

Magnetotellurik in der Oberpfalz

Gundelach et al.
 Institut für Geophysik, Göttingen

In der Zeit von 1987-1989 wurden Messungen zeitlicher Variationen des erdmagnetischen und erdelektrischen Feldes in der Oberpfalz durchgeführt mit dem Ziel der Bestimmung einer Tiefenverteilung der elektrischen Leitfähigkeit im Umfeld der KTB. Die folgende Darstellung 1 zeigt die geographische Lage der Stationen und schematisch die Geologie der Region. Einen Leitfähigkeitskontrast bilden gutleitende Sedimente im Westen zum hochohmigen Kristallin im Osten.

Anisotropie, Skewness

Die folgende Tabelle listet die über alle Frequenzen gemittelten Swift Winkel jeder Station auf sowie die Größenordnung der Anisotropie und Skewness nach der Koordinatendrehung um $\bar{\alpha}$ (Nord über Ost).

Station	ESB	BIR	BAY	NAB	PUE	HAM	SELB
$\bar{\alpha}$ Swift	30	50	50	50	40	-15	-15
Anisotropie	1-5	3-10	1.0-1.2	12-50	10-25	7-13	2-7
Skewness	0.1-0.2	0.1-0.7	0.1-0.3	0.6-0.9	0.3-0.7	0.1-0.6	0.2-0.6

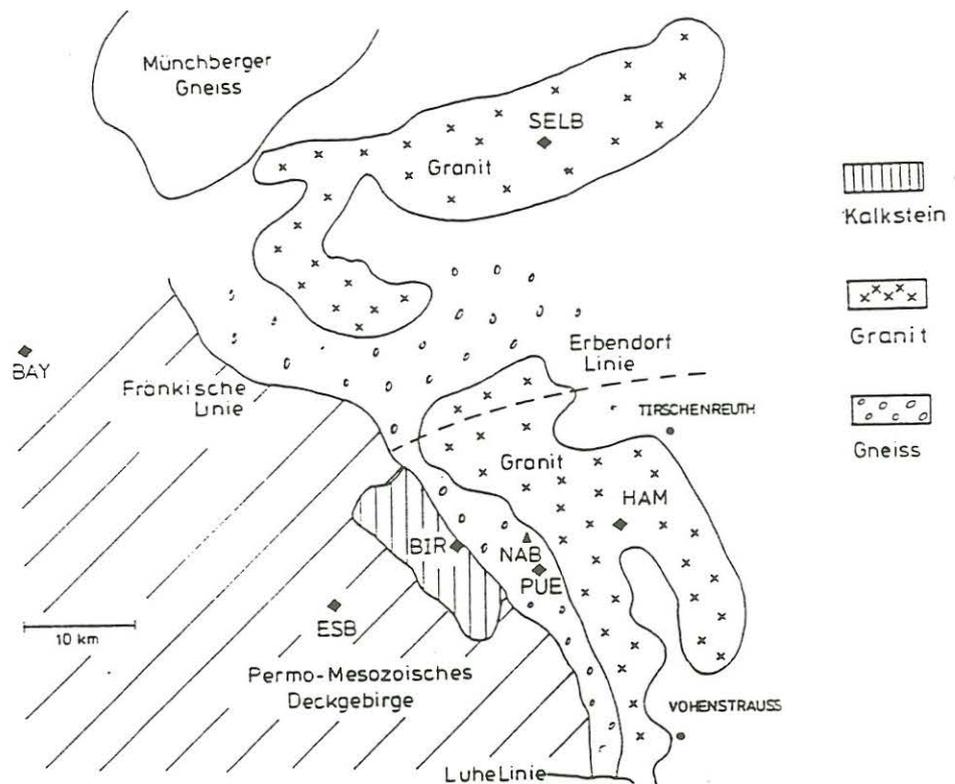


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Geologie des Meßgebietes und der Lage der Stationen

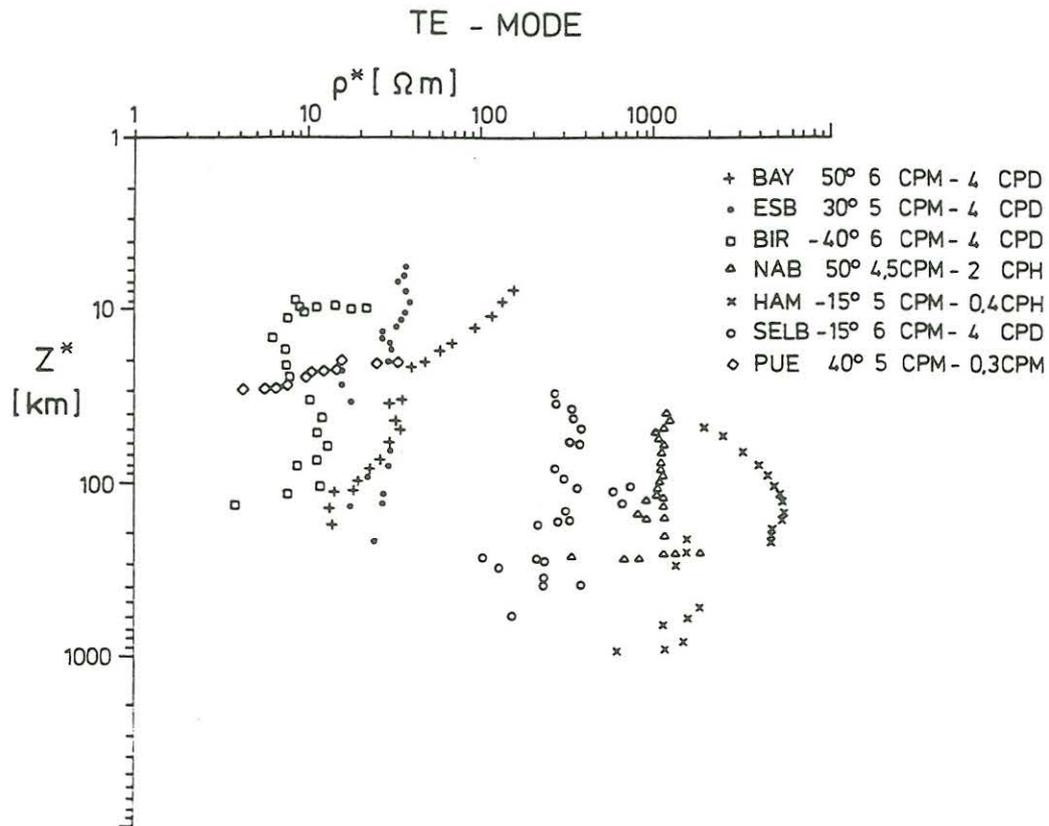


Abbildung 2: Scheinbarer Widerstand in $\rho^*(z^*)$ Darstellung aller Stationen nach Koordinatendrehung in TE-Mode.

Die Swift Winkel sind auf $\pm 90^\circ$ bestimmbar und geben je eine einheitliche Streichrichtung für die Stationen westlich und östlich der KTB Lokation wieder. Die Skewness und Anisotropie verdeutlichen, daß lediglich BAY und eingeschränkt ESB eindimensional interpretiert werden können. Die Anisotropie wurde so berechnet, daß sich Werte ≥ 1 ergeben.

Widerstands-Tiefenverteilung

Zur Darstellung der scheinbaren Widerstandsverteilung mit der Tiefe $\rho^*(z^*)$, ist die Komponente der E-Polarisation gewählt worden. Auf die Darstellung der Fehler wurde zur besseren Übersicht verzichtet. Die scheinbaren Widerstände der Kristallinstationen sind um eine Größenordnung höher als die der Sedimentstationen. Die Eindringtiefen z^* der längsten Perioden unterscheiden sich zum Teil erheblich, obwohl die Stationen in Relation zur Eindringtiefe nahe beieinander liegen. Dies ist ein Hinweis auf Verzerrungen.

Verzerrungen

In den Impedanzen Z enthaltene Verzerrungen des elektrischen Feldes können entfernt werden durch einen Vergleich mit unverzerrten komplexen Eindringtiefen C des magnetischen

Tagesganges $Z = i\omega C$. An die genau bestimmten C_o der ersten vier Tagesharmonischen für Fürstenfeldbruck, nach Olsen (1991), wird ein Schalenmodell angepaßt das als Normalmodell für die Oberpfalz dient.

Schale 1: 197 km , 170 Ωm
 Schale 2: 10 km , 41 Ωm
 Schale 3: 430 km , 317 Ωm
 Halbraum: 5.2 Ωm

C_o [km] FUR (nach Olsen)			
cpd	Re(C)	Im(C)	dC
1	608	-243	(4)
2	507	-217	(4)
3	438	-221	(5)
4	389	-220	(7)

C [km] (Modell) FUR		
cpd	Re(C)	Im(C)
1	609	-247
2	507	-231
3	441	-223
4	392	-212

Mit diesem Modell werden Verzerrungsmatrizen \underline{A} für alle Stationen berechnet. Die von einer Verzerrung befreite Impedanz ergibt sich aus der inversen Verzerrungsmatrix und den gemessenen Impedanzen.

$$\underline{Z}_{Entz}(\omega) = \underline{A}^{-1} \cdot \underline{Z}(\omega)$$

In der folgenden Auflistung sind die Verzerrungstensenoren frequenzgemittelt über den Frequenzbereich von 3.5 cph bis 4 cpd (soweit vorhanden) für jede Station festgehalten, mit Drehwinkel des Koordinatensystems rechtshändig gegen Nord.

BAY	-40°	SELB	-15°
(0.418 -i0.023)	(-0.148 i0.013)	(0.664 -i0.207)	(-1.132 i0.162)
(0.092 -i0.014)	(0.552 -i0.010)	(-0.265 i0.198)	(1.198 -i0.136)

BIR	-40°	HAM	-15°
(0.351 -i0.030)	(0.008 i0.024)	(0.539 i0.022)	(0.673 -i0.003)
(0.007 i0.001)	(0.055 i0.010)	(-0.424 i0.317)	(4.080 -i0.242)

ESB	30°	NAB	50°
(0.103 i0.007)	(0.066 -i0.017)	(2.208 i0.198)	(0.470 -i0.046)
(0.052 i0.018)	(0.530 -i0.059)	(-0.649 i0.000)	(0.094 -i0.042)

Die Imaginärteile der Koeffizienten sind verschwindend klein bei den Sedimentstationen, und die Maxima liegen auf der Diagonalen, so daß die Realteile der Diagonalelemente als 'static shift' einer 2D-Struktur angesehen werden können. Der Verzerrungstensor der Kristallstationen dagegen ist vollständig besetzt mit Imaginärteilen $\neq 0$. Hier ist eine mögliche Gleichstromverzerrung von 3D-Verzerrungen überlagert.

Weiter wurde versucht Verzerrungen aus der Analyse der Zwischenharmonischen zu gewinnen. Hier war jedoch jeweils nur eine Komponente des Impedanztensors brauchbar. Bezüglich des FUR-Modells wurde diese Komponente für die Bestimmung komplexer Verzerrungsfaktoren der Frequenzen 2,5 bis 9 cpd genutzt. Frequenzgemittelt ergeben sich folgende Werte für die Stationen:

Station	ESB	BIR	BAY	HAM	SELB
a_{22}	0.694 -i0.062	0.521 -i0.248	0.554 -i0.005	5.306 -i0.210	1.261 -i0.037

Die Verzerrungsfaktoren für die Sedimentstationen weichen relativ stark von 1 ab und der Imaginärteil bei BIR ist nicht zu vernachlässigen. Eine enorme Verzerrung zeigt HAM mit einem Faktor 5.

1D Inversionsmodelle

Die Impedanztensoelemente der xy-Komponente nach Koordinatentransformation wurden mit dem oben genannten Faktor a_{22} entzerrt. Getrennt für Pulsationen und Variationen wurden diesen Daten 1D Modelle angepaßt, obwohl dies für die Kristallinstationen wenig sinnvoll erscheint. Den Stationen wurden die 1D Modelle gemäß ihrer geographischen Lage zugeordnet. So wird es möglich, sich sowohl eine N-S, als auch E-W Leitfähigkeitsverteilung vorzustellen. Den Widerstandswerten wurde eine mit der Leitfähigkeit korrelierte Schraffur gegeben. Gutleitende Schichten sind dunkler schraffiert. Der Drehwinkel und die Modellanpassungsparameter jeder Station sind in der folgenden Auflistung eingetragen. Die Modellanpassung für die Pulsationsdaten erfolgte im Periodenbereich von 15 bis 200 s.

Station	BAY	ESB	HAM	SELB
α (Swift)	45°	-55°	75°	75°
Glättung	.01	.01	.07	.01
d_o [km]	14	5	6	18
ρ_o [Ωm]	364	72	153	408
s_o	.044	.024	.027	.044
ϵ	.044	.052	.120	.160

Die Modelle zu den Pulsationsdaten zeigen eine erhöhte Leitfähigkeit der Sedimentstationen gegenüber den Kristallinstationen in ihren Deckschichten. Dies, obwohl durch die Entzerrung eine Angleichung des Leitfähigkeitsniveaus aller Stationen stattgefunden hat. Die Modelle zu den Variationsdaten, angepasst an den Periodenbereich von 9 min. bis 4 Std., sollten etwa das zur Entzerrung benutzte Schalenmodell wiedergeben. Diese Struktur ist in allen 1D Anpassungen zu erkennen, bei BAY sehr gut, bei ESB allerdings weniger deutlich. Die Parameter der Modellanpassung zu den Variationsdaten lauten:

Station	BAY	ESB	HAM	SELB
α (Swift)	60°	-20°	70°	-70°
Glättung	.01	.1	.01	.01
d_o [km]	80	18	40	60
ρ_o [Ωm]	109	13	47	166
s_o	.029	.081	.069	.152
ϵ	.056	.384	.123	.152

Ausblick

Die gezeigten Modelle und Widerstandskurven berücksichtigen nur eine Komponente der Impedanz und vermitteln eine grobe Vorstellung der Leitfähigkeitsverhältnisse im Meßgebiet. Auch 2D Modelle welche die Phase in weiten Frequenzbereichen erklären und den scheinbaren Widerstand in der Größenordnung erfassen können nicht alle Parameter erklären. Um nicht nur Teilaspekte betrachten zu können sind 3D Modellrechnungen nötig.

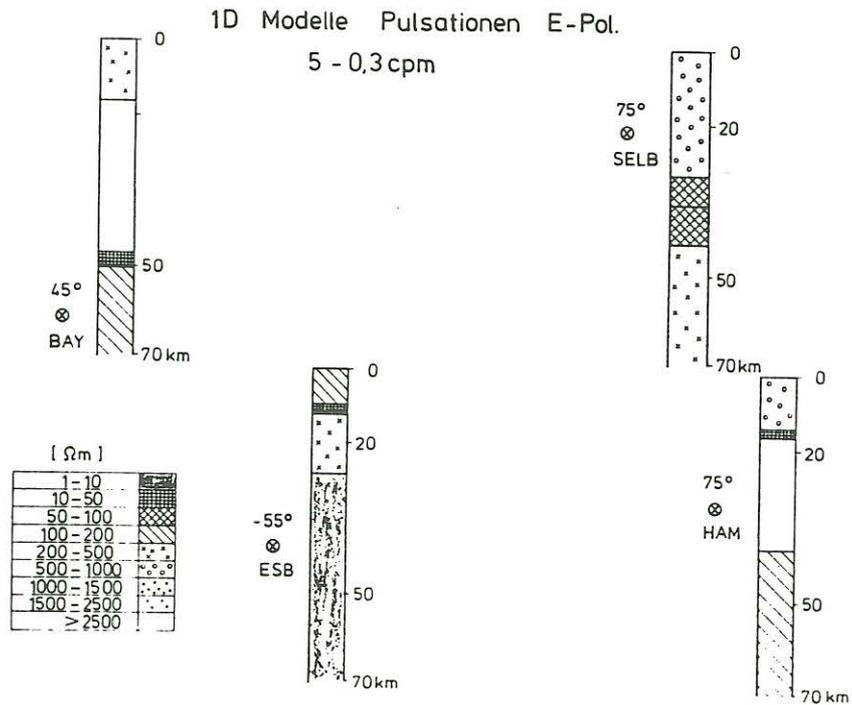


Abbildung 3: 1D Modelle von Pulsationsdaten in E-Polarisation nach Entzerrung.

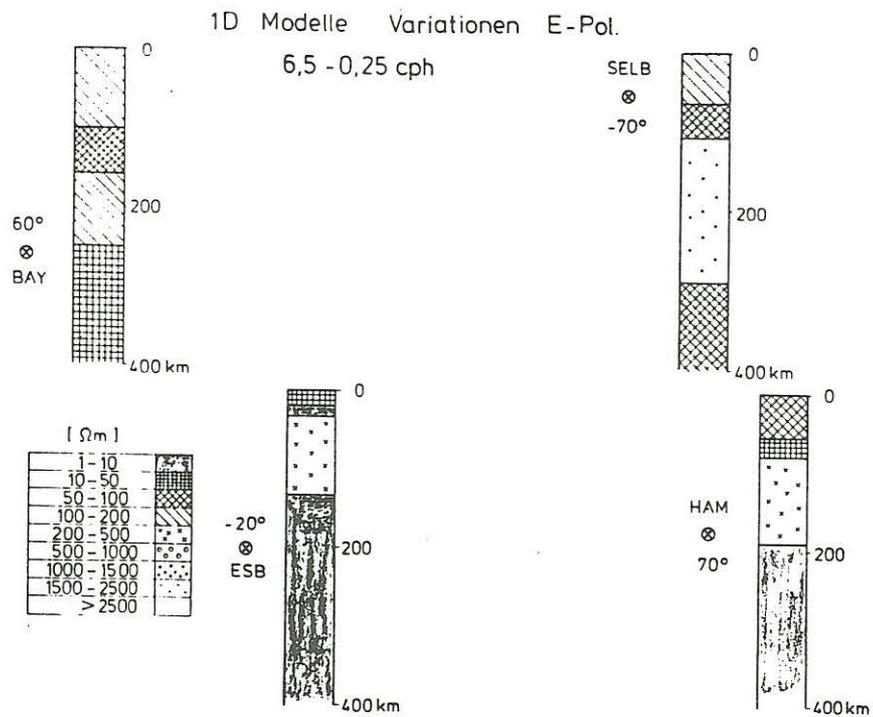


Abbildung 4: 1D Modelle von Variationsdaten in E-Polarisation nach Entzerrung.

Literatur

- BAHR, K., 1985. Magnetotellurische Messung des elektrischen Widerstands der Erdkruste und des oberen Mantels in Gebieten mit lokalen und regionalen Leitfähigkeitsanomalien, Diss. math. nat. Fak. Univ. Göttingen
- GUNDELACH, V., 1989. Erdmagnetische Tiefensondierung und Magnetotellurik in der Oberpfalz, Diplomarbeit, Institut für Geophysik der Georg-August-Universität Göttingen.
- HEMPFLING, R., 1977. Beobachtung und Auswertung tagesperiodischer Variationen des erdelektrischen Feldes in der Umgebung von Göttingen. Diss. Mat.-Nat. Fachb., Univ. Göttingen.
- OLSEN, N., 1991. Untersuchung von tagesperiodischen Variationen des Erdmagnetfeldes mit neueren statistischen Methoden. Diss. Mat.-Nat. Fachb., Univ. Göttingen.
- SCHMUCKER, U., 1974. Erdmagnetische Tiefensondierung mit langperiodischen Variationen, Protokollband Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung", Grafenrath, 313-342
- SCHMUCKER, U., WIENS, U., 1980. Vergleichende Erdelektrische Beobachtungen in der Umgebung von Göttingen für Sq und Bays. Protokollband Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung", Lichtenrade, 291-306.
- SCHMUCKER, U., 1986. Lokale Sq Analysen mit einem verbesserten Z/H Verfahren, Protokollband Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung", Lerbach, 53-61
- SWIFT, C.M., 1967. A magnetotelluric investigation of an electrical conductivity anomaly on the South - Western United States, Ph.D. Thesis, M.I.T., Cambridge, Mass.