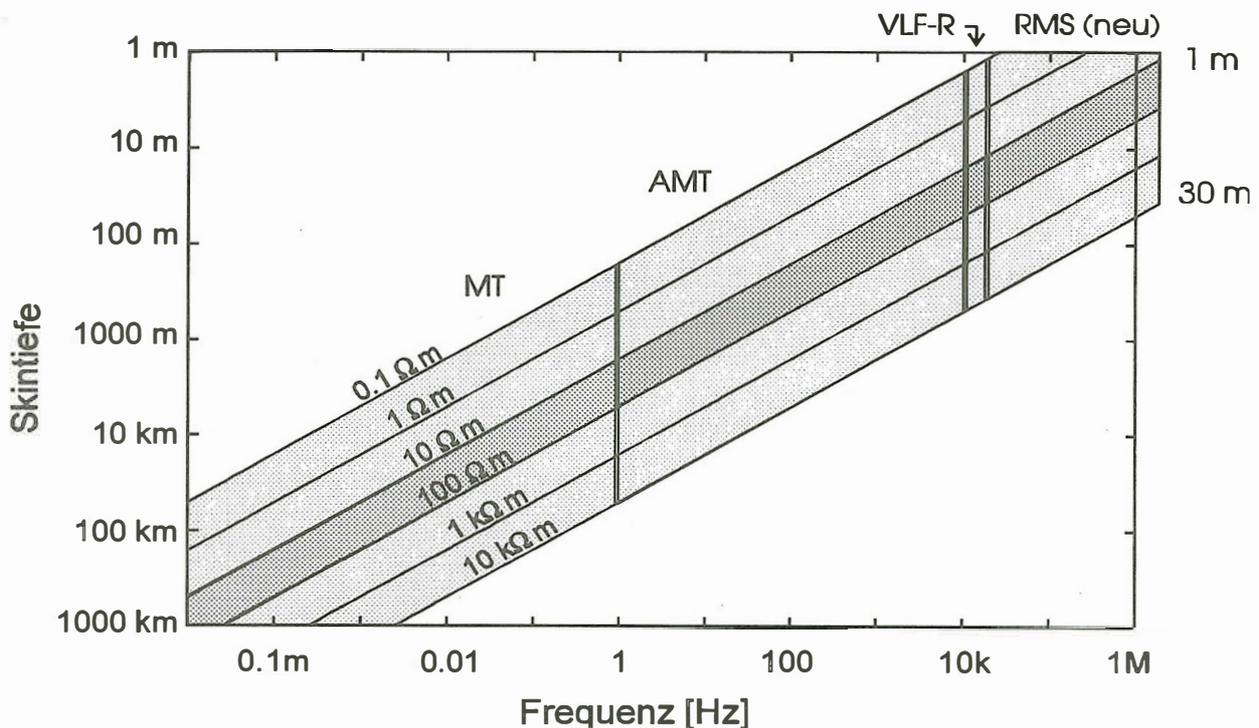


## Konzept einer RMS<sup>1</sup>-Apparatur zur Messung des oberflächennahen spezifischen Widerstandes unter Anwendung des magnetischen Gradientenverfahrens im LW- und MW-Frequenzbereich.

### Einleitung

Das in den letzten Jahren weiter stark gewachsene Interesse an der Erhaltung der natürlichen Umwelt hat zu einem Bedarf an neuartigen oder zumindest stark modifizierten, zerstörungsfreien geophysikalischen Erkundungsverfahren geführt. Mehrere hunderttausend Schadstoff-Verdachtsflächen werden allein in Deutschland vermutet - meist Untersuchungsobjekte mit einem Flurabstand von nur wenigen Metern. Im Hinblick auf die Bestimmung des spezifischen Widerstandes gilt es nicht mehr nur hinreichend genau zu messen, sondern auch dem Trend zu flächenhaft verteilten Sondierungen (→ 3D-Darstellung des Untergrundes) Rechnung zu tragen. Es besteht zudem der Wunsch, untersuchungsobjektnäher zu messen. Hierfür könnten nicht nur im Deponieumfeld häufig bereits vorhandene, Pegel genutzt werden. Voraussetzung sind jedoch weitere deutliche Verbesserungen im instrumentellen, methodischen und numerischen Bereich.

Optimierte gleichstromgeoelektrische Apparaturen (automatisierte und parallelisierte Messung) stehen dem Anwender bereits zur Verfügung. Im Folgenden soll daher untersucht werden, welches Entwicklungspotential die passive Elektromagnetik bietet, von der sowohl ein größte-



**Abb. 1:** Typische Aussagetiefen für passive elektromagnetische Verfahren in Abhängigkeit von der Frequenz und dem Halbraumwiderstand. Das geplante RMS - Verfahren wird den Tiefenbereich zwischen etwa 1 und 30 m erschließen.

<sup>1</sup> RMS: Radiomagnetische Sondierung (20 kHz - 2 MHz)

rer Meßfortschritt als auch ein geringerer Personalaufwand erwartet werden kann.

Abbildung 1 zeigt typische Schwerpunkttiefen für die eingeführten Verfahren MT, AMT und VLF-R. Der Bereich oberhalb von 30 m Teufe läßt sich durch Messung bei Frequenzen zwischen 20 und 2000 kHz erschließen - aktive EM-Verfahren scheiden hier aus postalischen Gründen praktisch aus.

Eine Übertragung des Cagniard'schen Meßkonzepts (CAGNIARD, 1953) auf diese höheren Frequenzbereiche wird jedoch erschwert durch technische und methodische Probleme<sup>1</sup>. Hierzu zählen u.a. die zunehmend aufwendigere Kalibrierung der elektrischen und magnetischen Sensoren, die im oberflächennahen Bereich eher noch wachsende Bedeutung von Gleichstromverzerrungen und die „unhandliche“ E-Feldmessung, die den Meßfortschritt bremst und Messungen in Pegeln ausschließt.

### Die Alternative - das magnetische Gradientenverfahren (VGM)<sup>2</sup>

Das Cagniard'sche Konzept der Messung der elektrischen Impedanz des Erdbodens basiert auf der zeitgleichen Registrierung der Horizontalkomponenten des elektrischen und magnetischen Feldes:

$$\vec{E} = Z \vec{H}$$

Die Maxwell'schen Gesetze weisen jedoch einen Weg für eine ausschließlich magnetische Messung:

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = (\sigma + i\omega\epsilon)\vec{E}$$

Unter den vereinfachenden Annahmen  $\vec{B} = (0, B_y, 0)$ ;  $\sigma = \sigma(z)$ ,  $\sigma \gg \omega\epsilon$  (siehe Anhang) gilt dann im isotropen Halbraum:

$$Z_{xy} = -\frac{1}{\mu_0\sigma} \frac{\partial B_y / \partial z}{B_y}$$

An die Stelle des elektrischen Feldes  $E_x$  tritt die Messung von  $\partial B_y / \partial z$ , normiert mit der spezifischen Leitfähigkeit  $\sigma$  am Ort der Messung. Der scheinbare spezifische Widerstand kann dann ebenso, wie in der Magnetotellurik üblich, aus der Impedanz berechnet werden:

$$\rho_s^{xy} = \frac{\mu_0}{\omega} |Z_{xy}|^2$$

Ein reales VGM-Meßgerät,

$$\frac{\partial B_y / \partial z}{B_y} \approx \frac{\Delta B_y / d}{B_y^0} \quad \text{mit: } B_y^d := B_y(z=d), \quad \Delta B_y := B_y^0 - B_y^d$$

muß daher im wesentlichen die Übertragungsfunktion zwischen den beiden im Abstand  $d$  übereinander angeordneten Magnetfeldsensoren (Abb. 4) bestimmen:

<sup>1</sup> Der Autor hat Kenntnis von einer Eigenentwicklung von Prof. Imre Müller (Neuchâtel) für den Frequenzbereich bis 250 kHz (TEZKAN et al., 1994) und einem noch im Erprobungsstadium befindlichen Gerät der DMT - Bochum (ELSEN et al., 1994).

<sup>2</sup> Namensgebung nach JONES (1983)

$$\rho_S^{XY} = \frac{I}{\omega \mu_0 \tau^2} \left| \frac{\Delta B_Y^d}{B_Y^0} \right|^2 \quad \text{mit} \quad \tau := \int_0^d \sigma dz$$

Eine effiziente Ermittlung auch der integrierten Leitfähigkeit  $\tau$ : wird u.a. Gegenstand eines Forschungsvorhabens sein.

Eine Anwendung des VGM-Verfahrens in der geophysikalischen Erkundung wurde bereits von MEYER (1965) vorgeschlagen. Er wies auch auf einen wesentlichen methodischen Vorzug gegenüber dem Cagniard'schen Konzept hin, der gleichstromverzerrungsfreien Messung von  $\rho_S$ . Grundsätzlich ist sogar eine Messung der horizontalen elektrischen Leitfähigkeit im kunststoffverrohrten Bohrloch möglich, was gegenüber den eingeführten 'vertikalen'-Bohrlochtools sicher vorteilhaft sein sollte.

Eine praktische Anwendung hat das Verfahren bisher nur im Frequenzbereich der Magnetotellurik gefunden (Schmucker, 1986). Sondierungskurven für die KTB-Bohrung wurden von SPITZER (1991) mit magnetotellurischen Messungen verglichen. Den Einsatz in Flachbohrungen (AMT-Bereich) diskutiert JONES (1983), eine Erprobung ist jedoch bisher nicht erfolgt.

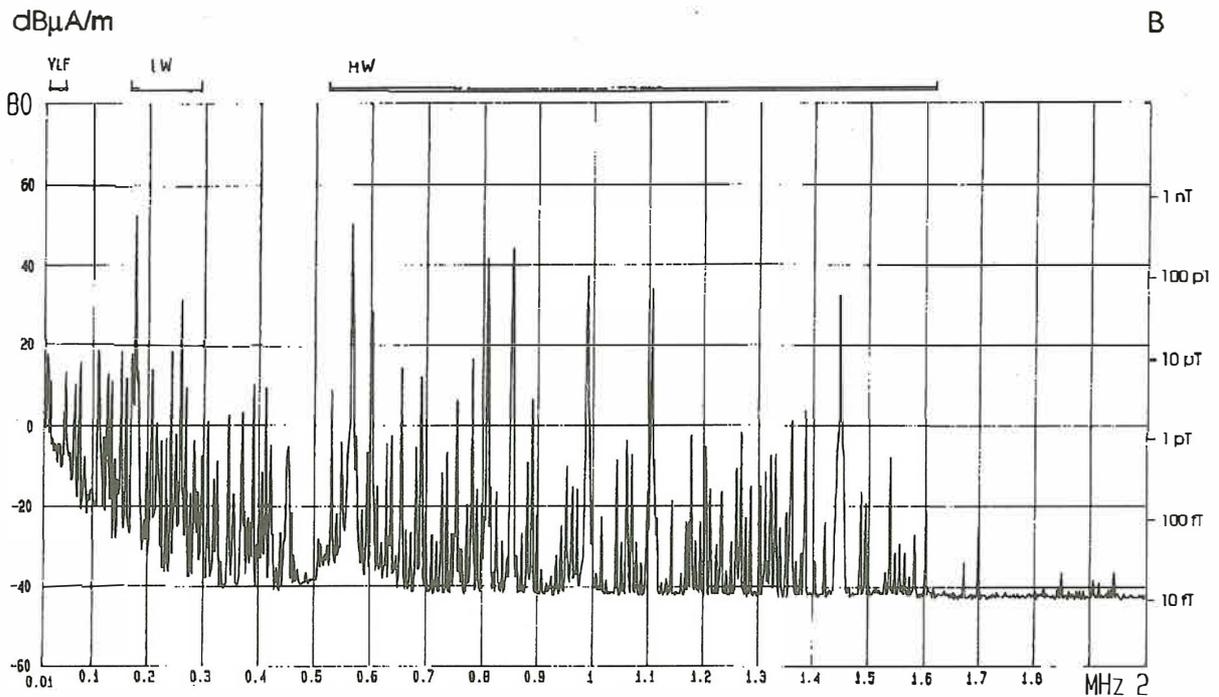
### Anforderungsprofil für ein VGM-Meßgerät im Frequenzbereich 20 - 2000 kHz

#### Magnetische Anregung

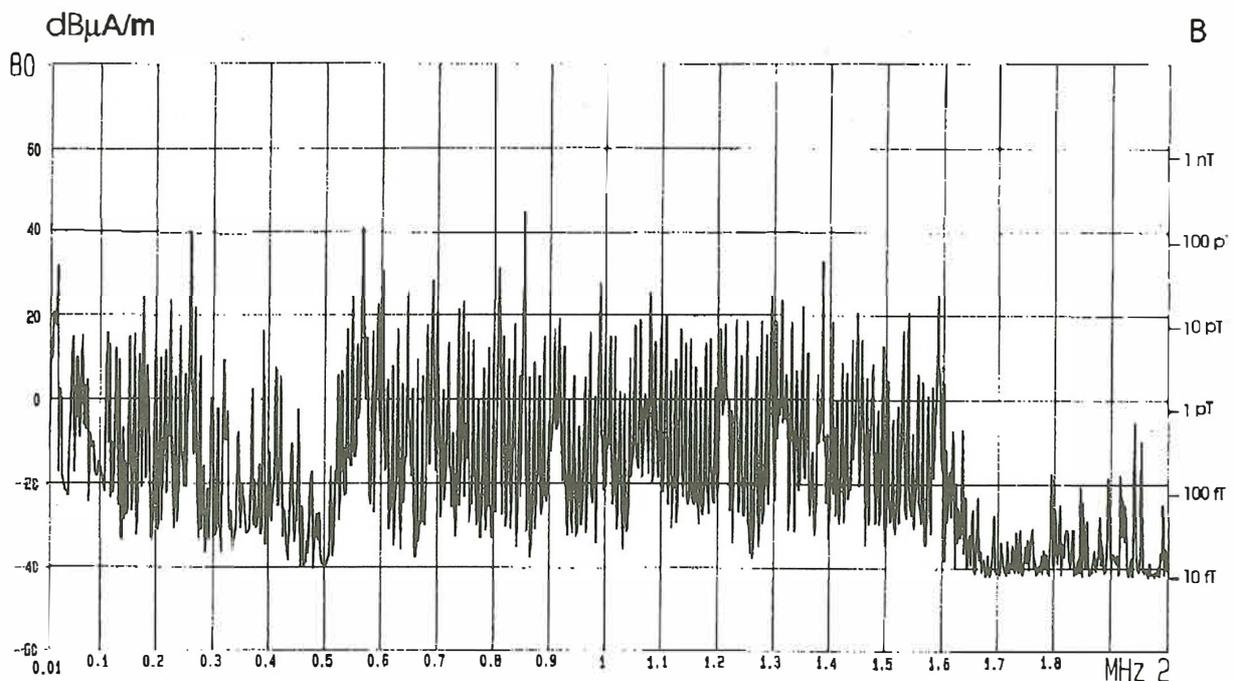
Oberhalb des Frequenzbereichs der Audiomagnetotellurik (>10 kHz) ist die natürliche Anregung sehr klein. Quellen sind dort in erster Linie Rundfunksender des LW- und MW-Bereichs und eine große Zahl von Funkdiensten. Die aktuelle Situation (aus dem Berliner Umland) läßt sich aus Meßergebnissen ablesen, die uns die TELEKOM (5) freundlicherweise zur Verfügung gestellt hat. Diese umfassen den gesamten interessierenden Frequenzbereich. Die Anregung erwies sich als aus allen Richtungen etwa gleich stark und hinreichend gleichmäßig verteilt, so daß hier nur die N/S-Komponenten um die Mittagszeit und in den Abendstunden wiedergegeben wurden (Abb.2a/b). Die bekannte tageszeitliche Variation in den Ausbreitungsbedingungen von elektromagnetischen Feldern oberhalb von 100 kHz spiegelt sich in den Meßergebnissen deutlich wieder. Für eine hinreichend dichte Belegung der Sondierungskurve  $\rho_S(\omega)$  sollten jeweils etwa 15 Sendefrequenzen für die N/S- sowie die O/W-Komponente berücksichtigt werden. Ein realistisches Anforderungsprofil legt die Feldstärken am Tage zugrunde. Der stärkste der 30 Sender erscheint dann mit ~200 pT, der schwächste mit ~3 pT Flußdichte.

#### Der relative magnetischer Vertikalgradient

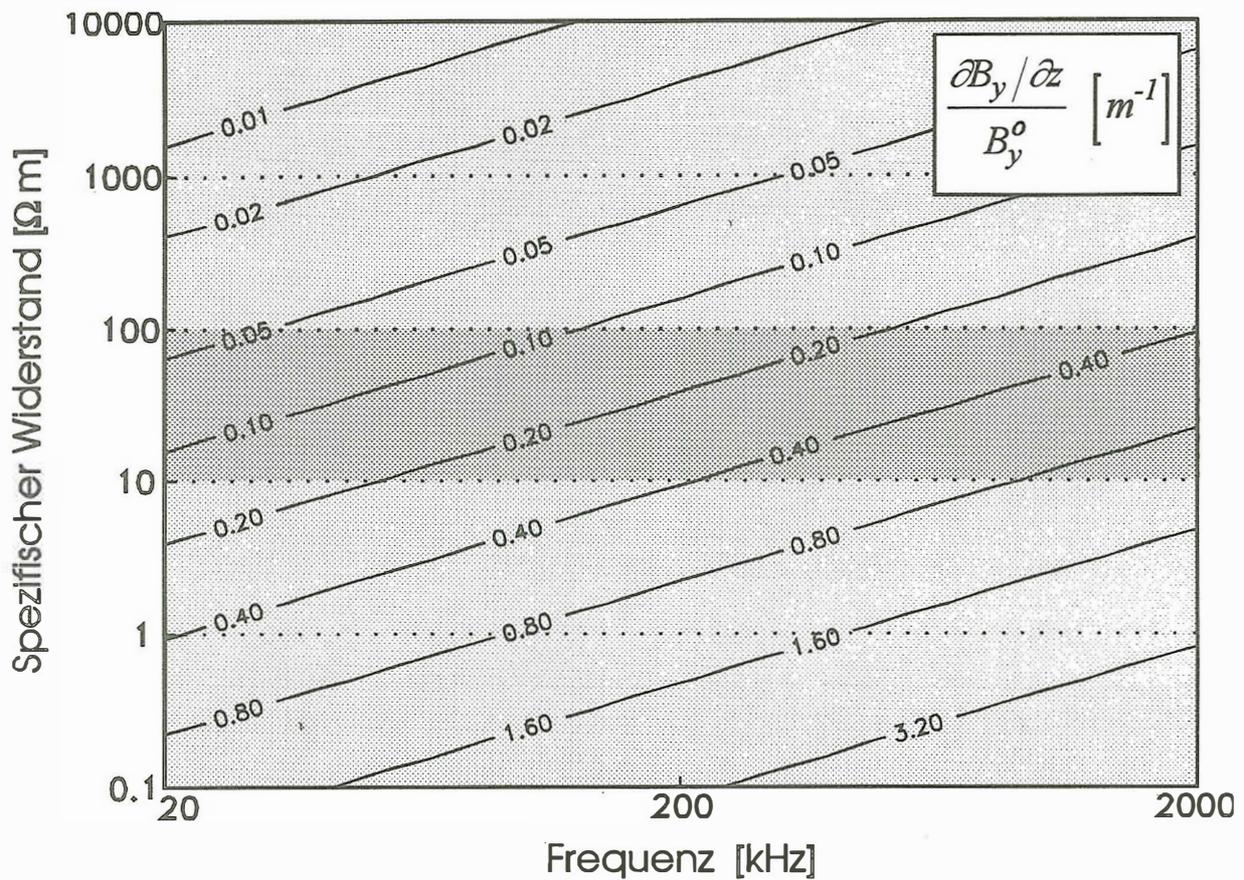
Zur näherungsweisen Abschätzung der zu erwartenden Gradienten genügt es, den Fall eines homogenen Untergrundes zu betrachten (Abb. 3). Da im Lockersediment spezifische Widerstände zwischen 10 - 100  $\Omega m$  sicher am häufigsten anzutreffen sind, können relative Gradienten zwischen 0.04  $m^{-1}$  und 1.2  $m^{-1}$  erwartet werden. Für diesen Widerstandsbereich sollte das Gradiometer eine Länge von etwa  $d=10$  cm aufweisen. Sehr hochohmige Untergründe (z.B. kristalline Gesteine) erfordern sicherlich größere Längen. Zur Abschätzung der notwendigen Empfindlichkeit der Magnetometer müssen die Gradienten mit den Feldstärken der zu berücksichtigenden Sender in Beziehung gebracht werden (Tab. 1). Daneben ist auch eine hinreichende Balance (d.h. Gleichtaktunterdrückung) zu gewährleisten. Bauliche Unterschiede und eine Fehlstellung der magnetischen Sensoren würden andernfalls das Ergebnis verfälschen.



**Abb. 2a:** Magnetische N/S-Komponente am 9.11.1993 um 12.53.18 Uhr. Die Messung erfolgte durch die Telekom Berlin (5) an ihrer Außenstelle in Zossen (Berlin). Verwendet wurde ein Funkstör-Meßempfänger der Firma Rohde & Schwarz - Typ: ESH 3 + EZM in Verbindung mit einer Rahmenantenne - Typ: HFH 2-Z2. Bandweite: 500 Hz.



**Abb. 2b:** Magnetische N/S-Komponente am 9.11.1993 um 19.52.52 Uhr. Parameter der Messung wie oben.



**Abb. 3:** Relativer magnetischer Vertikalgradient an der Oberfläche eines homogenen, isotropen elektrisch leitenden Halbraumes in Abhängigkeit von der Frequenz und dem spezifischen elektrischen Widerstand.

Modell	Felddämpfung	notwendige Feldauflösung	relative Felddämpfung	notwendige Gleichaktunterdrückung
	$\Delta B_y$	$\Delta B_y / 10$	$\Delta B_y / B_y^0$	$10 * B_y^0 / \Delta B_y$
	$B_y^0 = 3 \text{ pT}, \quad d = 10 \text{ cm}$			
1) 100Ωm, 20 kHz	12 fT	~ 1.2 fT	0.004	2500
2) 10 Ωm, 2 MHz	360 fT	~ 36 fT	0.12	100

**Tab. 1:** Anforderungen an das Gradiometer. Hierbei wurde der schwächste zu berücksichtigende Sender zugrundegelegt. Die größte zu erwartende Felddämpfung (2. Modell) bestimmt die maximal sinnvolle Länge (hier  $d=0.1\text{m}$ ) des Gradiometers. Die kleinste Dämpfung (1. Modell) definiert die Empfindlichkeits- und die Gleichaktunterdrückungsanforderungen. Notwendige Bedingung ist, daß der Fehler im ungünstigsten Fall jeweils höchstens 10 % beträgt. Der typische Fehler dürfte dann deutlich geringer sein.

## Technische Realisierung

### Sensoren

Aus der Notwendigkeit der Messung der Horizontalkomponenten des Magnetfeldes im Erdbo-den, den vergleichsweise hohen Frequenzen und den sehr hohen Empfindlichkeitsanforderun-gen, ergeben sich für die Auswahl der Sensoren sehr restriktive Randbedingungen. Wie Tabelle 2 zu entnehmen ist, kommen hierfür nur Induktionsspule und SQUID<sup>1</sup>-Magnetometer in die engere Wahl.

Veröffentlichungen (HÄUSLER, 1985), Gespräche (3) und (4) sowie eigene quantitative Ab-schätzungen zeigen, daß hinreichend empfindliche Induktionsspulen für den Einsatz in Pegeln zu groß sein würden. Insbesondere auch dann, wenn gleichzeitig weitere Komponenten von  $\vec{V} \times \vec{H}$  gemessen werden sollen. SQUID's hingegen sind hinreichend klein und weisen eine über einen weiten Frequenzbereich gleichbleibende Empfindlichkeit auf. Nach oben wird diese jedoch von der zur Linearisierung der Kennlinie notwendige Elektronik begrenzt. Gerade die Erhöhung der Bandbreite ist derzeit Gegenstand intensiver Bemühungen. Für ein RMS-Meßgerät mit hinreichend geringen Intermodulationsverzerrungen wird eine Bandbreite von  $\sim 50$  MHz benötigt.

Magnetischer Sensor:	Erreichte / (erreichbare) Bandbreite [MHz]	Erreichte Feldauflösung [fT]	Sensorrauschen [fT / $\sqrt{\text{Hz}}$ ]	Sensor-abmessungen (horizontal) [cm]	Quelle
Kalium	0.00001	5.000	10	$\sim 30$	(7)
Fluxgate	0.005	10.000	?	$\sim 3$	(1)
Induktionsspule	2 (beliebig)	(*)	10 – 100 (10 – 2000kHz)	26	HÄUSLER 1985
LT <sub>c</sub> <sup>2</sup> SQUID	5	(*)	$\sim 2$	< 1	(2)
HT <sub>c</sub> <sup>3</sup> SQUID	0.1 (5)	(*)	$\sim 30$	< 1	(6)

**Tabelle 2:** Ausgewählte magnetische Sensoren. Die hohen Anforderungen (Abmessungen, Empfindlichkeit und Geschwindigkeit) lassen SQUID's als in besonderer Weise für das RMS-Meßgerät geeignet erscheinen.

(\*): Die erreichbare Feldauflösung ( $S/R=1$ ) wird bestimmt durch das Sensorrauschen und die Bandweite des Systems. Das Rauschen wird durch technologische- und physikalische Grenzen festgelegt. Die Bandweite hingegen kann durch schmalbandige Analog- oder Digitalfilter verringert werden. Eine zusätzliche Verbesserung ist durch Stapelprozesse zu erzielen. Generell gilt, daß sich die Auflösung etwa umgekehrt proportional zum Quadrat der Meßzeit verhält. Im Gegensatz zu SQUID's weisen Induktionsspulen eine frequenzabhängige Feldauflö-sung auf.

<sup>1</sup> SQUID: Superconducting Quantum Interference Device

<sup>2</sup> LT<sub>c</sub>: Klassischer Supraleiter, niedrige Sprungtemperatur, aufwendige Kühlung mit Helium bei 4.2 K.

<sup>3</sup> HT<sub>c</sub>: Hochtemperatur Supraleiter, Kühlung mit Stickstoff bei 77 K.

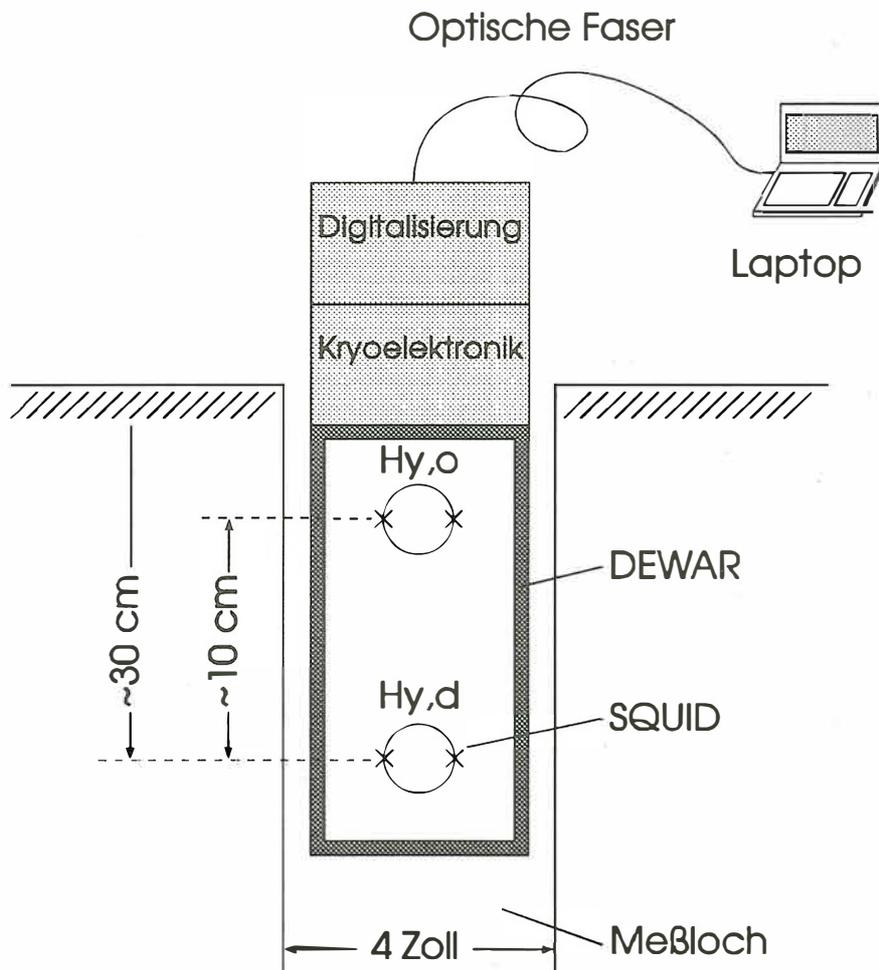
## Instrumentierung

Aus den breitbandigen Sensorsignalen müssen die einzelnen Sender selektiert und deren Übertragungsfunktion berechnet werden. Es ist hierbei eine Bandbreite von etwa 100 Hz anzustreben. Zwei Konzepte sind geeignet:

Das schmalbandige Konzept sieht vor, die Sender nacheinander zu selektieren. Diese Aufgabe übernimmt ein analoges Filter. Die Anwendung des u.a. in der Radiotechnik bewährten Superheterodyn-Prinzips erlaubt es, dieses für eine Festfrequenz auszulegen. Hiermit sind jedoch erhebliche Kalibrierungsprobleme verbunden, da sich bereits geringe Instabilitäten nicht nur der beiden benötigten ZF-Filter direkt auf das Meßergebnis auswirken.

Das breitbandige Konzept sieht hingegen eine unmittelbare Digitalisierung der Sensorsignale vor. Die Selektion der Sender geschieht durch schmalbandige numerische Filter (FFT). Voraussetzung sind schnelle A/D-Wandler mit einer großen Dynamik ( $\geq 14$ -Bit, 5-20 MSMP/L/s, siehe Tabelle 1). Derartige Wandler sind derzeit noch vergleichsweise teuer und weisen einen hohen Strombedarf auf. Trotzdem ist das Konzept vorteilhaft, da zum einen eine einzelne Registrierung bereits sämtliche Sender erfaßt und zum anderen neben den A/D-Wandlern keine weiteren hochwertigen analogen Komponenten benötigt werden.

In beiden Konzepten würden die digitalisierten Daten zu einem Meßrechner übertragen (Abb. 4) und mit bekannten statistischen Verfahren ausgewertet werden. Die Kalibrierung des



**Abb. 4:** Schema des geplanten Demonstrationsmodells eines RMS-Meßgerätes. Zur Bestimmung des spezifischen elektrischen Widerstandes wird eine Horizontalkomponente des Magnetfeldes und deren vertikaler Gradient im Erdboden gemessen.

Meßgerätes wird bei dem VGM-Konzept dadurch erleichtert, daß der spezifische Widerstand aus Zeitreihen ( $B_Y^o(t)$ ,  $B_Y^d(t)$ ) berechnet wird, die mit baugleichen Sensoren registriert werden.

### Anhang

I) In dem betrachteten Frequenzbereich erfolgt die magnetische Anregung durch Rundfunksender. Sofern die Leitfähigkeit nur von der Tiefe abhängt, ist das Feld im Gegensatz zur MT grundsätzlich streng polarisiert.

II) Wenn sich die Sender in einer Entfernung befinden, die die Strecke von 10 Skintiefen übertrifft, kann von einer homogenen Anregung ausgegangen werden. Für einen homogenen, isotropen Halbraum mit einem spezifischen Widerstand von z.B.  $100 \Omega m$  ist diese Bedingung für alle hier interessierenden Frequenzen bereits in 300 Meter Entfernung erfüllt.

III) Anstelle der beiden Horizontalkomponenten des elektrischen Feldes erfordert das VGM-Konzept die Messung von vier magnetischen Gradienten. Ist der Untergrund jedoch lateral nur schwach inhomogen so gilt:

$$\left| \frac{\partial B_z}{\partial y} \right| \ll \left| \frac{\partial B_y}{\partial z} \right| \quad \text{bzw.} \quad \left| \frac{\partial B_z}{\partial x} \right| \ll \left| \frac{\partial B_x}{\partial z} \right|$$

und es werden nur die zwei Vertikalgradienten benötigt:

$$E_x = -\frac{1}{\sigma \mu_0} \frac{\partial B_y}{\partial z}, \quad E_y = \frac{1}{\sigma \mu_0} \frac{\partial B_x}{\partial z}.$$

IV) Für lateral schwach inhomogene Untergründe (siehe III) ist die vollständige Bestimmung des Impedanztensors (4 Elemente) bereits mit einem skalaren RMS-Meßgerät möglich. Hierzu werden zunächst zwei frequenzmäßig eng benachbarte, aber vollständig aufgelöste und in unterschiedlichen Richtungen stehende Sender ausgewählt. Aus der Registrierung können dann zwei Tensorelemente bestimmt werden. Nach azimuthaler Drehung des Sensors um  $90^\circ$  wird die Messung wiederholt und die anderen beiden Elemente bestimmt.

V) Bei den interessierenden hohen Frequenzen kann der Einfluß der dielektrischen Verschiebestrome auch für typische Widerstände von Lockersedimenten nicht mehr vernachlässigt werden. Für den Halbraum beträgt die Skintiefe  $\delta$  bei homogener Anregung:

$$\delta = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r \mu_0}{2} \left( \sqrt{1 + \frac{1}{\rho^2 \varepsilon_0^2 \varepsilon_r^2 \omega^2}} - 1 \right)}$$

Ohne Berücksichtigung der Verschiebestrome ergäbe sich eine größere Skintiefe  $\hat{\delta}$ :

$$\hat{\delta} = \sqrt{\frac{2\hat{\rho}}{\omega\mu_0}}$$

Durch Gleichsetzen beider Ausdrücke kann ein Halbraumwiderstand  $\hat{\rho}$  errechnet werden, wie er sich ergäbe, wenn Verschiebestrome ignoriert würden:

$$\hat{\rho} = I / \omega \varepsilon_0 \varepsilon_r \left( \sqrt{1 + \frac{I}{\rho^2 \varepsilon_0^2 \varepsilon_r^2 \omega^2}} - 1 \right)$$

Eine Abschätzung der zu erwartenden Verschiebestrome zeigt (Tab. 3), daß diese bei hohen Frequenzen meßbar sein werden. Dies ist jedoch kein meßtechnisches, sondern vielmehr, analog zum IP-Effekt in der MT, ein interpretatives Problem.

Frequenz [kHz]	$\varepsilon_r$	$\rho$ [ $\Omega m$ ]	$\delta$ [m]	$\hat{\rho}$ [ $\Omega m$ ]	$\hat{\delta}$ [m]
200	4	10	3.561	10.005	3.562
200	4	100	11.26	100.44	11.28
200	10	10	3.561	10.01	3.563
200	10	100	11.26	101.12	11.32
2000	4	10	1.126	10.04	1.128
2000	4	100	3.56	104.55	3.64
2000	10	10	1.126	10.11	1.13
2000	10	100	3.56	111.74	3.76

**Tab. 3:** Einfluß des Verschiebestromes auf den gemessenen Widerstand  $\rho$  und die Schwerpunkttiefe  $\delta$ , in Abhängigkeit von der Frequenz, der Dielektrizität und dem spezifischen Widerstand des Halbraumes. Die zwei rechten Spalten geben das Ergebnis wieder, wie es sich ergäbe wenn, die Verschiebestrome ignoriert würden.

#### Literatur:

CAGNIARD, L. (1953): Basic theory of the magnetotelluric method of geophysical prospecting, *Geophysics*, 18, No. 3, 605-635.

ELSEN, R. und SIEVER, K. (1994): Entwicklung eines integrierten Meß- und Interpretationsverfahrens für LF-R und TEM zur Erkundung des Untergrundes obertägiger Deponien und Altlasten. In: PROJEKLEITUNG DEPONIEUNTERGRUND (Hrsg.): Berichtsband zum 3. Statusseminar des Verbundvorhabens - Deponieuntergrund in Berlin 1993. S.441-447, BGR-Hannover.

HÄUSLER, B. et al. (1985): The Plasma Wave Instrument on Board the AMPTE IRM Satellit. *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, 23, 267-273.

- JONES, A.G. (1983): A passiv natural - source Twin-purpose borehole technik. Vertical gradient magnetometrie (VGM), J. Geomag. Geoelectr., 35, 473-490.
- MEYER, J. (1965) Übertragung des Cagniard'schen Verfahrens auf den Fall der Beobachtung nur magnetischer Größen. In: HAAK, V. und HOMILIUS, J. (Hrsg.): Protokoll über das Symposium "Erdmagnetische Tiefensondierung", S.133ff, Goslar.
- SCHMUCKER, U. (1986): Erfahrungen mit magnetischen Untertageregistrierungen. In: HAAK, V. und HOMILIUS, J. (Hrsg.): Protokoll über das 11. Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung", Schloß Lerbach bei Köln, Inst. f. Meteorologie und Geophysik, J. W. Goethe Universität Frankfurt.
- SPITZER, K. (1991): Ein triaxiales Magnetometer zur fortlaufenden Registrierung erdmagnetischer Variationen in tiefen Bohrungen - erste Erprobungen der Vorbohrung des Kontinentalen Tiefbohrprogramms, Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- STEVELING, E., SPITZER, K. UND LEVEN, M. (1990): Messungen mit dem Göttinger Bohrlochmagnetometer zur vertikalen Gradientensondierung in der KTB-Oberpfalz VB. In: BRAM et al. (Hrsg.): KTB Reprot 90-6a, NLFb, Hannover, 135-156.
- TEZKAN, B., GOLDMAN, M., MÜLLER, I., NEUBAUER, R.M. und ZACHER, H.G. (1994): Entwicklung eines integrierten Meß- und Interpretationsverfahrens für LF-R und TEM zur Erkundung des Untergrundes obertägiger Deponien und Altlasten. In: PROJEKLEITUNG DEPONIEUNTERGRUND (Hrsg.): Berichtsband zum 3. Statusseminar des Verbundvorhabens - Deponieuntergrund in Berlin 1993. S.422-440, BGR-Hannover.

Persönliche Mitteilungen:

- (1) Büro Dr. Förster - Reutlingen
- (2) Physikalisch Technische Bundesanstalt: (Dr. Drung)
- (3) Firma Metronix / Geometra - Braunschweig: (Dr. Matzander)
- (4) Institut für Hochfrequenztechnik - TU-Braunschweig: (Dr. Dehmel)
- (5) Funkmeßstelle der Telekom - Berlin: (Hr. Bähnschnitt)
- (6) University of California - Berkeley: (Dr. Ludwig)
- (7) GFM Systems Inc. Typ: GSMP-20