

M. BEBLO, München

"Ein Beitrag zur Feingliederung von Kruste und anomalen oberen Mantel unter Island - abgeleitet aus kurzperiodischen (15 sec - 1 Std) magnetotellurischen Messungen"

Im Sommer 1977 wurden im Norden von Island auf 2 Profilen senkrecht und parallel zum Streichen der Neovulkanzone vom Institut für Angewandte Geophysik, Universität München und der National Energy Authority, Reykjavik magnetotellurische Messungen durchgeführt.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse wurden zur Veröffentlichung als Manuskript dem Journal of Geophysics vorgelegt: M. Beblo, A. Björnsson: Magnetotelluric investigation of the lower crust and upper mantle beneath Iceland.

Die ausführliche Darstellung der Ergebnisse sowie ein umfangreiches Literaturverzeichnis bitte ich der demnächst erscheinenden Veröffentlichung zu entnehmen. Die wichtigsten Ergebnisse seien hier als Diskussionsbemerkungen zu einigen Abbildungen genannt.

Diskussion zu Abbildung 1:

Island ist Teil des Mittel-Atlantischen Rückens, welcher als sog. Neovulkanzone Island durchquert. Die Neovulkanzone ist eine aktive Rift-Zone mit jungem Vulkanismus. Beiderseits der Neovulkanzone folgen mit zunehmendem Abstand zunehmend ältere Gesteine, Quartäre Basalte (0.7 - 3 mio Jahre) und Tertiäre Plateau-Basalte (älter als 3 mio Jahre).

Den größeren Teil des Magnetotellurik-Programmes bildete ein 210 km langes Ost-West-Profil, das in den Tertiären Basalten in Nord-West-Island beginnt, die Neovulkanzone kreuzt und im Osten Islands wiederum in den Tertiären Basalten endet.

An 6 Hauptstationen (Dreiecke) wurde gleichzeitig über 8 Wochen das elektrische- und das magnetische Feld beobachtet (Periodenbereich 300 sec - 12 Std). An allen 6 Hauptstationen, an zusätzlichen 6 Stationen auf dem EW-Profil, sowie an 7 Stationen auf einem Nord-Süd-Profil innerhalb der Neovulkanzone

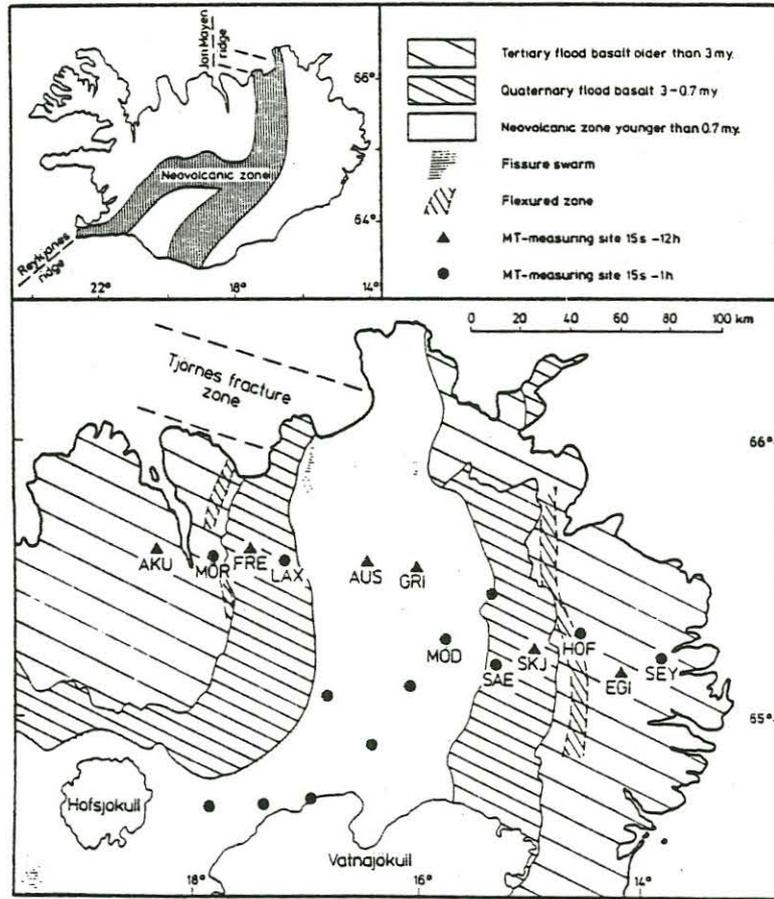


Abbildung 1

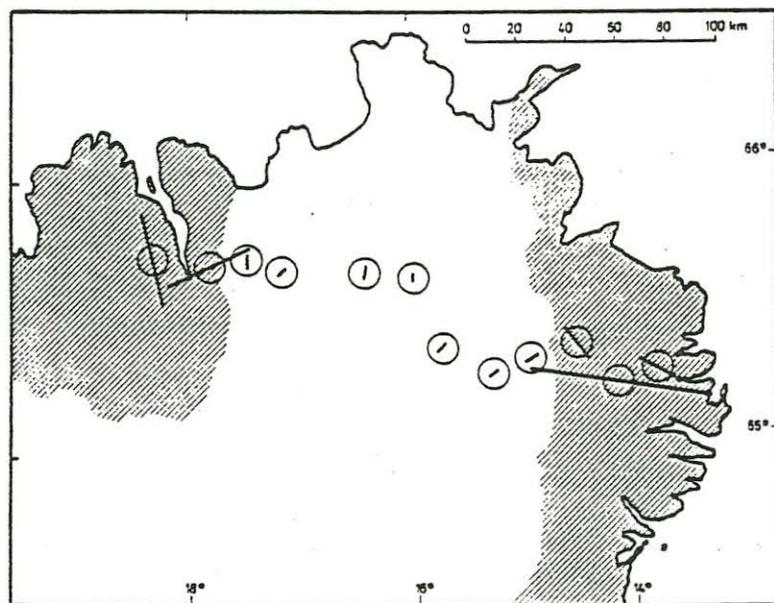


Abbildung 2

wurden kurzperiodische (15 sec - 1 Std) magnetotellurische Messungen durchgeführt (Punkte). Ausgewertet wurden bisher nur die kurzperiodischen Variationen auf dem EW-Profil.

Diskussion zu Abbildung 2:

Verteilung der Vorzugsrichtung des elektrischen Feldes auf dem EW-Profil - bestimmt aus den Impedanztensoren - für den Periodenbereich 15 - 300 sec. Die Länge der Striche ist proportional zu dem Verhältnis der Tensorelemente $|z_{ji}/z_{ij}| - 1$, d.h. im Falle eines eben geschichteten oder homogenen Untergrundes sollten die Striche auf einen Punkt zusammenschrumpfen. Innerhalb der Quartären Basalte und der Neovulkanzone verschwindet die Vorzugsrichtung fast vollständig, was auf schwache laterale Variationen der Leitfähigkeit hindeutet. Außerhalb, in den Tertiären Plateau-Basalten, existiert eine deutlich ausgeprägte Vorzugsrichtung des elektrischen Feldes, d.h. der Widerstand in den obersten Schichten muß um eine Größenordnung höher sein als im Bereich der Quartären Basalte und der Neovulkanzone. Dieses Ergebnis aus der Vorzugsrichtung deckt sich mit Ergebnissen von geoelektrischen Untersuchungen, welche Widerstände von einigen hundert Ωm in den Tertiären Basalten, jedoch Widerstände deutlich unter 100 Ωm in den Quartären Basalten und der Neovulkanischen Zone für die ersten km Tiefe ergaben. Die starken Drehungen der Vorzugsrichtung in den Tertiären-Basalten dürfte auf Topographie-Effekte zurückzuführen sein.

Untersuchungen über das induzierende Magnetfeld ergaben, daß trotz der Lage der Magnetotellurik-Stationen unter dem Polaren Elektrojet keine Vorzugsrichtung im Magnetfeld sondern eine Gleichverteilung der Anregungsrichtungen des Magnetfeldes für den ausgewerteten Periodenbereich 15 sec - 1 Std gegeben ist.

Diskussion zu Abbildung 3:

Scheinbarer spezifischer Widerstand und Phasenverschiebung zwischen elektrischem- und magnetischem Feld entlang dem EW-Profil.

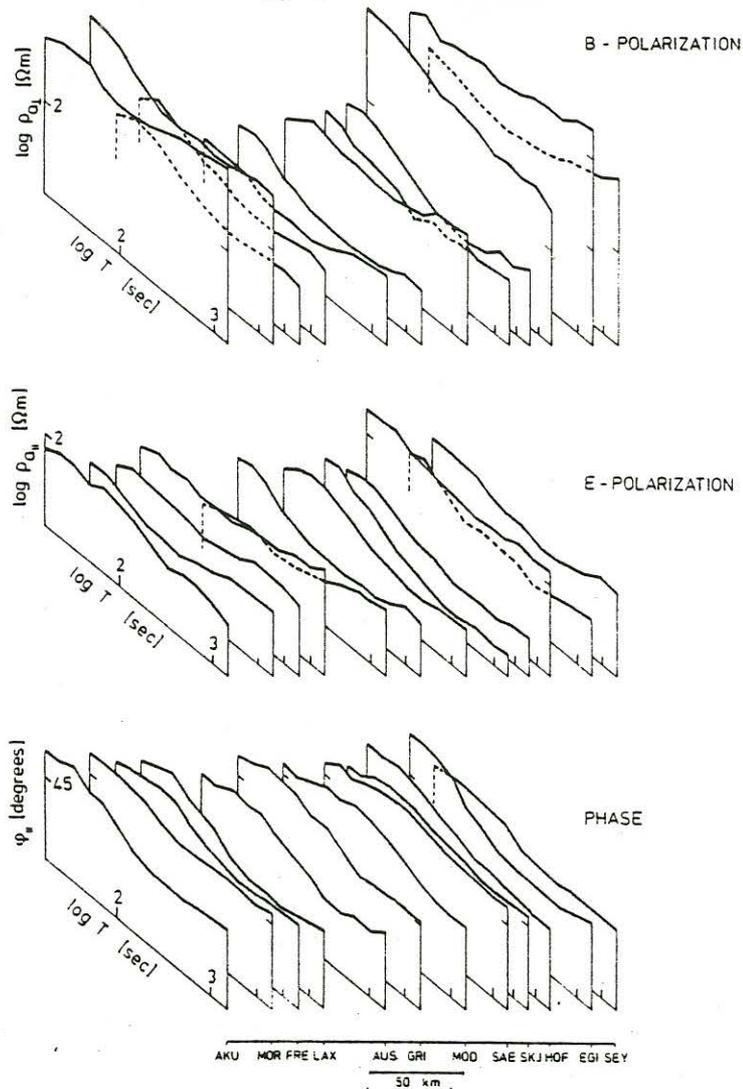


Abbildung 3

Innerhalb der Neovulkanzone hat der Impedanztensor die Form einer 1-dimensionalen Leitfähigkeitsverteilung. Im Bereich der Quartären Basalte zeigt sich eine schwache, an den Stationen innerhalb der Tertiären Basalte eine deutliche Form des Tensors, die einer 2-dimensionalen Leitfähigkeitsverteilung des Untergrundes entspricht. Die B-Polarisation (Komponente senkrecht zum Streichen der Neovulkanzone) zeigt starke laterale Variationen der Leitfähigkeit. Der scheinbare spezifische Widerstand ρ_{S_L} ändert sich plötzlich an der Grenze zu den Tertiären Basalten. Der geringere Widerstand der ersten km Tiefe in den Quartären Basalten und in der Neovulkanzone zeigt sich als Trog. Die E-Polarisation stellt die Komponente parallel zum Streichen der Neovulkanzone dar. Der scheinbare spezifische Widerstand $\rho_{S_{II}}$ und die Phasen φ_{II} zeigen ein stetiges Verhalten entlang des Profiles.

Durch Oberflächen-Effekte sind die $\rho_{s\parallel}$ -Werte einzelner Stationen etwas verfälscht. Dies trifft vor allem zu für die Stationen HOF und LAX mit zu hohen-, die Station SAE mit zu niederen ρ_s -Werten bezogen auf die Nachbarstationen. Ein Einfluß der Inhomogenität des anregenden Magnetfeldes durch den Polaren Elektrojet ist für den betrachteten Periodenbereich nicht erkenntlich geworden.

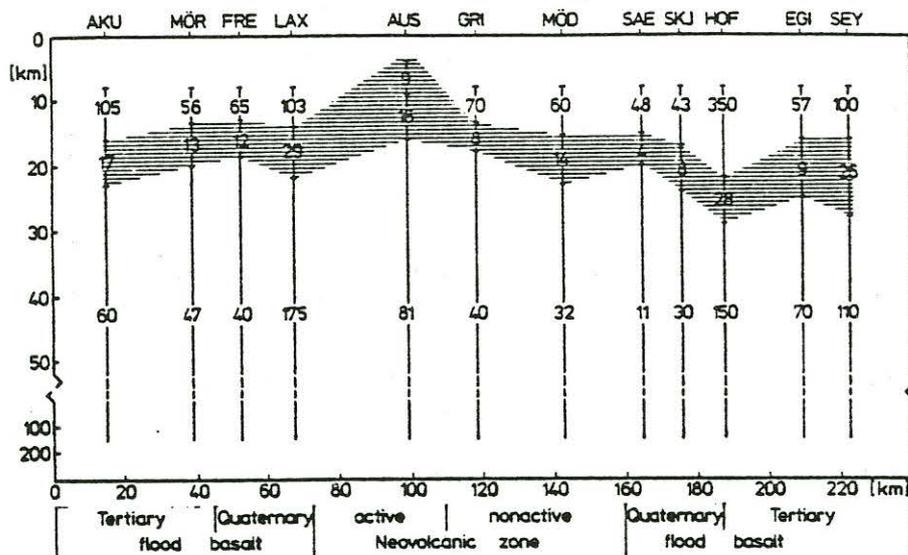


Abbildung 4

Diskussion zu Abbildung 4:

Modelle mit 3 Schichten der elektrischen Leitfähigkeit für die Stationen auf dem EW-Profil, berechnet aus den Werten des scheinbaren spezifischen Widerstandes $\rho_{s\parallel}$ und der Phase φ_{\parallel} der E-Polarisation.

Die absoluten Leitfähigkeitswerte jeder Schicht schwanken in den Modellen von Station zu Station. Dies ist ein Effekt der Oberfläche, welche die ρ_s -Werte verfälschen kann. Trotzdem sind die Modelle sehr einheitlich. Die 1. Schicht bis etwa 8 - 15 km Tiefe hat relativ hohe Widerstandswerte. Es folgt eine etwa 5 km mächtige Schicht mit niedrigerem Widerstand, unterlagert von einem wieder schlechteren Leiter. Das wichtigste Ergebnis dieser Modelle ist die Schicht mit niedrigerem Widerstand, die unter jeder Station erscheint. Diese Schicht erreicht im Zentrum der aktiven Neovulkanzone fast die Ober-

fläche und sinkt mit zunehmendem Abstand von der Riftachse zu größeren Tiefen ab.

Dieser gute Leiter ist aller Wahrscheinlichkeit nach mit der Übergangszone Kruste - anomaler oberer Mantel unter Island gekoppelt. Ergebnisse der Seismik erbringen ähnliche Tiefen. Die anwachsende Tiefe mit anwachsendem Abstand von der Riftachse kann durch anwachsende Krustendicke mit zunehmendem Alter erklärt werden.

Der mittlere Widerstand dieser gut leitenden Schicht liegt bei $15 \Omega m$. Aus Labormessungen folgt, daß $15 \Omega m$ im Mittel bei Temperaturen von etwa $1000 - 1100^\circ C$ für Basalt erreicht werden. Legt man eine basaltische Zusammensetzung der Kruste Islands und der Schicht mit niederem Widerstand zu grunde, so kann man also $1000 - 1100^\circ C$ in $12 - 20$ km Tiefe unter Nord-Island erwarten. In diesem Temperaturbereich treten bereits Teilschmelzen auf, welche den Widerstand um $1 - 2$ Größenordnungen herabsetzen können. Vermutlich kommen im anomalen oberen Mantel unter Island auch peridotitische Teilschmelzen vor.

Die Schicht erhöhter Leitfähigkeit unter Island kann also als eine dünne Zone von angereicherten Partialschmelzen an der Unterseite der Kruste interpretiert werden. Literaturwerte ergeben für Basalt etwa 10% Schmelzanteil bei $15 \Omega m$ und $1000 - 1100^\circ C$. Der zunehmende Widerstand im oberen Mantel unterhalb der Zone erhöhter elektrischer Leitfähigkeit stimmt gut mit Labordaten überein, welche für Peridotite einen um eine Größenordnung höheren Widerstand als bei Basalt für dieselbe Temperatur ergeben.

Diskussion zu Abbildung 5:

Temperaturgradient als Funktion des Abstandes von der Riftachse in Nord-Island.

Unter der Annahme einer Temperatur von $1000 - 1100^\circ C$ in der Mitte der Schicht erhöhter Leitfähigkeit, kann man gemittelte Temperaturgradienten berechnen, indem man die Temperatur durch die Tiefe der Schicht dividiert.

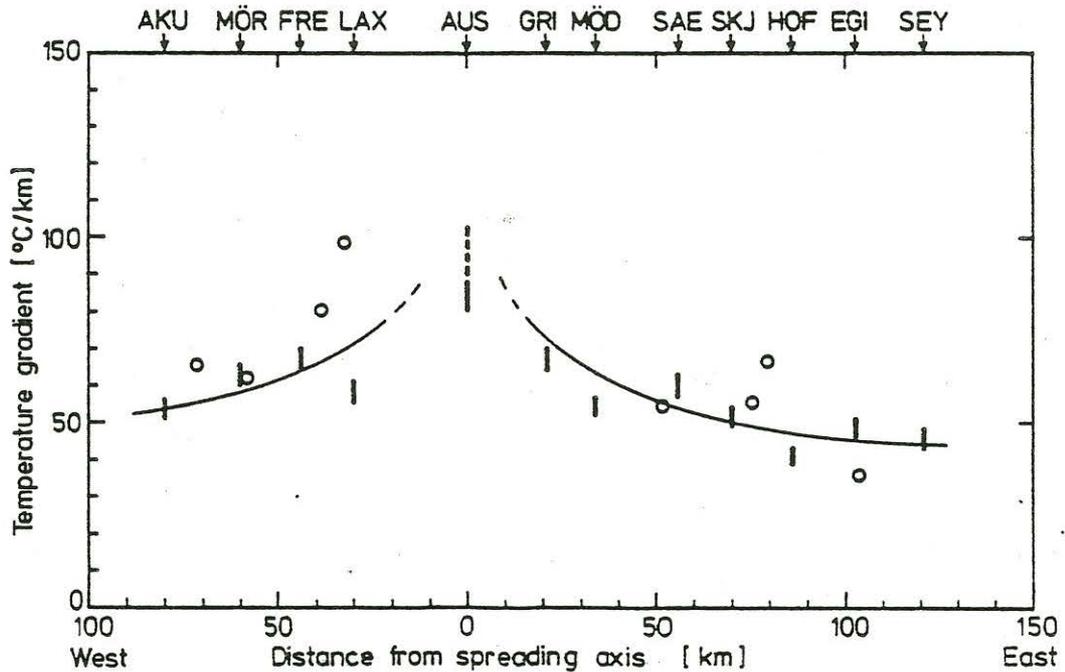


Abbildung 5

An Abbildung 5 erkennt man, daß dieser gemittelte Temperaturgradient (Striche) mit zunehmendem Abstand von der Riftachse abnimmt. Als Kreise sind in dieser Abbildung Werte des Temperaturgradienten eingezeichnet, die in Nord-Island aus Bohrlochmessungen nicht allzu großer Tiefe gewonnen wurden (pers. Mitt. National Energy Authority, Reykjavik). Es ergibt sich eine recht gute Übereinstimmung zwischen den Temperaturmessungen nahe der Oberfläche und den von den Ergebnissen der Magnetotellurik abgeleiteten Werten des Temperaturgradienten.

Unter Berücksichtigung der zur Zeit vorliegenden Daten kann man annehmen, unterhalb ganz Island findet sich in verschiedener Tiefe eine Zone erhöhter elektrischer Leitfähigkeit. Solch eine weiträumige partial geschmolzene Zone im Übergangsbereich von Kruste und Mantel ist sicher von größter Tragweite bei der Beurteilung geodynamischer Prozesse in Island.