

W. GÖTBE

Zur elektrischen Leitfähigkeit des tieferen Untergrundes im Norden der DDR

Der elektrischen Leitfähigkeit des tieferen Untergrundes im Norden der DDR wird wissenschaftliches Interesse geschenkt, seitdem FLEISCHER(1954) und WIESE (1954) aus geomagnetischen Beobachtungen auf die Existenz von Erdströmen im tieferen Untergrund Norddeutschlands geschlossen hatten. Durch weitere Messungen nach der heute als Geomagnetische Tiefensondierung bekannten Methode sowie auf der Grundlage aus der Literatur bekannter Messungen in anderen europäischen Ländern konnte RITTER (1970) die Lage der Leitfähigkeitsanomalien in Europa und speziell in der DDR genauer angeben. In einem größeren Rahmen betrachtet erkennt man, daß die Zone des Richtungswechsels der Wiese-Pfeile in der DDR Teil einer quer durch Europa verlaufenden Zone erhöhter Leitfähigkeit des Untergrundes ist, der Norddeutsch-Polnischen Leitfähigkeitsanomalie. Eine kartenmäßige Zusammenstellung der normierten Vertikalkomponente von erdmagnetischen Baystörungen finden wir in einer Publikation von PORSTENDORFER (1965), wobei Veröffentlichungen von WIESE (DDR), SCHMUCKER (BRD) und JANKOWSKI (Polen) einbezogen wurden. Erste magnetotellurische Messungen in der DDR wurden von PORSTENDORFER Anfang der sechziger Jahre und unter seiner in der Anfangsphase maßgeblichen Anleitung seit Mitte 1963 vom VEB Geophysik Leipzig durchgeführt.

Auf der Grundlage einer Diplomarbeit an der Bergakademie Freiberg aus dem Jahre 1975, in der SEIDEL alle zum damaligen Zeitpunkt veröffentlichten magnetotellurischen Sondierungskurven für Europa zusammengetragen, dokumentiert und einheitlich dargestellt hat, wurde von PORSTENDORFER und GÖTBE (1976) eine Karte der Gesamtlängsleitfähigkeit für Mitteleuropa erarbeitet. Bereits aus dieser Karte ist ersichtlich, daß die Leitfähigkeitsanomalie nicht ein einheitliches Ganzes darstellt, sondern daß außer der Hauptanomalie, über deren genaue Fortsetzung nach W zu diesem

Zeitpunkt noch keine Informationen vorliegen, eine lokal eng begrenzte Anomalie im Raum der Insel Usedom auftritt, die ebenfalls wie die Anomalie im Beckenzentrum maximale Werte der Längsleitfähigkeit von 5000 S erreicht.

Dieser Leitfähigkeitsanomalie wird im folgenden besonderes Augenmerk geschenkt.

Die Untersuchungen bauen ausschließlich auf magnetotellurischen Messungen auf, die im Zeitraum von etwa 10 Jahren (bis Anfang der 70er Jahre) vom VEB Geophysik Leipzig insbesondere im Nordosten der DDR sowie entlang eines Profils vom Norden der Insel Rügen in südwestlicher Richtung bis über den Mitteldeutschen Hauptabbruch hinweg durchgeführt worden sind. Bei der Interpretation wurden zwei Wege beschritten.

Der erste Weg besitzt qualitativen Charakter und besteht darin, daß aus dem asymptotischen Endast der Sondierungskurve die elektrische Gesamtlängsleitfähigkeit bis zur hochohmigen Basis durch eine grobe Abschätzung ermittelt wird. Da die Längsleitfähigkeit bis zum ersten hochohmigen Horizont (Zechstein), also die Längsleitfähigkeit des Postzechsteins, an jeder Bohrung, die das Mesozoikum durchteuft hat, berechnet werden kann, läßt sich durch Differenzbildung die Längsleitfähigkeit des Präzechsteins ermitteln. Die Karte für die Längsleitfähigkeit des Postzechsteins ist in vereinfachter Form einer Arbeit von E. PORSTENDORFER (1967) entnommen worden. Die Isolinien gleicher Gesamtlängsleitfähigkeit wurden aus der Analyse von knapp 200 magnetotellurischen Sondierungskurven abgeleitet (Abb. 1).

Die durch Differenzbildung erhaltene Karte der Längsleitfähigkeit des Präzechsteins (Abb. 2) zeigt in ihren wesentlichen Zügen die gleichen Strukturelemente wie die Karte der Gesamtlängsleitfähigkeit. Die größten Werte von 3500 S werden im Bereich der Insel Usedom angetroffen, wobei erhöhte Werte auch in einer langgestreckten, nach W verlaufenden Zone beobachtet werden. Ein weiteres Leitfähigkeitsmaximum läßt sich in der Altmark nachweisen, schwach erhöhte Werte der Längsleitfähigkeit sind im Bereich des Pritzwalker Massivs anzutreffen. Bemerkenswert ist,

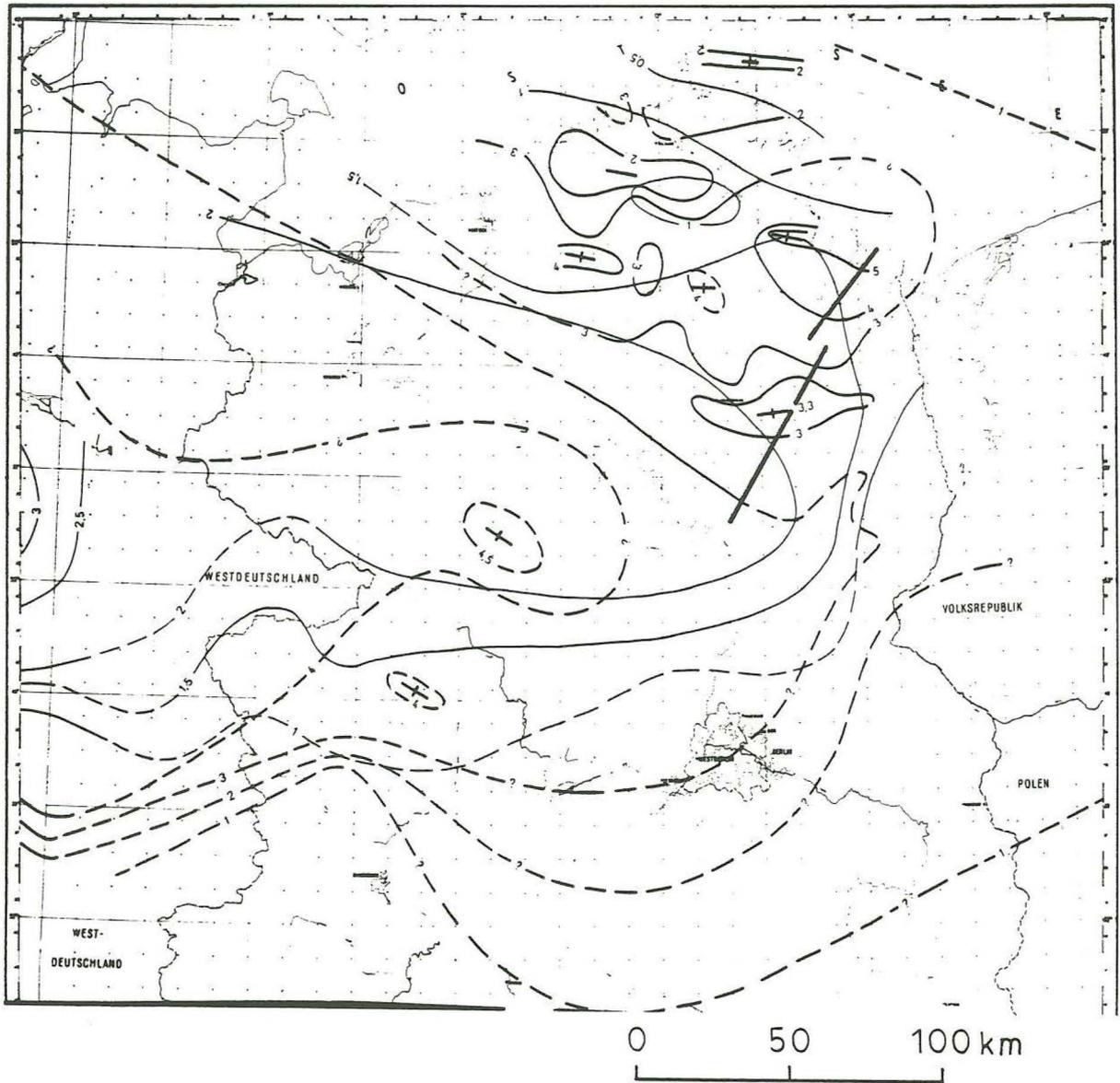


Abb. 1: Längsleitfähigkeit des Postzechsteins (dünne Linien) und der Gesamtlängsleitfähigkeit bis zur hochohmigen Basis (dicke Linien) im Norden der DDR
Längsleitfähigkeit in 10^3 S

Die Lage des in Abb. 3 dargestellten Profils ist gekennzeichnet.

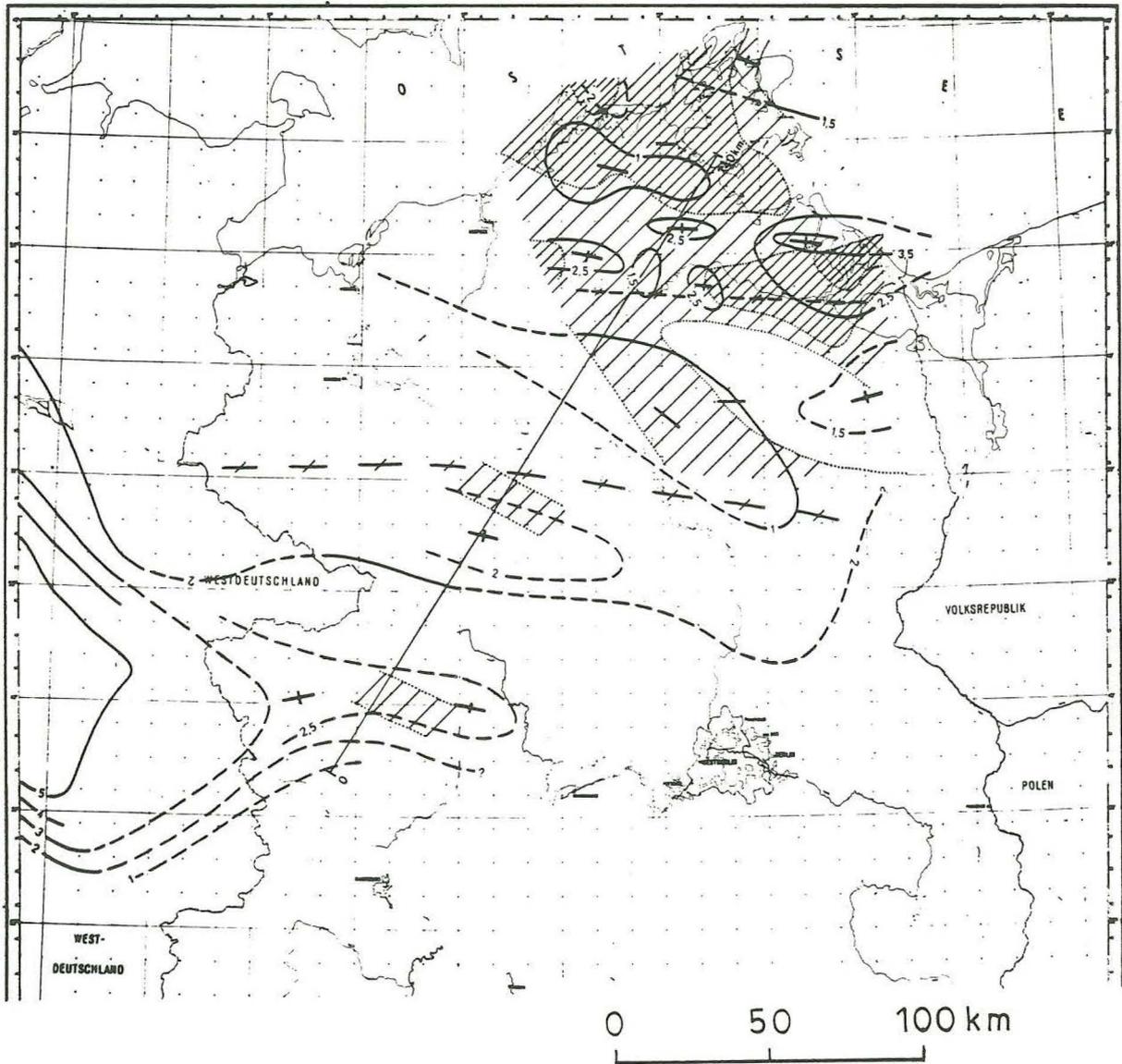


Abb. 2: Längsleitfähigkeit des Präzechsteins im Norden der DDR
Längsleitfähigkeit in $10^3 S$

daß die Zone erhöhter Längsleitfähigkeit des Präzechsteins in der Altmark als direkte östliche Verlängerung eines markanten Leitfähigkeitsmaximums mit seinem Zentrum etwa 55 km südlich von Bremen anzusehen ist, welches im Ergebnis umfangreicher flächendeckender magnetotellurischer Messungen Mitte bis Ende der siebziger Jahre sicher lokalisiert werden konnte und Werte für die Präzechstein-Längsleitfähigkeit von 8000 S erreicht. Dieser Zusammenhang wird auch an der Karte der Gesamtlängsleitfähigkeit deutlich, die von GENTEMANN (1990) erstellt worden ist.

Der zweite eingeschlagene Weg der Interpretation hat quantitativen Charakter. Er besteht in der zweidimensionalen Modellierung des Untergrundes und einer anschließenden Berechnung synthetischer magnetotellurischer Sondierungskurven nach der Methode der finiten Differenzen. Die Methodik besteht darin, daß auf der Grundlage bekannter und vermuteter struktureller und petrophysikalischer Daten ein Modell des Untergrundes entworfen wird, die für dieses Modell berechneten Sondierungskurven mit den gemessenen Sondierungskurven verglichen und aus diesem Vergleich möglichst sinnvolle und geologisch-petrophysikalisch vertretbare Veränderungen des Modells abgeleitet werden. Dieser Prozeß wird mehrmals und solange durchgeführt, bis eine weitestgehende Anpassung der synthetischen an die gemessenen Sondierungskurven erfolgt ist.

Der Modellierung werden folgende Kenntnisse zugrunde gelegt:

Die wichtigsten Angaben über die Struktur des Untergrundes erhalten wir aus Tiefbohrungen sowie reflexionsseismischen Messungen, wobei insbesondere die in jüngster Zeit vom VEB Geophysik durchgeführten tiefenreflexionsseismischen Messungen erwähnt werden sollen.

Angaben über den interessierenden petrophysikalischen Parameter, den spezifischen elektrischen Widerstand der einzelnen Schichten, werden aus den Ergebnissen elektrischer Bohrlochmessungen abgeleitet (E. PORSTENDORFER (1967), GENTEMANN (1988)). Ein erstes Ergebnis, welches nach dieser Interpretationsmethodik erhalten worden ist, hat LOHSE (1987) vorgelegt, wobei allerdings noch

nicht auf tiefenreflexionsseismische Ergebnisse zurückgegriffen werden konnte. Die im Ergebnis dieser entlang des Profils Strelasund-Altmark vorgenommenen Modellierung erhaltenen Zonen niedrigen elektrischen Widerstandes im Bereich der Altmark, des Pritzwalker Massivs und weniger ausgeprägt am nordöstlichen Profilende fallen lokal sehr gut mit den erwähnten Anomalien in der Karte der Präzechstein-Längsleitfähigkeit (Abb. 2) zusammen.

Im folgenden soll ein Ergebnis der Untersuchungen im NE der DDR erläutert werden, welches unter Einbeziehung der tiefenreflexionsseismischen Ergebnisse erhalten worden ist. In Abb. 3 ist das Ergebnis der Modellierung entlang eines Profils nach zwölfmaliger Abänderung des Modells dargestellt (Profillage siehe Abb. 1). Es ist ersichtlich, daß die erreichte Annäherung der Sondierungskurven teilweise sehr gut ist, daß aber auch Abweichungen vorhanden sind. Die Abweichungen haben sicherlich verschiedene Ursachen. Zum einen ist die Zweidimensionalität des Untergundes, die bei der Berechnungsmethodik der Sondierungskurven vorausgesetzt wird, nicht überall gegeben, zum anderen werden auch die gemessenen Sondierungskurven teilweise fehlerbehaftet sein. Schließlich ist an der einen oder anderen Stelle noch nicht das optimale Modell erreicht worden, so daß mit dem Ziel einer noch besseren Annäherung weitere strukturelle Veränderungen vorgenommen bzw. andere spezifische Widerstände angenommen werden müßten.

Einige Erläuterungen zu dem in der erreichten Interpretationsphase angenommenen Modell. Die strukturellen und Widerstandsverhältnisse des Mesozoikums sind bekannt, auf eine detaillierte Darstellung des stark gegliederten Modells ist in der Abbildung verzichtet worden. Die Struktur des Modells unterhalb des Zechsteins entspricht weitgehend den Ergebnissen der Tiefenseismik. Besondere Beachtung verdient am nordöstlichen Profilende ein etwa 3 km mächtiger Gesteinskomplex mit einem mittleren spezifischen Widerstand von $0,5 \Omega \cdot m$, dessen Lage sehr gut mit der markanten Anomalie von Usedom in der Karte der Präzechstein-Längsleitfähigkeit übereinstimmt. In den Sondierungskurven äußert

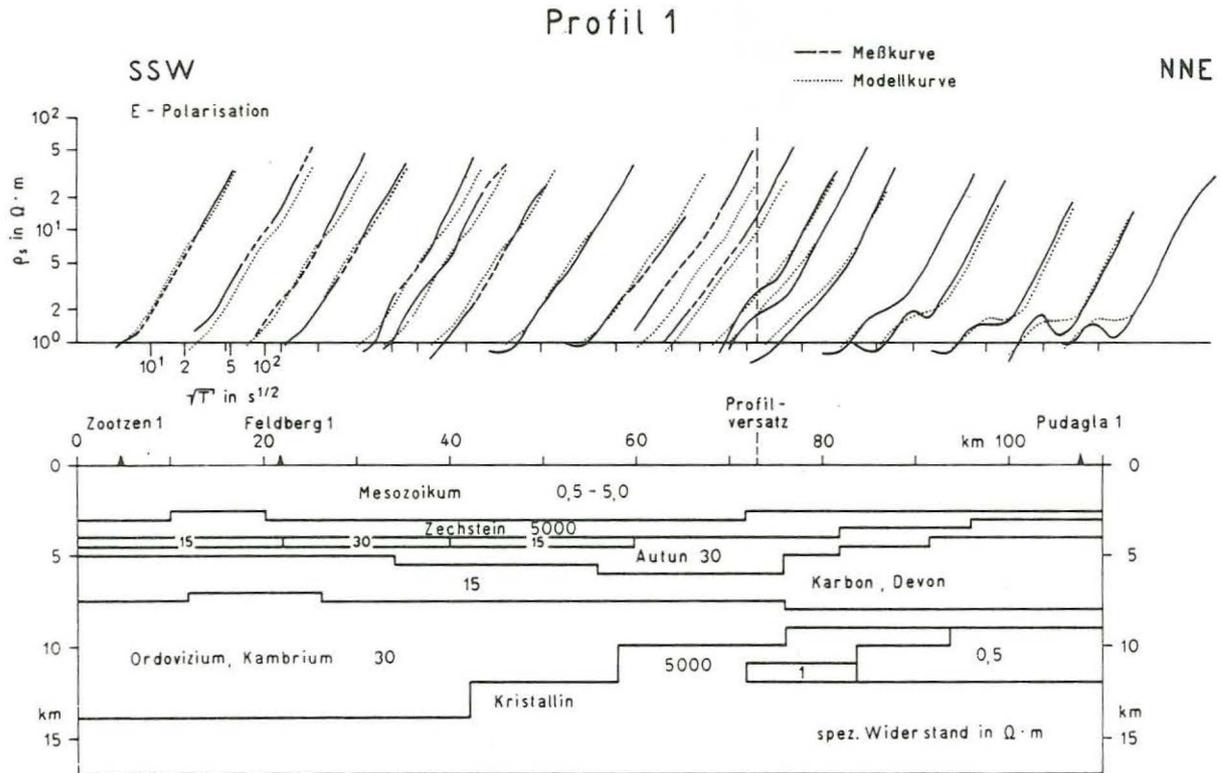


Abb. 3: Ergebnis einer zweidimensionalen elektrischen Modellberechnung entlang eines Profils im Nordosten der DDR (Die Lage des Profils ist in Abb. 1 gekennzeichnet.)

sich diese sehr stark erhöhte Leitfähigkeit im Präzechstein durch einen charakteristischen Abfall des scheinbaren spezifischen Widerstandes nach vorherigem Anstieg. Unter Berücksichtigung der vorliegenden tiefenreflexionsseismischen Ergebnisse, wonach die Oberfläche des Kristallins hier in 9 km Tiefe liegt, ist nach den Modellberechnungen anzunehmen, daß die Zone erhöhter Leitfähigkeit innerhalb des Kristallins zu suchen ist. Möglicherweise haben wir es mit einer Vererzungszone zu tun, die sowohl zu erniedrigtem elektrischen Widerstand als auch zu erhöhter magnetischer Suszeptibilität führt, wodurch auch die in diesem Gebiet vorhandene geomagnetische Anomalie von Usedom erklärt werden könnte.

Aus dem bisher Gesagten läßt sich zusammenfassend feststellen, daß nach den Ergebnissen der tiefenelektromagnetischen Untersuchungen in der DDR die Existenz guter Leitfähigkeit im Prä-

zechstein mit lateralen Änderungen des spezifischen Widerstandes unumstritten ist. Der Diskussion bedarf die Frage nach der stratigraphischen Einordnung und der petrographisch-petrophysikalischen Ursache der guten Leitfähigkeit. Für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland wurde der aus den magnetotellurischen Untersuchungen resultierende Kenntnisstand nach Vergleich mit dem geologischen Befund von JÖDICKE (1984) dahingehend zusammengefaßt, daß pyritführende Schwarzschiefer im Unterkarbon und im Kambro-Ordovizium als Ursache für die Leitfähigkeitsanomalie in Frage kommen können. Ergänzend dazu kann aus den hier vorliegenden Untersuchungen auf Vererzungszonen im Kristallin als mögliche Ursache geschlossen werden.

Literatur

- Fleischer, U.: Ein Erdstrom im tieferen Untergrund Norddeutschlands während magnetischer Baystörungen. Naturwissenschaften 41 (1954), S. 114 - 115
- Gentemann, L.: Bestimmung von Profilen des spezifischen Schichtwiderstandes ausgewählter Bohrungen für magnetotellurische Zwecke. Abschlußbericht über das Betriebspraktikum im VEB Bohrlochmessung Gommern, 30. 7. 1988 (unveröffentlicht)
- Gentemann, L.: Eine Zusammenstellung magnetotellurischer Daten für das nördliche Mitteleuropa. Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung", Hornburg, 1990
- Jödicke, H.: Zur Deutung magnetotellurisch nachgewiesener guter Leiter im tieferen Untergrund Nordwestdeutschlands. Prot. Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung", Grafrath/Oberbayern, 1984
- Lohse, F.: Möglichkeiten der Digital-Magnetotellurik für die Präzechsteinerkundung. Dissertation Bergakademie Freiberg, 1987 (unveröffentlicht)

Porstendorfer, E.: Längswiderstände für Magnetotellurik.
Forschungsbericht des Instituts für Angew. Geophysik der
Bergakademie Freiberg, 1967 (unveröffentlicht)

Porstendorfer, G.: Methodische und apparative Entwicklung
magneto-tellurischer Verfahren mit Anwendung auf die
Tiefenerkundung im Bereich der norddeutschen Leitfähig-
keitsanomalie. Veröff. d. Instituts f. Geodynamik Jena,
Heft 3 (1965)

Porstendorfer, G.; W. Göthe; K. Lengning; Ch. Oelsner; R. Tanzer
u. E. Ritter: Nature and possible causes of the anomalous
behaviour of electric conductivity in the north of the
GDR, Poland and FRG. In: Geoelectric and geothermal
studies, KAPG Geophysical Monograph, Akademiai Kiado,
Budapest 1976, S. 487 - 500

Ritter, E.: Frequenzabhängige geomagnetische Tiefensondierungen
in der Anwendung auf verschiedene Leitfähigkeitsanomalien
in Europa. Dissertation Karl-Marx-Universität Leipzig,
1970

Wiese, H.: Erdmagnetische Baystörungen und ihr heterogener im
Erdinnern induzierter Anteil. Zeitschr. f. Meteorologie
2/3 (1954), S. 77 - 79