

P. NEURIEDER

"Geräteeinflüsse bei der digitalen Meßwerterfassung in der MT und ihre Auswirkung auf die Morphologie der  $g_s$ - und Phasenkurven"

Zum Zwecke einer Überprüfung verschiedener MT-Apparaturen wurde eine Vergleichsmessung an der Station Gächingen (Schwäb. Alb) ausgewertet. Verglichen wurde eine MT-Station, bestehend aus Förstersonde und Elektrograph (Greinwald, 1972), mit einer MT-Station mit Induktionsspulen-Magnetometer KIM 762 (Karmann, 1975) und einer Weiterentwicklung des ersteren Elektrographentyps nach Beblo. Die Meßwerte wurden in beiden Fällen durch eine 5-Kanal-Registrierung (e.Feld: NS, EW; m.Feld: H, D, Z) digital erfaßt. Die 3000 sek langen und zeitgleichen Registrierintervalle wurden jeweils bis zur gleichen harmonischen Ordnung fourier-transformiert, die bekannten Übertragungseigenschaften der Apparaturen wurden rückgefaltet. Die so korrigierten Fourier-Koeffizienten waren Ausgangsbasis für die weitere Untersuchung.

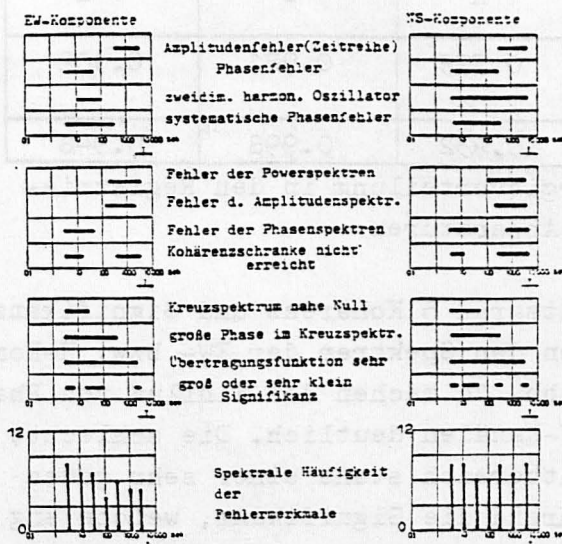
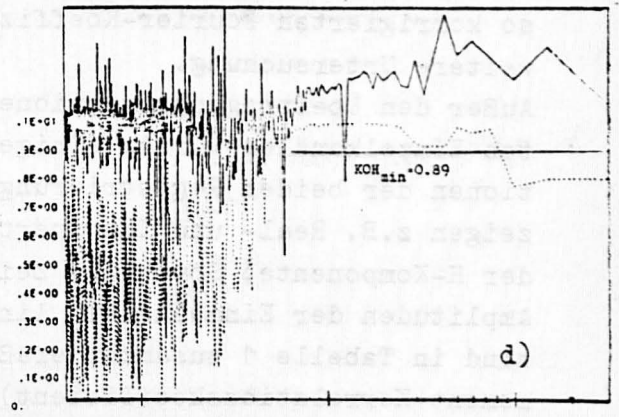
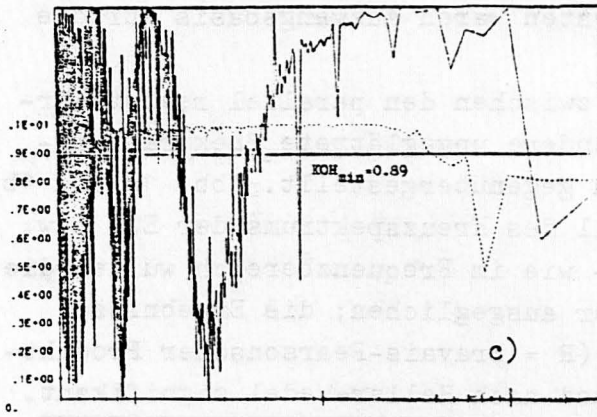
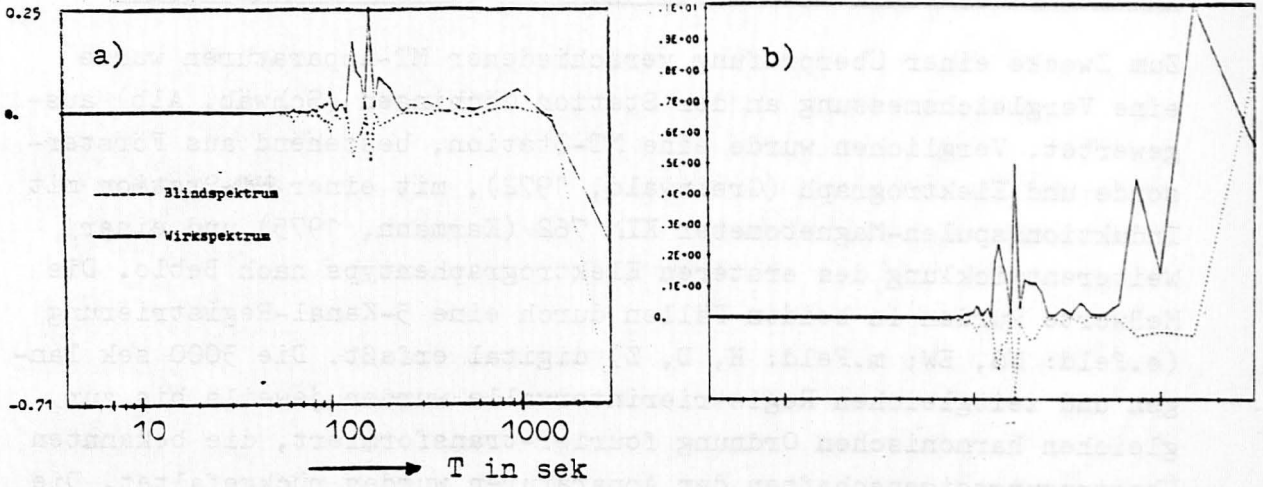
Außer den Übertragungsfunktionen zwischen den parallel registrierten Einzelkanälen wurden einige andere ungeglättete Spektralfunktionen der beiden Registrierungen gegenübergestellt. Abb. 1a und 1b zeigen z.B. Real- und Imaginärteil des Kreuzspektrums der EW- bzw. der H-Komponente. Sowohl im Zeit- wie im Frequenzbereich wurden die Amplituden der Einzelkanäle linear ausgeglichen; die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefaßt (R = Bravais-Pearsonscher Produktmoment-Korrelationskoeffizient) und nach Haller-Wedel signifikant.

R	e. Feld		m. Feld		
	EW	NS	H	D	Z
Zeitber.	0.348	0.278	0.773	0.981	0.102
Frequ.ber.	0.978	0.960	0.932	0.998	0.946

Tab. 1: Korrelierbarkeit der Energieverteilung in den Registrierungen der verschiedenen Apparaturen

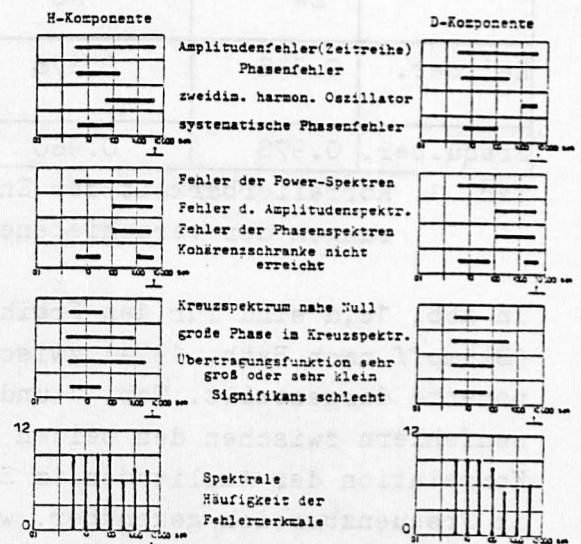
In Abb. 1c,d sind für den Freiheitsgrad 5 Kohärenz und Signifikanz (Stumpff nach Bath, 1974) zwischen den Spektren der EW- bzw. H-Komponente dargestellt. Tab. 1 und Abb. 1c machen den Einfluß von Phasenfehlern zwischen den beiden EW-Kanälen deutlich. Die schlechte Korrelation der Amplituden im Zeitbereich steht einer sehr guten im Frequenzbereich gegenüber, während die Signifikanz, welche eng mit der Phase des Kreuzspektrums zusammenhängt, trotz Überschrei-

Abb.1: Fehlermerkmale der Vergleichsregistrierung



E-Feld-Messung, spektrales Fehlerprofil

e)



Magnetfeldmessung, spektrales Fehlerprofil

f)

tens der  $KOH_{\min}$ -Schranke im kurzperiodischen Teil wiederholt stark zusammenbricht. Diese Phasenfehler in den EW- und NS-Registrierungen erklären sich aus den Aliasingeffekten der FÖS-Station, die bei der zu kurzen Perioden hin weniger steil abfallenden Signalenergie im e. Feld stärker zum tragen kommen als im m. Feld. Die schwachen Kohärenzen zwischen den m. Feldkomponenten sind in H und D im wesentlichen auf die unterschiedlichen Rauschcharakteristika der Magnetfeld-Sensoren zurückzuführen, in Z spielen zusätzlich Quantisierungsfehler des ADC eine Rolle. In den Abb. 1e,f sind Fehlermerkmale zusammengestellt, die beim Freiheitsgrad 5 bestimmte statistische Schranken überschritten haben. So erhält man ein Bild über die Fehlerhäufigkeit in den einzelnen Kanälen bei bestimmten Frequenzen.

Zwei Beispiele für externe Störungen der Einzelregistrierung zeigt Abb.2. Die Übertragungsfunktion zwischen den NS-Kanälen (2a) weist zwischen  $T=300$  sek und  $T=1200$  sek große Abweichungen von 1 auf (im kurzperiodischen Spektrum erkennt man Aliasing-Einfluß), die auf Potentialdrift an einer der 4 verwendeten  $CuSO_4$ -Elektroden zurückgeführt wird. Daß eine Eisenbahnlinie in über 4 km Entfernung bei Induktionsspulen-Magnetometern noch deutlich stört, zeigt Abb. 2b. Die H-Analogregistrierung eines KIM 762 auf MARS 66-Apparatur wurde mit einem  $16 \frac{2}{3}$  Hz -Bandpaß bearbeitet. Die Ausgangsspannung der Störampplitude beträgt ca. 10% von der für ein mittleres natürliches Signal in H.

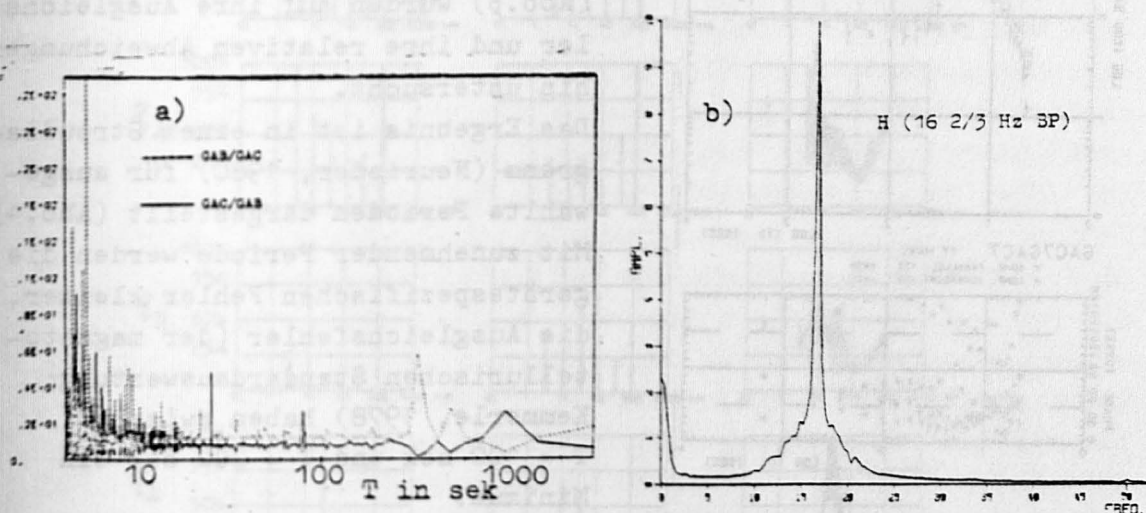


Abb.2: Externe Störungen (Erklärung im Text)

GAB = MT-Station mit Förstersonde

GAC = MT-Station mit KIM-Magnetometer



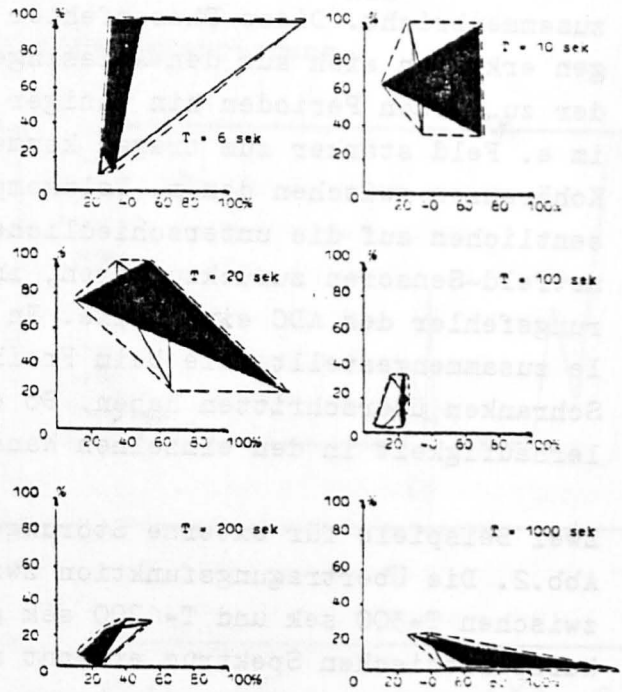
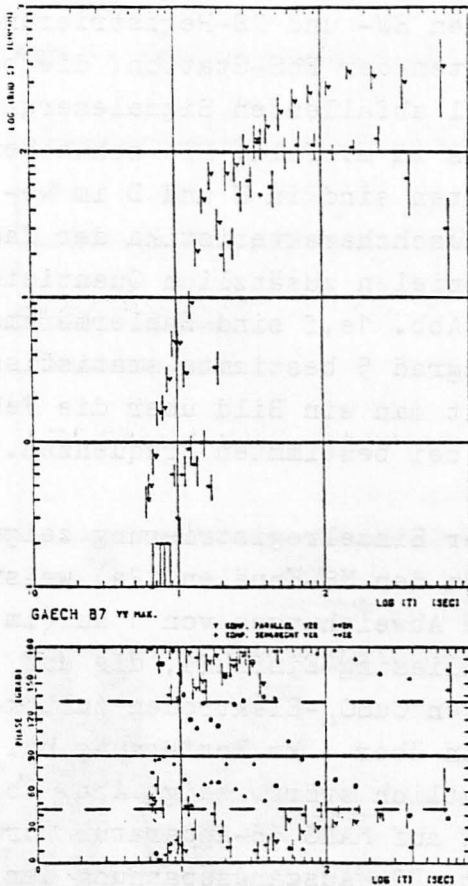


Abb.4: Streudiagramme aller Einzelwerte bei vorgegebener Periode, Parameter:  $S_0, S_1, \psi_0, \psi_1$ .  
Abszisse: Gauß'scher Ausgleichsfehler  $\sigma_1/\sigma_2$ .  
Ordinate: Fehler zwischen den Geräten  $\sigma_1/\sigma_2$ .  
(hell: GAC, dunkel: GAB)

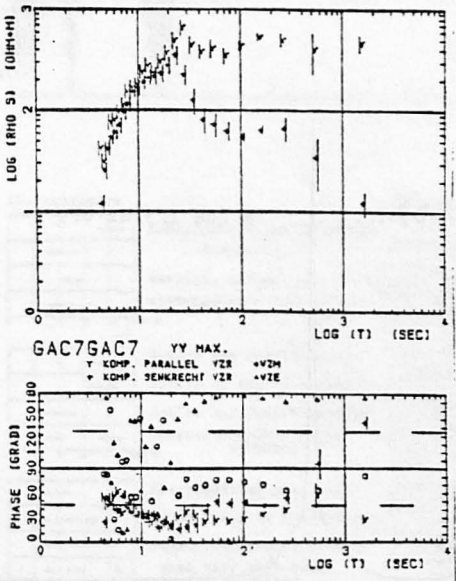
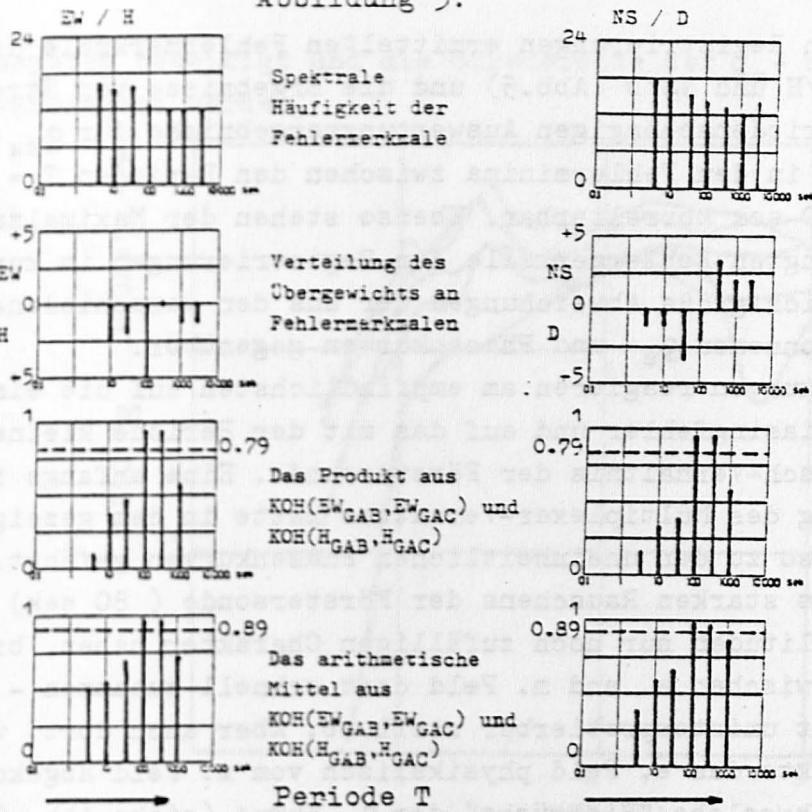


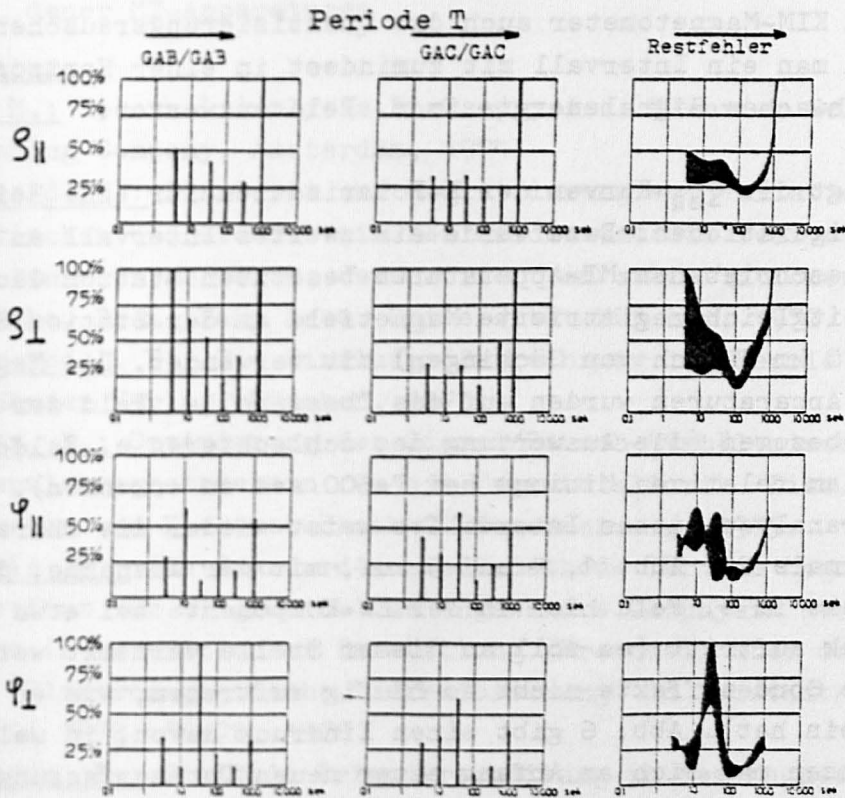
Abb.3:  
 $S_s$ - und Phasenkurven, aus den Vergleichsregistrierungen berechnet (oben: GAB).

Die berechneten  $S_s$ - und Phasenkurven (Abb.3) wurden auf ihre Ausgleichsfehler und ihre relativen Abweichungen hin untersucht. Das Ergebnis ist in einem Streudiagramm (Neurieder, 1980) für ausgewählte Perioden dargestellt (Abb.4). Mit zunehmender Periode werden die gerätespezifischen Fehler kleiner, die Ausgleichsfehler (der magnetotellurischen Standardauswertung; Kemmerle, 1978) haben zwischen  $T = 100$  sek und  $T = 200$  sek ein Minimum.

Abbildung 5:



Fehlermerkmale der Quotienten EW/H und NS/D



Der Gauß'sche Fehler in den  $g_s$ - und Phasenkurven von GAB und GAC und der verbleibende Gauß'sche Restfehler zwischen GAB und GAC.

Die aus den Registrierungen ermittelten Fehlermerkmale der Quotienten  $EW/H$  und  $NS/D$  (Abb.5) und die Ergebnisse von Streudiagrammen der periodenabhängigen Auswertungsergebnisse für  $g_{su}$ ,  $g_{sl}$ ,  $\varphi_{II}$  und  $\varphi_I$  sind in den Fehlerminima zwischen den Perioden  $T = 100$  sek und  $T = 200$  sek korrelierbar. Ebenso stehen der Maximalzahl der gerätebedingten Fehlermerkmale der Registrierungen im kurzperiodischen Bereich große Abweichungen der aus den verschiedenen Registrierungen gewonnenen  $g_s$ - und Phasenkurven gegenüber.

Die Phasenkurven reagieren am empfindlichsten auf die eingangs erwähnten Aliasingfehler und auf das mit der Periode kleiner werdende Signal/Rausch-Verhältnis der Förstersonde. Eine anfangs fehlerhafte Rückfaltung des Multiplexer-Versatzes hatte in dem gezeigten Beispiel ebenso zu den uneinheitlichen Phasenkurven geführt. Da im Bereich des starken Rauschens der Förstersonde ( 80 sek) die erfaßten Amplituden nur noch zufälligen Charakter haben, bricht die Kohärenz zwischen e. und m. Feld dort schnell zusammen - die  $g_s$ -Kurve fällt uninterpretierbar steil ab. Aber auch dort, wo durch Sondereffekte das e. Feld physikalisch vom m. Feld abgekoppelt wird, zeigen sich solche "Einbrüche" der  $g_s$ -Kurve (siehe Abb. 2a und Abb. 3 unten). Als Ursache für solche folgenschweren Amplitudenfehler kommt beim KIM-Magnetometer auch das Quantisierungsrauschen in Frage, sofern man ein Intervall mit zumindest in einer Horizontalkomponente schwachen Signalenergie im m. Feld auswertet.

Abb. 6 zeigt die  $g_{su}$ -Kurven der E-Polarisation für eine Reihe von Gerätekonfigurationen. Dazu wurde ein zweites Intervall an der mit den oben beschriebenen MT-Apparaturen besetzten Station Gächingen und das zeitgleich registrierte Magnetfeld an der Station St. Johann (ca.10 km NWlich von Gächingen) mit verwendet. Die Magnetfelder aller Apparaturen wurden auf das "bessere" e. Feld der Station Gächingen bezogen (die Auswertung des schlechteren e. Feldes ist in Abb. 6 am relativen Minimum bei  $T=600$  sek zu erkennen).

Die Fehleranalyse dieses Intervalles weist wieder die charakteristischen Merkmale der Abb. 1, 4 und 5 auf, mit der Ausnahme, daß der Sondereffekt im e. Feld hier in der EW-Komponente bei etwa 400 sek bis 800 sek auftritt (es soll an dieser Stelle vermerkt werden, daß solche Sondereffekte nicht so häufig auftreten, wie es hier den Anschein hat). Abb. 6 gibt einen Eindruck davon, in welchen Fehlergrenzen man sich am Anfang einer neuen Datenerfassung und -verarbeitung zurechtfinden muß. Inzwischen konnten viele der angesprochenen Fehler durch optimalere Signalanpassung an das Über-



tragungssystem beseitigt und die Streubreite der  $\mathcal{G}_S$ - und Phasenkurven verringert werden.

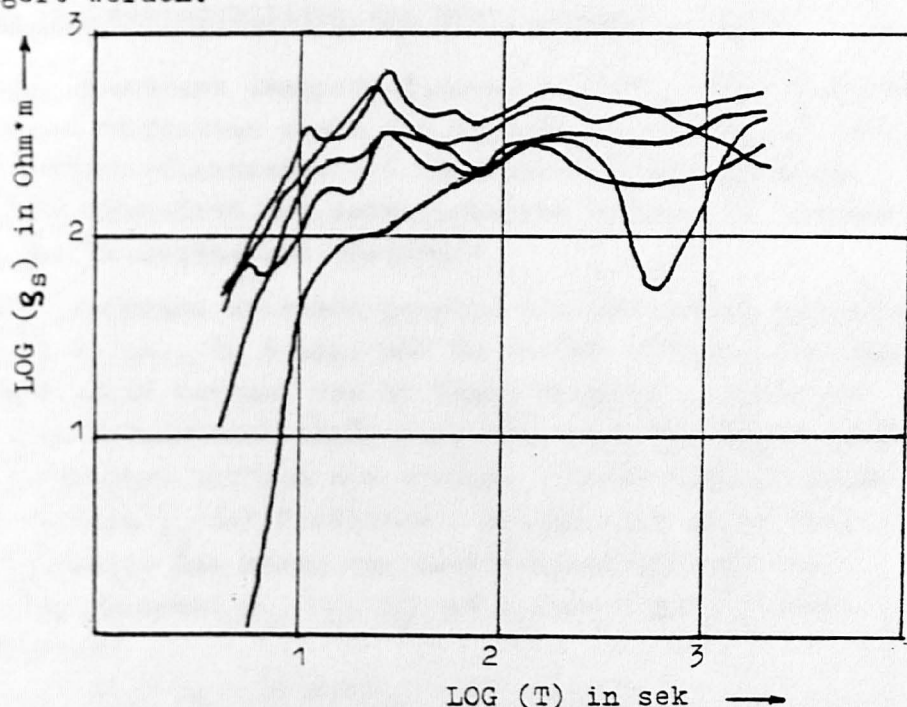


Abb.6:  $\mathcal{G}_{SII}$ -Kurven von gemischten Feldkomponenten dreier verschiedener MT-Apparaturen

Literatur:

Bath, M.: Spectral Analysis In Geophysics. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1974.

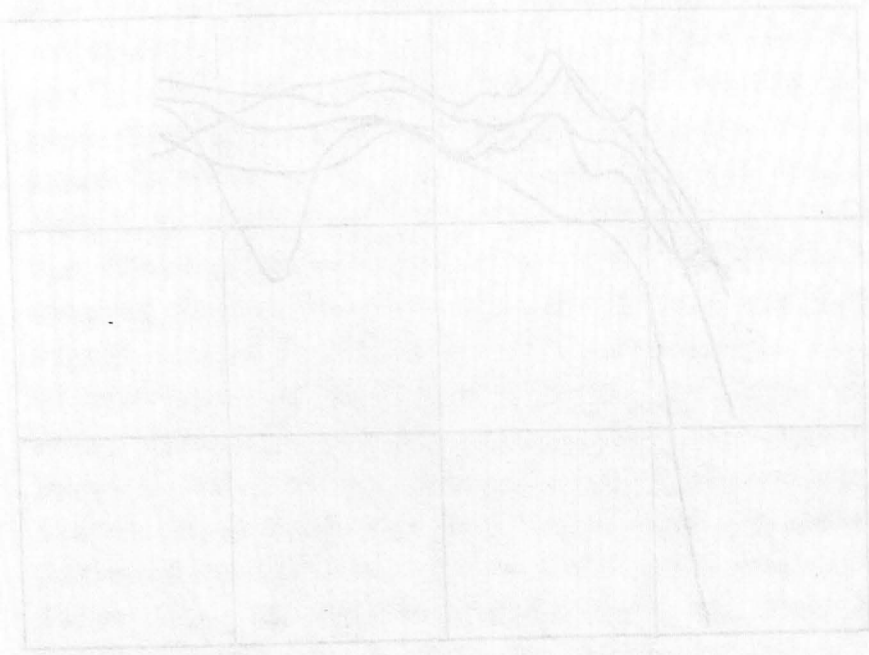
Greinwald, S.: Ein Gerät zur Registrierung von Variationen des erdmagnetischen und erdelektrischen Feldes und die Bearbeitung der damit gewonnenen Meßwerte, demonstriert an zwei Stationen aus der Afarsenke. Diss. Fak. Geow. Universität München, 1972.

Haller-Wedel, E.: Die Einflußgrößenrechnung in Theorie und Praxis. Carl Hanser Verlag, München, 1973.

Karmann, R.: Optimierung des Signal/Rausch-Verhältnisses von Induktionsspulenmagnetometern für die Magnetotellurik. Diss. Fak. Maschinenbau und Elektrotechnik TU Braunschweig, 1975.

Kemmerle, K.: Die Standard-Auswertemethode für die Magnetotellurik am Institut für Allgemeine und Angewandte Geophysik der Universität München in schematischer Darstellung. Protokoll über das Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung" in Neustadt/Weinstraße im April 1978, 66-70, 1978

Neurieder, P.: Digitale Datenverarbeitung in der Magnetotellurik und ihre Anwendung auf Geländemessungen. Diplomarbeit am Inst. f. Allg. und Angew. Geophysik der Universität München, 1980.



Länge in cm

Die Kurven von gemessenen Fällungszeiten in Abhängigkeit von der Fällungszeit sind in der Abbildung dargestellt. Die Kurven zeigen eine deutliche Abnahme der Fällungszeit mit zunehmender Fällungszeit. Die Kurven sind in drei Gruppen unterteilt, die durch die Beschriftungen 'A', 'B' und 'C' gekennzeichnet sind. Die Kurve 'A' zeigt die höchste Fällungszeit, gefolgt von 'B' und 'C'. Die Kurven 'A' und 'B' zeigen eine deutliche Abnahme der Fällungszeit mit zunehmender Fällungszeit, während die Kurve 'C' eine geringere Abnahme zeigt. Die Kurven 'A' und 'B' sind durchgezogene Linien, während die Kurve 'C' eine gestrichelte Linie ist. Die Kurven 'A' und 'B' sind durchgezogene Linien, während die Kurve 'C' eine gestrichelte Linie ist.