

# Hochauflösende Bathymetrie am europäischen Kontinentalhang

Andreas Beyer<sup>1</sup>

## Kurzfassung

Im Rahmen des GEOMOUND Projektes wurde mit dem deutschen Forschungsschiff »Polarstern« am europäischen Kontinentalhang südwestlich von Irland eine systematische Vermessung des Meeresbodens durchgeführt. Das Hauptinteresse galt dabei Karbonat-Hügeln (Carbonate Mounds), deren Eigenschaften im GEOMOUND Projekt näher untersucht werden sollen. Innerhalb dieses Projektes hat das AWI die Aufgabe, eine lückenlose bathymetrische Kartengrundlage des Untersuchungsgebietes zu erstellen. Hierfür wurden die Vermessungsprofile in der Weise angelegt, daß eine vollständige Überdeckung des Meeresbodens gewährleistet war. Aus den gesammelten Fächersonardaten wurde ein digitales Geländemodell (DGM) generiert sowie Tiefenlinien abgeleitet. Bei der gesamten Datenprozessierung wurden die speziellen Eigenschaften des verwendeten Fächersonarsystems berücksichtigt. Insbesondere wird im folgenden auf die Datenerfassung sowie das Ableiten von DGM und Tiefenlinien eingegangen.

## Das GEOMOUND Projekt

GEOMOUND ist ein europäisches Forschungsprojekt, das Aufbau und Entstehung von *Carbonate Mounds* untersucht [Hovland u.a. 1994]. An ihm sind Wissenschaft und Industrie verschiedener europäischer Staaten beteiligt. Über die Entwicklung dieser hügelartigen morphologischen Formen und deren Wechselwirkung mit dem umgebenden Ökosystem ist bisher wenig bekannt. Es bestehen Hypothesen, die die Karbonat - Hügel mit Flüssigkeitsaufstiegen in Zusammenhang bringen.

Die wesentlichen Ziele des GEOMOUND Projektes sind:

- Erfassung und Inventarisierung aller Mounds sowie deren Eigenschaften (Morphologie, räumliche Verteilung, chemische Zusammensetzung) um Wachstum und Einflußfaktoren zu verstehen. Neben aktueller Datenerfassung wird auch auf historische Datensätze zurückgegriffen.
- Untersuchung der erfaßten Daten daraufhin, ob die Mounds als Indikator für das Vorhandensein von Kohlenwasserstoffen und von Flüssigkeitsaufstiegen dienen können.
- Entwicklung eines Modells zu Beschreibung von Flüssigkeitsmigration im Untergrund.
- Vorbereitung einer europäischen *Ocean Drilling Action*.

Das Untersuchungsgebiet liegt westlich von Irland im Bereich des Rockall Trops, der Porcupine Bank und der Porcupine Bucht. Insgesamt gibt es 4 Mound Provinzen, die sich jeweils durch unterschiedliche Mound Eigenschaften auszeichnen. Die Aktivitäten des AWI konzentrieren sich hierbei auf die Porcupine Bucht.

---

<sup>1</sup> Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung  
Columbusstraße, 27568 Bremerhaven

## Hydrographische Vermessung

Die hier vorgestellte Vermessung wurde am östlichen Hang der Porcupine Bucht durchgeführt. Um das Ziel einer lückenlosen systematischen Vermessung erreichen zu können, wurden für die Profilplanung bereits vorhandene bathymetrische Daten genutzt. Hier dienten hauptsächlich die Tiefenlinien des GEBCO Digital Atlas 1997 (GDA 97) als Grundlage. Die Vermessungslinien wurden hangparallel angelegt, um die tiefenabhängige Variation der Streifenbreite zu minimieren. Außerdem wurde der Profilabstand so gewählt, daß eine Überlappung benachbarter Streifen von 10 % gewährleistet wird. Zur Positionierung wurde differentielles GPS verwendet, um dem genauen Verlauf der Profile zu folgen. Während der Vermessung waren eine Reihe von Änderungen an den geplanten Tracks nötig, da die Daten des GDA 97 zum Teil nicht genau genug waren. Das Vermessungsgebiet hat eine Ausdehnung von etwa 140 km x 20 km und wurde mit 14 Profilen innerhalb von 4½ Tagen vermessen. Die Schiffsgeschwindigkeit lag bei etwa 10 kn.

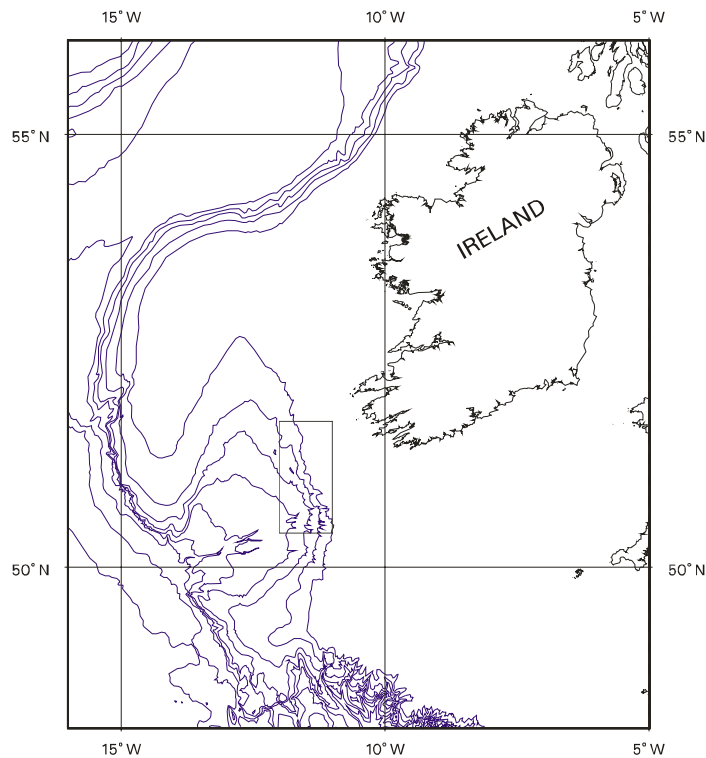


Abb. 1: Überblick über das Untersuchungsgebiet.

Zur Tiefenmessung wurde das Fächerecholot »Hydrosweep DS-2« eingesetzt. Es arbeitete während der Vermessung mit einer Sendefrequenz von 15,5 kHz und einer Fächerbreite von 90°. Der Fächer ist in 59 gleich große Pre-formed-Beams (PFBs) unterteilt, für die jeweils ein Tiefenwert bestimmt wird. Durch den konstanten Öffnungswinkel variiert die beschallte Fläche in Abhängigkeit von Tiefe und Hangneigung, was zu einer variablen Datendichte im Vermessungsgebiet führt.

Zu Beginn der Vermessung wurden zwei Wasserschallprofile mittels CTD - Sonde (Conductivity, Temperature, Depth) gemessen, um die Refraktion der PFBs korrigieren zu können. Die beiden Profile befinden sich zum einem an der südwestlichen Begrenzung des Meßgebietes und zum anderen im nördlichen, flacheren Teil des Untersuchungsgebietes. Der Unterschied zwischen beiden Messungen war sehr gering, weshalb mit einem mittleren Wasserschallprofil für das Vermessungsgebiet genügend Genauigkeit erreicht werden konnte.

Neben den Laufzeitmessungen wurden auch die Rückstreuintensitäten (Backscatter) und Pseudo-Sidescan aufgezeichnet. Weitere Untersuchungen konzentrieren sich darauf, aus diesen Daten Rückschlüsse auf die Oberflächen bzw. Sedimenteigenschaften ziehen zu können.

Während der gesamten Vermessung wurde das Sediment- Echolot »Parasound«

eingesetzt. Dadurch stehen systematische Informationen über den Sedimentaufbau bzw. die Lage von Reflektoren im Sediment zur Verfügung. Im Untersuchungsgebiet war eine Eindringung in den Meeresboden von 20 m bis 50 m typisch. Durch den Öffnungswinkel von  $4^\circ$  ist jedoch die Eindringung in steileren Gebieten wie den Mounds stark reduziert.

### Datenverarbeitung / Oberflächenmodellierung

Um ein hochauflösendes Geländemodell aus den Tiefenmessungen ableiten zu können, müssen diese zunächst auf Ausreißer und systematische Fehler hin untersucht werden. Speziell an den äußeren PFBs traten zeitweise systematische Effekte auf. Hinzu kamen an einigen steilen Hängen quer zur Fahrriichtung systematische Veränderungen der zentralen PFBs die sich als Omegaeffekt auf die Tiefenlinien auswirkten [DeMoustier, Kleinrock 1986]. Beide Einflüsse sind deutlich in Abbildung 2 zu erkennen. Zur Dateneditierung wurden automatische und manuelle Techniken innerhalb der »Hydrographic Data Cleaning« Software (HDCS) angewendet. Zunächst wurden die einzelnen Messungen manuell grob auf Plausibilität überprüft. Daran schloß sich eine automatische Fehlerdetektion an, deren Grundlage die Standardabweichung der Meßwerte bezüglich einer genäherten Oberfläche war. Dadurch wurden hauptsächlich fehlerhafte Daten innerhalb der Überlappungsbereiche benachbarter Vermessungslinien entfernt.

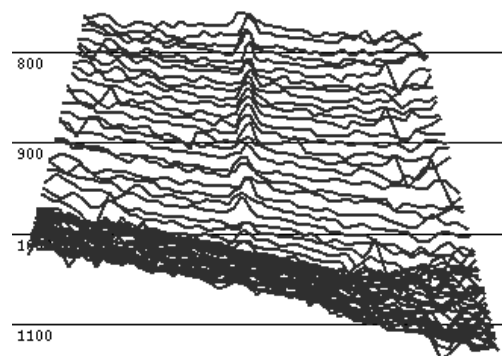


Abb. 2: Systematisch beeinflusste Tiefenmessungen.

Aufgrund der guten Datendichte und -homogenität wurde zur Berechnung ein gerastertes digitales Geländemodell (DGM) verwendet (im speziellen Fall wird weniger Speicherplatz benötigt als für eine vergleichbare Dreiecksvermaschung). Nach Tests von verschiedenen Modellierungsprogrammen wurde schließlich eine am AWI entwickelte Routine angewendet. Damit war es möglich, die einzelnen PFBs in Abhängigkeit des Abstandes vom zentralen PFB zu gewichten. Ein weiterer wichtiger Punkt beim Modellieren von Oberflächen ist der Einflußradius um einen jeden Rasterpunkt, innerhalb dessen der Rasterpunkt von den Meßdaten beeinflusst wird. Hier wurde ein Radius gewählt, der dem doppelten mittleren Abstand der Footprints eines Schwades entspricht. Somit existiert eine dynamische Einstellung für das gesamte DGM, da der genannte Abstand tiefenabhängig und somit für jeden Schwad verschieden ist. Diese Einstellung sichert auch, daß keine Lücken im DGM entstehen, wenn einzelne Meßwerte entfernt wurden. Weiterhin wird nur dann einem Rasterpunkt ein Tiefenwert zugeordnet, wenn in mindestens 3 von 4 Quadranten um den Rasterpunkt Meßwerte vorhanden sind. Die Rasterweite des DGM wurde auf 50 m festgelegt. Dieser Gitterabstand sichert eine komplette Überdeckung auch in den tieferen Teilen des Vermessungsgebietes und reduziert den Informationsgehalt der Meßdaten in den flacheren Gebieten nur unmerklich.

## Generalisierungsansatz

Als nächster Schritt folgte das Ableiten von Tiefenlinien aus dem DGM. Die weitere Bearbeitung erfolgte unter Arc/Info, das eine vollständige GIS - Funktionalität bietet. Während des Generierens der Tiefenlinien zeigte sich, daß diese zum Teil trotz der vorangegangenen Prozessierung noch immer von Rauschen beeinflusst wurden. Insbesondere in den Bereichen mit geringer Änderung der Oberfläche zeigten sich die Tiefenlinien stark beeinflusst. Im Gegensatz dazu waren die Tiefenlinien entlang von Hängen kaum vom restlichen Rauschen beeinflusst. Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 2 dargestellt. Aufgrund dieser Situation wurde ein Generalisierungsansatz entwickelt, der von einem ungünstigeren Signal / Rausch Verhältnis in ebenen Regionen ausgeht. Dieser Ansatz wurde auf das originale DGM angewendet. Die Tiefenlinien wurden also nicht direkt generalisiert, sondern von einem generalisiertem DGM abgeleitet. Hierzu wurde das ursprüngliche DGM in fünf Hangneigungsklassen unterteilt. Um jedoch lokale Extremstellen wie Moundspitzen vor einer Generalisierung zu bewahren, wurde bei der Klassifizierung auch die Umgebung der einzelnen Rasterpunkte mit berücksichtigt.

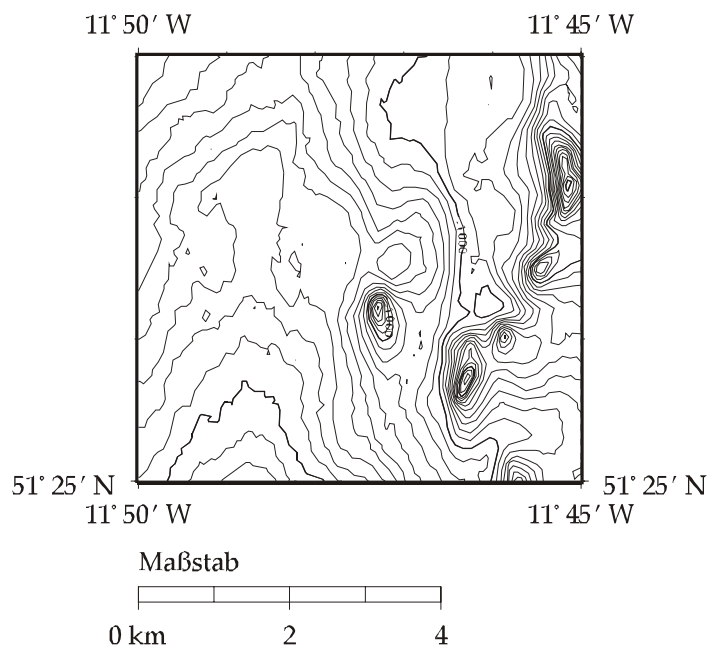


Abb. 2: Tiefenlinien in Bereichen unterschiedlicher Hangneigung.

Zur Generalisierung wurden Filtermatrizen verwendet, die entsprechend der Hangneigung und speziell auf das Untersuchungsgebiet angepaßt wurden. Die Grenzen der Hangneigungsklassen sowie die zugehörigen Filtermatrizen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Klassennummer	Hangneigung	Filtertechnik
1	> 15°	keine Filterung
2	< 15°	3 x 3 binomial
3	< 6°	5 x 5 binomial
4	< 3°	5 x 5 mittelwert
5	< 1.7°	7 x 7 mittelwert

Tab. 1: Hangneigungsklassen und entsprechende Filtermatrizen.

Bevor jedoch die Filterung durchgeführt werden konnte, mußte das originale DGM vorbereitet werden. Speziell auf das Vorhandensein von Lücken mußte geachtet werden, da diese sich durch die Filterung vergrößern würden. Die vereinzelt vorhandenen Lücken wurden mit Mittelwertfiltern geschlossen. Nach Beendigung der

Filterung wurden diese Lücken wieder hergestellt, um die generalisierten Tiefenlinien an diesen Stellen nicht zu beeinflussen.

Unter Anwendung der vorgestellten neigungsabhängigen Filterung konnte das verbliebene Rauschen der Tiefenlinien entfernt werden. Jedoch existieren weiterhin systematische Effekte, die nur im Zusammenhang erkennbar sind, und daher sowohl in den ursprünglichen Daten als auch durch automatisierte Verfahren kaum zu reduzieren sind. Die originalen und generalisierten Tiefenlinien sind in Abbildung 3 gegenübergestellt.

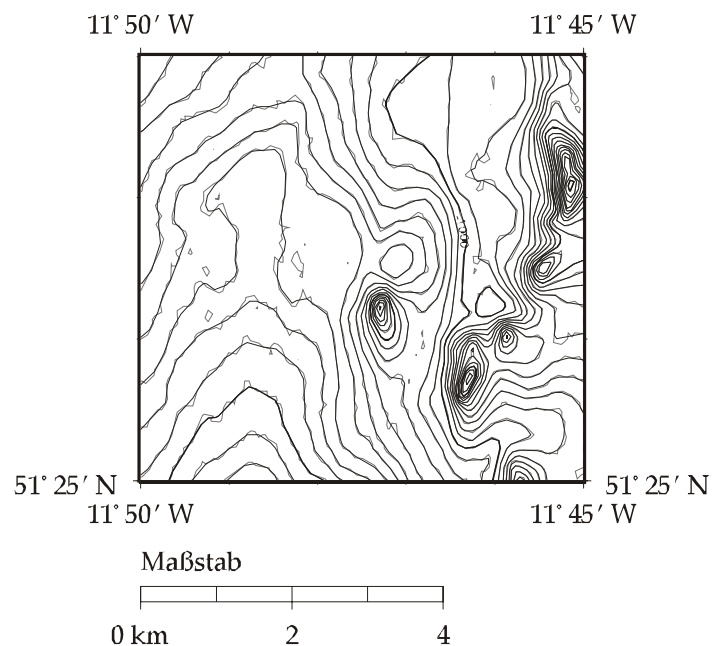


Abb. 3: Gegenüberstellung der originalen und generalisierten Tiefenlinien.

### Bathymetrie des Meßgebietes

Die Porcupine Bucht erstreckt sich etwa von 49° N bis 51°30' N Breite und von 14° W bis 11° W Länge. Das Untersuchungsgebiet ist am östlichen Hang der Porcupine Bucht gelegen und erstreckt sich von 50°25' N bis 51°40' N Breite. Dieses Gebiet läßt sich in zwei Bereiche unterteilen. Im nördlichen Teil kommen Karbonat - Hügel vor. Dieses Gebiet ist etwas flacher als der südliche Teil. Etwa 30 Mounds wurden hier aufgezeichnet. Sie treten gehäuft im Tiefenbereich von 1000 m bis 700 m auf und erstrecken sich entlang des Hanges. Ihr Grundriß ähnelt häufig einer Ellipse und ihre Form kleinen Rücken. Die meisten Mounds sind mit ihrer Achse entlang des Hanges ausgerichtet und diese verläuft etwa von Norden nach Süden. Die beiden Achsen haben eine Länge von etwa 0,5 km bis 1,0 km bzw. von 1,0 km bis 1,5 km. Die Mounds sind etwa 50 m hoch, können aber bis zu 100 m erreichen. Ein Ausschnitt aus dem Moundgebiet ist in Abbildung 4 dargestellt.

Der südliche Teil des Untersuchungsgebietes ist von tief eingeschnittenen Kanälen geprägt. Diese erstrecken sich in ost - west Richtung und sind Teil des »Gollum Channel Systems«. Sie erreichen eine Tiefe von bis zu 400 m bei einer Breite der Sohle von etwa 1 km bis 1,5 km. Die Flanken sind recht steil und weisen eine Neigung bis 25° auf.

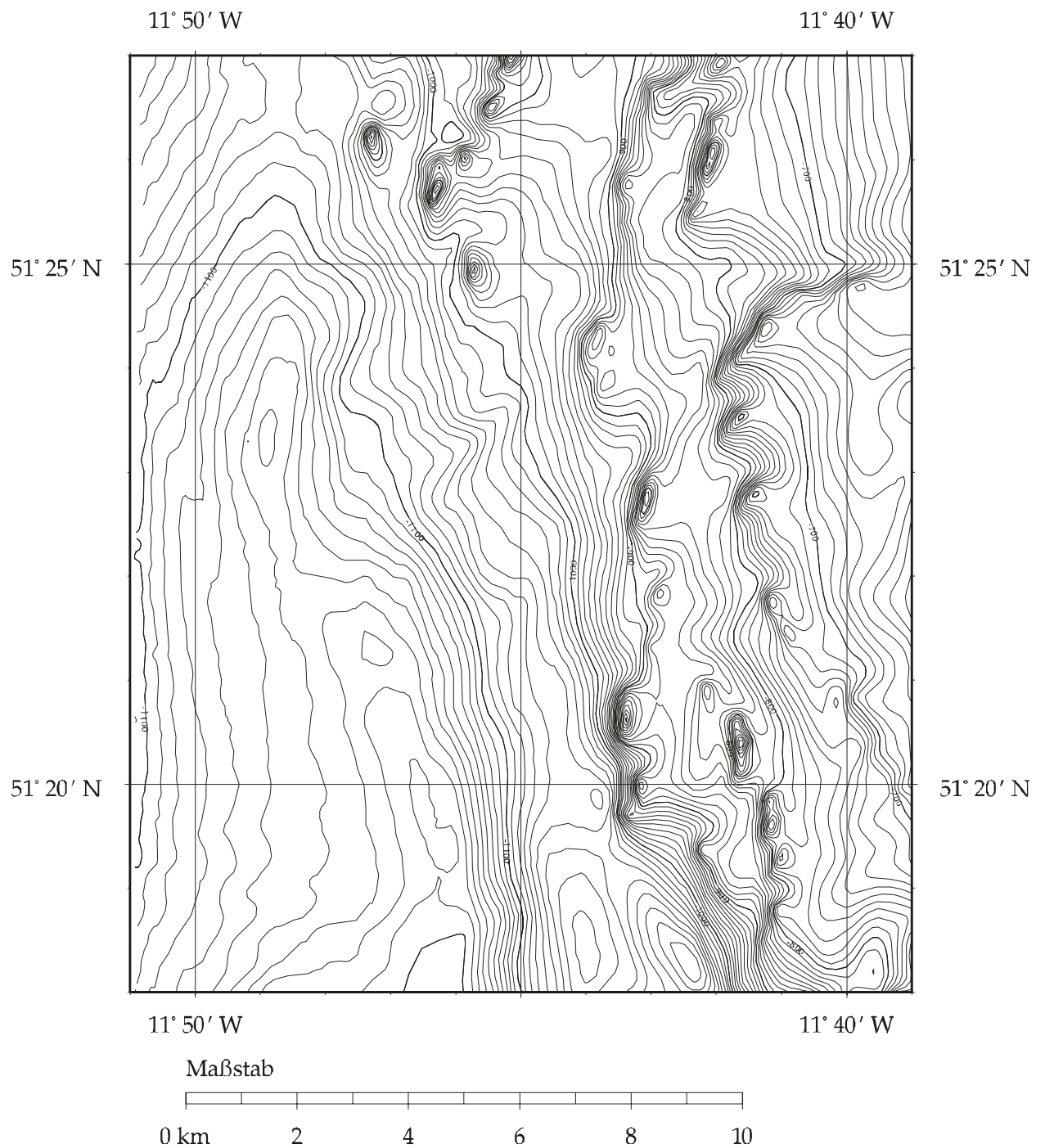


Abb. 4: Ausschnitt aus dem Moundgebiet der Porcupine Bucht.

### Literatur

Atlas, 1997: Service manual, ED 1029 G 042, ATLAS Hydrosweep DS-2, Hydrographic Multibeam Sweeping Survey Echosounder Polarstern.

Beyer, A., Schenke H.W., Klenke M., Niederjasper, F. 2001: High Resolution Bathymetry of the Eastern Slope of the Porcupine Seabight, Marine Geology, in press.

- Crocker, P.F., Klemperer S.L., 1989: Structure and Stratigraphy of the Porcupine Basin: Relationships to Deep Crustal Structure and the Opening of the North Atlantic, Mem. Am. Ass. Petrol. Geol.; Extensional Tectonics and stratigraphy of the north atlantic margins.
- Caris, 1998: Hydrographic Information Processing System, User's guide, Universal Systems Ltd., Fredericton, N.B., Canada.
- GEBCO 1997: General Bathymetric Chart of the Oceans (Data from GEBCO Digital Atlas), IOC, IHO and BODC, 'Supporting Volume to the GEBCO Digital Atlas', published on behalf of the Intergovernmental Oceanographic Commission (of UNESCO) and the International Hydrographic Organization as part to the General Bathymetric Chart of the Ocean (GEBCO); British Oceanographic Data Centre, Birkenhead. GEBCO Sheet 97.3, bathymetric contours.
- GEOMOUND 1999: Contract No. EVK3-CT-1999-00016, The Mound Factory: Internal Controls, Projekt Zusammenfassung.
- Hovland, M., Crocker, P.F., Martin, M. 1994: Fault-associated seabed mounds (carbonate knolls?) off western Ireland and north-west Australia, Marine and Petroleum Geology, Vol. 11, Nr. 2, pp 232-246.
- Kenyon, N.H., Belderson, R.H., Stride, A.H., 1978: Channels, canyons and slump folds on the continental slope between South-West Ireland and Spain, Oceanologica Acta, 1, pp 369 - 379.
- Kuhn, G., 2000: Reports on Polar Research, ANTARKTIC 2000: The Expedition ANT-XVII/4 of RV "Polarstern" in 2000; in preparation.
- DeMoustier, C., Kleinrock, M.C., 1986: Bathymetric Artifacts in Sea Beam Data: How to recognize them and what causes them, Journal of Geophysical Research, Vol. 91, No. B3, pp 3407-3424.