



**FS SONNE
FAHRTBERICHT SO112
CRUISE REPORT SO112
HIRESBAT
HIGH RESOLUTION BATHYMETRY**

**Victoria, B.C., Canada - Apra Harbor, Guam
17.09 - 08.10.1996**

**Herausgegeben von
Wilhelm Weinrebe
mit Beiträgen von Gregor Rehder und den Fahrtteilnehmern**

GEOMAR
Forschungszentrum
für marine Geowissenschaften
der Christian-Albrechts-Universität
zu Kiel

**Kiel 1997
GEOMAR REPORT 64**

GEOMAR
Research Center
for Marine Geosciences
Christian Albrechts University
in Kiel

Redaktion der Serie:
Redaktion dieses Reports:
Umschlag:

Gerhard Haass
Wilhelm Weinrebe
Kerstin Kreis, Harald Gross,
GEOMAR Technologie GmbH

Managing Editor: Gerhard Haass
Editor of this issue: Wilhelm Weinrebe
Cover: Kerstin Kreis, Harald Gross,
GEOMAR Technologie GmbH

GEOMAR REPORT
ISSN 0936 - 5788

GEOMAR REPORT
ISSN 0936 - 5788

GEOMAR
Forschungszentrum
für marine Geowissenschaften
D-24148 Kiel
Wischhofstr. 1-3
Telefon (0431) 600-2555, 600-2505

GEOMAR
Research Center
for Marine Geosciences
D-24148 Kiel / Germany
Wischhofstr. 1-3
Telephone (49) 431 / 600-2555, 600-2505

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | ZUSAMMENFASSUNG | 4 |
| | SUMMARY | 5 |
| | VORBEMERKUNG: | 6 |
| 2 | EINLEITUNG | 7 |
| 2.1 | HOCHAUFLÖSENDE BATHYMETRIE | 7 |
| 2.2 | DER HAWAII-EMPEROR-RÜCKEN | 10 |
| 2.3 | METHANE AND CARBON DIOXIDE IN NORTH PACIFIC | 12 |
| 3 | TEILNEHMER | 13 |
| 3.1 | WISSENSCHAFTLER | 13 |
| 3.2 | BESATZUNG | 13 |
| 4 | FAHRTVERLAUF | 14 |
| 5.1 | SCHIFFSSEITIGE AUSRÜSTUNG | 16 |
| 5.1.1 | DIFFERENTIAL GPS | 16 |
| 5.1.2 | HYDROSWEEP | 17 |
| 5.1.3 | PARASOUND | 18 |
| 5.2 | NUTZERGERÄTE UND VERFAHREN | 19 |
| 5.2.1 | RECHNERANLAGEN | 19 |
| 5.2.2 | SOFTWARE MB-SYSTEM | 19 |
| 5.2.3 | APPARATUR ZUR BESTIMMUNG VON pCO ₂ UND pCH ₄ | 20 |
| 6 | DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN UND ERSTE ERGEBNISSE | 23 |
| 6.1 | HYDROSWEEP | 23 |
| 6.1.1 | BESTIMMUNG SYSTEMATISCHER FEHLER (STREIFENFEHLER) | 23 |
| 6.1.2 | UNTERSUCHUNGEN DER STÖRUNGEN AUF DEN ÄUSSEREN BEAMS | 30 |
| 6.1.3 | ÜBERPRÜFUNG DER SCHIFFSLAGEKOMPENSATION | 32 |
| 6.1.4 | KARTIERUNG ENTLANG DES KURSES | 37 |
| 6.1.5 | KARTIERUNG DER DAIKAKUJI-TIEFSEEKUPPE | 44 |
| 6.2 | PARASOUND | 53 |
| 6.3 | SAMPLING AND ANALYSIS OF CH ₄ AND CO ₂ | 57 |
| 7 | DANKSAGUNG | 61 |
| 8 | LITERATUR | 62 |
| 9 | ANHANG | 65 |

1 ZUSAMMENFASSUNG

Fächerlote ermöglichen eine effektive Kartierung des Meeresbodens. Die ermittelten Tiefenwerte lassen sich nicht nur in Isobathen-Karten darstellen; mit spezieller Software ist die Errechnung von Perspektivbildern unter Berücksichtigung künstlicher Beleuchtung möglich. Diese „Bilder“ vom Meeresboden können direkt morphotektonisch interpretiert werden. Zur Errechnung der Perspektivbilder sind Daten in hoher Auflösung notwendig. Dann werden jedoch Störungen und Artefakte des Prozessings sichtbar. Zur Analyse der Ursachen der Störungen sind während der Fahrt SO112 vom 17.09.1996 bis 08.10.1996 von Victoria, B.C., nach Apra Harbor, Guam, Kalibrierungsmessungen durchgeführt worden, um Grundlagen für die Entwicklung von Algorithmen und Filter zur Störungs-Unterdrückung zu erhalten. Insbesondere über ebenem Meeresboden sind Fehler und Artefakte deutlich zu erkennen und die Ursachen zu ermitteln. Eine häufige Beobachtung z.B. sind streifenförmige, trackparallele Fehlermuster, die offenbar ihre Ursache in Empfindlichkeitsunterschieden der einzelnen Kanäle haben. Diese Abweichungen konnten während der Fahrt für Teilbereiche quantifiziert werden, eine Korrektur damit führt zu erheblicher Verbesserung der Aufnahmen.

Zum Test der entwickelten Verfahren ist der Daikakuji-Seamount im Bereich des Übergangs der Emperor-Kette in den Hawaii-Rücken kartiert worden. Dieser Bereich markiert die Änderung der Bewegungsrichtung der pazifischen Platte von Nord nach Ost vor 43 Millionen Jahren (Dalrymple et al., 1981). Der Daikakuji-Seamount erhebt sich nahezu 4.000 m über das Niveau der ozeanischen Platte bis auf ca. 1.000 m Wassertiefe. Ein flaches Gipfelplateau charakterisiert diese Tiefseekuppe als Guyot und läßt auf erhebliche Absenkungen dieses Gebietes schließen.

Parallel zu den bathymetrischen Arbeiten wurden während der Fahrt die Partialdrücke von Kohlendioxid und Methan zwischen Ozean und Atmosphäre an ca. 2.000 Punkten gemessen. Die Sättigung dieser Gase im Oberflächenwasser der Ozeane variieren räumlich und zeitlich beträchtlich. Die vorläufige Auswertung der Messungen zeigt, daß für Kohlendioxid der nordöstliche Teil des Nord-Pazifiks leicht untersättigt, der südwestliche Teil dagegen übersättigt ist. Dies ist durch das äquatoriale Aufströmen CO₂-reichen Tiefenwassers und die höheren Wassertemperaturen erklärbar. Für Methan zeigt sich entlang des gesamten Transects eine Übersättigung von allgemein ca. 20%, zunehmend auf ca. 90% in der Nähe des nordamerikanischen Kontinents.

SUMMARY

Multibeam echosounders are a cost effective tool to map the seafloor. The measured waterdepth data can be presented as contour maps or with special software shaded relief images with artificial illumination can also be calculated. These images are well suited for morphotectonic interpretation, however, they require high resolution data. However, in such high resolution data noise of the recording system and artefacts of the processing interfere with the data.

The R/V SONNE cruise 112 (September 17, 1997 to October 8, 1997 from Victoria, B.C. to Apra Harbor, Guam) was devoted to studying in detail noise in multibeam echosounding and to developing methods for noise suppression. Surveys of flat ocean bottom show these artefacts particularly clearly. Frequently, rakelike alongtrack patterns are observed and can be analyzed, originating obviously from sensitivity differences between different channels. These sensor residuals were determined during the cruise in different seafloor areas, and correcting the recordings with these values enhances considerably the quality of the data.

As a test for the noise suppression methods developed Daikakuji Seamount in the area of transition from Emperor Seamount Chain to Hawaiian Ridge was mapped bathymetrically. A transition zone with a change in strike direction result from a change of direction of motion of the Pacific plate from north to west 43 M.a. (Dalrymple et al., 1981). Daikakuji Seamount has a height of nearly 4000 m in comparison to surrounding seafloor, with a summit at 1000 m waterdepth. Due to its flat top it should be better named a guyot. Considerable subsidence of the area must have taken place.

In addition to the bathymetric work the partial pressure of carbon dioxide and methane between ocean and atmosphere was measured at 2000 points. Saturation of these gases in surface waters varies considerably in space and time. According to a preliminary interpretation of the measurements surface waters in North East Pacific are undersaturated with regards to CO₂, while the south west corner of the North Pacific is oversaturated. This is consistent with equatorial upwelling and increasing surface temperature. Surface waters along the transect were consistently oversaturated with CH₄ at a rate of about 20 %, rising to a rate of about 90 % near the North American continent.

VORBEMERKUNG:

Während der Kurs des FS SONNE üblicherweise von der wissenschaftlichen Fragestellung bestimmt wird, war die Route für die Fahrt SO112 aufgrund langfristiger Planungen vorgegeben. Strecke und Zeitplan gaben wenig Spielraum für großräumige, regional / thematische Arbeiten. Derartige Transit-Fahrten sind jedoch ideal geeignet für methodische Arbeiten an den Meßsystemen. Die Fahrt SO112 führte große Strecken über relativ ebene, ungestörte Bereiche der pazifischen Platte (Abb. 2.1) und bot damit hervorragende Möglichkeiten für methodische Arbeiten am Fächerlotsystem Hydrosweep.

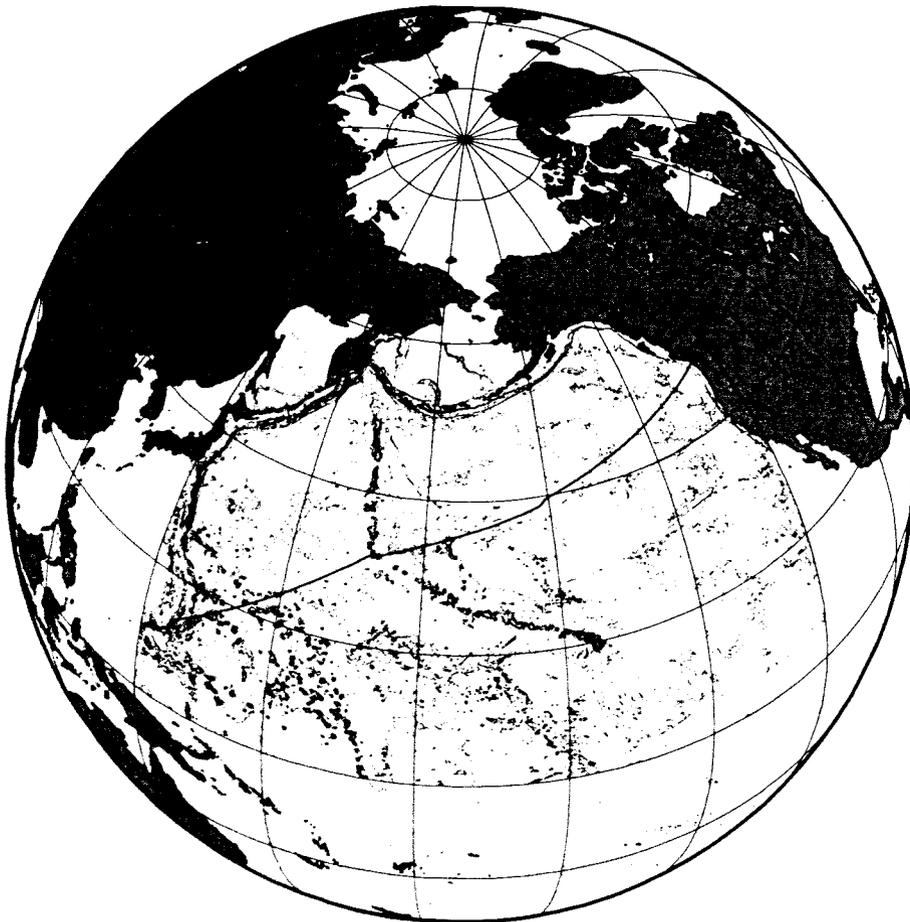


Abb. 2.1
Kurs der Fahrt SO112 von Victoria, B.C. (Kanada) nach Apra Harbour, Guam (USA)

2 EINLEITUNG

2.1 HOCHAUFLÖSENDE BATHYMETRIE

Die Oberfläche unseres Planeten ist geprägt durch geologische Kräfte, durch Gebirgsbildung und Erosion. Dies gilt nicht nur für den sichtbaren Bereich des Festlandes, sondern auch für den durch die Ozeane verdeckten submarinen Teil. Unter den Meeren spielen sich die wirklich bedeutenden geodynamischen Prozesse ab, die den Lebenszyklus ozeanischer Lithosphäre von der Entstehung durch aufsteigendes Magma in den mittelozeanischen Rücken bis zum Abbau durch Subduktion an den konvergenten Kontinentalrändern bestimmen. Die submarine Morphologie spiegelt diese Entwicklungsgeschichte wider, aber sie ist unserer direkten Beobachtung entzogen. Nur mit Hilfe der Bathymetrie kann sie erfaßt werden.

Bisher wurden Kartierungen der Wassertiefe im wesentlichen zur Bestimmung statischer Korrekturwerte für andere geophysikalische Meßverfahren wie Seismik, Gravimetrie oder Magnetik oder für die Planung oder Analyse geologischer Beprobungen durchgeführt; auch diese Anwendungen sind wichtig. In der Rekonstruktion der Oberfläche des Meeresbodens aber liegt die besondere Bedeutung der bathymetrischen Vermessung für die marinen Geowissenschaften.

Tektonik und Erosion bestimmen die Gestalt der submarinen Lithosphäre. Ihre Morphologie ist die Projektion endogener Strukturen an die Oberfläche mit exogener Überprägung. Ihre Kenntnis ermöglicht Rückschlüsse auf den inneren Aufbau, d.h. die Bathymetrie entschlüsselt mehr Informationen als nur die Wassertiefe. Alle geowissenschaftlichen Untersuchungen, die den tieferen Untergrund beproben, bauen darauf auf.

Für die effektive Kartierung des Meeresbodens werden Fächerlote eingesetzt; das FS SONNE ist mit dem HYDROSWEEP-System der Firma STN Atlas Elektronik GmbH ausgerüstet. Dieses Gerät strahlt einen Schallfächer mit einem Öffnungswinkel von 90° und mehr ab und überdeckt damit einen Streifen der Breite der zweifachen Wassertiefe. Die vom Grund rückgestreute Energie wird in diskreten Richtungen - den „Beams“ - empfangen; beim Hydrosweep-System sind es 59 (Schreiber und Schenke, 1990). Die Roll-, Stampf- und Hubbewegungen des Schiffes werden durch Sensoren erfaßt, die gemessenen Echolaufzeiten werden automatisch korrigiert. Für die Errechnung der Tiefen aus den Laufzeiten ist die Kenntnis der Wasserschallgeschwindigkeit notwendig. Das Hydrosweep-System bestimmt sie durch Kreuzlotung in Fahrtrichtung und anschließender Ausgleichsrechnung. Bessere Ergebnisse lassen sich jedoch durch direkte Messung der Geschwindigkeit mit der Tiefe mit einer CTD erreichen (Flüh und von Huene, 1994). Für die errechneten Tiefenwerte wird der Bezug zur geographischen Lage über die aus der Navigation bestimmten Positionen hergestellt. Damit ist jeder vermessene Punkt beschrieben durch die Koordinaten Länge, Breite

und Tiefe (X, Y, Z). Aus diesen Werten wird ein digitales Geländemodell errechnet, die mathematische Formulierung der Morphologie.

Während bisher überwiegend die Isolinien-darstellung zur Visualisierung der Ergebnisse gewählt wird, sind für die morphotektonischen Interpretationen (pseudo-) dreidimensionale Abbildungen vorteilhaft (z.B. Hey et al., 1986, Flüh und von Huene, 1994, von Huene et al. 1995, Kudraß et al., 1995, Dauteuil, 1995). Diese können aus den digitalen Geländemodellen für beliebigen Ansichten oder Ausschnitte als Drahtgittermodell oder Reliefbild errechnet werden. Die übliche Einfärbung oder Tönung der Abbildungen - je tiefer, desto dunkler - entspricht nicht der Realität; denn auf der Erde ist die Helligkeit abhängig von der Beleuchtung durch die Sonne. Durch Einrechnung dieses Faktors gewinnen Perspektivbilder mehr an Dynamik und Aussagekraft als durch Farbe. Grundlage der Berechnung des Beleuchtungseffektes ist der Gradient des Geländemodells in einer ausgewählten Richtung. Die Darstellung ist umso heller, je direkter die Fläche der Sonne ausgesetzt ist; geneigte Ebenen werden weniger hell, Schattenbereiche dunkel. So lassen sich sehr gut korrelierende Strukturen herausheben und feine morphologische Elemente sichtbar machen. Dabei werden allerdings Störungen und Artefakte in den Daten sichtbar, die die Interpretation erschweren (Abb. 2.2). Zwar lassen sich durch Wahl größerer Gitterzellen für die Berechnung des digitalen Geländemodells oder durch zweidimensionale Tiefpaßfilterung glattere, saubere Abbildungen erzielen (Abb. 2.3), aber zu Lasten der Auflösung. Dies ist allerdings die zur Zeit überwiegend angewendete Me-

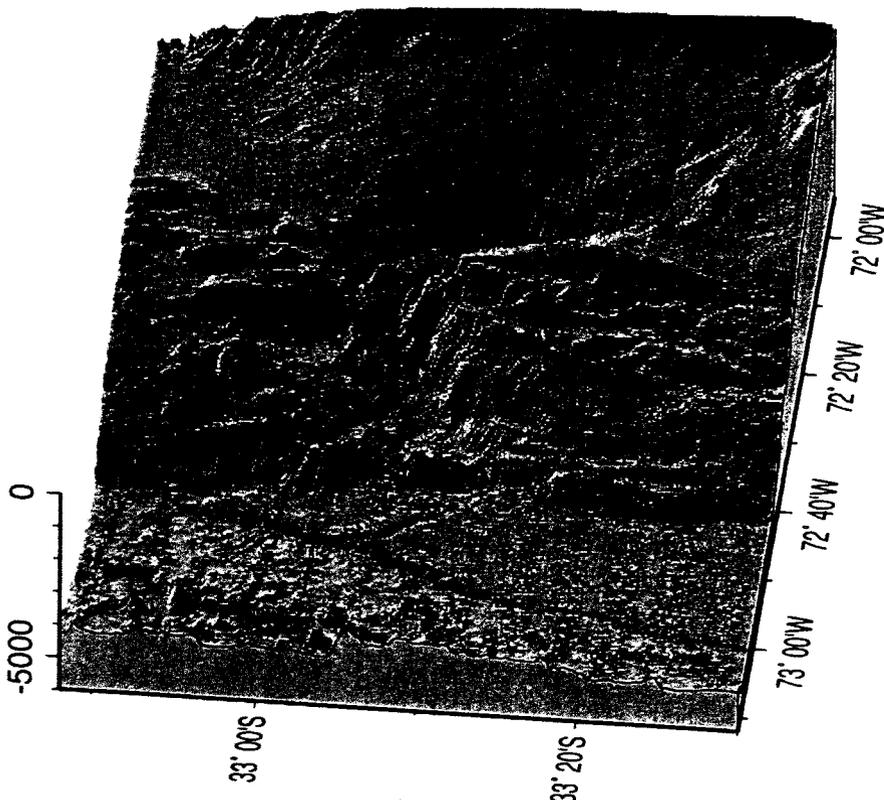


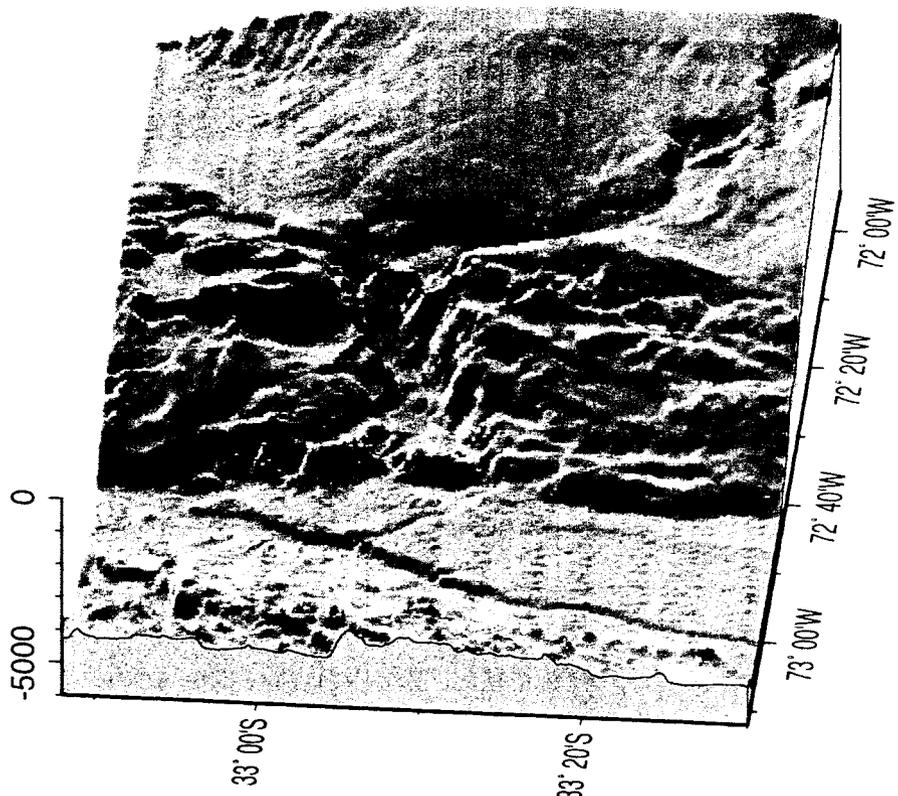
Abb. 2.2
 Perspektivbild vom
 Eingang des San
 Antonio Canyons
 vor Valparaiso,
 Chile, nach
 bathymetrischen
 Vermessungen
 während der Fahrt
 SO101. Für die
 Berechnung des
 digitalen
 Geländemodells
 wurde eine
 Gitterzellengröße
 von 0.001° (ca.
 100 m) verwendet.

thode. Bessere Ergebnisse sind erreichbar, wenn die Artefakte und Störungen gezielt eliminiert oder reduziert werden. Dann kann das digitale Geländemodell in der höchstmöglichen Auflösung, die durch die physikalischen Parameter des Meßgerätes und der Meßanordnung gegeben sind, berechnet werden. Dies ist das primäre Ziel des Projektes „HiResBat“.

Störungen und Artefakte in bathymetrischen Aufnahmen sind besonders deutlich bei ebenen, strukturarmen Meeresböden erkennbar. Die Fahrt SO112 führte über weite Strecken durch relativ ebene Tiefsee. Durch Analysen der Aufzeichnungen des Hydrosweepsystems in diesen Gebieten sollen die Ursachen für systematische Fehler und Abweichungen ermittelt werden. Dies soll als Basis zur Entwicklung von Algorithmen zur gezielten Unterdrückung derartiger Effekte dienen. Nach deren Anwendung sollen die digitalen Geländemodelle mit höherer Auflösung als bisher erstellt werden können. Damit werden die Möglichkeiten zur morphotektonischen Interpretation erheblich verbessert. Aus der Analyse der Probleme sollen Hinweise für zukünftige Fahrtplanungen entwickelt werden.

Zum Test der zu entwickelnden Algorithmen wurde während der Fahrt eine kleines komplexes Meßgebiet kartiert. Da die vorgesehene Fahrtroute die Spur des Hawaii-Hot-Spots gerade am Übergang von der Emperor-Seamount-Kette zum Hawaiian-Ridge („Hawaiian-Emperor-Bend“ = HEB) kreuzte, wurde dieses Gebiet dafür ausgewählt.

Abb. 2.3
 Perspektivbild vom
 Eingang des San
 Antonio Canyons
 vor Valparaiso,
 Chile, nach
 bathymetrischen
 Vermessungen
 während der Fahrt
 SO101. Für die
 Berechnung des
 digitalen
 Geländemodells
 wurde eine
 Gitterzellengröße
 von 0.004° (ca.
 400 m) verwendet.



2.2 DER HAWAII-EMPEROR-RÜCKEN

Der Hawaii-Emperor-Rücken ist eine nahezu 6.000 km lange lineare Struktur aus Tiefseekuppen und Inseln (Abb. 2.4). Nur knapp 17.000 km² (die Hawaii-Inseln) der insgesamt ca. 1.200.000 km² Fläche sind oberhalb der Wasseroberfläche. Schon Wilson (1963) interpretierte diese Struktur als Spur eines „Hot Spots“. Morgan (1972) verband dies mit der Idee von „Plumes“. Umfangreiche radiometrische Altersbestimmungen an Proben ergaben progressiv zunehmendes Alter der Tiefsee-

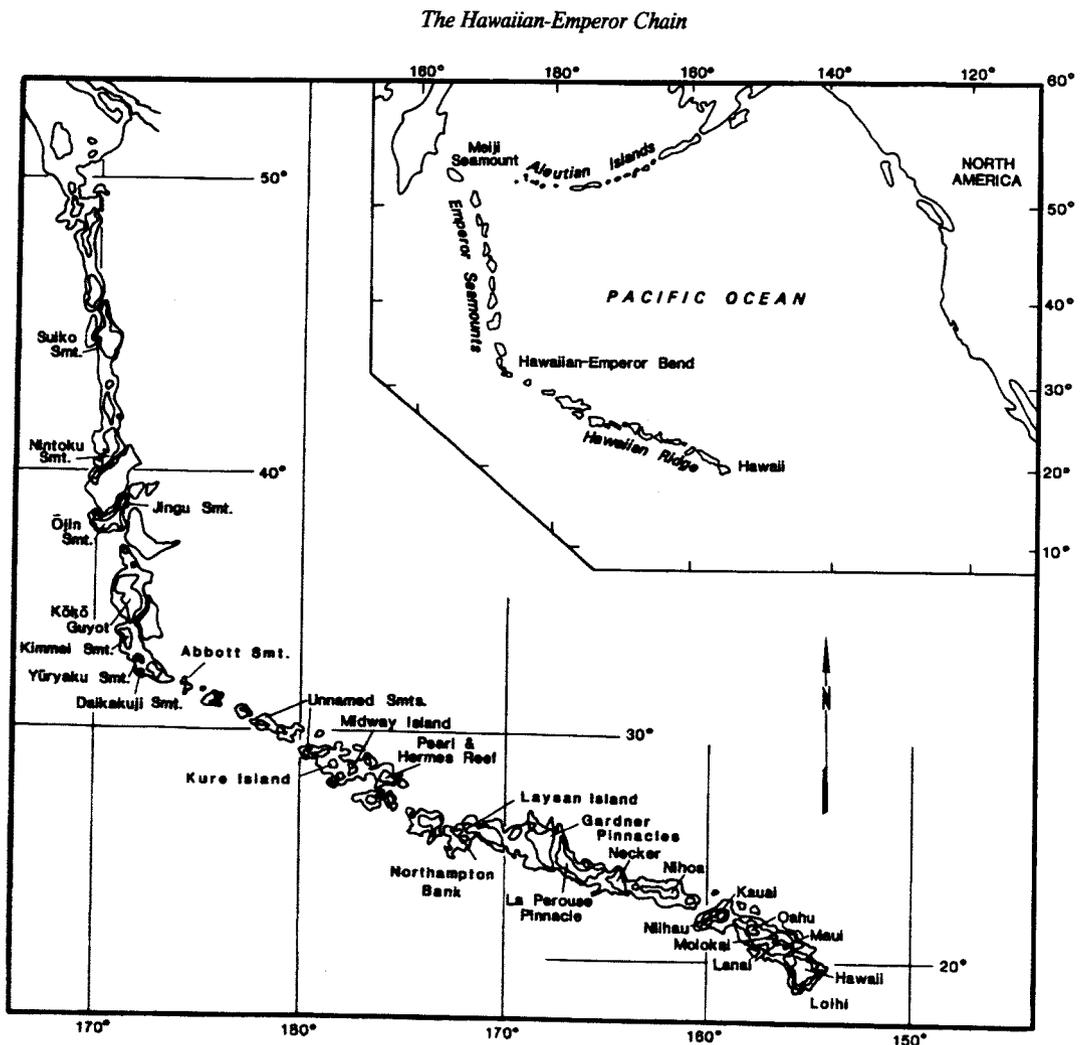


Abb. 2.4
Der Hawaii-Emperor-Rücken (aus Clague et al., 1989)

kuppen von Hawaii aus nach Westen bzw. Norden (Jackson et al., 1972, Clague and Dalrymple, 1987), am nördlichen Ende der Emperor-Kette werden Alter von 75 bis 80 Millionen Jahre erreicht. Dies bestätigt die Hypothese der Hot-Spot-Spur.

Die über 6.000 km lineare Struktur weist ca. 3.500 km westlich von Hawaii einen markanten Knick auf. Radiometrische Altersbestimmungen von gedredgten Proben von Tiefseekuppen aus diesem Gebiet datieren auf ungefähr 43 Millionen Jahre. Diese Stelle markiert eine Richtungsänderung der Bewegung der pazifischen Platte von Nord nach West.

Aufgrund der übergeordneten Fahrtplanung konnte nur ein relativ kleines Gebiet für eine Testvermessung vorgesehen werden. Deshalb wurde dafür der Daikakuji-Seamount ausgewählt, die Nr. 67 nach der Numerierung von Clague et al. (1989), die von Nr. 0 - Loihi, Hawaii, bis Nr. 108 - Meiji, am nördlichen Ende der Emperor-Kette zählt. Der Daikakuji ist der südlichste (jüngste) in der Emperor-Kette, liegt aber schon etwas außerhalb des Ansatzes des Hawaii-Rückens (Abb. 2.4). Er ist radiometrisch datiert auf 42.4 ± 2.3 Millionen Jahre (Dalrymple und Clague, 1976), allerdings nur an gedredgten Proben. Die bathymetrische Vermessung dieses Gebietes sollte neben dem Test der zu entwickelnden Algorithmen Hinweise zu folgenden Fragen liefern:

1. Ist der Daikakuji ein „Seamount“ oder ein Guyot? Wenn Guyot, wie groß ist die Absenkung?
2. Sind Bruchlinien erkennbar, wie streichen sie (wie Emperor- oder wie Hawaii-Rücken)?
3. Läßt sich aus dem Grad der Erosion oder aus der evtl. Subsidenz das relative Alter der Struktur abschätzen? Die radiometrische Datierung bezog sich auf gedredgte Proben, d.h. möglicherweise auf ein Endstadium der Entwicklung; wie alt ist die Struktur wirklich? Diese Frage hat große Bedeutung im Zusammenhang mit der zeitlichen Einordnung der Änderung der Bewegungsrichtung. Andere Strukturen im Pazifik deuten eher auf einen Zeitpunkt von ungefähr 50 Millionen Jahren für dieses Ereignis hin.

Durch seine exponierte Lage stellt der Daikakuji-Seamount somit ein äußerst interessantes Ziel für eine Testmessung dar.

2.3 METHANE AND CARBON DIOXIDE IN NORTH PACIFIC

(M. Eek)

The partial pressure of carbon dioxide and methane in the surface ocean varies significantly on both a spatial and temporal scale. Both gases will, given enough time, equilibrate with the atmosphere. However, since the partial pressure of CO₂ is mainly controlled by a balance between biological production of organic matter through photosynthesis and upwelling of CO₂ rich deep water, it is spatially highly variable. Solubility of dissolved CO₂ is also temperature dependent, hence the concentration will be affected by sea surface temperature. The resulting pCO₂ values therefore vary around an average of 350 ppm with an maximum amplitude of 150 ppm.

The factors controlling the distribution of dissolved methane are not as well investigated as for CO₂. Microbial production of methane in both water column and sediments is balanced by microbial oxidation and gas exchange with the atmosphere. To date a limited number of measurements of surface waters in the open ocean indicates a slight oversaturation. Closer to the continents the methane concentration have been observed at values well over saturation.

SO112 has given the opportunity to measure the partial pressure distribution of both methane and carbon dioxide across the Northern Pacific. The transect included continental shelf and open ocean, high and low sea surface temperatures and areas affected by equatorial upwelling.

3 TEILNEHMER

3.1 WISSENSCHAFTLER

| | | |
|-------------------|-----------------|--|
| Weinrebe, Wilhelm | Chief-Scientist | GEOMAR |
| Hühnerbach, Veit | Scientist | GEOMAR |
| Mann, Dörte | Scientist | GEOMAR |
| Milkert, Doris | Scientist | GEOMAR |
| Voss, Susanne | Scientist | GEOMAR |
| Eek, Magnus | Scientist | University of Victoria (im Auftrag der GTG) |

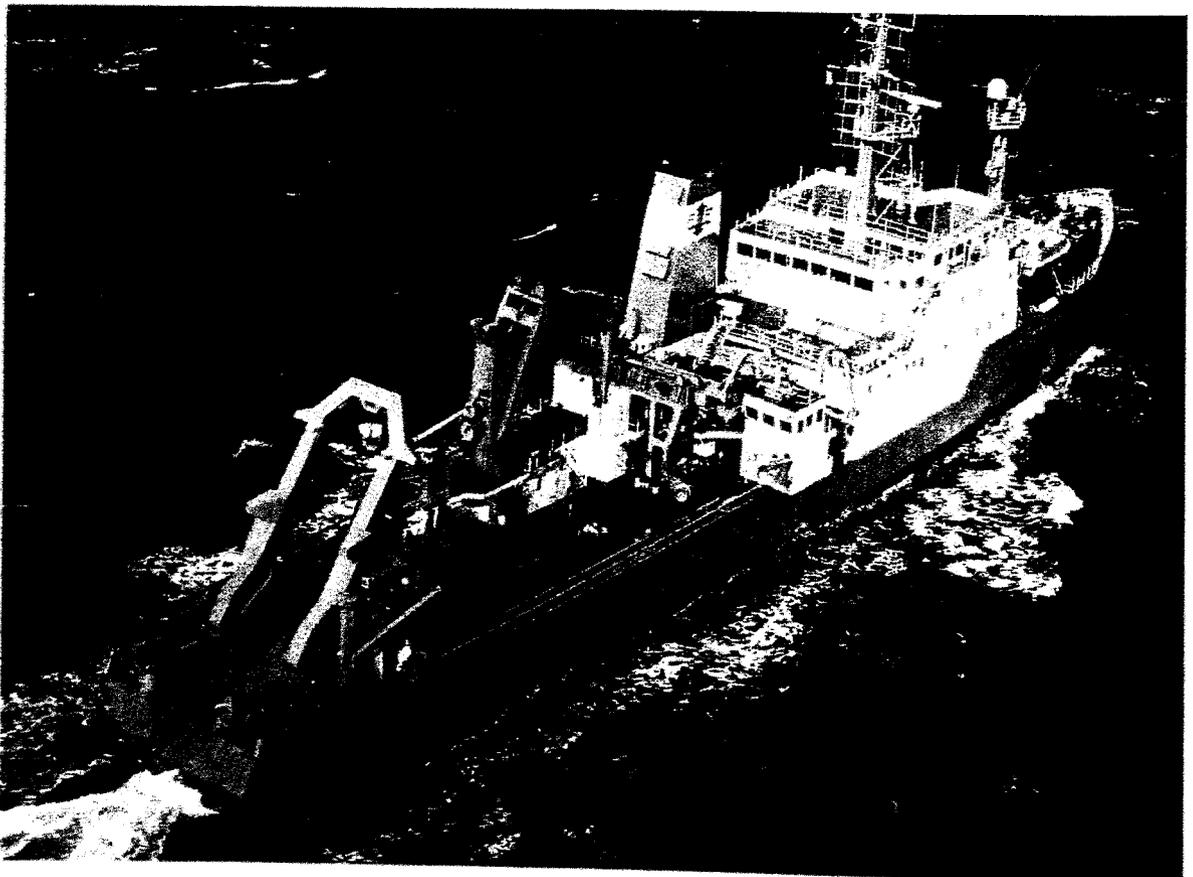
3.2 BESATZUNG

| | |
|---------------------------|---------------------|
| Bruns, Heinrich | Master |
| Szymanski, Leszek | Chief-Mate |
| Spee, Caspar, Graf von | 1st Mate |
| Sturm, Wolfgang | Radio Officer |
| Moeller-Hartmann, Henning | Doctor |
| Thaysen, Uwe | Chief-Engineer |
| Rex, Andreas | 2nd Engineer |
| Klinder, Klaus-Dieter | 2nd Engineer |
| Schlosser, Thomas | 2nd Engineer |
| Konrath, Rolf | Electrician |
| Duthel, Rainer | Electronic Engineer |
| Voehrs, Helmut | Electronic Engineer |
| Gebhardt, Volkmar | System-Operator |
| Klein, Andreas | System-Operator |
| Rossa, Georg | Fitter |
| Koch, Michael | Motorman |
| Unterberger, Anton | Motorman |
| Teichert, Klaus | Motorman |
| Tiemann, Frank | Chief-Cook |
| Hentschel, Rainer | 2nd Cook |
| Slotta, Werner | Chief-Steward |
| Mueller, Werner | 2nd Steward |
| Hillmann, Klaus-Peter | 2nd Steward |
| Lohmueller, Karl-Heinz | Boatswain |
| Behnisch, Holm | Able Bodied Seaman |
| Lindemann, Erhard | Able Bodied Seaman |
| Vor, Hans-Juergen | Able Bodied Seaman |
| Hadamek, Peter | Able Bodied Seaman |
| Lude, Guenter | Able Bodied Seaman |
| Drakopoulos, Evgenios | Able Bodied Seaman |

4 FAHRTVERLAUF

Am 18.09.1996 um 07:00 Uhr Ortszeit verließ das FS SONNE planmäßig mit 6 Wissenschaftlern an Bord bei Sonnenschein und ruhigen Windverhältnissen die Ogden Pier in Victoria, B.C., Kanada. Um 12:00 Uhr wurde mit Verlassen der Juan de Fuca Straße das offene Meer erreicht. Unmittelbar nach dem Auslaufen begannen die Wissenschaftler mit dem Aufstellen, Installieren und Vernetzen der mitgebrachten Rechner sowie mit dem Aufbau und dem Testen der geochemischen Apparatur. Nach Verlassen der Hoheitsgewässer am 19.09.1997 wurde mit den kontinuierlichen Aufzeichnungen von Hydrosweep- und Parasound-System sowie den Bestimmungen der Partialdrücke von Kohlendioxid und Methan begonnen.

Am 20.09. sowie am 23.09.1996 - bei besonders ebenen Meeresbodenabschnitten - wurde das Hydrosweepsystem für jeweils ca. eine Stunde im Modus „const on“ gefahren. In dieser Betriebsart werden nur Kalibriermessungen in Richtung des Schiffskurses durchgeführt. Diese Messungen sollen Informationen über das Auftreten von hochfrequenten Störungen auf den äußeren „Beams“ des Hydrosweepsystems geben.



Der anfangs recht mäßige Wind frischte am 23.09.1996 im Laufe des Tages stark auf und wehte abends mit Stärke 8 Bft. direkt von vorn. Die Qualität der Hydrosweep-Aufnahmen verschlechterte sich zusehends; vom 24.09. bis zum 25.09.1996 wurden überhaupt keine Signale mehr empfangen und die Registrierungen mußten eingestellt werden. Die Geochemie-Apparatur arbeitete dagegen auch während des Sturmes einwandfrei.

Am 29.09.1996 wurde der Bereich des Übergangs der Emperor-Kette in den Hawaii-Rücken erreicht. In einer 30-stündigen Kartierung konnte der Daikakuji-Seamount vollständig mit Hydrosweep und Parasound kartiert werden. Gleichzeitig wurden auch die Partialdrücke von Kohlendioxid und Methan in ihrer räumlichen Verteilung in diesem Gebiet bestimmt.

Der 30.09. wurde wegen Überschreitens der Datumsgrenze nicht geschrieben.

Am 02.10.1996 wurde ein besonders ebener Meeresbodenbereich zweimal in verschiedenen Richtungen überfahren und vermessen, um einen eventuellen Offset in der Roll- und Stampf-Kompensation zu ermitteln.

Am 08.10.1996 um 08:00 Uhr Ortszeit machte FS SONNE nach 4990 sm (Abb. 4.1) in Apra Harbour, Guam, fest.

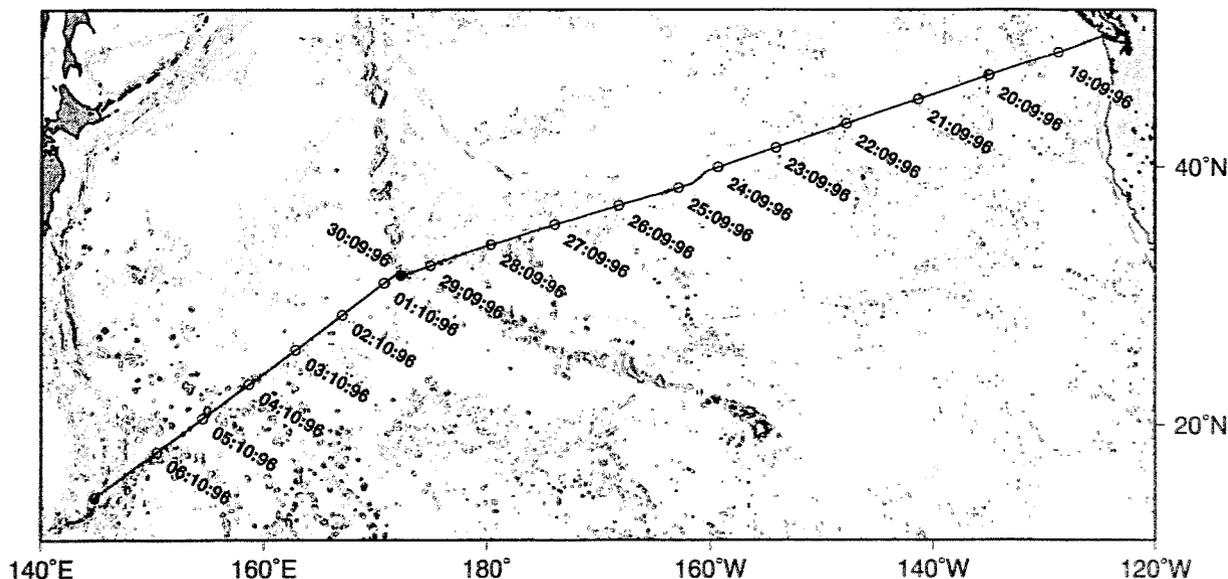


Abb. 4.1

Fahrt des FS SONNE von Victoria, B.C. nach Apra Harbor, Guam. Die Kreise markieren die Schiffspeditionen jeweils zu 12:00 UTC.

5.1 SCHIFFSSEITIGE AUSRÜSTUNG

5.1.1 DIFFERENTIAL GPS

Das satellitengestützte Navigationssystem GPS ist seit dem vollständigen Ausbau auf 24 operationelle Satelliten zu einem weltweiten, verlässlichen Werkzeug für marine Aufgaben ausgereift (Seeber, 1996). Allerdings erreicht die zivile Nutzung dieses ursprünglich rein militärischen Dienstes durch künstliche Verschlechterung der Zeit- und Ephemerideninformationen in den ausgestrahlten Signalen nur eine garantierte Genauigkeit von etwa 100 m.

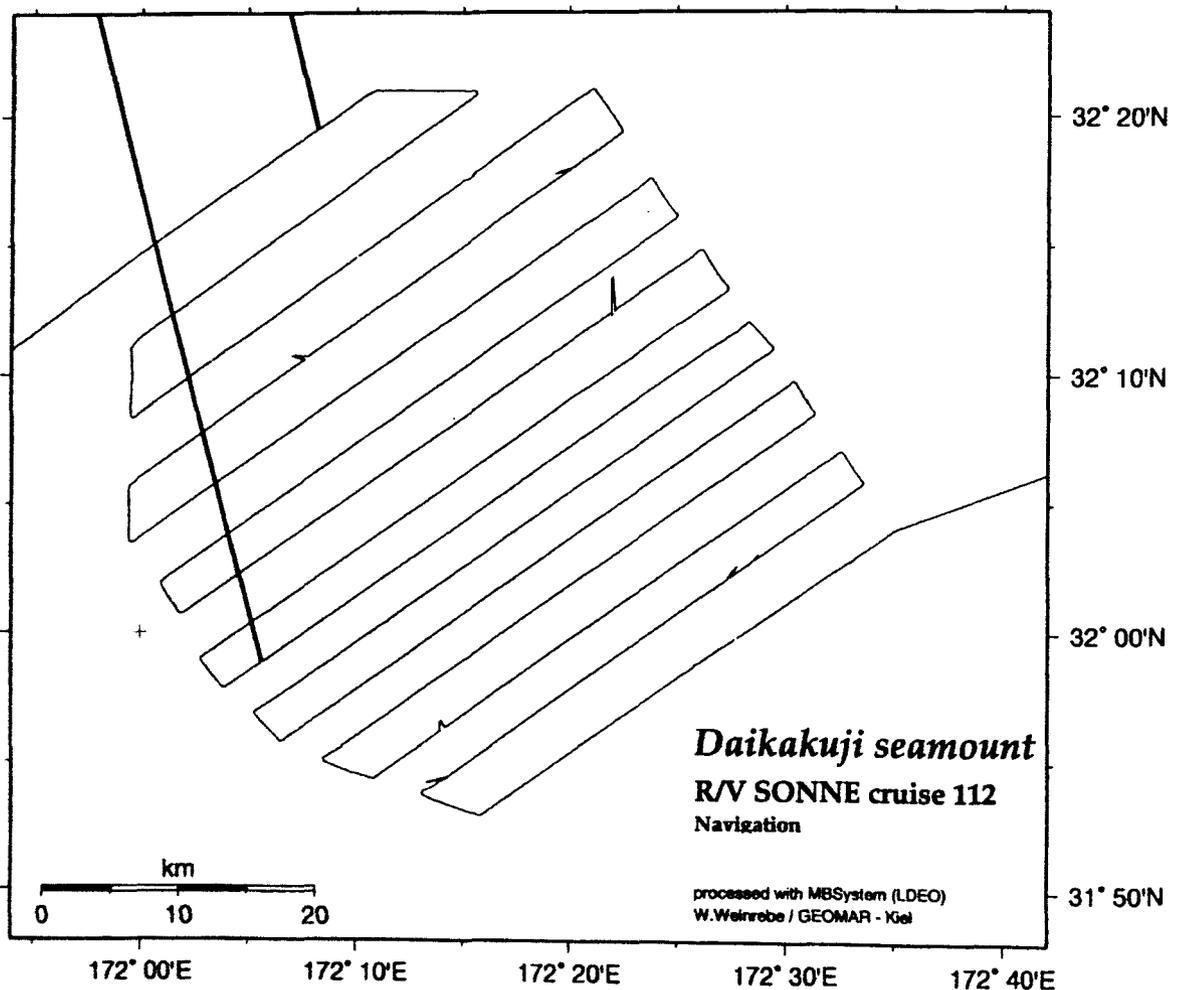


Abb. 5.1.1

Navigationsdaten während der Vermessung des Daikakuji-Seamounts. Deutlich sind die zeitweiligen Ausfälle des Systems erkennbar.

Durch den Einsatz als relatives Meßverfahren mit mehreren Referenzstationen (Differential-GPS) kann die Genauigkeit erheblich verbessert werden (Knickmeyer, 1996). Dies wird von kommerziellen Dienstleistern seit einiger Zeit angeboten. Seit der Fahrt SO109 ist dieser Dienst auch auf FS SONNE verfügbar. Das dort installierte System der Firma Ashtech erreichte für das Vermessungsgebiet am Hawaii-Emperor-Bend im mittleren Pazifik eine Genauigkeit von etwa 5 m.

Unabhängig von der erreichbaren Genauigkeit sind auch weiterhin kurzfristige Ausfälle oder Fehler der Navigation zu berücksichtigen, wie der Trackplot der Vermessung des Daikakuji-Seamounts (Abb. 5.1.1.1) verdeutlicht. An mehreren Stellen sind kurzzeitige Totalausfälle - die Werte für Länge und Breite sind dann jeweils mit 0 besetzt - oder Sprünge aufgrund falscher Werte erkennbar. Vor der weiteren Bearbeitung der Daten müssen diese Fehler durch Interpolation eliminiert werden, da sie sonst bei der Berechnung des digitalen Geländemodells massive Störungen hervorrufen.

5.1.2 HYDROSWEEP

Für eine kontinuierliche, effektive Kartierung des Meeresbodens steht an Bord des FS SONNE das Fächerlot HYDROSWEEP DS der Firma STN Atlas Elektronik GmbH zur Verfügung. Dieses Gerät strahlt einen Schallfächer mit einem Öffnungswinkel von 90° ab und überdeckt damit einen Streifen der Breite der zweifachen Wassertiefe. Die vom Grund rückgestreute Energie wird in diskreten Richtungen - den „Beams“ - empfangen; beim Hydrosweep-System sind es 59 (Schreiber und Schenke, 1990). Die Reichweite liegt bei ca. 10.000 m Wassertiefe für den zentralen und mehr als 7.000 m für die äußeren Beams. Die Roll-, Stampf- und Hubbewegungen des Schiffes werden durch Sensoren erfaßt, die gemessenen Echolaufzeiten werden automatisch korrigiert.

Für die Errechnung der Tiefen aus den Laufzeiten ist die Kenntnis der Wasserschallgeschwindigkeit notwendig. Das Hydrosweep-System bestimmt sie durch Kreuzlotung in Fahrtrichtung und anschließender Ausgleichsrechnung (Abb. 5.1.2.1). Bessere Ergebnisse lassen sich jedoch durch direkte Messung der Geschwindigkeit

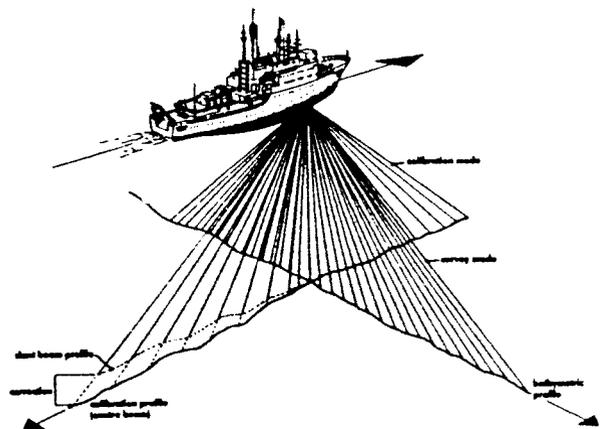


Abb. 5.1.2.1
Funktions-Prinzip des Fächerlots HYDROSWEEP
(Schreiber und Schenke, 1990)

mit der Tiefe mit einer CTD erreichen (Flüh und von Huene, 1994). Die gemessenen Daten werden zusammen mit den vom Navigationsrechner gelieferten Positionen kontinuierlich auf Magnetband aufgezeichnet.

Für das Postprocessing der Hydrosweep-Daten steht an Bord das Auswertesystem HYDROMAP 300 der Firma STN Atlas Elektronik GmbH zur Verfügung. Es übernimmt die Rohdaten online vom Hydrosweep-System, stellt sie profilorientiert auf einem Plotter dar und speichert sie auf magnetooptischen Platten. Desweiteren ermöglicht das System die interaktive Bearbeitung der aufgezeichneten Daten und stellt dafür eine Reihe von Funktionen bis hin zur Berechnung digitaler Geländemodelle und deren Darstellung als Isolinienkarte oder Perspektivbild zur Verfügung.

Da die Funktionalität des Hydromap-Systems aber im wesentlichen Routineschritte umfaßt, wurden die bathymetrischen Daten für die speziellen Anforderungen des Projektes HiResBat zusätzlich mit der von Caress und Chayes am Lamont-Doherty-Earth Observatory entwickelten Software „MB-System“ bearbeitet.

5.1.3 PARASOUND

(D. Milkert, V. Hühnerbach)

Das parametrische Sedimentecholot PARASOUND (STN Atlas Elektronik GmbH) an Bord von FS Sonne dient der geologischen Kartierung des Meeresbodens und der obersten Sedimentschichten.

Im Gegensatz zum herkömmlichen 3,5 kHz Sedimentecholot basiert das Prinzip der parametrischen Schallerzeugung auf der Überlagerung zweier hochfrequenter, eng gebündelter Wellen, mit einer festen 18 kHz und einer variablen 20,5 bis 23,5 kHz Frequenz. Dies erzeugt eine parametrische Welle zwischen 2,5 und 5,5 kHz. Der Öffnungswinkel beträgt nominal 4°, was einem kartierbaren Streifen des Meeresbodens von 7% der Wassertiefe entspricht.

Das reflektierte Signal wird intern prozessiert und auf einem Bildschirm dargestellt, wobei unterschiedliche Farben die relative Amplitude wiedergeben. Das Signal wird digital mit dem Programmpaket ParaDigMA Vers. 4.01 (Parasound Digitalisierungs- und Mehrkanal-Auswertesystem, V. Spieß, Univ. Bremen) auf 1/2" Magnetbändern aufgezeichnet und ermöglicht eine nachträgliche Bearbeitung der Daten. Eine detaillierte Beschreibung des Systems findet sich bei Nähr & Hühnerbach (in Flüh und von Huene, 1994).

Neben der digitalen Datenspeicherung wurden („online“) vom ParaDigMA sedimentechographische Profile erstellt und auf einen Farbdrucker ausgegeben (Abb. 6.2.1 bis 6.2.4).

5.2 NUTZERGERÄTE UND VERFAHREN

5.2.1 RECHNERANLAGEN

Obwohl schiffsseitig der Wissenschaft mehrere Rechner zur Verfügung stehen, mußten für die besonderen Anforderungen der Fahrt SO112 eigene Computer eingesetzt werden. Insbesondere für die spezielle Bearbeitung der Hydrosweep-Daten waren die folgenden Workstations notwendig:

1. HP9000/715-50 mit 48 MB Hauptspeicher, 7 GB Plattenspeicher, MO-Laufwerk sowie 4 mm (DAT) Kassettenlaufwerk
2. SUN Sparc LX mit 80 MB Hauptspeicher, 5 GB Plattenspeicher, 4 mm (DAT) Kassettenlaufwerk

Beide Rechner wurden auf dem Deck II im Magnetik-Gravimetrie-Labor aufgestellt und über „Thinwire“-Ethernet miteinander vernetzt sowie über die im Labor vorhandenen Anschlüsse ins Bordnetz eingebunden. So konnten die bordeigenen Plotter und Drucker mitgenutzt werden. Darüberhinaus konnten die Navigationsdaten von den Bordrechnern auf die GEOMAR-Workstations übertragen werden. Die Hydrosweep-Rohdaten wurden an den Bordrechnern von den Systemoperatoren mit einem von GEOMAR entwickelten Programm eingelesen und auf DAT-Kassetten kopiert. Diese wurden dann an den GEOMAR-Workstations eingelesen. Die Bearbeitung der Daten wurde mit der Software „MBSYSTEM“, entwickelt von Caress und Chayes am Lamont Doherty Earth Observatory, ergänzt durch eigene Entwicklungen, sowie mit der Graphiksoftware „GMT“ (Wessel and Smith, 1991) durchgeführt.

5.2.2 SOFTWARE MB-SYSTEM

Zur Bearbeitung der Hydrosweepdaten steht an Bord des FS SONNE das Hydromapsystem zur Verfügung, das einen großen Umfang an Funktionen zur Aufbereitung der Daten sowie zur Erstellung von Karten und perspektivischen Darstellungen bietet. Als geschlossenes System ist es jedoch schwierig anpaßbar und anwendbar für Spezialuntersuchungen, wie sie für die Fahrt SO112 vorgesehen waren. Außerdem benutzt es intern eigene Datenformate, deshalb ist ein Austausch von Zwischen- oder Endergebnissen sowie eine Weiterbearbeitung mit anderen Systemen schwierig. Aus diesem Grund wurde das Processing der bathymetrischen Daten mit der Software MB-System durchgeführt.

Das MB-System (Flüh und von Huene, 1994) ist ein Paket von Programmen und Makros zur Bearbeitung von Fächerecholotdaten, das in den Jahren 1990 bis 1993 am Lamont-Doherty-Earth Observatory von David Caress und Dale Chayes entwickelt wurde. Durch die modulare Struktur und das konsequente Einhalten von UNIX-Standards lassen sich mit den einzelnen Kommandos komplexe Scripts entwickeln, die eine flexible Bearbeitung der Daten ermöglichen. Für die Berechnung digitaler Geländemodelle sowie die Anfertigung von Karten oder die Erstellung komplexer Grafiken wird das weit verbreitete GMT-System („Generic mapping Tool“, Wessel and Smith, 1991) benutzt.

Die Bearbeitung mit dem MB-System setzt bei den Rohdaten an, die vom Hydrosweepsystem kontinuierlich auf 1/2" Magnetband aufgezeichnet werden. Diese Bänder können mit einem GEOMAR-Programm an Workstations mit Magnetbandgerät eingelesen werden. Mit MB-System-Kommandos ist das Extrahieren aller Informationen wie Länge, Breite, Uhrzeit, Kurs, mittlere Wasserschallgeschwindigkeit, Wasserschallgeschwindigkeit am Schiffsboden, Schiffsgeschwindigkeit, Tiefe usw. aus den Daten möglich. Damit läßt sich schnell ein Überblick über die auf dem Band gespeicherten Registrierungen erstellen, womit die Auswahl der für die Weiterbearbeitung sinnvollen Datenbereiche ermöglicht wird. Nach Auswahl einer Geschwindigkeitsfunktion, etwa aus CTD-Messungen, können durch vollständiges Raytracing die Laufzeiten in den Hydrosweep-Registrierungen in Tiefenwerte und Querablagen umgerechnet werden. Es gibt Module zum automatischen Eliminieren von Störungen, außerdem einen interaktiven Editor zum manuellen Bereinigen der Daten. Mit diesem Programm kann jeder einzelne Fächer auf dem Bildschirm der Workstation dargestellt werden; jedes Störecho kann für die Weiterbearbeitung herausgenommen werden. Ein sorgfältiges Durchführen dieses zeitaufwendigen Schrittes macht sich in der Qualität der Ergebnisse deutlich bemerkbar. Zusätzlich gibt es interaktive Programme zur Aufbereitung fehlerhafter Navigationsdaten sowie zur Modellierung von Wasserschallgeschwindigkeitsfunktionen. Da die gesamte Software im Quellcode vorhanden ist, sind Anpassungen an spezielle Fragestellungen problemlos möglich.

5.2.3 APPARATUR ZUR BESTIMMUNG VON $p\text{CO}_2$ UND $p\text{CH}_4$ (G. Rehder)

Methangehalt und $p\text{CO}_2$ in der Luft und im Oberflächenwasser wurden gaschromatographisch bestimmt. Hierzu wurde in einer vorgewählten Sequenz der Gehalt dieser Gase in 2 Eichgasen (S1, S2), Luft (L) und mit Seewasser equilibrierter Luft (W) gemessen. Der verwendete apparative Aufbau ist in Abb. 5.2.3.1 dargestellt.

Luft wurde unter Verwendung einer Membranpumpe (Cole Palmer G-07059-62) durch eine Polypropylenleitung (~100 m, 10 mm Durchmesser) vom vorderen Schiffsmast angesaugt, um jede Art von Schiffskontamination zu vermeiden. Die Ausgangsleitung der Pumpe wurde durch einen Vordruckregler auf einen Überdruck von 0.5 bar justiert. Der Durchfluß lag während des gesamten Fahrtabschnittes über 10 l/min, so daß die Aufenthaltszeit in der Luftleitung < 1 min. war.

Das Oberflächenwasser wurde der bordeigenen Reinseewasseranlage entnommen. Der Durchfluß durch das neu entwickelte Äquilibrationsgerät wurde auf 3 l/min eingeregelt, was bei einem Wasservolumen im Gerät von 2 l einer mittleren Verweilzeit von 40 s entspricht. Die equilibrierte Luft wird im Gegenstromprinzip in einem quasi geschlossenen Luftkreislauf (Druckausgleichsleitung mit hohem Fließwiderstand um eine Ab- oder Zunahme der Gasmenge im System durch Löslichkeits-effekte zu verhindern) durch das kontinuierlich erneuerte Seewasser gepumpt (Cole Palmer Air Cadet 7530-50, 1.6 l/min). Auch hier wird auf der Ausgangsseite der Pumpe durch einen Vordruckregler ein Überdruck von 0.5 bar aufrechterhalten, was aber keinen Einfluß auf den Innendruck des Äquilibrators hat.

Die Erzeugung einer großen Oberfläche zum Austausch zwischen wäßriger und Gas-Phase wird durch die Verwendung einer Glasfritte (Blasenbildung) und einer Kolonne nach Hempel gewährleistet. Es wurden folgende Eichgase (Matheson Gas Products) verwendet:

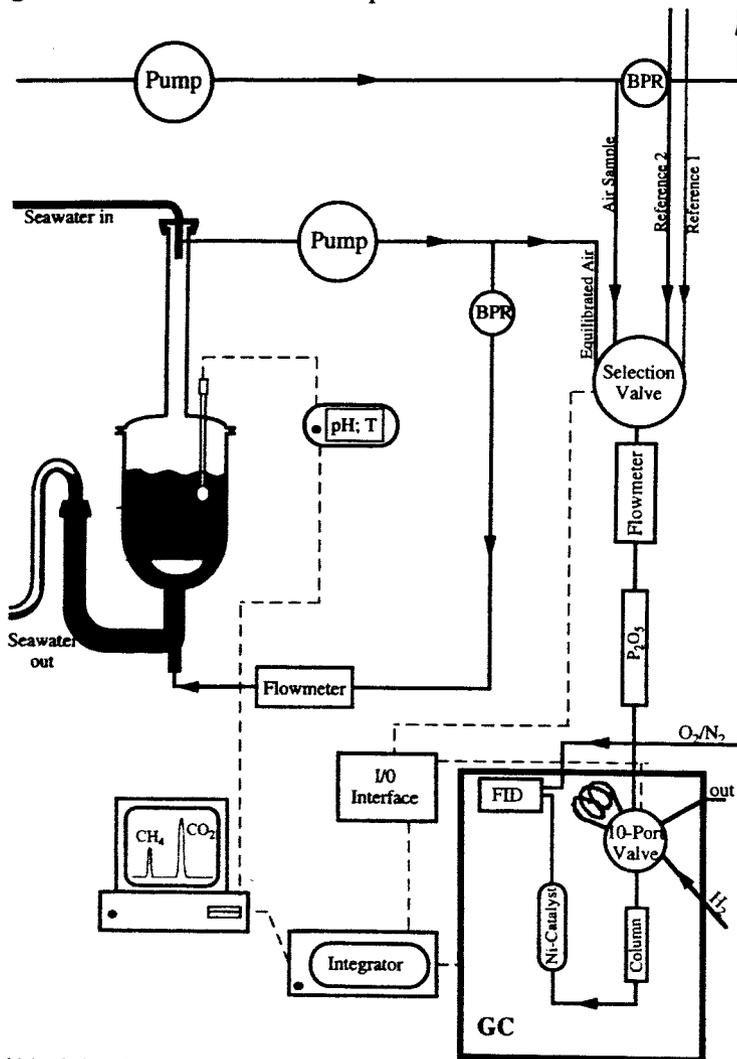
- 4 ppm CH₄ und 200 ppm CO₂ in N₂
- 10 ppm CH₄ und 503 ppm CO₂ in N₂

Die Auswahl der 4 Gase erfolgt durch ein elektronisch gesteuertes 6-Port-Verteilerventil (Besta, 5012). Das jeweils gemessene Gas wird durch den auf den Zuleitungen zum Ventil liegenden Druck (Vordruckregler bzw. Druckminderer der Eichgase) über ein Trockenrohr (Sicapent®) zur Probenschleife (1 ml) getrieben. Das „Spülen“ der Leitung erfolgte einmal pro Minute bei einer Fließgeschwindigkeit von 85 ml/min. Eine Verlängerung dieses Zeitintervalls führte nicht zu einer Änderung der Meßwerte.

Während der Entnahme von Probegas aus dem Äquilibrator wird die Druckausgleichsleitung des Äquilibrators mittels eines Magnetventils geschlossen, um das Eindringen von nicht äquilibriertem Gas im Zuge des durch die Probennahme erzeugten Unterdruckes zu verhindern. Durch Schaltung eines 10-Port Ventils (Valco) wird der Inhalt der Probenschleife unter Verwendung von H₂ als Trägergas auf die Säule (6m 1/8' Porapak QS) injiziert. Das 10-Port Ventil ist im Inneren des Gaschromatographen (Shimadzu GC 14 A mit FID) installiert. Die Innentemperatur des GC betrug 40 °C. Nach Trennung von CO₂ und Methan wird das CO₂ an einem Nickelkatalysator (380°C)

quantitativ zu CH_4 reduziert und ist so mit dem FID detektierbar. Die Steuerung des Verteilerventils und des Gaschromatographen sowie die Aufzeichnung der Chromatogramme erfolgt über den Integrator (Chromatopac CR6-A mit entsprechendem I/O-Interface). Die Steuerung des 10-Port-Ventils erfolgt über das Zeitprogramm des GC.

Die Meßgenauigkeit lag in Bezug auf Methan bei 5%, wobei das System noch nicht für dieses Gas optimiert ist. Die Meßgenauigkeit für CO_2 ist deutlich $< 1\%$. Die hohe Genauigkeit, die für die Messung von pCO_2 erreicht werden konnte, machen eine präzisere Analyse der Eichgase und eine Nachkalibrierung der während der Fahrt gewonnenen Daten erforderlich, ohne daß dies einen negativen Einfluß auf die Datenqualität hätte.



Zur Überprüfung der Funktion des Äquilibrators wurde kontinuierlich der pH-Wert des Seewassers bestimmt. Das hierzu verwendete pH-Meter (Schott CG 841) wurde über eine serielle Schnittstelle minütlich ausgelesen. Die verwendete pH-Elektrode (Schott N2041A) ist mit einem Pt100-Temperatursensor ausgestattet und diente so gleichzeitig zur Erfassung der Wassertemperatur am Äquilibrator. Der Temperaturfühler wurde mit dem Bord-sensor abgeglichen, so daß die Temperaturkorrektur der Rohdaten mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden kann.

Abb. 5.2.3.1

Schematische Darstellung des Systems zur Messung der Partialdrücke von CO_2 und CH_4 . Die Gleichgewichtseinstellung erfolgte in einem halboffenen Kreislauf zwischen Oberflächenwasser und Trägergas; die Probensequenz erlaubte es auch, die erforderlichen Eichgase und Luftproben in vorgegebenen Abständen zu messen.

6 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN UND ERSTE ERGEBNISSE

6.1 HYDROSWEEP

Während der gesamten Fahrtstrecke von Victoria, B. C. nach Apra Harbor, Guam - mit Ausnahme des Sturmtages - wurden fast 9.000 km Profil bathymetrisch aufgenommen, bearbeitet und archiviert. Dabei wurden die folgenden fünf Teilziele verfolgt:

1. Bestimmung systematischer Fehler (Streifenfehler)
2. Untersuchung von Störungen auf den äußeren Beams
3. Überprüfung der Schiffslagekompensation
4. Kartierung interessanter Strukturen entlang der Strecke
5. Bathymetrische Vermessung der Daikakuji-Tiefseekuppe im Bereich des Hawaii-Emperor-Bends

6.1.1 BESTIMMUNG SYSTEMATISCHER FEHLER (STREIFENFEHLER)

Hydrosweep-Registrierungen über ebenem Meeresboden zeigen oft ein deutliches, kursparalleles Streifenmuster, fast wie die Spur einer Harke. Besonders deutlich wird dies im Perspektivbild sichtbar (Abb. 6.1.1.1). Aus der Regelmäßigkeit läßt sich schließen, daß diese Störungen aufnahmebedingt sein müssen. Zu erklären sind diese Effekte durch Intensitätsunterschiede in den Übergangsbereichen der einzelnen, den gesamten Schallfächer darstellenden Schallkeulen. Deutlich wird dies in der Abb. 6.1.1.2, in der die Residuen der Tiefenbestimmungen von über 700 aufeinanderfolgenden Lotungen über einem ebenen Meeresbodenabschnitt aufgetragen sind. Sehr gut sind die Abweichungen einzelner Kanalgruppen erkennbar, sie betragen bis zu ± 20 m insgesamt.

Es liegt nahe, daß diese Abweichungen durch Addition von Korrekturwerten eliminiert werden können. Wie die Abb. 6.1.1.3 zeigt, sind mit einer derartigen Korrektur erhebliche Verbesserungen erreichbar. Insbesondere der Vergleich mit der Abb. 6.1.1.1 läßt erkennen, daß die kleinen, kreisförmigen Strukturen (Durchmesser ca. 200 m) wesentlich besser aufgelöst werden.

Allerdings lassen sich die Residuen ja nur bei unstrukturiertem Untergrund bestimmen; in der Regel werden jedoch gerade nicht die ebenen, sondern die morphologisch interessanten Gebiete mit rauher Topographie kartiert. Auch diese Daten sind natürlich verfälscht, nur werden diese Effekte

durch die Topographie überdeckt. Naheliegend ist es, in ebenen Gebieten die Residuen zu bestimmen und dann alle Registrierungen damit zu korrigieren. Dies setzt allerdings voraus, daß sie zeitlich und räumlich stabil sind. Zur Klärung dieser Frage wurden Residuenbestimmungen bei mehreren, zeitlich und räumlich auseinanderliegenden ebenen Bereichen durchgeführt, um evtl. Abhängigkeiten festzustellen. Die Tabelle 6.1.1.1 enthält die Daten für die drei untersuchten Gebiete. In den Abbildungen 6.1.1.1 bis 6.1.1.9 sind für diese Gebiete jeweils die unkorrigierten Daten im Perspektivbild, die entsprechenden Residuen sowie die aus den korrigierten Datensätzen errechneten Bilder dargestellt. Die Perspektivbilder lassen deutliche Verbesserungen erkennen. So ist insbesondere im Gebiet "flat_1" eine kleine Kuppe (Durchmesser ca. 200 m) am linken Bildrand deutlicher zu sehen, in der Mitte des Bildes ist eine etwas kleinere Struktur in der korrigierten Darstellung überhaupt erst erkennbar.

Die Ergebnisse der Residuenbestimmungen sind zum Vergleich in der Abbildung 6.1.1.10 aufgetragen. Alle drei Kurven zeigen zumindest qualitativ den gleichen Verlauf. Aufgrund des größeren Noisepegels auf den äußeren Beams (vgl. Abschnitt 6.1.1.2) sind nur Aussagen über den Bereich ungefähr von Beam 5 bis Beam 53 sinnvoll. Im zentralen Bereich (Beam 28,29,30) scheinen die Residuen tiefenabhängig zu sein; möglicherweise kommt hier eine andere Ursache in Betracht.

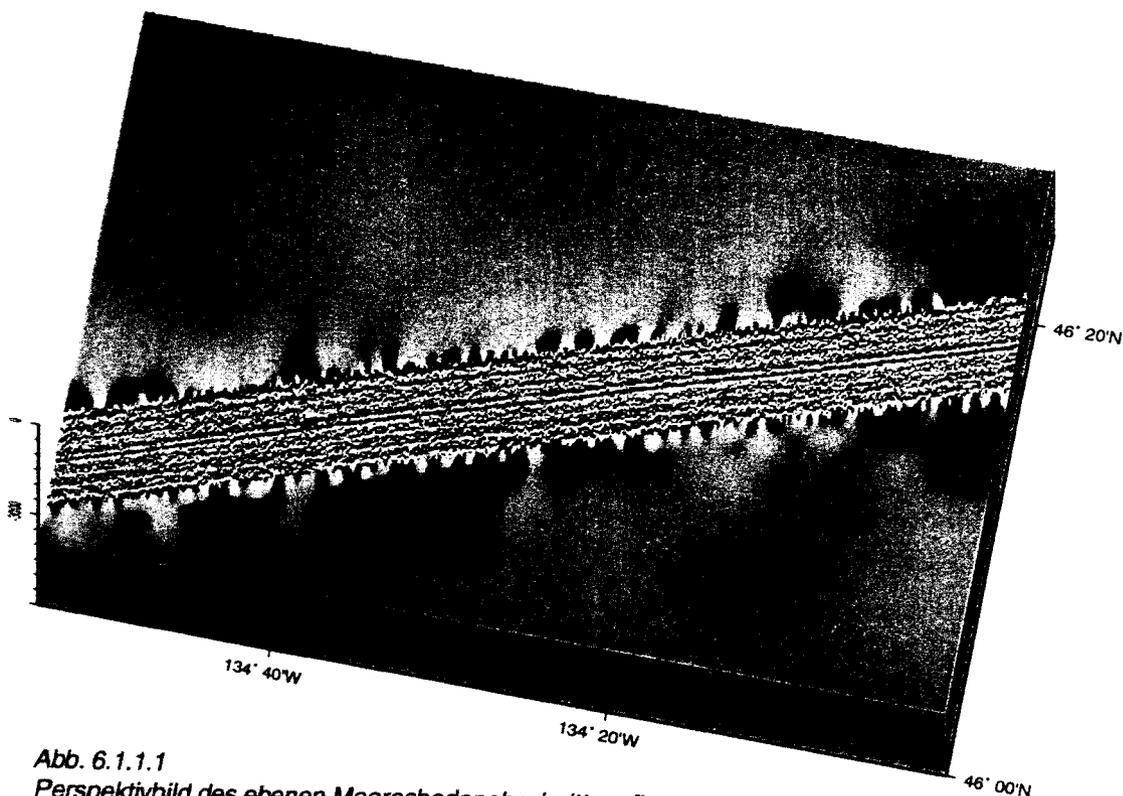


Abb. 6.1.1.1
 Perspektivbild des ebenen Meeresbodenabschnittes „flat_1“, errechnet aus unkorrigierten Hydrosweepdaten

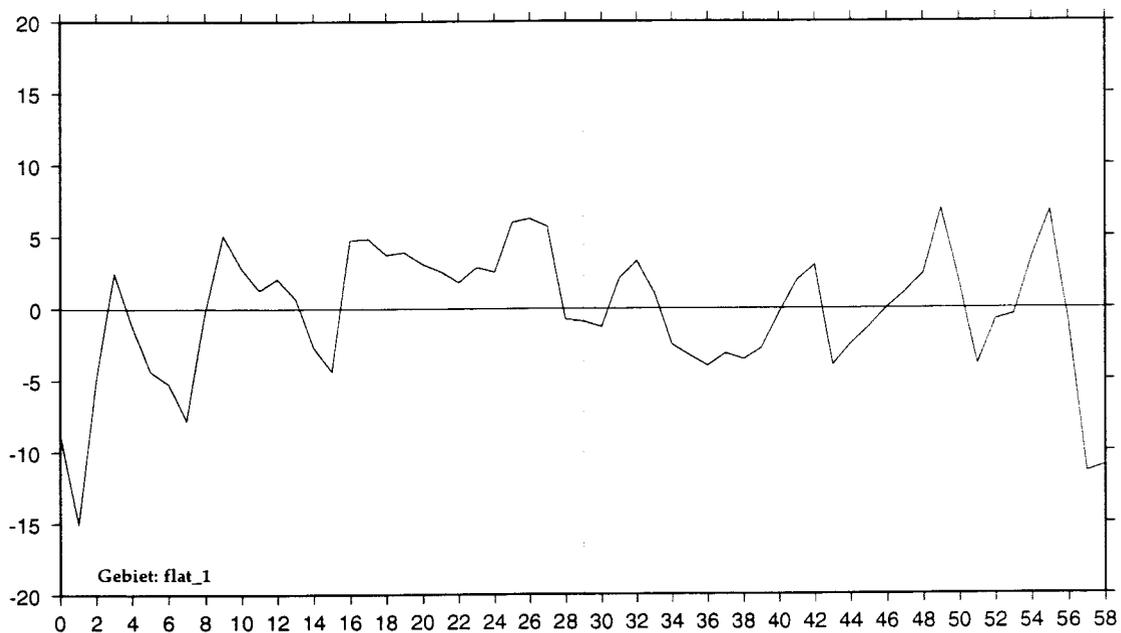


Abb. 6.1.1.2

Residuen der Tiefenbestimmungen der 59 Beams im Gebiet „flat_1“

x-Achse: Beam-Nummer (Beam 29 = Zentralbeam)

y-Achse: Residuen in Meter

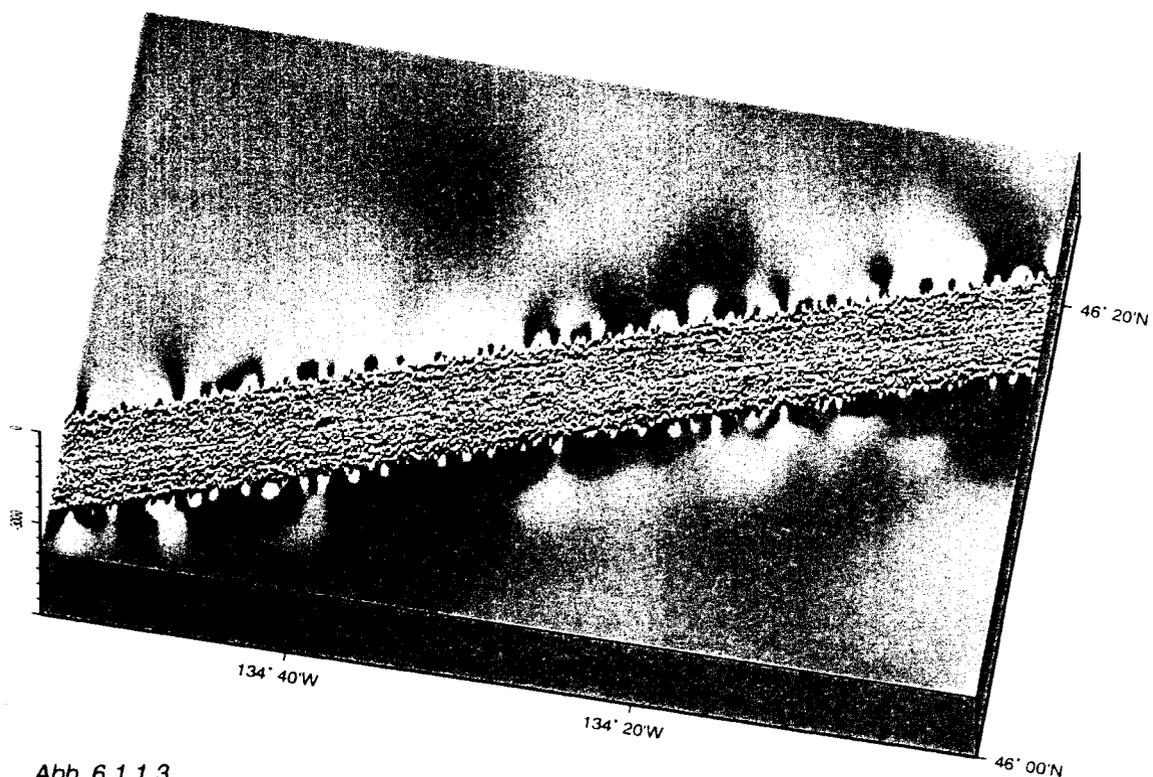


Abb. 6.1.1.3

Perspektivbild des ebenen Meeresbodenabschnittes „flat_1“, errechnet aus Hydrosweepdaten, die mit den Residuen aus Abb. 6.1.1.2 korrigiert wurden

Insgesamt stimmen die Kurven aus den Gebieten „flat_1“ und „flat_2“ relativ gut überein; gegenüber „flat_3“ gibt es in den äußeren Bereichen leichte Verschiebungen. Allerdings ist auch die räumliche und zeitliche Distanz zu „flat_3“ größer als zwischen den anderen beiden. Weitere Residuenbestimmungen sind notwendig und sollen durchgeführt werden, um zu unterscheiden, ob die Verschiebungen zwischen den drei Gebieten durch Wassertiefe oder -geschwindigkeit zu erklären sind oder ob eine Drift in der Aufnahmeapparatur vorliegt.

Tabelle 6.1.3.1

| Name | Zeit | | Länge Beginn | Breite Beginn | Länge Ende | Breite Ende | mittl. Tiefe |
|--------|--------|-------------|-----------------|------------------|---------------|----------------|-----------------|
| | Beginn | Ende | | | | | |
| flat_1 | 20.09. | 08:07 11:32 | -133,999 | 46.273 | -134.901 | 46.063 | 3926 |
| flat_2 | 20.09. | 17:06 20:04 | -136.380 | 45.780 | -137.200 | 45.513 | 4244 |
| flat_3 | 06.10. | 01:58 03:35 | 152.176 | 18.900 | 151.900 | 18.702 | 5539 |

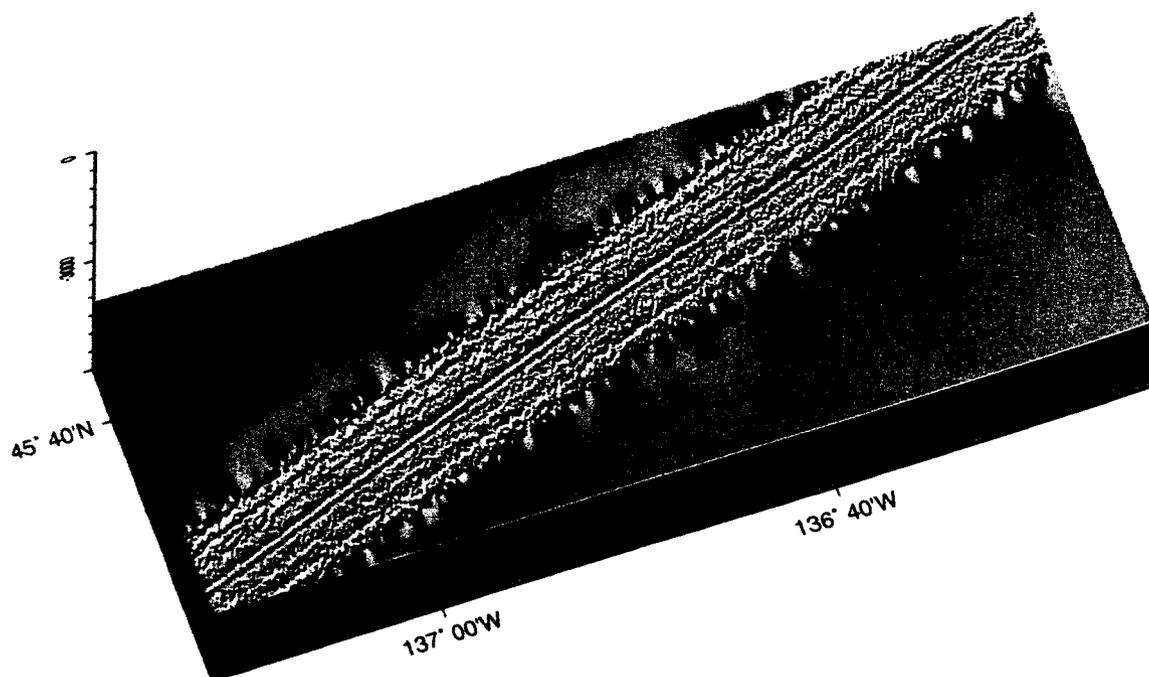


Abb. 6.1.1.4
 Perspektivbild des ebenen Meeresbodenabschnittes „flat_2“, errechnet aus unkorrigierten Hydrosweepdaten

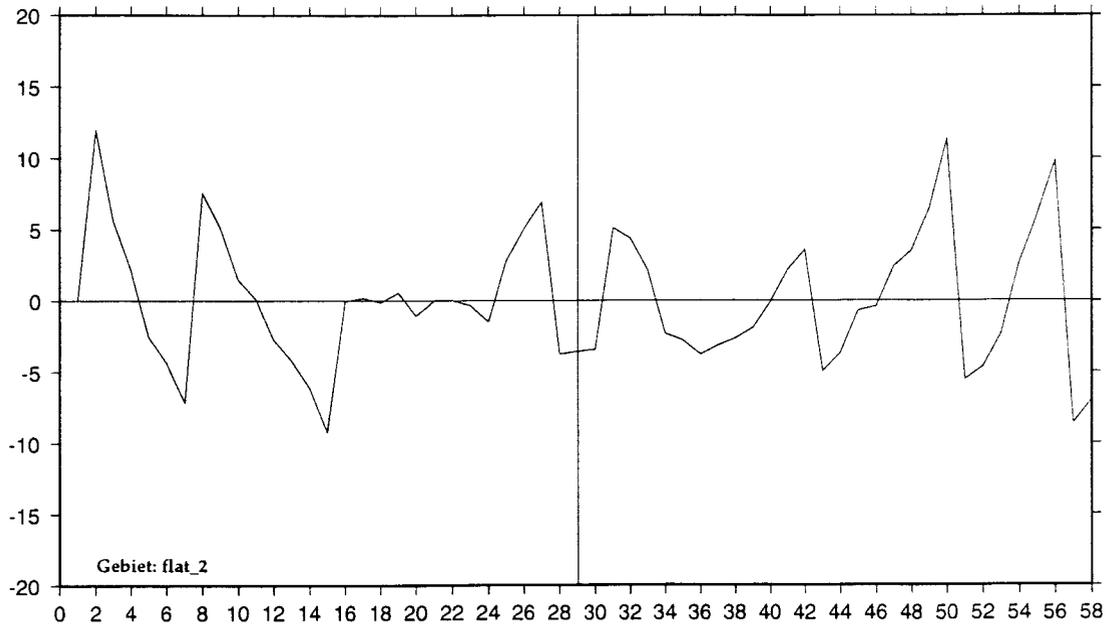


Abb. 6.1.1.5
Residuen der Tiefenbestimmungen der 59 Beams im Gebiet „flat_2“
x-Achse: Beam-Nummer (Beam 29 = Zentralbeam)
y-Achse: Residuen in Meter

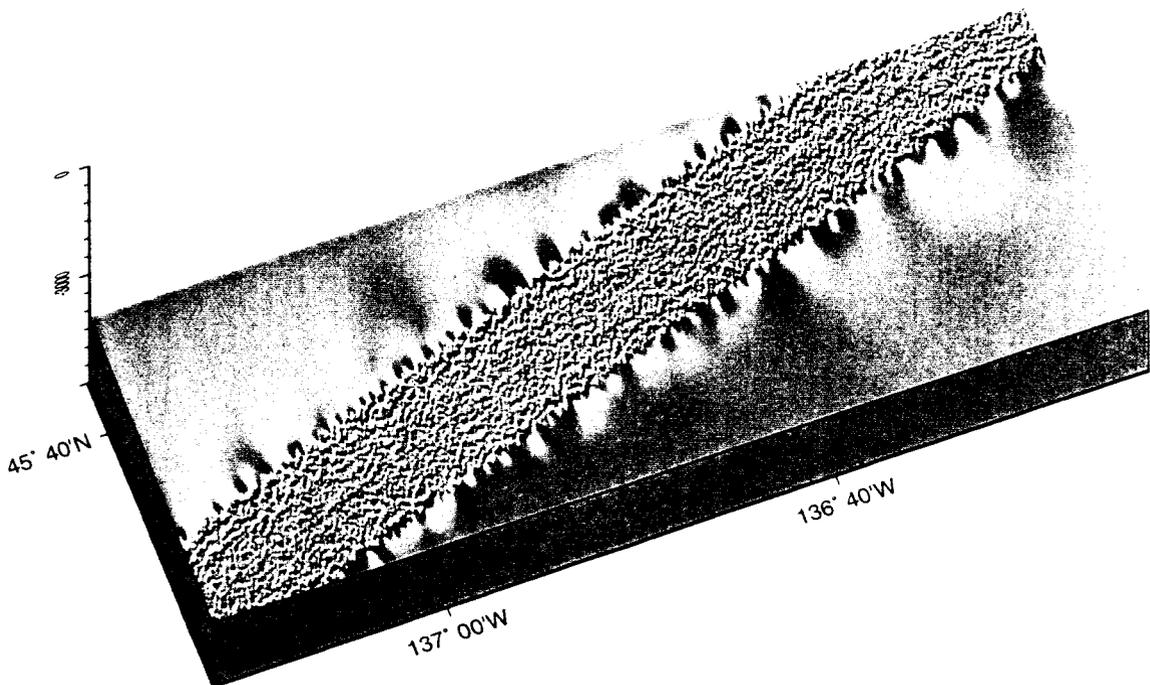


Abb. 6.1.1.6
Perspektivbild des ebenen Meeresbodenabschnittes „flat_2“, errechnet aus Hydrosweepdaten, die mit den Residuen aus Abb. 6.1.1.5 korrigiert wurden

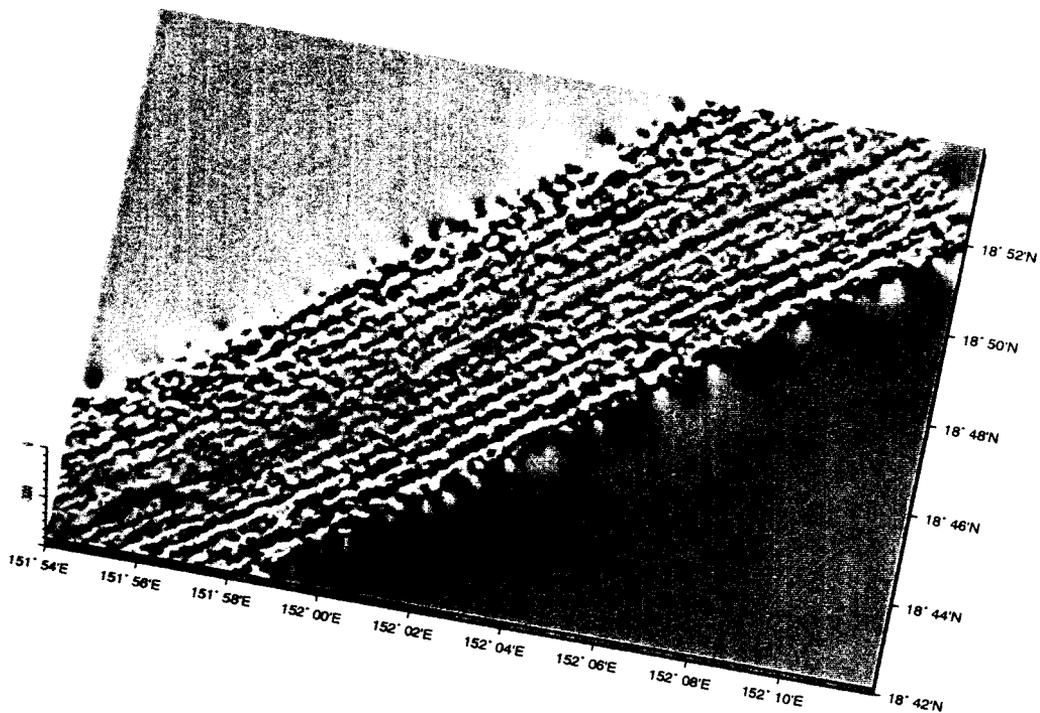


Abb. 6.1.1.7
 Perspektivbild des ebenen Meeresbodenabschnittes „flat_3“, errechnet aus unkorrigierten Hydrosweepdaten

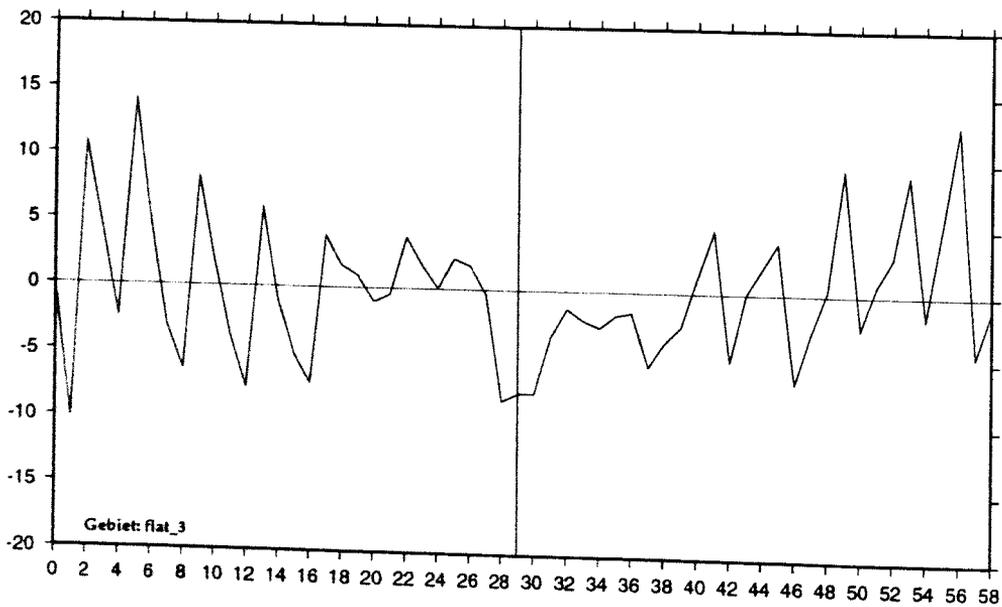


Abb. 6.1.1.8
 Residuen der Tiefenbestimmungen der 59 Beams im Gebiet „flat_3“
 x-Achse: Beam-Nummer (Beam 29 = Zentralbeam)
 y-Achse: Residuen in Meter

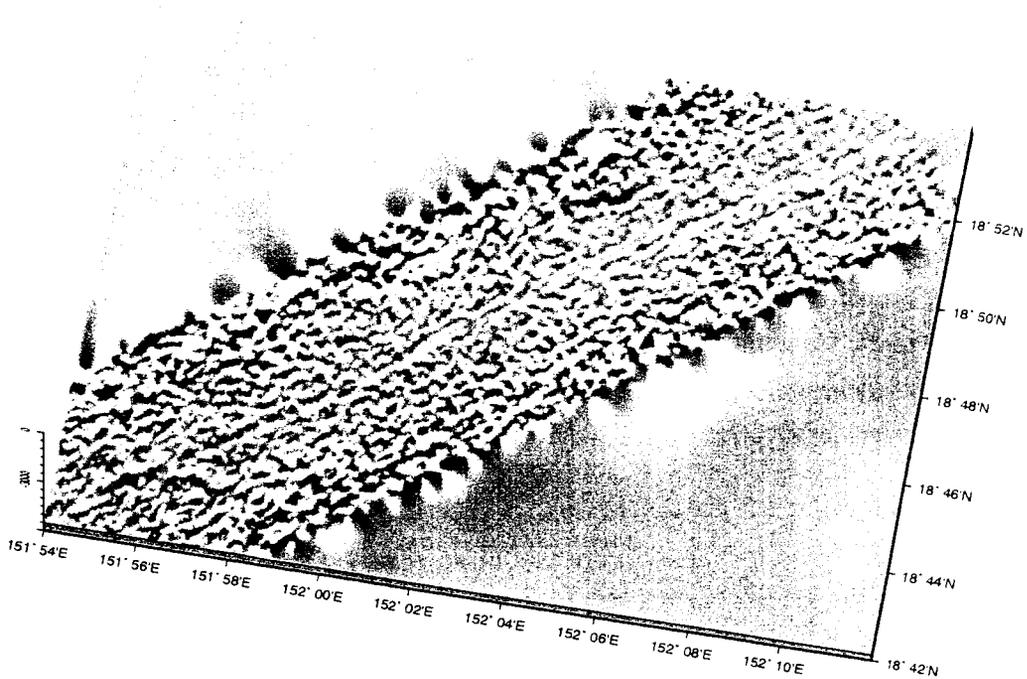


Abb. 6.1.1.7
 Perspektivbild des ebenen Meeresbodenabschnittes „flat_3“, errechnet aus Hydrosweepdaten, die mit den Residuen aus Abb. 6.1.1.8 korrigiert wurden

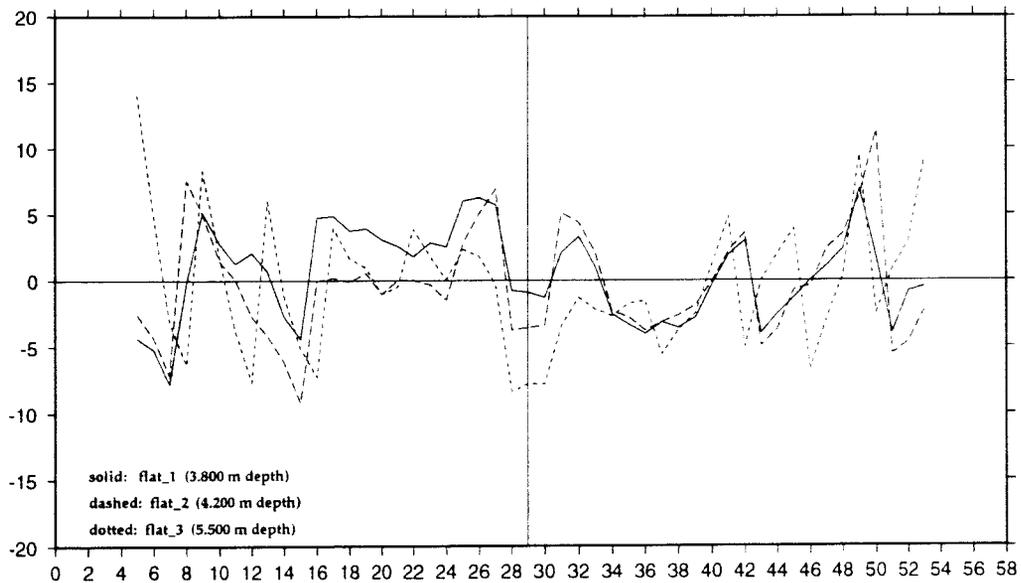


Abb. 6.1.1.10
 Residuen der Tiefenbestimmungen der 59 Beams in den Gebieten „flat_1“, „flat_2“, „flat_3“
 x-Achse: Beam-Nummer (Beam 29 = Zentralbeam)
 y-Achse: Residuen in Meter

6.1.2 UNTERSUCHUNGEN DER STÖRUNGEN AUF DEN ÄUSSEREN BEAMS

Charakteristisch für Hydrosweepvermessungen von ebenen Meeresbodenabschnitten in tieferem Wasser ist ein verstärktes unruhigeres Relief in den äußeren Bereichen des Fächers (Abb. 6.1.1.1, 6.1.1.4, 6.1.1.7). Dies ist auch nach Anbringen der Streifenfehlerkorrektur noch deutlich sichtbar (Abb. 6.1.1.3, 6.1.1.6, 6.1.1.9). Auch in der Darstellung der Tiefenbestimmungen einzelner, aufeinanderfolgender Fächer ist erkennbar (Abb. 6.1.2.1), daß in diesem Beispiel bei Auslagen größer als ungefähr 1.500 m die Undulationen der Tiefenwerte stark zunehmen und nicht mehr korrelieren. Dieser Effekt wird nicht hervorgerufen durch ein stärkeres Relief des Meeresbodens, sondern durch Abnahme (Verschlechterung) des Signal-Rausch-Verhältnisses mit zunehmender Auslage. Durch

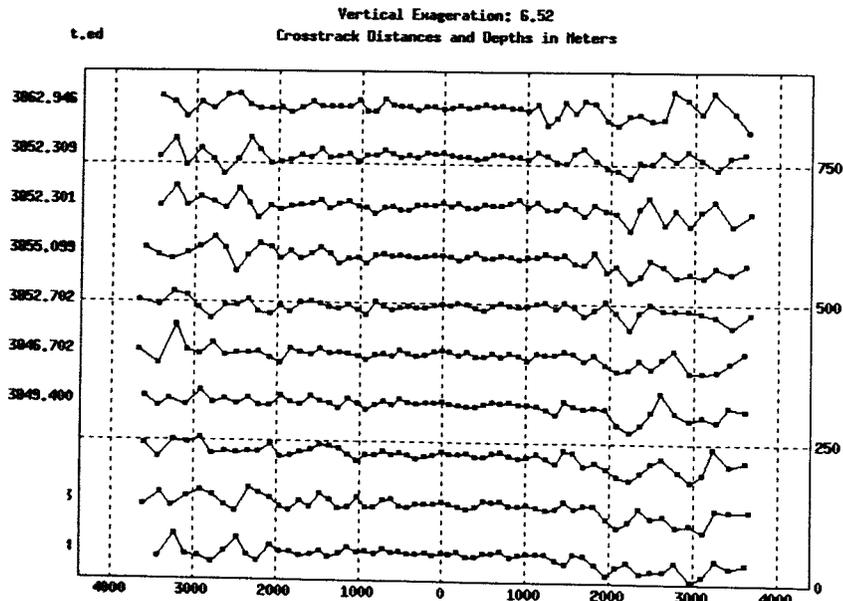


Abb. 6.1.2.1

Hydrosweep-Lotungen mit Störungen auf den äußeren Beams

x-Achse: Auslenkung in Metern (0 = Zentralbeam)

Y-Achse: jeweilige Tiefe des Zentralbeams in Metern

den weiteren Weg der äußeren Schallstrahlen und dadurch hervorgerufener höherer Absorption sowie dem streifenderem Auftreffen auf den Boden ist die rückgestreute Energie erheblich geringer, das Signal schwächer und die Bestimmung der Echolaufzeit unsicherer. Dieses Phänomen läßt sich bei einem Fächerlot natürlich nicht vermeiden; eine quantitative Erfassung der fehlerhaften Tiefenbestimmungen könnte allerdings evtl. Anhaltspunkte zu einer gezielten Filterung dieses Effektes geben. Deshalb wurden während der Fahrt SO112 bei ebenem Meeresboden Intervalle mit dem Hydrosweep-System im Kalibriermodus aufgenommen. In dieser Einstellung wird nur mit

den Schwingern zur Bestimmung der mittleren Wasserschallgeschwindigkeit in Kursrichtung gearbeitet. Die Tiefenbestimmungen können mit Hilfe des zentralen Strahls der nachfolgenden Lotungen justiert werden (Abb. 6.1.2.2). So kann ermittelt werden, bis zu welchen Auslagen die Tiefenbestimmung bei einer bestimmten Wassertiefe zuverlässig ist, außerdem können mit diesen Daten Filteralgorithmen zur Unterdrückung der Störungen auf den äußeren Beams getestet werden.

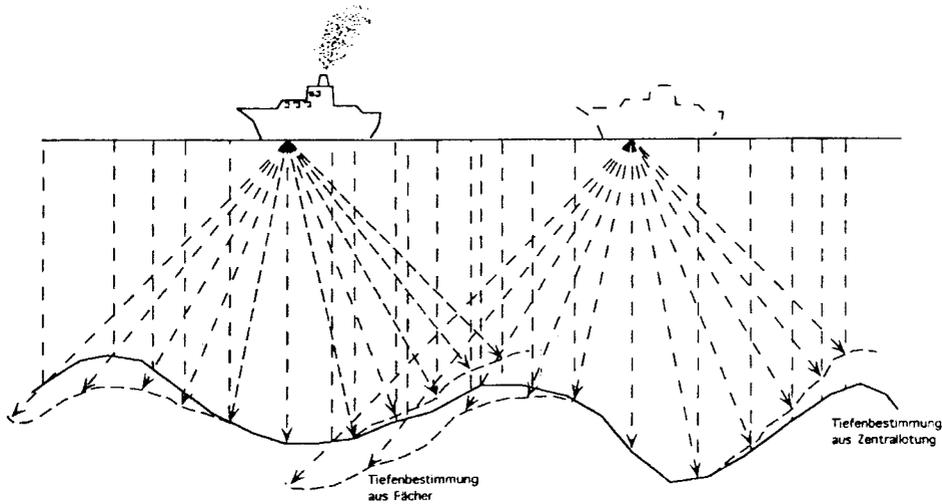


Abb. 6.1.2.2

Meßablauf im Kalibriermodus: Kontrolle der Tiefenbestimmungen der Fächerbeams durch Lotungen mit dem Zentralbeam

Für diese spezielle Bearbeitung der Kalibrierdaten sind die Auswertprogramme allerdings nicht geeignet. Die an Bord von FS SONNE eingesetzte "Online"-Bearbeitungssoftware HYDROMAP "hängt" sich völlig auf, so daß das System neu gestartet werden muß. Die Rohdatenaufzeichnung ist davon unbeeinflusst und ermöglicht die lückenlose Registrierung dieser Daten. Mit den Funktionen der Software MB-System ist zwar ein Auslisten der Tiefenwerte möglich, allerdings ohne Berücksichtigung der Roll-, Stampf- und Hubkorrekturen. Dazu müssen zusätzliche Programme erstellt werden; eine endgültige Bearbeitung dieser Daten kann erst nach Abschluß der Fahrt erfolgen. Die Abb. 6.1.2.3 zeigt eine vorläufige Analyse: aufgetragen sind die Tiefenbestimmungen aus dem Zentralbeam für die Vermessungen in Gebiet 1 und darüber die Werte aus den entsprechenden streifenden Beams der Messungen am 1. Lotpunkt. Diese unkorrigierten Werte weisen so noch keine zufriedenstellende Übereinstimmung auf.

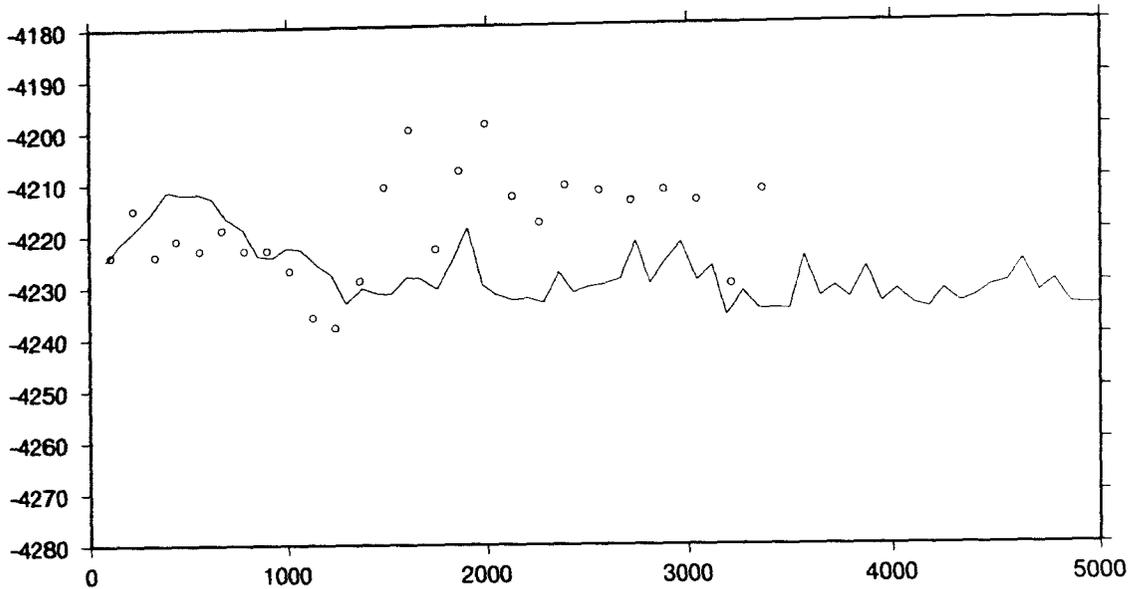


Abb. 6.1.2.3

Vorläufige Analyse der Messungen im Kalibriermodus: aufgetragen sind die Tiefenbestimmungen aus den Fächerbeams (Kreise) einer Lotung sowie die Tiefenbestimmungen aus den Zentralbeams nachfolgender Lotungen (Linie). Die Tiefen sind in Bezug auf die Lagekompensation noch völlig unkorrigiert.

x-Achse: Entfernung entlang des Kurses in Metern

y-Achse: Wassertiefe in Metern

6.1.3 ÜBERPRÜFUNG DER SCHIFFSLAGEKOMPENSATION

Unabdingbare Voraussetzungen hochauflösender bathymetrischer Vermessungen sind sorgfältig justierte Systemkomponenten. Insbesondere die exakte Kompensation der Roll- und Stampfbewegungen des Schiffes ist wichtig. Um gerade für die Untersuchungen zu den Störungen des Hydrosweep-Systems Artefakte durch mangelnde oder falsche Lagekompensation zu vermeiden, wurde während der Fahrt SO112 auf einem ebenen Meeresbodenabschnitt bei möglichst großer Wassertiefe (ca. 5.800 m) eine Überprüfung der Justierung durchgeführt. Das Verfahren ist ausführlich beschrieben in Steenstrup (1996) und in den Abb. 6.1.3.1 und 6.1.3.2 erläutert. Ein ca. 6 km langer Abschnitt wurde zweimal - in entgegengesetzter Richtung - überfahren und vermessen. Beide Datensätze wurden getrennt bearbeitet, aus beiden wurden digitale Geländemodelle errechnet, aus diesen wurde die Differenz beider Modelle bestimmt. Ist die Rollkompensation nicht richtig justiert, unterscheiden sich die in unterschiedlicher Richtung aufgenommenen Geländemodelle in der Neigung; der Winkel zwischen beiden ist gleich dem zweifachen des Roll-Offsets.

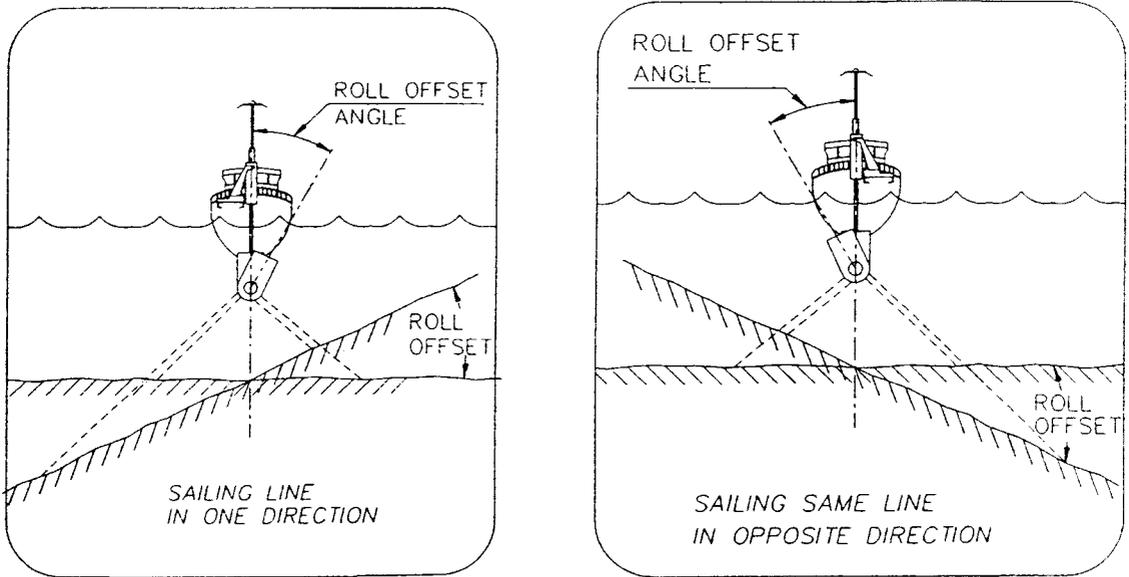


Abb. 6.1.3.1
Prinzip der Bestimmung eines Offsets der Roll-Korrektur (aus Steenstrup, 1996)

Die Kontrolle der Stampfkompensation geschieht durch Vergleich der Position einer charakteristischen Bodenstruktur bei der Kartierung in entgegengesetzter Richtung (Abb. 6.1.3.2).

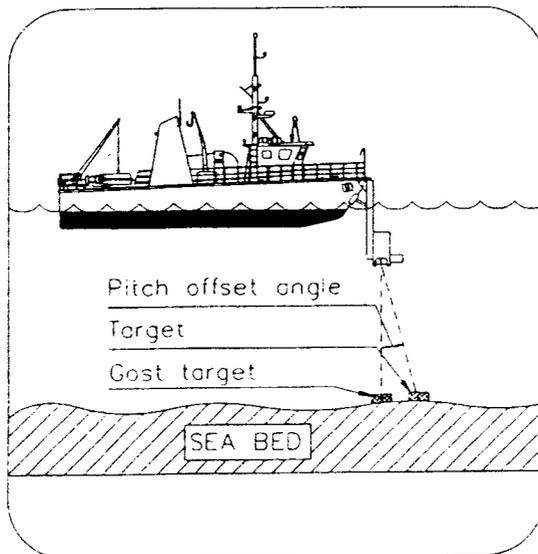


Abb. 6.1.3.1
Prinzip der Bestimmung eines Offsets der Roll-Korrektur (aus Steenstrup, 1996)

Abbildung 6.1.3.3 zeigt die Schiffspeditionen bei der Vermessung, Kreise markieren eine Richtung, Kreuze die Gegenrichtung. Die Kurse stimmten fast genau überein. Die Abb. 6.1.3.4 und 6.1.3.5 zeigen die aus den Daten der jeweiligen Richtung berechneten Modelle; Abb. 6.1.3.6 das Differenzmodell. Kleine Unterschiede - insbesondere in den Außenbereichen - werden hervorgerufen durch gestörte Beams, insgesamt sind aber keine systematischen Neigungen erkennbar. Die Rollkompensation ist ausreichend gut justiert.

Abb. 6.1.3.7 zeigt in einer dreidimensionalen Ansicht die Tiefenbestimmungen aus dem zentralen Strahl in beiden Richtungen, markiert durch Kreise bzw. Kreuze. Beide Verläufe stimmen sehr gut überein. Auch die Stampfkompensation ist ausreichend gut justiert.

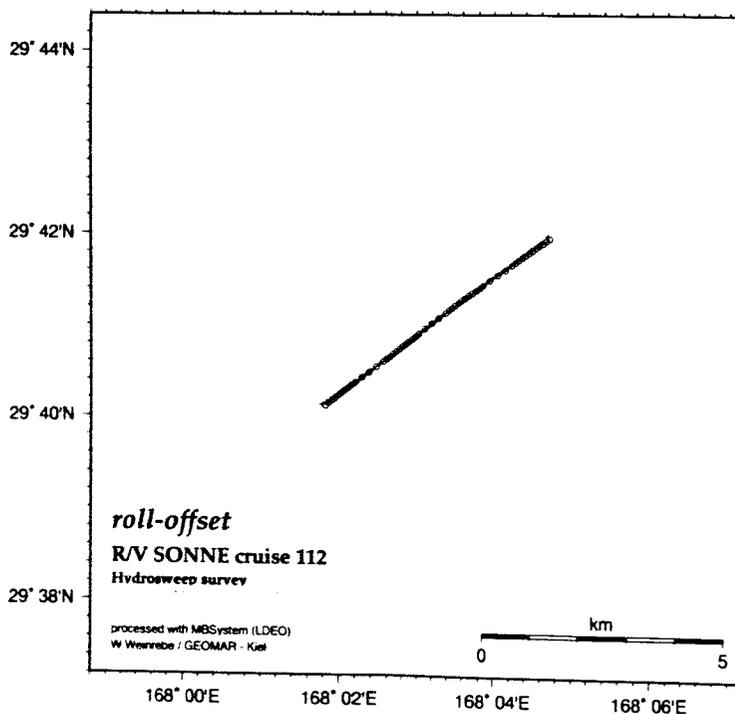


Abb. 6.1.3.3
 Schiffspeditionen bei den Kalibriermessungen. Kreuze markieren die Positionen in einer Richtung, Kreise die Positionen in der Gegenrichtung

Abb. 6.1.3.4
 Karte des Kalibriermeß-
 gebietes, das digitale
 Geländemodell wurde
 berechnet aus den Ver-
 messungen während der
 1. Durchfahrt

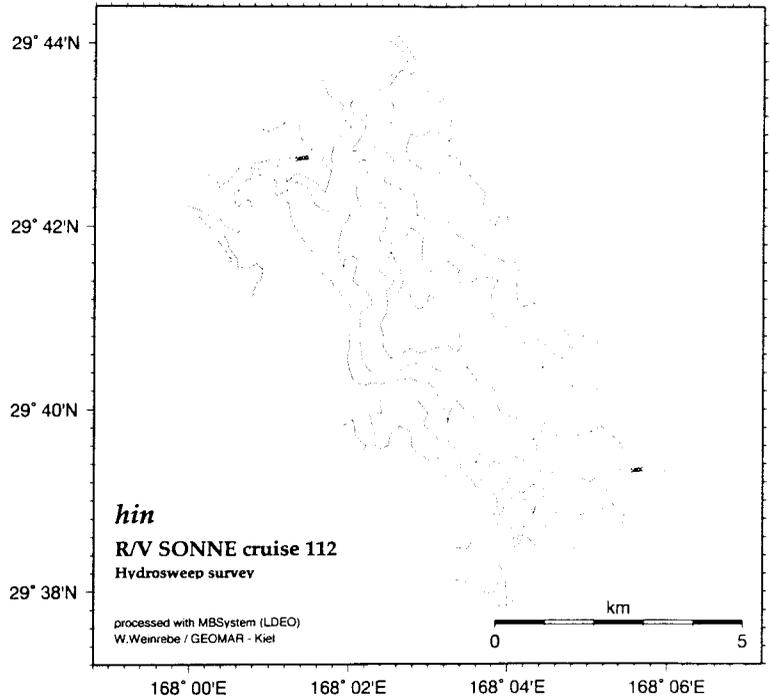
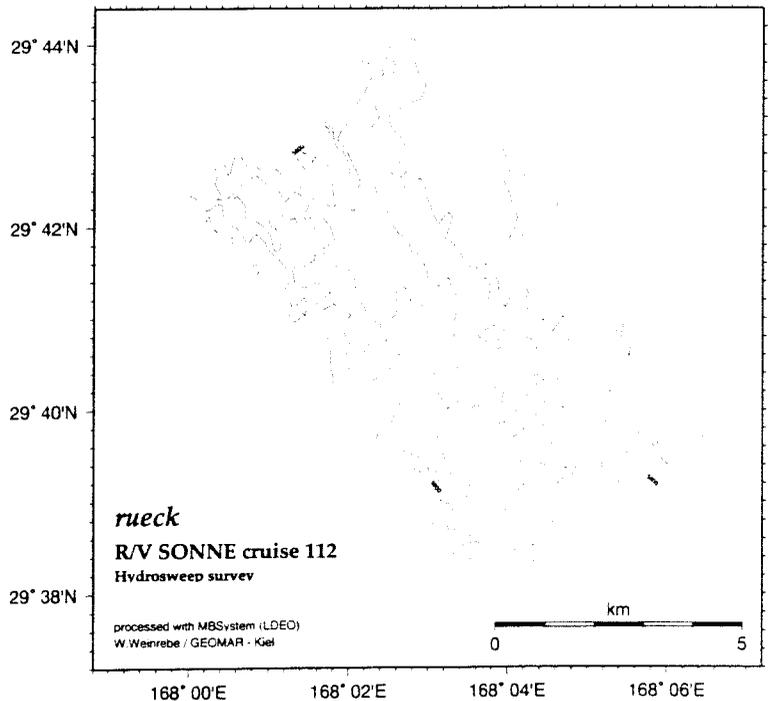


Abb. 6.1.3.5
 Karte des Kalibriermeß-
 gebietes, das digitale
 Geländemodell wurde
 berechnet aus den Ver-
 messungen während der
 2. Durchfahrt in Gegen-
 richtung



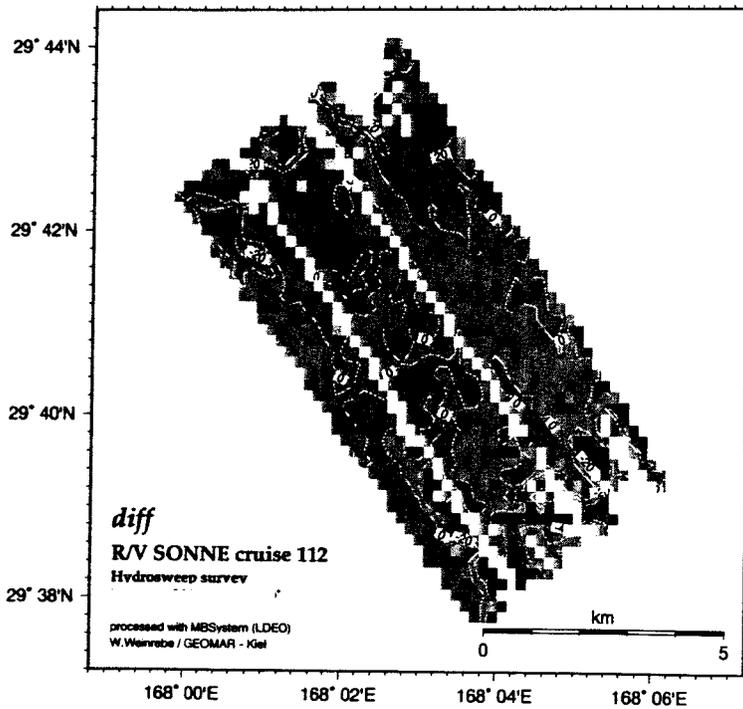


Abb. 6.1.3.6
Differenzen der beiden
digitalen Geländemodelle
aus 6.1.3.4 und 6.1.3.5

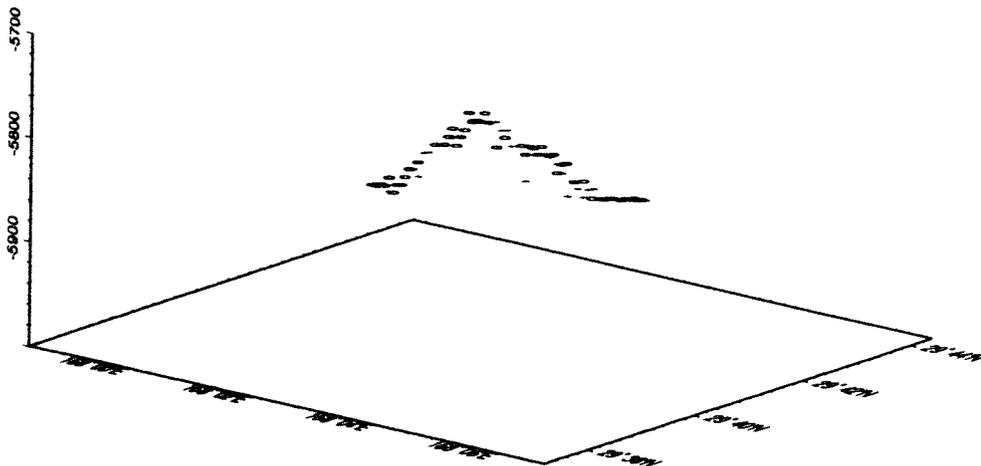


Abb. 6.1.3.7
Tiefenbestimmungen aus den zentralen Beams in der 1. Richtung (Kreuze) sowie in der
Gegenrichtung (Kreise)

6.1.4 KARTIERUNG ENTLANG DES KURSES

Während der gesamten Fahrtstrecke - ausgenommen nur die Zeiten für die Kalibriermessungen sowie die Dauer des Sturms - wurden die Kartierungen mit dem Hydrosweepsystem durchgeführt. Obwohl damit nur ein Streifen von maximal 10 km Breite aufgenommen wurde, der - für sich genommen - wenig aussagekräftige Informationen liefert, können diese Daten eine wertvolle Ergänzung anderer Messungen darstellen. Deshalb werden sie nach Abschluß der Auswertungen für den internationalen Austausch zur Verfügung gestellt.

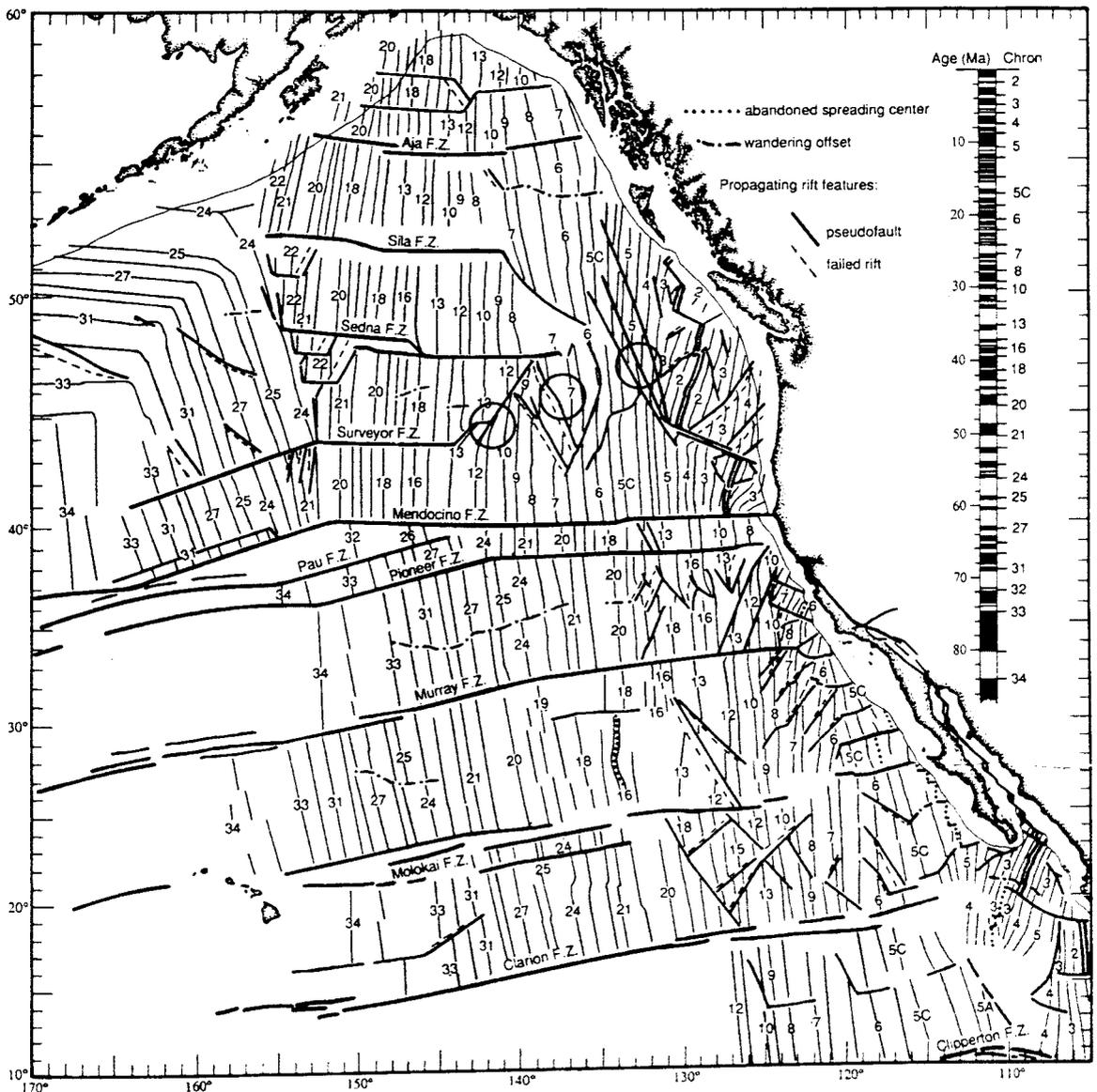


Abb. 6.1.4.1

Magnetische Anomalien und prominente Bruchzonen im Nordost-Pazifik (nach Atwater and Severinghaus, 1989). Kreise markieren die Positionen der Beispiele 1, 2 und 3.

Die aufgenommenen Daten wurden routinemäßig bearbeitet; die Ergebnisse sind als Isolinienkarten jeweils für Bereiche von 2 Längengraden in den Abbildungen A.1 bis A.48 im Anhang dargestellt. Einige besonders interessante Strukturen sind detailliert bearbeitet worden und werden im folgenden vorgestellt.

1. Vulkankegel im Bereich des Juan de Fuca Rückens
2. Tiefseekuppe bei 137.5° West
3. Seamount-Tripel bei 142° West

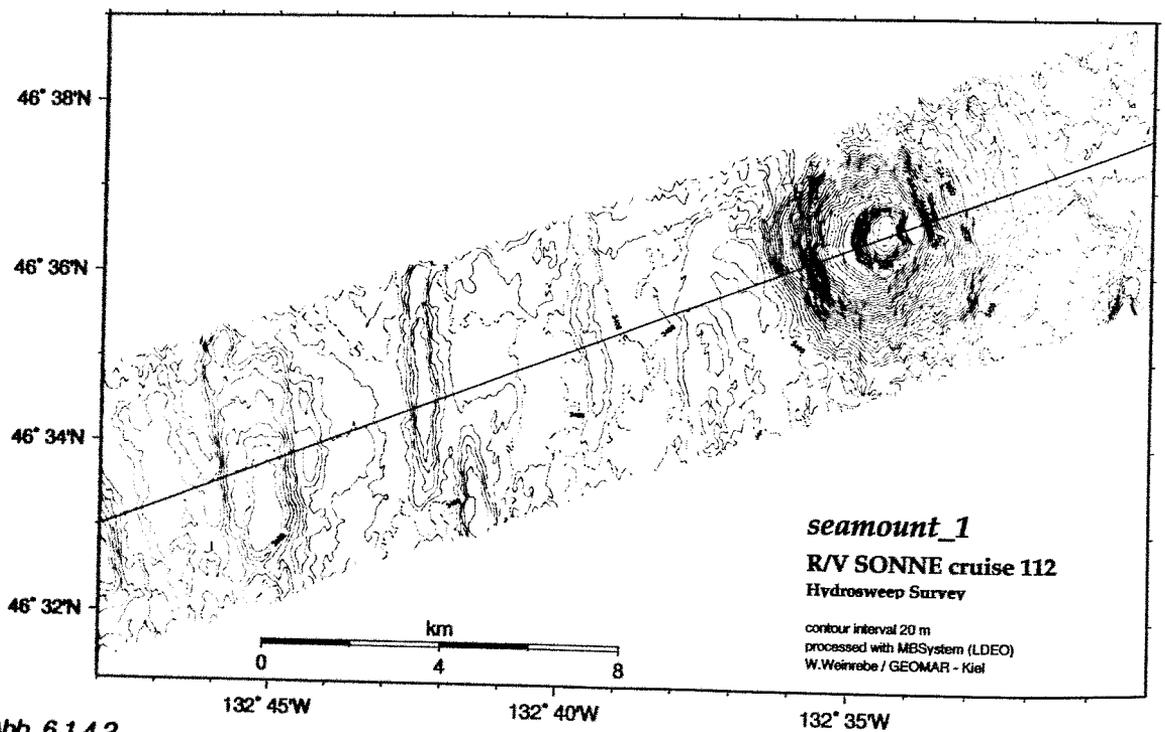


Abb. 6.1.4.2
Isolinienkarte des Vermessungsgebietes „seamount_1“, der Strich markiert den Verlauf des Profils in Abb. 6.1.4.3

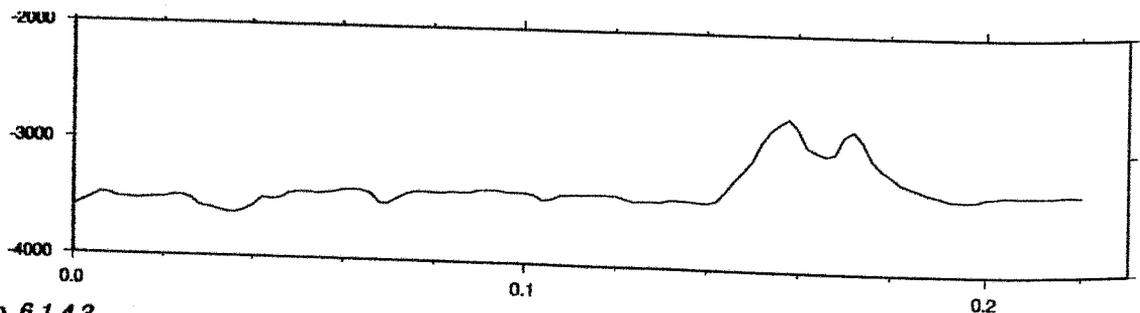


Abb. 6.1.4.3
Profilschnitt über den Vulkankegel im Gebiet „seamount_1“, ca. 2.5fach überhöht

Die Abb. 6.1.4.1 zeigt das Muster der magnetischen Anomalien sowie die prominenten Bruchzonen im Nordost-Pazifik (Atwater and Severinghaus, 1989) mit den Positionen der kartierten Strukturen, um eine globaltektonische Einordnung und Übersicht zu ermöglichen.

1. Vulkankegel im Bereich des Juan de Fuca-Rückens

Bei 132° West - noch im Einflußbereich des Juan de Fuca-Rückens - konnte ein gut ausgebildeter submariner Vulkan vollständig erfaßt werden (Abb. 6.1.4.2). Der ca. 600 m hohe Kegel mit einem Durchmesser von 5 km an der Basis und 1.5 km am Gipfel mit einem ca. 200 m tiefen Krater mit scharfem Rand weist keine Spuren von Sedimentation oder Erosion auf (Abb. 6.1.4.4). Die Struktur liegt auf einem Meeresbodenniveau von ca. 3.400 m ca. 200 km westlich vom Zentralrift des Rückens. Die relative Nähe zur Spreizungszone wird illustriert durch die Spalten in der Umgebung mit Sprunghöhen von 100 m bis 200 m und Öffnungen von 500 m bis 1.000 m. Abb. 6.1.4.3 zeigt einen Profilschnitt über den Seamount, der die steilen Neigungen des Kraters verdeutlicht.

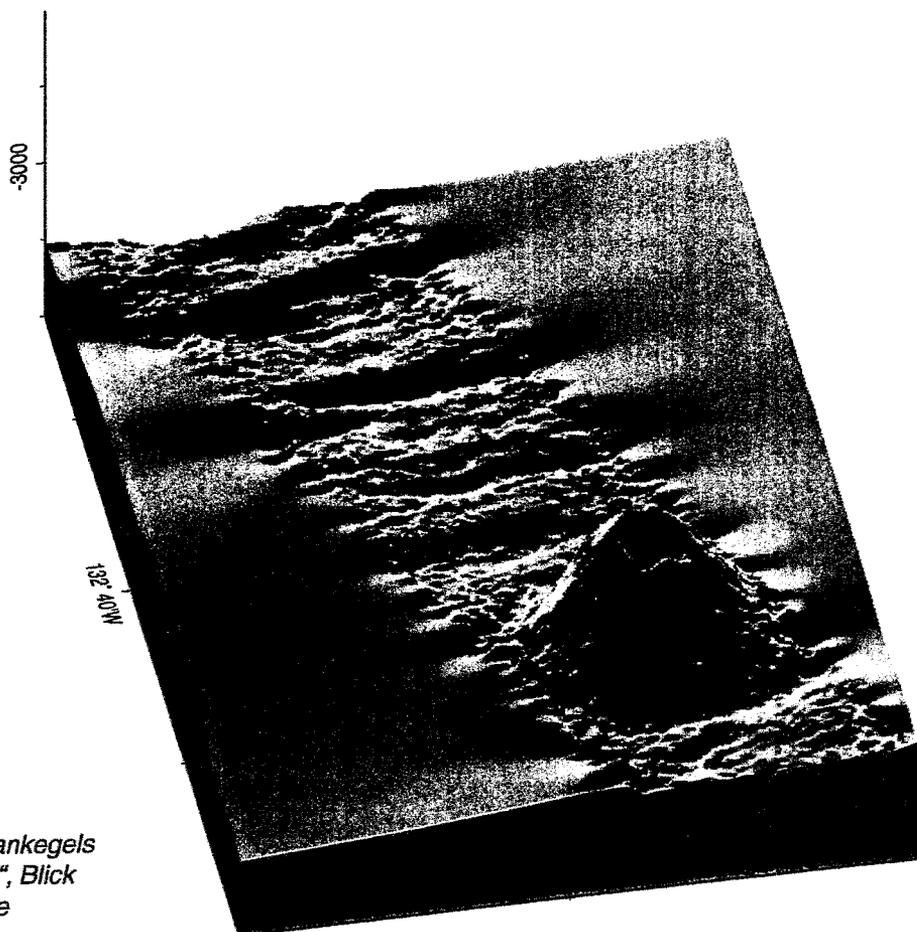


Abb. 6.1.4.4
 Perspektivbild des Vulkankegels
 im Gebiet „seamount_1“, Blick
 nach Westen, ca. 3fache
 Überhöhung

2. Tiefseekuppe bei 137.5° West

Im Verlauf der Fahrt konnte eine größere Anzahl von Tiefseekuppen erfaßt werden (vgl. Anhang Abb. A.1 bis A.48). Auffallend ist die Struktur bei 137.5° West (Abb. 6.1.4.5). Im Gegensatz zu den meisten anderen weist sie keinen Krater auf. Die Kuppe von ca. 800 m Höhe und 5 km Durchmesser-

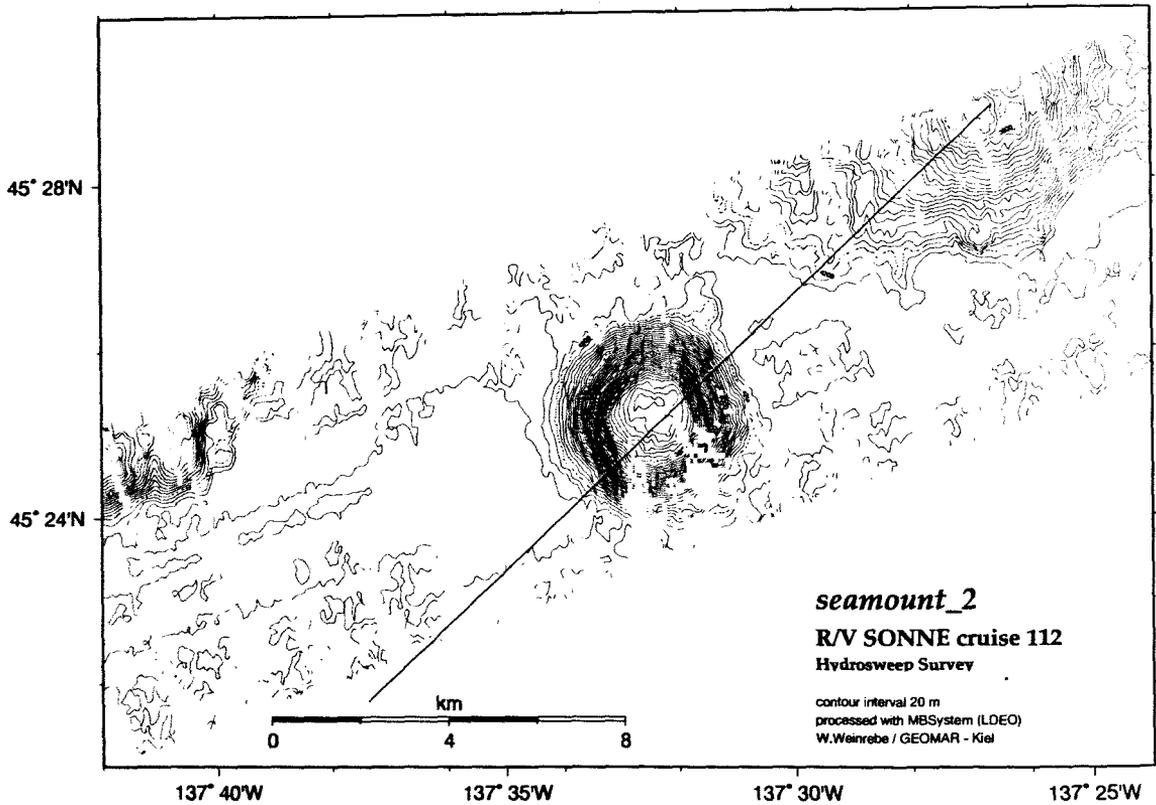


Abb. 6.1.4.5
Isolinienkarte des Vermessungsgebietes „seamount_2“, der Strich markiert den Verlauf des Profils in Abb. 6.1.4.6

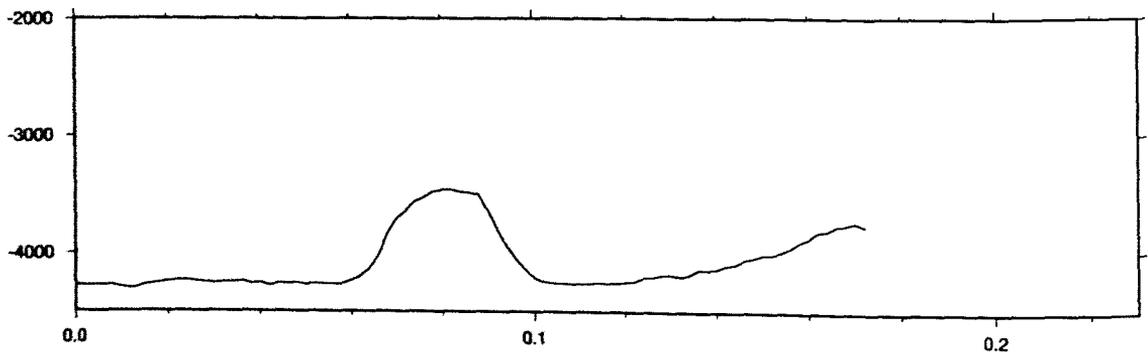


Abb. 6.1.4.6
Profilschnitt über den Vulkankegel im Gebiet „seamount_2“, ca. 2.5fach überhöht

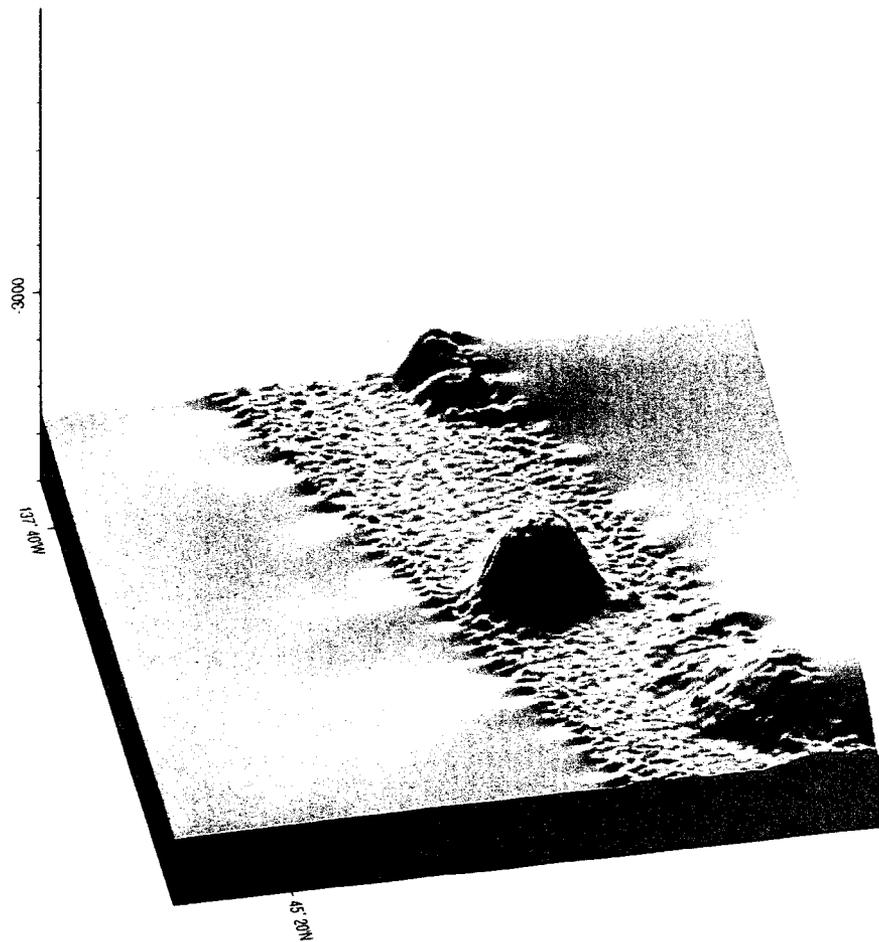


Abb. 6.1.4.7
 Perspektivbild des Vulkankegels im Gebiet „seamount_2“,
 Blick nach Westen

ser hat einen flachen Gipfel (Abb. 6.1.4.7). Die Hangneigung ist besonders im Osten mit ca. 30° erheblich steiler als bei umliegenden Seamounts, wie es besonders gut im Profilschnitt (Abb. 6.1.4.6) erkennbar ist. Der umgebende Meeresboden hat ein Niveau von ca. 4.200 m. Trotz des flachen Gipfels ist die nahezu kreisrunde Struktur aufgrund ihrer relativ geringen Größe im Zusammenhang mit der großen Wassertiefe offenbar kein Guyot, sondern vulkanischen Ursprungs (Batiza, 1989).

3. Seamount-Tripel bei 142° West

Eine ca. 800 m hohe Tiefseekuppe mit einem Durchmesser von ca. 1.5 km konnte bei 142° West fast vollständig erfasst werden (Abb. 6.1.4.8). Der Seamount gehört offenbar zu einer Gruppe von dreien, von den anderen beiden ca. 2.5 km entfernten konnten nur die Flanken aufgenommen werden. Die Tiefseekuppe ist aus zwei Kegeln aufgebaut, einem äußeren, flacheren mit größerem Radius und einem steileren, kleineren inneren (Abb. 6.1.4.9). Ein steiler Krater von ca. 200 m Tiefe ist ausgeprägt. Auffallend ist die Zerklüftung durch ca. Nord-Süd und Nordost-Südwest verlaufende Bruchlinien. Diese Richtungen finden sich auch in deutlich ausgebildeten Verwerfungen östlich und westlich dieses Tripels (Abb. 6.1.4.9). Wie die Abb. 6.1.4.1 (aus Atwater and Severinghaus, 1989) verdeutlicht, wurde an dieser Stelle die Surveyor Fracture Zone überfahren, die in diesen Richtungen streicht.

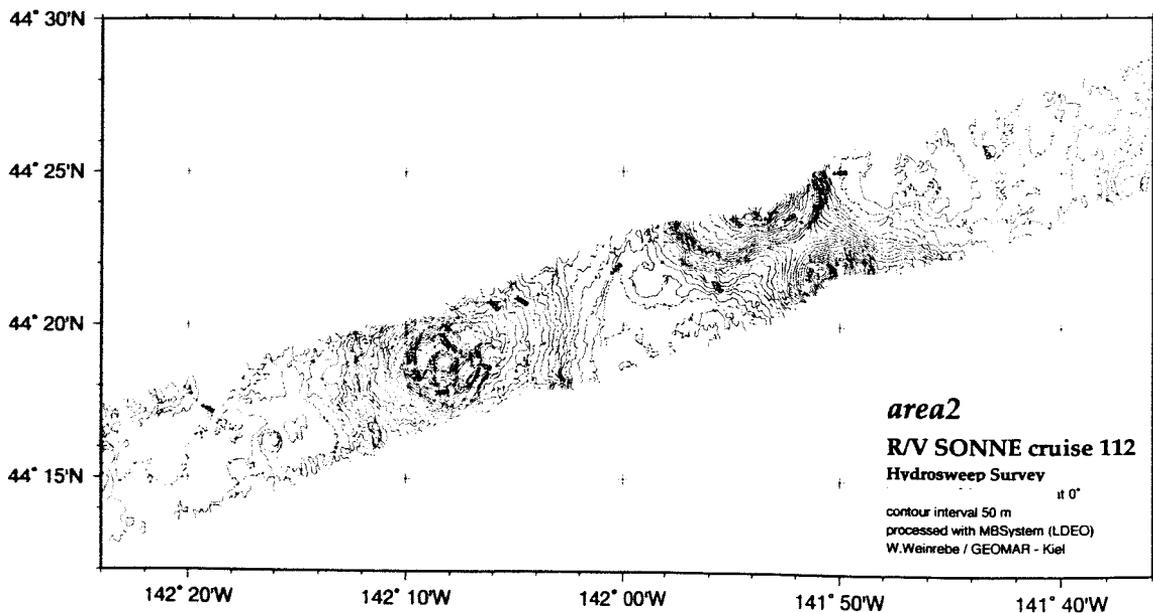


Abb. 6.1.4.8
Isolinienkarte des Vermessungsgebietes „seamount_3“

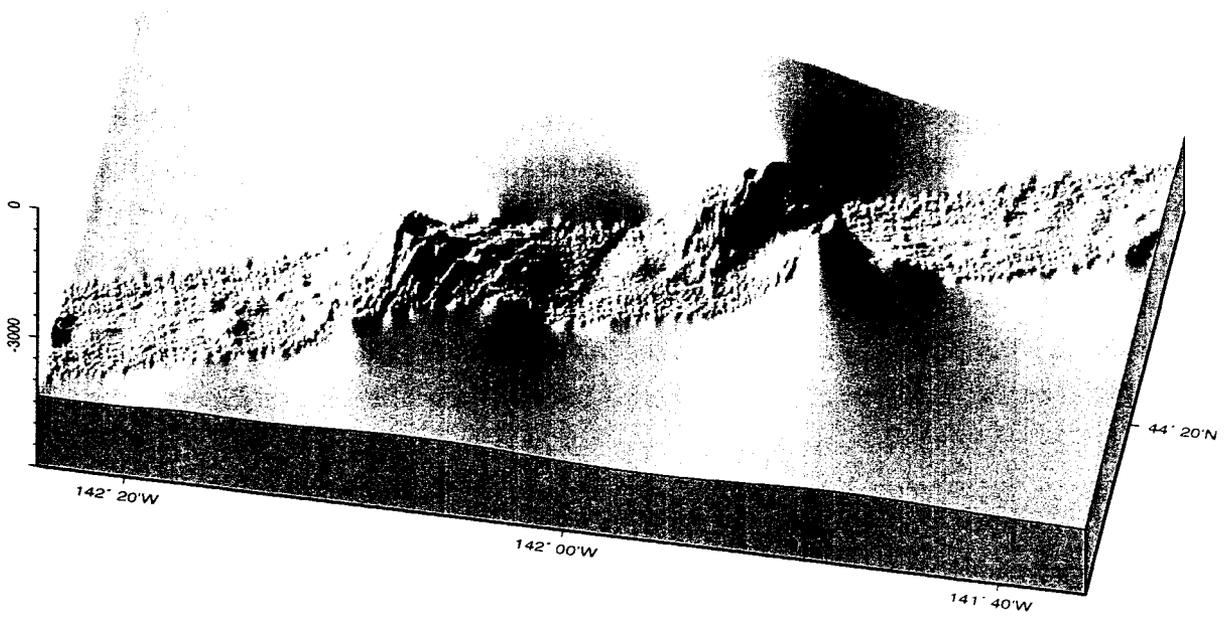


Abb. 6.1.4.9
 Perspektivbild des Vulkankegels im Gebiet „seamount_3“,
 Blick aus Süden, ca. 4fach überhöht

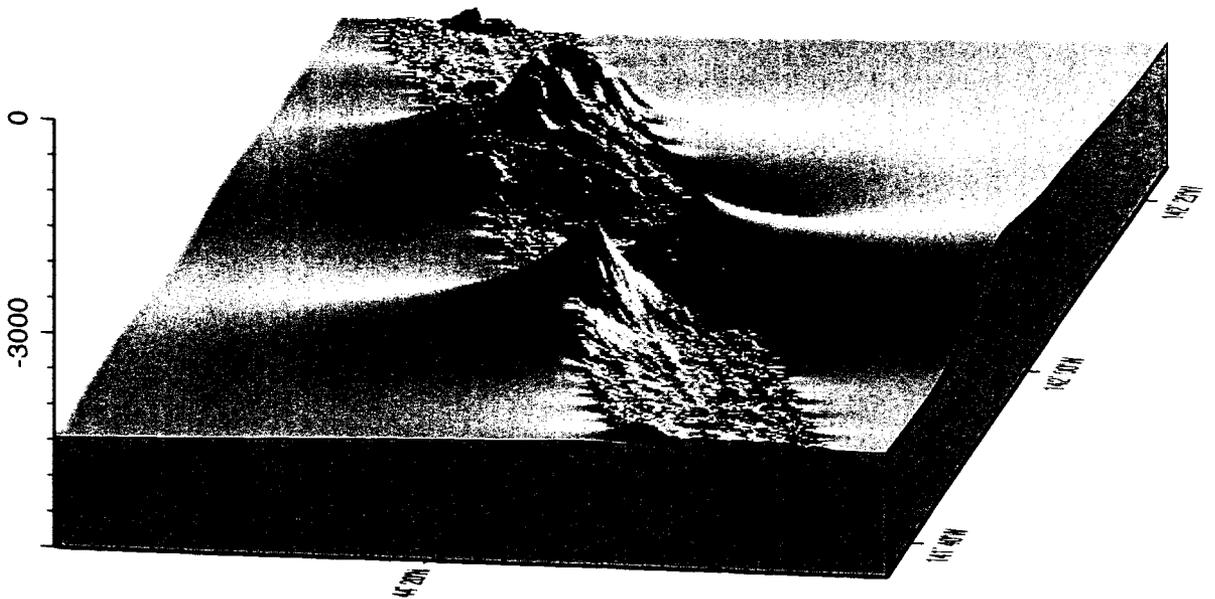


Abb. 6.1.4.10
 Perspektivbild des Vulkankegels im Gebiet „seamount_3“,
 Blick aus Osten, ca. 4fach überhöht

6.1.5 KARTIERUNG DER DAIKAKUJI-TIEFSEEKUPPE

In einer 30stündigen Vermessung konnte ein ca. 2.000 km² großes Gebiet direkt am Übergang des Hawaii-Rückens in die Emperor-Kette bathymetrisch kartiert werden. Das aufgenommene Gebiet umfaßt die Struktur des Daikakuji-Seamounts vollständig. Die Abb. 6.1.5.1 zeigt das digitale Geländemodell des Gebietes, berechnet aus dem ETOPO5-Datensatz, die Abb. 6.1.5.2 das Ergebnis der Vermessung im Rahmen der Fahrt SO112. Für die Aufnahme wurden relativ geringe Profilabstände von drei km (bis zu zwei km im Zentrum der Struktur) gewählt, um auch in den flachen Bereichen eine möglichst gute Überdeckung zu erreichen und auf die äußeren Beams verzichten zu können.

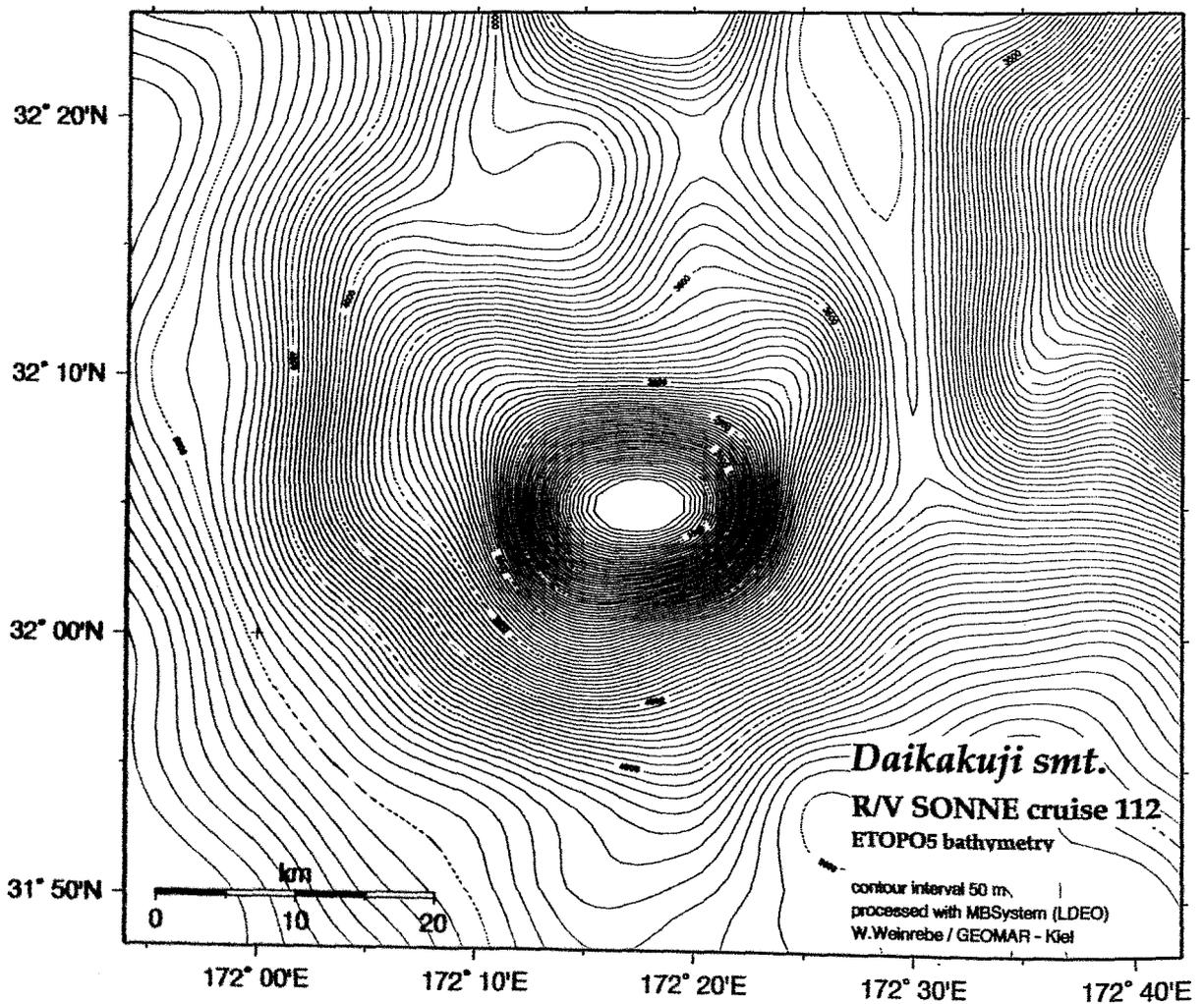


Abb. 6.1.5.1
 Isolinienkarte des Untersuchungsgebietes berechnet aus dem ETOPO5-Datensatz

Die Daikakuji-Tiefseekuppe erhebt sich mit steilen Flanken bis ca. 4.000 m über das Niveau der ozeanischen Platte bis zu einer Wassertiefe von ca. 1.000 m. Ein flaches Gipfelplateau von ca. 12 km x 9 km Größe charakterisiert diesen Seamount als Guyot (Menard, 1984). Dies gilt auch für einen kleineren, ca. 10 km östlich gelegenen Kegel mit einem Gipfelplateau von ca. 5 km x 1 km Größe. Diese Struktur scheint jünger zu sein, da ihre Flanken den Aufbau des Daikakuji-Seamounts überprägen. Beide Kuppen haben ausgeprägte Rift-Flanken, dies ist insbesondere deutlich in den Perspektivdarstellungen (Abb. 6.1.5.3 bis 6.1.5.6, 6.1.5.12, 6.1.5.13) erkennbar. Der Südhang des großen Kegels weist eine markante konkave Abbruchkante und eine massive Rutschung auf. Ein Abschnitt der offenbar ursprünglich mehr oder weniger runden Struktur ist eingebrochen und ab-

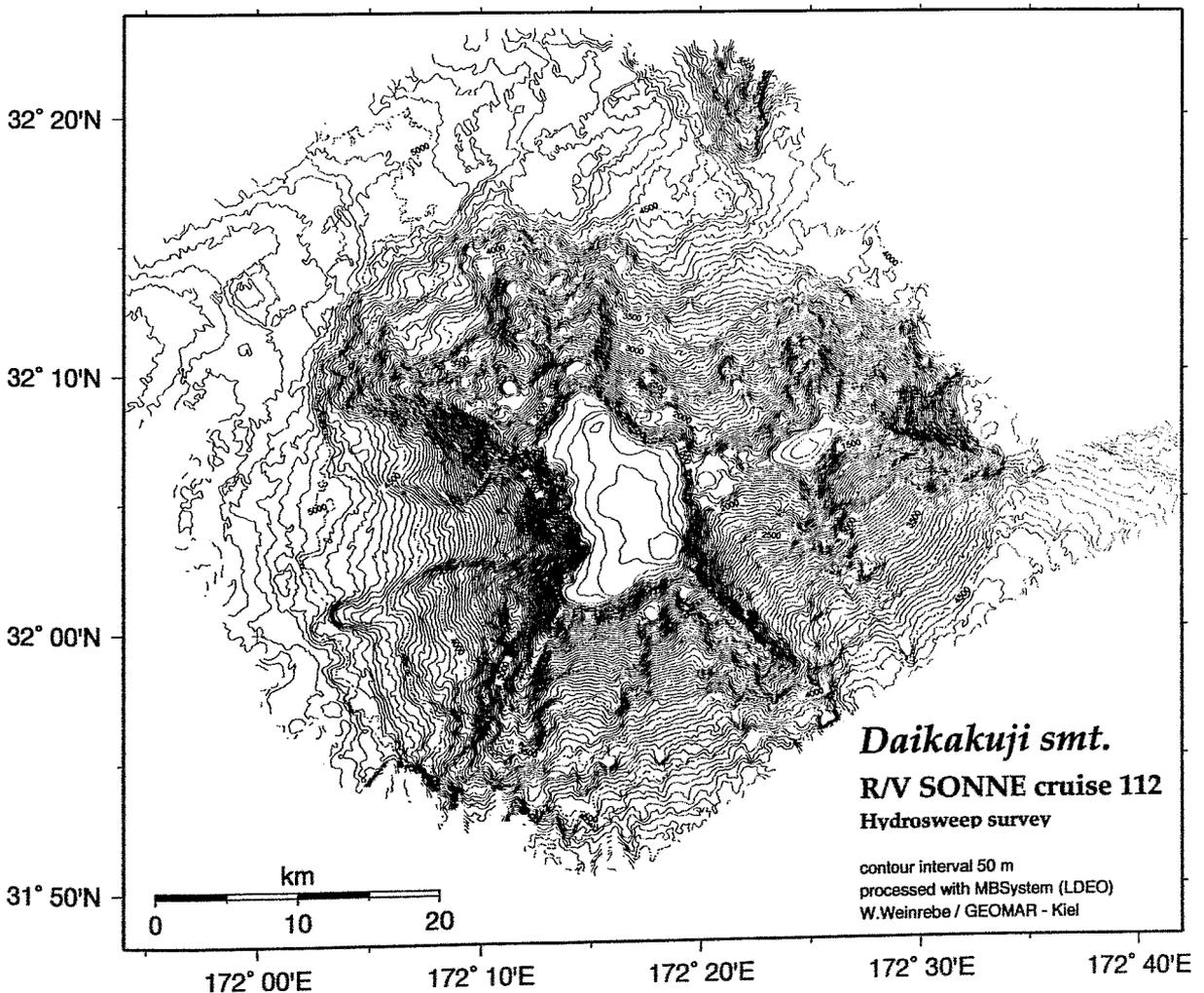


Abb. 6.1.5.2
 Isolinienkarte des Untersuchungsgebietes nach den HYDROSWEEP-Vermessungen der Fahrt SO112

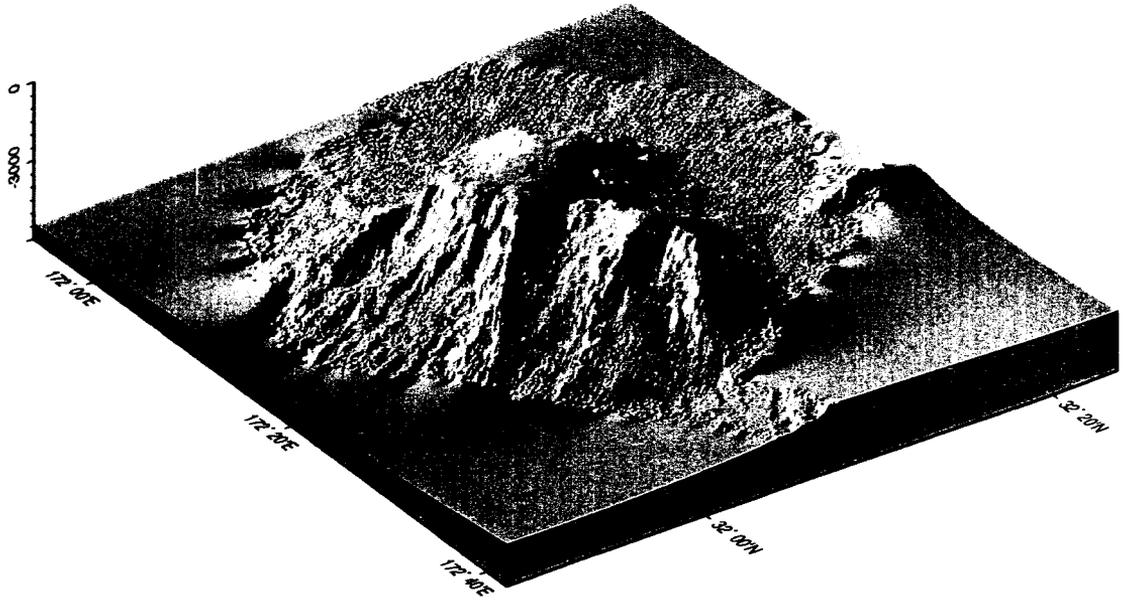


Abb. 6.1.5.3
Perspektivbild des Daikakuji-Seamounts, Blick aus Südost, ca. 3fach überhöht

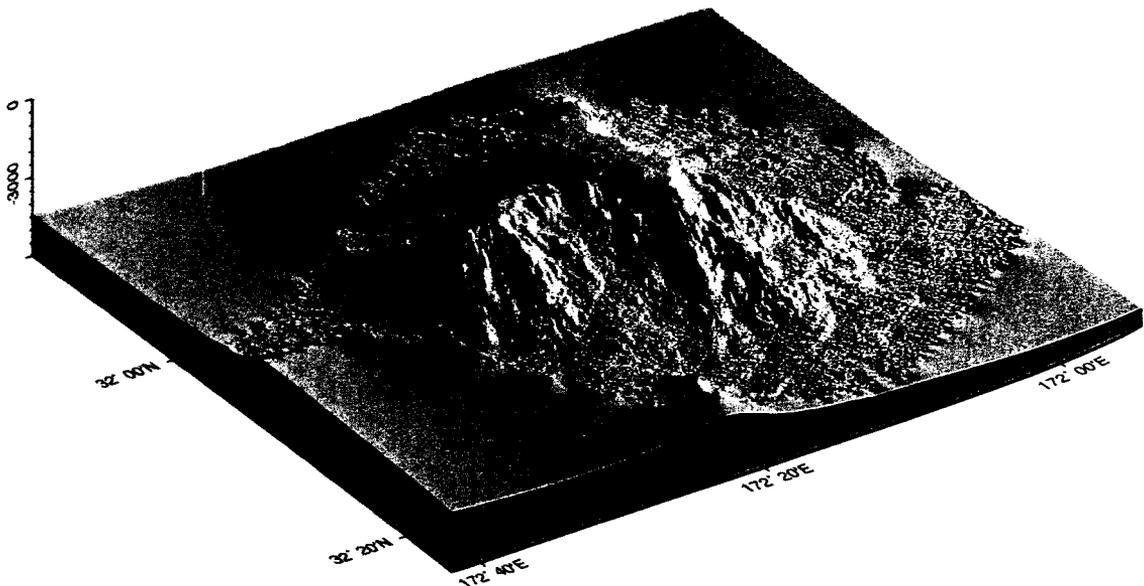


Abb. 6.1.5.4
Perspektivbild des Daikakuji-Seamounts, Blick aus Nordost, ca. 3fach überhöht

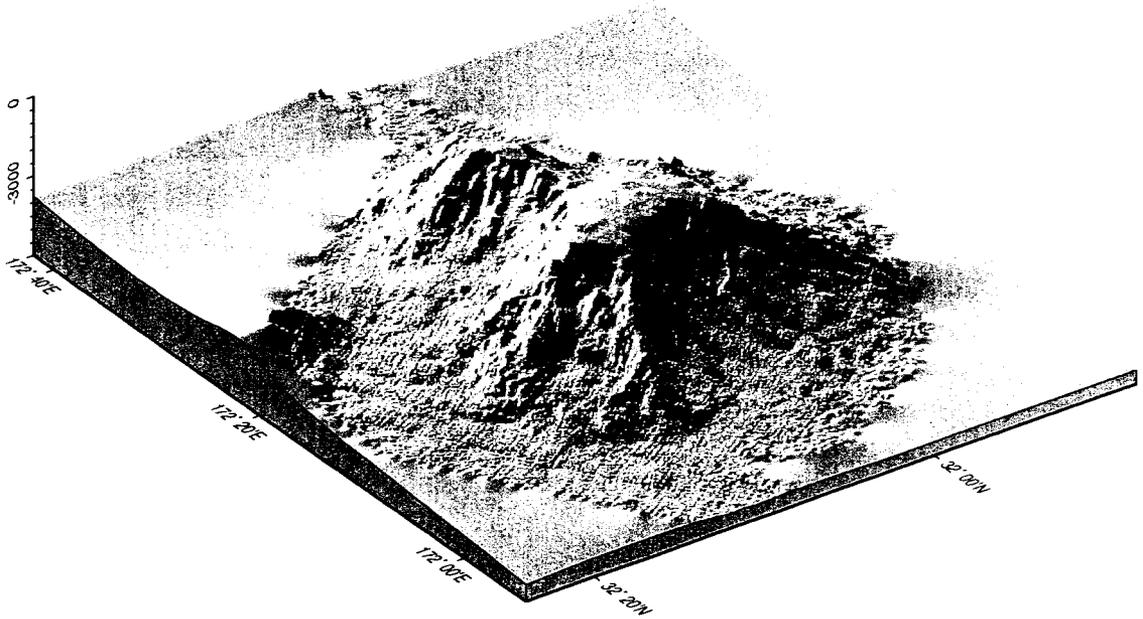


Abb. 6.1.5.5
 Perspektivbild des Daikakuji-Seamounts, Blick aus Nordwest, ca. 3fach überhöht

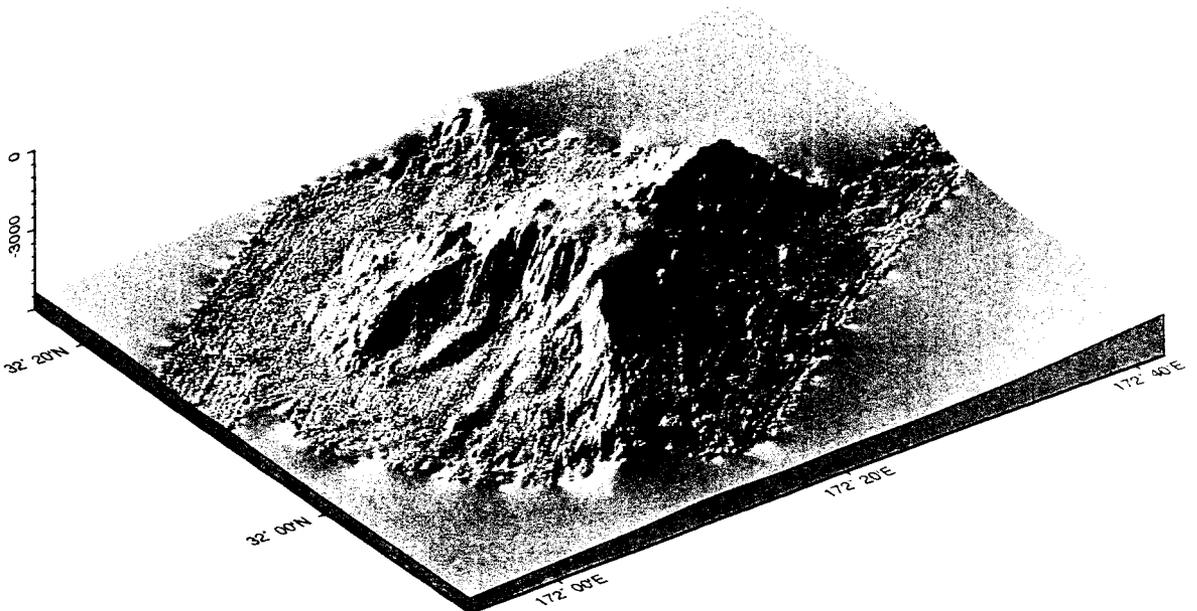


Abb. 6.1.5.6
 Perspektivbild des Daikakuji-Seamounts, Blick aus Südwest, ca. 3fach überhöht

gerutscht; dies ist deutlich in dem Höhenprofil (gepunktete Linie in den Abb. 6.1.5.8 und 6.1.5.9) erkennbar.

Die Riftflanken beider Kegel weisen ausgeprägte Richtungen auf, allerdings ist die Streichrichtung des Hawaii-Rückens nur andeutungsweise in einer Flanke des jüngeren, kleineren Kegels auszumachen (Abb. 6.1.5.11). Die Nord-Flanke der großen Kuppe streicht in Richtung der Emperor-Kette, die anderen Flanken orientieren sich zwischen beiden Richtungen. Die regionale Karte der Satellitenschwere (Abb. 6.1.5.10, nach Sandwell and Smith, 1994) zeigt, daß dieser Trend offenbar

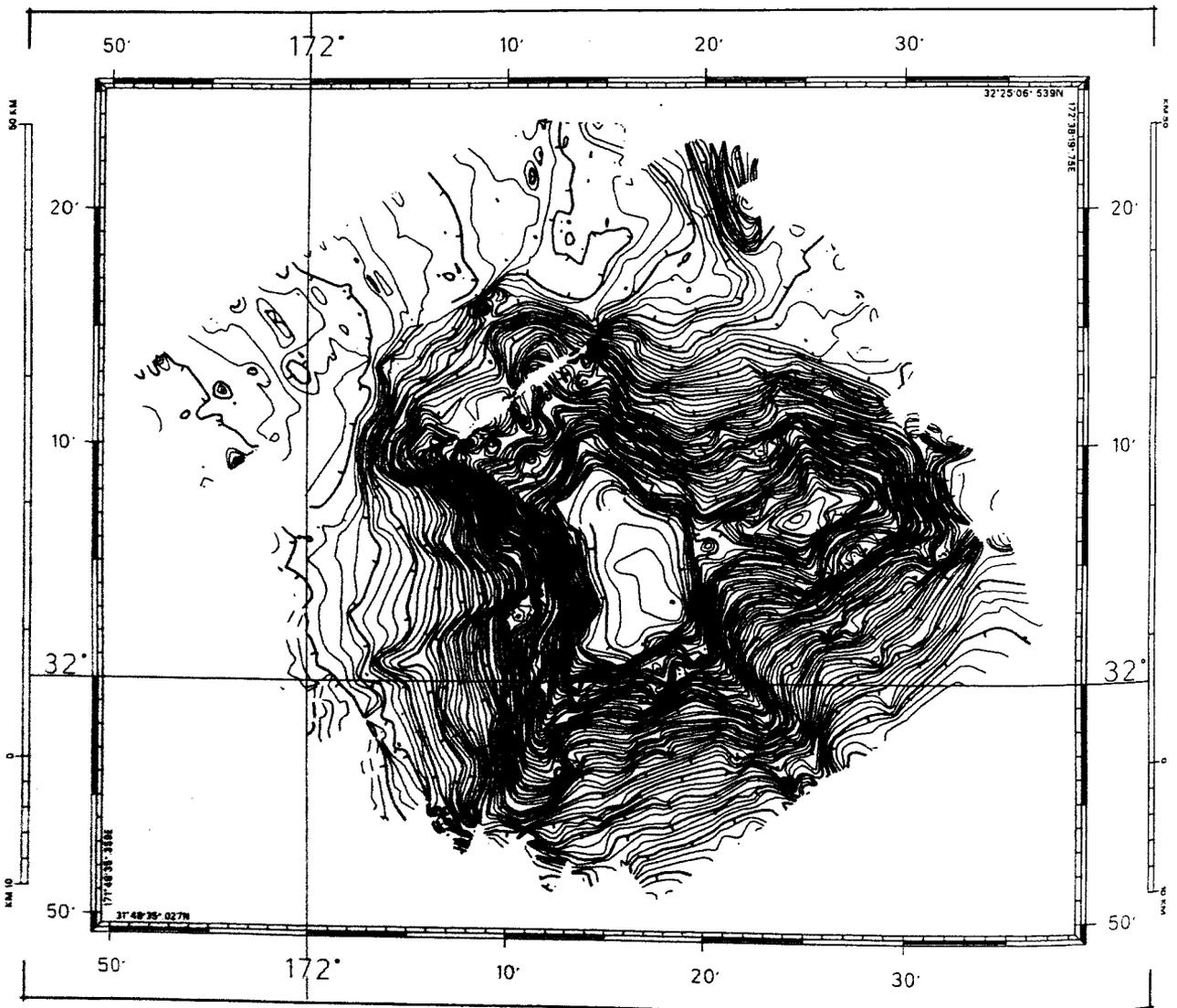


Abb. 6.1.5.7
Isolinienkarte des Daikakuji-Seamounts nach der Bearbeitung mit dem bordeigenen HYDROMAP-System

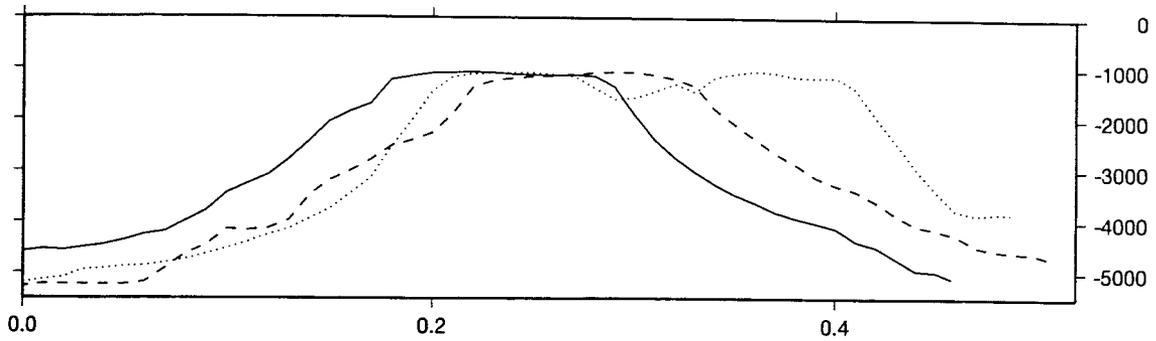


Abb. 6.1.5.8

Höhenprofile über den Daikakuji-Seamount, ca. 3fach überhöht. Die Lage der Profile ist der Abb. 6.1.5.9 zu entnehmen.

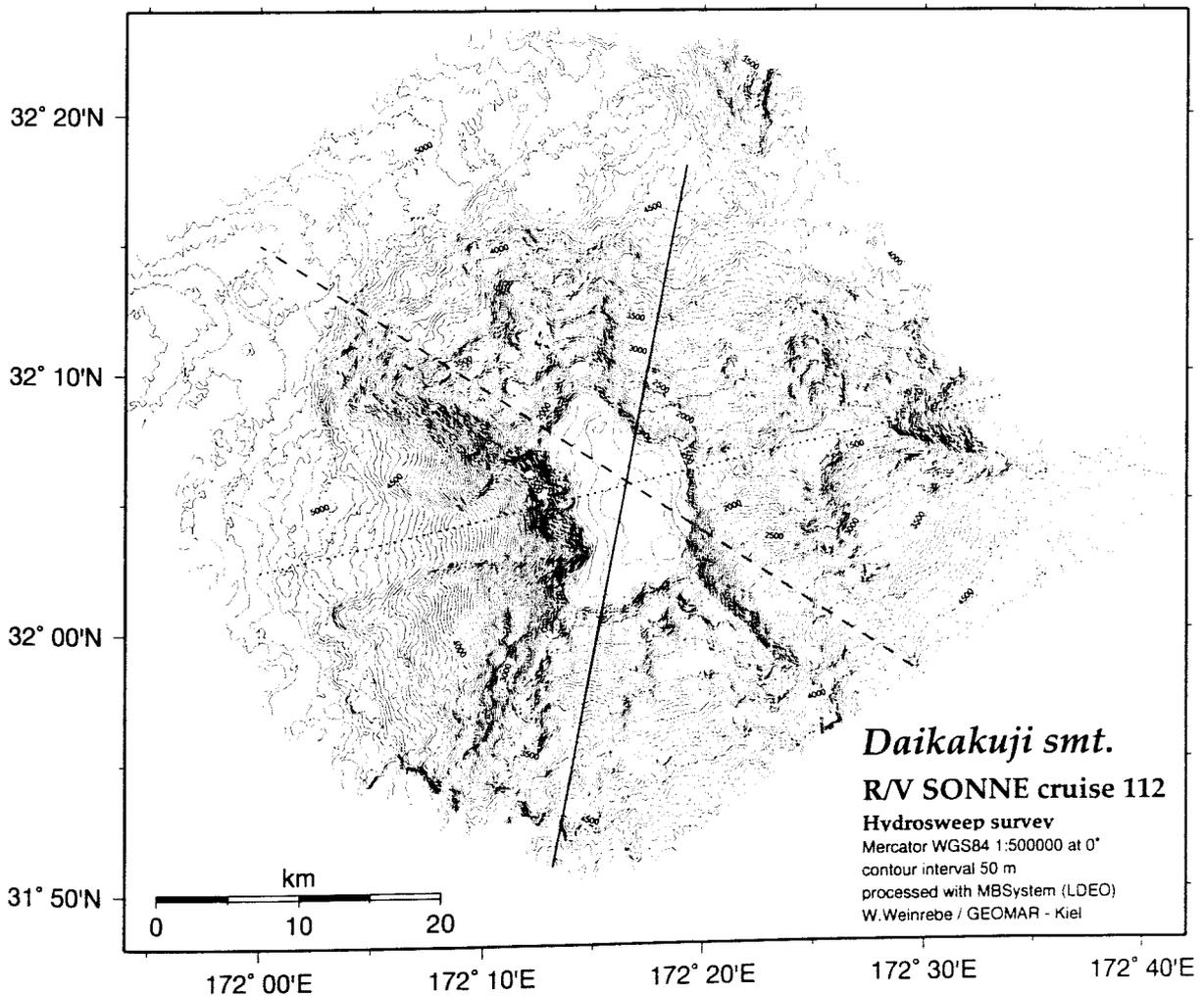


Abb. 6.1.5.9

Isolinienkarte des Daikakuji-Seamounts nach der Bearbeitung mit dem MB-System. Die Linien markieren den Verlauf der Profile in Abb. 6.1.5.8

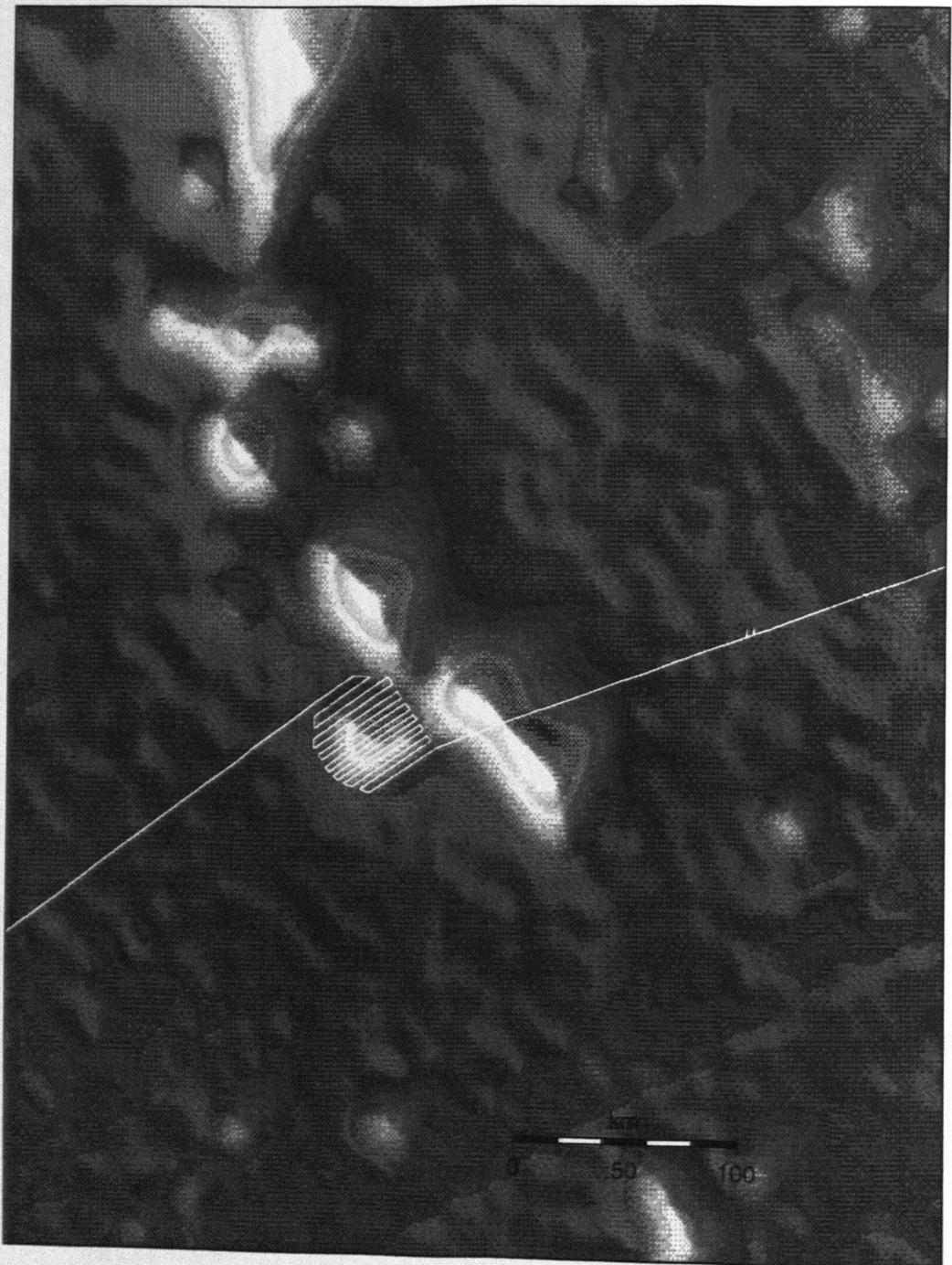


Abb. 6.1.5.10
Schwereanomalien nach Satellitenmessungen (Sandwell and Smith, 1995). Die weiße Linie kennzeichnet den Kurs des FS SONNE.

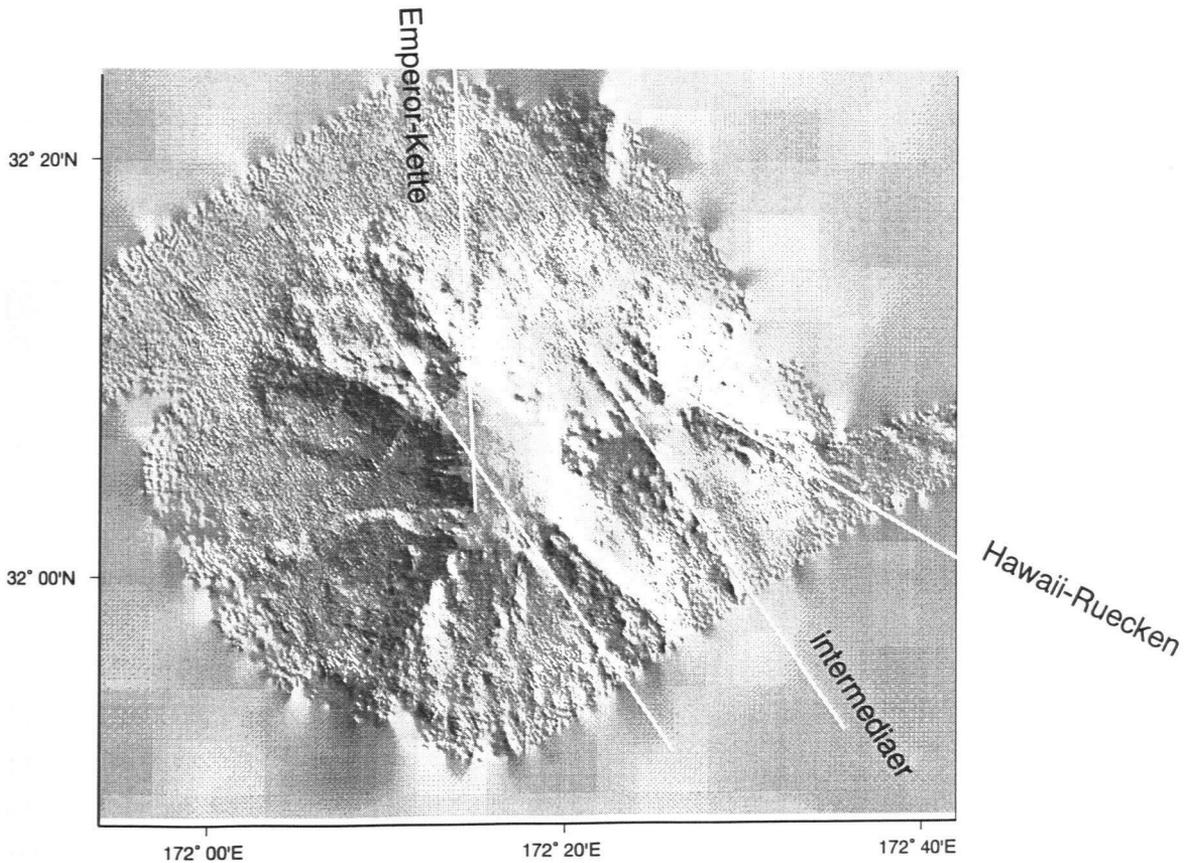


Abb. 6.1.5.11
Reliefbild des Daikakuji-Seamounts, Beleuchtung aus Nordost, mit den Trends der Riftflanken.

für den Übergangsbereich vorherrschend ist. Während die Kette bis zum Kimmei-Seamount (Nr. 72, vgl. Abb. 2.4) in etwa Nord-Süd (355°) und ab dem Abbot-Seamount (Nr. 65A, vgl. Abb. 2.4) mit etwa 65° streicht, herrscht dazwischen offenbar ein intermediärer Trend von ca. 45° vor. Offenbar hat die Reorganisation der Plattenbewegung nicht plötzlich, sondern über einen größeren Zeitraum stattgefunden.

Die Abb. 6.1.5.7 zeigt das Ergebnis der Vermessung nach Bearbeitung mit dem bordeigenen HYDROMAP-System. Der Vergleich mit der Abb. 6.1.5.9 (oder 6.1.5.2) verdeutlicht die Qualitätssteigerung, die durch Anwendung gezielter Methoden zur Verbesserung der Auflösung, wie sie mit dem Projekt HiResBat entwickelt werden, möglich ist.

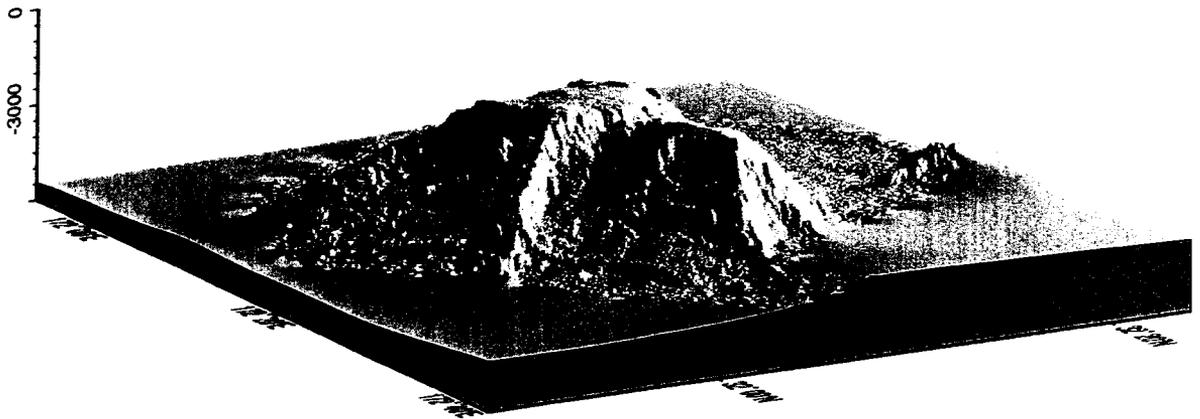


Abb. 6.1.5.12
Perspektivdarstellung des Daikakuji-Seamounts, ca. 3fach überhöht, Blick aus Südost.

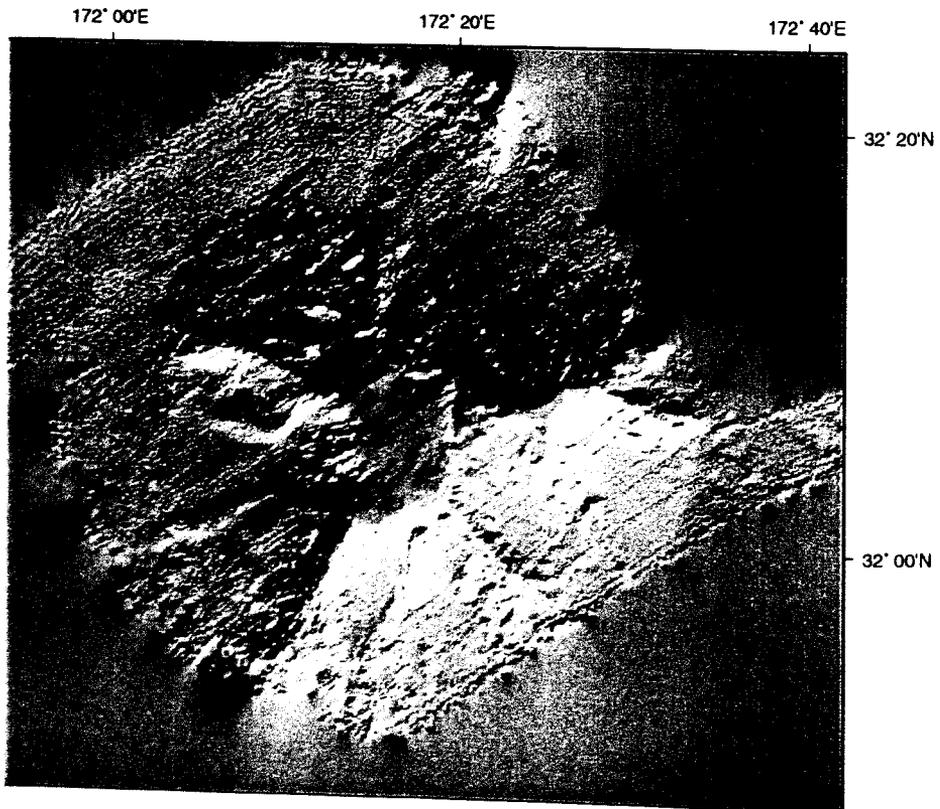


Abb. 6.1.5.13
Reliefdarstellung des Daikakuji-Seamounts, Beleuchtung aus Südost.

6.2 PARASOUND

(D.Milkert, V. Hühnerbach)

Es hat sich bereits auf früheren Ausfahrten gezeigt, daß die Qualität der Parasound- Aufzeichnungen stark von der Morphologie abhängt, d.h. bei mehr als 2ß Hangneigung wird kaum noch Energie zum Schiff reflektiert, sondern seitlich abgelenkt. In Gebieten mit intensiver Morphologie, z. B. den steilen Flanken der zahlreichen Seamounts, sind die Aufzeichnungen von sehr schlechter Qualität.

Aufzeichnungsqualität und Auflösung des System hängen von der Schiffsgeschwindigkeit ab. Da die gesamte SONNE 112 - Fahrt als Transit konzipiert wurde, erfolgte die Profilfahrt mit einer Reisegeschwindigkeit von 11 - 12 kn. Dennoch konnten qualitativ hochwertige Aufzeichnungen im nordöstlichen Pazifik und im Norden des mit dem Hydrosweep-System vermessenen Daikakuji-Seamounts, sowie über weite Strecken in den Tiefsee-Ebenen erreicht werden.

Während der Fahrt SO112 wurde das System testweise vom 20.9.96 (19:24 Uhr UTC) bis 21.9.96 (02:08 Uhr UTC) im Nordostpazifik eingeschaltet. Weiterhin erfolgten Parasound-Aufzeichnungen konstant während der Vermessung des Daikakuji-Seamounts (ab 29.9.96 22:30 Uhr UTC) und in den folgenden Tagen auf dem Weg Richtung Guam, bis das Gerät am 6.10.96 um 2:46 Uhr (UTC) abgeschaltet wurde.

Ausgewählte Beispiele

NE-Pazifik

Im Bereich des nordöstlichen Pazifiks vor dem kanadischen Schelf konnte eine gut geschichtete, pelagische Sedimentfolge kartiert werden. Abb. 6.2.1 (21.9.96, 00:40 Uhr UTC bis 1:10 Uhr UTC) zeigt die homogene Abfolge, ohne größere Störungzonen, die eine durchschnittliche Mächtigkeit von ca. 20 m, im Maximum bis 30 m, erreicht. Das Basement zeichnet sich hier durch einen starken akustische Reflektor aus.

Daikakuji Seamount

Während der mehr als 30 stündigen Detailvermessung des ca. 2.000 km² großen Daikakuji Seamounts wurden kontinuierliche Parasound Aufzeichnungen angefertigt.

An den Flanken des Berges konnten nur stellenweise gute seismische Bilder vom Parasound erstellt werden, welche wahrscheinlich auf eine geringmächtige Sedimentdecke am Hang schließen

lassen. Abb. 6.2.2 (1.10.96, 22:00 Uhr UTC bis 22:25 Uhr UTC) zeigt einen Ausschnitt aus dem unteren Bereich einer derartigen Flankenregion mit kleineren Sedimentfallen zwischen den einzelnen Kuppen.

Die im Westen anschließende Tiefsee-Ebene (Abb. 6.2.3, 1.10., 2:20 Uhr UTC bis 2:50 Uhr UTC) ist wiederum durch klar horizontal geschichtete, pelagische Sedimente gekennzeichnet. Diese erreichen stellenweise eine Mächtigkeit von mehr als 30 Metern.

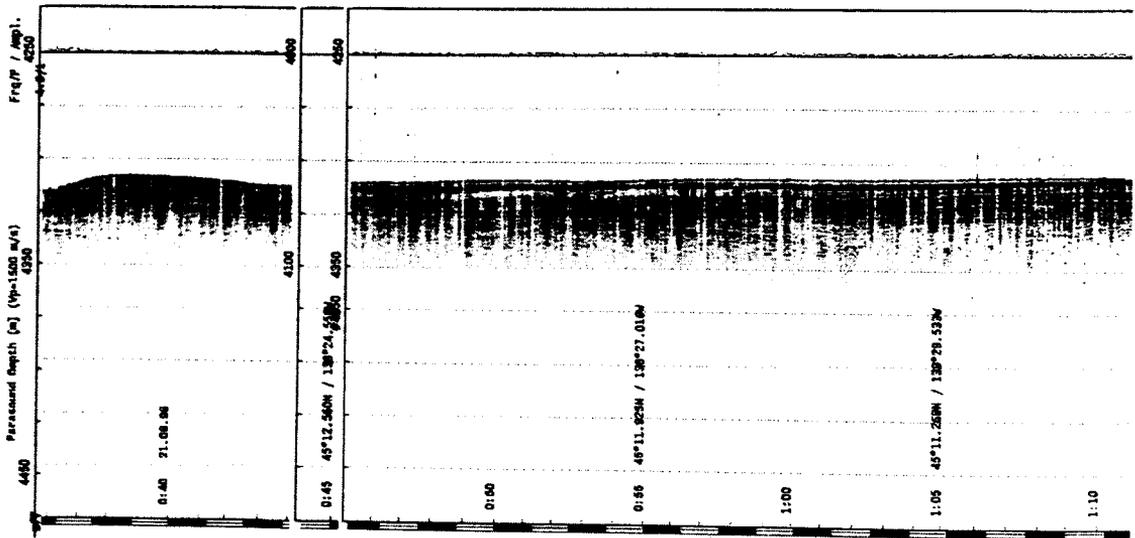


Fig. 6.2.1
Parasound-Sektion aus der Nordost-Pazifischen Ebene

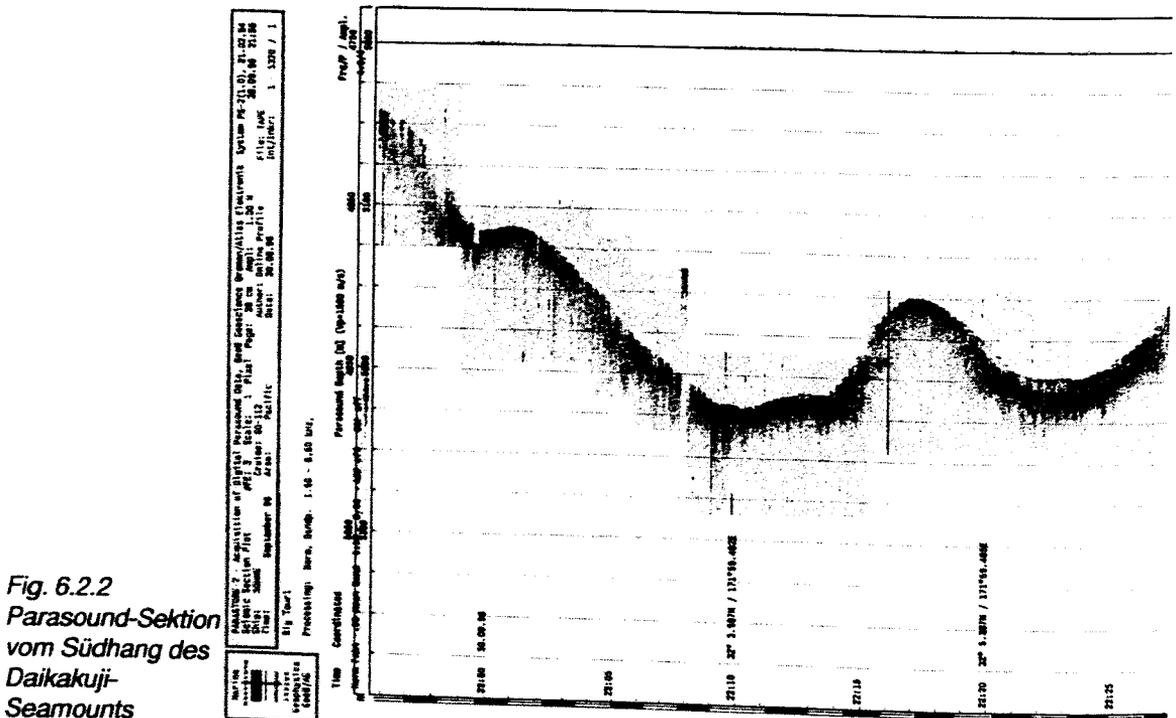


Fig. 6.2.2
Parasound-Sektion vom Südhang des Daikakuji-Seamounts

Insgesamt ist das Gebiet des Daikakuji Seamounts durch unterschiedliche Sedimentmächtigkeiten geprägt. Die südliche Flanke zeigt nur eine geringmächtige Sedimentauflage, während im nördlichen und westlichen Bereich pelagische Sedimente mit mehr als 10 m Mächtigkeit erfaßt werden konnten.

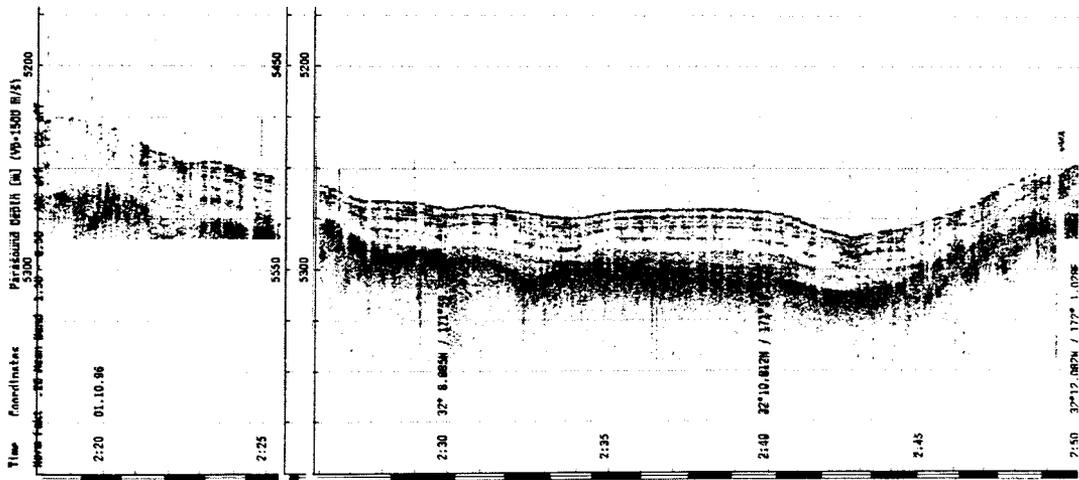


Fig. 6.2.3
Parasound-Sektion vom Südhang des Daikakuji-Seamounts

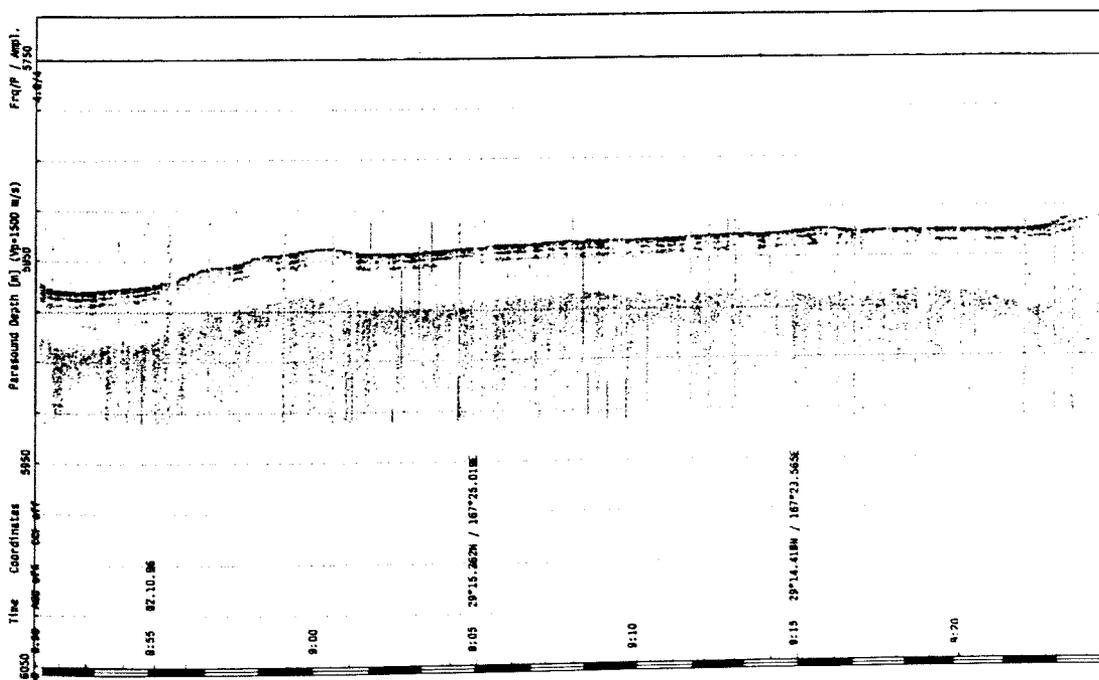


Fig. 6.2.4
Parasound-Sektion aus dem westlichen Pazifik

W Pazifik

Die Tiefsee-Ebenen des westlichen Pazifiks zeichnen sich durch eine geringmächtige Abfolge (max. 10 m), schwach geschichteter pelagischer Sedimente aus (Abb. 6.2.4, 2.10.96, 8:55 Uhr UTC bis 9:20 Uhr UTC). Die Sedimentoberfläche ist dabei durch eine hohe Amplitude gekennzeichnet.

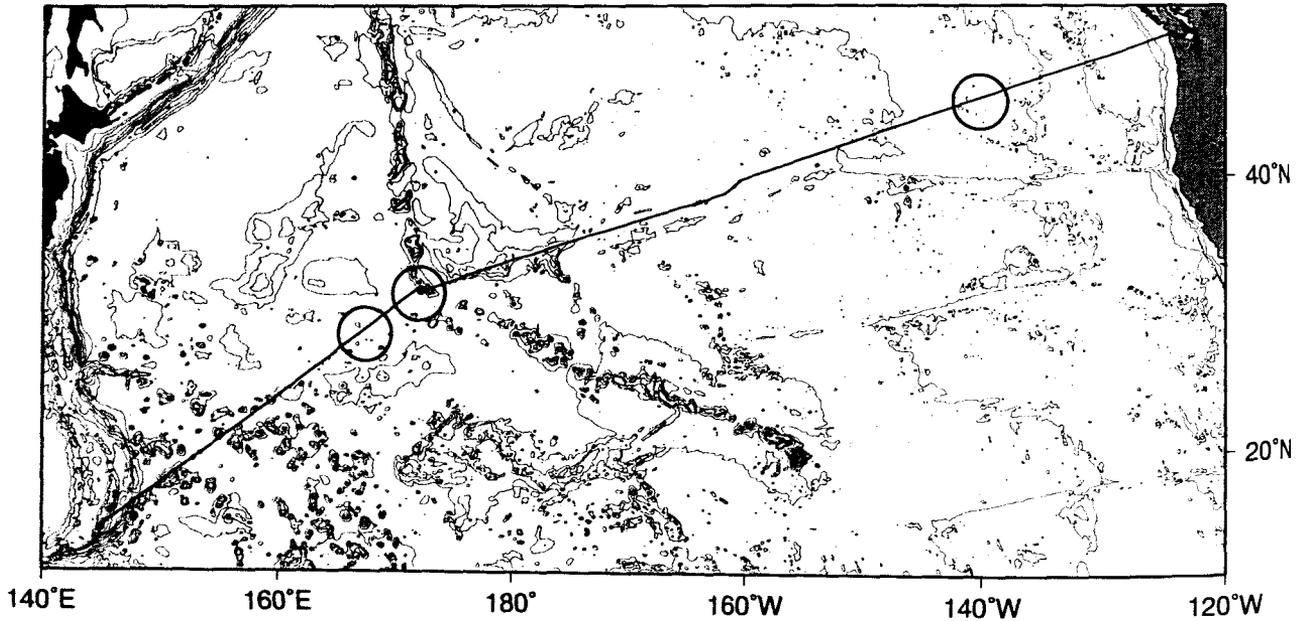


Abb. 6.2.5

Lage der Beispiele in den Abbildungen 6.2.1 bis 6.2.4. Die Beispiele 6.2.2 und 6.2.3 fallen in den mittleren Kreis.

6.3 SAMPLING AND ANALYSIS OF CH₄ AND CO₂

(M. Eek)

Concentrations of the two gases were measured in both air and surface water using a gas chromatograph equipped with a methanizer in which CO₂ is converted to, and measured as CH₄, (cf. 5.2.3).

The sampling sequence was set to give an air measurement every 40 min. and a water measurement every 20 min. This provided approximately 36 air, and 72 water measurements daily. During the hydrosweep survey of Daikakuji Seamount the sampling frequency was 1 measurement/hour for air and 4 measurements/hour for water.

For a detailed description of the equipment and the seawater system see Suess (1994) pp. 175-178, 189-190.

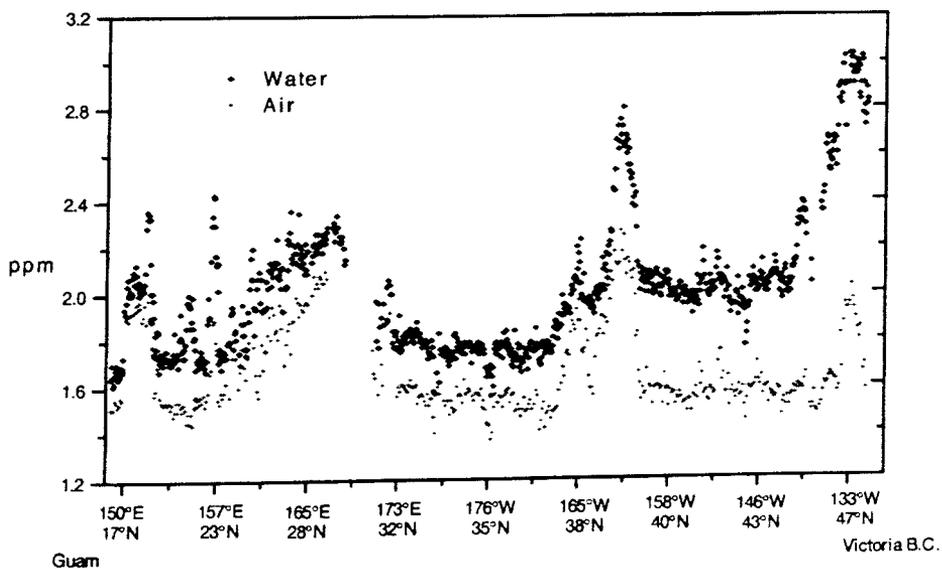


Figure 6.3.1 Partial pressure of methane, pCH_4 , in overlying air and surface water along the transect from Victoria B.C. to Guam.

POM and DIC sampling

A total of 139 Particulate Organic Matter (POM) and 139 Dissolved Inorganic Carbon (DIC) samples were taken from the "seawater" system during the duration of the cruise. POM samples were collected by filtering ca 100-250 liter of seawater onto 47 mm glass-fiber filters which were immediately frozen. A DIC sample, consisting of 10 ml seawater injected into a vacuutainer, was taken in the beginning of each POM sample period.

The samples will be analyzed for stable carbon isotope ratios at University of Victoria.

Preliminary Results

Methane

Partial pressure of methane in both overlying air and in surface water along the transect shows a spatial variability where the partial pressure in water vary the most with a variability of over 1 ppm (Fig. 6.3.1).

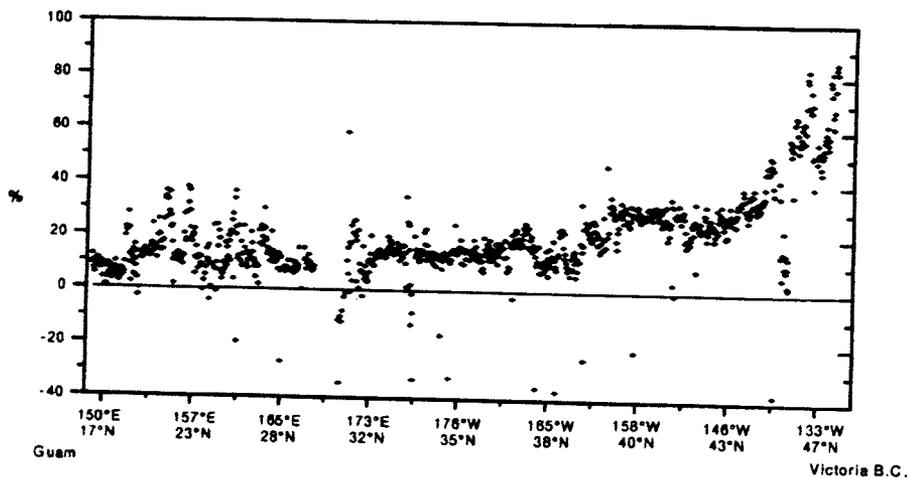


Figure 6.3.2 Degree of saturation of methane in surface waters along transect

The degree of saturation can be estimated by comparing the calculated equilibrium concentration in surface water based on the partial pressure in overlying air with the observed values, Fig 6.3.2. The preliminary data indicates that the surface waters along the transect were consistently oversaturated with methane.

Carbon dioxide

Partial pressure of carbon dioxide was also measured in both air and surface waters. Here the variability in surface waters is about ± 40 ppm while the air measurements vary slightly around 355 ppm (Fig 6.3.3).

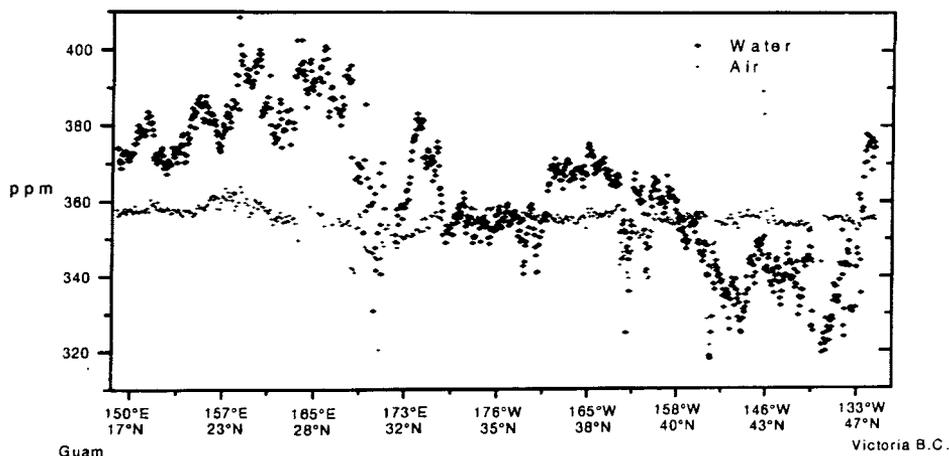


Figure 6.3.3 Partial pressure of carbon dioxide, pCO_2 , in overlying air and surface water along the transect from Victoria B.C. to Guam.

Carbon dioxide does not show the same saturation pattern as methane. Surface waters in North East Pacific are undersaturated with regards to CO_2 , while the south west corner of the North Pacific is oversaturated, consistent with equatorial upwelling and increasing surface temperature (Fig. 6.3.4).

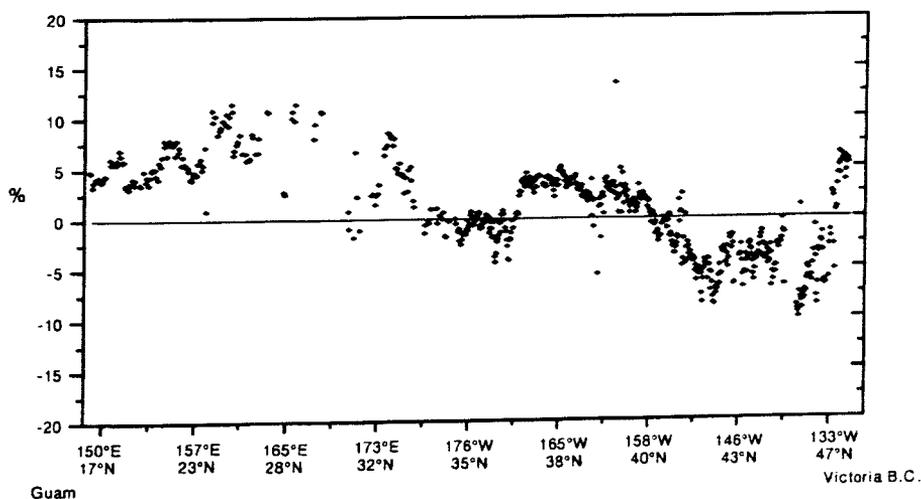


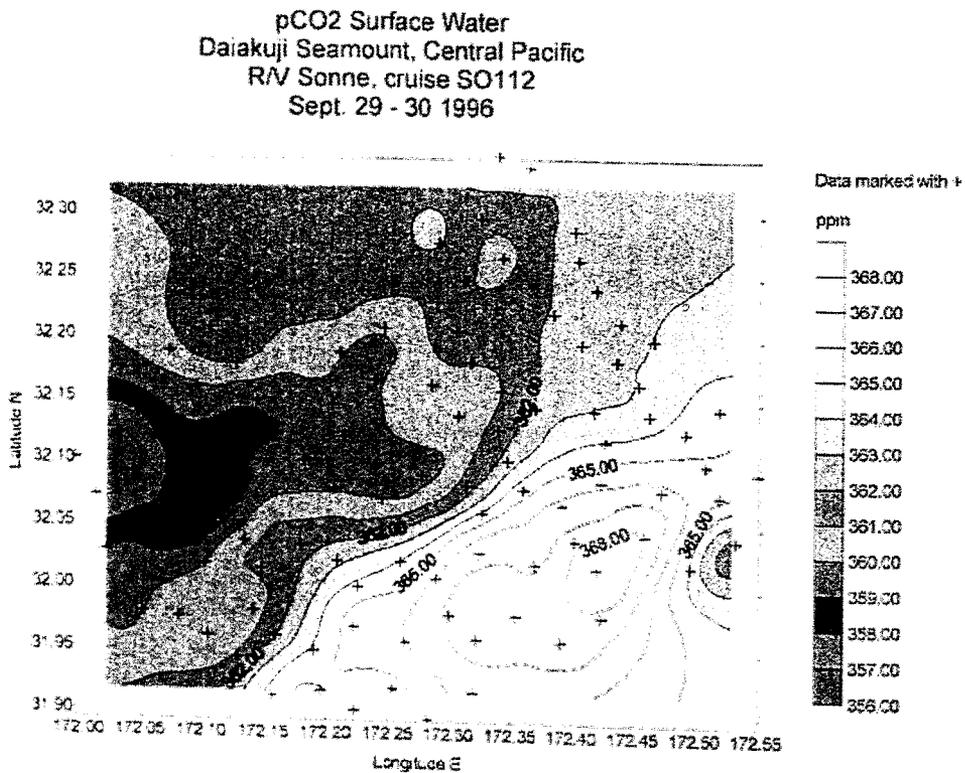
Figure 6.3.4 Degree of saturation of carbon dioxide in surface waters along the transect

Gas measurements during hydrosweep survey of Daikakuji Seamount

The 30 hour hydrosweep survey of Daikakuji Seamount covered an area of 40 by 40 km and provided an excellent opportunity to investigate spatial variability of dissolved gases on a small scale. The measurements were conducted in the same way as during the transect with the exception of a more intense water sampling (Air: 1 sample h-1, Water: 4 samples h-1).

The initial results shows that pCO₂ in the survey area varied within 10 ppm (Fig. 6.3.5) and pCH₄ within 0.5 ppm, however when normalized to temperature and salinity the variability is expected to decrease.

The data set produced during this cruise, ca 2000 data points for each gas (CH₄ and CO₂) and about 800 control measurements, will be analysed in detail at a later date. The data will provide estimates of the CH₄ and CO₂ flux between ocean and atmosphere across the North Pacific.



7 DANKSAGUNG

Die Forschungsfahrt SO112 wurde finanziert durch eine Zuwendung des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (03G0112A). Unserer besonderer Dank gilt Kapitän H. Bruns und der Besatzung des FS SONNE, die uns während der gesamten Fahrt tatkräftig und umsichtig unterstützt haben.

8 LITERATUR

Atwater, T., and Severinghaus, J. (1989)

Tectonic Maps of the Northeast Pacific,

in: Winterer et al.: The Geology of North America, Vol. N: The Eastern Pacific Ocean and Hawaii, 15-20

Batiza, R. (1989)

Seamount and Seamount Chains of the Eastern Pacific,

in: Winterer et al.: The Geology of North America, Vol. N: The Eastern Pacific Ocean and Hawaii, 289-306

Clague, D.A., and Dalrymple, G.B. (1987)

Geologic Evolution of the Hawaiian Emperor Volcanic Chain, in: Decker et al., Volcanism in Hawaii, U.S.G.S Prof. Paper 1350, 5-54

Dalrymple, G.B., and Clague, D.A. (1976)

Age of the Hawaiian-Emperor Bend, Earth and Planetary Science Letters 31, 313-329

Dalrymple, G.B., Clague, D.A., Garcia, M.O., Bright, S.W. (1981)

Petrology and K-Ar Ages of Dredged Samples from Laysan Island and Northampton Bank Volcanoes, Hawaiian Ridge, and Evolution of the Hawaiian-Emperor Chain: Summary, Geol. Soc. Am. Bull. 92, 315-318

Dauteuil, O. (1995)

Fault Pattern from Seabeam Processing: The Western Part of the Blanco Fracture Zone (NE Pacific), Mar. Geophys. Res. 17, 17-35, 1995

Flüh, E., von Huene, R., et al. (1994)

Fahrtbericht SO-96, KODIAKSEIS GEOMAR Kiel

Hey et al. (1986)

Sea Beam/Deep Tow Investigation of an Active Ocean Propagating Rift System, Galapagos 95.5° W, JGR 91 B3, 3369-3393, 1986

Jackson, E.D, Silver, E.A., Dalrymple, G.B. (1972)

Hawaiian Emperor Chain and its Relation to Cenozoic Circumpacific Tectonics, Geol. Soc. Am. Bull. 83,

601-618

Knickmeyer, E.T. (1996)

Hochgenaues Differential-GPS, Proc. 11th Annual Meeting of the German Hydrographic Society, Glücksburg, 3.-5.6.1996

Kudrass, H.R. et al. (1995)

Geowissenschaftliche Untersuchungen Off- und Onshore Zentralanden an der aktiven Südostpazifischen Subduktionszone - Fahrtbericht SO104 CINCA
BGR Hannover

Menard, H. W. (1984)

Origin of Guyots; The Beagle to Seabeam, Journal of Geophysical Research, 89, 11117-11123

Morgan, W.J. (1972)

Deep Mantle Convection Plumes and Plate Motion, American Association of Petroleum Geologists Bulletin 56, 203-213

Sandwell, D.T., and W.H.F. Smith (1995)

Marine Gravity From Satellite Altimetry, The Geological Data Center, Scripps Inst. of Oceanography, La Jolla, CA92093

Seeber, G. (1996)

Stand und Einsatzmöglichkeiten von GPS - ein Überblick, Proc. 11th Annual Meeting of the German Hydrographic Society, Glücksburg, 3.-5.6.1996

Steenstrup, P.R. (1996)

Multibeam Systeme - Kalibrierungs- und Qualitätskontrollverfahren, Proc. 11th Annual Meeting of the German Hydrographic Society, Glücksburg, 3.-5.6.1996

Suess, E. et al: (1994)

Fahrtbericht SO-97 KODIAK-VENT, GEOMAR Report 29, Kiel

von Huene, R., Corvalan, J., Korstgard, J. et al. (1995)

Fahrtbericht zur Forschungsreise SO101 - CONDOR, GEOMAR Kiel

Wessel, P., and W.H.F. Smith (1991)

Free Software Helps Map and Display Data, EOS Transactions Am.Geophys.Union 72, 441,445-446

Wilson, J.T. (1963)

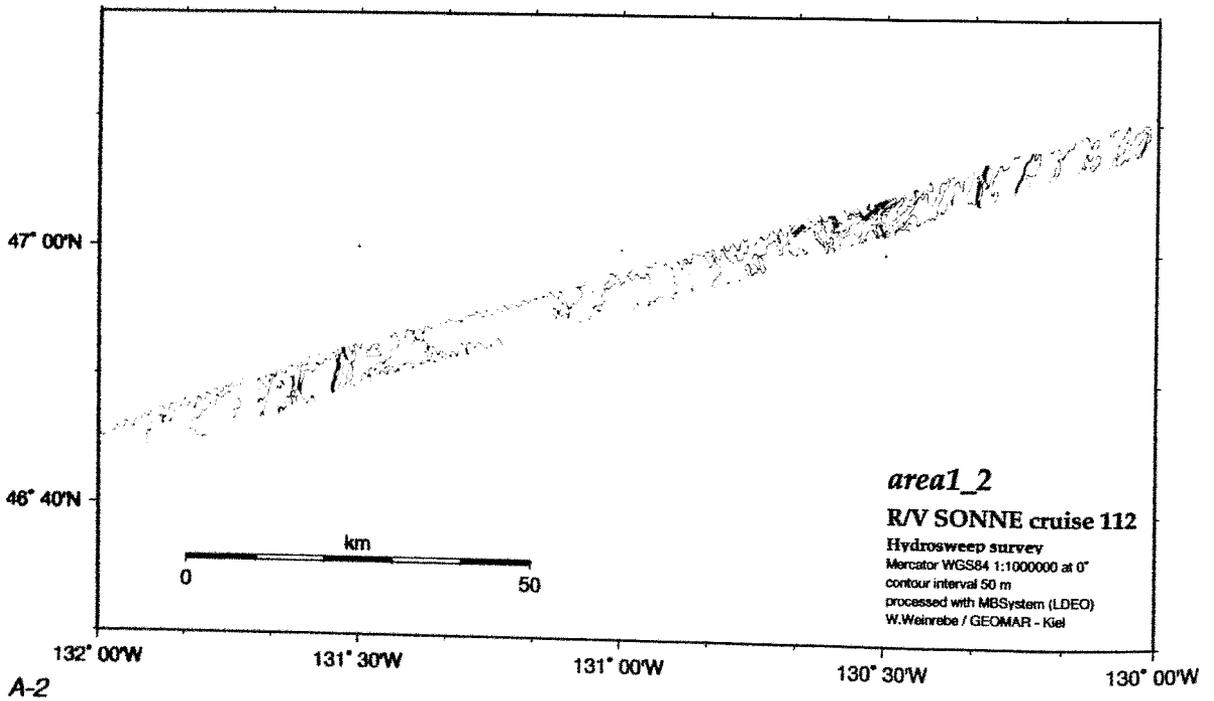
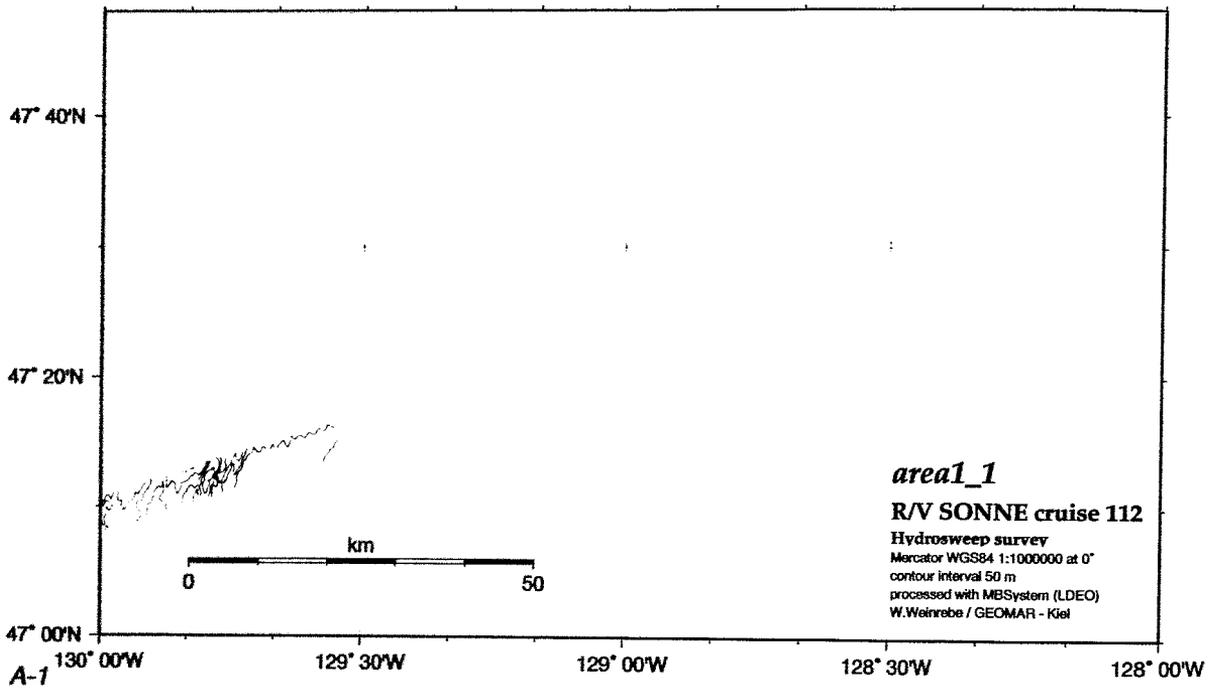
A Possible Origen of the Hawaiian Islands, Can. J. Phys. 41, 863-870

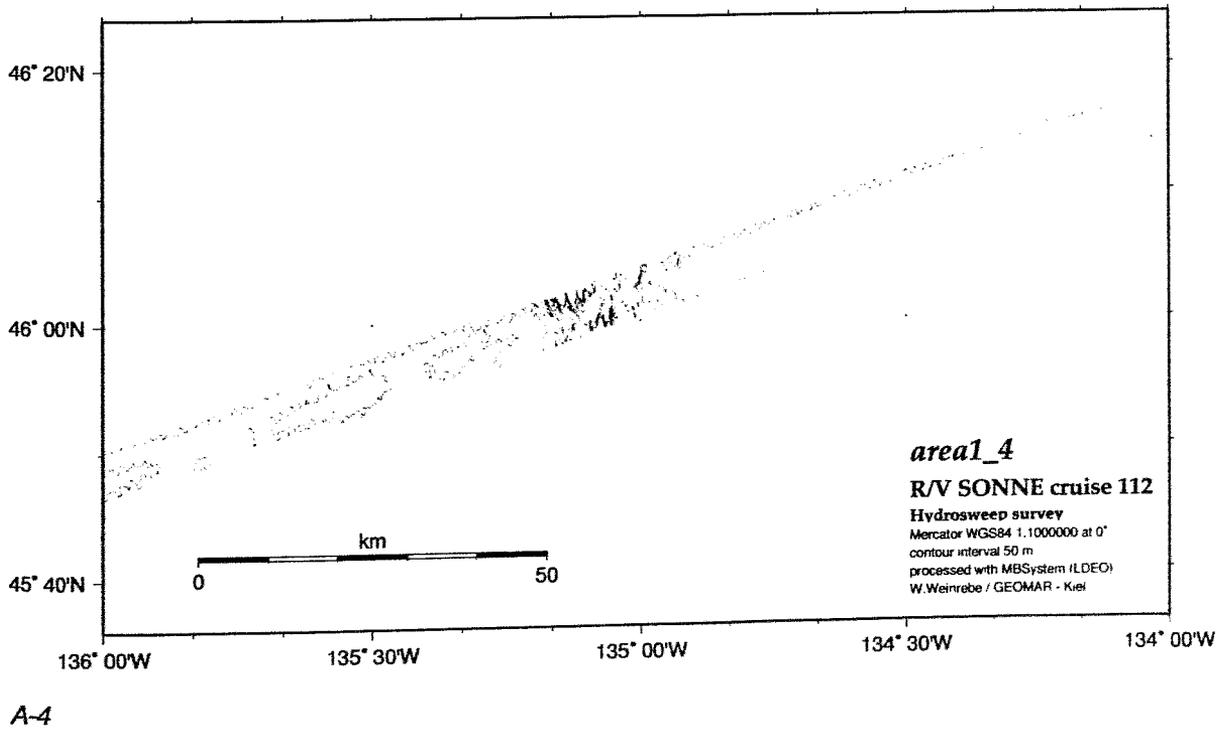
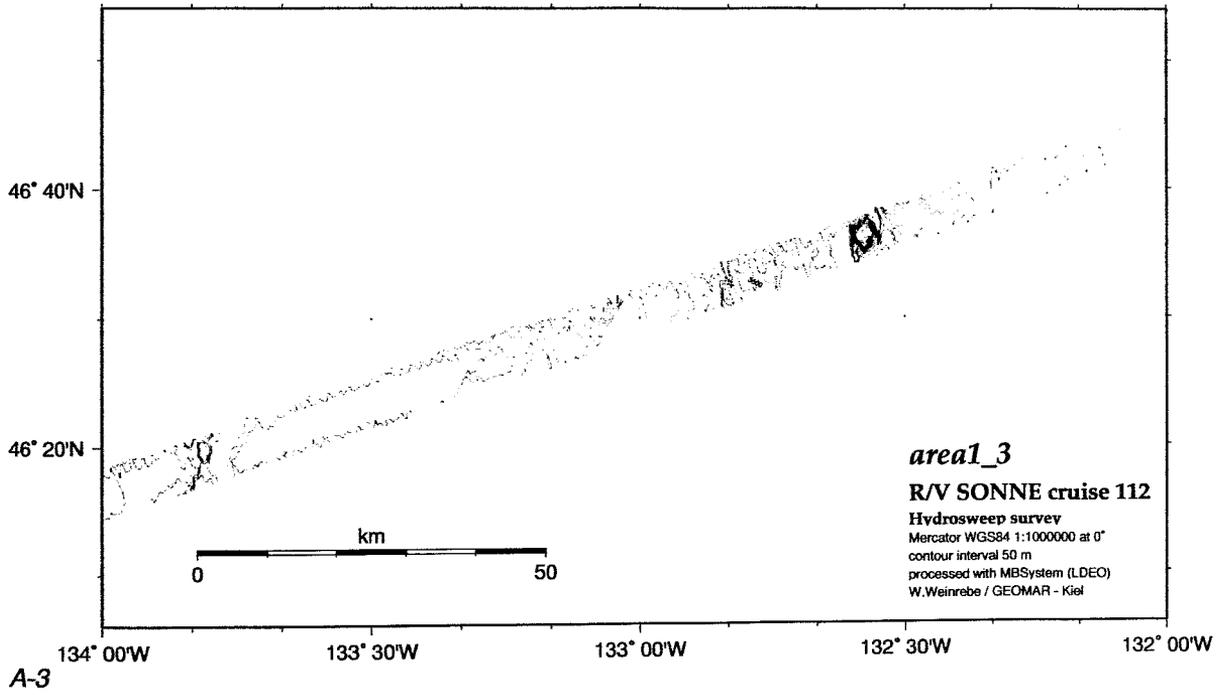
9 ANHANG

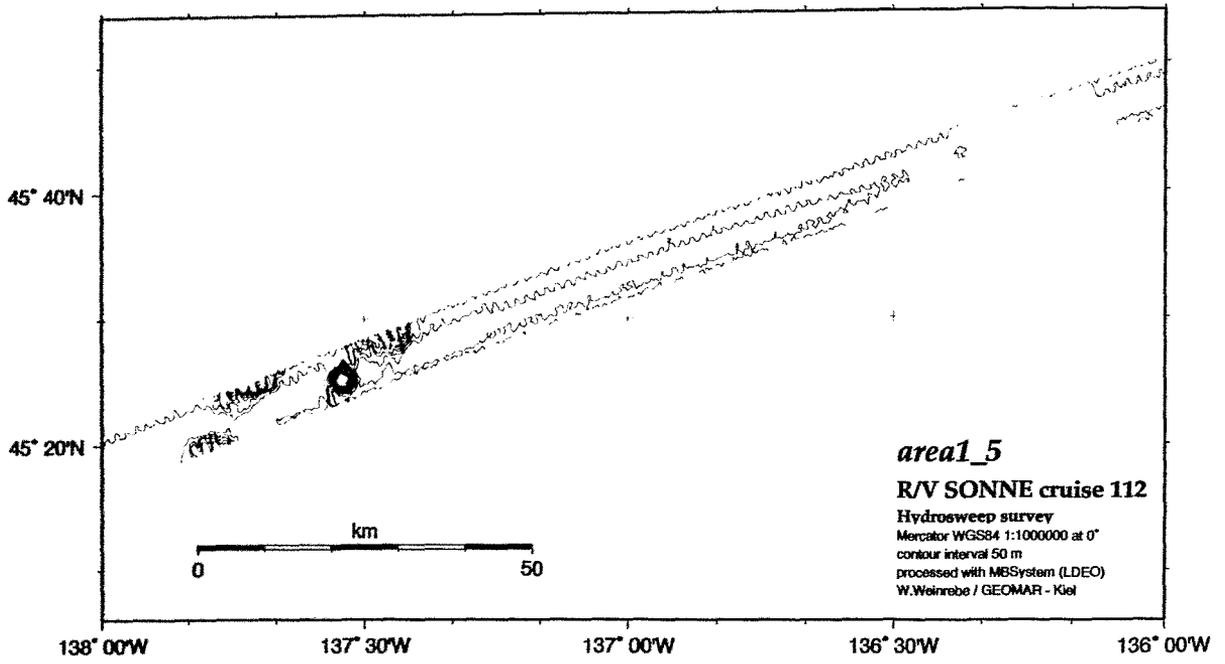
Hydrosweep-Kartierungen während der Fahrt SO112 von Victoria, B.C., nach Apra Harbor, Guam, vom 17.9. bis 8.10.1996.

Die Daten wurden vorläufig routinemäßig bearbeitet. Einige Bereiche enthalten noch Störungen und Artefakte. Die Ergebnisse sind dargestellt jeweils in 2°-Abschnitten in den Abbildungen A-1 bis A-49.

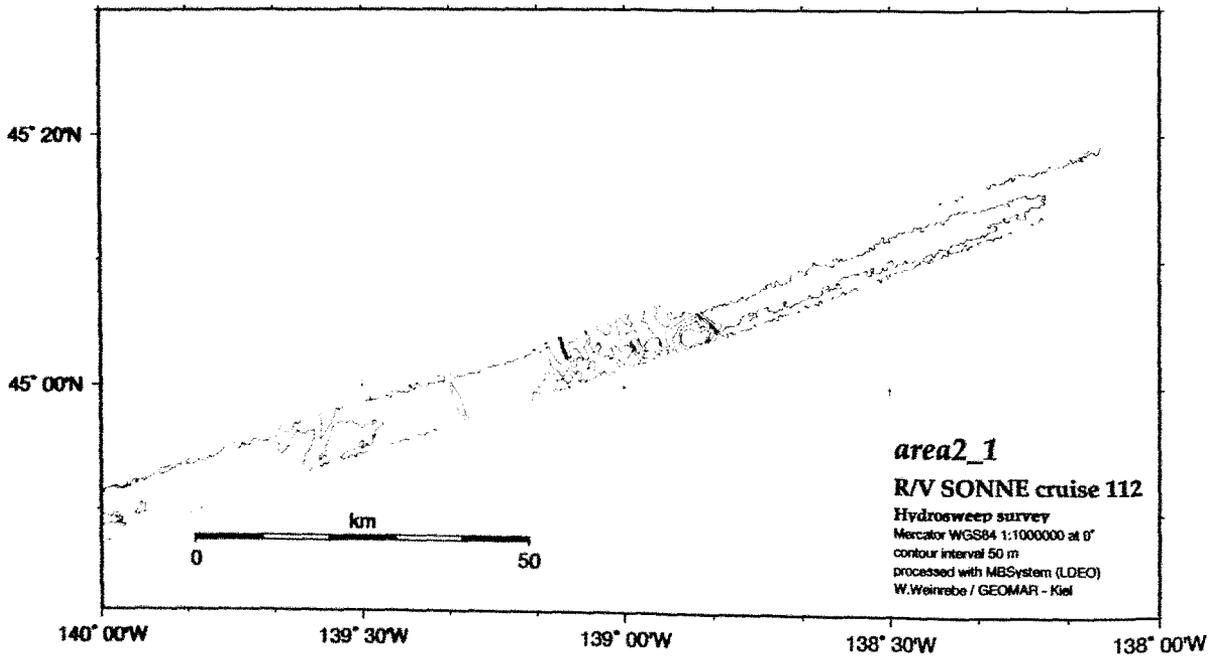
Der in den Abbildungen eingedruckte Maßstab ist durch die Skalierung ins Druckformat verändert.



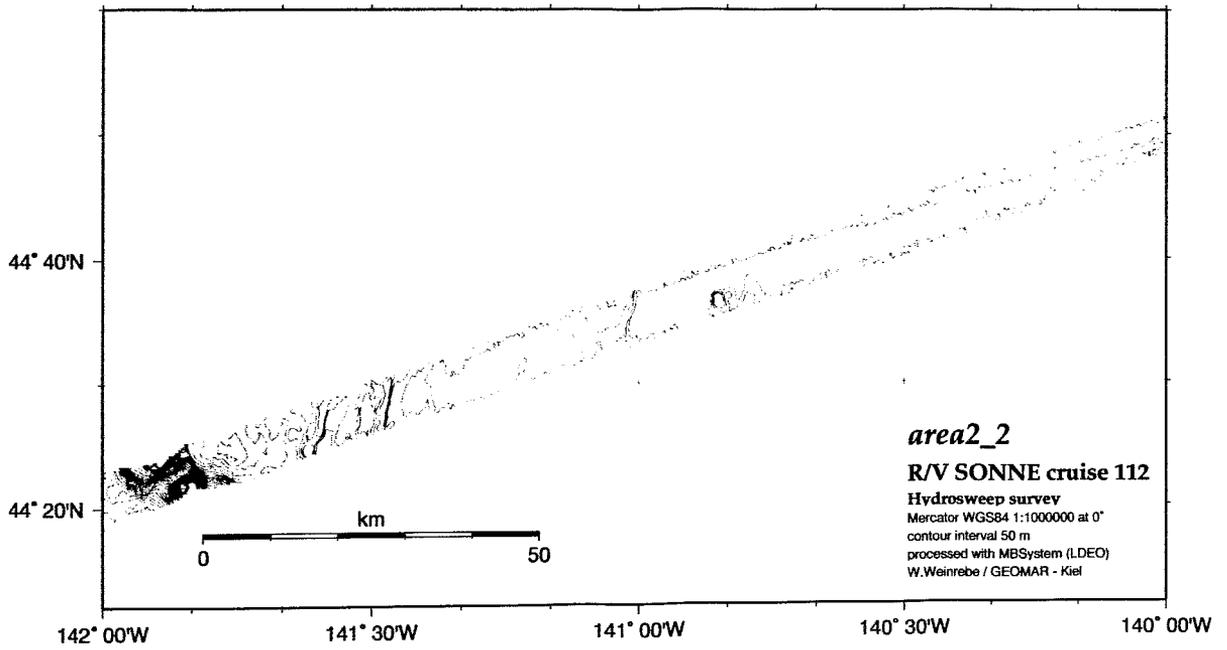




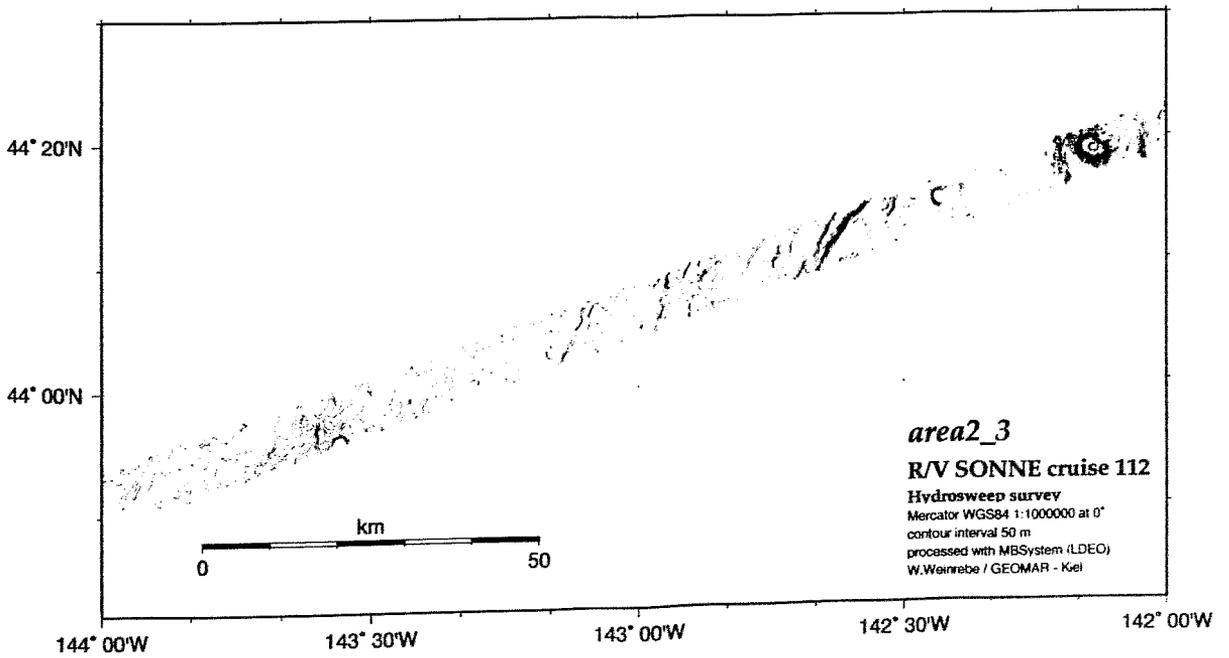
A-5



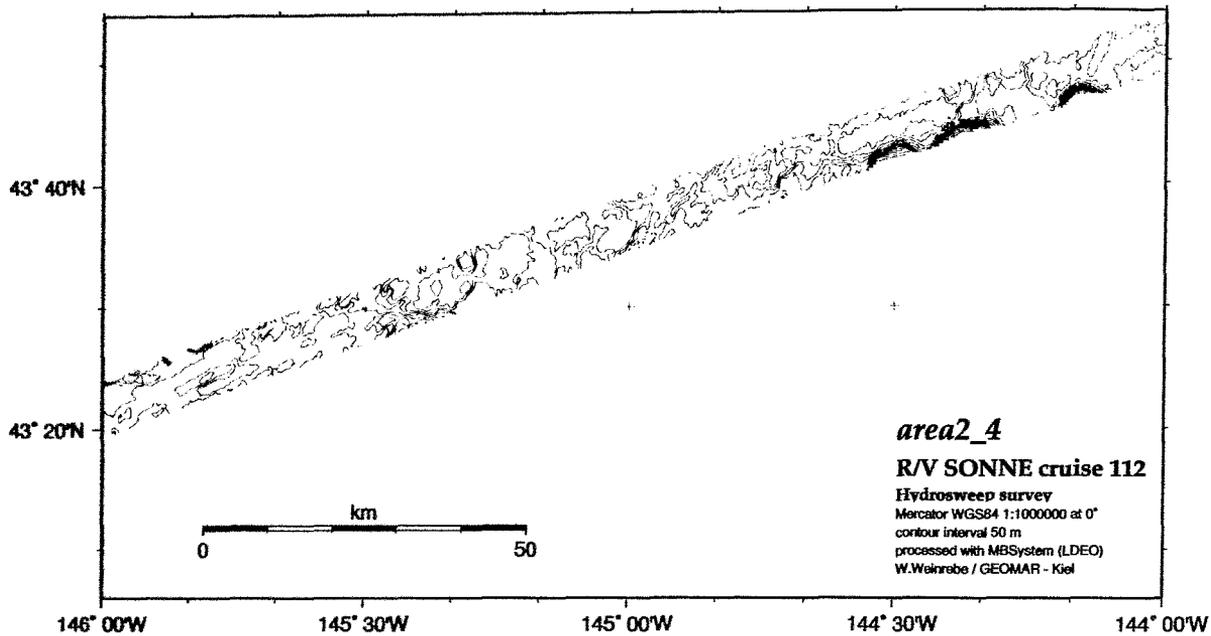
A-6



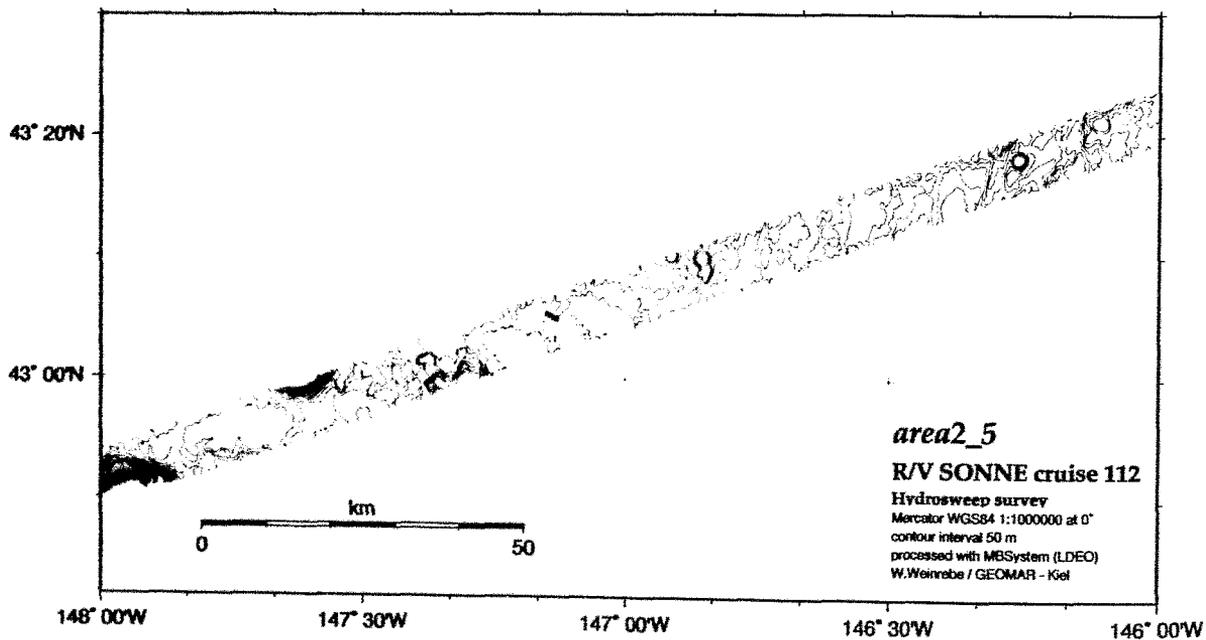
A-7



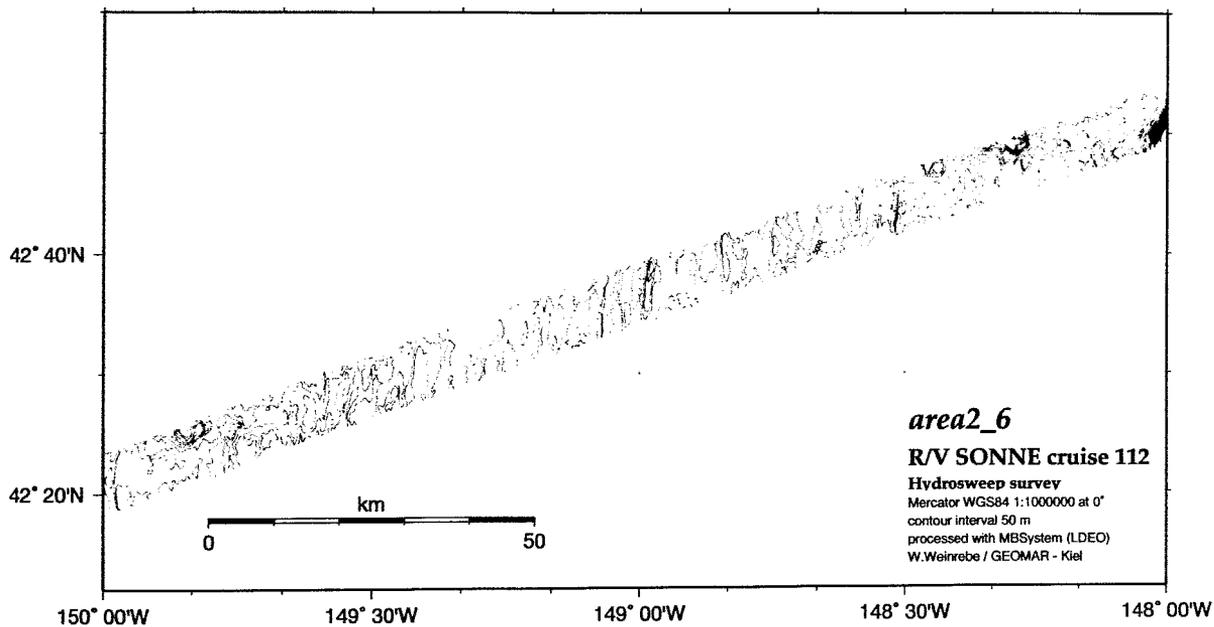
A-8



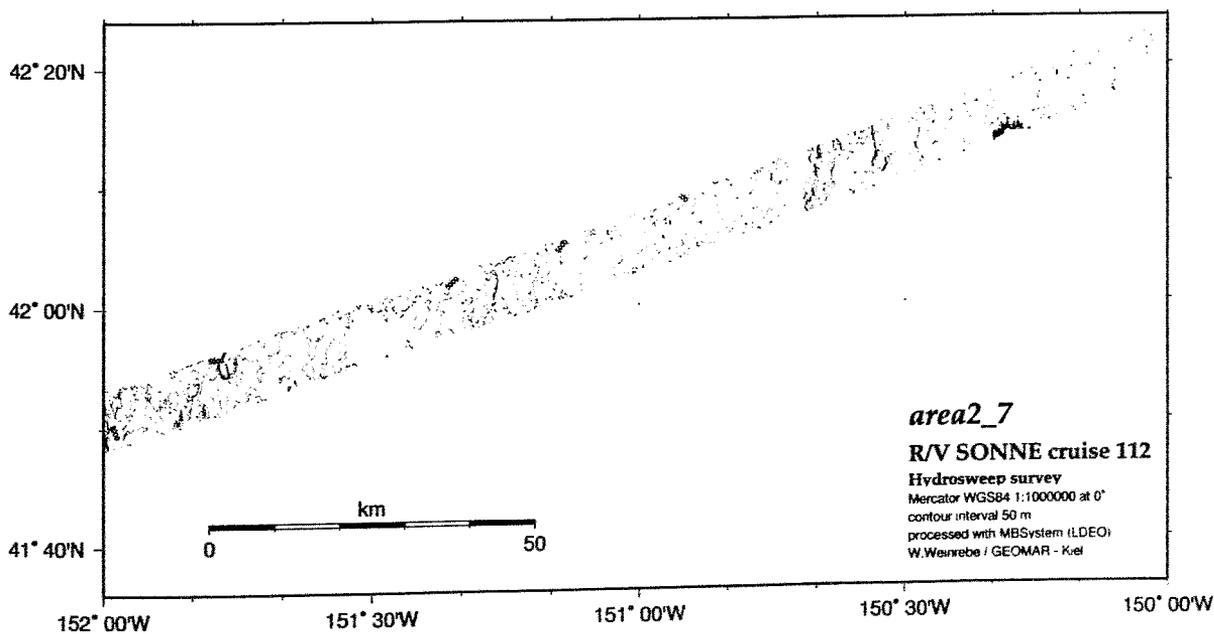
A-9



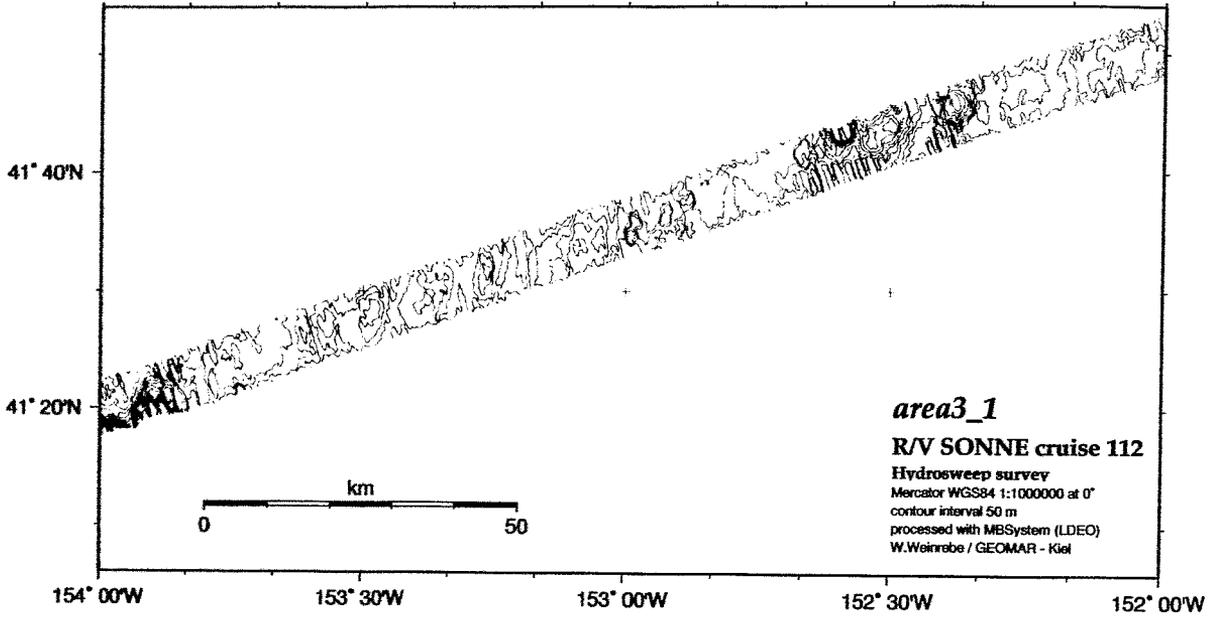
A-10



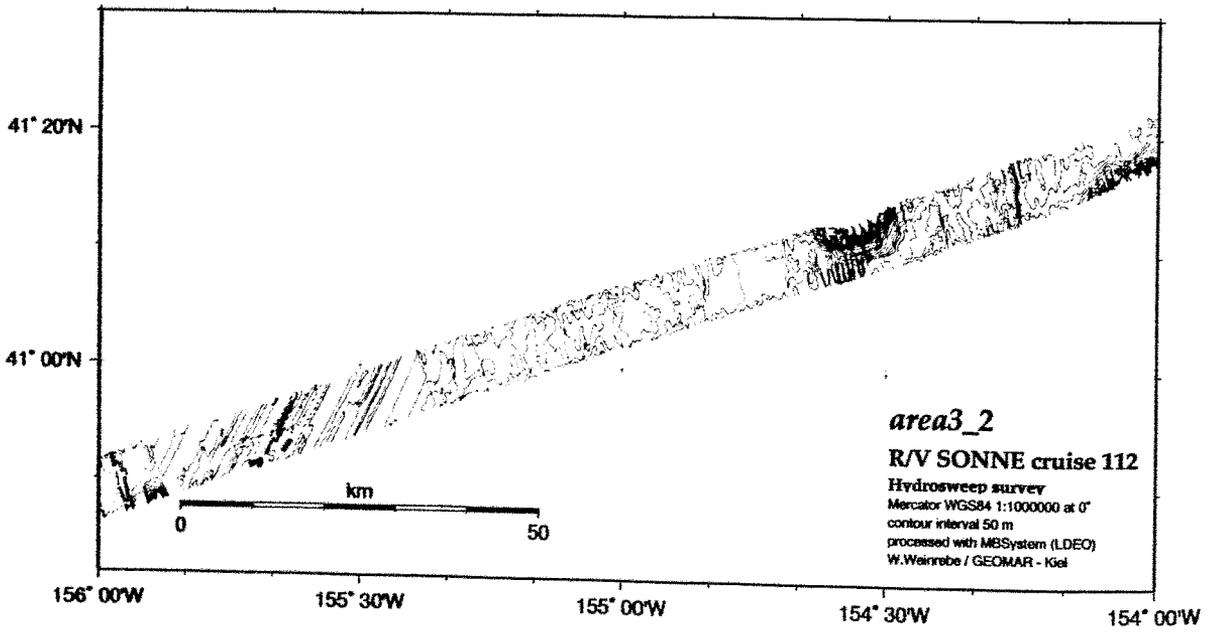
A-11



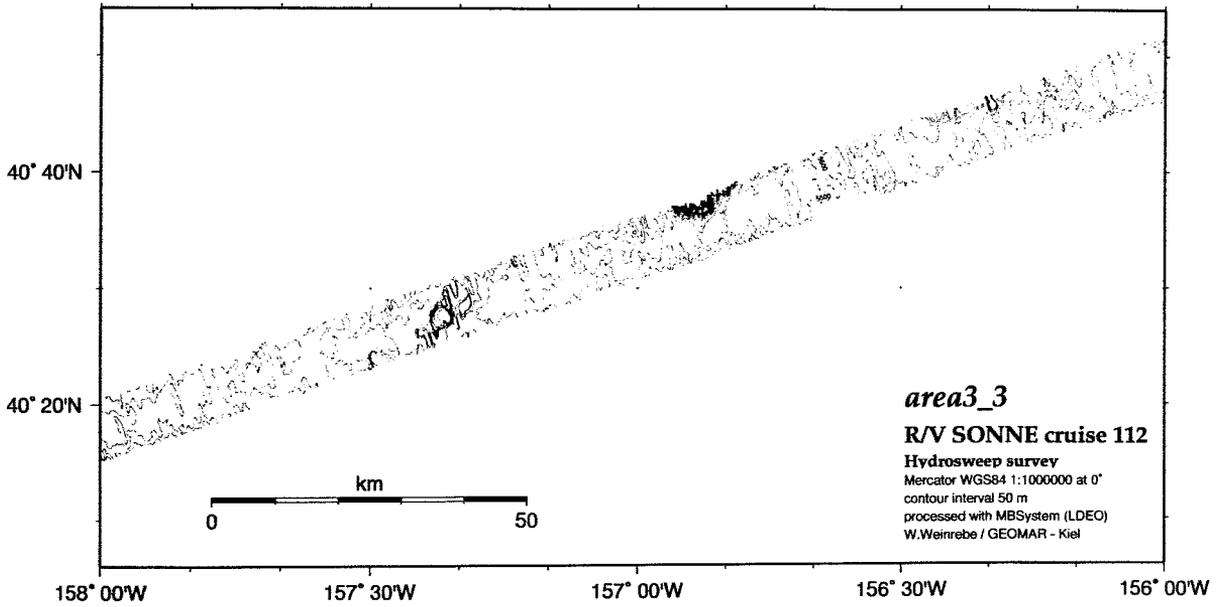
A-12



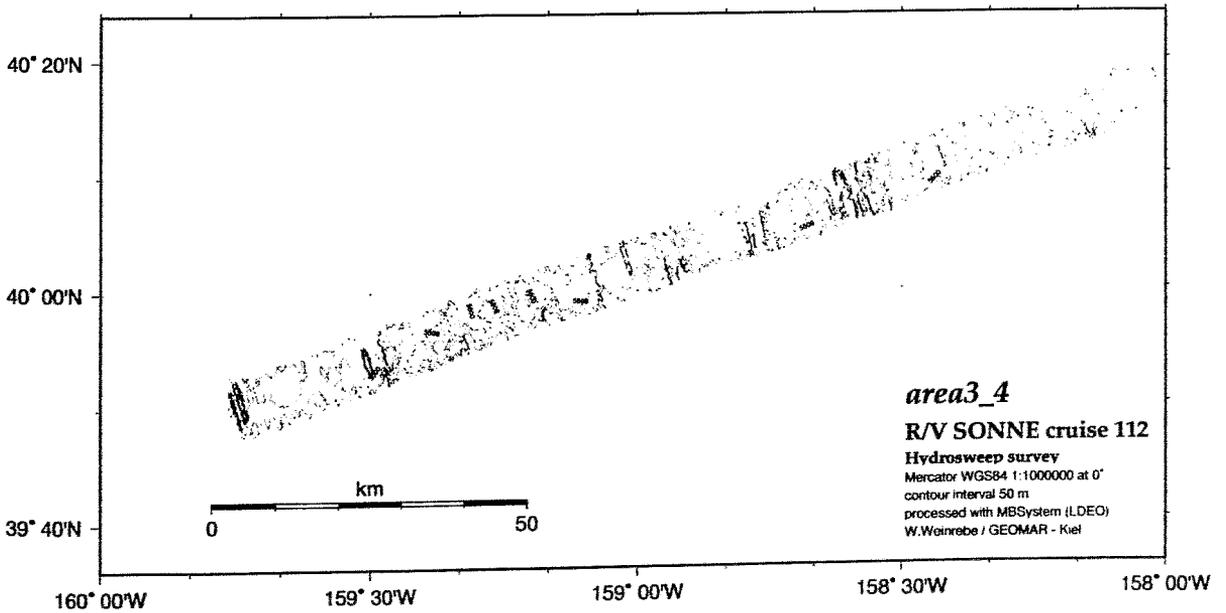
A-13



A-14



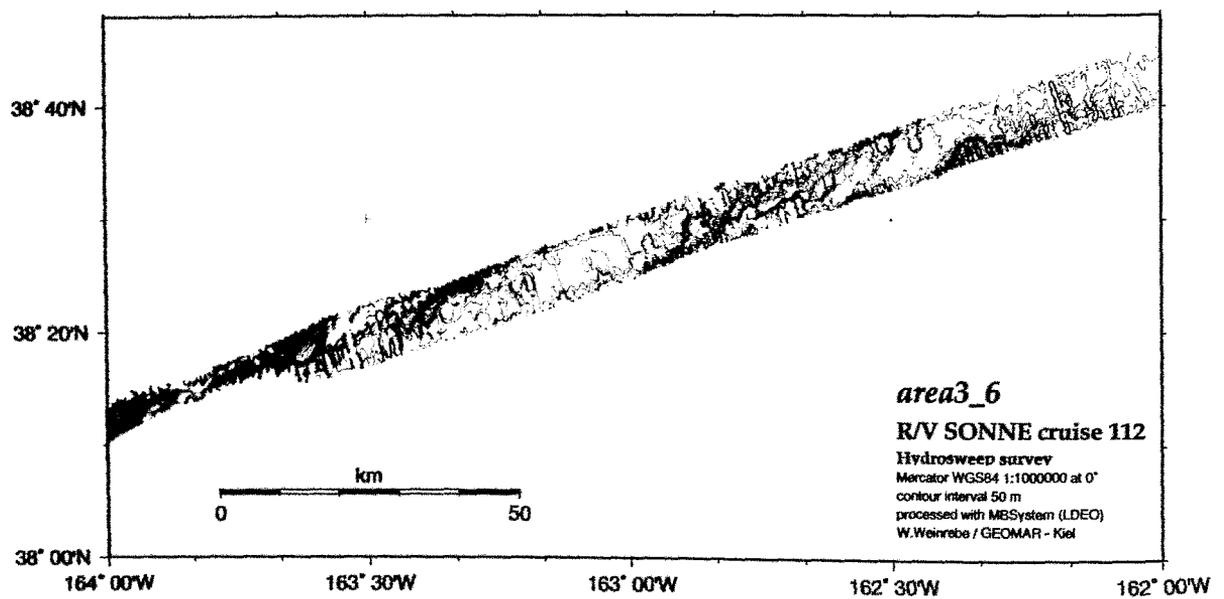
A-15



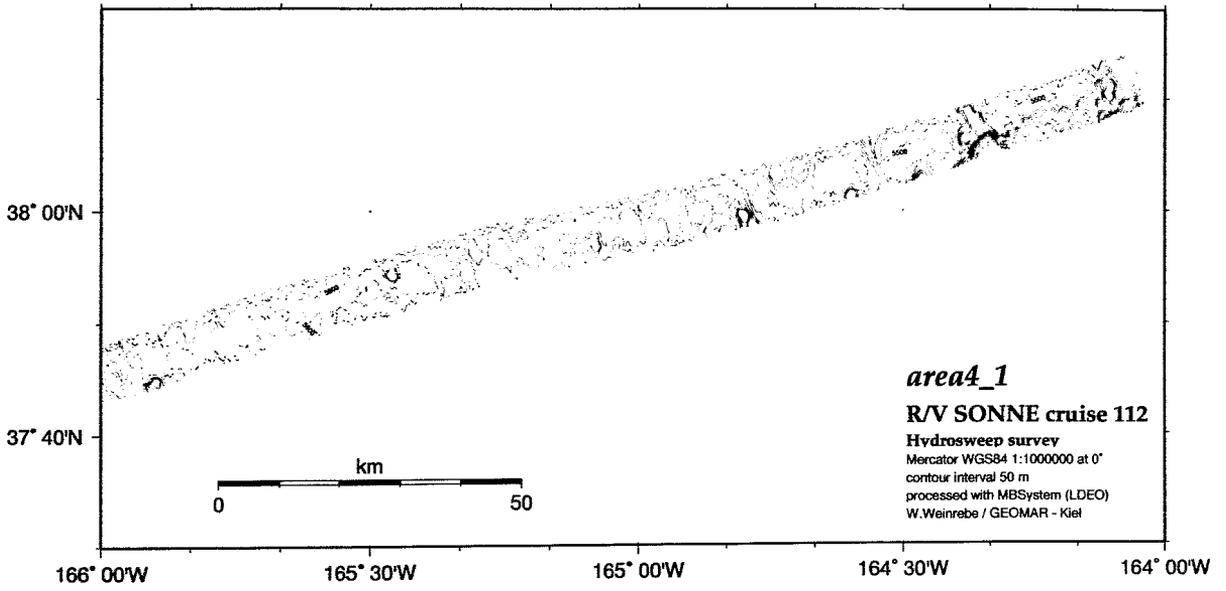
A-16

Während des Sturmes konnten keine Aufzeichnungen mit dem Hydrosweepsystem durchgeführt werden.

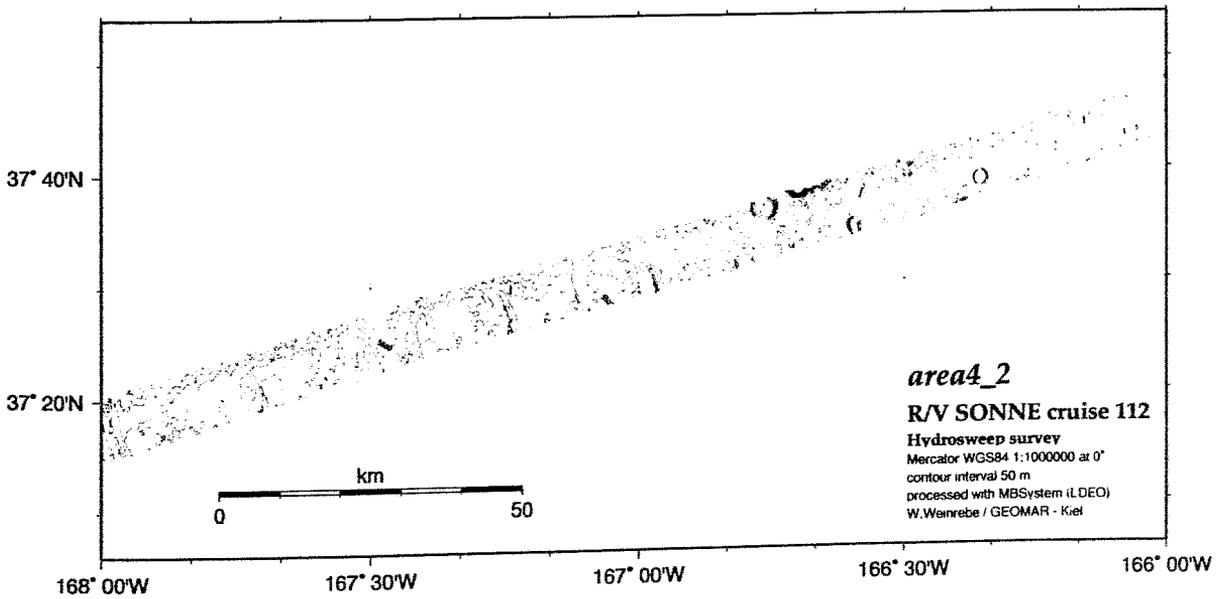
A-17



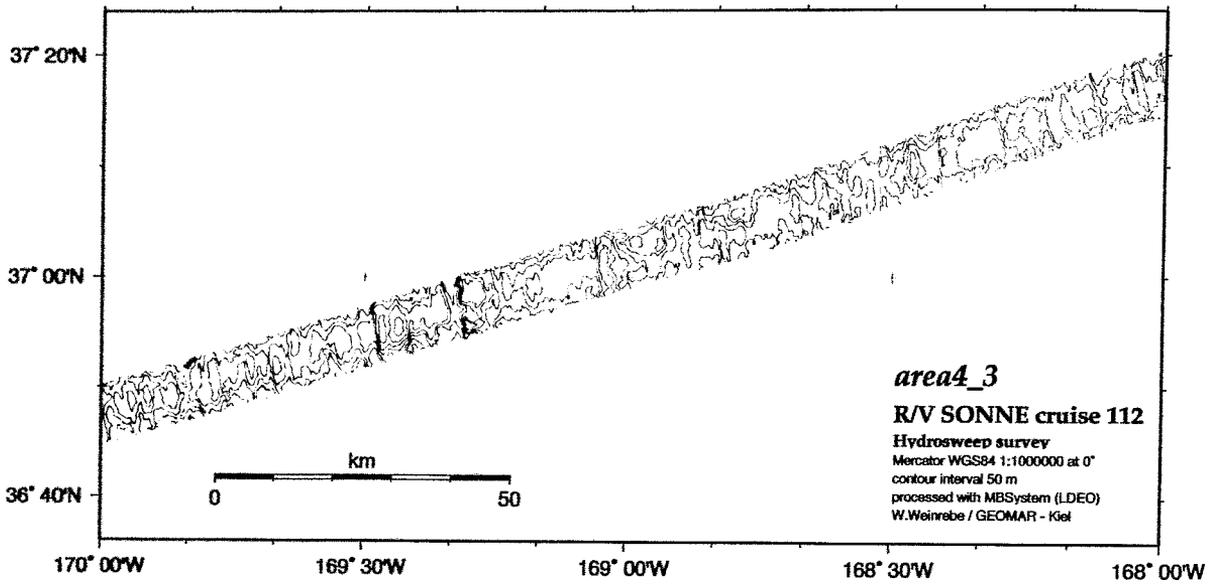
A-18



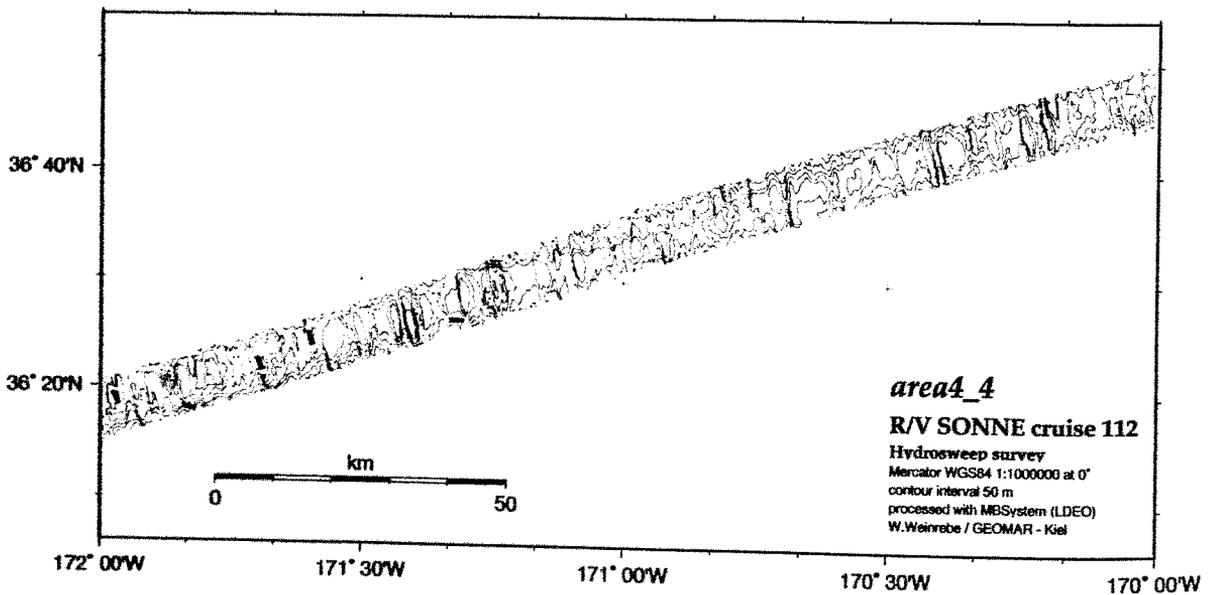
A-19



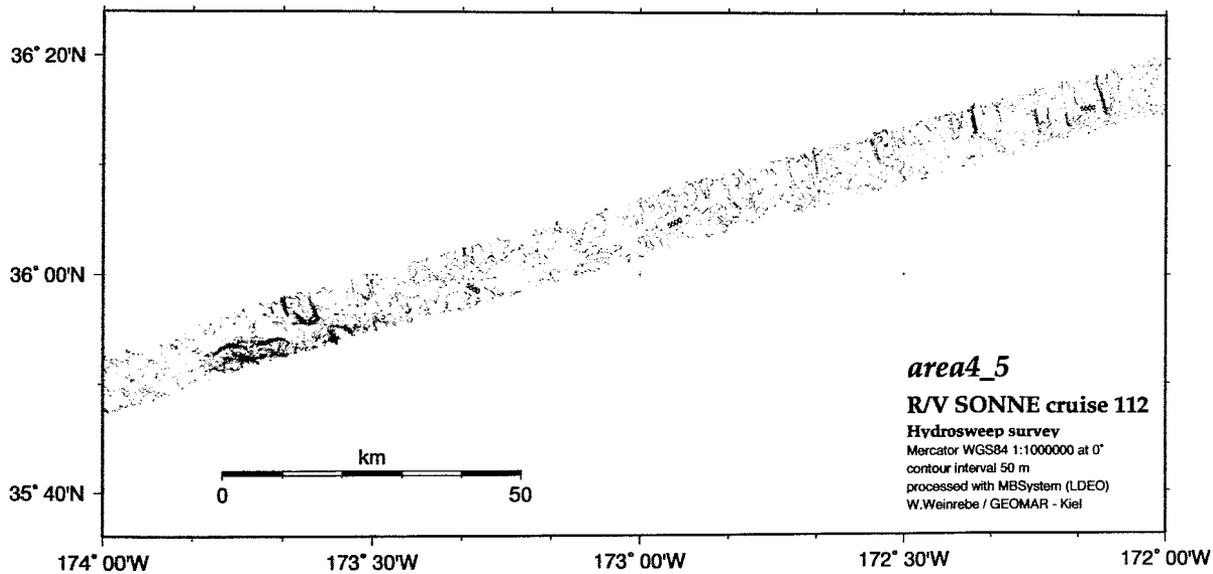
A-20



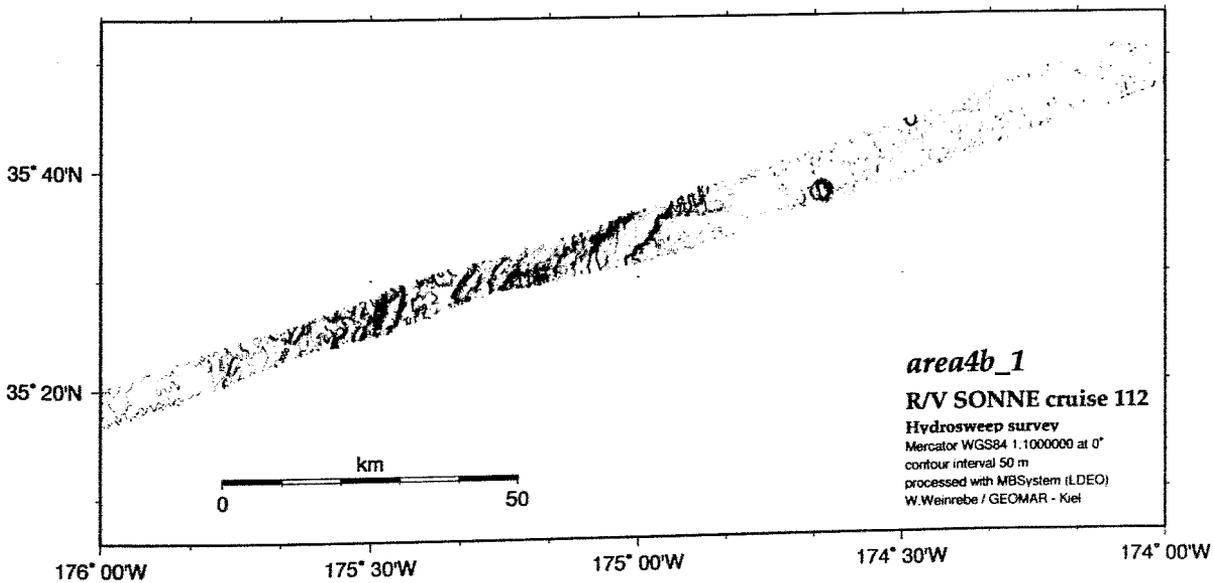
A-21



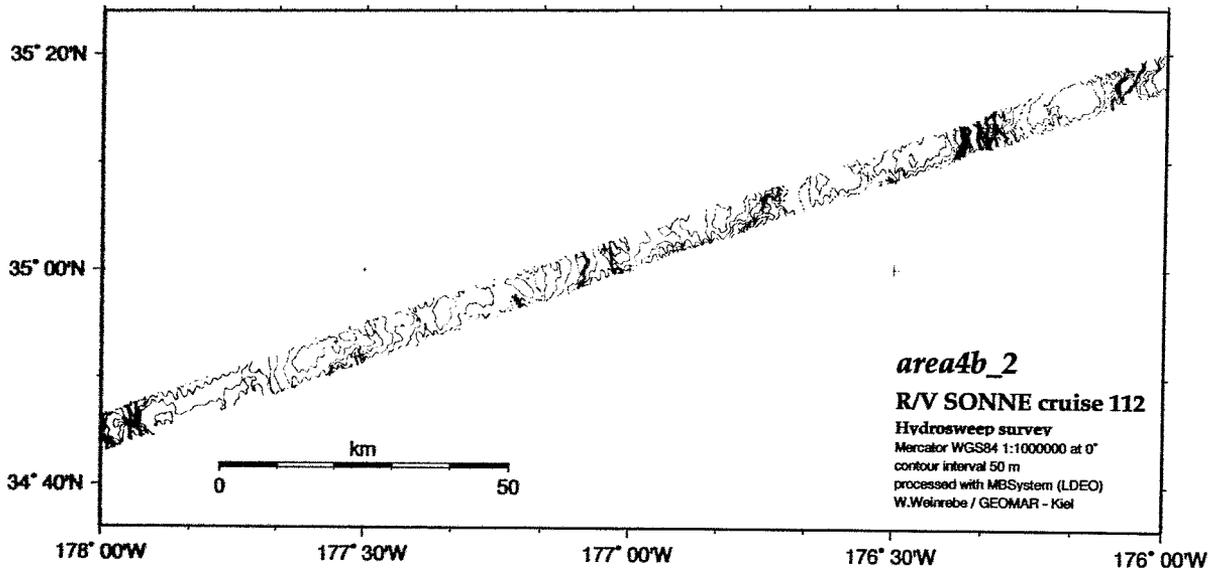
A-22



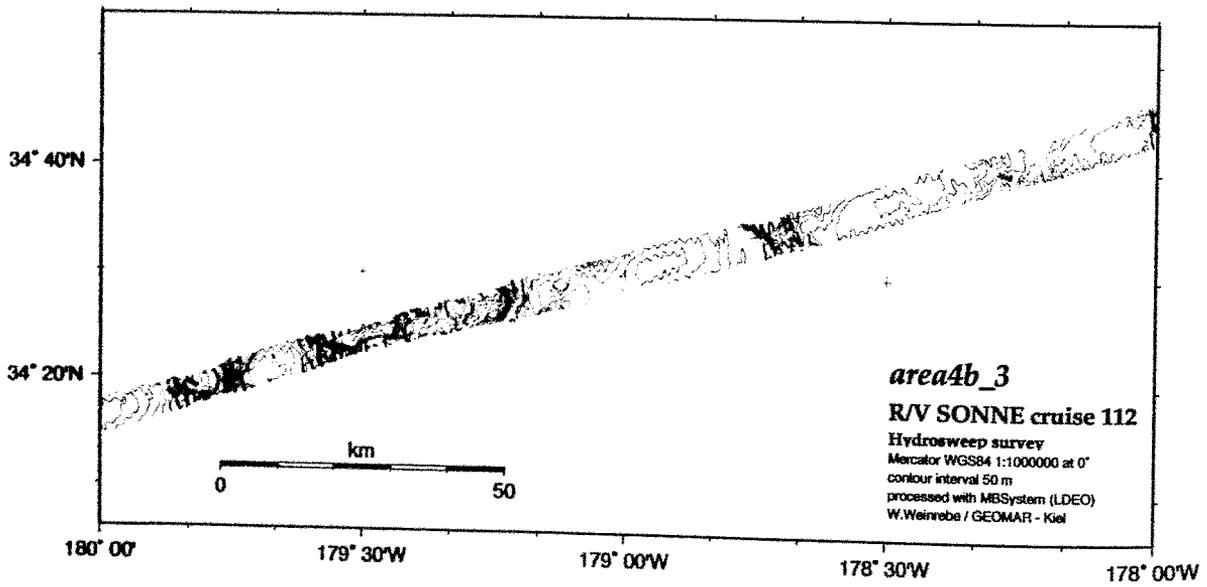
A-23



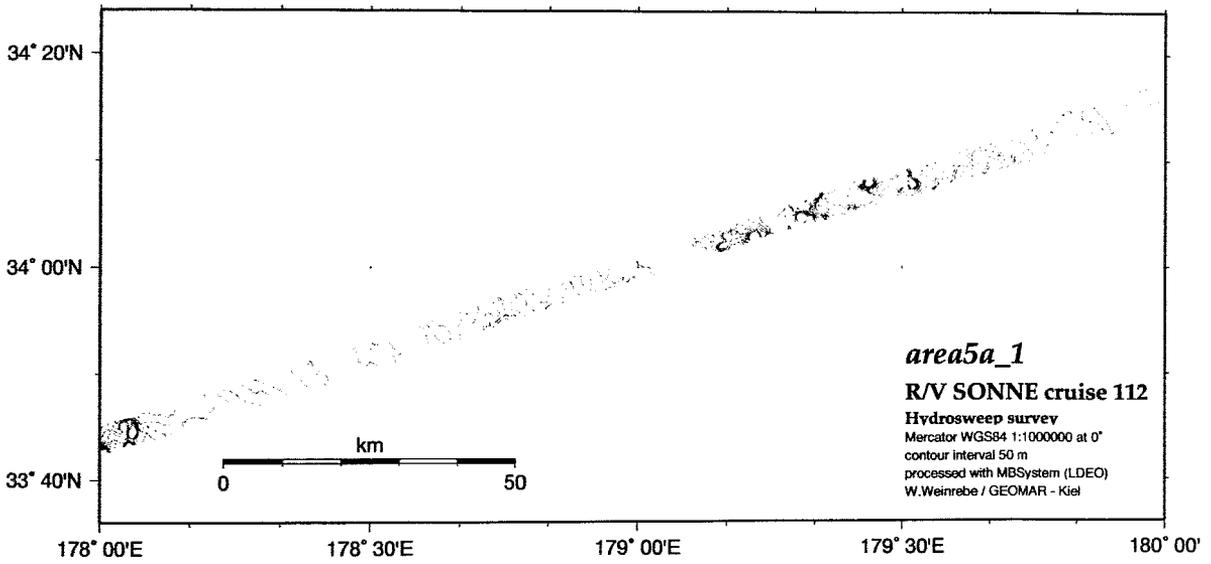
A-24



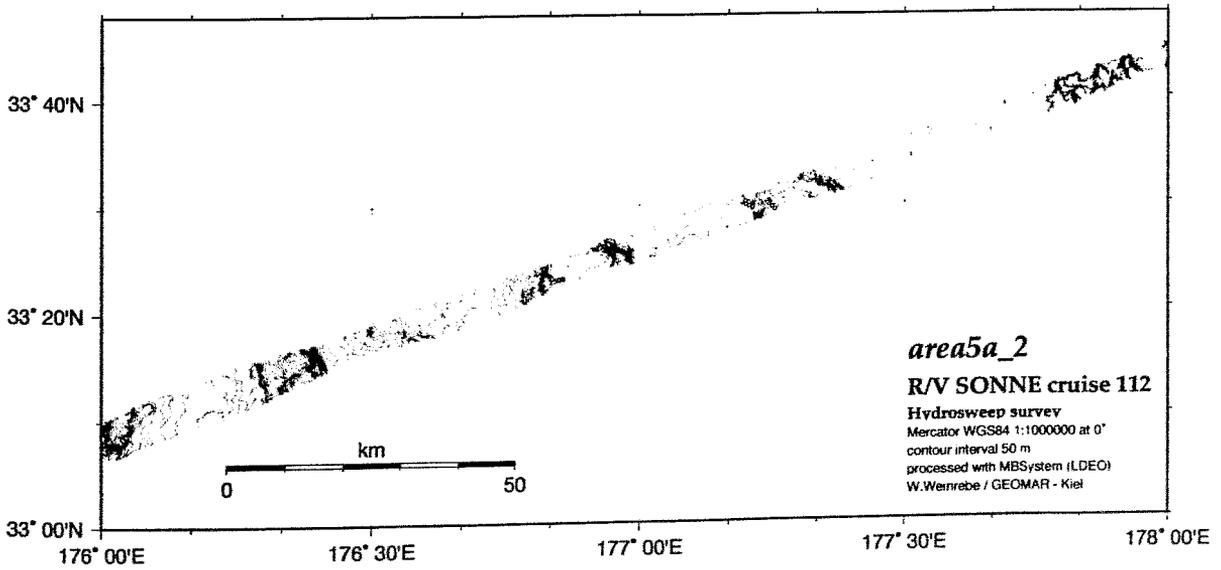
A-25



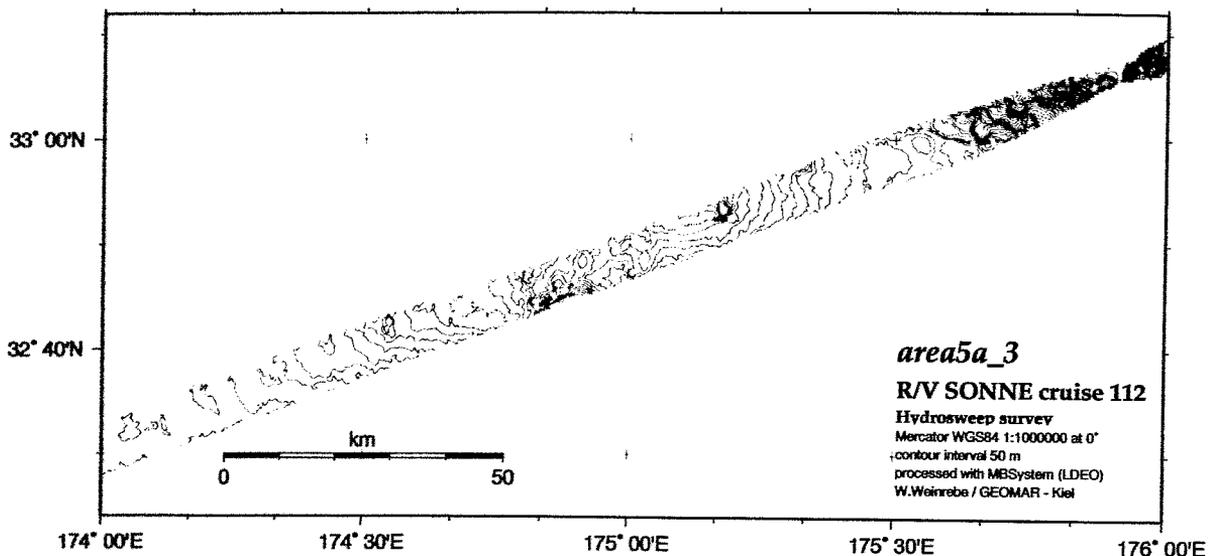
A-26



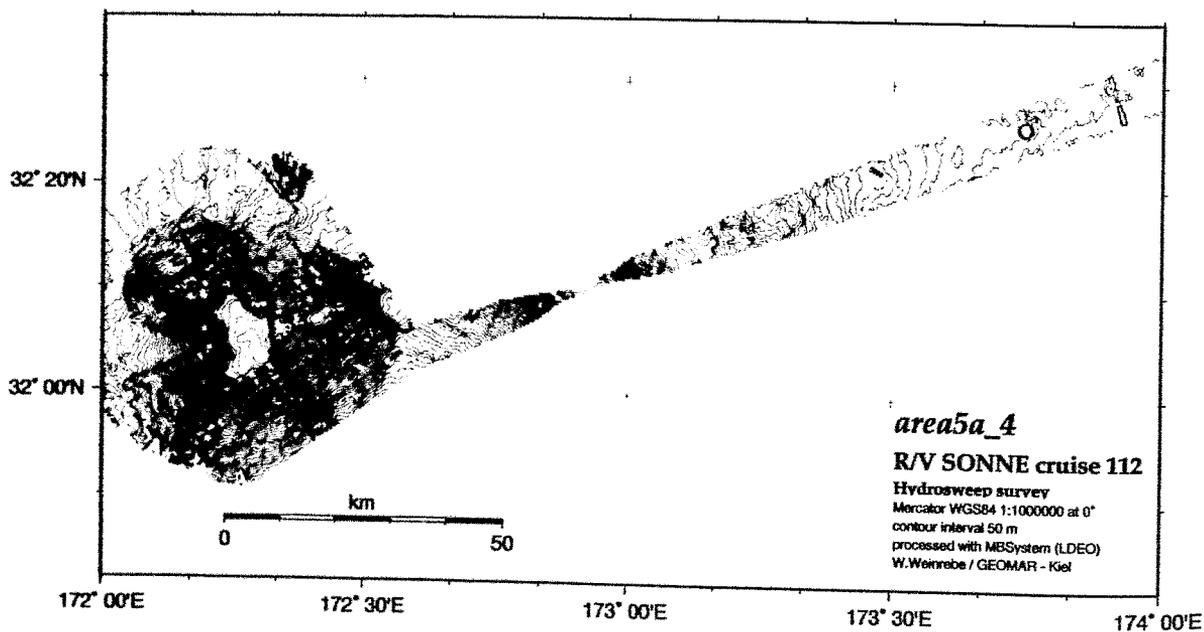
A-27



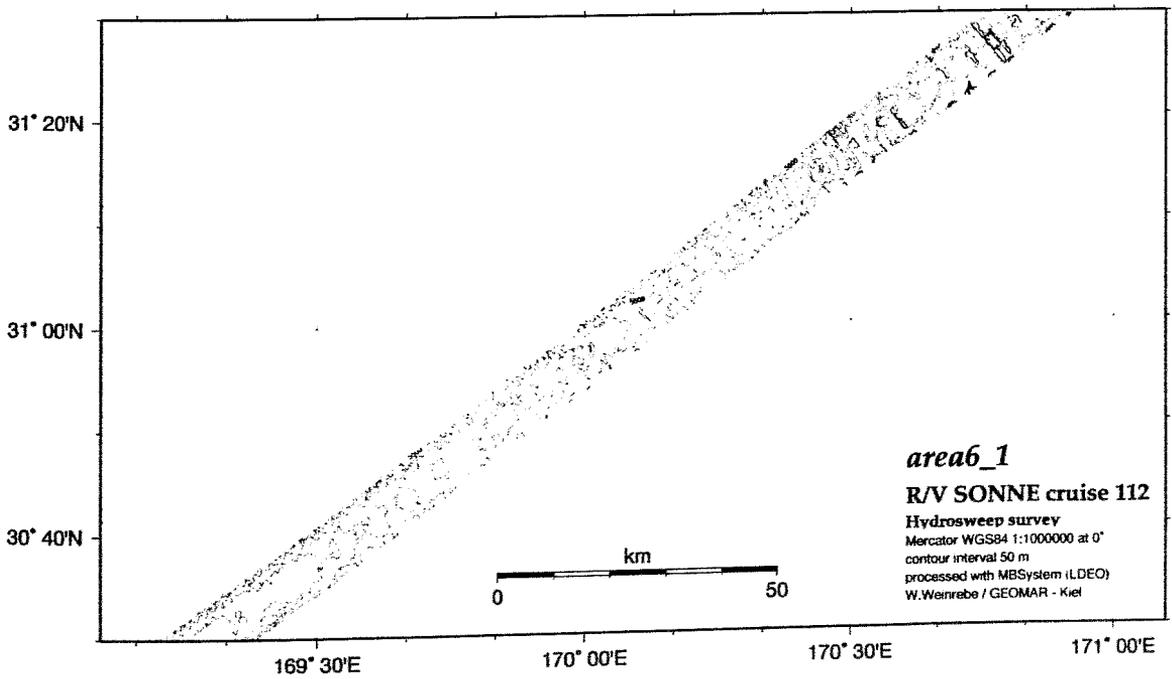
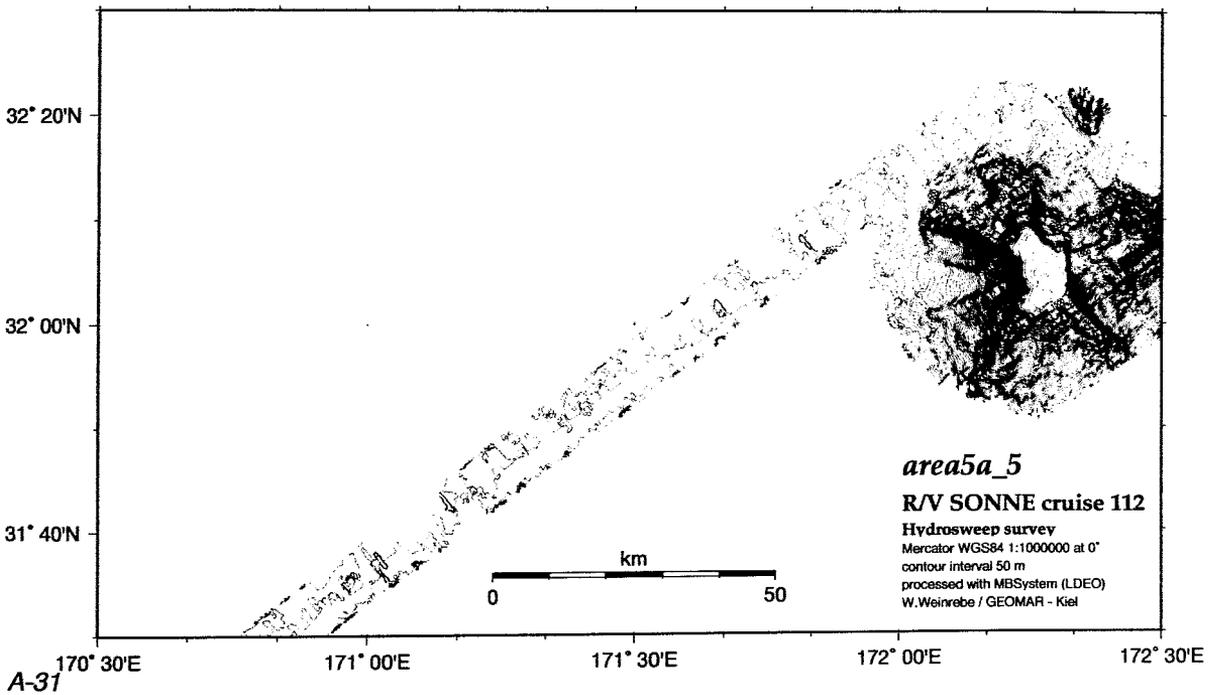
A-28

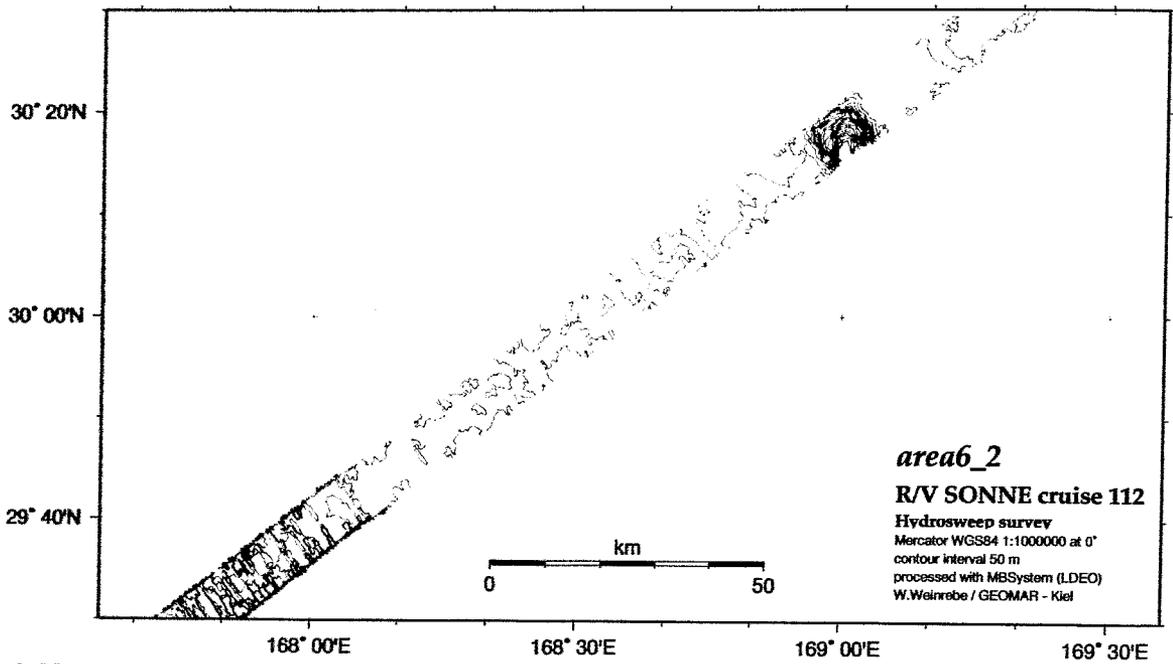


A-29

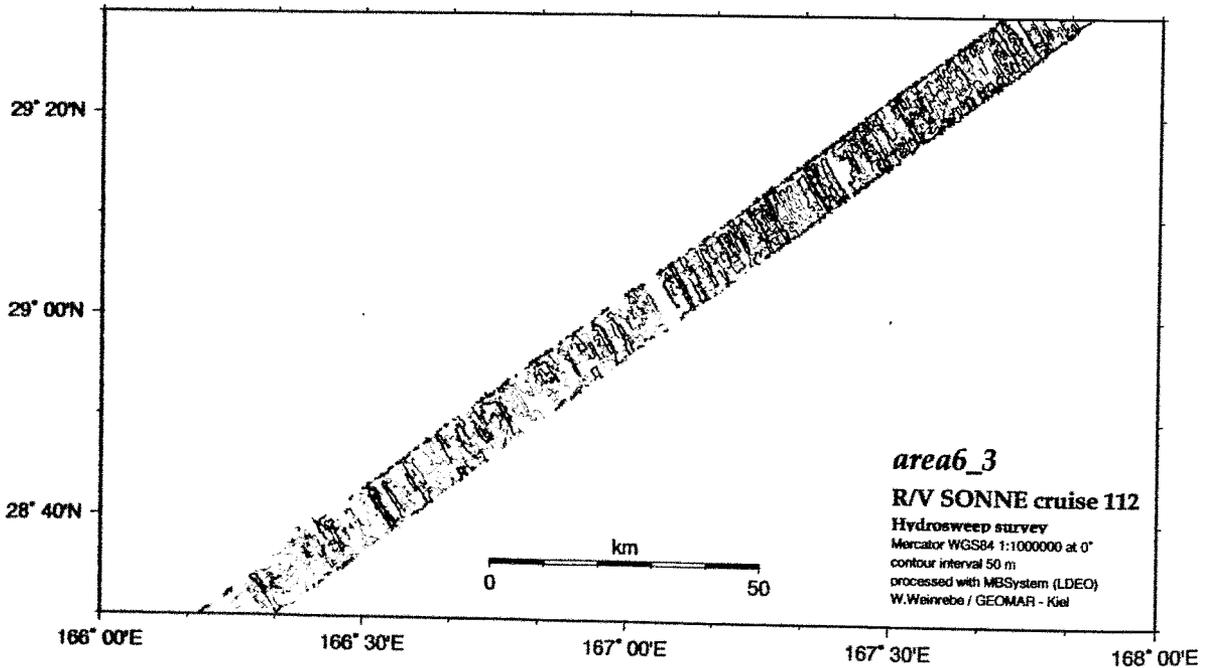


A-30

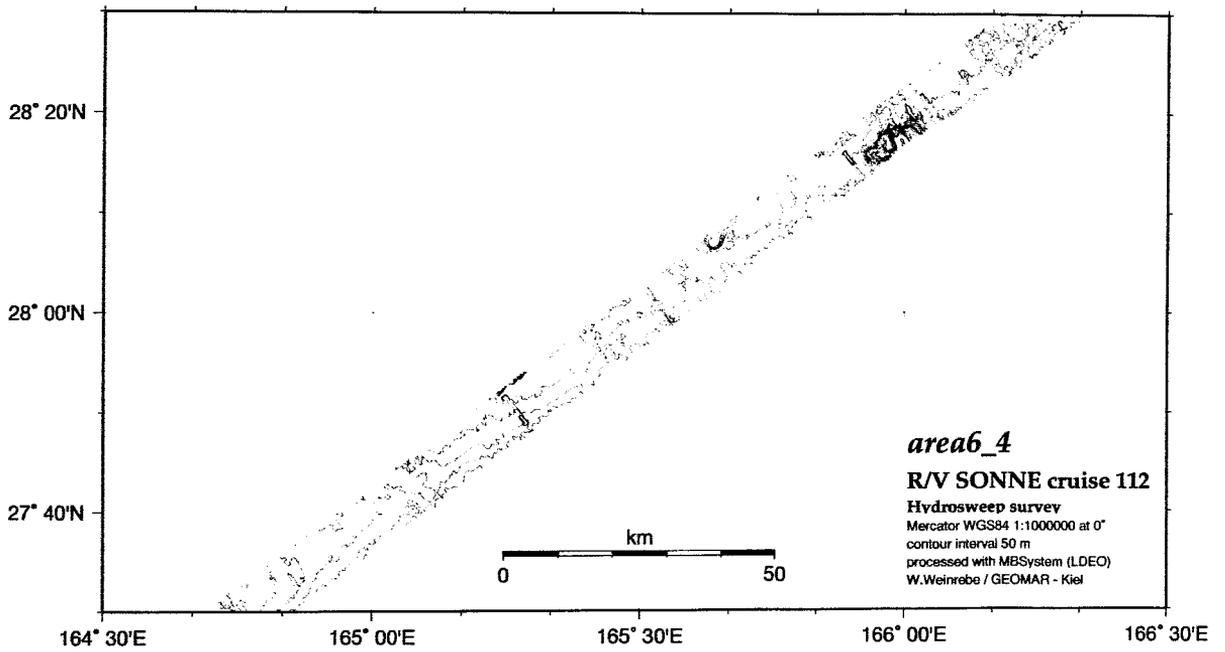




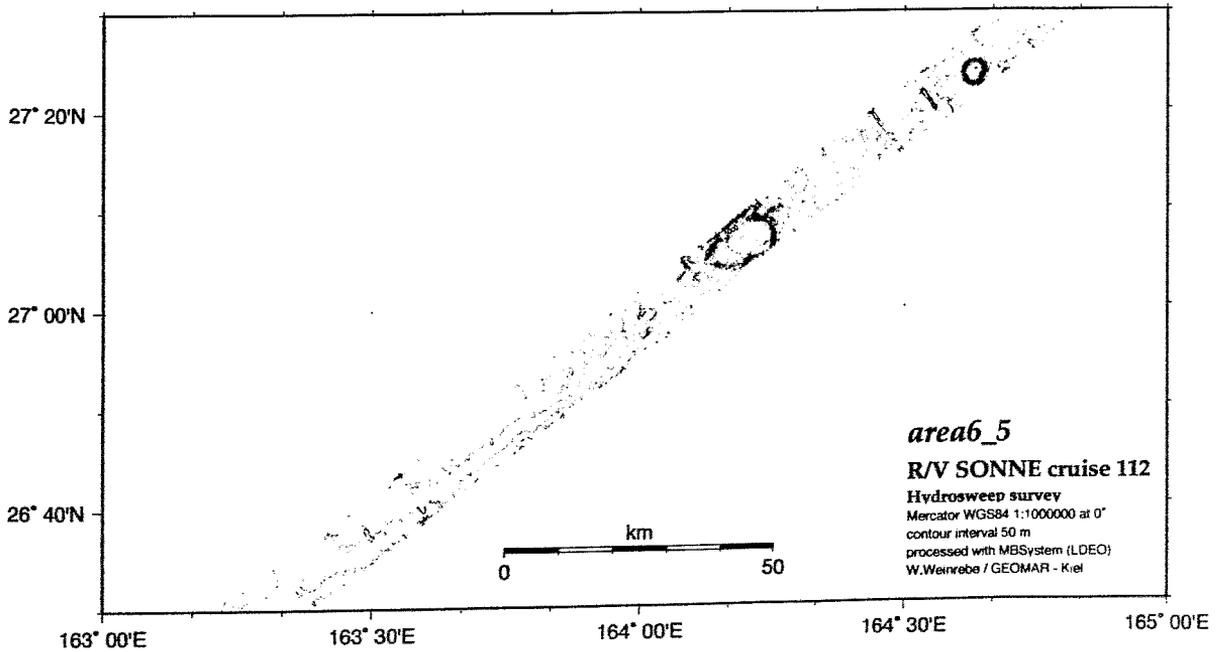
A-33



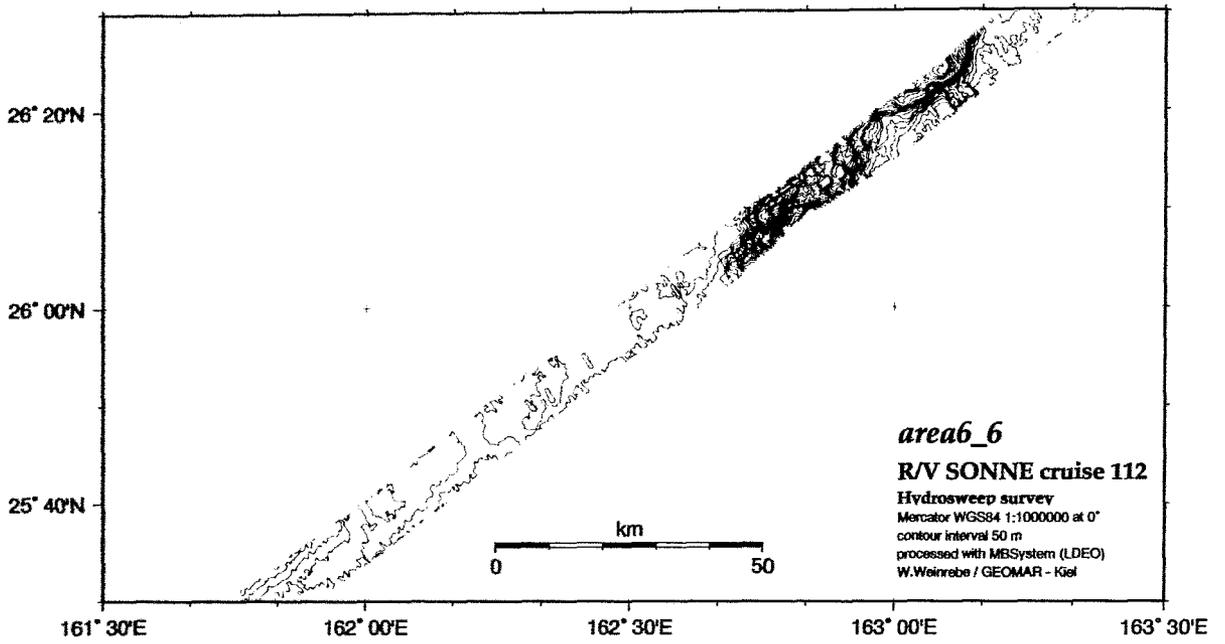
A-34



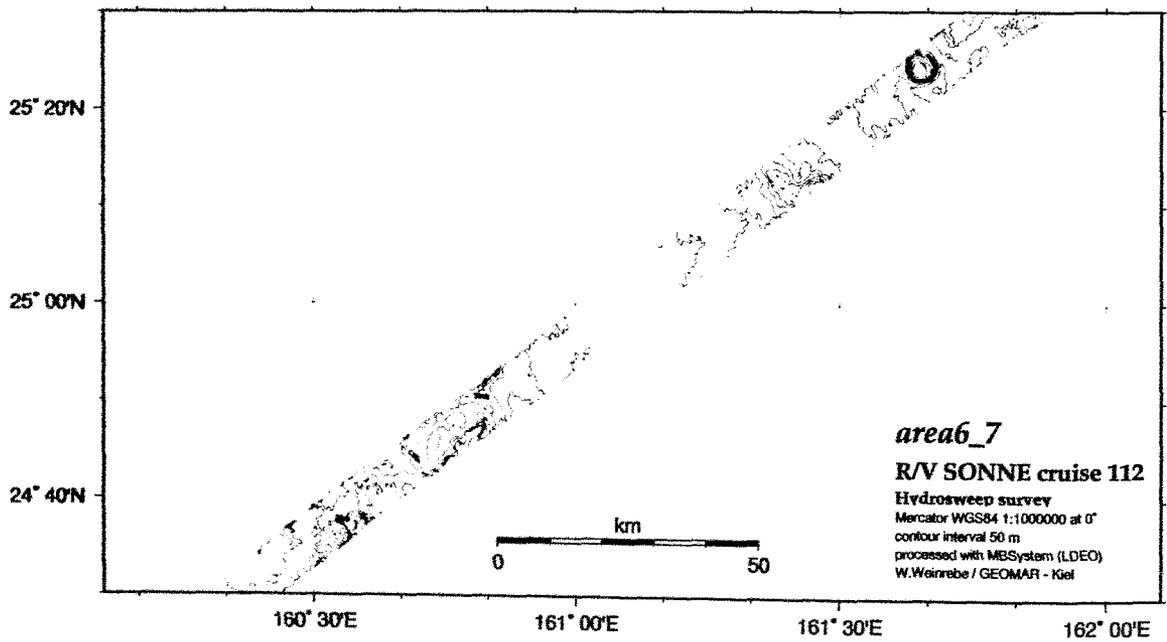
A-35



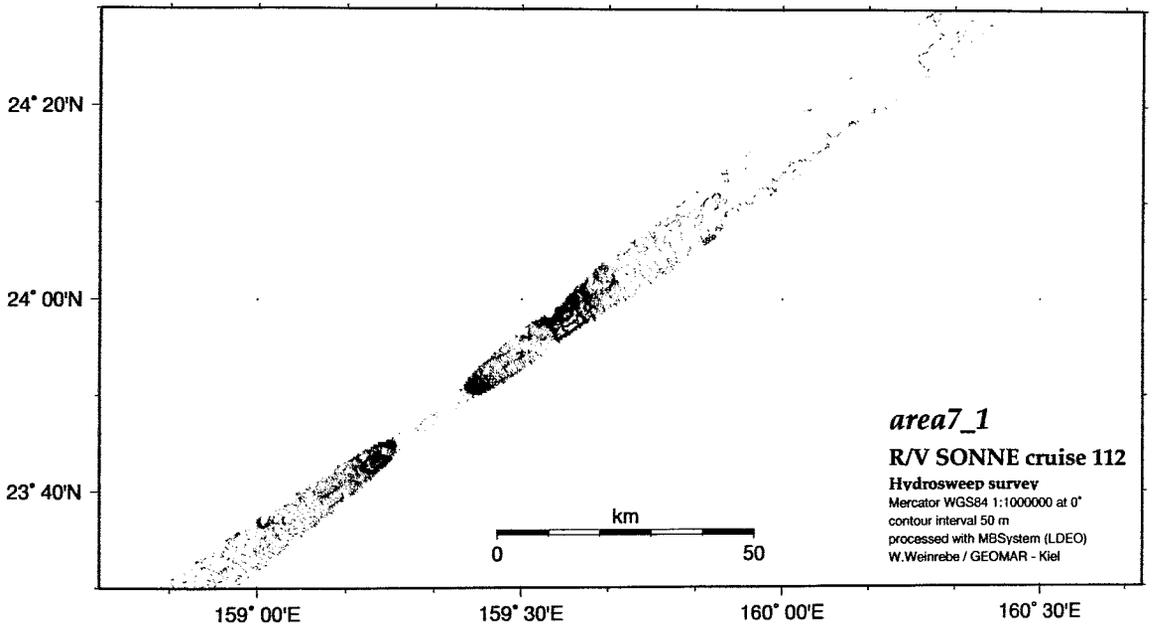
A-36



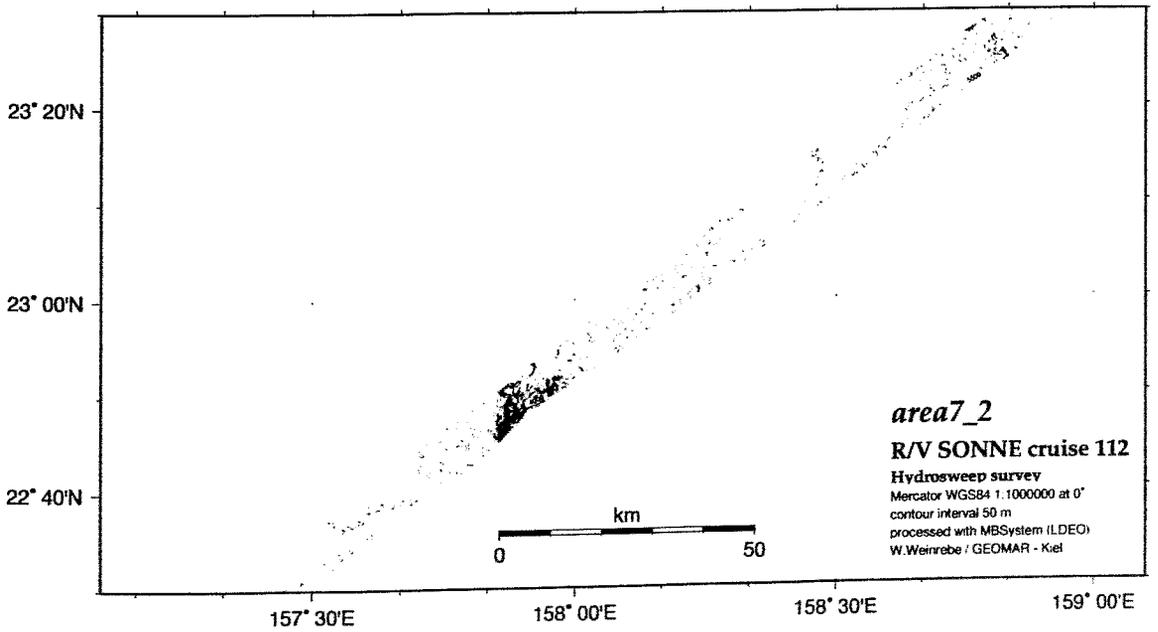
A-37



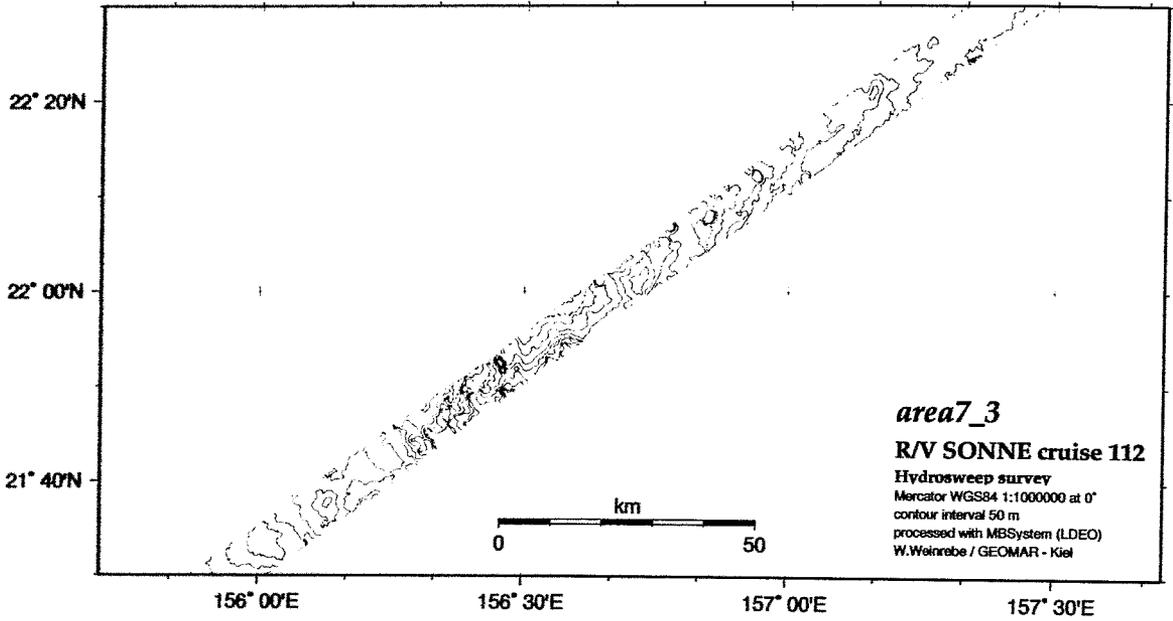
A-38



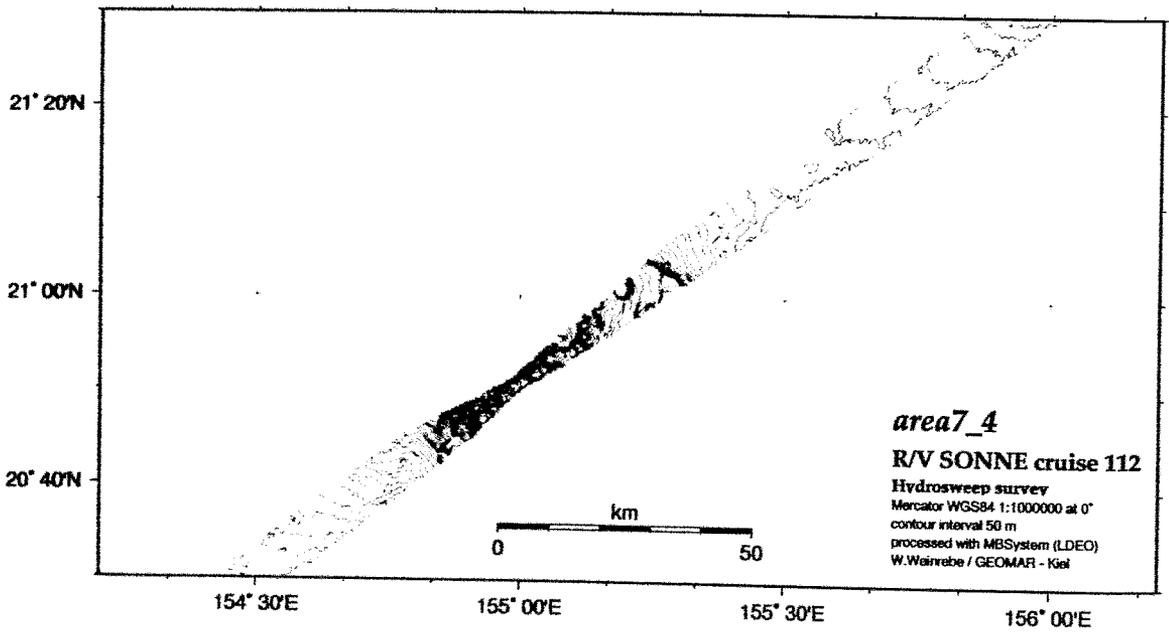
A-39



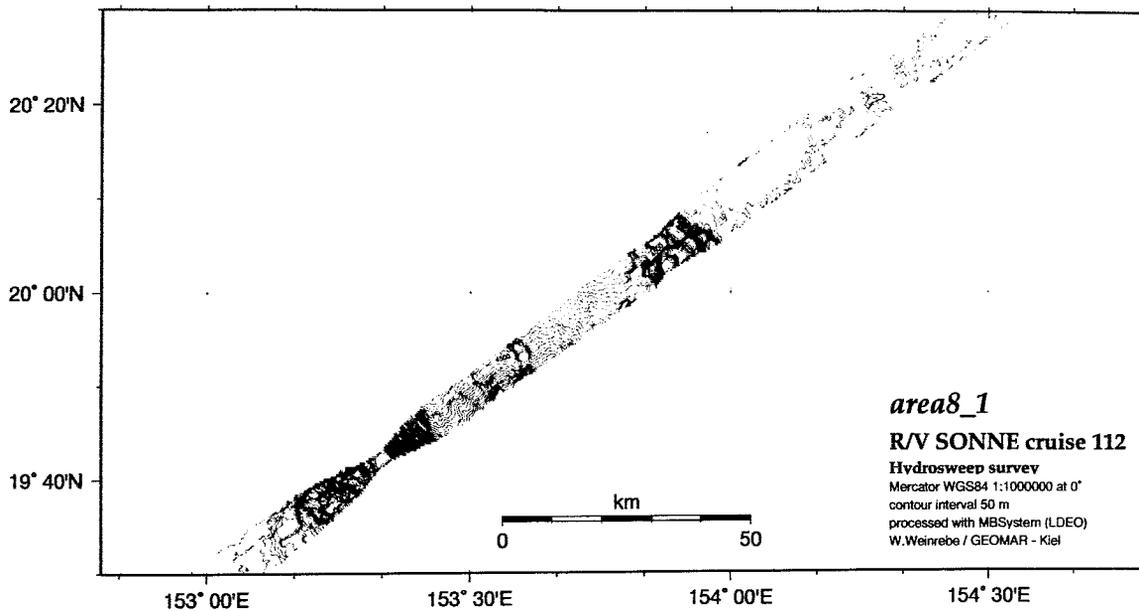
A-40



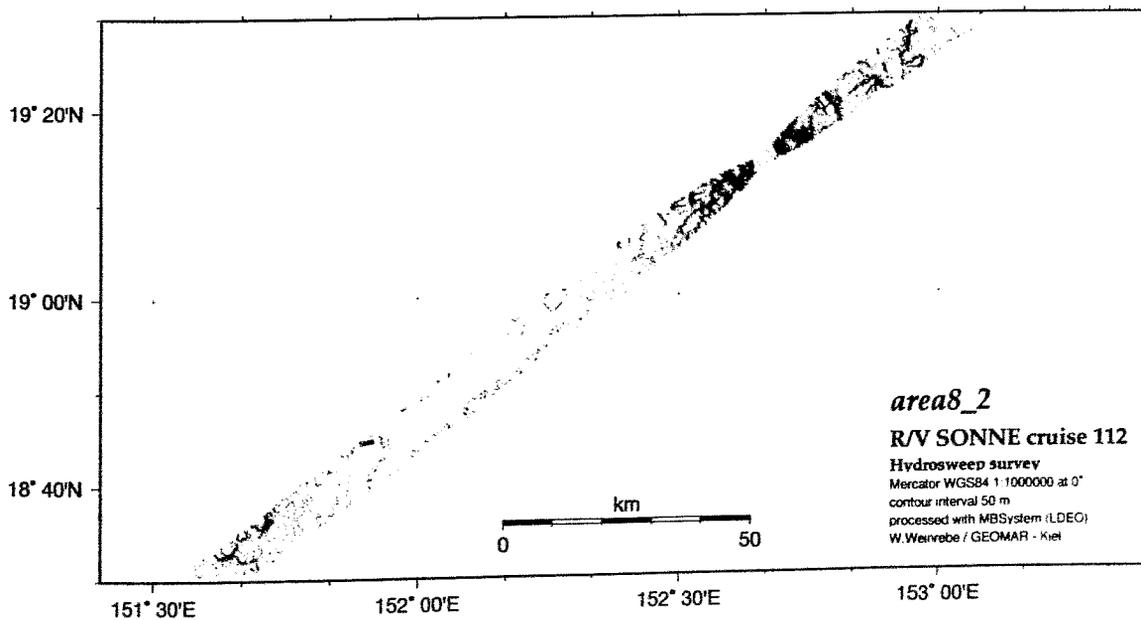
A-41



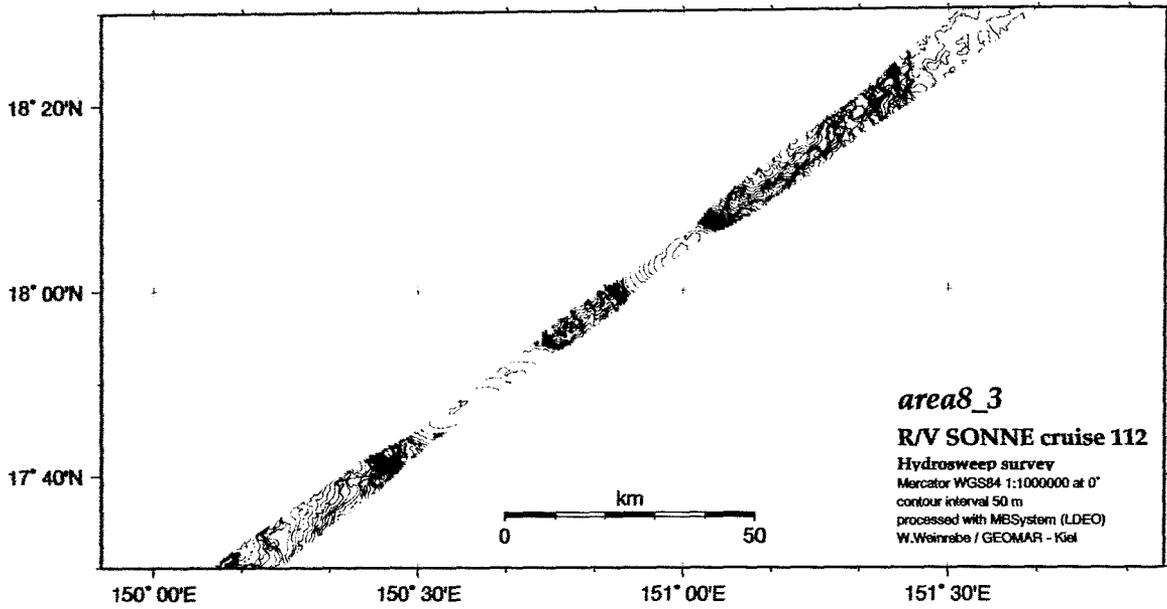
A-42



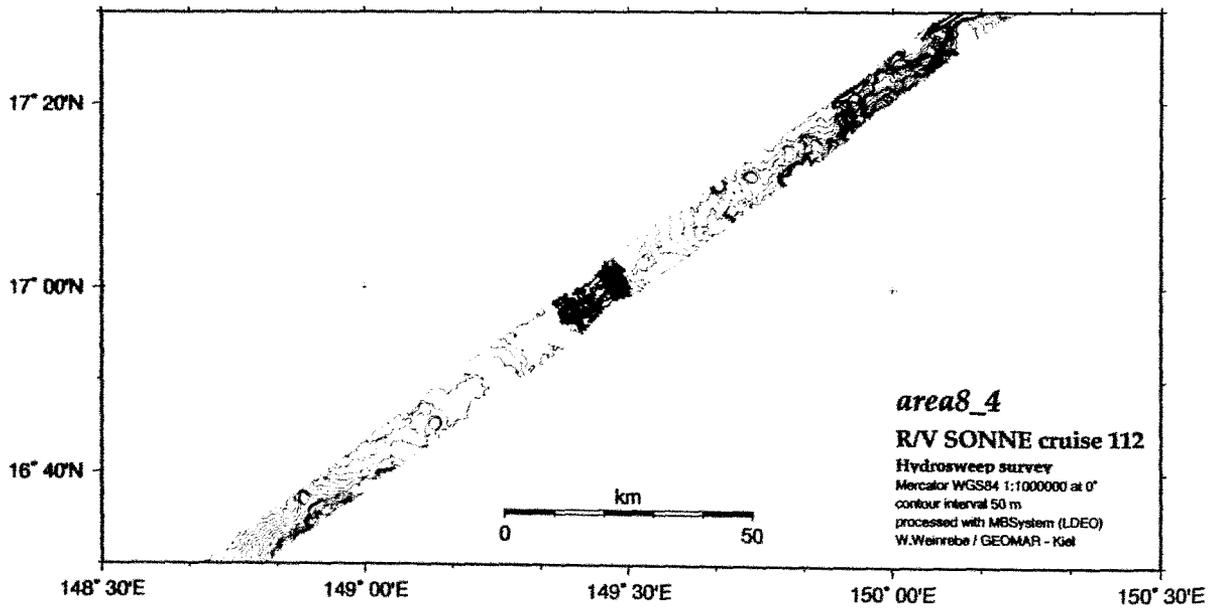
A-43



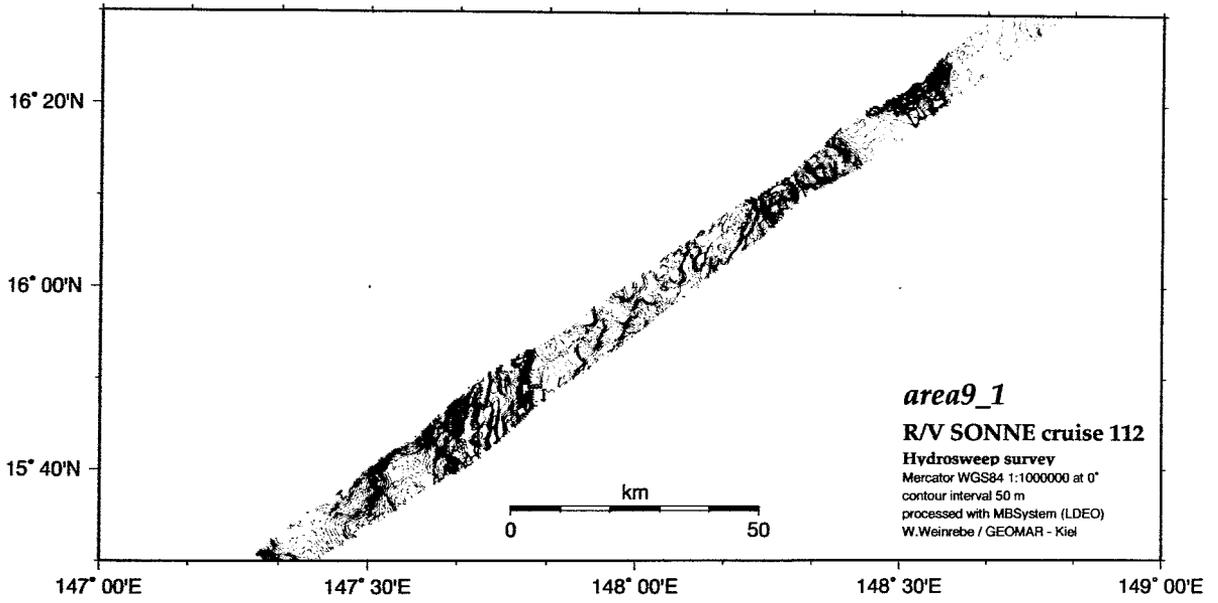
A-44



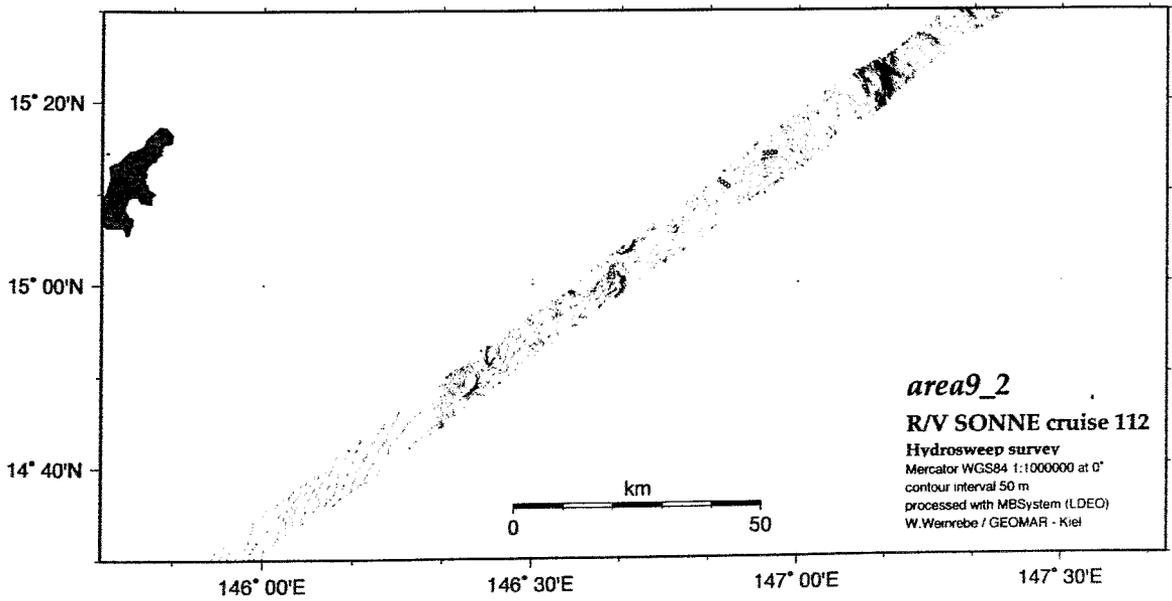
A-45



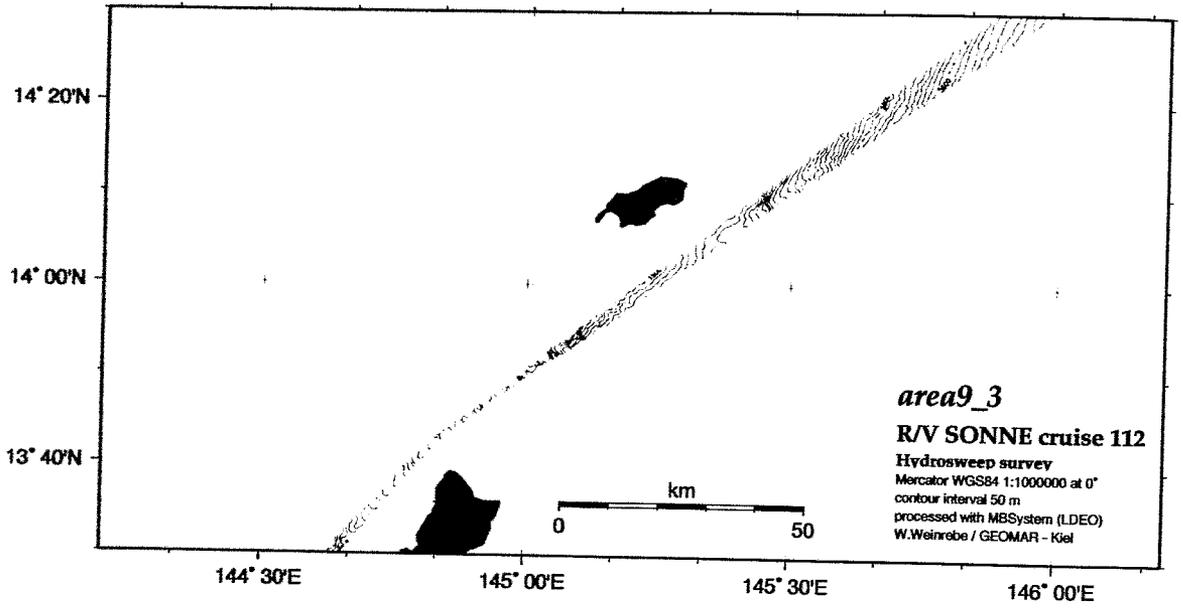
A-46



A-47



A-48



A-49