

# Das Entstehen und Auseinanderbrechen von Kontinenten

Mit Geophysik auf den Spuren geodynamischer Prozesse im südlichen Afrika

*Ute Weckmann, Sissy Kütter, Oliver Ritter, Trond Ryberg, Michael Weber*  
Deutsches GeoForschungszentrum GFZ, Potsdam

*Southern Africa in particular is a very special natural laboratory for a journey through the Earth's geo-archive. We can study tectonic processes on Early Earth as well as continental collision and breakup; and we learn how and why the African continent was blessed with mineral resources, such as diamonds or gold. With the beginning of the 20th century, geoscientists have started to set up observatories in South Africa to record earthquakes (since 1910) or conduct magnetic national surveys (Beattie, 1909). In Africa these geo-scientific pioneers found an ideal environment to study different tectonic units such as Cratons – ancient nuclei of continents, younger fold and orogenic belts as well as sediment basins and to investigate and classify their physical properties. The physical parameters applied were (i) elastic properties of rocks, which can be resolved using seismic and seismological observations and which allow to infer density information of rock formations, (ii) electrical conductivities which can be sensed using geo-electric, magnetotelluric (MT) und magnetometer-array measurements, (iii) magnetic properties, i.e. the ability of rocks to get magnetized, und (iv) the density of rocks which can directly be measured using gravity. The geophysics groups of the German Research Centre for Geosciences (GFZ) have been very active in South Africa since 2004 and have studied imprints of past continental collisions in the Earth crust and mantle along several traverses.*



Schon seit dem 15. Jahrhundert erkundeten Seefahrer die Küsten Afrikas. Die Entdeckungsreisen von Afrikaforschern erreichten später auch das Innere des Kontinents und dienten neben Vorbereitungen für die Kolonisierung des Kontinents vor allem auch der geowissenschaftlichen Erkundung.

Bis zur Gestaltung seiner heutigen Form hat der afrikanische Kontinent – wie jeder andere Kontinent auf der Erde – eine bewegte geodynamische Entwicklung erfahren. Dabei ist das südliche Afrika ein ganz besonderes natürliches Laboratorium, um diese Zeitreise durch das Geo-Archiv unserer Erde anzutreten. Hier lässt sich die Frühgeschichte der Erde untersuchen, das Zusammenschweißen und Auseinanderbrechen von Kontinenten besser verstehen und erfahren, wie Afrika zu dem Reichtum an Georessourcen, wie z. B. Diamanten oder Gold gekommen ist.

Schon seit Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts haben Geowissenschaftler begonnen, Observatorien aufzubauen, um z. B. Erdbeben aufzuzeichnen (ab 1910) oder das südliche Afrika magnetisch zu vermessen (Beattie, 1909). Die erstmalig durch Sir John Carruthers Beattie gefundene magnetische Anomalie, die in Südafrika den gesamten Kontinent in Ost-West-Richtung quert und sich in die heutige Antarktis und nach Südamerika fortsetzt, ist bis heute in ihrer Entstehung und Bedeutung nicht vollständig verstanden.

Die Beattie-Anomalie inspirierte Mitte des 20. Jahrhunderts neue Untersuchungen mit einem Netzwerk von hunderten von magnetischen Stationen im gesamten südlichen Afrika. Neben der magnetischen Anomalie fanden diese Geoforscher eine ebenso große elektrische Leitfähigkeitsanomalie, die in weiten Teilen räumlich mit der magnetischen zu korrelieren schien. Die Pioniere der geophysikalischen Erkundung fanden hier im südlichen Afrika eine ideale Umgebung, um verschiedene tektonische Einheiten, wie Kratone, die alten Kerngebiete von Kontinenten, die jüngeren Gebirgs- und Faltengürtel und Sedimentbecken, ganz grundsätzlich in ihren physikalischen Eigenschaften zu beschreiben und zu klassifizieren. Die dazu verwendeten Messgrößen, waren (i) die elastischen Eigenschaften

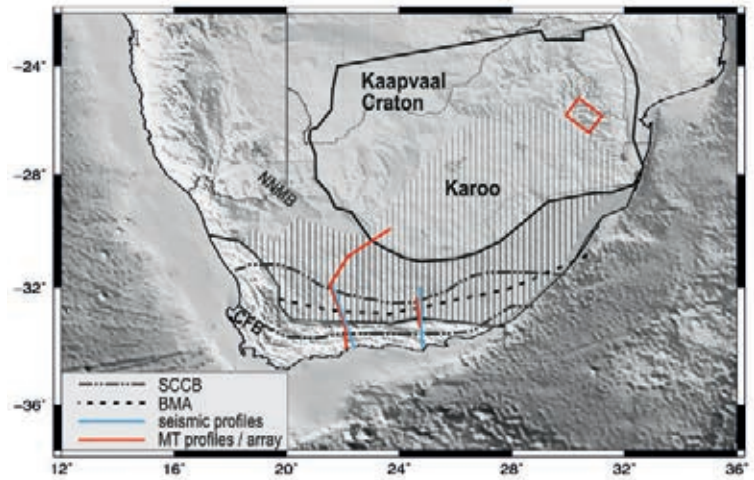


Abb. 1: Die südliche Spitze des afrikanischen Kontinents mit seinen großen tektonischen Einheiten, dem Kaapvaal-Kraton, dem Namaqua Natal Mobile Belt (NNMB) und dem Cape Fold Belt (CFB). Der schraffierte Bereich zeigt die Überdeckung des Grundgebirges mit den Sedimenten des Karoo-Beckens. Rote Linien markieren den Verlauf magnetotellurischer Profile. Blaue Linien zeigen den Verlauf seismischer Profile. Das rote Rechteck markiert den Umriss des Barberton MT-Stationsnetzwerks. BMA: Beattie Magnetic Anomaly, SCCB: Southern Cape Conductive Belt

Fig. 1: Southern Tip of the African continent with its major tectonic units, the Kaapvaal Craton, the Namaqua Natal Mobile Belt (NNMB) and the Cape Fold Belt (CFB). The hatched area indicates the sediments of the Karoo Basin overlying bedrocks. Red lines mark magnetotelluric profiles, blue lines indicate collinear seismic sections. The red square outlines the Barberton MT station array. BMA: Beattie Magnetic Anomaly, SCCB: Southern Cape Conductive Belt

ten der Gesteine, die sich mittels seismischer und seismologischer Messungen erschließen lassen und Rückschlüsse auf die Dichte der Gesteinsformationen zulassen, (ii) die elektrischen Eigenschaften (elektrische Leitfähigkeit), die mit magnetotellurischen (MT) und Magnetometer-Netzwerk-Messungen gewonnen werden, (iii) die magnetischen Eigenschaften – also die Fähigkeit eines Gesteins, sich magnetisieren zu lassen, und (iv) die Dichte der Gesteine, die sich direkt aus gravimetrischen Messungen ermitteln lässt.

Das Deutsche GeoForschungsZentrum GFZ ist mit seiner Geophysik seit 2004 in Südafrika aktiv und hat seither verschiedene Geo-Traversen vermessen, um Spuren früherer Kontinentalkollisionen in Erdkruste und -mantel abzubilden (Weckmann et al., 2012).

Links: Magnetotellurische Station in der südafrikanischen Savanne im Barberton-Grünsteingürtel, Mpumalanga (Foto: G. Schmidt, GFZ)

Left: Magnetotelluric station in South Africa's savanna within the Barberton greenstone belt, Mpumalanga



Kontakt: U. Weckmann  
(ute.weckmann@gfz-potsdam.de)

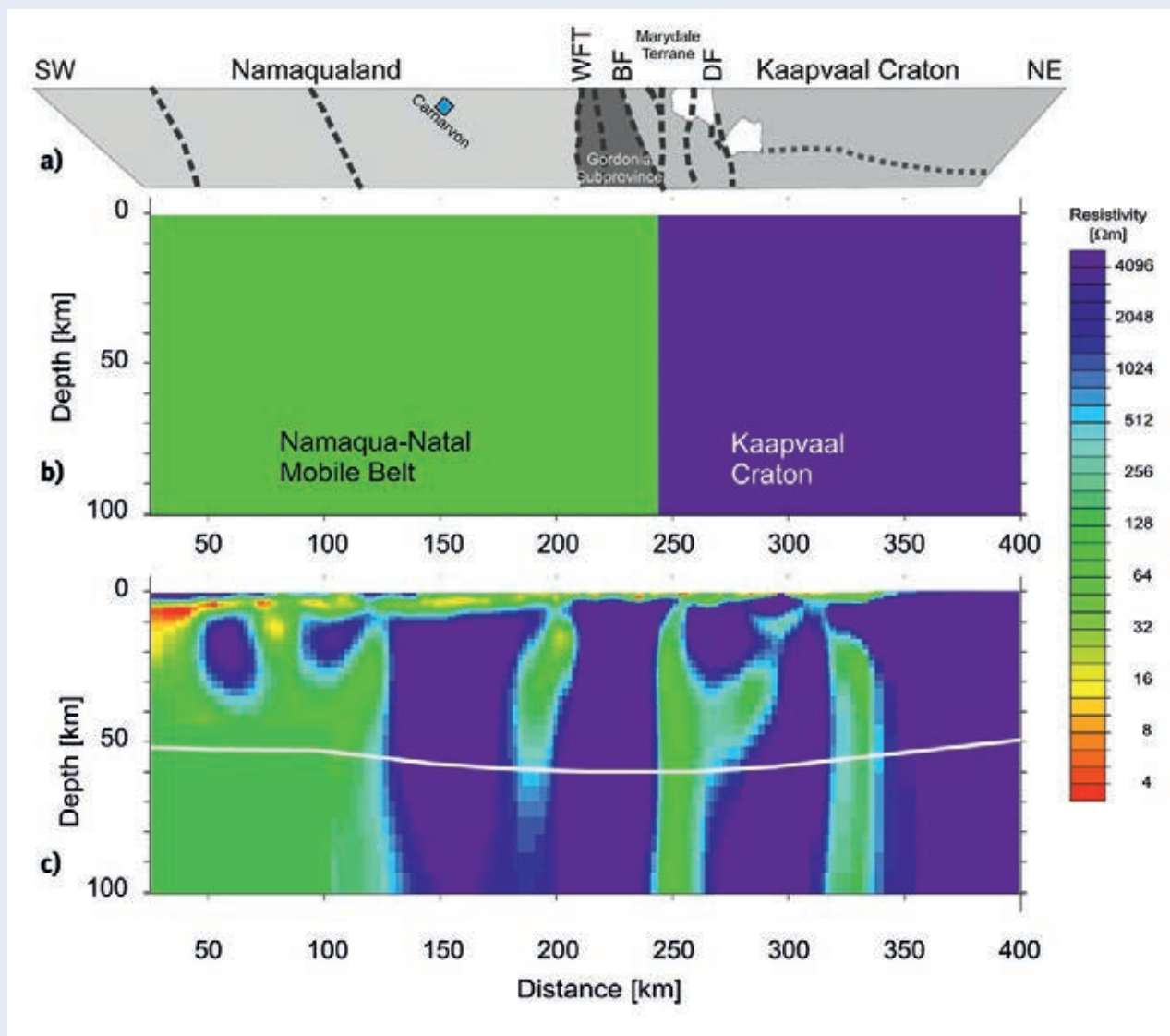


Abb. 2: a) MT-Profil über die Grenze zwischen Kaapvaal-Kraton und Namaqua Natal Mobile Belt. Wegen der Sedimentüberdeckung ist es schwierig, den Grenzverlauf zu kartieren; er wurde aufgrund von Untersuchungen weiter nördlich mit der Brakbos-Scherzone (BF) in Verbindung gebracht.  
 b) Aufgrund der normalerweise geringen elektrischen Leitfähigkeiten von archaischen Gesteinen (blau) sollte die Grenze zu dem jüngeren und besser leitenden Gebirgsgürtel (grün) durch einen scharfen vertikalen Kontrast markiert sein (siehe b).  
 c) Die Inversionsmodelle der MT-Daten zeigen dagegen extrem schlecht leitende Bereiche (blau) bis zu einer weiteren Störungszone weiter im Südwesten, was auf eine um rund 100 km weiter südlich liegende Kratongrenze schließen lässt.

Fig. 2: a) MT sections across the boundary between the Kaapvaal Craton and the Namaqua Natal Mobile Belt. Due to thick sedimentary cover, the exact boundary is difficult to map at surface. Geological mapping farther north suggested the Brakbos Fault (BF) as the boundary.  
 b) The old and dry cratonic rocks NE of the fault are expected to be resistive (blue colours) in contrast with lower resistivity (green colours) associated with rocks of the mobile belt.  
 c) The inversion model of MT data clearly show, however, high resistive structures (blue colours) reaching farther SW which suggests the craton boundary approx. 100 km farther SW.

## Die Frühgeschichte der Erde – wie haben sich Kontinente gebildet?

Der Begriff „Frühgeschichte“ umfasst die Zeitspanne des Hadaikums, dem Erdzeitalter vor mehr als 4 Mrd. Jahren, und des Archaikums vor 4 bis 2,5 Mrd. Jahren. Viele tektonische Prozesse, die wir heute auf der Erde beobachten, wie z. B. die Plattentektonik oder die Entwicklung kontinentaler Kruste, begannen bereits in der frühen Erdgeschichte. Besonders das erstmalige Einsetzen der Plattentektonik, also das Bewegen, Zusammenstoßen und Aufbrechen kontinentaler Blöcke, im Gegensatz zu im Wesentlichen vertikalen Massenverlagerungen und anschließender Abkühlung, wird kontrovers diskutiert (z. B. *van Kranendonk 2007, Hamilton 2003, de Wit 1993*). Der 3,2 Mrd. Jahre alte Barberton-Grünsteingürtel in Südafrika bietet ideale Voraussetzungen, um mögliche Spuren ehemaliger Plattenkollisionen in der Frühzeit der Erde aufzuspüren. Entscheidende Hinweise auf frühe tektonische Aktivität geben dabei entstandene Störungszonen und Abschiebungshorizonte in der Erdkruste. Obwohl diese Region geologisch gut untersucht ist, fehlten dazu bisher genaue geophysikalische Abbilder des tieferen Untergrunds, um ein konsistentes Erdmodell zu entwickeln.

In 2010 und 2011 hat das GFZ dort MT-Messungen mit flächiger Stationsüberdeckung durchgeführt. Erste Ergebnisse zeigen eine Reihe vertikaler, gering leitender Strukturen, die mit der Entstehung und Platznahme von Plutonen erklärt werden können. Störungszonen können hingegen nur in den oberen 5 km nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis deutet auf zwei mögliche Entwicklungsszenarien hin: (i) die Störungszonen waren vor mehr als 3,2 Mrd. Jahren bereits vorhanden und erleichterten den Aufstieg von heißem plutonischem Gestein oder (ii) die Störungszonen haben sich erst nach der Platznahme der Plutone im weiteren Verlauf der Erdgeschichte gebildet. Eine Antwort lässt sich hier nur mit Hilfe von Altersdatierungen der Gesteine finden.

## Der Kontinent Gondwana wächst

Im Laufe der Erdgeschichte kam es immer wieder zur Kollision von Kontinentalblöcken, die heute den robusten alten Kern der Kontinente bilden. Besonders im Proterozoikum vor rund 2,5 Mrd. Jahren kollidierten ozeanische Platten und jüngere Kontinentalblöcke mit dem kratonischen Nukleus und es entstanden hohe, stark deformierte Gebirge. Diese sogenannten Gebirgsgürtel waren in ihrem Verformungsverhalten insgesamt nachgiebig und verformbar, weshalb sie auch häufig als Schwächezone beschrieben werden, die z. B. Spannungen in der Erde besser absorbieren können. Diesen fundamentalen Unterschied haben schon die geophysikalischen Pioniere erkannt und untersucht. Allerdings verstehen wir erst heute mit

modernen geophysikalischen Messungen den Bauplan dieser tektonischen Einheiten. Die Agulhas Karoo-Traversen (Abb. 1) über dem südlichen Kontinentalrand Südafrikas erstrecken sich vom ozeanischen Agulhas-Plateau bis in den Kaapvaal-Kraton. Entlang dieser Traverse wurden magnetotellurische (MT) und seismische Messungen durchgeführt. Abbildung 2 zeigt ein Segment dieser Untersuchungen, den Übergang vom Namaqua Natal Mobile Belt (NNMB) in den Kapvaal-Kraton. Neben seiner Bedeutung für die Entwicklung des afrikanischen Kontinents kommt dem Kaapvaal-Kraton enorme wirtschaftliche Bedeutung zu. Mineralische Lagerstätten, inklusive Gold- und Diamantenvorkommen, sind an Kratone gebunden, da sie die dort herrschenden Druck- und Temperaturbedingungen zur Entstehung benötigen. Die genaue Kenntnis der Kratongrenze ist daher von großem Interesse.

Der nördliche Teil der westlichen Agulhas Karoo-Traverse überquert diese Kratongrenze, die aber aufgrund der Überdeckung mit Karoo-Sedimenten nur schwer an der Oberfläche zu kartieren ist. Untersuchungen in besser zugänglichen Regionen legten die Brakbos-Verwerfung als Kratongrenze nahe. Da sich die elektrischen Leitfähigkeiten von kratonischen und den jüngeren Gesteinen der Faltengürtel um Größenordnungen unterscheiden, lässt sich diese Grenzregion mit magnetotellurischen Messungen gut abbilden. Abbildung 2b zeigt eine Skizze der zu erwartenden prinzipiellen Leitfähigkeitsverhältnisse: Die kratonischen Gesteine rechts der Störungszone sind durch geringe elektrische Leitfähigkeiten (blau) gekennzeichnet, während links davon die besser leitenden Gesteine des NNMB zu erwarten wären. Das tatsächliche, auf neuen MT-Daten basierende Widerstandsmodell (Abb. 2c) zeigt, dass sich gering leitendes Material auch weiter südwestlich der postulierten Kratongrenze befindet. Solche Ergebnisse sind wichtig für die Rohstoffexploration, sie zeigen, dass z. B. Diamantvorkommen auch weiter südwestlich erwartet werden können. Allerdings zeigt das Modell in Abb. 2c auch ein Problem für einen möglichen Rohstoffabbau: die grünliche Sedimentschicht über den kratonischen Gesteinen ist mit 5 bis 7 km Dicke zu mächtig, um solche Vorkommen wirtschaftlich rentabel zu erschließen.

Weiter im Süden überquert die Agulhas Karoo-Traverse die bereits erwähnte Beattie-Magnetikanomalie (BMA) und die bisher nicht erklärbare elektrische Leitfähigkeitsanomalie des südlichen Kaps (SCCB). Zu Zeiten der ersten Vermessung dieser Anomalie wurde eine gemeinsame Quelle von magnetischer und elektrischer Anomalie postuliert.

Die neueren MT-Daten des GFZ (Abb. 3b) mit einer rund 20-mal höheren Vermessungsdichte zeigen eine Zone stark erhöhter elektrischer Leitfähigkeit in einer Tiefe von 5 bis 10 km. Diese Struktur scheint generell mit der Lage der BMA übereinzustimmen (*Weckmann et al., 2007*). Die Modellierung vorhandener

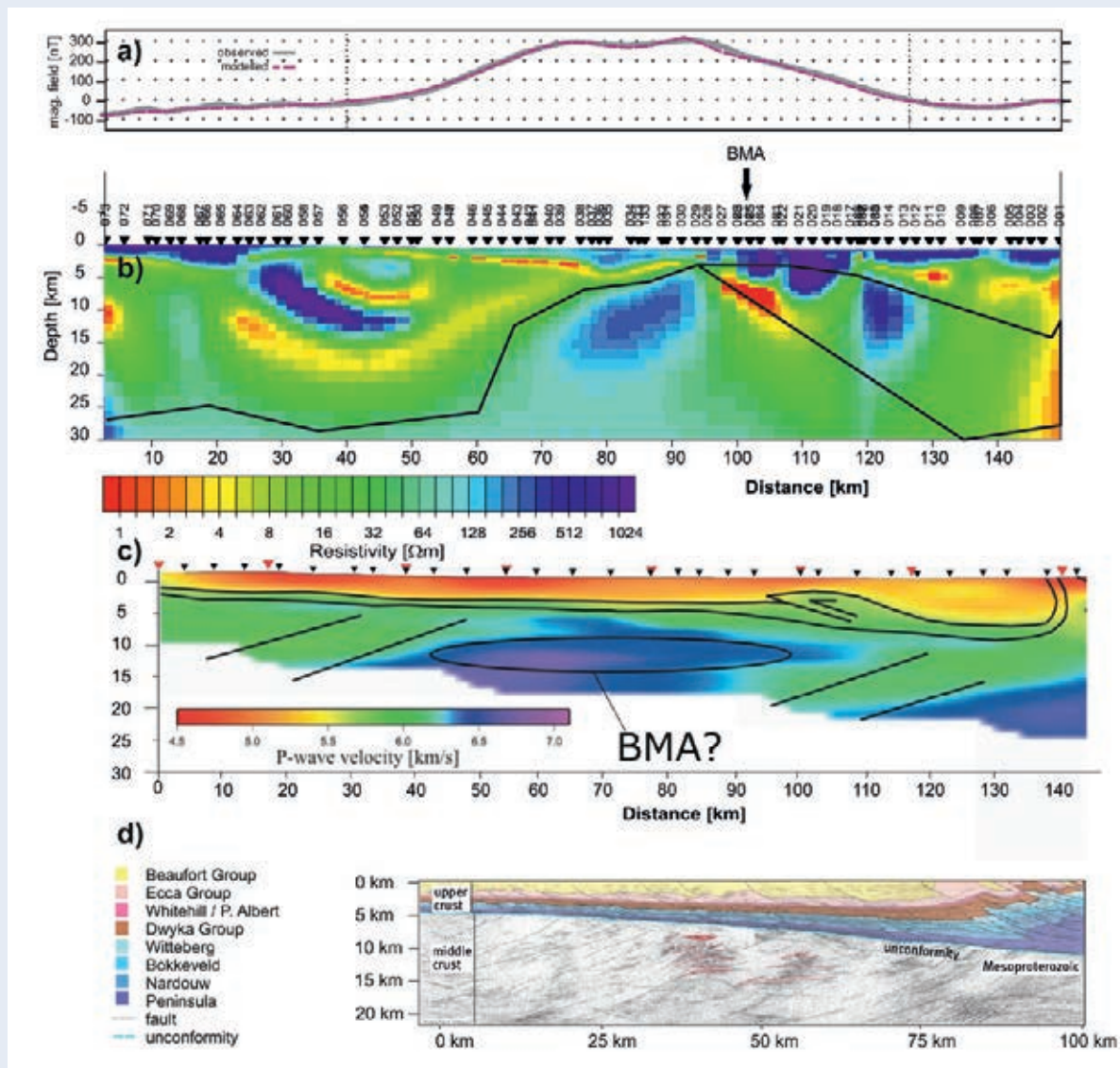


Abb. 3: Zusammenstellung der unterschiedlichen geophysikalischen Ergebnisse entlang des Westprofils:

a) Beobachtete und durch eine magnetisch anomale Struktur (schwarze Linie in b) modellierte magnetische Daten.

b) 2D-Inversionsergebnis der elektrischen Leitfähigkeit. Unter dem Maximum der Beattie-Magnetikanomalie ist eine Zone erhöhter Leitfähigkeit erkennbar (in roten Farben). Um die magnetischen Messdaten zu erklären, wird ein viel breiterer Block (schwarze Linie) mit erhöhter magnetischer Suszeptibilität benötigt, welcher mit schlecht leitenden Strukturen (in blauer Farbe) korreliert. Dies deutet darauf hin, dass die Zone erhöhter Leitfähigkeit eine krustale Scherzone innerhalb der Magnetikanomalie darstellt.

c) Seismische Tomographie, die einen Hochgeschwindigkeitskörper (in blauer Farbe) im Bereich der magnetisch anomalen Struktur zeigt.

d) Reflexionsseismisches Ergebnis, bei dem Schichtgrenzen und Zonen erhöhter Reflektivität sichtbar werden. Eine solche scheint mit der Lokation der Leitfähigkeitsanomalie (in b) zu korrelieren und zeigt somit ebenfalls eher eine krustale Störungszone innerhalb der Beattie-Magnetikanomalie.

Fig. 3: Compilation of different geophysical results along the western profile:

a) Observed and modelled magnetic data. The 2D magnetic model consist of a mid-crustal body of anomalous magnetic susceptibility (outlined by black lines in b).

b) 2D inversion result of the electrical conductivity distribution. Beneath the maximum of the Beattie Magnetic Anomaly a zone of high electrical conductivity (in red colours) can be observed. To explain the observed magnetic data, a broad crustal body (black line) with increased magnetic susceptibility encompassing resistive structures (blue colours) is required. This suggests that the high conductivity anomaly might be a crustal scale shear zone within the magnetized body.

c) Seismic tomography image shows a high velocity body (in blue colours) correlating with the region of the magnetic anomaly. d) Reflexion seismic result, showing formation boundaries and zones of high reflectivity; one of the latter seems to correlate with the location of the high electrical conductivity feature in b) and seems to support the existence of a shear zone.

Magnetikdaten legt aber nahe, dass die lateral ausgedehnte Anomalie von mehr als 300 nT (Abb. 3a) nur durch eine mehr als 100 km breite magnetisch anomale Zone in der mittleren und unteren Erdkruste erklärt werden kann (schwarze Linie in Abb. 3b). Die Leitfähigkeitsanomalie kann aber nur mit einer viel kleinräumigeren Struktur, etwa einer nach Süden hin einfallenden Störungszone, erklärt werden. Ein konsistentes Modell für diese beiden Beobachtungen schließt daher eine gemeinsame Quelle für beide Anomalien aus.

Komplementäre seismische Daten wurden in einem amphibischen Experiment (Land-Ozean-Messungen) beider Traversen aufgenommen. Mit dieser geophysikalischen Methode wurden die elastischen Eigenschaften der Gesteine im Untergrund gemessen, die sich über verschiedenen schnelle Ausbreitungsgeschwindigkeiten seismischer Wellen bestimmen lassen. Die seismischen Druck- und Scherwellen werden durch Sprengungen in Bohrlöchern angeregt, die dann durch die unterschiedlichen Gesteinsformationen im Untergrund laufen und mit Seismometern aufgezeichnet werden (Abb. 5). Mit Hilfe

mathematischer Verfahren ist es möglich, die Geschwindigkeitsverteilung im Untergrund zu berechnen. Abbildung 2c zeigt ein solches Modell (Stankiewicz *et al.*, 2008), das durch mehrere Geschwindigkeitsanomalien gekennzeichnet ist. Die vergleichsweise lockeren Sedimente des Karoo-Beckens und der Cape Supergroup sind als Strukturen mit langsamer Wellenausbreitungsgeschwindigkeit (rot) gut von den dichteren Gesteinen des Grundgebirges, die höhere Geschwindigkeiten (blau) zeigen, zu unterscheiden. Das verwendete Verfahren der Refraktionsseismik erlaubt leider nur die Auflösung großräumiger Strukturen. Um hochaufgelöste Abbilder des Untergrunds zu erhalten, kam ein weiteres Messverfahren, die Reflexionsseismik, an einem ausgewählten Segment der westlichen Messlinie zur Anwendung. Mit dieser Methode können Geschwindigkeitskontraste, d. h. Grenzen zwischen geologischen Einheiten abgebildet werden. Abbildung 3d zeigt das Ergebnis entlang des gleichen Profils (Lindeque *et al.*, 2007), das die Strukturen der Karoo-Sedimente sowie die darunterliegenden, komplexen Strukturen des Grundgebirges darstellt.

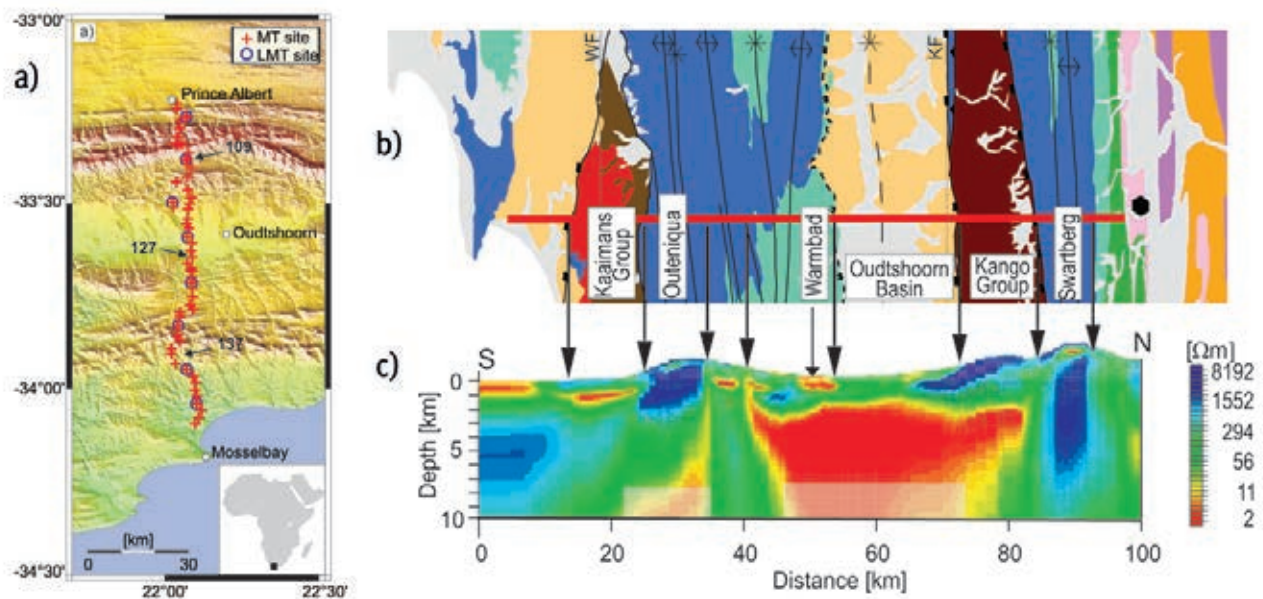


Abb. 4: a) Topographische Karte des Cape Fold Belts in Südafrika mit magnetotellurischen Messstationen (rote Kreuze). b) Oberflächengeologie entlang des in a) gezeigten Stationsprofils. c) Im Abbild der elektrischen Leitfähigkeit zeigen Gebirgszüge, wie der Swartberg und die Outeniqua-Berge gering leitende Gebirgsurzeln (blaue Farbe) bis in 2 km bzw. 7 km Tiefe. Unterhalb des Outshoorn-Beckens erscheint eine große Leitfähigkeitsanomalie (rote Farbe) ab einer Tiefe von etwa 3 km, die wahrscheinlich von heißen (und salzhaltigen) Wässern hervorgerufen wird.

Fig. 4: a) Topographical map of the Cape Fold Belts in South Africa with magnetotelluric stations (red crosses). b) Surface geology along the profile shown in a). c) In the image of electrical conductivity mountain ranges, like the Swartberg and the Outeniqua Mountains show poorly conductive roots (blue colours) down to depths of 2 km and 7 km, respectively. Below the Outshoorn Basin a large high conductivity anomaly (red colour) appears at a depth of about 3 km, possibly caused by hot (and saline) water.

Die Synthese aller geophysikalischen Ergebnisse ergibt, dass es sich bei der Quellregion der Beattie-Magnetikanomalie um einen mehr als 100 km breiten Körper mit erhöhter magnetischer Suszeptibilität handeln muss. Die Magnetikanomalie kann somit nicht ursächlich mit der beobachteten kleineren Hochleitfähigkeitszone korrelieren, sondern umfasst gering leitende Strukturen ebenso wie den Hochgeschwindigkeitskörper aus den seismischen Abbildern. Die unter dem Maximum der Beattie-Magnetikanomalie befindliche Zone erhöhter Leitfähigkeit sowie die erhöhte seismische Reflektivität lassen sich durch die Existenz einer krustalen Scherzone erklären, die durch den magnetischen Körper verläuft und eine kleine Undulation in den magnetischen Messdaten erzeugt.

### Jüngere Falteingürtel und Sedimentbecken

Abbildung 4 a zeigt die Stationsverteilung eines MT-Profiles durch den Cape Fold Belt in Südafrika (Weckmann *et al.*, 2012), der als letzte größere tektonische Einheit mit dem damaligen Superkontinent Gondwana vor etwa 250 Mio. Jahren kollidierte. Durch die enormen Kräfte bei der Kollision sind zwei Gebirgsketten (blaue/braune Farben in Abb. 4 b) aufgeschoben worden. Die Swartberge (Abb. 6) und die Outeniqua-Berge besitzen tiefe Gebirgswurzeln (Abb. 4 c), wogegen die Kango-Gruppe aufgrund dieses Leitfähigkeitsabbilds eher als flache Überschiebungsdecke zu interpretieren ist. Von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung für die Region könnte die große Leitfähigkeitsanomalie unterhalb des Oudtshoorn-Beckens sein. Sie zeigt höchst wahrscheinlich einen heißen (salinaren) Wasserspeicher in mehr als 3 km Tiefe an. Diese Beobachtung wird auch durch heiße Quellen, wie etwa im Ort Warmbad, gestützt.

### Ausblick

Generell helfen diese neuen Abbilder der tieferen Erdkruste existierende geologische Modelle, die vor allem auf Oberflächenbeobachtungen basieren, zu modifizieren und neue Erkenntnisse für die Entstehung von Kontinenten abzuleiten. Mit ihnen lässt sich ebenso das Ressourcenpotenzial, z.B. für Wassernutzung oder geothermische Energiegewinnung abschätzen. Zu diesen Themen sind weitere Experimente in Kombination mit flachen Bohrungen im Karoo- und Oudtshoorn-Becken von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des GFZ in Kooperation mit Partnern in Südafrika geplant.



Abb. 5: Blick aus dem Karoo-Becken auf das Eskarpment (Tafelberge) im Norden. Im Karoo-Becken und Kap-Falteingürtel wurden geophysikalische Experimente einschliesslich seismischer und magneto-tellurischer Messungen mit dem Ziel durchgeführt, die Struktur der Erdkruste zu erkunden. (Foto: T. Ryberg, GFZ)

Fig. 5: View from the Karoo Basin to the escarpment (table mountains) in the North. Through the Karoo Basin geophysical experiments, including seismic and magneto-telluric surveys, had been conducted to study the subsurface crustal structures.



Abb. 6: Stark gefaltete, 200 bis 300 Mio. Jahre alte Sedimente der Karoo-Supergruppe am Swartberg-Pass, nahe Prince Albert im südafrikanischen Kap-Faltengürtel (Foto: T. Ryberg, GFZ)

Fig. 6: Highly folded 200-300 Million years old sediments of the Karoo-Supergroup at the Swartberg Pass near Prince Albert in the Cape Fold Belt, South Africa

## Literatur

- Beattie, J. C. (1909): Report of the magnetic survey of South Africa, London: Cambridge University Press, 235 p.
- de Wit, M. J. (1998): On Archean granites, greenstones, cratons and tectonics: does the evidence demand a verdict?. - *Precambrian Research*, 91, 1-2, p. 181–226. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0301-9268\(98\)00043-6](http://doi.org/10.1016/S0301-9268(98)00043-6)
- Hamilton, W. B. (1998): Archean magmatism and deformation were not products of plate tectonics. - *Precambrian Research*, 91, 1-2, p. 143–179. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0301-9268\(98\)00042-4](http://doi.org/10.1016/S0301-9268(98)00042-4)
- van Kranendonk, M. J., Smithies, H., Bennett, V. (Eds.) (2007): Earth's oldest rocks, (Developments in Precambrian Geology; 15), Amsterdam [u.a.]: Elsevier, 1307 p.
- Lindeque, A. S., Ryberg, T., Stankiewicz, J., Weber, M., de Wit, M. J. (2007): Deep Crustal Seismic Reflection Experiment Across the Sothorn Karoo Basin, South Africa. - *South African Journal of Geology*, 110, 2-3, p. 419-438. DOI: <http://doi.org/10.2113/gssajg.110.2-3.419>
- Stankiewicz, J., Parsieglä, N., Ryberg, T., Gohl, K., Weckmann, U., Trumbull, R., Weber, M. (2008): Crustal Structure of the Southern Margin of the African Continent: Results from Geophysical Experiments. - *Journal of Geophysical Research*, 113, B10313. DOI: <http://doi.org/10.1029/2008JB005612>
- Weckmann, U., Ritter, O., Jung, A., Branch, T., de Wit, M. (2007): Magneto-telluric measurements across the Beattie magnetic anomaly and the Southern Cape Conductive Belt, South Africa. - *Journal of Geophysical Research*, 112, B05416. DOI: <http://doi.org/10.1029/2005JB003975>
- Weckmann, U., Ritter, O., Chen, X., Tietze, K., de Wit, M. (2012): Magnetotelluric image linked to surface geology across the Cape Fold Belt, South Africa. - *Terra Nova*, 24, 3, p. 207-212. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2011.01054.x>
- Weckmann, U. (2012): Making and Breaking of a Continent: Following the Scent of Geodynamic Imprints on the African Continent Using Electromagnetics. - *Surveys in Geophysics*, 33, 1, p. 107-134. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10712-011-9147-x>
- Weckmann, U., Jung, A., Branch, T., Ritter, O. (2007): Comparison of electrical conductivity structures and 2D magnetic modelling along two profiles crossing the Beattie Magnetic Anomaly, South Africa. - *South African Journal of Geology*, 110, 2-3, p. 449-464. DOI: <http://doi.org/10.2113/gssajg.110.2-3.449>