

BLOHM, E.-K. & HOMILIUS, J.

"Stand der Geoelektrischen Tiefensondierungen"⁺⁾

1. Vorbemerkung

Als im Februar 1962 die DFG zum ersten Symposium über "Erdmagnetische Tiefensondierungen" einlud, wurde der Gedanke geprüft, wieweit die allseits bewährte Gleichstrommethode der Geoelektrik auch für größere Aufschlußtiefen zu modifizieren wäre. Gedacht war dabei in Zukunft an eine Anwendung für Aufschlüsse in den Tiefenbereichen, die sich "nach oben", z.B. durch Magnetotellurik und erdmagnetische Sondierungen, nicht erfassen lassen. Man erhoffte sich damit z.B. einen Beitrag zur Klärung der Ursachen der "Norddeutschen Leitfähigkeitsanomalie".

Die Abteilung Geophysik des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (NLfB) wurde mit diesem Forschungsthema beauftragt, da hier seit etwa 1950 intensiv die Gleichstrommethode in Schlumberger-Anordnung zur Lösung von hydrogeologischen und lagerstättenkundlichen Fragen sowie Fragen der Allgemein-Geologie und der Baugrunderkundung angewandt wurde. Große Fortschritte in der Methodik und auf instrumentellem Gebiet wie auch in der Theorie konnten erreicht werden. Namen wie HALLENBACH, DEPPERMAN und FLATHE waren an diese Entwicklung geknüpft.

Die Übertragung der Methode von herkömmlichen Aufschlußtiefen (bis etwa 200 m) auf Dimensionen von km bedingte instrumentelle Verbesserungen in mehreren Richtungen:

- Verstärkung der Ströme zur Einspeisung in die Erde durch
 - a) Verringerung des Erdungswiderstandes z.B. durch Multi-erden

⁺⁾ Das Protokoll enthält den Kurzbeitrag "Über Leitfähigkeit des Kristallins" von E.-K. Blohm und den Beitrag "Tiefengeoelektrik auf dem MT-Netz in Norddeutschland", der von E.-K. Blohm beim Kolloquium in Neustadt/Weinstraße, 11.-13. April 1978 vorgetragen wurde.

- b) Verringerung des Kabelwiderstandes durch Vergrößerung des Querschnitts
- c) Vergrößerung des Meßstroms

- Verbesserung der Spannungsaufnahme durch leistungsstarke Verstärker mit schreibenden Aufnahmegegeräten
- Verbesserung bzw. Neuschaffung eines sicheren Kommunikationssystems, das auch die für diese Auslagen erforderlichen km-Distanzen zu überbrücken gestattet.

Diese instrumentelle und methodische Entwicklung ist unter Leitung von BLOHM weitgehend abgeschlossen [5]. Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die Gesamtaktivität der Arbeitsgruppe Tiefengeoelektrik des NLFb und zieht eine Bilanz über die bisherigen Ergebnisse der von der Arbeitsgruppe durchgeführten Gleichstrom-Tiefensondierungen mit großen AB-Distanzen, auch geoelektrische Großauslagen oder geoelektrische Tiefensondierungen genannt (GTS).

Soweit es das verwendete Stromkabel betrifft, sind die Forschungsarbeiten in zweierlei Richtungen gegangen:

- Mit eigenem und eigens verlegtem Kabel sind maximale AB-Distanzen von 38 km (bei Velpke-Asse) erreicht worden. Dabei zeigte sich, daß in industriell so stark genutzten Räumen wie die unserigen diese Distanz aus mehreren Gründen auch als obere Grenze angesehen werden kann.
- Die zweite Entwicklung, nämlich Fremdkabel von Elektrizitätsversorgungsunternehmen zu nutzen, ließ diese Grenze deutlich überspringen. So konnte 1967 durch die Arbeitsgruppe in Deutschland die im Bau befindliche Hochspannungsleitung im Rheingraben zwischen Lörrach und Karlsruhe auf einer Länge von 150 km [1, 5] und später die in Südafrika im Bau befindliche HGÜ-Leitung zwischen dem Sambesi-Staudamm bei Cabora Bassa und dem südafrikanischen Versorgungsnetz

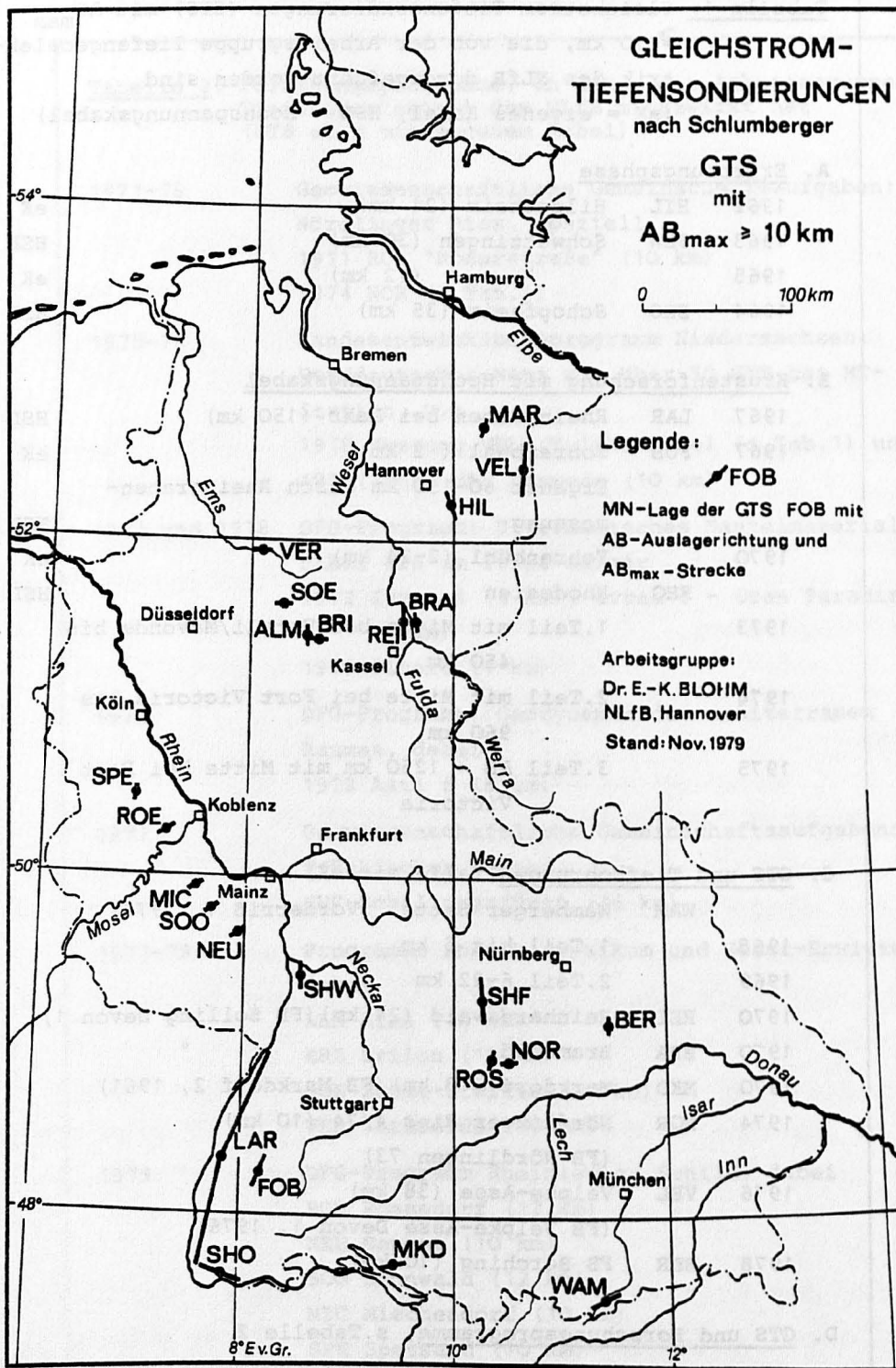


Abb. 1: Lage der GTS-Messungen der Arbeitsgruppe Tieffengeoelektrik des NLfB auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland mit $AB_m \geq 10 \text{ km}$. Bezeichnung der Messungen und Meßzeiten siehe Tabelle 1 und 2

Tabelle 1: Gleichstrom-Tiefensondierungen (GTS) mit $AB_{max} \geq 10$ km, die von der Arbeitsgruppe Tiefengeoelektrik des NLFb durchgeführt worden sind
(eK = eigenes Kabel, HSL = Hochspannungskabel)

A. Erprobungsphase

1962	HIL	Hildesheim (24 km)	eK
1963	SHW	Schwetzingen (30 km)	HSL
1965	"	(12 km)	eK
1964	SHO	Schopfheim (35 km)	HSL

B. Krustenforschung mit Hochspannungskabel

1967	LAR	Rheingraben bei Lahr (150 km)	HSL
1967	FOB	Föhrenbühl (2 km)	eK
		Ergänzt 60-150 km durch Rheingraben-	
		messung	HSL
1970		Föhrenbühl (2-24 km)	eK
	RHO	Rhodesien	HSL
1973		1. Teil mit Mitte bei Umtali/Mavonde bis 450 km	
1974		2. Teil mit Mitte bei Fort Victoria bis 960 km	
1975		3. Teil AB = 1250 km mit Mitte bei Fort Victoria	

C. GTS und Tiefbohrungen (alle mit eK)

	WAM	Wamberger Sattel (Vorderriß 1 1978)	
1968		1. Teil bis 5 km	
1969		2. Teil 6-22 km	
1970	REI	Reinhardswald (24 km) (FB Solling Devon 1)	
1970	BRA	Bramwald "	
1970	MKD	Markdorf (18 km) (FB Markdorf 2, 1961)	
1974	NOR	Nördlinger Ries 4/74 (10 km) (FB Nördlingen 73)	
1976	VEL	Velpke-Asse (38 km) (FB Velpke-Asse Devon 1, 1976)	
1978	BER	FB Berching (10 km)	

D. GTS und Forschungsprogramme, s. Tabelle 2

Tabelle 2: Forschungsprogramme, an denen die Arbeitsgruppe Tiefengeoelektrik des NLFb mitgewirkt hat (GTS alle mit eigenem Kabel)

1971-75	Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben: Nördlinger Ries, speziell 1971 ROS "Römerstraße" (10 km) 1974 NOR (s.Tab.1)
1975-76	Landesentwicklungsprogramm Niedersachsen: Norddeutsches Netz mit über 50 GTS bei MT- Station, u.a. 1976 Messung VEL (Velpke-Asse) (s.Tab.1) und 1976(1966) MAR Marwede (10 km)
1972 und 1976	DFG-Programm: Ultrabasisches Mantelmateriale, dabei GTS am Ivrea-Körper 1972 Ivrea 5 (8 km), Ivrea 6 - Gran Paradiso (4 km) 1976 Finero (4 km)
1972	DFG-Programm: Geodynamik des mediterranen Raumes, dabei 1972 Asti 8 (8 km)
1977	Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben: Fränkischer Keuper SHF Schillingsfürst (36 km)
1977-79	Programme Rhenohercynikum und Soest-Erwitte, dabei ALM Alme (10 km) BRI Brilon (10 km) SOE Soest-Erwitte (10 km) VER Versmolde (10 km)
1979	DFG-Programm Rheinischer Schild, dabei ROE Rösendorf (12 km) NEU Neuhof (10 km) SOO Soonwald (12 km) MIC Miechendorf (10 km) SPE Spessard (10 km)

Apollo bei Pretoria für eine Tiefensondierung mit einer maximalen AB-Länge von 1250 km genutzt werden, woran die Arbeitsgruppe wesentlich beteiligt war [14, 16].

Die Gesamtaktivität der Arbeitsgruppe in Deutschland geht aus dem Plan in Abb.1 hervor. Eingezeichnet sind mehr als 20 GTS, bei denen die maximale AB-Distanz 10 km erreicht wurde bzw. überschritten worden ist. Die Zahl derjenigen GTS, die maximale AB-Distanzen (von über 2 km) bis 10 km aufzuweisen haben, beträgt ein Vielfaches und kann auf der Karte nicht weiter dargestellt werden.

In Tabelle 1 und 2 sind die geoelektrischen Großauslagen aufgeführt, die von der Arbeitsgruppe ausgeführt wurden und die Aufgaben umrissen, in der die GTS stehen. Weiter enthalten die Tabellen Angaben über Zeitpunkt und Umfang der einzelnen Messungen.

2. Aufgaben

Ziel der Untersuchungen mit geoelektrischen Tiefensondierungen ist Teil der Krustenforschung, teilweise als Ergänzung zu den in größerer Tiefe wirksamen elektromagnetischen Tiefenverfahren. Die Messungen mit Hilfe von Hochspannungsleitungen, die genügend große Aufschlußtiefe bringen, können natürlicherweise nur Fragestellungen behandeln, die im Raum einer vorhandenen Leitung geologisch anstehen. Das traf für die Messungen zu, die in der Gruppe B der Tabelle 1 aufgeführt sind und über die an anderen Stellen ausführlich berichtet wurde [1, 5, 7, 14, 20].

Wichtig für den Wert einer GTS ist die Aussage, die im Vergleich zu einer Tiefbohrung zu machen ist. Unter Gruppe C der Tabelle 1 sind diejenigen Messungen aufgeführt, die entweder in Nähe einer Tiefbohrung angesetzt werden könnten (REI, MKD, NOR, VEL, BER) [3, 9, 12], (vgl. auch [8]), oder wo nach Durch-

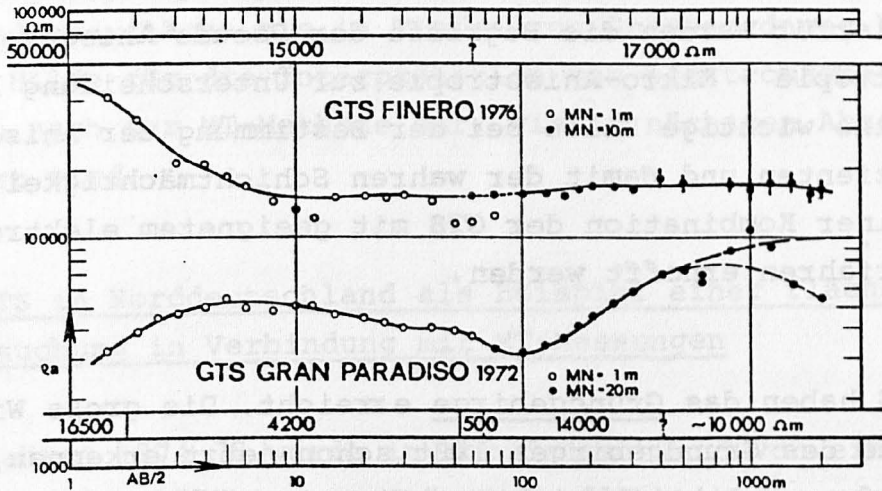


Abb.2: Geoelektrische Sondierungskurve FINERO (oben), gemessen August 1976, ca. 20 km E Domodossola, 1 km E von Finero in unmittelbarer Nähe der Brücke über den Creves. Abgesehen von oberflächennahen Gesteinswerten von ca. 50.000 Ωm weist der Peridotit-Körper von Finero einen mittleren Gesteinswiderstand von 17.000 Ωm auf. Dies ist z.Z. der größte Widerstandswert, der für ultrabasisches Mantelmaterial ermittelt wurde.

Geoelektrische Sondierungskurve Ivrea-Zone 6 (unten), genannt GTS GRAN PARADISO, gemessen Juni 1972 am Fuße des Gran Paradiso, 30 km WNW von IVREA zwischen Fressi und Bosco. Es wurden Gesteine des Altkristallins ab 400 m Tiefe mit einem Gesteinswiderstand von ca. 10.000 Ωm gemessen.

führung der GTS eine Forschungsbohrung abgeteüft worden ist (WAM) [2].

Die ausführliche Analyse um die Interpretation der GTS Markdorf (MKD) hat klar erkennen lassen, daß der Anisotropie einer mächtigen Sedimentfolge große Bedeutung zugemessen werden muß [9]. Hierfür wurden die Begriffe der Pseudo-Anisotropie - Makroanisotropie - Mikro-Anisotropie zur Unterscheidung herangezogen. Eine wichtige Hilfe bei der Bestimmung der Anisotropie Koeffizienten und damit der wahren Schichtmächtigkeiten kann von einer Kombination der GTS mit geeignetem elektromagnetischen Verfahren erhofft werden.

Mehrere GTS haben das Grundgebirge erreicht. Die große Widerstandsbreite des Grundgebirges läßt schon jetzt erkennen, daß von der Tiefengeoelektrik wichtige Hinweise über die Beschaffenheit des Grundgebirges geliefert werden können. So liegt der Widerstand des Grundgebirges bei der GTS Schillingsfürst (SHF) bei kaum 1000 Ωm , bei der GTS Fohrenbühl (FOB) bei rd. 7500 Ωm [5, 7], auf dem Südafrikanischen Schild sogar bis zu 100 000 Ωm [14, 20]. Die Spezialuntersuchungen auf dem Ivrea-Körper bei Finero brachten für die Peridotite recht konstante Widerstände von 15000 bis 18000 Ωm bis in große Tiefen [10, 13] (sh. Abb.2). Wichtige Veränderungen in den Gebirgs-widerständen erfolgen offenbar durch tektonische Beanspruchungen, wie sie im Rheingraben zu beobachten sind (GTS LAR) [5, 7], oder durch ein so seltenes Ereignis wie ein Impakt (GTS Nördlingen (NOR)) [12].

Wie aus den Gesamtuntersuchungen schon jetzt zu erkennen ist, lassen sich aus GTS u.a. folgende Aussagen gewinnen:

- Die relative Schichtmächtigkeit bis zum Grundgebirge kann gut verfolgt werden (Vergleichsmessungen bei der Bohrung Berching).

- Über das Vorhandensein einer speziellen markanten Schicht kann entschieden werden (z.B. wurde aus der GTS Wamberg (WAM) erkannt, daß dort keine mächtige niederohmige Schicht unter der alpinen Decke vorhanden ist [2]), siehe auch [8].

Weiterhin stellt die Kenntnis der Widerstandsverteilung von der Geländeoberfläche bis in Tiefen von Größenordnung km eine wichtige Hilfe für die Interpretation von elektromagnetischen Messungen nach der MT-Methode dar, wie im nächsten Abschnitt ausgeführt wird.

3. Die GTS in Norddeutschland als Beispiel einer flächenhaften Untersuchung in Verbindung mit MT-Messungen

In den Jahren 1974-78 wurde in Norddeutschland von einer Arbeitsgruppe der BGR eine großräumige, flächenhafte magnetotellurische Vermessung durchgeführt mit dem Ziel, Mächtigkeit, Ausdehnung und Struktur des Sedimentbeckens aufzuklären und insbesondere eine Untergliederung des Präezechsteins zu gewinnen. Es wurde an ca. 50 Meßpunkten auf insgesamt 8 Profilen gemessen. Die Lage der zweiziffrig gekennzeichneten MT-Meßpunkte geht aus Abbildung 3 hervor.

Die MT-Methode nutzt die Variationen des natürlichen elektromagnetischen Erdfeldes, um Aussagen über die Leitfähigkeitsverteilung im Untergrund zu erhalten. Wegen der Streuung des Feldes sind der Beobachtung kleiner Periodizitäten Grenzen gesetzt, die sich darin äußern, daß die $\rho_a(T)$ -Werte bei kleinen T-Werten und damit für geringe Teufen zu ungenau werden, um hieraus einen Schichtaufbau interpretieren zu können. Für eine quantitative Interpretation der gesamten $\rho_a(T)$ -Kurve ist es aber unerlässlich, den Widerstandsverlauf auch der oberflächennahen Schichten zu kennen. Hier kann die Methode der geoelektrischen Tiefensondierungen (GTS), die mit künstlich aufgebauten Feldern arbeitet, diese Lücke schließen.

Die vorhandenen GTS-Meßgeräte mußten für die speziellen Verhältnisse in Niedersachsen, hervorgerufen durch die starke Belastung mit vagabundierenden Industrieströmen, besonders angepaßt und erweitert werden (Frequenzfilter, low-noise Registriereinheiten usw.) Es traten auch extreme Ankopplungsbedingungen für die Aufprägung des künstlichen elektrischen Feldes auf (Lüneburger Heide, Moorgebiete), die eine Erweiterung und Verstärkung der Geräteleistung für die Erzeugung des künstlich einzuspeisenden Meßstromes erforderten.

Die Lage der 1975/76 durch die Arbeitsgruppe des NLFB ausgeführten GTS-Messungen geht ebenfalls aus Abbildung 3 hervor. Auf den MT-Profilen 1 - 7 wurden über 50 GTS-Messungen ausgeführt, an manchem MT-Punkt oftmals zwei Messungen, die noch zusätzlich von Widerstandsmessungen mit geringer Aufschlußtiefe flankiert wurden. Die in Abbildung 3 eingetragenen GTS-Messungen erreichten AB-Auslagen von 4 - 10 km, die GTS, die 10 km und größere AB-Auslagen erreichten, sind aus Abbildung 1 zu ersehen.

Eine Meßkurve des Gesamtnetzes sei als Beispiel herausgestellt. Es handelt sich um die in Abbildung 4 wiedergegebene Sondierungskurve am MT-Punkt 7.4. Bereits 1966 wurde hier die GTS Marwede mit einer Kabelstanz AB = 20 km ausgeführt. Eine am gleichen Ort 1976 vorgenommene Wiederholungsmessung, bei der ein neu konzipiertes Digitalgerät eingesetzt wurde, zeigt bis auf eine unwesentliche Abweichung in den ersten Metern - offenbar verursacht durch unterschiedliche Bergfeuchte - einen nahezu punktgleichen Verlauf. Das Besondere an der Meßkurve Marwede ist der überraschend hohe Anfangswiderstand für die dort verbreiteten trockenen Sande, der besonders hohe Anforderungen an die Meßgeräte stellte, um so mehr, als die durch den Schichtenaufbau bedingte Abnahme der spez. Widerstände über 4 Dekaden bis auf Werte von ca. $2 \Omega\text{m}$ für die Potentialmessungen zusätzliche Leistungen abverlangte.

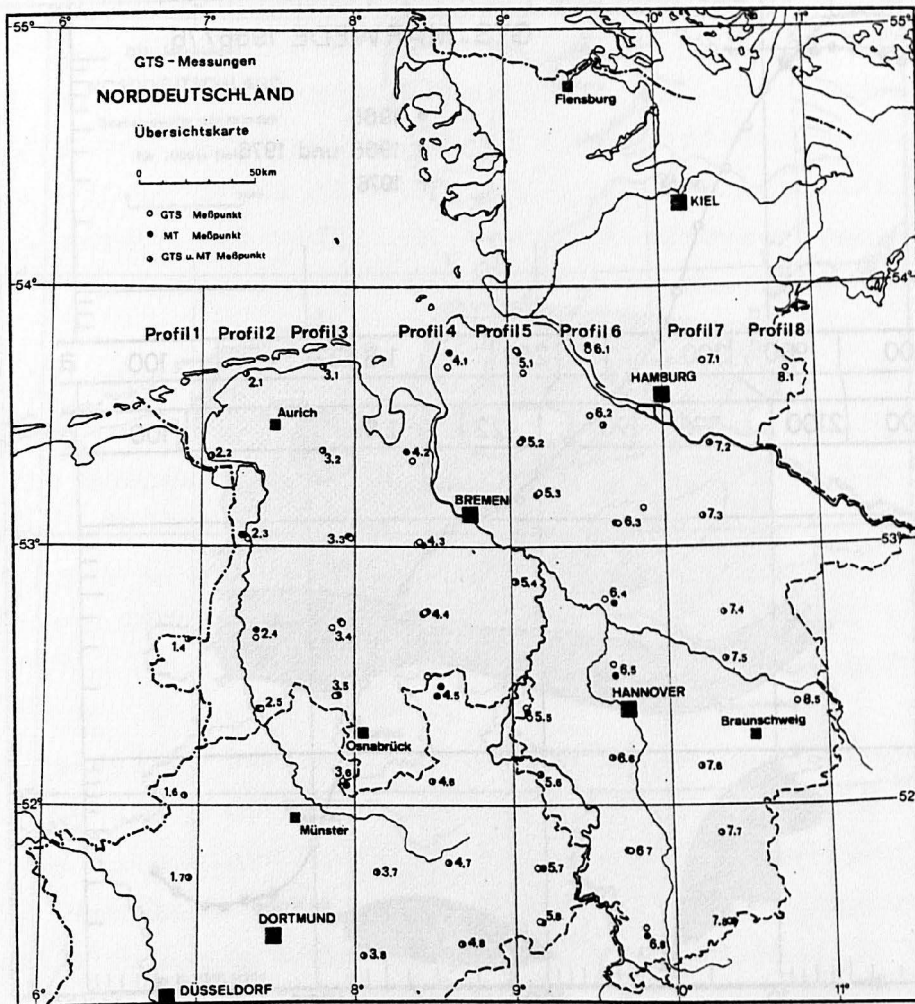


Abb.3: Lage der MT-Meßpunkte der BGR (1974-78) und der GTS-Meßpunkte des NLFb (1975-76) in Norddeutschland

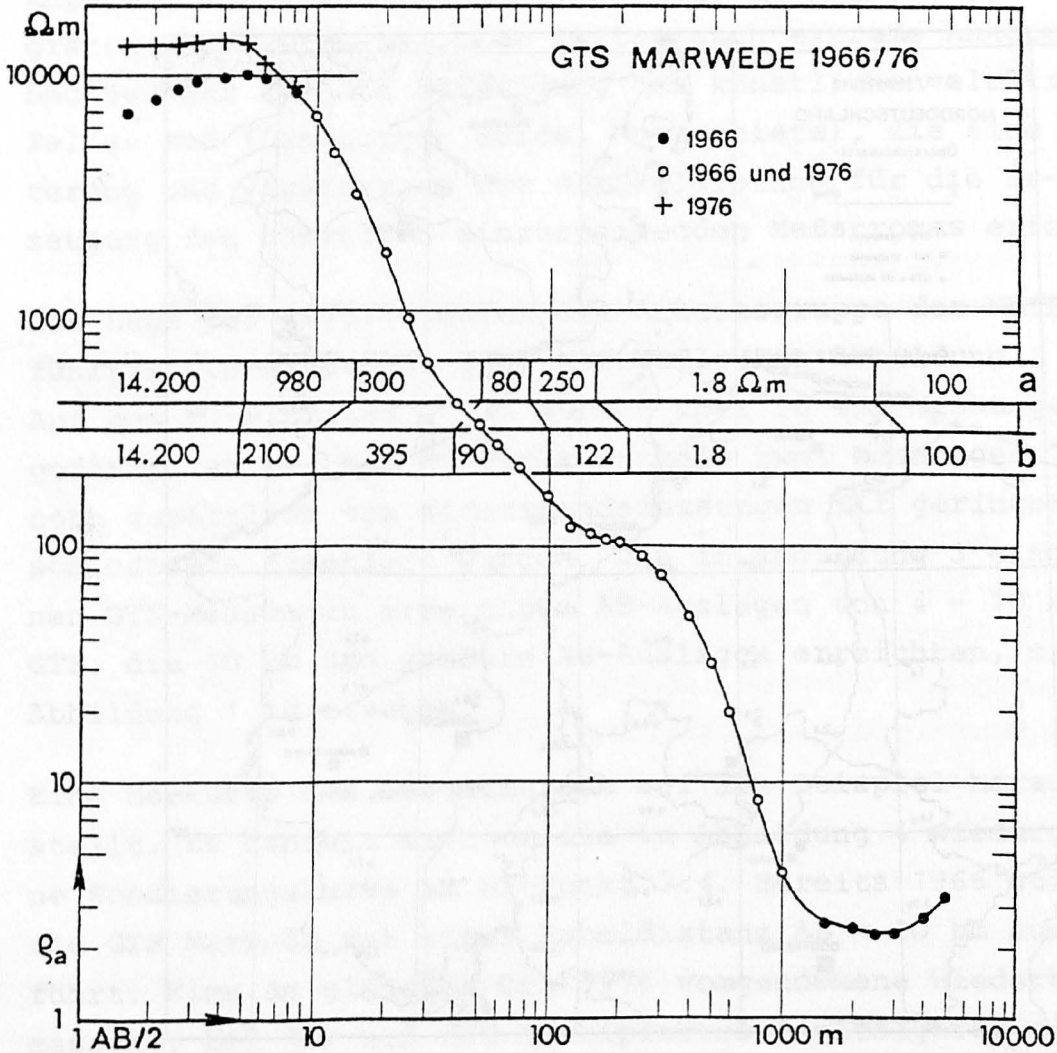


Abb.4: Geoelektrische Sondierungskurve Marwede, gemessen im März 1966 im Versuchsprogramm Heide. Wiederholungsmessung Sept. 1976 als GTS NW-Deutschland 7.4 im Rahmen des Landesentwicklungsprogramms Niedersachsen. Lage sh. Abb.1 und 2 (TK 3228 Sprakensehl, h 58 49 96, r 35 93 50).

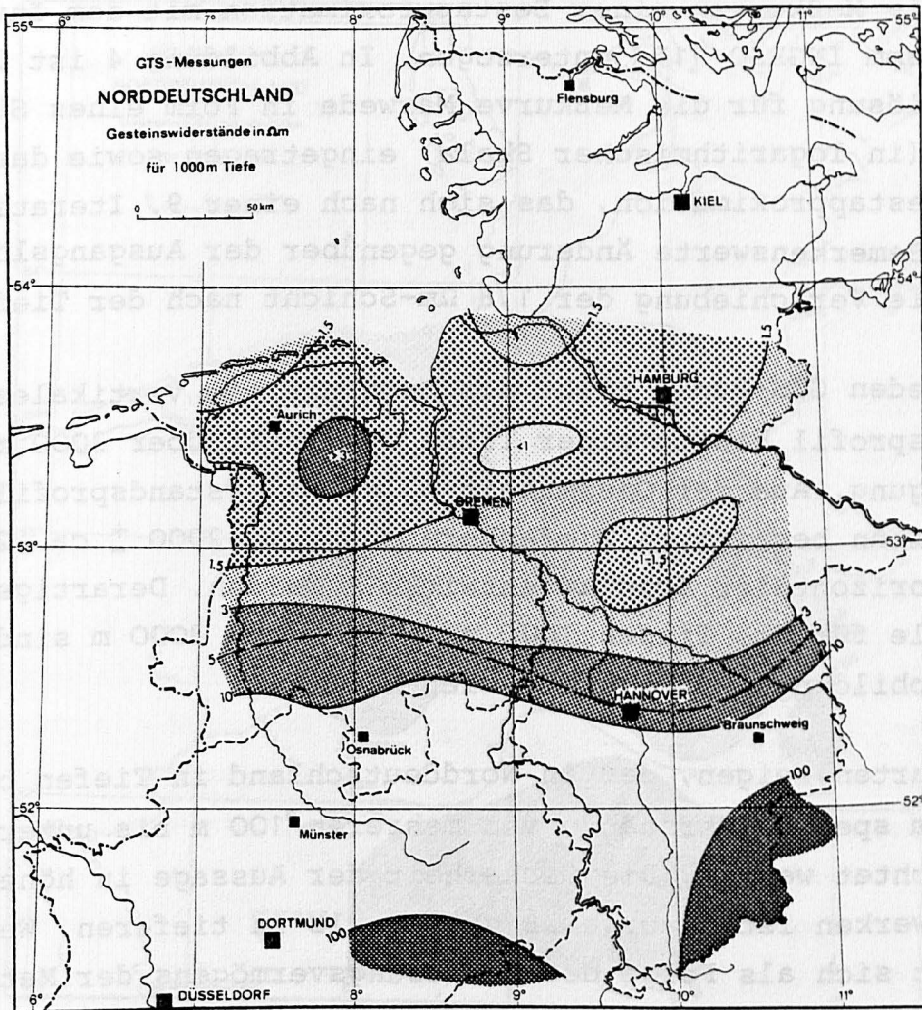


Abb.5: Verbreitung der spez. Gesteinswiderstände in Norddeutschland in einer Tiefe von ca. 1000 m, gewonnen aus über 50 GTS-Messungen in einem Gitternetz, das in Abb.3 dargestellt ist

Grundlage für die Auswertung jeder GTS-Meßkurve war eine Vorinterpretation durch elektronisch berechnete Modellkurven in Verbindung mit sog. Hilfspunktverfahren. Danach wurden die Meßkurven einer Bestapproximation mit dem Inversionsprogramm INGESO [17] unterzogen. In Abbildung 4 ist die Ausgangslösung für die Meßkurve Marwede in Form eines Säulenprofils (in logarithmischer Skala) eingetragen sowie das Profil der Bestapproximation, das sich nach einer 9. Iteration ergab. Bemerkenswerte Änderung gegenüber der Ausgangslösung ist die Verschiebung der 1,8 Ωm -Schicht nach der Tiefe hin.

Für jeden GTS-Punkt steht als Ergebnis ein vertikales Widerstandsprofil bis in einer Tiefe von meist über 3000 m zur Verfügung. Aus der Gesamtheit aller Widerstandsprofile kann für einen bestimmten Tiefenbereich (z.B. 2000 \pm ca. 200 m) ein horizontaler Schnitt entwickelt werden. Derartige Schichtmodelle für die Tiefen 1000 m, 2000 m und 3000 m sind in den Abbildungen 5, 6 und 7 wiedergegeben.

Die Karten zeigen, daß in Norddeutschland in Tiefen bis 3000 m spez. Widerstände von mehreren 100 m bis unter 1 Ωm beobachtet werden. Die Sicherheit der Aussage in höheren Stockwerken ist naturgemäß größer als in tieferen. Weiterhin ergibt sich als Folge des Auflösungsvermögens der Methode eine engerere Scharung der Isowiderstandslinien bei niedrigen Widerständen als bei höheren. In den in den Abbildungen 5 - 7 weiß gebliebenen Flächen kann kein zusammenhängendes Bild entwickelt werden, da die spez. Widerstände (hier zwischen 10 und 100 Ωm) vielfach springen.

Folgende wichtige Ergebnisse können herausgestellt werden:

- Große Teile des Norddeutschen Beckens zeigen in den Tiefen bis 3000 m Gesteinswiderstände $< 10 \Omega\text{m}$. Diese niedrigen Werte setzen in den Tiefen 1000 m und 2000 m nördlich einer Linie Wolfsburg - Hannover - Minden - Osna-

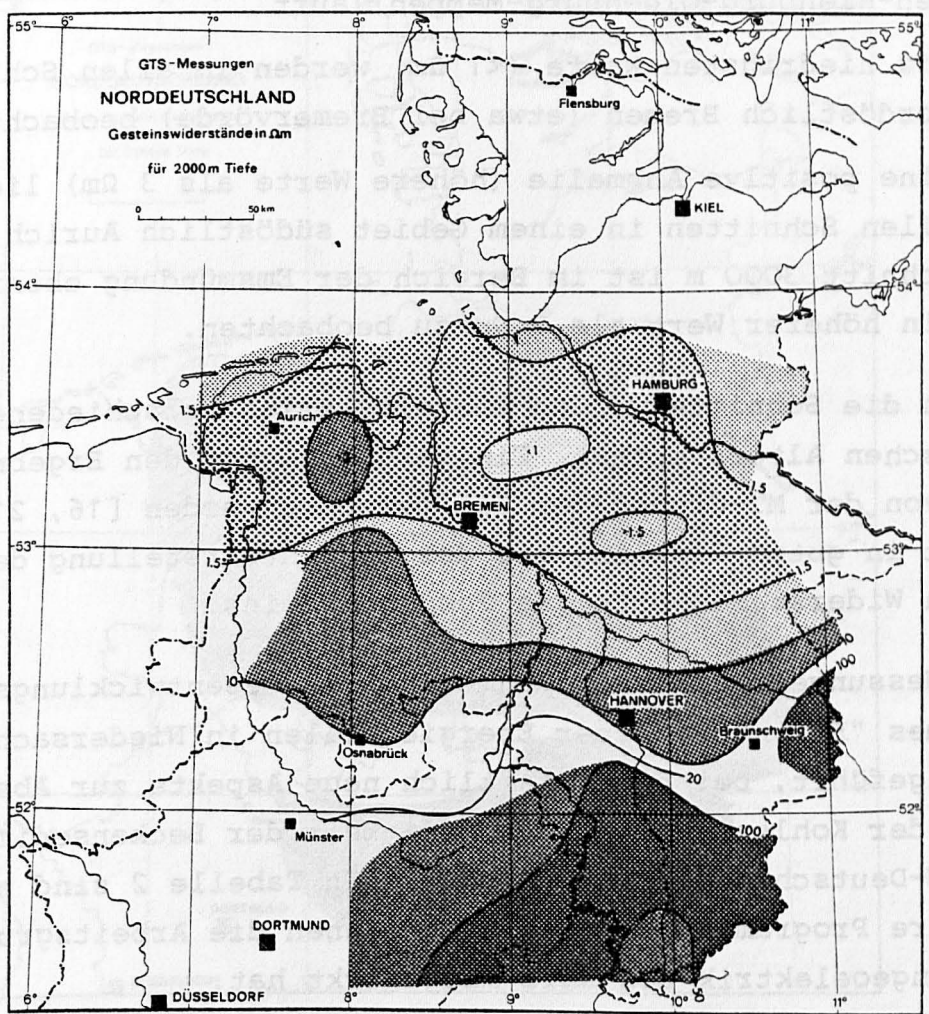


Abb.6: Verbreitung der spez. Gesteinswiderstände in Norddeutschland in einer Tiefe von ca. 2000 m, gewonnen aus über 50 GTS-Messungen in einem Gitternetz, das in Abb.3 dargestellt ist

brück - Lingen ein. In 3000 m Tiefe ist die 10 Ω m-Linie schwerer zu fassen. Mit größerer Sicherheit kann die 3 Ω m-Linie angegeben werden, welche längs der Linie Uelzen-Nienburg-Oldenburg-Meppen läuft.

- Die niedrigsten Werte (<1 Ω m) werden in allen Schnitten nordöstlich Bremen (etwa bei Bremervörde) beobachtet.
- Eine positive Anomalie (höhere Werte als 3 Ω m) liegt in allen Schnitten in einem Gebiet südöstlich Aurich, im Schnitt 3000 m ist im Bereich der Emsmündung ebenfalls ein höherer Wert als 3 Ω m zu beobachten.

Durch die Schnitte werden Gesteinsserien verschiedenen geologischen Alters erfaßt. Ein Vergleich mit den Ergebnissen, die von der MT-Gruppe der BGR gewonnen wurden [16, 21, 22], steht in gutem Einklang mit der Schichtdarstellung der mittleren Widerstandswerte des Postzechsteins.

Die Messungen wurden im Rahmen des Landesentwicklungsprogrammes "Erkundung neuer Energiequellen in Niedersachsen" durchgeführt, bei dem wesentlich neue Aspekte zur Abschätzung der Kohlenwasserstoff-Höflichkeit der Beckensedimente in NW-Deutschland erzielt wurden. In Tabelle 2 sind noch weitere Programme aufgeführt, an denen die Arbeitsgruppe Tiefengeoelektrik des NLfB mitgewirkt hat.

4. Theoretische Hilfsmittel und Ausblick

Mit den instrumentellen und methodischen Entwicklungen gingen theoretische Überlegungen einher, die zu neuen Ergebnissen in der Theorie der Widerstandsmethode führten. Andere Probleme müssen noch angegangen werden, die hier zum Schluß noch erwähnt werden sollen.

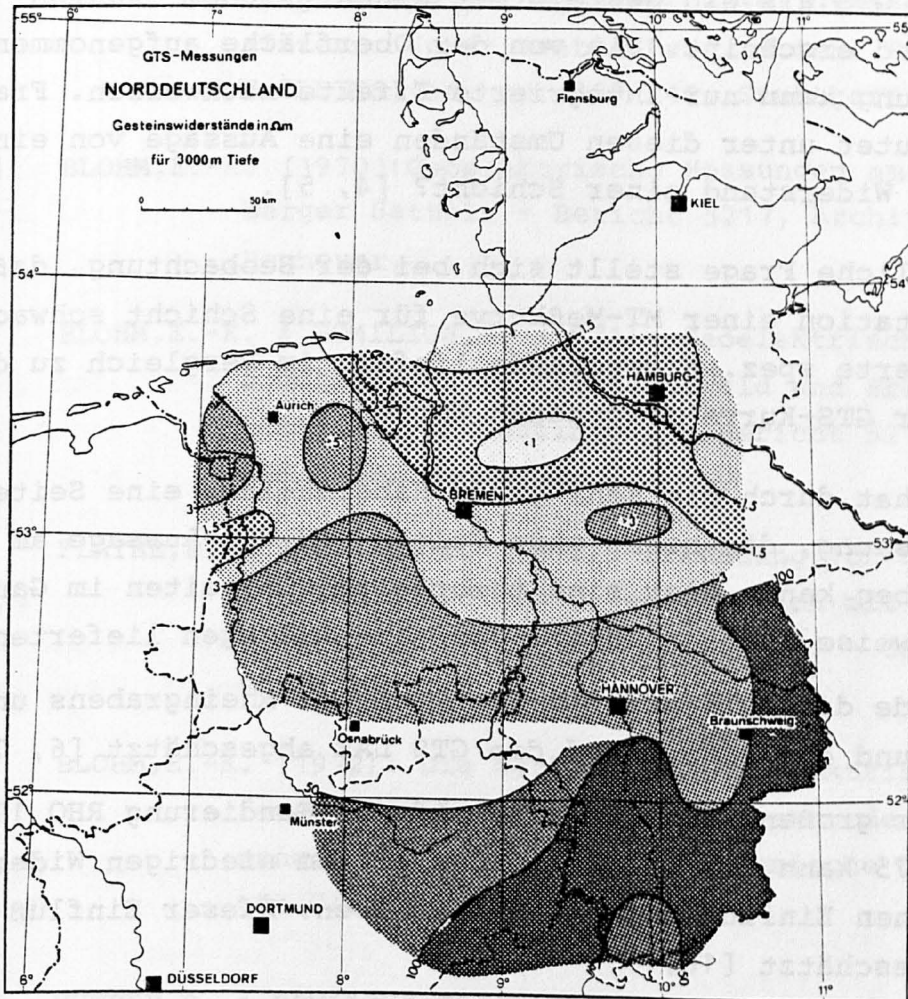


Abb.7: Verbreitung der spez. Gesteinswiderstände in Norddeutschland in einer Tiefe von ca. 3000 m, gewonnen aus über 50 GTS-Messungen in einem Gitternetz, das in Abb.3 dargestellt ist

Aus der Bohrlochgeophysik weiß man, daß eine im Log mit großen Widerstandsschwankungen erscheinende Gesteinsserie im Bild der GTS als ein Gestein mit einheitlichem "wahren" spez. Widerstand erscheint. Die von der Oberfläche aufgenommene GTS-Messung kann nur integrierte Effekte nachweisen. Frage: Was bedeutet unter diesen Umständen eine Aussage von einem "wahren" Widerstand einer Schicht? [4, 5].

Eine ähnliche Frage stellt sich bei der Beobachtung, daß die Interpretation einer MT-Meßkurve für eine Schicht schwach modifizierte spez. Widerstände liefert im Vergleich zu den aus einer GTS-Kurve gewonnenen Werten.

Die GTS hat durch die sehr große Kabelauslage eine Seitenbeeinflussung, die nicht ohne Folgen für die Aussage am GTS-Ort bleiben kann. Hier sind theoretische Arbeiten im Gange und teilweise abgeschlossen, die neue Aussagen lieferten:

- Es wurde die zylindrische Struktur des Rheingrabens untersucht und der Effekt auf die GTS LAR abgeschätzt [6, 7].
- Bei der großen AB-Distanz der Afrika-Sondierung RHO 1973 bis 1975 kann der Ozean mit den extrem niedrigen Widerständen einen Einfluß auf die GTS ausüben. Dieser Einfluß wurde abgeschätzt [18].
- Die Interpretationsmittel wurden verbessert. Über ein Computer-Programm (INGESO) kann eine geoelektrische Meßkurve direkt ausgewertet werden (Umkehr-Probleme der Geoelektrik) [17].

Die Vielfalt der Einflüsse beliebiger Strukturen im Untergrund (Abweichungen von dem Horizontalschichtenfall) wird z.Z. in einem vom BMFT unterstützten Forschungsprogramm systematisch untersucht [15, 19].

Schriftenverzeichnis

- [1] BLOHM, E.-K., FLATHE, H. (1970): Geoelectrical deep sounding in the Rhinegraben. - In: Graben problems (Intern. Upper Mantle Proj. Scien. Rep. 27) H. ILLIES, ed. pp. 239-242, Stuttgart.
- [2] BLOHM, E.-K. (1970): Geoelektrische Messungen am Wamberger Sattel. - Bericht 5217, Archiv BGR/NLFB, Hannover.
- [3] BLOHM, E.-K. & HOMILIUS, J. (1971): Geoelektrische Tiefensondierungen im Reinhardswald und Bramwald westlich von Göttingen. - Bericht 5273 Arch. BGR/NLFB, Hannover.
- [4] FLATHE, H. & HOMILIUS, J. (1972): Erkundung von Salzvorkommen und Soleaufstiegsgebieten mit der geoelektrischen Widerstandsmethode. - Geol. Jb., 90, 265-282.
- [5] BLOHM, E.-K. (1972): Die Methode der geoelektrischen Tiefensondierungen mit großen Elektrodenentfernungen. - Doctor thesis, Technische Universität Clausthal, 71 pp.
- [6] MUNDREY, E. & HOMILIUS, J. (1972): Resistivity measurements in valleys of elliptic cross section. - Geophys. Prosp. 20, 341-362.
- [7] HOMILIUS, J. & BLOHM, E.-K. (1973): Modell zur Interpretation der geoelektrischen Tiefensondierung im Rheingraben 1967. - Z. Geophys., 39, 441-459.
- [8] BLOHM, E.-K., FRIEDRICH, H. & HOMILIUS, J. (1973): Geoelektrische Tiefensondierungen an der Tiefbohrung Urmannsau 1. - Bericht 5286 Arch. BGR/NLFB, Hannover.

- [9] BLOHM, E.-K., FRIEDRICH, H. & HOMILIUS, J. (1973): Geoelektrische Tiefensondierungen an der Tiefbohrung Markdorf 2. - Bericht 11 025, Archiv BGR/NLFB, Hannover.
- [10] BLOHM, E.-K. (1974): Ultrabasisches Mantelmaterial (Tiefengeoelektrik Ivrea-Zone 1972). - 1. Arbeitsbericht zur DFG-Sachbeihilfe Bl 131/1. - Archiv BGR/NLFB 28 580, Hannover.
- [11] BLOHM, E.-K. (1975): Geodynamik des mediterranen Raumes (Tiefengeoelektrik Asti 1972) - Endbericht zur DFG-Sachbeihilfe Bl 131/3. - Archiv BGR/NLFB 30 410, Hannover.
- [12] BLOHM, E.-K., FRIEDRICH, H. & HOMILIUS, J. (1977): Ein Ries-Profil nach geoelektrischen Tiefensondierungen. - *Geologica Bavarica* 75, 381-393, München.
- [13] BLOHM, E.-K. (1977): Ultrabasisches Mantelmaterial (Tiefengeoelektrik beim Ultramafitit-Körper von Finero 1976) - Endbericht zur DFG-Sachbeihilfe Bl 131/1. - Archiv BGR/NLFB 77 855, Hannover.
- [14] BLOHM, E.-K., WORZYK, P. & SCRIBA, H. (1977): Geoelectrical Deep Sounding in Southern Africa Using the Cabora Bassa Power Line. - *J. Geophys.*, 43, 665-679.
- [15] MUNDREY, E. (1978): Entwicklung eines quantitativen Auswerteverfahrens für Gleichstrom-Widerstandsmessungen zur Prospektion auf mineralische Rohstoffe bei beliebiger Widerstandsverteilung im Untergrund. - 1. Zwischenbericht zum BMFT-Förderungsvorhaben NTS 105 2, Archiv BGR/NLFB 79 495, Hannover.

- [16] LOSECKE,W., KNÖDEL,K., MÜLLER,Wo. (1978): Ergebnisse magnetotellurischer Messungen in Norddeutschland. - In: Protokoll über das Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung" in Neustadt/Weinstraße vom 11.-13.April 1978, S.41-55. - Hannover (NLfB).
- [17] DENNERT,U. & MUNDRY,E. (1979): Programm zur Inversion geoelektrischer Sondierungskurven für horizontal geschichteten Untergrund (INGESO). - Archiv BGR/NLfB, 78 972, Hannover.
- [18] MUNDRY,E. & WORZYK,P. (1979): On the Coastal Effect on Geoelectrical Soundings. - J. Geophys., 45, 329-336.
- [19] MUNDRY,E. (1979): Entwicklung eines quantitativen Auswerteverfahrens für Gleichstrom-Widerstandsmessungen zur Prospektion auf mineralische Rohstoffe bei beliebiger Widerstandsverteilung im Untergrund. - 2. Zwischenbericht zum BMFT-Förderungsvorhaben NTS 105 2, Archiv BGR/NLfB 82 140, Hannover.
- [20] WORZYK,P. & BLOHM,E.-K. (1979): Geoelektrische Tiefenson- dierung zur Erforschung des oberen Erdmantels in Südafrika. - Abschlußbericht zu der DFG-Sach- beihilfe Un 24/6 - Un 29/10 - Un 29/13. Archiv BGR/NLfB 84 449, Hannover.
- [21] LOSECKE,W., KNÖDEL,K., MÜLLER,W. (1979): The conductivity Distribution in the North German Sedimentary Basin Derived from Widely Spaced Areal Magneto- telluric Measurements. - Geophys.J.R.Astron. Soc., 58, 169-179.
- [22] KNÖDEL,K., LOSECKE,W. & WOHLBERG,J. (1979): A Comparison of Results of Geothermal and Magnetotelluric, Investigations in Northwestern Germany. - J.Geo- phys. 45; 199-207.

- [16] LOSECKE, W., KNÜDEL, K., MÜLLER, W. (1978): Ergebnisse magnetotellurischer Messungen in Norddeutschland. - In: Protokoll über das Kolloquium "Elektrische Leitfähigkeit" in Neu-
gandheim vom 1. - 13. April 1978, 8.41-52. - Hannover (BfW).
- [17] DEMERT, U. & MUNDRY, E. (1978): Programm zur Inversion geoelektrischer Sondierungsdaten für horizontale Leitfähigkeitsänderungen. - Hannover (BfW).
- [18] MUNDRY, E. & WORSZYK, P. (1978): On the Coastal Effect on Geoelectrical Soundings. - J. Geophys., 45, 103-112.
- [19] MUNDRY, E. (1979): Einfluß des Seespiegels auf die geoelektrischen Sondierergebnisse. - J. Geophys., 46, 103-112.
- [20] WORSZYK, P. & BLOHM, E.-T. (1978): Geoelektrische Tietzen-
messungen zur Erkennung des oberen Erdmantels in Süddeutschland. - Abschlußbericht zu der DFG-Sach-
auftrag Nr. 1978/12. - Hannover (BfW).
- [21] LOSECKE, W., KNÜDEL, K., MÜLLER, W. (1978): The conductivity distribution in the North German Sedimentary Basin. - J. Geophys., 45, 103-112.
- [22] KNÜDEL, K., LOSECKE, W. & WOLFFENBUTEL, J. (1978): A Comparison of Results of Geophysical and Magnetotelluric Investigations in Northwestern Germany. - J. Geophys., 45, 103-112.