

M. KEIL, Münster

"Magnetotellurische Untersuchungen im Gebiet der Anomalie von Soest-Erwitte"

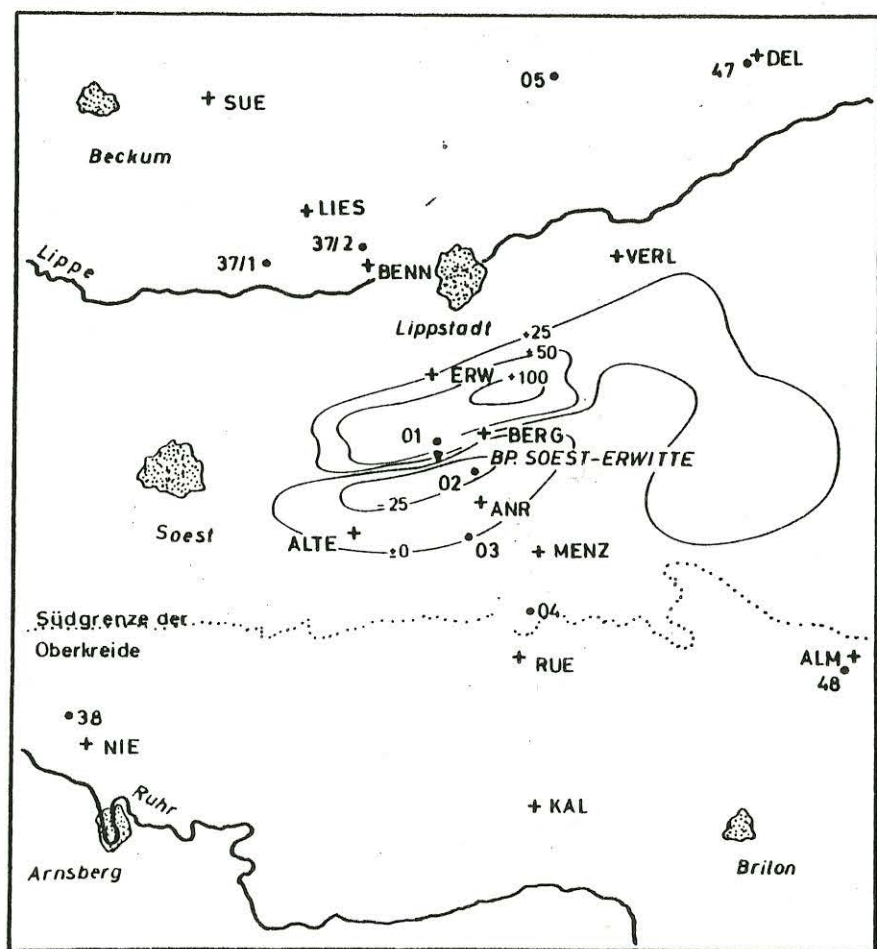
Die magnetische Anomalie von Soest - Erwitte, bereits 1937 im Rahmen der Geophysikalischen Reichsvermessung gefunden, wurde von Bosum und Kind (1972) neu interpretiert. Hiernach könnte die Anomalie durch zwei Störkörper bedingt sein, deren Tiefenerstreckung im Mittel von 600 m bis 3000 m reicht. Für den südlichen Teilkörper könnte ein variszischer Pluton oder aber auch eine Magnetkieseinlagerung angenommen werden. Die Bohrung Soest/Erwitte 1/1a brachte im gesamten Tiefenbereich 310 m bis 710 m Magnetkies zu Tage. Noch nicht geklärt ist aber die Ursache eines zeitweise erhöhten Temperaturfeldes, von dem ein erhöhter Inkohlungsgrad im Bereich der Anomalie zeugt (Hoyer et al., 1974; hier finden sich auch ein geologischer Schnitt und eine geologische Karte des Meßgebietes).

Die magnetotellurischen Untersuchungen sollen zeigen, ob und gegebenenfalls wie sich die magnetische Anomalie auch in den Leitfähigkeitsverhältnissen widerspiegelt.

Abb. 1 zeigt eine Karte mit den Meßpunkten. Die vier Randpunkte (SUE, DEL, ALM, NIE) gehören zum MT-Gitternetz Norddeutschland, vier weitere Punkte (ERW, ANR, RUE, KAL) wurden im Herbst 1976 mit der Braunschweiger ARA-Apparatur vermessen. Im Herbst 1977 wurden mit zwei automatischen MT-Meßstationen bei ANR und ERW Wiederholungsmessungen und anschließend Verdichtungsmessungen (bei LIES, BENN, BERG, MENZ, ALTE, VERL) durchgeführt. Herr Dr. Blohm vom NLFb, Hannover, stellte dankenswerterweise die Ergebnisse und Interpretationen von geoelektrischen Tiefensondierungen mit Elektroden-Auslagen bis 10 km im Bereich des Meßgebietes zur Verfügung.

Zur Berechnung der Impedanztensoren sowie ρ_s und ϕ aus den magnetotellurischen Meßwerten wurde das Programmpaket zur Einzeleffektauswertung von Jödicke (1977) benutzt.

Als Ergebnis zeigt Abb. 2 für alle MT-Meßpunkte die aus den Impedanztensoren berechnete Verteilung des E-Feldes in Abhängigkeit von verschiedenen Anregungswinkeln des H-Feldes bei $T = 100$ sec. Zu erkennen ist die sehr starke Polarisierung des E-Feldes in Richtung ca. $N 45^\circ W$ bei den Stationen ERW, ANR, BERG, ALTE. Da das Verhältnis $|\overrightarrow{\text{Re } \vec{E}}| / |\overrightarrow{\text{Im } \vec{E}}|$ an den Stationen bis



Meßprojekt Soest-Erwitte

- ▼ Bohrung
- ✦ KAL MT-Punkt
- 03 GTS-Punkt

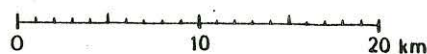


Abb. 1: Meßgebiet und Meßpunkte, mit einigen Isolinien (in γ) der magnetischen Anomalie von Soest-Erwitte.

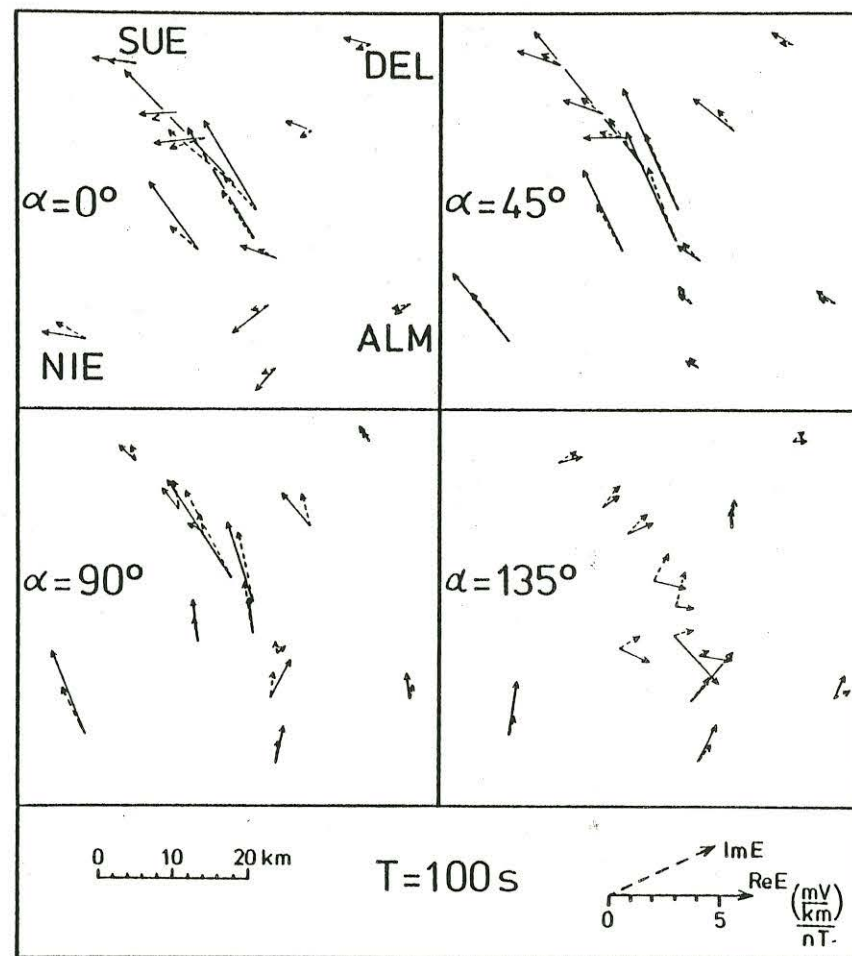


Abb. 2: E-Feld-Verteilung bei verschiedenen Anregungsrichtungen von \vec{H} in Richtung α , α positiv von N über E, mit $\vec{E} = \underline{\underline{z}} \cdot \vec{H}$, normiert auf $|\vec{H}| = 1 \text{ nT}$, $\arg(\vec{H}) = 0^\circ$.

auf $\alpha = 135^\circ$ annähernd gleich ist und Re- und Im-Anteile von E parallel sind, bietet sich für $T = 100$ sec als Erklärung der starken Polarisierung zunächst eine einfache Stromumverteilung an. Untersuchungen eines einfachen Modells mit einer ellipsenförmigen schlecht leitenden Einbettung (vgl. Schmucker (1970)), Orientierung der großen Hauptachse NE-SW, in den obersten 7 km (spätestens ab 7 km wird das hochohmige kristalline Grundgebirge erwartet) scheiterten aber daran, daß die Leitfähigkeitsanomalie nicht isoliert zu betrachten ist, da außerhalb der Anomalie im Meßge-

biet starke, mit dem o.a. einfachen Modell nicht verträgliche 2-dim-Einflüsse vorhanden sind. In Abb. 2 wird deutlich, daß beim Anregungswinkel $\alpha = 135^\circ$ (d.h. H senkrecht zur Längsausstreckung der Leitfähigkeitsanomalie) bei ERW, BERG, ANR, ALTE das Modell nicht mehr ausreicht. $\overline{\text{Re E}}$ und $\overline{\text{Im E}}$ klaffen weit auseinander, d.h. es müssen induktive Effekte vorliegen.

Die normierten Achsenkreuze in Abb. 3 geben für $T = 100$ sec zum einen die Drehwinkel der gedrehten Impedanztensoren an, bei denen die Quadratsumme der Beträge der Hauptdiagonalelemente minimal werden, zum anderen lassen sie den Polarisationsgrad an den einzelnen Stationen erkennen.

Nach der Form der $\rho_s(T)$ -Kurven kann bei den meisten Stationen die längere Achse als zur Richtung der H-Polarisation gehörig angesehen werden. Komplizierter ist die Aussage an den Stationen RUE, KAL, ALM am Nordrand des Sauerlandes, wo die kurze Hauptachse als Richtung der H-Pol. aus der Annahme eines starken Leitfähigkeitsanstiegs von ANR nach RUE folgt. (Nach dem ρ_s -Kurvenverlauf entspricht allerdings mehr die lange Achse der Richtung der H-Pol., was andererseits aber bedeuten würde, daß sich die Streichrichtung von ANR nach RUE um ca. 90° ändert.)

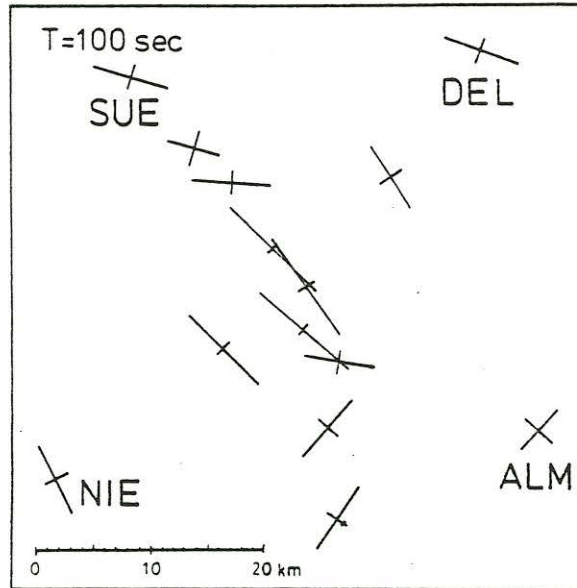


Abb. 3: Betrüge der mit $|Z_{x'y'}|, |Z_{y'x'}|$ normierten Nebendiagonalelemente der auf Hauptachsen gedrehten Impedanztensoren.

Insgesamt sind die Vorzugsrichtungen wenig periodenabhängig. Lediglich bei den vier Stationen auf dem vermutlichen Zentrum der Leitfähigkeitsanomalie (ERW, ANR, BERG, ALTE) drehen sie sich von ca. 10 bis 1000 sec um ca. 25° gegen den Uhrzeigersinn. Hier weisen Werte für die Skewness bis zu 1,1 auf stärkere Dreidimensionalität hin.

Zur quantitativen Auswertung wurde die 2-dim-Modellrechnung für dünne Schichten (nach Schmucker (1971)) angewandt. Zur Verringerung von 3-dim. Effekten wurde nach den Drehwinkeln bei ERW ein Profil NW-SE durch ERW, senkrecht zur Längsausstreckung der Anomalie, gewählt und die Meßpunkte darauf projiziert.

Abb. 4 und 5 zeigen die Profile mit ρ_s - und ϕ -Werten bei dem wie für Abb. 3 bestimmten Drehwinkel. Für den Fall der H-Polarisation ist die Form der ρ_s - und ϕ -Kurven größtenteils gleich, das ρ_s -Niveau scheint vorwiegend durch die integrierte Leitfähigkeit in den obersten 7 km bestimmt zu sein. (Bezeichnung bei H-Pol: $\rho_{s\perp}$, E_{\perp} , H_{\parallel}). Für den Fall der E-Polarisation treten größere Unterschiede in der Kurvenform von ρ_s und ϕ auf. Zum Teil ist das in den Auswirkungen der Dreidimensionalität (bei ANR, BERG) begründet, wie detailliertere Untersuchungen zeigten. Daher wurden die Meßwerte für den Fall der H-Polarisation angepaßt. Für RUE und KAL wurden die kleineren Hauptachsen als Richtung H-Pol. angenommen. Wie oben erwähnt, kann eine 2-dim. Interpretation zum Sauerland hin aber keine befriedigenden Ergebnisse erwarten lassen.

Die Änderungen der integrierten Leitfähigkeit $\tau = \int_0^{z_0} \frac{1}{\rho(z)} dz$ längs des Profils bis zum als schlechten Leiter angenommenen Kristallin können recht gut schon aus den Werten für $\rho_{s\perp} = 0.2 \cdot T \cdot \left| \frac{E_{\perp}}{H_{\parallel}} \right|^2$ nach $\tau(y) \cdot E_{\perp}(y) = j = \text{const.}$, mit y als Ortskoordinate längs des Profils, abgeschätzt werden (vgl. Abb. 5 mit Abb. 6).

Um einen absoluten Wert für τ zu erhalten, wurden die Ergebnisse der GTS-Messungen von Blohm hinzugezogen. Abb. 6 zeigt, daß der GTS-Punkt 37/1 in der Nähe der MT-Station LIES die integrierte Leitfähigkeit bis zur Tiefe 5 km liefert. Mögliche Anisotropieeffekte sind hierbei nicht berücksichtigt. Unter der Annahme einer Zunahme von τ um $\Delta\tau = 16$ S bis zur Kristallinoberkante wurde der aus der MT bestimmte relative $\tau(y)$ -Verlauf in den am GTS-Punkt 37/1 bestimmten absoluten Maßstab eingepaßt.

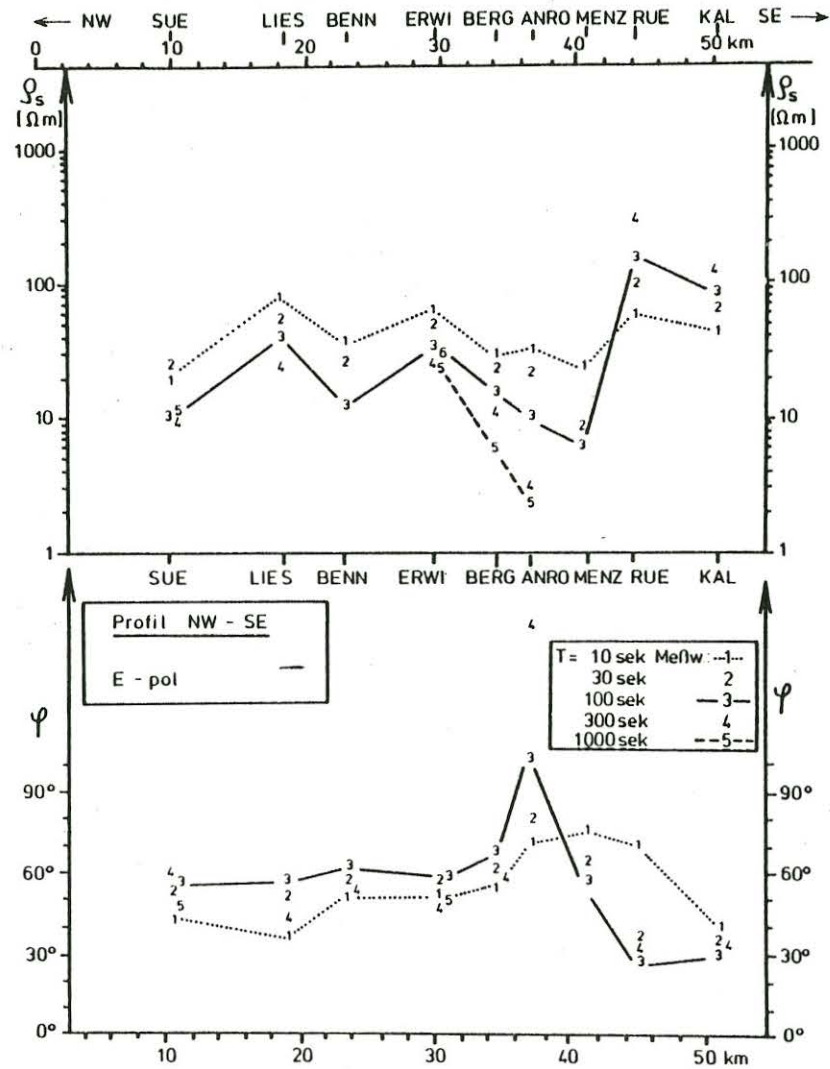


Abb. 4: Meßwerte für scheinbare Widerstände und Phasen, E-Pol.

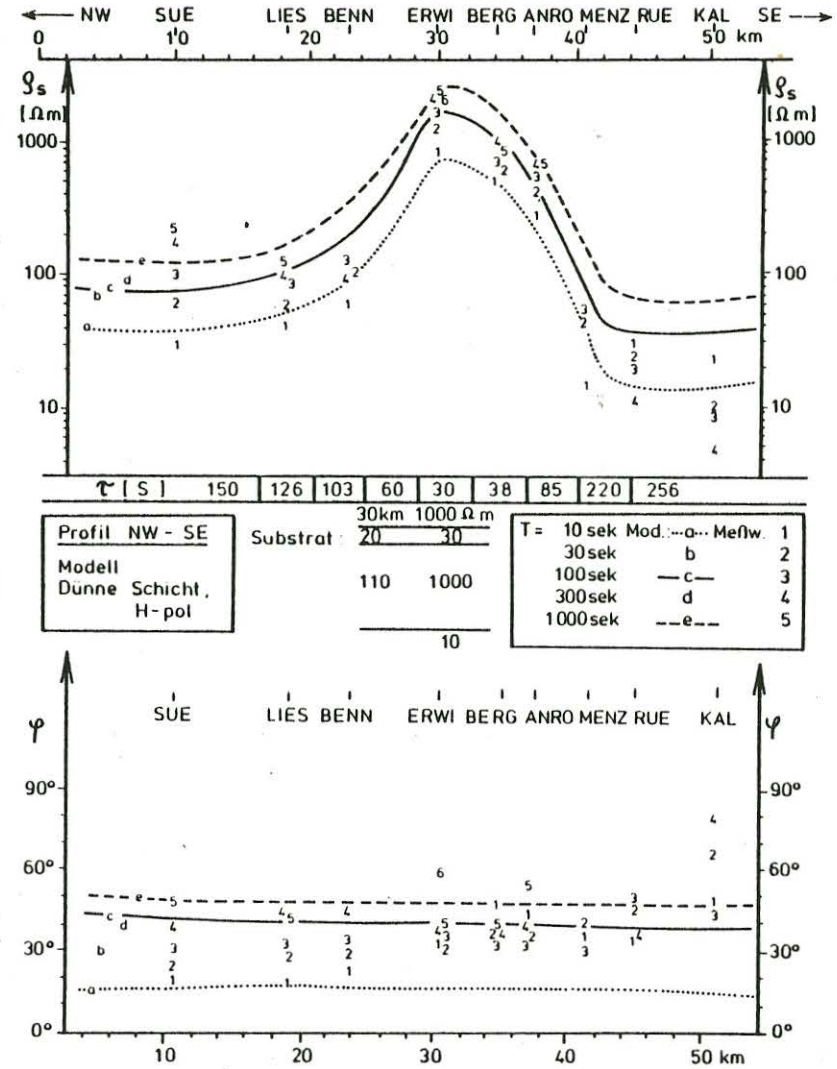


Abb. 5: Meßwerte für scheinbare Widerstände und Phasen, H-Pol., dazu angepaßtes Modell "Dünne Schicht".

Abb. 6: Werte der integrierten Leitfähigkeit τ bis zur Tiefe z_0 über dem Profil NW-SE, aus den geoelektrischen Tiefensondierungen. Dazu ein Modell der integrierten Leitfähigkeit.

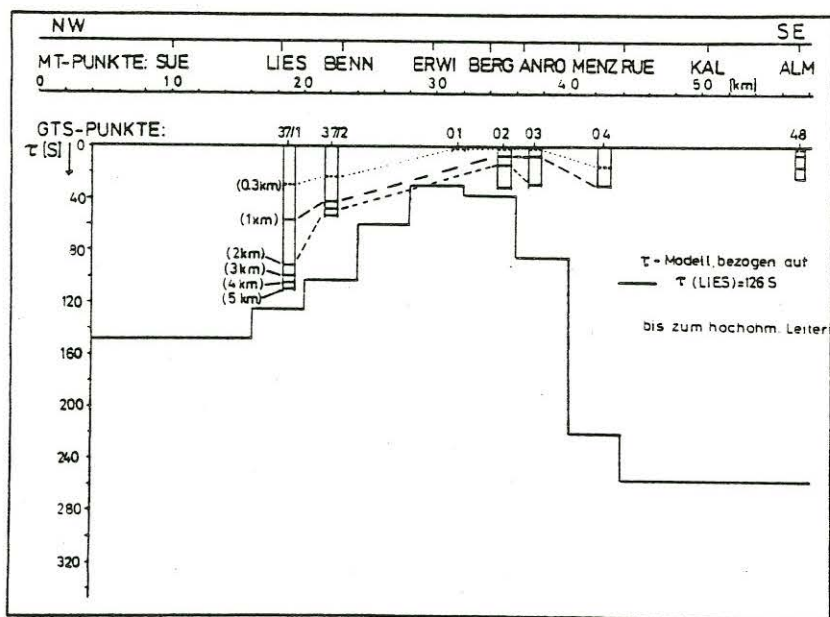


Abb. 5 zeigt als Ergebnis die Anpassung von ρ_s und ϕ aus der Modellrechnung "Dünne Schicht, H-Pol.". Das τ -Modell aus Abb. 6 gibt die Änderungen von ρ_s und ϕ längs des Profils recht befriedigend wieder. Zu bemerken ist, daß die Anpassung stets einen guten Leiter in Tiefenbereichen von ca. 20 - 70 km Tiefe notwendig macht. Das gleiche Modell erklärt den Fall der E-Pol. aber nur ungenügend. Das unterschiedliche periodenabhängige Verhalten von ρ_{sI} und ρ_{sII} weist darauf hin, daß laterale Leitfähigkeitsänderungen auch noch in größerer Tiefe als in der der Kristallinoberkante angenommen werden müssen. Um genauere Aussagen über den $\rho(z)$ -Verlauf machen zu können, sind die Modelle "Dünne Schicht" deshalb nur beschränkt anwendbar. Es sollen deshalb in Zukunft aus 1-dim. und 2-dim. Modellrechnungen weitere Informationen über das Verhalten der elektrischen Leitfähigkeit mit der Tiefe gewonnen werden.

Ein Vergleich der Abb. 6 und Abb. 5 zeigt aber, daß zur Erklärung der τ - Werte für ERW, BERG, ANR, nur eine geringe Zunahme $\Delta\tau$ im Bereich zwischen 3 und 7 km zulässig ist. Untersuchungen, die weitere Aussagen über die Ausdehnung des schlechten Leiters liefern sollen, sind zur Zeit noch in Arbeit.

Literatur:

Bosum, W., E.G. Kind: Die magnetische Anomalie von Soest, Z. Geophysik, 38, 749-765, 1972.

Hoyer, P., C.-D. Clausen, K. Leuteritz, R. Teichmüller, K.N. Thome: Ein Inkohlungsprofil zwischen dem Gelsenkirchener Sattel des Ruhrkohlebeckens und dem Ostsauerländer Hauptsattel des Rheinischen Schiefergebirges. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 24, 161-172, 1974.

Jödicke, H.: Einzeleffektauswertung magnetotellurischer Registrierungen, Diplomarbeit, Univ. Münster, 1977.

Schmucker, U.: Anomalies of geomagnetic variations in the southwestern United States, Bull. Scripps Inst. Ocean., Univ. of Calif., Vol. 13, 1970.

Schmucker, U.: Interpretations of induction anomalies above non-uniform surface layers, Geoph. 36, 156-165, 1971.