

M. BEBLO

Die Ergebnisse der Magnetotellurik in Island 1977 und 1980

- eine Zusammenfassung -

In Zusammenarbeit mit der isländischen Energiebehörde und dem Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik der Universität München konnten 1977 und 1980 an insgesamt 38 Punkten magnetotellurische Messungen in Nord-Ost-Island durchgeführt werden.

Die Darstellung der Ergebnisse dieser Messungen wurde dem Journal of Geophysics als Manuskript vorgelegt:

Beblo, M., Björnsson, A., Arnason, K., Stein, B., Wolfgram, P.:
Electrical conductivity beneath Iceland - constraints imposed by magnetotelluric results on temperature, partial melt, crust- and mantle structure.

An dieser Stelle soll daher nur eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse gegeben werden, die ausführliche Darstellung sowie ein Überblick über die umfangreiche Literatur bitte ich der demnächst erscheinenden Publikation zu entnehmen.

Die gemeinsame Interpretation der Meßergebnisse aller 38 Stationen (Abbildung 1) ergab ein detailliertes Bild der Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit mit der Tiefe.

Trotz der Lage Islands direkt unter dem polaren Elektrojet scheinen zumindest die kurzperiodischen Registrierungen ($T < 1 \text{Std}$) nahezu frei von Effekten der zeitlichen Variationen der räumlichen Struktur des Quellenfeldes zu sein. In den Zeiten besonders starker Substormtätigkeit, sowie zunehmend zu langen Perioden ($T > 1 \text{Std}$) nimmt durch die Inhomogenität des Quellenfeldes die Streuung in den Widerstands- und Phasenwerten zu.

Ein vermuteter Einfluß des Küsteneffektes auf die Registrierungen in Island konnte nicht gefunden werden. Modellrechnungen hierzu ergaben, daß starke laterale Leitfähigkeitsänderungen nahe der Oberfläche bedingt durch die geologische Struktur des Untersuchungsgebietes den Küsteneffekt abgeschwächen, wenn nicht gar völlig unterdrücken.

An allen Stationen wurden nahezu identische Widerstands- und Phasenkurven gewonnen. Innerhalb der Jungvulkanzone und auch noch innerhalb der Bereiche der quartären Basalte (insgesamt 80 % der Stationen) ist die Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit des tieferen Untergrundes annähernd 1-dimensional. An den Stationen im Bereich der tertiären Basalte konnte die Richtung von E- und B-Polarisation sicher festgelegt werden.

Für alle Stationen wurden Modelle mit 1-dimensionaler Verteilung der Leitfähigkeit im Untergrund nach dem Psi-Algorithmus von Schmucker berechnet.

In Abbildung 2 sind die Ergebnisse der Modellrechnung zusammengefasst. Dargestellt sind vier Ost-West-Schnitte durch Nord-Island, sowie ein Nord-Süd-Schnitt parallel zum Streichen der Riftachse.

Unter ganz Nord-Island ist in geringer Tiefe die elektrische Leitfähigkeit deutlich erhöht.

Ordnet man die Stationen jeweils in ihrem Abstand zur Riftachse an, so erkennt man, daß die gut leitende Schicht unter der Riftachse am höchsten liegt und mit wachsendem Abstand von der Riftachse zu größeren Tiefen hin absinkt.

In den geothermal aktiven Gebieten der Zentralvulkane reicht die Zone erhöhter Leitfähigkeit bis nahe zur Erdoberfläche.

Im Gebiet des Krafla-Zentralvulkanes ergibt sich eine gute Übereinstimmung zwischen dem guten Leiter der Magnetotellurik und dem Fehlen seismischer Reflexionshorizonte. Beide Ergebnisse deuten hier auf das Vorhandensein einer Magmakammer.

Die Zone erhöhter Leitfähigkeit besteht aus partiell geschmolzenen Gesteinen basaltischer Zusammensetzung. Innerhalb dieser Zonen werden Temperaturen von 1000 Grad erreicht, woraus sich ein Krusten-Temperaturgradient von etwa 150 Grad/km unterhalb der Riftachse, abnehmend auf etwa 60 Grad/km in rund 100 km Entfernung von der Riftachse berechnen läßt (Abbildung 3).

Unterhalb dieser Zone nimmt die Leitfähigkeit ab, was durch eine Änderung des Pauschalchemismus zu ultrabasischen Gesteinen hin - ebenfalls partiell geschmolzen - gedeutet werden kann. Dieser Bereich ist bereits als oberer Mantel anzusehen.

In den Phasenwerten für Perioden größer 1000 sec ist zu erkennen, daß ab etwa 150 km Tiefe die elektrische Leitfähigkeit wiederum zunehmen muß. Ein Temperaturgradient von 2-4 Grad/km für den oberen Mantel steht nicht im Widerspruch zu den beobachteten Widerstandswerten.

Das Leitfähigkeitsmodell Islands für große Tiefen paßt gut zu bereits bekannten Leitfähigkeits-Tiefen-Modellen für die subozeanische Astenosphäre. In Abbildung 4 sind diese Modelle zusammengefasst. Alle Modelle stimmen in 150-200 km Tiefe gut mit einer berechneten Leitfähigkeit für einen trockenen Mantel überein. Oberhalb 100 km Tiefe weichen die Modelle voneinander ab. Dies ist vermutlich dem unterschiedlichen Schmelzverhalten in den verschiedenen Regionen zuzuschreiben. Beginnendes Schmelzen aus einem schlecht leitenden trockenen Mantel führt bald zu einem Umhüllen

der verbleibenden festen Gesteinskörner, was die Leitfähigkeit deutlich erhöht. Andererseits wird bei hohen Schmelzanteilen Magma ausgequetscht und in isolierte Schmelzkammern abgetrennt. Dadurch werden die Schmelzbrücken unterbrochen, was wiederum zur Verminderung der Leitfähigkeit führt.

Zusammenfassend läßt sich das petrologische Modell von Kruste und Mantel unter Island, abgeleitet aus der Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit mit der Tiefe, wie folgt beschreiben:

Unterhalb der Riftachse strömt aus der Astenosphäre heißes, ultrabasisches Material nach oben. Während der Aufwärtsbewegung findet Teilmobilisierung statt, es kommt zur Bildung von Schmelzen. Wegen ihrer geringeren Dichte, ihrer geringeren Viskosität und ihrer größeren Beweglichkeit gegenüber der festen Gesteinsphase, neigt die Schmelze zum Entweichen. Es kommt zu einer chemischen Differentiation zwischen Schmelze und Gesteinsmatrix. Aus dem petrologischen Mehrstoffsystem des Mantels (Olivin-Ultrabasit-Basalt) wird basaltreiche Schmelze hoher elektrischer Leitfähigkeit "ausgeschwitzt". Die Aufstiegs geschwindigkeit der Schmelze ist größer als die der zurückbleibenden festen Phase. Die Schmelze bildet daher im wesentlichen die Kruste Islands.

Diese aus der Leitfähigkeit entwickelte Modell deckt sich mit theoretisch berechneten geothermalen Konvektionsmodellen der subozeanischen Lithosphäre. Bei diesen Modellrechnungen kommt es zu einer Anreicherung von Basalt in 15-20 km Tiefe. Die von den Autoren errechnete 1000 Grad Isotherme liegt vollständig im Bereich der Zone erhöhter elektrischer Leitfähigkeit - eine erfreuliche Bestätigung und Ergänzung der Interpretation der Magnetotellurik.

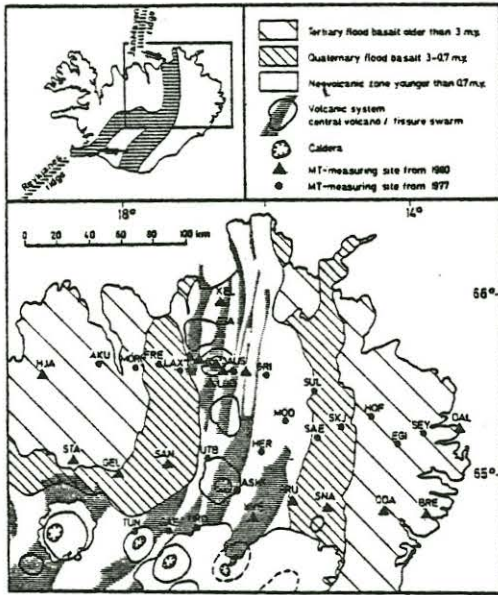


Abbildung 1

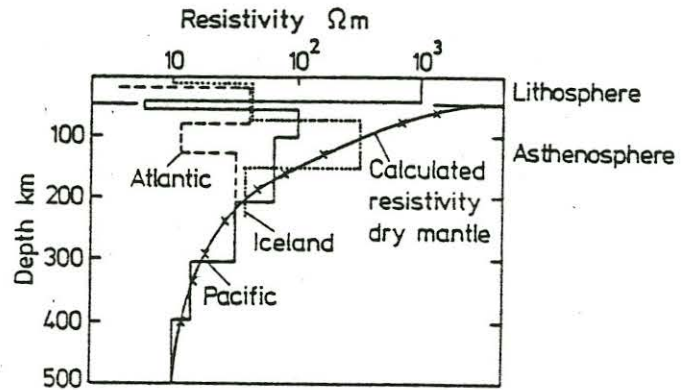


Abbildung 4

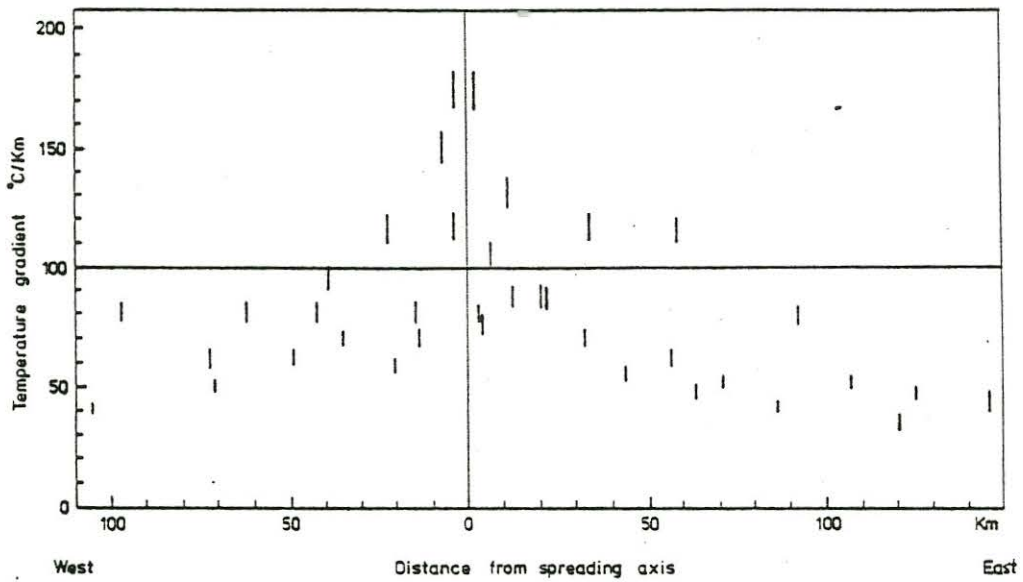


Abbildung 3

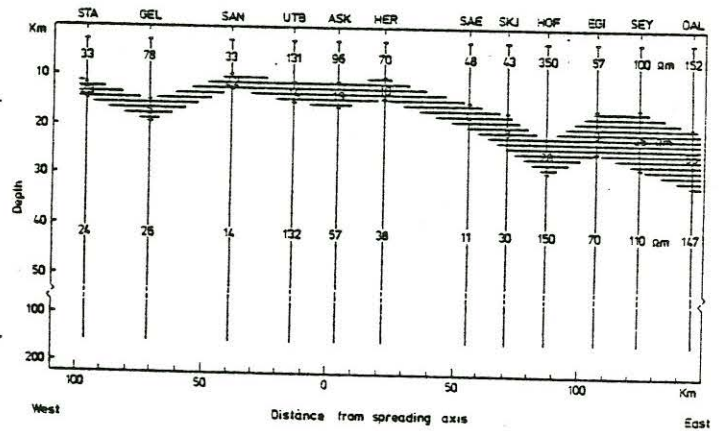
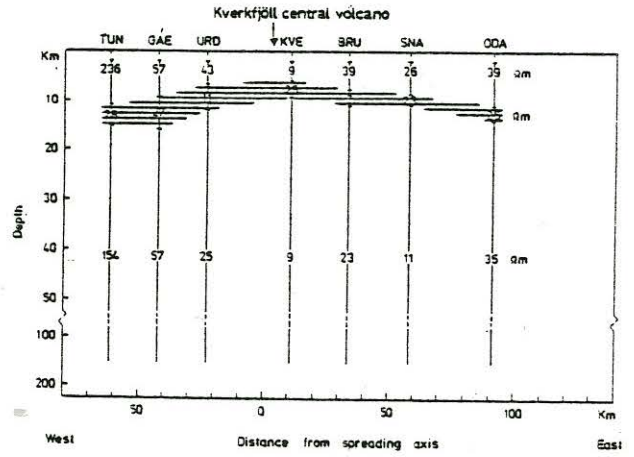
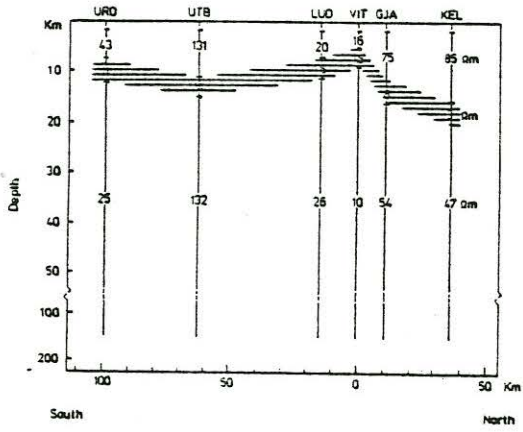
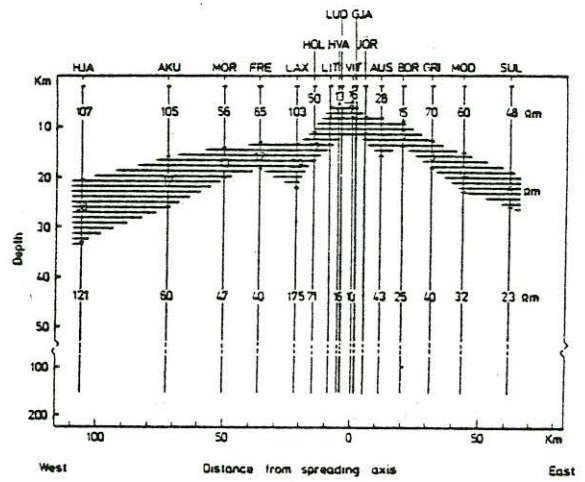
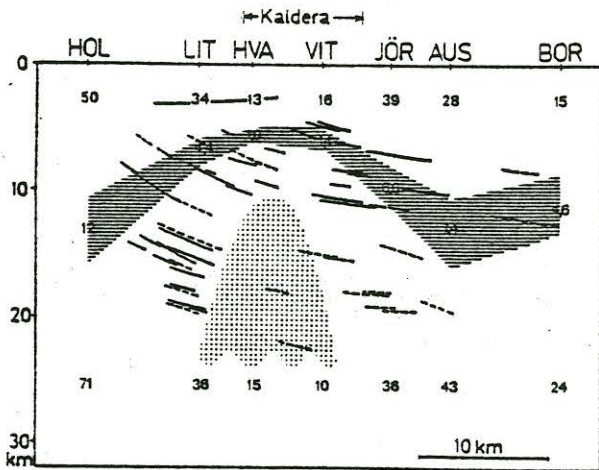


Abbildung 2