

# Antarktis und Australien, die (fast) Unzertrennlichen - ein Überblick

von Georg Kleinschmidt<sup>1</sup>, Andreas L. Läufer<sup>1</sup> und Franco Talarico<sup>2</sup>

**Zusammenfassung:** Antarktika und Australien liegen heute über 3000 km auseinander. Die längste Zeit der Erdgeschichte bildeten jedoch ältere Teile beider Kontinente eine geschlossene Einheit. Relativ junger Beleg dafür ist der gleichartige jurassische Vulkanismus auf beiden Kontinenten. Mit der Bildung und dem Wachstum Gondwanas ging vor etwa 500 Ma eine Subduktions-Orogenese am paläopazifischen Rand des Superkontinents einher. Ihre Strukturen setzen sich kontinuierlich aus der Antarktis nach Südaustralien fort. Schließlich setzen sich Teilbereiche und Teilstrukturen des Ostantarktischen Kratons bis ins Detail im südaustralischen Gawler-Kraton fort, darunter vor allem die antarktische Mertz-Scherzone als Kalinjala-Mylonitzone in Australien. In ihr spiegelt sich möglicherweise ein großer Teil der beide Kontinente betreffenden Geschichte wider: von granulitfazieller dextraler Scherung vor ~1,7 Ga bis hin zur mesozoisch-känozoischen spröden Kaltdeformation des antarktisch-australischen Trennungsprozesses.

**Abstract:** Today, Antarctica and Australia are >3000 km apart. However, the main parts of both continents formed an integrated unity for the longest time of the earth's history. Uniform Jurassic volcanism is the relatively youngest indication of the unified continent. The formation of Gondwana was accompanied by a subduction orogeny at its palaeo-Pacific margin ~500 Ma ago; its structures continue from Antarctica into Australia. Finally, terrains and structures of the East Antarctic Craton extend into the South-Australian Gawler Craton, e.g. the Antarctic Mertz Shear Zone as Kalinjala Mylonite Zone in Australia. This shear zone may reflect a long period of the common history concerning both continents starting with dextral shearing under granulite facies conditions ~1.7 Ga ago up to Mesozoic-Cenozoic brittle deformation during the Antarctic-Australian separation.

Antarktika und Australien liegen heute etwa 3000 km auseinander: 2650 km auf 147°E (von Tasmanien südwärts), 3550 km auf 130°E (südlich der Großen Australischen Bucht) und 3300 km auf 117°E (etwa südwärts von Albany). Diese Situation ist auf die gesamte Erdgeschichte bezogen die Ausnahme.

## ARCHAIKUM / PROTEROZOIKUM

Gesteine des Archaikums und Altproterozoikums (2,6 bis 1,6 Ga) herrschen in der Ostantarktis zwischen 120° und 150°E - soweit bei über 99 % Eisbedeckung erkennbar - vor, wahrscheinlich besteht dieser Sektor sogar ausschließlich aus ihnen. Senkrecht zum Küstenverlauf des Südpolarmeeres wechseln granitische Plutonite, granulit- und amphibolitfazielle Orthogneise und Paragneise, durchsetzt von metamorph überprägten basischen Gängen (jetzt Amphiboliten); auch Phyllite treten auf (MÉNOT et al. 1995, PEUCAT et al. 1999, STÜWE & OLIVER 1989). Die gleiche Gesteinsgesellschaft mit ähnlicher Verteilung und vergleichbaren Altern findet sich „gegenüber“ im südlichen Australien zwischen 132° und 137,5°E im Bereich des Gawler-Kratons wieder (OLIVER &

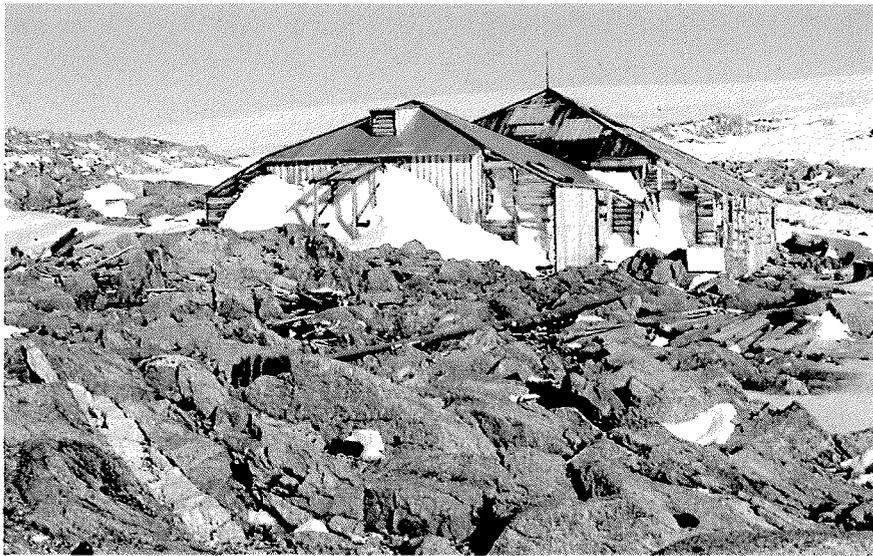
FANNING 1997). Verblüffend ist z.B. die Ähnlichkeit der von Pegmatitgängen durchzogenen Gneise in der antarktischen Commonwealth Bay bei Mawsons Hütte von 1912 (Abb. 1) mit den ebenfalls von Pegmatitgängen durchschwärmten Granulitgneisen am Südende der australischen Eyre Peninsula (Abb. 2). Nach FANNING (z.B. 1997) bilden daher der Ostantarktische Kraton (oder Schild) und der südaustralische Gawler-Kraton den größeren, altproterozoischen „Mawson-Kontinent“ oder „Mawson-Kraton“ (Abb. 3).

In der Zeitspanne zwischen gut 1,7 Ga und rund 1,55 Ga wurde der Mawson-Kontinent von einer mindestens 3 km breiten, dextralen Scherzone durchschnitten. In der Ostantarktis ist dies die Mertz-Scherzone, in Nord-Süd-Richtung etwa dem Mertzgletscher (genauer gesagt seinem Westufer; Abb. 6) im Grenzgebiet von George-V.-Land und Adélie-Land folgend. Hervorragend aufgeschlossen ist sie im gesamten Correll-Nunatak inmitten des Mertzgletschers (Abb. 4a, b). Der Rand der Scherzone verläuft durch Aurora Peak und den Mt. Murchison (Abb. 6). Die Mertz-Scherzone wurde Anfang 2000 während der deutsch-italienischen Expedition GANOVEX VIII/ITALIANTARTIDE XV entdeckt (KLEINSCHMIDT & TALARICO 2000). Ihr australisches Gegenstück ist die Kalinjala-Mylonitzone, die auf über 250 km Länge dem Ostsau der Eyre Peninsula folgt (Abb. 5a, b). Von dort stammt die Datierung mit Altern zwischen 1,710 bis 1,550 Ga (<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar-Alter, FOSTER & EHLERS 1998). Die Datierung des Antarktisastes der Bewegungszone, der Mertz-Scherzone, ist in Arbeit. Dünnschliffuntersuchungen haben bereits gezeigt, dass die Geschichte der Mertz-Scherzone sehr komplex ist. Sie startet unter granulitfaziellen Bedingungen, geht über in amphibolitfazielle duktile Bewegungen und weist schließlich gar kalte, spröde Deformationen auf (TALARICO & KLEINSCHMIDT im Druck). Mit Hilfe der Mertz-Scherzone bzw. Kalinjala-Mylonitzone lässt sich der Mawson-Kontinent sehr präzise rekonstruieren (Abb. 6).

Diese frühe australisch-antarktische Liaison erfuhr vor gut 1,3 Ga und zwischen 1,2 und 1,1 Ga eine Bekräftigung, der Mawson-Kontinent wurde erweitert, und zwar - aus heutiger Sicht - an seiner Westflanke. Hier wurde der den Großteil Westaustraliens einnehmende Yilgarn-Kraton angegliedert. Die Schweißnaht bildet der „Albany-Fraser-Belt“, ein Orogenzug zwischen Albany (südwestliches Westaustralien) und Fraser Range/Zanthus (südliches Westaustralien, Abb. 7) mit seiner Fortsetzung im „Musgrave-Belt“ der Musgrave Ranges entlang der Grenze Northern Territory/Südaustralien (Abb. 7, z.B. NELSON et al. 1995, CLARK et al. 2000). Die gleiche komplexe Geschichte mit orogenen Höhepunkten um 1,300 bis 1,340 Ga und um 1,130 bis 1,260 Ga, mit vergleichbaren hochgradigen Metamorphosen, mit vergleichbaren

<sup>1</sup> Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Frankfurt, Senckenberganlage 32, D-60054 Frankfurt am Main, Deutschland. <kleinschmidt@em.uni-frankfurt.de>

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Siena, Via Laterina 8, I-53100 Siena, Italien <talarico@unisi.it>



**Abb. 1:** Von Pegmatiten durchsetzte, hochmetamorphe Gneise in der Ostantarktis bei Mawsons Hütte von 1912 bei ca. 142°40'E (GANOVEX VIII, 2000).

**Fig. 1:** High-grade gneisses intruded by pegmatites near Mawson's Hut of 1912, East Antarctica at 142°40'E (GANOVEX VIII, 2000).



**Abb. 2:** Von Pegmatiten durchsetzte, hochmetamorphe Gneise im südlichen Australien am Süden der Eyre-Halbinsel (s. Abb. 6; 4th Internat. Symposium on Antarctic Earth Sciences, 1982).

**Fig. 2:** High-grade gneisses intruded by pegmatites at Cape Carnot, Eyre Peninsula, South Australia (s. Fig. 6; 4th Internat. Symposium on Antarctic Earth Sciences, 1982).

Granitintrusionen und mit vergleichbaren Lithologien zeigen die Windmill Islands (POST et al. 1997) und die Bungler Hills (WILSON 1997) bei 111°E bzw. 101°E in der Antarktis (Abb. 7). Windmill Islands, Bungler Hills, Albany-Fraser-Orogen und wohlmöglich Musgrave-Belt lassen sich daher zwanglos als ein Kollisionsorogen auffassen (WILSON 1997, POST et al. 1997, FITZSIMONS 2000a, b), dessen Schönheitsfehler lediglich darin besteht, dass seine Kontinuität nicht durchgängig sichtbar ist. Sie wird in der Antarktis zwischen 102° und 110°E durch Eisbedeckung und in Australien vor allem zwischen Zanthus und Warburton (Abb. 7) durch Wüste verhüllt.

Der jüngere Abschnitt dieses langanhaltenden Kollisionsprozesses (FITZSIMONS 2000a) fällt etwa mit dem weltweiten, 1,1 Ga alten so genannten grenvillischen Ereignis zusammen, das zur Bildung des Superkontinents Rodinia führte.

Der Zerfallsprozess dieses Superkontinents Rodinia, der in die Zeitspanne von vor 750 bis 650 Ma gelegt wird, wirkt sich auf das Verhältnis von Antarktis zu Australien nicht aus, wird viel-

mehr gemeinsam durchstanden. Am (späteren) pazifischen Rand von Antarktika und Australien (d.h. des Mawson-Kontinents) bildete sich infolge der Loslösung Laurentias von Rodinia ein Riftsystem und anschließend ein sich vergrößernder Ozeanbereich, der Paläopazifik, aus. Die Spuren dieses Prozesses finden sich in Form von jungproterozoischen und kambrischen Rift- und Kontinentalhangsedi- menten sowohl im östlichen Südaustralien („Adelaidean“ und „Kanmantoo-Gruppe“, VON DER BORCH 1980) als auch entlang des Transantarktischen Gebirges (u.a. „Beardmore-Gruppe“, z.B. GOODGE et al. 2002). Direkte strukturelle Hinweise auf den Rodinia-Zerfall, wie sie sich in Australien als Gairdner-Dyke-Schwarm und als Tasman-Line (Abb. 7) andeuten, sind bis jetzt in der Antarktis trotz intensiver Suche z.B. während GANOVEX VIII (1999/2000) nicht nachweisbar.

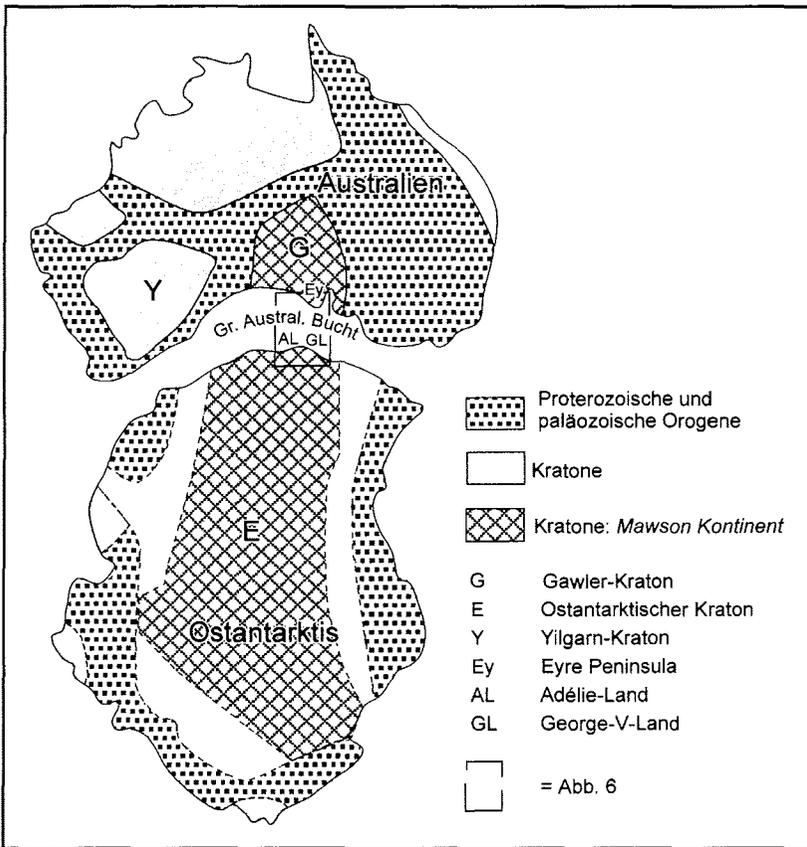


Abb. 3: Ostantarktis- und Gawler-Kraton bilden den „Mawson-Kontinent“ (FANNING 1997, FITZSIMMONS 2000a).

Fig. 3: The „Mawson Continent“ (FANNING 1997, FITZSIMMONS 2000a) consisting of the Australian Gawler and the East Antarctic cratons.

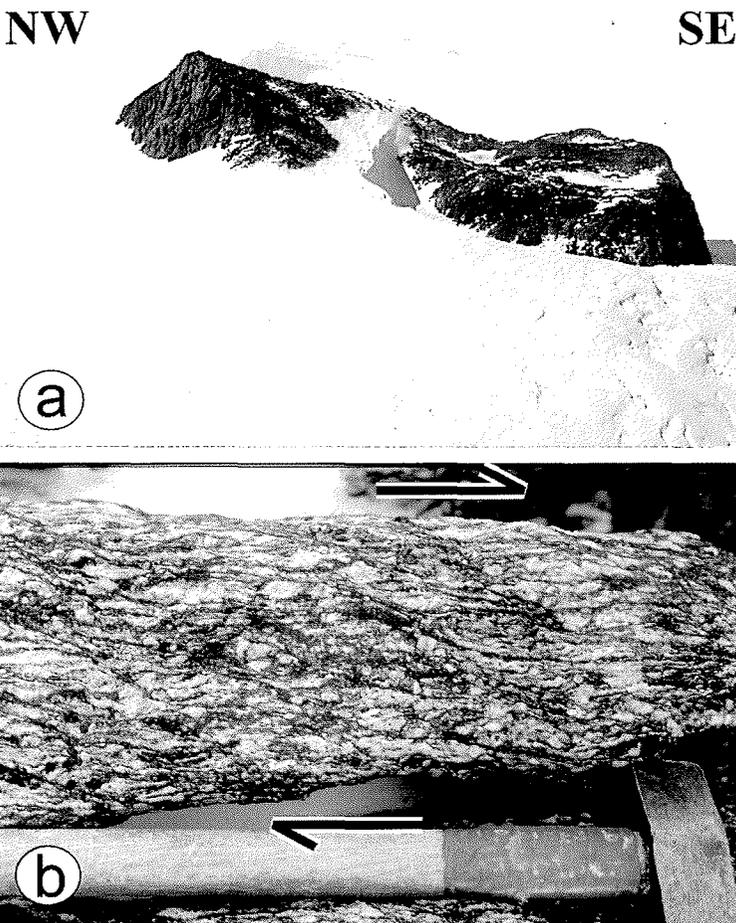


Abb. 4: Hauptaufschluss der Mertz-Scherzone in der Ostantarktis. (a) Correll-Nunatak. (b) Detail mit dextralen Schersinn-Indikatoren ( $\sigma$ -Klasten und Scherbänder; GANOVEX VIII, 2000).

Fig. 4: The main outcrop of the Mertz Shear Zone in East Antarctica at (a) Correll Nunatak. (b) Detail showing  $\sigma$ -clasts and shear bands indicating dextral shear (GANOVEX VIII, 2000).

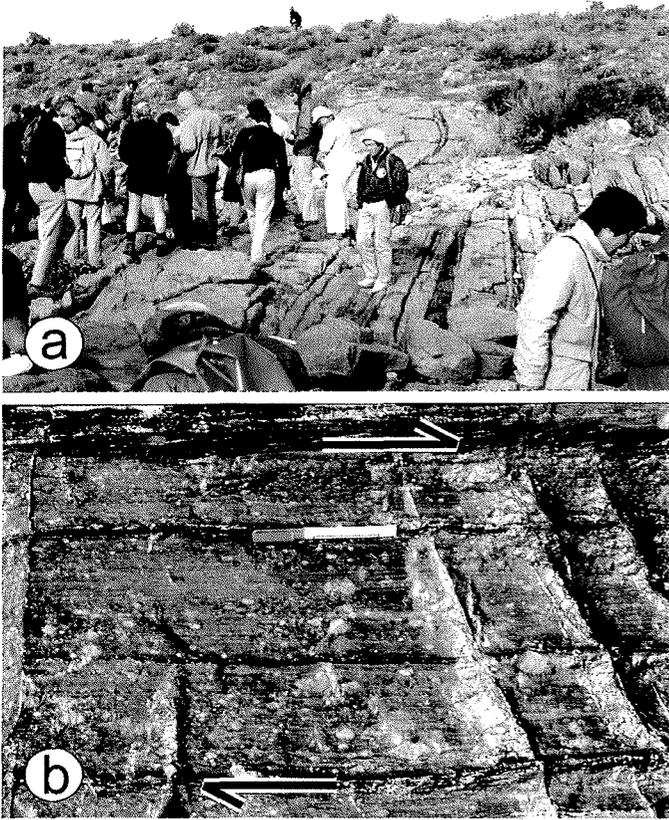


Abb. 5: Die Kalinjala-Scherzone in Südaustralien an der Ostküste der Eyre-Halbinsel. (a) Bei Port Neill (s. Abb. 6; 4th Internat. Symposium on Antarctic Earth Sciences, 1982). (b) Detail bei (a) mit  $\sigma$ -Klasten als dextralen Schersinn-indikatoren.

Fig. 5: The Kalinjala Mylonite Zone in South Australia east coast of Eyre Peninsula. (a) Near Port Neill (s. Fig. 6; during 4th Internat. Symposium on Antarctic Earth Sciences, 1982). (b) Detail from (a) showing  $\sigma$ -clasts as indicators of dextral shear.

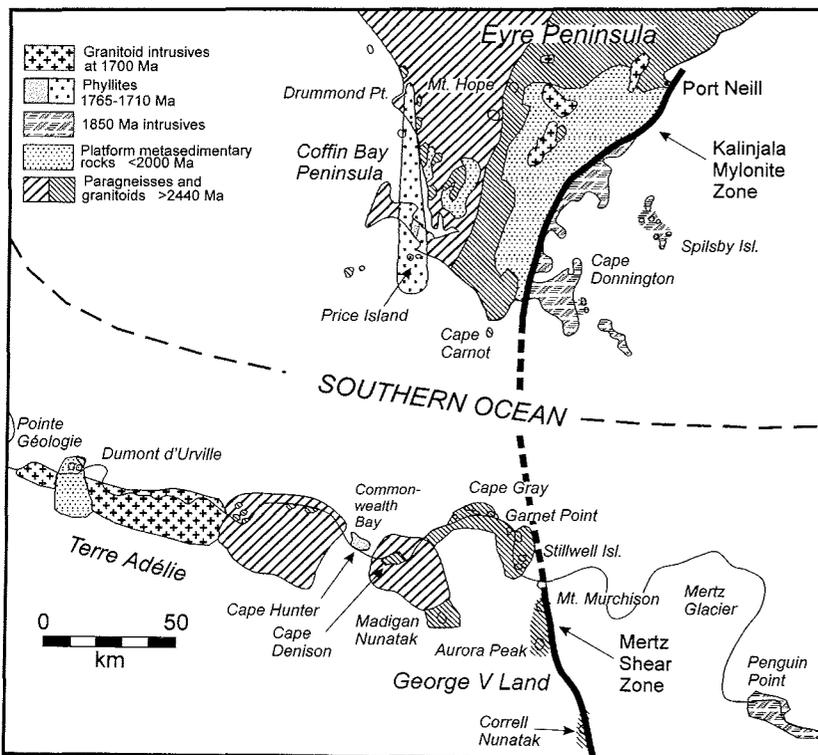


Abb. 6: Präzise Rekonstruktion des Mawson-Kontinents mit Hilfe von Mertz-Scherzone und Kalinjala-Mylonitzone (verändert nach OLIVER & FANNING 1997).

Fig. 6: Precise reconstruction of the central part of the Mawson Continent using the Mertz-/Kalinjala Shear Zone (modified after OLIVER & FANNING 1997).

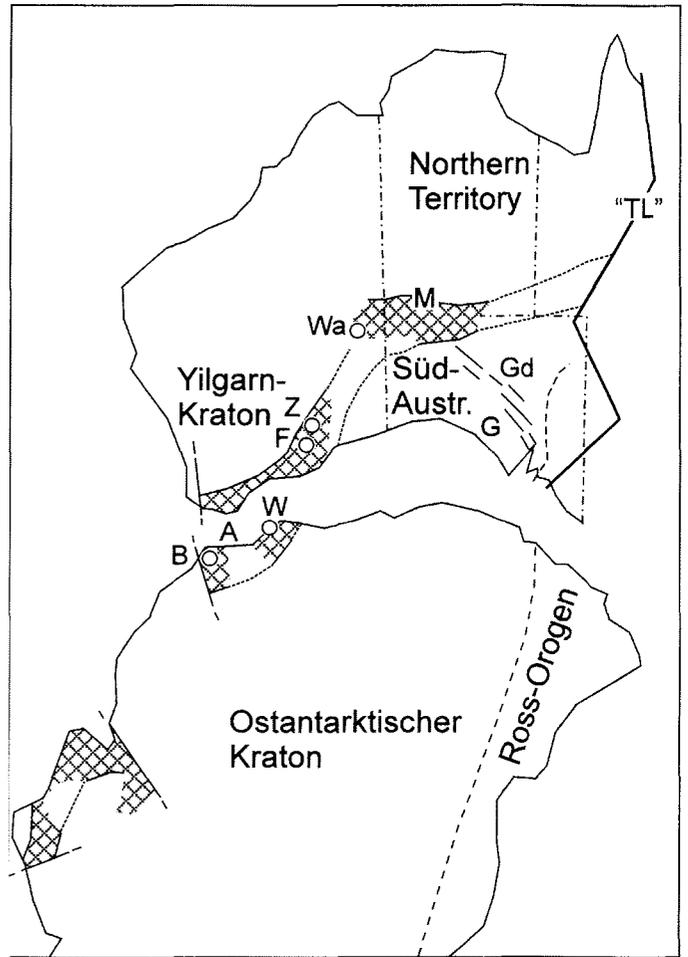


Abb. 7: Die mesoproterozoischen Orogene Australiens und der Antarktis. A = Albany, B = Bunger Hills, F = Fraser Range, G = Gawler-Kraton, Gd = Gairdner-Gangschwarm, M = Musgrave Ranges, "TL" = Tasman Line, W = Windmill Islands, Wa = Warburton, Z = Zanthus.

Fig. 7: The Mesoproterozoic orogens of Australia and Antarctica. A = Albany, B = Bunger Hills, F = Fraser Range, G = Gawler Craton, Gd = Gairdner Dyke Swarm, M = Musgrave Ranges, "TL" = Tasman Line, W = Windmill Islands, Wa = Warburton, Z = Zanthus.

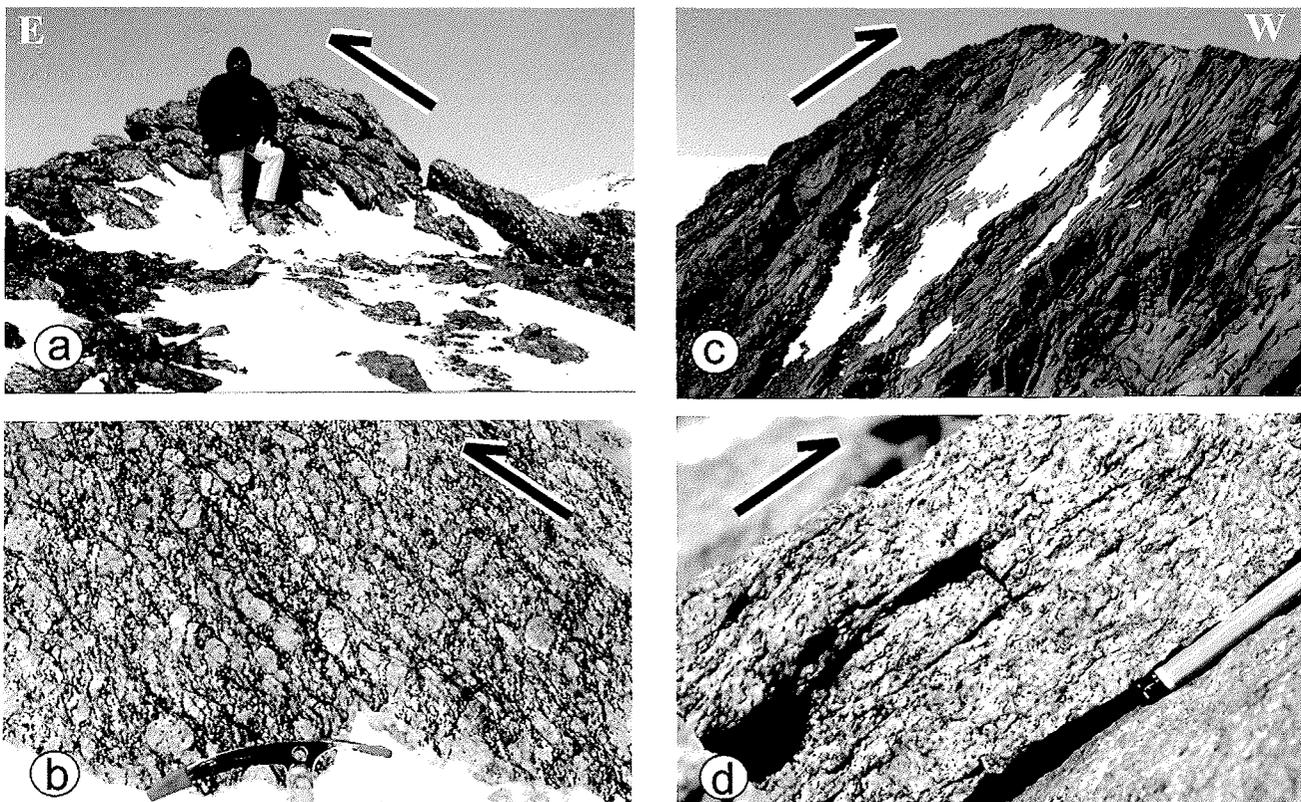
## PALÄOZOIKUM

Mit der Bildung und dem Wachstum des nächsten Superkontinents Gondwana ging vor ~500 Ma eine Subduktions-Orogenese an seinem paläopazifischen Rand einher (z.B. KLEINSCHMIDT & TESSENHORN 1987). Strukturen und Gesteinsprodukte dieser Orogenese setzen sich kontinuierlich aus der Antarktis nach Südaustralien fort; das einheitliche Orogen wird lediglich mit unterschiedlichen Namen belegt. In der Antarktis heißt es „Ross-Orogen“, in Australien „Delamerisches Orogen“. Seine besonders auffälligen Strukturen sind Überschiebungszonen. Sie sind in Victorialand nach Osten und westlich davon, in Oates-Land, nach Westen gerichtet, d.h. sie sind im antarktischen Ross-Orogen symmetrisch angelegt (Abb. 8). Genauso im Delamerischen Orogen Australiens; in Südaustralien weist ihr Überschiebungssinn gen Westen, weiter östlich am Westrand Victorias nach Osten (Abb. 9). Auch mit diesen Strukturen muss sich die ursprüngliche Lage Australiens zur Antarktis - nunmehr im Verbände Gondwanas - präzise rekonstruieren lassen. Dies geschah in der Folge des Unternehmens GANOVEX V (1988/1989), während dessen die antarktischen Überschiebungssysteme entdeckt wurden (FLÖTTMANN et al. 1993, Abb. 10).

Bereits kurz zuvor wurde das antarktische Ross-Orogen mit den australischen Delameriden mit Hilfe der zugehörigen, ca. 500 Ma alten Granitintrusionen verknüpft (STUMP et al. 1986,

VETTER & TESSENHORN 1987, FODEN et al. 1990). Naturgemäß lieferte die Verteilung dieser Granitintrusionen (Abb. 10) kein völlig scharfes Bild des antarktisch-australischen Brückenschlages. Und es kommt noch ein Schönheitsfehler bei diesen Graniten hinzu. In der Antarktis, in Nordvictorialand und in Oates-Land, bilden die Granite ein Paar parallel verlaufender Streifen, die sich geochemisch unterscheiden (Abb. 10): I-Typ-Granite im Osten, d.h. in Richtung auf den Paläopazifik, und S-Typ-Granite im Westen, d.h. kontinenteinwärts (VETTER & TESSENHORN 1987, Ergebnisse von GANOVEX I-IV zwischen 1979 und 1985). Diese Granitverteilung ist eines der Hauptargumente für die genannte Subduktionsorogenese am paläopazifischen Rand der Antarktis, des Mawson-Kontinents, Gondwanas! Im australischen Pendant (FODEN et al. 1990, Abb. 10) herrschen dagegen I-Typ-Granite deutlich vor, gefolgt von A-Typ-Graniten. Der S-Typ ist spärlich und tritt zudem an der „falschen“ Stelle, ganz im Osten des Orogens, auf. Warum die Verteilung der Granittypen in Australien von der in der Antarktis abweicht und warum sie dort nicht „schulmäßig“ ist, wird noch nicht verstanden.

Ein eher strukturelles Problem stellt Kangaroo Island dar (Abb. 10). Am Südennde des Delamerischen Orogens schwenken dessen Strukturen aus der Nord-Süd- mehr und mehr in eine Nordost-Südwest-Richtung um und verlaufen auf der Insel schließlich ost-westlich (Abb. 10). Im Gegensatz zu den anderen delamerischen bzw. ross-orogenetischen Struk-



**Abb. 8:** Symmetrisch nach Osten (a, b) und Westen (c, d) gerichtete, ross-orogenetische Überschiebungszonen in der Antarktis (vgl. Abb. 10); (a, b) Victorialand, Williams Bluff (GANOVEX VI, 1991); (c, d) Oatesland, Exiles Nunataks, oben Person als Maßstab (GANOVEX V, 1989). (a, c) Übersicht; (b, d) Detail mit S-C-Gefüge und  $\sigma$ -Klasten als Schersinnindikatoren.

**Fig. 8:** Symmetrically eastward (a, b) and westward (c, d) directed thrust zones of Ross orogenic age in Antarctica (cf. Fig. 10); (a, b) Victoria Land, Williams Bluff (GANOVEX VI, 1991); (c, d) Oates Land, Exiles Nunataks, note person for scale (GANOVEX V, 1989). (b, d) Details showing S-C structure and  $\sigma$ -clasts as shear sense indicators.

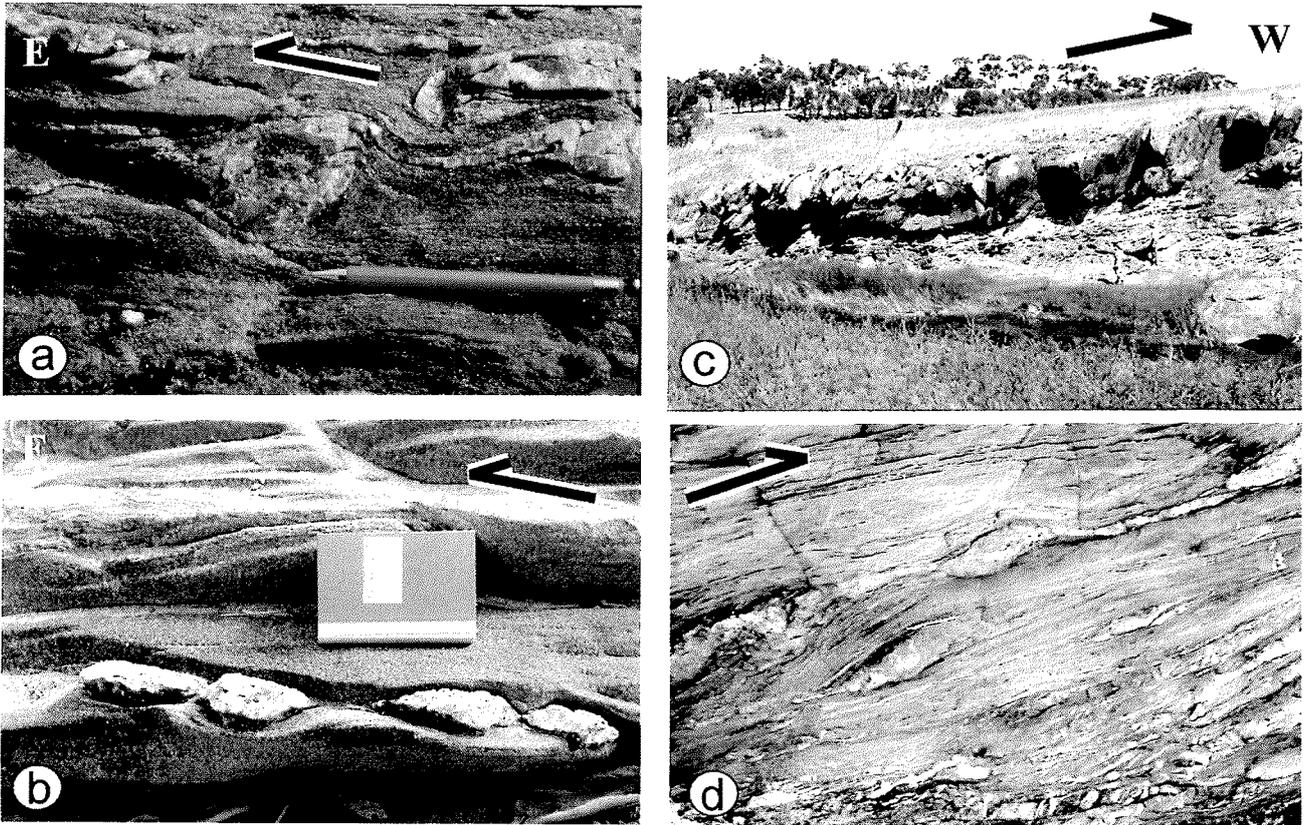


Abb. 9: Symmetrisch nach Osten (a, b) und Westen (c, d) gerichtete, delamerische Überschiebungszonen in Australien (vgl. Abb. 10); (a, b) Victoria, Glenelg-Region 1991; (c, d) Südastralien, E Balaklava 1993. (a)  $\delta$ -Klast; (b, d) asymmetrische Boudins bzw. Phacoids als Schersinnindikatoren; (c) im oberen Teil westgerichtete Duplexstruktur.

Fig. 9: Symmetrically eastward (a, b) and westward directed (c, d) Delamerian thrust zones in southern Australia (cf. Fig. 10); (a, b) Victoria, Glenelg area 1991; (c, d) South Australia, E of Balaklava 1993. (a)  $\delta$ -clast; (b, d) asymmetric boudins or phacoids as shear sense indicators; (c) westward directed duplex structure.

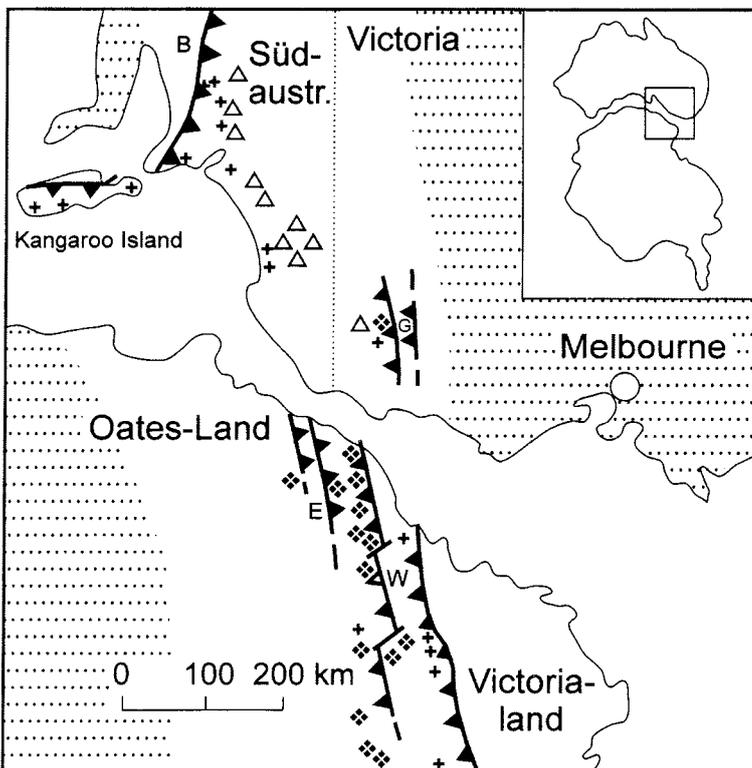


Abb. 10: Gondwana-Rekonstruktion für Antarktika-Australien mit ross-orogenetischen bzw. delamerischen Graniten und Überschiebungszonen (basierend auf FLÖTTMANN et al. 1993). Unschattierter Bereich = Ross-Orogen bzw. delamerisches Orogen, + = I-Typ-Granite, x = S-Typ-Granite,  $\Delta$  = A-Typ-Granite; E = Exiles Nunataks (Abb. 8 a, b), W = Williams Bluff (Abb. 8 c, d), B = Balaklava (Abb. 9 c, d), G = Genelg-Region (Abb. 9 a, b).

Fig. 10: Reconstruction of Gondwana (Antarctica-Australia) using Ross orogenetic and Delamerian granitoids and thrust zones (based on FLÖTTMANN et al. 1993). Unshaded = Ross and Delamerian orogens resp.; + = I-type granites, x = S-type granites,  $\Delta$  = A-type granites. E = Exiles Nunataks (Fig. 8 a, b), W = Williams Bluff (Fig. 8 c, d), B = Balaklava (Fig. 9 c, d), G = Genelg-Region (Fig. 9 a, b).

turen des südlichen Australien und der gegenüberliegenden Antarktis liegt Kangaroo Island mitsamt seinem strukturellen Aufbau etwa parallel zum durchschnittlichen Küstenverlauf der beiden Kontinente. Diesem Verhalten Kangaroo Islands, das nicht in das simple Bild des Ross-/Delamerischen Orogens (Abb. 10) passt, ähneln zwei Beobachtungen aus der Antarktis im Bereich des Ninnisgletschers (Abb. 14) während GANOVEX VIII (1999/2000). Zum einen schwenken die magnetischen Anomalien, die im eigentlichen Ross-Orogen parallel zu den geologischen Strukturen mit etwa 160° streichen, westlich des Matusевичgletschers (Abb. 14) in eine NW-SE-Richtung um (DAMASKE et al. im Druck). Zum andern verläuft nahezu parallel dazu im Granit am Cape Webb unmittelbar westlich des Ninnisgletschers (Abb. 14) eine 2-3 m mächtige, nach NNE einfallende duktile Überschiebungszone mit einer Schubrichtung nach 195°. Allerdings ist weder das Alter dieser Scherzone noch das der Strukturprägung bekannt, die für die dazu etwa parallele Magnetikanomalie verantwortlich ist. Das Umschwenken von delamerischen Strukturen in einen grob küstenparallelen Verlauf in Australien und der grob küstenparallele Verlauf von Strukturen bis jetzt unbekanntes Alters um den Ninnisgletscher in der Antarktis liefern, gleiches Alter vorausgesetzt, ein spiegelsymmetrisches Bild, dessen Entstehung weitere Untersuchungen erfordert.

## MESOZOIKUM

Beleg dafür, dass der Zusammenhalt der Antarktis mit Australien auch vor 180 Ma noch ungebrochen war, bildet der großflächige, chemisch identische jurassische Vulkanismus auf beiden Kontinenten. Er tritt untergeordnet in Laven, hauptsächlich aber in Form von Sills auf (Abb. 11, 12) und wird ausgehend von der Ferrar-[Super]gruppe der Antarktis (GRINDLEY 1963) als „Ferrar-Provinz“ zusammengefasst (Abb. 13). Sie umfasst das südliche Australien und den gegenüberliegenden Antarktissektor bis hin zu den Whichaway Nunataks bei ca. 81,5°S, 28,5°W. Sie wird der zeitgleichen, aber chemisch verschiedenen Karoo-Provinz des südlichen Afrika mit dessen antarktischen Gegenüber in Dronning-Maud-Land und in Coats-Land bis zu den Theron Mountains (ca. 79°S, 28°W) gegenübergestellt (Abb. 13). In

der Ferrar-Provinz ist der Ti-Gehalt meist relativ niedrig, in der Karoo-Provinz wenigstens teilweise relativ hoch. Die Unterschiede liegen aber vor allem bei den Spurenelementen und ihren Verhältnissen. So liegt in der Ferrar-Provinz  $\epsilon Nd$  zwischen -3 und -7,  $^{87}Sr/^{86}Sr$  zwischen 0,709 und 0,715, Indizien für Mantelherkunft mit deutlicher Krustenkomponente. In der Karoo-Provinz liegt  $\epsilon Nd$  zwischen +8 bis -18 und das Sr-Verhältnis zwischen 0,703 und 0,709, Mantelherkunft ohne Krustenkomponente. Dies ist in zahlreichen Arbeiten untersucht und dargestellt worden (BREWER et al. 1992, ELLIOT 1992, HERGT et al. 1989a, 1989b, 1991). Für den Australien gegenüber liegenden Antarktissektor haben die GANOVEX-Unternehmen (IV-VIII) zahlreiche Daten zur Geochemie geliefert (HORNING 1993, MOLZAHN et al. 1996, HANEMANN 2000, HANEMANN & VIERECK-GÖTTE 2003). Die enge Verbindung der Juravulkanite der Antarktis und Australiens wird besonders von HERGT et al. (1989a) hervorgehoben.

Ferrar-Vulkanite sind im Australien gegenüberliegenden Sektor der Antarktis zwischen 148°E und 165°E nachgewiesen (Abb. 13), und zwar:

- (1.) in Victorialand im Bereich von zwei der drei ross-orogentischen Einheiten, nämlich in der westlichen, dem „Wilson Terrane“, und in der zentralen, dem „Bowers Terrane“, bis auf drei kleine Gänge (CRAWFORD et al. 1984) dagegen nicht im Osten, dem „Robertson Bay Terrane“,
- (2.) in Oates-Land in den völlig isolierten Vorkommen der SCAR Bluffs und der Anxiety Nunataks (noch ross-orogentisches Wilson Terrane oder schon ostantarktischer Kraton?) und
- (3.) ebenso isoliert in George-V-Land im Horn Bluff (Abb. 11) und in den Organ Pipe Cliffs (auf Fundament des ostantarktischen Kratons?).

In Australien treten die entsprechenden Gesteine zwischen 137°E und 151°E auf (Abb. 13), und zwar vor allem auf Tasmanien (Abb. 12). Kleinere Vorkommen gibt es auf Kangaroo Island und bei Harrow/Glenelg River in West-Victoria, beides im Bereich des Delamerischen Orogens, der Fortsetzung des antarktischen Ross-Orogens, außerdem bei Mittagong SW von Sydney im Bereich des Lachlan Fold Belts. Sie fehlen bemerkenswerterweise im Bereich des

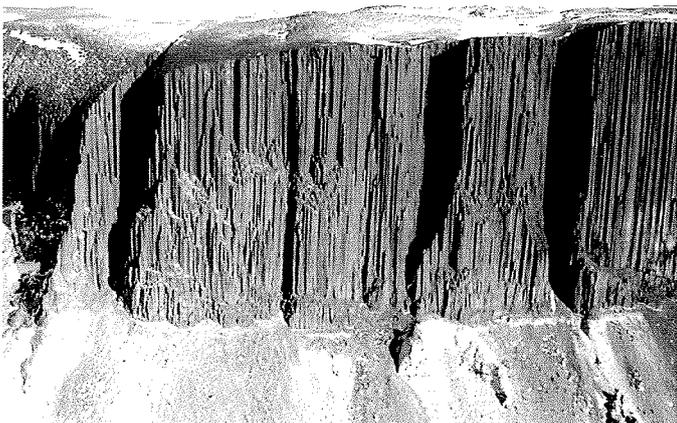


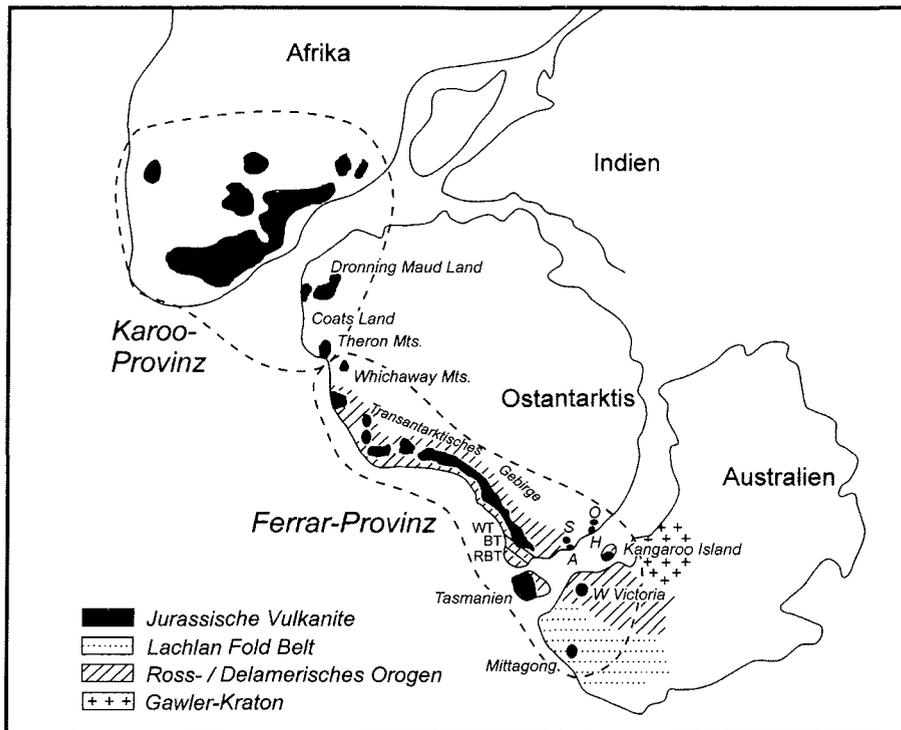
Abb. 11: Jurassischer Vulkanismus der Ferrar-Provinz in der Antarktis, Beispiel Horn Bluff, George-V.-Land (GANOVEX VIII, 2000).

Fig. 11: Jurassic volcanism in Antarctica, Ferrar Magmatic Province, e.g. Horn Bluff, George V Land (GANOVEX VIII, 2000).



Abb. 12: Jurassischer Vulkanismus der Ferrar-Provinz in Australien (Tasmanien, Mt. Wellington bei Hobart, phot. A. Brandt, 2000).

Fig. 12: Jurassic volcanism in Australia, Ferrar Magmatic Province (Tasmania, Mt. Wellington near Hobart, phot. A. Brandt, 2000).



**Abb. 13:** Verbreitung des jurassischen Vulkanismus in der Antarktis. Die Ferrar-Magmatite setzen sich chemisch identisch in Australien fort. Die davon abweichende Karoo-Provinz umfasst das südliche Afrika, Dronning-Maud-Land und die Theron Mountains. (Verändert nach ELLIOT 1992, BREWER et al. 1992). A = Anxiety Nunataks, S = SCAR Bluffs, H = Horn Bluff, O = Organ Pipe Cliffs. Terranes des Ross-Orogens: RBT = Robertson-Bay-Terrane, BT = Bowers-Terrane, WT = Wilson-Terrane.

**Fig. 13:** Occurrence of the Jurassic volcanism in Antarctica. The "Ferrar Magmatic Province" continues chemically identically into southern Australia. The "Karoo Province" (southern Africa, Dronning Maud Land, Theron Mountains) is slightly different. (Modified after ELLIOT 1992, BREWER et al. 1992). A = Anxiety Nunataks, S = SCAR Bluffs, H = Horn Bluff, O = Organ Pipe Cliffs. Terranes of the Ross-Orogen: RBT = Robertson Bay Terrane, BT = Bowers Terrane, WT = Wilson Terrane.

südaustralischen Gawler-Kratons. Das heißt, die Verteilung der jurassischen Vulkanite ist auf beiden Seiten des Südpolarmeeres nicht völlig symmetrisch, woraus sich eine Reihe weiterführender Fragen ergibt. Ist das Robertson Bay Terrane tatsächlich prinzipiell frei von „Ferrar“ und ist es daher „fremd“ im Ross-Orogen? Ist das Fehlen von „Ferrar“ im australischen Gawler-Kraton ein Indiz dafür, dass SCAR Bluffs, Anxiety Nunataks und vielleicht sogar Horn Bluff und Organ Pipe Cliffs gar nicht zum ostantarktischen Kraton gehören, sondern dass der Juravulkanismus hier einem versteckten Ross-Orogen-Anteil aufsitzt? Jüngste Überlegungen schließen das nicht aus!

Jedenfalls gilt der jurassische Ferrar-Vulkanismus auch als Indikator für den Beginn des Gondwana-Zerfalls und damit der bevorstehenden Trennung Australiens von der Antarktis.

## KÄNOZOIKUM UND ZUKUNFT

Die wirkliche Trennung Australiens von der Antarktis begann in der mittleren Kreide, vor etwa 95 Ma (VEEVERS 1986, 1987) und vollzog sich schließlich entlang von Riftzonen im Altertär (TESSENHORN 1994), die an zahlreichen Transformstörungen dextral versetzt erscheinen. Das Muster aus Riftzonen und den quer dazu verlaufenden Transformstörungen ist im Ozeanbereich zwischen den beiden Kontinenten gut erkennbar (Abb. 14, VEEVERS 1987, CANDE et al. 2000). Bemerkenswerterweise setzen sich die Transformstörungen anscheinend an Land fort, u.a. im Verlauf des Matusovichgletschers (Abb. 14, 15) und, besonders eindrucksvoll, im Verlauf des Rennickgletschers (Abb. 14, 16). Die Horizontalbewegungen im aktiven Teil der Transformstörungen sind naturgemäß sinistral. Nach den Untersuchungen während GANOVEX VIII (1999/2000) weisen ihre Quasi-Fortsetzungen an Land jedoch dextrale Horizontalbewegungen auf (LÄUFER & ROSSETTI 2000, ROSSETTI et al. 2002). Dieser

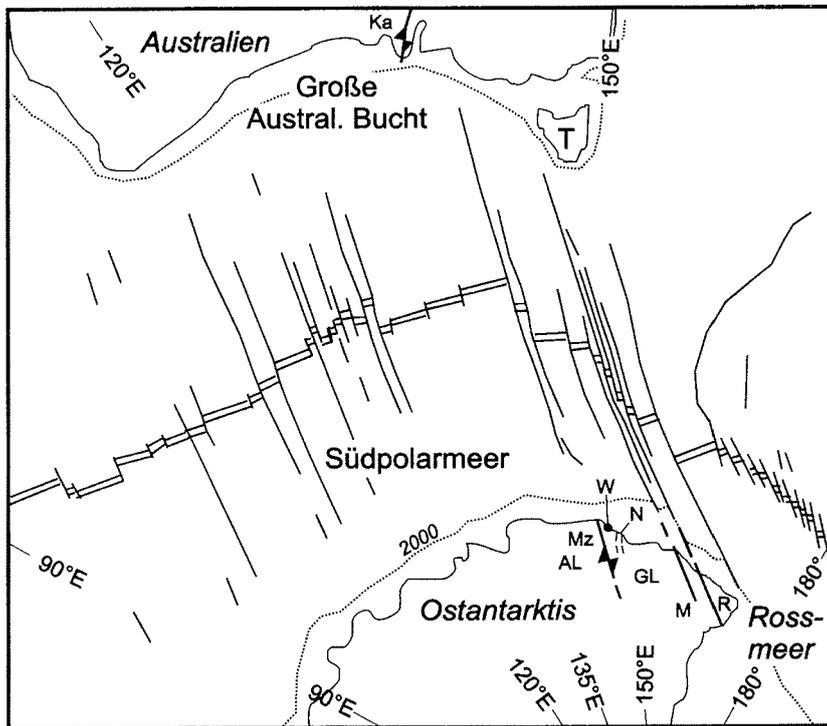
Widerspruch lässt sich auf dreierlei Weise auflösen:

(a) Durch zeitliche Entzerrung: Etwa zur Beginn des Rifting zwischen Australien und der Antarktis sorgen dextrale Bewegungen für den dextralen Versatz der Riftzonen. Diese dextrale Kinematik ist in den Fortsetzungen an Land erhalten. Auf den aktiven Transformstörungen laufen dann danach, der Trennung Australiens von der Antarktis entsprechend, sinistrale Bewegungen ab.

(b) Durch unterschiedliche Spreizungsgeschwindigkeiten beiderseits der Transformstörungen: Eine größere Spreizungsgeschwindigkeit des Südozeans jeweils östlich der Transformstörungen ergibt einen horizontalen Verschiebungsrest für die nur scheinbar passiven Anteile der Transformstörungen, und zwar dextral für die der Antarktis zugewandten Abschnitte. Dies ließe sich durch unterschiedliche Breite der paläomagnetischen Streifen beiderseits der Transformstörungen beweisen und unter Umständen sogar datieren.

(c) Durch Kombination von Transform-Tektonik mit „normaler“ Blattverschiebung: Entlang der Transformstörungen findet nicht nur der sinistrale Versatz von australischer und antarktischer Plattenbewegung im aktiven Transform-Abschnitt statt, sondern zugleich auch, und zwar mit bedeutenderem Versatzbetrag, dextrale Bewegung im gesamten Verlauf der Störungszonen bis in die Landanteile hin, die scheinbar passiv sind. Allerdings müsste diese Erklärung noch in ein plattentektonisches Gesamtbild für den Bereich östliches Südaustralien/antarktisches Oates- und Victorialand eingepasst werden.

Im Detail hat sich aus der strukturellen Analyse des Rennickgrabens ergeben, dass sich die tektonische Entwicklung dort in zwei Schritten abgespielt hat (LÄUFER & ROSSETTI 2000, ROSSETTI et al. 2002). Eine ursprüngliche Ost-West-Dehnung führte zur Bildung des auffälligen, NNW-SSE streichenden



**Abb. 14:** An Transformstörungen versetzte Riftzonen (Doppellinie) zwischen Australien und der Antarktis. Die älteren „passiven“ Abschnitte dieser Transformstörungen setzen sich an Land als dextrale Seitenverschiebungen fort, und zwar im Verlauf des Rennickgletschers („R“) und des Matusевич-Gletschers („M“). AL = Adélie-Land, GL = George-V-Land, Ka = Kalinjala-Mylonit-zone; Mz = Mertz-Scherzone, N = Ninnis-Gletscher, T = Tasmanien, W = Cape Webb. Punktlinie = Rand des Antarktisschelfs.

**Fig. 14:** Spreading zones (double lines) between Australia and Antarctica offset at transform faults. The oldest "passive" sections of these transform faults continue onshore as dextral strike-slip faults following the Rennick Glacier ("R") and the Matusевич Glacier ("M"). Other symbols: AL = Terre Adélie, GL = George V Land, Ka = Kalinjala Mylonite Zone, Mz = Mertz Shear Zone, N = Ninnis Glacier, T = Tasmania, W = Cape Webb; dotted line: Antarctic shelf margin.



**Abb. 15:** Matusевич-Gletscher, Blick gletscheraufwärts (160°-Richtung) (GANOVEX VIII, 2000).

**Abb. 15:** Matusевич Glacier, looking up the glacier (direction 160°) (GANOVEX VIII, 2000).

Rennickgrabens (TESSEN SOHN et al. 1981, ROLAND & TESSEN SOHN 1987). Diese Extension wurde von vorwiegend rechts-sinnigen Horizontalbewegungen entlang der östlichen Randstörung des Rennickgrabens überprägt (Abb. 17). Diese Überprägung lässt auf einen Wechsel in der geodynamischen Entwicklung des antarktischen Rossmeersektors schließen. Die Umorientierung fand im Känozoikum statt, beginnend vor etwa 55 Ma. Das wird durch verschiedene geologische und geophysikalische Ergebnisse nahegelegt, nämlich

- durch eine bedeutende Hebungphase für das Transantarktische Gebirge für die Zeit um 55-50 Ma (LISKER 2002),
- durch den Beginn eines weit verbreiteten Magmatismus vor knapp 48 Ma (McMurdo-Vulkanite im weiteren Sinne; ARMIENTI & BARONI 1999),
- durch einen tiefgreifenden Wechsel der plattentektonischen



**Abb. 16:** Rennickgletscher, Blick quer über den Gletscher bei 70° 45'S auf seinen schnurgeraden Ostrand (GANOVEX VI, 1991).

**Fig. 16:** Rennick Glacier, looking across the glacier at 70°45'S towards its straight eastern border (GANOVEX VI, 1991).

Konfiguration der Westantarktis und ihres Verhältnisses zur Ostantarktis zwischen 43 und 28 Ma (CANDE et al. 2000) und • durch das Einsetzen rechtssinniger Horizontalbewegungen entlang einer ganzen Schar von (geforderten) Seitenverschiebungen in Victorialand und im Rossmeer vor ca. 35 Ma (SALVINI et al. 1997).

Das heißt, insgesamt ist das gegenwärtige tektonische Bild des Raumes zwischen Australien und der Antarktis und des anschließenden Antarktissektors das Produkt eines komplizierten Vorgangs, von dem viele Details bekannt sind, der aber insgesamt noch längst nicht geklärt ist.

Heute liegen Antarktika und Australien etwa 3000 km auseinander. Nach einer Modellierung von SCOTESE

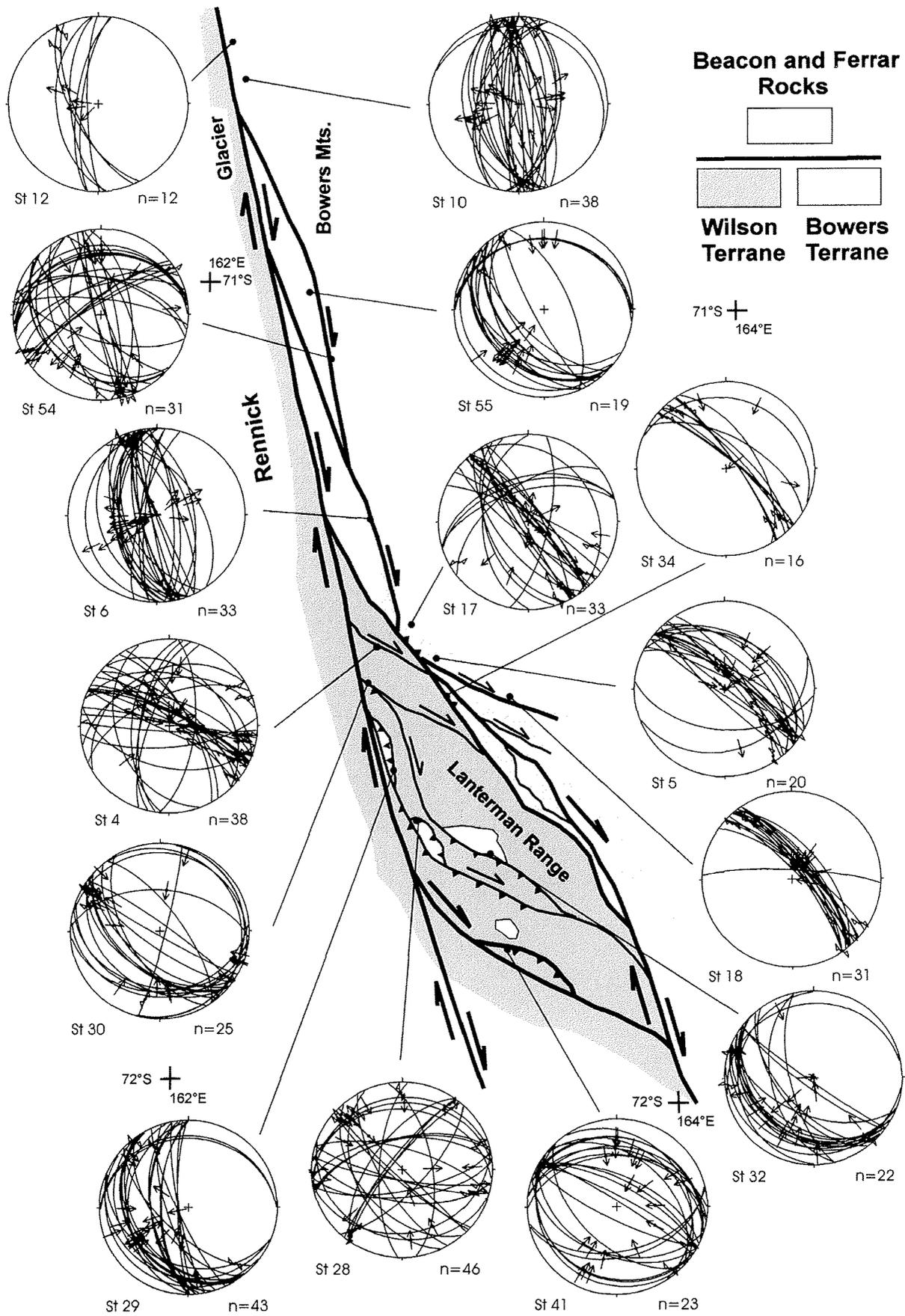


Abb. 17: Dextrale Seitenverschiebungen im Verlauf des Rennickgletschers (nach ROSSETTI et al. 2002).

Fig. 17: Dextral strike-slip faulting in the Rennick Glacier area (after ROSSETTI et al. 2002).

(www.scotese.com) wird sich das in geologisch kürzester Zeit ändern. In 50 Ma wird der Südozean zwischen der Antarktis und Australien unter Australien subduziert. In 100 bis 150 Ma wird sich der Südozean schließen, die Antarktis und Australien werden wieder vereint sein. Noch in 250 Ma wird sich entlang der ehemaligen Grenze Antarktis/Australien ein Kollisionsgebirge auftürmen (Abb. 18).

## FAZIT

Die Antarktis und Australien bildeten über den längsten Teil der Erdgeschichte eine Einheit, die lediglich für ca. 150 Ma unterbrochen ist. An der Erarbeitung der Belege dafür ist das deutsche Unternehmen GANOVEX der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, Hannover) maßgeblich beteiligt, vor allem mit den Expeditionen GANOVEX V (1988/1989, DAMASKE & FRITSCH 1993) und GANOVEX VIII (1999/2000, BOZZO & DAMASKE 2000). Dazu gehört die während GANOVEX VIII entdeckte Mertz-Scherzone (s.o.). Ihre dextrale Scherung beginnt unter granulitfaziellen P-T-Bedingungen vor ~1,7 Ga und endet als spröde Kaltdeformation - vielleicht erst im Zusammenhang mit dem antarktisch-australischen Trennungsprozess im Meso-/Känozoikum. Die exakte Datierung dieser unterschiedlichen Rechtsseitenbewegungen ist gerade erst angelaufen, Ergebnisse sind bald zu erwarten. Jedenfalls fällt auf, dass im ozeanischen Bereich zwischen den beiden Ästen der Scherzone (Mertz-Scherzone bzw. Kalinjala-Mylonitzone) eine der markanten Transformstörungen mit dextralem Versatz und sinistraler Kinematik im aktiven Teil samt ihren passiven Fortsetzungen (Abb. 14) verläuft. Es könnte sich also sehr wohl ein großer Teil des gemeinsamen Schicksals Australiens und der Antarktis in der Mertz-Scherzone-Kalinjala-Mylonitzone widerspiegeln.

Dextrale Bewegungen haben im Verhältnis Antarktis zu Australien Tradition und vielleicht grundsätzliche Bedeutung:

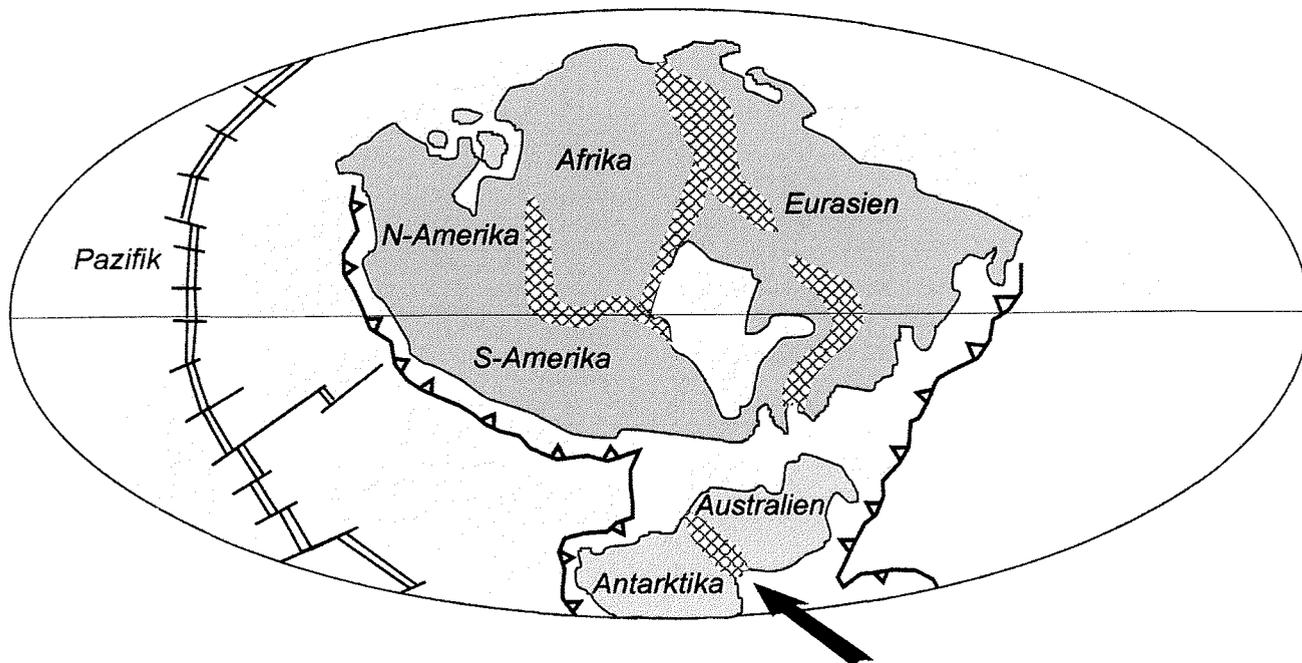
1. Die relativ jüngsten dextralen Bewegungen fanden entlang der sinngemäßen Verlängerungen der Transformstörungen an Land statt, z.B. im Verlauf des Rennickgletschers.
2. Dextral versetzt ist der Schelfrand vor dem Antarktisfestland (Abb. 14).
3. Der dextrale Versatz der mittelozeanischen Spreizungszentren zwischen Australien und der Antarktis mag früh angelegt sein.
4. Die Deformation entlang der duktilen dextralen Scherzone im Mawson-Kontinent - "Mertz-Scherzone" innerhalb der Antarktis und "Kalinjala-Mylonitzone" in Australien - begann vor rund 1,7 Ga und endete mit ihrem spröden, ebenfalls dextralen, jüngeren Anteil möglicherweise viel später.

## DANK

Ermöglicht wurde die Zusammenschau vor allem durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und das italienische Programm Nazionale di Ricerche in Antartide. Herzlichen Dank auch an Hubert Miller und Martin Olesch für ihr hilfreiches Review.

## Literatur

- Armienti, P. & Baroni, C. (1999): Cenozoic climatic change in Antarctica recorded by volcanic activity and landscape evolution.- *Geology* 27: 617-620.
- Borch, C.C. von der (1980): Evolution of late Proterozoic to early Palaeozoic Adelaide Foldbelt, Australia: comparisons with post-Permian margins.- *Tectonophysics* 70: 115-134.
- Bozzo, E. & Damaske, D. (eds.) (2000): GANOVEX VIII - ITALIAN-



**Abb. 18:** Nach einer Modellierung von SCOTESE (www.scotese.com) wird in 100 bis 150 Ma Antarktika mit Australien kollidieren, das Kollisionsorogen (Pfeil) wird in ca. 250 Ma noch gut erhalten sein.

**Fig. 18:** Modelling by SCOTESE (www.scotese.com) demonstrates, that Antarctica and Australia will collide after 100 to 150 Ma, and the collisional orogen (arrow) will still exist after ca. 250 Ma

- TARTIDE XV Antarctic Expedition 1999-2000.- *Terra Antartide Rep.* 5: 1-115.
- Brewer, T.S., Hergt, J.M., Hawkesworth, C.J., Rex, D. & Storey, B.C. (1992): Coats Land dolerites and the generation of Antarctic continental flood basalts.- In: B.C. STOREY, T. ALABASTER & R.J. PANKHURST (eds.): *Magmatism and the causes of continental break-up*.- *Geol. Soc. Spec. Publ.* 68: 185-208.
- Cande, S.C., Stock, J.M., Müller, R.D. & Ishihara, T. (2000): Cenozoic motion between East and West Antarctica.- *Nature* 404: 145-150.
- Clark, D.J., Hensen, B.J. & Kinny, P.D. (2000): Geochronological constraints for a two-stage history of the Albany-Fraser Orogen, Western Australia.- *Precambrian Res.* 102: 155-183.
- Crawford, A., Green, D.H. & Findlay, R.H. (1984): A preliminary petrographical-geochemical survey of dyke rocks from North Victoria Land, Antarctica.- *Geol. Jb.* B60: 153-165.
- Damaske, D., Ferraccioli, F. & Bozzo, E. (im Druck): Aeromagnetic investigations along the Antarctic coast between Mertz Glacier and Yule Bay.- *Terra Antarctica*.
- Damaske, D. & Fritsch, J. (eds.) (1993): German Antarctic North Victoria Land Expedition 1988/89 GANOVEX V.- *Geol. Jb.* E47: 1-436.
- Elliot, D.H. (1992): Jurassic magmatism and tectonism associated with Gondwanaland break-up: an Antarctic perspective.- In: B.C. STOREY, T. ALABASTER & R.J. PANKHURST (eds.): *Magmatism and the causes of continental break-up*.- *Geol. Soc. Spec. Publ.* 68: 165-184.
- Fanning, C.M. (1997): The "Mawson Continent": Archean to Proterozoic crust in the East Antarctic Shield and Gawler Craton.- *Terra Nova* 7, Suppl. 1: 164.
- Fitzsimmons, I.C.W. (2000a): A review of tectonic events in the East Antarctic Shield and their implications for Gondwana and earlier supercontinents.- *J. African Earth Sci.* 31: 3-23.
- Fitzsimmons, I.C.W. (2000b): Grenville-age basement provinces in East Antarctica: Evidence for three separate collisional orogens.- *Geology* 28: 879-882.
- Flöttmann, T., Gibson, G.M. & Kleinschmidt, G. (1993): Structural continuity of the Ross and Delamerian orogens of Antarctica and Australia along the margin of the paleo-Pacific.- *Geology* 21: 319-322.
- Foden, J.D., Turner, S.P. & Morrison, R.S. (1990): Tectonic implications of Delamerian magmatism in South Australia and western Victoria.- In: J.B. JAGO & P.S. MOORE (eds.): *The evolution of a Late Precambrian - Early Palaeozoic rift complex: the Adelaide Geosyncline*.- *Geol. Soc. Australia Spec. Publ.* 16: 465-482.
- Foster, D.A. & Ehlers, K. (1998): <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar thermochronology of the southern Gawler Craton, Australia: Implications for Mesoproterozoic and Neoproterozoic tectonics of East Gondwana and Rodinia.- *J. Geophys. Res.* 103: 10177-10193.
- Goodge, J.W., Myrow, P., Williams, I.S. & Bowring, S.A. (2002): Age and provenance of the Beardmore Group, Antarctica: Constraints on Rodinia supercontinent breakup.- *J. Geol.* 110: 393-406.
- Grindley, G.W. (1963): The geology of the Queen Alexandra Range, Beardmore Glacier, Ross Dependency, Antarctica; with notes on the correlation of Gondwana Sequences.- *N.Z. J. Geol. Geophys.* 6: 307-347.
- Hanemann, R. (2000): Magmatic rocks of the Ferrar Large Igneous Province, northern Victoria Land, Antarctica.- *Terra Antarctica Rep.* 5: 71-75.
- Hanemann, R. & Viereck-Götte, J. (2003): Neue geochemische Aspekte der Magmatite der jurassischen Ferrar-Provinz in Nord-Victoria-Land, Antarktis.- *Terra Nostra* 2003/1: 72-73.
- Hergt, J.M., Chappel, B.W., Faure, G. & Mensing, T.M. (1989a): The geochemistry of Jurassic dolerites from Portal Peak, Antarctica.- *Contr. Miner. Petrol.* 102: 298-305.
- Hergt, J.M., Chappel, B.W., McCulloch, M.T., MacDougall, J. & Chivas, A.R. (1989b): Geochemical and isotopic constraints on the origin of the Jurassic dolerites of Tasmania.- *J. Petrol.* 30: 841-883.
- Hergt, J.M., Peate, D.W. & Hawkesworth, C.J. (1991): The petrogenesis of Mesozoic Gondwana low-Ti flood basalts.- *Earth Planet. Sci. Lett.* 105: 134-148.
- Hornig, I. (1993): High-Ti and low-Ti tholeiites in the Jurassic Ferrar Group, Antarctica.- *Geol. Jb.* E47: 335-369.
- Kleinschmidt, G. & Talarico, F. (2000): The Mertz Shear Zone.- *Terra Antarctica Rep.* 5: 109-115.
- Kleinschmidt, G. & Tessensohn, F. (1987): Early Paleozoic westward directed subduction at the Pacific margin of Antarctica.- In: G.D. MCKENZIE (ed.): *Gondwana six: Structure, tectonics, and geophysics*.- *Geophys. Monogr.* 40: 89-105, Washington (AGU).
- Läufer, A.L. & Rossetti, F. (2000): Brittle deformation features in the Rennick Glacier - Yule Bay area, northern Victoria Land, Antarctica.- *Terra Antarctica Rep.* 5: 77-80.
- Lisker, F. (2002): Review of fission track studies in northern Victoria Land, Antarctica - passive margin evolution versus uplift of the Transantarctic Mountains.- *Tectonophysics* 349: 57-73.
- Ménot, R.P., Monnier, O., Peucat, J.J., Fanning, M. & Giret, A. (1995): Amalgamation of East Antarctica: Strike slip terranes or nappe stacking in the Terre Adélie and George V Land Paleoproterozoic basement? - VII Internat. Sympos. Antarctic Earth Sci. Siena 10-15 Sept. 1995, Abstr.: 266-267.
- Molzahn, M., Reisberg, L. & Wörner, G. (1996): Os, Sr, Nd, Pb, O isotope and trace element data from the Ferrar flood basalts, Antarctica: evidence for an enriched subcontinental lithospheric source.- *Earth Planet. Sci. Lett.* 144: 529-546.
- Nelson, D.R., Myers, J.S. & Nutman, A.P. (1995): Chronology and evolution of the Middle Proterozoic Albany-Fraser Orogen, Western Australia.- *Austral. J. Earth Sci.* 42: 481-495.
- Oliver, R.L. & Fanning, C.M. (1997): Australia and Antarctica: precise correlation of Paleoproterozoic terranes.- In: C.A. RICCI (ed.): *The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes*: 163-172.
- Peucat, J.J., Ménot, R.P., Monnier, O. & Fanning, M. (1999): The Terre Adélie basement in the East Antarctic Shield: geological and isotope evidence for a major 1.7 Ga thermal event; comparison with the Gawler Craton in South Australia.- *Precambrian Res.* 94: 205-224.
- Post, N.J., Hensen, B.J. & Kinny, P.D. (1997): Two metamorphic episodes during a 1340-1180 convergent tectonic event in the Windmill Islands, East Antarctica.- In: C.A. RICCI (ed.): *The Antarctic region: Geological evolution and processes*, 157-161, Siena.
- Roland, N.W. & Tessensohn, F. (1987): Rennick faulting - an early phase of Ross Sea rifting.- *Geol. Jb.* B66: 203-229.
- Rossetti, F., Storti, F. & Läufer, A.L. (2002): Brittle architecture of the Lanterman Fault and its impact on the final terrane assembly in north Victoria Land, Antarctica.- *J. Geol. Soc. London* 159: 159-173.
- Salvini, F., Brancolini, G., Busetti, M., Storti, F., Mazzarini, F. & Coren, F. (1997): Cenozoic geodynamics of the Ross Sea region, Antarctica: Crustal extension, intraplate strike-slip faulting and tectonic inheritance.- *J. Geophys. Res.* 102: 24669-24696.
- Scotese, C.R. (www.scotese.com): PALEOMAP project.
- Stump, E., White, A.J.R. & Borg, S.G. (1986): Reconstruction of Australia and Antarctica: evidence from granites and recent mapping.- *Earth Planet. Sci. Lett.* 79: 348-360.
- Stüwe, K. & Oliver, R. (1989): Geological history of Adélie Land and George V Land, Antarctica: Evidence for a polycyclic metamorphic evolution.- *Precambrian Res.* 43: 317-334.
- Talarico, F. & Kleinschmidt, G. (im Druck): Structural and metamorphic evolution of the Mertz Shear Zone (East Antarctic Craton, George V Land): Implications for Australia/Antarctica correlations and East Antarctic Craton/Ross Orogen relationships.- *Terra Antarctica*.
- Tessensohn, F. (1994): The Ross Sea region, Antarctica: Structural interpretation in relation to the evolution of the Southern Ocean.- *Terra Antarctica* 1: 553-558.
- Tessensohn, F., Duphorn, K., Jordan, H., Kleinschmidt, G., Skinner, D.N.B., Vetter, U., Wright, T.O. & Wyborn, D. (1981): Geological comparison of basement units in north Victoria Land, Antarctica.- *Geol. Jb.* B41: 31-88.
- Veevers, J.J. (1986): Breakup of Australia and Antarctica estimated as mid-Cretaceous (95 ± 5 Ma) from magnetic and seismic data at the continental margin.- *Earth Planet. Sci. Lett.* 77: 91-99.
- Veevers, J.J. (1987): Earth history of the southeast Indian Ocean and the conjugate margins of Australia and Antarctica.- *J. & Proc. Roy. Soc. New South Wales* 120: 57-70.
- Vetter, U. & Tessensohn, F. (1987): S- and I-Type granitoids of North Victoria Land, Antarctica, and their inferred geotectonic setting.- *Geol. Rdsch.* 76: 233-243.
- Wilson, C.J.L. (1997): Shear zone development and dyke emplacement in the Bunge Hills, East Antarctica.- In: C.A. RICCI (ed.): *The Antarctic region: Geological evolution and processes*: 149-156.