

BERICHTE

**Die quantitative Auswertung
aeroelektrischer Meßdaten
(DIGHEM-II – System)**

(Vollzug des Lagerstättengesetzes: Projekt KC-17/85)

**Wolfgang Seiberl
und
Robert Köhazy**

Berichte der Geologischen Bundesanstalt, Nr. 13

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT

A-1031 WIEN, POSTFACH 154 · RASUMOFSKYGASSE 23



GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT

Die quantitative Auswertung aeroelektrischer Meßdaten (DIGHEM-II – System)

(Vollzug des Lagerstättengesetzes: Projekt KC-17/85)

**Wolfgang Seiberl
und
Robert Köhazy**

Berichte der Geologischen Bundesanstalt, Nr. 13

Projektbericht
Wien, Mai 1988

Impressum:

Alle Rechte für In- und Ausland vorbehalten.

Medieninhaber, Herausgeber und Verleger: Geologische Bundesanstalt, A-1031 Wien, Rasmofskygasse 23.

Für die Herstellung, Inhalt und Redaktion sind die Autoren verantwortlich.

Verlagsort: Wien.

Ziel der "Berichte der Geologischen Bundesanstalt" ist die Verbreitung wissenschaftlicher Ergebnisse durch die Geologische Bundesanstalt.

Die "Berichte der Geologischen Bundesanstalt" sind im Buchhandel nicht erhältlich.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1. Zielsetzung und Ablauf des Projekts	2
2. Meßmethode und Interpretation	4
2.1. Wirkungsweise einer Zweispulenanordnung	4
2.2. Das Mehrfachspulensystem DIGHEM-II	4
2.3. Die Bearbeitung elektromagnetischer Meßdaten	5
2.3.1. Meßwertkorrekturen	5
2.3.1.1. Sferics	6
2.3.1.2. Filterung	8
2.4. Interpretation	10
2.4.1. Allgemeines	10
2.4.2. Responseparameter und Responsefunktion	10
2.4.3. Berechnung der Modellparameter	12
2.4.4. Bedeutung der Ergebnisparameter ρ_a und d_a	14
3. Verwaltung der Meßdaten und deren automatische Bearbeitung	14
3.1. Allgemeines	14
3.2. Flugwegerfassung	15
3.3. Dateneingangsprüfung	15
3.4. Auswertung des Steigfluges	15
3.5. Automatische Interpretation	15
3.6. Interpolation und Konturierung	15
4. Praktische Anwendungen des homogenen Halbraummodells	16
5. Schlußfolgerungen	19
6. Literatur	20

Zusammenfassung

Im Rahmen des österreichischen Rohstoffkonzepts wurden in den letzten Jahren mehrere Geräte zur Durchführung aerogeophysikalischer Meßprogramme angeschafft. Im vorliegenden Bericht wird die quantitative Auswertung der elektromagnetischen Meßdaten (DIGHEM II – System) dargestellt. Dabei wird insbesondere auf das homogene Halbraummodell zur Berechnung des scheinbaren elektrischen Widerstandes in den vermessenen Untersuchungsgebieten eingegangen.

Die praktische Anwendung dieses Modells wird an Hand eines Beispiels aus dem Gailtal (Raum Hermagor) demonstriert.

1. Zielsetzung und Ablauf des Projekts

Die Meßausrüstung des österreichischen Hubschraubermeßsystems setzt sich neben einem Gammastrahlenspektrometer und einem Protonenmagnetometer auch aus einem

— *elektromagnetischen Mehrfachspulensystem vom Typ DIGHEM-II zusammen.*

Dieses Meßsystem induziert elektrische Ströme im Untergrund, deren Magnetfelder von der Verteilung des elektrischen Widerstandes im letzteren abhängig ist. Man kann daher mit einem solchen Gerät in einem Untersuchungsgebiet gute Leiter (z.B. Graphite, Vererzungen, Tone, etc.) von schlechteren Leitern (z.B. unverwitterter Fels, trockene Sande, etc.) unterscheiden (siehe Abb.1). Da die entsprechenden Meßgrößen nicht unmittelbar geologisch sinnvoll interpretiert werden können, werden diese bei der Datenverarbeitung in scheinbare elektrische Widerstandswerte ρ_a transformiert.

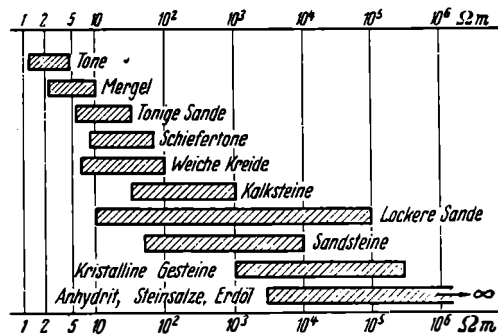


Abb.1: Variationsbreite des spezifischen elektrischen Widerstandes für wichtige Gesteinsgruppen (HAALCK, 1958).

Ziel dieses Projektes ist es, den bei der Auswertung der elektromagnetischen Daten benutzten Algorithmus bzw. das Auswerteprogramm zu dokumentieren und seine praktische Anwendung auf aktuelle Meßdaten zu zeigen. Dazu werden einige Meßprofile aus dem Meßgebiet Kirchbach/Gailtal (Projekt: KA-33a/84, SEIBERL et al., 1987a) herangezogen (Abb.2).

Die Erstellung der Programmprozedur für die Bearbeitung elektromagnetischer Messungen erfolgte in mehreren Schritten:

- Zunächst wurde ein Prüf- und Verwaltungsprogramm erstellt, das Datenfehler erkennt und die Koordinatenverwaltung übernimmt.
- Im zweiten Schritt wurde ein Programm zur direkten Interpretation der Meßdaten entwickelt. Mit dessen Hilfe können die sortierten und korrigierten Daten in scheinbare Widerstandswerte und Tiefen umgerechnet werden.

- Den Abschluß bilden Programmteile die für die automatische Herstellung von Isolinenplänen (Linien gleichen scheinbaren spezifischen Widerstandes und gleicher scheinbarer Tiefen) über ein Zeichengerät notwendig sind.

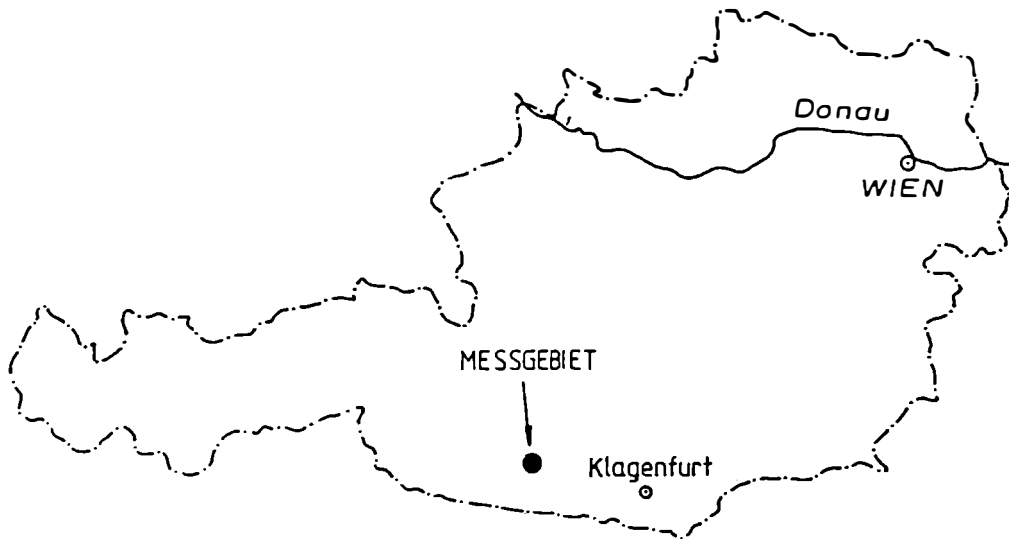


Abb.2: Lage des Meßgebietes "Kirchbach/Gailtal" in Österreich.

2. Meßmethode und Interpretation

2.1. Wirkungsweise einer Zweispulenanordnung

Eine Zweispulenanordnung kann gemeinsam mit einem leitenden Störkörper in nichtleitender Umgebung als induktiv gekoppeltes Netzwerk betrachtet werden. Dabei werden infolge des in der Sendespule erzeugten Wechselfeldes in der Empfangsspule ein Wechselstrom und im leitfähigen Störkörper Wirbelströme induziert, die ihrerseits wieder ein Wechselfeld erzeugen. Dieses Feld wirkt ebenfalls induzierend in der Empfangsspule. In Abhängigkeit von der Größenordnung des spezifischen ohmschen Widerstandes des Störkörpers zeigt sich nun eine mehr oder weniger große Phasenverschiebung der Spannung in der Empfangsspule zur Spannung in der Sendespule.

Die Spannung in der Empfängerspule kann in eine zur Spannung in der Sendespule gleichgerichtete Komponente und eine um 90° phasenverschobene Komponente aufgeteilt werden. Man spricht von einer Real- und Imaginärkomponente der Spannung.

Wird der Störkörper im theoretischen Fall von einer Leiterschleife mit geringem ohmschen Anteil dargestellt, so wird das Netzwerk fast ausschließlich von induktiven Komponenten gebildet, da die ohmschen Anteile in der Sende- und Empfangsspule sowie der Leiterschleife vernachlässigbar klein gegenüber den induktiven Widerständen bei hohen Frequenzen sind. Die Phasenverschiebung der Spannung in der Empfängerspule ist also nahezu null zur Spannung in der Sendespule.

Im Falle einer Leiterschleife als Störkörper hätte man also im Verhältnis zum Imaginäranteil eine große Realkomponente. Hat man aber in der Leiterschleife größere ohmsche Komponenten so verschiebt sich der Spannungsvektor in der Empfangsspule und damit sinkt die Realkomponente und steigt der Imaginäranteil.

2.2. Das Mehrfachspulensystem DIGHEM-II

Das Mehrfachspulensystem DIGHEM-II besitzt eine vertikale und eine horizontale Sendespule, die mit den Frequenzen 900 Hz (T1R1) bzw. 3600 Hz (T2R2) arbeiten. Das sekundäre Magnetfeld wird mit zwei Empfangsspulen aufgenommen, die coaxial bzw. koplanar zu der jeweiligen Sendespule ("maximale Kopplung") in einem Abstand von 7,98 m montiert sind. Sender und Empfänger sind in einer etwa 10 m langen Flugsonde ("bird") untergebracht, die an einem etwa 30 m langen Kabel unter dem Hubschrauber hängt. Die Meßrate beträgt 4 Meßdaten pro Sekunde, es fallen also 16 Meßdaten pro Sekunde für das Elektromagnetiksystem an.

Zur Messung der Flughöhe über Grund dient ein Radarhöhenmesser Sperry AA-220.

Die Meßflüge werden mit einem Hubschrauber der Bundesheeres vom Typ Agusta-Bell 212 (mit Doppelturbine) durchgeführt.

2.3. Die Bearbeitung elektromagnetischer Meßdaten

Entsprechend den in Kap. 1. angeführten Programmentwicklungsschritten hat die Bearbeitung elektromagnetischer Daten im wesentlichen drei Ziele:

- Entfernung aller von nichtgeologischen Quellen stammenden Störsignale aus den Meßwerten bzw. die Durchführung bestimmter Meßwertkorrekturen.
- Transformation der Meßdaten in Parameter, die einer geologischen Interpretation möglichst zugänglich sind
- Übergang von der eindimensionalen Vermessung entlang der Fluglinie zu zweidimensionalen Ergebniskarten (Isolinienpläne).

Zur Lösung dieser Aufgaben müssen folgende Eingabedaten für die ADV bereitgestellt werden:

die Profilkennungen und Meßwertnummern der Meßpunkte

die elektromagnetischen Meßdaten

die Flughöhe über Grund

die Meßpunktskoordinaten

topographische Unterlagen für die Ergebniskarten

2.3.1. Meßwertkorrekturen

Die Meß- und Datenerfassungssysteme sind im Hubschrauber großen mechanischen Belastungen ausgesetzt. So können sich Datenverluste ergeben, die zwar nur einen Umfang von einigen Promille der Gesamtdatenmenge erreichen, die aber trotzdem korrigiert werden müssen.

Weiters werden die am Beginn der Auswertung die Meßdaten auf ihre Plausibilität und auf sogenannte statistische Ausreißer (*“spike”*) überprüft. Für die Erkundung und Eliminierung von Ausreißern haben sich die sogenannten *“Spike-Filter”* sehr gut bewährt. Sie beruhen auf einem speziellen Differenzenoperator (GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA, 1979), der auf fünf aufeinanderfolgende, gleichabständige Meßwerte angewendet wird.

Zu den nichtgeologischen Quellen zurückzuführende Störsignale zählen:

luftelektrische Entladungen (*“Sferics“*)

Driftverhalten der Meßapparatur

50 Hz – Felder (3-Phasenhochspannungsleitungen)

16 2/3 Hz – Felder (2-Phasenhochspannungsleitungen der Bahn).

2.3.1.1. Sferics

In der Atmosphäre werden laufend natürliche elektromagnetische Wechselfelder erzeugt, die hauptsächlich auf

elektrische Entladungen infolge weltweiter Gewittertätigkeiten, sowie

elektromagnetische Vorgänge in der hohen Atmosphäre (Ionosphäre) zurückgeführt werden können.

Wie die Abb.3 zeigt, umfassen diese natürlichen Wechselfelder ein breites Frequenzspektrum. Dabei werden jene Signale mit Frequenzen, die größer als 1 Hz sind (ELF = extreme low frequency, VLF = very low frequency), als "Sferics" bezeichnet. Durch Reflexionen an den gutleitfähigen Schichten der Ionosphäre und der Erdoberfläche können die Sferics-Felder über tausende Kilometer beobachtet werden. Da die Leitfähigkeit der Ionosphäre eine Funktion der Sonnenaktivität ist, ist die Sferics-Tätigkeit unter anderem von der Tages- und Jahreszeit abhängig. Generell entspricht einer erhöhten Sonnenaktivität eine vermehrte Sferics-Tätigkeit.

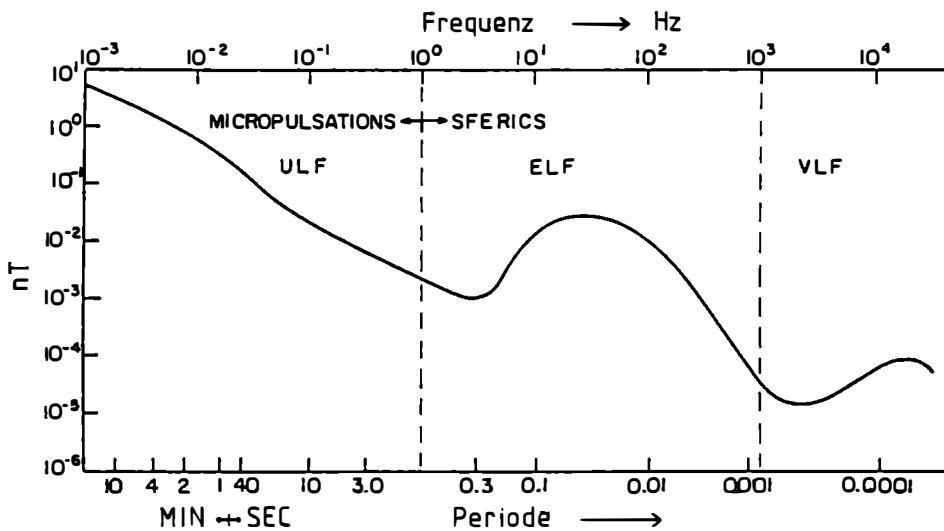


Abb.3: Frequenzspektrum natürlicher geoelektrischer Wechselfelder (nach BLEIL, 1964)

In der Abb.4 wird ein Beispiel einer Flugprofilregistrierung aus dem Meßgebiet "Drauzug" (Projekt KC-8/80, SEIBERL et al., 1985) gebracht, die durch eine starke Sferics-Tätigkeit ausgezeichnet ist. Die Befliegung fand im August 1983 statt. Da die Sferics-Impulse unterschiedlichste Phasenlagen bezüglich des Meßsignals aufweisen, treten auch negative Amplituden am Meßstreifen auf.

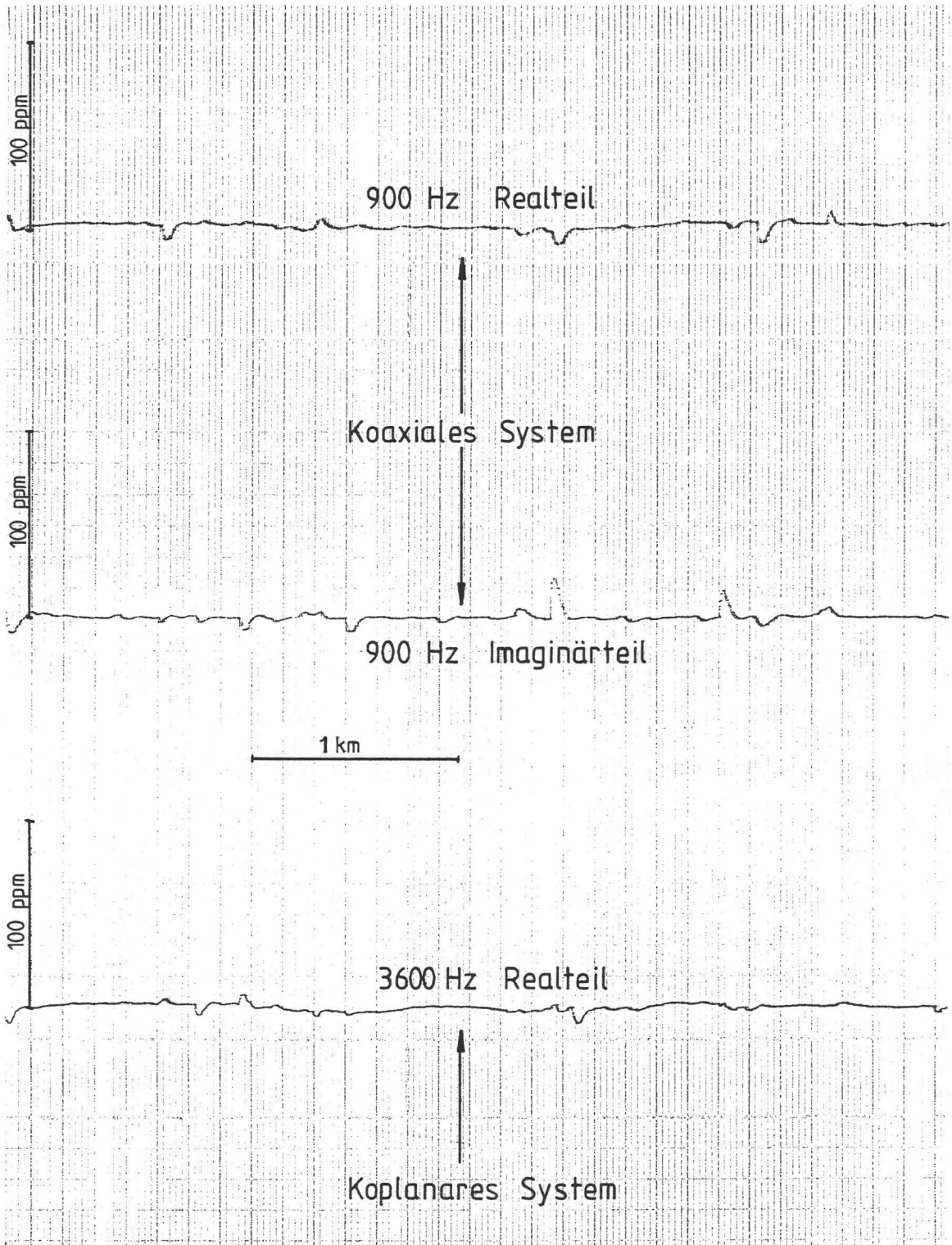


Abb.4: Beispiel einer Flugwegregistrierung mit starker Sferics-Tätigkeit.
 Meßgebiet Drauzug (Projekt KC-8/80, SEIBERL et al., 1985)

Durch die Übertragungscharakteristik der Meßapparatur (Zeitkonstante) wird das Erscheinungsbild der Sferics, sie haben ursprünglich die Form eines Nadelimpulses, verändert (siehe Abb.5).

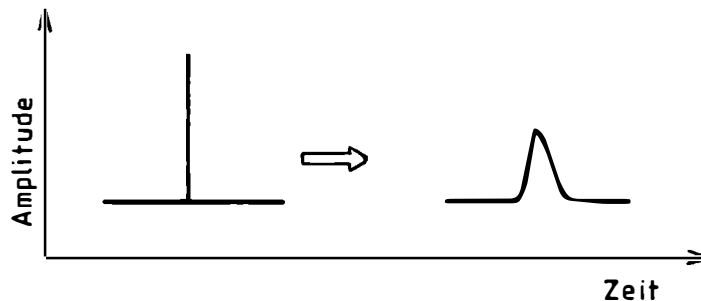


Abb.5: Veränderung eines Sferic-Impulses durch die Übertragungscharakteristik der Meßapparatur

Bei der Analyse einer Anzahl von Sferic-Impulsen konnte eine häufig auftretende Form festgestellt werden. Diese Form mit einem steilen Anstieg und einem flacheren Abfall wurde in eine digitale Zeitreihe übertragen. Durch Kreuzkorrelationsbildung der digitalen Sferic-Zeitreihe mit einem gleich langen Abschnitt der Meßreihe läßt sich eine Ähnlichkeitsabfrage durchführen. Da die Kreuzkorrelationsfunktion am Ort großer Ähnlichkeit mit der Meßreihe ein Maximum aufweist, kann so die Lage des Sferic ermittelt werden. Die Abfrage nach den Maxima erfolgt durch Differenzierung der Kreuzkorrelationsfunktion. Dadurch erhält man eine Ableitungsfunktion mit einer Anzahl von Nullstellen. Außerdem lassen sich auf diese Weise niederfrequente Driften entfernen, die die Korrelationsfunktion überlagern können. Aber nicht jede Nullstelle deutet auch auf einen Sferic hin, sondern nur jene, die vorher und nachher bestimmte Extremwerte erreichen. Aus einer Reihe von Tests wurden diese Extremwerte ermittelt. Durch lineare Interpolation von Punkten vor und nach der Nullstelle kann so der Sferic eliminiert werden.

2.3.1.2. Filterung

Nach der Sferic-Filterung wird ein Filter mit den Übertragungseigenschaften eines Tiefpasses angewendet. Der Amplitudengang des Filters ist in Abb.6 dargestellt. Sinn der Filterung ist es, hochfrequente Anteile zu glätten, die bei der Interpolation auf ein Raster störend wirken (*“Aliasing”*).

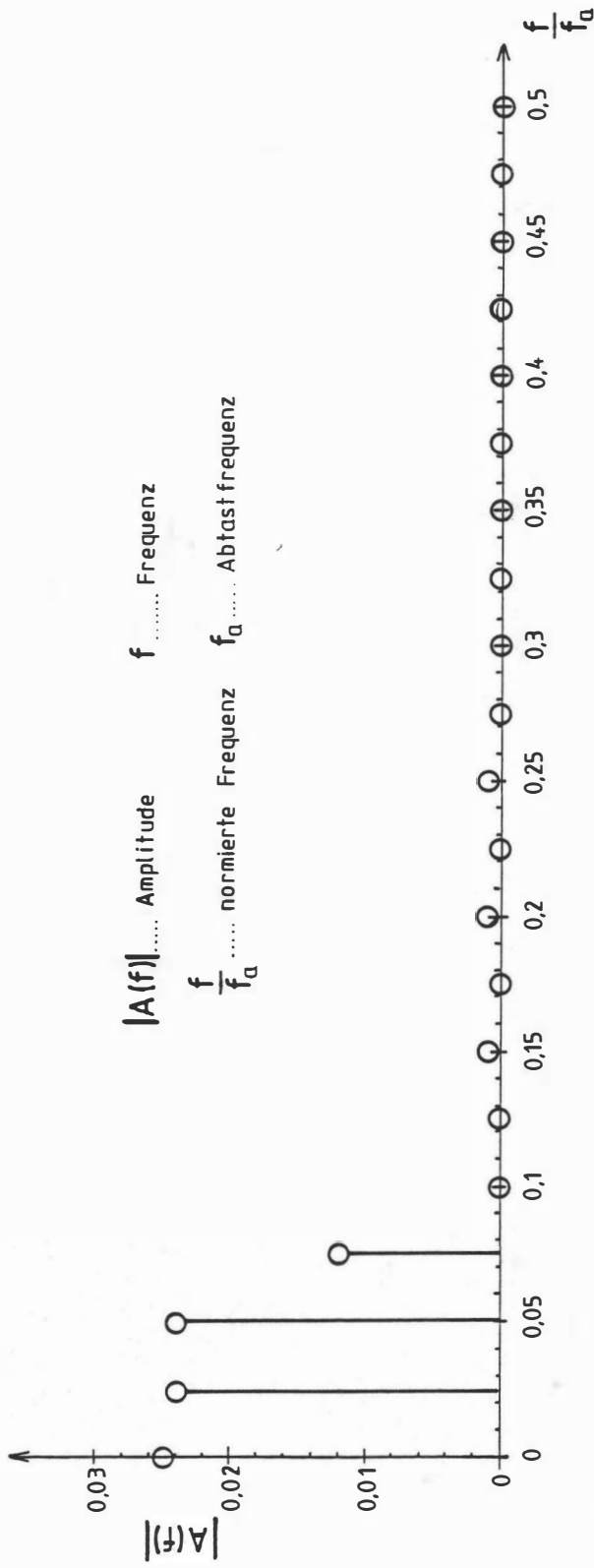


Abb.6: Übertragungscharakteristik des Glättungsfilters

2.4. Interpretation

2.4.1. Allgemeines

FRASER (1972) stellte eine Methode zur Widerstandskartierung mit einem AEM-System DIGHEM-I vor. Dabei wurde eine Mehrspulenanordnung mit einer Sendespule und drei orthogonal zueinander stehenden Empfangsspulen verwendet. Als Sendefrequenz wurde die für den Spulenabstand von rund 8 m relativ niedere Frequenz von 900 Hz gewählt. Dabei bietet sich der Vorteil eines geringen geologischen Störpegels an. Gleichzeitig wurde auch ein Verfahren zur Interpretation von AEM-Daten mit Hilfe des Modells der leitfähigen vertikalen Platte angegeben.

FRASER (1978) zeigte, daß sich AEM-Daten auch durch die Annahme eines leitfähigen homogenen Halbraums interpretieren lassen. Dabei konnte er die Zweckmäßigkeit des Verfahrens bei der Unterscheidung von Überlagerung und geologischer Untergrund nachweisen. Außerdem zeigte er, daß sich die Änderungen in der Flughöhe nur unwesentlich auf die Berechnung des scheinbaren spezifischen Widerstandes des homogenen Halbraums auswirken. Bei der Interpretation können auch negative scheinbare Tiefen berechnet werden. Es sind daher Fallunterscheidungen zu treffen, auf die im Kapitel 2.4.4. näher eingegangen wird.

SENGPIEL (1983) erläuterte an einer Reihe von Beispielen den Einfluß einer Überlagerung unterschiedliche Mächtigkeit auf den scheinbaren spezifischen Widerstand und die scheinbare Tiefe. Dabei verwendete er ebenfalls das Modell des homogenen Halbraums.

2.4.2. Responseparameter und Responsefunktion

Aus der Analyse eines induktiven Netzwerkes (MILITZER et al., 1985) ergibt sich als nützliche Beschreibung der elektrischen Eigenschaften eines Störkörpers der sg. Responseparameter Θ :

$$\Theta = \frac{\omega L_s}{R_s} \quad (1)$$

L_s ... Selbstinduktivität des Störkörpers

R_s ... ohmscher Widerstand des Störkörpers

ω ... Kreisfrequenz ($= 2\pi f$)

f ... Frequenz.

GRANT und WEST (1965) geben nach exakten Modellrechnungen auf der Grundlage der elektromagnetischen Theorie für einige einfache und gängige Modelle den Responseparameter explizit an.

Responseparameter aus MILITZER et al. (1985):

Kugel	$\omega\mu\sigma a^2$
unbegrenzter horizontaler Zylinder	$\omega\mu\sigma a^2$
Scheibe	$\omega\mu\sigma sa$
unbegrenzte horizontale Platte	$\omega\mu\sigma sh$
halbunendliche vertikale Platte	$\omega\mu\sigma sl$
Halbraum	$\omega\mu\sigma l^2$
Streifen	$\omega\mu\sigma sw$

σ ... elektrische Leitfähigkeit

a ... Radius

s ... Dicke

h ... Höhe des Dipols über der vertikalen Platte

l ... Sender-Empfänger-Abstand

w ... Streifenbreite

μ ... magnetische Permeabilität.

Das Verhältnis der vom Störkörper (U_{23}) bzw. von der Sendespule in die Empfangsspule induzierten Spannungen (U_{13}) läßt sich durch Gleichung (2) darstellen.

$$\frac{U_{23}}{U_{13}} = -k \frac{\Theta^2 + i\Theta}{1 + \Theta^2} \quad (2)$$

wobei,

$$f(\Theta) = \frac{\Theta^2 + i\Theta}{1 + \Theta^2} \quad (3)$$

k ... Kopplungskoeffizient

als Responsefunktion bezeichnet wird (MILITZER et al., 1985).

Stellt man die Real- bzw. Imaginärkomponente der Responsefunktion dar, ergibt sich das Diagramm in Abb.7.

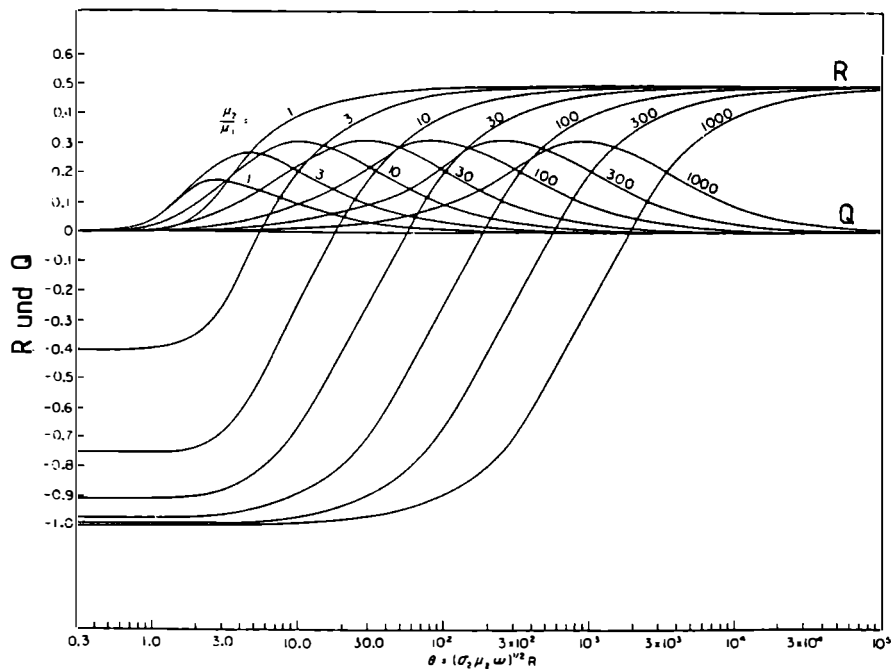


Abb.7: Verlauf der Real- und Imaginärkomponenten für eine leitende und permeable Kugel (R ... Kugelradius)
(SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS, 1967).

2.4.3. Berechnung der Modellparameter

Im folgenden soll eine direkte Methode der Interpretation von AEM-Daten beschrieben werden. Ziel der Interpretation ist es, Aussagen über Leitfähigkeit und Lage des leitfähigen Störkörpers zu machen. Direkte Methoden verlangen in der Regel eine Reihe von vereinfachenden Annahmen. Bezüglich der Meßanordnung wird hier vorausgesetzt, daß der Spulenabstand klein gegenüber dem Meßniveau (Höhe des Birds über dem Störkörper) sein soll. Dies ist bei Messungen mit dem DIGHEM-II- System in den meisten Fällen gewährleistet.

Weiters muß eine einfache Modellannahme getroffen werden. Dazu gehören vor allem das Modell des homogenen Halbraums und das Modell der vertikalen dünnen Platte.

Für die Interpretation von AEM-Daten ist die Kenntnis des Responseparameters des angenommenen Modells erforderlich.

Aufgrund von empirischen Versuchsreihen wurde der Zusammenhang zwischen Responseparameter und dem Verhältnis der Real- (R) und Imaginärkomponenten (Q) ermittelt. FRASER (1972) gibt diese Funktion (Θ) für eine leitfähige vertikale dünne Platte an:

Vertikale Platte:

$$\Theta = e^{(-0.761 \ln(\frac{Q}{R}) + 0.615)} \quad (4)$$

Für den homogenen Halbraum ergibt sich die Beziehung (5):

Homogener Halbraum:

$$\Theta = e^{(k_1 \ln(\frac{Q}{R}) + k_2)} \quad (5)$$

$k_{1,2}$... Konstanten.

Mit der Kenntnis des Responseparameters ist das Problem aber noch nicht gelöst, da sich darin noch die unbekannt Parameter σ , μ und h befinden. Dabei wird mit h der Abstand zwischen der Meßsonde und der Oberfläche des homogenen Halbraumes bezeichnet. In der Folge wird angenommen, daß die Permeabilität des Störkörpers gleich zu den ihn umgebenden Gesteine ist ($\mu_2/\mu_1 = 1$, siehe Abb.7). Es ist also noch eine empirische Funktion zu ermitteln, die nur die Unbekannte h enthält. Die Funktion lautet:

$$A^* = e^{(k_3 \ln \Theta + k_4)} \quad (6)$$

$k_{3,4}$... Konstanten.

Die Größe A^* ist über die Gleichung (7) mit der gemessenen Real- und Imaginärkomponente verknüpft.

$$A^* = \sqrt{R^2 + Q^2} (h/l)^3 = A(h/l)^3 \quad (7)$$

Daraus läßt sich die Tiefe des homogenen Halbraumes unter der Meßsonde bestimmen.

$$h = l \left(\frac{A^*}{\sqrt{R^2 + Q^2}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (8)$$

Die scheinbare spezifische Leitfähigkeit (Kehrwert: scheinbarer spezifischer Widerstand ρ_a) erhält man durch Umformen der Gleichung des Responseparameters nach σ_a .

$$\sigma_a = \mu\omega \left(\frac{h}{\Theta} \right)^2 \quad (9)$$

Schließlich kann die Tiefe des homogenen Halbraumes unter der Geländeoberkante durch Subtraktion der Flughöhe berechnet werden.

$$d_a = h - h_t \quad (10)$$

h_t ... Flughöhe über der Geländeoberkante

d_a ... scheinbare Tiefe.

2.4.4. Bedeutung der Ergebnisparameter ρ_a und d_a

Die Werte ρ_a und d_a stimmen annähernd mit dem wahren spezifischen Widerstand ρ und der wahren Tiefe d eines verborgenen Leiters überein, wenn dieser

- 1) eine bestimmte Mindestausdehnung (Größenordnung 100m) und eine Mindestdicke hat,
- 2) sich in schlechtleitender Umgebung befindet.

Dies trifft für viele sulfidische Vererzungen, aber auch für viele graphitische und tonige Schichten häufig zu.

Ist Bedingung 1) nicht erfüllt, d.h. der Körper ist zu klein, so ist im allgemeinen $\rho_a > \rho$ und $d_a > d$. Ist Bedingung 2) nicht erfüllt, insbesondere z.B. wegen einer leitenden Überdeckung, so wird ebenfalls $\rho_a > \rho$, aber $d_a < d$.

Der Tiefenwert d_a kann größer, kleiner oder gleich Null sein. Bezogen auf einen Zweischichtenfall, d.h. eine Deckschicht mit einem Widerstand ρ_1 und einer Dicke d_1 sowie einem (unendlich dicken) Substratum mit dem Widerstand ρ_2 , gelten folgende Zusammenhänge (FRASER, 1978):

$d_a > 0$: $\rho_1 > \rho_2$, d.h. das Substratum ist besser leitend als die Deckschicht,

$d_a \approx 0$: $\rho_1 \approx \rho_2$, d.h. im Bereich der Erkundungstiefe (siehe unten) ist kein guter Leiter vorhanden,

$d_a < 0$: $\rho_1 < \rho_2$, d.h. eine besser leitende Deckschicht (z.B. Verwitterungsschicht) liegt über einem schlechtleitenden Untergrund.

Durch das Vorzeichen von d_a können also qualitative Aussagen über die vertikale Leitfähigkeitsverteilung gemacht werden. Die Erkundungstiefe ist die Maximaltiefe, bis zu der ein guter Leiter im Untergrund durch die Meßmethode erfaßt werden kann. Bei schlechtleitender Deckschicht und großen Zielkörpern sind mit dem DIGHEM-II-System Erkundungstiefen von 100 – 150m zu erreichen.

3. Verwaltung der Meßdaten und deren automatische Bearbeitung

3.1. Allgemeines

Die Meßdaten werden im Hubschrauber digital auf Magnetband oder Festplatte aufgezeichnet. Die Auswertung der Daten erfolgt automatisch mit Programmen in der höheren Programmiersprache FORTRAN V an Großrechenanlagen. Der Einsatz von digitalen Rechenanlagen ist notwendig, um die große Anzahl von Meßdaten verarbeiten zu können. Zur graphischen Datendarstellung benötigt man genormte Graphikschnittstellen, die aber im allgemeinen von den Rechenzentren zur Verfügung gestellt werden.

3.2. Flugwegerfassung

Die Flugwege der Profile werden mit Hilfe der über eine Doppler-Navigationsanlage auf Magnetband aufgezeichneten Flugwegkoordinaten sowie mehrerer Paßpunkte, die an Hand der Flugwegfilme bestimmt werden, rekonstruiert. Bei der kartenmäßigen Flugwegdarstellung erfolgt eine Transformation der ursprünglichen UTM-Koordinaten in das lokale österreichische Gauß - Krüger - System (SEIBERL et al., 1987b).

3.3. Dateneingangsprüfung

Dieser Schritt der Datenverarbeitung umfaßt vor allem die Überprüfung der Daten nach Vollständigkeit und statistischen Ausreißern. Dabei werden Einzelspikes sofort korrigiert (siehe Abschnitt 2.3.1). Weiters erfolgt die Zuordnung der Koordinaten zu jedem Datensatz. Es werden also jedem Datensatz die aufgrund der Luftbildkoordinaten korrigierten Dopplerkoordinaten beigelegt.

3.4. Auswertung des Steigfluges

Da die Aufzeichnung der Flughöhe in nicht geeichten Längeneinheiten erfolgt, sondern in Spannungswerten des Radarhöhenmessers, muß vor jedem Meßeinsatz ein Eichsteigflug durchgeführt werden. Dabei werden den Spannungswerten die tatsächlichen Flughöhen zugeordnet. Mit diesen Daten können Regressionskoeffizienten durch lineare Regression ermittelt werden. Die Regressionskoeffizienten dienen in der Folge zur Umrechnung jedes Flughöhenwertes in Längeneinheiten.

3.5. Automatische Interpretation

Die automatische Interpretation wird für jedes einzelne Paar von Real- und Imaginärkomponente nach dem in Kap. 2.4. beschriebenen Verfahren durchgeführt. Dabei werden alle Daten, die bei einer Flughöhe von über 900 ft erhoben wurden, nicht berücksichtigt. Ebenso werden alle hochohmigen Ergebnisse gelöscht, sodaß nurmehr die relevanten niederohmigen Ergebnisparameter verbleiben.

3.6. Interpolation und Konturierung

Bevor die interpretierten Daten kartenmäßig dargestellt werden können, müssen sie auf ein Raster interpoliert werden. Dies geschieht mit einem Programm, das nach dem Algorithmus der kleinsten Krümmung (WEBRING, 1981) arbeitet. Danach können mit einem Konturierungsprogramm die Konturvektoren berechnet und auf einem Trommelplotter gezeichnet werden.

4. Praktische Anwendungen des homogenen Halbraummodells

Als Beispiel für die praktische Anwendung des homogenen Halbraummodells auf elektromagnetische Daten wurden einige Meßprofile aus dem Meßgebiet Kirchbach/Gailtal ausgewählt und zwar aus dem Raum ca. 3km WNW von Hermagor.

Die Abb.8, sie stellt die DIGHEM-II-Daten entlang des SW-Teils des Profiles 50 dar, zeigt eine elektromagnetische Anomalie über einem sehr guten elektischen Leiter. Die Realkomponente ist sowohl für die 900 Hz — als auch die 3600 Hz-Meßanordnung wesentlich größer als die Imaginärkomponente. Die Anomalie wird wahrscheinlich durch zwei steil stehende Störkörper verursacht. HERITSCH et al. (1958) beschreiben aus der Umgebung westlich von Hermagor Graphitphyllite und Graphitquarzite. Da diese Gesteine i.a. eine gute elektische Leitfähigkeit aufweisen, ist anzunehmen, daß die eben besprochene Anomalie durch erstere verursacht wird.

An Hand des in Abschnitt 2.4.3 beschriebenen Algorithmus werden die elektromagnetischen Daten mit Hilfe des homogenen Halbraummodells in scheinbare Widerstands (ρ_a)- und Tiefenwerte (d_a) transformiert. Ein Beispiel eines Isolinienplanes des scheinbaren spezifischen Widerstandes (ρ_a) aus dem Raum Hermagor wird in der Abb.9 gebracht.

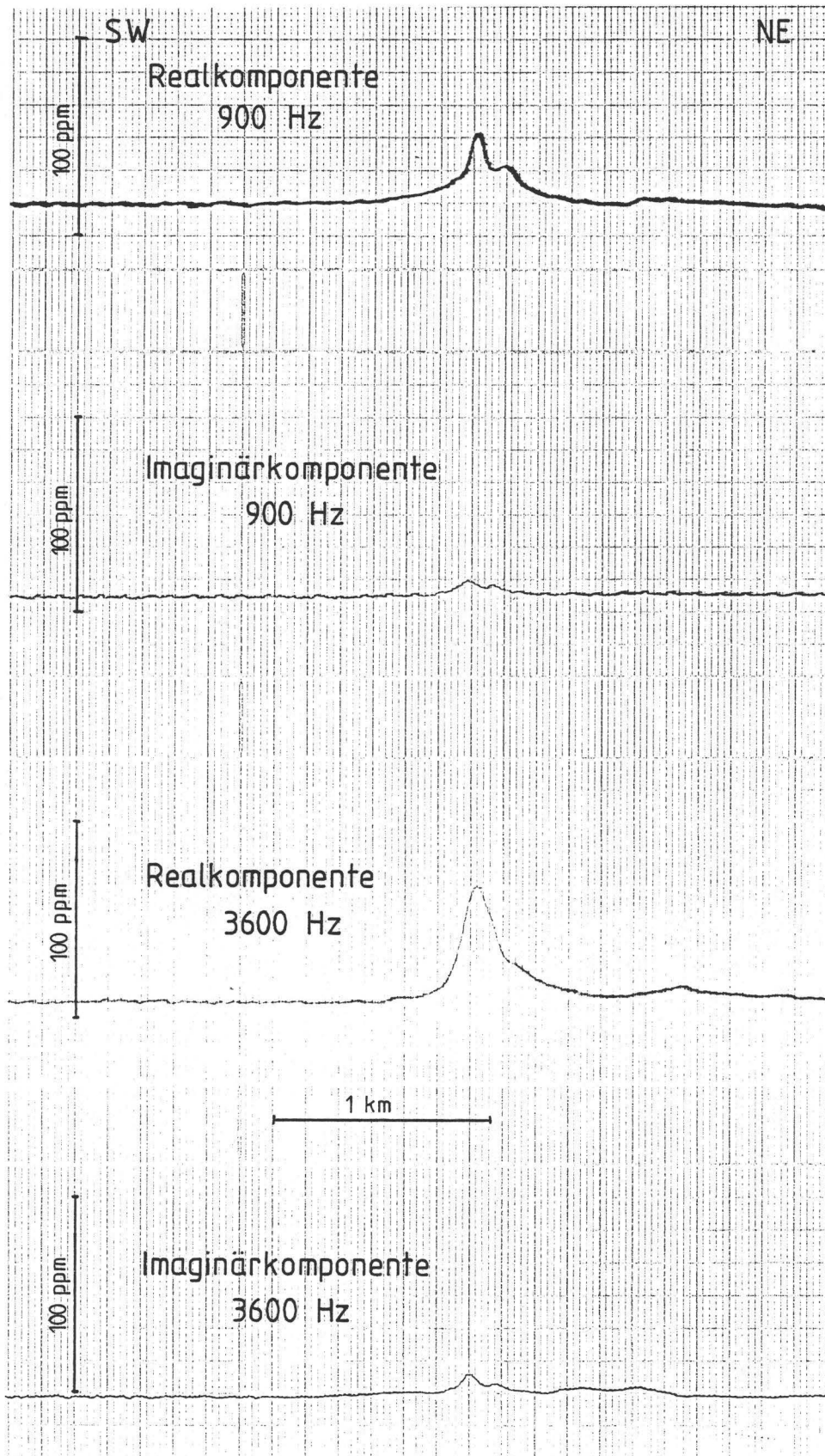


Abb.8: DIGHEM-II Daten entlang des Profiles 50 aus dem Meßgebiet Kirchbach/Gailtal.

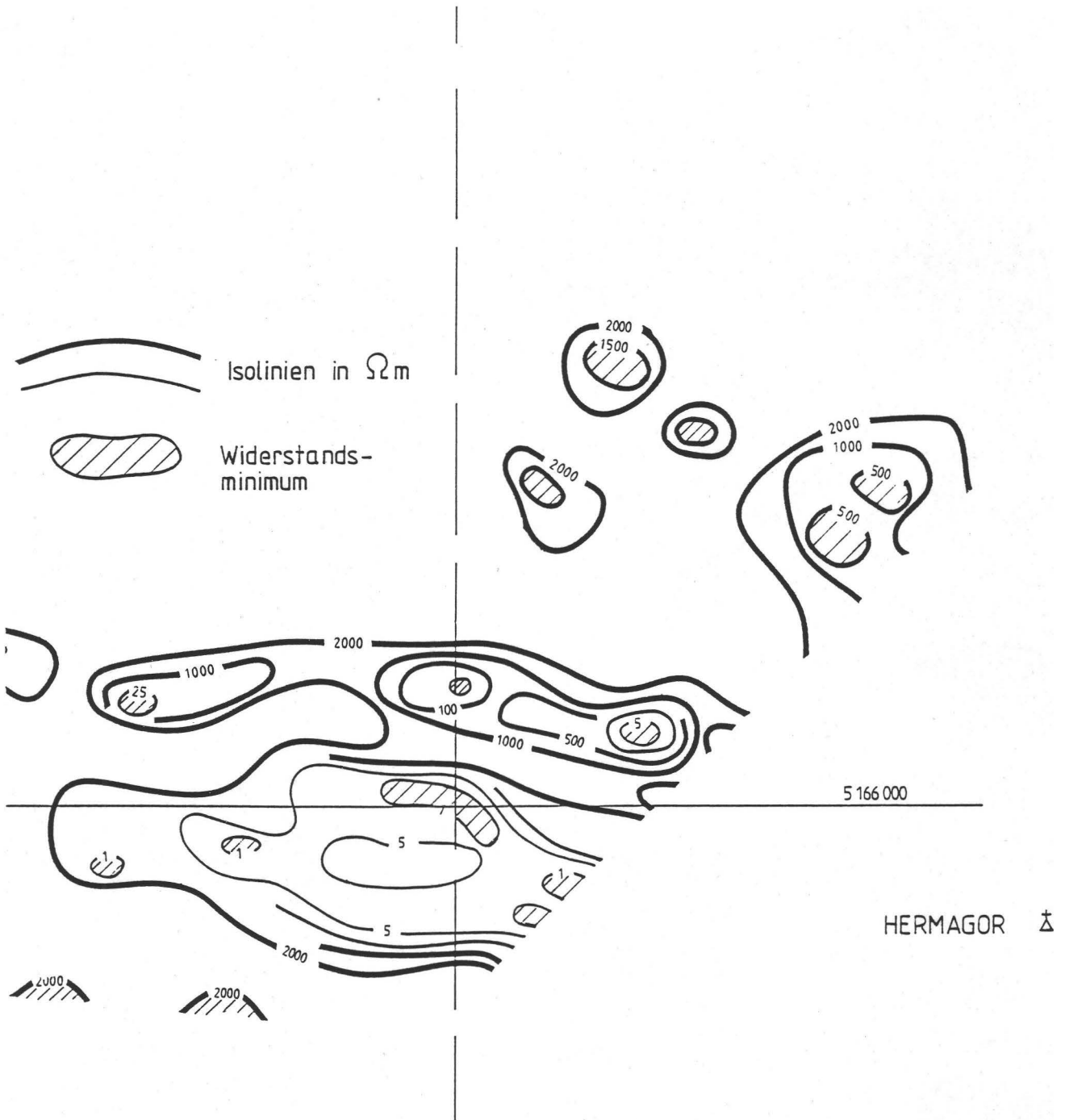


Abb.9: Beispiel eines Isolinienplanes des scheinbaren spezifischen Widerstandes für das DIGHEM-II-System (3600 Hz) – Raum Hermagor.

5. Schlußfolgerungen

Elektromagnetische Messungen vom Hubschrauber aus erlauben in rascher und sehr effektiver Weise die Erfassung des elektrischen Widerstandes in den unterschiedlichsten Untersuchungsgebieten. Zur quantitativen Auswertung der elektromagnetischen Daten hat sich — trotz vieler Einschränkungen — das homogene Halbraummodell bewährt. Dies ist vermutlich auf das hohe Auflösungsvermögen des DIGHEM-II-Systems durch dessen kleinen Abstand zwischen der Sende- und Empfangsspule und der hohen Meßpunktfolge entlang der Profile zurückzuführen.

6. Literatur

- BLEIL, D.F., 1964: Natural electromagnetic phenomena below 30 Kcs. — Plenum Press.
- FRASER, D.C., 1972: A new multicoil aerial electromagnetic prospecting system. — *Geoph.*, **37**, p.518–537.
- FRASER, D.C., 1978: Resistivity mapping with an airborne multicoil electromagnetic system. — *Geoph.*, **43**, p.144–172.
- GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA, 1979: Geophysics and geochemistry in the search for metallic ores. — *Econ. Geol. Rep.***31**, Ottawa.
- GRANT, F.S., WEST, G.F., 1965: Interpretation theory in applied geophysics. — Mc Graw – Hill Book Co. Inc., New York.
- HAALCK, H., 1958: Lehrbuch der angewandten Geophysik. Bd.II, Verlag Gebrüder Bornträger, Berlin.
- HERITSCH, H., PAULITSCH, P., 1958: Erläuterungen zur Karte des Kristallins zwischen Birnbaum und Pressegger See, Gailtal. — *Jb. Geol.B.-A.*, **101**, Wien.
- MILITZER, H., WEBER, F., 1985: Angewandete Geophysik. Bd.2, Springer-Verlag; Akademie-Verlag; Wien, New York; Berlin.
- SEIBERL, W., HEINZ, H., 1985: Aerogeophysikalische Vermessung des Drauzuges (Auftragsforschungsprojekt KC-8/80). — Forschungsgesellschaft Joanneum, Leoben.
- SEIBERL, W., HEINZ, H., 1987a: Aerogeophysikalische Vermessung im Raum Kirchbach/-Gailtal (Forschungsprojekt KA-33a/84). *Geol. B.-A. & Österr. Akad. Wiss.*, Wien.
- SEIBERL, W., BIEDERMANN, A., KÖHAZY, R., 1987b: Die Herstellung von Flugwegplänen an Hand automatisch aufgezeichneter Flugwegkoordinaten. — *Ber. Geol.B.-A.*, Nr.9, Wien.
- SENGPIEL, K.P., 1983: Resistivity/depth mapping with airborne electromagnetic survey data. — *Geoph.*, **48**, p.181–196.
- SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS, 1967: Mining Geophysics, Bd.II, Tulsa.
- WEBRING, M., 1981: MINC — Gridding-Program based on Minimum Curvature. Open File Report 81-1224, U.S. Geol. Surv., Denver.

