. Manuskript. AWI Bremerhaven, 19 S.

J. Harff (1995): Zwischenbericht über den Stand des Projektes „Zusammenstellung und

wissenschaftliche Interpretation von daten über den Meeresboden der westlichen Ostsee aus

den Jahren 1953-1985“, unveröffentl. Manuskript IOW. 12 S.

J. Harff, W. Lemke, F. Tauber, E. M. Emelyanov (1995): Geologische Kartierung der Ostsee:

Die GEOWISSENSCHAFTEN, Bd. 13, Heft 11, S. 442-447

HELCOM: Baltic Marine Environment Protection Commission (1991): The Baltic Monitoring Data System. prepared by the Data Center EDC Finland

IGBP. The International Geosphere-Biosphere-Programme: a study of Global Change. the initial core projects (1990); Global Change Report, 12 S.

INGRES/SQL Reference Manual (1991); Ingres Corporation

INGRES- Database Administrator's Guide (1991); Ingres Corporation

H.L. Krasemann, A. Müller, S. Patzig, R. Riethmüller, H. Wagler (1992): WATIS - Das Wattenmeerinformationssystem für Forschung und Verwaltung: unveröffentl. Manuskript: GKSS- Forschungszentrum Geesthacht GmbH

M. Lautenschlager, M. Reinke (Eds.) (1996): Climate and Environmental Data Base Systems; Kluwer Academic Publishers, Norwell, S.147 - 159

T. Neumann (1995): Die IOW-Datenbank: Unveröffentl. techn. Bericht, IOW Warnemünde. Teil 1 - 4. S. 1 -11

S. Power, M. Scott et al. : Database design and data management on the Swansea-Llanelli Earth Science Mapping Project; in: J.R.A. Giles (Ed.): Geological data Management. The Geological Society, London. S. 145 -155

K. Rasmussen (1995): An overview of database analysis and design for geological systems:
in: J.R.A. Giles (Ed.): Geological data Management, The Geological Society, London, S. 5-11

H. R. Vatterott (1996): Workshop „Marine Datenhaltung in Deutschland“: Entwurf:
unveröffentl. Bericht, Fraunhofer Institut Graphische Datenverarbeitung, 10 S.

7 Anhang 1:

Liste der Parameter in der Datenbank GEO der Marine Geologie am IOW

Stand: 10.02.1997

Es befinden sich 866 Parameter in der Datenbank, die Parameter-Gruppen zugeordnet sind. Diese Parameter-Gruppen sind einerseits wissenschaftlichen Teildisziplinen zugeordnet, andererseits erfüllen sie lokale Anforderungen des IOW.

Die Flexibilität der GEO-Datenbank erlaubt eine beliebige Erweiterung zusätzlicher Parameter.

Param.-Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuerzung	Daten-Gruppe	Beschreibung
1	Grain Size A1 (Lemke)	g		Primary	Einwaage
2	Grain Size A1 (Lemke)	%		Secondary	Kies
3	Grain Size A1 (Lemke)	%		Secondary	GGB 2.0 -1.0 mm
4	Grain Size A1 (Lemke)	%		Secondary	GB 1.0 -0.63 mm
5	Grain Size A1 (Lemke)	%		Secondary	ML 0.63 -0.4 mm
6	Grain Size A1 (Lemke)	%		Secondary	MF 0.4-0.2 mm
7	Grain Size A1 (Lemke)	%		Secondary	F 0.2 -0.1 mm
8	Grain Size A1 (Lemke)	%		Secondary	FF 0.1 -0.063 mm
9	Grain Size A1 (Lemke)	%		Secondary	SF 0.063 -0.02 mm
11	Grain Size A2 (Lemke)	%		Secondary	SA 0.02 -0.0063 mm
12	Grain Size A2 (Lemke)	%		Secondary	GSU 0.0063 -0.002 mm
13	Grain Size A2 (Lemke)	%		Secondary	MSU 0.002 -0.00063 mm
14	Grain Size A2 (Lemke)	%		Secondary	FSU 0.00063 -0.0002 mm
15	Grain Size A2 (Lemke)	%		Secondary	GT 0.0002- 0.000063 mm
16	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	Summe Kies
17	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	2.0-1.0 mm
18	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	1.0-0.63 mm
19	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	0.63-0.4 mm
20	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	0.4-0.2 mm
21	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	0.2-0.1 mm
22	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	0.1-0.063 mm
23	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	0.063-0.02 mm
24	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	0.02-0.0063 mm
25	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	0.0063-0.002 mm
26	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	0.002-0.00063 mm
27	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	0.00063-0.0002 mm
28	Grain Size A3 (nach Kolp)	%		Secondary	0.0002-0.000063 mm
29	Grain Size A4 (nach Kolp A)	%		Secondary	>6.0 mm
30	Grain Size A4 (nach Kolp A)	%		Secondary	6.0-2.0 mm
31	Grain Size A4 (nach Kolp A)	%		Secondary	2.0-0.6 mm
32	Grain Size A4 (nach Kolp A)	%		Secondary	0.6-0.2 mm
33	Grain Size A4 (nach Kolp A)	%		Secondary	0.2-0.06 mm
34	Grain Size A4 (nach Kolp A)	%		Secondary	<0.06 mm
35	Grain Size A5 (nach Kolp B)	%		Secondary	>2.0 mm
36	Grain Size A5 (nach Kolp B)	%		Secondary	2.0-1.0 mm
37	Grain Size A5 (nach Kolp B)	%		Secondary	1.0-0.5 mm
38	Grain Size A5 (nach Kolp B)	%		Secondary	0.5-0.2 mm
39	Grain Size A5 (nach Kolp B)	%		Secondary	0.2-0.1 mm
40	Grain Size A5 (nach Kolp B)	%		Secondary	0.1-0.06 mm
41	Grain Size A5 (nach Kolp B)	%		Secondary	<0.06 mm
42	Grain Size A6 (nach Kolp C)	%		Secondary	>2.0 mm
43	Grain Size A6 (nach Kolp C)	%		Secondary	2.0-1.0 mm
44	Grain Size A6 (nach Kolp C)	%		Secondary	1.0-0.5 mm
45	Grain Size A6 (nach Kolp C)	%		Secondary	0.5-0.2 mm
46	Grain Size A6 (nach Kolp C)	%		Secondary	0.2-0.1 mm
47	Grain Size A6 (nach Kolp C)	%		Secondary	0.1-0.06 mm
48	Grain Size A6 (nach Kolp C)	%		Secondary	<0.06 mm
49	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	Sediment
50	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	Beimg
51	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	Farbe
52	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	Konsist
53	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	Laminen
54	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	Bruch
55	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	Minerale
56	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	H2S
57	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	Kalk
58	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	Geroelle
59	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	Fauna
60	Sediment description (Lemke)	n/a		nc	Flora
61	Sediment description	n/a		nc	Sediment
62	Sediment description	n/a		nc	Sediment Koernung
63	Sediment description	n/a		nc	Sediment Haeufigkeit
64	Sediment description	n/a		nc	Sediment Farbe
65	Sediment description	n/a		nc	Beimengung1 Art
66	Sediment description	n/a		nc	Beimengung1 Koernung
67	Sediment description	n/a		nc	Beimengung1 Haeufigkeit
68	Sediment description	n/a		nc	Beimengung2 Art
69	Sediment description	n/a		nc	Beimengung2 Koernung
70	Sediment description	n/a		nc	Beimengung2 Haeufigkeit

Param.-Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuerzung	Daten-Gruppe	Beschreibung
71	Grain Size A7 (nach Koehn)	%		Secondary	>0.06 mm
72	Grain Size A7 (nach Koehn)	%		Secondary	0.06-0.05 mm
73	Grain Size A7 (nach Koehn)	%		Secondary	0.05-0.04 mm
74	Grain Size A7 (nach Koehn)	%		Secondary	0.04-0.03 mm
75	Grain Size A7 (nach Koehn)	%		Secondary	0.03-0.02 mm
76	Grain Size A7 (nach Koehn)	%		Secondary	0.02-0.01 mm
77	Grain Size A7 (nach Koehn)	%		Secondary	0.01-0.005 mm
78	Grain Size A7 (nach Koehn)	%		Secondary	0.005-0.002 mm
79	Grain Size A7 (nach Koehn)	%		Secondary	0.002-0.0015 mm
80	Grain Size A7 (nach Koehn)	%		Secondary	< 0.0015 mm
81	Grain Size A8 (nach Koehn 2)	%		Secondary	>0.06 mm
82	Grain Size A8 (nach Koehn 2)	%		Secondary	0.06-0.05 mm
83	Grain Size A8 (nach Koehn 2)	%		Secondary	0.05-0.04 mm
84	Grain Size A8 (nach Koehn 2)	%		Secondary	0.04-0.03 mm
85	Grain Size A8 (nach Koehn 2)	%		Secondary	0.03-0.02 mm
86	Grain Size A8 (nach Koehn 2)	%		Secondary	0.02-0.01 mm
87	Grain Size A8 (nach Koehn 2)	%		Secondary	0.01-0.005 mm
88	Grain Size A8 (nach Koehn 2)	%		Secondary	0.005-0.002 mm
89	Grain Size A8 (nach Koehn 2)	%		Secondary	0.002-0.0012 mm
90	Grain Size A8 (nach Koehn 2)	%		Secondary	< 0.0012 mm
91	Geochemistry, sediment A	%	P	Secondary	Phosphor
92	Geochemistry, sediment A	ppm	Mn	Secondary	Manganese
93	Geochemistry, sediment A	ppb	Hg	Secondary	Mercury
101	General data	m	Depth	nc	Depth (core)
102	General data	m	corr.Depth	nc	Depth, corrected
103	General data	m	min.Depth	nc	Depth, min.
104	General data	m	max.Depth	nc	Depth, max.
106	General data	ka	StrFixp	Secondary	Stratigraphic fixpoint, age
107	General data	cm/kyr	SedRate	Tertiary	Sedimentation rate
108	General data	g/cm2/a	AccRateSed	Tertiary	Accumulation rate, sediment
109	General data	g/cm2/a	AccRateCarb	Tertiary	Accumulation rate, org. carbon
110	General data	g/cm2/a	AccRateCarb	Tertiary	Accumulation rate, carbonate
111	General data	g/cm2/a	AccRateSilic	Tertiary	Accumulation rate, silica
112	Paleoclimate data	gC/m2/a	Ptotal	Tertiary	Paleoproductivity, total
113	Paleoclimate data	C	PaiTempS	Tertiary	Paleotemperature, summer
114	Paleoclimate data	per mil	paiSal	Tertiary	Paleosalinity, mean annual
115	Physics	C	Temp	Secondary	Temperature
116	Physics	g	Tara	Primary	Water content, weight, tara
117	Physics	g	Brutto	Primary	Water content, dry weight, brutto
118	Physics	g	Netto	Primary	Water content, dry weight, netto
119	Physics	%	Water	Secondary	Water content/wet weight
120	Physics	g/ccm	PYCDensity	Secondary	Dry density, PYC
122	Physics	g/ccm	DBDensity	Secondary	Dry bulk density, calc.
123	Physics	g/ccm	WBDensity	Secondary	Wet bulk density
124	Physics	g/cm3	Density	Secondary	Grain density
125	Physics		PoreNo	Secondary	Pore number
126	Physics	%	Porosity	Secondary	Porosity
127	Physics	mDarcy	Permeability	Secondary	Permeability
128	Physics	W/mcal	ThermCond	Secondary	Thermal conductivity
129	Physics	mV	EiCond	Secondary	Electrical conductivity
130	Physics	Ohmm	EiRes	Secondary	Electrical resistivity
131	Physics	m/sec	Vp	Secondary	Vp, sound velocity
132	Physics		Vp-a	Secondary	Vp, amplitude
133	Physics	m/sec	Vs	Secondary	Vs, sound velocity
134	Physics		Vs-a	Secondary	Vs, amplitude
135	Physics	kPa	ShStrength(prim)	Secondary	Shear strength, primary
136	Physics	kPa	ShStrength(rem)	Secondary	Shear strength, remanent
137	Physics	10-5 SI	Suszi	Secondary	Susceptibility: 10-5SI
138	Magnetics	mA/m	Intes	Secondary	Intensity
139	Magnetics	Grad	NRMIIncl	Secondary	Inclination
140	Magnetics	Grad	staIncl	Secondary	Inclination, stable
141	Magnetics	Grad	Decl	Secondary	Declination
142	Magnetics		Pol	Secondary	Polarity (0=undef., 1=norm.,
143	Magnetics	mT	MDF	Secondary	Median destructive field
144	Magnetics	mT	ARM	Secondary	Anhysteretic remnant magnetisation
145	Magnetics	mT	IRM	Secondary	Isothermal remnant magnetisation
146	Chemistry, porewater		pH	Secondary	pH
147	Chemistry, porewater	mV	Eh	Secondary	Eh
148	Chemistry, porewater	mmol/l	Alkal	Secondary	Alkalinity

Param.-Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuerzung	Daten-Gruppe	Beschreibung
149	Chemistry, porewater	mymol/l	O2	Secondary	Oxygen
150	Chemistry, porewater	mmol/l	SO4	Secondary	Sulfate
151	Chemistry, porewater	mymol/l	NO3	Secondary	Nitrate
152	Chemistry, porewater	mymol/l	NH4	Secondary	Ammonium
153	Chemistry, porewater	mymol/l	PO4	Secondary	Phosphate
154	Chemistry, porewater	mymol/l	Cl	Secondary	Chloride
155	Chemistry, porewater	mymol/l	S	Secondary	Sulfide
156	Chemistry, porewater	mymol/l	F	Secondary	Fluorine
157	Chemistry, porewater	mmol/l	K	Secondary	Potassium
158	Chemistry, porewater	mmol/l	Na	Secondary	Sodium
159	Chemistry, porewater	mmol/l	Ca	Secondary	Calcium
160	Chemistry, porewater	mmol/l	Mg	Secondary	Magnesium
161	Chemistry, porewater	mymol/l	Ba	Secondary	Barium
162	Chemistry, porewater	mymol/l	Sr	Secondary	Strontium
163	Chemistry, porewater	mymol/l	Fe	Secondary	Iron
164	Chemistry, porewater	mymol/l	Mn	Secondary	Manganese
165	Chemistry, porewater	mmol/l	Si	Secondary	Silica
166	Chemistry, porewater	mymol/l	Al	Secondary	Aluminium
167	Chemistry, sediment	wt%	TOC	Secondary	Carbon, total organic
168	Chemistry, sediment	mgHC/gTOC	HI	Secondary	Hydrogen index
169	Chemistry, sediment	mgCO2/gTOC	OI	Secondary	OxygenIndex
170	Chemistry, sediment	%	CaCO3	Secondary	Calciumcarbonate
171	Chemistry, sediment	%	Opal	Secondary	Opal
172	Chemistry, sediment	%	S	Secondary	Sulphur, total
173	Chemistry, sediment	%	N	Secondary	Nitrogen
174	Chemistry, sediment	%	Si	Secondary	Silica
175	Chemistry, sediment	%	Al	Secondary	Aluminium
176	Chemistry, sediment	%	Ti	Secondary	Titan
177	Chemistry, sediment	%	Fe	Secondary	Iron
178	Chemistry, sediment	%	Mn	Secondary	Manganese
179	Chemistry, sediment	%	Ca	Secondary	Calcium, buik
180	Chemistry, sediment	%	Mg	Secondary	Magnesium
181	Chemistry, sediment	ppm	Sr	Secondary	Strontium
182	Chemistry, sediment	ppm	Ba	Secondary	Barium
183	Chemistry, sediment	ppm	Mo	Secondary	Molybden
184	Chemistry, sediment	ppm	Ni	Secondary	Nickel
185	Chemistry, sediment	ppm	Co	Secondary	Cobalt
186	Chemistry, sediment	ppm	Cu	Secondary	Copper
187	Chemistry, sediment	ppm	Cr	Secondary	Chromium
188	Chemistry, sediment	ppm	P	Secondary	Phosphor
189	Chemistry, sediment	ppm	Na	Secondary	Sodium
190	Chemistry, sediment	ppm	K	Secondary	Potassium
191	Isotopes, unstable (radionuclides)	ka	14C-Age	Secondary	Carbon 14, age
192	Isotopes, unstable (radionuclides)	ka	14C-Age +/-	Secondary	Carbon 14, age +/-
193	Isotopes, unstable (radionuclides)	ka	230ThAge	Secondary	Thorium 230, age
194	Isotopes, unstable (radionuclides)	ka	230Th +/-	Secondary	Thorium 230, age +/-
195	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	230Th	Secondary	Thorium 230
196	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	230Th +/-	Secondary	Thorium 230, range
197	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	232Th	Secondary	Thorium 232
198	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	232Th +/-	Secondary	Thorium 232, range
199	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	231Pa	Secondary	Protactinium 231
200	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	231Pa +/-	Secondary	Protactinium 231, range
201	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	234U	Secondary	Uranium 234
202	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	234U +/-	Secondary	Uranium 234, range
203	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	238U +/-	Secondary	Uranium 238
204	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	238U +/-	Secondary	Uranium 238, range
205	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	226Ra	Secondary	Radium 226
206	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	226Ra +/-	Secondary	Radium 226, range
207	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	210PB	Secondary	Lead 210
208	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	210PB +/-	Secondary	Lead 210, range, dpm/g
209	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	10Be	Secondary	Berillium 10
210	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	10Be +/-	Secondary	Berillium 10, range
211	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	26Al	Secondary	Aluminium 26
212	Isotopes, unstable (radionuclides)	dpm/g	26Al +/-	Secondary	Aluminium 26, range
215	Isotopes, stable	per mil PDB	TOC d13C	Secondary	Organic matter, d13C
216	Isotopes, stable	per mil PDB	C, wuellerst. O	Secondary	Cibicidoides wuellerstorfi, d18O
217	Isotopes, stable	per mil PDB	C, wuellerst. C	Secondary	Cibicidoides wuellerstorfi, d13C
218	Isotopes, stable	per mil PDB	Cibce d18O	Secondary	Cibicidoides spp., d18O
219	Isotopes, stable	per mil PDB	d13C Cib	Secondary	Cibicidoides spp., d13C

Param.-Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuerzung	Daten-Gruppe	Beschreibung
220	Isotopes, stable	per mil PDB	U.perego	Secondary	Uvigerina peregrina,d18O
221	Isotopes, stable	per mil PDB	U.peregc	Secondary	Uvigerina peregrina,d13C
222	Isotopes, stable	per mil PDB	O.umboo	Secondary	Oridorsalis umbonatus,d18O
223	Isotopes, stable	per mil PDB	O.umhoc	Secondary	Oridorsalis umbonatus,d13C
224	Isotopes, stable	per mil PDB	M.zaando	Secondary	Melonis zaandami,d18O
225	Isotopes, stable	per mil PDB	M.zaandc	Secondary	Melonis zaandami,d13C
226	Isotopes, stable	per mil PDB	M.pompo	Secondary	Melonis pompilioides,d18O
227	Isotopes, stable	per mil PDB	M.pompc	Secondary	Melonis pompilioides,d13C
228	Isotopes, stable	per mil PDB	N.umbo	Secondary	Nuttallides umbonifer,d18O
229	Isotopes, stable	per mil PDB	N.umbc	Secondary	Nuttallides umbonifer,d13C
230	Isotopes, stable	per mil PDB	P.bubullo	Secondary	Pullenia bulloides,d18O
231	Isotopes, stable	per mil PDB	P.bullc	Secondary	Pullenia bulloides,d13C
232	Isotopes, stable	per mil PDB	P.subco	Secondary	Pullenia subcarnata,d18O
233	Isotopes, stable	per mil PDB	P.subcc	Secondary	Pullenta subcarnata,d13C
234	Isotopes, stable	per mil PDB	E.exiguao	Secondary	Epistominella exigua,d18O
235	Isotopes, stable	per mil PDB	E.exiguac	Secondary	Epistominella exigua,d13C
236	Isotopes, stable	per mil PDB	B.aculo	Secondary	Bulimina aculeata,d18O
237	Isotopes, stable	per mil PDB	B.aculc	Secondary	Bulimina aculeata,d13C
238	Isotopes, stable	per mil PDB	A.angulo	Secondary	Angulogerina angulosa,d18O
239	Isotopes, stable	per mil PDB	A.angulc	Secondary	Angulogerina angulosa,d13C
240	Isotopes, stable	per mil PDB	N.pachdexc	Secondary	N pachyderma,dextral,d13C
241	Isotopes, stable	per mil PDB	N.pachdexo	Secondary	N pachyderma,dextral,d18O
242	Isotopes, stable	per mil PDB	N.pachsino	Secondary	N pachyderma,sinistral,d18O
243	Isotopes, stable	per mil PDB	N.pachsinc	Secondary	N pachyderma,sinistral,d13C
244	Isotopes, stable	per mil PDB	G.bullo	Secondary	Globigerina bulloides,d18O
245	Isotopes, stable	per mil PDB	G.bullc	Secondary	Globigerina bulloides,d13C
246	Isotopes, stable	per mil PDB	G.inflo	Secondary	Globorotalia inflata,d18O
247	Isotopes, stable	per mil PDB	G.inflc	Secondary	Globorotalia inflata,d13C
248	Grain Size	grav/10cm3	IRD	Secondary	Ice rafted debris
249	Grain Size	grav/10cm3	IRDPAr	Secondary	IRD-Parameter
250	Grain Size	g	Gravelnet	Primary	Gravel,weight netto
251	Grain Size	%	Gravel	Secondary	Gravel
252	Grain Size	g	Sandnet	Primary	Sand,weight netto
253	Grain Size	%	Sand	Secondary	Sand
254	Grain Size	g	Silt	Primary	Silt,weight netto
255	Grain Size	%	Silt	Secondary	Silt
256	Grain Size	g	Clay	Primary	Clay,weight netto
257	Grain Size	%	Clay	Secondary	Clay
258	Grain Size	phi	Mean	Secondary	Mean
259	Grain Size		Skew	Secondary	Skewness
260	Grain Size		Kurt	Secondary	Kurtosis
261	Grain Size	phi	Sort	Secondary	Sorting
262	Grain Size	phi	SMean	Secondary	Silt-Mean
263	Grain Size		SSkew	Secondary	Silt-Skewness
264	Grain Size		SKurt	Secondary	Silt-Kurtosis
265	Grain Size	phi	SSort	Secondary	Silt-Sorting
266	Grain Size	phi	Perc5	Secondary	Percentile 05
267	Grain Size	phi	Perc16	Secondary	Percentile 16
268	Grain Size	phi	Perc25	Secondary	Percentile 25
269	Grain Size	phi	Perc50	Secondary	Percentile 50
270	Grain Size	phi	Perc75	Secondary	Percentile 75
271	Grain Size	phi	Perc84	Secondary	Percentile 84
272	Grain Size	phi	Perc95	Secondary	Percentile 95
273	Grain Size	%		Secondary	(-1.0) - 0.0 phi, 2000 -1000 my
274	Grain Size	%		Secondary	0.0- 1.0 phi,1000 - 500 my
275	Grain Size	%		Secondary	1.0- 2.0phi,500- 250my
276	Grain Size	%		Secondary	2.0- 3.0phi,250-125my
277	Grain Size	%		Secondary	3.0- 4.0phi,125- 63my
278	Grain Size	%		Secondary	4.0- 5.0phi,63- 32my
279	Grain Size	%		Secondary	5.0- 6.0phi,32-16my
280	Grain Size	%		Secondary	6.0- 7.0phi, 16- 8 my
281	Grain Size	%		Secondary	7.0- 8.0phi,8- 4my
282	Grain Size	%		Secondary	8.0- 9.0phi,4- 2my
283	Grain Size	%		Secondary	0.0- 0.1 phi
284	Grain Size	%		Secondary	0.1- 0.2 phi
285	Grain Size	%		Secondary	0.2- 0.3 phi
286	Grain Size	%		Secondary	0.3- 0.4 phi
287	Grain Size	%		Secondary	0.4- 0.5phi
288	Grain Size	%		Secondary	0.5- 0.6phi

Param -Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuezung	Daten-Gruppe	Beschreibung
289	Grain Size	%		Secondary	0.6- 0.7phi
290	Grain Size	%		Secondary	0.7- 0.8phi
291	Grain Size	%		Secondary	0.8- 0.9phi
292	Grain Size	%		Secondary	0.9-1.0phi
293	Grain Size	%		Secondary	1.0-1.1phi
294	Grain Size	%		Secondary	1.1-1.2phi
295	Grain Size	%		Secondary	1.2-1.3phi
296	Grain Size	%		Secondary	1.3- 1.4phi
297	Grain Size	%		Secondary	1.4-1.5phi
298	Grain Size	%		Secondary	1.5-1.6phi
299	Grain Size	%		Secondary	1.6-1.7phi
300	Grain Size	%		Secondary	1.7-1.8phi
301	Grain Size	%		Secondary	1.8-1.9phi
302	Grain Size	%		Secondary	1.9- 2.0phi
303	Grain Size	%		Secondary	2.0- 2.1phi
304	Grain Size	%		Secondary	2.1- 2.2phi
305	Grain Size	%		Secondary	2.2- 2.3phi
306	Grain Size	%		Secondary	2.3- 2.4phi
307	Grain Size	%		Secondary	2.4- 2.5phi
308	Grain Size	%		Secondary	2.5- 2.6phi
309	Grain Size	%		Secondary	2.6- 2.7phi
310	Grain Size	%		Secondary	2.7- 2.8phi
311	Grain Size	%		Secondary	2.8- 2.9phi
312	Grain Size	%		Secondary	2.9- 3.0phi
313	Grain Size	%		Secondary	3.0- 3.1phi
314	Grain Size	%		Secondary	3.1- 3.2phi
315	Grain Size	%		Secondary	3.2- 3.3phi
316	Grain Size	%		Secondary	3.3- 3.4phi
317	Grain Size	%		Secondary	3.4- 3.5phi
318	Grain Size	%		Secondary	3.5- 3.6phi
319	Grain Size	%		Secondary	3.6- 3.7phi
320	Grain Size	%		Secondary	3.7- 3.8phi
321	Grain Size	%		Secondary	3.8- 3.9phi
322	Grain Size	%		Secondary	3.9- 4.0phi
323	Grain Size	%		Secondary	4.0- 4.1phi
324	Grain Size	%		Secondary	4.1- 4.2phi
325	Grain Size	%		Secondary	4.2- 4.3phi
326	Grain Size	%		Secondary	4.3- 4.4phi
327	Grain Size	%		Secondary	4.4- 4.5phi
328	Grain Size	%		Secondary	4.5-4.6phi
329	Grain Size	%		Secondary	4.6- 4.7phi
330	Grain Size	%		Secondary	4.7- 4.8phi
331	Grain Size	%		Secondary	4.8- 4.9phi
332	Grain Size	%		Secondary	4.9- 5.0phi
333	Grain Size	%		Secondary	5.0- 5.1phi
334	Grain Size	%		Secondary	5.1- 5.2phi
335	Grain Size	%		Secondary	5.2- 5.3phi
336	Grain Size	%		Secondary	5.3- 5.4phi
337	Grain Size	%		Secondary	5.4- 5.5phi
338	Grain Size	%		Secondary	5.5- 5.6phi
339	Grain Size	%		Secondary	5.6- 5.7phi
340	Grain Size	%		Secondary	5.7- 5.8phi
341	Grain Size	%		Secondary	5.8- 5.9phi
342	Grain Size	%		Secondary	5.9- 6.0phi
343	Grain Size	%		Secondary	6.0- 6.1phi
344	Grain Size	%		Secondary	6.1- 6.2phi
345	Grain Size	%		Secondary	6.2- 6.3phi
346	Grain Size	%		Secondary	6.3- 6.4phi
347	Grain Size	%		Secondary	6.4- 6.5phi
348	Grain Size	%		Secondary	6.5- 6.6phi
349	Grain Size	%		Secondary	6.6- 6.7phi
350	Grain Size	%		Secondary	6.7- 6.8phi
351	Grain Size	%		Secondary	6.8- 6.9phi
352	Grain Size	%		Secondary	6.9- 7.0phi
353	Grain Size	%		Secondary	7.0- 7.1phi
354	Grain Size	%		Secondary	7.1- 7.2phi
355	Grain Size	%		Secondary	7.2- 7.3phi
356	Grain Size	%		Secondary	7.3- 7.4phi
357	Grain Size	%		Secondary	7.4- 7.5phi

Param.-Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuerzung	Daten-Gruppe	Beschreibung
358	Grain Size	%		Secondary	7 5- 7 6phi
359	Grain Size	%		Secondary	7 6- 7 7phi
360	Grain Size	%		Secondary	7 7- 7 8phi
361	Grain Size	%		Secondary	7 8- 7 9phi
362	Grain Size	%		Secondary	7 9- 8 0phi
363	Grain Size	%		Secondary	8 0- 8 1phi
364	Grain Size	%		Secondary	8 1- 8 2phi
365	Grain Size	%		Secondary	8 2- 8 3phi
366	Grain Size	%		Secondary	8 3- 8 4phi
367	Grain Size	%		Secondary	8 4- 8 5phi
368	Grain Size	%		Secondary	8 5- 8 6phi
369	Grain Size	%		Secondary	8 6- 8 7phi
370	Grain Size	%		Secondary	8 7- 8 8phi
371	Grain Size	%		Secondary	8 8- 8 9phi
372	Grain Size	%		Secondary	8 9- 9 0phi
373	Mineralogy. bulk	cps	Al2O3	Primary	Korund (Standard,Intensity)
374	Mineralogy. bulk	cps	Al2O3	Primary	Korund (Standard,Area)
375	Mineralogy. bulk	cps	Quartz	Primary	Quartz,Intensity
376	Mineralogy. bulk	%	Quartz	Secondary	Quartz
377	Mineralogy. bulk	cps	Feldsp	Primary	Feldspar,Intensity
378	Mineralogy. bulk	%	Feldsp	Secondary	Feldspar
379	Mineralogy. bulk	cps	KFelsp	Primary	Kalifeldspar,Intensity
380	Mineralogy. bulk	%	KFelsp	Secondary	Kalifeldspar
381	Mineralogy. bulk	cps	Plag	Primary	Plagioclase, Intensity
382	Mineralogy. bulk	%	Plag	Secondary	Plagioclase
383	Mineralogy. bulk	cps	Amph	Primary	Amphibol,Intensity
384	Mineralogy. bulk	%	Amph	Secondary	Amphibol
385	Mineralogy. bulk	cps	Pyrox	Primary	Pyroxene,Intensity
386	Mineralogy. bulk	%	Pyrox	Secondary	Pyroxene
387	Mineralogy. bulk	cps	Baryte	Primary	Baryte,Intensity
388	Mineralogy. bulk	%	Baryte	Secondary	Baryte
389	Mineralogy. bulk	cps	Pyrite	Primary	Pyrite,Intensity
390	Mineralogy. bulk	%	Pyrite	Secondary	Pyrite
391	Mineralogy. bulk	cps	Klinopt	Primary	Klinoptilolithe,Intensity
392	Mineralogy. bulk	%	Klinopt	Secondary	Klinoptilolithe
393	Mineralogy. Clay	cps	Mos	Primary	Molybdensulfide (Standard,
394	Mineralogy. Clay	cps	MoS	Primary	Molybdensulfide (Standard,Area)
395	Mineralogy. Clay	%/clay	Smect	Secondary	Smectite
396	Mineralogy. Clay	%/clay	Illite	Secondary	Illite
397	Mineralogy. Clay	%/clay	Chlorite	Secondary	Chlorite
398	Mineralogy. Clay	%/clay	Kaolin	Secondary	Kaolinite
399	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Smectite (Intensity,17A)
400	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Smectite (Area,17A)
401	Mineralogy. Clay	d2Theta		Primary	Smectite (Half height width)
402	Mineralogy. Clay			Primary	Smectite (v/p,Biscaye Index)
403	Mineralogy. Clay	d2Theta		Primary	Smectite (Integral width)
404	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Illite (Intensity,10A)
405	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Illite (Area,10A)
406	Mineralogy. Clay	A		Primary	Illite (Position,10A)
407	Mineralogy. Clay	d2Theta		Primary	Illite (Half height width, glyc.)
408	Mineralogy. Clay	d2Theta		Primary	Illite (Half height width, Luft)
409	Mineralogy. Clay	d2Theta		Primary	Illite (Integral width)
410	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Illite (Intensity,5A)
411	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Illite (Area,5A)
412	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Illite (Intensity,4.5A)
413	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Illite (Area 4.6A)
414	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Chlorite (Intensity,7A)
415	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Chlorite (Area,7A)
416	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Chlorite (Intensity,4.7A)
417	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Chlorite (Area,4.7A)
418	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Chlorite (Intensity,3.58A)
419	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Chlorite (Area,3.58A)
420	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Kaolinite+Chlorite (Intensity,7A)
421	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Kaolinite+Chlorite (Area,7A)
422	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Kaolinite+Chlorite (Intensity,
423	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Kaolinite+Chlorite (Area,3.58A)
424	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Kaolinite (Intensity,7A)
425	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Kaolinite (Area,7A)
426	Mineralogy. Clay	cps		Primary	Kaolinite (Intensity,3.58A)

Param.-Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuerzung	Daten-Gruppe	Beschreibung
427	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Kaolinite (Area,3.58)
428	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Quartz (Intensity,4.26A)
429	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Quartz (Area,4.26A)
430	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Feldspar (Intensity,3.18)
431	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Feldspar (Area,3.18)
432	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Amphibol (Intensity,8.45A)
433	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Amphibol (Area,8.45A)
434	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Talc (Intensity,9.37A)
435	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Talc (Area,9.37A)
436	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Calcite (Intensity,3.04A)
437	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Calcite (Area,3.04A)
438	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Goethite (Intensity,4.18)
439	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Goethite (Area,4.18A)
440	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Gibbsite (Intensity,4.85)
441	Mineralogy, Clay	cps		Primary	Gibbsite (Area,4.85)
442	Components, terrigenous	No		Primary	Indet.count
443	Components, terrigenous	%/sand	Indet	Secondary	Indet/sand
444	Components, terrigenous	%	Indet	Secondary	Indet
445	Components, terrigenous	No		Primary	Terrigenous.count
446	Components, terrigenous	%/sand	Terr	Secondary	Terrigenous/sand
447	Components, terrigenous	%	Terr	Secondary	Terrigenous
448	Components, terrigenous	No		Primary	Rock fragments.count
449	Components, terrigenous	%/sand	Rfragm	Secondary	Rock fragments/sand
450	Components, terrigenous	%	Rfragm	Secondary	Rock fragments
451	Components, terrigenous	No		Primary	Quartz.count
452	Components, terrigenous	%/sand		Quartz	Quartz/sand
453	Components, terrigenous	%	Quartz	Secondary	Quartz
454	Components, terrigenous	No		Primary	Feldspar.count
455	Components, terrigenous	%/sand	Feldsp	Secondary	Feldspar/sand
456	Components, terrigenous	%	Feldsp	Secondary	Feldspar
457	Components, terrigenous	No		Primary	Mica.count
458	Components, terrigenous	%/sand	Mica	Secondary	Mica/sand
459	Components, terrigenous	%	Mica	Secondary	Mica
460	Components, terrigenous	No		Primary	Amphibol.count
461	Components, terrigenous	%/sand	Amph	Secondary	Amphibol/sand
462	Components, terrigenous	%	Amph	Secondary	Amphibol
463	Components, terrigenous	No		Primary	Pyroxene.count
464	Components, terrigenous	%/sand	Pyrox	Secondary	Pyroxene/sand
465	Components, terrigenous	%	Pyrox	Secondary	Pyroxene
466	Components, terrigenous	No		Primary	Ore.count
467	Components, terrigenous	%/sand	Ore	Secondary	Ore/sand
468	Components, terrigenous	%	Ore	Secondary	Ore
469	Components, terrigenous	No		Primary	Pyrite.count
470	Components, terrigenous	%/sand	Pyrite	Secondary	Pyrite/sand
471	Components, terrigenous	%	Pyrite	Secondary	Pyrite
472	Components, terrigenous	No		Primary	Minerals.count
473	Components, terrigenous	%/sand	Mine	Secondary	Minerals/sand
474	Components, terrigenous	%	Mine	Secondary	Minerals
475	Components, terrigenous	No		Primary	Glaucinite.count
476	Components, terrigenous	%/sand	Glauc	Secondary	Glaucinite/sand
477	Components, terrigenous	%	Glauc	Secondary	Glaucinite
478	Components, terrigenous	No		Primary	Micro_nodules.count
479	Components, terrigenous	%/sand	MnNod	Secondary	Micro_nodules/sand
480	Components, terrigenous	%	MnNod	Secondary	Micro_nodules
481	Components, terrigenous	No		Primary	Volcanic glass.count
482	Components, terrigenous	%/sand	VolGlas	Secondary	Volcanic glass/sand
483	Components, terrigenous	%	VolGlas	Secondary	Volcanic glass
484	Components, terrigenous	No		Primary	Volcanic ash.count
485	Components, terrigenous	%/sand	VolAsh	Secondary	Volcanic ash/sand
486	Components, terrigenous	%	VolAsh	Secondary	Volcanic ash
487	Components, biogeneous	No		Primary	N.pachyderma.sinistral.count
488	Components, biogeneous	%	Npachy/s	Secondary	N.pachyderma.sinistral
489	Components, biogeneous	No	data	Primary	N.pachyderma.dextral.count
490	Components, biogeneous	%	Npachy/dex:	Secondary	N.pachyderma.dextral
491	Components, biogeneous		Npachs	Secondary	N.pachyderma.sin./dex.ratio
492	Components, biogeneous	No		Primary	Fragmentation_Index.count
493	Components, biogeneous	%	FragmInd	Secondary	Fragmentation_Index
494	Components, biogeneous	No		Primary	Biogeneous.count
495	Components, biogeneous	%/sand	Biog	Secondary	Biogeneous/sand

Param -Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuezung	Daten-Gruppe	Beschreibung
496	Components. biogeneous	%	Biog	Secondary	Biogeneous
497	Components. biogeneous	No		Primary	Planktonic_foraminifera.count
498	Components. biogeneous	%/sand	PlaFor	Secondary	Planktonic_foraminifera/sand
499	Components. biogeneous	%	PlaFor	Secondary	Planktonic_foraminifera
500	Components. biogeneous	No		Primary	Benthic_foraminifera.count
501	Components. biogeneous	%/sand	BenFor	Secondary	Benthic_foraminifera/sand
502	Components. biogeneous	%	BenFor	Secondary	Benthic_foraminifera
503	Components. biogeneous	No		Primary	Benthic_arenaceous_foraminifera.
504	Components. biogeneous	%/sand	BeAFor	Secondary	Benthic_arenaceous_foraminifera/san
505	Components. biogeneous	%	BeAFor	Secondary	Benthic_arenaceous_foraminifera
506	Components. biogeneous	No		Primary	Benthic_calcareous_foraminifera_cou
507	Components. biogeneous	%/sand	BeCFor	Secondary	Benthic_calcareous_foraminifera/san
508	Components. biogeneous	%	BeCFor	Secondary	Benthic_calcareous_foraminifera
509	Components. biogeneous	No		Primary	Radiolarians.count
510	Components. biogeneous	%/sand	Radio	Secondary	Radiolarians/sand
511	Components. biogeneous	%	Radio	Secondary	Radiolarians
512	Components. biogeneous	No		Primary	Sponge_spicules.count
513	Components. biogeneous	%/sand	Spong	Secondary	Sponge_spicules/sand
514	Components. biogeneous	%	Spong	Secondary	Sponge_spicules
515	Components. biogeneous	No		Primary	Ostracods.count
516	Components. biogeneous	%/sand	Ostrac	Secondary	Ostracods/sand
517	Components. biogeneous	%	Ostrac	Secondary	Ostracods
518	Components. biogeneous	No		Primary	Molluscs.count
519	Components. biogeneous	%/sand	Mollus	Secondary	Molluscs/sand
520	Components. biogeneous	%	Mollus	Secondary	Molluscs
521	Components. biogeneous	No	Pr	Primary	Bryozoans.count
522	Components. biogeneous	%/sand	Bryoz	Secondary	Bryozoans/sand
523	Components. biogeneous	%	Bryoz	Secondary	Bryozoans
524	Components. biogeneous	No		Primary	Diatoms.count
525	Components. biogeneous	%/sand	Diatom	Secondary	Diatoms/sand
526	Components. biogeneous	%	Diatom	Secondary	Diatoms
527	Components. biogeneous	No		Primary	Silicoflagellates.count
528	Components. biogeneous	%/sand	Silico	Secondary	Silicoflagellates/sand
529	Components. biogeneous	%	Silico	Secondary	Silicoflagellates
530	Components. biogeneous	No		Primary	Dinoflagellates.count
531	Components. biogeneous	%/sand	Dinofl	Secondary	Dinoflagellates/sand
532	Components. biogeneous	%	Dinofl	Secondary	Dinoflagellates
533	Components. biogeneous	No		Primary	Coccoliths.count
534	Components. biogeneous	%/sand	Cocco	Secondary	Coccoliths/sand
535	Components. biogeneous	%	Cocco	Secondary	Coccoliths
536	Components. biogeneous	No		Primary	Pollen.count
537	Components. biogeneous	%/sand	Poll	Secondary	Pollen/sand
538	Components. biogeneous	%	Poll	Secondary	Pollen
539	Components. terrigeneous (smear)	%	Sand	Secondary	Sand
540	Components. terrigeneous (smear)	%	Silt	Secondary	Silt
541	Components. terrigeneous (smear)	%	Clay	Secondary	Clay
542	Components. terrigeneous (smear)	%	RFRagm	Secondary	Rock fragments
543	Components. terrigeneous (smear)	%	Quartz	Secondary	Quartz
544	Components. terrigeneous (smear)	%	Feldspar	Secondary	Feldspar
545	Components. terrigeneous (smear)	%	Mica	Secondary	Mica
546	Components. terrigeneous (smear)	%	TerrCarb	Secondary	Terrigeneous carbonate
547	Components. terrigeneous (smear)	%	Pyrite	Secondary	Pyrite
548	Components. terrigeneous (smear)	%	Glauc	Secondary	Glaucinite
549	Components. terrigeneous (smear)	%	Zeolithe	Secondary	Zeolithe
550	Components. terrigeneous (smear)	%	HeavMin	Secondary	Heavy minerals
551	Components. terrigeneous (smear)	%	MNodule	Secondary	Micro nodules
552	Components. terrigeneous (smear)	%	VolcGlas	Secondary	Volcanic glass
553	Components. terrigeneous (smear)	%	Opaq	Secondary	Opaques
554	Components. biogeneous (smear)	%	Foram	Secondary	Foraminifers
555	Components. biogeneous (smear)	%	Cocco	Secondary	Coccoliths
556	Components. biogeneous (smear)	%	Radio	Secondary	Radiolarians
557	Components. biogeneous (smear)	%	Diatom	Secondary	Diatoms
558	Components. biogeneous (smear)	%	Silicofl	Secondary	Silicoflagellates
559	Components. biogeneous (smear)	%	SponSpic	Secondary	Sponge_spicules
560	Components. biogeneous (smear)	%	FishDeb	Secondary	Fish_debris
561	Components. biogeneous (smear)	%	PlantDeb	Secondary	Plant_debns
562	Components. biogeneous (smear)	%	Pellet	Secondary	Pellets
564	Micropal: Foraminifers. benthic	No/10 cm2	Ind. benth	Secondary	Individuals
565	Micropal: Foraminifers. benthic	%		Secondary	Textularina

Param.-Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuezung	Daten-Gruppe	Beschreibung
566	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Miliolina
567	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Adercotryma glomerata
568	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Ammomarginulina ensis
569	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Ammomarginulina foliacea
570	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Ammomarginulina foliacea curvata
571	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Ammoscalaria pseudospiralis
572	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cassidulina biora
573	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cassidulina laevigata/teretis
574	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cassidulina crassa/reniforme/obtusa
575	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cassidulinoides porrecta
576	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cibicides bertheloti
577	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cibicides corpulentus
578	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cibicides grossepunctatus
579	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cibicides pseudoungerianus
580	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cibicides spp.
581	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cibicidoides wuellerstorfi
582	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cribrostomoides crassimargo
583	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cribrostomoides jeffreysii
584	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cribrostomoides rotulatum
585	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cribrostomoides subglobosum
586	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cribrostomoides wiesneri
587	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cyclammina orbicularis
588	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cyclammina pusilla/cancellata
589	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Cyclogyra foliacea
590	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Dentalina communis ssp.
591	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Dentalina pauperata
592	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Dentalina spp.
593	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Eggerella bradyi
594	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Eggerella cf. propinqua
595	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Eggerella scabra
596	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Ehrenbergina glabra
597	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Epistominella exigua
598	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Epistominella sp.A
599	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Epistominella umbonifera
600	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Eponides tumidulus
601	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Eponides weddellensi
602	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Fissurina auricolata
603	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Fissurina orbygniana
604	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Fissurina cf. serrata
605	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Fissurina subformosa
606	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Fissurina sp. Miene
607	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Fissurina spp.
608	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Fursenkoina davisii
609	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Fursenkoina earlandi
610	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Fursenkoina fusiformis
611	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Glanulina antarctica ssp.
612	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Globocassidulina crassarosensis
613	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Globocassidulina subglobosa
614	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Glomospira charoides
615	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Guttulina sp.
616	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Gyroidina klein
617	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Gyroidina neosoldanii
618	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Haplophragmoides bradyi
619	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Haplophragmoides sphaeriloculus
620	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Hippocrepina flexibilis
621	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Hormosina carpenteri
622	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Hormosina normani
623	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Hormosina sp.
624	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Karenella bradyi
625	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Karenella novangliae
626	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Laeena nebulosa
627	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Lagena striata
628	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Lagena subacuticosta
629	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Lagena laevis
630	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Lagena spp.
631	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Laticarinina pauperata
632	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Lenticulina antarctica
633	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Lenticulina spp.
634	Micropal..Foraminifers, benthic	%		Secondary	Margulina spp.

Param -Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuerzung	Daten-Gruppe	Beschreibung
635	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Marsipella cylindrica
636	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Martinotiella nodulosa
637	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Melonis affinis
638	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Melonis pompilioides
639	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Melonis zaandam
640	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Miliammina arenacea
641	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Miliolinella sp.
642	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Miliolinella sp. 3a
643	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Nodellum membranecum
644	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Nodosaria spp.
645	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Nonionella bradii
646	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Nonionella iridea
647	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Oolina hexagona
648	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Oolina melo
649	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Oolina ovum
650	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Oolina sp.
651	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Oridorsalis
652	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Oridorsalis umbonatus
653	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Parafissurina marginata
654	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Parafissurina tectulostoma
655	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Parafissurina cf. tectulostoma
656	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Parafissurina spp.
657	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Pelosina rotundata
658	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Pelosinella bicaudata
659	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Pelosinella sp.
660	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Portatrochammina sp.
661	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Psammosphaera fusca
662	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Pullenia bulloides
663	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Pullenia simplex
664	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Pullenia subcarinata
665	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Pyrgo depressa/murrhina
666	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Quinqueloculina sp.
667	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Recurvoides contortus
668	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Reophax aduncus
669	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Reophax biocularis
670	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Reophax dentaliniformis
671	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Reophax fusiformis
672	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Reophax horrida
673	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Reophax indivisa
674	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Reophax nodulosus
675	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Reophax ovicula
676	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Reophax scorpiurus
677	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Reophax spp.
678	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Rhabdammina cf. lineans
679	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Rhabdammina/Hyperammina
680	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Robertinoides sp.
681	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Rotaliammina sp.
682	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Saccammina sphaerica
683	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Saccorhiza ramosa
684	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Siphotextularia flintii
685	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Species indet (agg.)
686	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Species indet (rot.)
687	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Stortosphaera sp.
688	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Subreophax aduncus
689	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Textularia sp.
690	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Thuramina papillata
691	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Trifarina earlandii
692	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Triloculina frigida
693	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Triloculina tricannata
694	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Tritaxis squamata
695	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Trochammina pygmaea/globulosa/spp
696	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Trochammina sp.39+52
697	Micropal. Foraminifers, benthic	%		Secondary	Uvigerina holicki?
698	Micropal. Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Hastigerina pelagica
699	Micropal. Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Hastigerinella digitata
700	Micropal. Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Orbulina universa
701	Micropal. Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerinoides conglobatus
702	Micropal. Foraminifers, planktonic	%	G ruber(white)	Secondary	Globigerinoides ruber /white)
703	Micropal. Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerinoides sacculifer

Param.-Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuerzung	Daten-Gruppe	Beschreibung
704	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Sphaeroidinella dehiscens
705	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerina rubescens
706	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerina digitata
707	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerina quinqueloba
708	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	N pachy(sin)	Secondary	Neogloboquadrina pachyderma
709	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerina humilis
710	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerina fa1conensis
711	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerina bulloides
712	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	G calida	Secondary	Globigerinella calida
713	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerinella aequilateralis
714	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerinella adamsi
715	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerinita glutinata
716	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globigerinita bradyi
717	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globoquadrina dutertrei
718	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globoquadrina conglomerata
719	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globoquadrina hexagona
720	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Pulleniatina obliquiloculata
721	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globorotalia inflata
722	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	G truncal(dext)	Secondary	Globorotalia truncatulinoides
723	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globorotalia crassaformis
724	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globorotalia hirsuta
725	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globorotalia scitula
726	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globorotalia menardii
727	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%		Secondary	Globorotalia tumida
728	Micropal.				Coccolithus pelagicus
729	Micropal.				Pedicythere neofluitans
730	Micropal.				Creseis virgula
731	Micropal.				Distephanus speculum speculum
732	Micropal.				Impagidium pallidum
733	Micropal.				Cycladophora davisiana
734	Micropal.				Nitzschia kerguelensis
735	Isotopes, stable	per mil	d15N	Tertiary	Organic matter.d15N
743	General data		StrFixp	nc	Stratigraphic fixpoint, comment
744	Isotopes, unstable (radionuclides)	ka	14C.calli.		Carbon 14 calibrated age
745	Isotopes, unstable (radionuclides)	ka	14C.calli. +/-		Carbon 14 calibrated age+/-
746	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	G ruber(red)	Secondary	Globigerinoides ruber (red)
747	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	G saccul.	Secondary	Globigerinoides acculifer(sac.)
748	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	G truncal(sin)	Secondary	Globorotalia truncatulinoides
749	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	N pachy(dext)	Secondary	Neogloboquadrina pachyderma
750	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	G rubes.	Secondary	Globoturbotalita rubescens
751	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	G tenella	Secondary	Globoturbotalita tenella
752	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	N duterfrei	Secondary	Neogloboquadrina dutertrei
753	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	N pachydut	Secondary	Neogloboquadrina
754	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	T.iota	Secondary	Tenuitella iota
755	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	T.quinque	Secondary	Turbotalita quinqueloba
756	Micropal.,Foraminifers, planktonic	%	D.anfrac	Secondary	Dentigloborotalia anfracta
757	Mineralogy, heavy minerals	%	Opaque	Secondary	Opaque minerals
758	Mineralogy, heavy minerals	%	Garnet	Secondary	Garnet
759	Mineralogy, heavy minerals	%	Amphibol	Secondary	Amphibole green
760	Mineralogy, heavy minerals	%	Orthopyroxene	Secondary	Orthopyroxene
761	Mineralogy, heavy minerals	%	Clinopyroxene	Secondary	Clinopyroxene
762	Mineralogy, heavy minerals	%	Epidote	Secondary	Epidote
763	Mineralogy, heavy minerals	%	Rutile	Secondary	Rutile
764	Mineralogy, heavy minerals	%	Zircon	Secondary	Zircon
766	Paleoclimate data	gC/m2/a	Pnew	Tertiary	Paleoproductivity.export
767	Isotopes, stable	per mil PDB	U hol1c	Secondary	Uvigerina hollicki.d13C
768	Isotopes, stable	per mil PDB	U hol1o	Secondary	Uvigerina nollicki.d18O
769	Physics	m2	InArea	Secondary	Inner Area
770	General data	ka	Age	Tertiary	Age calculated
771	Chemistry, sediment	%	Ca.mar.	Secondary	Calcium.marine
772	Chemistry, sediment	%	Ca.lith	Secondary	Calcium.lithogen
773	Chemistry, sediment	ppm	Li	Secondary	Lithium
774	Chemistry, sediment	ppm	Sc	Secondary	Scandium
775	Chemistry, sediment	ppm	Zn	Secondary	Zinc
776	Chemistry, sediment	ppm	Ga	Secondary	Gallium
777	Chemistry, sediment	ppm	As	Secondary	Arsenic
778	Chemistry, sediment	ppm	Rb	Secondary	Rubidium
779	Chemistry, sediment	ppm	Y	Secondary	Yttrium
780	Chemistry, sediment	ppm	Zr	Secondary	Zirconium

Param.-Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuezung	Daten-Gruppe	Beschreibung
781	Chemistry, sediment	ppm	Nb	Secondary	Niobium
782	Chemistry, sediment	ppm	Cd	Secondary	Cadmium
783	Chemistry, sediment	ppm	Os	Secondary	Osmium
784	Chemistry, sediment	ppm	La	Secondary	Lanthanum
785	Chemistry, sediment	ppm	Ce	Secondary	Cerium
786	Chemistry, sediment	ppm	Pr	Secondary	Praseodymium
787	Chemistry, sediment	ppm	Nd	Secondary	Neodymium
788	Chemistry, sediment	ppm	Sm	Secondary	Samarium
789	Chemistry, sediment	ppm	Eu	Secondary	Europium
790	Chemistry, sediment	ppm	Gd	Secondary	Gadolinium
791	Chemistry, sediment	ppm	Tb	Secondary	Terbium
792	Chemistry, sediment	ppm	Dy	Secondary	Dysprosium
793	Chemistry, sediment	ppm	Ho	Secondary	Holmium
794	Chemistry, sediment	ppm	Er	Secondary	Erbium
795	Chemistry, sediment	ppm	Tm	Secondary	Thulium
796	Chemistry, sediment	ppm	Yb	Secondary	Ytterbium
797	Chemistry, sediment	ppm	Lu	Secondary	Lutetium
798	Chemistry, sediment	ppm	Hf	Secondary	Hafnium
799	Chemistry, sediment	ppm	Tl	Secondary	Thallium
800	Chemistry, sediment	ppm	Pb	Secondary	Lead
801	Chemistry, sediment	ppm	U	Secondary	Uranium
802	Chemistry, sediment	wt%	SiO2	Secondary	Silicaoxide
803	Chemistry, sediment	wt%	TiO2	Secondary	Titanoxide
804	Chemistry, sediment	wt%	Al2O3	Secondary	Aluminumoxide
805	Chemistry, sediment	wt%	Fe2O3	Secondary	Ironoxide
806	Chemistry, sediment	wt%	MnO	Secondary	Manganesoxide
807	Chemistry, sediment	wt%	MgO	Secondary	Magnesiumoxide
808	Chemistry, sediment	wt%	CaO	Secondary	Calciumoxide
809	Chemistry, sediment	wt%	P2O5	Secondary	Phosphoroxide
810	Grain Size	%	IRD Cov	Secondary	IRD-Coverage surface
811	Microal. Foraminifers, benthic	%	O.tener		Oridorsalis tener
812	Isotopes, stable	per mil PDB	O.tenero	Secondary	Oridorsalis tener.d18O
813	Isotopes, stable	per mil PDB	O.tenerc	Secondary	Oridorsalis tener.d13C
814	Ocean water	m	Depth, water	Secondary	Depth, water
815	Ocean water	decibar	Pressure	Secondary	Pressure
816	Ocean water	per mil	Salinity	Secondary	Salinity
817	Ocean water	C	Temperature	Secondary	Temperature
818	Isotopes, stable	per mil PDB	Benthos	Secondary	Benthos.d18O
819	Ocean water	per mil	d18OBW	Secondary	d18O (bottom water)
820	Ocean water	per mil	d13CBW	Secondary	d13C bottom water
821	Ocean water	mymol/kg	BaBW	Secondary	Barium (bottom water)
822	Ocean water	mymol/kg	Ba	Secondary	Barium
823	Physics	kPa	Shear str(min)	Primary	Shear strength.min.
824	Physics	kPa	Shear str(max)	Primary	Shear strength.max.
825	Grain Size	g	Silt tara	Primary	Silt.weight tara
826	Grain Size	g	Silt brut	Primary	Silt.weight brutto
827	Grain Size	g	Sand tara	Primary	Sand.weight tara
828	Grain Size	g	Sand brut	Primary	Sand.weight brutto
829	Grain Size	g	Clay tara	Primary	Clay.weight tara
831	Grain Size	g	Clay brut	Primary	Clay.weight brutto
832	Grain Size	g	Gravel tara	Primary	Gravel.weight tara
833	Grain Size	g	Gravel brut	Primary	Gravel.weight brutto
834	Physics	%	Water	Secondary	Water content/dry weight
835	Chemistry, sediment	wt%	C	Primary	Carbon.total
836	Chemistry, sediment	%	Scorr.	Secondary	Sulphur.corrected
837	General data	g/cm2/a	AccRate Terr	Tertiary	Accumulation rate, terrigenous
838	Physics	g	WWeight(netto)	Primary	Water content.wet weight.netto
839	Physics	g	WWeight(brutto)	Primary	Water content.wet weight.brutto
840	Physics	ccm	PYCVolume	Primary	Dry volume.PYC
841	Physics	g	PYCWeight	Primary	Dry weight.PYC
842	Components, terrigenous	No	Maficm.	Primary	Mafic_minerals.count
843	Components, terrigenous	%/sanc	Maficm.	Secondary	Mafic_minerals/sand
844	Components, terrigenous	%	Maficm.	Secondary	Mafic_minerals
845	Components, terrigenous	No	Qu+F	Primary	Quartz+Feidspar, count
846	Components, terrigenous	%/sanc	Qu+F/sanc	Secondary	Quartz+Feidspar/sand
847	Components, terrigenous	%	Qu+F	Secondary	Quartz+Feidspar
848	Chemistry, sediment	wt%	C(carb)	Primary	Carbon.carbonate
849	Paleoclimate data	C	PalTemoW	Tertiary	Paleotemperature, winter
850	Microal. Foraminifers, benthic	No	No of spoc	Primary	Specimens.counted

Param.-Id	Parameter-Gruppe	Einheit	Abkuezung	Daten-Gruppe	Beschreibung
851	Micropal..Foraminifers, planktonic	No	No of spec	Primary	Specimens, counted
852	Chemistry, sediment	C	HI Tmax	Primary	Hydrogen index, Tmax
853	Chemistry, sediment	mgHC/gS	HI S2	Primary	Hydrogen index, S2
854	Ocean water	mymol/kg	Oxygen	Secondary	Oxygen
855	Ocean water	mymol/kg	Silicate		Silicate
856	Ocean water	mymol/kg	Nitrate	Secondary	Nitrate
857	Ocean water	mymol/kg	Nitrite	Secondary	Nitrite
858	Ocean water	mymol/kg	Phosphate	Secondary	Phosphate
859	Ocean water	per mil	14C	Secondary	14Carbon
860	Ocean water	per mil	13C	Secondary	13Carbon
861	Ocean water	per mil	d18O	Secondary	d18O
862	Ocean water	mymol/kg	Alkalinity	Secondary	Alkalinity, total
863	Ocean water	myatm	PCO2	Secondary	C02, partial pressure
864	Ocean water		pH	Secondary	pH
865	Ocean water	mymol/kg	DIC	Secondary	Carbon, dissolved inorganic
866	Ocean water	mymol/kg	DOC	Secondary	Carbon, dissolved organic
867	Ocean water	mymol/kg	DON	Secondary	Nitrogen, dissolved organic
868	Ocean water	myg/kg	POC	Secondary	Carbon, particulate organic
869	Ocean water	myg/kg	PON	Secondary	Nitrogen, particulate organic
870	Ocean water	per mil	d13	Secondary	d13C
871	Geochemistry, sediment A	%	Al(HCL)	Secondary	Aluminium (HCL)
872	Geochemistry, sediment A	%	Fe(HCL)	Secondary	Iron (HCL)
873	Geochemistry, sediment A	%	Ca(HCL)	Secondary	Calcium (HCL)
874	Geochemistry, sediment A	%	Mg(HCL)	Secondary	Magnesium (HCL)
875	Geochemistry, sediment A	%	P(HCL)	Secondary	Phosphor (HCL)
876	Geochemistry, sediment A	ppm	Mn(HCL)	Secondary	Manganese (HCL)
877	Geochemistry, sediment A	ppm	Pb(HCL)	Secondary	Lead (HCL)
878	Geochemistry, sediment A	ppm	Cu(HCL)	Secondary	Copper (HCL)
879	Geochemistry, sediment A	ppm	Zn(HCL)	Secondary	Zinc (HCL)
880	Geochemistry, sediment A	ppm	Cr(HCL)	Secondary	Chromium (HCL)
881	Geochemistry, sediment A	ppm	Ni(HCL)	Secondary	Nickel (HCL)
882	Geochemistry, sediment A	ppm	Cd(HCL)	Secondary	Cadmium (HCL)
885	Grain Size A9 (Leipe)	%	GSL	Secondary	Grob-Schluff
886	Grain Size A9 (Leipe)	%	MSL	Secondary	Mittel-Schluff
887	Grain Size A9 (Leipe)	%	FSL	Secondary	Fein-Schluff
888	Grain Size A9 (Leipe)	%	GT	Secondary	Grob-Ton
889	Grain Size A9 (Leipe)	%	MT	Secondary	Mittel-Ton

8 Anhang 2:

Tabellen-Struktur der Geo-DB am IOW:

Column Name	Type	Length	Nullable	Default Value
country	varchar	10	no	
state	varchar	20	no	
city	varchar	30	no	
zip	varchar	10	no	
street	varchar	100	no	

Column Name	Type	Length	Nullable	Default Value
country	varchar	10	no	
state	varchar	20	no	
city	varchar	30	no	
zip	varchar	10	no	
street	varchar	100	no	

Name: **coretemp**
Owner: reimer
Created: 07.02.1997 07:39:36
Type: user table
Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
co_id	varchar	30	no	yes	
stid	integer	4	no	no	
co_doc	varchar	200	yes	yes	
inst_code	integer	2	no	no	
co_length	float	4	yes	yes	

Name: **countries**
Owner: reimer
Created: 22.10.1996 12:01:42
Type: user table
Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
country_id	integer	2	no	no	1
country_name	varchar	50	no	no	

Name: **cruise**
Owner: reimer
Created: 21.01.1997 09:17:53
Type: user table
Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
cru_id	integer	2	no	no	1
proid	integer	2	no	no	2
ship_id	integer	2	yes	no	
cru_name	varchar	30	yes	no	
c_start	date		yes	no	
c_end	date		yes	no	
scientist_name	varchar	30	yes	no	
c_doc	varchar	500	yes	no	

Name: **gear**
Owner: reimer
Created: 05.11.1996 13:27:01
Type: user table
Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
inst_code	integer	2	no	no	1
inst_doc	varchar	200	yes	null	

Name: **geartemp**
 Owner: reimer
 Created: 05.11.1996 14:02:39
 Type: user table
 Version: OPING1.2
 Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
inst_code	integer	2	yes	yes	
inst_doc	varchar	200	yes	null	

Name: **loadstat**
 Owner: reimer
 Created: 10.01.1997 09:19:50
 Type: user table
 Version: OPING1.2
 Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
stid	integer	4	no	no	1
proid	integer	2	no	no	2
lon_start	integer	4	no	no	
lat_start	integer	4	no	no	
depth_start	float	4	no	no	
time_start	date		no	no	
lon_end	integer	4	no	no	
lat_end	integer	4	no	no	
depth_end	float	4	no	no	
time_end	date		no	no	
w_depth_start	float	4	no	no	
w_depth_end	float	4	no	no	
s_doc	varchar	100	no	no	

Name: loadval
 Owner: reimer
 Created: 07.02.1997 08:31:41
 Type: user table
 Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
co_id	varchar	30	no	yes	1
inst_code	integer	2	yes	yes	
co_length	float	4	yes	yes	
institution	varchar	50	yes	yes	
standard	varchar	50	yes	yes	
method	varchar	50	yes	yes	
lat	integer	4	no	no	
lon	integer	4	no	no	
depth_start	float	4	yes	no	
depth_end	float	4	yes	no	
time	char	20	yes	yes	
sec	integer	1	yes	yes	
parcode	char	25	yes	yes	
stid	integer	4	yes	yes	2
value	float	4	yes	yes	

Name: **maps**
 Owner: reimer
 Created: 14.11.1996 08:42:30
 Type: user table
 Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
mapid	char	20	yes	null	
institute	char	10	yes	null	
title	char	50	yes	null	
subtitle	char	50	yes	null	
area	char	50	yes	null	
h_year	integer	4	yes	null	
a_year	integer	4	yes	null	
scale	integer	4	yes	null	
k_system	char	30	yes	null	
latref	integer	4	yes	null	
lon_start	integer	4	yes	null	
lat_start	integer	4	yes	null	
lon_end	integer	4	yes	null	
lat_end	integer	4	yes	null	

Name: **organisations**
 Owner: reimer
 Created: 23.10.1996 11:59:13
 Type: user table
 Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
org_code	integer	2	no	no	1
country_id	integer	2	no	no	
o_name	varchar	50	no	no	
o_address	varchar	100	no	no	
org_doc	varchar	200	no	no	

Name: **parameters**
Owner: reimer
Created: 18.10.1996 08:29:25
Type: user table
Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
parid	integer	2	no	no	1
pgroup	integer	2	no	no	
unit	char	20	no	no	
parcode	char	25	no	yes	
dgroup	char	20	no	no	
designation	varchar	50	no	yes	
specification	varchar	100	no	yes	

Name: **pargroup**
Owner: reimer
Created: 18.10.1996 08:18:56
Type: user table
Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
pgroup	integer	2	no	no	1
pg_spec	varchar	50	yes	yes	
pg_doc	varchar	100	yes	yes	

Name: proctemp2
 Owner: reimer
 Created: 05.02.1997 12:55:12
 Type: user table
 Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
stid	integer	4	no	no	
depth_start	float	4	yes	no	
depth_end	float	4	yes	no	
institution	varchar	50	yes	null	
standard	varchar	50	yes	null	
method	varchar	50	yes	null	
proc_doc	varchar	300	yes	null	

Name: projects
 Owner: reimer
 Created: 20.08.1996 10:46:01
 Type: user table
 Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
proid	integer	2	no	no	1
org_code	integer	2	yes	no	
chief_scientist	integer	2	yes	no	
proname	varchar	50	yes	no	
pro_start	date		yes	no	
pro_end	date		yes	no	
doc	varchar	1000	yes	no	

Name: **scientists**
 Owner: reimer
 Created: 22.10.1996 12:05:57
 Type: user table
 Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
scientist_name	varchar	50	no	no	1
org_code	integer	2	no	no	2
title	varchar	20	no	no	3
s_adress	varchar	100	no	no	4

Name: **ship**
 Owner: reimer
 Created: 22.10.1996 11:59:05
 Type: user table
 Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
ship_id	integer	2	no	no	1
org_code	integer	2	no	no	
ship_doc	varchar	500	no	no	

Name: **stalias**
 Owner: reimer
 Created: 05.11.1996 11:41:19
 Type: user table
 Version: OPING1.2
 Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
stnr	varchar	50	no	no	1
stid	integer	4	no	no	2
s_doc	varchar	100	yes	yes	

Name: **stations1**
 Owner: reimer
 Created: 22.11.1996 13:43:09
 Type: user table
 Version: OPING1.2
 Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
stid	integer	4	no	no	1
proid	integer	2	no	no	2
lon_start	integer	4	no	no	
lat_start	integer	4	no	no	
depth_start	float	4	no	no	
time_start	date		no	no	
lon_end	integer	4	no	no	
lat_end	integer	4	no	no	
depth_end	float	4	no	no	
time_end	date		no	no	
w_depth_start	float	4	no	no	
w_depth_end	float	4	no	no	
s_doc	varchar	100	no	no	

Name: **stridx**
 Owner: reimer
 Created: 04.02.1997 13:15:51
 Type: secondary index
 Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
stid	integer	4	no	no	1
parid	integer	2	no	no	2
tidp	integer	4	no	no	3

Name: **stringtemp2**
 Owner: reimer
 Created: 26.11.1996 10:13:37
 Type: user table
 Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
lat	integer	4	no	no	
lon	integer	4	no	no	
depth_start	float	4	yes	no	
depth_end	float	4	yes	no	
time	char	20	yes	yes	
sec	integer	1	yes	yes	
parid	integer	2	no	no	2
stid	integer	4	no	no	1
string	varchar	100	no	yes	

Name: **validx**
 Owner: reimer
 Created: 04.02.1997 13:35:01
 Type: secondary index
 Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
stid	integer	4	yes	yes	1
parid	integer	2	no	no	2
tidp	integer	4	no	no	3

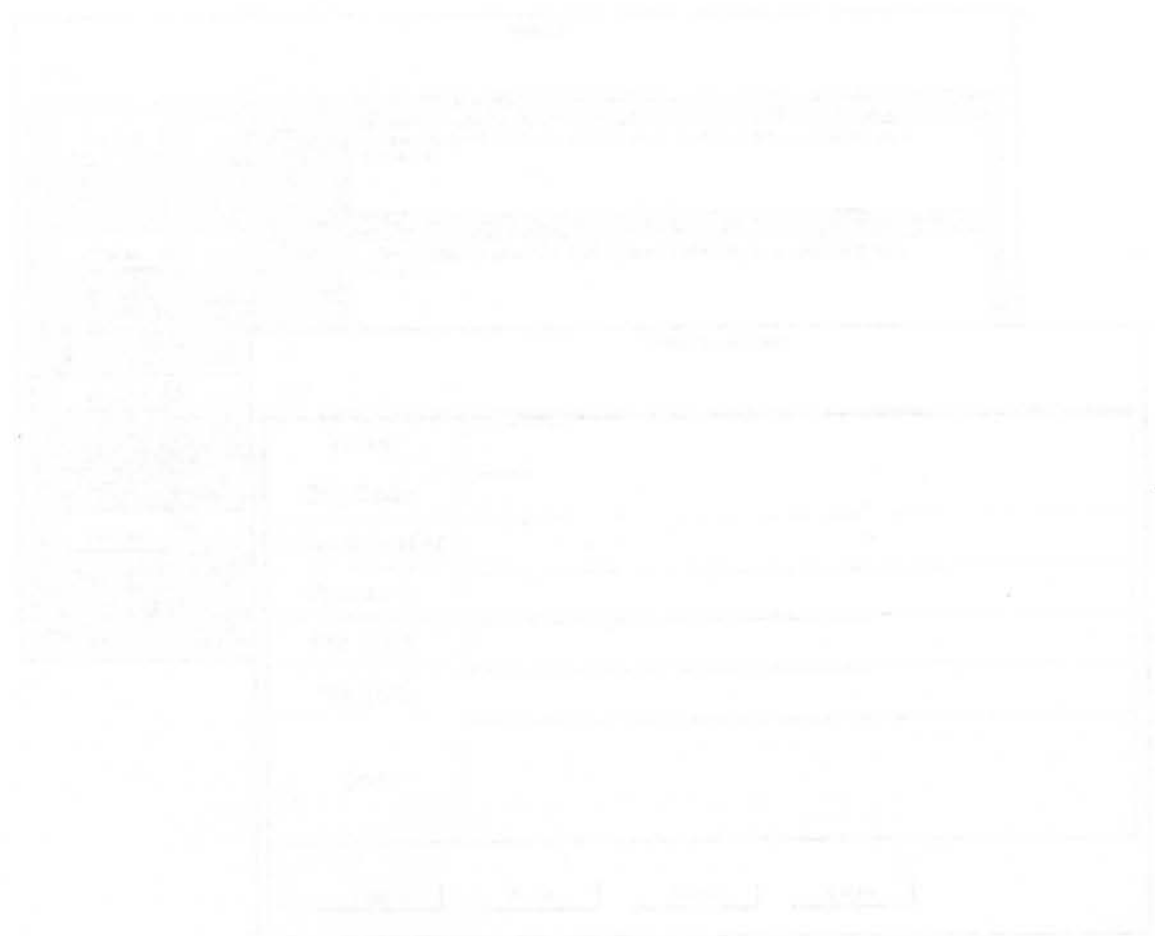
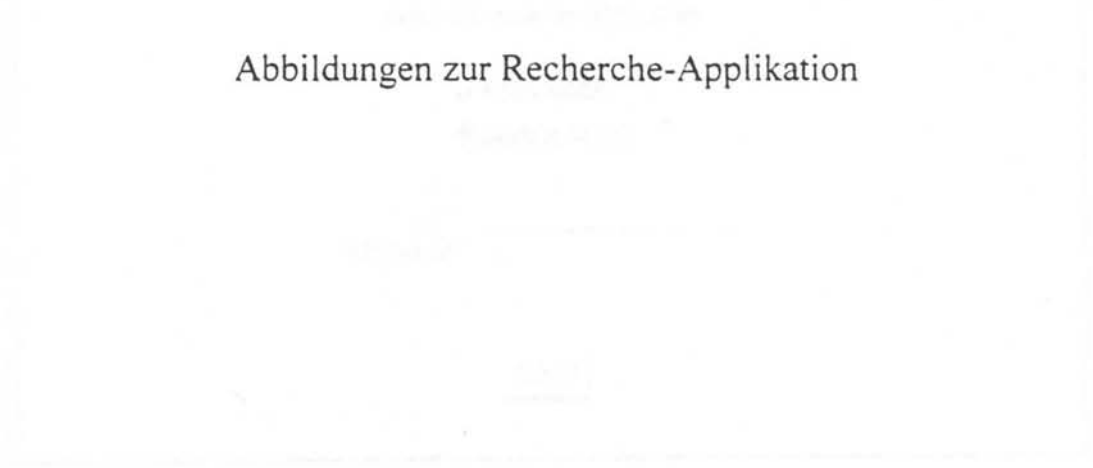
Name: **valtemp1**
 Owner: reimer
 Created: 29.08.1996 09:18:17
 Type: user table
 Version: OPING1.2

Column Information:

Column Name	Type	Length	Nulls	Defaults	Key Seq
lat	integer	4	no	no	
lon	integer	4	no	no	
depth_start	float	4	yes	no	
depth_end	float	4	yes	no	
time	char	20	yes	yes	
sec	integer	1	yes	yes	
parid	integer	2	no	no	2
stid	integer	4	yes	yes	1
value	float	4	yes	yes	

9 Anhang 3:

Abbildungen zur Recherche-Applikation



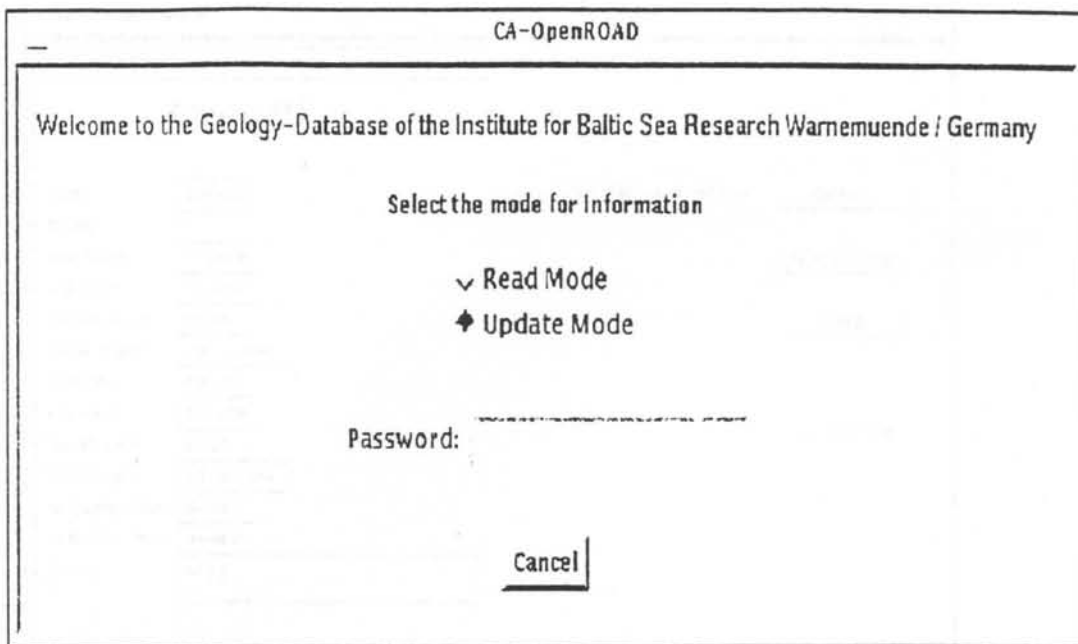


Abb. 1: Start-Fenster der GeoDB-Applikation

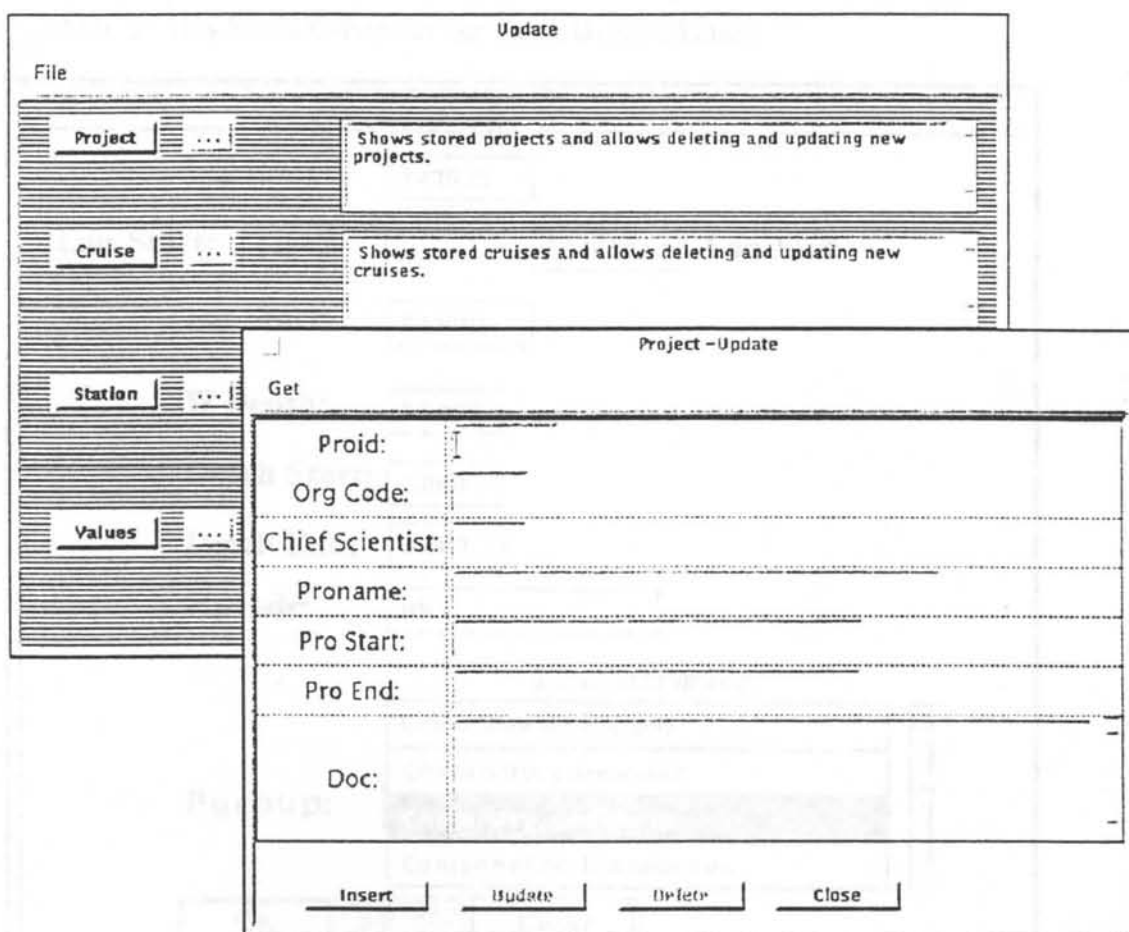


Abb. 2: Update- und Project-Funktion der Applikation

station

Get Sort Show

Selected Stations: 1

Query-Build

Stid:	207850	<-- Take this station for	Cores
Prsid:	1		
Lon Start:	135418		Processing
Lat Start:	545298		
Depth Start:	0.000		Data
Time Start:	23.02.1988		
Lon End:	135418		
Lat End:	545298		
Depth End:	0.000	--> IOWDB	
Time End:	23.02.1988		
W Depth Start:	44.800		
W Depth End:	44.800		
S Dec:	4173		

start Close Clear Query

Abb. 3: Das Stations-Fenster der GeoDB-Applikation

Query

Lat End: 543000

Lon Start: 120000 123000 Lon End:

Lat Start: 540000

W Depth: 55.000

Depth Start: 2.000

Depth End: 5.000

Parcode: Pb

parameter group

Pgroup:

Grain Size A9 (Leipe)
Chemistry, porewater
Chemistry, sediment
Components, biogeneous

OK Clear

Load Close

Abb. 4: Die Query-Funktion der Applikation

show data

Get Sort

Start Save Clear

Std

Std	Data										
	Lat	Lon	Depth Start	Depth End	Time	Sec	Value	Unit	Parcode	Designation	
166560	541130	120528	0.000	0.000	1.11.195	0	Sand	n/a		Sediment	
	541130	120528	0.000	0.000	1.11.195	0	fein	n/a		Sediment Koernung	
	541130	120528	0.000	0.000	1.11.195	0	gr	n/a		Sediment Farbe	
	541130	120528	0.000	3.800	1.11.195	0	Sand	n/a		Sediment	
166690	Data										
	Lat	Lon	Depth Start	Depth End	Time	Sec	Value	Unit	Parcode	Designation	
	541140	120510	0.000	0.000	30.6.195	0	Sand	n/a		Sediment	
	541140	120510	0.000	0.000	30.6.195	0	fein	n/a		Sediment Koernung	
541140	120510	0.000	0.000	30.6.195	0	gr	n/a		Sediment Farbe		
541140	120510	0.000	1.700	30.6.195	0	Sand	n/a		Sediment		
166700	Data										
	Lat	Lon	Depth Start	Depth End	Time	Sec	Value	Unit	Parcode	Designation	
	541140	120528	0.000	0.000	30.6.195	0	Sand	n/a		Sediment	
	541140	120528	0.000	0.000	30.6.195	0	fein	n/a		Sediment Koernung	
541140	120528	0.000	0.000	30.6.195	0	gr	n/a		Sediment Farbe		
541140	120528	0.000	1.600	30.6.195	0	Sand	n/a		Sediment		

Abb. 5: Die Daten-Ausgabe der Applikation

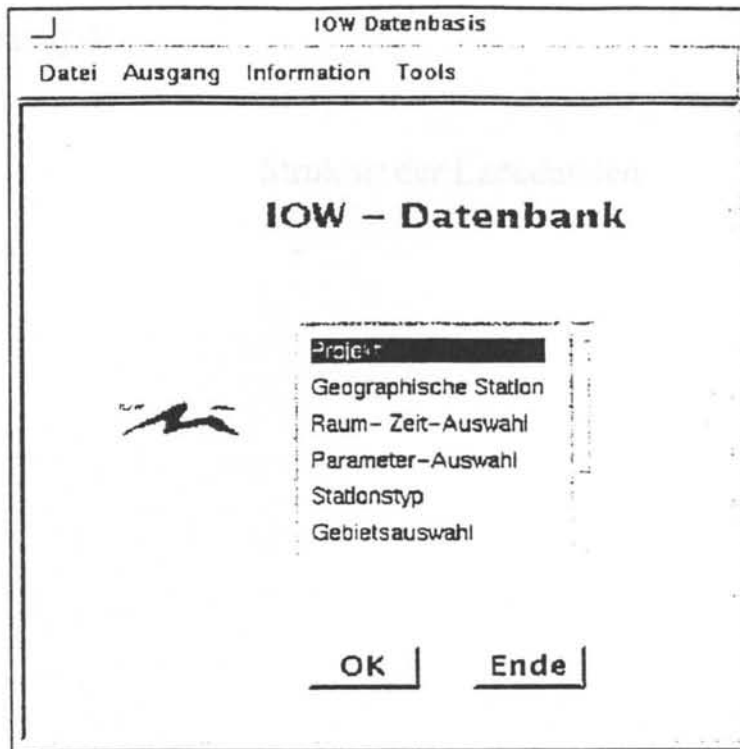


Abb. 6: Das Start-Fenster des IOWDB-Recherche-Tools

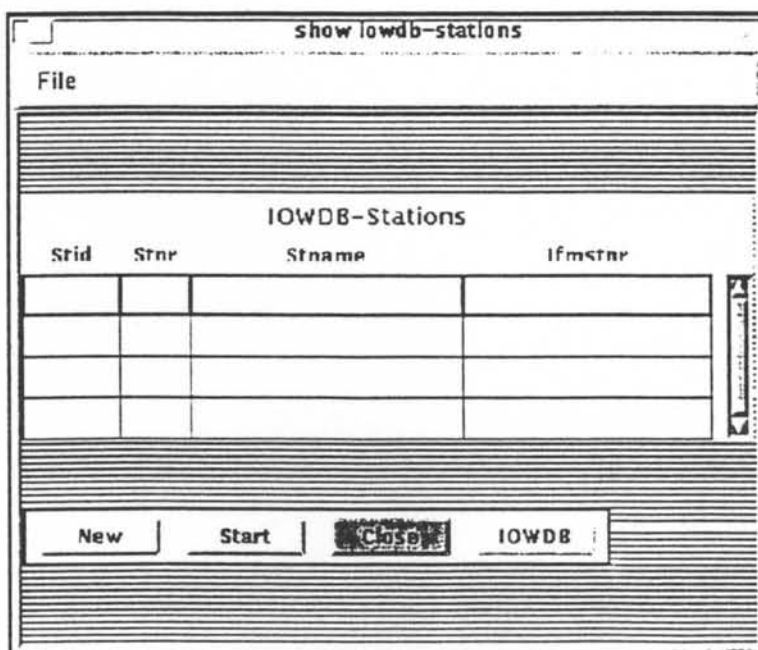


Abb. 7: Alias-Suche der GeoDB-Applikation in der IOWDB

10 Anhang 4:

Struktur der Ladefdateien

Übersicht über die Ladefdateien

Stand: 2008/07

Größe	Bezeichnung
1	Header (16 Bytes)
1	Blockgröße (16 Bytes)
1	Blocknummer
1	Blocktyp
1	Blockstatus
1	Blockadresse
1	Blocklänge
1	Blockzeitpunkt
1	Blockzeitdauer
1	Blockzeitpunkt

Geräteliste der Geo-Datenbank

Stand: 26.02.97

<u>Geräte-ID</u>	<u>Geräte-Beschreibung</u>
1	Bodengreifer nach Petterson
2	Bodengreifer nach van Veen
4	Stechkasten
5	Stechrohr
6	Taucher
7	Tauchersondierung
8	Vibrationsstechkasten
9	Vibrationsstechrohr
11	Niemistoe-Corer

Struktur der Stations-Ladedatei: ASCII-Datei mit Tabulatoren getrennt

	Station-ID Integer	Projekt-ID Integer	geogr. Laenge (Beginn) Integer	geogr. Breite (Beginn) Integer	Teufe Float	Beginn Date	geogr. Laenge (Ende) Integer	geogr. Breite (Ende) Integer	Teufe Float
1. Zeile	Stid	Proid	Lon_start	Lat_start	depth_start	Time_start	Lon_end	Lat_end	depth_end
2. Zeile	404010	1	35000	50160	0.015	10.01.1997	35000	50160	0.045
3. Zeile	404020	1	34430	50160	0.015	10.01.1997	34430	50160	0.045
...									

Ende Date	Wassertiefe (Beginn) Float	Wassertiefe (Ende) Float	Dokumentation, Alias Char
Time_end	w_depth_start	w_depth_end	s_doc
0.01.1997	150	155	00/96/02-1
0.01.1997	150	155	00/96/02-2

Struktur der Messwerte-Ladedatei: ASCII-Datei mit Tabulatoren getrennt

	Station-ID Integer	Kern-Num. Char	Geräte-Code Integer	Kern-Länge Float	Labor Char	Standard Char	Methode Char	geogr. Breite	geogr. Laenge
1. Zeile	Stid	Core	Instrumentation-Code	Core-Length	Institution	Standard	Method	Lat	Lon
2. Zeile	404010	00/96/02-1-NC1	11	0.045	IOW	total digestion	Chemie	50160	35000
3. Zeile	404010	00/96/02-1-NC1	11	0.045	IOW	total digestion	Chemie	50160	35000
...									

min. Teufe Float	max. Teufe Float	Datum Date	Zeit	Par
depth_top	depth_bottom	Time	sec	C
0.015	0.015	10.01.1997		
0.045	0.045	10.01.1997		

Ladedatei: ASCII-Datei mit Tabulatoren getrennt

Laenge (Beginn)	geogr. Breite (Beginn)	Teufe	Beginn	geogr. Laenge (Ende)	geogr. Breite (Ende)	Teufe
Integer	Integer	Float	Date	Integer	Integer	Float
5000	50160	0.015	10.01.1997	35000	50160	0.045
4430	50160	0.015	10.01.1997	34430	50160	0.045

Ladedatei: ASCII-Datei mit Tabulatoren getrennt

Identifikations-Code	Kern-Länge	Labor	Standard	Methode	geogr. Breite	geogr. Laenge
Integer	Float	Char	Char	Char		
11	0.045	IOW	total digestion	Chemie	50160	35000
11	0.045	IOW	total digestion	Chemie	50160	35000

Ende	Wassertiefe (Beginn)	Wassertiefe (Ende)	Dokumentation, Alias
Date	Float	Float	Char
Time_end	w_depth_start	w_depth_end	s_doc
0.01.1997	150	155	00/96/02-1
0.01.1997	150	155	00/96/02-2

min. Teufe	max. Teufe	Datum	Zeit	Parameter 1	Parameter n
Float	Float	Date				
depth_top	depth_bottom	Time	sec	CaCO3	179	175
0.015	0.015	10.01.1997		1.1	0.58	0.92
0.045	0.045	10.01.1997		0.9	0.58	0.44

Characterization of grain-size distributions for sediment mapping of the Baltic Sea bottom

Franz Tauber

Baltic Sea Research Institute, Seestr. 15, D-18119 Warnemünde, Germany

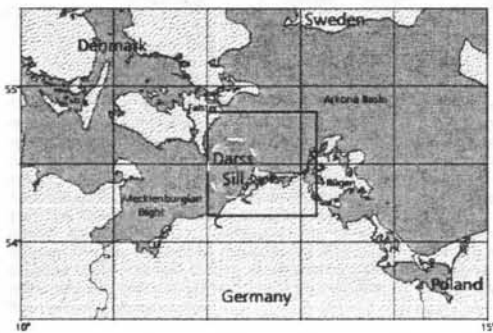


Fig. 1
The area under investigation consists of the "Darss Sill", formed of glacial till, in most parts covered with clastic sediments, and adjacent regions.

During the preparation of the first sheet of a detailed map series of Quaternary sediments off the German coast with a scale 1: 100 000 (F. Tauber, W. Lemke: Bottom sediments of the western Baltic Sea, sheet Darß. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, in print), several methods for characterizing clastic sediments were investigated. The data are based on sieving of about 1400 sediments samples, collected during the last years by W. Lemke, Baltic Sea Research Institute.

The aim was to use a classification method, which

- reflects the most important properties of grain-size distributions,
- is independent of the sieve set used,
- is independent of the data set used,
- allows mapping without letter signatures, and
- may easily be extended in case of necessity.

Fragments of previous maps of the area under investigation are shown in Fig. 2 and 3, a legend of another sediment map in Fig. 4.

Problems in conventional methods for the estimation of the parameters of grain-size data or in their classification are shown in Fig. 5 to 7.

It is proposed to fit a Fermi curve to the cumulative grain-size data, so the median and sorting can be estimated numerically even for open ended data sets (Fig. 8 to 10).

This method is applied to the grain-size data of the Darss Sill. Median and sorting values of sampled positions are then interpolated and represented as isoline maps (Fig. 13 and 14). Then they are combined to median-sorting maps (Fig. 15 and 16), showing features of the sedimentary environment.

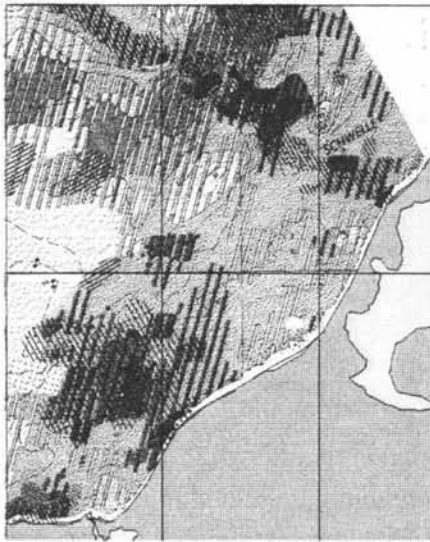


Fig. 2
Fragment of a sediment map of O. Kolp (1962). Colors are assigned to sieve intervals (which have varying width according to the DIN norm). Areas with grains in more than one sieve interval are marked with stripes in respective colors. Presentation of small features is limited by the distance between stripes. (Land contours are overlaid.)

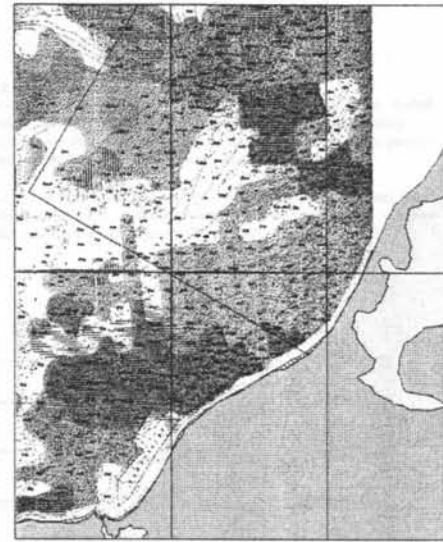


Fig. 3
Fragment of a sediment map (D. Lange et al. 1987) Colors are assigned to the sieve interval containing most of the grain mass. The prevalent and the second sieve interval are marked with a letter signature. The letter signature is difficult to read and gives no clear idea of the distribution of sediment properties. (Land contours are overlaid.)

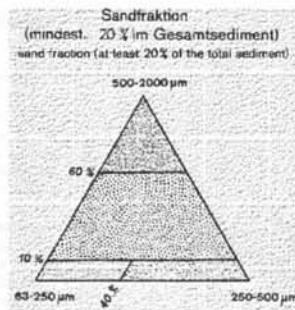


Fig. 4
Part of the legend of a sediment map of the German Bight (K. Figue 1981). The clastic sediment is classified according to the content in three predefined grain-size intervals. An additional color shade is added for the percentage with a grain size $63 \mu\text{m}$ (not shown in this figure).

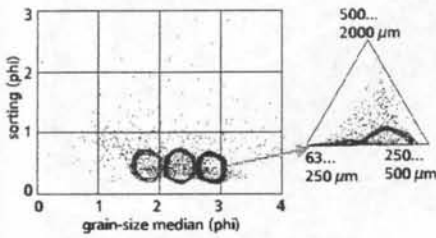


Fig. 5 Comparison of a median-sorting diagram with the representation of the same grain-size data in a ternary diagram (similar to Fig. 4). In the ternary diagram, data points often form banana-shaped clouds or concentrate in a corner or at a side of the triangle. Equal shaped subareas of the median-sorting diagram are heavily distorted when transforming to the ternary diagram. The data position in the ternary diagram strongly depends on the grain-size intervals assigned to the corners. There is no one ternary diagram, which is well suitable for classification of data from different environments.

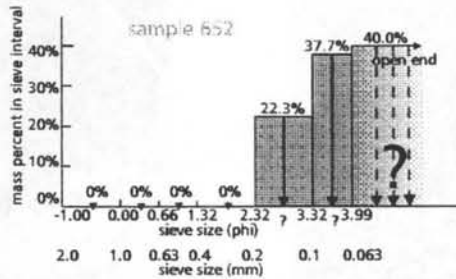


Fig. 6 Characterization of grain-size distribution by statistical moments, calculated from the histogram: For calculating statistical moments (mean, standard deviation, etc.) the phi values (respective their squares, etc.) of the interval centers (red arrows in the figure) are weighted with the respective mass percentage, and then summed up. But: Where to take the center of the interval with the open end? And is it justified to take the interval midpoints for calculating the moments (implicitly assuming a rectangular distribution in every interval)?

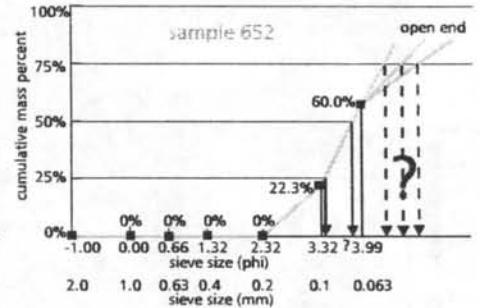


Fig. 7 Characterization of grain size distribution by the so called graphical method, carried out on the cumulative frequency: Cumulative data points were connected with lines, then percentiles are estimated for calculating median, sorting etc. But: Where to draw the line in the interval with the open end? And is it justified to draw straight lines in the intervals (implicitly assuming a rectangular distribution in every interval)?

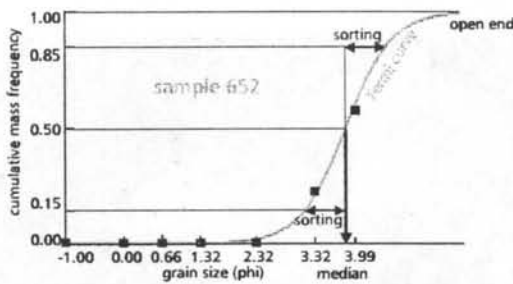


Fig. 8 Suggestion for avoiding the problems of the ternary diagram, the statistical moments and the "graphical" method: Characterization of grain size distribution by fitting a sigmoidal curve to the cumulative sieve data.

Cumulative frequencies are exact in the sense that they correspond to points on the grain-size scale, not to intervals (as in the histogram), and their values at certain grain-size values will not change, when additional sieves are used (but the histogram will change strongly).

Therefore, cumulative frequencies can be used to fit a curve with the least squares method. Often it is assumed, that the grain-size distribution is normal (Gaussian) on the phi scale. Because there exists no analytical expression (no

formula) for the cumulative normal distribution, we use the Fermi function

$$F(x) = 1/(1 + \exp(-1.7 \cdot (x - \text{median})/\text{sorting}))$$

the properties of which are very close to the cumulative normal distribution. Here, x is the grain size in phi units, and median and sorting are parameters to be estimated numerically by nonlinear fitting. Any computer program with a nonlinear fitting procedure can be used for that purpose (for example, Statistica or Mathematica). The factor 1.7 is introduced to make the sorting equal to sorting values estimated by previous methods in the case of ideally Gaussian distributed data measured with a sieve set with small intervals between successive sieves. Notice: Here, median means the median of the Fermi curve.

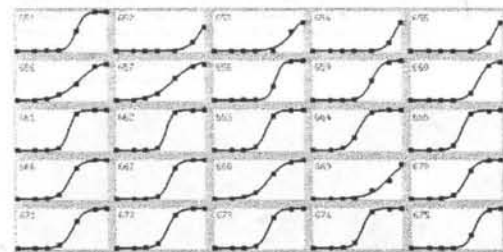


Fig. 9 Cumulative grain-size data and calculated cumulative curves of sediment samples 651 to 675. Horizontal scale in every diagram from -1 phi to 4 phi (2 mm to 0.0625 mm grain diameter), vertical scale from 0.0 to 1.0 (100%).

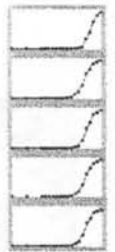


Fig. 10 Cumulative curves calculated for grain-size data measured with a 0.25 phi interval sieve set (data courtesy by K. Figge, BSH).

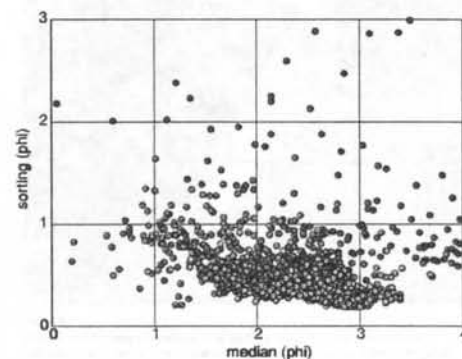


Fig. 11 Median versus sorting of the Darss Sill grain-size data, estimated by Fermi curve fitting. Colors correspond to different regions in Fig. 15.
 ○ region A
 ● region B
 ■ region C

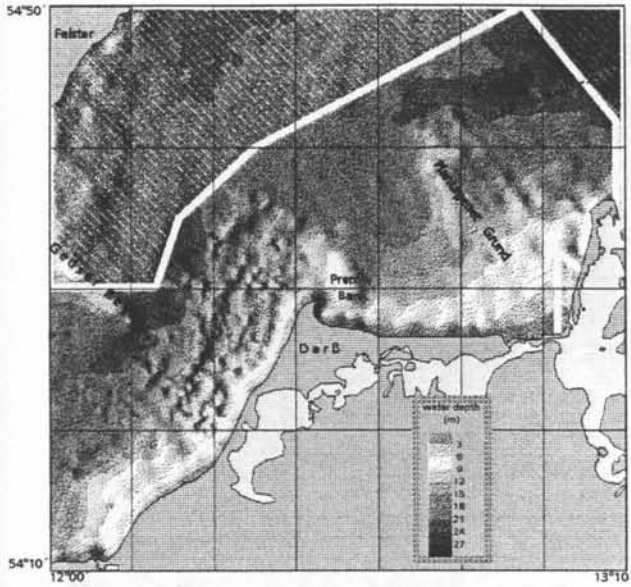


Fig. 12
Bathymetry of the Darss Sill area.
Additional bathymetric data outside the sampled
area from T. Seifert & B. Kayser (1995).

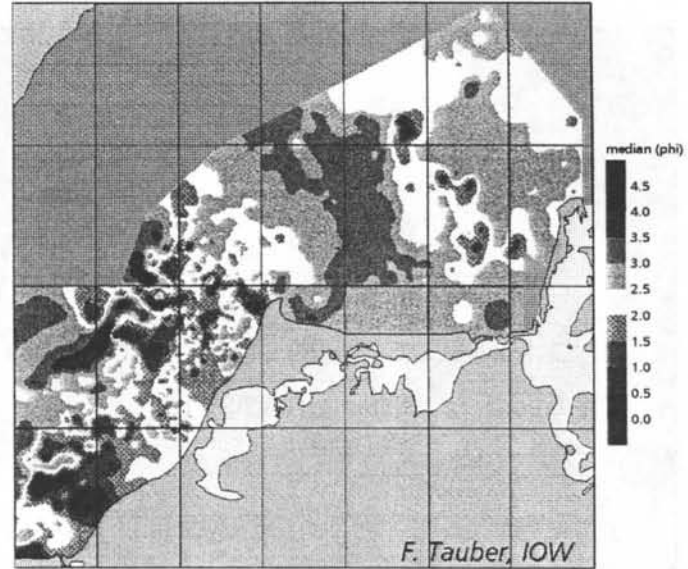


Fig. 13
Median of clastic sediments scaled with 0.5 phi. Coarse material (lag
sediment, red areas) covers erosional areas with glacial till deposits.
Transitional areas consist of fine sand (yellow), depositional areas in
most cases of very fine sand (green). Notice the eastward succession
of increasingly finer sand from the area west of Darß to Plantagenet
Grund. Silty material (blue) in the deepest parts of the Kadet Channel
is associated with mud deposits.

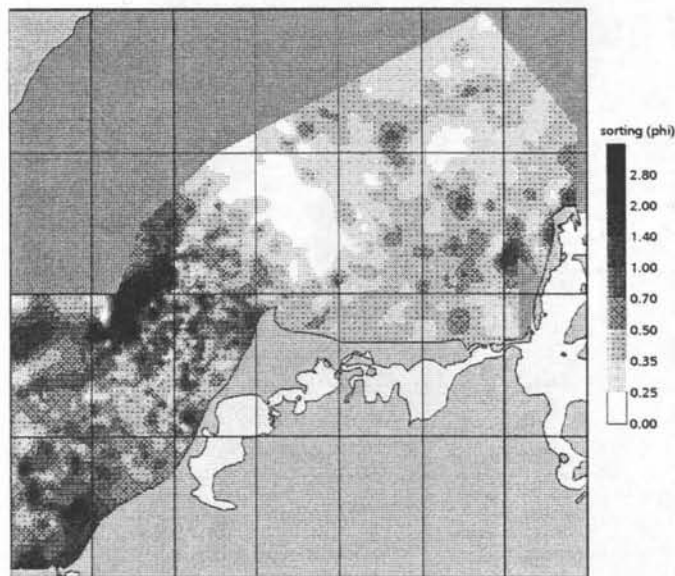


Fig. 14
Sorting of clastic sediments. Notice very poorly sorted material (dark
area) in the Kadet Channel as a result of often changing and irregular
flow conditions and the proximity of glacial till. Poorly to moderate
sorting occurs in places covered with lag sediments. Very well sorted
material (white area) west of Plantagenet Grund marks one major
depositional center of the investigation area.

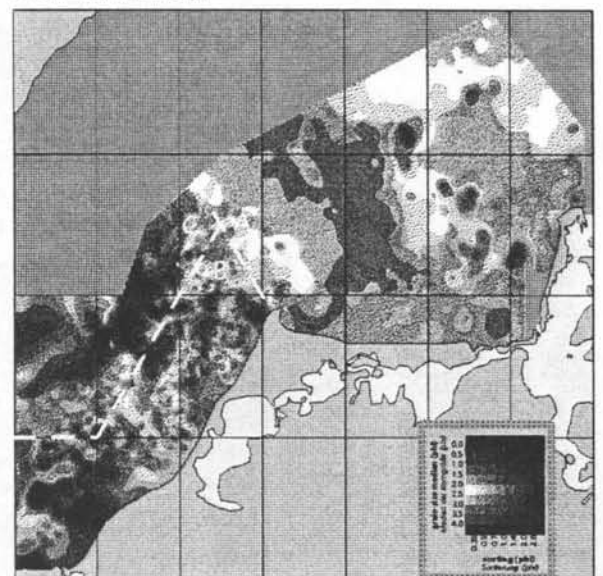
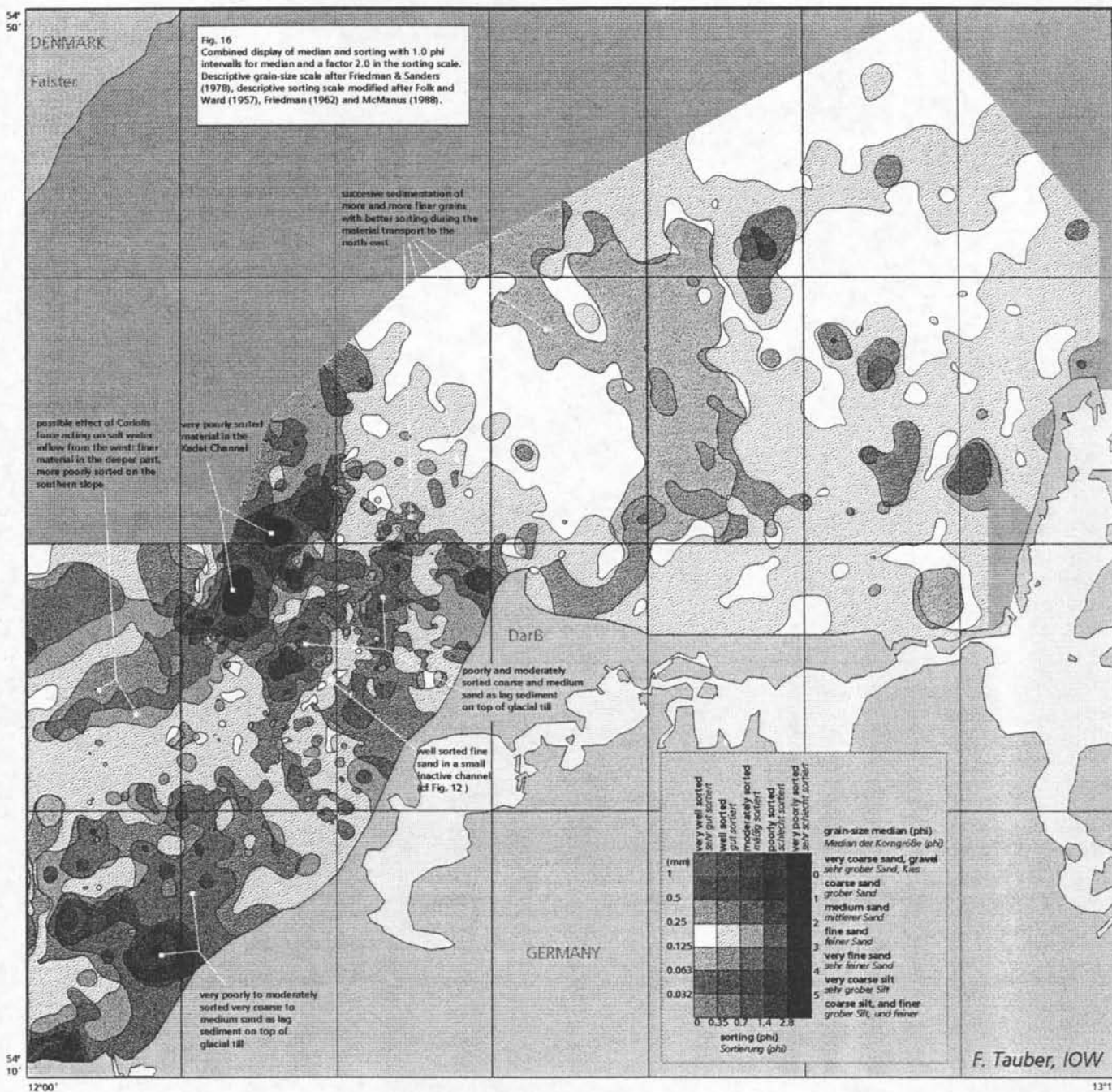


Fig. 15
Combined display of median and sorting with 0.5 phi intervals for
median and a factor 1.4 in the sorting scale. Median is shown by color
(hue), sorting by an overlaid gray shade. Compare features of this
map with bathymetric features in Fig. 12.



John C. Davis,
Jan Harff,
Wolfram Lemke,
Ricardo A. Olea,
Franz Tauber,
Geoff Bohling

Analysis of Baltic Sedimentary Facies by Regionalized Classification

Zusammenfassung

Die Anwendung der Methode der regionalisierten Klassifizierung auf Korngrößendaten von Oberflächensedimenten der Darßer Schwelle in der Ostsee erlaubt die fazielle Rayonierung des Untersuchungsgebietes. Mit der Clusteranalyse werden sieben Sedimentklassen unterschieden, die jeweils einen Faziestyp repräsentieren. Sechs der Typen vertreten eine genetische Folge von schlecht sortierten Restsedimenten der am Meeresboden ausstreichenden Geschiebemergel bis zu gut sortiertem feinkörnigen Sand der Depozentren. Eine siebente Klasse vertritt schlecht sortierte Rinnensedimente. Die Wahrscheinlichkeiten der Klassenzugehörigkeit können als regionalisierte Variable aufgefaßt und auf Gitterpunkte interpoliert werden. An jedem Gitterpunkt bestimmt man den wahrscheinlichsten Sedimenttyp und konstruiert so die entsprechende Fazieskarte. Die auf diese Weise ermittelte Faziesverteilung auf der Darßer Schwelle bestätigt Annahmen über Erosions-, Transport- und Sedimentationsprozesse im Untersuchungsgebiet.

1 Introduction

The relative proportions of different size fractions of clastic sedimentary rocks have been used traditionally as guides to current velocities and transport energy levels in depositional basins. Ideally, originally heterogeneous sediments were continuously sorted during transport and ever finer material deposited in less energetic environments as material moved from a source on the basin margin to deep, calm water in the basin center. This genetic model predicts certain facies patterns within a basin, but circumstances can disrupt this idealized picture and complicate interpretation.

Complexities in facies patterns can be assessed by examining sediments in modern depositional basins where environments are apparent and inference is unnecessary. In the Darss Sill area of the Baltic Sea (Figure 1) the primary sediment source is not transport from

the basin margin but rather from within the basin itself. The classical genetic model of facies is not appropriate so we have employed a statistical procedure to construct a pattern of sedimentary facies based directly on observations.

The Darss Sill is a bottleneck in water exchange between the North Sea and deep basins of the Baltic (Figure 1). Hydrodynamics during Postglacial time have created a spatial distribution of sediments that has been extensively investigated [1, 2]. Grain size measurements from almost 1300 bottom samples were analyzed by regionalized classification [3] to determine sediment type distribution and to produce a genetic interpretation.

2 Darss Sill Area

The Baltic Sea is the world's largest modern brackish water reservoir and the largest water body in western Eu-

rope. There is a positive balance of runoff water from the Baltic into the North Sea through the Danish straits, but oxygen-rich ocean water also flows into the deep basins of the central Baltic. The currents move over the Darss Sill, a natural barrier of glacial tills. Postglacial drainage incised the Kadet Channel into tills that divide the Darss Sill into northern (Danish) and southern (German) parts. Currents generally move counter-clockwise; ocean water flows into the Kadet Channel and over the southeast part of the Darss Sill, while brackish water flows outward over the northern part of the Sill.

Darss Sill glacial tills are covered by a thin layer of lag sediments which are the main sediment source (Figure 2). Sediments in the German part of the Darss Sill are transported from the southwest to the northeast and east, becoming progressively better sorted (Figure 3).

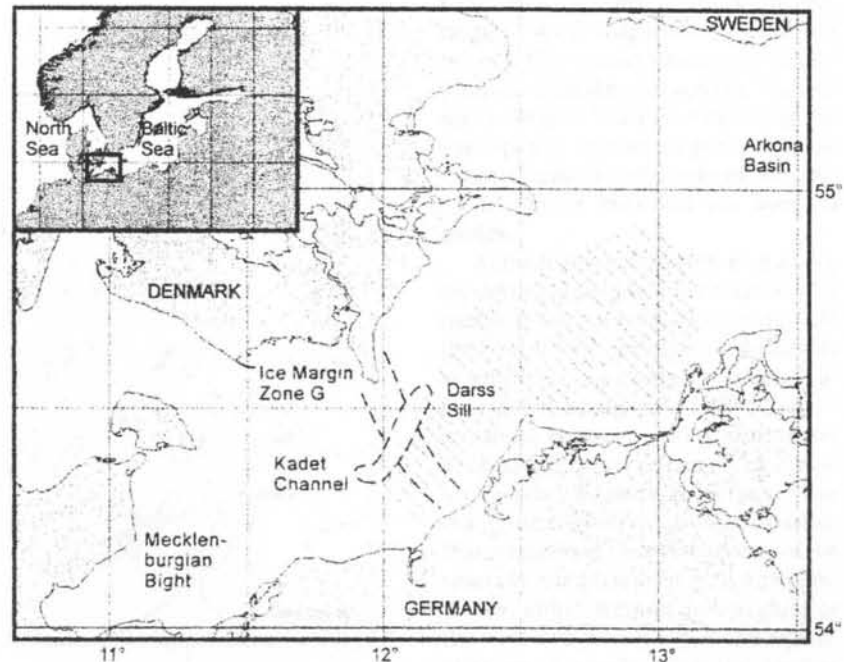


Fig. 1. Darss Sill and surrounding area of the eastern part of the Baltic Sea.

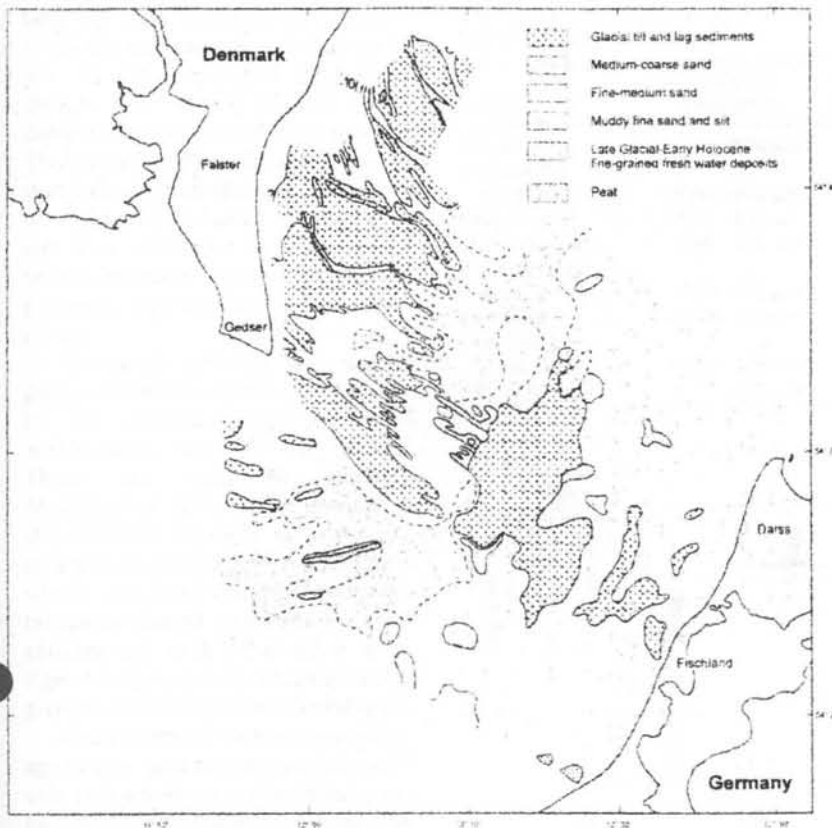


Fig. 2. Generalized geologic map showing bottom sediments in the Darss Sill area, Baltic Sea (after Lemke et al. [2]).



Fig. 3. Sediment transport directions in the Darss Sill area, Baltic Sea (after Lemke et al. [2]).

3 Baltic Sediment Data

Data represent 1281 grab samples collected using the *RV Alexander von Humboldt* and the *RV Prof. Albrecht Penck*; each sample is located by geographic coordinates. Sediments were dried and sieved into eight weight percent size fractions, from less than 63 µm (silt and finer) to over 2000 µm (gravel and coarser), as summarized in Table 1.

4 Regionalized Classification

The concept of multivariate classification of "geological objects" developed by Voronin [4] and extended by Rodionov [5] was combined with elements of regionalized variable theory by Harff and Davis [5] to produce "regionalized classification." The mathematical formalism is not given here; instead, computational aspects are summarized and certain underlying assumptions highlighted. The objective of regionalized classification is to subdivide a two- or three-dimensional portion of the earth's crust into contiguous parts (regions) that are as internally homogeneous and distinct as possible from adjacent regions [6].

The Baltic Darss Sill has been regionalized based on grain size measurements from bottom samples; the regions correspond to sedimentary facies. The initial step is typification, subdividing the observations into groups based on mutual similarities. An unsupervised hierarchical clustering procedure (Ward's algorithm) that minimizes within-cluster variance is used to produce candidate groups [7]. There is no theoretical basis for estimating the appropriate number of groups [8], so external criteria and degree of contiguity of cluster members are used as guides.

At the highest clustering level all observations belong to one cluster and of necessity form a contiguous group. At the next lower level, the single cluster is split into two clusters whose members ideally occupy two distinct, separate areas. Because spatial coordinates of observations are not used in the clustering process, there is no guarantee that grouping will occur - it is possible that members of the two clusters will be spatially intermixed. In such a circumstance, either regions do not exist or the variables do not reflect the regionalization. Typically, when the number of clusters is limited, the cluster mem-

bers will form a pattern consisting of about the same number of discrete areas. As the number of clusters increases, the spatial pattern breaks down and becomes a chaotic mixture. The hierarchical level at which this occurs indicates the appropriate number of regions. In this study, maps of clusters were compared to conventional bottom sediment maps to select an appropriate regionalization into seven classes.

The group centroid and within-group covariance matrix of each cluster are calculated and individual within-group matrices are pooled. These are used to calculate Mahalanobis' distance, a measure of the similarity between each observation and the centroids of the groups to which it might be assigned. These distances are turned into posterior probabilities and each observation is assigned to the group in which it has the greatest probability of membership [9].

A measurement such as the percentage of fine sand is a regionalized variable [10] whose spatial continuity can be expressed by a semivariogram. Discriminant functions are linear combinations, so discriminant scores based on grain size are also regionalized variables, as are Mahalanobis' distances and group membership probabilities. The probability that an observation belongs to group *k* can be determined for every sample and a semivariogram of the group *k* probability can be estimated. Using an appropriate semivariogram model, the probability of membership in group *k* can be estimated by kriging at locations where no observations are available, such as the nodes of a regular grid [11]. The process is repeated to create *k* probability surfaces describing the likelihood of group membership at every location. Grid nodes are assigned to the group for which probability of membership is highest.

The next step is to produce a grid of maximum probability of assignment to any group, which expresses reliability. A map showing membership at each grid node is the final expression of regionalization.

5 Typification of Darss Sill Sediments

In regionalizing the Darss Sill, all observations were assigned to seven groups using Ward's agglomerative clustering method. Figure 4 shows the corre-

Table 1. Variables used for regionalization of bottom sediments in the German part of the Darss Sill area of the Baltic Sea.

Variable	Grain size class limits	No. of observations	Average wt. percent	Std. dev. wt. percent
Gravel	> 2000 μm	125	5.6	6.8
Very coarse sand	2000–1000 μm	356	4.8	5.0
Coarse sand	1000– 650 μm	682	5.4	6.9
Medium sand	650– 400 μm	1186	7.0	9.7
Medium fine sand	400– 200 μm	1269	35.3	24.9
Fine sand	200– 100 μm	1281	44.1	38.5
Very fine sand	63– 100 μm	1273	6.8	9.4
Silt	< 63 μm	1226	3.1	8.4

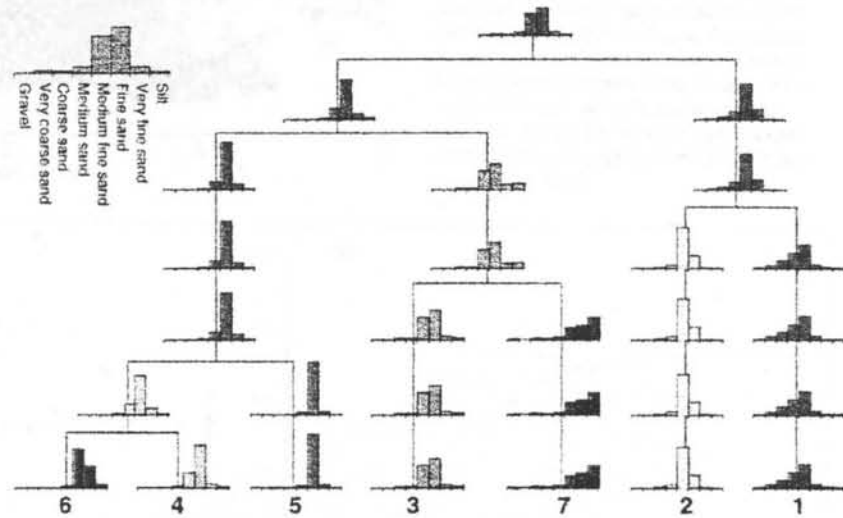


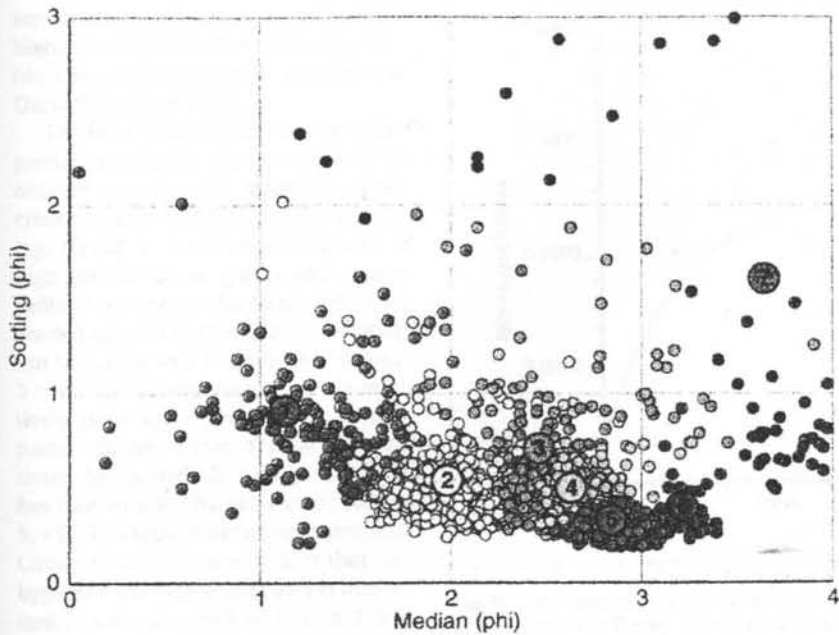
Fig. 4. Dendrogram showing seven highest levels of agglomeration of sediment data from the Darss Sill area, Baltic Sea.

Table 2. Grain size distributions corresponding to the centroids of the seven groups defined by hierarchical clustering of Darss Sill data.

Group	<i>n</i>	Gravel	Very coarse sand	Coarse sand	Med. sand	Med. fine sand	Fine sand	Very fine sand	Silt
1	161	2.3	6.9	14.2	26.4	39.0	8.4	1.6	1.2
2	381	0.3	0.8	2.1	7.2	64.7	21.3	3.1	0.6
3	196	0.4	0.6	1.1	3.1	36.9	46.8	6.8	4.2
4	222	0.1	0.4	0.7	1.9	22.6	66.2	6.1	1.9
5	219	0.0	0.0	0.0	0.5	5.6	86.2	6.7	0.9
6	55	0.0	0.0	0.0	0.2	1.8	60.0	34.2	3.7
7	47	2.1	2.2	3.4	4.0	6.1	20.8	25.4	37.0

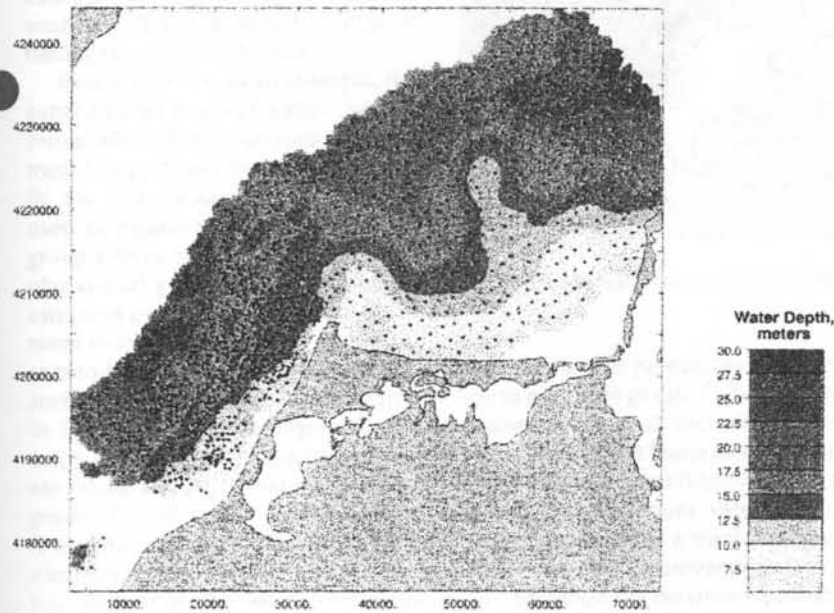
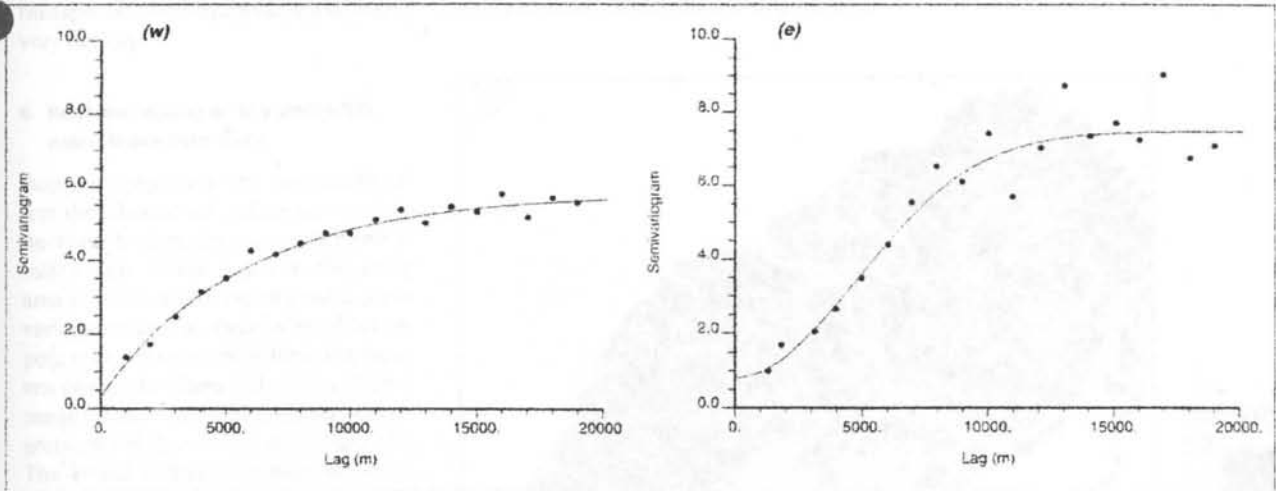
Table 3. Results of supervised reclassification. Prior assignments of observations to clusters are compared to posterior group assignments based on probabilities of group memberships from discriminant analysis.

Prior	1	2	3	4	5	6	7	<i>P_i</i>
Posterior								
1	0.932	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.064	0.1304
2	0.068	0.879	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.2701
3	0.000	0.084	0.862	0.059	0.000	0.000	0.000	0.1686
4	0.000	0.000	0.041	0.892	0.005	0.000	0.000	0.1616
5	0.000	0.000	0.000	0.036	0.995	0.018	0.000	0.1772
6	0.000	0.000	0.010	0.009	0.000	0.982	0.000	0.0453
7	0.000	0.000	0.077	0.004	0.000	0.000	0.936	0.0468
Sum								1.0000
Count	161	381	196	222	219	55	47	1281



◀ Fig. 5. Median grain size versus sorting of bottom sediments from the Darss Sill area, Baltic Sea. Statistics are calculated from the shape of weight-percent size cumulative curves (after Tauber [12]).

Fig. 6. Experimental semivariograms and fitted models for water depth at sampling points in the eastern part (e) and western part (w) of the Darss Sill area, Baltic Sea. Y-axes in square meters, X-axes in meters. Model for eastern part is Gaussian with a nugget of 0.817, sill of 7.4 and range of 11,717.2. Model for western part is exponential with a nugget of 0.5, sill of 5.8 and range of 17,520.0.



◀ Fig. 7. Bathymetric map of the Darss Sill area, Baltic Sea. Kriging based on models in Figure 6.

sponding dendrogram. The histograms represent average composition of group members (centroids). The final classification of the centroids is given in Table 2. Groups are ordered and numbered by decreasing mean grain size. Figure 5 is a cross-plot of graphic median versus sorting (after Tauber [12]), with group membership of observations indicated by colors.

Following initial typification, probabilities of class membership are determined by computing Mahalanobis' distance between each observation and the centroids of the seven groups. Mahalanobis' distance can be found by linear discriminant analysis; this step may result in some reallocation of ob-

servations to different clusters having a higher probability of membership. Table 3 is a reclassification table for the Darss Sill observations.

The final classification can be interpreted genetically; the groups can be ordered in a genetic sequence of decreasing grain size and increased sorting. Group 1 is poorly sorted with a high proportion of gravel and coarse sand; it represents the remnants of an eroded glacial till. Group 2 is erosional, but is transitional in character. Group 3 is a depositional facies, but its relatively poor sorting suggests a transitional nature. More typical depositional facies include Group 4, which has transitional characteristics; Group 5, which is typical of depocenters; and Group 6, which is a sediment that has bypassed the depocenter and is deposited in a distal position. Group 7 is a channel environment where erosion, transportation and deposition changed very rapidly.

6 Regionalization of the Darss Sill using Grain Size Data

Bottom topography can profoundly affect distribution of sediments, so producing a bathymetric map is a prudent initial step. Water depth in the study area is anisotropic; experimental semivariograms and models for sea floor topography are more irregular in the western part of the Darss Sill, with a shorter range for the fitted Gaussian semivariogram model than in the east (Figure 6). The kriged bathymetric map shown in Figure 7 clearly indicates the Kadet Channel and smaller channels in the west as well as the smooth change in basinal structures in the east.

Figure 8 shows, as an example, the experimental semivariogram for the probability of membership in sediment Group 5 and the model used to fit the semivariogram. Kriging was used to estimate the probabilities of group membership at the nodes of regular spatial grids. The seven grids of estimates can be displayed as contour maps to indicate locations most likely to belong to a specific grain size group, such as the probability of membership in Group 5 shown in Figure 9. The maps distinguish high-probability areas (shades of red) from areas where probability of group membership is low (blue shades). High-probability areas on different maps do not overlap: each map defines distinct areas

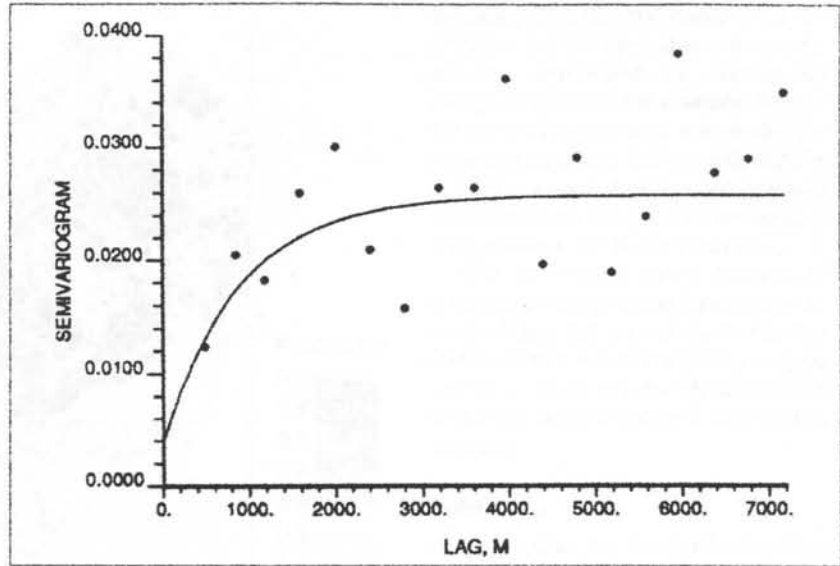


Fig. 8. Experimental semivariogram and fitted model for the probability of classification of observations into Group 5, estimated at each sampling locality in the Darss Sill area of the Baltic Sea. Y-axis is in probabilities squared; X-axis is in meters. Model is exponential with nugget of 0.004, sill of 0.026 and range of 2693.0.

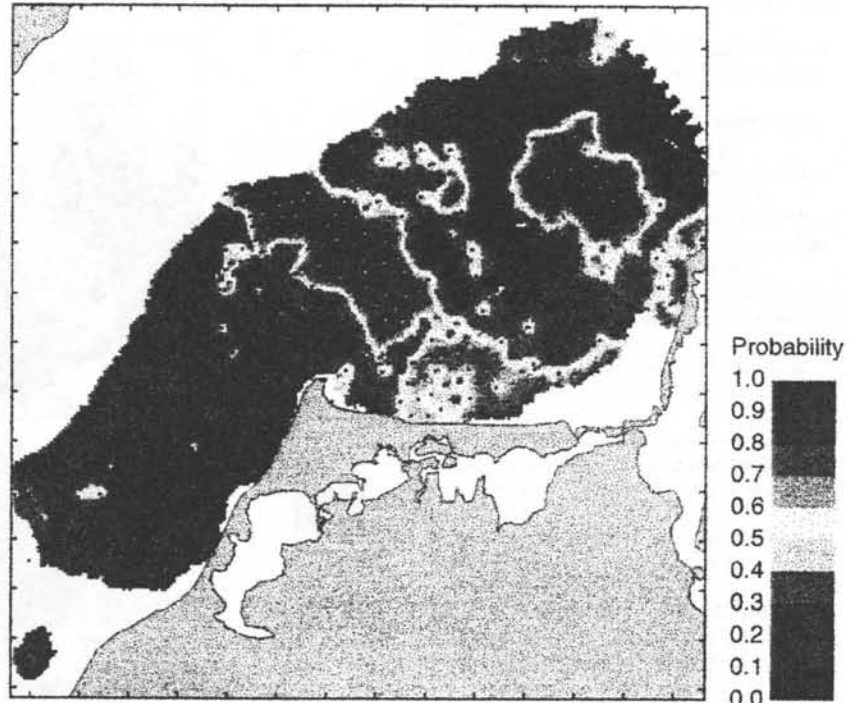


Fig. 9. Probability of membership in bottom sediment Group 5, Darss Sill area.

that have a high probability of belonging to a specific group. Figure 9 clearly delineates the main depositional centers in the eastern Darss area. Overlaying the seven probability maps and selecting the maximum value at each grid node produces a maximum probability map of membership (Figure 10). Based on the maximum probabil-

ity, each grid node can be allocated to the most likely group and the resulting grid displayed as a facies map (Figure 11). Figure 10 can be used to judge the reliability of group assignments. As expected, areas of transition between sediment sources and sediment depocenters have lower probabilities of correct classification.

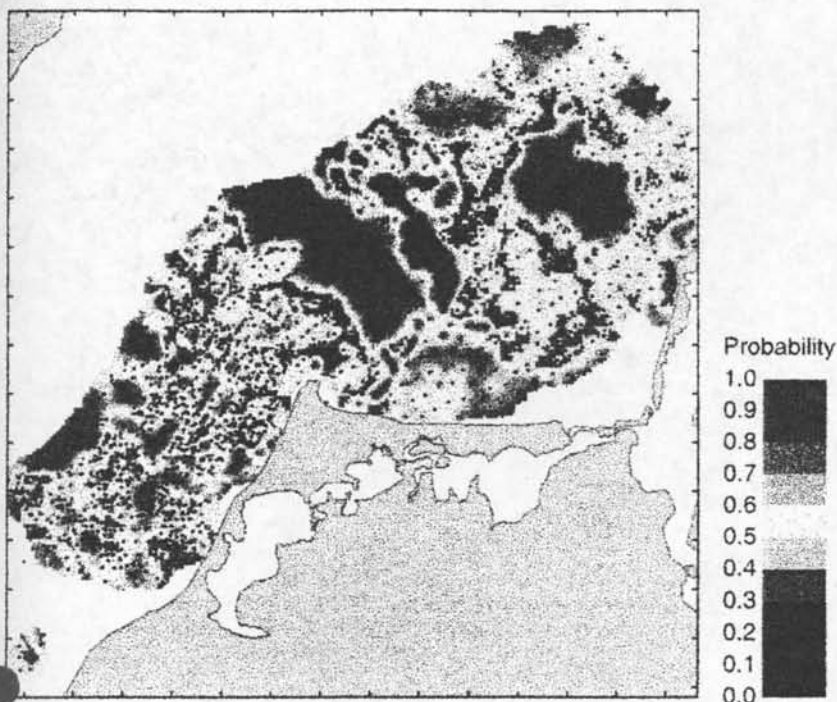


Fig. 10. Maximum probability of membership in any group at every point.

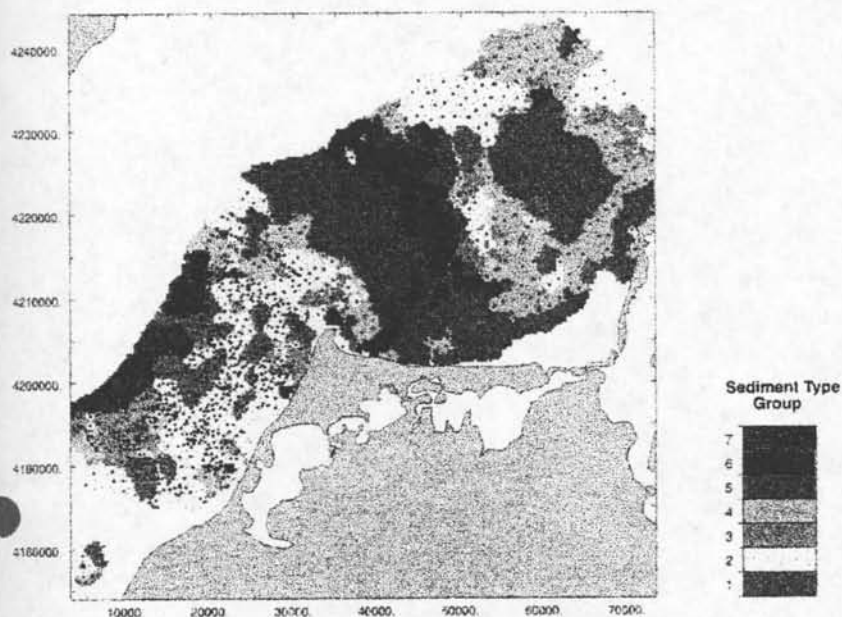


Fig. 11. Interpretations derived from patterns on probability maps showing the regionalization as a facies.

7 Summary

Regionalization of bottom sediment data from the Darß Sill area of the Baltic Sea – the bottleneck in the connection of this marginal sea with the ocean – clearly delineates source areas that provide poorly sorted, coarse grained sediments eroded from tills that crop out on the sea floor, the routes of transport of these sediments and the depocenters where they come to

rest. During transport, the sediments are progressively separated and eventually become well-sorted, fine-grained facies. The succession is represented by a genetic chain from Group 1 sediments to Groups 5 and 6. The intermediate sediment Groups 2, 3 and 4 are transition types. The western part of the Darß Sill area is dominated by source and lag sediments and depocenters dominate in the east, reflecting direction of movement of

the main currents. The easternmost depocenter for Group 5 shows a circular pattern surrounded by transitional groups, suggesting that a pattern of circular currents (gyres) were responsible for sediment transport. Sediment Group 7 is a poorly sorted, heterogeneous group that reflects the relatively unsettled conditions within the Kadet Channel.

The success of regionalization in producing interpretable facies patterns in the Darß Sill area of the Baltic Sea indicates that the methodology may be useful in many similar circumstances involving ancient sediments as well as modern.

References

[1] W. Lemke: Zur Korngrößenverteilung psammitischer Sedimente im Bereich der Darßer Schwelle; *Z. f. geol. Wiss.* 20 (1992) 485–492.
 [2] W. Lemke, A. Kuijpers, G. Hoffmann, D. Milkert, R. Atzler: The Darß Sill, hydrographic threshold in the southwestern Baltic, Late Quaternary geology and recent sediment dynamics; *Continental Shelf Res.* 14 (1994) 847–870.
 [3] J. Harff, J.C. Davis: Regionalization in geology by multivariate classification; *Math. Geology* 22 (1990) 573–588.
 [4] Ju. A. Voronin: *Geologija i matematika*. Novosibirsk: Nauka, 1967, 253 p.
 [5] D.A. Rodionov: *Statisticeskie resenija v geologii*. Moskva: Nedra, 1981, 231 p.
 [6] J.E. Harff, J.C. Davis, W. Eiserbeck: Prediction of hydrocarbons in sedimentary basins; *Math. Geol.* 25 (1993) 925–936.
 [7] H.H. Bock: *Automatische Klassifikation*. Göttingen: Vandenhoeck & Rupprecht, 1974, 480 p.
 [8] J.C. Davis: *Statistics and Data Analysis in Geology*. New York: John Wiley & Sons, 1986, 646 p.
 [9] M.M. Tatsuoka: *Multivariate Analysis: Techniques for Educational and Psychological Research*. New York: John Wiley & Sons, 1971, 310 p.
 [10] A.G. Journel, C.J. Huijbregts: *Mining Geostatistics*. London: Academic Press, 1978, 600 p.
 [11] C.V. Deutsch, A.G. Journel: *GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide*. New York: Oxford Univ. Press, 1992, 340 p.
 [12] F. Tauber: Characterization of grain-size distributions for sediment mapping of the Baltic Sea bottom, In: *Abstract Vol., The Baltic—4th Marine Geol. Conf.*, Oct. 24–27. Uppsala: SGU/Stockholm Center for Marine Res., 1995, unnum.

Authors's addresses:

Prof. Dr. John C. Davis, Dr. R.A. Olea, G. Bohling, Kansas Geological Survey, 1930 Constant Avenue, Lawrence, KS, 66047, USA.
 Prof. Dr. Jan Harff, Dr. W. Lemke, Dr. F. Tauber, Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Seestraße 15, D-18119 Rostock-Warnemünde.

Jan Harff
 Wolfram Lemke
 Franz Tauber
 Emelyan M. Emelyanov

Geologische Kartierung der Ostsee

Abstract

Interdisciplinary ecosystem study in the Baltic Sea requires geological-geochemical mapping of the sea bottom and of the late Quaternary sediments layering. A granulometric map of sediments on the Darss Sill reflects the current pattern of water inflowing from the North Sea. The heavy metal content in basin muds shows anthropogenic impacts. High lead contents in the Lübeck Bight are caused by dumping of industrial waste until 1990. The sediment distribution between Darss Sill and Gotland Basin reflects different sedimentary facies comprising coarse sediments of coastal areas and sills as well as mud sediments within the Arkona and the Bornholm Basin. International cooperation is needed to elaborate maps of the entire Baltic required for international research projects.

1 Einführung

Im Rahmen der interdisziplinären Ökosystemforschung in der Ostsee untersucht die Geologie die Bildungs- und Umbildungsbedingungen der spätquartären Sedimente sowie deren Wechselwirkung mit dem Wasserkörper und seinen Komponenten. Das betrifft sowohl laterale Transport- und Akkumulationsprozesse als auch den vertikalen Stoff- und Energieaustausch innerhalb der sedimentären Folgen und an der Sediment-Wasser-Grenze.

Bei diesen Untersuchungen werden Sedimenteigenschaften an Oberflächen- und Kernproben direkt gemessen, die Lagerungsstruktur der Sedimentfolgen aber auch indirekt nach Signalen aus geophysikalischen Profilmessungen ermittelt. Diese punkt- oder profilweise gewonnenen Meßergebnisse werden mittels Interpolation, zunehmend unter Verwendung mathematischer Verfahren, zu räumlichen Verteilungsmodellen von Struktur und Stoff – den geologischen Karten – verknüpft. Diese stellen gleichermaßen das Ergebnis geologischer Forschungsarbeiten als auch die Rand- und Anfangsbedingungen für eine dynamische ozeanographische Modellierung oder für meeresbiologische Prozeßstudien dar.

Die Auswahl der zu kartierenden Pa-

rameter wird durch die Aufgabenstellung definiert. Gerade die Entwicklung von geologischen Kartierungsarbeiten in der Ostsee spiegelt besonders eindrucksvoll die Entwicklung von Beprobungs- und Meßtechnik sowie den Wechsel der Aufgabenstellung wissenschaftlicher Forschungsaufgaben wider. Eine systematische Kartierung des Meeresgrundes der westlichen und südlichen Ostsee erfolgte in Deutschland erstmals während des zweiten Weltkrieges mit militärischer Zielstellung.

Karten der Sedimentverteilung am Meeresboden in Maßstäben 1 : 300 000 und 1 : 150 000 wurden von der Kriegsmarine in den vierziger Jahren als Verschlußsache herausgegeben (Anonymus [1]) und standen damit für eine freie Forschung nicht zur Verfügung. Erst Pratje [2] veröffentlichte eine erste Sedimentverteilungskarte der westlichen Ostsee. In den fünfziger Jahren wurden in der westlichen Ostsee – zunächst mit wirtschaftlicher Zielstellung für die Rohstofferkundung, Küstenschutz und Fischereizwecke – systematische Kartierungen vom Institut für Meereskunde Warnemünde, bzw. dessen Vorläufern, durchgeführt (Kolp [3, 4]).

Bereits mit den sechziger Jahren war es das zunehmend militärische Interesse der damaligen DDR an geowissenschaftlichen Karten der Ostsee, die bis 1990 eine Publikation von Kartierungsergebnissen verhinderte. Besonders zu erwähnen ist hier die im Maßstab 1 : 100 000 erarbeitete Sedimentverteilungskarte der westlichen Ostsee (Lange [5]). Auch die zunächst als Verschlußsachen verfaßten Arbeiten von Neumann [6] und Lange [7] mit geologischen und paläogeographischen Karten der Ostsee sind erst nach der Wende in Deutschland für die Forschung frei zugänglich geworden. Einen sehr guten Überblick über geologische Forschungsarbeiten in der Ostsee bis Ende der 70er Jahre gibt Ludwig [8].

Ebenso wie von der damaligen DDR wurden von skandinavischen und osteuropäischen Ostseerainern detaillierte Kartenwerke erarbeitet, jedoch auch nur eingeschränkt der internationalen Nut-

zung zugänglich gemacht. Als internationale Kartenwerke sind hauptsächlich die kleinmaßstäblichen Sedimentverteilungs- und Mächtigkeitskarten sowie die geochemischen Karten, die von osteuropäischen Wissenschaftlern publiziert wurden, zu erwähnen (Emelyanov, [9]).

Ebenso wird auf das von Winterhalter u. a. [10] publizierte kleinmaßstäbliche Kartenwerk von Bathymetrie, quartären Sedimenten, präquartären Gesteinen und tektonischem Inventar der Ostsee verwiesen. Die politische Wende in Europa brachte den Durchbruch in der Publikation von nationalen und internationalen geowissenschaftlichen Kartenwerken der Ostsee. Nachdem Mojski [11] bereits ein Kartenwerk publiziert hatte, wurde nun bisher geheimgehaltenes Datenmaterial freigegeben und stand für die Veröffentlichung zur Verfügung (z. B. Szczepanska und Uscinowicz [12]). Durch die nun mögliche Zusammenarbeit zwischen allen Ostseerainern wurden im Laufe der letzten fünf Jahre internationale Kartenwerke im Maßstab 1 : 500 000 erstellt und publiziert (Grigelis u. a. [13, 15], Grigelis [14], Nielsen [16]).

Diese Kartenwerke bilden eine Basis für die Realisierung internationaler Forschungsprojekte, wie sie gegenwärtig im Rahmen der Europäischen Union für die Ostsee vorbereitet werden.

Im Rahmen dieser Publikation werden eine bathymetrische Karte der gesamten Ostsee auf Basis eines neuen Datensatzes, eine geochemische und sedimentologische Karte aus dem deutschen Seegebiet sowie eine geologische Karte der westlichen Ostsee vorgestellt.

2 Bathymetrie der Ostsee

Die hydrodynamischen Bedingungen der Ostsee werden durch die Zugänge des Randmeeres zur Nordsee, die klimatischen Bedingungen und die Becken-/Schwellenstruktur des Meeresbodens bestimmt. Das humide Klima bedingt eine positive Bilanz des aus Niederschlägen stammenden und durch die dänischen Straßen abfließenden Ostseewas-

seers. Salz- und sauerstoffreiches Nordseewasser fließt durch die Belte und den Sund zu und unterschichtet in der Ostsee das salzärmere Oberflächenwasser. Größere Salzwassereintrüche erreichen die zentralen Becken nur bei starken Westwindlagen (Franck und Matthäus [17]). Diese Becken weisen anoxische Bedingungen im bodennahen Wasserkörper auf, die nur sporadisch durch die Salzwassereintrüche eine Sauerstoffzufuhr erfahren.

In Abbildung 1 sind diese Becken in einer bathymetrischen Karte dargestellt. Die Ostsee im Westen bis zur Darßer Schwelle wird als Beltsee, die sich östlich anschließende zentrale Ostsee als Baltic Proper bezeichnet. Es ist offensichtlich, daß die die Becken trennenden Schwellen natürliche Barrieren für das am Boden in die Baltic Proper einströmendes Nordseewasser darstellen. Die Morphologie des Meeresbodens wird besonders anschaulich in einer Reliefdarstellung (siehe Titelbild der vorliegenden Ausgabe!) der in Abbildung 1 wiedergegebenen Karte. Die Daten für die Darstellungen der Abbildungen 1 und 2 wurden durch Digitalisierung von Seekarten in einer horizontalen Auflösung von etwa einer Seemeile zusammengestellt (Seifert & Kayser, [18]).

3 Schwellensedimente

Eine besondere Rolle als „Flaschenhals“ zwischen der Beltsee und der Baltic Proper spielt die Darßer Schwelle mit Wassertiefen um 20 m. Relativ hohe Transportenergien des die Schwelle in Bodennähe vorwiegend von West nach Ost überströmenden Wassers bewirken, bedingt durch Stromgeschwindigkeiten von bis zu 100 cm/s (Lemke u. a. [19]), eine überwiegend sandige Sedimentation. Während das ozeanographische Regime nur als Momentaufnahme meßbar ist, spiegelt die Verteilung der Sedimente an der Oberfläche des Meeresbodens integrierend über geologisch wirksame Zeiträume das Strömungsmuster wider.

Aus diesem Grunde wurde für Prozeßstudien ein detailliertes lithologisches und stratigraphisches Kartierungsprogramm des der Mecklenburgisch-Vorpommerschen Küste vorgelagerten Seebereichs durchgeführt (Lemke u. a. [19]). In einem neuen Verfahren wird die durch Siebanalyse ermittelte Korngrößenverteilung jeder Probe durch eine Fermi-Funktion angenähert, als deren Parameter eine mittlere Korngröße (der

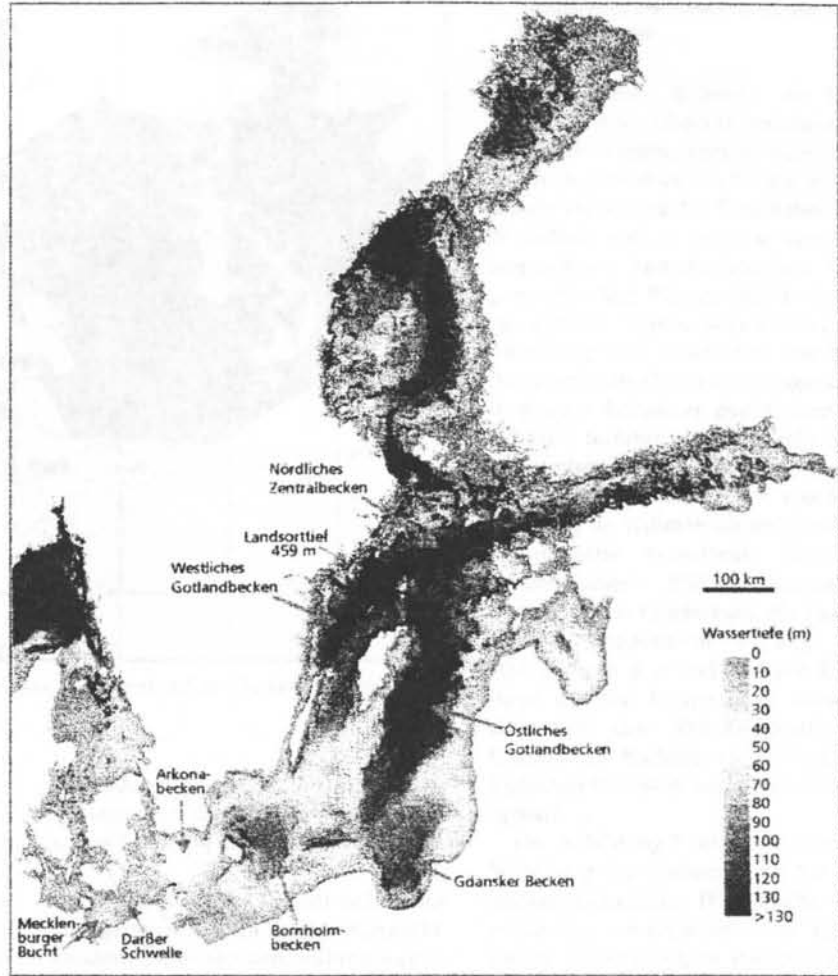


Abb. 1. Bathymetrische Karte der Ostsee.

„Median“) und ein Sortierungsmaß berechnet wurden (für die Beschreibung der Methodik s. Tauber [20]).

Durch numerische Interpolation der den Probeentnahmepunkten zugeordneten Median- und Sortierungsdaten ergibt sich die in Abbildung 2 dargestellte granulometrische Karte der Oberflächensedimente. Deutlich wird westlich des Darß die stark wechselnde Fazies der Sedimente. Hier streichen zur Randzone G (Velgaster Staffel) der Weichselvereisung gehörende Geschiebemergel am Meeresboden aus und bilden eine Quelle für submarine Erosionsprodukte. Diese werden mit dem hier generell in nordöstliche Richtung fließenden Bodenwasser küstenparallel transportiert und sortiert.

Der Sortierungsprozeß spiegelt sich in der Verteilung der feinerkörnigen Sedimente nördlich der Halbinsel Zingst deutlich wider. Einzelne Geschiebemergelausstriche westlich der Insel Hiddensee sind durch gröbere und schlechter sortierte Sande in diesem Seegebiet

ausgewiesen. Eine Sonderstellung nehmen die Sedimente in der Kadett-Rinne ein. In dieser nach dem Abfluß des Baltischen Eisstausees entstandenen Erosionsform liegen extrem schlecht sortierte Schluffe und Sande vor.

4 Beckensedimente

In den Becken der Ostsee kommt ein spezieller Sedimenttyp – der Schluff – zur Ablagerung. Es handelt sich dabei um schluffig-tonige Sedimente mit Anteilen organischer Substanz bis zu 10 %. Das reduzierende Sedimentationsmilieu drückt sich in dunkler Farbe und entsprechenden Gehalten an Schwefelwasserstoff aus. Die Becken wirken als Depozentren auch für anthropogene toxische Komponenten, wie zum Beispiel Schwermetalle. In einer Untersuchung der Mecklenburger Bucht und des Arkonabeckens wurden Ende der achtziger Jahre vom damaligen Institut für Meereskunde Warnemünde Schlicksedimente sedimentologisch-geochemisch

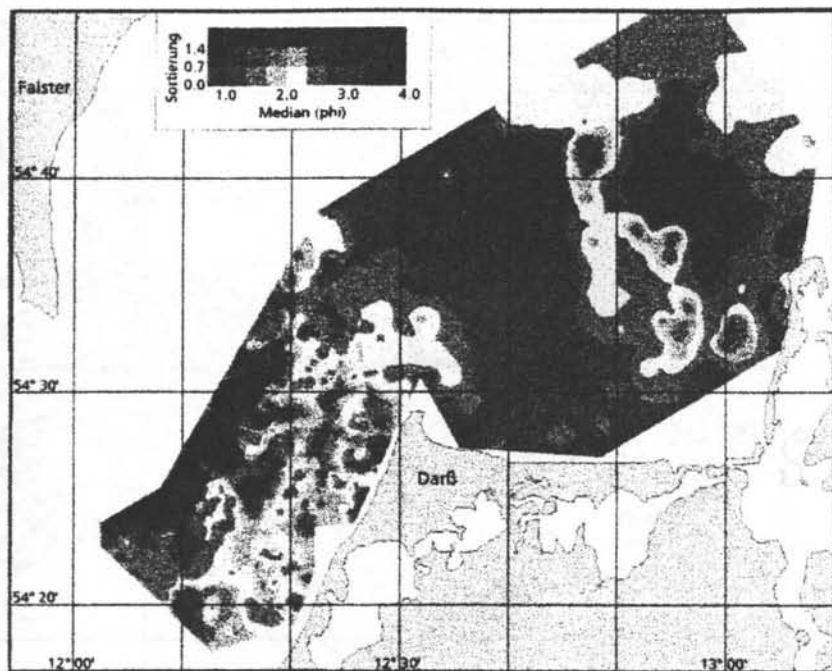


Abb. 2. Granulometrische Karte der Oberflächensedimente auf der Darßer Schwellen.

untersucht und entsprechende Karten manuell konstruiert (Lange [21]).

Die Daten von circa 120 Stationen konnten nach 1990 in eine Datenbank übernommen und Karten der Korngrößen- und Schwermetallverteilungen in oberflächennahen Sedimenten mit Hilfe geostatistischer Verfahren konstruiert werden. Abbildung 3 zeigt die Korngrößenverteilung der Schlicksedimente der Mecklenburger Bucht. Deutlich ist die Zunahme der Korngröße zum Beckenrand nach Osten und Südosten. Betrachtet man eine Karte der Bleigehalte in den Oberflächensedimenten

(Abbildung 4), so fallen die hohen Konzentrationen (bis 280 ppm) des toxischen Elements in der Lübecker Bucht auf.

Die Zunahme der Gehalte ist hier nur zum geringen Teil ein Korngrößeneffekt, sondern im wesentlichen anthropogenen Ursprungs. Ursache für die hohen Bleikonzentrationen in der Lübecker Bucht ist die Verklappung von Industrieschlämmen (Irion [22]).

Auf spezielle Ergebnisse geochemischer Arbeiten zur Schwermetallproblematik in Ostseesedimenten gehen Leipe u. a. [23] ein.

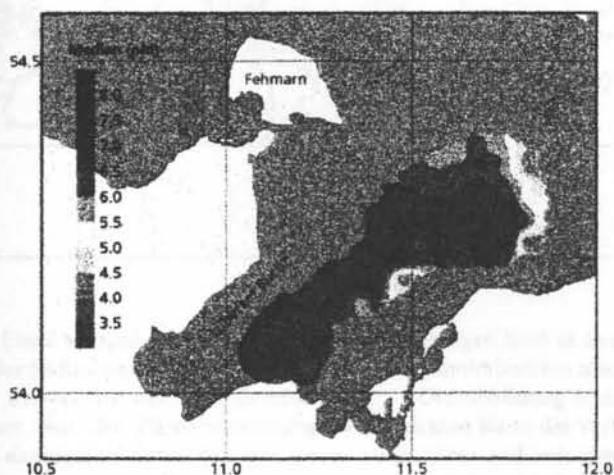


Abb. 3. Granulometrische Karte der Schlicksedimente in der Mecklenburger Bucht.

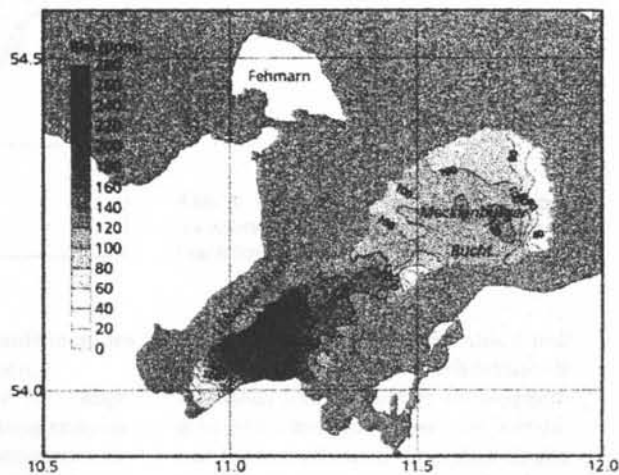


Abb. 4. Bleikonzentration in den obersten 3 cm der Schlicksedimente (Korngrößenfraktion < 63 µm) der Mecklenburger Bucht.

5 Sedimente zwischen Beltsee und Baltic Proper

Das die Darßer Schwellen, die Oderbucht, das Arkonabecken und das Bornholmbecken umfassende Seegebiet stellt ein Schwerpunktgebiet für die internationale Forschung dar. Dies insbesondere deshalb, weil es einerseits den ozeanographisch bedeutungsvollen Übergang zwischen Beltsee und Baltic Proper umfaßt. Andererseits können hier Verteilung und Geschichte von durch die Oder in die Ostsee eingetragener anthropogen belasteter partikulärer und gelöster Substanz in exemplarischer Weise studiert werden. Ergebnisse erster Forschungsarbeiten werden von Leipe u. a. [23] im Rahmen dieser Veröffentlichungsserie vorgestellt. Basis für Prozeßstudien bilden geologische Karten, deren Erarbeitung die internationale Kooperation verlangt. Die Abbildungen 5, 6 und 7 zeigen Ergebnisse solcher Kooperation zwischen dem IOW, dem Shirshov-Institut für Ozeanologie Kaliningrad und den Geologischen Diensten von Polen und Dänemark.

Die Abbildung 5 zeigt eine Karte der Verteilung der Sedimente an der Meeresbodenoberfläche. Die typische Differenzierung von schwellen- bzw. küstennahen gröberkörnigen Bildungen und den feinkörnigen Schlickten der Becken kommt klar zum Ausdruck. Innerhalb der Schlickbecken sind sowohl die Korngrößendifferenzierung als auch die Verteilung organischer Substanz kartographisch dargestellt. An den Beckenrändern kommt es bei wechselnden Redox-Bedingungen zur Entstehung

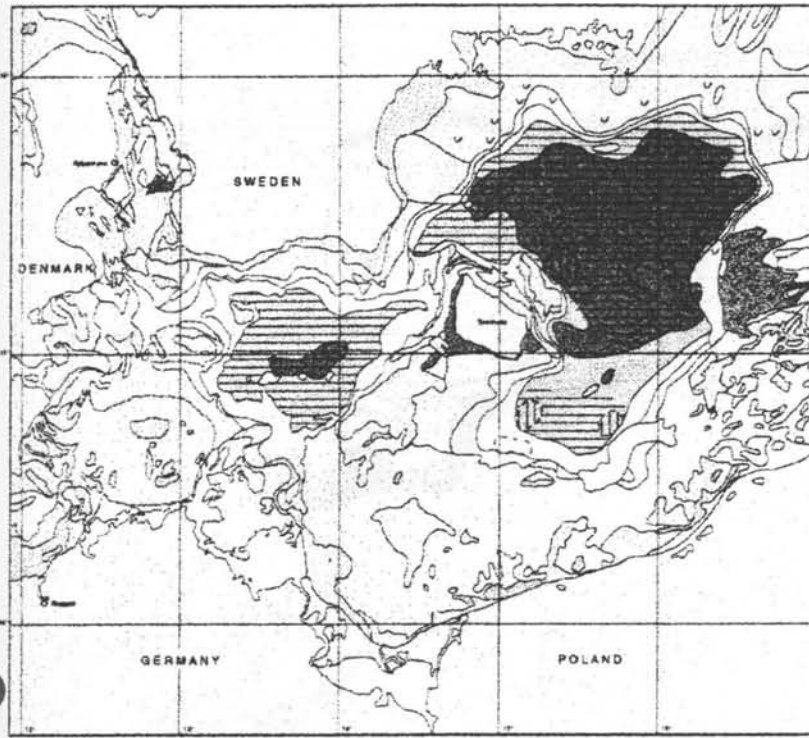


Abb. 5. Karte der Oberflächensedimente in der westlichen Ostsee (nach Emelyanov u. a. [24]).

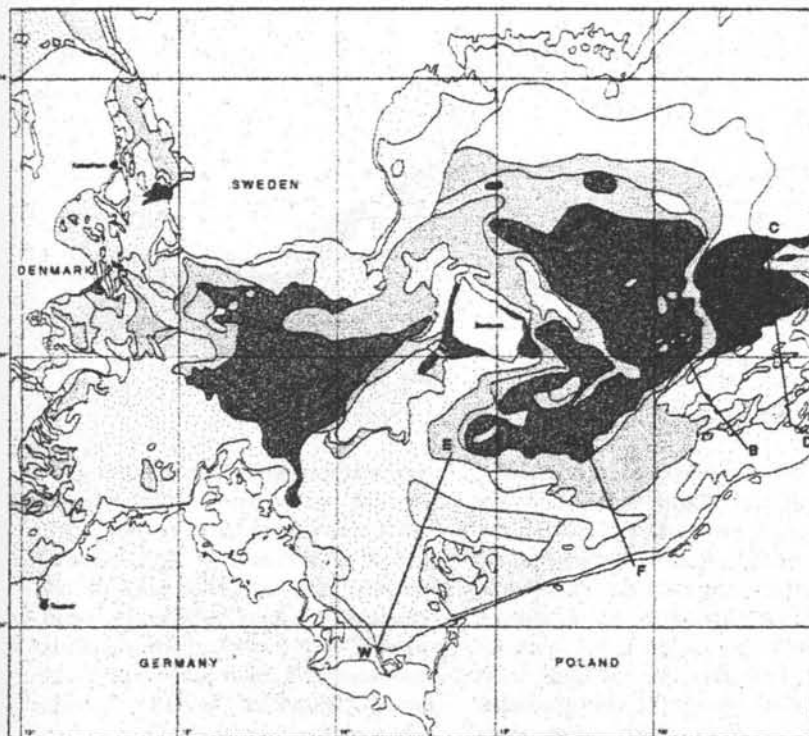


Abb. 6. Abgedeckte Karte (1 m) der Sedimentverteilung in der westlichen Ostsee (nach Emelyanov u. a. [26]).

von Eisen-Mangan-Hydroxiden, die sich an der Sedimentoberfläche als Knollen und Krusten vor allem an Geschieben bilden. Aus der Elementverteilung in den datierbaren Anwachszoneisen- und manganreicher Phasen lassen sich Aussagen über das Sedimentationsmilieu ableiten (Winterhalter [25]). Die

Bildungen sind in den Randzonen des Bornholmbeckens auskartiert.

Die Abbildung 6 zeigt in einer abgedeckten Karte die Verbreitung spätpleistozäner und holozäner Sedimente unter stratigraphischem Gesichtspunkt (zur stratigraphischen Gliederung der spätquartären Ostseesedimente s. Winterhal-

ter [27]). In der Legende zu Abb. 6 und 7 sind auch die von Blazhshishin & Lukashov [28] definierten lithologisch-geochemischen Komplexe der holozänen Beckensedimente zusätzlich zu den Lithotypen angegeben. Zur Beschreibung der lithologischen Einheiten wird auf Emelyanov [9] verwiesen.

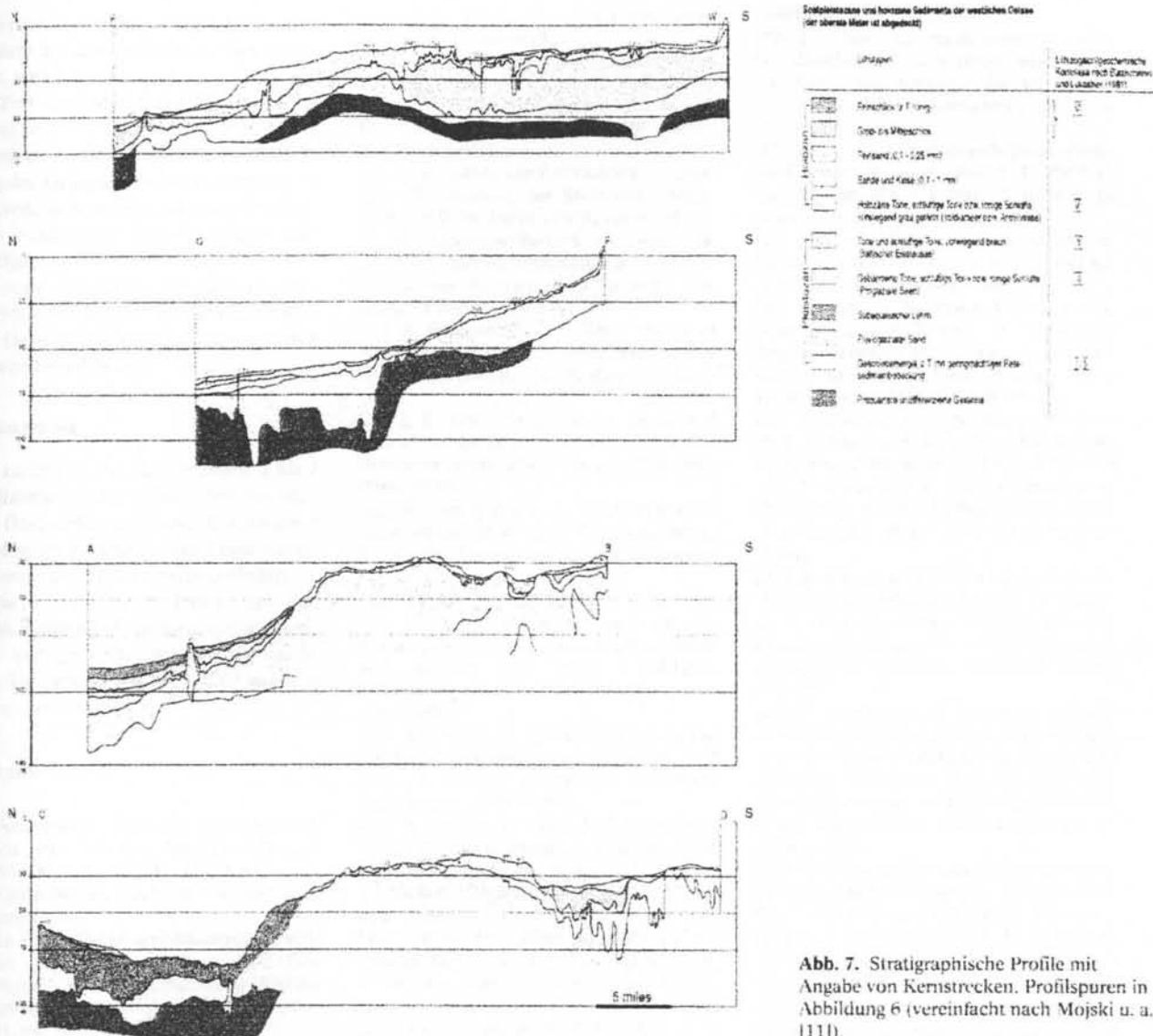


Abb. 7. Stratigraphische Profile mit Angabe von Kernstrecken. Profilsuren in Abbildung 6 (vereinfacht nach Mojski u. a. [11]).

Die Abbildung 7 zeigt vier stratigraphische Profile, welche die Schichtfolgen am Südrand des Bornholmbeckens wiedergeben. Das Profil E-W zeigt auf der Oderbank über dem Geschiebemergel mächtige Folgen fluvioglazialer Sande, die progradierend von holozänen Schüttungen des Oderaustroms überlagert werden. Die Profile G-F und A-B weisen Decksande über Geschiebemergel auf. Zum Becken hin folgen über dem Geschiebemergel glaziale Bänder-tone und über yoldia- bzw. anzyluszeitlichen Peliten die holozänen (postlitorina-zeitlichen) Schlicke.

Das Profil C-D verkörpert einen Bereich im Übergang zum Gotlandbecken, in welchem postlitorina-zeitlich Erosion und Transportprozesse die Sedimentation überwiegen.

Die in den Abbildungen 6 und 7 dargestellten Karten bilden einen Baustein für ein die Gesamtostsee erfassendes Kartenwerk. Projektvorbereitungen zur Erstellung eines solchen Kartenwerkes werden zur Zeit im Rahmen der internationalen Kooperation der Ostseeanrainer getroffen. Voraussetzung ist die Schaffung einer Datenbasis im Rahmen eines gemeinsamen Geowissenschaftlichen Informationssystems (GIS).

6 Zusammenfassung

Moderne Positionierungssysteme, eine fortgeschrittene Methodik geophysikalischer Seevermessung und geologischer Beprobungs- und Meßmethodik erlauben heute die Konstruktion detaillierter geologisch-geochemischer Kartenwerke

des Meeresbodens sowie der Lagerungsstruktur sedimentärer Folgen in der Ostsee.

Nach dem Fall der politischen Grenzen in Europa können Forschungsdaten über die Ostsee erstmals nach dem zweiten Weltkrieg ungehindert ausgetauscht werden. Das Ergebnis sind inzwischen zahlreich publizierte geowissenschaftliche Karten. Dabei geht der Trend von der rein beschreibenden Aufnahme der räumlichen Verteilung von Sedimenttypen zur differenzierten Kartierung quantitativ meßbarer Sedimenteigenschaften, insbesondere umweltrelevanter Parameter.

Die kartographische Umsetzung interdisziplinärer Forschungsdaten erfordert den Einsatz von Geowissenschaftlichen Informationssystemen (GIS).

Forschungsbedarf existiert hier insbesondere bei der Erarbeitung von Systemen, welche die Raumkoordinaten mit der Zeit verbinden (4D-GIS). Diese Systeme sind für die moderne Forschung erforderlich, um einerseits die Entwicklung des Ökosystems nachvollziehen zu können, andererseits Szenarien möglicher zukünftiger Entwicklungen aufzuzeigen.

Solche Szenarien können als Entscheidungshilfen für Schutzmaßnahmen der Ostsee und ihrer Küstenregionen Verwendung finden.

Danksagung

Die zu den in den Abbildungen 2 bis 7 publizierten Karten führenden Arbeiten der Datenerfassung und Kompilation wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes durch das BMBF gefördert.

Die Autoren danken Herrn Dipl.-Ing. A. Bliesener für die informationstechnische und grafische Bearbeitung der in den Abbildungen 5 bis 7 dargestellten Karten und Profile.

Literatur

- [1] Anonymous: Atlas der Bodenbeschaffenheit des Meeres, Südliche Ostsee, 1 : 150 000 - 1 : 300 000. Oberkommando der Kriegsmarine, Deutsche Seewarte, o. J. (unveröff.).
- [2] O. Pratje: Die Bodenbedeckung der südlichen und mittleren Ostsee und ihre Bedeutung für die Ausdeutung fossiler Sedimente: D. Hydrogr. Z. 1, 2/3 (1948), 45-61, mit Karte ca. 1 : 2 500 000.
- [3] O. Kolp: Meeresbodenkarte des Seegebietes Darßer Ort - Hiddensee, 1 : 200 000. Institut für Meereskunde Warnemünde (1954) (unveröff.).
- [4] O. Kolp: Meeresgrundkarte der Westlichen Ostsee. Teil I: Mecklenburger Bucht und Darßer Schwelle, 1 : 200 000. Institut für Meereskunde Warnemünde (1962) (unveröff.).
- [5] D. Lange: Mecklenburger Bucht. Sedimente, 1 : 100 000. Seehydrographischer Dienst der DDR (1988) (unveröff.).
- [6] G. Neumann: Lagerungsverhältnisse spät- und postglazialer Sedimente im Arkona-Becken. Dissertation, AdW der DDR, Berlin (1981) (unveröff.).
- [7] D. Lange: Geologische Untersuchungen an spätglazialen und holozänen Sedimenten der Lübecker und Mecklenburger Bucht. Dissertation (B), AdW der DDR, Berlin (1985) (unveröff.).
- [8] A. O. Ludwig: Die Erforschung der quartären Entwicklung der Südlichen Ostsee. AdW der DDR, Berlin (1978) (unveröff.).
- [9] M. Emelyanov: Baltic Sea: geology, geochemistry, paleoceanography, pollution. P. P. Shirshov Institute of Oceanology, Kaliningrad (1995), 119 S.
- [10] B. Winterhalter u. a.: The Geology of the Baltic Sea. In: A. Voipio (Hrsg.): The Baltic Sea. Elsevier, Amsterdam (1981), S. 1-121.
- [11] J. E. Mojski u. a. (Hrsg.): Geological Map of the Baltic Sea Bottom, 1 : 200 000. Panstwowy Instytut Geologiczny, Warszawa (1988-1992).
- [12] T. Szczepanska & Sz. Uscinowicz: Geochemical Atlas of the Southern Baltic, 1 : 500 000. Panstwowy Instytut Geologiczny, Warszawa (1994).
- [13] A. Grigelis, M. Repecka & M. Spiridonov (Hrsg.): Geological map of the Quaternary deposits of the Baltic Sea bottom and adjacent land areas, 1 : 500 000. Lithuanian Geological Institute u. a. (1990-1993).
- [14] A. Grigelis (Hrsg.): Geological map of the Baltic Sea bottom and adjacent land areas, 1 : 500 000. Lithuanian Geological Institute u. a. (1990-1993).
- [15] A. Grigelis, V. Litvin, & Z. Gelumbauskaite (Hrsg.): Geomorphological map of the Baltic Sea bottom and adjacent land areas, 1 : 500 000. Lithuanian Geological Institute et al. (1990-1993).
- [16] P. E. Nielsen (Hrsg.): Bottom sediments around Denmark and Western Sweden, 1 : 500 000. National Forest and Nature Agency, Geological Survey of Denmark, Geological Survey of Sweden (1992).
- [17] H. Franck, W. Matthäus & R. Sammler: Major inflows of saline water into the Baltic Sea during the present century: Gerl. Beitr. Geophys. 96, 6 (1987) 517-531.
- [18] T. Seifert & B. Kayser: A high resolution spherical grid topography of the Baltic Sea. Meereswissenschaftliche Berichte / Marine Science Reports, Institut für Ostseeforschung, Warnemünde (1995) (im Druck).
- [19] W. Lenke, A. Kuijpers, G. Hoffmann, D. Milkert & R. Atzler: The Darss Sill, hydrographical threshold in the southwestern Baltic: late Quaternary geology and recent sediment dynamics: Cont. Shelf Res. 14, 7/8 (1994) 847-870.
- [20] F. Tauber: Characterization of grain-size distributions for sediment mapping of the Baltic Sea bottom. Abstract Fourth Marine Geological Conference, Uppsala (1995) (im Druck).
- [21] D. Lange: Geochemisch-lithologische Karten Mecklenburger Bucht, 1 : 250 000. Institut für Meereskunde, Warnemünde (1988) (unveröff.).
- [22] G. Iron: Schwermetallbelastung in Oberflächensedimenten der westlichen Ostsee; Naturwiss. 71 (1981) 536-538.
- [23] T. Leipe, T. Neumann & K.-C. Emeis: Schwermetallverteilungen in holozänen Meeressediment-Untersuchungen in der Ostsee und ihrer Randgewässer; Geowissenschaften 13 (1995) (im Druck).
- [24] E. Emelyanov, G. Neumann, W. Lemke, R. Kramarska & Sz. Uscinowicz: Bottom Sediments of the Western Baltic (Layer 0-5 cm), 1 : 500 000. P. P. Shirshov Institute of Oceanology, Institut für Baltic Sea Research Warnemünde, Polish Geological Institute (1994).
- [25] B. Winterhalter: Ferromanganese concretions in the Baltic Sea. In: I. M. Varentsov, G. Y. Grasselly (Hrsg.): Geology and geochemistry of manganese. Vol. III. Hungarian Academy of Sciences, Budapest (1980), 227-254.
- [26] E. Emelyanov, G. Neumann, J. Harff, R. Kramarska & Sz. Uscinowicz: Quaternary deposits of the Western Baltic (Upper 1 m removed), 1 : 500 000. P. P. Shirshov Institute of Oceanology, Institut für Baltic Sea Research Warnemünde, Polish Geological Institute (1994).
- [27] B. Winterhalter: Late-Quaternary stratigraphy of Baltic Sea basins - a review. Bull. Geol. Soc. Finland 64, 2 (1992), 189-194.
- [28] A. I. Blazhchishin & B. K. Lukashov: Lithological-stratigraphical complexes of Late Quaternary sediments. In: A. P. Lisitsin & E. M. Emelyanov (Hrsg.): Sedimentation in the Baltic Sea (russisch). Nauka, Moskau (1981).

Anschriften:

Prof. Dr. Jan Harff, Dr. Wolfram Lemke, Dr. Franz Tauber, Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Seestraße 15, D-18119 Rostock.
Prof. Dr. Emelyan Michailowitsch Emelyanov, P. P. Shirshov, Institute of Oceanology, Atlantic Branch 1, Prospekt Mira, 2360000 Kaliningrad, Rußland.

Sonderdruck aus:

VOLUME 47
NO. 3

ISSN 0012-0308

Deutsche Hydrographische Zeitschrift

German Journal of Hydrography



Map of Sediment Distribution in the Western Baltic Sea (1:100,000), Sheet "Darß"*

Franz Tauber and Wolfram Lemke

UDC 551.351.2: Baltic Sea

Summary

The sheet "Darß" of the Western Baltic sediment distribution map displays several features of the late- and postglacial sediments in the area between 54° 00' and 54° 30' northern latitude and 12° 00' and 13° 00' eastern longitude on a scale of 1:100,000. The main map shows the surface deposits in this area. Special attention is given to a detailed presentation of the granulometric characteristics of the sandy sediments which are prevailing here. For this purpose a new way of visualization of grain size data was developed. Six insets provide information on water depth, positions of the sampling sites, areal distribution of median and sorting of sands, depth of the till surface thickness of the late- and postglacial sediments on top of the uppermost till and the bathymetry.

Karte der Meeresbodensedimente in der westlichen Ostsee (1:100 000), Blatt Darß (Zusammenfassung)

Das Blatt „Darß“ der Karte der Meeresbodensedimente in der westlichen Ostsee stellt im Maßstab 1:100 000 verschiedene Charakteristika der spät- und postglazialen Sedimente im Seegebiet zwischen 54° 00' und 54° 30' nördlicher Breite sowie 12° 00' und 13° 00' östlicher Länge dar. Die Hauptkarte zeigt die oberflächlich anstehenden Ablagerungen im betreffenden Seegebiet. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf eine detaillierte Darstellung von Korngrößeneigenschaften der hier vorwiegend anstehenden sandigen Sedimente gelegt. Zu diesem Zweck wurde eine neue Form der flächenhaften Abbildung granulometrischer Daten entwickelt. Auf insgesamt sechs Nebenkarten werden Informationen zur Wassertiefe, zur Lage der einzelnen Probennahmepunkte, zur Verteilung von Median bzw. Sortierung der oberflächlich anstehenden Sande, zur Tiefenlage des obersten Geschiebemergels, zur Mächtigkeit der über dem Geschiebemergel lagernden Sedimente sowie zur Bathymetrie gegeben.

General

Since its establishment in 1992, Institut für Ostseeforschung Warnemünde (Baltic Sea Research Institute Warnemünde), on behalf of Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (Federal Maritime and Hydrographic Agency), has carried out a Baltic Sea monitoring programme to assess its environmental situation. Within the framework of that programme, the uppermost sediment layers of the German continental shelf of the Baltic Sea are recorded and mapped.

The sequence in which the sheets will be completed depends on the availability of data on the individual sea areas mapped. The first sheet to be discussed in this paper covers the "Darß" area for which a comprehensive data set from the 80s was available, which was supplemented by sampling.

The sheet "Falster-Møn" covering the adjoining area to the north will be completed and published next. The remaining sheets will be issued after completion, in no particular order.

The sediment distribution map shows the distribution within the uppermost sediment layer, mainly on the basis of sediment petrographic features. Unlike genetically structured maps, the sediment distribution map provides hardly any data on sediment age and formation, with few exceptions. Sandy sediments of identical grain size, for example, may differ considerably with respect to age or facies. On the other hand, the processes involved in the formation of surface till are well known, for example, and its minimum age can also be estimated quite reliably. The same applies to mud sediments in deeper basins of the western Baltic Sea.

* Karte befindet sich in der Rückentasche; Karte und Text sind unter der Best.-Nr. 2901 erhältlich.

* Map attached to back cover; Map and comment are available under order No. 2901.

*s. in
Tasche
hinten*

The scale chosen is a compromise between a maximum of details on the existing distribution pattern, and ease of handling for the map user. With respect to the German part of the Baltic Sea, both objectives are met best with a 1 : 100,000 scale. All sheets were initially cut to cover one degree longitude and half a degree latitude. Sheets having a large proportion of land, like the Fehmarn Belt or the Pommeranian Bay, will be shown as insets in adjoining sheets.

Where data were available, also sea areas of the Danish, Swedish, and Polish Economic Zones have been included. Where that was not the case, only the German part of the Baltic Sea is represented.

Morphology and composition of the surface sediment are subject to changes in areas of high wave and current intensity. In the western part of the Baltic Sea, this applies particularly to areas with sandy sedimentation. Here, of course, the map only reflects the sediment status at the time of sampling. However, general sediment distribution patterns are largely unaffected by such changes.

Materials and Methods

Sample material

The sample material for the Darß sheet was obtained either by van Veen grabs or by divers. Apart from taking surface samples, the divers also explored the composition of the uppermost sediment layer by means of a 6 m flushing tube and reported on special structural and morphological features as well as benthic communities.

The number of samples analyzed for grain size distribution slightly exceeded 1000. Additional data were obtained from over 150 vibrocores and a large number of hydroacoustic measurements. The records were obtained by means of echosounders, side scan sonar, chirp sonar, boomer, and air gun.

The complete data material was obtained in the period from 1980 to 1994 by the Institut für Meereskunde (IfM, Warnemünde) and, from 1992, also by Institut für Ostseeforschung. Data for some areas were also available from reports of the Zentrales Geologisches Institut of the GDR, field office Reinkenhausen.

Until 1990, navigation relied on the Decca system, afterwards on GPS, and from 1993 on DGPS.

Most of the data were obtained on board the research vessels "A. v. Humboldt" and "Professor Albrecht Penck". It should be noted in this connection that the information density at depths <5 m is lower than at larger depths. This is attributable to the draught of the research vessels. Therefore, for near-shore areas, data sets were used which had been compiled by IfM Warnemünde as far back as the sixties and seventies. In the area of Gedser Rev, the data material was supplemented by data provided by Kuijpers [1991].

Analytics

An analysis of the grain size distribution was performed by dry sieving of the sandy sediments. The mesh size of the sieves was chosen in accordance with TGL 23984, and thus very close to DIN 4022. In addition to the 2 mm, 0.63 mm, 0.2 mm, and 0.063 sieves, also sieves of mesh sizes 1 mm, 0.4 mm, and 0.1 mm were used. One of the reasons for this was to ensure comparability with grain size analyses carried out by IfM Warnemünde in the past. With particularly fine-grained sands, also wet sieving was applied. Material such as till, mud, varved clay, peat, calcareous gyttja, silt, or lag sediment was not analyzed granulometrically but, where necessary, mapped as special lithotypes.

Mapping of Clastic Sediments

The distribution pattern of clastic sediments, especially their grain size, is largely determined by erosion, transport, and sedimentation regimes. For representing clastic sediments in this map, two characteristic parameters were computed from each grain size analysis: mean grain size (median) and sorting (width of the distribution). Additional parameters like skewness and kurtosis have not been included because the

relatively large spacing between mesh sizes, as compared to the width of the grain-size distribution in many samples, would not produce useful results.

Grain sizes in most clastic sediments show an approximately lognormal distribution. Therefore, the common international logarithmic grain size scale (phi scale) according to Krumbein [1934], cited in Pettijohn et al. [1987], and classification of clastic sediments according to Friedman and Sanders [1978], quoted in McManus [1988], based on the scale of Wentworth [1922], quoted in McManus [1988], were used in the computations and legend.

Usually, two different methods are applied to determine mean, median, grain size and sorting (Folk [1966], Pettijohn [1987], McManus [1988]):

- 1) By means of quantiles of the cumulative frequency curve (e.g. Folk parameter or Trask parameter):
median = P_{50} , sorting = $(P_{84} - P_{16})/2$ or $(P_{75}/P_{25})^{0.5}$,
- 2) Use of statistical moments of the frequency distribution or histogram of the mesh sizes: mean = mean value (first moment), sorting = standard deviation (second moment).

The second method tries to overcome the drawback of the first, which disregards the curve as such. However, the second method presents computing difficulties because its application would require knowledge of particle size distribution also within the individual sieve sizes. Major errors may occur particularly with open-end size distributions (sediment material in the biggest and/or smallest sieve interval).

For the present map, a computation method for median and sorting was developed which does not have the disadvantages of the methods referred to above. The cumulative frequency curve of the sieve analysis data is used as a basis. Since an analytical formula for the cumulative frequency curve of the Gaussian normal distribution does not exist, the cumulative frequency is described by a very similar, numerically easier Fermi function

$$F(\phi) = 1/(1 + \exp(-1.7(\phi - m)/s)),$$

ϕ being the grain-size on the phi scale, m the median, and s the sorting. The factor 1.7 is used to bring the sorting, in the case of ideally lognormal grain size distributions, in line with the sorting values of the two above-mentioned methods. This Fermi function is fitted numerically, by means of non-linear regression, to the experimental cumulative frequency curve and is used to compute median and sorting (median in this case being the median of the Fermi function, not that of the cumulative frequency curve). This method can also be applied in case of open-end distribution (Fig. 1). Since the parameters computed are largely independent of the sieve system used, data obtained with different sieve sets may be represented simultaneously in one map.

For the purposes of the present map, sorting is classified according to a simplified method based on sorting scales of Folk and Ward [1957] and Friedman [1962] (in Folk [1966] and McManus [1988]), the intention being a compromise between the traditional scales, a regular geometric scaling, and a graphically clear map. While in the 1 : 100000 map the factor 2 is used for scaling, $\sqrt{2}$ is employed for finer scaling in the special median-sorting map.

Morphology

The sea floor relief in the area of the Darß sheet is highly variable. The dominant element of submarine topography is the high position of the till extending from Fischland on the German side to Gedser Rev, and from there to the sea area east of Falster. Water depth in this area ranges from 14 to 18 meters below sea level (b. s. l.). Running south-west to north-east, the "Kadet Channel" is a deep incision in the till, with maximum water depths of 32 m b. s. l. The Kadet Channel is no morphologically simple trench structure but is composed of a great number of narrow channels cutting deeply into the till. A detailed representation of this complex morphology would require a substantially larger amount of data and a larger scale than that employed in the current map. Another, parallel channel structure runs south-east of the Kadet Channel. Here, maximum water depths of 22 m b. s. l. have been surveyed. In the coastal shallow water areas, intensive sediment transport may cause large-scale changes in the sea floor relief. As a result of such processes,

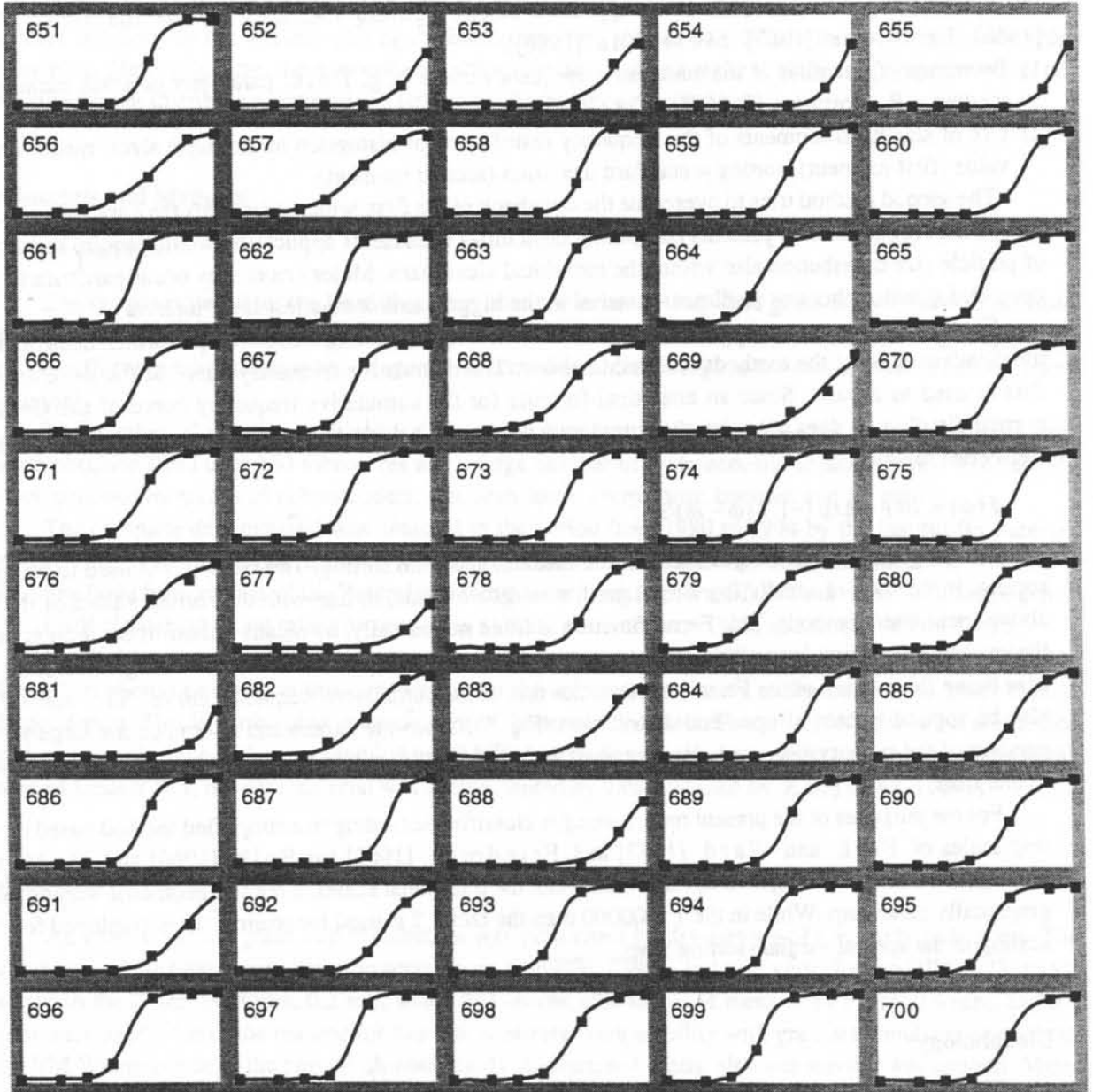


Fig. 1 Cumulative sieve data of sediment samples 651 to 700 and pertinent cumulative frequency curves. Horizontal logarithmic scale in each graph from -1 phi (2 mm) to 4 phi (0.063 mm), vertical scale from 0.0 to 1.0 (100%)

intensive coastal erosion is taking place between the eastern bank of the Warnow river and Darßer Ort. By contrast, at Darßer Ort itself, sediment accumulation is taking place in eastern and north-eastern direction, which has led to large-scale changes in the coast line in the course of the past several centuries, with likely effects on the submarine relief (cf. K o l p [1982]).

Sediments

The **till outcrop** in the area of the Darß sheet so far has been attributed to two (K o l p [1965]) or three (L a n g e [1984]) different marginal subzones of the Late Weichselian glaciation. In the course of mapping, however, it was found that the submarine till high represents only a single ice marginal zone. The wide outcrop is a continuation of the ice marginal zone "G" according to R i c h t e r [1937], "Velgaster Staffel". The till in place is generally solid, of gray colour, and contains a large amount of chalk debris. According to R ü h b e r g [1979]; quoted in G r o m o l l [1988]), it is attributed to the W3 moraine (Mecklenburg stage).

The till surfaces often are populated by mussels (predominantly *Mytilus edulis*) and algae. Depending on the salinity of the bottom water, also actinians and starfish have been observed. Referring to G r o b a [1957], who evaluated several drillings on Fischland, the thickness of the uppermost till may reach up to 16 m. In the submarine area, the average thickness of this layer is only 5 m. Seismic surveys also indicate local sea bottom outcrops of the next, deeper till layer, which hardly differs macroscopically from the surface till.

On top of the till and in its surroundings, **lag sediments** containing stones and blocks with a diameter of more than 1 meter are found. They are the result of abrasion processes on the till surface over long periods of time, in which fine material up to sand size is transported off by wave and current action, while coarser residual material is left in place.

In the deepest area of the Kadet Channel, **mud** is found. Fitting of these fine-grained deposits into the common sediment classification systems presents certain difficulties. With respect to grain size, the clastic material is classified as silt. However, its high proportion of organic carbon (up to 8% of dry matter in the deeper basins) gives it a number of specific sediment properties. The subject is discussed in detail by K o l p [1966]. In the Kadetrinne, the mud contains coarse components up to a size of several centimeters. The cause of this unusual association is the immediate proximity of deep channels and high till surfaces covered by residual sediment. Thus, on a stretch of 100 meters, depth differences of up to 20 m may occur. Because of the relatively high relief energy, occasional sliding of coarser material into the deep channels is very likely.

Outcrops of greenish-gray to greenish-yellow **calcareous gyttja** were observed in some places. It is characterized by a high content of plant remains and small gastropods. Since the area covered by this surface sediment was very small, it has not been mapped two-dimensionally but as a symbol. The same applies to local occurrences of **varved clay**, probably of late glacial origin.

Occurrences of so-called **Litorina Klei** (not shown on the map) in former inlets form a sequence of silty, very solid material of brown to black colour. It has a high content of organic remains. A particular characteristic is the abundance of bivalves (*Cardium edule* resp. *Cerastoderma edule*). Character and occurrence of the sediment type are described in detail by B u b l i t z and L a n g e [1979].

Also the discovery of local peat deposits was an important result of the investigations. In the German part of the area investigated, such deposits occur very rarely and are relatively limited in size. They are indicated as brown squares. In the area south of Gedser Rev, which belongs to the Danish economic zone, an extensive peat deposit has been discovered.

The proportionally largest area of the surface sediments is formed by **sands** of different grain sizes, predominantly medium-grained sand of the 0.2–0.63 range, at over 65%. Sands cover nearly a quarter of the surface investigated.

Stratigraphically, these sands mostly are recently or subrecently redeposited material originating mainly from till surfaces which are subject to submarine abrasion.

Areas with proven occurrence of **stones** or blocks are marked by points. For our purposes, we define blocks as stones with a diameter exceeding 1 meter.

Median and Sorting

The sedimentation regime is reflected indirectly in the median and sorting values: outcrops of till are covered with coarser, medium to poorly sorted lag sediments; the area of medium sorting continues north-east, in the main current direction. The poorest sorting is found in the north-eastern part of the Kadet Channel, immediately after it breaks through the Gedser Rev till. Obviously, this is where the strongest erosion and transport processes of the area investigated are taking place. In front of the breakthrough, in south-westerly direction, an area of elongated shape holds the most fine-grained material of the area mapped, correlated largely with mud deposits. Between Warnemünde, Gedser Rev, and Darßer Ort, the clastic sediments show very strong variations within small areas, which is indicative of rapidly alternating erosion, transport, and accumulation processes. East of Darßer Ort to the area north of Zingst, the sea floor is covered almost entirely with well-sorted fine-grained sand, indicating steady sediment transport.

Depth of the Uppermost Till

Where it was possible to identify the surface of the uppermost till in seismic records, its depth has been recorded in a map. It is evident that the till represents a high structure in the marginal zone between Fischland and Falster. Moreover, the channel running south-east, parallel to the Kadet Channel, is found to cut much deeper into the till layer than the Kadet Channel itself. Apart from that, toward the south-west and north-east, the till surface gradually dips to larger depths.

Thickness of Late- and Post-Glacial Sediments above the Till

The thickness of marine sediments in the mapped area rarely exceeds 2–3 m, the difference between depth of the uppermost till and water depth being due to a number of pre-Litorina non-marine sediments. After evaluation of over 100 vibrocores from this relatively small area, it was possible to develop a generalized stratigraphic section of the Darß Sill area (Fig. 2).

A yellowish-green to gray calcareous gyttja with numerous plant remains and a rich molluscan fauna proved to be a particularly suitable marker bed.

Deposits of this sediment type are found on both sides of the till high running from Fischland to Falster. The thickness of calcareous gyttja, determined from sediment cores, ranges from a few centimeters to one meter. Not only the sediment facies but also the mollusk species discovered indicate a shallow, oxygen-rich sedimentation environment of this material.

The age of the calcareous gyttja was first determined by ^{14}C dating of bulk sediment samples. The formation period of sediment at the upper and lower boundaries was found to be 8100 ± 100 and 8435 ± 115 ^{14}C years BP, respectively, which was confirmed by additional dating. In an adjacent core, the age of a peat layer above the calcareous gyttja was determined to be 7860 ± 100 ^{14}C years BP, that of a peat layer below it 9390 ± 130 ^{14}C years BP.

Generally, a series of fine sand layers of several meters thickness is found below the calcareous gyttja. They are largely fossil-free, except for some very fine plant remains.

Considering the minimum age of these sands and their facies characteristics, they cannot be of marine origin. Maybe there is a correlation of these sands with the sands of the north-eastern heath of Mecklenburg-Vorpommern (K o l p [1957], S c h u l z [1961]), which are considered to be of either fluvial or aeolian origin. In that case, they could be dated as originating in the Allerød interval. This dating is also supported by the fact that above greenish-gray silts and fine to medium sands, peat was discovered and dated at 11050 ± 310 ^{14}C years BP.

Generalized stratigraphic section of the Darß Sill area

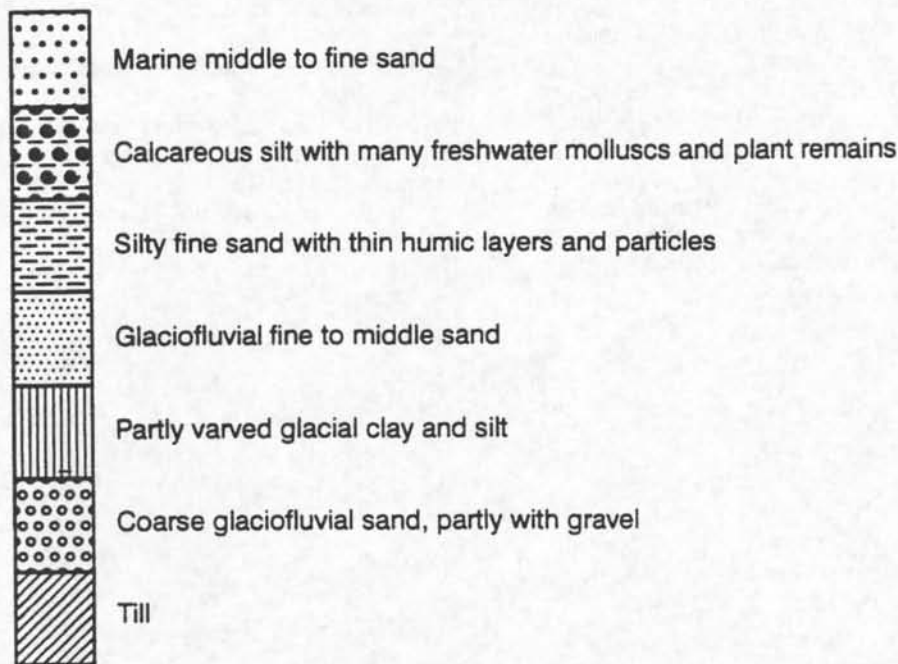


Fig. 2 Generalized stratigraphic section of late- and post-glacial sediments in the Darß Sill area

Acknowledgements

The sediment mapping activities are part of the German Baltic Monitoring Programme (BMP) funded by the Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (Federal Maritime and Hydrographic Agency). We would like to thank Masters and crews of the research vessels "Alexander von Humboldt", "Professor A. Penck", "Marie Miljö" and "Littorina" for their help during the work at sea. A small part of the data was compiled within the project No. 03F0079A funded by the Bundesministerium für Forschung und Technologie (Federal Ministry of Research and Technology).

We thankfully appreciate the substantial contribution to the manuscript by K. Figge (Hamburg). We are indebted to M. Geyh and H.-J. Streif (Hannover) as well as to the Geological Survey of Denmark for making available ^{14}C datings.

Literature

- Bublitz, G. and D. Lange, 1979: Untersuchungen zum Litorina Klei der westlichen Ostsee. Beiträge zur Meereskunde 42, 33–40.
- Folk, R.L., 1966: A review of grain-size parameters. Sedimentology 6, 73–93.
- Folk, R.L. and W.C. Ward, 1957: Brazos River bar, a study in the significance of grain-size parameters. J. Sedim. Petrol. 27, 3–27.
- Friedman, G.M., 1962: On sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain-size distribution of sandstones. J. Geol. 70, 737–756.
- Friedman, G.M. and J.E. Sanders, 1978: Principles of sedimentology. New York: Wiley, 792 pp.
- Groba, E., 1957: Neue geologische Ergebnisse vom Fischland-Darß und Zingst (Bohrungen 1954/55). Geologie 6, 664–673.
- Gromoll, L., 1988: Beiträge zum geologischen Bau und zur Genese von Kiessandlagerstätten in der südwestlichen Ostsee. Unveröff. Dissertation (A), E.-M.-Arndt-Universität Greifswald, 119 pp.
- Kolp, O., 1957: Die Nordöstliche Heide Mecklenburgs. Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft in der DDR 1, 282 pp.
- Kolp, O., 1965: Paläogeographische Ergebnisse der Kartierung des Meeresgrundes der westlichen Ostsee zwischen Fehmarn und Arkon. Beiträge zur Meereskunde 12–14, 19–59.

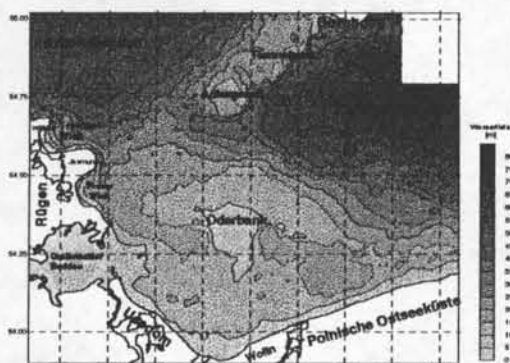
- Kolp, O., 1966: Die Sedimente der westlichen und südlichen Ostsee und ihre Darstellung. Beiträge zur Meereskunde 17/18, 9-60.
- Kolp, O., 1982: Entwicklung und Chronologie des Vor- und Neudarbes. Petermanns Geographische Mitteilungen 126, 85-94.
- Krumbein, W.C., 1934: Size frequency distribution of sediments. J. Sed. Petrology 4, 65-77.
- Kuijpers, A., 1991: Råstofgeologiske undersøelser i Østersøen mellem Falster og Darß, Østtyskland-Gedser, Område 560. DGU Kunderapport nr. 21, 19 pp.
- Lange, D., 1984: Geologische Untersuchungen an spätglazialen und holozänen Sedimenten der Lübecker und Mecklenburger Bucht. Diss. (B), Institut für Meereskunde Warnemünde, 166 pp.
- McManus, J., 1988: Grain-size determination and interpretation. In: Techniques in sedimentology (ed. by M. Tucker), Oxford: Blackwell Scientific Publications, 63-85.
- Pettijohn, F.J., P.E. Potter and R. Siever, 1987: Sand and sandstone. New York: Springer, 533 pp.
- Richter, K., 1937: Die Eiszeit in Norddeutschland. Deutscher Boden 4, 176 pp.
- Schulz, H., 1961: Entstehung und Werdegang der Nordöstlichen Heide Mecklenburgs. Unveröff. Diss., Universität Rostock, 136 pp.
- Wentworth, C.K., 1922: A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology 30, 377-392.

Submitted: September 12, 1995

Accepted: November 10, 1995

Address of the authors:

Dr. F. Tauber
 Dr. W. Lemke
 Institut für Ostseeforschung Warnemünde
 an der Universität Rostock
 Seestraße 15
 D-18119 Rostock-Warnemünde



Bathymetrische Karte der Pommerschen Bucht mit morphologischen Einheiten

Einleitung

Ein regionaler Schwerpunkt der Ostseeforschung am IOW liegt gegenwärtig in der Pommerschen Bucht. Dabei werden speziell die Wechselbeziehungen zwischen der Küste mit dem Mündungsbereich der Oder und der offenen See aber auch die Auswirkung von anthropogenen Aktivitäten im Einzugsbereich der Oder auf das Ökosystem der Pommerschen Bucht untersucht. Insbesondere für die Modellierung von Transportprozessen aber auch für die komplexe Interpretation von Meß- und Beobachtungsdaten werden Karten der Sedimentverteilung in der Pommerschen Bucht benötigt. Im Rahmen eines BMBF-Forschungsprojektes wurden in den letzten Jahren u.a. granulometrische Daten aus ca. 40 Jahren sedimentologischer Ostseeforschung erfaßt und in eine Datenbank überführt (s. Poster Harff et al.: Management geomariner Daten am IOW). Diese Daten bildeten die Grundlage für die Erarbeitung einer digitalen granulometrischen Karte (Bobertz, 1996), die hier vorgestellt wird.

Es standen insgesamt 4154 Analysen zur Verfügung, davon 3496 Siebanalysen (davon 43 mit einem Anteil der Fraktion <math>< 63\mu\text{m}</math> von >50%), 517 Schlämmanalysen, 141 Analysen, in deren Probenvermerken Steine notiert waren.



Lage der Probenahmestationen

Methodik

Beschreibung der empirische Korngrößenverteilung

Im Laufe der Zeit fanden verschiedenen Korngrößenstandards bei der Gewinnung der Primärdaten Anwendung. Um die Daten trotzdem vergleichen zu können, wurden die empirischen Korngrößenverteilungen durch die Parameter Median und Sortierung beschrieben. Die Ermittlung dieser beiden Parameter erfolgt mittels einer Methode nach Tauber (siehe Poster F. Tauber: Characterization of grain size distributions ...). Dabei wird eine Korngrößenverteilung als annähernd normalverteilt angenommen und ihre Summenkurve durch eine spezielle Fermi-Funktion mit zwei Parametern (Median und Sortierung) beschrieben. Die Anpassung der Parameter der Fermi-Funktion an die verwendeten Daten erfolgte rechnerisch mit Hilfe eines genetischen Algorithmus.

Interpolation

Eine flächendeckende Verteilung der Korngrößenparameter erreicht man durch die Interpolation der Werte an den Probenahmestationen auf orthogonale Gitter. Zur Interpolation wurde das Programm SURFER und das darin enthaltene Kriging-Verfahren verwendet. Die Gitter müssen für die anschließende Klassifikation die gleichen Gitterparametern aufweisen.

Klassifikation

Die Konstruktion der Sedimentverteilungskarte erfordert die Klassifikation der interpolierten Daten an den Gitterknoten. Es sind dies jeweils Wertepaare der Parameter Median und Sortierung. Eine Klassifikation erfolgt in zweierlei Hinsicht:

1. Farbraum-Projektion

Der Median-Sortierung-Raum wird ähnlich konventionellen granulometrischen Einteilungen (z.B. "gut sortierter Feinsand" usw.) diskretisiert und jedem so entstandenen Bereich eine Farbe zugeordnet. Der Median bestimmt den Farbton und die Sortierung regelt seine Sättigung (siehe oben zitiertes Poster F. Tauber). Jedes Median-Sortierungs-Paar kann in diesen Raum eingeordnet und so Farbton und Sättigung für die Kartenausgabe bestimmt werden.

2. Restsediment-Erkennung

Walger (1962) beschreibt eine Funktion, die zur Ausgrenzung von Restsedimenten in einem Median-Sortierungs-Raum dienen kann. Die in der Arbeit von Walger abgebildete Kurve diente als Grundlage zur Klassifizierung des Datenmaterials. Korngrößenanalysen, deren Median-Sortierungs-Wertepaar unterhalb der Kurve der Walger'schen Sortierungsfunktion liegen und deren Median größer 0,3mm ist, wurden als Restsediment eingestuft.

Auswertung - Interpretation

Die Karte der Verteilung der Oberflächensedimente in der Pommerschen Bucht zeigt folgendes generelles Bild. Auf dem Schwellenbereich zwischen Arkona- und Bornholmbecken sowie südöstlich Rügens und dem östlichen Abschnitt der Pommerschen Ostseeküste lagern grobklastische Restsedimente. Die durch Restsediment-Bedeckung ausgewiesenen Gebiete liegen fast ausschließlich dort, wo auch Geschiebemergel ansteht (z.B. Rönnebank, Randschwelle des Greifswalder Boddens). Der zentrale Teil der Bucht mit der Oderbank wird von gut bis sehr gut sortiertem feinsandigen Sediment bedeckt. Der Übergang zu den Beckensedimenten erfolgt über sehr feinen Sand und Grobschluff an den Beckenrändern bis hin zu den mittel- bis feinschluffigen Sedimenten der Becken.

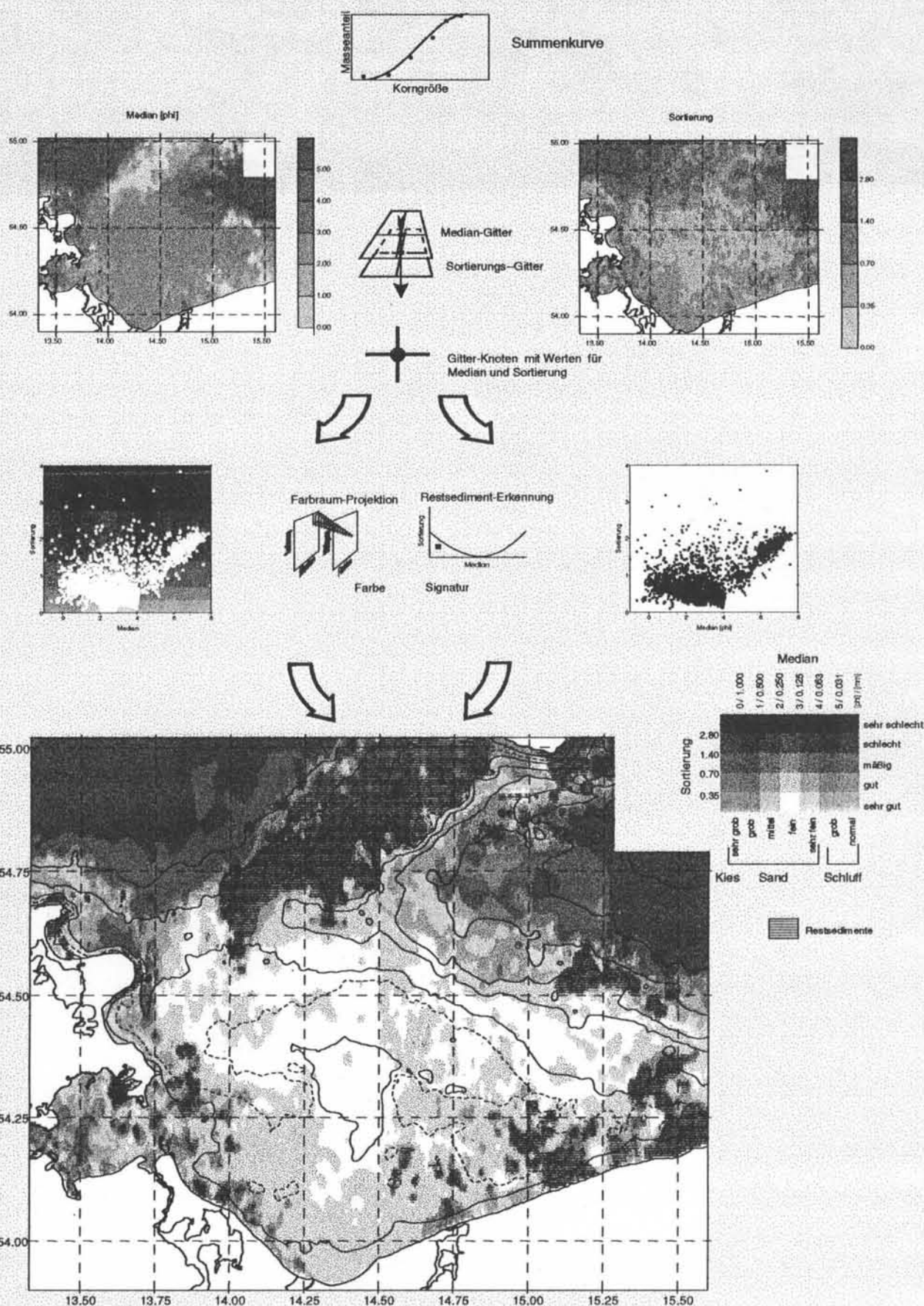
Die Sedimentabfolge spiegelt allgemein den Prozeß der Erosion der submarinen Geschiebemergelhochflächen und des Küstenbereiches sowie die Akkumulation in den Becken wider.

Es treten vor den Mündungen der Swina und Dzwia sehr feinkörnige Sedimentfächer auf.

Literatur

Bobertz, B. (1996): Untersuchung der regionalen Verteilung granulometrischer Eigenschaften der Oberflächensedimente der Pommerschen Bucht mit geostatistischen Verfahren und ihre genetische Interpretation. Unveröffentlichte Diplom-Arbeit, EMA-Universität Greifswald, Fachrichtung Geowissenschaften, Geologisch-Paläontologisches Institut, 53 S.

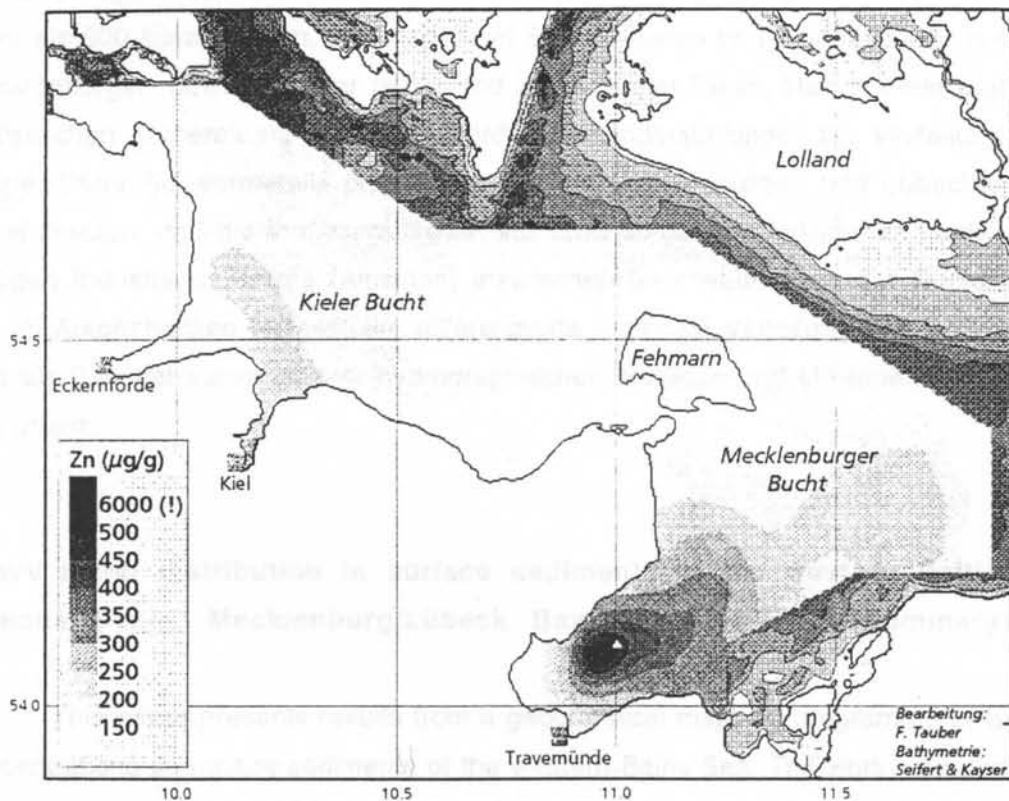
Walger, E. (1962): Die Korngrößenverteilung von Einzelzellen sandiger Sedimente und ihre genetische Bedeutung. Geologische Rundschau, 51, S. 494-507



Granulometrische Karte der Oberflächensedimente der Pommerschen Bucht

Thomas Leipe, Franz Tauber, Lutz Brüggemann, Georg Irion und
Ursula Hennings

Schwermetallverteilung in Oberflächen- sedimenten der westlichen Ostsee (Arkonabecken, Mecklenburger/ Lübecker Bucht und Kieler Bucht)



Schwermetallverteilung in Oberflächensedimenten der westlichen Ostsee (Arkonabecken, Mecklenburger/Lübecker Bucht und Kieler Bucht)

Thomas Leipe, Franz Tauber, Lutz Brüggemann, Georg Irion und Ursula Hennings

Zusammenfassung

In dem vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse geochemischer Kartierungsarbeiten an Oberflächensedimenten der westlichen Ostsee vorgestellt, die in den Jahren 1983 bis 1989 durchgeführt wurden. Der für die Auswertung zur Verfügung stehende Datenbestand umfaßt Analysen von Schwermetallen und weiteren sedimentologischen Parametern von mehr als 900 Einzelproben, von insgesamt 504 Stationen im Arkonabecken, in der Mecklenburger- bzw. Lübecker Bucht und in der Kieler Bucht. Neben einer mathematisch-statistischen Aufbereitung der Daten werden Kartendarstellungen zur Verteilung ausgewählter Schwermetalle präsentiert. Für die Mecklenburger- und Lübecker Bucht wird dabei deutlich, daß die in diesem Gebiet vor etwa 30 Jahren verklappten hoch schwermetallhaltigen Industrieschlämme (Altlasten) inzwischen über weite Teile der Bucht verteilt sind. Die im Arkonabecken festgestellte differenzierte regionale Verteilung von Schwermetallen wird als Resultat verschiedener hydrographischer Prozesse und Milieubedingungen diskutiert.

Heavy metal distribution in surface sediments of the western Baltic Sea (Arkona Basin, Mecklenburg/Lübeck Bay and Kiel Bay) (Summary)

This paper presents results from a geochemical mapping programme of heavy metal concentrations in surface sediments of the western Baltic Sea. The work was performed in our institutes in the period from 1983 to 1989. The data base of this programme includes heavy metal analyses and sedimentological parameters of more than 900 samples from 504 stations in the western Baltic Sea. Besides a statistical analysis of the data, a set of selected heavy metal distribution maps are presented. In the Mecklenburg and Lübeck Bay we found a distinct signature of highly contaminated material from a former dumping site of heavy metal-rich industrial waste (30 years ago). In the Arkona Basin, the distribution patterns of heavy metals are interpreted as the result of different hydrographical and geochemical conditions in this area.

Einleitung

Etwa zeitgleich wurde in beiden deutschen Staaten in den 80er Jahren mit umfangreichen geochemischen Kartierungsarbeiten von Sedimenten der westlichen Ostsee begonnen. Neben verschiedenen Basisparametern wurden dabei insbesondere Schwermetalle untersucht, um daraus Rückschlüsse auf die Ablagerung von kontaminierten Sedimenten zu ziehen und geochemische Anomalien zu lokalisieren. Im Gegensatz zu geochemischen Untersuchungen an einzelnen Sedimentkernen, die vor allem der Geochronologie anthropogener Einflüsse gewidmet waren (z.B. SUESS und ERLLENKEUSER [1975], MÜLLER et.al. [1980], BRÜGMANN und HENNINGS [1982], BRÜGMANN und LANGE [1983, 1990 a], LEIPE u.a. [1995]), liegen für den Bereich der deutschen Ostsee nur wenige Veröffentlichungen zu den Ergebnissen flächendeckender geochemischer Kartierungen vor. IRION [1984] untersuchte an Hand eines Probenrasters über die Kieler Bucht, die angrenzenden Förden und den westlichen Teil der Lübecker Bucht die Schwermetallverteilung in Oberflächensedimenten. Dabei wurde ein hochkontaminiertes Areal im inneren Teil der Lübecker Bucht nachgewiesen, das auf die Verklappung von Abfallprodukten aus der Metallindustrie in früheren Jahrzehnten zurückzuführen ist (DHI [1986, 1987]). BRÜGMANN und LANGE [1990 b] führten ähnliche Untersuchungen im östlichen Teil der Mecklenburger/Lübecker Bucht durch und wiesen für die Schwermetallverteilung ebenfalls deutliche Muster nach. In den Bodden- und Haffgewässern Vorpommerns fanden LEIPE u.a. [1989] und RÖSEL u.a. [1996] schwermetallreiche Sedimente besonders im Einflußbereich der Oder. Für die Nordsee liegen Ergebnisse von vergleichbaren Kartierungsprogrammen vor, die in mehreren Übersichtsartikeln dargestellt wurden (KERSTEN u.a. [1990], IRION und MÜLLER [1990], IRION [1994]).

Größere Datensätze zu geochemischen Parametern von Oberflächensedimenten des Arkonabeckens und der Mecklenburger Bucht, die noch im ehemaligen Institut für Meereskunde Warnemünde erarbeitet wurden, sind bislang nur auszugsweise publiziert worden (BRÜGMANN und LANGE [1990 b], HARFF u.a. [1995], LEIPE u.a. [1995]). In dem vorliegenden Beitrag sollen weitere Beispiele aus diesem "Altdatenbestand" unter Nutzung moderner numerischer Interpolations- und Darstellungsverfahren präsentiert werden. Gleichzeitig wird versucht, Teilergebnisse aus den ehemals getrennten Arbeitsgebieten westdeutscher und ostdeutscher Kollegen zusammenzuführen mit dem Ziel, für den Bereich der Mecklenburger (Lübecker) Bucht erstmals eine vereinheitlichte Darstellung zu erreichen.

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich auf den deutschen Teil des Arkonabeckens, auf die gesamte Lübecker Bucht, weite Teile der äußeren Mecklenburger Bucht und die Kieler Bucht einschließlich ihrer randlichen Förden. Die Lage der Probenahmestationen wurde in eine bathymetrische Karte (Abb. 1) eingetragen.

Die Verbreitung des weichen Schlicksedimentes in der Mecklenburger/Lübecker- und Kieler Bucht entspricht etwa den Arealen unterhalb von 20-25 m Wassertiefe. Im Arkonabecken wird der Schlick erst bei Wassertiefen über 30-35 m angetroffen. Die Abb. 2 zeigt die Verbreitung der mittleren Korngrößenverteilung der Sedimente im Arkonabecken und in der Mecklenburger Bucht. Bedingt durch die bodennahen Strömungs- und Transportprozesse finden wir im Arkonabecken die feinstkörnigen Sedimente in den tiefsten Beckenteilen, während in der Mecklenburger/Lübecker Bucht solche Ablagerungen nur im inneren Bereich der Bucht zu finden sind.

Probenahme und Methodik

Aus dem westlichen Teil der Mecklenburger/Lübecker Bucht und aus der Kieler Bucht wurden 1983 von IRION [1984] 67 Oberflächensedimentproben von ca. 1 cm Mächtigkeit mit Hilfe eines Reineck-Kastengreifens entnommen. Von diesen Proben wurde die Kornfraktion kleiner 20 μm abgetrennt und für die Analysen vorbereitet. Der Aufschluß erfolgte mit Hilfe von Salpetersäure, und die Analysen der Elemente Zn, Pb, Cu und teilweise Cd wurden mit einem Atom-Absorbtionsspektrometer (AAS) durchgeführt.

Mit Hilfe eines kleinen Schwerelotes nach NIEMISTÖ [1974] wurden in den Jahren 1985 im östlichen Teil der Mecklenburger/Lübecker Bucht und 1987 bis 1989 im Arkonabecken an insgesamt 437 Stationen Kurzkerne entnommen und an der Sedimentoberfläche in zwei Segmenten (0-3 cm und 3-6 cm) beprobt. Die Probenahme war in diesem Programm vorwiegend auf die Schlicksedimente der Beckengebiete ausgerichtet. Im Arkonabecken wurden jedoch auch randliche Gebiete mit sandigeren Sedimenten erfaßt. Nach der Entnahme wurden die Kernsegmente eingefroren und anschließend gefriergetrocknet. Das trockene Material wurde durch ein 63 μm Kunststoffsieb gegeben und nur die Fraktion kleiner 63 μm gelangte zur chemischen Analyse. Die komplette Korngrößenanalyse erfolgte durch Siebung und Schlämmung (KÖHN-Pipettverfahren). Die Kohlenstoff- und Karbonatgehalt wurden an den trockenen Proben anfangs volumetrisch (CO_2), später mit einem CHN-Analysator gemessen.

Für die Metallanalysen wurden alle Proben mit verdünnter Salzsäure (25 ml 0,5 N HCl auf 0,5 g Sediment-Trockenmasse) behandelt (BRÜGMANN and NIEMISTÖ [1987]), um die leicht extrahierbaren Metallfraktionen zu bestimmen. Totalaufschlüsse von jeweils etwa

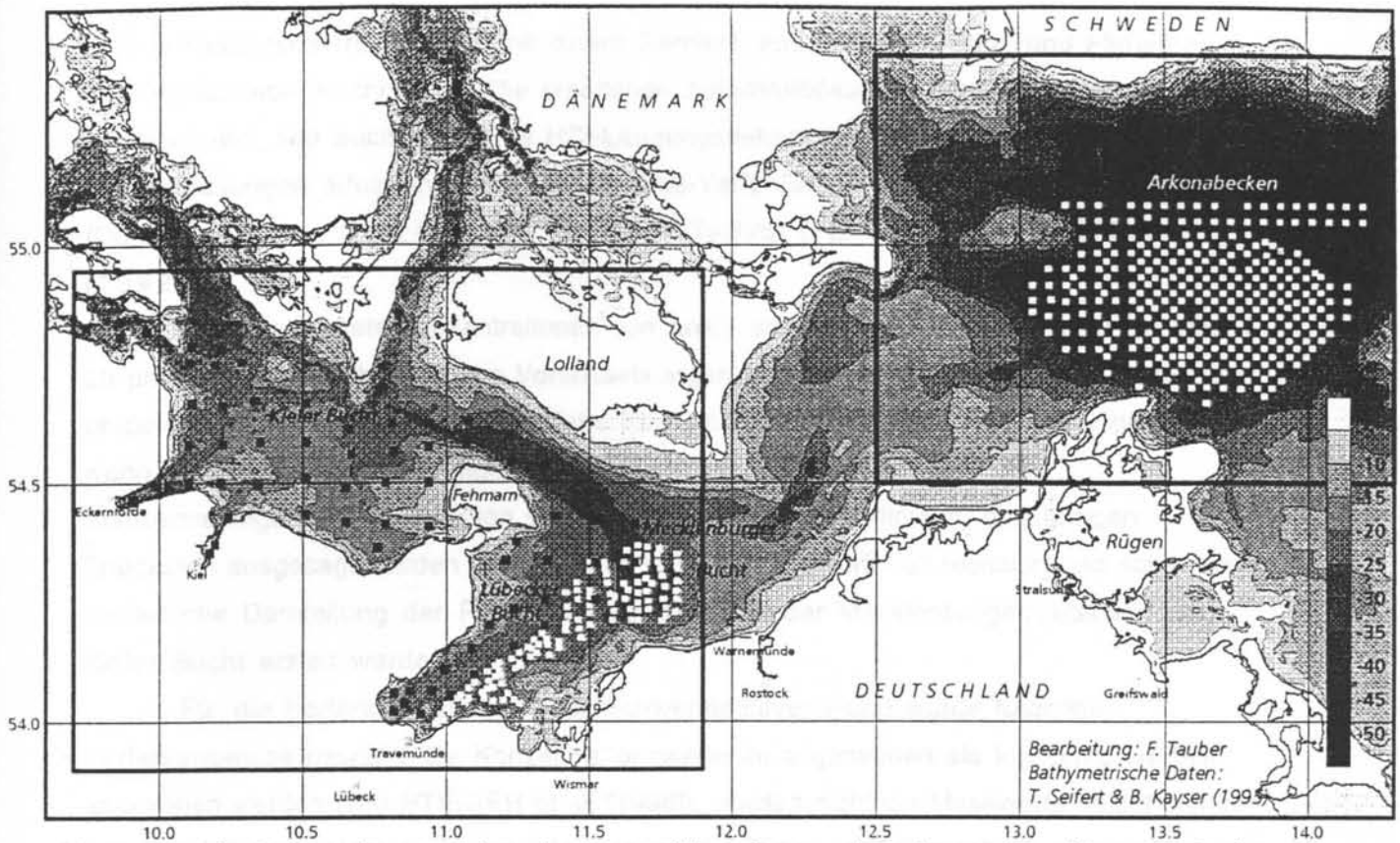


Abb. 1: Karte des Untersuchungsgebietes in der westlichen Ostsee mit Bathymetrie und Lage der Probennahmestationen.

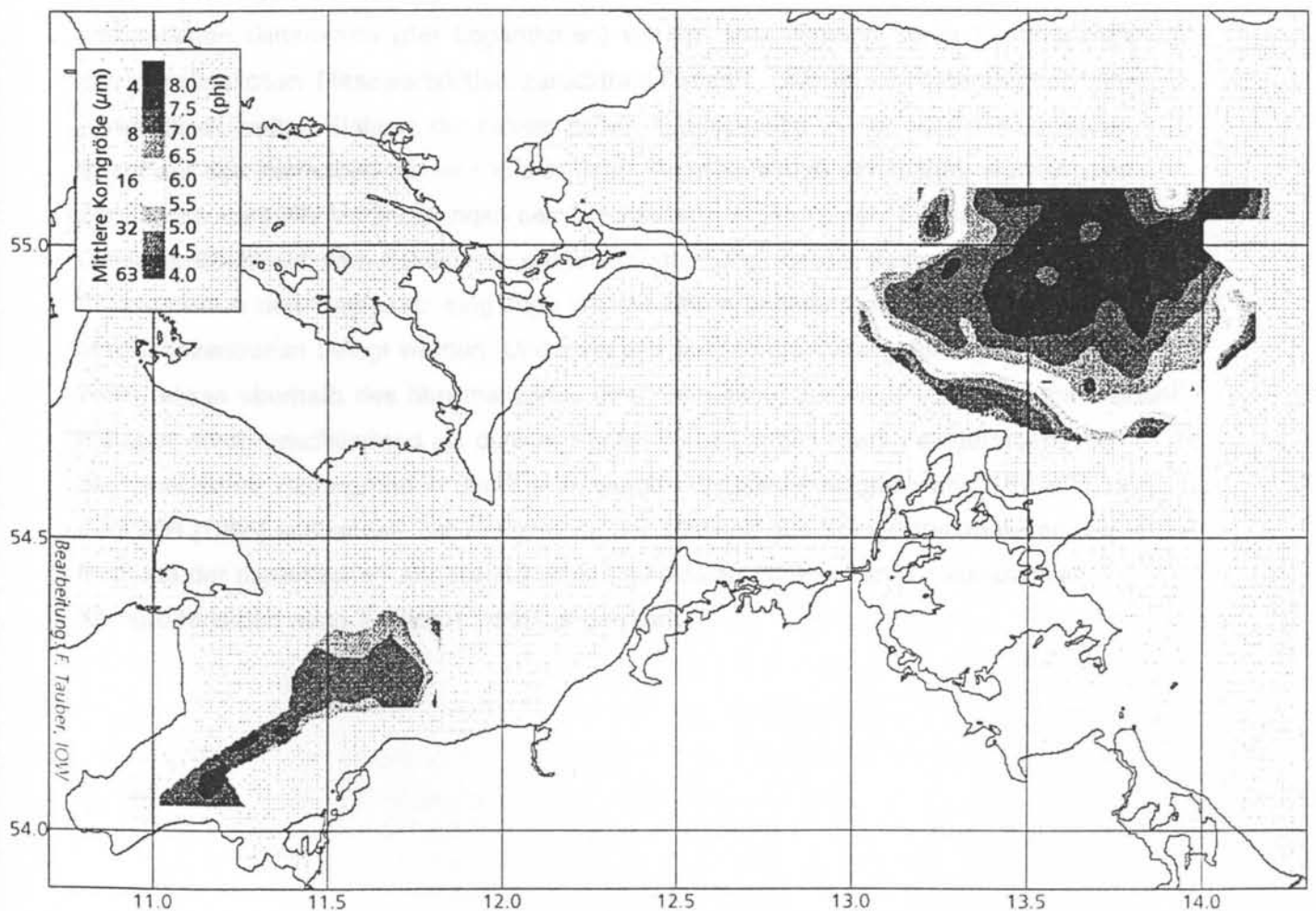


Abb. 2: Verteilung der mittleren Korngröße der Sedimente im Arkonabecken und in der Mecklenburger Bucht.

0,15 g Trockenmaterial wurden mit einem Gemisch aus Salpeter-, Salz- und Flußsäure in der Druckbombe durchgeführt. Die erhaltenen Aufschlußlösungen wurden auf 50 ml verdünnt und, wie auch die 0,5 N HCl-Laugungsdekantate, membranfiltriert (0,45 µm). Die Metallmessungen erfolgten durch übliche AAS-Verfahren mit Flamme, Graphitrohrküvette (Cd, Pb) bzw. für Hg mit Hilfe der "Kaldampf"-Technik (PERTTILÄ and BRÜGMANN [1992]).

Die Schwermetallkonzentrationen von Analysenserien an Fraktionen < 63 µm bzw. < 20 µm können unter bestimmten Voraussetzungen miteinander verglichen oder ineinander umgerechnet werden: a) Wenn komplette Korngrößenanalysen der Proben vorliegen und b) wenn durch Vergleichsmessungen an fraktionierten Proben etwas über die Schwermetallgehalte der Fraktion von 20 bis 63 µm im Verhältnis zu den übrigen Fraktionen ausgesagt werden kann. Beides konnte in unserem Fall realisiert und somit eine einheitliche Darstellung der Pb- und Zn-Verteilung in der Mecklenburger/Lübecker und Kieler Bucht erzielt werden.

Für die Kartendarstellungen der Schwermetallverteilung wurde folgende Verfahrensweise gewählt: Da Konzentrationswerte im allgemeinen als lognormal verteilt angesehen werden (von STEIGER et al. [1996]), wurden nicht die Messwerte selbst, sondern ihre Logarithmen interpoliert. Zur Interpolation der Daten und Darstellung in Karten wurde die Kriging-Methode aus dem Programm Surfer (Golden Software [1995]) verwendet. Die dafür notwendigen Semivariogramme wurden mit eigenen Programmen berechnet. Die interpolierten Gitterwerte (der Logarithmen) wurden anschließend durch Exponenzieren in die ursprünglichen Messwertskalen zurücktransformiert. Um bei der Interpolation einen unrealistisch weiten Einfluss der extrem hohen Metallgehalte im hot spot der Lübecker Bucht auf das Kartenbild bis weit in die Kieler Bucht hinein zu vermeiden, wurden zwei zusätzliche manuelle Veränderungen des Datensatzes vorgenommen. Erstens wurden um die Lübecker Bucht auf dem Festland in größerer Entfernung von der Küste zusätzliche Stützstellen in den Datensatz eingefügt, die mit einem ungefähren Mittelwert der jeweiligen Metallkonzentration belegt wurden. Und zweitens wurden die Metallgehalte im hot spot auf Werte etwas oberhalb des Maximalwertes ihrer Umgebung zurückgesetzt. Der unmittelbare hot spot wurde anschließend als dunkler Punkt manuell in den Karten eingetragen. Als bathymetrischer Hintergrund in den Karten wurden Wassertiefendaten nach SEIFERT und KAYSER [1995] verwendet. Zur Berechnung der Mediane aus Korngrößenanalysen wurde die Methode der numerischen Anpassung einer sigmoidalen Funktion an die kumulativen Korngrößenanalysen nach TAUBER [1995] angewandt.

Ergebnisse und Diskussion

Statistische Aufbereitung der Originaldaten

Für die mathematisch-statistische Bearbeitung der Analysendaten aus dem Arkonabecken und aus dem Ostteil der Mecklenburger/Lübecker Bucht wurden alle Proben berücksichtigt, also pro Station die beiden Kernabschnitte 0 bis 3 cm und 3 bis 6 cm. Damit beruhen die getroffenen Aussagen auf einer sehr großen Anzahl von Einzelmessungen und geben einen repräsentativen Einblick in die geochemischen Zusammenhänge des Sedimenttyps "Schlick" in den beiden Beckengebieten der westlichen Ostsee. In Tabelle 1 sind zunächst die durchschnittlichen Gesamtgehalte der analysierten Elemente und Parameter und deren Standardabweichungen dargestellt.

Abb. 3 zeigt eine Matrix der Scatterplots für alle Proben und Parameter aus dem Arkonabecken und aus der Mecklenburger/Lübecker Bucht. Die einzelnen Zellen (Scatterplots) entsprechen den X-Y-Korrelationsdiagrammen der betreffenden Merkmalskombination. Diese Darstellung erlaubt einen optisch übersichtlichen Vergleich der Korrelationsbeziehungen einzelner Parameter untereinander. Außerdem kann durch die farbliche Differenzierung, blau für das Arkonabecken und rot für die Mecklenburger Bucht, der regionale Unterschied in den Korrelationsbeziehungen sichtbar gemacht werden.

Die Verteilungsmuster und Konzentrationen von Schwermetallen sind in der Mecklenburger Bucht durch die Verklappung von schwermetallhaltigen Abfällen erheblich beeinflusst. Daher bietet sich der Datensatz aus dem Arkonabecken für eine spezielle Analyse der Korrelationsbeziehungen an (Tabelle 2). Für dieses Gebiet kann angenommen werden, daß die Verteilung der Elemente weitgehend durch natürliche Prozesse gesteuert wird. Hohe und positive Korrelationskoeffizienten betreffen die meisten Schwermetalle untereinander und zu Kohlenstoff (organische Substanz) sowie Al (Tonanteil). Ausnahmen sind Cd, welches nur mit Hg korreliert ist und der Phosphor- und Karbonatgehalt, die beide relativ isoliert erscheinen. Höhere Karbonatanteile finden sich nur in den Randbereichen des Arkonabeckens und Phosphor wird aus den anoxischen Sedimenten weitgehend mobilisiert.

Mit Hilfe einer Hauptkomponenten- (oder Faktoren-) Analyse auf der Basis der Korrelationsbeziehungen lassen sich die wichtigsten, das System bezüglich der einzelnen Elemente und Parameter bestimmenden Einflußfaktoren aufzeigen (Abb. 4). Die Varianzproportionen der Eigenwerte weisen für den Faktor 1 bereits nahezu 60 % der Variabilität aus. Die Faktoren 2 und 3 haben in Bezug auf einzelne Parameter noch einen nennenswerten Einfluß, die folgenden Faktoren (bis 15) sind praktisch ohne Bedeutung für das Gesamtsystem. Aus der graphischen Darstellung der Faktorenladungen ist zu ersehen, welche Elemente und Parameter die einzelnen Faktoren dominieren (hohe Ladungen) und ob sie gleichsinnig oder gegensinnig gerichtet sind.

Tabelle 1. Mittelwerte und Standardabweichungen der Gesamtgehalte analysierter Elemente in Oberflächenproben (0-6 cm) von Schlicksediment aus dem Arkonabecken und aus der Mecklenburger Bucht (Fraktion < 63 µm).

Table 1. Average values and standard deviations of total element analyses of surface sediment samples (0-6 cm) from the Arkona Basin and from the Mecklenburg Bay (fraction < 63 µm).

Element	Arkonabecken, n = 599		Mecklenburger Bucht, n = 240	
	Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.
C-org. %	5,10	1,85	5,16	0,99
Ca CO ₃ %	1,76	1,09	1,72	0,55
Al %	4,52	0,94	-	-
Fe %	2,74	0,81	2,32	0,46
Ca %	0,69	0,34	0,33	0,12
Mg %	1,13	0,35	0,87	0,16
P %	0,1	0,05	-	-
Mn µg/g	251	64	206	46
Pb µg/g	77,3	29,2	130	52
Cu µg/g	37,4	12,6	30,6	8,8
Zn µg/g	124	49	196	78
Cr µg/g	64,9	20,9	54	10
Ni µg/g	27,6	10,5	37,8	9,7
Cd µg/g	0,8	0,4	1,3	0,8
Hg ng/g	212	102	218	126

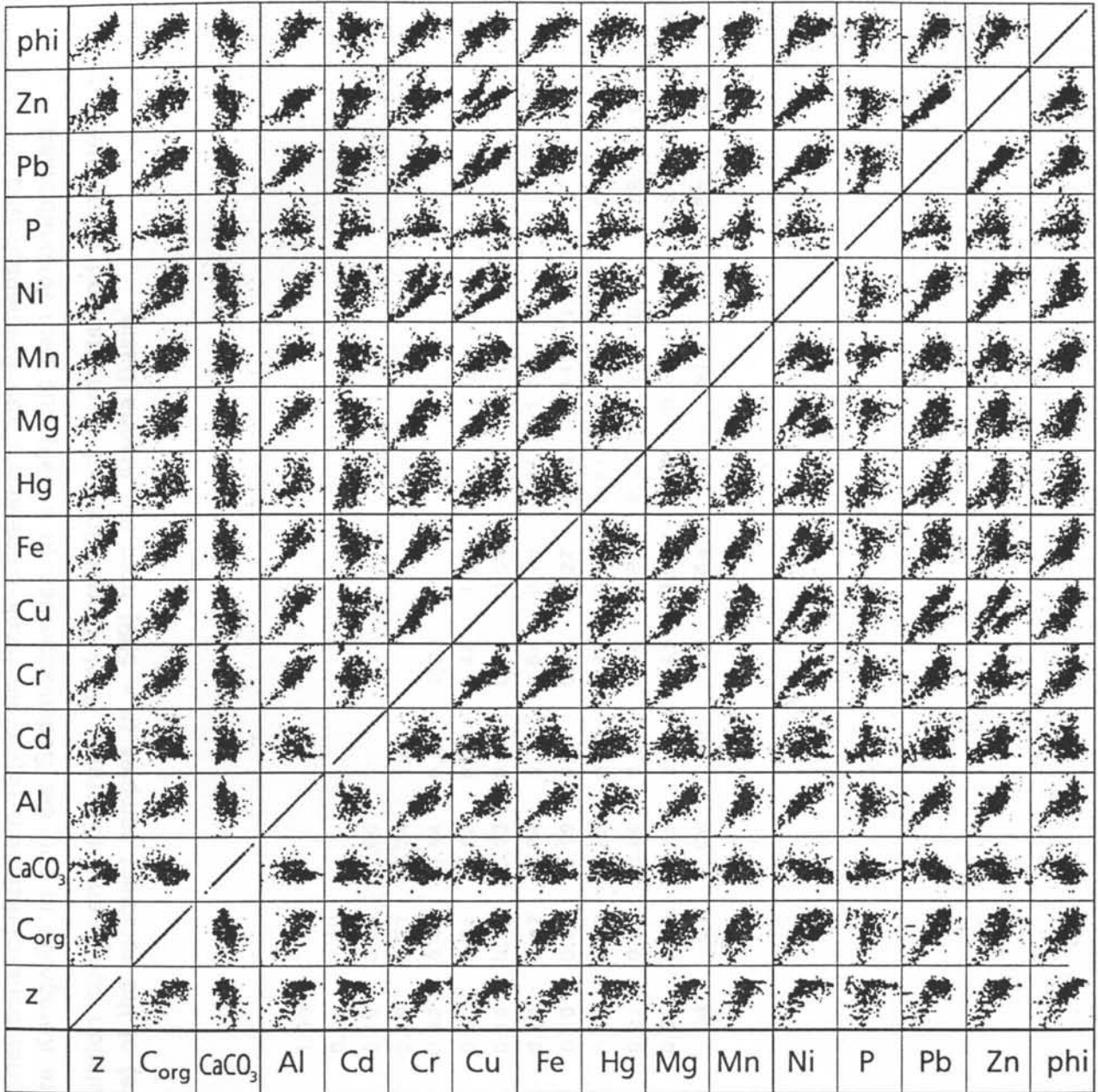


Abb. 3: Matrix der Scatterplots (x-y-Punktdiagramme) für Elementgehalte, Wassertiefe z, und mittlere Korngröße phi aller Sedimentproben aus dem Arkonabecken (blau) und aus der Mecklenburger Bucht (rot).

Tabelle 2. Matrix der Korrelationskoeffizienten (Sperman Rank Correlation) von Elementen und Parametern (phi = mittlere Korngröße in phi) der Sedimentproben (n = 599) aus dem Arkonabecken.

Table 2. Matrix of correlation coefficients (Sperman Rank Correlation) of elements and parameters (phi = average grain size) of the sediment samples (n = 599) from the Arkona Basin.

C-org.	1,00															
CaCO3	-0,30	1,00														
Al	0,68	-0,18	1,00													
Cd	0,04	0,07	0,05	1,00												
Cr	0,81	-0,32	0,82	0,02	1,00											
Cu	0,78	-0,41	0,73	0,16	0,86	1,00										
Fe	0,75	-0,19	0,74	-0,16	0,77	0,74	1,00									
Hg	0,50	-0,28	0,40	0,62	0,48	0,64	0,29	1,00								
Mg	0,69	-0,17	0,74	0,03	0,71	0,72	0,79	0,46	1,00							
Mn	0,54	-0,07	0,52	0,10	0,51	0,53	0,72	0,35	0,64	1,00						
Ni	0,80	-0,34	0,82	0,10	0,92	0,84	0,75	0,54	0,73	0,55	1,00					
P	0,27	0,11	0,09	0,40	0,08	0,19	0,21	0,46	0,27	0,40	0,14	1,00				
Pb	0,77	-0,40	0,67	0,28	0,82	0,89	0,59	0,75	0,63	0,41	0,82	0,22	1,00			
Zn	0,68	-0,38	0,76	0,27	0,80	0,89	0,64	0,66	0,67	0,47	0,81	0,11	0,88	1,00		
phi	0,76	-0,24	0,66	0,03	0,73	0,75	0,80	0,46	0,75	0,62	0,71	0,31	0,66	0,63	1,00	
	C-org.	CaCO3	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mg	Mn	Ni	P	Pb	Zn	phi	

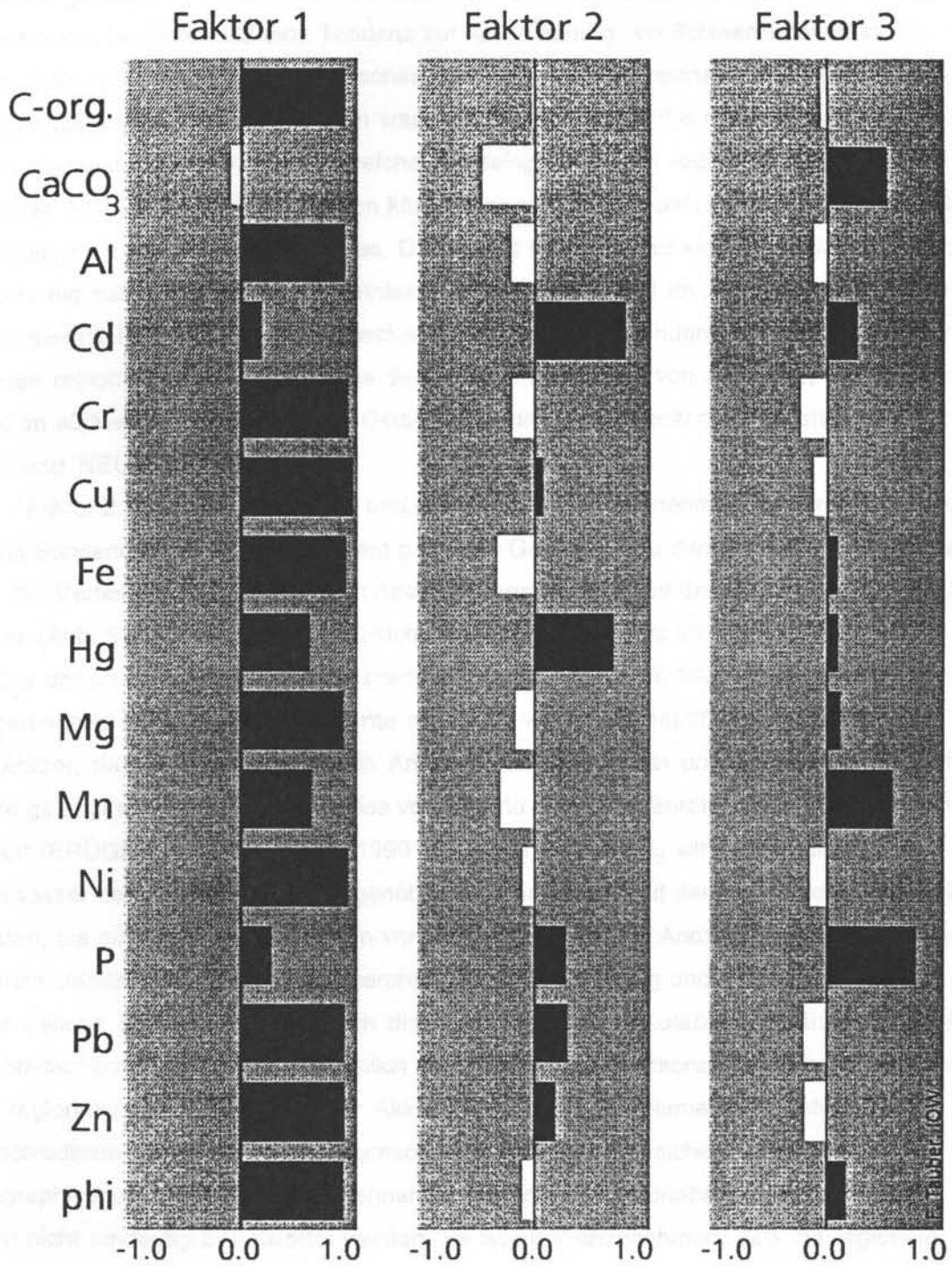


Abb. 4: Graphische Darstellung der Faktorenladungen für Elemente und Parameter aller Proben aus dem Arkonabecken (Hauptkomponentenanalyse). Dargestellt sind nur die ersten drei der berechneten Faktoren, die die wichtigsten Zusammenhänge erklären.

Faktor 1: Bis auf den Karbonatgehalt sind alle Elemente sowie der organische Kohlenstoff und der Feinkornanteil positiv korreliert und nur die Elemente Cd und P fallen wegen der geringen Ladungen nicht ins Gewicht. Für die Gesamtheit der Proben aus dem Arkonabecken bedeutet das eine Tendenz zur Anreicherung von Schwermetallen in feinkörnigen (phi, Al) und an organischer Substanz (C-org.) reichen Sedimenten (Beckeneffekt), was auch zu erwarten war. Die in Abb. 5 a und b dargestellten Verteilungsmuster von Pb und Zn, welche als Beispiele für die regionale Verteilung der Werte des Faktors 1 betrachtet werden können, zeigen jedoch, daß Abweichungen von dieser Regel innerhalb des Beckens auftreten. Dabei wird deutlich, daß sich im südlichen Teil des Beckens die bathymetrischen Verhältnisse "durchpausen" und im zentralen bzw. nördlichen und nordwestlichen Teil des Arkonabeckens der Faktor 1 besonders wirksam ist. Über die größeren regionalen Zusammenhänge der Schwermetallfracht von der Oder, der wichtigsten Quelle im südwestlichen Bereich der Ostsee, bis zum Arkonabecken berichteten LEIPE u.a. [1995] und NEUMANN et.al. [1996].

Faktor 2: Mit hohen Ladungen und gleichem Vorzeichen nehmen die Elemente Cd und Hg eine Sonderstellung ein, die in einem gewissen Gegensatz zu den anderen Schwermetallen steht. Die Verteilung des Faktors 2 im Arkonabecken ist an Hand der Karten für Hg und Cd zu ersehen (Abb. 5 c und d) und es zeigt sich, daß diese besonders im westlichen Teil des Beckens dominieren. Es ist nicht auszuschließen, daß damit der besondere, milieuhabhängige Ablagerungsbereich für diese Elemente reflektiert wird. Das betrifft insbesondere das Quecksilber, das zum überwiegenden Anteil in kolloiddisperser und partikulärer Form in die Ostsee gelangt und sich möglicherweise vorwiegend in diesem Bereich des Arkonabeckens abgelagert (BRÜGMANN und LANGE [1990 a]). Diese Ablagerung wird durch die im Tiefenwasser des Arkonabeckens gegenüber der Pommernbucht deutlich höheren Salzgehalte gefördert, die eine rasche Flokkulation von Kolloiden auslösen. Anoxische Bedingungen im Sediment stabilisieren dann die Ablagerung von Metallen wie Hg und auch Cd als schwerlösliche Sulfide. Bedingt durch die Transport- und Zirkulationsvorgänge im Bereich der Pommernbucht, der Oderrinne östlich von Rügen und im Arkonabecken kann es somit zu einer regionalen Differenzierung der Akkumulation von Schwermetallen entsprechend ihrer unterschiedlichen geochemischen Eigenschaften kommen. In welcher Weise die hydrographischen Prozesse den bodennahen Transport im Arkonabecken steuern, kann vorerst nicht eindeutig beantwortet werden. Es ist aber anzunehmen, daß die regionale Differenzierung der Konzentrationen von Hg und Cd am Westrand des Arkonabeckens und von Pb, Zn und Cu am Nordrand des Beckens auf hydrodynamische bzw. diagenetische Prozesse zurückzuführen sind und nicht unbedingt auf eine direkte Zufuhr dieser Metalle aus diesen Richtungen hinweisen.

Faktor 3: Die höchsten Ladungen mit gleichem Vorzeichen zeigen die Parameter Karbonatgehalt, Mn und P. Offenbar sind phosphat- und karbonatreiche Sedimente nicht direkt mit dem oben erwähnten Beckeneffekt der Akkumulation feinkörnigen und organischen

Materials in Verbindung zu bringen. Mangan ist stark redoxsensitiv, das heißt, es wird in den anoxischen Sedimentbereichen mobilisiert und in den suboxischen und oxischen Zonen wieder ausgefällt. Auch Phosphor wird unter anoxischen Bedingungen nicht im Sedimenten festgelegt. Das betrifft allerdings nur die mit Fe(III)-Verbindungen assoziierten Fraktionen. Ob die hohen Ladungen von Mn und Carbonat unter Faktor 3 das Vorhandensein von rhodochrositähnlichen Mn-Ca-Mischkarbonaten signalisiert, kann nur durch detailliertere Untersuchungen geklärt werden.

Verteilungsmuster ausgewählter Schwermetalle

Die Kartendarstellungen in den Abb. 5 und 6 veranschaulichen die Verteilung von ausgewählten Schwermetallen im Oberflächensediment des Untersuchungsgebietes. Für eine Diskussion der Schwermetallverteilung in den untersuchten Gebieten ist zunächst zu berücksichtigen, daß der geologische "background", der durch die natürlichen Prozesse gesteuert wird, durch eine zusätzliche anthropogene Komponente überlagert wird. Dieser anthropogene Anteil kann entweder als diffuse, flächenhafte Belastung auftreten oder in Form einer punktuellen Kontamination, etwa durch direkten Eintrag von metallhaltigen Abfällen, wie im Beispiel der Lübecker Bucht.

Durch die Zuflüsse vom Festland, z.B. über die Oder (LEIPE u.a. [1995]), und Einträge aus der Atmosphäre (BRÜGMANN [1986], SCHNEIDER [1995]) gelangen die Schwermetalle mehr oder weniger kontinuierlich in die Akkumulationsgebiete der Ostsee. Die Geochronologie der anthropogenen Belastung wird durch deutlich höhere Schwermetallgehalte in den Oberflächensedimenten im Vergleich zu tieferliegenden Horizonten widergespiegelt. Gegenüber vorindustriellen Hintergrundwerten, die in den Untersuchungsgebieten bei mittleren Sedimentationsraten von 1-2 mm/a bereits in 20-30 cm Tiefe anzutreffen sind, werden für die Oberflächenschicht Anreicherungsfaktoren z.B. bei Pb, Cu und Zn in der Größenordnung von 1,5 bis 4 angetroffen (DAMM [1992]).

Bei der flächenhaften Darstellung der Verteilung von Spurenelementen ist zu beachten, daß diese überwiegend an die Feinfraktion eines Sedimentes gekoppelt sind. Das trifft auch für den organischen Kohlenstoff zu. Für die flächenhafte Darstellung der Gehalte dieser Elemente in den Gesamtproben wird daher überwiegend die Korngrößenverteilung widergespiegelt. Aus diesem Grund ist es üblich, umweltrelevante Spurenkomponenten zu normieren (LORING and RANTALA [1992]). Das kann entweder in der Form erfolgen, daß nur eine bestimmte Fraktion der Gesamtprobe analysiert wird ($< 63 \mu\text{m}$ oder $< 20 \mu\text{m}$) oder daß die betreffenden Elemente im Verhältnis zu konservativen Parametern der Tonfraktion (Al, Li, Sc) geochemisch normiert werden. Erst dann werden Abweichungen vom "normalen" geochemischen Verhalten der Elemente sichtbar, die Hinweise auf zusätzliche Quellen oder Anreicherungsprozesse geben können. In unserem Fall war die Anwendung eines einheitlichen

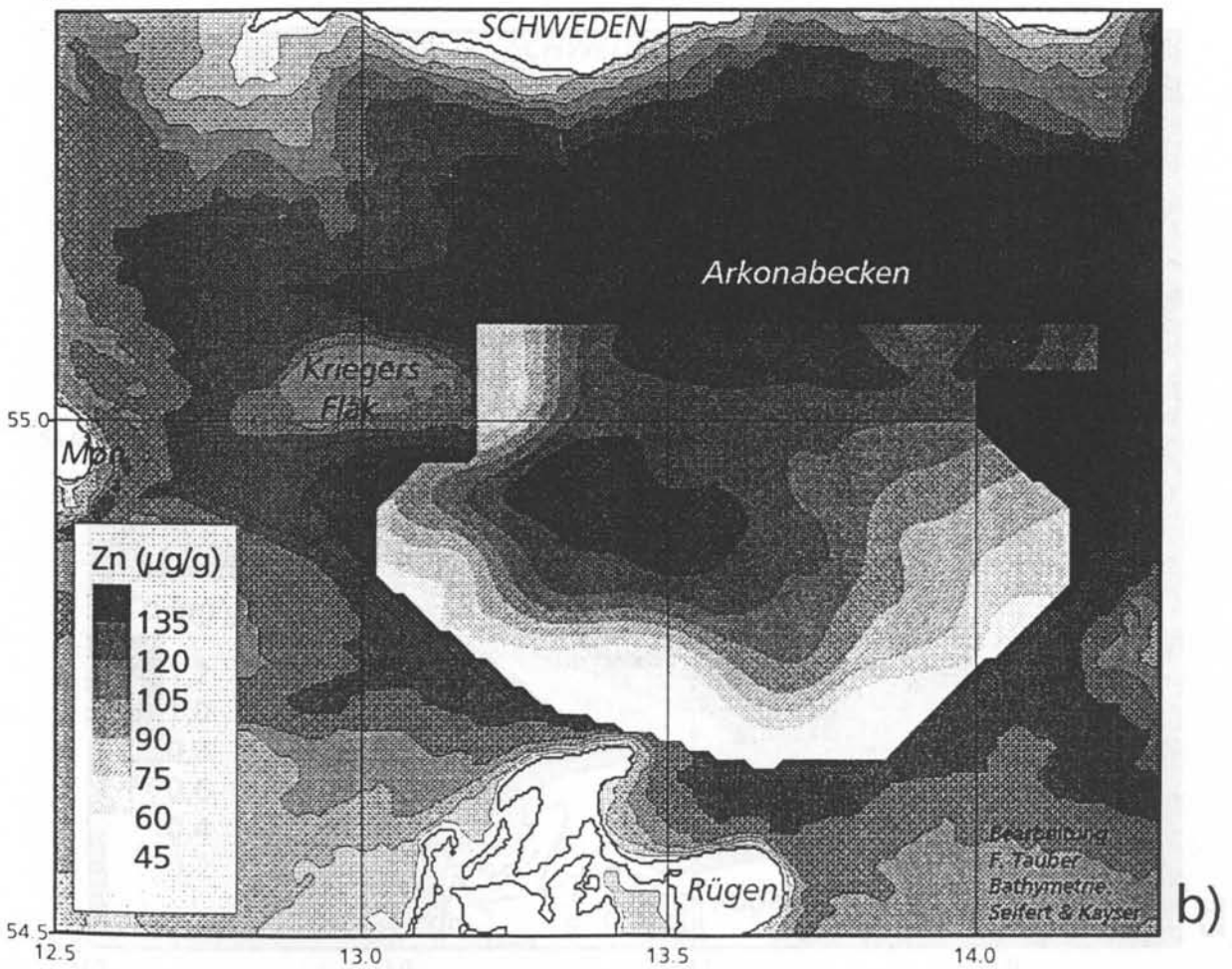
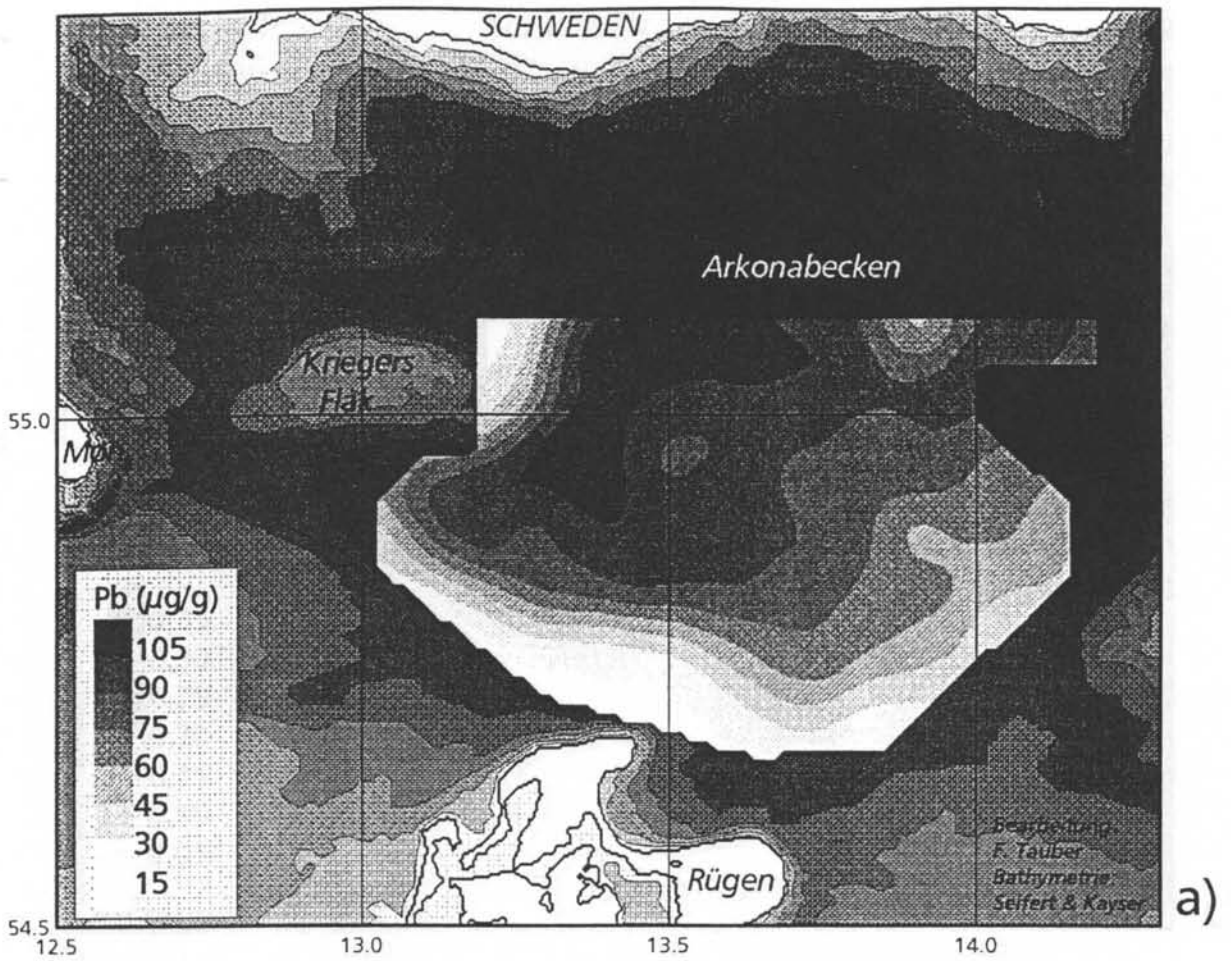
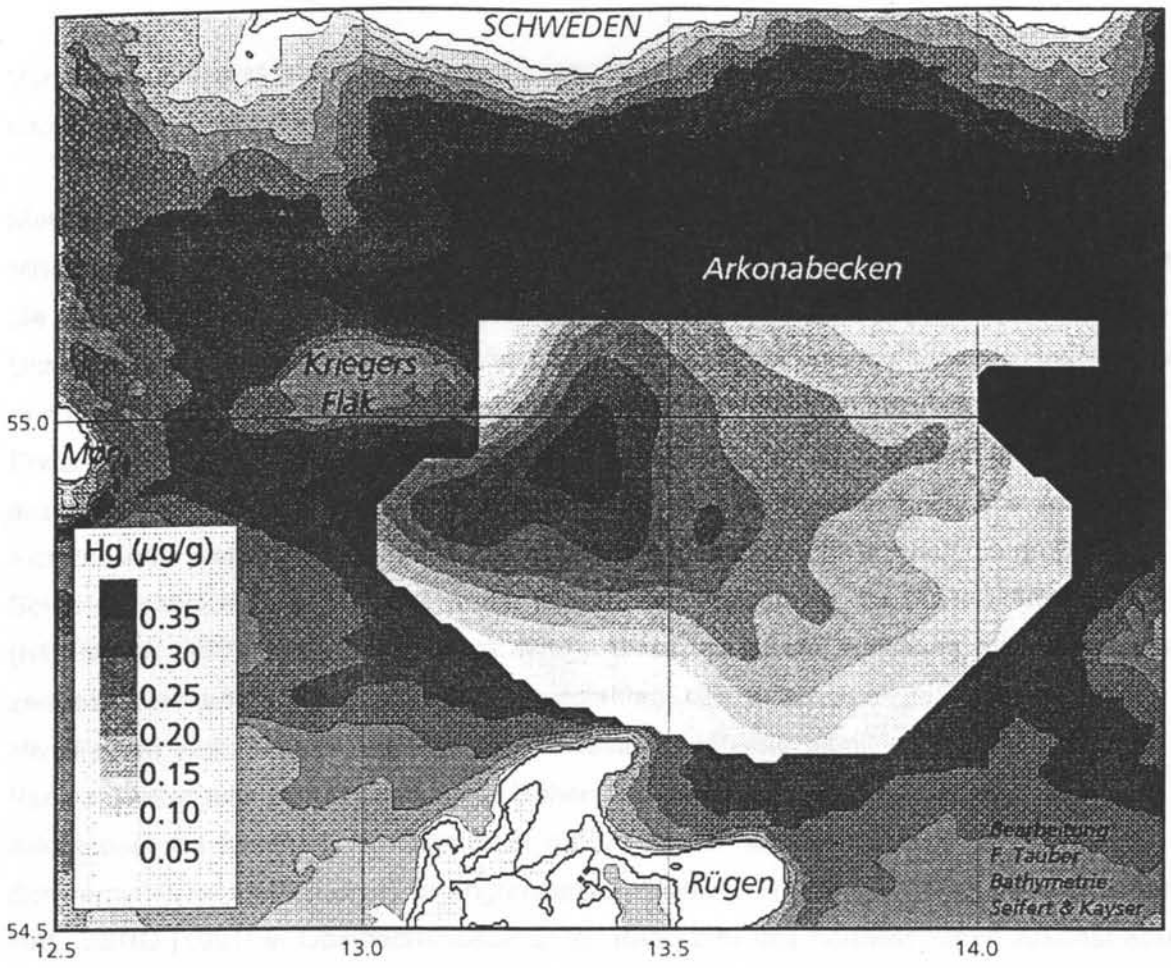
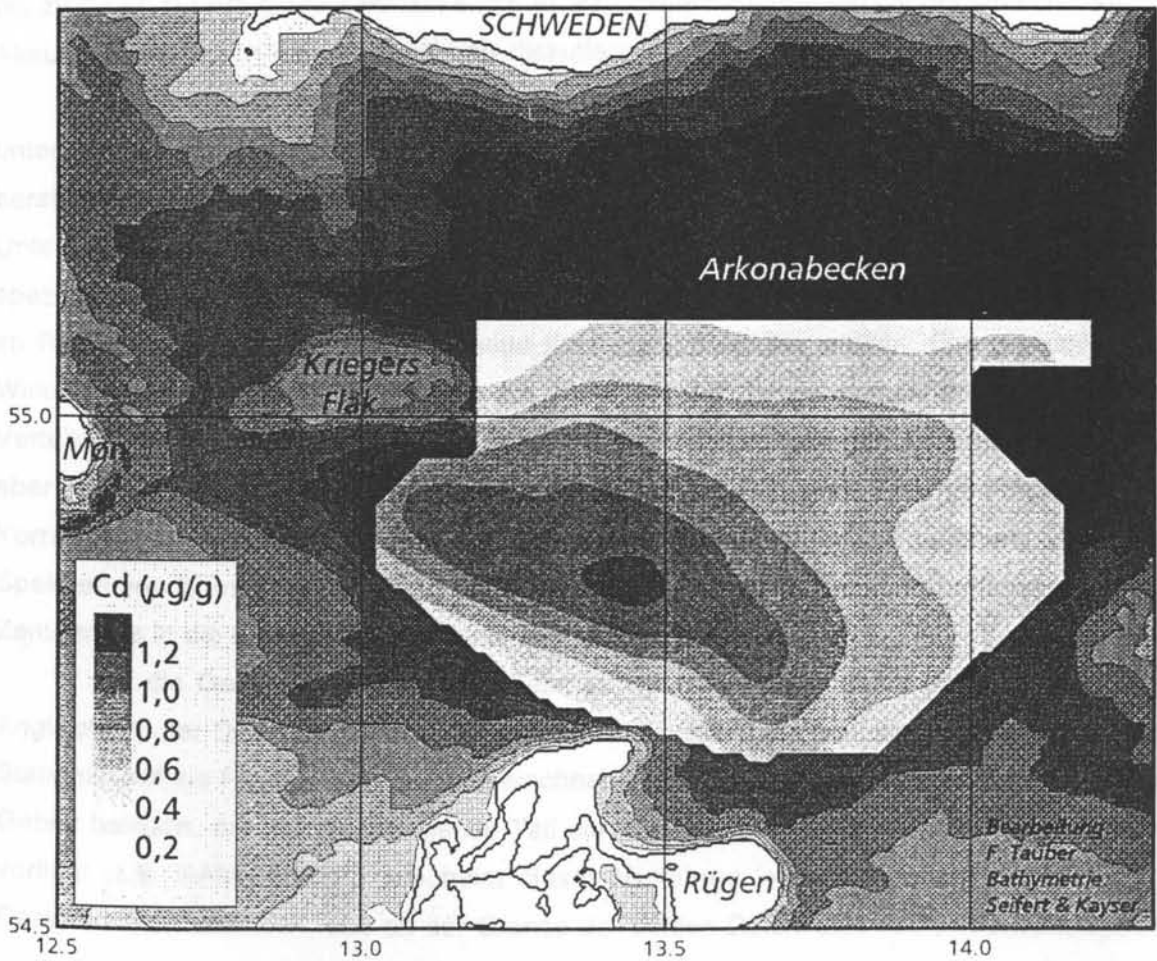


Abb. 5: Verteilung von Schwermetallen an der Sedimentoberfläche des Arkonabeckens (Fraktion $< 63 \mu\text{m}$), a) Pb, b) Zn, c) Hg, d) Cd.



c)



d)

Abb. 5 c und d.

Verfahrens über das gesamte Untersuchungsgebiet nicht möglich, da es sich um eine nachträgliche Aufarbeitung abgeschlossener älterer Datensätze handelt.

Die sowohl aus natürlichen als auch anthropogenen Quellen stammende partikuläre Metallfracht wird in Abhängigkeit von den morphologischen, hydrodynamischen und Milieubedingungen am Meeresboden abgelagert. Für das Arkonabecken ist zu erkennen, daß die Schwerpunkte der Metallablagerungen im westlichen und nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes liegen (Abb. 5 a bis d). Dieses Areal entspricht jedoch nur teilweise den aus der Beckenmorphologie und aus der Korngrößenverteilung abzuleitenden Erwartungen. Größere Wassertiefen sind im zentralen und östlichen Bereich des Beckens anzutreffen, wo auch die feistkörnigen Sedimente lagern (siehe Abb. 1, 2). Aus geologischer Sicht befindet sich das Zentrum des Arkonabeckens, gekennzeichnet durch die größten Schlickmächtigkeiten, sogar noch weiter südlich, unmittelbar vor der Küste Rügens (NEUMANN [1981] und LEMKE [pers. Mitt.]). Allerdings ist die Auffüllung dieses geologisch zentralen Beckenteils schon so weit fortgeschritten, daß es zu einer großflächigen Nivellierung kam. Damit wurde die Fracht feinkörniger und damit stärker metallhaltiger Partikel weiter nach Norden verlagert. Höhere Hg-Gehalte im nordwestlichen Teil des Arkonabeckens könnten allerdings auch die "Ausläufer" starker Schwermetallverunreinigungen in angrenzenden Gebieten reflektieren. Beispielsweise fand HALLBERG [1991] in Oberflächensedimenten (0-10 cm) des nordwestlichen Arkonabeckens bis zu 80 µg Hg pro g Trockenmasse, die er als Hinweis auf das Verklappen von U-Boot Akkumulatoren nach dem 2. Weltkrieg diskutierte.

Auf die möglichen Ursachen der räumlichen Differenzierung von Schwermetallen mit unterschiedlichen geochemischen Eigenschaften ist bei der Diskussion der Faktorenanalyse bereits eingegangen worden. Letztlich können diese Vermutungen aber nur durch gezielte Untersuchungen geklärt werden. Dazu sind aufwendige hydrographische Meßreihen und spezielle Analysen der Bindungsverhältnisse der Schwermetalle erforderlich, die eventuell im Rahmen künftiger Forschungsprojekte durchgeführt werden sollten. Eine ausschließliche Wirkung des Korngrößeneffektes, also der Verteilung der Schwermetalle entsprechend der Verteilung des feinkörnigen Anteils im Sediment des inneren Teils des Arkonabeckens liegt aber offenbar nicht vor, da beide Muster nicht deckungsgleich sind. Eine generelle positive Korrelation zwischen Feinkornanteil und Schwermetallgehalt ist jedoch gegeben, wenn die Spektren von Korngrößenverteilung und Elementgehalten weite Bereiche umfassen (vom Zentrum bis in die sandigen Randgebiete des Beckens).

Für die Gesamtdarstellung der Kieler und Mecklenburger Bucht (Abb. 6) wurden zur Angleichung der Daten an die Messungen von IRION [1984] die Metallgehalte der östlichen Stationen auf die Fraktion < 20 µm umgerechnet. Da vergleichende Untersuchungen aus dem Gebiet belegen, daß der überwiegende Teil der Metallgehalte in der Fraktion kleiner 20 µm vorliegt (z.B. DAMM [1992]), erscheint dieses Verfahren legitim. Außerdem ist in der Darstellung zu erkennen, daß an der Grenze der beiden Datensätze keine "Verwerfungen"

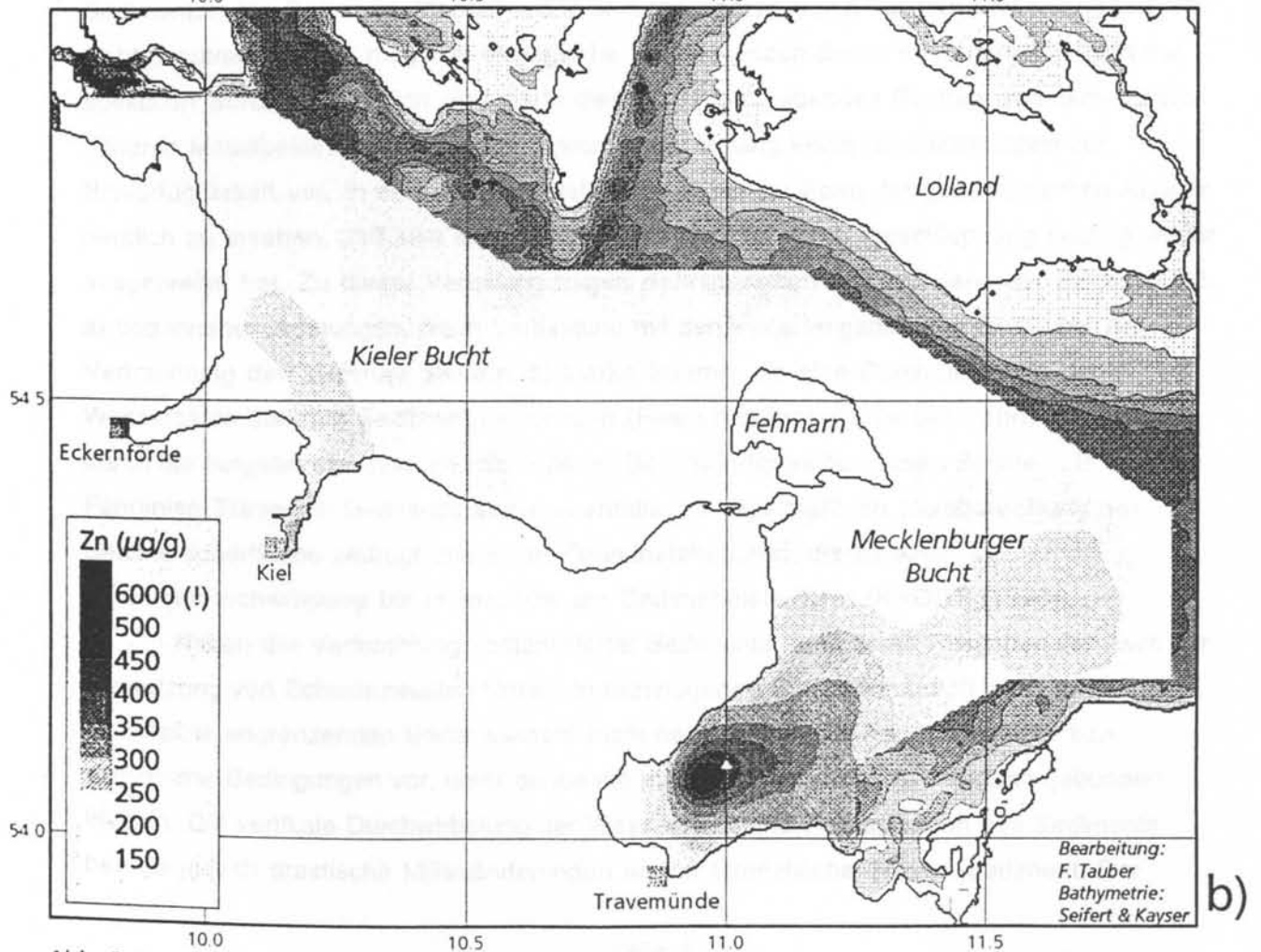
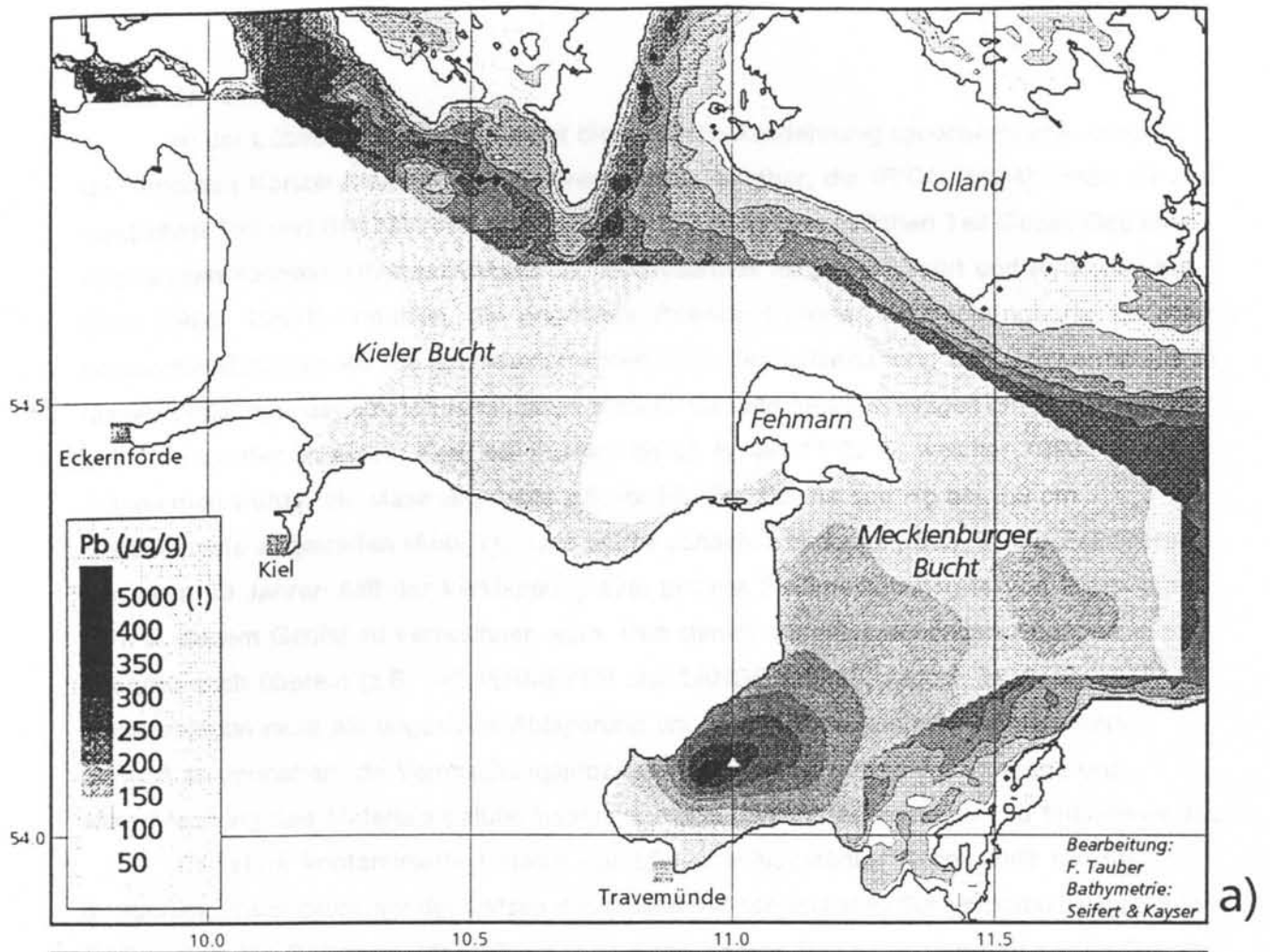


Abb. 6: Verteilung von Schwermetallen an der Sedimentoberfläche der Kieler- und Mecklenburger Bucht (Fraktion $< 20 \mu\text{m}$), a) Pb, b) Zn. Das gelbe Dreieck markiert die Lage des Sedimentkernes (Abb. 7).

entstanden sind.

In der Lübecker Bucht wird somit die gesamte Ausdehnung (geochemische Aureole) der erhöhten Konzentrationen von Schwermetallen sichtbar, die IRION [1984] schon für den westlichen Teil und BRÜGMANN und LANGE [1990 b] für den östlichen Teil dieses Gebietes nachweisen konnten. Untersuchungen des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (DHI [1986, 1987]) erlauben, die ungefähre Position früherer Verklappungsorte für stark schwermetallhaltige Abfälle zu rekonstruieren. Die Vertikalverteilung der Schwermetalle in diesen Verklappungsgebieten weist deren höchste Gehalte heute in einigen cm Sedimenttiefe aus. So wurden in einem Kern bei Position 54°05 N und 11°00 E, welcher 1990 entnommen wurde, die Maximalgehalte z.B. für Pb, Cu, Cd, As und Hg bei 5-9 cm Sedimenttiefe angetroffen (Abb. 7). Das würde zunächst bedeuten, daß für die Zeitdifferenz von etwa 30 Jahren seit der Verklappung eine mittlere Sedimentationsrate von 2 mm pro Jahr in diesem Gebiet zu verzeichnen wäre. Das stimmt mit entsprechenden Angaben in der Literatur auch überein (z.B. NIEDERMEYER und LANGE [1989]). Jedoch ist diese Sedimentation nicht als ungestörte Ablagerung und somit Abdeckung der kontaminierten Schicht zu verstehen, da Vermischungsprozesse zu einer teilweisen Aufarbeitung und Verschleppung des Materials geführt haben, wie aus den Verteilungskarten zu entnehmen ist.

Der stark kontaminierte Bereich der Lübecker/Neustädter Bucht stellt für die deutschen Küstengewässer der Ostsee das Gebiet mit der höchsten Schwermetallbelastung in Sedimenten dar. Selbst im Oderhaff und in anderen inneren Seegewässern sind solche Gehalte nicht anzutreffen. Über mögliche ökologische Konsequenzen dieser Kontamination kann nur spekuliert werden. Sicherlich sind die in diesem Bereich lebenden Benthosorganismen einer höheren Metallbelastung ausgesetzt, jedoch liegen bislang keine Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit vor. In den Kartendarstellungen ist an der Form der geochemischen Aureole deutlich zu ersehen, daß sich das kontaminierte Material durch Verschleppung ständig weiter ausgebreitet hat. Zu dieser Verteilung tragen wahrscheinlich insbesondere vier Faktoren bei, a) bodennahe Strömungen, die in Verbindung mit den weiteren genannten Einflüssen die Verfrachtung des Materials steuern, b) starke Stürme, die eine Durchmischung der Wassersäule bis zum Sediment hervorrufen (Resuspension), c) die Schifffahrt, die bedingt durch die tiefgehenden und mit relativ hoher Geschwindigkeit fahrenden Schiffe, z.B. auf den Fährlinien Travemünde-Skandinavien, ebenfalls zur regelmäßigen Durchmischung der Sedimentoberfläche beiträgt und d) die Grundnetzfisherei, die zu einer Sedimentdurchwühlung bis in mehrere cm Sedimenttiefe führt (KROST [1990]).

Neben der Verfrachtung kontaminierter Sedimente kann deren Resuspension auch zur Freisetzung von Schwermetallen führen. In organogenen Schlickern und oft auch in der unmittelbar angrenzenden Bodenwasserschicht herrschen in der Regel anoxische bzw. suboxische Bedingungen vor, unter denen die meisten Schwermetalle sulfidisch gebunden bleiben. Die vertikale Durchwirbelung der Wassersäule und Resuspension des Sediments bewirkt jedoch drastische Milieuänderungen an der Grenzfläche Wasser-Sediment. Der

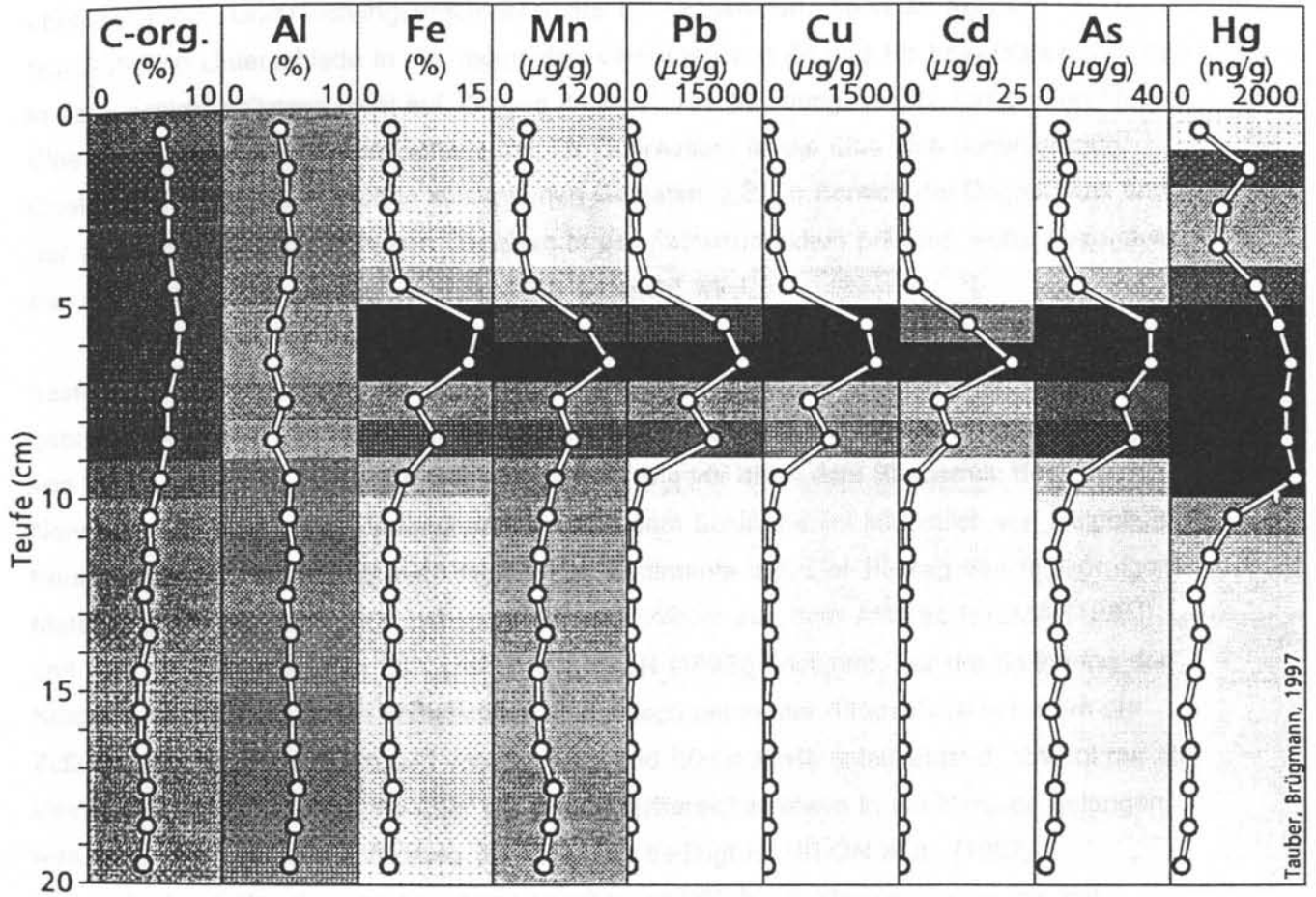


Abb. 7: Vertikale Verteilung von Schwermetallen in einem Sedimentkern (entnommen im Jahr 1990) aus dem Verklappungsgebiet der Lübecker Bucht. Markiert sind die Bereiche der stärksten Kontamination, welche heute in etwa 5 bis 9 cm Sedimenttiefe liegen.

Eintrag von Sauerstoff kann zur Freisetzung von Metallen nach Oxidation der schwerlöslichen Sulfide zu löslichen Sulfaten (z.B. Cd) führen (KERSTEN [1988], KERSTEN u.a. [1985], ROSENTHAL u.a. [1995]).

In der Kieler Bucht und in der äußeren Mecklenburger Bucht ist die Schwermetallverteilung relativ gleichförmig. Etwas erhöhte Konzentrationen werden in den Förden (z.B. Kiel) und in den tieferen Teilen der Becken angetroffen.

Für eine überregionale Einschätzung der in den Sedimenten des Untersuchungsgebietes angetroffenen Schwermetallgehalte bietet sich ein Vergleich mit den oben genannten Untersuchungsergebnissen aus der Nordsee an. Die in der Nordsee festgestellten Unterschiede in der regionalen Verteilung von Zn und Pb beispielsweise treten in der westlichen Ostsee nicht auf. Cd und Zn weisen im Mündungsbereich der großen Flüsse Elbe und Rhein die höchsten Gehalte auf, für Quecksilber ist die Elbe eine dominierende Quelle. Blei ist dagegen auch in küstenfernen Gebieten, z.B. im Bereich der Doggerbank und der zentralen Nordsee, in hohen Gehalten in der Feinkornfraktion präsent, wofür besonders der atmosphärische Eintrag verantwortlich gemacht wird.

Hinsichtlich der Korngrößenzusammensetzung und Verteilung der Sedimenttypen bestehen zwischen Nordsee und Ostsee größere Unterschiede, die überwiegend geomorphologische und hydrographische Ursachen haben. Der Nordseeboden ist überwiegend von Sanden bedeckt. In einigen Gebieten jedoch, wie vor allem dem Skagerrak, der Norwegischen Rinne, der Fladengrundrinne und dem Schlickgebiet südöstlich von Helgoland, treten in weiter Verbreitung auch feinkörnige Sedimente auf. Der Eintrag von feinkörnigem Material in die Nordsee wird insbesondere vom Import aus dem Atlantik (EISMA [1981]) und von der Küstenerosion (ZÖLLMER und IRION [1996]) bestimmt. Für die Belastung der Nordsee mit anthropogenen Schadstoffen sind jedoch neben der Atmosphäre vor allem die Zuflüsse aus Großbritannien und von der Süd- und Südostküste entscheidend, obwohl nur ein kleiner Teil der Flußsedimente über die Mündungsbereiche hinaus in die Nordsee gelangen, was durch die besondere Wirkung der Gezeiten bedingt ist (IRION et.al. [1987]).

In den Ostseebecken dagegen herrschen großflächig Schlicksedimente vor, mit mittleren Korngrößen im Mittel- bis Feinschluffbereich und hohen C-org.-Gehalten (4 bis 6 %). Da die Schwermetallgehalte in den Mittel- und Feinfraktionen von Schlickern oft mehr als eine Größenordnung höher liegen als in Sanden, sind pro Volumeneinheit Sediment in der Ostsee weitaus höhere Metallmengen akkumuliert. Vergleicht man dagegen die mittleren Gehalte einiger Metalle in der Feinfraktion ($< 20 \mu\text{m}$) von Ostsee- (Arkonabecken, Mecklenburger Bucht) und Nordseesedimenten (Deutsche Bucht), so zeigen sich zumeist keine gravierenden Unterschiede (Tabelle 3). Das trifft im übrigen auch für Aluminium als mögliches Normierungselement zu. Deutlich höhere Gehalte werden in der Deutschen Bucht allerdings für Carbonate, Hg, Zn, Mn und auch Fe angetroffen. Die Ostseesedimente sind dagegen reicher an organischem Kohlenstoff. Die Unterschiede im Mn- und Fe-Gehalt der Sedimente lassen sich relativ widerspruchsfrei durch die unterschiedlichen

Tabelle 3. Mittlere Elementgehalte in den Fraktionen kleiner 20 µm von Oberflächen-Sedimentproben aus der Deutschen Bucht (Fraktion < 20 µm, gemessene Werte), aus der Mecklenburger Bucht und aus dem Arkonabecken (Fraktion < 20 µm, berechnete Werte aus Analysen der Fraktion < 63 µm). * Daten nach KERSTEN u.a. [1990].

Table 3. Average element concentrations of surface sediment samples (fraction < 20 µm) from the German Bight (North Sea), from the Mecklenburg Bay and from the Arkona Basin (Baltic Sea). Values of the Baltic Sea samples are calculated from analyses of the fraction < 63 µm. * Data from KERSTEN et al. [1990].

Element	Einheit	Deutsche Bucht *		Mecklenburger Bucht		Arkonabecken	
		n= 28		n= 240		n= 599	
		Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.
C-org.	%	4,26	1,3	6,88	1,32	6,78	2,46
CaCO3	%	12,4	4,6	2,29	0,73	2,34	1,44
Al	%	6,78	0,8			6,01	1,25
Fe	%	5,09	1,2	3,09	0,61	3,64	1,07
P	%	0,22	0,1			0,13	0,06
Mn	µg/g	1566	1253	275	61	334	85
Pb	µg/g	129	42	173	69	103	38
Cu	µg/g	37,2	12,2	40,8	11,7	49,7	16,7
Zn	µg/g	357	155	261	104	165	65
Cr	µg/g	89	15	72	15	86	27
Cd	µg/g	1,14	0,62	1,73	1,07	1,06	0,53
Hg	µg/g	0,43	0,14	0,29	0,17	0,28	0,14

Redoxbedingungen in den Oberflächensedimenten erklären. Nordseesedimente sind besser "durchlüftet" und reichern deshalb beide redoxsensitiven Metalle in oxydischer Form an.

Danksagung

Die Aufarbeitung der Datenbestände aus dem ehemaligen Institut für Meereskunde Warnemünde erfolgte mit Unterstützung des BMBF (Projekt "Altdaten", FKZ 03F 0079 A). Herr Dr. M. Kersten übernahm freundlicherweise die Durchsicht des Manuskriptes und gab wertvolle Hinweise, wofür wir ihm herzlich danken.

Literatur

- BRÜGMANN, L. und U. HENNINGS, 1982: Stratigraphie und Spezifizierung von Metallen in Sedimenten der westlichen Ostsee. *Acta hydrochimica et hydrobiologica* 10, 41-53.
- BRÜGMANN, L. und D. LANGE, 1983: Geochemische und sedimentologische Untersuchungen an einem Sedimentkern aus dem Schlickgebiet der Lübecker Bucht. *Gerlands Beiträge zur Geophysik* 92, 241-268.
- BRÜGMANN, L., 1986: The influence of coastal zone processes on mass balances for trace metals in the Baltic Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer (ICES) No. 186, 329-342.
- BRÜGMANN, L. and L. NIEMISTÖ, 1987: Cooperative contaminant-related studies in the Baltic Sea - Report on the results of the Baltic Sediment Intercalibration Exercise. ICES Coop. Res. Rep. No. 147, 92 p.
- BRÜGMANN, L. and D. LANGE, 1990 a: Metal distribution in sediments of the Baltic Sea. *Limnologica* 20, 15-28.
- BRÜGMANN, L. and D. LANGE, 1990 b: Mapping of sediment quality with respect to the heavy metal load - results from a case study in the Lübeck/Mecklenburg Bay of the Baltic Sea. Proc. 17th Conference of the Baltic Oceanographers, Norrköping, 10 pp.
- DAMM, E., 1992: Frühdiagenetische Verteilung von Schwermetallen in Schlicksedimenten der westlichen Ostsee. Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen Nr. 31.
- Deutsches Hydrographisches Institut, 1986: Überwachung des Meeres. Bericht für das Jahr 1984, Teil II: Daten. Hamburg.
- Deutsches Hydrographisches Institut, 1987: Überwachung des Meeres. Bericht für das Jahr 1985, Teil II: Daten. Hamburg.
- EISMA, D., 1981: Supply and deposition of suspended matter in the North Sea. - Spec. Publ. Int. Assoc. Sediment. 5, 415-428.
- Golden Software, Inc., 1995: Surfer for Windows, Version 6 User's Guide. Golden, Colorado.
- HALLBERG, R.O., 1991: Environmental implications of metal distribution in Baltic Sea sediments. *Ambio* 20, 309-316.
- HARFF, J., LEMKE, W., TAUBER, F. und E.M. EMEL'YANOV, 1995: Geologische Kartierung der Ostsee. *Geowissenschaften* 13, 442-447.
- ICES-Cooperative Research Report No. 147 (1987): Report on the Results of the Baltic Sediment Intercalibration Exercise. Copenhagen.
- ICES-Cooperative Research Report No. 180 (1992): Review of Contaminants in Baltic Sediments. Copenhagen.

- IRION, G., 1984: Schwermetallbelastung in Oberflächensedimenten der westlichen Ostsee. *Naturwissenschaften* **71**, 536-538.
- IRION, G., WUNDERLICH, F. and E. SCHWEDHELM, 1987: Transport of clay minerals and anthropogenic compounds into the German Bight and the provenance of fine-grained sediments SE of Helgoland. *Journal of Geological Society* **144**, 153-160, London.
- IRION, G. and G. MÜLLER, 1990: Lateral distribution and sources of sediment-associated heavy metals in the North Sea. In: ITTEKKOT et.al. (Editors): Facets of Modern Biogeochemistry, pp.175-201. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- IRION, G., 1994: Schwermetalle in Nordseesedimenten. *Natur und Museum* **124**, 146-159.
- KERSTEN, M., FÖRSTNER, U., CALMANO, W. und W. AHLF, 1985: Freisetzung von Metallen bei der Oxidation von Schlämmen - umweltchemische Aspekte der Baggergutdeponierung. *Vom Wasser* **65**, 21-35.
- KERSTEN, M., 1988: Geobiological effects on the mobility of contaminants in marine sediments. In: SALOMONS et.al. (Eds.): Pollution of the North Sea, pp. 36-58. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- KERSTEN, M., KIENZ, W., KOELLING, S., SCHRÖDER, M. und U. FÖRSTNER, 1990: Schwermetallbelastung in Schwebstoffen und Sedimenten der Nordsee. *Vom Wasser* **75**, 245-272.
- KROST, P., 1990: Der Einfluß der Grundschleppnetzfisherei auf Nährsalz-Freisetzung aus dem Sediment und Makrofauna der Kieler Bucht (westl. Ostsee). - Berichte aus dem Inst. f. Meereskunde, Univ. Kiel, Nr. 200, 150 S.
- LEIPE, T., BRÜGMANN, L. und U. BITTNER, 1989: Zur Verteilung von Schwermetallen in rezenten Brackwassersedimenten der Boddengewässer der DDR. *Chemie der Erde* **49**, 21-38.
- LEIPE, T., NEUMANN, T. und K.-C. EMEIS, 1995: Schwermetallverteilung in holozänen Ostseesedimenten - Untersuchungen im Einflußbereich der Oder. *Geowissenschaften* **13**, 470-478.
- LORING, D.H. and R.T.T. RANTALA, 1992: Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth-Science Reviews* **32**, 235-283.
- MÜLLER, G., DOMINIK, J., REUHER, R., MALISCH, R., SCHULTE, E. and L. ACKER, 1980: Sedimentary record of environmental pollution in the western Baltic Sea. *Naturwissenschaften* **67**, 595-600.
- NEUMANN, T., LEIPE, T., BRAND, T. and G. SHIMMIELD, 1996: Accumulation of heavy metals in the Oder estuary and its off-shore basins. *Chemie der Erde* **56**, 207-222.
- NEUMANN, G., 1981: Lagerungsverhältnisse spät- und postglazialer Sedimente im Arkonabecken. Unveröff. Diss. Akademie der Wissenschaften der DDR. Institut für Meereskunde, Warnemünde. 164 S.
- NIEDERMEYER, R.-O. and D. LANGE, 1989: Modern mud deposits of the western Baltic Sea (Mecklenburg Bight) - sedimentary environment and diagenesis. - *Beitr. z. Meereskunde* **60**, 5-20, Berlin.
- NIEMISTÖ, L., 1974: A gravity corer for studies of soft sediments. Merentutkimuslait. Julk./Havsforskningsinst. Skr. 238, 33-38.
- PERTTILÄ, M. and L. BRÜGMANN, 1992: Review of Contaminants in Baltic Sediments. ICES Coop. Res. Rep. No. 180, 135 pp.
- RÖSEL, J., IRION, G. und R.-O. NIEDERMEYER, 1996: Die jungholozänen Sedimente des Greifswalder Boddens (südliche Ostsee) unter besonderer Berücksichtigung ihrer Schwermetallgehalte. *Senckenbergiana Maritima* **27**, 57-66.
- ROSENTHAL, Y., LAM, P., BOYLE, E.A. and J. THOMSON, 1995: Authigenic cadmium enrichments in suboxic sediments: Precipitation and postdepositional mobility. *Earth and Planetary Science Letters* **132**, 99-111.
- SCHNEIDER, B., 1995: Bilanzen und Kreisläufe von Spurenmetallen in der Ostsee. *Geowissenschaften* **13**, 464-469.

- SEIFERT, T. and B. KAYSER, 1995: A high resolution spherical grid topography of the Baltic Sea. *Meereswissenschaftliche Berichte / Marine Science Reports*, Institut für Ostseeforschung Warnemünde.
- STEIGER, B. von, WEBSTER, R., SCHULIN, R. and R. LEHMANN, 1996: Mapping of heavy metals in polluted soil by disjunctive kriging. - *Environmental Pollution* **94**, 2, 205-215.
- SUESS, E. and H. ERLLENKEUSER, 1975: History of metal pollution and carbon input in Baltic Sea sediments. *Meyniana* **27**, 1-13.
- TAUBER, F., 1995: Characterization of grain-size distributions for sediment mapping of the Baltic Sea bottom. In: Abstract vol., The Baltic - 4th Marine Geol. Conf., Oct. 24-27, Uppsala: SGU/Stockholm Center for Marine Res., 1995, unnum.
- ZÖLLMER, V. und G. IRION, 1996: Tonminerale des Nordseeraumes, ihr Verteilungsmuster in kreidezeitlichen bis pleistozänen Sedimentabfolgen und in den Oberflächensedimenten der heutigen Nordsee. - *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* Nr. 190, 72 S.

Adressen der Autoren:

Dr. Thomas Leipe
Dr. Franz Tauber
Ursula Hennings
Institut für Ostseeforschung
Seestraße 15
D-18119 Warnemünde
e-mail: thomas.leipe@io-warnemuende.de

Prof. Dr. Georg Irion
Forschungsinstitut Senckenberg
Schleusenstraße 39 a
D-26382 Wilhelmshaven

Prof. Dr. Lutz Brüggmann
Schützenkamp 10
D-22880 Wedel