

Institut für Ostseeforschung Warnemünde  
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

## Geomarines Praktikum



### Autoren:

Seepraktikum: H. Becher, R. Endler, J. Harff, W. Lemke, G. Nickel, G. Bening  
Laborpraktikum: K.-C. Emeis, U. Struck

## Vorbemerkungen

Die marinen Geowissenschaften bilden einen Schwerpunkt der geowissenschaftlichen Lehre und Forschung an der Universität Greifswald. Grundlagen vermittelt dabei die Vorlesung „Marine Geologie“, welche die Studierenden durch wahlobligatorische Lehrveranstaltungen vertiefen. Eine dieser Veranstaltungen ist das „Geomarine Praktikum“, welches durch Mitglieder des Instituts für Ostseeforschung Warnemünde angeboten wird. Dieses Institut – ein Mitglied der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz – dient satzungsgemäss der interdisziplinären Meeresforschung mit besonderer Hinwendung zum Ökosystem der Ostsee. Zusätzlich führen die Angehörigen des Instituts in Abstimmung mit den Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultäten der Landesuniversitäten Mecklenburg-Vorpommerns meereskundliche Lehrveranstaltungen durch, wobei die Geowissenschaften an die Universität Greifswald gebunden sind.

Gemäß dem Forschungsschwerpunkt des Instituts für Ostseeforschung liegt das Hauptaugenmerk des Praktikums in der Vermittlung von Grundkenntnissen und -fertigkeiten für die wissenschaftlich-praktische Arbeit auf See und der Bearbeitung von Probenmaterial. Demzufolge gliedert sich das Praktikum in zwei Teile. In einem ersten Teil werden Planung, Vorbereitung und Durchführung von Expeditionen, der Einsatz von geophysikalischen Messungen (Sedimentecholot, Seitensicht-Sonar), Unterwasservideo-Technik sowie die sedimentologische Probenahme (van Veen Greifer, Kastengreifer, Schwerelote) sowie Sedimentansprache und Datendokumentation demonstriert und geübt. Dieser Teil des Praktikums an Bord des Forschungsschiffes „Professor Albrecht Penck“ dauert drei Tage. Anschliessend wird in einem dreitägigen Laborpraktikum im Institut für Ostseeforschung Warnemünde ein Teil der auf See entnommenen Proben weiter bearbeitet. Die Studenten eignen sich Grundfertigkeiten der sedimentologischen, sedimentphysikalischen und geochemischen Analytik einschliesslich Probenvorbereitung und –archivierung an.

Mit vorliegender Skripte wird als Einführung zunächst ein Überblick über das Untersuchungsgebiet aus sedimentologischer Sicht gegeben. Daran schliesst sich eine kurze Beschreibung des Forschungsschiffes „Professor Albrecht Penck“ an. Der Hauptteil gliedert sich in einen ersten Abschnitt zur organisatorischen Vorbereitung und Durchführung von Schiffsexpeditionen, einen zweiten Teil mit der Beschreibung der auf See eingesetzten Untersuchungs- und Beprobungsmethoden und einen dritten Teil zur Labormethodik.

# 1. Einführung

(J.Harff)

## 2.1 Das Untersuchungsgebiet

### 1.1.1 Regionale Stellung/Sedimentverteilung

Das Untersuchungsgebiet – die westliche Ostsee - gehört sowohl sedimentologisch als auch hydrographisch zu den global am intensivsten erforschten Meeresgebieten. Abbildung 1-1 zeigt eine geographische Übersicht über das Untersuchungsgebiet.

Der regionale Rahmen des Untersuchungsgebietes umfaßt die westliche Ostsee zwischen Lübecker Bucht bzw. Fehmarn Belt im Westen und dem Arkonabecken im Osten. Nach Wattenberg (1949) läßt sich das Arbeitsgebiet der Belt- bzw. Arkonasee zuordnen. Für den Wasseraustausch zwischen Nord- und Ostsee spielt diese Region eine entscheidende Rolle.

Das Untersuchungsgebiet ist gekennzeichnet durch die beiden rezenten Sedimentakkumulationsgebiete der Mecklenburger Bucht und des Arkonabeckens. Zwischen diesen beiden Beckenstrukturen mit maximalen Wassertiefen von 26 bzw. nahezu 50 m befindet sich die spätglazial angelegte Darßer Schwelle mit einer rezenten Satteltiefe von 18 m. Damit kommt der Darßer Schwelle als letztem flachen Hindernis vor dem Arkonabecken eine wichtige Rolle für die Hydrodynamik des betrachteten Gebietes zu.

Die Morphologie des Arbeitsgebietes ist weitgehend durch die Gletschermassen der pleistozänen Vereisungen und dabei insbesondere durch die Weichselvereisung geprägt. In Abhängigkeit von der Gletscherdynamik und der präexistente Morphologie, aber auch von der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes sowie von dessen tektonischem Bau entstand dabei die Anlage für die heute anzutreffende Becken- und Schwellenstruktur.

Das Korngrößenspektrum der Geschiebemergel reicht von der tonigen Fraktion bis hin zu Kiespartikeln und Steinen. Im Wirkungsbereich von Wellen und Strömungen werden die leicht erodierbaren Bestandteile des Geschiebemergels ausgewaschen und forttransportiert. Im Ergebnis dieser Prozesse verbleiben auf der Oberfläche des Geschiebemergels dessen grobe Bestandteile. Diese sogenannten Restsedimente verhindern in der Folge eine weitere effektive Erosion des Geschiebemergels.

Die Vorkommen von Sanden konzentrieren sich in der westlichen Ostsee entlang der Küsten sowie auf größere Flächen zwischen Mecklenburger Bucht und Arkonabecken. In der Regel handelt es sich dabei um spätglaziale Bildungen, die durch spätere Umlagerungsprozesse überformt wurden. Die Korngrößen dieser Sande variieren entsprechend dem verfügbaren Ausgangsmaterial (im ersten Sedimentationszyklus vorwiegend Geschiebemergel oder glaziofluviale bzw. fluviale Sande) und der Art, Intensität und Dauer der jeweiligen Transportprozesse. Letztere sind durch das Zusammenwirken von bis zum Meeresboden durchgreifendem Seegang und Strömungsprozessen gekennzeichnet. Hinweise auf die Stärke und Richtung der jeweils beteiligten Strömungen geben Gradienten von granulometrischen und mineralogischen Eigenschaften der Sedimente, aber auch bestimmte Sedimentmarken.

Beispiele für solche strömungsinduzierten Sedimentmarken sind gerichtete Rippelstrukturen, die Amplituden von mehreren Metern und Wellenlängen von bis zu 200 m erreichen können (u.a. Werner & Newton 1975). Neben diesen transversalen Strukturen werden aber auch solche Longitudinalformen wie kleine Kometmarken und Sandbänder beobachtet (Lemke et al. 1994, Jensen et al. 1996).

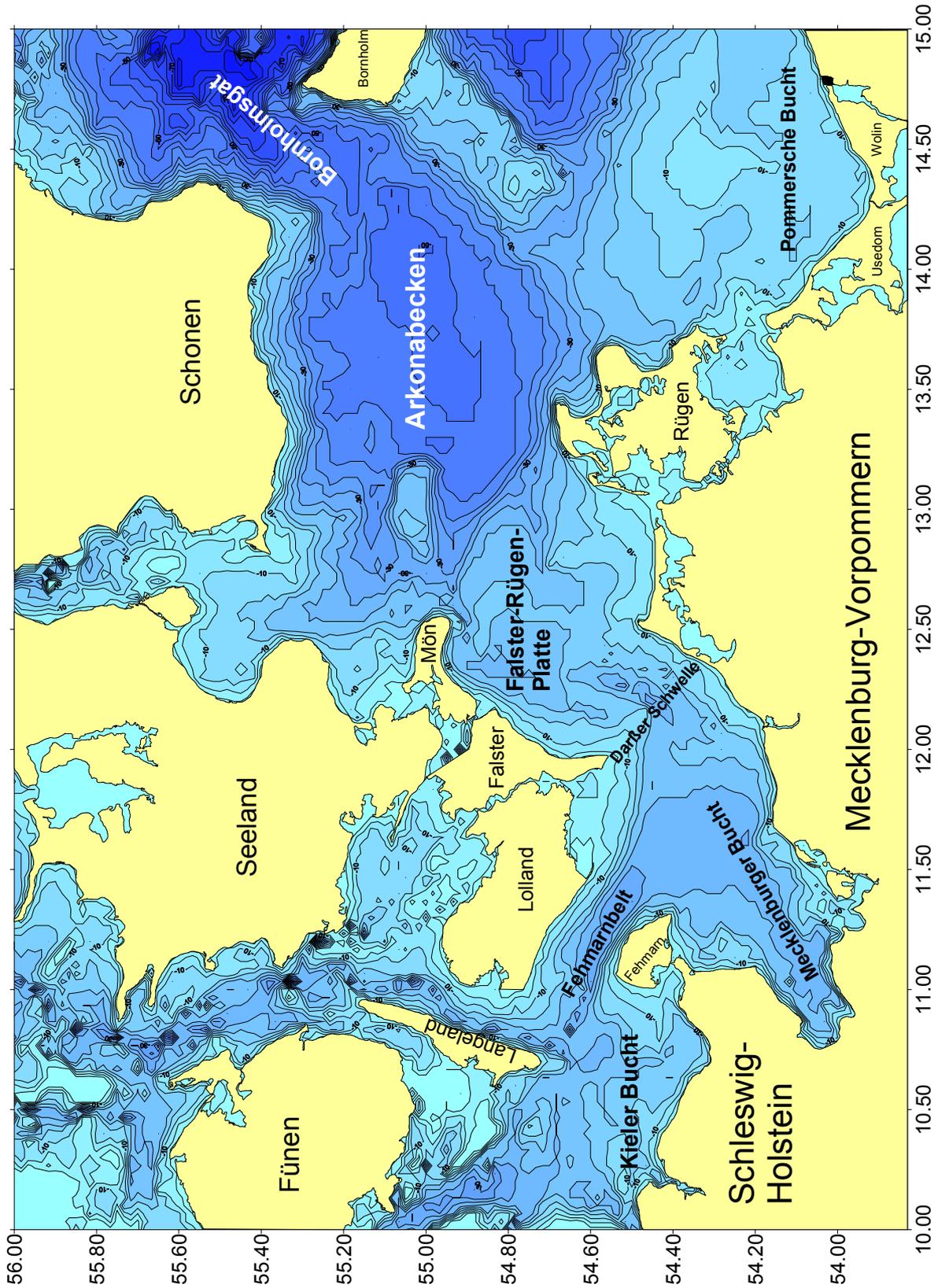
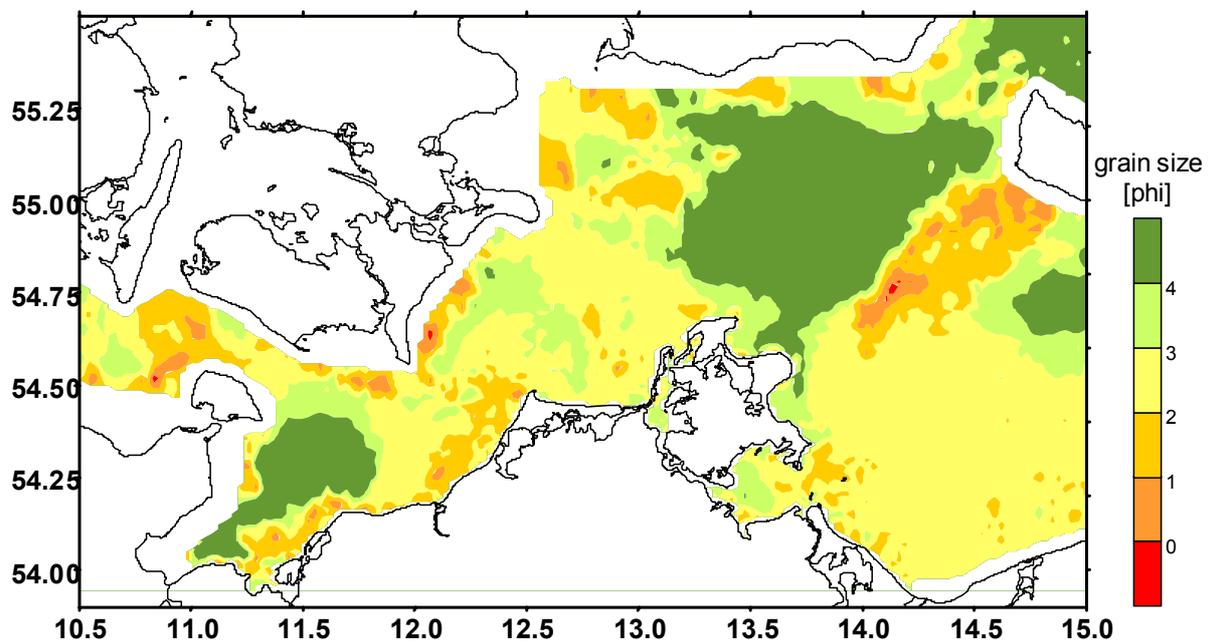


Abbildung 1-1 Bathymetrie und Gliederung westliche Ostsee

Die Sedimentation in den Beckenbereichen ist durch eine Nettoakkumulation von Schlick gekennzeichnet. Seine klastischen Bestandteile, die etwa 90 % des Trockengewichtes ausmachen, gehören von der Korngröße her in den Schluff- bzw. Siltbereich. Die organische Substanz macht 10 % aus. Der Anteil von tonigen bzw. sandigen Beimengungen verändert sich in Abhängigkeit von der Größe und Tiefe der jeweiligen Ostseebecken.

Die relativ hohen Gehalte an organischer Substanz bewirken einen hohen Sauerstoffbedarf bei vor allem bakteriell gesteuerten Prozessen. Im Extremfall kann dies bis zur Bildung völlig anoxischer Bedingungen bereits oberhalb der Sedimentoberfläche führen.

Hauptquelle für die organische Substanz im Schlick ist das Plankton, wobei insbesondere die jährliche Frühjahrsblüte den Haupteintrag verursacht. Nach Winterhalter et al. (1981) übersteigen die Akkumulationsraten des Schlicks in der Ostsee generell kaum den Wert von 2.0 mm pro Jahr. Für den Zentralteil der Mecklenburger Bucht beträgt die rezente Akkumulationsrate nach Lange (1984) 1.5 mm pro Jahr.



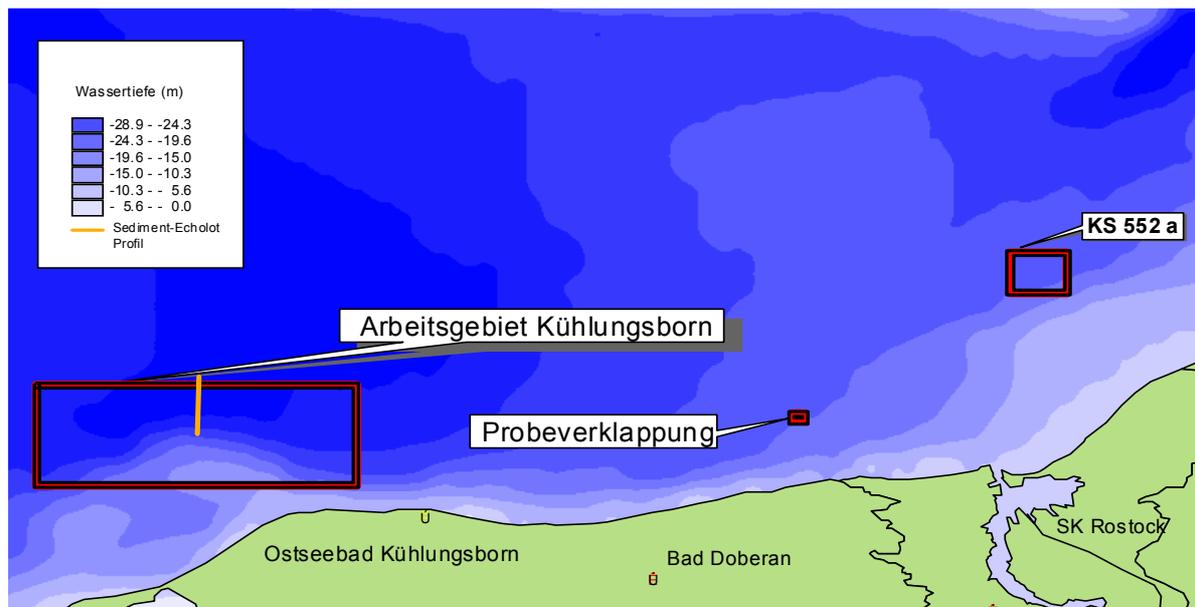
**Abbildung 1-2 Mittlere Korngröße („median“) in Oberflächensedimenten der westlichen Ostsee nach Rietz, Seifert und Bobertz (1998)**

Am IOW wurden Forschungsdaten von ca. 18.000 Stationen der westlichen Ostsee aufbereitet und in eine digitale Form überführt. In Anlehnung an eine von Tauber (1995) erarbeitete Methode wurden Parameter der an den Stationen bestimmten Korngrößenverteilungen als Grundlage für weitere sedimentdynamische Untersuchungen berechnet und auf den Untersuchungsraum überdeckende Gitter interpoliert. Abbildung 1-2 zeigt den Parameter „median“ als ein Maß für die mittlere Korngröße in Form einer Karte für die westliche Ostsee nach Rietz, Seifert und Bobertz (1998). Die oben beschriebenen sedimentären Haupttypen zeichnen sich anhand der Korngröße in der Karte ab. Zu geologischen Karten der Ostsee wird auf Harff et al. (1995) verwiesen.

Für eine generelle Einführung in die Meereskunde und die Meeresgeologie die Ostsee siehe Winterhalter (1981) und Reinheimer et al. (1996).

## 1.2 Arbeitsgebiete

Für das Praktikum wurden solche Arbeitsgebiete ausgewählt, die exemplarisch für die gesamte Untersuchungsregion stehen. Neben einem natürlichen, nicht anthropogen beeinflussten Gebiet wurden zwei anthropogen gestörte Gebiete einbezogen (**Abbildung 1-3**).



**Abbildung 1-3 Arbeitsgebiete für das geomarine Praktikum**

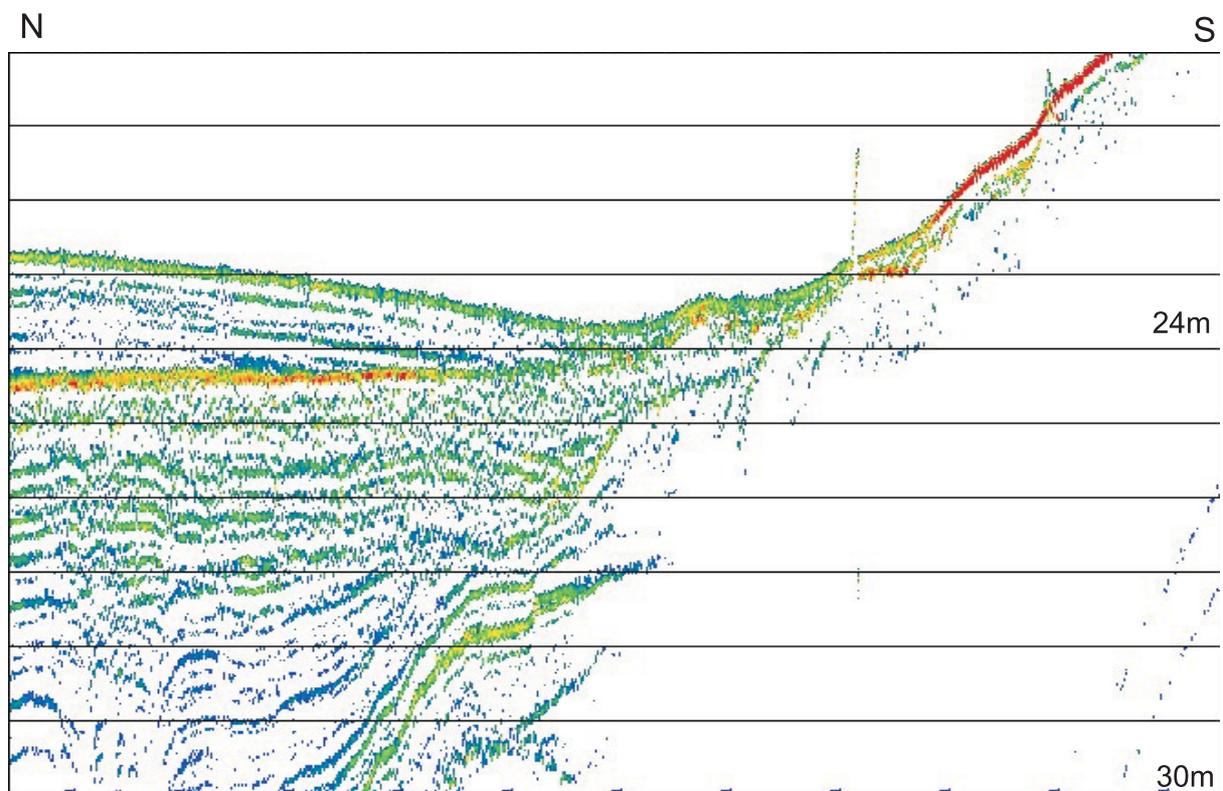
Bei der Auswahl der „Arbeitsgebietes Kühlungsborn“ wurde berücksichtigt, daß hier alle wichtigen im Untersuchungsgebiet anstehenden Sedimenttypen auf relativ engem Raum nebeneinander anzutreffen sind. Abbildung 1-4 zeigt ein Sedimentecholotprofil durch das Schlüsselgebiet. Im Sedimentechogramm wird deutlich, daß in den Wassertiefen bis 26 m sehr schallharte Sedimente anstehen, die lokal mit Steinen bestreut sind. Dabei handelt es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um Geschiebemergel bzw. darauf lagernde Restsedimente. Weiter nordwestlich bildet holozäner Schlick eine uhrglasförmige Aufwölbung. An der Basis des Schlicks ist eine deutliche Diskontinuität erkennbar. Sie trennt den brackisch-marinen Schlick von darunter lagernden frühholozänen limnischen Sedimenten. Unter diesen Torfen, Torf- und Kalkgyttjen zeigen akustisch laminierte Muster die Verbreitung von spätglazialen Staubeckentonen an. Diese können im Untersuchungsgebiet Mächtigkeiten von mehreren Dekametern erreichen (Lemke 1998).

Die Baggerschüttstelle 552a ist bereits beim Monitoring durch das WSA und die BfG sowie bei Vorarbeiten zu diesem Projekt ersten Untersuchungen unterzogen worden (s.o.) und bildet eine Typuslokalität für anthropogen beeinflusste Sedimentation im Flachwasserbereich (s. Abbildung 1-3).

Zwei weitere Gebiete stehen für die praktische Nutzung des Untersuchungsgebietes als Deponie für Baggergut, das bei der Vertiefung der Fahrrinnen für die Schifffahrt, sowie bei anderen Wasserbaumaßnahmen laufend anfällt. Auf der Klappstelle 552a des Wasser- und

Schiffahrtsamt Stralsund wird von Transportschuten Baggergut seit mehreren Jahren auf mittel- bis grobsandigem Untergund, bzw. Restsedimente planmässig abgesetzt. Auf dieses Gebiet richten sich Mess- und Beprobungsarbeiten im Rahmen des geomarinen Praktikums des IOW und der Universität Greifswald schon seit 1995, weil die Wechselwirkung natürlicher und anthropogener Sedimentation in diesem Gebiet exemplarisch studiert werden kann. Wegen eines in unmittelbarer Nähe verlaufenden Seekabels sind Arbeiten am Seeboden hier leider nur noch sehr eingeschränkt möglich.

Zusätzlich wurde eine Probeverklappung in einem speziell dafür ausgewählten Gebiet im Mai 2001 durchgeführt, um die natürliche Verdriftung von Baggerboden mit definierten Eigenschaften studieren zu können. Die Lokalität wurde wegen ihrer vermittelnden Stellung zwischen den beiden o. g. Gebieten ausgewählt. Auch dieses Gebiet wurde im geomarinen Praktikums voruntersucht.



**Abbildung 1-4 Sedimentecholotprofil im Arbeitsgebiet Kühlungsborn**

### 1.3 Das Forschungsschiff „Professor Albrecht Penck“

Das Forschungsschiff „Professor Albrecht Penck“ wird von der Baltic Marine Service GmbH (BMS), einer Tochter der Forschungsreederei (RF) Bremen bereedert. Es steht hauptsächlich dem Institut für Ostseeforschung für Monitoring- und Forschungs Expeditionen in der Ostsee zur Verfügung.

Die technischen Daten der „Prof. Albrecht Penck“ sind der Anl. 1 zu entnehmen. Anl. 2 gibt den Bauplan wieder. Obgleich das Schiff bereits 1951 in Dienst gestellt wurde, eignet es sich

---

auch heute noch – nach Modernisierung der technischen Ausstattung vor allem nach 1990 – sehr gut für die Forschungsarbeit in küstennahen Gewässern, wo es bis zu einer minimalen Wassertiefe von 6 m operiert. Die Reisegeschwindigkeit des Schiffes beträgt ca. 9 kn.

Das Schiff ist mit zwei Radaranlagen ausgerüstet. Für die Navigation und die grundlegende Positionsbestimmung für Forschungsarbeiten auf See steht ein GPS – Satellitennavigator RS 5310 mit Differentialteil 5360 von Shipmate zur Verfügung. Für die Wassertiefenbestimmung kann ein ELAC-Flachwasserlot LAZ 100 verwendet werden. Zusätzlich ist ein Zweikanal-Echolot vom Typ E-SeaSound 103SP mit fest installierten Schwingern (15/210 kHz) vorhanden.

Auf der Backbordseite verfügt das Schiff über eine CTD-Winde mit einer Tragkraft von 1.5 t. Ein Hydraulikarm schwenkt die Sonde beim Einsatz aus.

Geologische Geräte werden mittels des in der Mitte des Vorschiffes befindlichen Hydraulik-Krans mit einer Zugkraft von 3 t ausgebracht. Eine zweite Trommelwinde mit hydraulischem Antrieb befindet sich auf der Backbordseite des Hauptdecks, wobei die Seile über einen Block am Deckskran gefahren werden.

Für die Wissenschaftler stehen mehrere Labors auf dem Hauptdeck zur Verfügung (s. Anlage 2). Das Chemielabor auf der Steuerbordseite kann speziell für die Bearbeitung von Sedimentproben genutzt werden. Im Biologielabor, einem kleinen Raum auf der Backbordseite befindet sich das für geologische Arbeiten wichtige Zweikanal-Echolot vom Typ E-SeaSound 103SP. Im Rechnerraum befinden sich die EDV-Peripherie sowie die Anlagen zur CTD-Datenaufbereitung. Das Hydrolabor steht für chemische Analytik zur Verfügung. Ein zentrales Datenverteilungssystem DATADIS sorgt für die Übermittlung geographischer, hydrographischer und meteorologischer Daten in alle Labors des Schiffes, wo sie jederzeit abgegriffen und wissenschaftlichen Daten zugeordnet werden können.

Eine Stammbesatzung von 10 Personen sorgt für den einwandfreien technischen Betrieb des Schiffes. Es bietet zudem Raum für 10 Wissenschaftler, die in 2-Mannkammern untergebracht sind (s. Anl. 3).

## 2. Geowissenschaftliche Schiffsexpeditionen

(J.Harff)

### 2.2 Organisatorische Vorbereitung und Durchführung

Im IOW sorgt ein Schiffskoordinator für die reibungslose Zusammenarbeit zwischen dem Institut bzw. seinen wissenschaftlichen Kooperationspartnern, der Reederei und den Schiffen (zusätzlich zur „Prof. Albrecht Penck“ steht dem IOW ein weiteres Forschungsschiff – die „A. v. Humboldt“ zur Verfügung.). Entsprechend dem Forschungs- und Monitoring-Programm sorgt er für die Erstellung von Schiffseinsatzplänen jeweils ein Jahr im voraus. Ebenso besorgt er die Beantragung von Notifikationen bei Arbeiten in ausländischen Gewässern. Für die Planung von Forschungsreisen sind dabei insbesondere die unterschiedlichen Notifikationsfristen zu beachten .

Der Ablauf der Fahrtabwicklung ist der Anl. 4 zu entnehmen. Die **Planung** der Forschungsreisen obliegt dem Expeditionsleiter. Er erstellt mindestens 14 Tage im voraus einen Fahrauftrag, der vom Schiffskoordinator und IOW-Direktor zu bestätigen ist, bevor er an die Reederei zur Durchführung weitergeleitet wird. Anl. 8 zeigt als Beispiel eine Kopie des Fahrauftrages für die Reise zum geomarinen Praktikum 2000. Zum Expeditionsauftrag gehören neben dem ausgefüllten Formblatt ein wissenschaftliches Arbeitsprogramm sowie ein Stations- und Profilplan. Mit nicht IOW-Angehörigen sind vor Fahrtantritt Gastwissenschaftler-Vereinbarungen abzuschliessen. Ebenso sorgt der Expeditionsleiter für den Kammerbelegungsplan der Expeditionsteilnehmer.

Während der Reise ist der Expeditionsleiter für die **Ausführung** des wissenschaftlichen Programms in Abstimmung mit der Schiffsführung verantwortlich. Für die Arbeitssicherheit und technische Ausführung des Programms ist der Kapitän zuständig. Seinen und den von ihm beauftragten Personen ist in jedem Fall Folge zu leisten. Vor Antritt der Reise werden die Expeditionsteilnehmer in das Verhalten an Bord, speziell im Schadensfall von der Schiffsführung eingewiesen. Entscheidungen zur Spezifizierung oder Änderung der Forschungsprogramme während der Reise trifft der Expeditionsleiter in Abstimmung mit der Schiffsführung. Entsprechende Informationen, einschliesslich Positionen und Geräteeinsatz gibt der Expeditionsleiter vor Ausführung rechtzeitig **s c h r i f t l i c h** an die Schiffsführung.

Spätestens 10 Tage nach Abschluss der Reise erfolgt die **Berichterstattung** des Expeditionsleiters. Sie umfasst neben dem ausgefüllten Formblatt des IOW (das dem Expeditionsauftrag im Wesentlichen entspricht) einen wissenschaftlichen Berichtsteil sowie den Cruise Summary Report (CSR). Der CSR enthält Informationen für das Deutsche Ozeanographische Datenzentrum, das Daten über Forschungsreisen für den internationalen Gebrauch vorhält. Zur Protokollierung des Fahrtablaufes steht das "Reiseprogramm" des IOW zur Verfügung (Anl. 5)

Der Expeditionsleiter sorgt für eine ordnungsgemässe Dokumentation der **Forschungsdaten**. Grundlage dafür ist die Erfassung von Metadaten für alle Mess- und Beprobungsaktivitäten während der Expedition. Ein Formblatt für die Erfassung dieser Daten ist der Anl. 6 zu entnehmen. Grundlage für das Auffinden von Daten in Archiven oder Datenbanken ist die vom Expeditionsleiter eindeutig vergebene Stations-Nummer des IOW. Vor Antritt der Reise vergibt der Datenmanager der Sektion Marine Geologie des IOW entsprechende Nummern an den Expeditionsleiter. Für jede Station werden die entsprechenden Aktivitäten

---

durchnumeriert und Angaben zu Ort, Zeit, Wassertiefe, Gerät etc. (s. Formblatt) zugeordnet. Zusätzlich enthält das Blatt Angaben zu Folgebögen, speziell zur Probenbeschreibung.

Die Metadaten beschreiben die eigentlichen Forschungsdaten, die entweder an Bord oder später im Labor (s. Teil 3 dieser Skripte) erfasst und in Datenarchiven abgelegt werden. Dabei verwenden die Forscher unterschiedliche Archivierungssysteme. Diese reichen von einfachen EXCEL-Tabellen, dBase-oder ACCESS-Dateien bis zu anspruchsvollen Systemen, welche eine internationale Datenverteilung über WWW ermöglichen. Für letztere sei hier auf das System PANGAEA verwiesen, das am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven entwickelt und auch am IOW für internationale Forschungsprojekte bereits erfolgreich eingesetzt wurde.

## 2.3 Wissenschaftliche geomarine Arbeitsmethoden

Beim Einsatz wissenschaftlicher Arbeitsmethoden werden der direkten Beobachtung oder Probenahme am Meeresboden zunächst indirekte geophysikalische Messverfahren vorgeschaltet, die zunächst einer übersichtsmässigen Aufnahme des Untersuchungsgebietes dienen. Seitensichtsonare geben Aufschluss über die Oberflächenstruktur des Meeresbodens, während Sedimentecholote (bzw. flachseismische Messverfahren) die vertikale Lagerungsstruktur der Sedimente enthüllen. Bei der Profilplanung sind die Aufgabenstellung sowie die zur Verfügung stehende Zeit und dementsprechend die dem Messverfahren angepasste Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes zu berücksichtigen. Zur Interpretation der geophysikalischen Messungen (speziell mit dem Seitensichtsonar) stehen dem Meereswissenschaftler im Flachmeerbereich geschleppte Video-Systeme zur Verfügung, die eine relativ detaillierte Information über den Zustand, einschliesslich benthischer Besiedlung des Meeresbodens, geben. Bei der Planung muss die – verglichen mit den geophysikalischen Verfahren – geringe Schleppgeschwindigkeit berücksichtigt werden, die den Einsatz der Video-Technik nur für ausgewählte Bereiche erlaubt. Auf Grund der komplexen Auswertung von geophysikalischen Messergebnissen und der Video-Beobachtung trifft der Geologe dann die Entscheidung über konkrete Stationen und Geräte für die sedimentologische Probenahme. Dementsprechend sind die im folgenden beschriebenen Methoden im Sinne eines sequentiellen Einsatzes zu betrachten.

### 3. Geophysikalische Messmethoden

(R.Endler, V.1.0: 16.03.00)

#### Bathymetrie

Ein Schwerpunkt der marinen Geowissenschaften ist die Vermessung der Topographie des Meeresbodens. In den Anfängen der Meeresforschung wurden Wassertiefen mit Hilfe von Hand-Loten (dünner, markierter Draht/Leine mit einem Gewicht) bestimmt. Heute nutzt man Techniken der Hydroakustik. Eine konzentrierte Darstellung zur Hydroakustik ist in Barnik u.a. (1984) enthalten. Web-Surfer können bei (<http://www.hydrographicsociety.org/>) starten.

Die Geräte zur Messung der Wassertiefe bezeichnet man als Echolote. Die Technik basiert auf der Laufzeitmessung von Ultraschall-Signalen. Von einer im Boden des Schiffes installierten Schallquelle wird ein kurzer Schallimpuls abgestrahlt. Dieser breitet sich im Wasser aus, wird am Seeboden reflektiert und das Echo (daher der die Bezeichnung Echolot) mit einem Schallempfänger am Schiff registriert. Die Wassertiefe WT berechnet sich dann zu

#### Gleichung 3-1

$$WT = H_w - H_p + (V_p(S,T,P) * TWT / 2)$$

mit

$H_w$	- Tauchtiefe des Schallwandlers
$V_p(S,T,P)$	- Schallgeschwindigkeit im Wasser (abhängig von Salzgehalt S, Temperatur T und Druck)
TWT	- Laufzeit des Schallimpulses (two way travel time).
$H_p$	- aktueller Pegelstand

Wie zu erkennen ist, müssen neben der Laufzeit TWT des Schallimpulses noch weitere Parameter berücksichtigt werden. Bei Vermessungs,- bzw. Forschungsschiffen schwankt die Tauchtiefe des Schallwandlers  $H_w$  in Abhängigkeit vom aktuellen Tiefgang ( Beladung, Füllstand der Tanks, ...) des Schiffes im Bereich einiger Dezimeter.

Die Korrektur des Pegelstands ist für Messungen im offenen Ozean kaum von Bedeutung. In küstennahen Zonen mit ausgeprägten Gezeiten sowie in Gebieten mit meteorologisch bedingten Wasserstandschwankungen (z.B. Ostsee) muß diese Korrektur häufig angebracht werden. In der Ostsee liegt sie in der Regel unter 1 m.

Die Schallgeschwindigkeit  $V_p(S,T,P)$  ändert sich sowohl räumlich als auch zeitlich. Sie kann direkt mittels entsprechender Sonden gemessen werden. Häufiger wird sie jedoch aus Salzgehalt, Temperatur und Druck berechnet. Entsprechende Formeln und Tabellen sind in Bialek, E.L. (1966), Fofonoff & Millard (1983) sowie in Sündermann (1986) zu finden.

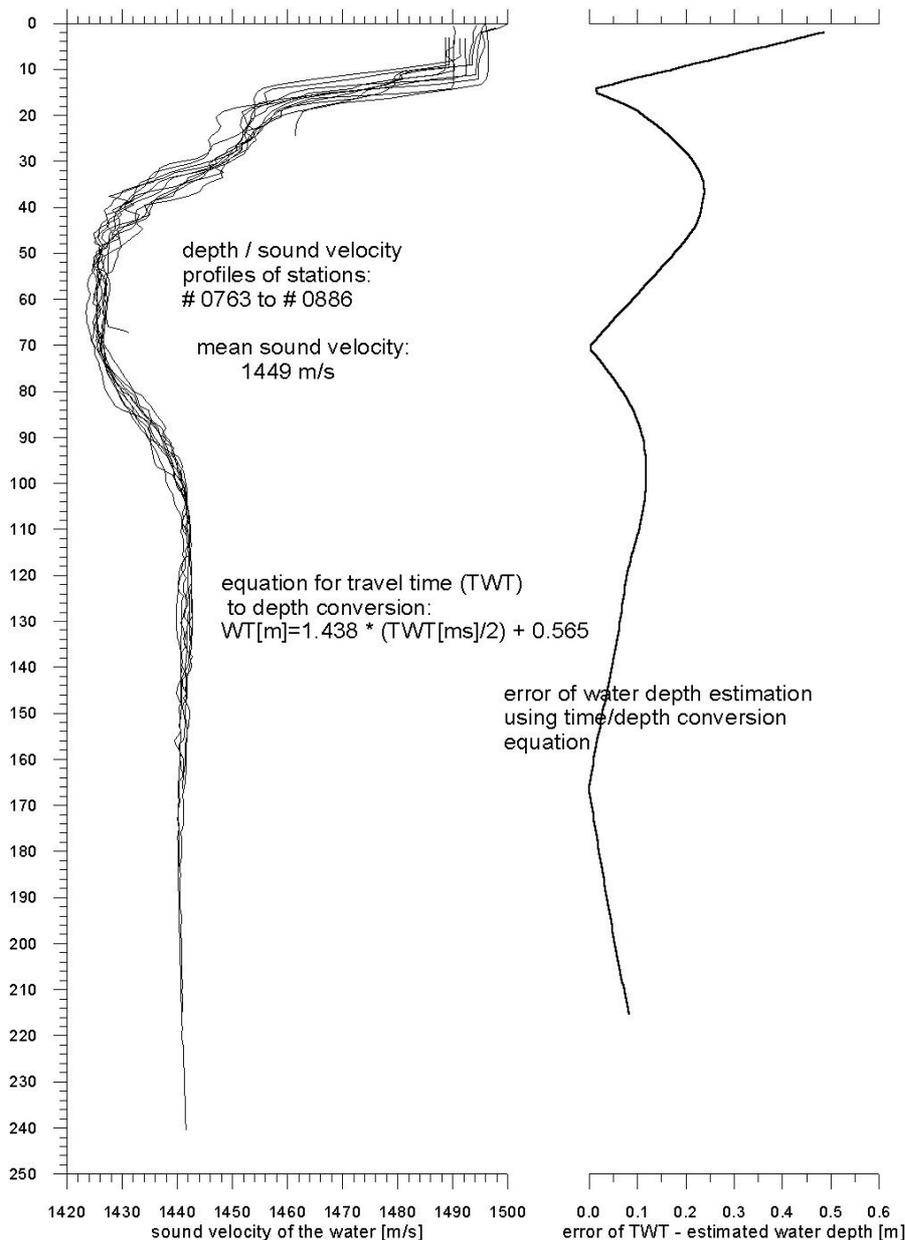
Eine relativ einfache Formel zur Berechnung der Schallgeschwindigkeitsprofile in Abhängigkeit von Temperatur T [°C], Salzgehalt S [‰] und Tiefe D [m] wurde von Medwin (1975) entwickelt:

#### Gleichung 3-2

$$V_p = 1449,2 + 4,6 * T - 0,055 * T^2 + 0,00029 * T^3 + (1,34 - 0,010 * T) * (S - 35) + 0,016 D$$

Die Genauigkeit liegt bei 0.2 m/s für die Parameterbereiche von 0-30°C, 0 - 1000m, 20 - 40 ‰.

Ein Beispiel für ein Schallgeschwindigkeitsprofil aus der Ostsee (Gotlandbecken ) ist in Abbildung 3-1 dargestellt. Eine Schicht warmen Wassers an der Oberfläche verursacht hohe Schallgeschwindigkeiten. Die zunehmende Abkühlung sorgt für einen Rückgang der Schallgeschwindigkeit mit der Tiefe, was zur Ausprägung eines deutlichen Minimums führt. Der darunter liegende Anstieg ist auf eine Erhöhung des Salzgehaltes (größere Dichte) zurückzuführen. Derartig ausgeprägte Minima im Schallgeschwindigkeitsprofil können Schallsignale über weite Strecken im Meer übertragen. Sie haben eine große Bedeutung im militärischen Bereich (z.B. U-Boot-Ortung). Ähnliche Schallstrukturen existieren auch im Sediment (Schlick).



**Abbildung 3-1 Schallgeschwindigkeitsprofil im Gotlandbecken und Fehler bei Tiefenkonversion.**

Da Schallgeschwindigkeitsprofile nur für einzelne Stationen bestimmt werden können, berechnet man mittlere Schallgeschwindigkeiten für einzelne Untersuchungsgebiete. Mit diesen Werten erfolgt dann die Zeit - Tiefen Transformation. Das kann bei stark wechselnden

Wassertiefen zu größeren Fehlern führen (siehe rechter Teil in Abbildung 3-1 ). In solchen Fällen müssen entweder neue mittlere Schallgeschwindigkeiten gemessen / berechnet oder das komplette Schallgeschwindigkeitsprofil einbezogen werden.

Die technischen Parameter der Echolote ergeben sich aus dem Verwendungszweck. Wesentliche Kriterien zur Beurteilung der Eignung eines bestimmten Gerätes sind Reichweite, Genauigkeit und Zuverlässigkeit.

Die Reichweite eines Echolotsystems wird durch die Energie und Frequenz des abgestrahlten Schallimpulses sowie dem Pegel der Störgeräusche (z.B. Schiffsgeräusche) bestimmt. Schallwellen erfahren bei ihrer Ausbreitung eine Dämpfung die einerseits durch die räumliche Ausdehnung (sphärische Divergenz) und andererseits durch materialbedingte Energieumwandlung (z.B. Reibung) verursacht wird. Die materialbedingte Dämpfung ist frequenzabhängig; hohe Frequenzen werden stärker gedämpft als niedrige. Generell gilt hohe Energie und niedrige Frequenz = große Reichweite.

Die Genauigkeit der Wassertiefenbestimmung hängt in erster Linie von der Präzision der Laufzeitmessung des Schallechos ab. Frequenz und Richtcharakteristik des Schallfeldes sowie die Schallimpulsfolge bestimmen das räumliche Auflösungsvermögen. Die durch den Seegang bedingte instabile Lage der Schallwandler kann zu beträchtlichen Fehlern in Echolotung führen. Um die Drehbewegungen zu kompensieren, wurden früher die akustischen Wandler auf kreiselstabilisierten Plattformen installiert. Ein sog. "Hubsensor" lieferte ein der vertikalen Schiffsbewegung proportionales Signal, welches zur Korrektur der Tauchtiefe der Wandler ( $H_w$  in Gleichung 3-1) genutzt wurde. Heute nutzt man sog. "motion reference units" (MRU's), welche sowohl die Dreh- als auch die Translations-Beschleunigungen messen und die für die Stabilisierung und Korrektur notwendigen Signale liefern. In der Regel werden piezokeramische, früher magnetostriktive Wandler zur Erzeugung und gleichermaßen zum Empfang der Ultraschallimpulse verwendet. Eine gerichtete Schallabstrahlung erzielt man durch Kombination mehrerer Wandler in einem sog. "Array". Durch eine gezielte elektronische Ansteuerung der einzelnen Wandler bzw. Elemente des Arrays kann die Richtung der Schallabstrahlung geändert und somit die Drehbewegungen des Schiffes korrigiert werden. Eine der Vertikalbewegung des Schiffes proportional verzögerte Abstrahlung des Schallimpulses korrigiert den seegangsbedingten Hub des Schiffes.

Die Laufzeitmessung der Schallechos kann manuell und/oder digital erfolgen. Bei den meisten Echoloten werden die empfangenen Schallsignale entweder auf einem Bildschirm und/oder auf einem Thermo-Kammschreiber dargestellt. Ein Beispiel für eine derartige Registrierung, auch Echogramm genannt, ist in Abbildung 3-2 dargestellt. Die vertikale Achse ist die Schallimpulslaufzeit- bzw. Tiefen-Achse (Skalierung durch horizontale dünne glatte Linien, Registrierbereich von 30 m bis 80 m). Das hier verwendete Echolot DESO25 konvertiert intern die Schallimpulslaufzeit für eine einstellbare mittlere Schallgeschwindigkeit in den entsprechenden Tiefenbereich. Die horizontale Achse entspricht dem Weg, den das Schiff während der Echolotmessung zurückgelegt hat. Die Zahlen an der unteren Achse stellen die während der Messung aktuelle Uhrzeit (in der Regel UTC) dar. Damit ist eine räumlich Zuordnung der Meßdaten zu den GPS - Positionsdaten möglich. Die Wassertiefen können an der Lage des Seeboden - Schallechos abgelesen werden (hier 45.8m). Das Seeboden - Schallecho weist einen sägezahnförmigen Verlauf auf, der durch Seegang verursacht wird (das Echolot ist nicht seegangskompensiert, s.o.) und eine exakte Tiefenbestimmung erschwert. Die dünne, mit Digitalisierungsrückmeldung bezeichnete Linie über dem Seeboden-Echo informiert darüber, wie gut die digitale Wassertiefenbestimmung

im Gerät funktioniert. Die an das Schiffsinformations-System übermittelten digitalen Wassertiefendaten sind fehlerfrei, wenn die Digitalisierungsrückmeldung parallel zum Seeboden-Echo verläuft.

Die Schwärzungen unter dem Seeboden - Echo werden von Echosignalen verursacht die von Strukturen aus dem Untergrund stammen (siehe Sedimentecholotung). Vertikal verlaufende helle Bänder werden durch Blasenschleier verursacht, die bei starkem Seegang unter die akustischen Wandler gelangen und zu einer starken Dämpfung (bis Totalausfall) der Schallsignale führen.

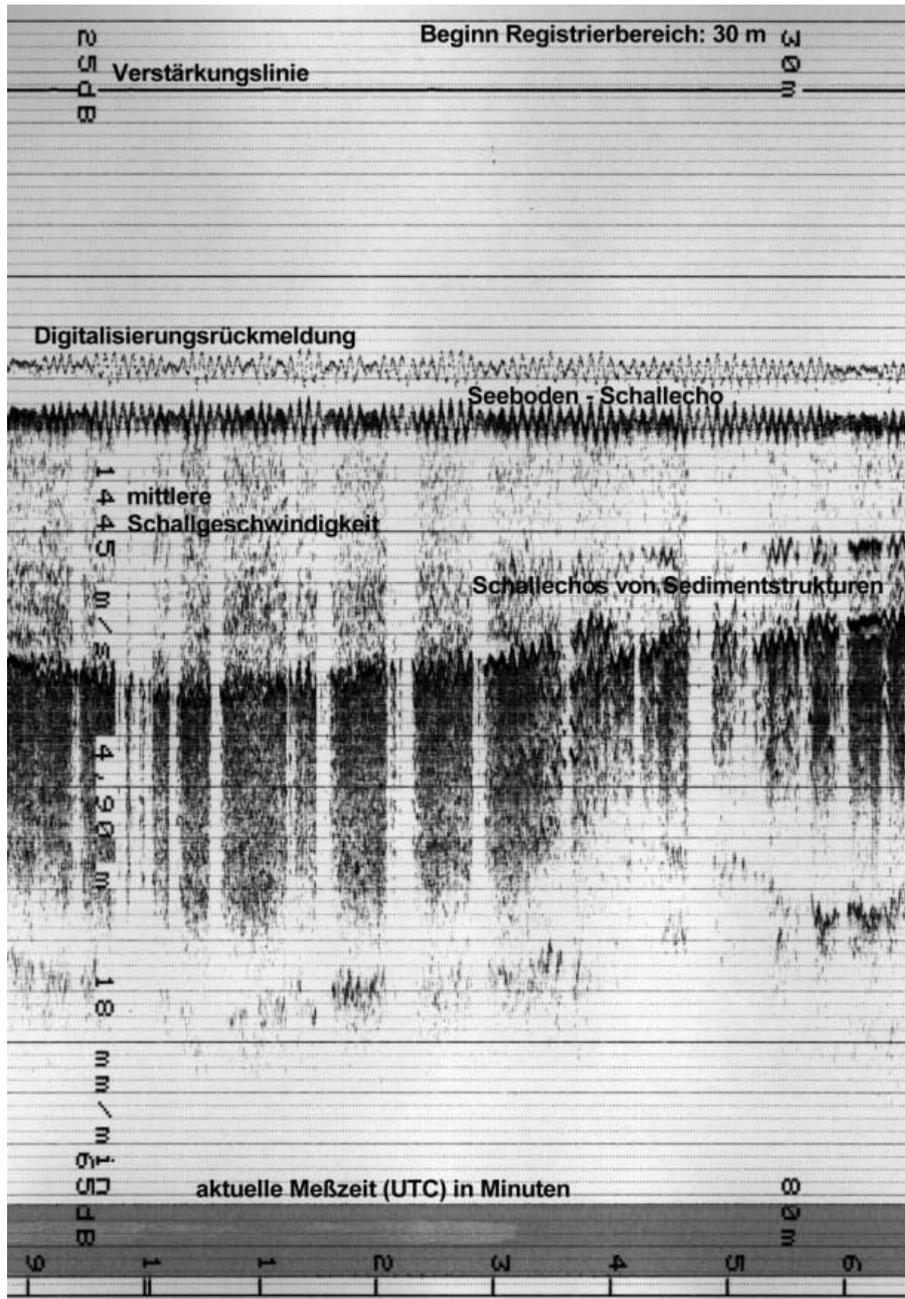
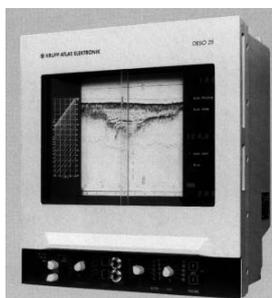


Abbildung 3-2 DESO25 Echogramm - Beispiel, Störungen durch starken Seegang

Auf den Forschungsschiffen des IOW und FS Prof.A.Penck) sind die Vermessungsecholote Deso25 (FS A.v.Humboldt) und E-Sea Sound103SP installiert. Eine Übersicht zu den wichtigsten Geräte-Parametern ist in Tabelle 3-1 enthalten.



Leistungsmerkmale	Deso25	E-SeaSound 135SP
parallel betreibbare Kanäle / Schallfrequenzen	15 kHz, 210 kHz (optimal 12, 33, 100 kHz)	15 kHz, 210 kHz (optional 33, 38, 50 kHz)
Schallwandler: Frequenz, Leistung, Bündelung (2*9, -3 dB); Reichweite	15 kHz, 2000 W: 26 °; RW: 5000 m 36 °; RW: 2000 m 210 kHz, 100 W: 9 °; RW: 180 m	15 kHz, 500 W: 26 °; RW: 3200 m 36 °; RW: 1000 m 210 kHz, 100 W: 9 °; RW: 180 m
Meßbereiche:	0.. 5 m bis 0..15 000 m wählbar in 5 Stufen	0..5m bis 0..1600m wählbar
Meßbereichumschaltung:	automatisch / manuell	automatisch / manuell
Echogramm-Darstellung:	Thermo-Recorder, 200 mm Schreib-Breite	150*200 mm LCD -Display, Thermo-Recorder 216 mm Schreibbreite
Verstärkungsregelung:	manuell, automatisch	manuell, automatisch
Anzeige der Bodensignalstärke	nur Kanal 1, bei automatischer Verstärkung, Ausgabe über RS232, Anzeige als Verstärkungslinie im Echogramm	nur Kanal 1, bei automatischer Verstärkung, Ausgabe über RS232,
Genauigkeit der Wassertiefenbestimmung:	+/- 0.1 % des Wassertiefenwertes	+/- 0.1 % des Wassertiefenwertes
digitale Wassertiefenbestimmung	parallel in beiden Kanälen, Ausgabe über RS232	parallel in beiden Kanälen, Ausgabe über RS232
Korrektur Schallgeschwindigkeit, Wandlertiefe	ja	ja
Seegangskompensation (Hub)	möglich, bei angeschlossenem Hubsensor /MRU	möglich, bei angeschlossenem Hubsensor /MRU
Energieversorgung:	24 V-, 65 W	24V-/220V~, 40W
Abmessungen (H,B,T):	488* 440* 270 mm	322*303*130 mm
Gewicht	26 kg	7 kg

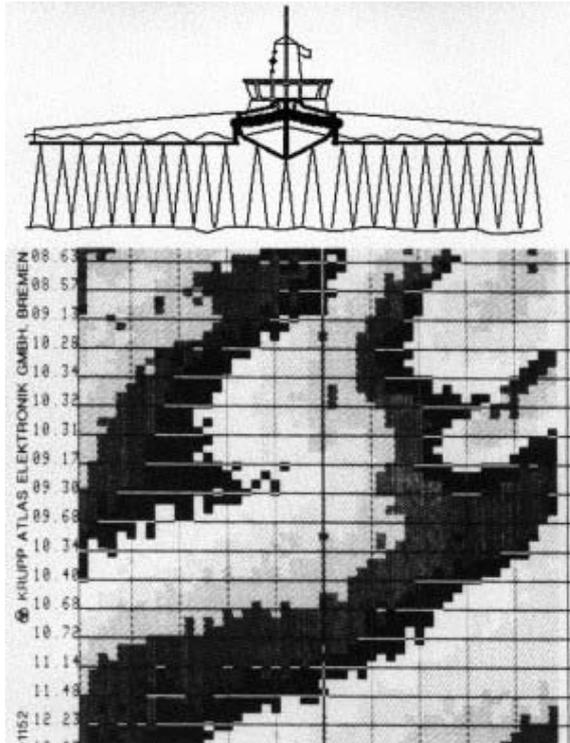
**Tabelle 3-1 Leistungsmerkmale der Vermessungsecholote Deso25 und E-SeaSound 135SP**

Beide Echolote arbeiten parallel in zwei Kanälen mit Schallimpulsen unterschiedlicher Frequenz. Als Schallwandler werden bei beiden Echoloten kombinierte 15 / 210 kHz (Typ SW1177) Wandler genutzt, die fest im Schiffsboden installiert sind. Eine elektronische Schallfeld-Schwenkung / -Stabilisierung ist nicht möglich.

Kanal 1 mit der niedrigen Frequenz von 15 kHz ist für die Arbeit in großen Wassertiefen (über 200 m) vorgesehen. Die Bündelung des Schallfeldes kann bei Bedarf (starker Seegang) von 26° auf 36° reduziert werden. Bedingt durch die vergleichsweise niedrige

Schalldämpfung kann dieser Kanal auch zur Untersuchung von Schichtungsstrukturen in Weichsedimenten genutzt werden.

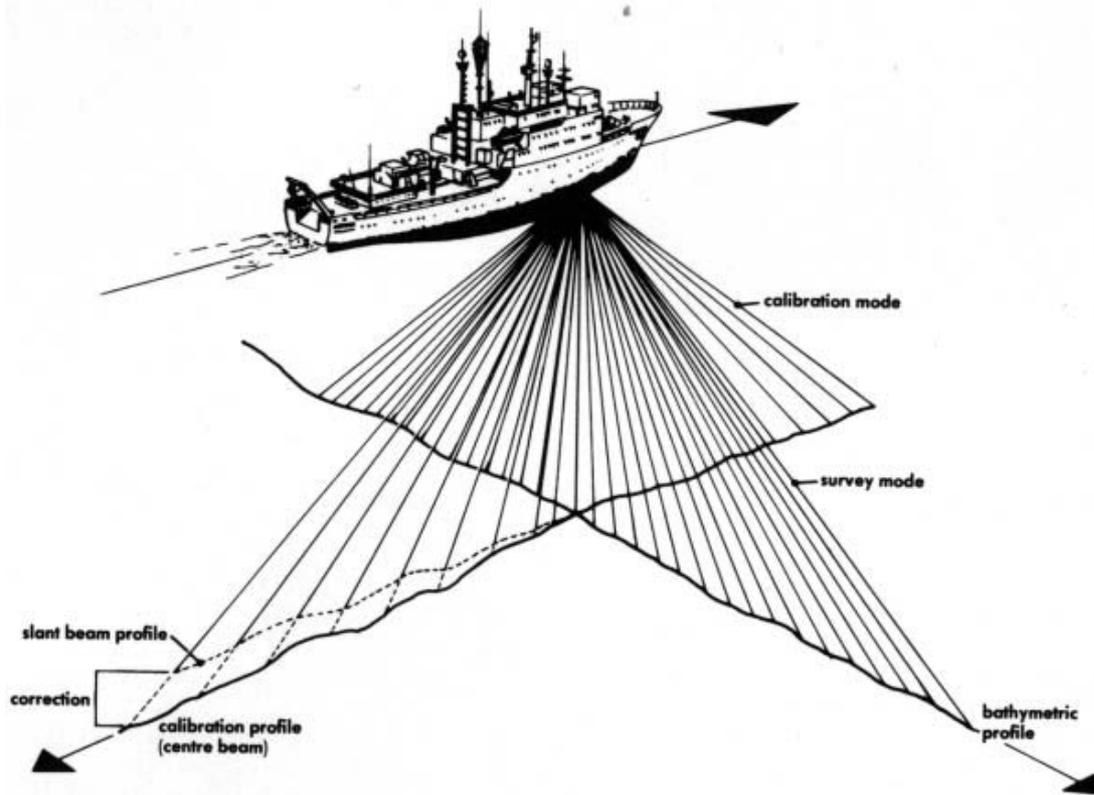
Kanal 2 arbeitet mit der hohen Schallfrequenz von 210 kHz. Das entsprechende Schallfeld ist stark gebündelt ( $9^\circ$ ) und gewährleistet eine hohe Genauigkeit / räumliche Auflösung. Dieser Kanal wird vorzugsweise in Wassertiefen unter 200 m genutzt. Insbesondere ist damit eine exakte Bestimmung der Tiefenlage sehr weicher, flüssig-plastischer Schlickablagerungen möglich. Ebenso werden Fische und Plankton in der Wasserschicht angezeigt.



Die ein/zweikanaligen Echolote ermöglichen die Bestimmung der Wassertiefen entlang vorgegebener Profil-Linien. Um ein bestimmtes Gebiet exakt zu vermessen, müssen dicht nebeneinander liegende Profil-Linien abgefahren werden. Um den damit verbundenen Fahrtaufwand zu reduzieren, wurden Echolotsysteme entwickelt, die während der Fahrt nicht nur eine Profil-Linie vermessen, sondern einen möglichst breiten Streifen erfassen. Für die lückenlose Vermessung von sehr flachen Gewässern wurde bereits Mitte der fünfziger Jahre von den deutschen Firmen Fahrenholz und Atlas sog. Bodenkartenschreiber - Systeme entwickelt. Bei diesen Systemen werden bis zu 50 Schallwandler an seitlich am Schiff befestigten Auslegern angebracht und zur Wassertiefenmessung benutzt (siehe Abbildung 3-3).

**Abbildung 3-3 Prinzip des Bodenkartenschreibers (Atlas Bomasweep)**

Bei der Vermessung tieferer Gewässer ist das Prinzip des Bodenkartenschreibers nicht anwendbar. Für derartige Aufgaben wurden sog. "Fächerecholote" entwickelt. Diese Systeme senden mit Hilfe von akustischen Wandler-Arrays fächerförmig angeordnete Schallstrahlen aus. Die Formung und Stabilisierung der Schallfächer erfolgt elektronisch. In Abbildung 3-4 ist die Anordnung der Schallstrahlen beim Fächerecholot Hydrosweep (Fa. Atlas Elektronik) dargestellt. Mit diesem System sind u.a. die deutschen Großforschungsschiffe FS Sonne und FS Meteor ausgerüstet. Mit Hilfe von 59 Schallstrahlen wird ein Seebodenstreifen abgetastet, der etwa doppelt so breit wie die Wassertiefe ist. Von entscheidender Bedeutung für die Berechnung der Wassertiefen ist die Kenntnis des Schallgeschwindigkeitsprofils (s.o.). Ein im Schiffsboden fest eingebauter Sensor bestimmt ständig die Schallgeschwindigkeit in der obersten Wasserschicht. Dann wird durch regelmäßige Messungen eines Fächerprofils in Längsrichtung und Vergleich der Schrägstrahlen mit dem Vertikalstrahl die mittlere Schallgeschwindigkeit in der vertikalen Wassersäule ermittelt. Durch entsprechende interne Berechnungen werden Schallbrechungseffekte an den schrägen Schallstrahlen kompensiert.



**Abbildung 3-4 Schallstrahlenanordnung beim Fächerecholot Hydrosweep (Atlas)**

Die Technik der Fächerecholote ist heute weit verbreitet und es gibt eine große Anzahl von Systemen sowohl für den Tiefwasser- als auch den Flachwasser-Einsatz. International führende Systeme existieren z.B. von SEABEAM (<http://www.seabeam.com/mbeam.htm>), SIMRAD ([http://www.kongsberg-simrad.com/Products/Hydrographic\\_Survey/multibeam/](http://www.kongsberg-simrad.com/Products/Hydrographic_Survey/multibeam/)) RESON (<http://www.reson.com/HydroBat1.html>) SUBMETRIX (<http://www.submetrix.co.uk/>)



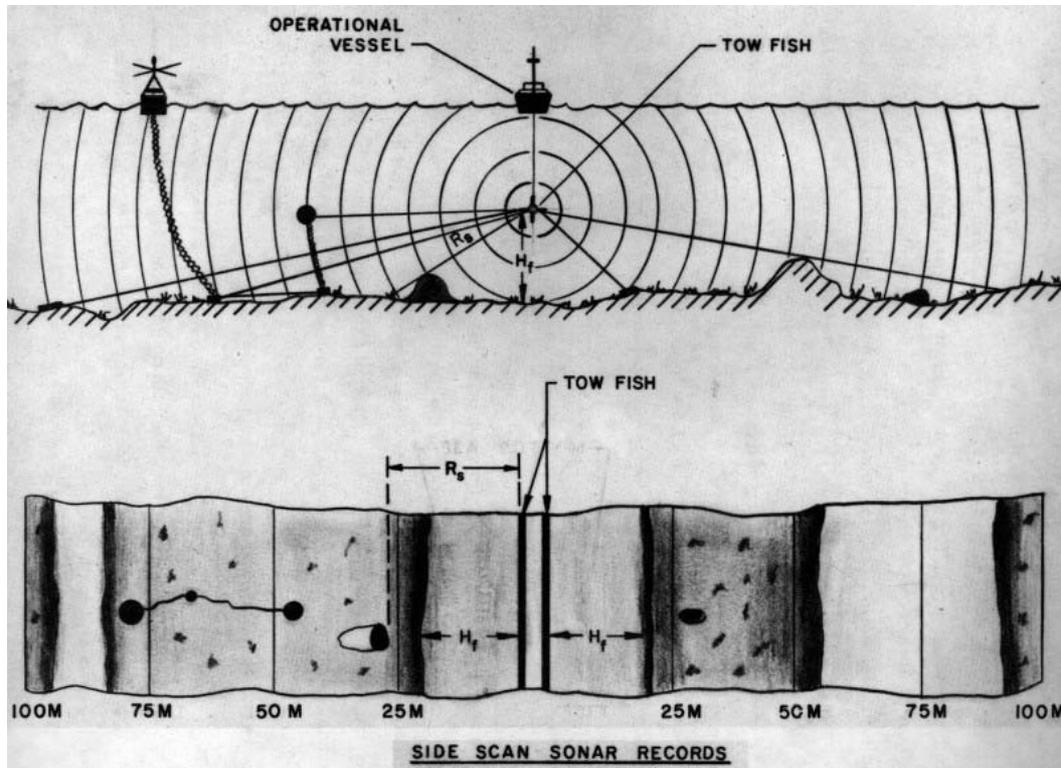
Seitensicht-Sonare gehören zur Standardausrüstung der Meeresforschung. Es existieren viele Systeme sowohl für den Tiefwasser- als auch für den Flachwasser- Einsatz. Hinsichtlich der technischen Parameter und Einsatzkriterien gelten die gleichen Prinzipien wie bei der Echolotung. Tiefsee-Systeme wie z.B. das GLORIA - System (<http://www.soc.soton.ac.uk/OTD/seasys/otd3.html>) arbeiten mit vergleichsweise niedrigen Schallfrequenzen im Bereich von 6 - 60 kHz. Neuere Sonare setzen die sog. "Chirp - Technologie" ( lange Schallimpulse mit sich stetig verändernder Frequenz, Echo-Erkennung mittels Korrelation) ein. Flachwasser-Systeme nutzen in der Regel kurze Schallimpulse im Frequenzbereich von 100 - 500 kHz. Die bekanntesten Seitensicht - Sonare wurden von EG&G (jetzt EDGETECH <http://www.edgetech.com/ss%20pl.html> ) und Klein (<http://www.kleinsonar.com/wpdir.html> ) entwickelt.

Am IOW kommt das "EG&G - DF-1000 Digital Sidescan Sonar System" mit folgender Spezifikation zum Einsatz:

<b>Tow - Fish</b>		
Frequenzen:	100 kHz;	400 kHz
Puls-Längen:	0.1 msec	0.01msec
Horizontale Bündelung:	1.2°	0.5°
Vertikale Bündelung:	50° (20°geneigt)	50° (20°geneigt)
Bereich der zeitabhängigen Verstärkung	60 dB bis 300 ms	43 dB bis 120 ms
A/D Auflösung:	12 Bit	
Datentransfer	1.5 MBit/sec, 4 Sonar-Kanäle, Magnetometer und Nutzer - Kanäle	
Abtastrate	24 kHz / Kanal	
Richtungsmessung	eingebauter Flux-Gate Kompass, 0.5° Genauigkeit	
Max. Einsatztiefe:	1000 m	
Max. Schleppgeschwindigkeit:	12.7 kn (für voll korrigierte Daten)	
Abmessungen:	Durchmesser: 11,4 cm Länge: 156 cm	
Gewicht:	30 kg	
<b>Digital Control Unit</b>		
Kontrollmöglichkeiten:	Frequenzwahl, Kanalwahl, Daten-Fusion, Balance-Regelung Steuerbord/Backbord, Verstärkungsregelung, Bereichswahl	
Anzeige:	tow fish Richtung, tow fish Spannung, Meßbereich,	
<b>Modular Data Acquisition System Triton ISIS</b>		
Host PC	Intel Pentium PC,	
Betriebssystem	Windows NT	
Sonar - Daten Logging	MO - Disk , Dateformate: Q-Mips, SEGY	
Sonar - Daten Processing	bottom track, slant range correction, downsampling, scaling, gain	
Sonar - Daten Display	colour palettes (16 & 256 colours), virtual resolution: 2048*2048 pixels, waterfall, wigglw, signal, graph & staus display windows for different data types., separate controls for display parameters, scale lines, image annotation	
Sonar - Image Processing	contrast stretching, spatial filters	
Sonar - Image - Analyse	object wdth, length, heigth and altitude measurements; object position from curser location, object logging to disk, paper record, and navigation system; pixel intensity measurement	
<b>EPC - Model GSP - 1086-2 Gray Scale printer</b>		
Schreibbreite:	26,6 cm	
Auflösung:	203 dpi	
Graustufen	8, 16, 32, 64	

Tabelle 3-2 Technische Daten des EG&G - DF1000 Sidescan Sonar -ISIS Systems

Der effektive Einsatz des Seitensicht - Sonars und die Auswertung der Registrierungen erfordern ein solides Verständnis des Meßprinzips. In Abbildung 3-7 ist zur besseren Erläuterung die Schallfeldausbreitung (Blick in Fahrtrichtung) und darunter die zugehörige Registrierung (Sonogramm) skizziert.



**Abbildung 3-7 Skizze der Schallausbreitung und zugehöriges Sonogramm**

Ein glatter Seeboden (z.B. Schlack, Feinsand) erscheint im Sonogramm als helle Fläche, rauher Boden (kleine Steine, Kies, Muschelbänke) als dunklere Areale. Steil aus dem Seeboden herausragende Körper (z.B. große Steine) verursachen schwarze Marken mit hellen Schatten. Langgestreckte Objekte (Ankerketten, Kabel, Trossen) zeichnen sich durch ihre lineare Erstreckung ab und lassen sich leicht identifizieren.

Die Darstellung im Sonogramm ist in der Regel sowohl in Fahrtrichtung als auch senkrecht dazu verzerrt. Die Verzerrung senkrecht zur Fahrtrichtung ist durch die in Abbildung 3-8 veranschaulichte Meßgeometrie bedingt. Unter der Annahme eines horizontalen Seebodens kann diese Verzerrung durch eine einfache geometrische Beziehungen (slant range correction) korrigiert werden. Die wahre horizontale Entfernung  $R_h$  eines Objekts von der Profillinie ergibt sich zu:

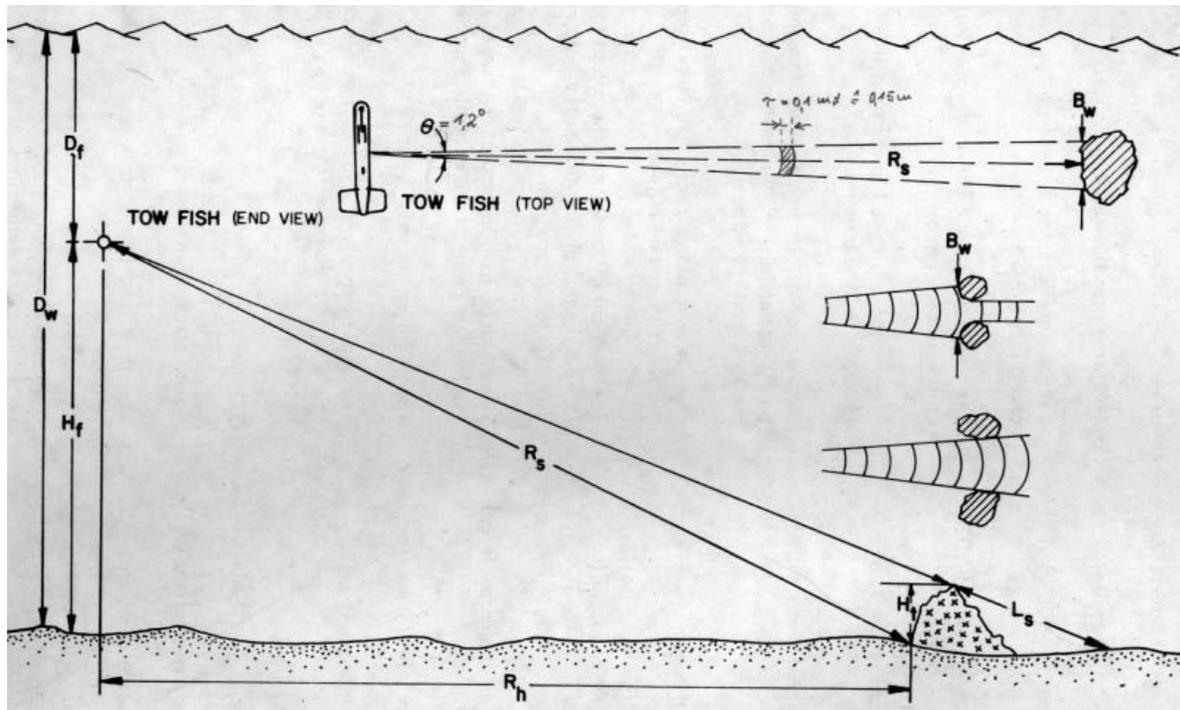
**Gleichung 3-3** 
$$R_h = \sqrt{(R_s^2 - H_f^2)}$$

mit  $R_s$  - direkte Entfernung zwischen tow fish und Objekt  
 $H_f$  - Höhe des tow fish über Grund

Bei modernen Systemen erfolgt diese Korrektur automatisch im Gerät (siehe Abbildung 3-12). Voraussetzung dafür ist allerdings, daß die Höhe des tow fish über Grund,  $H_f$  zuverlässig bestimmt werden kann. Störechos können zum Ausfall der automatischen Erkennung des Seebodens und damit zu falschen  $H_f$ -Werten führen.

Die Höhe eines Objektes läßt sich aus seiner sog. "Schattenlänge"  $L_s$  berechnen:

**Gleichung 3-4** 
$$H_t = \frac{L_s * H_f}{L_s + R_s}$$



**Abbildung 3-8 Geometrie der Schallstrahlen beim Sidescan Sonar**

Das räumliche Auflösungsvermögen eines Seitensicht Sonars ergibt sich aus Impulslänge  $Pd$  und der Bündelung des Schallfeldes in horizontaler Richtung  $\Theta$ . Die Auflösung quer zur Fahrtrichtung  $R_r$  (range resolution) ergibt sich dann zu

**Gleichung 3-5** 
$$R_r = \frac{Pd * V_p}{2}$$

Die Auflösung in Fahrtrichtung entspricht der horizontalen Breite des Schallfeldes  $B_w$  (beam width) und ist abhängig von der Entfernung  $R_s$  (slant range) sowie der Schallfeldbündelung  $\Theta$  in horizontaler Richtung.

**Gleichung 3-6** 
$$B_w = \frac{\pi * \Theta * R_s}{180}$$

Die Geometrie des Schallfächers, die Schleppgeschwindigkeit sowie die Schallimpulsfolge muß bei der Profilplanung berücksichtigt werden, um eine effektive Überdeckung zu erreichen. Der in Abbildung 3-9 skizzierte Horizontalschnitt durch aufeinanderfolgende Schallfächer illustriert den Überdeckungsgrad. Es existieren zwei Bereiche, das Gebiet in unmittelbarer Nähe des Sonars mit lückenhafter Überdeckung und ein entferntes Gebiet mit Überlappungen.

Bedingt durch die Schallfeldgeometrie sowie die akustischen Rückstreueigenschaften des Seebodens wird der in Abbildung 3-10 mit  $X_t$  (bzw. Note 1) bezeichnete Bereich unterhalb des tow fishes unscharf im Sonogramm abgebildet. Die Breite dieses Bereiches (Note 1) sowie die Reichweite des Schallstrahls hängt von der Höhe des tow fish über Grund ab. In der Regel wählt man eine Schlepptiefe des tow fish von etwa 1/10 des Meßbereiches.

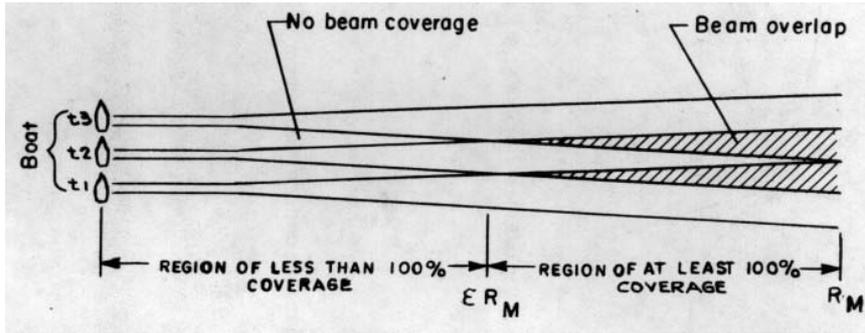


Abbildung 3-9 Skizze zum Überdeckungsgrad der Sidescan Sonar Messungen

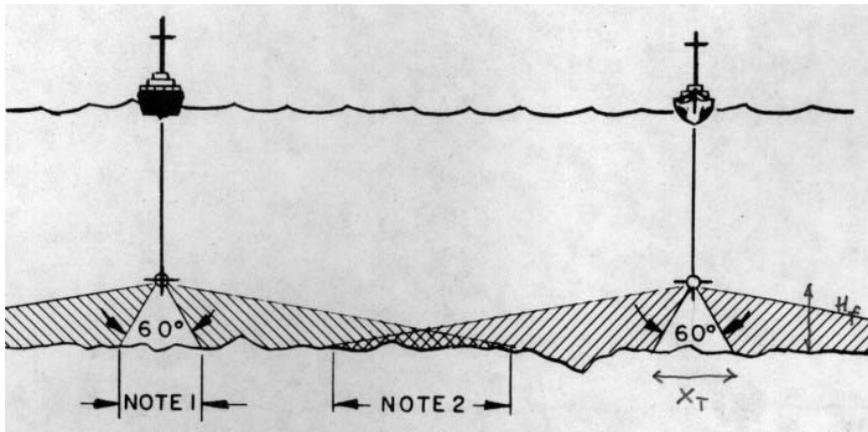
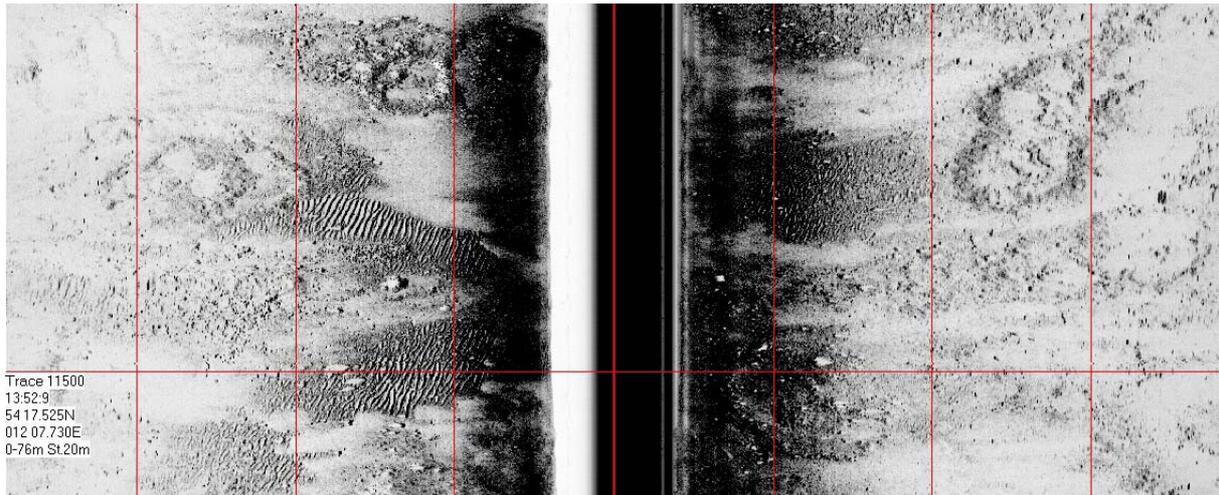
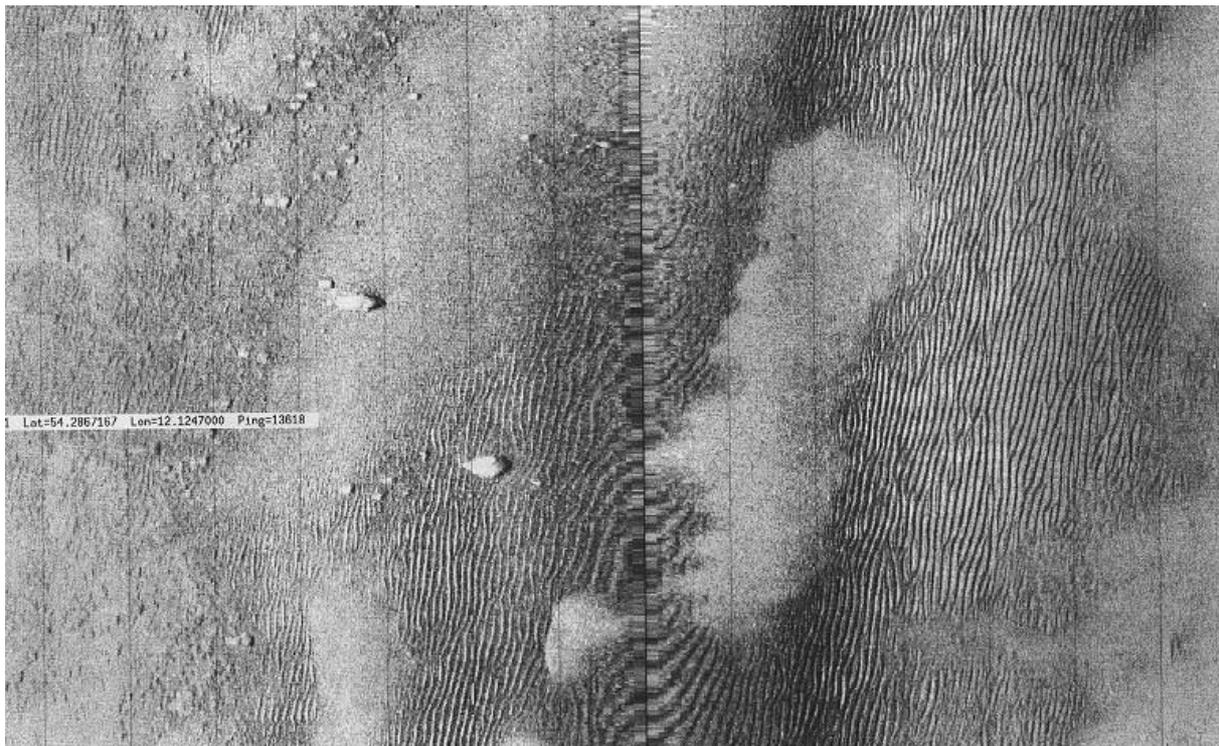


Abbildung 3-10 Bereich mit verringerter Empfindlichkeit unterhalb des tow fish (Note 1,  $X_T$ )

Neben physikalischen Überlegungen ist ein solides Maß an Erfahrungen für die Auswertung und Interpretation von Sonogrammen erforderlich. Entsprechende Sammlungen von typischen Registrierbeispielen (z.B. Belderson et al. 1972) sollen diese Erfahrung übermitteln.



**Abbildung 3-11 Unkorrigiertes Sonogramm (beide Kanäle, 400 kHz) Baggergutschüttstelle Kss552 mit Rippelmarken und ringförmigen abgelagertem Baggergut**



**Abbildung 3-12 Slant range - korrigiertes Sonogramm mit Rippelmarken und Steinen**

## Sediment - Echolotung

Akustische Verfahren sind sehr effektive Mittel zur Untersuchung der Lagerungsstrukturen mariner Sedimente. Das zugrunde liegende physikalische Prinzip entspricht der herkömmlichen Echolotung. Im Gegensatz zur Bathymetrie versucht man jedoch die Parameter des Meßsystems so zu wählen, daß ein möglichst großer Teil der ausgesendeten Schallenergie in den Untergrund eindringt und dort an Grenzschichten / Inhomogenitäten reflektiert / rückgestreut wird.

Man faßt Systeme, die eine sehr hohe Auflösung (Dezimeter) bei geringer Eindringtiefe (Meter bis einige Dekameter) aufweisen, unter dem Begriff Sediment - Echolot (sediment echo sounder, subbottom profiler, pinger) zusammen. Geräte, die typische Eindringtiefen von Dekametern bis mehrere 100 m im Sediment bei verringerter Auflösung ( Dezimeter bis Meter) erreichen, werden unter dem Begriff flachseismische Systeme (shallow seismic systems) zusammengefaßt.

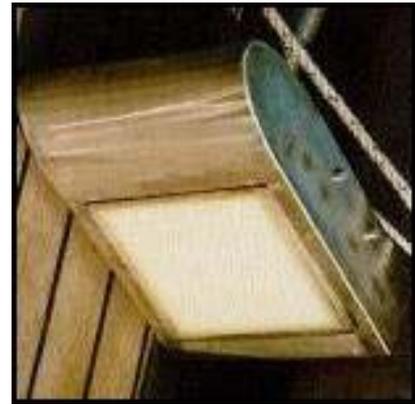
Sediment - Echolote arbeiten in der Regel einkanlig (max . 2 kanlig) und senden / empfangen Schallimpulse in vertikaler Richtung. Als Sender und Empfänger werden piezokeramische und magnetostriktive Wandler - Arrays eingesetzt. Durch möglichst enge Bündelung der Schallfelder (5 - 30°) sollen seitlich einfallende akustische Störsignale gedämpft werden. Eine Übersicht zu den wichtigsten am IOW eingesetzten Sediment - Echoloten ist in Tabelle 3-3 dargestellt.

Parameter	GeoChirp	SEL96 (AvH)	SES96
Hersteller	GeoAcoustics	Universität Rostock	Univ. Rostock, Innomar Technologie GmbH
Prinzip	linear, Chirp-Technologie	linear	parametrisch
Frequenzen, primär	1.5 - 11.5 kHz	5, 10, 20 kHz	100 kHz
Frequenzen, sekundär	-	-	3 -12 kHz
Sendeleistung:	400 W	40 kW	24 * 1 kW
Primärer Sendeschalldruck:			238 dB
Impulsdauer	32 ms	1 - 20 Perioden	0.08 - 0.5 ms
Schußfolge	1 - 10 pro sec	1 - 60 pro sec	1 - 60 pro sec
Sendestrahlschwenkung	-	± 16 Grad Rollwinkel / ± 8 Grad Stampfwinkel	+/- 20°
Eindringung	bis zu 50 m (in Weichsedimenten)	bis zu 50 m (in Weichsedimenten)	bis zu 50 m (in Weichsedimenten)
Auflösung	30 cm	10 cm	10 cm

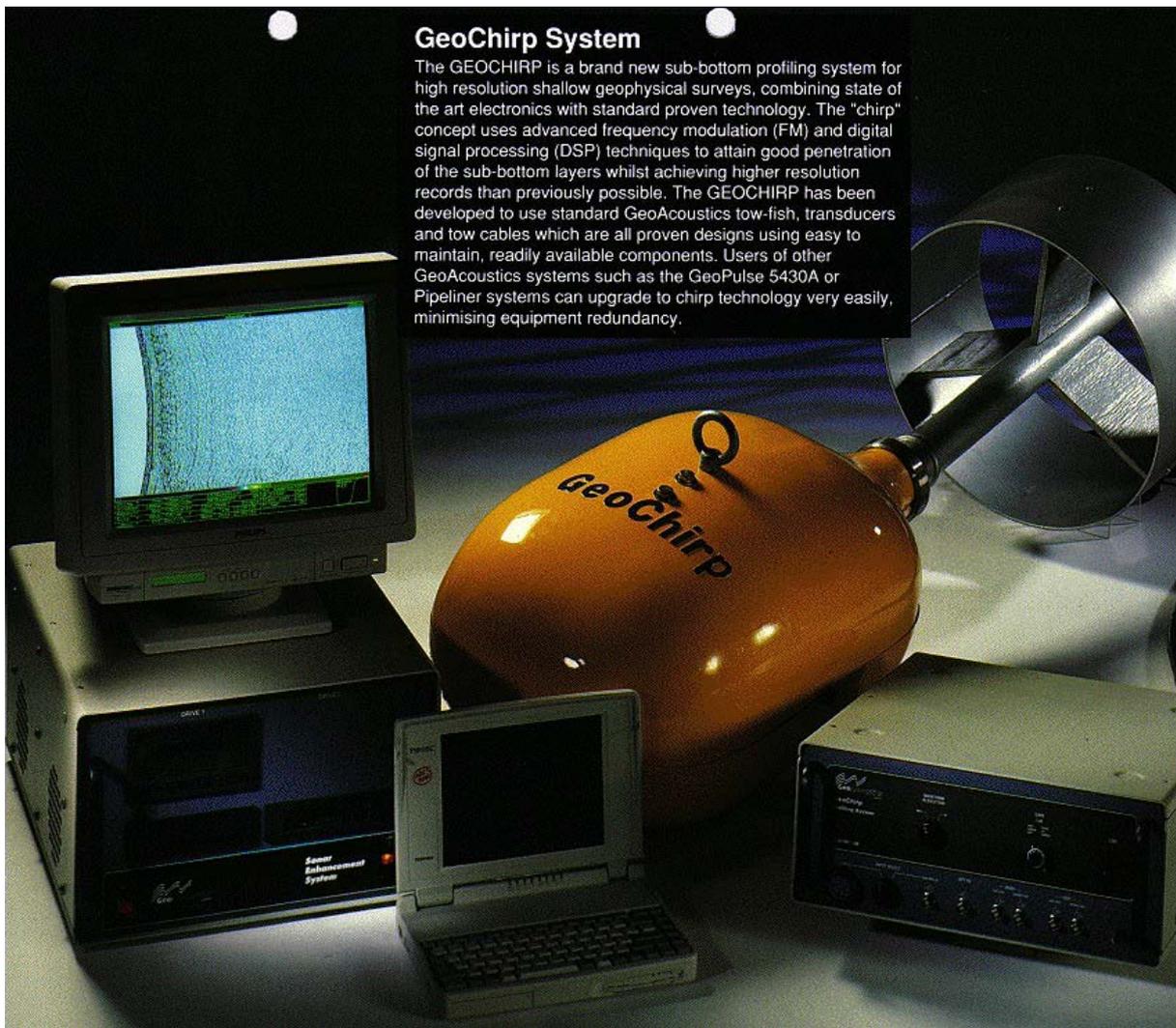
**Tabelle 3-3 Technische Daten der am IOW eingesetzten Sediment - Echolote**

Die Schallwandler können sowohl fest im Schiffsboden installiert sein (siehe Abbildung 3-13), mit Hilfe einer Halterung seitlich am Schiff befestigt, oder in einem Schleppkörper (siehe Abbildung 3-14 ) untergebracht sein.

Bei allen Geräten erfolgt eine digitale Aufzeichnung der Rohdaten, eine online Vorverarbeitung, sowie eine Darstellung der Daten auf Monitor Drucker bzw. Thermo - Recorder. Navigationsdaten werden automatisch in die Sonardaten integriert. Der Einfluß der Schiffsbewegungen kann mit Hilfe einer sog. MRU (motion reference unit) bei den Echoloten SEL96 und SES96 kompensiert werden.

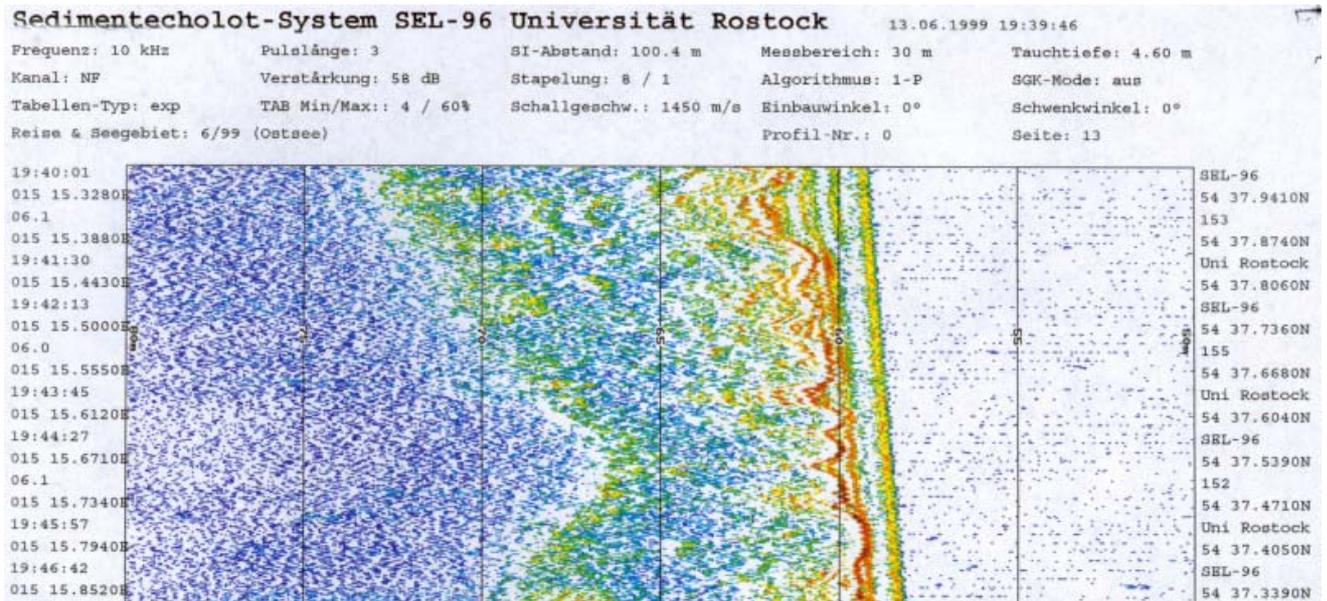


**Abbildung 3-13 Ansicht des fest installierten SEL96 Schallwandler - Arrays in FS A.v.Humboldt (links) und des transportablen, and der Bordwand eines Schiffes montierbaren SES96 Wandler-Arrays (rechts)**



**Abbildung 3-14 GeoChirp - Subbottom Profiler System mit tow fish (mitte), Prozessor (rechts) und Sonar Enhancement System (links)**

Ein Beispiel für eine SES96 Registrierung ist in Abbildung 3-15 dargestellt. Schiffskurs, Geschwindigkeit, Zeit und Positionsdaten sowie Systemparameter (Frequenz, Impulslänge, Meßbereich ...) werden fortlaufend an den Papier-Rändern gedruckt. Der mittlere Teil stellt das sog. Echogramm dar. Es ist in Abbildung 3-1 um 90° gedreht dargestellt, um die Kopf- und Rand-Texte zu verdeutlichen. Die Tiefenachse verläuft von rechts nach links und die Fahrtrichtung von oben nach unten. Die empfangenen akustischen Signale werden gefiltert, verstärkt, gestapelt, den unterschiedlichen Echostärken Farbwerte bzw. Graustufen zugeordnet und im Echogramm graphisch dargestellt. In der Regel wählt man die Farbtabelle so, daß dunkle bzw. warme (rote) Farben große Echostärken darstellen und helle bzw. kalte (blaue) Farben schwache Signale repräsentieren.

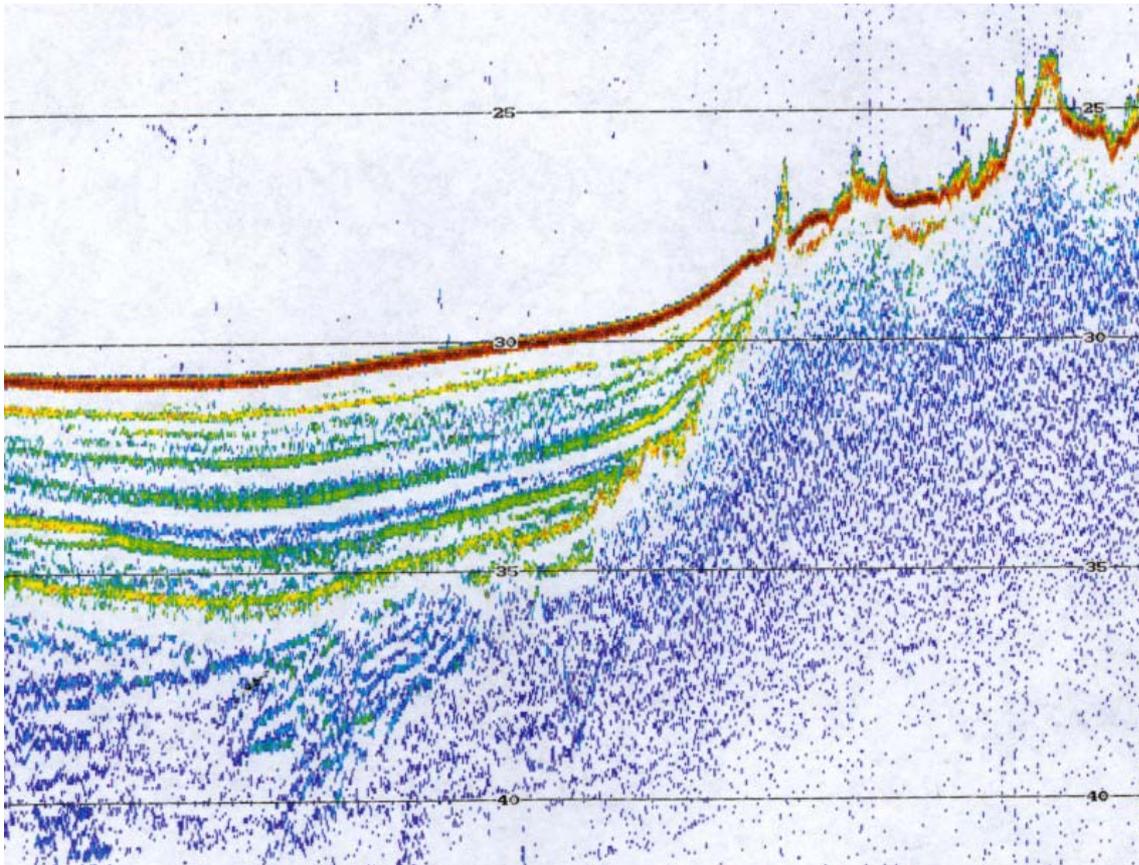


**Abbildung 3-15 SEL96 Registrierung mit Meßparametern (Kopf) und Navigationsdaten (Ränder) .**

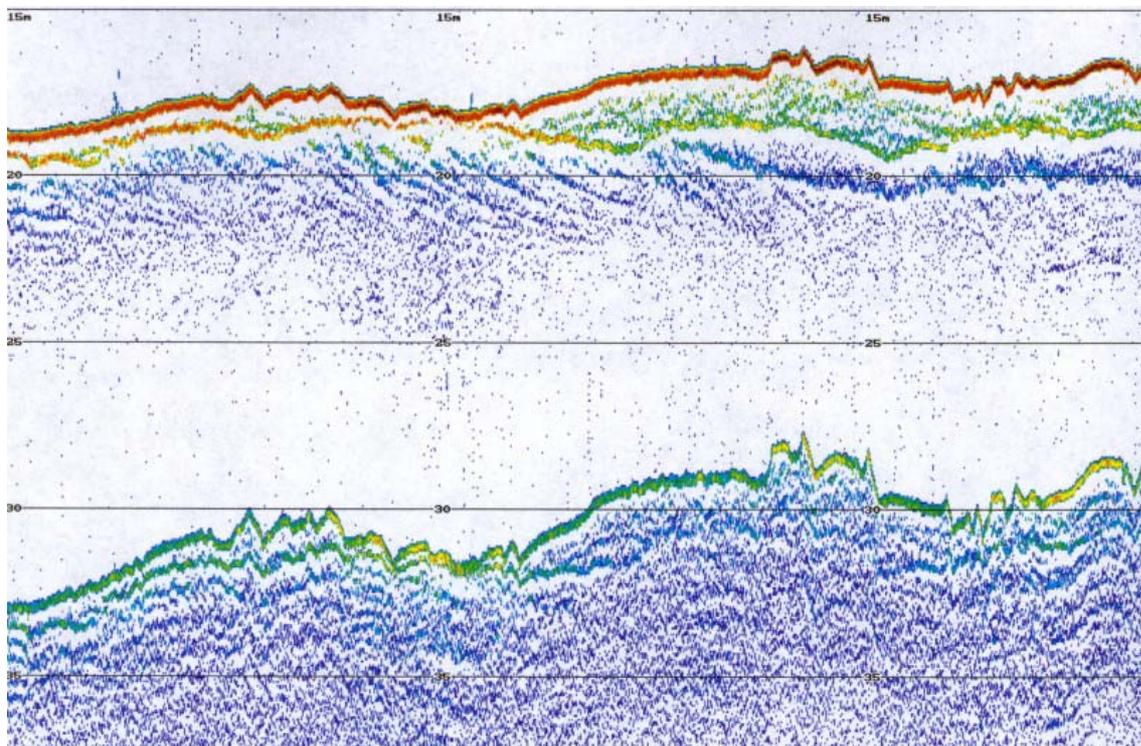
Das relativ schwache Seeboden-Echo zeigt weichen Grund (Schlick) an. Darunter folgt ein stärkerer Reflektor der die Oberkante der spätglazialen Tone widerspiegelt. Weiter unten folgt die als diffuse Zone einzelner Reflexionen ausgeprägte Oberfläche des Geschiebemergels.

Deutlicher ist diese für die Ostsee typische Sedimentabfolge in Abbildung 3-16 zu sehen. Hier ist der Übergang von einem mit marinen Sedimenten gefüllten Becken zu einer Geschiebemergelauftragung mit Stein- und Blockbedeckung dargestellt. Die sehr raue - Geschiebemergel - Oberfläche taucht nach links ab und kann nur sehr schwer in größere Tiefen verfolgt werden. Die Beckensedimente weisen eine deutliche Schichtung aus, die die einzelne Phasen der marinen Entwicklung reflektieren.

Mit den Sedimentecholoten lassen sich auch Strukturen in höher dynamischen Flachwasserbereichen mit sandigen Sedimenten untersuchen. Abbildung 3-17 zeigt postglaziale sandige Sedimentfolgen in Wassertiefen um 17 m. Im unteren Teil der Abbildung ist die sog. "erste Multiple" sichtbar. Man bezeichnet Echosignale die mehrfach zwischen Wasseroberfläche und Seeboden hin und her laufen als Mehrfach - Echos oder "Multiple". Diese Multiplen sind im Flachwasser sehr stark und überdecken die Nutzsignale, so daß Schichtgrenzen in der Regel nur bis zum Einsetzen der erstem Multiple verfolgt werden können.



**Abbildung 3-16 SEL96 - Registrierung: Übergang marine Beckensedimente (links) zu Geschiebemergel - Aufragung (rechts)**



**Abbildung 3-17 SEL96 Registrierung: Sedimentstrukturen im Flachwasser und Multiple**

Abbildung 3-18 bis Abbildung 3-20 zeigen Registrierbeispiele des GeoChirp - Sediment - Echolots, die im Gotland - Becken aufgezeichnet wurden. Um Unterschied zu SEL96 befinden sich bei diesem Gerät Schallsender und Schallempfänger sowie ein Teil der Elektronik in einem geschleppten Geräteträger (tow fish). Es werden 32 ms lange sinusförmige Schallsignale (chirp's) ausgesendet, welche die Frequenz von 1,5 -11,5 kHz kontinuierlich ändern. Die empfangenen Echos werden im Prozessor online mit der Form des Sendesignals verglichen (korreliert) und der Grad der Übereinstimmung als Echostärke im "Sonar Enhancement System" dargestellt und registriert. Eine weitere Verarbeitung der Daten erfolgt später an Land mit Hilfe spezieller Programme sowie dem SEISMIC UNIX System (<http://www.cwp.mines.edu/cwpcodes/index.html>).

Ein WNW - ESE Schnitt durch das Gotlandbecken (östlicher Teil) ist in Abbildung 3-18 dargestellt. Im linken Teil ist die charakteristische Sedimentabfolge über dem pleistozänen Untergrund ( I - schwarzes breites Reflektor- Band) zu sehen. Am Osthang (rechter Teil ) wird die Mächtigkeit der postglazialen Serie, insbesondere der jüngsten Sedimente geringer. Die mit H bis D gekennzeichneten Reflektoren umfassen die Warventone des Baltischen Eis-Stausees. Darüber lagern schluffig bis schlickige Wechsellagerungen jüngerer Epochen (Yoldia bis Mya).

Gas-Anreicherungen in Sedimenten verursachen in starke Streuung und Dämpfung der akustischen Signale und zeichnen je nach Typ charakteristische Bilder in den Echogrammen. Abbildung 3-19 zeigt ein Beispiele für ein großflächiges Gasvorkommen im Schlick nahe dem Seeboden (graue diffuse Fläche dicht unter dem Seeboden). Diese Art von Gasvorkommen entsteht vorrangig durch den Abbau biogenen Materials im Schlick. Sie verändern Tiefenlage und Erstreckung saisonal in Abhängigkeit von den Temperaturverhältnissen im Seeboden. Austritte von (geogenem) Gas aus tieferen Strukturen verursachen häufig Krater im Seeboden, die als "Pockmarks" bezeichnet werden (siehe Abbildung 3-20 ).

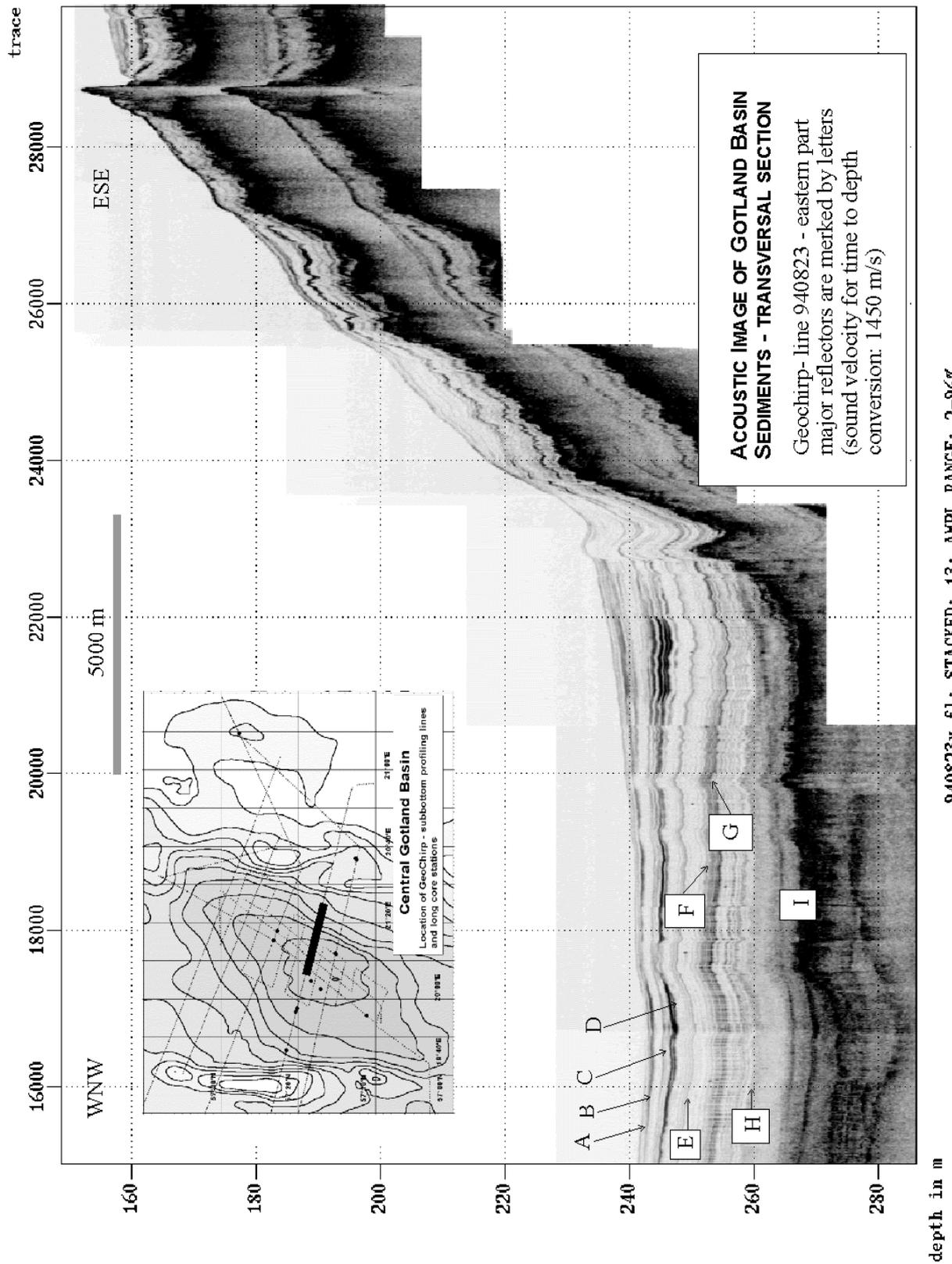


Abbildung 3-18 Postglaziale Sedimentschichten im Gotlandbecken, GeoChirp - Echogramm

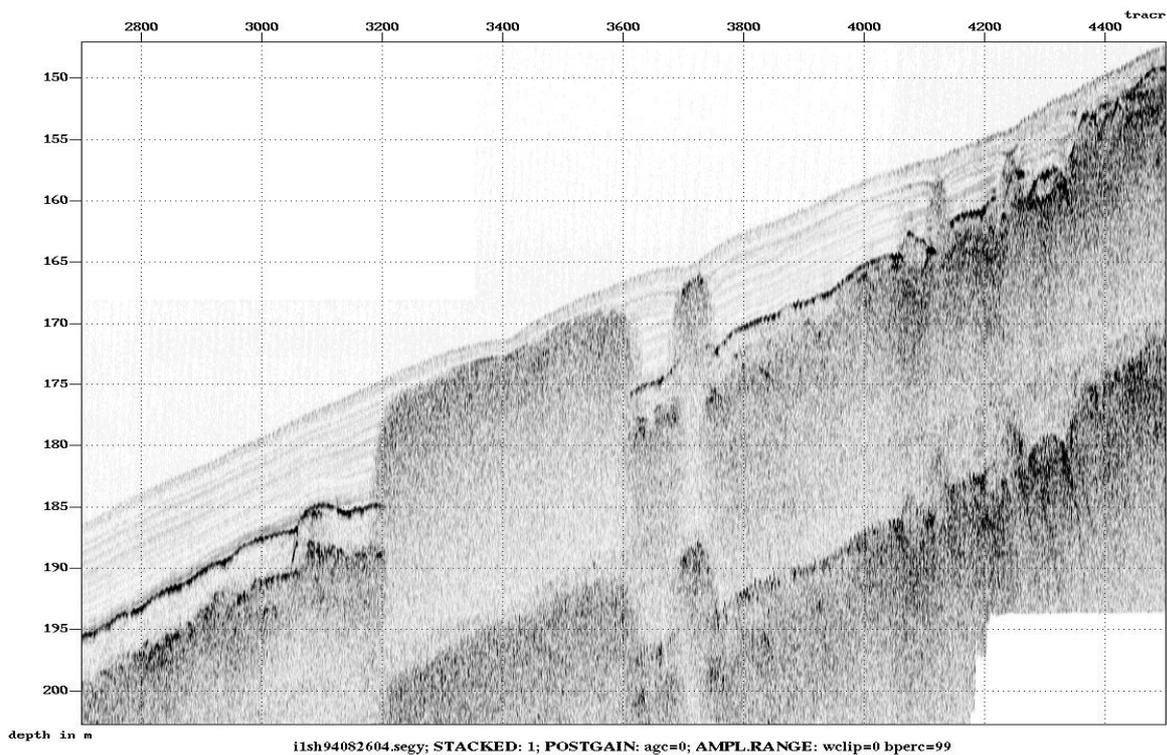


Abbildung 3-19 Gasvorkommen im Schlick, NE - Rand des Gotlandbeckens GeoChirp-Echogramm,

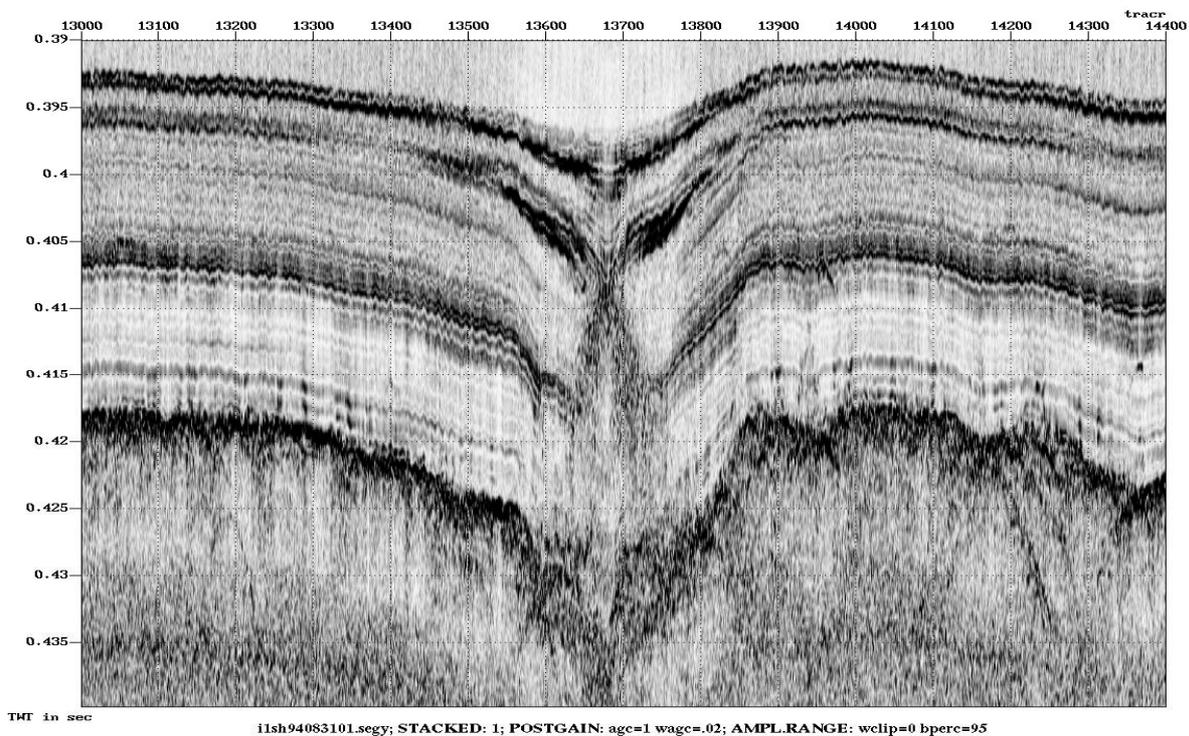
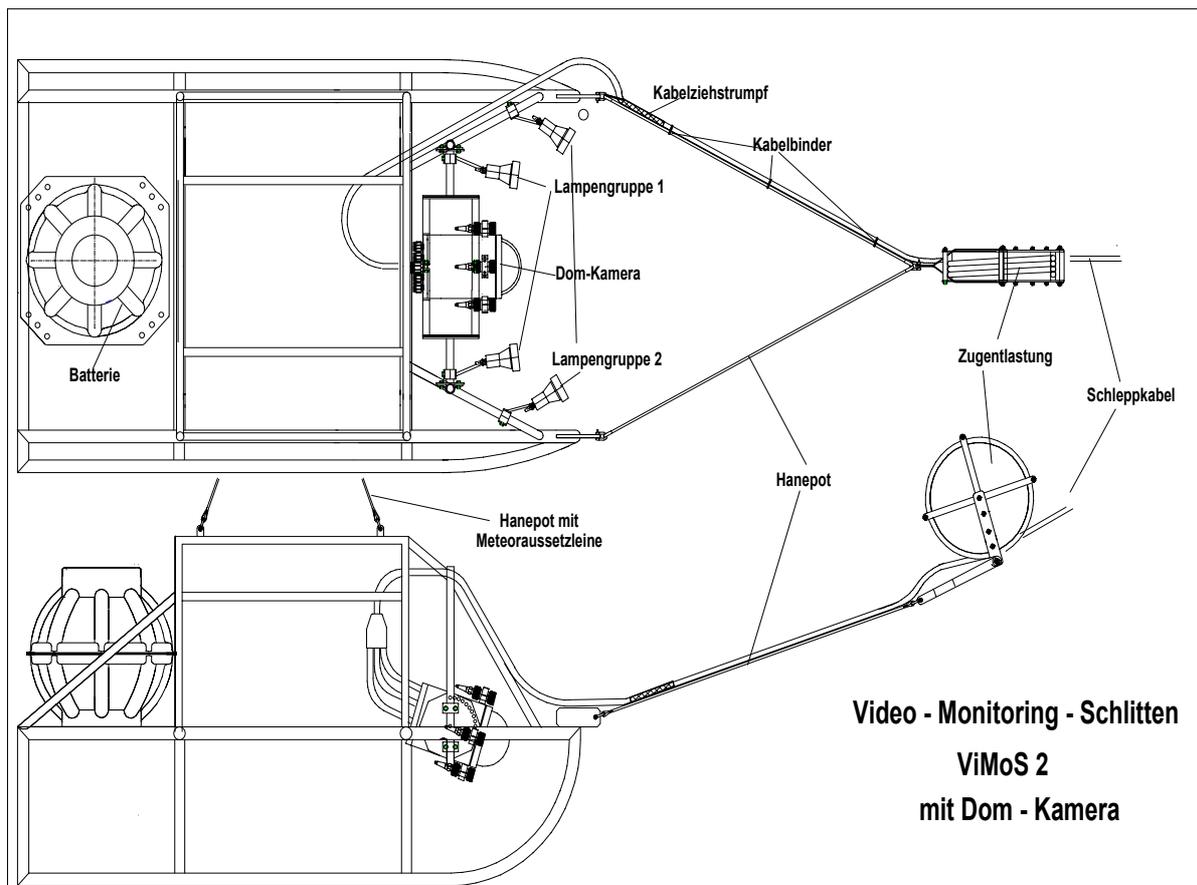


Abbildung 3-20 Pockmark - Struktur im zentralen Teil des Gotlandbeckens, Geochirp-Echogramm,

## 4. Geschlepptes Videosystem

(H.Becher)

Das hier beschriebene Videosystem dient der visuellen Beobachtung des Seebodens. Es wurde speziell für benthologische Untersuchungen entwickelt, findet aber zunehmend auch für sedimentologische Aufgabenstellungen Anwendung. Insbesondere dient es der Interpretation seismoakustischer Aufnahmen (Sedimentecholot, SideScan Sonar). Das geschleppte Videosystem ist ein effektives Mittel zur detaillierten sedimentologischen Ansprache des Seebodens.



**Abbildung 4-1 Video - Monitoring Schlitten (Prinzipiskizze)**

Das System besteht im wesentlichen aus dem Unterwasser-Schleppschlitten ViMoS 2 mit Dom- oder PaT-Kamera, der Zusatzstromversorgung (Batterie), dem Schleppkabel, sowie dem Steuergerät und der Signalspeicherung (an Bord).

Alle Komponenten werden an Bord zusammengebaut, geprüft, mittels eines Schiffsauslegers sowie einer Hilfsleine auf dem Grund abgesetzt und mit Hilfe des Schleppkabels über den Grund gezogen. Dabei bleibt die Hilfsleine zur Sicherung ständig mit dem Schiff verbunden. Während der Aufzeichnung werden Schiffsdaten vom Datadissystem, wie GPS-Daten, Datum, Uhrzeit und Wassertiefe in das Fernsehbild eingeblendet und abgespeichert. Mit Hilfe des Steuergerätes lassen sich während des Einsatzes sowohl die Videokamera und die Lichtleistung steuern sowie die Kameras horizontal und vertikal schwenken.

Die Einsatztiefe des Videosystems ist auf Grund der Kabellänge auf 250m Tiefe begrenzt. Alle druckdichten Gefäße sind auf 300m abgedrückt. Der Videoschlitten wiegt mit Ausrüstung ca.200kg. Die Batterie hat eine Leistung von 30Ah bei 24V Versorgungsspannung. Der Öffnungswinkel beträgt bei der Dom-Kamera ca. 50°. Die Kamera lässt sich im Gehäuse um 150° horizontal und vertikal schwenken.

Die Dom-Kamera besteht im wesentlichen aus dem Druckgehäuse, dem Glasdom und der Endplatte mit der Steckereinheit. Am Druckgehäuse sind 4 Laser (ca. 1mW, 680nm) angebracht, die parallel mit jeweils 250 mm Abstand ins Wasser strahlen. Im Inneren befindet sich die S-VHS Videokamera in einer kardanischen Aufhängung, die sich vom Steuergerät um +/- 75° vertikal bzw. horizontal schwenken lässt. Da der Dom (Kalotte) eine exakte Halbkugel ist und das optische System der Kamera sich im Brennpunkt befindet, wird die Brechung der Lichtstrahlen am Wasser/Luft - Übergang korrigiert. Beim Zoomen kommt es zu einer Verschiebung des optischen Brennpunktes und damit ergeben sich im oberen Zoombereich Verzerrungen. Im Inneren des Druckgehäuses befinden sich weiterhin die Stromversorgung für Kamera und Laser, für die Schwenkmotore mit Endlagenschalter und die Relais zum Einschalten der Laser und einzelner Lampengruppen.

Da die Lampengruppen nicht mit geschwenkt werden können, muss am Videoschlitten ein Lichtkorridor aus einzelnen schaltbaren Lampengruppen geschaffen werden. Über die Steckverbinder an der Endplatte werden die einzelnen Gerätekomponenten miteinander verkabelt. Die Dom-Kamera wird am Videoschlitten mit zwei Schellen befestigt und kann mit der dazugehörigen Dreheinrichtung voreingestellt werden.

## 5. Probenahmegeräte

Je nach Zielrichtung der Untersuchungen und zu erwartendem Sedimenttyp kommen bei der Probenahme auf See unterschiedliche Probenahmegeräte zum Einsatz. Ist man vorrangig an der Sedimentoberfläche bzw. den oberflächennahen Ablagerungen interessiert, so sind bei Weichsedimenten (Tone, Schlicke, weiche Schluffe) Kastengreifer bzw. kurze Schwerelote wie das Rumohr-Lot oder das Niemistö-Lot zu bevorzugen. Bei härteren Sedimenten (Sand, Geschiebemergel, harte Schluffe) wird man zunächst versuchen, diese mit einem kleineren Kastengreifer zu beproben. Erweist sich dies als nicht möglich, ist ein Backengreifer das Gerät der Wahl. Allerdings garantiert dieser keine ungestörte Probe.

Für paläoozeanographische Untersuchungen benötigt man einen tieferen Einblick in die „Archive“, d.h. längere Sedimentkerne. Im Rahmen des „Ocean Drilling Programs“ sowie bei der offshore – Kohlenwasserstofferkundung kommen hierfür Bohrschiffe bzw. Bohrplattformen zum Einsatz.

Der Einsatz solcher Geräteträger ist allerdings außerordentlich kostspielig und deshalb werden in der Regel verschiedene Typen von Stechrohren für die Gewinnung von Sedimentkernen eingesetzt. Im Gegensatz zu den mit Bohrgeräten gewonnenen Kernen ist deren Länge jedoch begrenzt. Die längsten gegenwärtig mit dieser Technik gewinnbaren Kerne haben eine Länge von 48 m.

Normalerweise beträgt die Länge von Sedimentkernen je nach Art des Sedimentes, nach den Möglichkeiten, die das zur Verfügung stehende Schiff bietet, und nach der Art der Probenahmetechnik zwischen drei und achtzehn Meter.

Ähnlich wie bei der Gewinnung von Oberflächenproben richtet sich die Art des verwendeten Probenahmegerätes auch bei Sedimentkernen in erster Linie nach der Beschaffenheit des Sedimentmaterials. Für weiche Ablagerungen sind Schwerelote oder Kolbenlote zu bevorzugen, bei härterem Material kommt häufig die Vibrationstechnik zur Anwendung.

Im folgenden sollen die gebräuchlichsten Gerätetypen näher beschrieben werden:

### 5.1 Kastengreifer bzw. Großkastengreifer

Die Maße der mit dieser Technik zu gewinnenden Proben variieren zwischen 15x15x30 cm bis 50x50x50 cm. Kastengreifer sind hervorragend für die Beprobung von schlickigen, tonigen und weichen schluffigen Materialien geeignet. Die Oberfläche des Sedimentes ist in aller Regel gut erhalten. Allerdings wird das auf dieser Oberfläche lagernde leicht bewegliche Material (fluffy layer) meist aufgewirbelt und das bodennahe Wasser beim Transport zur Wasseroberfläche weitgehend ausgetauscht. In Verbindung mit längeren Kernen werden Kastengreiferproben darum häufig dazu genutzt, den Anschluß der obersten Kernbereiche an die Sedimentoberfläche herzustellen. Diese ist in den Kernen nur selten ungestört enthalten. Bei der Beprobung von härteren Materialien wie Feinsand oder harten Schluffen muß das Auflastgewicht entsprechend vergrößert werden. Bei grobem Material (grobe Sande, Geschiebemergel) besteht die Gefahr, daß die Kästen verbogen werden und daß sich Steine

zwischen Kasten und darunter zu schiebende Schaufel verklemmen. Dies führt zum Verlust der Probe.



Abb. 5.1.: Kleiner Kastengreifer des IOW  
(15x15x30 cm)



Abb. 5.2.: Großkastengreifer des GEOMAR  
(50x50x50 cm)

## 5.2 Van-Veen Backengreifer

Der van-Veen Backengreifer ist ein einfach konstruierter Baggertyp, mit welchem man Proben nahezu aller Sedimenttypen gewinnen kann. Er ist leicht zu handhaben, garantiert jedoch keine ungestörte Probenahme.



## 5.3 Niemistö – Lot bzw. Rumohr - Lot

Das Rumohr-Lot hat etwas größere Abmessungen (Durchmesser 8 bzw. 11 cm, Länge 70 cm). Das Sediment wird durch Verschließen des oberen Rohrendes und des dadurch erzeugten Unterdruck im Rohr gehalten. Auch hier beträgt die durchschnittliche Länge des Sedimentkernes um 40 cm.

Beide Geräte haben den Vorteil, daß sie gegebenenfalls auch ohne Kran eingesetzt werden können und das weitgehend ungestörtes Material (einschließlich Grenze Sediment / Bodenwasser) liefern. Bei Wassertiefen von mehr als 50 m wird ihr Einsatz wegen des relativ geringen Gewichtes und der damit verbundenen Anfälligkeit für Verdriftung allerdings problematisch.

Das Sediment läßt sich sehr einfach und in definierten Abschnitten mittels Kolben aus dem Liner herausdrücken.



**Abb. 5.3.: Dr. Lauri Niemistö mit dem von ihm entwickelten Schwerelot**

## 5.4 Multicorer

Der Multicorer bietet die Möglichkeit, an einer Station 6 – 8 Proben gleichzeitig zu nehmen. Der Durchmesser der einzelnen Acrylrohre beträgt 100 mm. Auch der Multicorer ist bevorzugt für die Probenahme in weichen Sedimenten einzusetzen. Mit zunehmend groben Sedimenten verringert sich die mögliche Eindringtiefe des Gerätes. Bei mittelkörnigen und groben Sanden sowie Geschiebemergel liefert der Multicorer keine Proben.

Der Vorteil des Gerätes besteht darin, daß es weitgehend ungestörte Proben mit entsprechenden Vergleichskernen liefert. Auch die „fluffy layer“ und das Bodenwasser werden generell ungestört mit beprobt. Die gewonnenen Proben sind damit für die Analyse von Porenwasser und für Hälterungsexperimente geeignet. Aus diesen Gründen findet der Multicorer häufig auch in der biologischen Meereskunde Verwendung.



**Abb. 5.4: Multicorer der Fa. KC Denmark**

## 5.5 Schwerelot / Kolbenlot

Schwerelote sind die gebräuchlichsten Probenahmegeräte für längere Kerne aus weichen Sedimenten. Durch Veränderung des Gewichtssatzes kann die Eindringtiefe in das Sediment entsprechend dessen Eigenschaften variiert werden. In der Regel wird das Schwerelot mit einem PVC-Liner genutzt, der nach der Probenahme in Meterstücke geschnitten wird. Diese Meterstücke werden möglichst luftdicht verschlossen und für weitere Untersuchungen an land transportiert. Will man den Kern bereits auf See bemustern, so kann in den PVC-Liner ein Kunststoffschlauch eingezogen werden, der im Schiffslabor ohne größeren Aufwand geöffnet werden kann.

Die Liner im Schwerelot haben Durchmesser von 100 bis 130 mm. Die Kernlänge beträgt je nach den Möglichkeiten, die das genutzte Schiff bietet, von 3 bis 18 Meter. Besonders häufig findet die 6 – Meter – Variante Verwendung.

Bedingt durch die Konstruktion und das weitgehend ungebremste Eindringen des Schwerelotes in den Meeresboden geht die Sedimentoberfläche oft bei der Probenahme verloren und im Liegendbereich des Kernes ist mit Störungen durch Scherstrukturen zu rechnen.

Um diese Nachteile zu minimieren, wurde das Kolbenlot entwickelt. Im Prinzip handelt es sich um ein modifiziertes Schwerelot, wobei im Kernrohr ein Kolben die Sedimentoberfläche an ihrer Position hält, während das umgebende Rohr in den Meeresboden eindringt. Dies bewirkt eine weitaus schonendere Probenahme mit einem geringeren Störungsgrad. Hinzu kommt, daß erst durch ein dem Stechrohr vorauseilendes Fallgewicht der Probenahme prozess ausgelöst wird. Damit erreicht das Kolbenlot mit einer definierten Beschleunigung den Meeresboden, was ebenfalls zu einer Minimierung des Störungsgrades in der Probe führt. Das

Fallgewicht kann dabei seinerseits als kleines Schwerelot konstruiert werden, was einen Vergleich der oberflächennahen Schichten beider Kerne ermöglicht.  
In harten Sedimenten ist der Einsatz von Schwere- bzw. Kolbenloten nicht sinnvoll.



**Abb. 5.5.:Schwerelot beim Einsatz ohne Kernabsatzgestell an Bord von FS „A.v. Humboldt“**

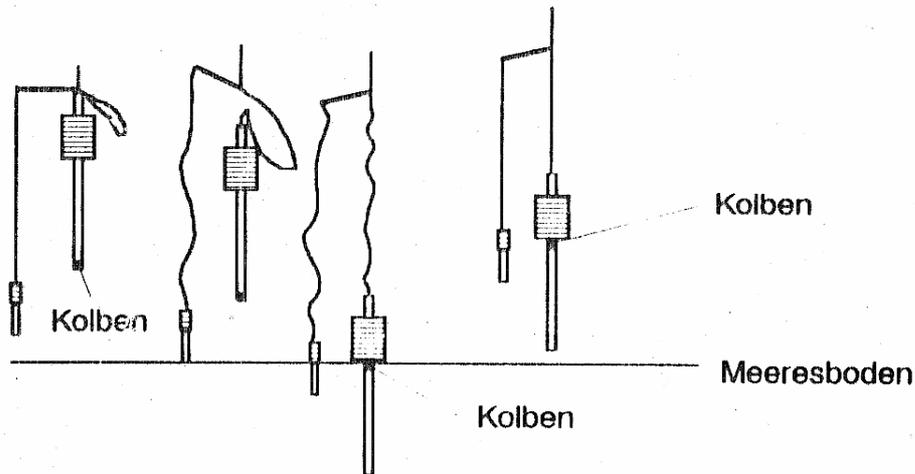


**Abb. 5.6. Schwerelot im Kernabsatzgestell an Bord von FS „Petr Kotsov“**



Bei Kernlängen von mehr als 6 m wird generell mit einem Kernabsatzgestell gearbeitet, welches an der Bordwand des Schiffes befestigt ist und einen gefahrlosen Einsatz des Gerätes ermöglicht.

**Abb. 5.7.:Aus dem Kernabsatzgestell freigegebenes Schwerelot (FS „Sonne“)**



**Abb. 5.8: Wirkungsweise eines Kolbenlotes (aus Holler 1995)**

## 5.6 Kastenlot

Die Wirkungsweise eines Kastenlotes entspricht der eines Schwerelotes. Es kann demgemäß auch nur zur Beprobung weicher Sedimente eingesetzt werden. Im Gegensatz zum Schwerelot wird hier jedoch kein Rohr, sondern ein aus gewinkelten Blechen bestehender Kasten von 15x15 cm Grundfläche und 6 bzw. 12 m Länge in das Sediment eingebracht. Ein Liner wird nicht verwendet, d.h. der Kern muß unmittelbar an Bord des Schiffes bearbeitet werden. Dies bedeutet einen nicht unerheblichen Mehraufwand an Laborplatz, Zeit und Personal. Vorteile der mittels Kastenlot gewonnenen Kerne sind deren geringer Störungsgrad, große Probenvolumen und kaum randliche Verschleppungen. Allerdings müssen dafür erhebliche Massen auf dem Schiff bewegt werden.



**Abb. 5.8.:Kastenlot im Kernabsatzgestell**



**Abb. 5.9: Kastenlotkern bei der Bearbeitung im Labor**

## 5.7 Vibrationskerngerät (Vibrocorer)

Das Vibrationskerngerät kommt überall dort zum Einsatz, wo mit Schwereloten kein Kerngewinn mehr möglich ist, d.h. in gröberen sandigen und harten schluffigen Sedimenten. Auch im Geschiebemergel und z.T. in Schreibkreide ist u.U. eine Probenahme möglich. Bei seinem Einsatz wird das Gerät zunächst auf dem Meeresboden abgesetzt. Ein mit Strom betriebener Vibrator treibt das Kernrohr in den Meeresboden. Die Nutzung von elektrischem Strom zum Betrieb des Gerätes im Wasser erfordert hohe Sicherheitsstandards. Gleichzeitig erfordert die deshalb nötige Kabelverbindung eine möglichst stabile Positionierung des Schiffes. Da einige Typen von Vibrationskerngeräten direkt über den Schiffskran aus dem Sediment gezogen werden und Schrägzug dabei vermieden werden muß, kommt der stabilen Lage des Schiffes eine noch größere Bedeutung zu. Erreicht werden kann sie durch dynamische Positionierungssysteme bzw. im Flachwasser durch Bug- und Heckverankerung des Schiffes.

Ein Nachteil der Probengewinnung mittels Vibrationskerngerät sind die kaum vermeidbaren Störungen im Kern durch die Vibrationen.



**Abb. 5.10.: Bergung des 6 m langen IOW-Vibrationskerngerätes an Bord von FS „A.v. Humboldt**

## 5.8 Probenansprache

Bei der Probenansprache wird versucht, das gewonnene Material so gut wie möglich in seinen makroskopisch sichtbaren Eigenschaften zu beschreiben. Dabei sind folgende Eigenschaften zu berücksichtigen:

- Sedimenttyp
- Beimengungen
- Farbe (z.B. nach Munsell Rock Color Chart)
- Konsistenz (z.B. weich, fest, stark wasserhaltig etc.)
- Struktur (Schichtung, Sedimentmarken, Grenzen zu anderen lithologischen Einheiten etc.)
- Mineralische Zusammensetzung (so weit erkennbar)
- Evtl. H<sub>2</sub>S-Gehalt (u.a. im Schlick oder Torfgyttjen)
- Kalkgehalt (nach Prüfung mit 10 %iger Salzsäure)
- Evtl. vorhandenes Grobmaterial (z.B. Gerölle)
- Fauna
- Flora
- Entnommene Proben
- zusätzliche Bemerkungen

Diese Art der Beschreibung ist nicht quantitativ, im allgemeinen aber recht gut reproduzierbar.

Speziell für die Charakterisierung der Ostseesedimente hat Kolp (1966) das beiliegende Schema entwickelt, welches sich beim Einsatz auf See gut bewährt hat.

Die bei der Probenansprache festgehaltenen Informationen werden in einer Datenbank abgelegt, wobei in verschiedenen Instituten und Arbeitsrichtungen unterschiedliche Datenbankformate genutzt werden. Traditionell kommt dabei im IOW dBase zum Einsatz, es wird jedoch auch mit solchen Softwareprodukten wie Access oder Pangaea gearbeitet. In der Anlage ist ein Beispiel für eine unter dBase erfaßte und ausgegebene Kernbeschreibung beigefügt.

Weitere Details zur Beschreibung von Sedimentkernen, Untersuchungen von Smear Slides usw. werden im Laborpraktikum vorgestellt.

Die Art und Weise Probenahme auf See unterliegt einer Reihe von Vorbedingungen. Befindet man sich in einem Seegebiet, das nur unter großen Aufwendungen wieder erreichbar ist, so wird man so viel Probenmaterial wie möglich zu gewinnen suchen. Man wird bei der Kerngewinnung also vorwiegend mit PVC-Liner arbeiten und diese im Labor an Land weiter untersuchen.

Bewegt man sich in einem leichter zugänglichen Arbeitsgebiet, wie es für das IOW die westliche Ostsee darstellt, so wird man versuchen, die Probenahme an die logistischen Möglichkeiten des Institutes anzupassen. Dies bedeutet u.a., daß man Rücksicht auf knappe Lagerflächen nehmen und dementsprechend nur solche Proben an Land bringen wird, die in absehbarer Zeit aufgearbeitet werden können. Zu diesem Zweck wird ein Kern in einer Kunststoffolie an Bord gebracht und dort bemustert. Ist es sinnvoll, den gesamten Kern weiter zu bearbeiten, wird ein zweiter im PVC-Liner genommen und an Land gebracht. Der an Bord untersuchte Kern wird parallel dazu beprobt. Dies geschieht auf eine solche Weise, daß alle während der Beschreibung erkannten lithologischen Einheiten repräsentativ vertreten sind. Art und Menge der Proben werden dabei von den nachfolgenden Untersuchungen bestimmt. Für Siebungen wird man beispielsweise eine ausreichende große

Probe benötigen, wahren für Untersuchungen an Diatomeen bereits kleine Probemengen ausreichen. Von wichtigen Kernen wird das gesamte Profil in geeigneten Behältnissen (z.B. Kabelkanäle) archiviert.

Proben, die auf Schwermetallgehalte untersucht werden sollen, sollten möglichst wenig mit metallenen Probenahmegegeräten in Berührung kommen. Also nutzt man hier Kunststoffgeräte und –probebehältnisse. Gleiches gilt sinngemäß für Proben, deren Gehalt an organischen Verbindungen bestimmt werden soll. Dabei wird man auf Geräte und Probenbehältnisse aus Kunststoff verzichten und solche aus Metall (z.B. Aluminium) vorziehen.

Bei der Entnahme von Proben aus einem Kern ist darauf zu achten, daß man die Außenrinde sorgfältig entfernt, denn hier ist mit verschlepptem Material aus anderen Kernbereichen zu rechnen.

Für das Rumohr- bzw. Niemistölot gibt es Probenahmegegeräte, die es gestatten, den gesamten Kern in definierten Längen zu beproben.

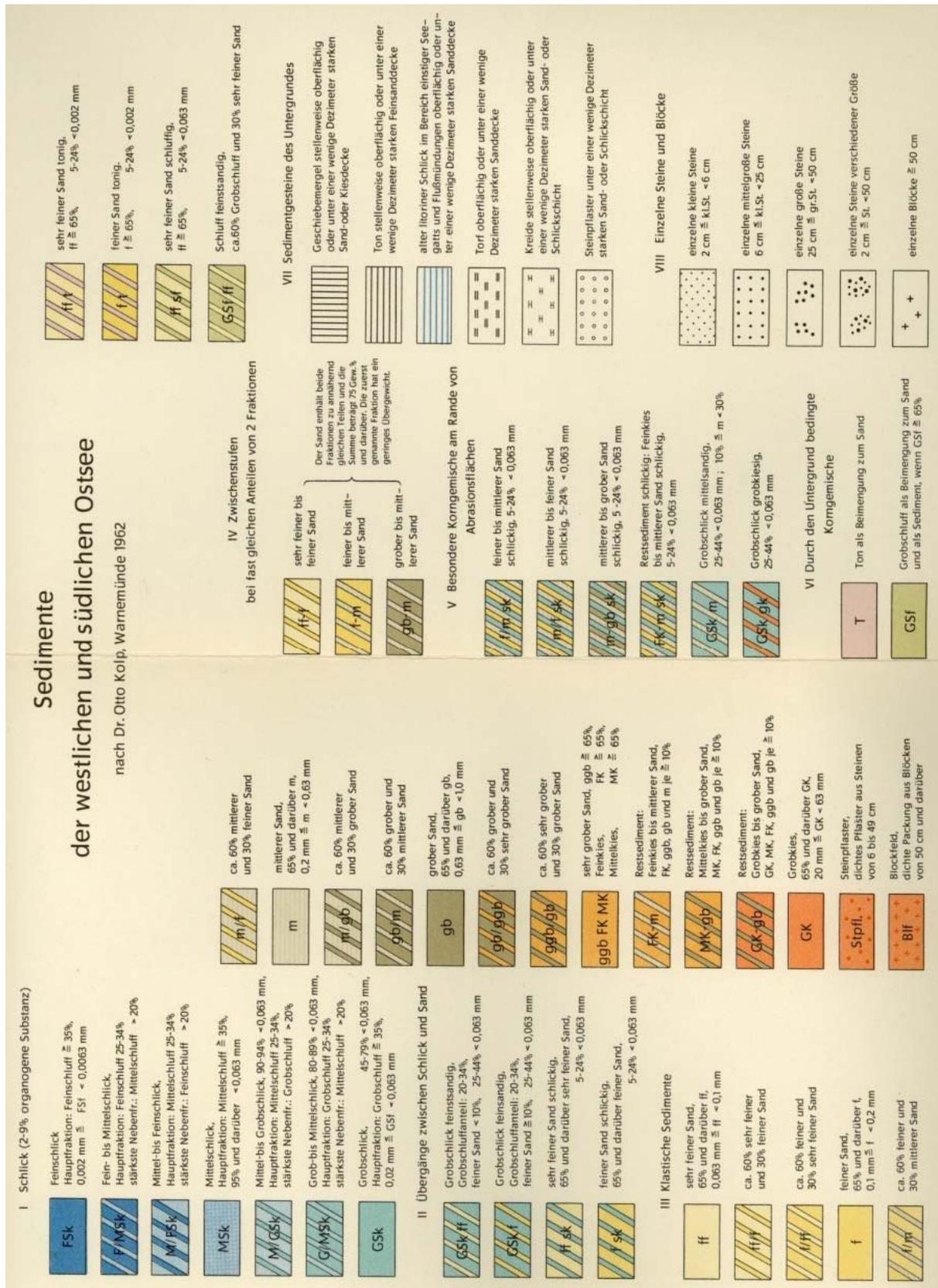


Abb. 5. 11.: Schema für die Charakterisierung der Ostseesedimente von Kolp (1966)

## 6. Literaturverzeichnis

- Barnik, W., Schommartz, G., Wendt, G. (1984): Hydroakustik. - in: Fasold u.a. Hrsg. Taschenbuch Akustik, - VEB-Verlag Technik Berlin, S. 1650-1725
- Belderson, R.H. et al. (1972): Sonographs of the sea floor. - Elsevier publ.Co. Amsterdam, 185 p.
- Bialek, E.L. (1966): Handbook of Oceanographic Tables.- Special Publ. SP-68, U.S. Naval Oceanogr. Office, Washington, D.C.
- Fofonoff, N.P., Millard, R.C. (1983): Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. - Unesco technical papers in marine science No. 44, 22p.
- Harff, J., Lemke, W., Tauber, F., Emelyanov, E.M. (1997): Geologische Kartierung der Ostsee.- Geowissenschaften, vol.13, No. 11, 442-447.
- Jensen, J. B., A. Kuijpers, and W. Lemke, 1996, Fehmarn-Belt - Arkonabecken - Spätquartäre Sedimente: DGU Map Series.
- Kolp, O.(1966): Die Sedimente der westlichen und südlichen Ostsee und ihre Darstellung. - Beiträge zur Meereskunde, 17/18, 9-60
- Lange, D., 1984, Geologische Untersuchungen an spätglazialen und holozänen Sedimenten der Lübecker und Mecklenburger Bucht: Unveröff. Dissertation B thesis, Institut für Meereskunde Warnemünde, 166 p.
- Lemke, W., A. Kuijpers, G. Hoffmann, D. Milkert, and E. Atzler, 1994, the Darss Sill, hydrographic threshold in the southwestern Baltic: Late Quaternary Geology and recent sediment dynamics: Continental Shelf Research, v. 14, p. 847-870.
- Medwin (1975): Speed of sound in water: a simple equation for realistic parameters. - Journ Acoust. Soc. Am. 58/6 pp.1318-1319
- Reinheimer, G. (Ed.) (1996): Meereskunde der Ostsee.- Springer: Berlin et al., 338 p.
- Rietz, V., T. Seifert, and B. Bobertz, 1998, Hydrographic Conditions and Pattern of Sediment Distribution in the Western Baltic Sea: Baltic Sea Science Conference - The Changing Coastal Oceans: From Assessment to Prediction, p. 1.
- Sündermann, J. (1986 Hrsg.): Landolt-Börnstein / Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaft und Technik / Gruppe 5 Geophysik und Weltraumforschung , Band 3a, Ozeanographie, Berlin,
- Tauber, F. (1996): Sidescan Sonar Postprocessing, Imaging & Mosaicking. - IOW-Interner Report, Warnemünde,
- Tauber, F., 1997, Treating grain-size data as continuous functions: Proceedings of IAMG '97 - The Third Annual Conference of the International Association for Mathematical Geology, p. 169-174.

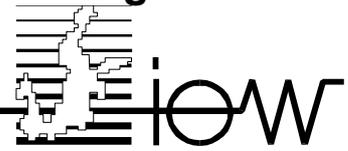
Wattenberg, H., 1949, Entwurf einer natürlichen Einteilung der Ostsee: Kieler Meeresforschungen, v. 6, p. 10-15.

Winterhalter, B., T. Floden, H. Ignatius, S. Axberg, and L. Niemistö, 1981, Geology of the Baltic Sea, in A. Voipio, ed., The Baltic Sea: Elsevier Oceanography Series, p. 1-121.

Werner, F., and R. S. Newton, 1975, The pattern of large-scale bed forms in the Langeland Belt (Baltic Sea): Marine Geology, v. 19, p. 29-59.

**Anlage 3**

INSTITUT FÜR OSTSEEFORSCHUNG WARNEMÜNDE  
 an der Universität Rostock    BALTIC SEA RESEARCH INSTITUTE



Schiffskoordinator  
 J. Ruickoldt

Warnemünde, den .....

**Kammerbelegungsplan**  
**FS "Professor Albrecht Penck"**

Fahrtnummer: 40 / 02 / \_\_\_\_  
 Fahrt vom: \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_  
 Fahrtleiter: \_\_\_\_\_

**Zweimannkammer -24-**

Oben: .....

Unten: .....

**Zweimannkammer -25-**

Oben: .....

Unten: .....

**Zweimannkammer -26-**

Oben: .....

Unten: .....

**Fahrtleiterkammer -27-**

Unten: .....

**Zweimannkammer -28-**

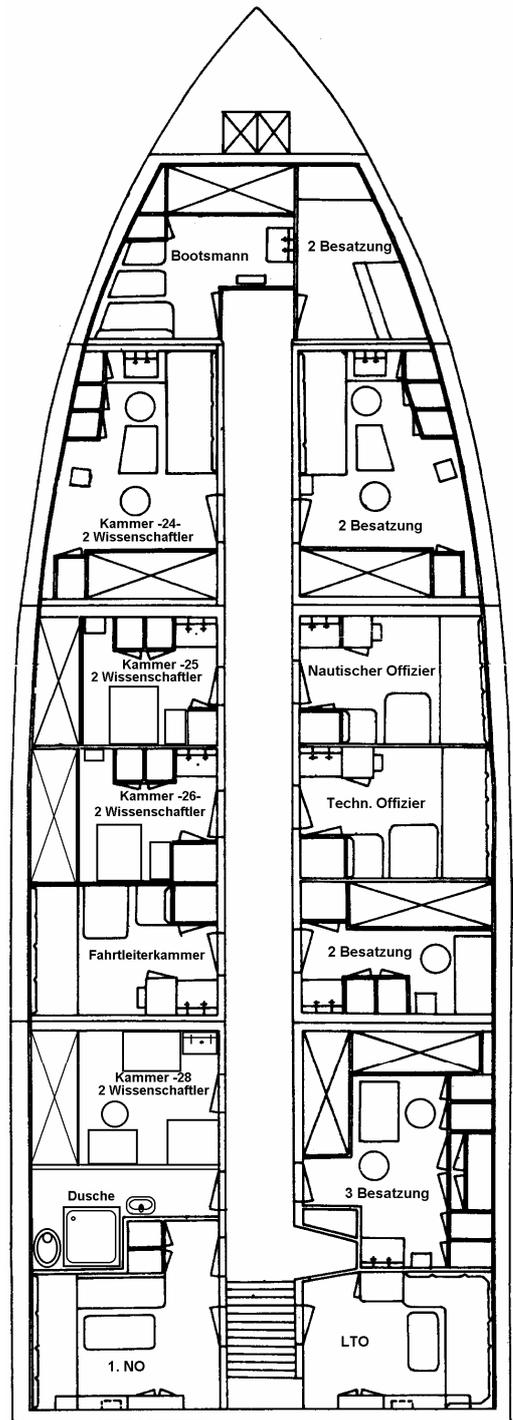
Oben: .....

Unten: .....

Der mögliche 10. und 11. Wissenschaftler kann in  
 Absprache mit der BMS im Bereich der Besatzung  
 untergebracht werden.

10: .....

11: .....



.....  
Unterschrift Fahrleiter

## 7. Core List

**2.4** Project:

Cruise:

RV-Stat.code	RV	Area	Year	Month	Day	Start (UTC)	IOW-Station ID	
Lat. Long.	Water depth Start	<b>2.5</b> Station description		<b>No. of cores:</b>				
		Positioning System:		Geoid:		Station Name		
<b>2.6</b> Core	<b>2.7</b> Time (UTC)	<b>2.8</b> Position Lat. Long.	<b>2.9</b> Depth (m)	<b>2.10</b> Gear	<b>2.11</b> Corer length (m)	<b>2.12</b> Penetrati on/ <b>Gain</b> (m)	<b>Scientist/ Institute</b>	<b>2.13</b> Comment