

B. TEZKAN

"Ein Interpretationsversuch zur Erklärung der konträren Phasenverläufe der E- und B-Polarisation am Ostrand der Hessischen Senke mit 2-D Leitfähigkeitsmodellen"

1. Einleitung und Fragestellungen

Das varistische Grundgebirge erstreckt sich als 500 km breiter Faltengürtel vom französischen Zentralplateau durch West- und Mitteldeutschland bis zur Elbelinie und besteht im wesentlichen aus folgenden Zonen: Rhenoherynikum, Saxothuringikum und Moldanubikum, wobei im Rheinischen Schiefergebirge fast keine metamorphen Schichten existieren, während die Metamorphose im Moldanubikum am höchsten ist. Das Meßgebiet "Hessische Senke" liegt im Rhenoherynikum an der Grenze zum Saxothuringikum. Seine Lage ist mit den magnetotellurischen Meßstationen auf einer geologisch-tektonischen Karte in Abb.1 dargestellt. Eine metamorphe Phyllitzone trennt die Krustensegmente des Rhenoherynikums und Saxothuringikums innerhalb der varistischen Gebirgsbildung. Der eingezeichnete Verlauf dieser Zone (Ritzkowski, 1987, mündliche Mitteilung) ist hypothetisch, da die wenigen vorhandenen Bohrungen eine detaillierte Aussage nicht zulassen.

Bereits im Paläozoikum nach der varistischen Gebirgsbildung fand in der Hessischen Senke Oberflächenvulkanismus statt, während gleichzeitig das varistische Gebirge abgetragen wurde. Dies ist die Ursache für den die Hessische Senke durchquerenden und rotliegenden Trog mit Mächtigkeiten von mehr als 1000 m. Über diesem liegen zum Teil Zechsteinvorkommen, da Hessen im oberen Perm vom Zechsteinmeer überflutet wurde. Während der dann folgenden Festlandzeit bildete sich in der Hessischen Senke verbreitet Buntsandstein. Außer der Station WAN sind alle Magnetotellurikstationen auf Buntsandsteinvorkommen aufgebaut, deren Grenzen in der Abb.1 gestrichelt eingezeichnet sind.

Es ist außerdem versucht worden, die Stationslagen so zu wählen, daß die möglichen Verzerrungen des elektrischen Feldes durch Zechsteinsalze vermieden wurde, zumindest für einen

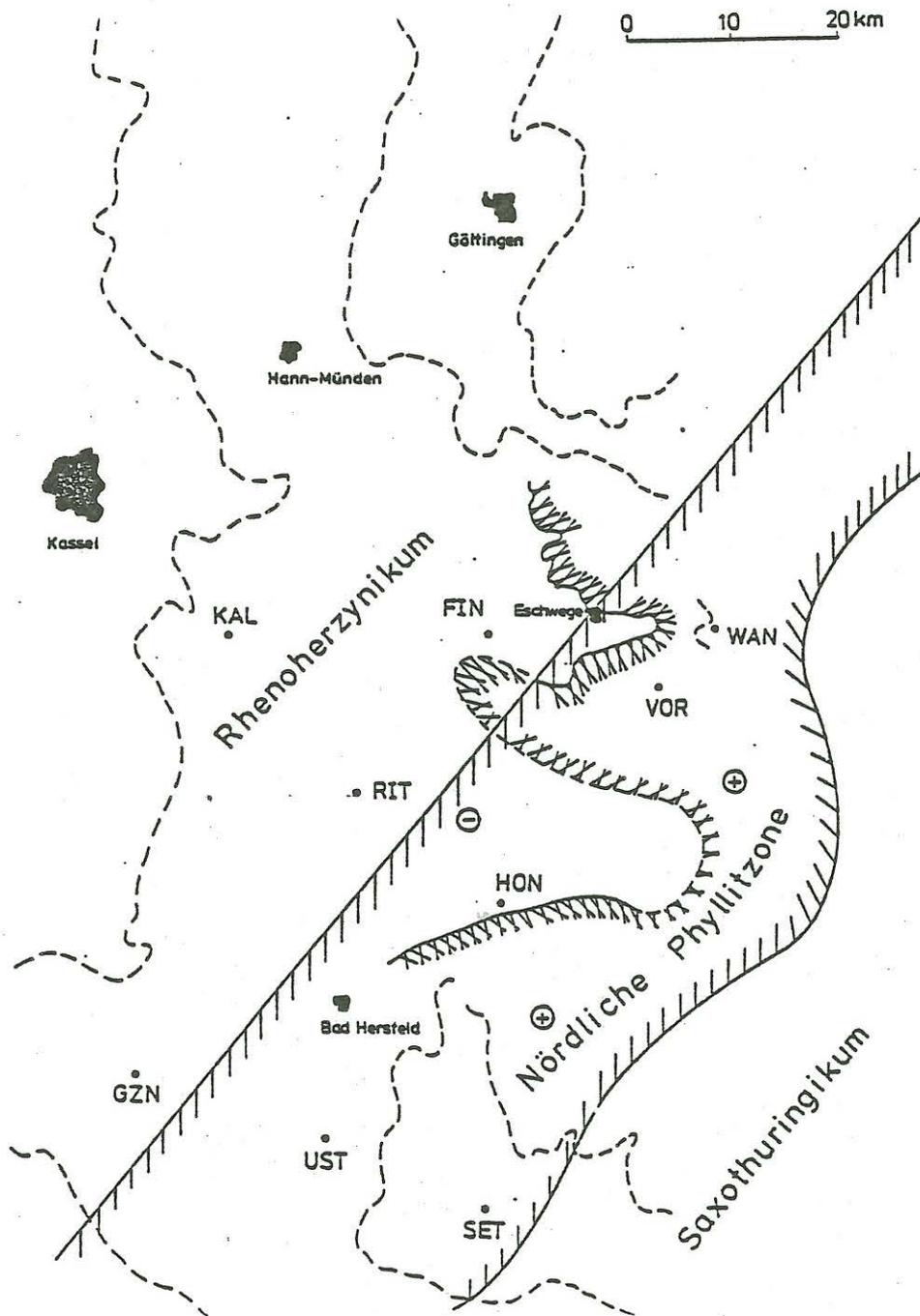


Abb.1: Die Magnetotellurikstationen auf einer vereinfachten geologisch-tektonischen Karte nach Weber (1981). Die durchgezogene Linie zeigt die Grenzen der Phyllitzone, die gestrichelte Linie die Grenzen der Buntsandstein-vorkommen und die schraffierte Linie die Grenzen von Zechsteinsalzen.

großen Teil der Meßstationen. Die schraffiert eingezeichneten Linien sollen die Salzgrenzen zeigen, die von den vorhandenen Bohrungen abgeleitet wurden, wobei das Vorzeichen (+) das Vorhandensein von Salzvorkommen und (-) das Fehlen kennzeichnet.

Die Hessische Senke war schon früher Ziel elektromagnetischer Sondierungen. Fluche (1983) hat mit sieben Stationen quer durch die Senke versucht, die Grabenanomalie herauszuarbeiten. GZN, UST und SET auf der Abb.1 waren seine östlichsten Stationen. Damals sah es so aus, daß die Beobachtungen im NW-Teil seines Profils durch eine nicht besonders ausgeprägte Grabenanomalie zu erklären waren, während im SO-Teil eine 3-D Struktur vorherrscht, die sich durch örtliche Salzauslagerungen erklären läßt. Die Oberflächenstruktur im NW, also die Fortsetzung des Meßprofils SET, UST, GZN nach NW, ist schlechtleitend, während im SO eine gutleitende Struktur vorherrscht, die sich auch in größere Tiefen fortsetzt. Es wird eine allgemeine Abnahme des scheinbaren Widerstandes und eine Zunahme des anomalen horizontalen Magnetfeldes von NW nach SO beobachtet. Die beiden Strukturen werden vermutlich von einem gebogenen guten Leiter im Untergrund getrennt (Fluche, 1983).

Die Station UST von B. Fluche wurde mit einem Induktionsmagnetometer nochmals besetzt, um Anschluß an die alten Messungen zu gewinnen. Es ist an jeder Station das erdelektrische und erdmagnetische Feld im Periodenbereich von Pulsationen, also 10 bis 600s, gemessen worden. Folgende Ziele und Fragestellungen lassen sich von den flächenhaften magnetotellurischen Beobachtungen ableiten:

- a) Die Fortsetzung des Fluche'schen Profils nach Norden, um den von ihm interpretierten gebogenen guten Leiter im Untergrund nach Norden zu verfolgen.
- b) Den Effekt der Phyllitzone auf EM-Sondierungen zu untersuchen.

Man sieht in Abb.1, daß die Stationen VOR und WAN direkt auf der Phyllitzone aufgebaut sind, sie sollten sich eigentlich von den anderen Stationen deutlich unterscheiden, wenn man aus den gewonnenen Übertragungsfunktionen Leitfähigkeitsmodelle berechnet.

Projiziert man also alle Stationen auf ein Profil, so scheint es eine gute Voraussetzung für zweidimensionale Modellierung zu geben. Diese Zweidimensionalität in der Leitfähigkeit könnte durch die Grenze der vermuteten Phyllitzone zustande kommen. Die Salzgrenzen (Abb.1) könnten aber auch eine Rolle spielen, denn die entscheidenden Stationen VOR und WAN stehen nicht nur auf der Phyllitzone, sondern auch auf dem Gebiet, in dem sicherlich auch Salzvorkommen zu finden sind.

Im folgenden sollen die Ergebnisse der erdmagnetischen Tiefensondierung in Form von Induktions- und Perturbationspfeilen und die Ergebnisse der Magnetotellurik in Form vom scheinbaren Widerstand und Phasenkurven dargestellt werden. Es wird später versucht, sie mit 1- und 2-dimensionalen Modellen zu erklären.

2 Darstellung und Diskussion der Übertragungsfunktionen

Die Vorbehandlung der Daten im Zeitbereich und die anschließende Analyse sind nach Standardmethoden durchgeführt worden (Schmucker, 1978). Für eine feste Frequenz und einen festen Ort sollen die durch \sim gekennzeichneten komplexen Fourieramplituden von Z (Vertikalkomponente des erdmagnetischen Feldes) und die beiden E-Feld Komponenten E_x und E_y durch folgende Ansätze auf diejenigen des lokalen H und D bezogen werden (H : Nord-, D : Ostkomponente des erdmagnetischen Feldes)

$$\begin{aligned}\tilde{Z} &= z_H \tilde{H} + z_D \tilde{D} + \delta\tilde{Z} \\ \tilde{E}_x &= Z_{xx} \tilde{H} + Z_{xy} \tilde{D} + \delta\tilde{E}_x \\ \tilde{E}_y &= Z_{yx} \tilde{H} + Z_{yy} \tilde{D} + \delta\tilde{E}_y\end{aligned}\quad (1)$$

Im Sinne einer Ausgleichsrechnung werden Schätzwerte für die als Koeffizienten eines Gleichungssystems erscheinenden Übertragungsfunktionen statistisch bestimmt. Die Übertragungsfunktionen der erdmagnetischen Tiefensondierung z_H und z_D drücken die Wirkung lateraler Inhomogenität der Leitfähigkeit aus, während in der magnetotellurischen Impedanz unter gewissen Vorbedingungen die Tiefenverteilung der Leitfähigkeit sichtbar wird.

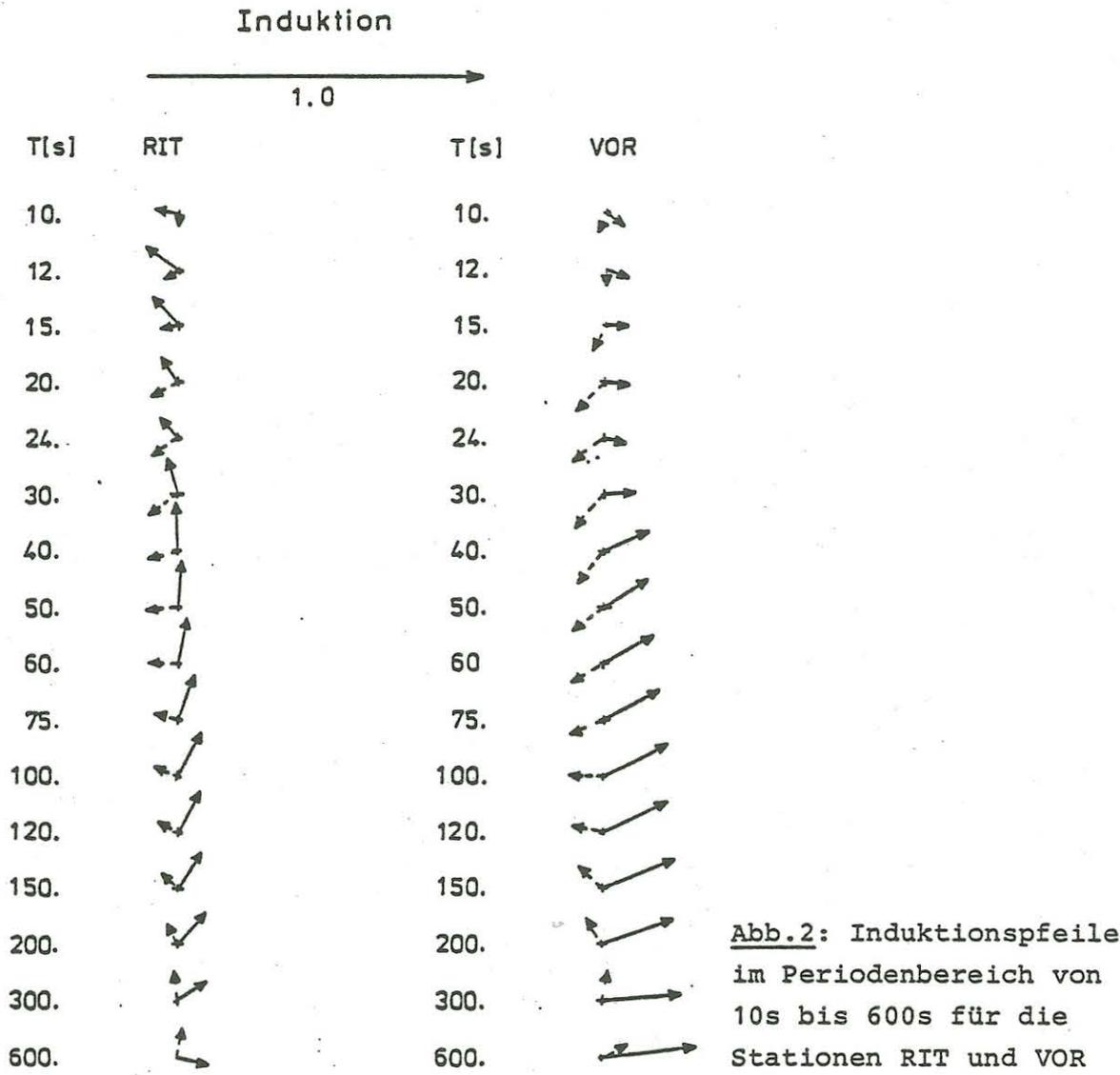
Zunächst beziehen sich die Impedanzen auf die nach dem örtlichen Magnetfeld orientierten Koordinaten. Sie werden dann auf ein um den Winkel α gedrehtes Koordinatensystem transformiert. Der Zweck einer solchen Transformation ist, möglicherweise vorhandene Symmetrien in der Leitfähigkeitsstruktur hervorzuheben, dies sind insbesondere langgestreckte quasi-zweidimensionale Strukturen. Diese Transformation ist für alle Stationen angewandt worden. Der Drehwinkel ist aus dem Swiftkriterium berechnet worden, wobei $|Z_{xx} - Z_{yy}|$ minimiert wird. Er ist zwar mehr oder weniger frequenzunabhängig für einzelne Stationen, ist aber nicht gleichbleibend über das ganze Meßgebiet wie etwa im Rheingraben oder im Schwarzwald. Die folgenden magnetotellurischen Betrachtungen beziehen sich auf ein um α gedrehtes Koordinatensystem, wobei der Winkel α für jede Station anders gewählt werden mußte.

2.1 Ergebnisse der erdmagnetischen Tiefensondierung

Abb.2 zeigt die Übertragungsfunktionen (z_H z_D) von 10s bis 600s in Form von Induktionspfeilen für die Stationen RIT und VOR, wobei die Station RIT die Stationen auf Rhenohertzynikum und die Station VOR die Stationen auf der Phyllitzzone charakterisieren sollte. Mit der Berücksichtigung der Gleichung 1 sind die Induktionspfeile definiert durch den Real- und Imaginärteil von \underline{u}

$$\underline{u} = z_H \hat{x} + z_D \hat{y} \quad (2)$$

mit \hat{x} und \hat{y} als Einheitsvektoren. Sie zeigen im Falle einer zweidimensionalen Anomalie vom guten Leiter weg und sind senkrecht zur Streichrichtung solcher Anomalien. Auf der Abbildung werden die Realteile von \underline{u} mit durchgezogenen Linien und die Imaginärteile mit gestrichelten Linien gekennzeichnet. Man sieht, daß die Induktionspfeile ihre Richtung mit zunehmender Periode systematisch ändern, dies ist besonders bei der Station RIT sehr dramatisch. Somit stimmt die angenommene Streichrichtung nur für die kürzeren Perioden überein. Für die längeren Perioden überwiegt eine andere Struktur in größeren Tiefen, etwa in NW Richtung.



Die imaginären Pfeile reagieren auf oberflächennahe Strukturen, so daß in dieser Darstellung die realen Induktionspfeile mit der tiefer liegenden Struktur mit NW Streichrichtung und die imaginären Induktionspfeile mit der oberflächennahen Struktur etwa in NO-SW Richtung korrespondieren. Außerdem sieht man auf der Abbildung sofort, wie kompliziert das Meßgebiet ist, die Real- und Imaginärpfeile stehen fast senkrecht zueinander.

Tabelle 1 zeigt eine vollständige Darstellung der z_H und z_D Werte von 3 ausgewählten Stationen für 2 Frequenzen.

Tabelle 1: z_H und z_D Werte mit ihren Fehlergrenzen für 0.6 und 0.8 cpm.

	0.6 cpm						0.8 cpm					
	z_H			z_D			z_H			z_D		
	Re	Im	Δ	Re	Im	Δ	Re	Im	Δ	Re	Im	Δ
KAL	.088	-.019	.006	.080	.026	.007	.082	-.033	.005	.071	.0073	.007
RIT	.129	.025	.005	.071	-.059	.006	.134	.016	.004	.047	-.069	.006
NOR	.092	-.0007	.007	.184	-.093	.006	.087	-.039	.004	.159	-.092	.005

Sie sollte einen besseren Überblick über die schwierige Interpretation der gewonnenen Daten geben, denn man sieht, daß für jede Station z_H und z_D vergleichbar groß ist und es nicht möglich ist zu entscheiden, welche von den Nebendiagonalelementen des Impedanztensors der E- bzw. B-Polarisation entsprechen, was bei vielen Gebieten von der Geologie her klar vorgegeben ist (siehe Rheingraben).

Für solche Fälle ist es zweckmäßig, daß man die anomalen Übertragungsfunktionen des horizontalen Magnetfeldes ansieht. Man bezieht also das an jeder Station gemessene Magnetfeld auf das Feld einer gewählten Normalstation (Gl.3), in unserem Beispiel ist dies die Station UST von B. Fluche. Die dort gemessenen H_n , D_n , Z_n werden als normal bezeichnet und werden von dem Feld an den anderen Stationen abgezogen. Die verbleibende Differenz ist das anomale Feld (mit dem Index a versehen).

$$\begin{pmatrix} H_a \\ D_a \\ \underline{B}_a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_H & h_D \\ d_H & d_D \\ \underline{W} & \underline{B}_n \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} H_n \\ D_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

Sind alle Elemente des sogenannten Perturbationstensors ungleich Null so kann man im Falle einer zweidimensionalen Anomalie den Matrix durch Rotation auf die Form bringen

$$\underline{W} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & d'_D \end{pmatrix} \quad \text{oder} \quad \underline{W} = \begin{pmatrix} h_H & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

indem man als Bedingung $|h_D|^2 + |d_H|^2 = \min$ benutzt. (5)

Dies ist für jede Station versucht worden. Das Ergebnis war, daß sowohl für kürzere als auch für längere Perioden h_H und d_D vergleichbar groß waren, daß also für diesen Periodenbereich eine 3-dimensionale Interpretation nötig ist. Der Perturbationstensor läßt sich aber im Periodenbereich von 30s bis 100s tatsächlich auf die Form von Gl.4a bringen. Tabelle 2 soll dies demonstrieren. Dargestellt sind der volle Perturbationstensor nach der Drehung für die Stationen KAL und RIT, beide im Rhenoherzytikum bzw. in der salzfreien Zone, und zwar für eine ausgewählte Periode von 100s. Oben sind die notwendigen Drehwinkel angegeben. Interessant ist die gute Übereinstimmung mit dem Swift-Winkel, den man erhält, indem man die Hauptdiagonalelemente des Impedanztensors minimiert. An dem gegebenen Zahlenbeispiel ist deutlich zu erkennen, daß das Element d_D im Gegensatz zu den anderen Elementen überwiegt. Der hauptsächliche Anteil der Ströme wird also von der D-Komponente induziert und fließt in NW-licher Richtung, etwa in der Streichrichtung der Phyllitzzone. Somit ist die Entscheidung für die Polarisationsrichtung getroffen, nämlich Z_{xy} sollte hier die E-Polarisation darstellen.

Nach der Darstellung der magnetotellurischen Übertragungsfunktionen stützen sich die folgenden 1-D Betrachtungen auf Z_{xy} , sie sollen dann als Startmodelle für die 2-D Modelle verwendet werden.

Tabelle 2: Perturbationstensor für $T = 100s$

KAL				RIT			
$\alpha = 62^\circ$		$\alpha_{\text{SWIFT}} = 67^\circ$		$\alpha = 58^\circ$		$\alpha_{\text{SWIFT}} = 57^\circ$	
$h_H = .060$	$-.001i$	$h_D = .025$	$-.032i$	$h_H = .018$	$+.018i$	$h_D = .0038$	$-.015i$
$d_H = -.005$	$-.020i$	$d_D = -.127$	$-.074i$	$d_H = -.024$	$-.016i$	$d_D = -.146$	$-.059i$

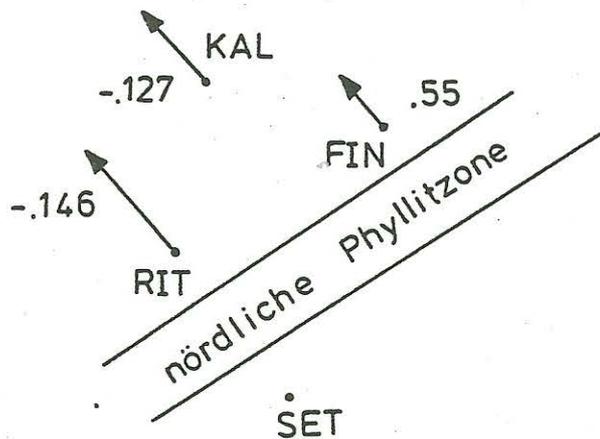


Abb.3: Schematische Darstellung der Perturbationspfeile

2.2 Ergebnisse der Magnetotellurik

Die Darstellung der magnetotellurischen Übertragungsfunktionen wird im folgenden in einem um α Grad gedrehten Koordinatensystem geschehen, und zwar werden die Nebendiagonalelemente des Impedanztensors als scheinbarer Widerstand und Phasenkurven dargestellt. Der Drehwinkel unterscheidet sich von Station zu Station und kann der Abbildung 5 entnommen werden.

Schon bei der Betrachtung der Induktionspfeile war ersichtlich, daß die gewonnenen Übertragungsfunktionen mit einfachen Modellen nicht interpretiert werden können und das Meßgebiet sehr kompliziert ist mit oberflächennahen lokalen Anomalien. Aus diesem Grund sollen sich die folgenden Betrachtungen über die Leitfähigkeitsverteilung im Untergrund auf die Phaseninfor-

mationen stützen. Denn bekanntlich ist die Stromverteilung im Falle lokaler Anomalien sehr kompliziert und beinhaltet große Amplitudenänderungen. Die Phasen der Ströme werden jedoch nicht verändert, d.h. man sollte wenigstens in den Phasen die großräumige Zweidimensionalität des Meßgebietes erkennen. Abb.4 soll dies demonstrieren. Aufgetragen sind die Phasen der Impedanz $Z_{x'y'}$ und $Z_{y'x'}$ von allen Meßstationen in gedrehten Koordinaten. Wie schon vorher erwähnt, schwankt der Drehwinkel ziemlich stark zwischen den Stationen (siehe Abb.6). Im oberen Teil der Abbildung sind die Phasen für die Stationen RIT, KAL und FIN aufgetragen, die alle im Rhenohertzynikum außerhalb der nördlichen Phyllitzone aufgebaut wurden. Die Fehlergrenzen sind aus Gründen der Übersicht weggelassen. Man sieht, wie konsistent die Phasen zwischen den Stationen sind und zwar für beide Polarisierungen. Immerhin ist die Entfernung zwischen KAL und FIN fast 25 km. Für den Fall der E-Polarisation ($Z_{x'y'}$) liegen alle Phasenwerte über 45° , dies bedeutet, daß ein schlechter Leiter über einem guten Leiter liegt (h-Modell). Für die B-Polarisation ($Z_{y'x'}$) liegen die Phasenwerte für alle Stationen unter 45° .

Betrachtet man in der unteren Darstellung der Abbildung die Phasen von VOR und WAN, die in der Phyllitzone aufgebaut wurden, so sieht man im Unterschied zu den Stationen im oberen Bild Phasen unter 45° und zwar für beide Polarisierungen, dies bedeutet, daß in diesem Gebiet ein schlechter Leiter unter einem guten Leiter liegen sollte (τ -Modell). Die Station HON ist eine Randstation und gehört mit ihren Phasen eigentlich zur oberen Darstellung.

Man sieht also von NW nach SO kommend, daß die Phasen ihren Verlauf mit der Phyllitzone plötzlich ändern. Diese großräumige Zweidimensionalität, die man in den Phasen sehr gut erkennen kann, soll dann mit Modellen erklärt werden.

Als nächstes sollen die scheinbaren Widerstandskurven für die E-Polarisation gezeigt werden, bevor auf die Modellrechnung eingegangen wird. Betrachtet man zunächst die ρ_a -Kurven für die Stationen VOR und WAN, beide auf der vermuteten Phyllitzone, so sieht man, daß der scheinbare Widerstand mit zunehmender Periode

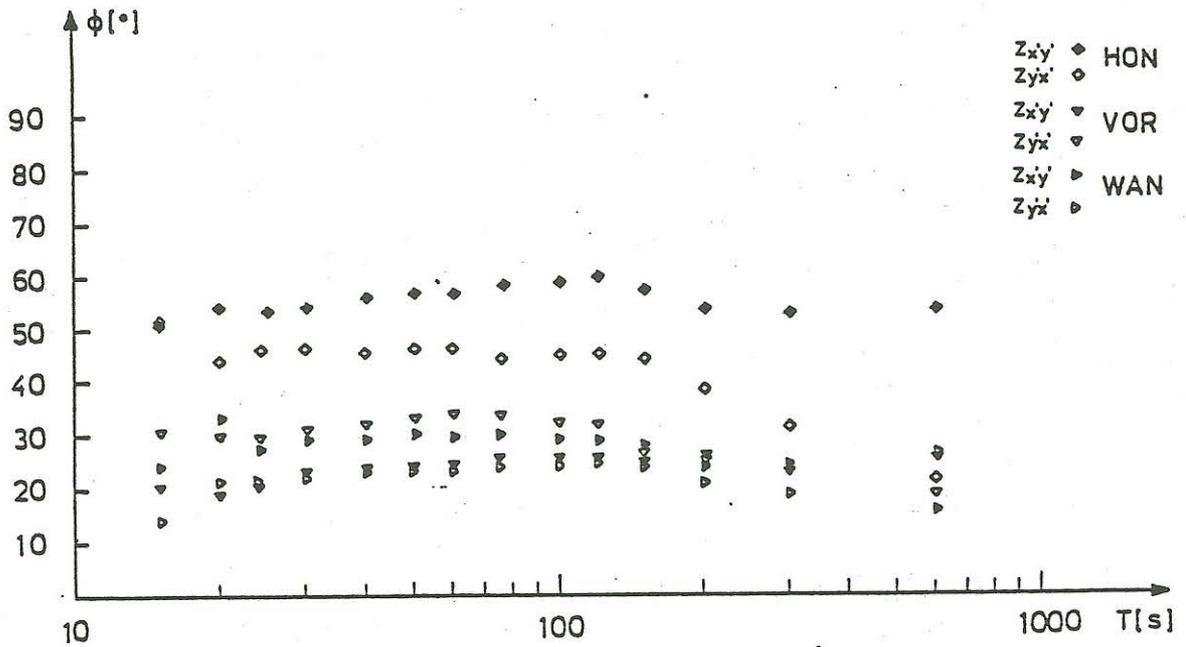
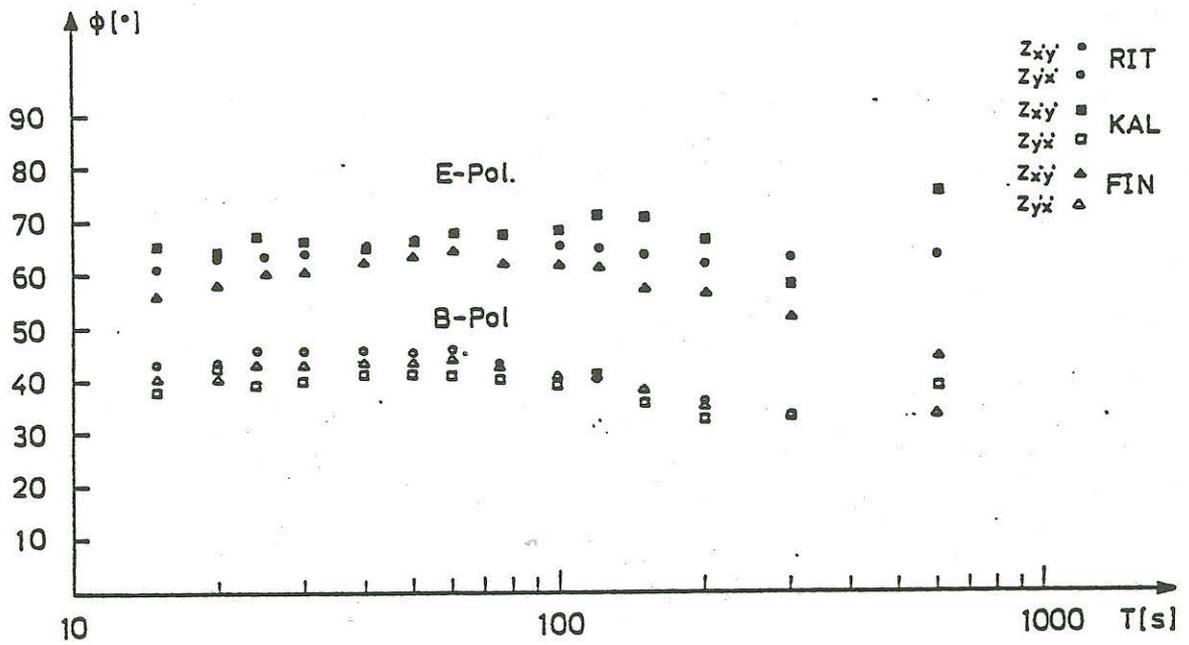


Abb.4: Phasenkurven für alle Stationen in der Hessischen Senke

zunimmt, was demnach die von den Phasen gewonnene Information bestätigt (τ -Modell). Hingegen zeigen die anderen Stationen KAL, RIT, FIN, HON, also die Stationen außerhalb der Phyllitzone, auch ein einheitliches Bild. Die Kurven sind auf der logarithmischen ρ_a -Achse nur verschoben, was auf eine Gleichstromverzerrung hinweist und der scheinbare Widerstand nimmt mit der Periode ab. Man erwartet also nach der Modellrechnung eine schlecht leitende Deckschicht und einen guten Leiter im Untergrund. Ohne Berücksichtigung der Gleichstromverzerrung sollte dieser gute Leiter im NW also bei der Station KAL viel tiefer liegen als im NO bei der Station HON, was mit den Ergebnissen von Fluche (1983) in guter Übereinstimmung ist.

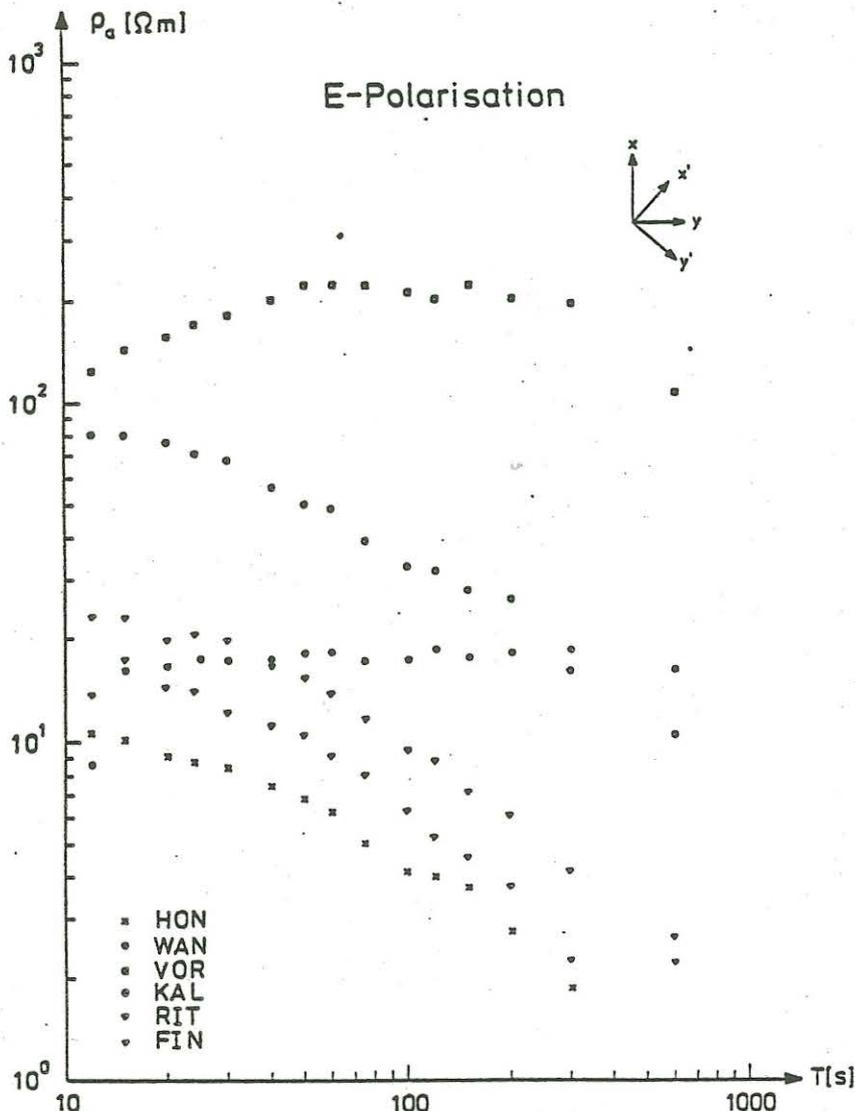


Abb.5: Scheinbare Widerstandskurven für E-Polarisation in gedrehten Koordinaten.

3. Interpretationen der Übertragungsfunktionen mit Modellen

Zunächst wurden von den zur angenommenen E-Polarisation gehörenden Elementen des Impedanztensors $Z_{x'y'}$ 1-D Modelle abgeleitet. Sie werden dann als Startmodelle für die 2-D Modellrechnung benutzt, die zumindest die großräumige Zweidimensionalität im Phasenverlauf erklären sollen. Abb.6 zeigt das Ergebnis der eindimensionalen Modellrechnung. Es wurde der Ψ -Algorithmus (Schmucker, 1974) bei der Modellrechnung verwendet und die flächenmäßig verteilten Stationen auf ein Profil projiziert. KAL bis HON sind also Stationen auf dem Rhenohertzynikum, VOR und WAN liegen auf der Phyllitzzone. Die zu jeder Station gehörigen Koordinatensysteme sind auch mit angegeben. Man sieht, daß bei der Station KAL bis 18 km Tiefe ein schlechter Leiter mit $75 \Omega m$ existiert, darunter kommt ein guter Leiter mit $5 \Omega m$, dessen Mächtigkeit etwa 3 km sein sollte. Wenn man nach Osten geht, so sieht man bei jeder Station denselben guten Leiter, und zwar bei der Station RIT in 10 km und bei FIN und HON in 3 km Tiefe. Man erwartet also einen oberflächennahen guten Leiter im Osten, der nach Westen in die Tiefe abfällt. Die 1-D-Modellrechnung der Stationen VOR und WAN, beide auf der vermuteten Phyllitzzone, zeigen keinen guten Leiter. Der von Osten nach Westen einfallende gute Leiter scheint sich tatsächlich unter der Phyllitzzone nicht fortzusetzen.

Ausgehend von der 1-D Modellrechnung in Abb.6 soll nun ein 2-D Modell berechnet werden, das zumindest die beobachteten Phasen der beiden Polarisationen erklären kann, in denen man die regionale Zweidimensionalität erkennen konnte. Abb.7 zeigt einen solchen Versuch. Dargestellt ist also ein 2-D Modell, das aus 1-D Modellen abgeleitet wurde. Am unteren Teil der Abbildung sind die beobachteten Phasen der Stationen KAL für die E-Polarisation ($Z_{x'y'}$) und für die B-Polarisation ($Z_{y'x'}$) nochmal in gedrehten Koordinaten dargestellt und werden mit den Modellphasen verglichen. Man sieht, daß die Modellphasen der E-Polarisation die $Z_{x'y'}$ Phasen der Station KAL sehr gut erklären können, während die Modellphasen der B-Polarisation weit über 60° liegen, so daß sie also die um 40° liegenden $Z_{y'x'}$ Phasen auch nicht näherungsweise erklären.

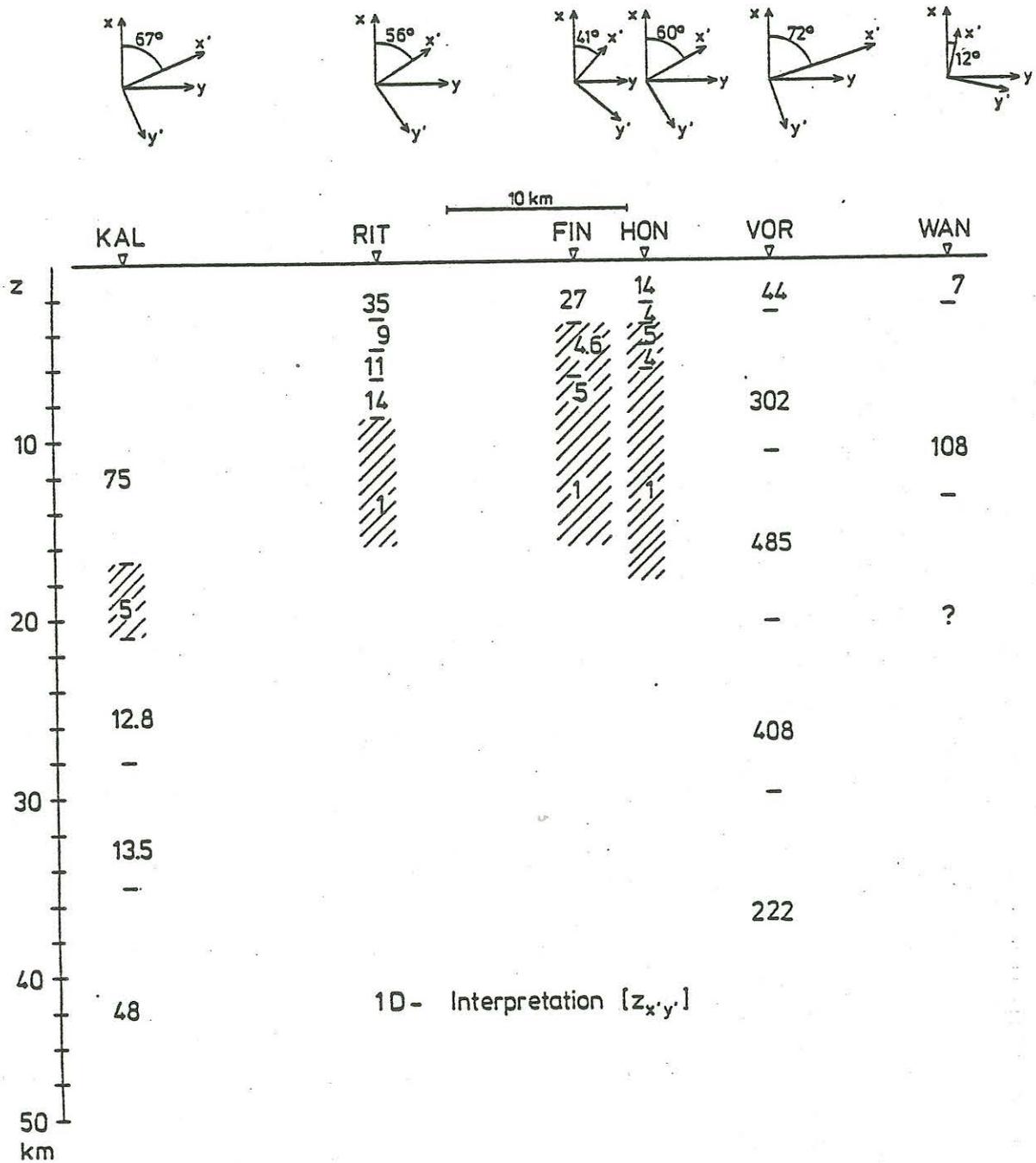


Abb.6: Die Ergebnisse der 1-D Modellrechnung für alle Stationen in der Hessischen Senke. Die Zahlen auf der Abbildung symbolisieren die spez. Widerstände in Ωm. Der schraffierte gute Leiter scheint im Osten unter der Phyllitzone (Stationen VOR und WAN) aufzuhören

2-D Modell

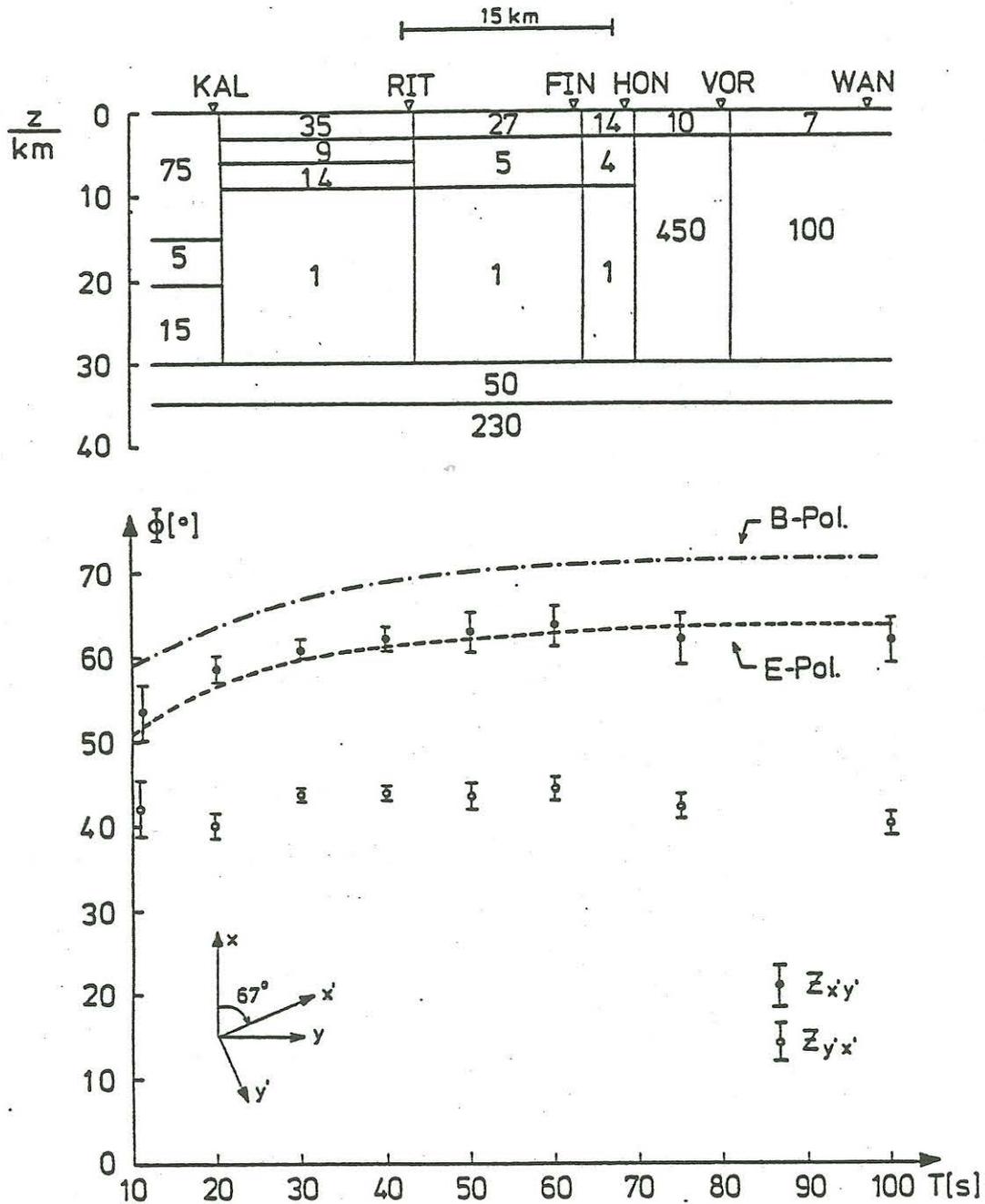


Abb.7: 2-D Modell für die Hessische Senke und Vergleich der beobachteten Phasen mit den Modellphasen (gestrichelte Linie) für die Station KAL.

Faßt man also die bisherigen Beobachtungen zusammen, so hat man folgendes Bild für die Stationen in der Hessischen Senke außerhalb der Phyllitzone:

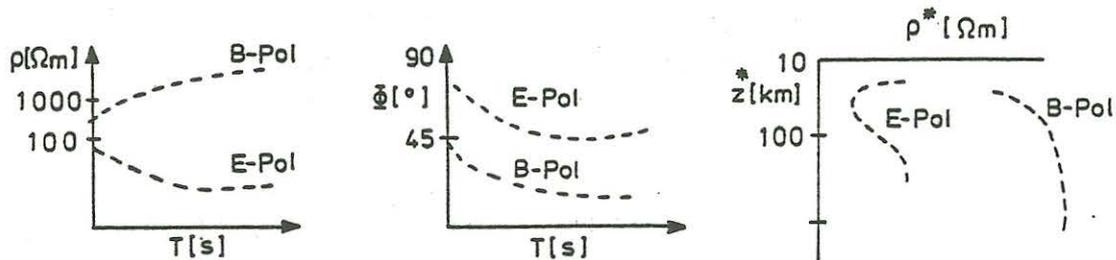


Abb.8: Schematische Darstellung der beobachteten ρ_a , ϕ und $\rho^*(z^*)$ Kurven in der Hessischen Senke.

Ähnliche scheinbare Widerstandskurven und Phasenkurven sind im Schwarzwald (Tezkan, 1988) oder im Hunsrück (Bahr, 1988) immer wieder beobachtet worden. Betrachtet man die E-Polarisation, so erkennt man bei den genannten Meßgebieten, daß eine schlechtleitende Schicht in einer bestimmten Tiefe in eine schmale, vergleichsweise extrem leitende Zone übergeht. Hingegen erscheinen die Meßgebiete für die B-Polarisation praktisch als Nichtleiter. Für die Interpretation solcher Beobachtungen gibt es nach Schmucker (1987) folgende Möglichkeiten:

- a) Gleichstromverzerrung des E-Feldes
- b) 3-D Effekte
- c) Pseudo Anisotropie

a) entfällt, wenn die Phasen weit auseinander liegen,
 b) entfällt, wenn keine magnetische Anomalie beobachtet wurde, und die Richtung der tellurischen Vektoren regional einheitlich sind. Den Fall c) stelle man sich so vor, daß die Erdkruste in einer bestimmten Tiefe in x'-Richtung besser leitend sein sollte als in y'-Richtung, d.h. sie bestehe in der genannten Tiefe aus einer quasi endlosen Folge guter und schlechter Leiter. Diese Serie von guten und Schlechten Leitern verursachen den konträren Phasenverlauf und die weitauseinander liegenden ρ_a Kurven. Das

Widerstandsverhältnis von gutem zu schlechtem Leiter spielt natürlich für die Modellanpassung eine sehr wichtige Rolle. Eine Anzahl von Modellstudien mit Pseudo-Anisotropiemodellen für die Schwarzwalddaten (Schmucker und Tezkan, 1987) zeigen, daß ohne "vertikal stehende dykes" die beobachtete Anisotropie mit den 2-D Modellen nicht reproduziert werden kann.

Dies verbesserte 2-D Modell in der Abbildung 9 für die Hessische Senke sollte nun die oben genannten Überlegungen bestätigen. Den Unterschied zu Abb. 7 stellen lokale Anomalien zwischen den Stationen dar, die keinen guten Leiter enthalten. Für die E-Polarisation sind diese lokalen Anomalien ohne Bedeutung, wohl aber für die B-Polarisation, und das wäre eine Möglichkeit, die Modellphasen der B-Polarisation wie beobachtet, auch unter 45° zu ziehen, indem man ein optimales Widerstandsverhältnis von gutleitenden dykes zu der schlechtleitenden Umgebung wählt.

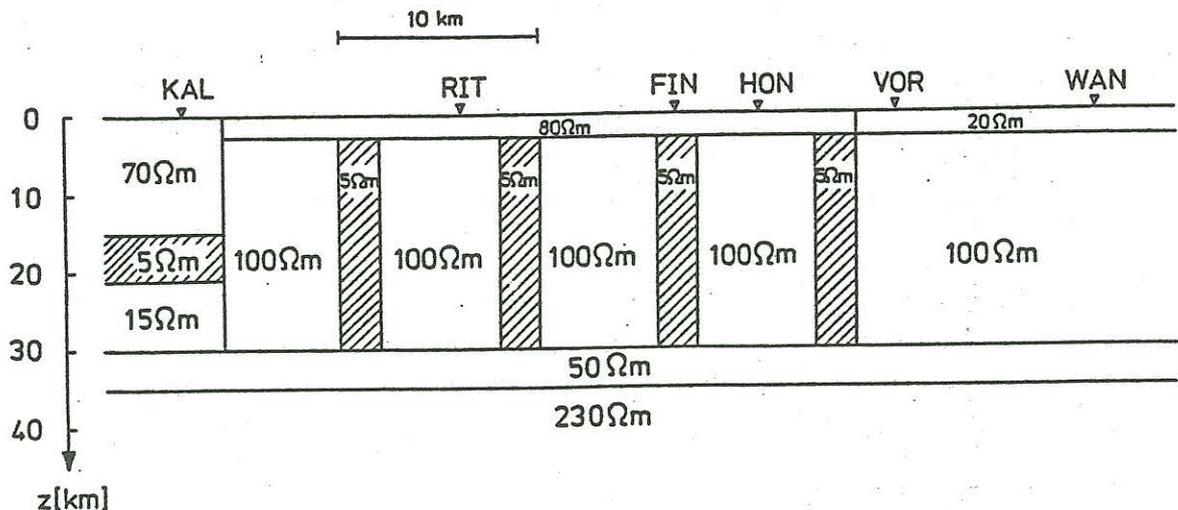


Abb.9: Das 2-D Modell mit vertikal stehenden dykes.

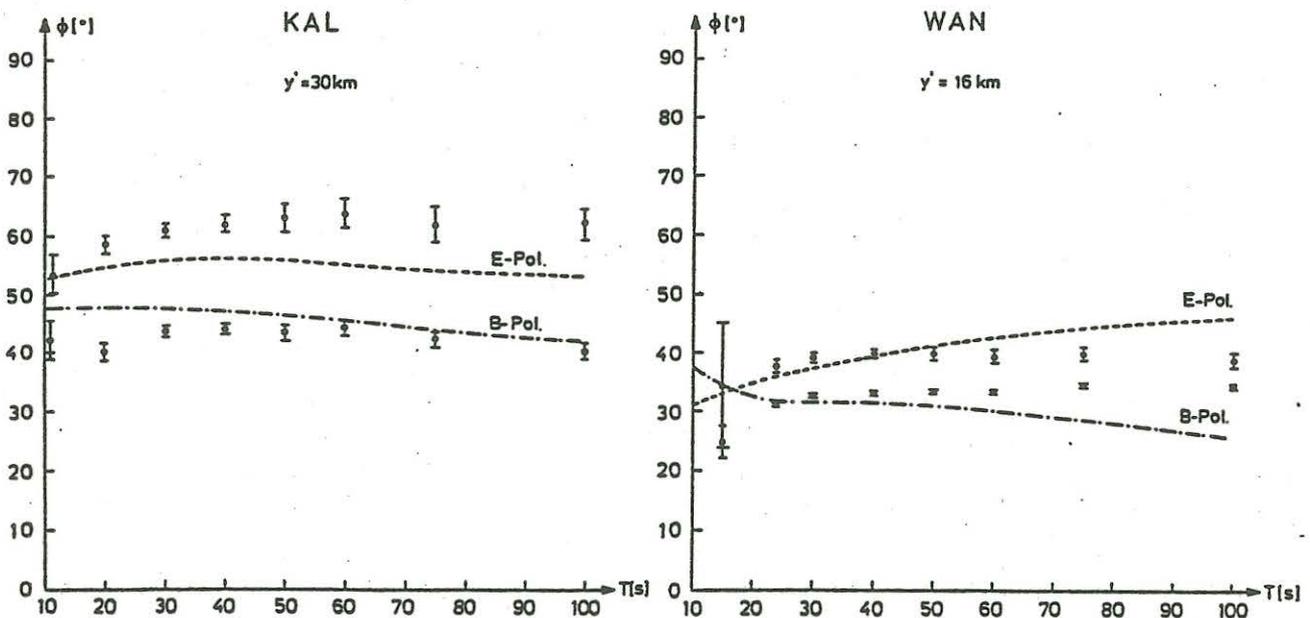


Abb.10: Das Ergebnis der 2-D Modellrechnung mit einem Pseudo-Anisotropie Modell aus Abb.9 für 2 ausgewählte Stationen auf dem Rhenohertzynikum und auf der Phyllitzone. y' gibt die Entfernung von der vermuteten westlichen Grenze der Phyllitzone. Die gute Übereinstimmung zwischen Modell und beobachteten Phasen kann auf alle Stationen angewandt werden, da sie sich voneinander wenig unterscheiden (Abb.4)

Abb.10 zeigt das Ergebnis der Modellrechnung mit dem verbesserten 2-D Modell aus Abb.9. Dargestellt sind die Phasen der E- bzw. B-Polarisation für 2 ausgewählte Stationen als Funktion der Periode. Die Station KAL soll die Stationen auf dem Rhenohertzynikum und die Station WAN die Stationen auf der Phyllitzone charakterisieren. Die gestrichelten Linien in der Abbildung sind die Modellphasen, die aus dem 2-D Modell in Abb.9 ausgerechnet wurden. Man sieht, daß es jetzt gelungen ist, die Phasen der B-Polarisation für die Station KAL mit dem verbesserten Modell unter 45° zu ziehen, in Übereinstimmung mit den Beobachtungen (vgl. Abb.7). Das Modell ist auch imstande, die beobachteten Phasen auf der Phyllitzone vollständig zu erklären.

4. Schlußbemerkungen

Die hier vorgeschlagenen zweidimensionalen Pseudo Anisotropie Modelle sind eine Notlösung zur Erklärung der unterschiedlichen Phasenverläufe der E- und B-Polarisation und der magnetotellurischen Anisotropie. Die Erdkruste ist eigentlich ein schlechter Leiter, aber es kann in bestimmten Gebieten und in bestimmten Tiefen eine Serie von vertikal, aber auch mit einem Winkel α geneigten dykes existieren, die eine höhere Leitfähigkeit haben als ihre Umgebung. Sie werden dann als eine gutleitende Schicht interpretiert, wenn das tellurische Feld parallel zu ihnen ist.

Im Grunde genommen müssen Modellrechnungen mit echter Anisotropie durchgeführt werden, das zu lösende Induktionsproblem bleibt aber zweidimensional. Wegen der induktiven Ankopplung an einen isotropen Halbraum tritt in diesem Fall aber eine Wechselwirkung zwischen tangential elektrischen und tangential magnetischen Teillösungen auf.

5. Literatur

- Bahr, K.: Interpretation of the magnetotelluric impedance tensor: regional induction and local telluric distortion. *J. Geophysics*, 62, 119-127, 1988
- Fluche, B.: Erdmagnetische Tiefensondierung und Magnetotellurik in der Hessischen Senke. Diplomarbeit Inst. f. Geophysik, Univ. Göttingen, 1983
- Schmucker, U.: Erdmagnetische Tiefensondierung mit langperiodischen Variationen. Protokoll Kolloquium Elektromagnetische Tiefenforschung, Grafrath, 313-342, 1974
- Schmucker, U.: Auswertungsverfahren Göttingen. Protokoll Kolloquium Elektromagnetische Tiefenforschung, Neustadt/Weinstraße, 163-188, 1978

- Schmucker, U., Tezkan, B.: Die elektrische Leitfähigkeit der unteren Kruste im südlichen Schwarzwald und Rheingraben. Arbeitsbericht zum Vorhaben Schm 101/14-1 im Schwerpunkt "Untere Kruste", 1987
- Schmucker, U.: Directional dependence of telluric variations in western and southwestern Germany. Poster, XIX General Assembly of the IUGG, Vancouver, 1987
- Tezkan, B.: Electromagnetic sounding experiments in the Schwarzwald central gneiss massif. J. Geophysics, 62, 109-118, 1988
- Weber, K.: The structural development of the Rheinische Schiefergebirge. Geol. Mijnbouw, 60, 149-159, 1981