

K. SPITZER

### Zeitabhängigkeit des Impedanztensors

Vom 2.11.-16.12.84 und vom 23.4.-28.5.85 wurden in der Nähe von Hassloch/Pfalz (Stationsname: HAS, Koordinaten  $49^{\circ}19.2'N$ ,  $8^{\circ}16.8'E$ ), im nördlichen Rheingraben und Grasellenbach/Odenwald (GRA,  $49^{\circ}37.9'N$ ,  $8^{\circ}52.7'E$ ) zwei Meßkampagnen durchgeführt. Ziel dieser Messungen war es, die zeitliche Konstanz des Impedanztensors zu untersuchen und mit DC-Widerstandsmessungen, seismischen Aktivitäten und dem Einfluß von Niederschlägen zu vergleichen. Im Jahre 1979 z.B. stellte D. Beamish einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Erdbebens (Boxing Day Earthquake, Carlisle, Scotland) und bestimmten magnetischen Übertragungsfunktionen fest. Dieser Bericht soll den momentanen Stand meiner Ergebnisse und tendenziell das weitere Vorgehen aufzeigen.

### Aufbau der Meßstationen

Die Meßstationen waren mit jeweils einem Induktionsspulenmagnetometer, einer digitalen Kassettenaufzeichnungsapparatur, einer Tellurikapparatur und einer 12V-Gleichspannungsversorgung ausgerüstet. Zusätzlich wurde eigens für diese Messungen

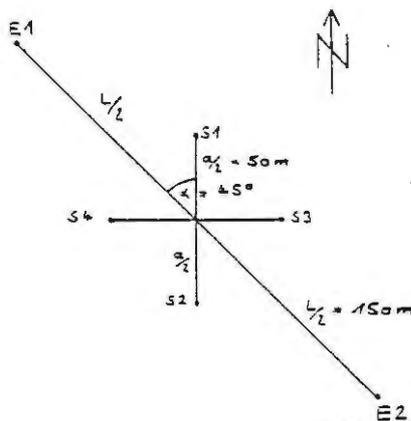


Abb.1: Prinzipieller Aufbau der Meßstationen. S1-S4: Telluriksonden, E1, E2: Einspeiserelektroden für Gleichstrom.

eine Gleichstromquelle entwickelt, die einen konstanten Strom mit der Genauigkeit von etwa 1% lieferte. Sie konnte mit Hilfe der Stationsuhr zu bestimmten Tageszeiten automatisch ein-, ausgeschaltet und umgepolt werden. Der Strom wurde über zwei Elektroden in den Boden eingespeist und das entstehende E-Feld mit den Telluriksonden gemessen. Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau dieser Stationen.

Der Vorteil dieser Anordnung ist, daß mit nur einer Apparatur die natürlichen Pulsationen und die künstlich eingespeisten Felder aufgezeichnet werden konnten. Die relativ hohe Konstanz der Stromquelle machte es überflüssig, die Stromstärke mitzuregistrieren, so daß im Endeffekt fünf Aufzeichnungskanäle ( $H, D, Z, E_{EW}, E_{NS}$ ) ausreichten. Abbildung 2 zeigt ein Registrierbeispiel. Zwischen 13:00 und 13:10 Uhr erkennt man die Potentialsprünge, die durch den eingespeisten Gleichstrom hervorgerufen wurden (Umpolung nach jeder Minute).

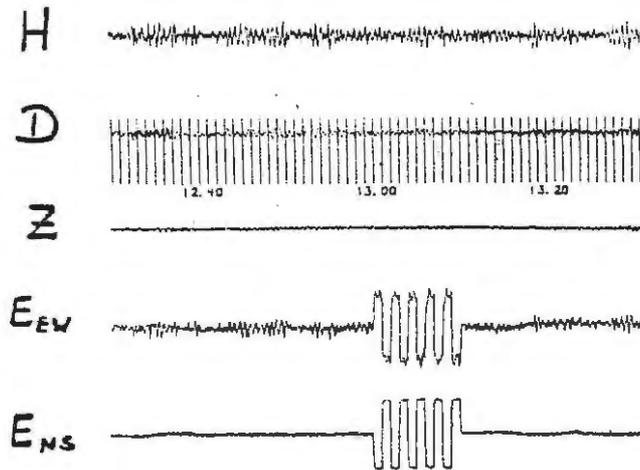


Abb.2: Registrierbeispiel mit Potentialsprüngen der DC-Einspeisung (zwischen 13:00 und 13:10 Uhr).

Stichpunktartige Auswertung zweier nahe beieinanderliegender Tage und Einführung eines Kohärenzkriteriums

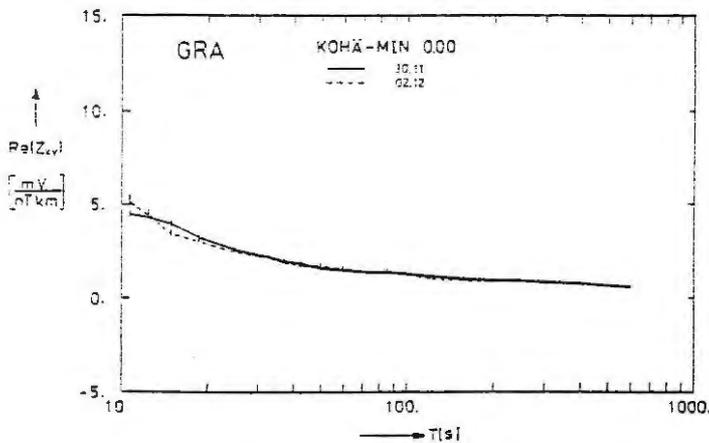
Ziel dieser Arbeit ist es, den Impedanztensor für jeden Tag zu bestimmen und den zeitlichen Verlauf zu untersuchen. Hier möchte ich der Frage nachgehen, inwieweit es möglich ist, die Impedanz mit dem Datenmaterial von 24 Stunden hinreichend genau zu berechnen. Deshalb habe ich stichpunktartig zwei Tage mit mittlerer Aktivität ( $K_p$  zwischen 3 und 6) herausgegriffen

und in gleichlange Zeitintervalle unterteilt. Analysiert wurde nach dem von Schmucker (1978) angegebenen und in Göttingen üblichen Verfahren in vier verschiedenen Frequenzbereichen. Tabelle 1 enthält einige wichtige Analysedaten.

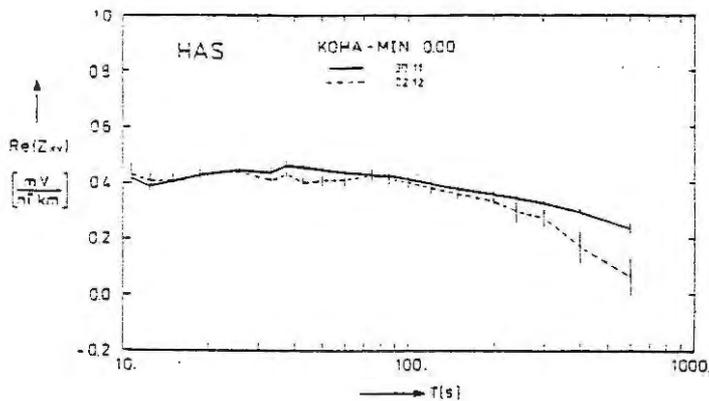
Analysebereich	I	II	III	IV
$\Delta f$ (CPM)	0.8	0.2	0.1	0.05
Bandbreite (CPM)	6.4-1.6	1.8-0.6	0.8-0.2	0.3-0.05
Intervalllänge (min)	~ 10	~ 20	~ 60	~ 120
Anzahl der Intervalle	~ 144	~ 72	~ 24	~ 12

**Tab.1:** Analysiert wurde in 4 Frequenzbereichen.  $\Delta f$  ist der Frequenzabstand der mit dem Parzenfenster geglätteten aufsummierten Fourier-Produkte und entspricht der spektralen Breite des Parzenfensters.

Die Vorbehandlung der Daten umfaßte eine Hoch- und Tiefpaßfilterung im Zeitbereich. Das Ergebnis der Analyse sollte bei



beiden Tagen annähernd das gleiche sein. Abbildung 3 und 4 vergleicht  $Re(Z_{xy})$  vom 30.11.84 mit  $Re(Z_{xy})$  vom 2.12.84 an beiden Stationen.



**Abb.3 und 4:** Realteil von  $Z_{xy}$  vom 30.11.84 und 2.12.84 von beiden Stationen aufgetragen gegenüber der Periode. Analyse ohne Kohärenzkriterium.

Vor allem bei der Station HAS treten deutliche Diskrepanzen im langperiodischen Bereich auf. Eine Einzeleffektanalyse der Station GRA zeigt, daß die Werte des Impedanztensors mit abnehmender Kohärenz zunehmend streuen. In Abb.5 ist  $\text{Re}(Z_{xy})$  der Station GRA vom 30.11. und 2.12.84 für eine Anzahl Einzeleffekte und 4 stellvertretende Analysefrequenzen gegen die Kohärenz aufgetragen. Man erkennt deutlich die mit der Kohärenz zunehmend sicherer werdende Bestimmung des Tensor-elementes.

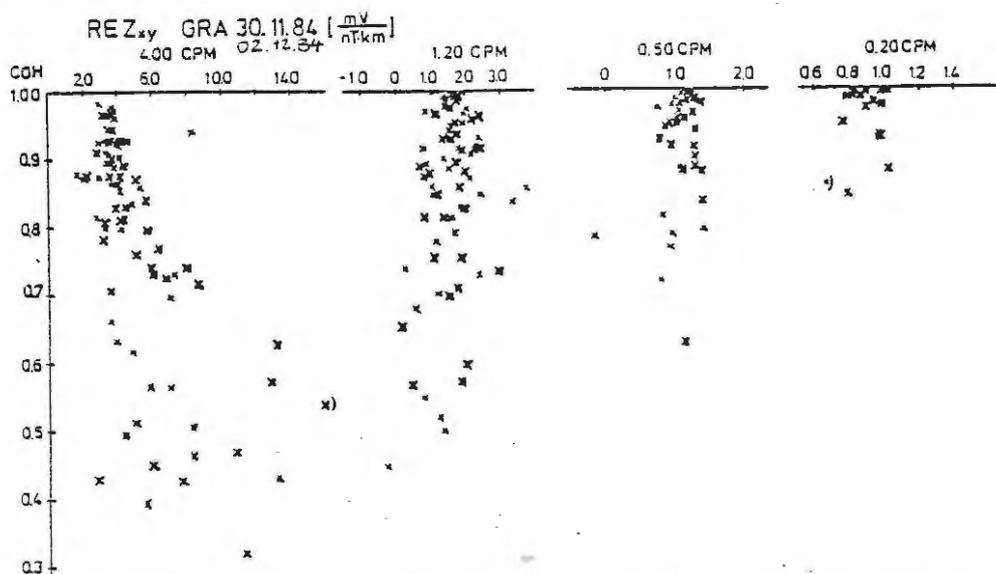


Abb.5: Realteil von  $Z_{xy}$  vom 30.11. und 2.12.84. Station GRA, aufgetragen gegenüber der Kohärenz für 4 Analysefrequenzen. Jedes Kreuz entspricht einem Effekt.

Die Einführung eines Kohärenzkriteriums bringt eine geringere Anzahl von Freiheitsgraden mit sich (größere Fehler), jedoch fallen die in Abb.5 stark gestreuten Effekte heraus. Eine zweite Analyse mit einer Kohärenzschwelle von  $\text{Coh} = 0.8$  läßt die Analyseergebnisse der beiden Tage tatsächlich näher aneinanderrücken. Besonders bei Station HAS erkennt man eine deutlich bessere Übereinstimmung und sogar kleinere Fehler (Abb.6 und 7). Für die Berechnung der Kohärenzen wurden die Spektralwerte über den gesamten Frequenzbereich des jeweiligen Frequenzbandes gemittelt, so daß jedem Effekt eindeutig eine bestimmte Kohärenz für das ganze Band zugeordnet werden konnte.

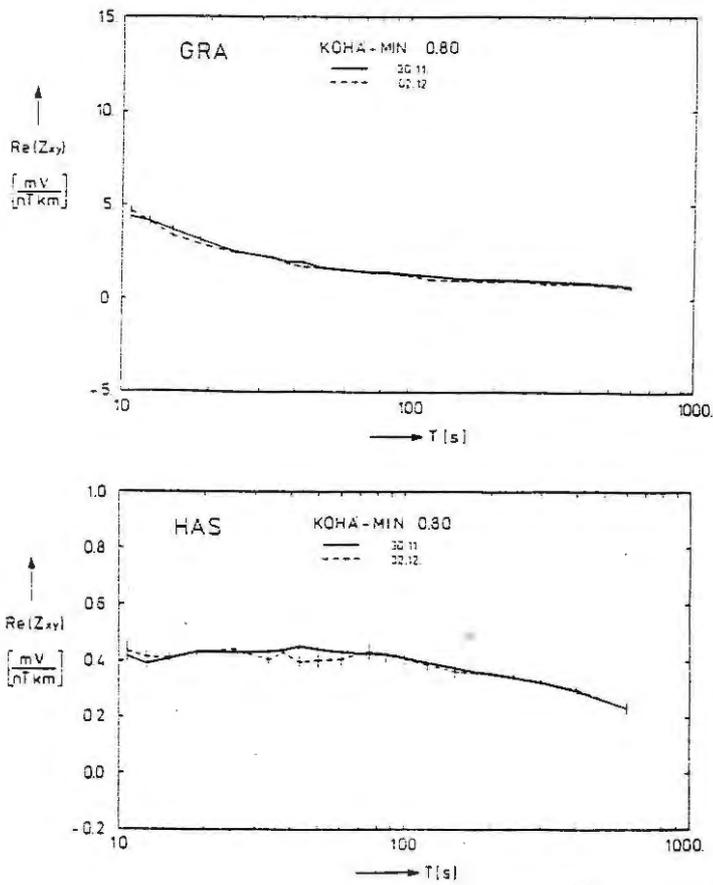


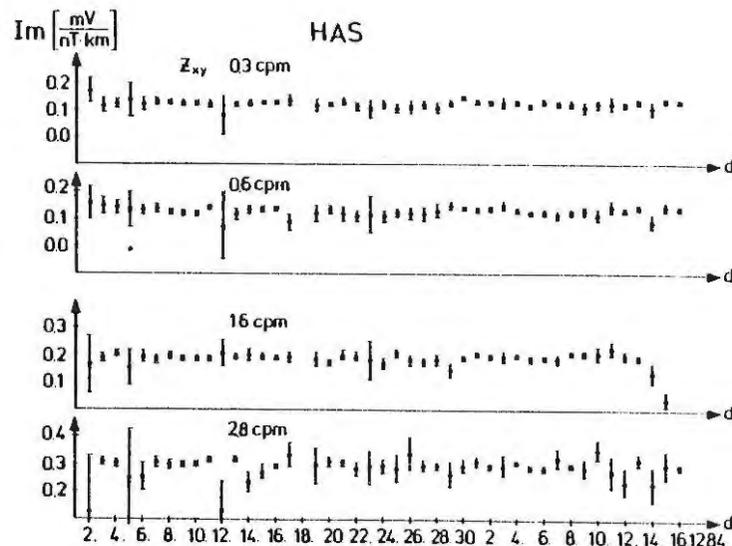
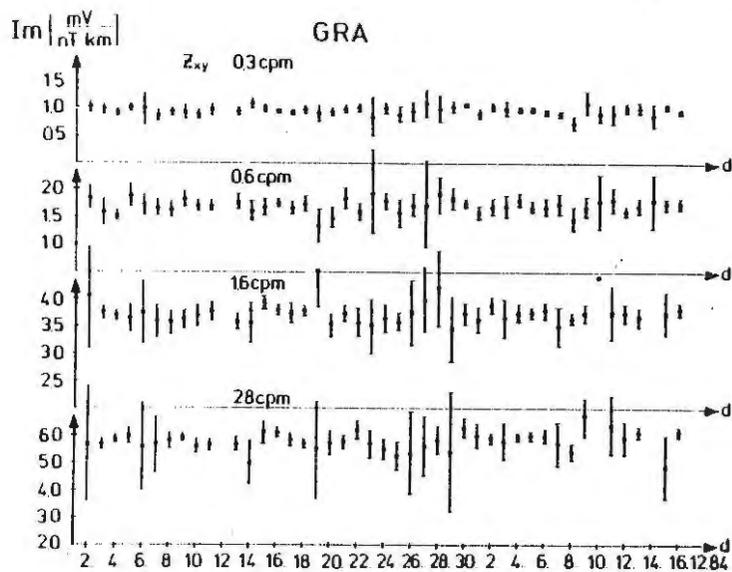
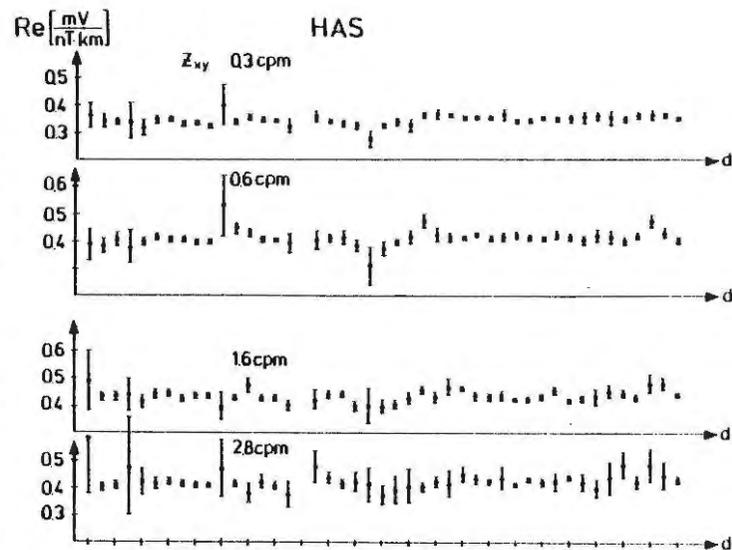
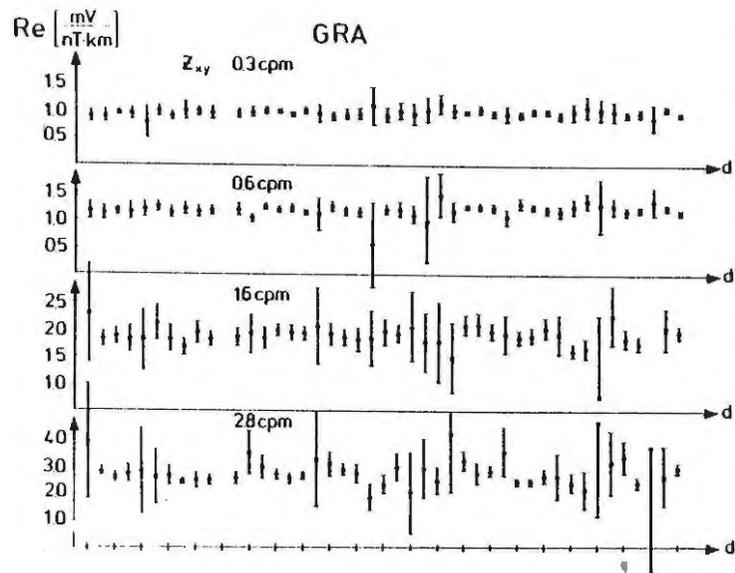
Abb.6 und 7:  
Realteil von  $Z_{xy}$  vom  
30.11. und 2.12.84  
nach Einführung ei-  
nes Kohärenzkrite-  
riums. Deutlich bes-  
sere Annäherung der  
Analyseergebnisse.

Auswertung der Gleichstrommessungen

Mit Hilfe des bekannten konstanten Gleichstromes  $I$ , der an den Telluriksonden gemessenen Spannung  $U_M$  und eines Geometriefaktors  $f_g$  läßt sich der scheinbare Widerstand  $\rho_a$  bestimmen:

$$\rho_a = \frac{U_M}{I} \cdot f_g \quad .$$

Er erfaßt nur sehr oberflächennahe Schichten im Bereich von einigen zehn Metern und ist äußeren Einflüssen, wie z.B. Niederschlägen ausgesetzt. In Abb.12 und 13 ist  $\rho_a$  gegen die Zeit der 1. Meßkampagne aufgetragen. Da nur eine DC-Apparatur vorhanden war, konnten jeweils nur an einer Station Gleichstrommessungen durchgeführt werden (HAS: vom 2.11.-21.11.84, GRA: vom 22.11.-16.12.84). Ein Vergleich mit den Niederschlägen gestaltet sich schwierig, da bisher nur die Niederschlagsmengen für Speyer in der Nähe der Station HAS bekannt sind und



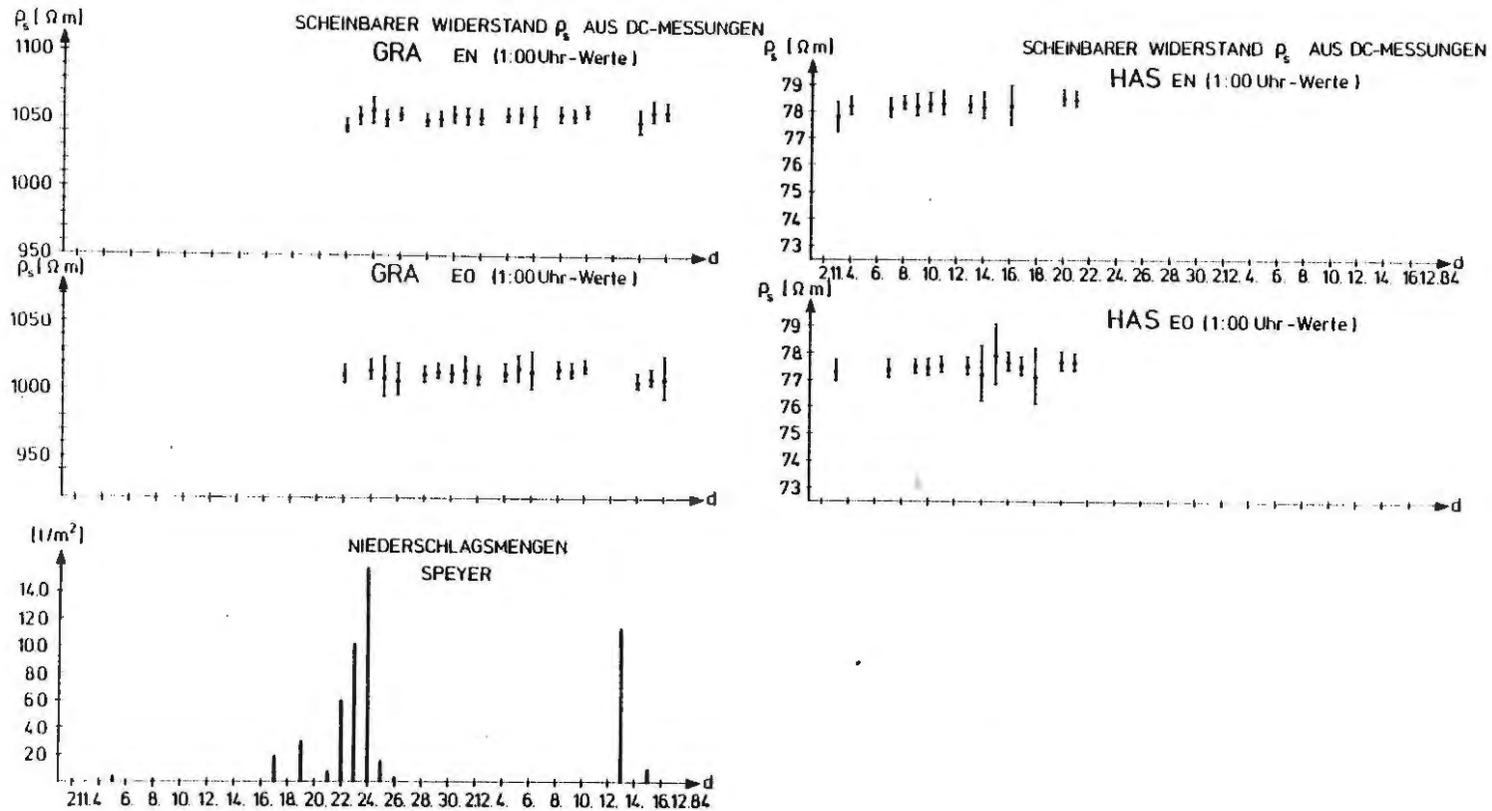


Abb. 8-11: Real- und Imaginärteil von  $Z_{xy}$  von beiden Stationen für die Analysefrequenzen 0.3, 0.6, 1.6 und 2.8 CPM .

Abb.12-13: Aus DC-Messungen ermittelter scheinbarer Widerstand für beide Stationen .

Abb. 14: Niederschlagsmengen für Speyer (8 km östlich von Hassloch) .  
(Wetteramt Trier).

bis zum Umbau der Einspeisungsapparatur am 21.11.84 in Speyer kaum Niederschläge gefallen sind. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung des Mittelwertes der 10 Einzelmessungen (jede Minute zwischen 1:00 und 1:10 Uhr) an.

### Endgültige Analyse

Die endgültige Analyse beschränkt sich auf 2 Frequenzbänder. In Tabelle 2 sind die wichtigsten Daten zusammengestellt:

Analysebereich	I	II
$\Delta f$ (CPM)	0.2	0.1
Bandbreite (CPM)	3.2-0.6	0.8-0.2
Intervalllänge (min)	30	60
Anzahl der Intervalle	48	24

Die Kohärenzschwelle ist  $\text{Coh}^2 = 0.64$ . Die Abbildungen 8-11 zeigen jeweils  $\text{Re } Z_{xy}$  und  $\text{Im } Z_{xy}$  von beiden Stationen in der Zeit vom 2.11.-16.12.84 für die Frequenzen 0.3, 0.6, 1.6 und 2.8 CPM. Lücken in der Kurve sind hauptsächlich durch

1. zu geringe Aktivität
2. defekte Apparaturen
3. Fehler in den Aufzeichnungen und künstliche Störungen entstanden.

Die Fehlerbalken beruhen auf einem Vertrauensbereich von 68%. Die Impedanz verhält sich über die gesamte Zeit der 1. Meßkampagne jedoch sehr konstant (vor allem in den langperiodischen Bereichen 0.3 und 0.6 CPM). Einige Schwankungen sind in den hochfrequenten Teilen des Impedanztensors zu erkennen (1.6 und 2.8 CPM). Ein Vergleich mit den Ergebnissen der 2. Meßkampagne und mit seismischen Aktivitäten in dieser Region steht noch aus. Abb.14 zeigt die Niederschlagsmengen für Speyer (HAS) während dieses Zeitraumes. Die Niederschlagsmengen für GRA und die Analyseergebnisse der 2. Meßkampagne liegen noch nicht vor.

### Literatur:

- Schmucker, U.: Auswertungsverfahren Göttingen, Protokoll Kolloquium "Erdmagnetische Tiefenforschung", Neustadt, 1978, 163-188 .
- Beamish, D.: Geophys. J.R. astr. Soc. (1982) 68, 531-543 .