

**Digitale und analoge
Krill-Echolot-Rohdatenerfassung
an Bord des Forschungsschiffs „Meteor“
(im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT III)**

von Bodo Morgenstern

Berichte zur Polarforschung Nr. 3/Juni 1982

Hinweis

Die Berichte zur Polarforschung werden vom Alfred-Wegener-Institut für Polarforschung in Bremerhaven* in unregelmäßiger Abfolge herausgegeben.

Sie enthalten Beschreibungen und Ergebnisse der vom Institut oder mit seiner Unterstützung durchgeführten Forschungsarbeiten in den Polargebieten.

Die Beiträge geben nicht notwendigerweise die Auffassung des Instituts wieder.

Notice

The Reports on Polar Research are issued by the Alfred-Wegener-Institute for Polar Research, in Bremerhaven*, Federal Republic of Germany. They appear in non-regular intervals.

They contain descriptions and results of investigations in polar regions either conducted by the Institute or with its support.

The papers contained in the Reports do not necessarily reflect the opinion of the Institute.

* Anschrift

Alfred-Wegener-Institut
für Polarforschung
Columbus-Center
D-2850 Bremerhaven
Telefon (04 71) 4 90 06/7
Telex 0238 695 polar d
Telegramm: Polar Bremerhaven

* Address

Alfred-Wegener-Institute
for Polar Research
Columbus-Center
D-2850 Bremerhaven
Federal Republic of Germany
Phone (04 71) 4 90 06/7
Telex 0238 695 polar d
Telegram: Polar Bremerhaven

<u>0.</u>	Zusammenf
<u>1.</u>	Einleitung
<u>2.</u>	Allgemein
<u>3.</u>	Aufgabe u Versuchsf
<u>4.</u>	Versuche
4.1.	Bl
4.1.1.	Ec
4.1.2.	Sc
4.1.3.	Ar
4.1.4.	Di
4.2.	Be
<u>5.</u>	Vorbereit
<u>6.</u>	Kalibrier
6.1.	Ka
6.1.1.	El
6.1.1.1.	El
6.1.1.2.	El
6.1.2.	Al
6.1.2.1.	A
6.1.2.2.	Er
6.1.2.3.	Er
6.1.2.4.	Sc
6.1.3.	Zu
6.2.	Ka
6.3.	Ka
<u>7.</u>	Gebiet de
<u>8.</u>	Echolot-f
8.1.	Ar
8.2.	D
8.2.1.	A
8.2.2.	Be
<u>9.</u>	Rohdaten
9.1.	A
9.2.	Ve De
9.3.	Gi
<u>10.</u>	Transmis:
<u>11.</u>	Schlußbe:
Quellennachwe	
List of figure	

Inhaltsverzeichnis

	Seite
<u>0. Zusammenfassung</u>	6
<u>1. Einleitung</u>	7
<u>2. Allgemeines zum Einsatz des Echolotes bei der Bestandsabschätzung</u>	8
<u>3. Aufgabe und Ziel der Echolot-Datenerfassung während ANT III, Versuchsprogramm</u>	10
<u>4. Versuchseinrichtung</u>	12
4.1. Blockschaltbild der Hardware	12
4.1.1. Echolotanlage	12
4.1.2. Schiffsdatenerfassung INDAS	14
4.1.3. Analoge Signalerfassung	15
4.1.4. Digitale Datenerfassung	16
4.2. Betriebssystem und Datenerfassungssoftware	16
<u>5. Vorbereitende Arbeiten, Erprobung der Versuchseinrichtung</u>	18
<u>6. Kalibrierung des Gesamtsystems</u>	19
6.1. Kalibrierung der Echolotanlage	19
6.1.1. Elektrische Eichung	21
6.1.1.1. Elektrische Eichung des Sendeteils	21
6.1.1.2. Elektrische Eichung des Empfangsteils	21
6.1.2. Akustische Eichung	22
6.1.2.1. Allgemeines, Positionierung des Eichhydrofons	22
6.1.2.2. Ermittlung des Sendepiegels SL	23
6.1.2.3. Ermittlung des Empfangs-Spannungsübertragungsmaßes RVR	25
6.1.2.4. Sonstige akustische Parameter	25
6.1.3. Zusammenstellung der wichtigsten Echolotdaten	25
6.2. Kalibrierung des A/D-Systems	26
6.3. Kalibrierung der Analogbandaufzeichnung	26
<u>7. Gebiet der Schwarmstudie, Suchkurse</u>	28
<u>8. Echolot-Rohdaten</u>	32
8.1. Analogdaten	32
8.2. Digital-Rohdaten	32
8.2.1. Allgemeines, charakteristische Größen für die Auflösung	32
8.2.2. Beispiele für typische Einzelpings	35
<u>9. Rohdaten-Vor- und Weiterverarbeitung</u>	45
9.1. Allgemeines	45
9.2. Vorverarbeitung am Beispiel der Ermittlung und dreidimensionalen Darstellung der Volumentrückstreuung aus einigen Datensätzen	45
9.3. Grobwertung der Echolot-Registrierung	53
<u>10. Transmissionsmessungen an Schwärmen mittels Tiefenhydrofon</u>	55
<u>11. Schlußbetrachtung</u>	56
Quellennachweis	57
List of figures (in Englisch)	58

are issued by
or Polar Re-
al Republic of
-regular inter-

results of in-
ter conducted
t.

ports do not
of the Institute.

Summary

In this report a data acquisition system is described, which was used aboard RV "METEOR" during the Antarctic BIOMASS program FIBEX 1980/81 in order to acquire echosounder raw-signals in analog and digital form with high accuracy and resolution for post processing, at home. Information is given of the hard- and software, the data format, the experimental program and the area of the swarm study. Some typical echo signals and the volume backscattering of smaller schools of krill (*Euphausia Superba*) are graphically presented as preliminary examples of the collected data material.

Résumé

Ce rapport décrit un système d' acquisition de données qui a été utilisé à bord du navire de recherches "METEOR" pendant le programme Antarctique BIOMASS "FIBEX" en 1980/81 afin d' enregistrer par écho-sondage des signaux bruts en forme analogique et numérique à haute résolution et grande précision pour un traitement postérieur après le retour.

Ci-inclus sont des informations du hardware et du software, du format des données, du programme expérimental et de la région où ces études ont en lien.

Quelques signaux acoustiques caractérisant des mineures nuées de krill (*euphausia superba*) et la rétrodiffusion volumétrique sont présentés graphiquement comme des exemples préliminaires du matériel colligé.

0. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit berichtet über die Realisierung und den Einsatz eines integrierten, rechnergestützten Echolot-Datenerfassungssystems. Es fand unter anderem Verwendung auf dem deutschen Forschungsschiff "Meteor" während dessen Antarktisreise 1980/81 im Rahmen des internationalen Projektes FIBEX, Fahrabschnitt ANT III, und diente hier vornehmlich der Gewinnung von Krill-Echolot-Rohdaten, und zwar sowohl in analoger als auch in digitaler Form.

Der deutsche Beitrag dieses interdisziplinären Projektes wurde aus Mitteln der Bundesministerien für Forschung und Technologie (BMFT), für Landwirtschaft und Forsten (BML) und für Verkehr (BMV) finanziert.

Einleitend werden Aufgabe und Ziel der Echolotdatenerfassung kurz umrissen. Es folgt eine Beschreibung der Versuchseinrichtung, ihrer Hardwarekomponenten und der Datenerfassungssoftware sowie ein kurzer Bericht über die Realisierung und die Erprobung an Bord.

Reproduzierbare und quantifizierbare Meßwerterfassung ist nur mit einem stabilen, exakt geeichten System möglich. Der Eichung der Anlage ist deshalb ein weiterer Abschnitt gewidmet.

Das Gebiet der eigentlichen Schwarmstudie am 1. und 2.3.81 nördlich von Elephant Island wird anhand einer Seekarte vorgestellt. Weitere Karten, in die die Kurse und Zeiten während der Datenaufzeichnungen eingetragen sind, ergänzen die Übersicht.

Obwohl die analoge Datenerfassung, von der Menge her gesehen, etwa den gleichen Anteil erreichte wie die digitale, wird ihr in diesem Bericht nur ein kleiner Abschnitt gewidmet. Den Schwerpunkt bilden die Digitalmeßwerte, deren charakteristische Größen erläutert werden. Einige Beispiele für typische Echolotpings beschließen den Komplex Echolot-Rohdaten.

Für die Sichtung des gewonnenen Materials ist es in einem ersten Schritt nützlich, einfache grafische Darstellungen, beispielsweise des Volumenrückstreuungskoeffizienten kleinerer Schwarmstrukturen, anzulegen. Das soll anhand einiger dreidimensionaler Computergrafiken gezeigt werden. Ferner wird eine Grobauswertung der Echolotregistrierungen vorgestellt, in der die Mächtigkeit der Krillvorkommen entlang der gefahrenen Schnitte eingetragen ist.

Ein kurzer Bericht über die Erfahrungen mit dem Einsatz eines Tiefenhydrofons zur Transmissionsmessung an Krillschwärmen schließt die Arbeit ab.

1. Einleitung

Im Antarktischen Forschungsprogramm Antarctic Southern Ocean BIOMASS (ASOB) von Australien, Südafrika, UdSSR und der FS "Meteor" ist die Erfassung der Biomasse im antarktischen Krill eine wichtige Aufgabe. Die Erfassung der Krillbiomasse erfolgt durch die Echolotdatenerfassung an Bord des Forschungsschiffes "Meteor".

An diesem Bericht sollen die Ergebnisse der Echolotdatenerfassung im Vergleich mit den Ergebnissen der Krillzählungen dargestellt werden. Ein Vergleich der Krillzählungen mit den Echolotdatenerfassungen ist möglich, da die Krillzählungen und die Echolotdatenerfassungen an denselben Stellen und zu denselben Zeiten durchgeführt wurden.

Der deutsche Beitrag zur ASOB-Forschung wurde durch die Bundesministerien für Forschung und Technologie (BMFT) sowie für Landwirtschaft und Forsten (BML) finanziert. Für die hydrographische Unterstützung der ASOB-Forschung sind die Dienste der Bundesmarine, insbesondere der Hydrographischen Dienststelle der Bundesmarine, zu danken. Die Echolotdatenerfassung wurde durch das Institut für Meereskunde der Universität Kiel durchgeführt.

Der Schwerpunkt der Arbeit liegt im Vergleich der Echolotdatenerfassung mit den Krillzählungen. Die Echolotdatenerfassung wurde durch die Hydrographische Dienststelle der Bundesmarine durchgeführt. Die Echolotdatenerfassung wurde durch das Institut für Meereskunde der Universität Kiel durchgeführt. Die Echolotdatenerfassung wurde durch das Institut für Meereskunde der Universität Kiel durchgeführt.

1. Einleitung

Im Antarktissommer 1980/81 wurde im Rahmen des internationalen Forschungsprogramms BIOMASS (Biological Investigations of Marine Antarctic Systems and Stocks) das Projekt FIBEX (First International BIOMASS Experiment) durchgeführt, an dem außer Argentinien, Australien, Chile, Frankreich, Großbritannien, Japan, Polen, Südafrika, UdSSR und USA auch die Bundesrepublik Deutschland mit FS "Meteor" und FFS "Walther Herwig" beteiligt war. Ziel von BIOMASS ist die zirkumpolare Erforschung der Struktur und der Dynamik des antarktischen Ökosystems als Grundlage für eine künftige wirtschaftliche Nutzung der lebenden Biomasse. Eine zentrale Rolle nimmt hierbei der Krill ein.

An diesem interdisziplinären Projekt sind vor allem Biologen, Ozeanografen, Ingenieure, Chemiker und Nahrungsmittelfachleute beteiligt. Ein wesentliches Instrument für die Bestandserfassung von Krill und anderen pelagischen, d.h. frei im Meer lebenden Organismen sind rechnergestützte Echolot-Datenerfassungssysteme.

Der deutsche Beitrag wurde gemeinsam von den Bundesministerien für Forschung und Technologie (BMFT), für Landwirtschaft und Forsten (BML) sowie für Verkehr (BMV) finanziert.

Für die hydroakustischen Untersuchungen wurden an Bord von FFS "Walther Herwig" und FS "Meteor" rechnergestützte Echolot-Datenerfassungssysteme installiert, die an der HsBw Hamburg in Zusammenarbeit mit der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg und dem Institut für Meereskunde an der Universität Kiel konzipiert und realisiert wurden.

Der Schwerpunkt der akustischen Untersuchungen von FS "Meteor" lag im Fahrtabschnitt ANT III (5.2. bis 10.3.81).

Die Echolot-Datenerfassung allein liefert jedoch noch keine absolut gültigen Aussagen. Sie ist vor allen Dingen auf biologische, ozeanografische und meteorologische Werte angewiesen. Ferner wird sie durch weitere hydroakustische Untersuchungen (Ermittlung der durch einen Schwarm transmittierten Energie mittels Tiefenhydrofon) und durch Unterwasserfernsehen sowie Unterwasserfilm ergänzt. Dabei ist eine enge Zusammenarbeit aller beteiligten Disziplinen erforderlich.

2. Allgemeines zum Einsatz des Echolotes bei der biologischen Bestandsabschätzung

Die Vorteile der Echolottechnik bei der hydroakustischen Ortung und Abschätzung biologischer Bestände sind seit Jahrzehnten bekannt und haben zu einem breiten Anwendungsspektrum geführt. Parallel dazu läuft die Weiterentwicklung der hydroakustischen Theorien, die das Ziel haben, die physikalischen Vorgänge bei der Schallreflexion und Schallstreuung durch Einzelziele oder größere Ansammlungen mathematisch zu beschreiben und damit einer quantitativen Erfassung zugänglich zu machen.

Es existieren eine Reihe von Streumodellen, die einerseits einen Teil der in der Praxis auftretenden Parameter berücksichtigen, auf der anderen Seite aber von vereinfachenden Annahmen ausgehen, deren Berechtigung experimentell noch bestätigt werden muß. Außerdem fehlen für viele Einflußgrößen noch meßtechnisch abgesicherte Werte. Einfache Beispiele beim Krill sind exakte in-situ-Angaben über Schwarmgröße, Dichte, Reflexions- und Absorptionseigenschaften des Kollektivs sowie der Einzelindividuen bei verschiedenen Lotfrequenzen.

Um genauere Aussagen über das Gewicht einzelner Größen auf den zu untersuchenden Prozeß zu erhalten, ist es unerlässlich, mit Meßwert-erfassungen zu arbeiten, deren Genauigkeit so grob ist, daß mögliche Parametervariationen am Objekt mit Sicherheit als solche erkannt werden. Bezogen auf hydroakustische Messungen bedeutet das, daß viele derzeit gebräuchliche, vorwiegend noch analog arbeitende Systeme zur Bestandserfassung nur sehr grobe Anhaltswerte liefern. Insbesondere verfügen sie nicht über genügend "Intelligenz", um beispielsweise unterschiedliche Ursachen von Echoenergien zu identifizieren. Hier ist der optimale Einsatz häufig von der Erfahrung des Operators abhängig, der die Signale auswertet. Diese Methode ist oft zeitaufwendig und nicht unbedingt objektiv.

In der Vergangenheit gab es nur eingeschränkte Möglichkeiten, akustische Meßdaten vor Ort so aufzubereiten und zu konservieren, daß sie zu einem späteren Zeitpunkt leicht wiederverwendet und weiter analysiert werden konnten. Mit zunehmendem Einsatz digitaler Methoden und dem damit verbundenen hohen Grad an Automatisierung und

Zuverlässig
sche Daten
zu erfassen

Die genaue
von relativ
den Paramet
wesentliche
Alternative
führen. Die
Verhältnisse

Ein wesentl
ist die Met
ist man im
sierung der

Zwar sind n
gen in die
tember 1981
Data-Worksh
nung gesich

Eine wichti
bration hyd
primär die
akustischen
hinaus der
reproduzier

Bei der Aus
"Meteor" wu
das finanzia
weitgehend

Der nachfol
Echolot-Roh
kussion.

Zuverlässigkeit bieten sich neue Möglichkeiten, hydroakustische Daten mit einem größeren Maß von statistischer Sicherheit zu erfassen.

Die genaue Erfassung von direkten Meßwerten allein ist jedoch von relativ geringem Nutzen, wenn die übrigen, indirekt eingehenden Parameter nicht bekannt sind. Fehlt die Möglichkeit, alle wesentlichen Einflußgrößen apparativ zu bestimmen, so ist eine Alternative, die Experimente unter idealen Bedingungen durchzuführen. Die trifft man jedoch, insbesondere unter antarktischen Verhältnissen, selten an.

Ein wesentlicher Faktor für die Vergleichbarkeit von Ergebnissen ist die Methode der Datengewinnung und Weiterverarbeitung. Hier ist man im gegenwärtigen Zeitpunkt noch weit von einer Standardisierung der Verfahren entfernt.

Zwar sind mit FIBEX im internationalen Maßstab große Anstrengungen in die richtige Richtung unternommen worden; aber der im September 1981 an der Universität in Hamburg abgehaltene Post-FIBEX-Data-Workshop hat gezeigt, daß noch viele Probleme bei der Gewinnung gesicherter Bestandsabschätzungen zu lösen sind.

Eine wichtige Rolle spielt insbesondere die Frage der Interkalibration hydroakustischer Datenerfassungssysteme. Dazu gehört primär die genaue Kenntnis aller akusto-elektrisch und elektroakustischen Systemparameter beim einzelnen Anwender und darüber hinaus der Vergleich der Systeme miteinander unter denselben reproduzierbaren Versuchsbedingungen.

Bei der Ausrüstung der Forschungsschiffe "Walther Herwig" und "Meteor" wurde versucht, die skizzierten Gesichtspunkte, soweit das finanziell, personell und zeitlich durchführbar war, möglichst weitgehend zu berücksichtigen.

Der nachfolgende Bericht stellt diese Arbeiten, soweit sie die Echolot-Rohdatengewinnung auf FS "Meteor" betreffen, zur Diskussion.

3. Aufgabe und Ziel der Echolot-Datenerfassung, Versuchsprogramm

Die Aufgabe der Echolot-Datenerfassung im Rahmen des Gesamtprojekts kann in 3 Teilaspekten gesehen werden:

- Ortung und Registrierung von Krillschwärmen und anderen pelagischen Zielen mittels Lot und Schreiber als direktes Hilfsmittel für die Navigation während der Schwarmstudie,
- Grobauswertung der Echolotregistrierung zu einer übersichtlichen Abschätzung der Biomasse innerhalb eines bestimmten Gebietes,
- Gewinnung von digitalen und analogen Echolot-Rohdaten mit möglichst hoher Auflösung auf Magnetbandbasis für die landgebundene Analyse der hydroakustischen Parameter von Schwärmen verschiedener Dichte und Zusammensetzung, unterschiedlichen Alters etc., ergänzt durch automatische Erfassung der Kalibrierwerte der wichtigsten Gerätefunktionen sowie der ozeanografischen, meteorologischen und navigatorischen Daten.

Der Schwerpunkt der Datenerfassung auf "Meteor" ist im zuletzt genannten Punkt, der hydroakustischen Schwarmstudie zu sehen. Ziel dieser Aktivität ist die detaillierte Vermessung vorwiegend von Krillschwärmen, darüber hinaus aber auch von sonstigen pelagischen Ansammlungen (Salpen, Amphipoden, Kopepoden usw). Diese Arbeiten ergänzen in sinnvoller Weise die großräumige, weitmaschige Echolot-erfassung im Rahmen des internationalen FIBEX-Surveys. Ihre Ergebnisse könnten Aussagen zu folgenden Fragenkomplexen liefern:

- Welchen Einfluß hat die Wahl der Echolotfrequenz auf die Ortbarkeit verschiedener Wachstumsstadien des Krill?
- Läßt sich Krill mittels Echolotung von anderen Arten unterscheiden?
- Gibt es typische geometrische Formen von Krillschwärmen, und lassen sich allgemeingültige, quantitative Aussagen über die Abmessungen und die Dichte von Schwärmen und von Superschwärmen machen?
- In welchen Zeiträumen ändern sich Schwarmkonfigurationen? Welche Wanderungen (vertikal und horizontal) führt der Krill be-

zügl

Die Abwichtungsprogramm stö Versuchsbe sehr rasch man jederz entsprechende reitschaft insbesondere So war die im Rahmen

programm

etpro- züglich kurzer und längerer Zeiträume durch?

en pela-
Hilfs-
schlägi-
en Ge-

mit
landge-
hwärmen
lichen
Kali-
ozeano-
n.

etzt ge-
n. Ziel
d von
agischen
beiten
Echolot-
e Ergeb-
n:

die Ort-

unter-

en, und
ber die
rschwär-

nen? Wel-
rill be-

Die Abwicklung eines vorab präzise ausgearbeiteten Versuchsprogramms stößt in der Praxis insofern auf Schwierigkeiten, als die Versuchsbedingungen vor Ort selten genau bekannt sind und zum Teil sehr rasch wechseln. Die Planungen haben daher so zu erfolgen, daß man jederzeit ad hoc auf eintretende Ereignisse reagieren und die entsprechenden Experimente starten kann. Das setzt einen hohen Bereitschaftsgrad, Flexibilität und eine intensive Zusammenarbeit insbesondere mit den Biologen und der Schiffsführung voraus. So war diese Kooperation auch kennzeichnend für die Aktivitäten im Rahmen der Schwarmstudien.

4. Versuchseinrichtung

Hardwaremäßig besteht die Versuchseinrichtung aus einer Anzahl kommerzieller Systeme und Geräte sowie aus eigenentwickelten und -gefertigten Komponenten und Interfaces zur Anpassung der Module aneinander und an das Forschungsprojekt. Hinzu kommen die für den Betrieb des zentralen Prozeßrechners erforderlichen Anwenderprogramme.

4.1. Blockschaltbild der Hardware

Bild 4.1 zeigt eine vereinfachte Blockschaltung des gesamten Datenerfassungssystems. Es lassen sich - grob gesehen - 5 Blöcke definieren:

- Echolot-Sende/Empfangseinheit
- Echograph
- Fischlupe
- digitale Datenerfassung (Echolot- und Schiffsdaten)
- analoge Datenerfassung (Echolotsignale).

4.1.1. Echolotanlage

Die Echolotanlage wurde von der Firma Honeywell-ELAC entsprechend den Vorgaben des Anwenders speziell für diesen Zweck entwickelt und eingebaut. Sie besteht aus 3 Modulen:

- Echograph LAZ 72
- Fischlupe LAZ 62
- 3-Frequenz-Sende/Empfangs- und Steuereinheit SEE 8-01.

Echograph LAZ 72 und Fischlupe LAZ 62 sind in Forschung und Fischereieinsatz vielfach erprobte und bewährte Geräte.

Bei der Konzeption der Sende/Empfangseinheit stand der Gesichtspunkt im Vordergrund, daß die zu ortenden Ziele klein sind (Krill, Schwebstoffe). Es sollte außerdem eine gewisse Variabilität in der Lotfrequenz vorhanden sein, um Frequenzabhängigkeiten bei der Ortung pelagischer Ziele zu erfassen. Es wurde deshalb eine 3-Frequenz-Anlage mit den Lotfrequenzen 50 kHz, 100 kHz und 150 kHz gewählt. Sendeeinheiten und Schwinger stammen dabei aus dem laufenden Programm. Die Schwinger sind im Kiel montiert. Auf Simultanbetrieb aller 3 Frequenzen wurde vor allem wegen des Aufwandes sowie der im Betrieb zu erwartenden Probleme verzichtet.

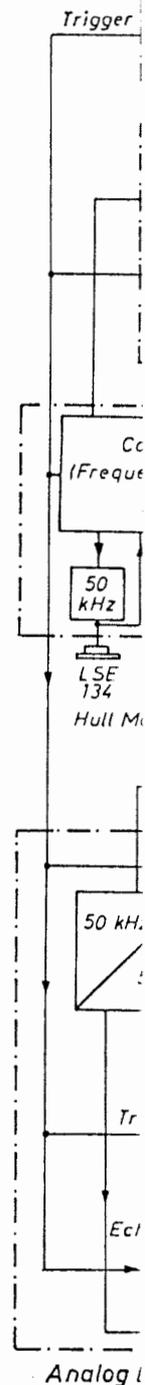


Bild 4

ahl kom-
nd -ge-
le an-
den
rprogram-

en Daten-
definie-

echend
kelt

-01.

Fische-

chts-
(Krill,
in der
er Ortung
uenz-
lt. Sende-
gramm. Die
3 Fre-
trieb zu

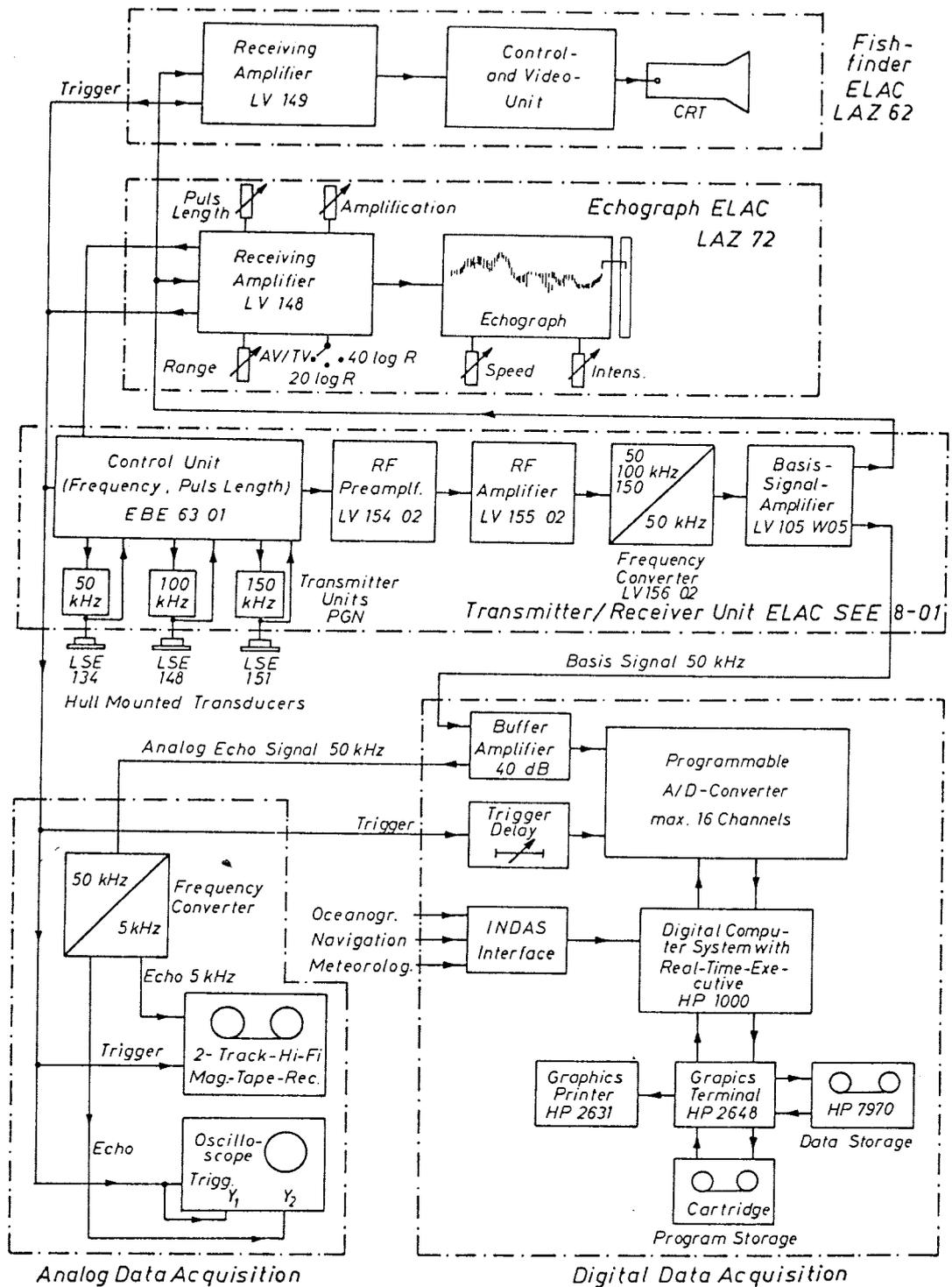


Bild 4.1: Krill-Echolot-Datenerfassungsanlage auf FS "Meteor", Blockübersicht

Sendeimpulslänge (Sendeleistung) und Sendefrequenz sind während des Betriebes ohne Unterbrechung von Ping zu Ping umschaltbar. Hierdurch wird ein Quasi-Simultanbetrieb ermöglicht. Die höherfrequenten 150- und 100-kHz-Echos werden in einer Mischstufe auf 50kHz umgesetzt. Somit hat das Basissignal am Ausgang des Basisverstärkers stets eine Trägerfrequenz von 50kHz. Über entsprechende Trennverstärker steht es für den Betrieb der nachfolgenden Einheiten (Echograph, Fischlupe, Analog- und Digitalsignalerfassung) mit definiertem Pegel zur Verfügung.

Der Echograph LAZ 72 verfügt über die übliche Registriereinrichtung mit trockenem Papier, Bereichs- und Verstärkungsumschaltung usw. Sofern er in Betrieb ist - und das ist der Normalfall - liefert er das Triggersignal für die Sendeimpulsauslösung, die Fischlupe und die Datenerfassungssteuerung.

Die Fischlupe LAZ 62 ergänzt die Registrierung in der Weise, daß die Echos eines Pings vollständig oder in wählbaren Tiefenfenstern auf einem Fernschirmschirm dargestellt werden. Sofern LAZ 72 nicht in Betrieb ist, übernimmt LAZ 62 die Triggerfunktion des Systems.

4.1.2. Schiffsdatenerfassung INDAS

FS "Meteor" verfügt über ein bordeigenes, zentrales Loggersystem INDAS, das alle wesentlichen Schiffsdaten in ständig aktualisierter Form bereitstellt. Folgende Größen sind verfügbar

- Datum, Uhrzeit, Stationsnummer
- Schiffsort (geografische Länge und Breite)
- Kurs, Fahrt über Grund
- Zielentfernung, Querabweichung
- relative und wahre Windgeschwindigkeit
- relative und wahre Windrichtung
- Wasser- und Lufttemperatur.

Der INDAS-Rechner stellt diese Werte digital mit 16 Bit Kanalbreite und einer Wiederholzeit von etwa 250 ms in TTL-Pegel zur Verfügung. Die Übertragung erfolgt bitparallel und wortseriell mit 20 Rechnerworten pro Datensatz. Die einzelnen Ziffern sind BCD-codiert. Damit die für die Krillechoerfassung wesentlichen Daten vom nachfolgenden Prozeßrechner HP 1000 einwandfrei asynchron übernommen werden können, wurde ein Interface mit Zwischenspeicherung entwickelt.

Bild 4.2

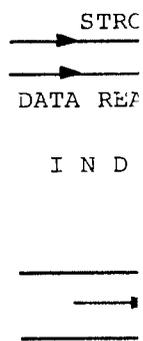


Bild 4.2

Im Inter
Übertrag
Sie wird
ung wir
ert. Der
FLAG im
zwischen

4.1.3.

Das anal
deshalb
men, wen
5kHz um
nachgese
das Trig
zeichnet
gleichze

Als Aufz
der geh
Type Rev
19 cm/s
optische
50kHz- l
ein Spei

ährend
bar.
öherfre-
auf 50kHz
erstärkers;
ennver-
en (Echo-
definier-

richtung
g usw. So-
fert er
pe und

e, daß die
tern auf
nicht in
ms.

system
isierter

albreite
rfügung.
Rechner-
t.
nach-
ommen
entwickelt.

Bild 4.2 zeigt eine Blockschaltung.

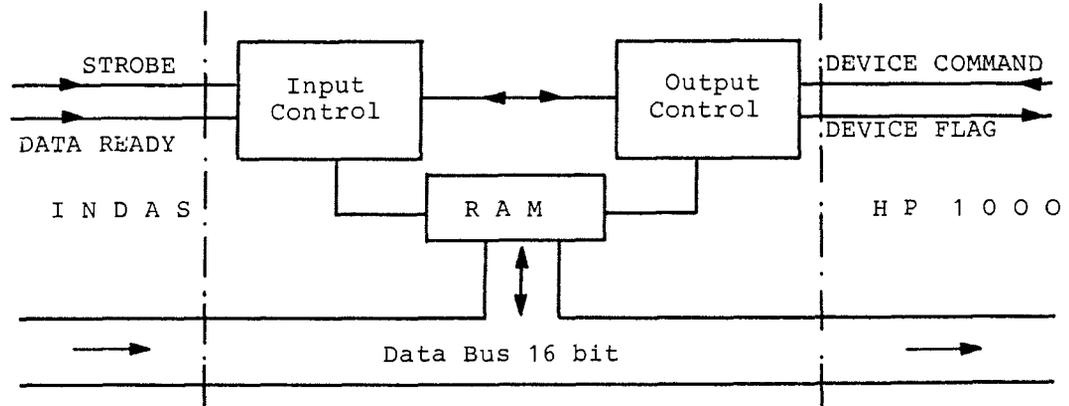


Bild 4.2: Blockschaltbild INDAS-Interface

Im Interesse eines möglichst geringen Aufwandes und einer hohen Übertragungsrate erfolgt im Interface keine Umcodierung der Daten. Sie wird später im HP 1000 per Software durchgeführt. Die Übertragung wird von INDAS mit den Signalen DATA READY und STROBE gesteuert. Der HP 1000 fordert die Werte mit DEVICE COMMAND und DEVICE FLAG im Handshakebetrieb ab, wobei eine gegenseitige Verriegelung zwischen INDAS und HP 1000 unerlässlich ist.

4.1.3. Analoge Signalerfassung

Das analoge Echosignal besitzt eine Bandbreite von ca. 1kHz. Es ist deshalb möglich, eine Aufzeichnung im Tonfrequenzbereich vorzunehmen, wenn man den Träger von 50kHz (Basissignal) auf beispielsweise 5kHz umsetzt. Hierfür wurde eine spezielle Mischstufe mit vor- und nachgeschalteten Pufferverstärkern entwickelt. Da für die Auswertung das Triggersignal als Takt unerlässlich ist, wird es parallel aufgezeichnet. Die Triggerspur dient während der Aufzeichnungspausen gleichzeitig als Kommentarspur.

Als Aufzeichnungsmedium eignet sich jedes HiFi-Stereo-Tonbandgerät der gehobenen Preisklasse. Im vorliegenden Fall wird ein Gerät der Type Revox A 77 verwendet, das bei einer Bandgeschwindigkeit von 19 cm/s pro Band eine Spieldauer von etwa 2 Stunden besitzt. Zur optischen Kontrolle und zur photographischen Dokumentation des 50kHz- bzw. 5kHz-Basissignals sowie des Triggers wird zusätzlich ein Speicheroszillograph Tektronix 7623 A eingesetzt.

4.1.4. Digitale Signalerfassung

Der Schwerpunkt der Echosignalaufzeichnung liegt in der digitalen Komponente. Herzstück ist hier ein Universal-Prozeßrechner mit Real-Time-Betriebssystem. Aus verschiedenen Gründen (z.B. Vereinheitlichung der Ausrüstungen der Forschungsschiffe "Walther Herwig" und "Meteor" mit bereits an Land betriebenen Rechnern, dafür entwickelte Programmpakete usw) fiel die Wahl auf das System Hewlett-Packard HP 1000. Die Ausrüstung auf "Meteor" umfaßt die Zentraleinheit HP 21 MXE, ein graphisches Terminal HP 2648 mit Magnetbandkassetten, einen graphischen Drucker/Plotter HP 2631 sowie ein 9-Spur-Digitalmagnetbandgerät HP 7970 mit 1600 bpi Schreibdichte.

Die Kassetten dienen als Speicher für Betriebssystem und Anwenderprogramme, während das HP 7970 als Massenspeicher für die Echolot-Rohdaten verwendet wird.

Der Zentralrechner ist über entsprechende Schnittstellen mit dem INDAS-Interface und dem Analog-Digitalwandler für die Echosignale verbunden.

Der Analog/Digital-(A/D-)Wandler wurde unter dem Gesichtspunkt universeller Einsetzbarkeit von H.U.Thiel an der HsBw entwickelt. Er hatte sich bereits auf der Antarktisreise 1977/78 von "Walther Herwig" in Verbindung mit einem Bell & Howell 16-Spur-Analogbandgerät CPR 4010 bewährt.

Er besitzt 16 analoge Eingangskanäle für Spannungen mit einem Aussteuerbereich von $\pm 5V$. Mittels eines vom Rechner bereitgestellten 16 bit-Kommandowortes können die Kanäle sequentiell oder wahlfrei (random) abgetastet werden. Außerdem läßt sich die Abtaststrategie im Bereich von $4\mu s$ bis $256\mu s$ programmieren. Das abgegebene 16-bit-Datenwort enthält in 4 bit die Information über die Kanalnummer und in 12 bit den Spannungswert einschließlich des Vorzeichens. Bei dem gegebenen Eingangsspannungsbereich von $\pm 5V$ entspricht das einer Auflösung von 2,4414 mV.

4.2. Betriebssystem und Datenerfassungssoftware

Bei der Wahl der Betriebssoftware für den Prozeßrechner standen 2 Gesichtspunkte im Vordergrund

- minimaler Hardwareaufwand
- kleine Reaktionszeit des Systems im Echtzeitbetrieb.

Diese
RTE-M
daß al
reside
den Re
vor de

Dat
acquis

Start
new rec
wit
tape-
an
file-h

Bild 4

Bild 4
tenerf.
Dienst

Bei de

Diese Forderungen sind realisierbar mit dem Real-Time-Betriebssystem RTE-M III für das HP 1000-System. Kennzeichnend ist unter anderem, daß alle Systemmodule und die Anwenderprogramme ständig speicherresident sind. Vor der Ausführung werden sie über Minikassette in den Rechner geladen. Ein Nachteil ist, daß die Programmentwicklung vor dem Einsatz abgeschlossen sein muß.

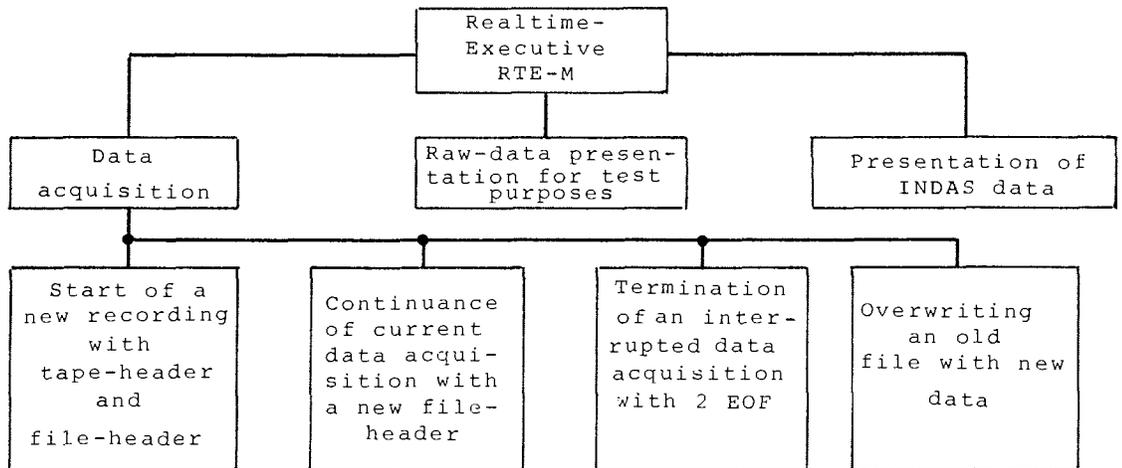


Bild 4.3: Übersicht über die Softwareausstattung des Datenerfassungssystems.

Bild 4.3 gibt einen Überblick über die Softwareausstattung der Datenerfassung. Abgestützt auf das RTE-M Betriebssystem sind folgende Dienstprogramme aufrufbar

- Darstellung der aktuellen INDAS-Daten (s. 4.1.2) auf Terminal oder Printer,
- Darstellung bereits erfaßter Rohdaten für Kontrollzwecke auf Terminal oder Printer,
- Rohdatenerfassung und Speicherung auf Magnetband.

Bei der Rohdatenerfassung sind weitere Unterprogramme möglich:

- Neustart einer Datenerfassung bei Beginn eines neuen Tapes: Das Tape wird zunächst mit einem Tape-Header versehen, der außer einem Testmuster Angaben wie Tape-#, Name der Institution, Datum und verwendeter Computer enthält. Der nachfolgende File-Header enthält außer den INDAS-Daten weitere Parameter, die die augenblickliche Konfiguration des Gesamt-

systems betreffen (Echolot, Datenerfassung usw). Der Aufbau von Tape-und File-Header entspricht weitgehend der Norm für FIBEX-Echosurvey-Datenbänder.

Auf den File-Header folgt das Datenfile (s.a. Bild 4.4).

- Weiterführung einer begonnenen Datenerfassung: Dieses Dienstprogramm wird dann aufgerufen, wenn nach Abschluß einer Datenerfassung noch Platz für ein weiteres File auf demselben Tape ist.
- Abschluß einer unterbrochenen Datenerfassung: Tritt aus irgendeinem Grund der Abbruch einer laufenden Datenerfassung auf (Systemabsturz durch Funkbetrieb o.ä., Bordnetzausfall), so ermöglicht dieses Dienstprogramm den nachträglichen definierten Abschluß des bis dahin richtigen Files mit 2 End-of-File-Marken (EOF).
- Überschreiten eines älteren Files mit neuen Daten: Wird ein Datenfile als nicht brauchbar beurteilt, so ermöglicht dieses Dienstprogramm die richtige Positionierung des Tapes und das anschließende Überschreiben mit neuen Daten.

Bild 4.4 zeigt den prinzipiellen Aufbau von Rohdaten-Magnetbändern (EOF: End-of-File-Marke)

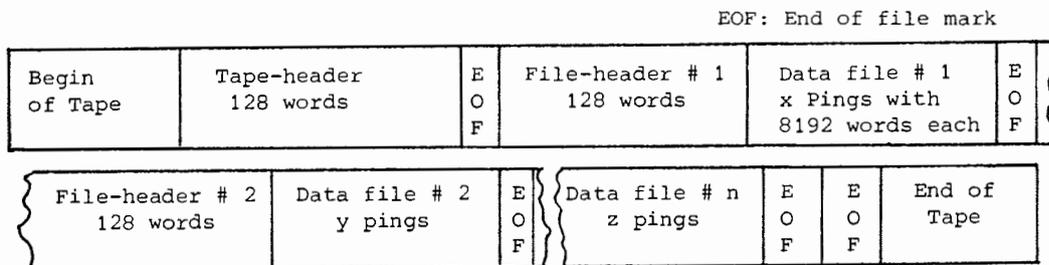


Bild 4.4: Aufbau der Digital-Rohdatentapes

5. Vorbereitende Arbeiten, Erprobung der Versuchseinrichtung

Die Installation des kommerziellen Gerätes, die Realisierung der übrigen Module und das Zusammenwirken der Einzelkomponenten mit Ausnahme des Echolotes konnten im Labor unter zum Teil simulierten Randbedingungen mit Erfolg durchgeführt werden.

Der Einbau der Echolotanlage auf FS "Meteor" erfolgte im Zeitraum

Juni / Ju
Hamburg
mit Rüc
den Spa
Die Bil
Wandler
wurden.
der Was
Öse ang
einrich

Die Erp
Vermess
"Meteor

6.

Wie ein
die Gew
pelagis
ist die
die rel
mit ein
Standar
Eichung
möglich
lauf de
Entspre
Kalibri

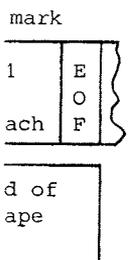
Sie wer

6.1.

Die Kali
nal eing
hältet c
hydroakt

Der
shend
ld 4.4).
ieses
bschluß
File auf
tt aus
enerfas-
bordnetz-
nachträg-
gen Files

en:
so er-
ionierung
neuen
tbändern



chtung
g der
mit Aus-
rten
itraum

Juni/Juli 1981 im Dock der Böttcher und Gröning Werft in Hamburg. Als günstigster Ort für die Echolotschwinger wurde mit Rücksicht auf die bereits vorhandenen Lote der Kiel zwischen den Spanten 111 und 114 im Vorpiek ermittelt. Die Bilder 5.1 und 5.2 zeigen die Positionen der einzelnen Wandler, die im Abstand von jeweils 0,5 m voneinander montiert wurden. Genau senkrecht über den Wandlern sind unmittelbar über der Wasserlinie backbord- und steuerbordseitig außenbords je eine Öse angeschweißt, die als Führungen bzw. Halterungen für die Eich-einrichtung dienen.

Die Erprobung des Gesamtsystems sowie die elektrische und akustische Vermessung der Echolotanlage erfolgten auf der 55. Reise von FS "Meteor" vom 22.7. bis 3.8.80 [5.1.] in der Nordsee.

6. Kalibrierung des Gesamtsystems

Wie eingangs dargestellt, ist das wesentliche Ziel des Projektes die Gewinnung von quantitativen Aussagen über die Verteilung mariner, pelagischer Organismen, speziell des Krills. Voraussetzung hierfür ist die genaue Kenntnis aller Systemparameter sowie die Möglichkeit, die relevanten Größen immer dann, wenn die Notwendigkeit dafür besteht, mit eindeutigen und reproduzierbaren Verfahren nachzumessen und mit Standards zu vergleichen, also eine Eichung durchzuführen. Da die Eichung nicht Hauptziel der Arbeiten sein kann und darf, muß sie möglichst rationell und zu Zeiten durchgeführt werden, wo sie den Ablauf des wesentlichen Geschehens nicht behindert.

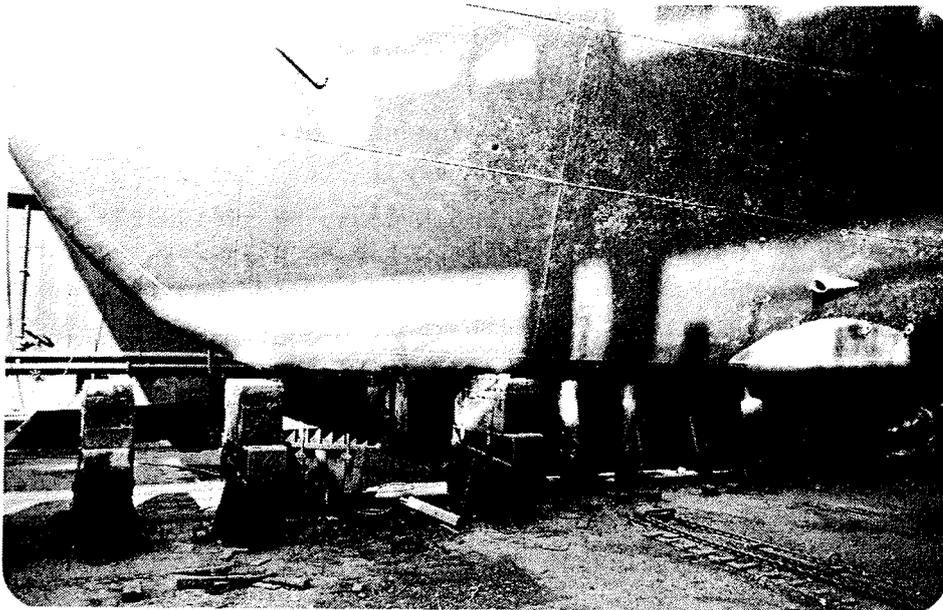
Entsprechend der Blockschaltung (Bild 4.1) sind 3 Teilkomplexe der Kalibrierung zu unterscheiden

- Kalibrierung des Echolots
- Kalibrierung der Digitaldatenerfassung
- Kalibrierung der Analogsignalerfassung.

Sie werden nachfolgend kurz beschrieben.

6.1. Kalibrierung der Echolotanlage

Die Kalibrierung der Echolotanlage erfolgt in Anlehnung an international eingeführte, standardisierte Verfahren [6.1.], [6.2.]. Sie beinhaltet die Ermittlung bzw. Überprüfung der elektrischen sowie der hydroakustischen Signalübertragungsparameter sowohl des Senders als



location of the 3 transducers

Bild 5.1: Einbau der Echolotwandler, Seitenansicht



LSE 151, 150 kHz 180 mm Ø	LSE 134,50 kHz 218 mm Ø	LSE 148, 100 kHz 120 mm Ø
------------------------------	----------------------------	------------------------------

Bild 5.2: Einbau der Echolotwandler, Kielansicht

auch de

6.1.1.

6.1.1.1

Die ele

Sendsi

zu geh

-

-

-

-

-

-

-

-

-

6.1.1.2

Bei der

sich de

(s. Bil

und dig

alle Pa

-

-

-

-

-

-

-

-

Darüber

noch we

-

-

-

auch des Empfängers.

6.1.1. Elektrische Eichung

6.1.1.1. Elektrische Eichung des Sendeteils

Die elektrische Eichung des Sendeteils umfaßt alle Parameter von der Sendesignalerzeugung bis zu den Anschlußklemmen des Schwingers. Hierzu gehören

- Isolationswiderstand zwischen Schwinger und Schiffsmasse
- Frequenzabhängigkeit der Wandlerimpedanz (Resonanzkurvenverlauf des Wändlers, Resonanzwiderstand)
- Arbeitsfrequenz des Sendeimpulses
- Sendeimpulsdauer
- Sendeimpulsfolgefrequenz
- Sendeimpulskurvenform (Verzerrungsgrad)
- Sendespannung an den Wandlerklemmen
- elektrische Sendeleistung.

6.1.1.2. Elektrische Eichung des Empfangsteils

Bei der elektrischen Eichung des Empfangsteils ist zu beachten, daß sich der Weg für das Basissignal hinter dem Basissignalverstärker (s. Bild 4.1) verzweigt, und zwar auf Echograph, Fischlupe, analoge und digitale Datenerfassung. Von besonderer Wichtigkeit sind deshalb alle Parameter auf dem bis dahin gemeinsamen Weg. Hierzu gehören

- Frequenzselektionscharakteristik (Durchlaßkurve) und Bandbreite für die 3 Betriebsfrequenzen 50, 100 und 150 kHz vom Vorverstärker bis zum Basissignalausgang
- Aussteuerungscharakteristik (Dynamik) für die 3 Empfangsfrequenzen: Spannung am Basissignalausgang als Funktion der Wandler-Empfangsspannung
- Verzerrungsgrad des Empfangsverstärkers.

Darüberhinaus interessieren für Fischlupe und Echograph jeweils noch weitere Größen

- Verstärkung des Empfangsverstärkers als Funktion der Stufeneinstellung
- Zeitverlauf der Verstärkung als Funktion der wählbaren Betriebsart AV/TV, 20 lg r und 40 lg r.

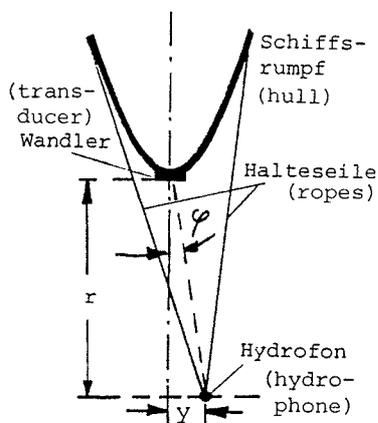
Die zuletzt genannten Parameter haben keinen Einfluß auf die analoge und digitale Signalerfassung sondern lediglich auf die Qualität des Echogramms bzw. des Monitor-Schirmbildes.

6.1.2. Akustische Eichung

6.1.2.1. Allgemeines, Positionierung des Eichhydrofons

Die akustische Eichung liefert als wesentliche Größen den Sendepiegel (source level) SL und das Empfangs-Spannungsübertragungsmaß (receiving voltage response) RVR, also die elektroakustischen bzw. akustoelektrischen Parameter des Wandler. Hierfür muß ein geeichtes Meßhydrofon im Fernfeld des Wandler - aus Gründen eines ausreichenden Signalpegels jedoch möglichst nahe am Wandler - positioniert werden. Dabei ist es unerlässlich, daß das Eichhydrofon genau in der akustischen Achse des Wandler hängt. Das Eichhydrofon besitzt in seiner Wirkungsebene Rundstrahlcharakteristik.

Zur Abschätzung, welcher Fehler bei der Positionierung des Hydro-



fons unter dem Schiffsrumpf erlaubt ist, damit die empfangene Energie am Hydrofon nicht mehr als 3 dB vom Maximalwert abweicht, dient die Überschlagsrechnung anhand der Skizze nach Bild 6.1.

Aus dem 3 dB-Öffnungswinkel φ_{3dB} des Wandler, dessen Wert dem Richtdiagramm entnommen werden kann, berechnet sich für einen gegebenen Abstand r zwischen Wandler und Eichhydrofon die Ablage y von der akustischen Achse ($\varphi_0 = 0^\circ$)

Bild 6.1. Positionierung des Eichhydrofons unter dem Kiel

$$y_{3dB} = r \cdot \tan \varphi_{3dB} \quad (6.1.)$$

Für den Wandler mit der schmalsten Keule (LSE 151) ist $\varphi_{3dB} = \pm 2,15^\circ$. Setzt man als Mindestabstand für Fernfeldbedingungen $r_{min} = 2,5 \text{ m}$, so liefert (6.1.) die maximal zulässige Abweichung

$$y_{3dB} = \pm 9,4 \text{ cm.}$$

Die Hyd
arbeite
Auf der
fon in
der von
Wandler
aufwand
ruhiger
bedingu
Eichsch
aus Bil

Ein rec
wird vo
er die
x-Schli
Seilzug
von Δx
Auf den
einen w
drofon
Die Pos
mittler

Hierdur
steuerr
erford
und wer
Drifter
zu beri
Gewässe
insbes
mußten.

6.1.2.2
Der Ser
das Was
druck
ler (i

ie analoge
ualität

Die Hydrofonposition ist also für den Fall, daß es als Empfänger arbeitet, sehr kritisch und erfordert äußerst ruhige See! Auf der Erprobungsfahrt (55. Reise, Juli 1981) wurde das Eichhydrofon in Mittelpunkt eines Stahlringes von 1 m Durchmesser fixiert, der von der Back aus mit 4 Seilen unter den jeweils zu vermessenden Wandler gebracht wurde. Das Verfahren erforderte einen hohen Zeitaufwand, war wegen der unvermeidlichen Schiffsbewegungen auch bei ruhiger See problematisch und führte nur aufgrund idealer Wetterbedingungen zum Erfolg. Für den Antarktiseinsatz wurde deshalb ein Eichschlitten angefertigt, dessen Konstruktion und Wirkungsweise aus Bild 6.2 ersichtlich sind.

Sendepe-
gsmaß
chen bzw.
in geeich-
es aus-
- positio-
fon genau
ofon be-

Ein rechteckiger Profilrahmen von ca. 2 m Länge und 0,8 m Breite wird von der Back aus an 4 Seilen so unter dem Kiel aufgehängt, daß er die 3 Wandler symmetrisch erfaßt. Im Rahmen befindet sich ein x-Schlitten, der über einen elektrischen Getriebemotor und eine Seilzugführung in Längsrichtung des Schiffes über eine Distanz von $\Delta x = \pm 0,8$ m vor- und rückwärts bewegt werden kann. Auf dem x-Schlitten ist ein y-Schlitten angeordnet, mit dem über einen weiteren Antrieb und eine entsprechende Halterung das Eichhydrofon mit $\Delta y = \pm 0,35$ m quer zur Schiffsrichtung gefahren wird. Die Position $x = y = 0$ entspricht dabei der akustischen Achse des mittleren Schwingers. (s. Bilder 5.1 und 5.2).

s Hydro-
ubt ist,
Hydrofon
ert ab-
nung

Hierdurch ist es möglich, das Eichhydrofon vom Meßraum aus fernzu- steuern und damit exakt zu positionieren. Auch diese Konstruktion erfordert ruhige See; die Rüstzeiten sind jedoch erheblich kleiner und werden für alle 3 Eichungen nur einmal benötigt. Außerdem sind Driften leicht zu korrigieren. Beim Entwurf des Eichschlittens war zu berücksichtigen, daß die Arbeitstemperatur in den antarktischen Gewässern bei ca. $-1,8^{\circ}\text{C}$ liegt und die verwendeten Materialien insbesondere für die bewegten Teile entsprechend ausgewählt werden mußten.

3
chtdia-
echnet
r zwi-
ie Ablage
0°)

(6.1.).

6.1.2.2. Ermittlung des Sendepiegels SL

lbedingun-
Abweichung

Der Sendepiegel SL ist ein Maß für die pro Volt Wandlerleistung an das Wasser abgegebene akustische Leistung, bezogen auf den Schalldruck $1\mu\text{Pa}$ einer ebenen Welle, gemessen in 1 m Entfernung vom Wandler (in der akustischen Achse), angegeben in dB.

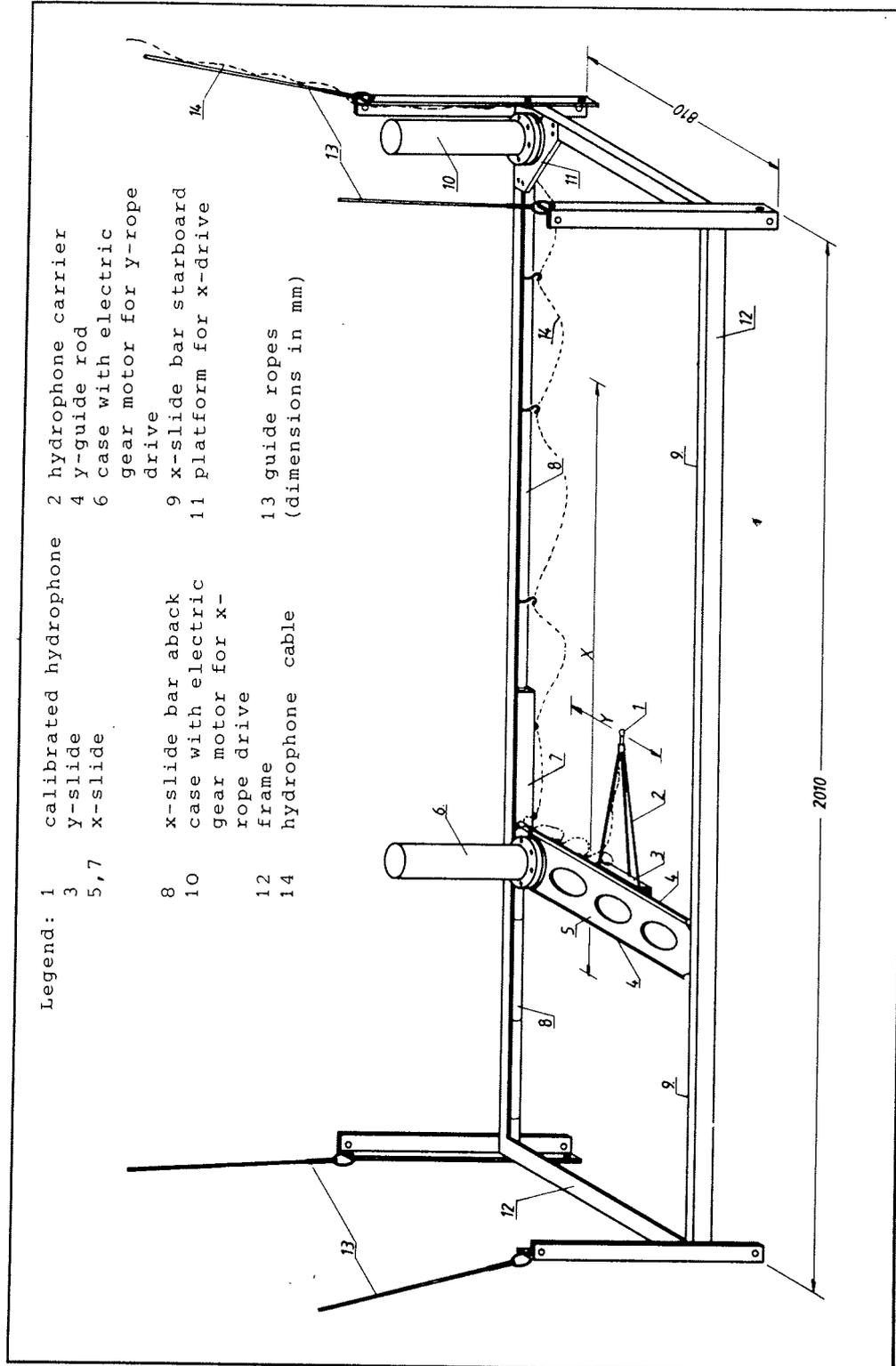


Bild 6.2: Echolot-Eichschlitten für akustische Vermessung

Das Eichspannung
 gungsmal
 ler läßt
 exakt er
 c erhält

6.1.2.3

Das Empf
 welche
 ler im
 druck v
 Eichhyd
 indem m
 schlägt
 übertra

6.1.2.4

Neben d
 akustis
 Sendesi
 Empfäng
 und sti
 überein

6.1.3.

In Tab
 Echolot

Das Eichhydrofon arbeitet hier als Empfänger, dessen Spitzenspannung u_{Hydss} gemessen wird und dessen Empfangs-Spannungsübertragungsmaß M bekannt ist. Die Entfernung r des Eichhydrofons vom Wandler läßt sich aus der Laufzeit Δt zwischen Sende- und Empfangssignal exakt ermitteln. Bei gegebener Schallausbreitungsgeschwindigkeit c erhält man

$$SL = 20 \lg \frac{u_{\text{Hydss}}}{1\text{V}} - M + 20 \lg \frac{c \cdot \Delta t}{1\text{m}} \quad (6.2.)$$

(in dB rel $\frac{1\mu\text{Pa} \cdot 1\text{m}}{1\text{V}}$).

6.1.2.3. Ermittlung des Empfangs-Spannungsübertragsmaßes RVR

Das Empfangs-Spannungsübertragungsmaß RVR macht eine Aussage darüber, welche elektrische Spannung u_{out} , angegeben in dB, der Echolotwandler im Empfangsfall an seinen Klemmen erzeugt, wenn er einem Schalldruck von $p = 1\mu\text{Pa}$ ausgesetzt ist. Dabei wird der Schalldruck vom Eichhydrofon erzeugt, das hier als Sender im Abstand r arbeitet, indem man es mit einer Dauerstrich-Sinusspannung $u_{\text{Hyd eff}}$ beaufschlagt. Der erzeugte Schalldruck läßt sich aus dem bekannten Sendeübertragungsmaß S des Hydrofons berechnen. Man erhält für RVR

$$RVR = 20 \lg \frac{u_{\text{out eff}}}{1\text{V}} - 20 \lg \frac{u_{\text{Hyd eff}}}{1\text{V}} + S - 20 \lg \frac{r}{1\text{m}} \quad (6.3.)$$

(in dB rel $\frac{1\text{V}}{1\mu\text{Pa}}$).

6.1.2.4. Sonstige akustische Parameter

Neben den wesentlichen Größen SL und RVR sind darüberhinaus auch die akustisch gemessenen Parameter von Sende- und Empfangskanal (z.B. Sendesignalverzerrung, Durchlaßkurve, Bandbreite und Dynamik des Empfängers usw.) wichtig. Sie werden analog zu 6.1.1 ermittelt und stimmen im Normalfall mit den elektrisch gemessenen praktisch überein.

6.1.3. Zusammenstellung der wichtigsten Echolotdaten

In Tabelle 6.1 sind die wichtigsten Parameter der 3-Frequenz-Echolotanlage von FS "Meteor" zusammengestellt.

Nennfrequenz/kHz	50			100			150			
Impulslänge/ms	0,32	1,3	3,55	0,3	1,3	3,35	0,36	1,36	3,6	
Sendepiegel SL/dB	221,2	217,6	213,6	216,6	216,6	213,8	226,3	225,0	221,8	
Arbeitsfreq./kHz	50,05			100,00			149,99			
Resonanzfrequenz Wandler/kHz	49,15			98,8			148,8			
Elektr. Sendeimp. Spitzenleistg. /W	Bereich									
	I	648	198	86	304	240	103	411	201	22
	II	648	500	238	304	338	211	411	371	244
	III	648	688	648	304	338	304	411	371	283
Sendeimpuls-wiederholzeit /ms	IV, V	648	688	688	304	338	304	411	371	371
	I	106,7								
	II	266,3								
	III	532,1								
	IV	1067,2								
	V	2655,7								
Bandbreite Empfangskanal (akustisch)/kHz	0,90			0,88			0,95			
Empfangs-Spannungsübertragungsmaß RVR /dB	-143,3			-141,1			-137,1			

Tabelle 6.1 : Die wichtigsten Parameter der 3-Frequenz-Echolotanlage, Stand Februar 1981

Die Eichung wurde sowohl auf der 55. als auch auf der 56. Reise durchgeführt. Sie lieferte in beiden Fällen übereinstimmende Werte, mit Ausnahme beim Sendepiegel SL, weil hier die Endstufen zwischenzeitlich modifiziert wurden. Während ANT III wurde die elektrische Vermessung auf der Anreise ins Untersuchungsgebiet vorgenommen und erforderte keine zusätzliche Schiffszeit. Die akustische Eichung erfolgte bei geankertem Schiff in der Hope-Bay während des Besuchs der argentinischen Station La Esperanza. Sie verlief problemlos.

6.2. Kalibrierung des A/D-Systems

Die Kalibrierung des A/D-Systems erfordert Gleichspannungen hoher Genauigkeit, deren Analogwerte mit einem Digitalvoltmeter gemessen und nach der Wandlung vom Rechner dargestellt werden. Die Funktion über alles kann im laufenden Betrieb ständig kontrolliert werden.

6.3. Kalibrierung der Analogbandaufzeichnung

Wenn die verwendeten HiFi-Tonbänder qualitativ hochwertig sind und aus nur einer Herstellungsladung stammen, kann man davon ausgehen,

daß die
sten Pa
nauigke
und am
(z.B. f
Magnetk
bzw. zu
Darüber
sicher
Signal/
zerrung
signal.
Die Auf
wird, i
der Aus
wendet
Die Eich

7. Gebiet der Schwarmstudien, Suchkurse

Entsprechend der Planung waren die Schwarmstudien erst für das Ende des Fahrtabschnittes vorgesehen. Es ergaben sich aber auch schon vorher einige gute Krillkonzentrationen, an denen Echodatenaufzeichnungen vorgenommen werden konnten.

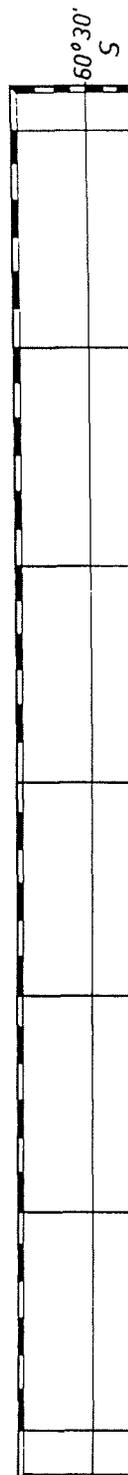
Diese Gebiete lagen in der Nähe der South Orkney-Inseln. Da Probleme am Digitalrechner auftraten, existieren bis zum 23.2.1981 nur Analogbandaufzeichnungen. Die Aufzeichnungen waren nach Möglichkeit mit RMT-Hols zeitlich synchronisiert, so daß nach Vorliegen der RMT-Daten und der nachträglichen Digitalisierung der Analogaufzeichnungen eine gute Zuordnung der hydroakustischen zu den biologischen Parametern möglich sein wird. Wegen der Fülle des Materials stehen diese Arbeiten noch aus. Die Gesamtmenge der analog erfaßten Echos erstreckt sich über einen Zeitraum von mehr als 20 Stunden. Für etwa 40% davon existieren gleichzeitig Digitalaufzeichnungen.

Der Schwerpunkt der Schwarmuntersuchungen lag in der Zeit vom 22.2. bis 2.3.81 im Gebiet nördlich Elephant Island. Zunächst wurden Suchkurse angelegt, unter anderem ein Gitternetz von etwa $10 \times 13 \text{ km}^2$ nordwestlich von Elephant Island, das gemeinsam mit FFS "Walther Herwig" in nordwestlich-südöstlichen Schnitten mit 1 km Abstand gefahren wurde. (s. Bild 7.1, dargestellt ist der Schnitt von "Meteor").

Insgesamt gesehen waren die Krillkonzentrationen nur vereinzelt zufriedenstellend, und die Arbeiten wurden an interessanten Stellen durch die starke sowjetische Fangflotte erheblich behindert. Erst am 1.3. nahmen die Anzeigen in Küstennähe nördlich Elephant Island zu, und dieses Gebiet (s. Bild 7.1) erwies sich letztlich als so ergiebig, daß am 2.3.81 eine intensive Schwarmstudie über den ganzen Tag möglich war, bei der die Beeinträchtigung durch die kommerziellen Fischerei-Aktivitäten erträglich blieb.

Dabei ist die Frage offen, ob eine Formation von 30-40 Trawlern in der Lage ist, die räumliche Ausdehnung und die Menge des Krillvorkommens zumindest kurzfristig signifikant zu verändern.

Bild 7.2 stellt einen Ausschnitt aus Bild 7.1 dar und zeigt den Teil der Schiffsbewegungen, zu dem Digital-Echolotsignalaufzeichnungen stattfanden. Die jeweiligen Kurse sind mit den (intern nummerierten) Magnetbandkennzeichnungen und Uhrzeiten versehen. Parallel



Bild

das Ende
 schon
 aufzeich-
 a Proble-
 81 nur
 glichkeit
 n der RMT-
 zeichnun-
 ischen Pa-
 stehen
 en Echos
 . Für etwa
 vom 22.2.
 rden Such-
 13 sm²
 ither
 stand
 on
 zelt zu-
 tellen
 . Erst
 Island
 ls so
 den gan-
 kommer-
 lern in
 illvor-
 gt den
 zeich-
 rn nume-
 Parallel

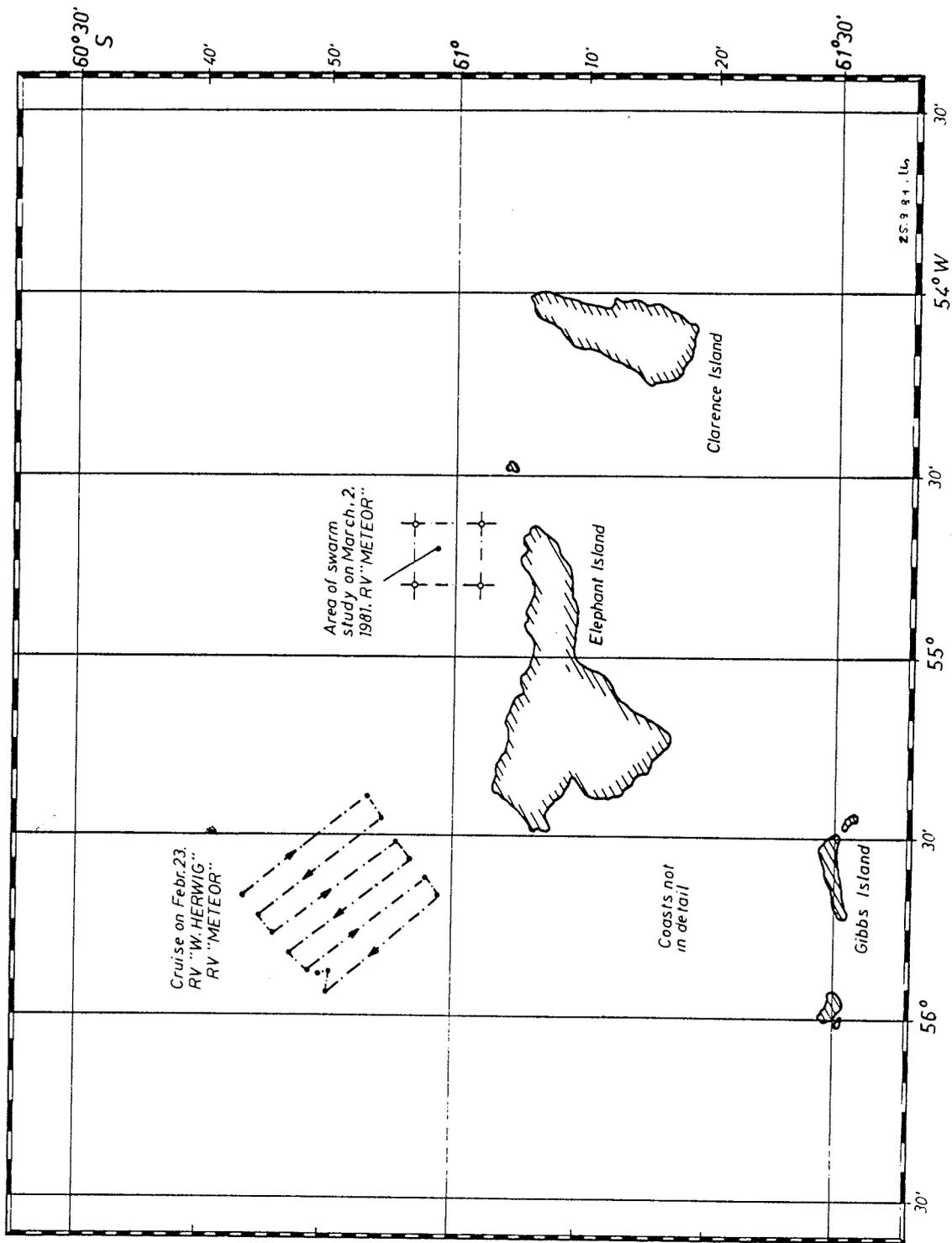


Bild 7.1 : Gebiet der Schwarmstudie von FS "Meteor"
 im Zeitraum vom 22.2. bis 2.3.81

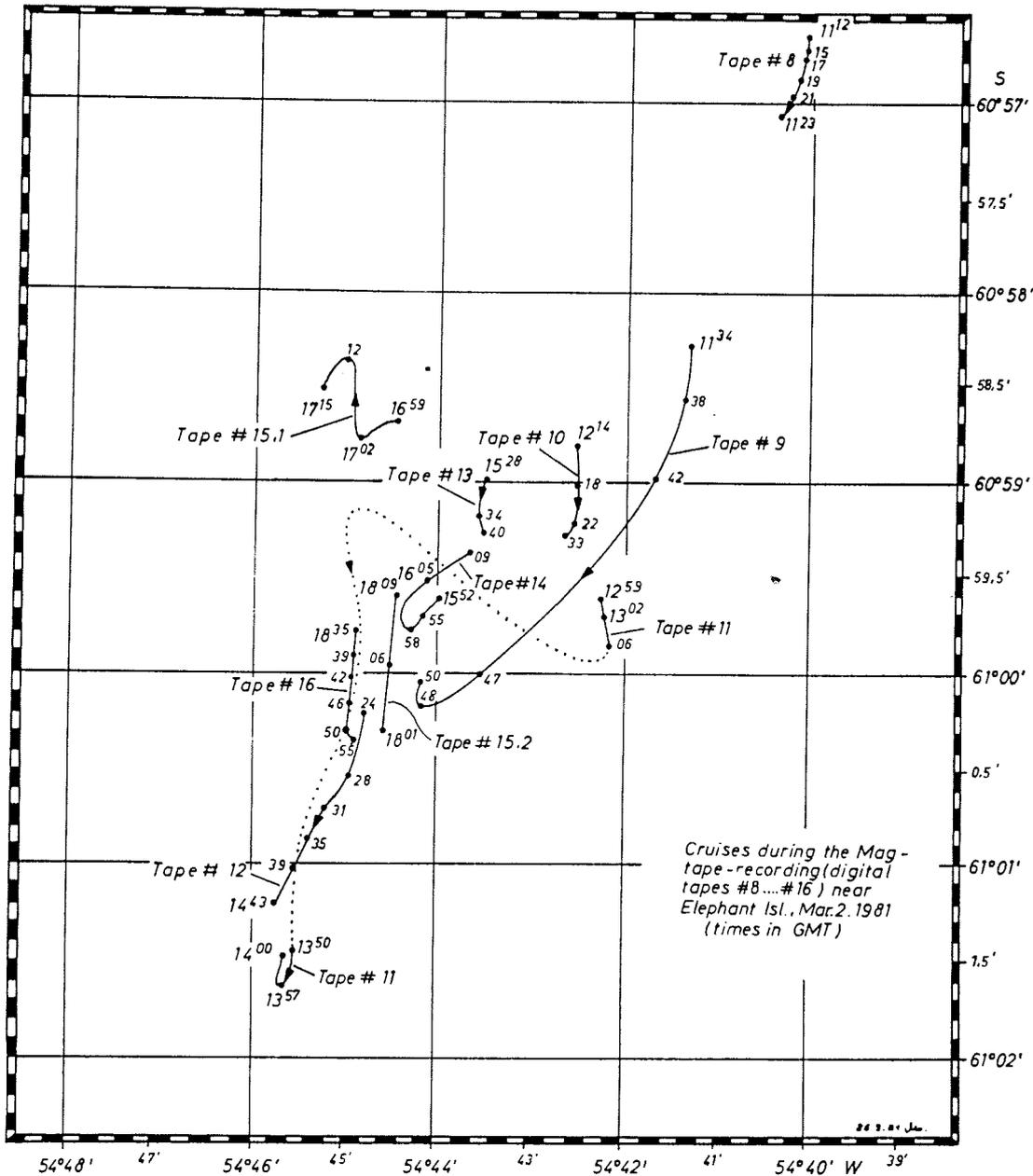
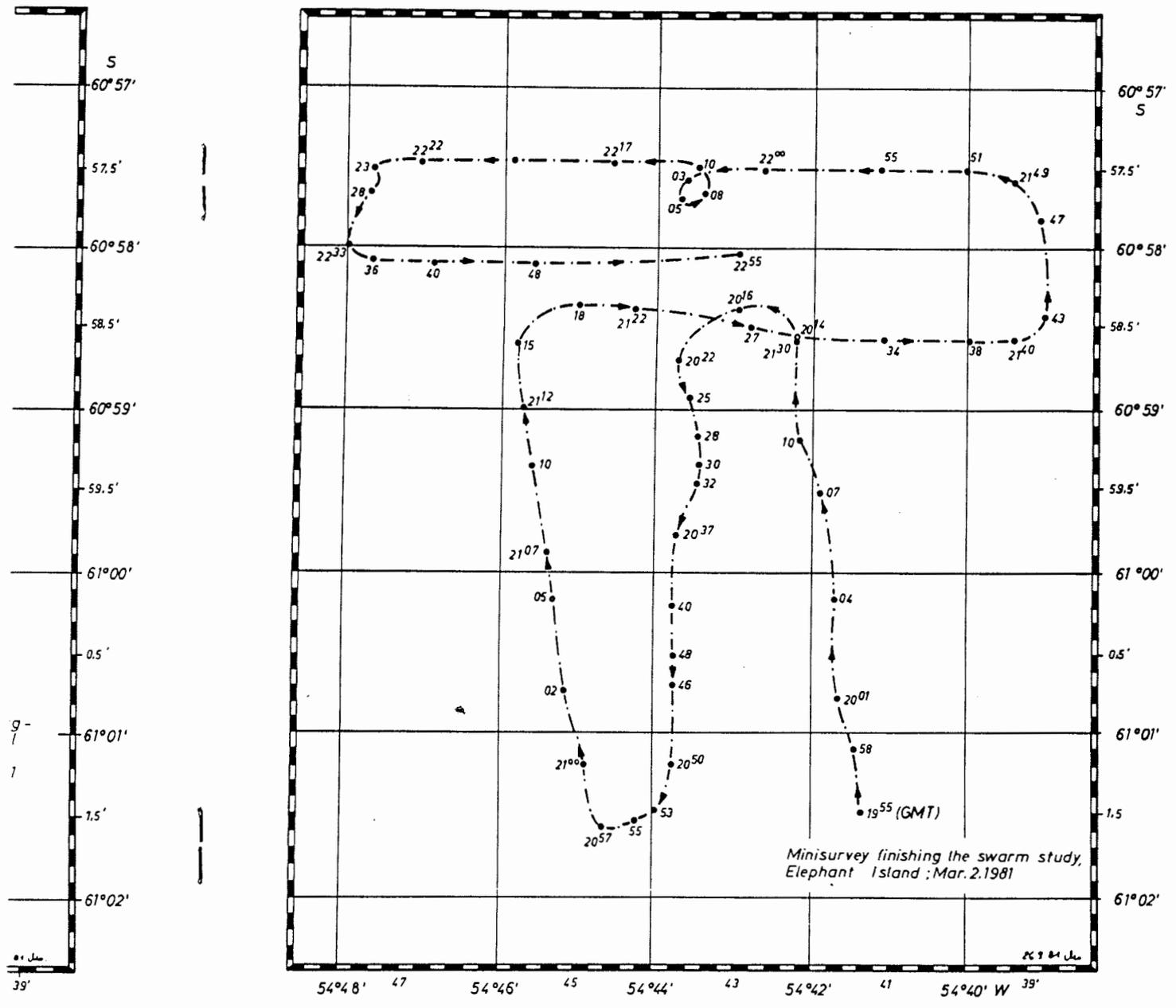


Bild 7.2 : Untersuchungsgebiet für die Schwarmstudie von FS "Meteor" am 2.3.81 mit den Kursen während der Digital-Echodaten-erfassung

Bil



"Meteor"
daten-

Bild 7.3 : "Minisurvey" zum Abschluß der Schwarmstudie von FS "Meteor" am 2.3.81

dazu existieren vielfach Analogaufzeichnungen, die zudem noch Bindeglieder der Teilkurse bilden. Die Kurse wurden im wesentlichen durch die Intensität der Krillvorkommen bestimmt und haben deshalb keine regelmäßigen Verläufe.

Vom späten Nachmittag an wurde in demselben Gebiet abschließend ein 3-stündiger "Minisurvey" gefahren, dessen Verlauf in Bild 7.3 dargestellt ist. Der Schnitt ist, abgesehen von kurzen Unterbrechungen für den Magnetbandwechsel, digital dokumentiert. Er ergänzt die vorangegangenen Kurse in systematischer Weise. Die Schleife von 22⁰¹ bis 22¹² Uhr ist durch ein Ausweichmanöver vor einem Trawler bedingt.

8. Echolot-Rohdaten

Die Bezeichnung Rohdatenerfassung wird in dem Sinn benutzt, daß das vom Empfangsverstärker gelieferte Basissignal ohne zusätzliche Vorverarbeitung (z.B. Dämpfungsentzerrung, Datenreduktion usw.) registriert wird. Der Vorteil liegt darin, daß alle Informationen, die im Signal enthalten sind, für eine spätere Off-Line-Verarbeitung erhalten bleiben. Er wird mit einem erheblichen Datenfluß und entsprechendem Speicherbedarf erkauft.

8.1. Analogdaten

Der Magnetbandverbrauch bei der Analogbandaufzeichnung ist direkt proportional der Bandgeschwindigkeit und direkt proportional der Betriebszeit des Echolotes. Erfast werden alle Echos, die das Lot aus der gesamten Lottiefe erkennt und aufnimmt. Die Bereichseinstellung (Lotfolgefrequenz) hat keinen Einfluß auf den Bandbedarf. Die von einem Ping benötigte Bandlänge ist umgekehrt proportional der Lotfolgefrequenz.

Dem Vorteil, daß alle Echos erfaßt werden, steht der prinzipielle Nachteil der Analogverfahren im Vergleich zu Digitalverfahren gegenüber. In diesem Bericht sind keine Beispiele für analog gewonnene Aufzeichnungen dargestellt.

8.2. Digital-Rohdaten

8.2.1. Allgemeines, charakteristische Größen für die Auflösung

Der Magnetbandbedarf bei der Digitalaufzeichnung ist umgekehrt proportional zur Schreibdichte des Bandgerätes. Außerdem ist er direkt proportional zur Lotfolgefrequenz, also umgekehrt proportional zur Bereichseinstellung. Das erklärt sich daraus, daß die Zahl n

der Abt
Echolot

Das Pri
daß bei
tiefe k

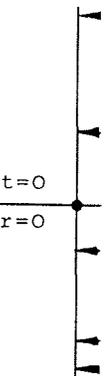


Bild 8.

Bild 8.

t_{rate} u.
erhält

Dem ent:

Beginnt
so entsj
so setzt

ein und
und t_{rat}
durch Δ

der Abtastwerte pro Ping konstant - hier $n = 8192$ - ist. Weitere Echolotparameter haben keinen Einfluß auf den Bandbedarf.

Das Prinzip der äquidistanten Abtastung des Echosignals bedeutet, daß bei ordnungsgemäßem Arbeiten des Lotes die digital erfaßte Lottiefe kleiner oder höchstens gleich der erreichten Tiefe ist.

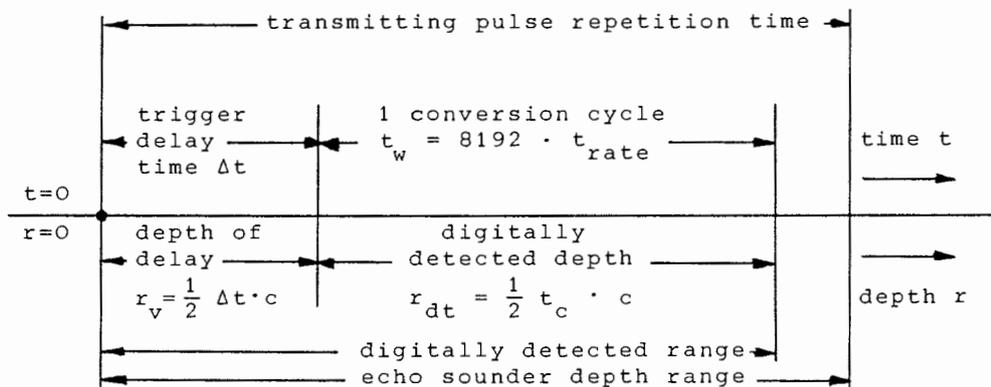


Bild 8.1 : Zusammenhang zwischen Lottiefe, Triggerverzug und digital erfaßter Tiefe

Bild 8.1 erläutert diesen Zusammenhang. Bei gegebener Abtastrate t_{rate} und konstanter Feldlänge n für die Abtastwerte eines Pings erhält man die Zeitdauer t_w eines Wandlungszyklus

$$t_w = n \cdot t_{rate} \quad (8.1).$$

Dem entspricht der digital erfaßte Tiefenbereich

$$r_{dt} = \frac{1}{2} \cdot t_w \cdot c \quad (8.2).$$

(c: Schallgeschwindigkeit)

Beginnt die Wandlung zur Zeit $t = 0$ (Triggerverzug $\Delta t = 0$), so entspricht dieser Wert der erreichten Tiefe. Ist $\Delta t \neq 0$, so setzt die Erfassung erst in der Tiefe

$$r_v = \frac{1}{2} \Delta t \cdot c \quad (8.3)$$

ein und erstreckt sich bis $r_v + r_{dt}$. Durch Variation von Δt und t_{rate} läßt sich ein "Tiefenfenster" definieren, dessen Beginn durch Δt und dessen Auflösung durch t_{rate} gegeben sind.

Die Tiefe $r = 0$ in Bild 8.1 ist bezogen auf die Kiellinie des Schiffes. Der Tiefgang der "Meteor" beträgt in Höhe der Echolotwandler $r_{\text{Lot}} = 5,3$ m. Um diesen Betrag müssen die Tiefen r_{dt} oder r_{v} in den Gleichungen (8.2) bzw. (8.3) noch korrigiert werden.

Mit Hilfe der geeigneten Wahl von Δt und t_{rate} ist es möglich, die Datenerfassung der Zieltiefe optimal anzupassen. Hat das Ziel beispielsweise eine große Mächtigkeit und beginnt an der Oberfläche, so wird $\Delta t = 0$ gewählt und die Abtastrate so vorgegeben, daß der erfaßte Tiefenbereich in die Größenordnung der eingestellten Lottiefe kommt. Liegt andererseits eine dünne Schicht in größerer Tiefe vor, die man mit möglichst guter Auflösung erfassen will, so wird mit Gleichung (8.3) eine Triggerverzugszeit ermittelt, die die Erfassung kurz oberhalb der Schicht beginnen läßt. Die Abtastrate ergibt sich bei bekannter Schichtdicke aus Gleichung (8.2). Sie ist im Bereich $4 \mu\text{s} \leq t_{\text{rate}} \leq 256 \mu\text{s}$ programmierbar. Tabelle 8.1 enthält eine Übersicht über die digital erfaßte Tiefe, den Abstand zweier benachbarter Abtastwerte, sowie die Anzahl der Abtastwerte innerhalb eines Pingvolumens in Abhängigkeit von der Abtastrate und der Sendeimpulslänge τ . Von den möglichen Werten von t_{rate} und von τ sind nur die aufgeführt, die bei der Rohdatenaufzeichnung häufig verwendet wurden. Die unterschiedlichen Sendeimpulslängen beziehen sich auf die 3 Echolotfrequenzen 50, 100 und 150 kHz, und zwar jeweils nur auf den kleinstmöglichen Wert. Aus Gründen einer möglichst hohen Auflösung wurde vorwiegend mit kurzer Impulslänge gearbeitet. Tabelle 8.1 gilt für $\Delta t = 0$. Zur Definition des Pingvolumens diene Bild 8.2. Näherungsweise wird

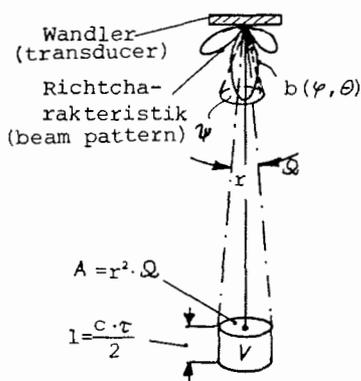


Bild 8.2: Zur Definition des Pingvolumens

der Wasserkörper von einem Wandler bestrahlt, dessen reale Richtcharakteristik $b(\varphi, \theta)$ durch eine idealisierte Richtcharakteristik mit dem Raumwinkel ψ ersetzt werden kann. Eine Wellenfront im Abstand r vom Wandler bewegt sich während der Zeitdauer τ des Sendeimpulses um das Stück l . Bei genügend großem Abstand r kann die Wellenfront als eben angenommen werden. Für kleine Werte von Ω haben Deck- und Bodenfläche des durchschallten Zylinders die Größe

$$A = r^2 \cdot \Omega \quad (8.4).$$

Setzt man stark vereinfacht $\Omega \approx \psi$, so entsteht das Pingvolumen

$$V = 0,5 r^2 \cdot \psi \cdot c \cdot \tau \quad (8.5).$$

1
Abtastrate μs
4
10
12
14
16
18
20
26

Tabelle

Bei der deren I le 8.1 lösung

Die Abt logbere delt. D

8.2.2.

Die Par vorgefu suchsre

e des
cholot-
rt oder
erden.

lich,
das Ziel
Ober-
egeben,
ngestell-
in grö-
fassen
t ermit-
n läßt.

Glei-
grammier-
erfaßte
die An-
ngigkeit
glichen
ei der
niedli-
quenzen
möglichen
orwiegend

lt = 0.
weise wird
bestrahlt,
(φ, θ) durch
lk mit dem
ne Wellen-
st sich wäh-
ses um
stand r
ommen wer-
ck- und
ders die

(8.4).

(8.5).

1	2	3	4	5
Abtast- rate μs	digital er- faßte Tiefe m (incl. Tiefgang)	Abstand d be- nachbarter Ab- tastwerte m	Sendeimpuls- länge τ μs	Zahl der Abtast- werte k pro Sen- deimpulslänge
4	29,9	0,003	300 (100kHz) 320 (50kHz) 360 (150kHz)	75 80 90
10	66,7	0,008	300 320 360	30 32 36
12	79,0	0,009	300 320 360	25 27 30
14	91,3	0,011	300 320 360	21 23 25
16	103,6	0,012	300 320 360	19 20 22
18	115,9	0,013	300 320 360	17 18 20
20	128,0	0,019	300 320 360	15 16 18
26	165,0	0,021	300 320 360	11 12 13

Tabelle 8.1 : Typische Auflösungen bei der digitalen Datenerfassung

Bei der digitalen Abtastung wird dieses Volumen in Scheiben zerlegt, deren Dicke d in Spalte 3 und deren Anzahl k in Spalte 5 von Tabelle 8.1 zu finden sind. Hierbei gilt für die Sendepuls-Tiefenauf- lösung

$$l = k \cdot d = \frac{1}{2} c \cdot \tau \quad (8.6).$$

Die Abtastwerte werden, wie in 4.1.4 bereits erwähnt, aus dem Ana- logbereich $\pm 5\text{V}$ mit 12 bit einschließlich Vorzeichen digital gewan- delt. Dem entspricht eine Genauigkeit von besser als 0,5%.

8.2.2. Beispiele für typische Einzelpings

Die Parameter der Datenerfassung wurden entsprechend den jeweilig vorgefundenen Versuchsbedingungen häufig variiert. Folgende Ver- suchsreihen sind dokumentiert:

- 1) Aufzeichnungen mit maximaler Tiefe und minimaler Auflösung im Bereich von 5,3 m bis 165 m bei allen 3 Frequenzen. Hierbei blieb die Frequenz über längere Zeit unverändert.
- 2) Aufzeichnungen mit minimaler Tiefe und maximaler Auflösung im Bereich von 5,3 bis 29,9 m (Wahl der Frequenz wie unter 1).
- 3) Aufzeichnungen mit maximaler Auflösung und Triggerverzug zur schichtweisen Erfassung von Schwärmen großer Mächtigkeit (bis 160m Tiefe) bei vorwiegend einer Frequenz.
- 4) "Quasisimultan"-Aufzeichnungen von je 10 Pings einer Frequenz und anschließender zyklischer Umschaltung auf die nächste. Zusätzliche Tiefenfenstersteuerung nach jeweils 200 Pings. Ziel dieser Aufnahmen ist die schichtweise Erfassung mächtiger Schwärme in Abhängigkeit von der Frequenz.
- 5) Aufzeichnungen, bei denen Tiefe und Auflösung dem vorhandenen Ziel möglichst gut angepaßt sind.

Die folgenden Bilder zeigen exemplarisch einige typische Rohsignalformen für jeweils 1 Ping. Wegen der großen Zahl von Meßwerten ist der Echozug zwecks Darstellung diverser Feinheiten in je 8 Teilbilder mit je 1000 Stützstellen aufgeteilt. Im ersten Teilbild ist jeweils die Sendeimpulslänge eingetragen. Man beachte, daß die Spannungsmaßstäbe in den Teilbildern aus Gründen der besseren Darstellbarkeit nicht immer gleich sind.

Bild 8.3 a - h zeigt den Echozug eines Pings aus der Registrierung von adultem Krill (28.2.81, 1⁴⁵ GMT) im Bereich von 5,3 bis 29 m. Der eingestellte Lotbereich beträgt 50 m. Der Krill befand sich fein verteilt an der Oberfläche, ein flacher RMT8-Hol erbrachte etwa 5 l Krill. Gleichzeitig erfolgten Unterwasser-Fernsehaufnahmen.

In Bild 8.4 a - h ist das 50kHz-Echo aus einem mehrschichtigen Schwarm im Untersuchungsgebiet vom 2.3.81, 18⁰⁶ GMT dargestellt. Es stammt aus Tape # 15, File # 2 (s.a. Bild 7.2) und zeigt eine kräftige Schicht von 35 bis 112 m und zwei weitere dünne Schichten um 125 m und 150 m. Der Lotbereich ist auf 200 m eingestellt, die digital erfaßte Tiefe reicht von 5,3 bis 165 m.



flösung
 en. Hier-
 t.
 flösung
 e unter
 erzug
 chtig-
 .
 r Fre-
 die
 weils
 se Er-
 Frequenz.
 orhande-

ohsig-
 ßwerten
 e 8 Teil-
 bild ist
 die Span-
 Darstell-

trierung
 s 29 m.
 sich
 achte
 aufnah-

tigen
 tellt.
 t eine
 schichten
 lt, die

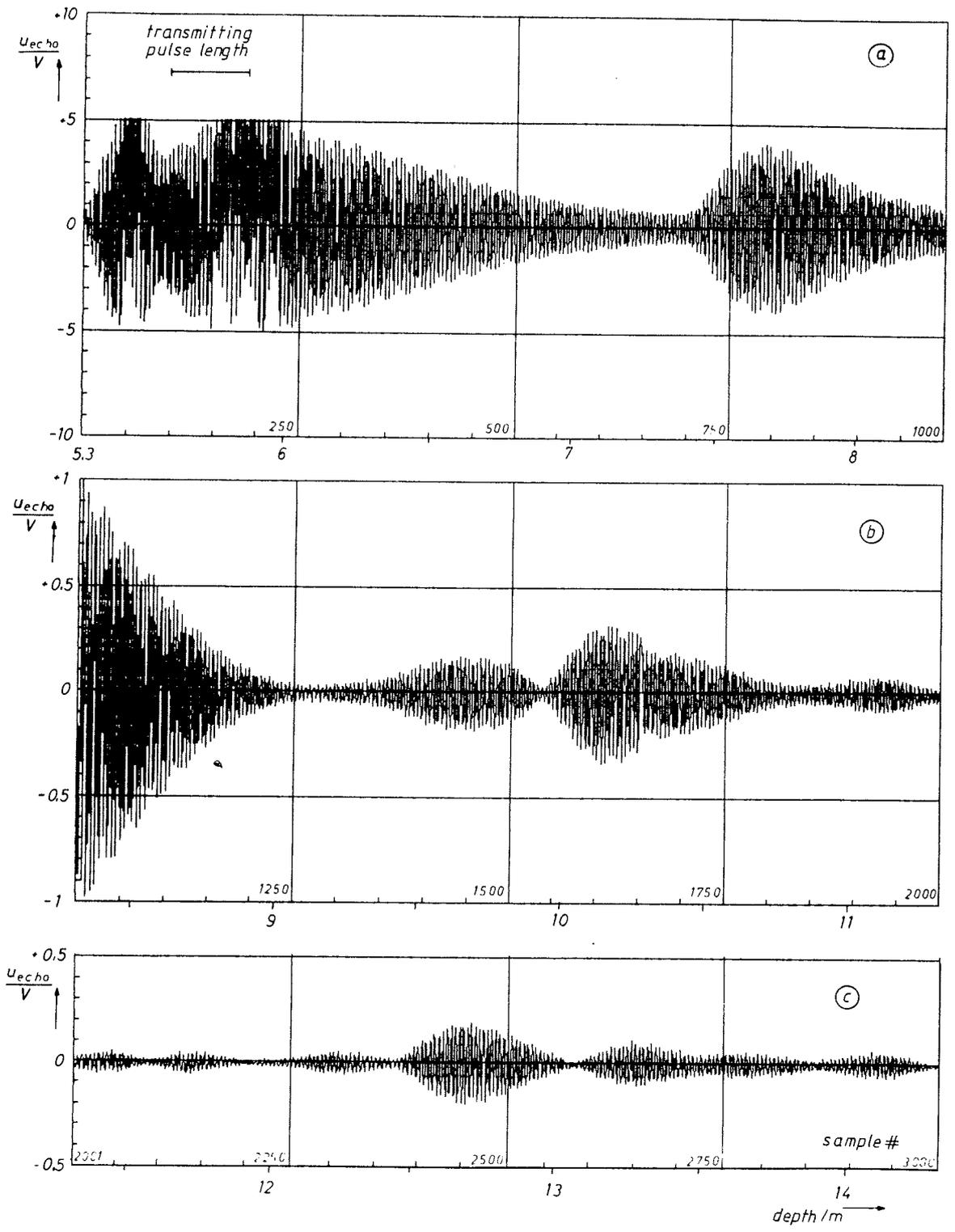


Bild 8.3. a - c: Legende s. nächste Seite

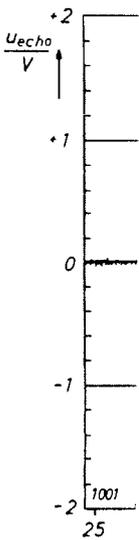
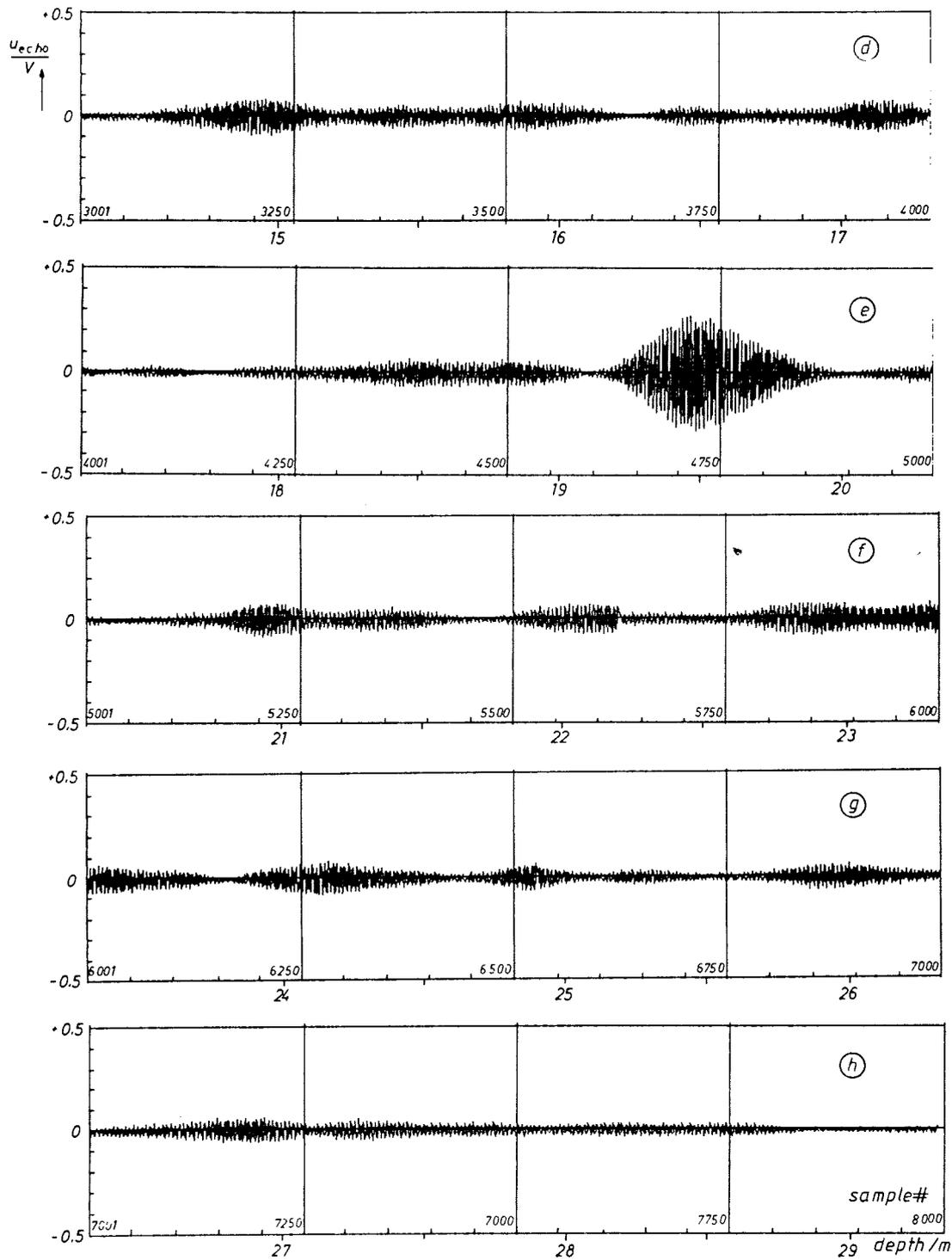


Bild 8.3 : Ping 150 kHz, Abtastrate 4 μ s, kurzer Impuls, 28.2.81, 1.45 GMT, Krill schleierförmig an der Oberfläche verteilt, Hol # 70 \rightarrow 5 l Krill adult.

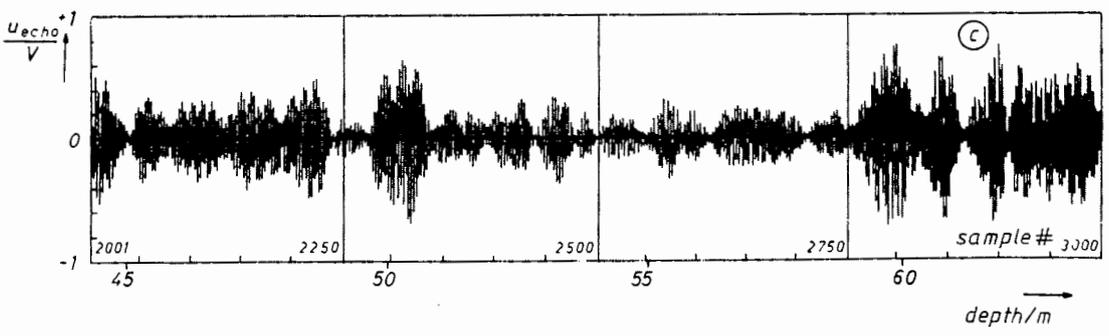
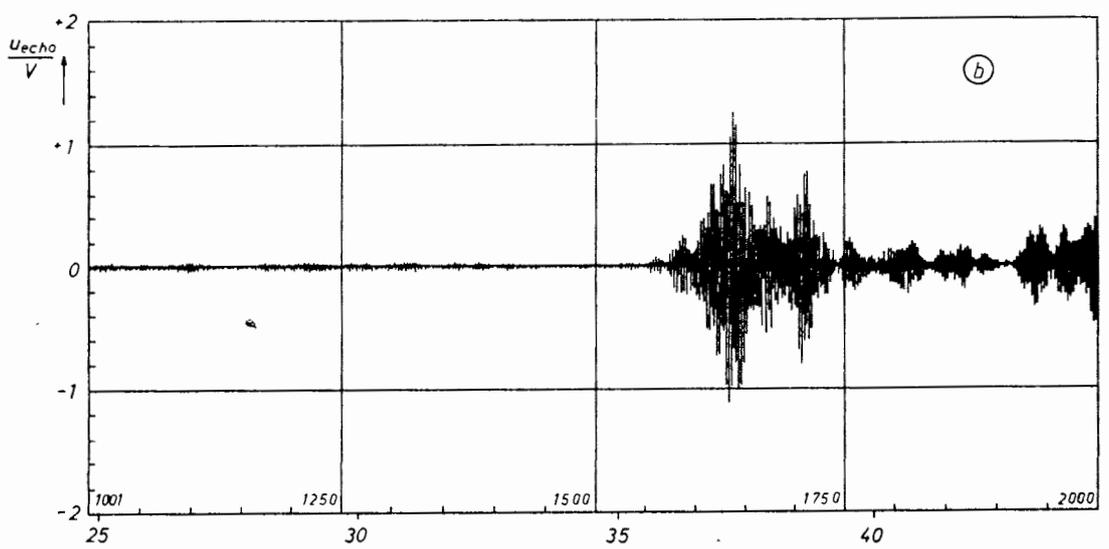
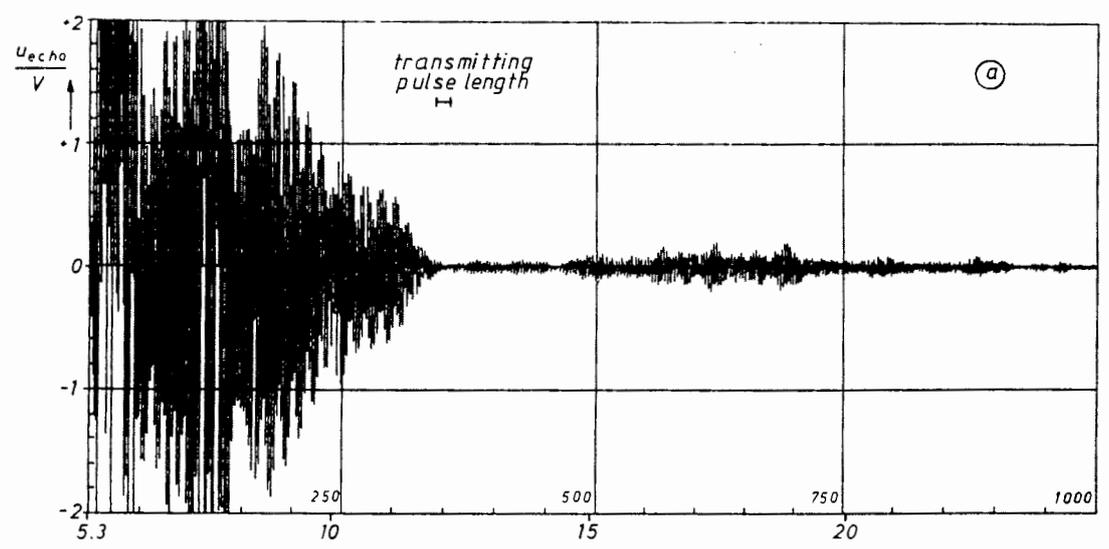
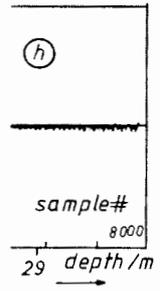
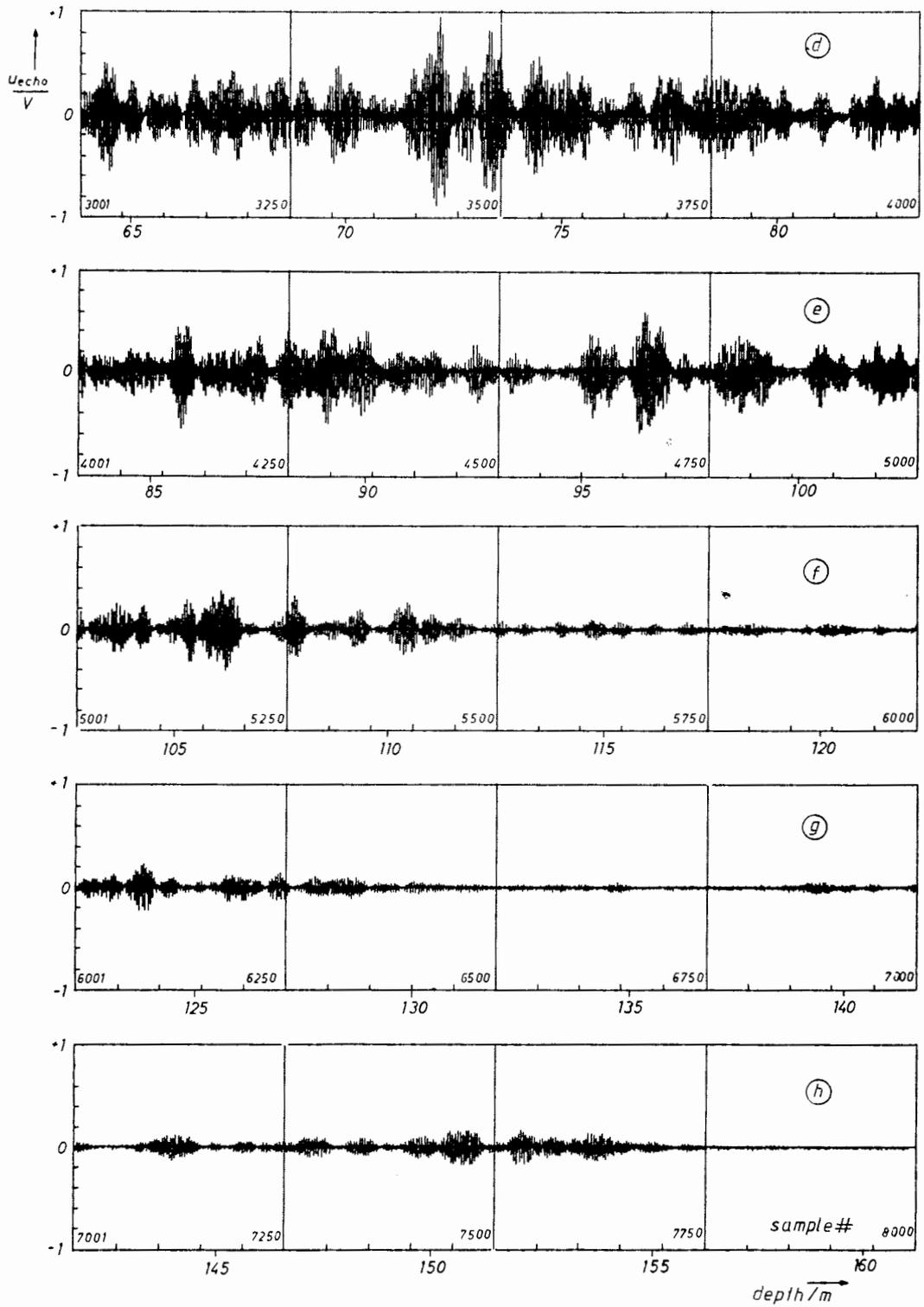


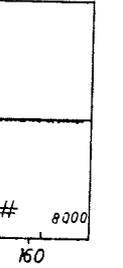
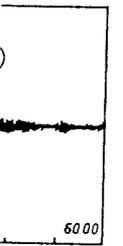
Bild 8.4. a - c: Legende s. nächste Seite



In Bild
 einande
 150 kHz
 gleiche
 bis 35
 58 m bi
 ander d
 unterse
 0,2 kn
 bewegun
 bleibt
 durch d
 oder ab
 wegunge
 rakteri
 Krill u
 liche A

Bild 8.4 : Ping 50 kHz, Abtastrate 26µs, kurzer Sendeimpuls,
 (2.3.81, 18.06 GMT, Tape # 15 File # 2) kräftiger Schwarm
 in 35 m bis 112 m und zwei weiteren dünnen Schichten um
 125 m und 150 m.

In Bild 8.5. a - i ist der Versuch gemacht, die Echos zweier aufeinanderfolgender Pings unterschiedlicher Frequenz (50 kHz und 150 kHz) aus praktisch identischem Wasserkörper miteinander zu vergleichen. Es wurde ein Schwarm beschallt, der im Bereich von 5,3 bis 35 m mittlere Anzeigen lieferte und eine kräftige Schicht von 58 m bis 85 m aufwies. Je 1000 Meßwerte sind unmittelbar untereinander dargestellt, wobei die Spannungsmaßstäbe in den Teilbildern unterschiedlich sind. Die Schiffsgeschwindigkeit betrug hierbei 0,2 kn und die Lotfolgefrequenz 1,8 Hz. Dem entspricht eine Schiffsbewegung von weniger als 10 cm zwischen den beiden Pings. Es bleibt zu untersuchen, ob die Unterschiede in den Signalverläufen durch das verschiedene Auflösungsvermögen bei den beiden Frequenzen oder aber durch das Erfassen anderer Volumina infolge von Rollbewegungen des Schiffs oder durch die Abweichungen in den Richtcharakteristiken zustandekommen. Ist das Zielvolumen mit juvenilem Krill und/oder Amphipoden durchsetzt, so sind durchaus unterschiedliche Anzeigen zu erwarten [8.1].



Schwarm
nten um

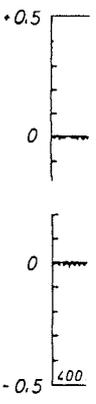
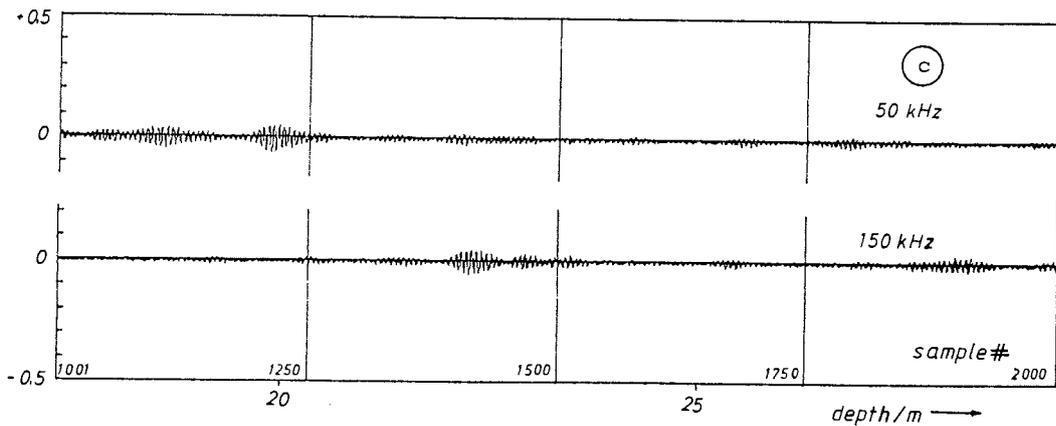
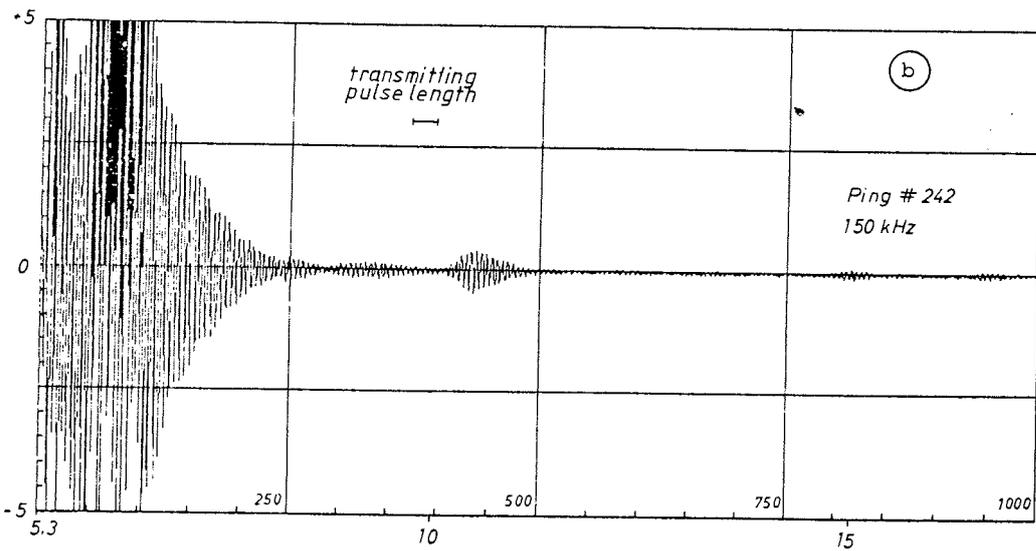
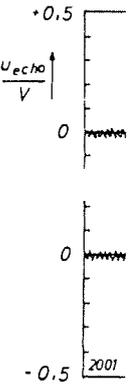
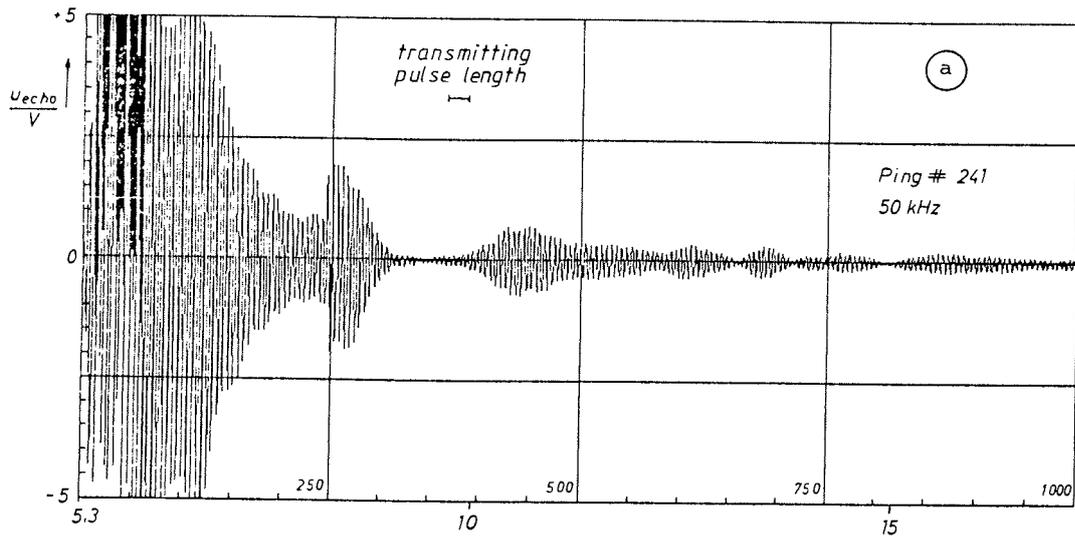


Bild 8.5. a - c: Legende s. übernächste Seite

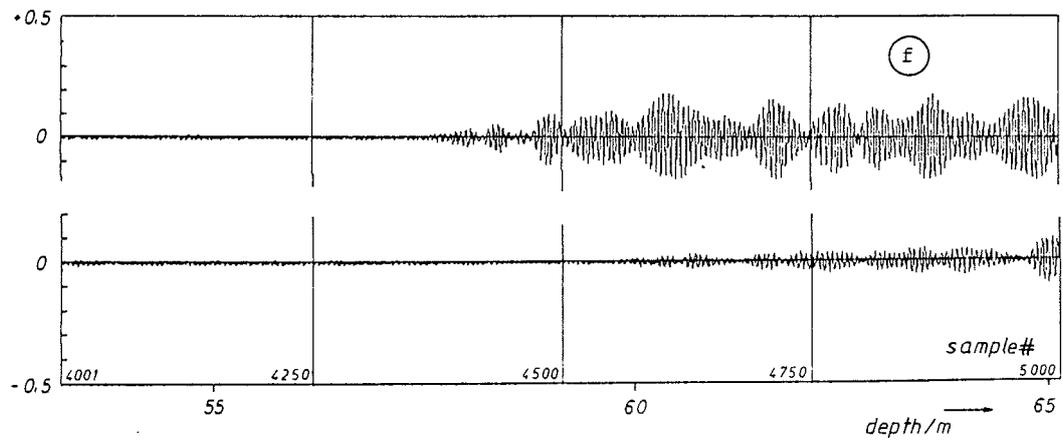
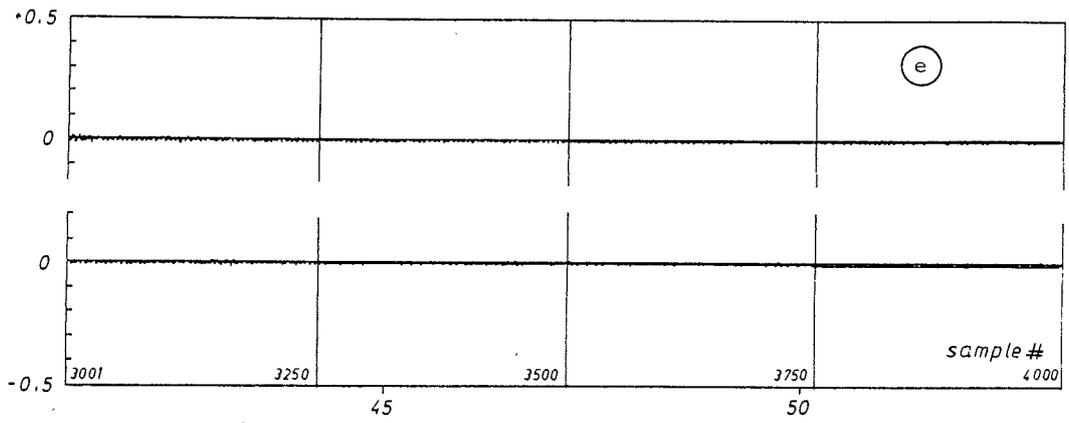
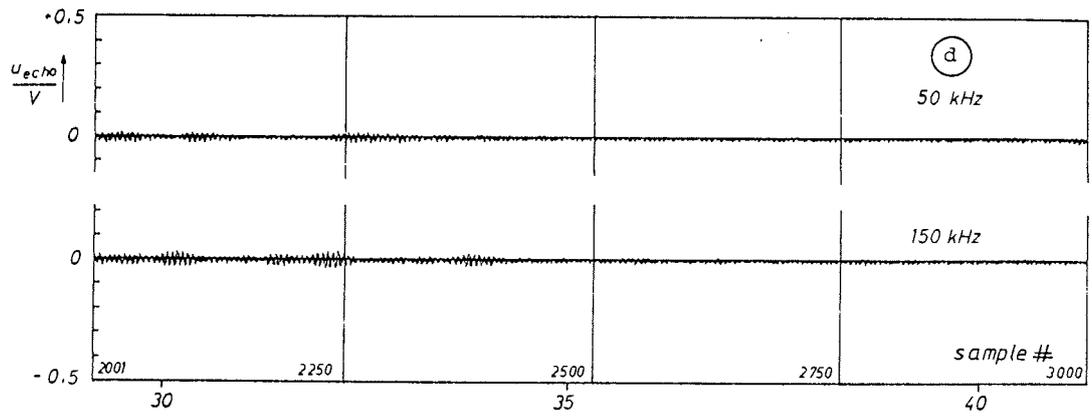
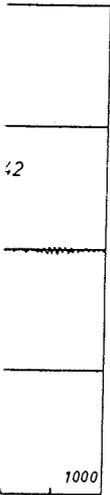
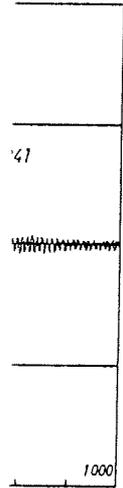


Bild 8.5. d - f: Legende s. nächste Seite

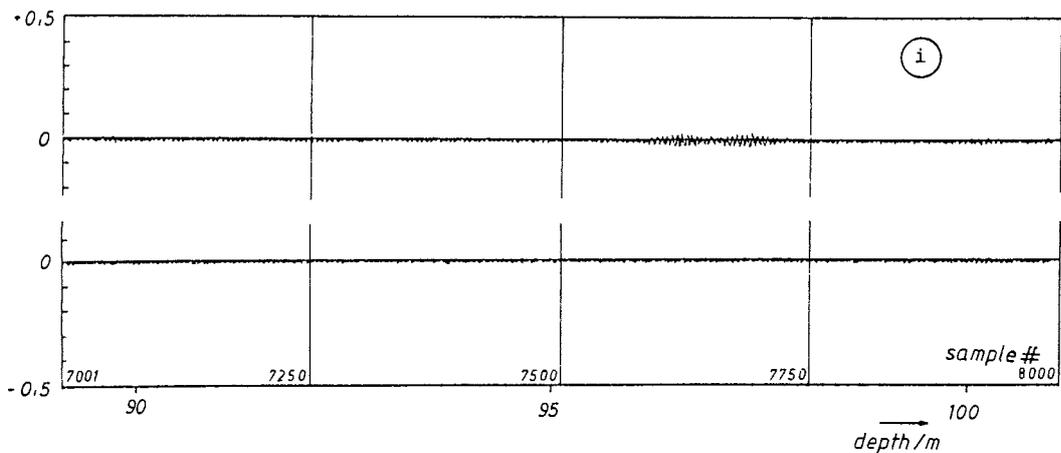
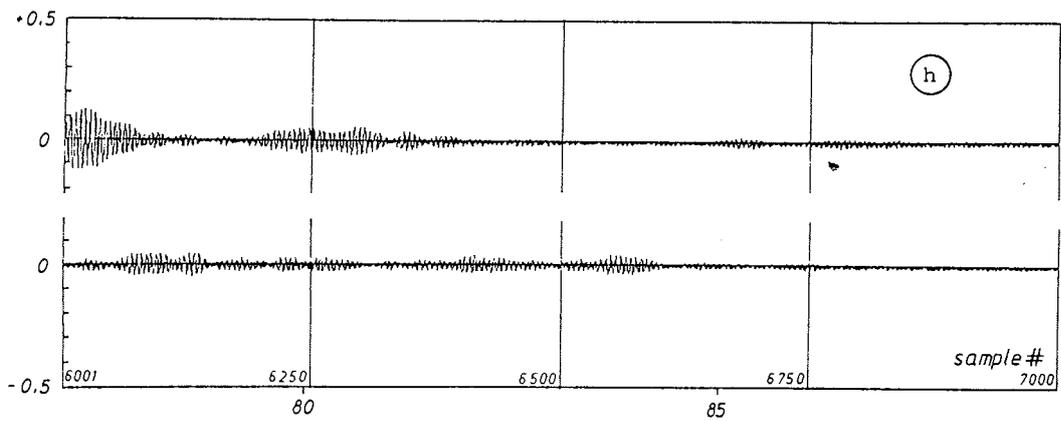
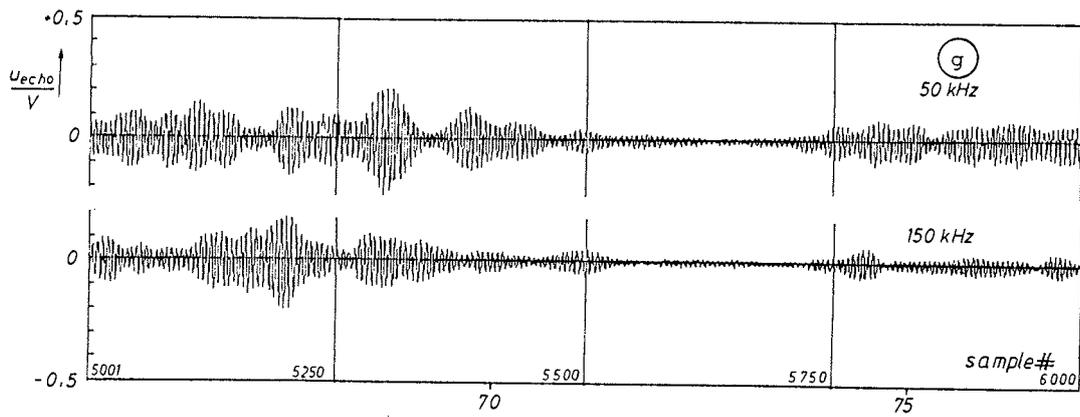


Bild 8.5 : Vergleich der Echosignale von zwei aufeinanderfolgenden Pings verschiedener Frequenz (50 kHz und 150 kHz) aus nahezu identischen Volumen (Tape # 6, Pings # 241, # 242, 28.2.81, 12.55 h, erfaßte Tiefe 103,6m).

9.

9.1.

Wie s
unter
weise
tion
schicl

Hierau
rer Sc
dividu
Gesamt
läblic
drogra
das im
hen pe

Für ei
einfac
te Mat
versch
lerhaf
derwei
ren Sc
signal
Schrit

9.2.

Die un
längen
Tabell
Echolo
ser (c

9. Rohdaten-Vor- und Weiterverarbeitung

9.1. Allgemeines

Wie schon erwähnt, lassen sich die Rohdaten (je nach Fragestellung) unter verschiedenen Aspekten weiterverarbeiten. So sind beispielsweise Spektralanalysen, Korrelationsrechnungen, pingweise Integration oder die Integration in Pinggruppen, in verschiedenen Tiefenschichten usw. möglich.

Hieraus lassen sich besser fundierte Aussagen über die Struktur kleinerer Schwärme, den mittleren Abstand zwischen den Schwärmen, ihre individuelle Dichte usw. gewinnen, die wiederum die Genauigkeit der Gesamtabstschätzung von Superschwärmen verbessern. Dabei ist es unerlässlich, daß biologische, fangtechnische, meteorologische und hydrografische Aussagen mit einbezogen werden, so problematisch sich das im Einzelfall auch gestalten mag. Diese Arbeiten erfordern hohen personellen und zeitlichen Aufwand.

Für einen ersten Einstieg ist es nützlich, sich anhand einiger einfacherer Darstellungen einen groben Überblick über das gesammelte Material und damit eine Aussage über dessen Verwendbarkeit zu verschaffen. Hierbei bietet sich gleichzeitig die Möglichkeit, fehlerhafte Aufzeichnungen zu korrigieren oder verlorengegangene, anderweitig dokumentierte Parameter zu restaurieren. In einem weiteren Schritt sollte eine genaue Analyse der akustischen Daten aus signaltheoretischer Sicht erfolgen, bevor man sie in einem dritten Schritt mit biologischen vergleicht.

9.2. Vorverarbeitung am Beispiel der Ermittlung und dreidimensionalen Darstellung der Volumenrückstreuung aus einigen Datensätzen

Die untersuchten Ziele haben Abmessungen, deren Größe im Wellenlängenbereich des verwendeten Ultraschalls oder darunter liegen. Tabelle 9.1 gibt einen Überblick über den Zusammenhang zwischen Echolotfrequenz, Periodendauer und akustischer Wellenlänge im Wasser ($c = 1,5 \text{ mm}/\mu\text{s}$).

legenden
) aus
1, # 242,

Frequenz/kHz	Periodendauer/ μ s	Wellenlänge/cm
50	20	3
100	10	1,5
150	6,67	1

Tabelle 9.1 : Lotfrequenz, Periodendauer und Wellenlänge im Wasser

Der empfangene Nachhall ist deshalb nicht als diskretes Signal einzelner, unterscheidbarer Ziele aufzufassen, sondern als das Echo eines Volumens mit kleinen verteilten Streuern.

Der Volumennachhall einer Streuschicht im Abstand r erzeugt pro Volumeneinheit im Raumwinkel Ω nach [9.1], [6.2] eine Echospannung, ausgedrückt in dB, von

$$20 \lg(u_{\text{echo}}) = RVR + SL + S_V + 10 \lg \frac{c \cdot \tau}{2} + 10 \lg \Omega - 20(\lg r + 2\alpha r) \quad (9.1);$$

hierin bedeuten:

- u_{echo} : Effektivwert der Echospannung in V
- RVR : Empfangs-Spannungsübertragungsmaß in dB (s.a.6.1.2.3)
- SL : Sendepiegel in dB (s.a. 6.1.2.2)
- S_V : Volumenrückstreuoeffizient des Einheitsvolumens in dB
- α : frequenzabhängige Dämpfungskonstante des Wassers in dB/m

Der Raumwinkel, aus dem das Echo empfangen wird, ist in der Praxis gegeben durch das Richtdiagramm des Wandlers, und zwar durch den Richtfaktor oder das Bündelungsmaß DI. Hierfür sind verschiedene Definitionen im Gebrauch. In der folgenden Untersuchung wird kein Anspruch auf absolute numerische Genauigkeit gelegt; deshalb wird für den Term $10 \lg \Omega$ in (9.1) näherungsweise das Bündelungsmaß DI der Wandler aus den ELAC-Datenblättern für den jeweiligen Typ entnommen. Dadurch entsteht lediglich eine konstante dB-Abweichung vom absoluten Wert.

Durch Umstellen von (9.1) nach S_V erhält man den Volumenrückstreuoeffizienten:

$$S_V = 20 \lg(u_{\text{echo}}) - RVR - SL - 10 \lg \frac{c \cdot \tau}{2} - DI + 20 \lg r + 2\alpha r \quad (9.2).$$

Bei de
in auf
wird u
Deren
zusätz

- D
R

- D
e
m

2 Krit

- E
s
w

- D
i

Die Ro
erkann
nach G
und di
ein Er
wird i
auf ve

- z
e

- d
w
a

Einige

In Bez
Wasser
kräfti
der Ze
enthäl

Bei den folgenden Berechnungen ist der beschallte Wasserkörper in aufeinanderfolgende Schichten der Dicke $\frac{c \cdot \tau}{2}$ zerlegt, und es wird untersucht, ob das jeweils erfaßte Volumen Ziele enthält. Deren Rückstreukoeffizient wird berechnet. Hierbei werden einige zusätzliche vereinfachende Annahmen gemacht:

- Das Schiff hat jederzeit denselben Tiefgang und führt keine Roll- und Stampfbewegungen aus.
- Die Schiffsgeschwindigkeit bleibt unberücksichtigt, das heißt, es wird nicht untersucht, ob in aufeinanderfolgenden Pings zumindest teilweise dasselbe Volumen beschallt wird.

2 Kriterien sind für die Zielerkennung wichtig:

- Es tritt ein Echosignal auf, dessen Spannungswert eine bestimmte, vorgebbare Schwelle überschreitet. (Vorwiegend verwendeter Wert: $u_{\text{schwelle}} = 25 \text{ mV}$).
- Das Echosignal hat eine Zeitdauer, deren Mindestwert wählbar ist (hier z.B.: Dauer τ des Sendeimpulses).

Die Rohdaten einer Aufzeichnung werden pingweise untersucht, Echos erkannt, ihre Tiefe ermittelt und der Volumenrückstreukoeffizient nach Gleichung (9.2) berechnet. Ping-#, Anzahl der erkannten Echos und die Wertepaare: Wassertiefe r , Volumenrückstreuung S_v bilden ein Ergebnisdatenfeld. Die Gesamtheit aller Ergebnisdatenfelder wird in einem Ergebnisdatenrecord abgelegt. Dieser Record läßt sich auf verschiedene Arten grafisch veranschaulichen, z.B.

- zweidimensionale Darstellung der Funktion $S_v = f(r)$ für jeweils einen Ping,
- dreidimensionale Darstellung der Funktion $S_v = f(r, \text{Ping-}\#)$, wobei jede gewünschte Teilmenge aus allen vorhandenen Pings ausgewählt werden kann.

Einige Beispiele sollen das veranschaulichen.

In Bezugnahme auf Abschnitt 8.2.2, Punkt 5, zeigt Bild 9.1 den Wasserkörper von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 110m. Eine kräftige Schicht erstreckt sich von ca. 40 m bis 90 m; sie wird mit der Zeit schwächer und löst sich in zwei Teilschichten auf. Das Bild enthält außerdem ein Stück der Bahn des gleichzeitig ausgesetzten

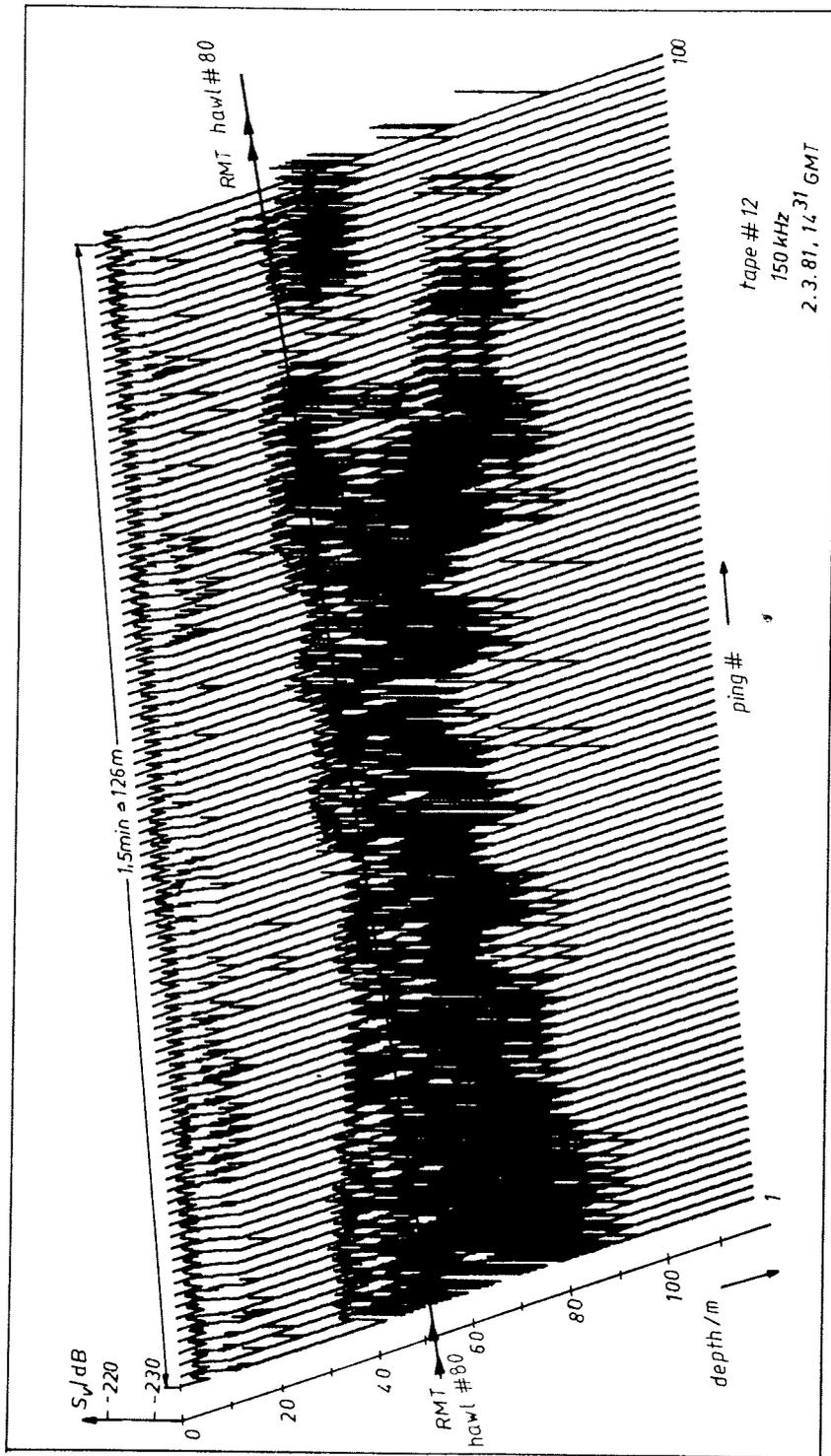


Bild 9.1.: Teil eines Schwarms mit eingezeichneter Bahn eines RMT-Hols (näheres im Text)

RMT 1 -
 samt im
 10,2 mi:
 auswert
 räumlic

In Bild
 verteil
 rung wu
 gemacht
 ergänzt
 te beim
 20-0 m

Bild 9.
 für die
 mehrere
 dritte,
 45 Ping
 teren T

Bild 9.
 Tiefenb
 4µs).

RMT 1 - 8 für den Hol # 80. Dieser Stufenhol bewegte sich insgesamt im Bereich von 123 m bis 0 m aufsteigend und erbrachte in 10,2 min ca. 17 l Biomasse, vorwiegend Krill adult. Exakte Fangauswertungen laufen zur Zeit am IfM der Universität Kiel. Die räumliche Zuordnung der Aufnahme ist aus Bild 7.2 ersichtlich.

In Bild 9.2 ist ein Beispiel für gleichmäßig an der Oberfläche verteilten, adulten Krill zur Nachtzeit dargestellt. Die Registrierung wurde mit hoher Auflösung bei sehr langsam fahrendem Schiff gemacht. Sie wurde durch anschließende Unterwasser-Fernsehaufnahmen ergänzt. Der unmittelbar vorangegangene doppelte Schräghol erbrachte beim Absenken von 0-20 m und anschließendem Aufsteigen von 20-0 m in 6,1 min etwa 5 l Krill.

Bild 9.3 gibt den Einfluß der Tiefensteuerung mittels Triggerverzug für die Datenerfassung wieder. Gewählt ist ein Wasserkörper, in dem mehrere Schichten (eine um 40-50 m, eine weitere bei 70 m und eine dritte, schwächer ausgeprägte, bei etwa 120 m) lagen. Die ersten 45 Pings zeigen die Ziele im oberen, die restlichen 55 Pings im unteren Tiefenbereich.

Bild 9.4 zeigt einen Ausschnitt aus einem sehr dichten Schwarm im Tiefenbereich von 43-68 m mit größtmöglicher Auslösung (Abtastrate 4µs).

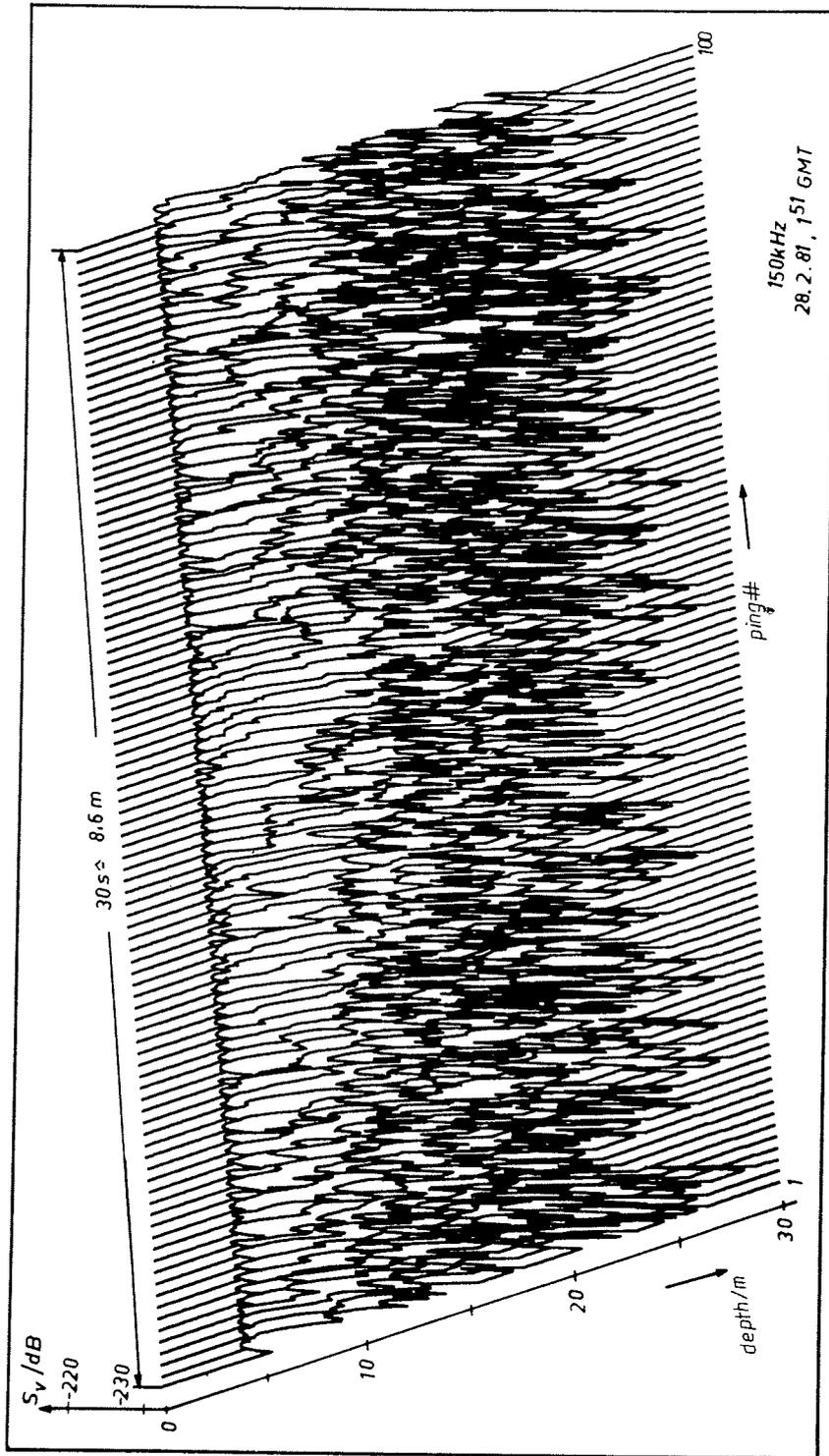


Bild 9.2 : In der Nähe der Wasseroberfläche gleichmäßig verteilter, adulter Krill zur Nachtzeit
(näheres im Text)

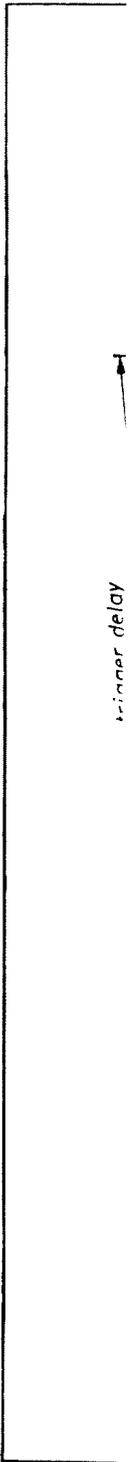


Bild 9.2 : In der Nähe der Wasseroberfläche gleichmäßig verteilter, adulter Krill zur Nachtzeit
(näheres im Text)

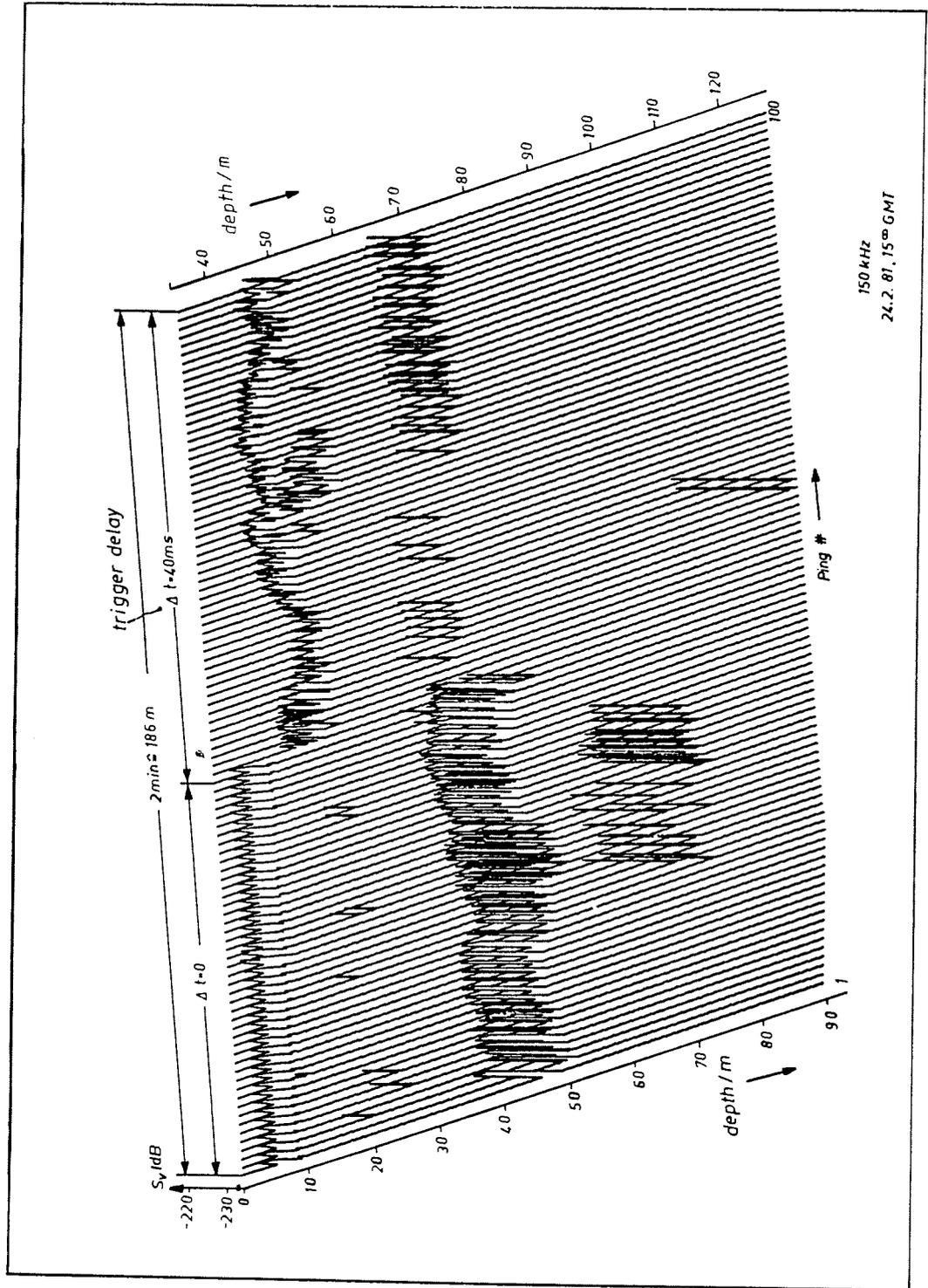


Bild 9.3 : Beispiel für Tiefenstersteuerung (näheres im Text)

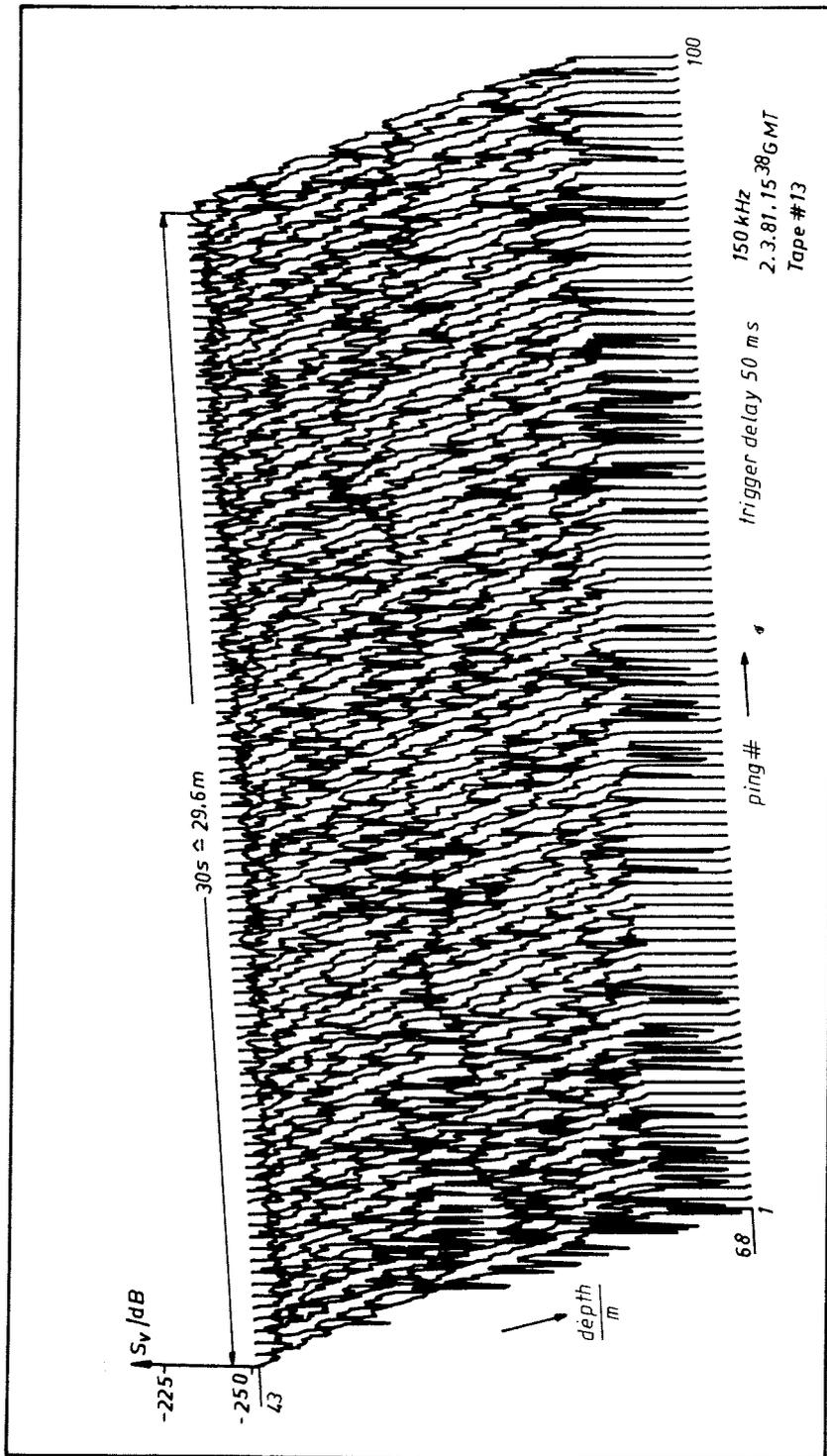


Bild 9.4: Ausschnitt aus einem Schwarm mit sehr großer Mächtigkeit

Bild 9. Krillan Island, registr Es wird 7.3 be ten die jeweils zugeben Mehrfac wurden tet ("v Die Dar sondern relativ auch ze Beobach schiffs auf kor noch ei

9.3. Grobauswertung der Echolotregistrierung

Bild 9.5 zeigt in einer groben Näherung die Mächtigkeit der Krillansammlungen im Hauptuntersuchungsgebiet nördlich Elephant Island, wie sie sich durch rein visuelle Auswertung der Echolotregistrierung ergibt.

Es wird der Versuch gemacht, entlang der in den Bildern 7.2 und 7.3 bereits dargestellten Schnitte zu den dort angegebenen Zeiten die im beschallten Wasserkörper an charakteristischen Stellen jeweils auftretende Mächtigkeit des Krillvorkommens in Metern anzugeben. Dabei sind die Tiefenausdehnungen eventuell auftretender Mehrfachsichtungen zu einer Schicht zusammengefaßt, und außerdem wurden unterschiedliche Dichten der Echos unterschiedlich bewertet ("visuelle Integration").

Die Darstellung erhebt keinen Anspruch auf quantitative Aussagen, sondern soll lediglich zeigen, daß die Schwarmstruktur in diesem relativ kleinen Gebiet von etwa $4 \times 5 \text{ km}^2$ sowohl räumlich als auch zeitlich sehr heterogen ist. Das deckt sich auch mit den Beobachtungen der Wissenschaftler des amerikanischen Forschungsschiffs "Melville" zur selben Zeit. Inwieweit die Ursachen hierfür auf kommerzielle Fangaktivitäten zurückzuführen sind, bedarf noch einer genaueren Abschätzung.

Aufbaue
sionsme
Antarkt
Versuch

Das Pri
Eichhyd
und senl
flectie

Die Mess
Erfolg:

- Es
har

- Die
daf
Tie

Bei mehr
gleichze
kräftige
deckt si

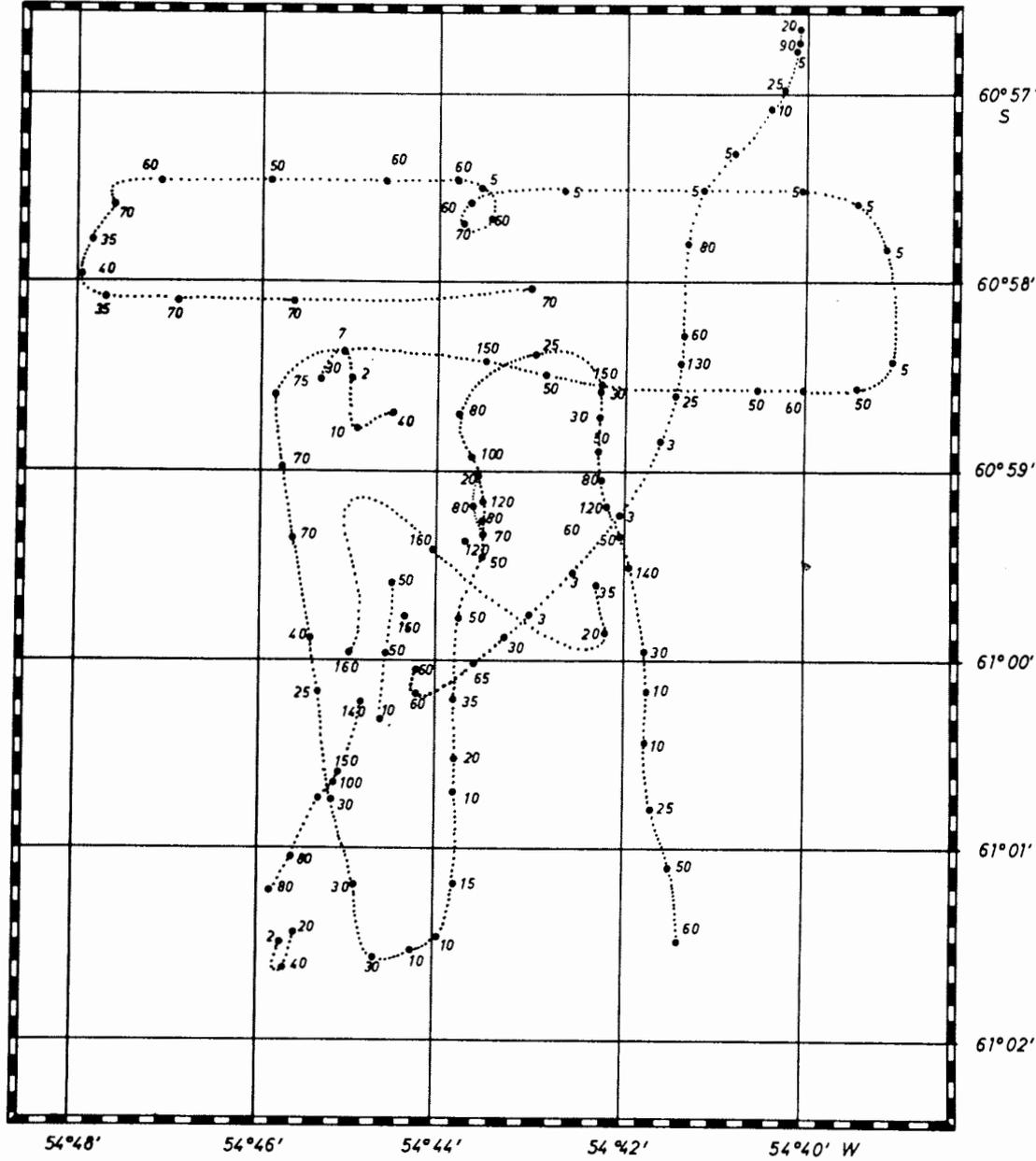


Bild 9.5 : Mächtigkeit des Krillvorkommens (in Metern) entlang einiger Schnitte aus den Bildern 7.2 und 7.3. im Hauptuntersuchungsgebiet nördlich Elephant Island am 2.3.81

10. Transmissionsmessungen an Schwärmen mittels Tiefenhydrofon

Aufbauend auf den Erfahrungen von H.U. THIEL [10.1] mit Transmissionsmessungen an Krillschwärmen mittels Tiefenhydrofon auf der Antarktisreise 1977/78 von FFS "Walther Herwig", wurden ähnliche Versuche während ANT III auf "Meteor" durchgeführt.

Das Prinzip der Messung besteht darin, durch Positionieren eines Eichhydrofons in großer Tiefe (ca. 60-80 m) unter einem Schwarm und senkrecht unter dem schiffsgebundenen Echolot sowohl das reflektierte als auch das transmittierte Signal zu erfassen.

Die Messungen führen nur unter 2 wesentlichen Voraussetzungen zum Erfolg:

- Es ist ein Schwarm genügender Dichte in geeigneter Tiefe vorhanden.
- Die Wetterlage gestattet eine Navigation des Schiffs derart, daß es immer genau über dem (praktisch nicht navigierbaren) Tiefenhydrofon steht.

Bei mehreren durchgeführten Experimenten konnten beide Bedingungen gleichzeitig nur so kurzfristig erreicht werden, daß eine aussagekräftige Aufzeichnung nicht möglich war. Die Tendenz der Ergebnisse deckt sich aber mit denen in [10.1].

60° 57'
S

60° 58'

60° 59'

61° 00'

61° 01'

61° 02'

lang
rsu-

11. Schlußbetrachtung

Quellenn

Abschließend werden aus dem bisherigen Verlauf des Projektes einige Erfahrungen zusammengefaßt sowie Anregungen für künftige Arbeiten gegeben. Vorangestellt sei jedoch ein Wort des Dankes und der Anerkennung an alle beteiligten Personen und Institutionen, die dazu beigetragen haben, dieses umfangreiche Forschungsvorhaben wohlwollend zu fördern oder tatkräftig zu unterstützen. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wurde das Projekt überwiegend aus Sondermitteln von BMFT, BML und BMV finanziert.

[5.1]

Die Planungen für die Ausrüstung der deutschen Forschungsschiffe erfolgte in enger Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Fangtechnik an der Bundesforschungsanstalt für Fischerei (BFA), dem Institut für Meereskunde (IfM) der Universität Kiel und der Hochschule der Bundeswehr (HsBw) Hamburg. Die sehr personalintensiven Konstruktions- und Entwicklungsarbeiten wurden an der HsBw durchgeführt. Speziell sei Herrn Dipl.-Ing. H.-U. Thiel für seinen hohen persönlichen Einsatz gedankt.

[6.1]

[6.2]

[8.1]

[9.1]

Das für FS "Meteor" geplante Versuchsprogramm Rohdatenerfassung konnte trotz anfänglicher technischer Probleme mit dem Rechner bis auf die Tiefenhydrofonmessungen vollständig abewickelt werden. Es wurde eine Fülle von Datenmaterial gesammelt, das eine gute Grundlage für quantitative Aussagen über das Rückstreuverhalten von hydroakustischen Zielen bildet. Eine wichtige Voraussetzung für den Wert gewonnener Daten ist eine enge Verzahnung zwischen den fischereibiologischen und den hydroakustischen Aktivitäten.

[10.1]

Wenn in dieser Arbeit noch nicht im Detail über quantitative Ergebnisse berichtet wird, so hat das vor allem zwei Gründe:

- 1) Die Aufbereitung des Materials erfordert viel Zeit und Personal und muß in interdisziplinärer Zusammenarbeit geschehen.
- 2) Die Diskussion über Verfahren zur Bestimmung wesentlicher Parameter für die Bestandsabschätzung (z.B. Zielmaß TS der verschiedenen Stadien des Krill) sind derzeit in vollem Gange. Die Ergebnisse des "Post-FIBEX-Data-Workshop", Sept.1981 an der Universität Hamburg können hier wichtige Impulse liefern und sollten in künftigen Aktivitäten berücksichtigt werden.

Der Weg für die weitere Bearbeitung des Rohdatenmaterials ist durch die Fragestellungen im Abschnitt 3 vorgezeichnet.

Quellennachweis

- [5.1] Deutsches Hydrografisches Institut Hamburg:
Bericht über die Fahrt Nr. 55 von FS "Meteor"
vom 22.7. bis 2.9.1980
- [6.1] Bodholt, Brede, Nielsen: Calibration of Hydro-
Acoustic Instruments. Biomass Handbook No. 2,
1980
- [6.2] Urick: Principles of Underwater Sound for Engineers,
Mc Graw Hill, 1967
- [8.1] Michael C. Macaulay, Ole A. Mathisen:
Multi-Frequency Krill Assessment.
Biomass Newsletter Vol. 3 No. 1, 1981
- [9.1] Ole A. Mathisen:
Acoustic Estimation of Antarctic Krill, Draft proposal,
SCAR/SCOR Meeting 1978, Kiel
- [10.1] H.U. Thiel: Preliminary Results of an in Situ
Comparison between Acoustic Reflectance and Trans-
mittance of Antarctic Krill Swarms (Euphausia
superba) BFA Hamburg, 1979

List of Figures and Tables

- Figure 4.1 Simplified block diagram of the data acquisition system aboard RV "Meteor" during FIBEX, ANT III, 1981
- Figure 4.2 Block diagram of INDAS interface
- Figure 4.3 Flow chart of the main software components for the digital data acquisition
- Figure 4.3 Digital raw-data format for magnetic tape registration
- Figure 5.1 Position of the transducers, side view
- Figure 5.2 Position of the transducers, keel view
- Figure 6.1 Positioning the calibrated hydrophone under the keel
- Figure 6.2 Calibration frame with remote sensing for acoustic calibration
- Figure 7.1 Operational area of RV "Meteor" during the swarm study from February 22 to March 2, 1981
- Figure 7.2 Area of the swarm study on March 2, 1981 with cruises of digital data acquisition
- Figure 7.3 "Minisurvey" as conclusion of the swarm study
- Figure 8.1 Relation between some typical parameters for digital acquisition
- Figure 8.2 Definition of the ping volume
- Figure 8.3 Presentation of a ping 150 kHz, sampling rate 4 μ s, short pulse Feb.28,1981, 1.45 GMT. Krill, being dispersed near the surface, haul # 70 + 51 krill adult
- Figure 8.4 Ping 50 kHz, sampling rate 26 μ s, short pulse, March 3,1981, 18.06 GMT, dense swarm between 35 m and 112 m and two thin layers near 125 m and 150 m
- Figure 8.5 Comparison between two successive pings with different frequencies. Echoes from nearly identical volumes, Feb. 28, 1981, 12.55 GMT
- Figure 9.1 Part of a swarm between 40 m and 90 m with the track of a RMT 1-8 haul

Figure 9

Figure 9

Figure 9

Figure 9

Table 6

Table 8

Table 9

on
I, 1981

the

stra-

e keel

rm

4 μ s,
g
ll

5 m
50 m

if-
al

track

- Figure 9.2 Echoes from adult krill, being dispersed near the surface at night (see text)
- Figure 9.3 Influence of the depth window, controlled by trigger delay (see text)
- Figure 9.4 Section from 43 m to 68 m of a very dense and thick swarm with maximum resolution
- Figure 9.5 Mean swarm thickness (in meters) along some transects of Figure 7.2 and 7.3

Table 6.1 Main parameters of the 3-frequency echo sounder (Febr. 1981)

Table 8.1 Typical values of digital resolution

Table 9.1 Echosounder frequency, period and wave length in water

Folgende Hefte der Reihe „Berichte zur Polarforschung“ sind bisher erschienen:

Sonderheft Nr. 1/1981 – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“
Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR

Heft Nr. 1/1982 – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/1981“
zusammengestellt von Heinz Kohnen

Heft Nr. 2/1982 – „Deutsche Antarktis-Expedition 1980/1981 mit FS ‚Meteor‘“
First International Biomass Experiment (FIBEX)
Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzfünge
zusammengestellt von Norbert Klages

Heft Nr. 3/1982 – „Digitale und analoge Krill-Echolot-Rohdatenerfassung
an Bord des Forschungsschiffs ‚Meteor‘“
(im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT III)
von Bodo Morgenstern

Kopien dieses Reports können bezogen werden beim

Alfred-Wegener-Institut für Polarforschung
Columbus-Center
D-2850 Bremerhaven
Bundesrepublik Deutschland