

Die Antarktis-Expedition GANOVEX VI: Zusammenfassung der Feldergebnisse

Von Franz Tessensohn*

1. EINFÜHRUNG

Das Rossmeer-Gebiet im pazifischen Sektor der Antarktis eignet sich besonders für Untersuchungen des Aufbaus der antarktischen Lithosphäre (TESSENSOHN 1991). Die heutige Krustenstruktur ist im Rossmeer-Gebiet charakterisiert durch die Existenz eines großen, kontinentalen Riftsystems. Eine solche grabenförmige Großstruktur, die als erstes Element beim Zerbrennen einer kontinentalen Platte entsteht, kann im weiteren Verlauf der Entwicklung zur Bildung eines neuen Ozeans zwischen den auseinanderdriftenden kontinentalen Fragmenten führen. Rifts gehören zu den bedeutendsten Zerrungsstrukturen auf der Erde. An einer Riftstruktur lassen sich deshalb speziell die Prozesse der Ausdünnung der Lithosphäre untersuchen.

Das Rossmeer-Rift (TESSENSOHN & WÖRNER 1991) mit seinem begleitenden aktiven Vulkanismus spaltet zur Zeit den offensichtlich stabilen und seismisch inaktiven antarktischen Kontinent. Das Rift ist in Größe und Aufbau vergleichbar mit ähnlichen Großstrukturen auf anderen Kontinenten, z.B. dem Ostafrikanischen Rift oder dem Oberrheingraben. Im Vergleich mit anderen Rifts fällt bei der Rossmeer-Struktur vor allem deren ausgeprägte Asymmetrie auf, die sich sowohl in der Struktur der Becken wie in der nur auf einer Seite ausgeprägten Riftschulter zeigt. Diese Riftschulter ist dafür aber besonders markant ausgebildet, denn sie formt das über 3,000 km lange und bis zu 4,000 m hohe Transantarktische Gebirge. Führt man den Vergleich mit dem Oberrheingraben fort, dann bildet dieses Gebirge einen Block, der dreimal so hoch ist wie der Schwarzwald und von Neapel bis zum Nordkap reichen würde.

Die Evolution der Westantarktischen Lithosphäre, der die ganze Rossmeer-Region geologisch zuzurechnen ist, lief bis zu ihrem heutigen Zustand in zwei Phasen ab. In der ersten Phase befand sich die Region am aktiven Außenrand Gondwanas, an dem neue Kruste gebildet wurde. In der zweiten Phase, die mit dem Zerfall Gondwanas einherging, wurde die Lithosphäre in diesem Raum in ein Mosaik von Krustenblöcken zerlegt. Beide Prozesse lassen sich im Arbeitsgebiet der GANOVEX-Expedition gut studieren.

1.1 Krustenbildung am aktiven Außenrand Gondwanas

Das antarktische Ross-Orogen bildet unter den Mobilzonen am pazifischen Außenrand Gondwanas das in seiner Längserstreckung größte erhaltene Segment. Im Rossmeer-Gebiet formen präkambrische und altpaläozoische Gesteine das Grundgebirge des Transantarktischen Gebirges. Metasedimente und Migmatite bilden den westlichen Gebirgsrand in Nord-Victoria-Land (Wilson Terrane) und setzen sich nach Süden in die Dry Valleys von Süd-Victoria-Land fort. Weiter im Osten in Nord-Victoria-Land wird das Grundgebirge von zwei schwach metamorphen Serien gebildet (Bowers Terrane und Robertson Bay Terrane). Diese drei Einheiten sind voneinander durch Störungen getrennt und werden häufig als tektono-stratigraphische Terranes interpretiert (BRADSHAW et al. 1987). Allerdings wurden alle drei Terranes gleichzeitig während der Ross-Orogenese im Ordovizium deformiert und metamorphisiert (KLEINSCHMIDT & TESSENSOHN 1987); im Wilson Terrane intrudierten Granite. Zu dieser Zeit waren also diese Terranes schon an den Außenrand Gondwanas „angeschweißt“.

Um weitere Belege für diese Annahme zu suchen, war für GANOVEX VI geplant, das Alter der Deformation in den drei Terranes durch die Datierung neugebildeter Glimmer mit der Ar/Ar-Methode zu überprüfen. Nur bei großen Unterschieden im Deformationsalter sollten die Terranes als wirklich exotisch betrachtet werden. Wei-

* Dr. Franz Tessensohn, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, D-W-3000 Hannover 51.

tere Argumente zur selben Frage sollte der geochemische und geochronologische Vergleich von späteren diskordanten Graniten erbringen, die im Devon entlang der Nordküste Nord-Victoria-Lands in allen drei Terranes intrudierten und dabei auch die Grenzen der Terranes durchbrachen .

Weiterhin wird die Natur der Terrane-Grenzen selbst, ob Blattverschiebung oder Überschiebung, kontrovers diskutiert (BRADSHAW et al. 1985, KLEINSCHMIDT & TESSENHORN 1987). Während der vorhergehenden Expedition GANOVEX V war eine Reihe von Überschiebungsflächen am nördlichen (Oates Land) und südlichen (Terra-Nova-Gebiet) Rand von Nord-Victoria-Lands gefunden worden. Wegen der Bedeutung dieser Strukturen waren weitere Detailuntersuchungen bei GANOVEX VI vorgesehen.

Nach der Entdeckung granulitischer Gesteine im Terra-Nova-Bay-Gebiet durch italienische Geologen (CARMIGNANI 1989) wurde die alte Frage wieder neu aufgeworfen, wie man reliktsche Schildgesteine der Ostantarktis von hochgradigen Metamorphiten des Ross-Orogens der Westantarktis unterscheiden kann. Eine Altersbestimmung an den reliktschen Granuliten ist wegen der thermischen Ross-Überprägung höchstens mit der U/Pb-Methode an Zirkonen möglich. Deshalb wurde für GANOVEX VI eine systematische Beprobung für Datierungen geplant.

Petrographische und geochemische Untersuchungen zur Druck- und Temperatur-Bestimmung des Übergangs Migmatite/Granite im Wilson Terrane sollten die Untersuchungen im Grundgebirge abrunden. Direkt damit verbunden war die Bearbeitung der Frage, ob eine Vorläufergeneration (mit einem Alter von ca. 530 Ma) zu den Graniten des Ross-Orogens (mit ca. 500 Ma) existiert.

Im Prinzip tragen alle diese Untersuchungen im Grundgebirge zu der Frage bei, welche krustenbildenden, plattentektonischen Prozesse in dieser Grenzzone zwischen dem Kontinent Gondwana und einem begleitenden „Ur-Pazifik“ abgelaufen sind.

1.2 Fragmentation der westantarktischen Lithosphäre

Vor ca. 180 Ma begann im Jura der Zerfall des Gondwana-Kontinents, der sich auch in der Antarktis auswirkte. Zum einen wurde der Kontinent von den übrigen abgetrennt und isoliert, zum anderen wurde intern vor allem die Westantarktis stark fragmentiert.

Im Rossmeer-Gebiet kann man die folgenden Entwicklungsschritte feststellen:

- 1) Ferrar-Vulkanismus als Ausdruck einer ersten Gondwana-weiten Zerspaltung der kontinentalen Kruste.
- 2) Beckenbildung im Rossmeer, möglicherweise im Hinterland eines neu-entstehenden andinen Orogens am Pazifik.
- 3) Trennung von Tasmanien und Neuseeland von der Antarktis.
- 4) Dehnungsprozesse innerhalb der antarktischen Platte, die zur Bildung des Rossmeer-Rifts und des Transantarktischen Gebirges als einem morphologischen Hochgebirge führten.

In diesem Rahmen sollten die Untersuchungen von GANOVEX VI zur Lösung der folgenden speziellen Probleme beitragen:

- Bestimmung von Krusten-Typ und -Dicke unter dem Transantarktischen Gebirge,
- Untersuchung der Geometrie der Hauptstörung zwischen den Rossmeer-Becken und dem Transantarktischen Gebirge,
- Bestimmung des Alters der Heraushebung des Transantarktischen Gebirges,
- Bestimmung von Alter und Hauptphasen des Riftvulkanismus,
- Bestimmung der lokalen Struktur der Lithosphäre aufgrund von Untersuchungen an Xenolithen,
- Untersuchung des Aufbaus der Lithosphäre und des unterlagernden Mantels aus Isotopenbestimmungen an plutonischen und vulkanischen Gesteinen,
- Messung des Wärmeflusses in der Riftschulter im Unterschied zu den Becken des Rossmeeres,
- Analyse der jungen Rifttektonik im Transantarktischen Gebirge,
- Bestimmung des Krustengradienten zwischen Rossmeer und Polarplateau abgeleitet von gravimetrischen Daten,

- Einbeziehung von eis- und meerbedeckten Gebieten durch integrierende aeromagnetische Messungen,
- Erfassung der Landschaftsform unter dem Inlandeis westlich des Transantarktischen Gebirges aus Radarmessungen und
- Untersuchung des Zusammenhanges glazialgeologischer Prozesse mit der Hebungstektonik.

Aufgrund dieser offenen Fragen wurden 20 Projekte formuliert (eine vollständige Auflistung enthält der englische Textteil).

2. ARBEITSPROGRAMM UND SCHWIERIGKEITEN

Die Feldarbeit war in vier verschiedene Abschnitte in vier Arbeitsgebieten (Abb. 1) unterteilt:

- a) Aeromagnetische Messungen im Gebiet von McMurdo (Nov.-Dez. 1990).
- b) Geländearbeiten im Gebiet um die Gondwana-Station (Dez.-Jan.).
- c) Aeromagnetik und geologisch/geophysikalische Feldarbeiten an der Oates Coast (Jan. 1991).
- d) Geländearbeiten in den Prince Albert Mountains südlich von Gondwana (Feb. 1991).

Die Geländearbeiten wurden stark behindert durch unglückliche Zwischenfälle, die sich zu einer ganzen Serie widriger Bedingungen anhäufte:

- die Verzögerung der Meßkampagne bei McMurdo durch die wetterbedingte, um einen Monat verspätete Ankunft der Meßflugzeuge,
- die irreparable Beschädigung eines Hubschraubers im Gelände,
- die Stilllegung eines zweiten Hubschraubers durch technischen Defekt,
- die ungewöhnlich schwierigen Eisverhältnisse vor der Oates Coast, die es dem Expeditionsschiff *Polar Queen* nicht erlaubten, näher als 50 km an die Küste heranzukommen,
- ein Treibstoff Depot, das unter 4 m Schneebedeckung ausgegraben werden mußte,
- das extrem schlechte Wetter im Januar während des eigentlichen „Hochsommers“ mit Schnee und Nebel an der Küste und starken katabatischen Winden im Inland und
- Totalschaden an einem der Meßflugzeuge bei der Landung auf einer Schneelandedecke.

Die Summe all dieser Ereignisse brachte die Arbeiten einzelner Gruppen zeitweise zum totalen Stillstand, andere mußten ihr Programm stark einschränken oder ändern. Notprogramme und Gelegenheitseinsätze, manchmal in nicht eingeplante Gebiete, wurden die Regel. Nur im Februar konnte, trotz erschwelter Bedingungen durch anhaltend schlechtes Wetter, doch noch ein einigermaßen kontinuierliches Programm abgewickelt werden.

3. ERGEBNISSE

Wir freuen uns, daß wir trotz all der Schwierigkeiten in der Lage sind, im folgenden einige erste Resultate vorzulegen. Ausführliche Interpretationen werden nach der Laborbearbeitung unserer Proben und nach dem Prozessieren der Meßdaten folgen.

Im Arbeitsgebiet Nord-Victoria-Land (Abb. 1) streicht das Ross-Orogen mit seinen Terranes etwa NNW-SSE. Es wird zweimal durch die Küste mehr oder weniger quer zum Streichen geschnitten, im Norden durch die Küste des Pazifiks (Oates Coast), im Süden durch die Küste des Rossmeeres. Aus diesem Grund wurden in beiden, ca. 600 km voneinander entfernten Gebieten Teiluntersuchungen im Grundgebirge durchgeführt. Die Arbeiten zur Fragmentation der Lithosphäre und Riftbildung konzentrierten sich dagegen ausschließlich auf die Rossmeerküste.

Die glazialgeologischen Arbeiten setzten sich mit dem Einfluß der Hebungstektonik des Transantarktischen Gebirges auf das glaziale Geschehen auseinander. Durch die ¹⁰Be-Methode steht ein wichtiges Instrumentarium zur Gliederung der Ereignisse zur Verfügung. Die Methode erlaubt es, die Eisrückzugsalter auf Plateaus und Terrassen zu bestimmen, d.h. die Zeit seit der diese Oberflächen der kosmischen Strahlung ausgesetzt sind.

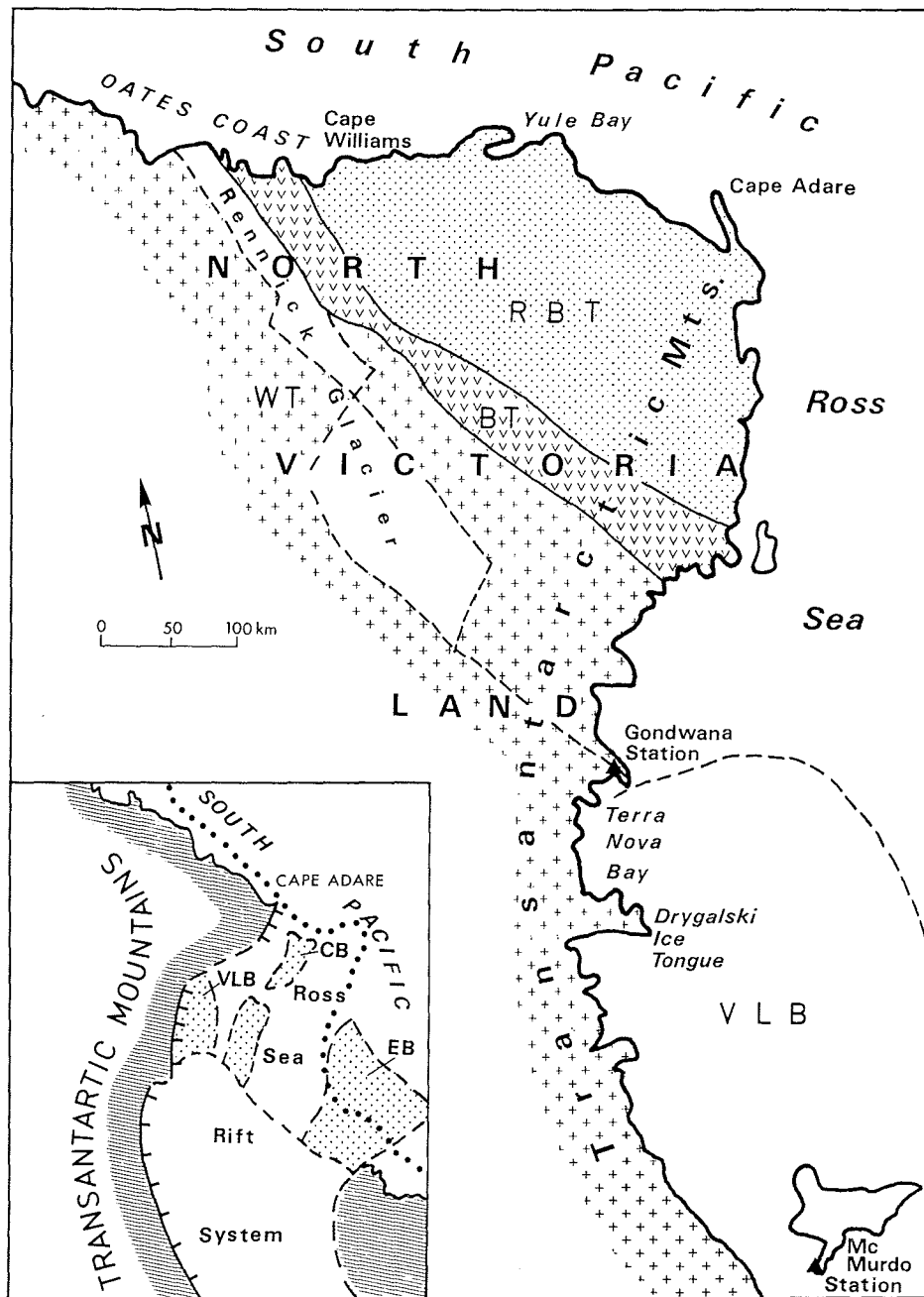


Abb. 1: Das Arbeitsgebiet von GANOVEX VI im nördlichen und zentralen Victoria-Land mit den wichtigsten Lokationen und einer Skizze des tektonischen Rahmens. BT = Bowers Terrane, RBT = Robertson Bay Terrane, WT = Wilson Terrane, CB = Zentral Becken, EB = Ost-Becken, VLB = Victoria-Land-Becken.

Fig. 1: Working area and important localities of GANOVEX VI in northern and central Victoria Land. Inset shows the tectonic setting of the area. BT = Bowers Terrane, RBT = Robertson Bay Terrane, WT = Wilson Terrane, CB = Central Basin, EB = Eastern Basin, VLB = Victoria Land Basin.

Die vulkanologischen Arbeiten waren im wesentlichen petrographisch und geochemisch ausgerichtet. Durch die Umstände bedingt wurden drei verschiedene Objekte untersucht: Scott Island, im ozeanischen Bereich des Rossmeeres gelegen, wurde beprobt, um diese wichtige einzelne Felsgruppe altersmäßig und in ihrer tektonischen Position (Alkaline Oceanic Island) einzuordnen. An der Flanke des Mt. Melbourne wurde die Verzahnung vulkanischer Förderprodukte mit glazialen und aquatischen Prozessen im Detail studiert. Schwerpunkte der Arbeiten waren jedoch die jurassischen Laven und Sills in den Prince Albert Mountains. Die Kartierung dieses Gebiets ergab, daß sich die Laven als höchste Einheit des Deckgebirges ganz im Westen des Gebiets in N-S-Richtung erstrecken und die Verbindung von den Allen Hills in Süd-Victoria-Land bis ins Gebiet des Reeves-Gletschers in Nord-Victoria-Land bilden. Ein unerwartetes neues Objekt ergab sich durch die Entdeckung einer nicht-metamorphen andesitisch-rhyolithischen Serie im metamorphen Wilson Terrane.

Die strukturgeologischen Untersuchungen auf der Expedition konzentrierten sich zum einen auf die Analyse der jungen rift-bezogenen Störungen an Land, zum anderen auf die Verfolgung der Überschiebungszonen im Grundgebirge. Erstere wurden in Gebieten durchgeführt, in denen auch junge basaltische Gänge verbreitet waren, um nach Möglichkeit eine Alterseinstufung der Tektonik möglich zu machen. Letztere sollten die weitere Verbreitung der bei GANOVEX V entdeckten mylonitischen Überschiebungszonen im Grundgebirge des Ross-Orogens prüfen, sowohl im Süden (Terra-Nova-Gebiet) wie auch im Norden (Rennick-Gletscher). Im Ergebnis bestätigten die Ergebnisse hier die Hypothese von subduktionsbezogener Einengungstektonik.

Arbeiten zur Metamorphose des Grundgebirges im Wilson Terrane widmeten sich dem Problem der Granulit-Migmatit-Granit-Beziehung im Hinterland der Terra Nova Bay und dem Übergang von schwach- zu hochmetamorphen Gesteinen im Rennick-Gebiet (Helliwell Hills).

Entsprechend ihrer starken Verbreitung im Grundgebirge waren auch die Granite ein wichtiges Untersuchungsobjekt auf der Expedition. Von den zum Ross-Orogen gehörenden Granite Harbour Intrusives wurden im Norden und Süden Proben zur petrographischen, geochemischen und geochronologischen Bearbeitung entnommen.

Die deutlich späteren Admiralty-Intrusiva (Devon/Karbon) wurden an der Nordküste in allen drei Terranes beprobt, um mit Hilfe der Geochemie und Geochronologie zusätzliche Kriterien für die Beurteilung zu gewinnen, ob diese Granite erst nach der Terrane-Akkretion intrudiert sind oder, wie von anderer Seite postuliert, mit den Terranes „angeschweißt“ worden sind (BORG & STUMP 1987). Bei der Neubefahrung des kritischen (Admiralty- und Ross-Alter) Surgeon-Island-Granits in der Yule Bay wurde festgestellt, daß der Hauptkörper, der eine deutliche Schieferungs-Foliation aufweist, im Norden von einem kleineren Leukogranit ohne Foliation intrudiert wird. Diese Kombination kann die Diskrepanz in Alter und Isotopen-Signatur des foliierten Hauptkörpers erklären. Vermutlich handelt es sich um eine eingeschleppte Granite-Harbour-Scholle.

Die mit einem Teil der Arbeiten einhergehende Kartierung erbrachte vor allem im Gebiet südlich der Drygalski-Eiszunge, im Übergang zwischen Nord- und Süd-Victoria-Land, neue Ergebnisse. Das Basement bildet hier nur einen schmalen küstenparallelen Streifen und wird überwiegend durch Granite gebildet. Die gesamte Scholle ist sehr viel niedriger als die südlich und nördlich benachbarten und hat wegen ihrer geringen Kippung im Westen mit den Kirkpatrick-Basalten die hangendsten Teile des Deckgebirges erhalten.

Die Quergliederung der langen Riftschulter des Transantarktischen Gebirges in einzelne Blöcke wurde auch durch die Ergebnisse der Gravimetrie bestätigt. Hier liegen jetzt durch Messungen im Norden und Süden des Arbeitsgebietes die ersten guten Ansätze für eine flächenhafte Erfassung des Areal vor. Das Meßnetz basiert auf Meßpunkten über Eis. Diese werden wegen der schwierigen Terrainkorrekturen im Gebirge den Meßpunkten auf Fels vorgezogen. Voraussetzung sind exakte Position und Höhenlage der Meßpunkte durch Satelliten-Navigation (GPS) und begleitende Radar-Eisdickenmessungen. Die Gravimetrie lieferte die ersten Anhaltspunkte über den Aufbau der Kruste unter der Riftschulter des Transantarktischen Gebirges.

Die Radarmethode zur Messung der Eisdicken kam auch in anderen Teilprojekten zum Einsatz. Für geplante Wärmeflußmessungen an Land bildete eine Kartierung der Eisdicken im Gebiet südlich der Drygalski-Eiszunge die Voraussetzung für den Ansatz einer Sondierungsbohrung. Es konnten Gebiete gefunden werden, in denen das Eis über Plateaus nahezu stationär ist. Hier soll auf der nächsten Expedition GANOVEX VII der Wärme-fluß gemessen werden.

Die aeromagnetischen Messungen waren als Kernpunkt der Untersuchungen konzipiert. Durch die widrigen Umstände konnte jedoch nur ein kleiner Teil des Messgebiets abgedeckt werden. Im Falle von McMurdo deckt dieser Teil jedoch ein wichtiges Gebiet zwischen Transantarktischem Gebirge und Rossmeer-Becken ab. Trotz Schwierigkeiten bei der Datenaufbereitung sind hier noch interessante Ergebnisse zu erwarten.

4. DANKSAGUNGEN

Dank gilt dem Alfred-Wegener-Institut (AWI) für die kooperative Unterstützung der Aerogeophysik durch die Einbindung der Polarflugzeuge in das Programm sowie durch die Beteiligung mit Meßinstrumentarium und Personal. Dank gilt auch dem US Antarctic Program (USAP) für Unterstützung während der Transportflüge von *Polar-2* und *Polar-4* und für die Bereitstellung der Einrichtungen in McMurdo für den ersten Teil der Befliegung.

In einer schwierigen Situation ist man in der Antarktis besonders für die Hilfe von anderen, in der gleichen Region arbeitenden Gruppen dankbar. In unserem speziellen Fall gilt dies, nach dem Ausfall zweier Hubschrauber, insbesondere für die unbürokratische Hilfe unserer italienischen Kollegen und Nachbarn in der Terra Nova Bay sowie für die Crew von *Helicopters New Zealand*. Desgleichen gilt unser Dank dem US-Personal in McMurdo und Christchurch für die Weiterleitung dringend benötigter Ersatzteile und für die Unterstützung unseres Arztes bei einer medizinischen Kontrolluntersuchung. Die Mannschaften der *Polar Queen* und der HFS-Hubschrauber schafften, neben ihrer sonstigen Unterstützung der Expeditionsarbeiten, mit großem Einsatz die komplette Bergung der beschädigten *Polar-4* in vier Einzelsegmenten.

Als Koordinator der Geländearbeiten möchte der Verfasser seinen persönlichen Dank an alle Expeditionsteilnehmer dafür aussprechen, daß sie trotz aller Schwierigkeiten und trotz der Enttäuschung über die Einschränkungen in den Programmen ihre gute Moral behielten. Dies machte die Durchführung des Restprogrammes erst möglich. Durch die widrigen Verhältnisse wurden bei dieser Expedition auch unsere Bergführer besonders gefordert, auch ihnen gilt deshalb besonderer Dank.

Literatur

- Behrendt, J. C., Le Masurier, W.E., Cooper, A.K., Tessensohn, F., Trehu, A. & Damaske, D. (1991): Geophysical studies of the West Antarctic Rift System.- *Tectonics* 10: 1257-1273.
- Borg, S.G. & Stump, E. (1987): Paleozoic magmatism and associated problems of northern Victoria Land, Antarctica.- In: McKenzie, G. (ed.), *Gondwana Six: Structure, Tectonics and Geophysics*.- AGU, Geophys. Monogr. 40: 67-75.
- Bradshaw, J.D., Weaver, S.D. & Laird, M.G. (1985): Suspect Terranes and Cambrian Tectonics in northern Victoria Land, Antarctica.- In: Howell, D.G. (ed.), *Tectonostratigraphic Terranes of the Circum-Pacific Region*.- Circum-Pacific Conf. Energy, Mineral Resources, Earth Sci. Ser. 1: 467-479, Houston.
- Carmignani, L., Ghezzi, C., Gosso, G., Lombardo, B., Meccheri, M., Montrasio, A., Pertusati, P.C. & Salvini, F. (1989): Geology of the Wilson Terrane in the area between David and Mariner Glaciers, Victoria Land (Antarctica).- *Mem. Soc. Geol. Italiana* 33: 77-97.
- Kleinschmidt, G. & Tessensohn, F. (1987): Early Paleozoic westward directed subduction at the Pacific margin of Antarctica.- In: McKenzie, G.D. (ed.): *Gondwana Six: Structure, Tectonics and Geophysics*. AGU, Geophys. Monogr. 40: 89-105.
- Tessensohn, F. & Wörner, G. (1991): The Ross Sea rift system, Antarctica: structure, evolution and analogues.- In: Thomson, M.R.A., Crame, J.A. & Thomson, J.W. (eds.), *Geological Evolution of Antarctica*, 273-277, Cambridge.
- Tessensohn, F. (1991): Lithosphere research in the Ross Sea area, Antarctica: achievements and targets.- *Mem. Soc. Geol. Italiana* 6: 291-300.