

H. JÖDICKE

"Magnetotellurik Norddeutschland - Versuch einer Interpretation"

Das inzwischen wohl hinlänglich bekannte Meßnetz der flächendeckenden magnetotellurischen Vermessung Norddeutschlands zeigt Abb. 1. Meßpunkte, an denen mit der sog. "alten Braunschweiger Apparatur" gemessen wurde und die in Münster ausgewertet wurden (vgl. u.a. Jödicke, 1978), sind mit einer Kennung aus drei Buchstaben versehen. Es handelt sich im wesentlichen um die Nord-Süd-Profile 1 - 4 im westlichen Teil Norddeutschlands. Die übrigen Punkte (Ziffernkennung) kennzeichnen Messungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover. Seitens der BGR liegen für den nördlichen Teil der Profile 2 - 4 darüber hinaus Neuvermessungen vor (Losecke, Knödel und Müller, 1979).

Einen Überblick über die geologischen Großstrukturen innerhalb des Meßgebietes gibt Abb. 2. Im Süden wird der Nordrand des variszisch gefalteten Rheinischen Schiefergebirges mit einigen Stationen gerade noch erfaßt. Diese befinden sich dort im ausstreichenden Karbon, das nach Norden unter die bis zu 2500 m mächtige Oberkreide des Münsterlandes abtaucht. Der Untergrund der Münsterschen Oberkreidebucht (die variszische Faltung klingt hier langsam aus) bildet zusammen mit dem Rheinischen Schiefergebirge einen starren Block, die "Rheinische Masse". Nördlich davon erstreckt sich bis weit in die Nordsee ein Gebiet, in dem lang andauernde Senkungstendenz vorherrschend war. Dabei ist das Niedersächsische Tektogen von der tektonisch ruhigeren Pompeckj'schen Scholle zu unterscheiden. Die eigene Baugeschichte des Niedersächsischen Tektogens begann im oberen Jura mit verstärkter Absenkung, die Ränder des entstehenden Beckens sind für die Zeit der Unterkreide in Abb. 2 gestrichelt eingezeichnet. Die Absenkung wurde an der Wende Kreide / Tertiär abgelöst von einer kräftigen Hebung, die u.a. zu Karbonaufbrüchen im Osnabrücker Raum führte. Die tektonischen Vorgänge waren begleitet von Aufdringen basisch - intermediärer Magmenkörper, von denen das Bramscher Massiv wegen seiner sehr markanten magnetischen und gravimetrischen Anomalie der Bekannteste ist. Er war u.a. Gegenstand zahlreicher geophysikalischer Untersuchungen (siehe z.B. Wagenitz, 1980).

Die Wahl der MT-Meßpunkte war auf diese "Felderteilung" nicht zugeschnitten, diese sollten vielmehr vorrangig flächendeckend sein. Bei der Beurteilung des nachfolgenden "Versuchs einer Interpreta-

tion" sollte deshalb grundsätzlich der große Meßpunktabstand von ca. 40 km beachtet werden, dies gilt vor allem für das Gebiet des Niedersächsischen Tektogens mit seinen komplizierten geologischen Strukturen. Insbesondere besteht die Gefahr, daß Schichten mit hoher Leitfähigkeit, die in verschiedenen geologischen Formationen z.T. nur lokal auftreten (wie z.B. salzwassergefüllte Sandsteinhorizonte) und die mit dem Verfahren der Magnetotellurik besonders gut nachgewiesen werden können, zwischen benachbarten Stationen falsch korreliert werden.

Die Auswertung der Daten wurde nach einem Verfahren der Einzelleffektauswertung vorgenommen. ρ_s - und Phasenkurven der Station MID (Abb. 3) stellen mit ihrem glatten Verlauf und den kleinen Fehlern der einzelnen Werte im Periodenbereich zwischen 20 und 300 s ein Beispiel für ein vergleichsweise gutes Ergebnis dar, das repräsentativ ist für etwa die Hälfte aller Meßstationen. Der übersteile Anstieg der ρ_s - Kurven und das zugehörige Abknicken der Phasenkurven unterhalb von 20 s (bzw. 10 s bei Registrierungen im Periodenbereich 1 - 300 s) wurde bei den Ergebnissen nahezu aller Stationen des Meßnetzes beobachtet und wird auf Eigenschaften der Meßapparatur zurückgeführt. Die zunehmenden Schwankungen der Werte für $T > 300$ s, die verbunden sind mit größer werdenden Fehlern, können durch eine zu geringe Zahl von langperiodischen Einzelereignissen erklärt werden. Während die Ergebnisse bei Perioden < 20 s (bzw. 10 s) nicht berücksichtigt werden, wird bei den langen Perioden jeweils im Einzelfall entschieden, ob z.B. ein erkennbarer, für Modellrechnungen u.U. wichtiger Trend zur Auswertung herangezogen werden kann. Im vorliegenden Fall ist das Modell für die Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit mit der Tiefe übrigens fast unabhängig von den ρ_s - und Phasenwerten für Perioden > 200 s.

Das Ergebnis der Station OTT (Abb. 4) ist ein Beispiel für schlechte Datenqualität und dafür, daß eine Vermehrung der Zahl der ausgewählten Effekte nicht grundsätzlich auch zu einer Verbesserung des Ergebnisses führen muß. Zwar werden die Fehler der einzelnen Werte wiederum verhältnismäßig klein, da immerhin im Bereich zwischen 20 und 300 s jeweils zwischen 70 und 90 Effekte ausgewertet worden sind, die Werte selbst bilden aber keine glatte Kurve. Dies trifft insbesondere für $\rho_{s_{xy}}$, d.h. die größere der Komponenten des scheinbaren spez. Widerstandes zu, der umgekehrte Fall wäre

zumindest meßtechnisch einfacher zu erklären. Zur eindimensionalen Modellrechnung wurden für alle Stationen mittlere ρ_s - und Phasenkurven aus der dreihinvarianten Impedanz $Z = (Z_{xy} - Z_{yx})/2$ berechnet und mithilfe des ψ - Algorithmus von Schmucker (1974) invertiert. Für die Stationen im norddeutschen Sedimentbecken und im Münsterland ist diese Näherung wegen der geringen Anisotropie gerechtfertigt (Jödicke, 1978), an den anderen Stationen ist zu erwarten, daß der verzerrende Einfluß zwei- und dreidimensionaler Untergrundstrukturen verringert wird. Die Inversion der Dreihinvarianten führte übrigens in fast allen Fällen zu einer besseren Kurvenanpassung als die Inversion der zum jeweiligen Fall der E- oder B-Polarisation gehörenden Kurven.

Zu Beginn der Modellrechnungen wurde zunächst versucht, unabhängig für jede einzelne Station des Meßnetzes das "beste Modell" zu finden. Dabei war nicht selten zwischen zwei oder mehreren nahezu gleich guten Lösungen zu wählen, die dadurch entstanden, daß die Meßergebnisse einmal bei kurzen, einmal bei langen Perioden besser angepaßt waren. Da sich weiterhin die Größe des minimalen Anpassungsfehlers bei 4-, 5- oder 6-Schicht-Fällen oft kaum unterschied, wurde eine Festlegung des endgültigen Modells häufig erst im Vergleich mit Nachbarstationen vorgenommen. Entscheidend blieb aber immer die optische Kontrolle der Anpassung der Modellkurve an die Meßergebnisse. Einige Beispiele für die Anpassung an die ρ_s -Kurve durch 4-Schicht-Modelle zeigt die Abbildung 5. Die in Abb. 6 zusammengefaßten Modelle des norddeutschen Sedimentbeckens und des nördlichen Teils des Niedersächsischen Tektogens zeigen eine überraschend gleichartige Leitfähigkeitsstruktur: Einer gutleitenden Deckschicht mit einem spezifischen Widerstand von ca. 1 - 2 Ωm , die im Niedersächsischen Tektogen z.T. fehlt, folgt eine etwas schlechter leitende Zwischenschicht mit 5 - 10 Ωm und darunter eine wiederum sehr gut leitende Schicht, deren Widerstand von z.T. nur 0.2 Ωm im Süden bis auf 3 - 4 Ωm bei gleichzeitiger Zunahme der Mächtigkeit im Norden ansteigt. Den Abschluß bildet jeweils ein Halbraum, dessen Widerstand mindestens um den Faktor 20 größer ist als der des darüber liegenden guten Leiters. Die Modellfehler, die durch Fehlerfortpflanzung aus den Datenfehlern berechnet wurden, sind für Deckschicht und 2. Schicht im allgemeinen sehr klein, sie nehmen zu für den bis in eine Tiefe von

16 - 18 km reichenden guten Leiter und den Halbraum.

Die Abbildungen 7 - 9 zeigen die Ergebnisse für alle Stationen der Profile 2 - 4 als Blockdiagramme. Zur Orientierung sind zusätzlich die Tiefenlinien für die Präperm-Oberfläche nach M. Teichmüller et al. (1979) und für das magnetische kristalline Basement nach Hahn et al. (1976) eingetragen worden (im Bereich der Bramscher Anomalie wurde der Verlauf des magnetischen kristallinen Basements nicht dargestellt, da seine Tiefenlage wegen des Störkörpers hier nicht erfaßbar ist). Geologie, deren Kenntnis des tieferen Untergrundes sich u.a. auf einige Bohrungen stützen kann, die das Oberkarbon in Norddeutschland erreicht haben -, Magnetik und Magnetotellurik zeigen in dieser Zusammenstellung deutliche Übereinstimmungen. Neben der allgemeinen Tendenz einer Zunahme der Sedimentmächtigkeit nach Norden bzw. Nordosten fällt auf, daß Einzelheiten, wie z.B. die ungefähr in Nord - Süd - Richtung parallel zur deutsch-holländischen Grenze streichenden Strukturen (Abb. 7), die vermutlich als alte Kristallinschwellen zu deuten sind, von allen drei Verfahren übereinstimmend nachgezeichnet werden. Der Halbraum in der Magnetotellurik, der wegen des großen Widerstandscontrasts zum darüberliegenden guten Leiter im Bereich des norddeutschen Sedimentbeckens auch als "MT-Basement" bezeichnet werden kann, beginnt im allgemeinen bereits in geringerer Tiefe als das magnetische kristalline Basement, ist also vermutlich nicht mit diesem identisch. An einem Punkt (KOE, Profil 4), an der das Ergebnis ohnehin recht unsicher war, wurde nach Vergleich des Verlaufs der beiden Basements ein anderes, vorher verworfenes Modell als das in Abb. 6 dargestellte gewählt. Es sollte damit vermieden werden, daß die gutleitende Schicht völlig innerhalb des magnetischen kristallinen Basements verlief.

Eine Zuordnung der stark vereinfachten Leitfähigkeitsabfolge in den Modellen der Magnetotellurik zu den geologischen Formationen kann grob anhand von Bohrlochmessungen, geoelektrischen Tiefensondierungen und paläogeographischen Überlegungen vorgenommen werden. So dürfte im Gebiet des norddeutschen Sedimentbeckens die gutleitende Deckschicht im wesentlichen Quartär bis Jura, die 2. Schicht Trias bis Karbon umfassen (vgl. Gundel, 1977). Die Leitfähigkeitsverhältnisse im Mesozoikum, d.h. im elektrolitgesättigten Gestein sind wegen des oft kleinräumigen Wechsels der Porosität und der Salinität mit Sicherheit sehr kompli-

ziert. Der Übergang Deckschicht/2. Schicht bei den MT-Modellen darf deshalb keinesfalls als einheitliche geologische Grenze (z.B. als Präjura - Oberfläche) gedeutet werden. Anders verhält es sich dagegen mit dem Übergang zur 3. Schicht. Die markante Erhöhung der Leitfähigkeit (in einer Tiefe, in der wegen zunehmender diagenetischer Verfestigung mit einer Abnahme der Bedeutung des elektrolytischen Leitungsmechanismus gerechnet werden muß) kann vermutlich in Norddeutschland einheitlich dem Übergang zur Gesteinsserie des Kambro-Silur zugeordnet werden, von der angenommen wird, daß es sich um nicht sehr mächtige, pyritreiche Ton-schiefer handelt (Walter, 1978). Denkbar wäre hier eine Analogie zu der Schichtenfolge des Dinant im nördlichen Münsterland:

Für diese 70 bzw. 110 m mächtige Gesteinsformation wurde in den Bohrungen Münsterland 1 und Versmold 1 in der Tiefe von rd. 5500 bzw. 4700 m ein mittlerer spezifischer Widerstand von 0.5 Ω m gemessen. Diese Schicht konnte mit dem Verfahren der Magnetotellurik nachgewiesen werden (siehe Meßpunkt NOR in der Nähe der Bohrung Münsterland 1 (Abb. 7) und Meßpunkte 5, 6 in der Nähe der Bohrung Versmold 1 (Knödel, Losecke und Müller, 1978)). Die Analyse der Bohrkerne der Bohrung Münsterland 1 ergab eine ungewöhnlich starke Anreicherung von Pyrit, das z.T. in Form von Bändern in einer Stärke > 1 cm vorlag (Wolberg, 1963). Darüber hinaus sollte Beachtung finden, daß in der hier vorliegenden Kulm Fazies der Anteil an organischem Kohlenstoff sehr hoch ist (bis zu 8 %)(Paproth und Zimmerle, 1980). Ob allerdings die beobachtete hohe Leitfähigkeit im Zusammenhang mit den Pyritbändern oder mit einer beginnenden Vernetzung des Kohlenstoffs steht und ob letzteres unter den gegebenen Bedingungen überhaupt möglich ist, konnte bisher nicht in Erfahrung gebracht werden. Parkhomenko (1980) gibt Anreicherungen von Pyrit oder Graphit als mögliche Ursache für eine anomale Erhöhung der Leitfähigkeit erst für den Bereich der mittleren Kruste an.

Die hohe Leitfähigkeit des Dinant ist möglicherweise auf ein enges Gebiet begrenzt. Sie tritt in RHA, SEL und vor allem in GLA magnetotellurisch nicht mehr in Erscheinung (SUN und DEL sind wegen der geringen Tiefenlage des Unterkarbons über dem Lippstädter Gewölbe nicht vergleichbar). GLA könnte die Verbreitungsgrenze der Kulm Fazies markieren, welche nicht zu weit entfernt im Norden in die Kohlenkalk Fazies des Schelfbereichs des Old-Red-Kontinents übergehen dürfte (vgl. z.B. Schmidt et al., 1977). Die an den 40 km

nördlich gelegenen Stationen LIS, UFF und VAR beobachtete gutleitende Schicht, die ab hier an allen Meßpunkten Norddeutschlands nachgewiesen werden konnte, müßte dann einer anderen geologischen Formation zugeschrieben werden, da der Kohlenkalk wahrscheinlich eher schlecht leitend ist. An anderen Formationen kommt wegen der vermuteten Ausbildung als Tonschiefer und wegen der Tiefenlage wohl nur das Altpaläozoikum in Frage. Die Grenzziehung zwischen Kohlenkalk im Norden und Kulm im Süden anhand des Fehlens des magnetotellurischen "Leit"-Horizontes in GLA, d.h. an einem einzigen Meßpunkt, ist natürlich recht spekulativ. Sie erfordert nämlich auch im Altpaläozoikum einen Fazieswechsel (o.ä.), der die auffällige Zunahme der Leitfähigkeit nach Norden erklären kann: Unter dem Münsterland weist das Altpaläozoikum nach den MT-Modellen Werte des spezifischen Widerstandes zwischen 10 und 20 Ωm auf, unter Norddeutschland sinken die Werte i.a. auf weniger als 1 Ωm . Dieser Befund paßt allerdings ganz gut zu den Vermutungen von Walter (1978), der für den Bereich Norddeutschlands bei einer bereits im Altpaläozoikum erhöhten Krustenstabilität überwiegend geringmächtige Tonschieferablagerungen, weiter im Süden überwiegend eine Wechsellagerung von Sandsteinen und Tonschiefern größerer Mächtigkeit annimmt, was die Unterschiede in der Leitfähigkeit durchaus erklären könnte. Die Grenzlinie stimmt nach Walter mit dem späteren Nordrand der Varisziden überein, sie dürfte z.B. auch für den Aufstieg des Bramscher Störkörpers noch "tiefreichende" Bedeutung gehabt haben. Der MT-Punkt GLA liegt nun - um zum Ausgangspunkt der Überlegungen zurückzukehren - fast genau auf dieser Linie (vgl. Abb. 2).

Neben diesem stark paläogeographisch orientierten Deutungsversuch sollen in Zukunft auch andere Möglichkeiten zur Erklärung der Leitfähigkeitsverteilung untersucht werden. Im Vordergrund wird zunächst der Versuch stehen, Aufschluß über das Wesen des Leitungsmechanismus in den extrem gutleitenden Schichten wie dem Dinant des Münsterlandes zu erhalten.

Ausgehend von den Modellen in Abb. 7 - 9 wurde für Profil 3 versucht, ein Modell für den Untergrund des norddeutschen Sedimentbeckens sowie das südlich daran anschließende Münsterland zu entwickeln, soweit dies bei der geringen Anzahl an MT-Punkten möglich ist. ^(Abb. 10) Der entscheidende Betrag der Magnetotellurik ist dabei der Nachweis einer gutleitenden Schicht im Untergrund Norddeutschlands, die in das Altpaläozoikum eingestuft wird. Dadurch wird im wesent-

lichen die Unterkante des Devons festgelegt, während über die Tiefenlage des Kristallins keine Aussage möglich ist, da der deutliche Anstieg des spezifischen Widerstandes in größerer Tiefe z.B. auch durch sedimentäres Präkambrium größerer Mächtigkeit bedingt sein kann (dies wäre zugleich eine der Möglichkeiten, die unterschiedliche Tiefenlage des MT-Basements und des magnetischen kristallinen Basements zu erklären). Denkbar ist natürlich auch, daß im Altpaläozoikum im Liegenden der erwähnte Tonschiefer weitere, schlechtleitende Gesteinsserien auftreten. Die angegebene Mächtigkeit des Devons ist hypothetisch. Sie läßt sich mit der Methode der Magnetotellurik möglicherweise grundsätzlich nicht feststellen: Wie die Untersuchungen im Bereich der Anomalie von Soest - Erwitte (Jödicke et al., 1980) gezeigt haben, unterscheidet sich einerseits der spezifische Widerstand von tonig ausgebildetem Devon hier nicht wesentlich vom mittleren Widerstand des Karbons. Kalkig ausgebildetes Devon mit hohem Widerstand (Massenkalk !) kann andererseits in der Praxis in dieser Tiefe erst bei einer Mächtigkeit von mehreren km nachgewiesen werden.

Die im Ausgangsmodell berechnete deutliche Zunahme der Mächtigkeit der 3. Schicht an den beiden nördlichen Stationen wird, obwohl bei den benachbarten Profilen 2 und 4 eine ähnliche Tendenz festzustellen ist, nicht als signifikant angesehen. Der relativ große Fehler bei der Tiefenbestimmung des MT-Basements sowie die mögliche Verzerrung des Impedanzensors in CAR aufgrund der großen Küstennähe lassen dies als gerechtfertigt erscheinen. Durch Berechnung äquivalenter Modelle, die im wesentlichen die integrierte Leitfähigkeit unverändert lassen, ist es durchaus möglich, zwischen den magnetotellurischen Ergebnissen und den geologischen Vorstellungen (z.B. Hedemann und Teichmüller, 1971) eine gewisse Übereinstimmung zu erzielen. So führt die Annahme einer geringeren Dicke der "3. Schicht" in CAR und OLT zu einer paläogeographisch realistischen, nahezu konstanten Mächtigkeit des Karbons von ca. 4 km mit einer Nord-Süd-Erstreckung von mehr als 200 km, wenn für das Devon eine Mächtigkeit von ca. 500 m angenommen wird. Auf diese Weise bliebe der Abstand Unterkante 3. Schicht / magnetisches kristallines Basement auch im Norden erhalten.

Im Südteil des Profils sind zwar einerseits die geologischen Strukturen sehr viel komplizierter (von den Salzstrukturen Norddeutschlands einmal abgesehen), andererseits liegen einige Ergeb-

nisse geologisch-geophysikalischer Untersuchungen vor. So konnte z.B. ein Schnitt durch das Bramscher Massiv nach Thyssen et al. (1971) in das Profil eingetragen werden. Er enthält einen wichtigen seismisch bestimmten Horizont, der einen Anstieg der Wellengeschwindigkeit von 5,8 auf 6,2 km/s markiert. Im Bereich des Bramscher Massivs wird er gedeutet als Oberkante des seismisch bestimmbareren Störkörpers. Nach Süden läßt sich dieser Horizont wahrscheinlich bis zum Bohrpunkt Versmold verfolgen, Nodop (1971) deutet ihn hier als Oberkante des Präkambriums. An der MT-Station UFF stimmt die Oberkante des Störkörpers von Bramsche gerade mit dem Beginn des magnetotellurischen Halbraumes überein. Der unerwartet niedrige Halbraumwiderstand von 5 Ω m könnte damit erklärt werden, daß unterhalb des Störkörpers, für den ein spezifischer Widerstand von 1000 Ω m angenommen wird, ein gutleitender Halbraum von < 10 Ω m folgt, wie dies z.B. bei der Nachbarstation AHA tatsächlich der Fall ist. Durch die Berechnung derartiger äquivalenter Modelle, die vom Ausgangsmodell u.U. stark abweichen, die Meßergebnisse aber jeweils gleich gut erklären, könnte der hochohmige Störkörper sozusagen rechnerisch erschlossen werden. Wenn im vorliegenden Fall der Intrusivkörper durch Messungen sicher nachgewiesen werden soll, müßte der Periodenbereich bis ca. 10 000 s erweitert werden. - Neue Ergebnisse von Wagenitz (1980) bestätigen in Abb. 10 angenommenen Verlauf des ins Altpaläozoikum eingestuften guten Leiters im Gebiet des Niedersächsischen Tektogens; An vier zusätzlichen Meßpunkten zwischen AHA und GLA läßt sich seine Aufwölbung über dem Bramscher Massiv nachweisen. Damit intrudierte das Magma offenbar zwischen dem Kristallin und dem Altpaläozoikum und drückte letzteres beulenartig hoch.

An der Station GLA tritt der Übergang zum seismisch bestimmten Präkambrium magnetotellurisch nicht in Erscheinung. Ein etwas stärkerer Leitfähigkeitssprung tritt erst in einer Tiefe von rund 11 km auf. Diese Tiefe stimmt überein mit dem magnetisch-kristallinen Basement (Hahn et al., 1976) und findet sich auch bei einem Modell von Knödel et al. (1978) am Bohrpunkt Versmold. Die überwiegend gute Leitfähigkeit bis in Tiefen von über 20 km muß überraschen, da ab einer bestimmten Tiefe mit metamorphen Veränderungen, d.h. einem "Kristallin", gerechnet wird. Niedrige Halbraumwiderstände traten auch an einigen Stationen in Norddeutschland auf, in GLA ist aber die Eindringtiefe der magnetotellurischen

Felder erstmals ausreichend groß, um die Vorstellung eines hochohmigen Basements größerer Mächtigkeit für diesen Punkt mit einiger Sicherheit ausschließen zu können. Wegen der geringen Leitfähigkeitskontraste kann darüber hinaus nicht gesagt werden, ob das Kambro-Ordoviz, das im Lippstädter Gewölbe unter geringmächtiger Kreide erbohrt wurde und dessen Oberkante aufgrund der Bohrergebnisse in Versmold in etwas über 6000 m Tiefe erwartet wird, bis in eine Tiefe von 11 - 12 km oder - wie seismisch abgeleitet - nur bis 8 km reicht. Mit Sicherheit ist das Kambro-Ordoviz unter GLA - d.h. einer Station, die wegen sehr geringer Anisotropie für eine eindimensionale Interpretation besonders geeignet ist - nicht schlechter, sondern eher besser leitend als das überlagerte Devon/Karbon, wenn auch die extrem gute Leitfähigkeit, die in Norddeutschland beobachtet wurde, nicht erreicht wird.

Im Süden des Profils soll angedeutet werden, daß der Präkarbonaufbruch des Lippstädter Gewölbes gerade noch angeschnitten wird. Mit dem Verfahren der Geoelektrik konnte hier der Top eines Plutons oder eine Hochlage des Kristallins nachgewiesen werden (Jödicke et al., 1980). In diesem Meßgebiet wird mit eindimensionaler Modellrechnung eine Zone stark erhöhter Leitfähigkeit in ca. 20 km Tiefe gut erfaßt, die unter dem Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges bis in einer Tiefe von nur 10 km aufsteigt, und dann wieder auf Tiefen > 20 km absinkt, wie magnetotellurische Untersuchungen in anderen Teilen des Rheinischen Schiefergebirges gezeigt haben (Jödicke, 1980 a). Ob sich dieser "gute Leiter Unterkruste" nach Norden bis AHA verfolgen läßt, wie dies in Abb. 10 angedeutet ist, bleibt wegen des großen Meßpunktabstandes und der Unsicherheit der Modellrechnungen in AHA (vgl. Abb. 5 und 9) fraglich.

Zum Abschluß wird in Abb. 11 für den Bereich des norddeutschen Sedimentbeckens die aus der Magnetotellurik abgeleitete Tiefenlage des MT-Basements, das vermutlich als Präkambrium angesprochen werden kann, dargestellt. Grundlage bilden die "Rohmodelle" der Abbildung 7 - 9 sowie das Modell der Basisstation W1 von Gundel (1977), ca. 16 km SE des Meßpunktes 7.4. Im südlichen Teil des Meßgebietes (Münsterland und angrenzende Gebiete) kann die Tiefenlage eines einheitlichen Basements bzw. des Präkambriums z.T. wegen zu geringer Leitfähigkeitskontraste nicht sicher angegeben werden, eine Darstellung ist deshalb nicht versucht worden. Abb. 11 unterscheidet sich von der während des Vortrags gezeigten entsprechenden Abbildung. Auf die Diskussionsbemerkung (Jödicke, 1980 b) sei deshalb ausdrücklich hingewiesen.

Literatur:

Deutscher Planungsatlas, Band I. Nordrhein-Westfalen, Lieferung 8
Geologie, Hannover 1976

Gundel, A.: Erdmagnetische Induktion in einer dreidimensionalen
Salzstruktur. Diss., Math.-Nat. Fak. der Univ. Göttingen, 1977

Hahn, A., Kind, E.G., Mishra, D.C.: Depth Estimation of Magnetic
Sources by means of Fourier Amplitude Spectra. Geoph. Prosp. 24
(2), pp. 287-308, 1976

Hedemann, H.-A., Teichmüller, R.: Die paläogeographische Entwick-
lung des Oberkarbons. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 19,
129-142, 1971

Jödicke, H.: Stand der Auswertung der magnetotellurischen Vermes-
sung Nordwestdeutschlands von 1972-1974 (Westteil). In: Protokoll
über das Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung",
Neustadt /W. 1978

Jödicke, H.: Magnetotellurik - Ergebnisse im Rheinischen Schiefer-
gebirge. An anderer Stelle in diesem Band (a)

Jödicke, H.: Antwort auf K. Knödels Diskussionsbemerkung zu mei-
nem Vortrag: "Magnetotellurik Norddeutschland - Versuch einer
Interpretation". An anderer Stelle in diesem Band (b)

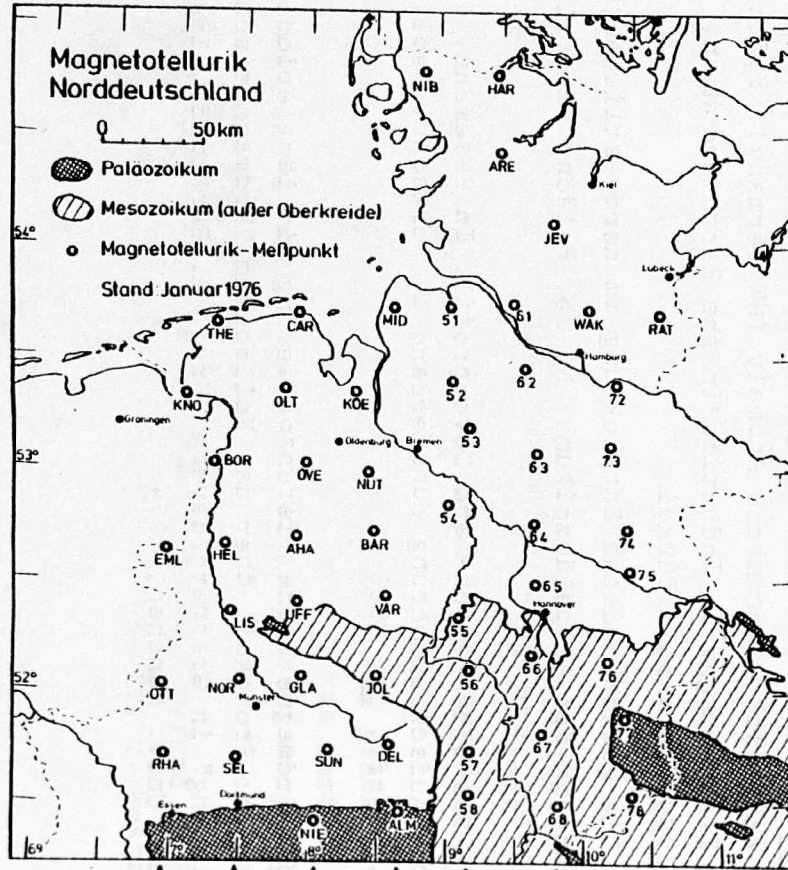
Jödicke, H., Keil, M., Blohm, E.-K.: Magnetotellurische und
geoelektrische Untersuchungen im Gebiet der Anomalie von Soest -
Erwitte. An anderer Stelle in diesem Band.

Knödel, K., Losecke, W., Müller, W.: Magnetotellurik - Messungen
auf einem Profil zwischen Versmold und Nienburg. Protokoll über
das Kolloquium "Elektromagnetische Tiefensondierung" in Neustadt/W.
vom 11. - 13. April 1978

Losecke, W., Knödel, K., Müller, W.: The conductivity distribu-
tion in the North German Sedimentary basin derived from widely
spaced areal magnetotelluric measurements, Geophys. J. R. astr.
Soc., 58, 169-179, 1979

Nodop, I.: Tiefenrefraktionsseismischer Befund im Profil Versmold-
Lübecke-Nienburg. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 18,
Krefeld 1971

- Paproth, E., Zimmerle, W.: Stratigraphic position, petrography, and depositional environment of phosphorites from the Federal Republic of Germany. Meded. Rijks Geol. Dienst, 32-11, 81-95, 1980
- Parkhomenko, E.I.: Electrical Properties of Mineral Matter and Goelectrical Sections of the Earth's Crust. Fifth Workshop on Electromagnetic Induction in the earth and Moon, 17. - 24.8.1980, Istanbul, Türkei
- Schmidt, K., Katzung, G., Franke, D.: Zur Entwicklung des präpermischen Untergrundes und des Magmatismus im südwestlichen Vorfeld der Osteuropäischen Tafel. Z. f. Angew. Geol., 23, 1977, Heft 9
- Teichmüller, M., Teichmüller, R., Bartenstein, H.: Inkohlung und Erdgas in Nordwestdeutschland. Eine Inkohlungskarte der Oberfläche des Oberkarbons. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 27, Krefeld 1979
- Thyssen, F., Allnoch, H.G., LütkeBohmert, G.: Einige Ergebnisse geophysikalischer Arbeiten im Bereich der Bramscher Anomalie. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 18, Krefeld 1971
- Wagenitz, V.: MT and Telluric Measurements in the area of the Teutoburger Wald and the Bramsche Anomaly (NW Germany). Fifth Workshop on Electromagnetic Induction in the Earth and Moon, 17. - 24.8.1980, Istanbul, Türkei
- Walter, R.: Die geotektonische Entwicklung im nordwestlichen Mitteleuropa während des Altpaläozoikums. N. Jb. Paläont. Mh., 1978, Heft 10, 621-639, Stuttgart
- Wolburg, J.: Das Unterkarbon- and Devonprofil. In Hesemann, J. (Hrsgb.): Die Aufschlußbohrung Münsterland 1, Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 11, 1963
- Schmucker, U.: Erdmagnetische Tiefensondierung mit langperiodischen Variationen. In: Protokoll über das Kolloquium "Erdmagnetische Tiefensondierung" in Grafrath/Bayern (Hrsg. A. Berktold), Inst. f. Geophysik der Univ. München, 1974



Profil \uparrow 1 \uparrow 2 \uparrow 3 \uparrow 4 \uparrow 5 \uparrow 6 \uparrow 7

Abb. 1: Lage der Meßpunkte

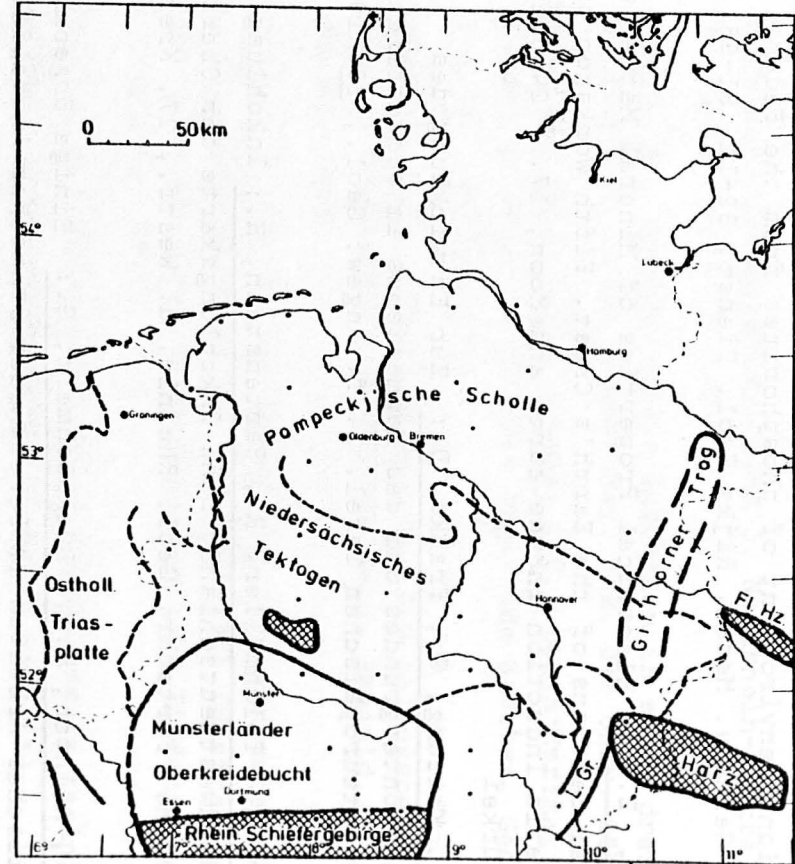


Abb. 2: Geologische Großstrukturen ("Felder-
teilung") nach Dt. Planungsatlas (1976)

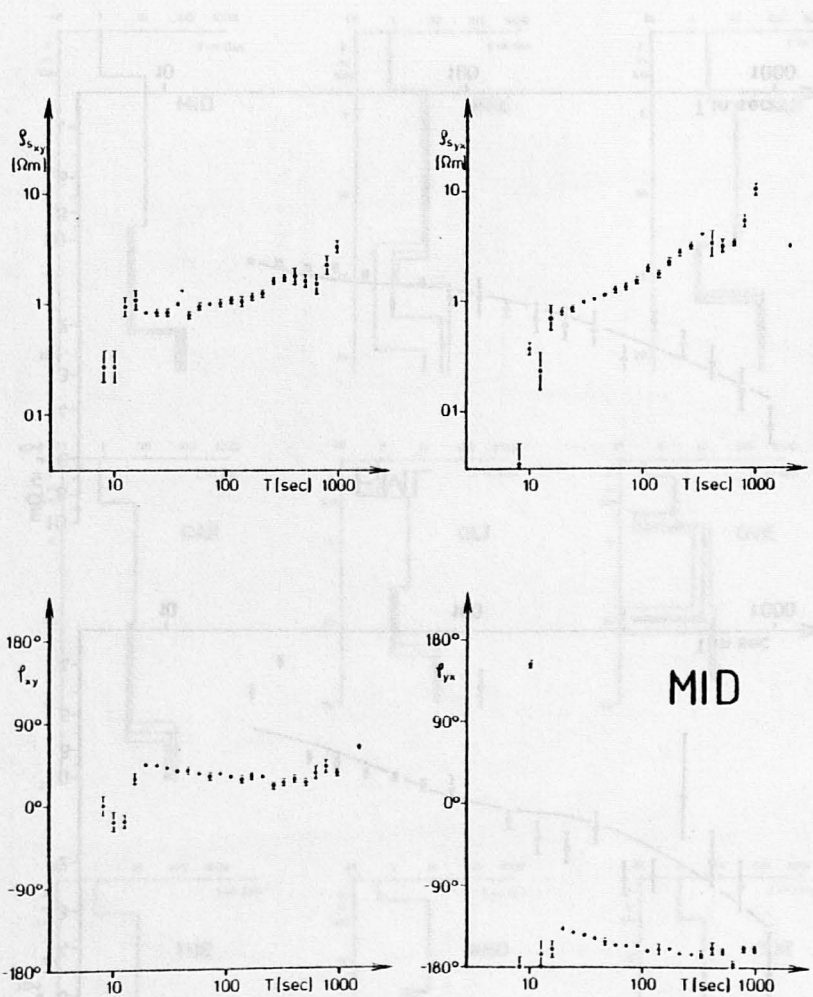


Abb. 3: ρ_s -, Phasenkurven (ungedreht) für MID (langperiodisch), Profil 4

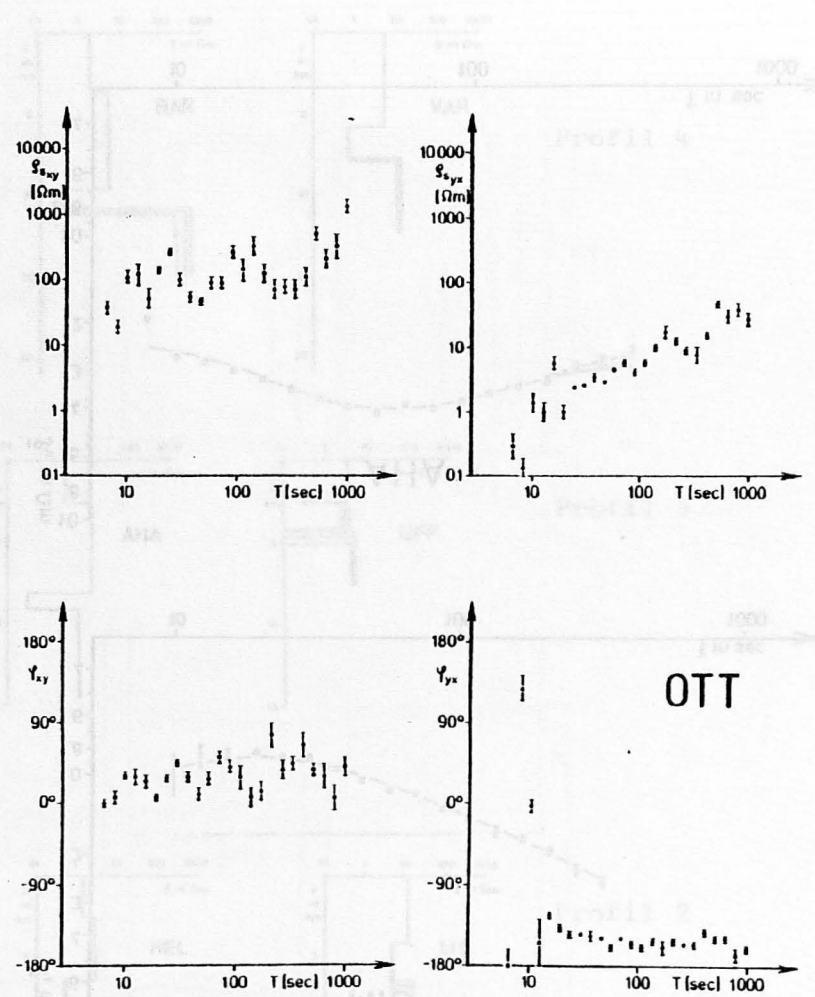


Abb. 4: ρ_s -, Phasenkurven (ungedreht) für OTT (Profil 1)

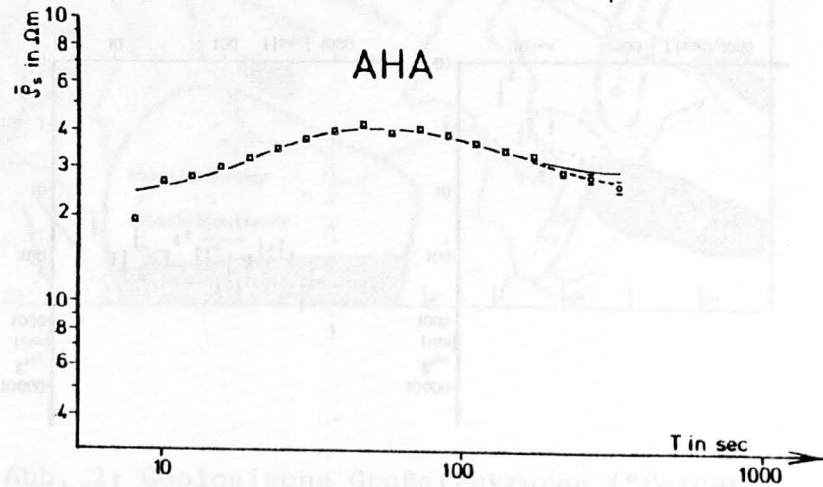
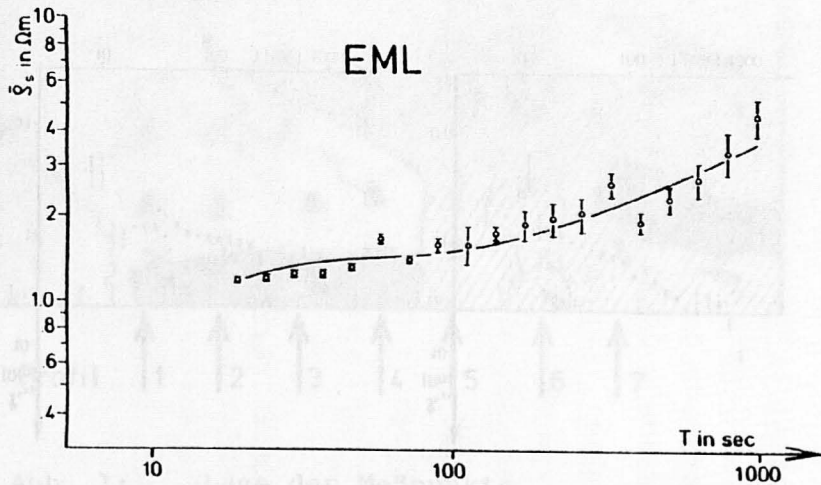
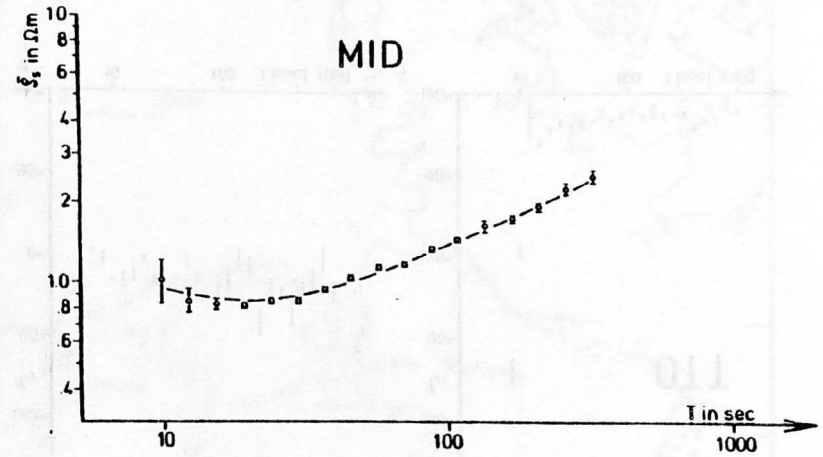
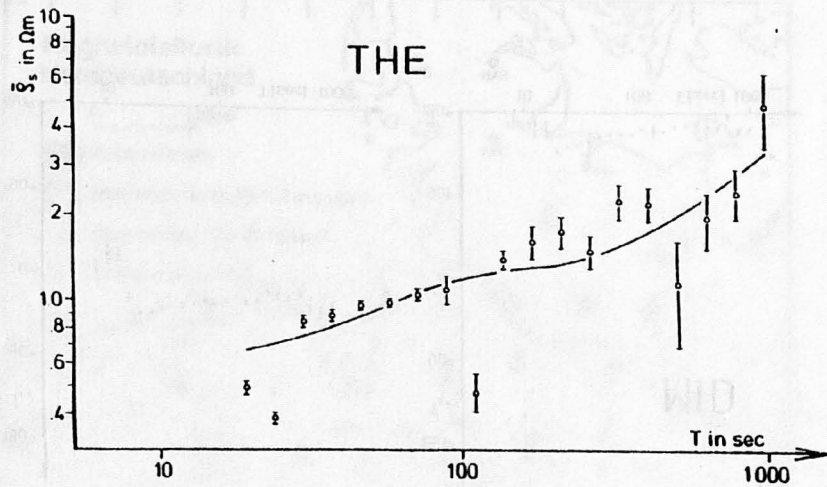


Abb. 5: Beispiele für Meßergebnisse und Modellkurve für 4 - Schicht - Fall (gestrichelte Kurve AHA; 6 - Schicht - Fall, vgl. Abb. 9)

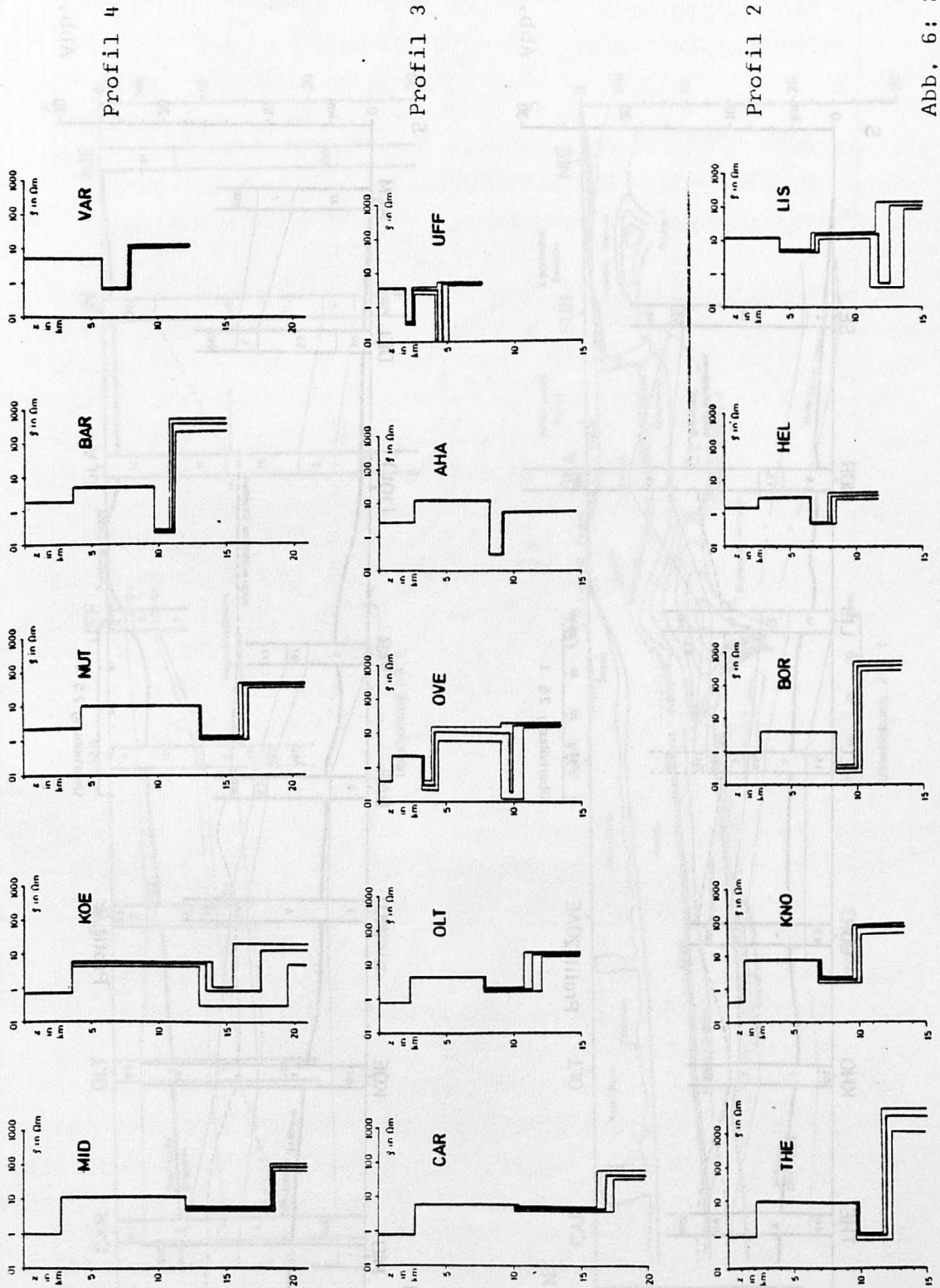


Abb. 6: Schichtmodelle

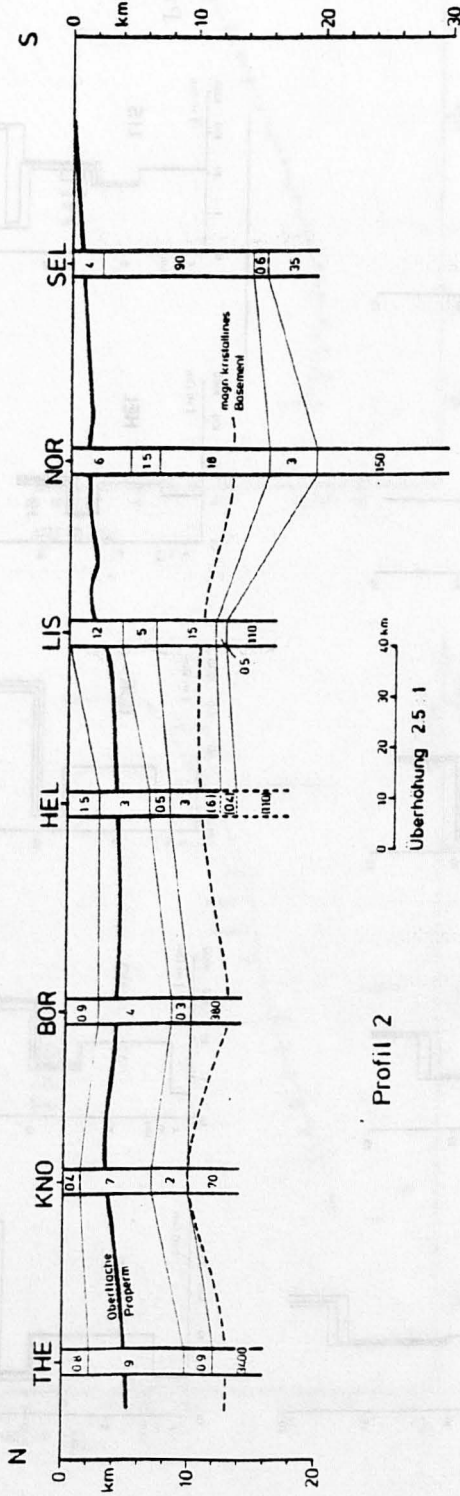


Abb. 7

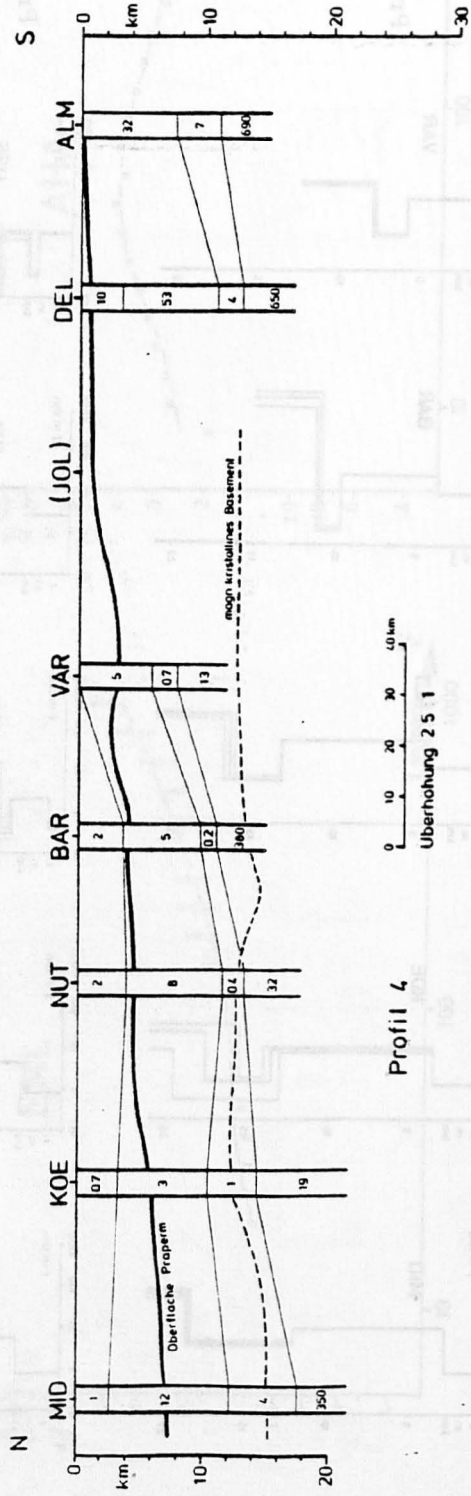


Abb. 8

Abb. 51 Beispiele für Hebeergebnisse und Modellkurve für 4 - Schicht - Fall
 (gestrichelte Kurve Abb. 8 - Schicht - Fall, vgl. Abb. 9)

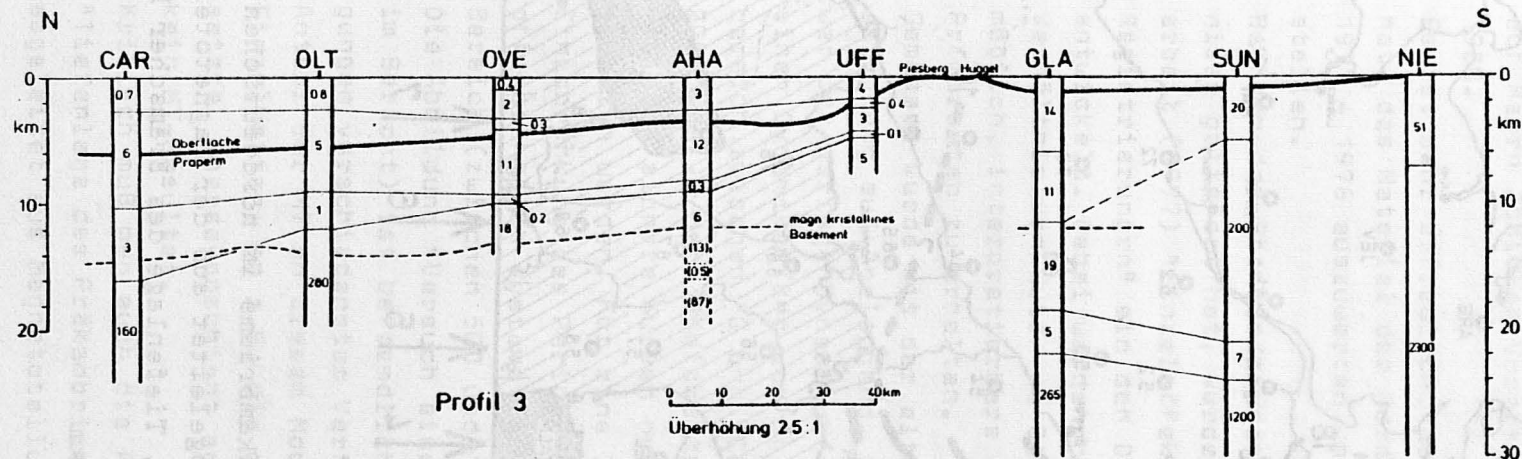


Abb. 9

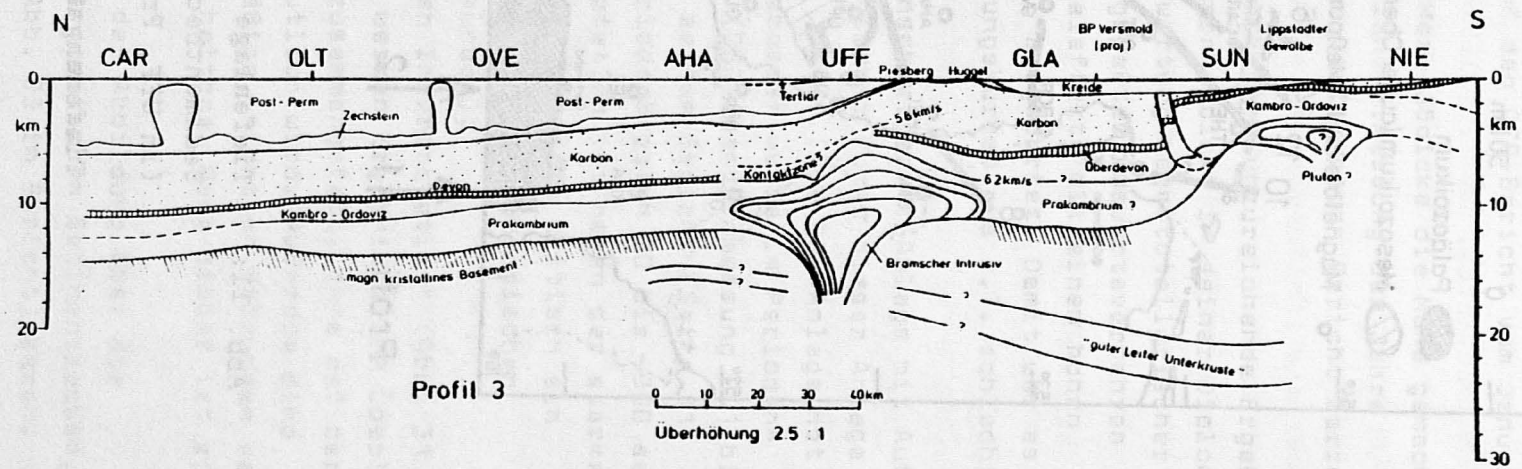


Abb. 10

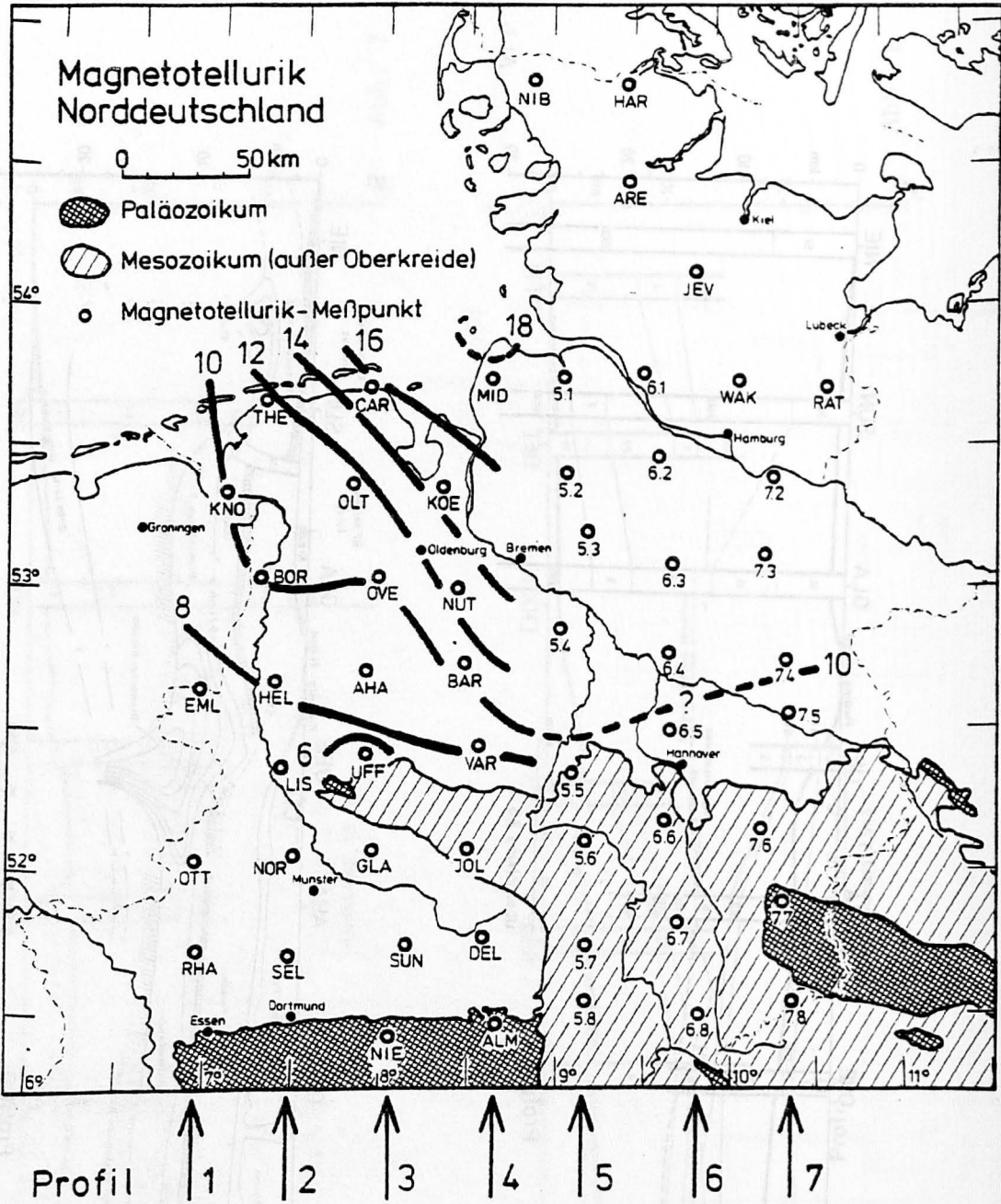


Abb. 11: Tiefenlage des Präkambriums im norddeutschen Sedimentbecken, abgeleitet aus der Magnetotellurik (in UFF, Profil 3, Tiefenlage des Bramscher Massivs)

Tiefenangaben in km