

B. Tezkan

Einfluß von Graphitgängen auf EM Sondierungen mit Pulsationen
im südöstlichen Bayerischen Wald

Im November und Dezember 1983 sind magnetotellurische Messungen im südöstlichen Bayerischen Wald durchgeführt worden. Das Meßgebiet liegt ca. 20 km von Passau entfernt. Es sind 3 Stationen in ungefähr 2.5 km Entfernung aufgebaut und Pulsationen des elektrischen und magnetischen Feldes registriert worden. Registriert wurde mit einer digitalen Kassettenaufzeichnungsapparatur KAP. (Richards et al., 1980). Die Taktrate war 2 sec. In Abb.1 ist die Geologie des Meßgebietes und die Lage der Stationen dargestellt.

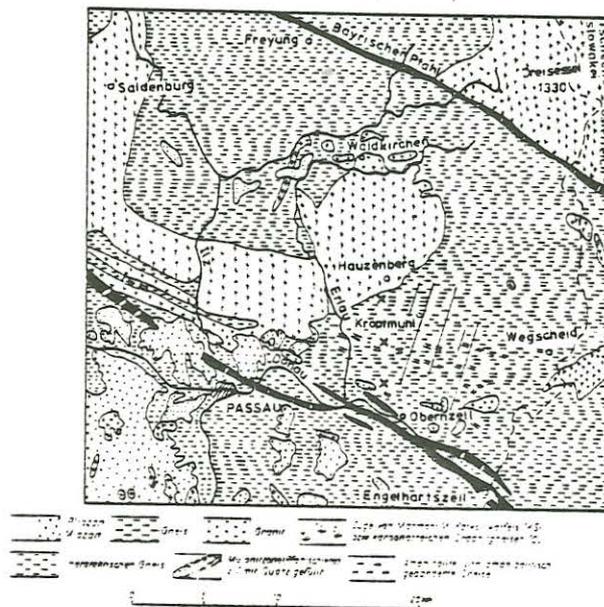


Abb.1: Geologische Übersichtskarte des Meßgebietes, aus Meiser und Teuscher (1965), mit Angabe der Meßstationen von Süden nach Norden:

- x Rackling
- x Schaibing
- x Jahrdorf

Am geologischen Aufbau des Meßgebietes sind vorwiegend kristalline Gesteine beteiligt. In diesen Gesteinen sind Marmor-Amphibolit- und Graphitgneis-Züge eingelagert. Das ganze Gebiet ist stark tektonisch beansprucht und in mehrere Faltensysteme gegliedert. Nach

den geologischen Kartierungen streichen die Faltenachsen im Meßgebiet in E-W und die Störungszonen in N-S-Richtung.

Im Meßgebiet wurde von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) eine flächenhafte aerogeophysikalische Detailvermessung durchgeführt (Sengpiel et al., 1979). Ziel war es, die mögliche Fortsetzung der Graphitlagerstätte in Kropfmühl (siehe Abb.1) zu untersuchen. Von der BGR wurden auch auf den Anomalien, die mit der Hubschrauberelektromagnetik festgestellt worden sind, auch am Boden Nachfolgemessungen durchgeführt, um die Einzelanomalien zu überprüfen. Der deutliche Leitfähigkeitskontrast zwischen Graphit und Gneis oder Granit war eine ideale Voraussetzung für geoelektrische und elektromagnetische Vermessungen von oberflächennahen Schichten.

Die südlichste Station, Rackling, ist direkt auf der Leitfähigkeitsanomalie, die mit der Hubschrauberelektromagnetik festgestellt worden ist, aufgebaut. Hier liegen die niedrigsten scheinbaren Widerstände nach der Hubschrauberelektromagnetik-karte bei $1 \Omega\text{m}$. Die zweite Station ist zwischen zwei solchen Leitfähigkeitsanomalien und die nördlichste außerhalb der Anomalie aufgebaut worden. Die nördlichste Station war eigentlich als Normalstation gedacht. Es ist für jede Station eine 3-er Anordnung verwendet worden, der Abstand der Telluriksonden betrug immer unter 50 m, um die geologischen Randeffekte zu vermeiden. Bei Rackling sind vorher Geoelektrikmessungen durchgeführt worden, daher ist bekannt, daß ca 200 m von der Station entfernt eine oberflächennahe Verwerfung existiert.

Abb.2 zeigt eine gleichzeitige Registrierung an 3 Stationen. Der Effekt ist 6 min. lang und ist mit einer Abschneideperiode von 20 sec tiefpaßgefiltert, danach ist ihm ein cos-Fenster überlagert worden. Die Reihenfolge der Stationen entspricht dem Profilverlauf von Süden nach Norden. Im Magnetfeld ist gar kein Unterschied zwischen den Stationen festzustellen, aber die E-Felder unterscheiden sich stark. Die kleinsten E-Felder wurden auf der Leitfähigkeitsanomalie, die mit der Hubschrauberelektromagnetik festgestellt worden sind, registriert und nach Norden nehmen sie zu. Dies zeigt einen linearen Zusammenhang zwischen den beiden Methoden.

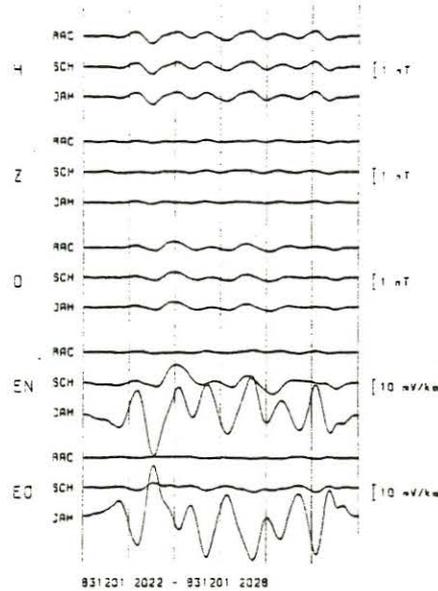


Abb.2: Gleichzeitige Registrierungen von magnetischen und tellurischen Pulsationen an 3 Stationen. Abstand zwischen den Zeitmarken ist 1 min.

Die Analyse der Effekte ist nach einem von Schmucker (1978) vorgeschlagenen Verfahren durchgeführt worden. Sie ist nicht auf eine Normalstation bezogen worden, weil die magnetischen Pulsationen an 3 Stationen nahezu übereinstimmen. Die Ergebnisse der Analyse werden als komplexe Übertragungsfunktion vorgestellt. Auf den Abb. 3a und 3b sind die E-Felder durch tellurische Vektoren in rotierten Koordinaten dargestellt. Es ist bekannt, daß der durch

$$\begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H \\ D \end{pmatrix} \quad (1)$$

definierte Impedanztensor \underline{Z} einer 2-D Leitfähigkeitsanomalie sich durch Rotation um einen Winkel α so in \underline{Z}' überführen läßt, daß die Summe der Hauptdiagonalelemente verschwindet. Die mit

$$A = \frac{|Z'_{xy}|}{|Z'_{yx}|} \quad (2)$$

definierte Anisotropie kann große Werte nehmen, wenn die oberflächennahe Schicht schlechtleitend, aber mit gutleitenden Einlagerungen durchzogen ist, wie es im Bayerischen Wald der Fall ist. In diesem Fall kann durch die Koordinatentransformation ein Tensor-element erheblich verkleinert und ein anderes entsprechend ver-

größert werden, während die Fehler der Übertragungsfunktionen nur geringfügig erhöht werden. Die Fehlerbestimmung wird genauer, wenn man zuerst die Koordinatentransformation durchführt und dann die Übertragungsfunktionen bestimmt. Dazu wird zunächst ein nicht rotierter Impedanztensor errechnet und nur zur Bestimmung des Drehwinkels (z.B. nach der von Swift angegebenen Bedingung) genutzt. Die geglätteten Spektren werden danach an das durch α bestimmte Koordinatensystem überführt (Bahr, 1981).

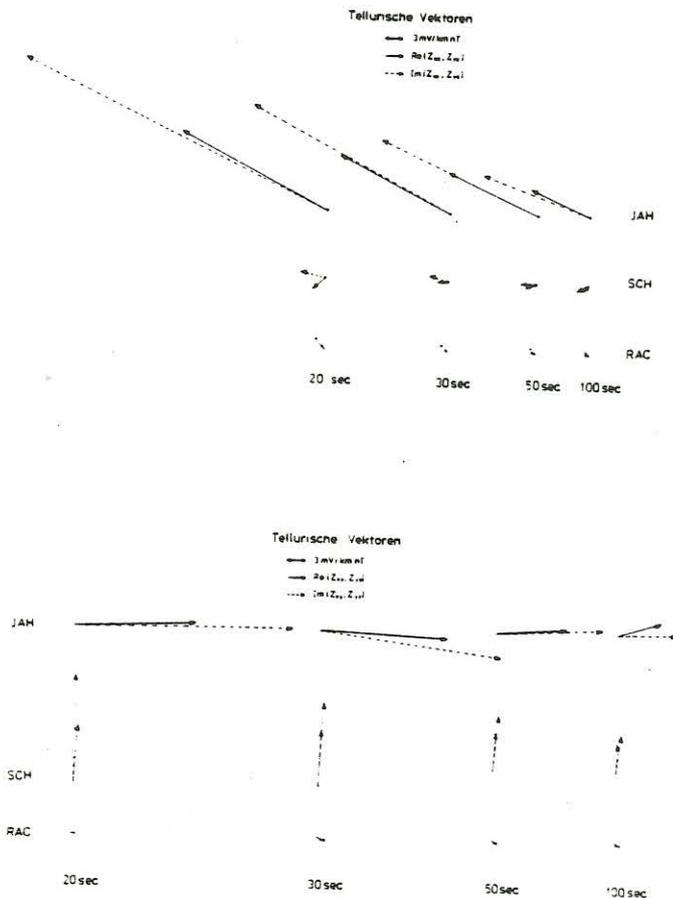


Abb.3a,3b: Tellurische Vektoren in rotierten Koordinaten: Impedanz und Richtung des mit der magnetisch-Nord-Komponente (3a) und mit der magnetisch-Ost-Komponente (3b) korrelierten Feldes.

Bei den Stationen Jahrdorf und Rackling ist auch nach der Rotation eines der Hauptdiagonalelemente mit den Nebendiagonalelementen vergleichbar. Der Rotationswinkel ist für die Station Schaibing für jede Periode ungefähr 14° , und dieser Winkel wurde für alle Stationen als Rotationswinkel angewandt. Im Idealfall sollten die Pfeile in Abb.3a nach Westen und in Abb.3b nach Norden zeigen, und bei 1- und 2-D-Verhältnissen sollten sie senkrecht aufeinander stehen. Man sieht, daß bei Jahrdorf und Rackling diese Bedingungen nicht

erfüllt sind. Der durch

$$S = \frac{|Z_{xx} + Z_{yy}|}{|Z_{xy} - Z_{yx}|} \quad (3)$$

definierte Skewnesskoeffizient liegt hier über 0,6, es ist für diese Stationen keine 2-D Auswertung möglich.

In Abb.4 sind die Induktionspfeile dargestellt, die nach

$$Z = (Z_H \ Z_D) \begin{pmatrix} H \\ D \end{pmatrix} \quad (4)$$

gewonnen wurden. Hier sind H, D, Z die frequenzabhängigen Fourier-transformierten der Komponenten des Magnetfeldes. Bei Anwesenheit einer 2-D Anomalie stehen die Pfeile senkrecht zur Streichrichtung der Anomalie und zeigen vom guten Leiter weg. Die Pfeile der 3 Stationen sind ungefähr gleich lang und zeigen nach Nordwesten, man erwartet also eine SW-NO streichende Anomalie. Bei Schaibing und Jahrdorf ändert sich die Richtung der Pfeile nicht, bei Rackling ist die Richtung periodenabhängig, d.h. je kleiner die Periode ist, desto besser ist die Übereinstimmung mit der Streichrichtung der mit der Hubschrauberelektromagnetik gefundenen Leitfähigkeitsanomalie.

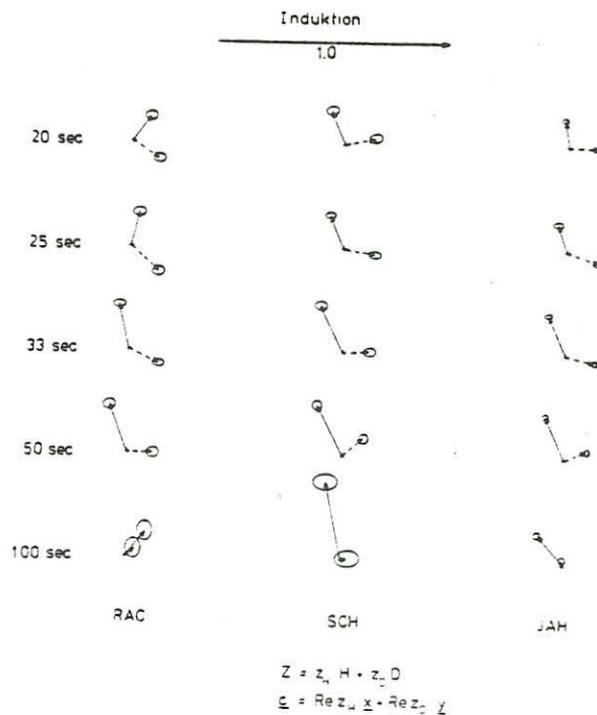


Abb.4: Induktionspfeile für 4 Perioden

Als nächster Schritt wurden aus Z_{xy} und Z_{yx} $\rho^*(z^*)$ Kurven berechnet. Da die E-W-Richtung im Hinblick auf die Hubschrauber-elektromagnetik als Streichrichtung für eine Leitfähigkeitsanomalie angenommen wurde, wurde Z_{xy} mit H und Z_{yx} mit E-Polarisation identifiziert. In Abb.5 sind die $\rho^*(z^*)$ Kurven für 3 Stationen dargestellt.

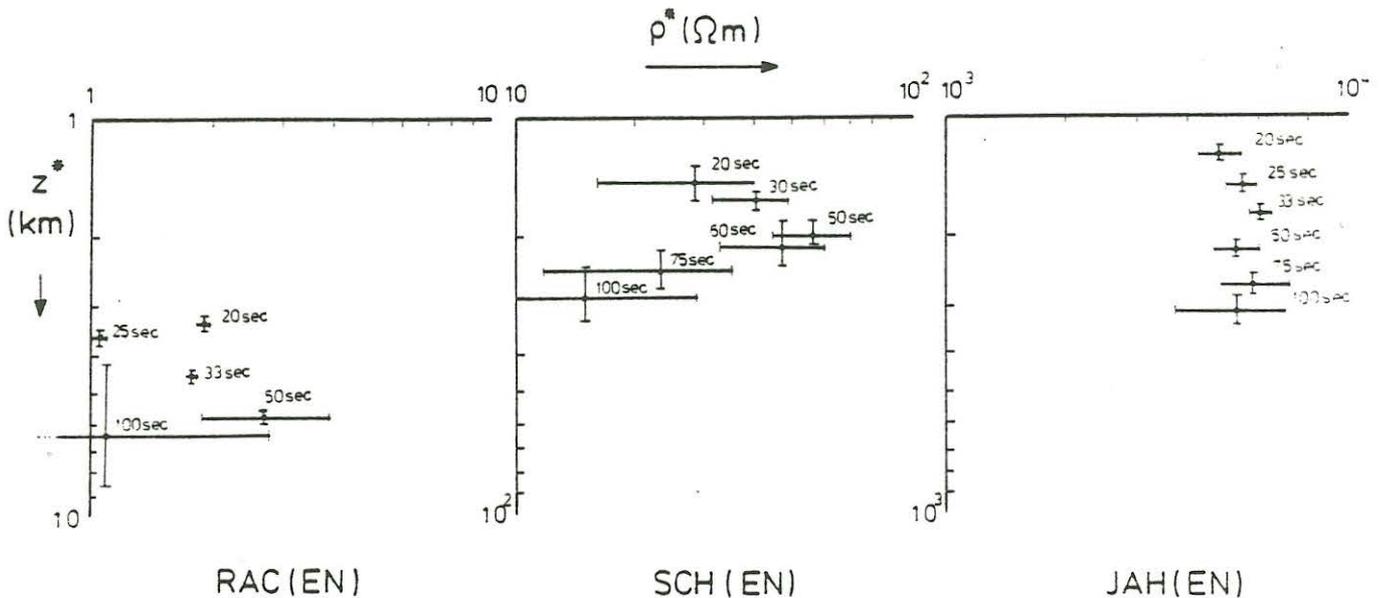


Abb.5: $\rho^*(z^*)$ Kurven für E-Polarisation

Man sieht, daß im Meßgebiet auf einer Länge von 2.5 km ein großer scheinbarer Widerstandsunterschied (fast eine Dekade) und natürlich parallel dazu große Eindringtiefenunterschiede existieren. Man erhält kleine Widerstände und kleine Eindringtiefen bei der Station Rackling, nach Norden vergrößern sich die Widerstände. Beispielsweise ist für die Periode 20s der scheinbare Widerstand bei Rackling ungefähr 2 Ωm und die Eindringtiefe 3 km, hingegen bei Schaibing 30 Ωm und 15 km und bei Jahrdorf 8000 Ωm und 120 km. Die Zahlen stimmen natürlich nicht, der Grund dafür können oberflächennahe Leitfähigkeitsanomalien sein, die das elektrische Feld in seiner Stärke und Richtung verändern. Allerdings läßt sich die Phase der Impedanz der drei Stationen gemeinsam interpretieren: Sie ist größer als 45° und steigt mit zunehmender Eindringtiefe.

Mit dem $\rho^*(z^*)$ Verfahren wird dieses Verhalten der Phase mit dem Modell einer nicht-leitenden Deckschicht über einem Halbraum erklärt. Die Abbildungen zeigen aber klar, daß wir mit unseren Perioden die obersten 8-10 km der Kristallinschichten nicht auflösen können, die Eindringtiefen sind dazu zu groß. -

Bekannterweise erweisen sich für eine 1-D Interpretation die Felder der E-Polarisation als günstiger, da das elektrische Feld parallel zur Streichrichtung der Anomalie gleichförmiger ist (Richards et al., 1980.) Als nächster Schritt soll für die mittlere Station ein 1-D Modell berechnet werden, in Abb.6 ist es dargestellt worden.

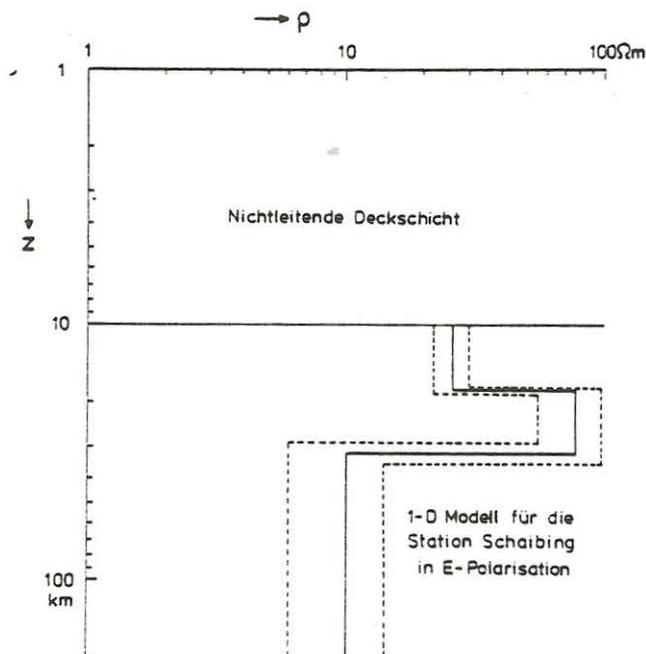


Abb.6: 1-D Modell für die Station Schaibing

Das Modell ist mit dem Schmucker'schen Psi Alogarithmus berechnet worden. Man kann dieses erweitern und speziell für die mittlere Station ein 2-D Modell ausrechnen. Die Modellvorstellung wäre diese: oben ein Gebiet niedriger Leitfähigkeit mit leitenden Einlagerungen, deren Breite und Mächtigkeit kleiner als die umliegende Schicht sein wird. Sie sollen den anomalen Bereichen der Hubschrauberelektromagnetik-Karte entsprechen. Die ersten Versuche sind schon gemacht worden. Ich halte es aber nicht für sinnvoll, für eine Station ein 2-D Modell vorzustellen.

Literatur:

Bahr, K.: Erdmagnetische und magnetotellurische Messungen am Harzrand und ihre Deutung durch ein zweidimensionales Leitfähigkeitsmodell.-Diplomarbeit, Institut für Geophysik, Universität Göttingen, 1981.

Fluche, B.: Magnetotellurik und Tiefensondierung in der Hessischen Senke.-Protokoll Erdmagnetische Tiefenforschung, Neustadt/Weinstraße, 21-26, 1982.

Meiser, P., E.O. Teuscher: Das Feld Götting-Ranna, geologisch-geophysikalische Kartierung eines Graphitvorkommens im Passauer Wald.- Geologica Bavarica, 55, 34-52, 1965.

Richards, M.L., U. Schmucker, E. Steveling und J. Watermann: Schlußbericht zum Forschungsprogramm "Erdmagnetische und magnetotellurische Sondierungen im Gebiet des Mitteleuropäischen Riftsystems". Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 126-76 E6D/317-77-11, Brüssel, 1980.

Schmucker, U.: Auswertungsverfahren Göttingen.-Protokoll Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung", Neustadt/Weinstraße, 163-188, 1978.

Sengpiel, K.-P., H.J. Rehli und W. Weinelt: Hubschrauber-Geophysik im Gebiet Erlau-Kropfmühl, östlich von Passau, Teil I: Electromagnetic-B6R/NLFB, Archiv-Nr. 82701, Hannover, 1979.