

H. JÖDICKE

"Antwort auf K. KNÖDELS Diskussionsbemerkungen zu meinem Vortrag:  
"Magnetotellurik Norddeutschland - Versuch einer Interpretation"

Vorweg sei angemerkt, daß der von Herrn Knödel zitierte DFG-Bericht (Jödicke, 1980a) Interessenten - soweit noch nicht geschehen - zur Verfügung gestellt werden kann. Er unterscheidet sich von dem in diesem Band vorgelegten Norddeutschland-Bericht (Jödicke, 1980b (= J80)) durch eine ausführlichere Darstellung der Vorgehensweise bei der Datenanalyse und der Modellrechnung sowie durch eine etwas kürzer gefaßte geologische Interpretation. Die von Herrn Knödel angesprochenen Abbildungen des DFG-Berichts sind auch in J80 enthalten, die zugehörigen Abbinungsnummern sind im folgenden in Klammern vermerkt.

Herr Knödel führt die größere Unsicherheit der Daten der "alten Braunschweiger MT-Anlage" als Hauptgrund für seine Einschätzung an, nach der die Interpretation J80 unsicherer erscheint als die BGR-Interpretation (Losecke, Knödel und Müller, 1979). Der Dynamikumfang und der ausnutzbare Periodenbereich der "alten Braunschweiger MT-Anlage" sind in der Tat geringer als bei der BGR-Anlage, es muß jedoch geprüft werden, ob die genannten Unterschiede in der Datenqualität ausschlaggebend sind für die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der J80- und der BGR-Interpretation. Dazu einige Gesichtspunkte:

a) Für einige Meßpunkte konnten aus Registrierungen der "alten" MT-Anlage sehr gute  $\xi_s$ - und Phasenkurven berechnet werden, dazu gehören die Ergebnisse von MID und AHA (Abb. 21 (5)). Sie bilden das "Grundgerüst" der Interpretation. Die von Herrn Knödel erwähnten, in Abb. 20 (5: THE, EML) dargestellten  $\xi_s$ -Kurven sind demgegenüber erkennbar Beispiele für schlechte Datenqualität, da im DFG-Bericht (wie auch in J80) die gesamte Spannweite der Ergebnisse dokumentiert werden sollte. Wichtig ist, daß auch die Modelle von Stationen mit verminderter Datenqualität gut zu ihren jeweiligen Nachbarstationen passen, wie z.B. der verhältnismäßig gleichmäßige Verlauf des MT-Basements (Abb. 33 (11)) zeigt, zu dessen Konstruktion die Ergebnisse aller Meßpunkte verwendet wurden.

b) Signale mit kurzer Periodendauer ( $< 10$  bzw.  $20$  s) konnten wegen ihrer geringen Amplituden, aber auch wegen ihres seltenen Auftretens nicht ausgewertet werden. Die Beschränkung des Periodenbereichs dürfte sich bei Modellrechnungen für Meßpunkte im norddeutschen Sedimentbecken jedoch nicht wesentlich ausgewirkt haben, da die Ein-

dringtiefe bei kurzen Perioden wegen der hohen Leitfähigkeit der Deckschicht nur gering ist. Der aus ungenauer Bestimmung der Deckschichtleitfähigkeit und -mächtigkeit resultierende Fehler der Basement-Tiefe wird auf  $< 1$  km geschätzt. Diese Abschätzung wäre ungültig für den Fall, daß die Leitfähigkeit der Deckschicht in Norddeutschland erheblich niedriger ist als angenommen, d.h. daß die gutleitende Deckschicht des Modells in Wirklichkeit eine gutleitende Zwischenschicht unter einer hochohmigen Bedeckung größerer Mächtigkeit darstellt. Mit dieser Möglichkeit ist nach den GTS-Ergebnissen von Blohm und Homilius (1980) jedoch nicht zu rechnen. Im BGR-Bericht sind für die Schichten des Postzechsteins keine spezifischen Widerstände angegeben, ein unmittelbarer Vergleich der MT-Ergebnisse ist hier deshalb nicht möglich.

c) Aus der Aussage, daß die Kurven im Periodenbereich 20 bis  $\sim 300$  s als sicher bezeichnet werden können, darf nicht geschlossen werden, daß die Meßwerte bei Perioden  $> 300$  s grundsätzlich als unsicher und nicht auswertbar zu betrachten sind. Es sollte vielmehr verdeutlicht werden, daß die Ergebnisse bei Perioden  $> 300$  s wegen der Abnahme der statistischen Sicherheit - die auch andere Auswerteverfahren betrifft - nur mit besonderer Sorgfalt verwendet wurden. In der Mehrzahl der Fälle konnte bei der Modellrechnung eine zufriedenstellende Anpassung der Meßwerte auch im Periodenbereich 300 - 1000 s erreicht werden. Der größere Periodenbereich der BGR-Standardmessung reduziert sich damit bei den langen Perioden auf einen einzelnen zusätzlichen Meßwert bei 2048 s (1. Harmonische). Die Schwankungen der (ungeglätteten !) Meßwerte bei längeren Perioden sind, insgesamt gesehen, zufällig im statistischen Sinn. Bei unzureichender Datenqualität treten jedoch manchmal "Beulen" im Kurvenverlauf auf, hier gilt die oben angesprochene Sorgfalt bei der Auswertung. Da die Schwankungen der Phasenwerte oft geringer sind als die der  $\xi_s$ -Werte, wirken sich diese "Beulen" übrigens bei der Modellrechnung nicht wesentlich aus, in solchen Fällen hat die Phasenanpassung ein stärkeres Gewicht. Der zunächst etwas unverständliche Verlauf der Modellkurven bei den Beispielen THE und EML (Abb. 20 (5)) kann so erklärt werden.

Berücksichtigt man schließlich, daß das berechnete Modell bei guter Datenqualität in gewissen Grenzen unabhängig vom ausgewerteten Periodenbereich ist (vgl. Beispiel MID in J80), so sollten die Daten, die der Modellrechnung zugrunde gelegt wurden, keineswegs von vornherein als unzureichend eingeschätzt werden.

Weitere Diskussionsbemerkungen von Herrn Knödel beziehen sich auf die Interpretation. Der Hinweis, daß bei der Abbildung "Versuch einer ersten Interpretation" (Abb. 31 (10)) der Anteil der MT nicht deutlich wird, ist bei der Abfassung des Beitrags J80 berücksichtigt worden (in Berlin hatte ich allerdings den Eindruck, daß der Versuch, die Ergebnisse von Geologie und MT miteinander zu verbinden, als zu lang empfunden wurde). Die Darstellung von Einzelheiten in dieser Abbildung, wie z.B. die Extrapolation bekannter Störungslinien in größere Tiefe, etwa bis zur Devonschicht, ist bei einem MT-Meßpunkt Abstand von 40 km nicht beabsichtigt gewesen. Hier sollten vielmehr Tiefenlage und Mächtigkeiten größerer Schichtkomplexe und insbesondere der Verlauf des guten Leiters und des MT-Basements im Zusammenhang mit der + bekannten Präpermoberfläche und dem magnetischen kristallinen Basement aufgezeigt werden.

Der schwierigste Punkt bei dem Vergleich zwischen den Ergebnissen der BGR- und der J80-Interpretation scheint mir die unterschiedliche Tiefenlage des MT-Basements zu sein, da sich hier einerseits alle Faktoren wie die Datenqualität, das Auswerteverfahren, notwendige Vereinfachungen wie eindimensionale Interpretation, die zugehörige Wahl mittlerer  $\rho_s$ - und Phasenkurven (geometrisches Mittel in  $\rho_s$ , arithmetisches Mittel in  $\varphi$  nach Drehung auf Hauptachsen bzw. "Drehinvariante"), die Modellrechnung usw. zugleich auf das Ergebnis auswirken. Andererseits kann die Angabe der Mächtigkeit des Deckgebirges als das herausragende Ergebnis der magnetotellurischen Vermessung Nordwestdeutschlands bezeichnet werden.

An insgesamt 14 Meßpunkten (Profile 2-4) liegen Doppelmessungen vor. Ein rechnerischer Vergleich der Ergebnisse zeigt, daß an vielen Punkten die Längsleitfähigkeit der Prä- und der Postzechsteinschichten ähnliche Werte aufweist, daß aber das BGR-Basement im Mittel  $5,3 \pm 2,8$  km tiefer liegt als das J80-Basement (die Tiefenangaben des BGR-Basements sind den Schichtmodellen entnommen, nicht dem Tiefenlinienplan). Die Ergebnisse der BGR-Interpretation für die Profile 5-7 wurden wegen dieser sehr systematischen Abweichung nicht mehr in die Abb. 11 des J80-Berichtes übernommen, wie dies noch im DFG-Bericht (Abb. 33) versucht worden war. Eingezeichnet wurde dagegen das Ergebnis der Basisstation W1 von Gundel (1977), da dessen Modell ("I6") ebenfalls aus der "Drehinvarianten" mithilfe des  $\Psi$ -Algorithmus berechnet wurde und den J80-Modellen der Profile 2-4 sehr ähnlich ist. Die Station W1 liegt nur wenige km vom Meßpunkt 7.4 entfernt. Dies ist deshalb erwähnenswert, weil Gundel

hier eine Basementtiefe von ca. 10 km berechnet hat, während die BGR-Interpretation für 7.4 eine Tiefe von etwas mehr als 15 km liefert. Da Gundel für die Auswertung von W1 im langperiodischen Bereich Daten der Station "Marwede" (offenbar 7.4) verwendet hat, dürfte die Ursache für die unterschiedliche Tiefenlage des Basements eher bei Unterschieden im kurzperiodischen Teil der Daten zu suchen sein. Allen Modellen gemeinsam ist jedoch eine extrem gutleitende Schicht oberhalb des Basements. Ungeachtet aller Schwierigkeiten bei der Deutung des Leitungsmechanismus in dieser Schicht, ihrer stratigraphischen Einstufung und genauen Tiefenbestimmung (nach der BGR-Interpretation verläuft sie fast völlig innerhalb des magnetischen kristallinen Basements !) ergibt sich mithilfe eines solchen "Leithorizontes" auch für die Zukunft eine große Möglichkeit für eine weitergehende magnetotellurische Erkundung in Nordwestdeutschland.

Abschließend noch eine Anmerkung zum "Hamburger Hoch/Loch":

Gegenüber der BGR-Interpretation wurde neben einer Abänderung im Bereich der Punkte 7.4 und 7.5, die auf die Übernahme des Gundel'schen Ergebnisses zurückzuführen ist, nur die Interpretation des Punktes 6.2 verändert (bei 7.2 fehlt die 18-km-Isolinie, die dieser Punkt gerade berührt, es ist aber erkennbar, daß die Tiefenlage hier  $> 16$  km ist). Die Uminterpretation war im Sinne eines Diskussionsvorschlages, wie in Berlin ausdrücklich betont worden ist, vorgenommen worden, um einen zu steilen Gradienten der Basementtiefe zwischen den Punkten 5.2 und 6.1 (beide ca. 14 km) und 6.2 (23 km) zu verhindern. Zugleich bestand die Vorstellung, daß sich am Punkt 6.2 möglicherweise der "gute Leiter Unterkruste" (vgl. Abb. 31 (10)) auch unter Norddeutschland in einer Tiefe  $> 20$  km zeigen könnte. Die durch Höherlegung des MT-Basements erreichte gute Übereinstimmung zwischen dem Verlauf des MT- und des magnetischen kristallinen Basements hatte diese Überlegung durchaus gestützt. Die Diskussion hierüber sollte im Rahmen einer weitergefaßten Diskussion der unterschiedlichen Ergebnisse der BGR- und der J80-Interpretation, vielleicht auch anhand neuer Meßergebnisse in diesem Gebiet wieder aufgenommen werden.

#### Literatur:

Blohm, E.-K. und J. Homilius: Stand der Geoelektrischen Tiefenson-  
dierungen. S.111-132 in diesem Band

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

Jödicke, H.: Magnetotellurik in Nordwestdeutschland. DFG-Bericht, Münster 28.1.1980, unveröff., 1980a

Jödicke, H.: Magnetotellurik Norddeutschland - Versuch einer Interpretation. S. 271-288 in diesem Band, 1980b (= J80)

Losecke, W., K. Knödel and W. Müller: The conductivity distribution in the North German sedimentary basin derived from widely spaced areal magnetotelluric measurements. Geophys. J. R. Astron. Soc. 58, 169-179, 1979