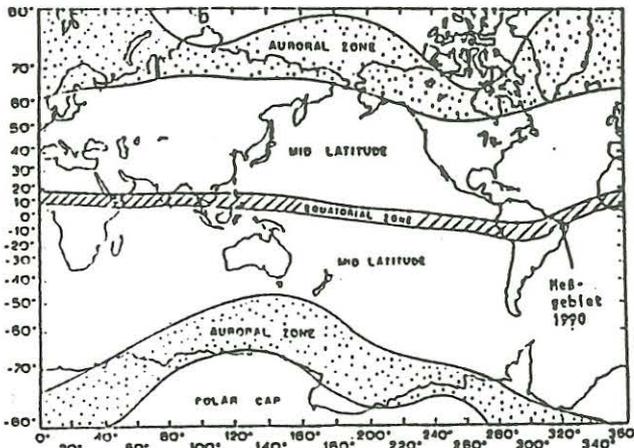


Andreas Störzel, Universität Frankfurt/Main

Anwendung des Z/H-Verfahrens auf Variationen des äquatorialen Elektrojets am Beispiel elektromagnetischer Messungen im Nordosten Brasiliens

1 Einleitung

Von Juli bis Oktober 1990 wurden von der Universität Frankfurt, in Zusammenarbeit mit der FU Berlin und der Bundesuniversität von Para



(Brasilien), elektromagnetische Messungen im Nordosten Brasiliens durchgeführt. Das Meßgebiet liegt in der Umgebung des magnetischen Äquators, entlang dem in circa 100 km Höhe ein gebündelter Strom, der sogenannte äquatoriale Elektrojet (EEJ), nach Osten fließt (Abbildung 1).

Abbildung 1: Der Verlauf des EEJ und die Lage des Meßgebietes

Der EEJ erzeugt in der Umgebung des magnetischen Äquators ein inhomogenes Feld im Perioden-

bereich von 100 s bis 10000 s. Dies hat folgende Konsequenzen:

- 1) Die Impedanzen der konventionellen Magnetotellurik (MT), bei der stets ein (quasi-)homogenes Quellfeld vorausgesetzt ist, müssen ab einer bestimmten Periode korrigiert werden.
- 2) Die Inhomogenität des Quellfeldes erzeugt ein vertikales Magnetfeld im Meßgebiet. Das Z/H-Verfahren (Eckhardt, 1963) benutzt das Verhältnis dieses Vertikalfeldes (Z) zu dem zugehörigen horizontalen Magnetfeld (H), das Z/H-Verhältnis, zur Bestimmung einer der magnetotellurischen Impedanz entsprechenden Übertragungsfunktion. Diese Möglichkeit besteht bei einem homogenen Quellfeld nicht.

In mittleren Breiten kann das Z/H-Verfahren nur auf den täglichen Sq-Gang mit Perioden von 6-24 Stunden oder auf noch längere Perioden angewandt werden. Für kürzere Perioden sind die

Eindringtiefen so klein, daß das Quellfeld als quasihomogen angenommen wird. Ein Vergleich der für die Sq-Perioden geschätzten Übertragungsfunktionen mit den Impedanzen der MT (bei Perioden von 10s bis 5000s) ist wegen des unterschiedlichen Periodenbereiches schwierig. Durch die Anwendung des Z/H-Verfahrens auf die kürzeren Perioden des EEJ erhält man dagegen Übertragungsfunktionen, die in einem bestimmten Periodenbereich direkt mit den Impedanzen der MT verglichen werden können.

2 Das Z/H-Verfahren

Für einen in die magnetische Ostrichtung (y-Richtung) fließenden EEJ liegt dem Z/H-Verfahren folgende Gleichung im Wellenzahl-Frequenz-Bereich zur Bestimmung der Übertragungsfunktion C zugrunde:

$$\hat{C}(k_x, z=0, \omega) = \frac{\hat{B}_z(k_x, z=0, \omega)}{i k_x \hat{B}_x(k_x, z=0, \omega)} \quad (1)$$

B_z ist das vertikale Magnetfeld, B_x das horizontale Magnetfeld in NS-Richtung, k_x die Wellenzahl und ω die Kreisfrequenz.

Ein vertikales Magnetfeld ergibt sich entweder durch ein inhomogenes Quellfeld oder infolge lateraler Leitfähigkeitsanomalien. Zur Berechnung der Übertragungsfunktion mit dem Z/H-Verfahren wird nur der durch das inhomogene Quellfeld entstehende Feldanteil benutzt. Die Fourier-Transformation der gemessenen Magnetfeldkomponenten in den Wellenzahl-Bereich erfordert mehrere, gleichzeitige Registrierungen entlang der gesamten Ausdehnung des inhomogenen Quellfeldes. In dieser Arbeit wird dagegen versucht, das Z/H-Verfahren auf die Daten nur einer Dauerstation anzuwenden.

Dazu wird die räumliche Variation des EEJ-Feldes für jede Periode durch eine räumliche Harmonische approximiert (Abb. 2). Das Quellfeld ist dann nur durch eine 'repräsentative' Wellenlänge $\lambda_R = 2\pi/k_{x,R}$ gekennzeichnet, für die man sich schon im Wellenzahl-Bereich befindet. Gleichung (1) wird mit der Wellenlänge $k_{x,R}$ und den Maxima der Sinus- und Cosinusfunktion angewandt.

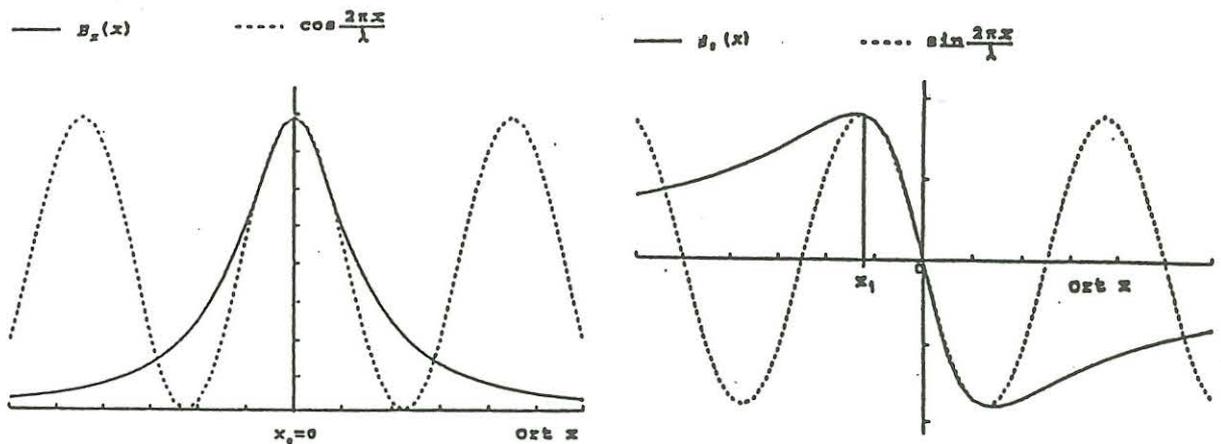


Abbildung 2: Schema der Approximation der Spektren $B_x(x, \omega)$ und $B_z(x, \omega)$ des inhomogenen Feldes an der Erdoberfläche durch eine Cosinus- bzw. Sinuswelle der Wellenlänge λ_R .

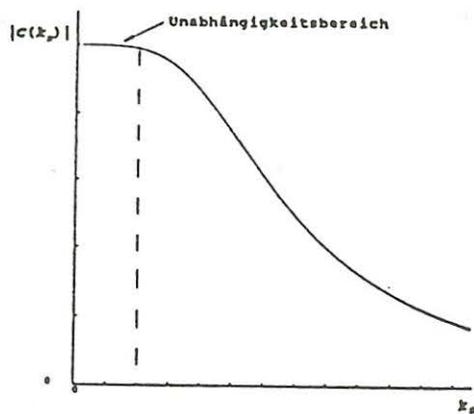


Abb.3: Schematische Abhängigkeit der Übertragungsfunktion von der Wellenzahl bei einer festen Periode.

Abbildung 3 zeigt die schematische Abhängigkeit der Übertragungsfunktion von der Wellenlänge. Zur Anwendung des Z/H-Verfahrens wird der Periodenbereich so gewählt, daß die für das Quellfeld repräsentative Wellenzahl $k_{x,R}$ stets in dem Bereich liegt, in dem die Übertragungsfunktion nahezu unabhängig von der Wellenzahl ist. Nur dann sind die Impedanzen des Z/H-Verfahrens mit denen der MT (für die $k_x=0$ ist) vergleichbar.

3 Das Z/H-Verfahren in der Modellrechnung

In der Modellrechnung wurde ein geschichteter Halbraum angenommen und der EEJ wurde durch einen Linienstrom in 220 km Höhe approximiert. Das horizontale Magnetfeld eines solchen Linienstromes hat eine Halbwertsbreite von 550 km. Das entspricht der Halbwertsbreite die von Hesse 1971 mit einem zum EEJ senkrechten Profil gleichzeitiger Messungen bestimmt wurde. Als Untergrundmodell wurde ein 4-Schichtmodell benutzt, das sich mit dem PSI-Algorithmus aus den MT-Übertragungsfunktionen an der Dauerstation ergibt.

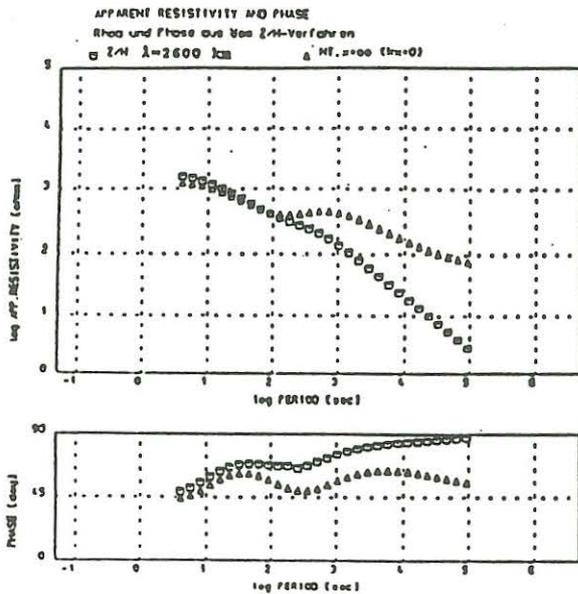


Abbildung 4: Modellwerte: Das Ergebnis des Z/H-Verfahrens im Vergleich mit der MT.

Abbildung 4 zeigt die aus der Modellrechnung resultierenden Übertragungsfunktionen von MT und Z/H-Verfahren in Abhängigkeit von der Periode. Die Kurven stimmen nur in einem Periodenbereich von 80s bis 150s überein. Für größere Perioden weichen die Übertragungsfunktionen des Z/H-Verfahrens von denen der MT ab, weil die im Ortsbereich gemessenen Spektren $B_z(x, \omega)$ und $B_x(x, \omega)$ statt der Spektren $B_z(k_x, \omega)$ und $B_x(k_x, \omega)$ im Wellenzahl-Bereich benutzt wurden. Für Perioden kleiner als etwa 80s ist die Inhomogenität des Quellfeldes irrelevant gegenüber der Eindringtiefe und das Z/H-Verfahren funktioniert nicht.

4 Anwendung des Z/H-Verfahrens auf die Felddaten

Zur Berechnung der Übertragungsfunktion mit dem Z/H-Verfahren wird nur derjenige Anteil des vertikalen und horizontalen Magnetfeldes nach Gleichung (1) ausgewertet, der seine Ursache in einem inhomogenen Quellfeld hat. Deshalb wurde der Einfluß des Ozeanrandes und weiterer Leitfähigkeitsanomalien auf das Z/H-Verhältnis an der Dauerstation mit 2 verschiedenen Methoden abgeschätzt:

a) 2D-Modellrechnung

b) Getrennte Auswertung der nachts registrierten Felder. (Der EEJ fließt nur auf der Tagseite der Erde entlang des Äquators.)

Das vom EEJ resultierende Z/H-Verhältnis wurde abgeschätzt, indem das Ergebnis von a) bzw. b) von dem am Tag registrierten Z/H-Verhältnis abgezogen wurde. Mit dem so berechneten Z/H-Verhältnis und der repräsentativen Wellenzahl $k_{x,R}$ wurden die Übertragungsfunktionen nach Gleichung (1) berechnet (Abbildung 5a). Zum Vergleich sind in Abbildung 5b die magnetotellurischen Übertragungsfunktionen dargestellt, die sich aus den Daten der Dauerstation ergeben. In der

Modellrechnung wurde festgestellt, daß die MT-Impedanzen erst für Perioden größer als etwa 5000s infolge des inhomogenen Quellfeldes korrigiert werden müssen. Deshalb können für kleinere Perioden die Ergebnisse von MT und Z/H-Verfahren direkt verglichen werden.

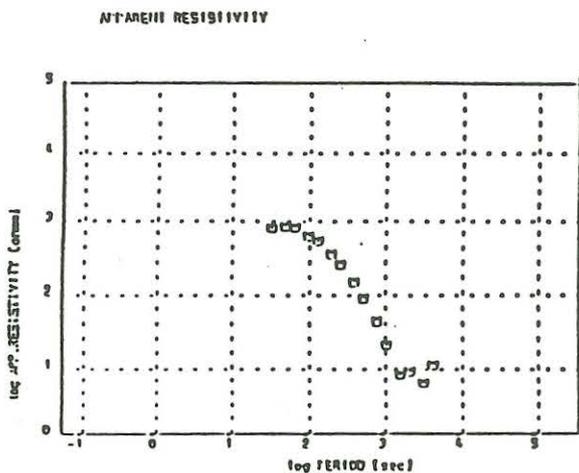


Abb. 5a: Scheinbarer Widerstand berechnet mit dem Z/H-Verfahren aus den Felddaten.

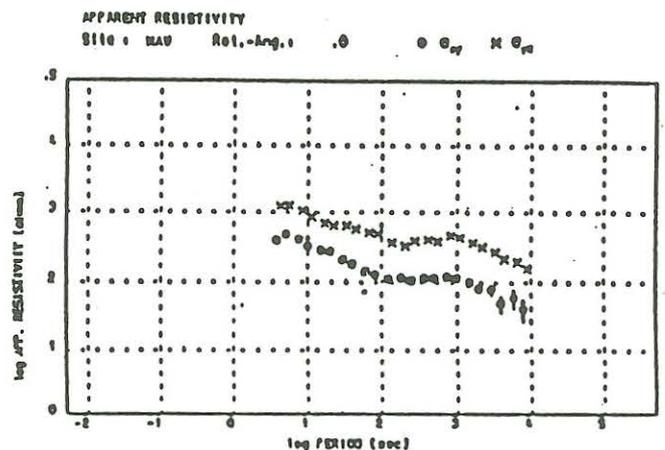


Abb. 5b: Scheinbarer Widerstand berechnet aus MT-Felddaten.

In dem vergleichbaren Periodenbereich zwischen 80s und 150s sind die Übertragungsfunktionen des Z/H-Verfahrens etwas größer als die der MT. Da aber das Ergebnis des Z/H-Verfahrens stark von dem Verhältnis von homogenem zu inhomogenem Feldanteil sowie von der Quellfeldausdehnung und dem Einfluß der Leitfähigkeitsanomalien abhängig ist und sich diese Parameter mit den Daten einer Meßstation nicht oder nicht genau genug abschätzen lassen, kann hier aus dem Vergleich von MT und Z/H-Verfahren nicht auf die Verzerrung der MT-Impedanzen geschlossen werden.

- ECKHARDT, D.H.: Geomagnetic induction in a concentrically stratified earth. *J. Geophys. Res* 68, 6273-6278, 1963
- HESSE, D.: An investigation of the equatorial electrojet by means of ground based magnetic measurements in Brazil. *Ann. Géophys.*, t. 38, fasc. 3, 315-320, 1982
- SCHMUCKER, U.: Regional Induction Studies: A review of Methods and Results. *Physics Earth Plan. Int.* 7, 365-378, 1973