

Dr. J. UNTIEDT, Braunschweig

"Modellkurven zum Interpretationsverfahren von Schmucker"

Mittwoch, den 5. 3. 1969

In der Magnetotellurik werden nach CAGNIARD die an einem bestimmten Ort gewonnenen Meßergebnisse durch die beiden Kurven $\rho_s(T)$ und $\phi(T)$ dargestellt, die ihrerseits Grundlage der weiteren Interpretation sind (ρ_s = scheinbarer spez. Widerstand, ϕ = Phasenverschiebung zwischen E_x und H_y oder zwischen $-E_y$ und H_x , T = Störungsperiode).

SCHMUCKER (1967) hat stattdessen ein Darstellungsverfahren vorgeschlagen, das sich (vgl. den vorangegangenen Vortrag) auf direkte Weise zu einem Interpretationsverfahren erweitern läßt: Es werden zwei periodenabhängige Größen $\rho^{**}(T)$ und $z^{**}(T)$ definiert, die die Dimension eines spez. Widerstandes bzw. einer Länge besitzen. Für diese Größen bieten sich Bezeichnungen wie "modifizierter scheinbarer spez. Widerstand" bzw. "scheinbare Tiefe" an. ρ^{**} und z^{**} lassen sich aus ρ_s und ϕ mit Hilfe der Beziehungen

$$\rho^{**} = 2 \cdot \rho_s \cdot \cos^2 \phi \quad ,$$

$$z^{**} = \sqrt{\frac{\rho_s}{u_0 \omega} \cdot \sin^2 \phi}$$

berechnen ($\omega = 2\pi/T$; alle Größen im MKSA-System). Dargestellt wird ρ^{**} in Abhängigkeit von z^{**} , wobei T als Parameter längs der Kurve $\rho^{**}(z^{**})$ anzusehen ist.

Falls horizontale Schichtung vorliegt, kann $\rho^{**}(z^{**})$ als nullte Näherung der wahren Widerstandverteilung betrachtet werden. In vielen Fällen, z.B. bei mit wachsender Tiefe z gleichmäßig abnehmendem spez. Widerstand (vgl. SCHMUCKER, 1967, Fig. 31), stimmt $\rho^{**}(z^{**})$ bereits recht gut mit $\rho(z)$ überein. Im Falle des homogenen Halbraums ($\rho = \text{const}$) ergibt sich

$$\rho^{**}(T) = \rho \quad ,$$

$$z^{**}(T) = \frac{1}{2} \cdot d(T) \quad ,$$

wobei $d(T) = (2\rho/\mu_0\omega)^{1/2}$ die von der Periode abhängige Eindringtiefe im Halbraum ist.

Die folgenden Abbildungen, in denen $\rho^*(z^*)$ für verschiedene einfache Modellverteilungen $\rho(z)$ wiedergegeben ist, sind als Anschauungsmaterial zum SCHMUCKERschen Darstellungsverfahren gedacht. Vielfach werden sie auch einer vorläufigen, qualitativen Interpretation magnetotellurischer Meßergebnisse dienen können.

Abb.1: Zweischichtmodelle mit $\rho_1 = 1\Omega\text{m}$, $z_1 = 1\text{ km}$ und verschiedenen Verhältnissen ρ_2/ρ_1 zwischen den Werten 10^{-3} und 10^{+3} (hier und im folgenden bedeuten z_k die Unterkantentiefe und ρ_k den spez. Widerstand der k-ten Schicht). Wie in den folgenden Abbildungen stellen die Treppenkurven die vorgegebenen Widerstandsmodelle $\rho(z)$ dar, während die gekrümmten Kurven $\rho^*(z^*)$ wiedergeben. Als Parameter findet sich an den letztgenannten Kurven der Zehnerexponent der Störungsperiode T (in sec). $\rho^*(z^*)$ wurde jeweils für Perioden zwischen 1 sec und 10^5 sec (rund 1 Tag) berechnet, was dem in der Magnetotellurik höchstens nutzbaren Periodenbereich etwa entspricht.

Alle Kurven $\rho^*(z^*)$ oszillieren für $z^* \ll z_1$ um den Wert ρ_1 (ähnlich den entsprechenden Kurven $\rho_s(T)$ bei kurzen Perioden) und nähern sich für $z^* \gg z_1$ dem Wert ρ_2 . Der Übergang erfolgt rasch und etwa in der Tiefe z_1 für $\rho_2/\rho_1 < 1$, langsam (jedoch immer noch rascher als im Falle von ρ_s , wenn man bei gleichen Perioden T vergleicht) für $\rho_2/\rho_1 > 1$. Für $\rho_2/\rho_1 \geq 10^3$ verläuft $\rho^*(z^*)$ ein Stück weit nahezu horizontal, allerdings in der Tiefe $z^* \approx 0,4 \cdot z_1$.

Bei einem durch die geänderten Größen ρ_1' , ρ_2' und z_1' gegebenen Zweischichtmodell gilt die Kurve aus Abb.1 mit $\rho_2/\rho_1 = \rho_2'/\rho_1'$, wenn auf der Abszissenachse ρ^*/ρ_1 und auf der Ordinatenachse z^*/z_1 abgelesen werden. An die Stelle der Periode T tritt im gleichen Punkt der Kurve die geänderte Periode

$$T' = T \left(\frac{z_1'}{z_1} \right)^2 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_1'}$$

Abb.2: Dreischichtmodelle mit $\rho_1 = \rho_3 = 1\Omega\text{m}$, $z_1 = 1\text{ km}$, $z_2 = 10\text{ km}$, ρ_2/ρ_1 variabel zwischen den Werten 10^{-1} und 10^{+3} . Für $\rho_2/\rho_1 \geq 10^2$ unterscheiden sich die Kurven $\rho^*(z^*)$ kaum mehr voneinander. Bemerkenswert ist, daß das Minimum oder das Maximum der $\rho^*(z^*)$ -Kurve stets etwa in der Mitte der Zwischenschicht liegt.

Abb.3: Modell mit verschiedenen gut leitenden Deckschichten (ρ_1 zwischen 1 und $10^3\Omega\text{m}$) der Mächtigkeit $z_1 = 5\text{ km}$ über einem Untergrund mit einem ρ -Maximum von $10^4\Omega\text{m}$ in etwa 25 km Tiefe und $\rho(z)$ entsprechend dem Widerstandsmodell "d" von LAHIRI und PRICE (1939) für größere Tiefen. Dieses Modell lehnt sich an die oben bereits zitierte Fig. 31 von SCHMUCKER (1967) an. In unserer Abbildung hier finden sich oben die Kurven $\rho^*(z^*)$, unten zum Vergleich die entsprechenden Kurven $\rho_s(T)$, wobei entgegen der üblichen Darstellungsweise die Periode T nach unten aufgetragen ist (wachsende Periode entspricht ja einer wachsenden Eindringtiefe).

Abb.4: Modell in Anlehnung an BLOHM (1968) zwischen $z = z_1 = 2\text{ km}$ und $z = 60\text{ km}$ (nämlich $\rho = 5 \cdot 10^2\Omega\text{m}$), darüber eine Deckschicht mit $\rho_1 = 10\Omega\text{m}$ oder $\rho_1 = 10^2\Omega\text{m}$, darunter wie in Abb.3 .

Abb.5: Modell in Anlehnung an LOSECKE (1968) zwischen $z = z_1 = 2\text{ km}$ und $z = 60\text{ km}$ (nämlich $z_2 = 25\text{ km}$, $z_3 = 30\text{ km}$, $z_4 = 60\text{ km}$, $\rho_2 = 3,3 \cdot 10^3\Omega\text{m}$, $\rho_3 = 6,2\Omega\text{m}$, $\rho_4 = 5,0 \cdot 10^2\Omega\text{m}$; also eine gut leitende Zwischenschicht in rund 30 km Tiefe), sonst wie in Abb.4 . Bei der schlechter leitenden Deckschicht liegt das ρ^* -Minimum etwa in der Tiefe der gut leitenden Zwischenschicht, bei der besser leitenden Deckschicht ist es nach oben etwas verschoben (linearer Tiefenmaßstab!).

Die gezeigten Modellkurven beleuchten als besondere Vorzüge des SCHMUCKERSchen Darstellungsverfahrens:

1. $\rho^*(z^*)$ kommt in vielen Fällen der tatsächlichen Widerstandsverteilung $\rho(z)$ recht nahe.
2. Die bei Messungen in einem gewissen Periodenbereich erreichten Tiefen sind direkt abzuschätzen. Das gilt sowohl bei Beschränkung der Perioden zu hohen als auch zu niedrigen Werten hin.

Literatur:

BLOHM, E.-K.: Vortrag 3. Kolloquium der Internat. Rheingraben-Forschungsgruppe, Karlsruhe, 10.-12. Okt. 1968.

LAHIRI, B.N., und A.T. PRICE: Electromagnetic induction in non-uniform conductors and the determination of the conductivity of the earth from terrestrial magnetic variations. Phil. Trans. Roy. Soc. London (A), 237, 509-540, 1939.

LOSECKE, W.: Vortrag 3. Kolloquium der Internat. Rheingraben-Forschungsgruppe, Karlsruhe, 10.-12. Okt. 1968.

SCHMUCKER, U.: Anomalies of geomagnetic variations in the southwestern United States. Manuskript im Druck, 1967.

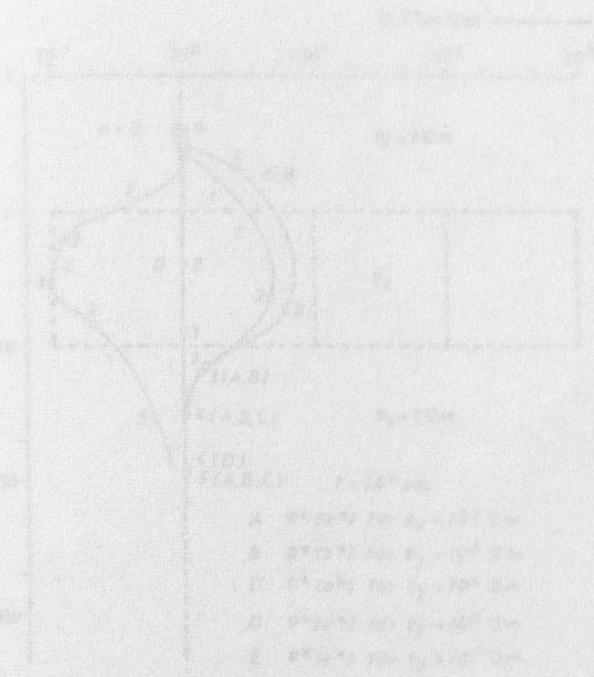


Abb. 2

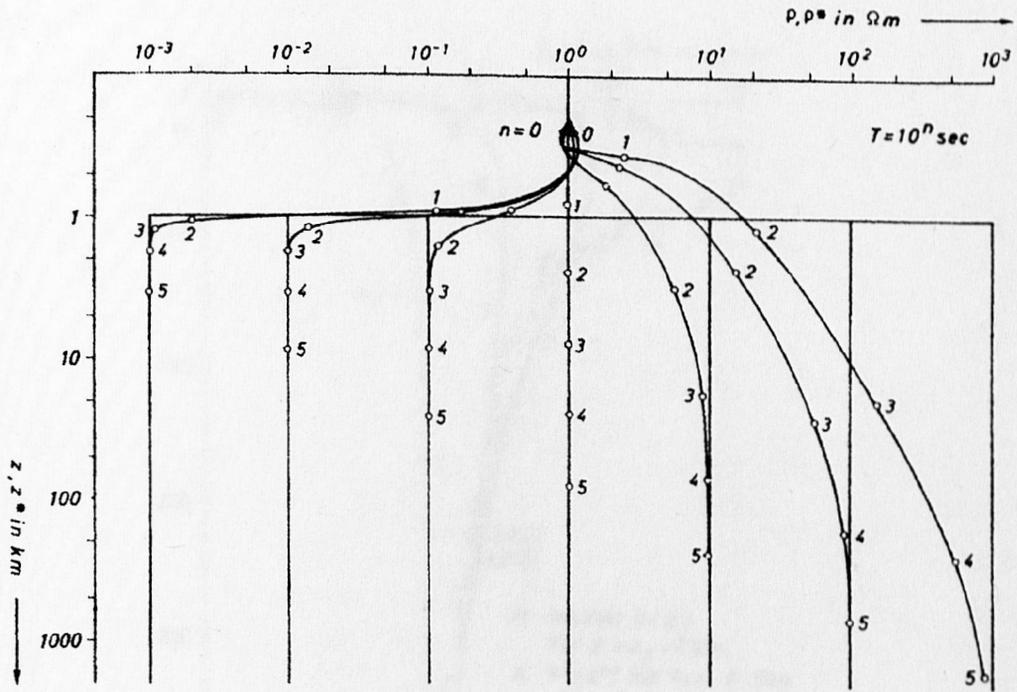


Abb. 1

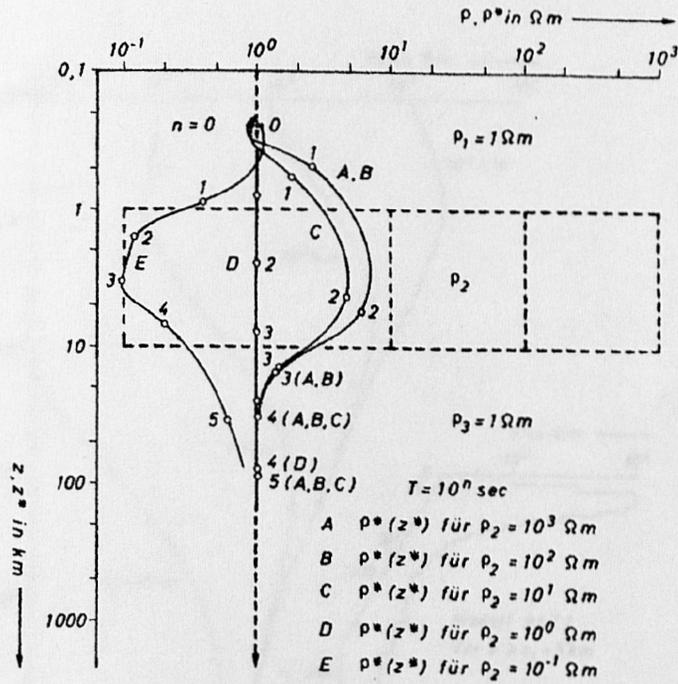


Abb. 2

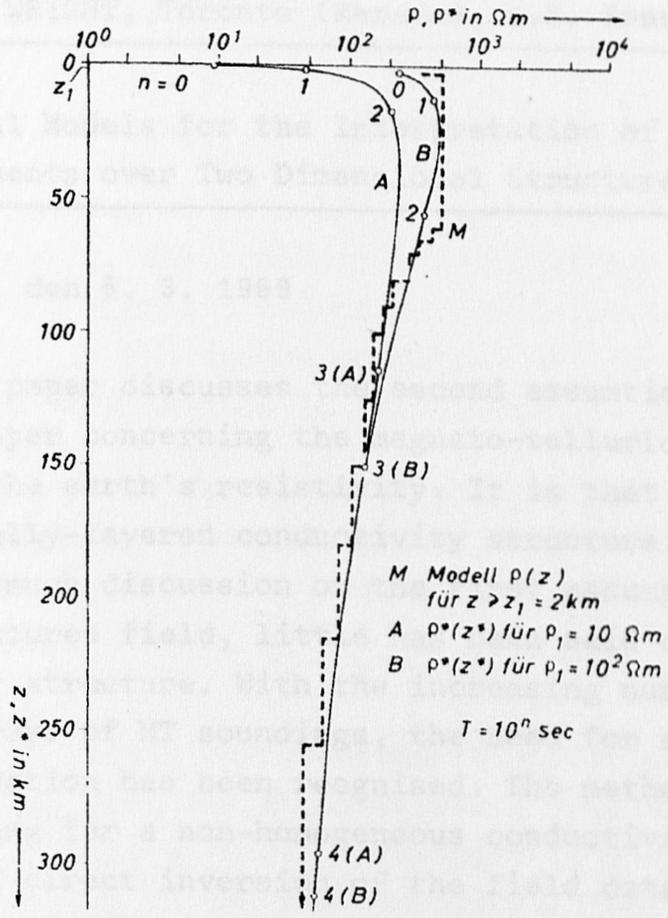


Abb. 4

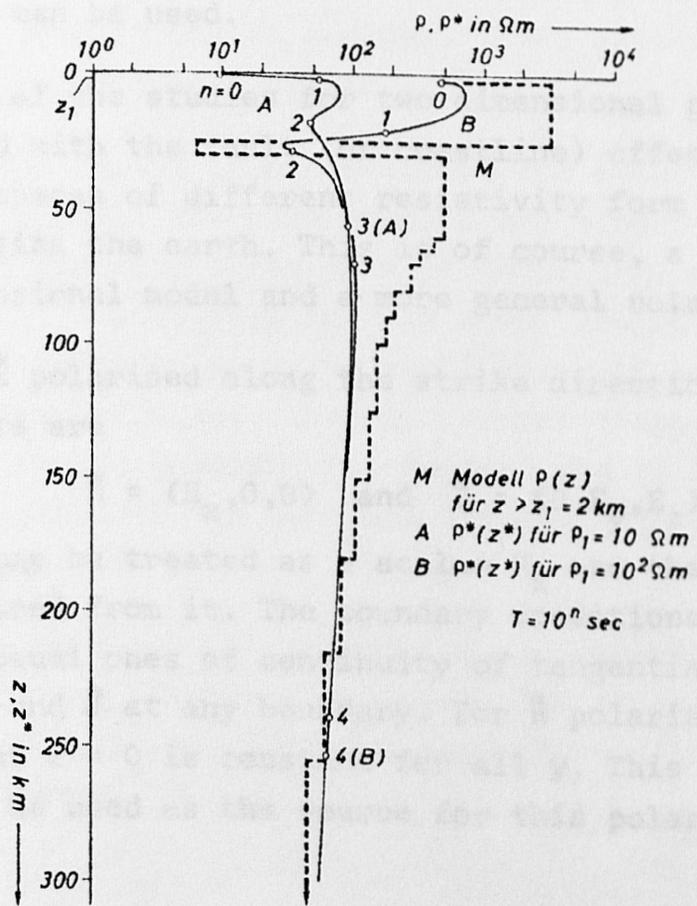


Abb. 5