

ERSTE ERGEBNISSE MAGNETOTELLURISCHER MESSUNGEN IM SÄCHSISCHEN GRANULITGEBIRGE

G. Oettinger¹, G. Schwarz^{1,2}

¹Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig

²Sveriges Geologiska Undersökning, Uppsala

Einleitung

Im Herbst 1995 wurden audiomagnetotellurische und magnetotellurische Messungen entlang eines Profils über das sächsische Granulitgebirge durchgeführt. Die Messungen fanden im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogrammes 'Orogene Prozesse, ihre Quantifizierung und Simulation am Beispiel der Varisciden' statt, in dem u.a. mit den Methoden der Refraktionsseismik, Reflexionsseismik und der Magnetotellurik die Lithosphäre des östlichen Saxothuringikums untersucht wird. Insbesondere geht es darum, die Platznahme des Granulitkomplexes im Zusammenhang mit der orogenen Krustenentwicklung zu verstehen.

Das 100 km lange Profil verläuft senkrecht zum saxothuringischen Streichen entlang der refraktionsseismischen Linie GRANU95-A (vergl. Abb. 1) von Leipzig über das Zentrum des aufgeschlossenen Granulitgebirges bis nach Olbernhau/Erzgebirge an der tschechischen Grenze. Die Meßpunkte wurden am Nord- und Südrand des Granulitgebirges besonders dicht gewählt (Meßpunktabstand 500m), um einen eventuellen guten Leiter zu erkennen, der an den Flanken des Granulitgebirges im Sinne einer Aufschleppung bis zur Oberfläche verläuft und dort unterbrochen wird. Ein derartiger Leiter wurde aufgrund von Modellen diskutiert, nach denen der Granulit infolge einer Krustendehnung exhumiert worden sein könnte (z.B. Kroner 1995, Henk et al. 1995).

Insgesamt wurden 43 Stationspunkte mit einer AMT-Apparatur (GMS05 von Metronix) bei Standzeiten von 1 bis 2 Tagen vermessen. Im Großraum Chemnitz sind die künstlichen Störsignale durch Industrieanlagen und stark befahrene elektrifizierte Eisenbahntrassen so groß, daß das Profil im Bereich des Südrandes des Granulitgebirges um etwa 10 km nach Osten verlegt werden mußte. An 16 Stationen wurden zusätzlich längerperiodische elektromagnetische Variationen im Periodenbereich von 0.1 s bis 4000 s (KMT) aufgezeichnet, die allerdings noch nicht ausgewertet wurden. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf AMT-Daten, die einen Periodenbereich von 1/8000 s bis maximal 1000 s abdecken.

Datenqualität und Processing

Der Störpegel erwies sich entlang des gesamten Profils als sehr hoch. Die ersten, direkten Auswerteergebnisse der AMT aus dem Feld (Online-Processing) waren für die weitere Auswertung unbrauchbar. Eine automatische, schematische Auswahl der Daten für das weitere Processing erwies sich wegen der starken Rauschanteile als unmöglich, sodaß die auswertbaren Zeitreihen alle 'per Auge' am Rechnerbildschirm selektiert werden mußten. Von den hochfrequenten Registrierungen (Abtastrate > 1kHz) sind je nach Signalstärke des elektromagnetischen Quellfeldes oft nur 3-5% der Gesamtdaten in die Auswertung eingegangen. Bei den niederfrequenten Registrierungen (Abtastrate < 20 Hz) mußten durchschnittlich 50-70 % der Daten wegen technischer Störungen und Fehler aussortiert werden.

Zur Berechnung der Spektren wurden drei verschiedene Auswerteverfahren benutzt: Das Verfahren der statistischen Frequenzanalyse mit einer festen Kohärenzschwelle und zwei robuste Verfahren (Steiner 1980, Junge 1990). Deren Ergebnisse sind im allgemeinen gleichwertig. Die Rauschspektren weisen keine signifikanten 'Ausreißer' auf und unterscheiden sich nicht wesentlich von den Signal-Spektren. Lediglich bei einigen Stationen wurde bei größeren Auswerteperioden den

robusten Verfahren der Vorzug gegeben, da die berechneten Werte weniger streuten. Die Parameter für die Berechnung der Spektren (Größe von Zeitfenster und Parzenfenster, Kohärenzkriterium) wurden von Station zu Station neu optimiert.

Erste Ergebnisse

Wie aufgrund des hohen Störpegels erwartet, streuen die Werte des scheinbaren spezifischen Widerstandes und der Phase an einigen Stationen in bestimmten Periodenbereichen stark. An anderen Orten ergeben sich jedoch über den gesamten Periodenbereich glatte Sondierungskurven. Die Winkel zur Drehung des Übertragungstensors auf seine Hauptachsen stimmen im wesentlichen mit dem saxothuringischen Streichen überein. In Abbildung 2 sind die Sondierungskurven für die E- und die B-Polarisation an den Stationen 5 (nördl. des Granulitgebirges), 22 (Zentrum des Granulitgebirges) und 36 (südlich des Granulitgebirges) dargestellt. Die Kurven der beiden Polarisationen weichen nur wenig voneinander ab. Der elektrische Widerstand ist demnach, ganz im Gegensatz zum westlichen Saxothuringikum (vergl. ERCEUGT Group 1992), im östlichen Saxothuringikum nur schwach anisotrop. Die Phasenwerte spiegeln aufgrund des technischen Störpegels an vielen Stationen wahrscheinlich nicht den wahren Verlauf der Widerstandskurven wider.

Für die Kurven der E-Polarisation wurden eindimensionale Widerstands-Modelle mit dem Verfahren von Marquardt (1963) berechnet. Ein Beispiel für ein 1D-Modell, die zugehörige Modellkurve und deren Anpassung an die Meßdaten zeigt Abbildung 2c für die Station 22, die im Zentrum des aufgeschlossenen Granulitgebirges liegt. Der gute Leiter in der mittleren Kruste hat eine integrierte Leitfähigkeit von 100 Siemens. Auf die Anpassung der Phasen mußte wegen des Einflusses künstlicher Störungen an dieser und einigen anderen Stationen verzichtet werden.

Die hochleitfähigen Zonen, die sich aus den 1D-Modellrechnungen ergeben, wurden zusammen mit dem 2D-Geschwindigkeits-Tiefen-Modell der Refraktionsseismik (Enderle et al. 1996) in einen Tiefenschnitt entlang des Profils eingetragen (Abb. 3). In der sedimentären Bedeckung nördlich und südlich des Granulitgebirges existieren oberflächennahe gute Leiter in 0.5 bis 2 km Tiefe, deren integrierte Leitfähigkeit 30 bis 100 Siemens beträgt. Die obere Kruste ist hochohmig. Einen guten Leiter, der im Sinne einer Aufschleppung die Umriss des Granulitkomplexes markiert, gibt es nicht. Vielmehr existieren im Bereich des Granulitgebirges und bis etwa 8 km nördlich sowie südlich davon in der mittleren bis untern Kruste markante hochleitfähige Zonen mit integrierten Leitfähigkeiten von 100 bis 1300 Siemens. Viele dieser guten Leiter fallen mit einer Zone erniedrigter seismischer Geschwindigkeit zusammen, die südlich des Granulitgebirges einen markanten Versatz zu größeren Tiefen aufweist. Südlich dieses Versatzes konnte nur noch an der Station 41 ein guter Leiter (150 S) in der mittleren Kruste nachgewiesen werden. Weiter im Norden des Profils wurden keine guten Leiter in der mittleren oder unteren Kruste entdeckt. Die Frage nach der genauen Tiefenlage und Strukturierung der guten Leiter unter dem Granulitgebirge und insbesondere die, ob gute Leiter in verschiedenen Tiefenlagen segmentiert vorliegen, kann beim derzeitigen Stand der Auswertungen noch nicht beantwortet werden.

Die Ergebnisse der erdmagnetischen Tiefensondierung sind noch nicht auf den Einfluß technischer Störungen hin untersucht worden. Die Induktionspfeile für Perioden über 100 s liegen erst an wenigen Stationen vor. Die Ergebnisse für $T=500$ s sind in Abb. 1 mit eingezeichnet. Eine Tendenz zu südlichen Richtungen ist erkennbar. Dieses deckt sich mit den Ergebnissen anderer, weiter westlich gelegener MT-Messungen (z.B. Tauber 1993, Klause et al. 1994, Gürtler & Schwarz 1994) und mit geomagnetischen Tiefensondierungen in Sachsen (Ritter 1981). Bei Perioden unter 100 s schwenken die Pfeile auf südöstliche Richtungen ein und stehen senkrecht zum saxothuringischen Streichen (vergl. Abb. 4). Nördlich des Granulitgebirges drehen die Pfeile an einigen Stationen auf nördöstliche bis nördliche Richtungen, was als ein weiteres Indiz für einen Leitfähigkeitskontrast in der Mittelkruste nördlich des Granulitgebirges gewertet werden könnte.

Ausblick

Die Auswertung der längerperiodischen KMT-Daten (16 Stationen) wird genauere Aussagen über die Leitfähigkeitsstrukturen in der mittleren und unteren Kruste des Granulitgebirges ermöglichen. Mit der Auswertung nach der Remote-Reference-Technik soll versucht werden, die Datenqualität, insbesondere die der Phasen, zu verbessern. Des Weiteren erfolgt noch eine Untersuchung auf mögliche Verzerrungen der Übertragungstensoren. Das uneinheitliche Bild der elektrischen Leiter in der Kruste deutet auf derartige Verzerrungen hin, während die stabile Lage der guten Leiter in der sedimentären Bedeckung nördlich des Granulitgebirges eher dagegen spricht. Schließlich soll eine 2D-Modellierung und Inversion der Daten erfolgen, die die Modellgrenzen und deren Veränderungen aufzeigen und die genauere Aussagen zur Korrelation zwischen dem Widerstands- und dem Geschwindigkeits-Tiefen-Modell ermöglichen sollen, um so die Ursache der erhöhten Krustenleitfähigkeit eingrenzen zu können. Für den Herbst 1996 ist eine Fortsetzung der Messungen auf dem weiter westlich gelegenen reflexionsseismischen Profil DEKORP95-01 geplant.

Literatur

Enderle, U., Schuster, K., Prodehl, C., Schulze, A. & Bribach, J. (1996): The refraction seismic experiment Granu95 in the Saxothuringian Belt, SE-Germany, Tectonophysics, in prep.

ERCEUGT Group (1992): An electrical resistivity crustal section from the Alps to the Baltic Sea (central segment of the EGT), Tectonophysics 207, 123-129.

Gürtler, J. & Schwarz, G. (1994): Interpretation eines MT-Profiles aus dem Frankenwald in den Harz, Elektromagnetische Tiefenforschung, 15. Kolloquium Höchst im Odenwald, 28.-31 März 1994, 272-277.

Henk, A., Franke, W., Kroner, U. & Reinhardt, J. (1995): Krusten-Exhumierung im Sächsischen Granulitgebirge: Geologische Randbedingungen und kinematisch-thermische Modellierung, Vortrag, 4. Koll. des DFG-Schwerpunktprogr. "Orogene Prozesse", Terra Nostra, Jena 1995, 29-37.

Junge, A. (1990): Robuste Schätzung bivariater Übertragungsfunktionen, Elektromagnetische Tiefenforschung, 13. Kolloquium Hornburg 19.-23. März 1990, 75-86.

Klause, R., Murasch, K. & Schwarz, G. (1994): Breitbandige erdmagnetische und magnetotellurische Sondierungen in Westböhmen, Elektromagnetische Tiefenforschung, 15. Kolloquium Höchst im Odenwald, 28.-31 März 1994, 250-258.

Kroner, U. (1995): Postkollisionale Extension am Nordrand der Böhmisches Masse - Die Exhumierung des Sächsischen Granulitgebirges, Freiburger Forschungshefte, Band C 457.

Marquardt, D.W. (1963): An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters, J. Soc. Ind. Appl. Math. 11, 431-441.

Ritter, E. (1981): Geomagnetische Tiefensondierungen im Süden der DDR, Veröff. NKG DDR, R.III, 47, 202-206.

Steiner, F. (1980): M-Fitting (fitting according to the most frequent value) and its comparison with the method of least-squares, Acta Geodaet., Geophys. et Montanist. Acad. Sci. Hung. Tumul, 15, 37-44.

Tauber, S. (1993): Die Leitfähigkeitsverteilung in den nördlichen Varisziden untersucht mit der Methode der Magnetotellurik und der geomagnetischen Tiefensondierung auf einem Profil vom Oberpfälzer Wald ins Vogtland, Diplomarbeit, FU Berlin.

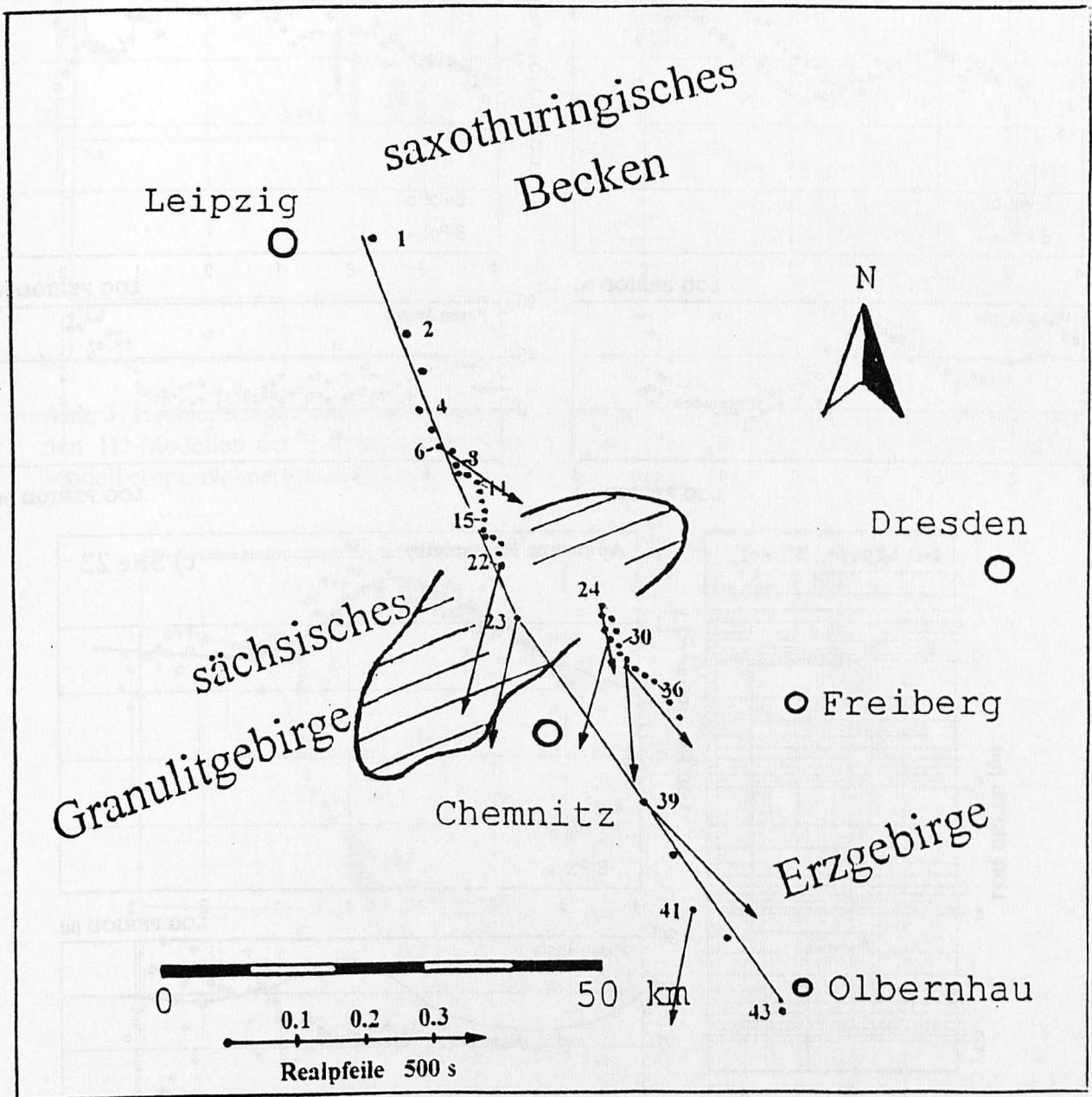


Abb. 1: Lage der AMT-Meßpunkte und Realteil der Induktionspfeile für eine Periode von 500s. Die durchgezogene Linie kennzeichnet das refraktionsseismische Profil GRANU95-A.

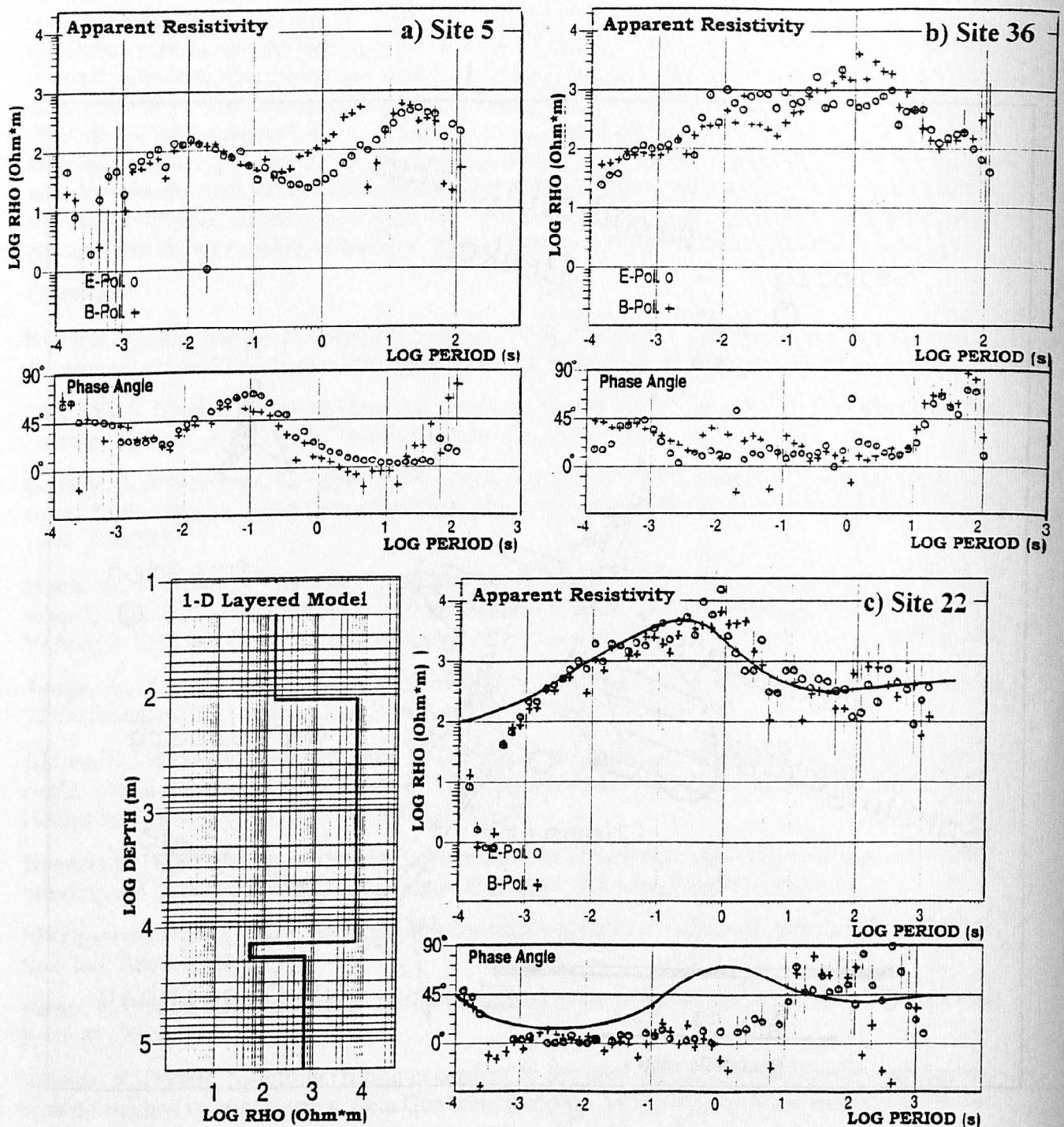


Abb. 2: Sondierungskurven für die E- und die B-Polarisation a) an der Station 5 nördlich des Granulitgebirges, b) an der Station 36 südlich des Granulitgebirges und c) an der Station 22 im Zentrum des Granulitgebirges. Für die Station 22 ist auch das 1D-Modell und die zugehörige Modellkurve dargestellt.

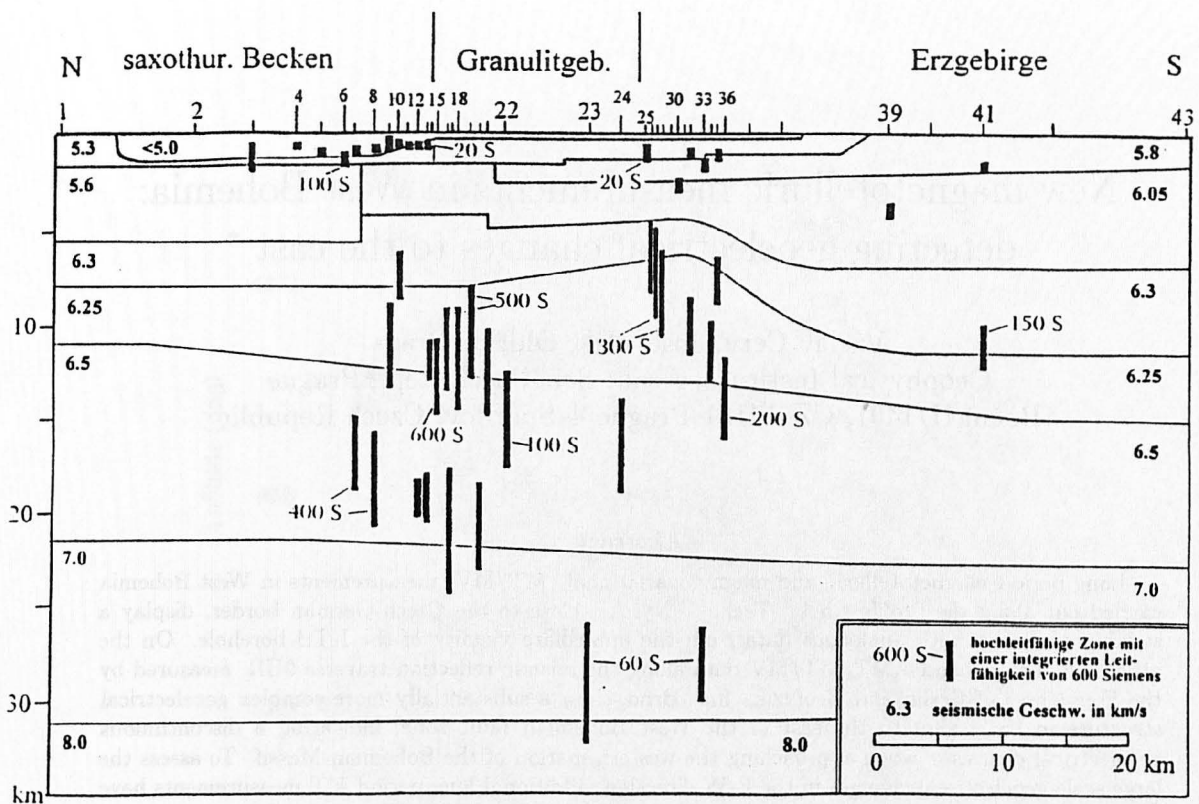


Abb. 3: Hochleitfähige Zonen (dicke Balken) entlang des Profils GRANU95-A, übertragen aus den 1D-Modellen der E-Polarisation. Zum Vergleich ist das 2D-Geschwindigkeits-Tiefen-Modell eingezeichnet (nach Enderle et al. 1997).

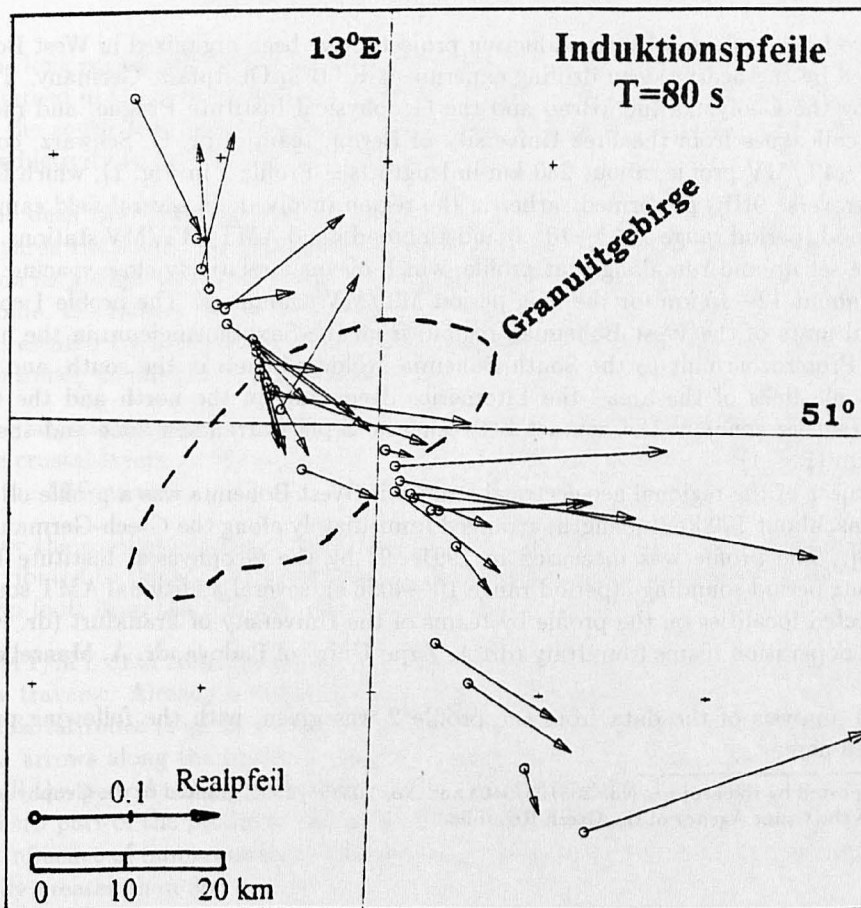


Abb. 4: Induktionspfeile entlang des Profils GRANU95-A für die Periode $T=80$ s.