

E. STEVELING, Göttingen

" Erdmagnetische Tiefensondierung mit Pulsationen und  
Variationen längs eines NS-Profiles in Norddeutschland"

Donnerstag, den 16.9.1971

Im Verlauf zweier Meßperioden von Okt. 1968 - Feb. 1969 und Juni 1969 - Aug. 1969 wurden längs eines NS-Profiles (Fig. 1) durch Norddeutschland Pulsationen und Variationen registriert. Während beider Meßperioden wurde mit 4 Pulsationsstationen nach GRENET, während der ersten zusätzlich mit 3 Askania-Variographen gemessen. Über die Pulsationsstationen und den Anfang einer Auswertung der ersten Meßperiode ist bereits kurz berichtet worden (STEVELING 1969). Das Meßprofil verläuft vom Observatorium Wingst (WN) nach geographisch Süden. Obwohl nicht mehr auf dem Profil liegend, wurde Göttingen (GT) als südliche Vergleichsstation mitbenutzt. Die Profillänge WN - GT beträgt ca. 250 km.

Das Registrierbeispiel in Fig. 2 zeigt den von der großen norddeutschen Leitfähigkeitsanomalie bekannten und typischen Verlauf der drei Komponenten.  $\Delta Z$  ist im Norden parallel und im Süden antiparallel zu  $\Delta H$ . Dazwischen (in WKB) verschwindet  $\Delta Z$ , und  $\Delta H$  erreicht ein Maximum.  $\Delta D$  verändert sich längs des Profils nur unwesentlich. Fig. 3 läßt erkennen, daß die Anomalie in den kurzen Perioden eines ssc nicht mehr sichtbar ist. An allen Stationen ist  $\Delta Z$  verschwindend klein, und auch die Horizontalkomponenten zeigen nur noch geringe Änderungen längs des Profils.

Die beiden folgenden Beispiele stammen aus Pulsationsregistrierungen, die gegenüber den Variationsregistrierungen die Vorteile einer höheren Empfindlichkeit für kurze Perioden und einer besseren Zeitauflösung aufweisen. Im pt der Fig. 4 nehmen die  $\Delta H$ -Amplituden von Norden nach Süden ab, was zumindest teilweise auf inhomogene äußere Anregung zurückzuführen ist.  $\Delta Z$  ist an allen Stationen verhältnismäßig klein. (Man beachte, daß  $\Delta Z$  mit 5-facher

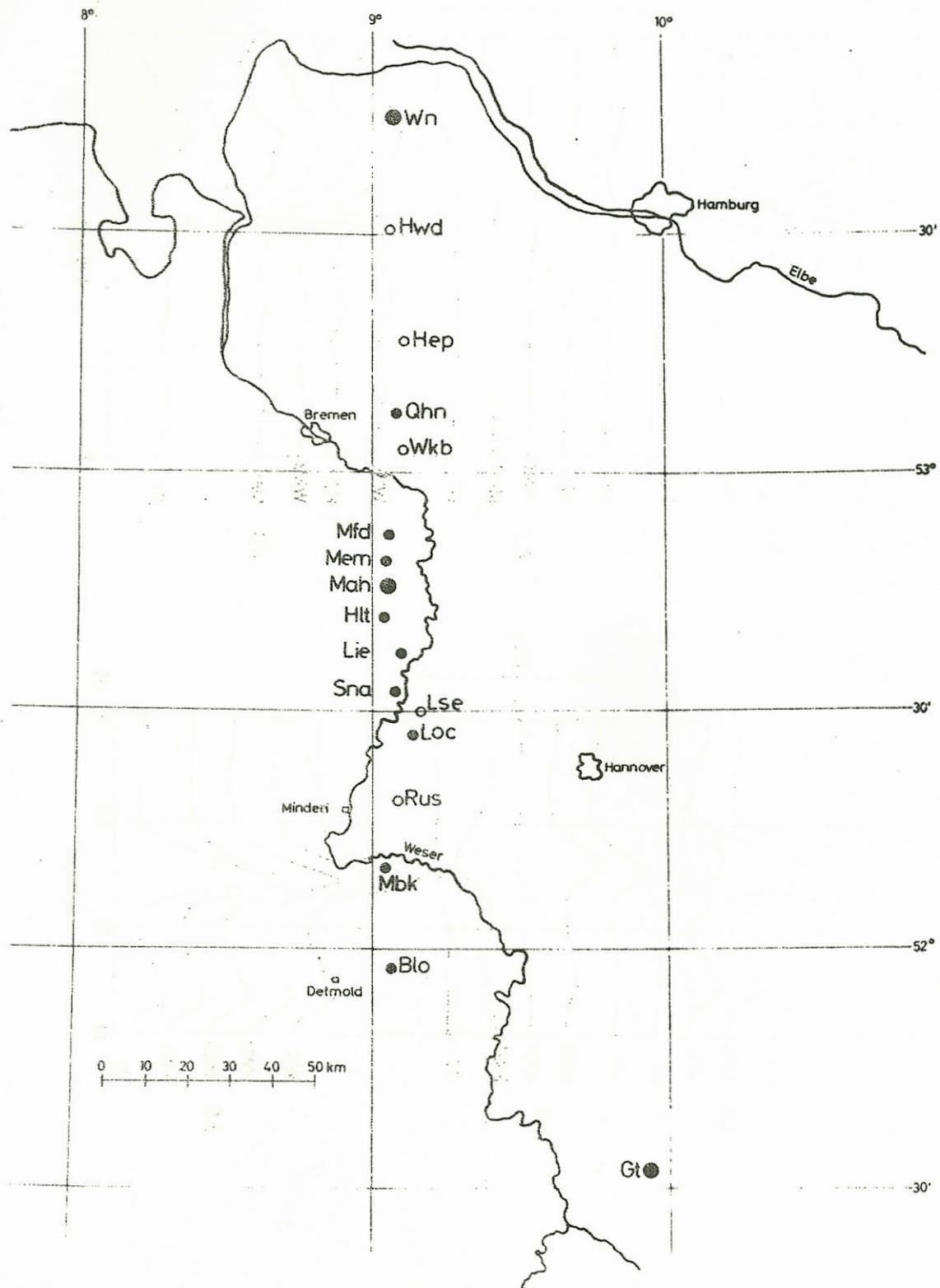
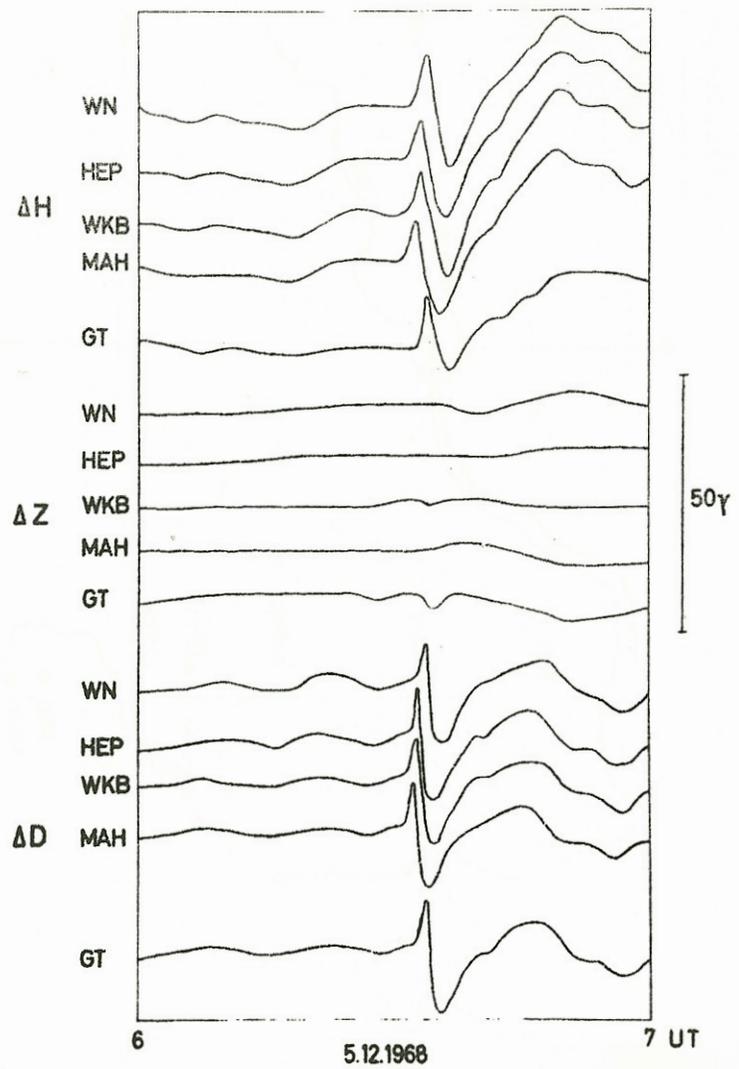
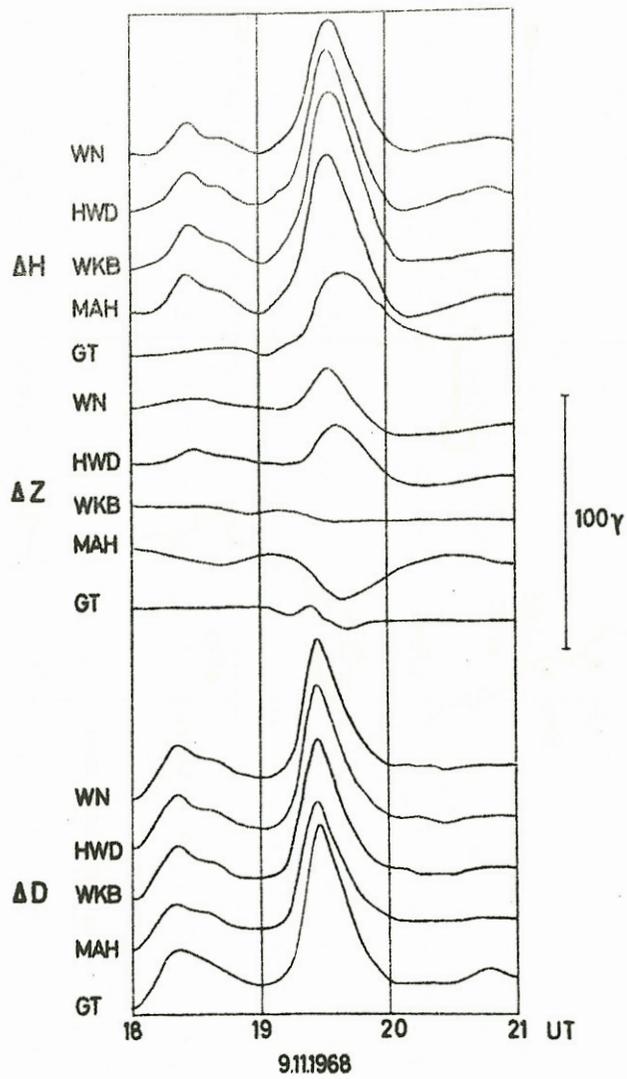


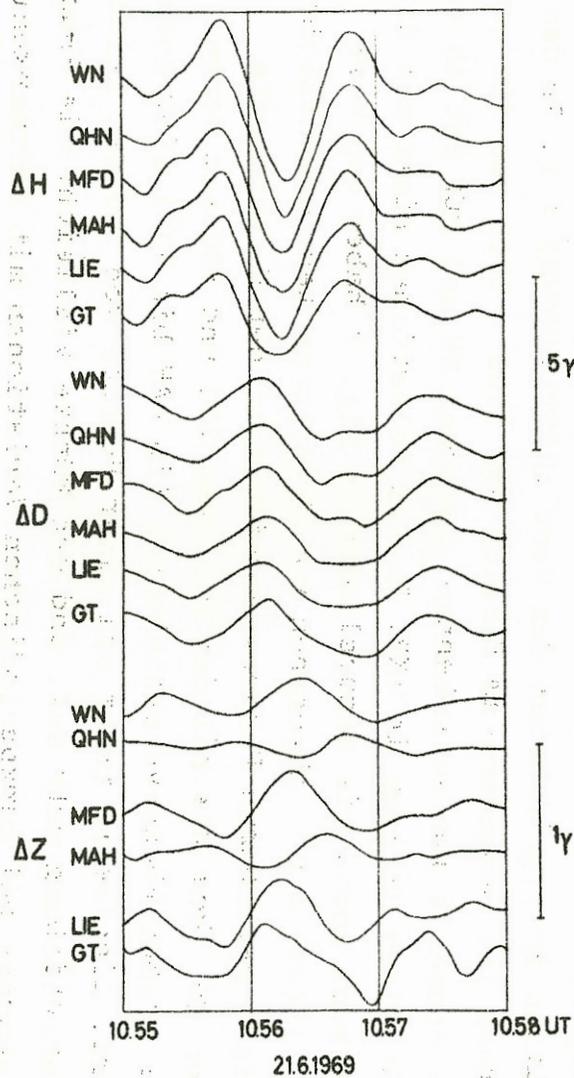
Fig. 1: Meßprofil mit den Stationen der ersten (Kreise) und zweiten (Punkte) Meßperiode.



An den nördlichen Stationen registrierte Variationen:

Fig. 2: Bay, 3600 sec

Fig. 3: ssc, 300 sec



An den mittleren, bzw. südlichen Stationen registrierte Pulsationen:  
 Fig. 4: pt, 60 sec

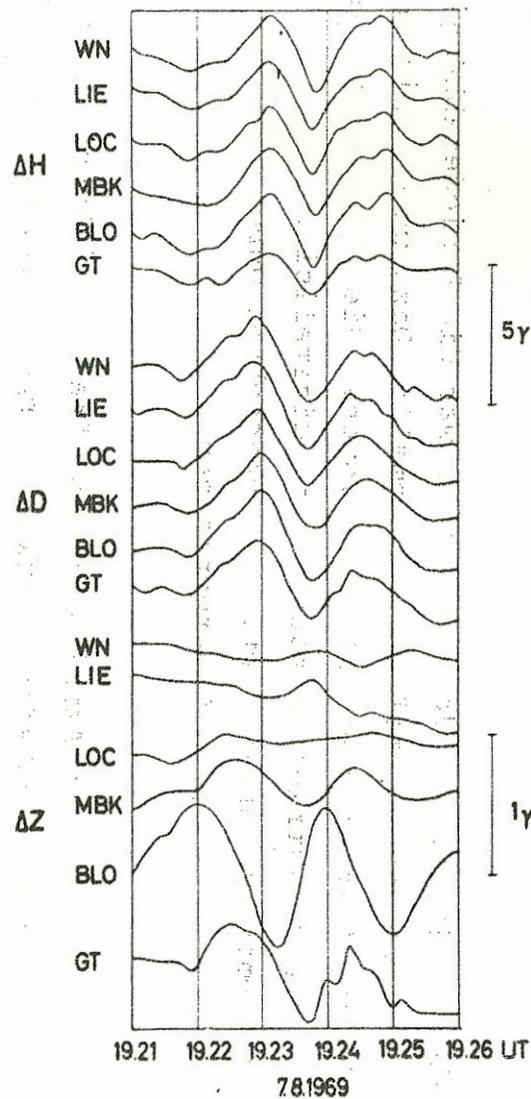


Fig. 5: pt, 100 sec

Empfindlichkeit gegenüber  $\Delta H$  und  $\Delta D$  dargestellt ist!) An den Stationen WN, MFD, LIE ist  $\Delta Z$  ähnlich, dazwischen gibt es in QHN und MAH deutliche Phasenverschiebungen. Auch in Fig. 5 ändert sich  $\Delta Z$  von Station zu Station, wobei besonders das große  $\Delta Z$  an der südlichsten Wanderstation BLO auffällt.

Zentraler Gesichtspunkt der Auswertung war die Periodenabhängigkeit der norddeutschen Leitfähigkeitsanomalie. Dazu wurden bisher ca. 150 Effekte (Variationen und Pulsationen), die gleichzeitig an 4 - 6 Stationen registriert worden waren, digitalisiert und anschließend harmonisch analysiert. Weitergerechnet wurde dann mit den so ermittelten ca. 25 000 Harmonischen.

In den Fig. 6 - 9 sind Amplituden- und Phasenbeziehungen längs des Profils für 11 verschiedene Perioden dargestellt. Die Werte im Bereich von 30 - 200 sec stammen von Pulsationen, die von 300 - 9000 sec von Variationen. Für die auf WN normierten  $\Delta H$ -Amplituden in Fig. 6 und die  $\Delta H$ -Phasen in Fig. 7 wurden alle Effekte herangezogen, ohne ihr  $\Delta D/\Delta H$  - Verhältnis zu berücksichtigen. Die Bezugslinien in Fig. 6 haben den Wert  $\Delta H(\text{ST})/\Delta H(\text{WN}) = 1$ . In den Variationen ist besonders im Bereich von 1500 - 9000 sec die norddeutsche Anomalie gut zu erkennen. Zwischen WN und RUS ist  $\Delta H$  erhöht, mit einem Maximum in WKB. In den Pulsationen sieht man die Anomalie kaum noch. Die Bezugslinien in Fig. 7 haben den Wert  $\phi_H(\text{ST}) - \phi_H(\text{WN}) = 0^\circ$ . Abgesehen von GT gibt es kaum wesentliche, statistisch gesicherte Phasenverschiebungen der H-Komponente gegenüber WN, denn die bei den Perioden 300 und 500 sec dargestellten großen Phasenverschiebungen (in MAH bis  $70^\circ$ ) sind noch ungeklärt. Einerseits tritt bei einer Periode von 200 sec keine Phasenverschiebung mehr auf, und man könnte vielleicht die Phasenverschiebungen bei kurzperiodischen Variationen mit Zeitmarkenungenauigkeiten erklären, andererseits ist eine systematische Zunahme der Phasendifferenz über HEP und WKB zu MAH vorhanden.

Die Darstellung der  $\Delta Z/\Delta H$  - Verhältnisse für Effekte mit relativ großer  $\Delta H$  - Amplitude in Fig. 8 paßt gut zu den  $\Delta H$  - Amplituden in Fig. 6. Die Bezugslinien haben den Wert  $\Delta Z(\text{ST})/\Delta H(\text{ST}) = 0$ .

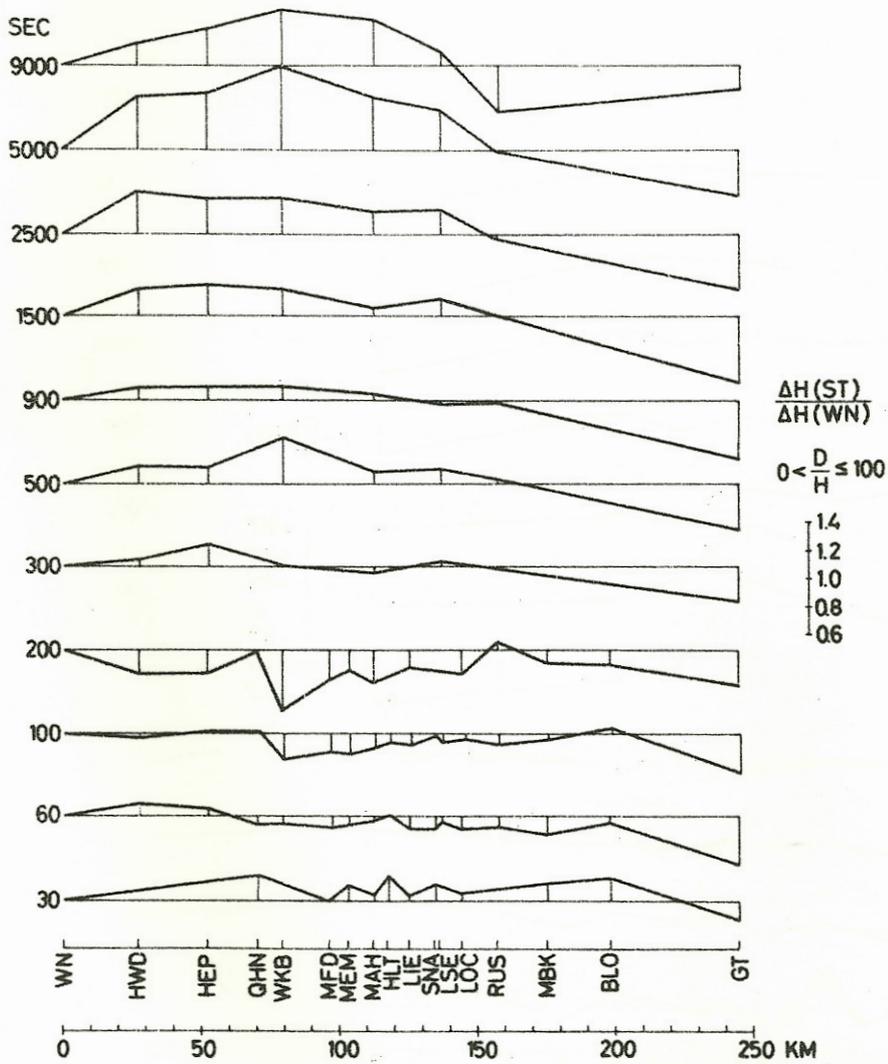


Fig. 6: Auf WN normierte  $\Delta H$ -Amplituden längs des Profils für Perioden von 30 bis 9000 sec.

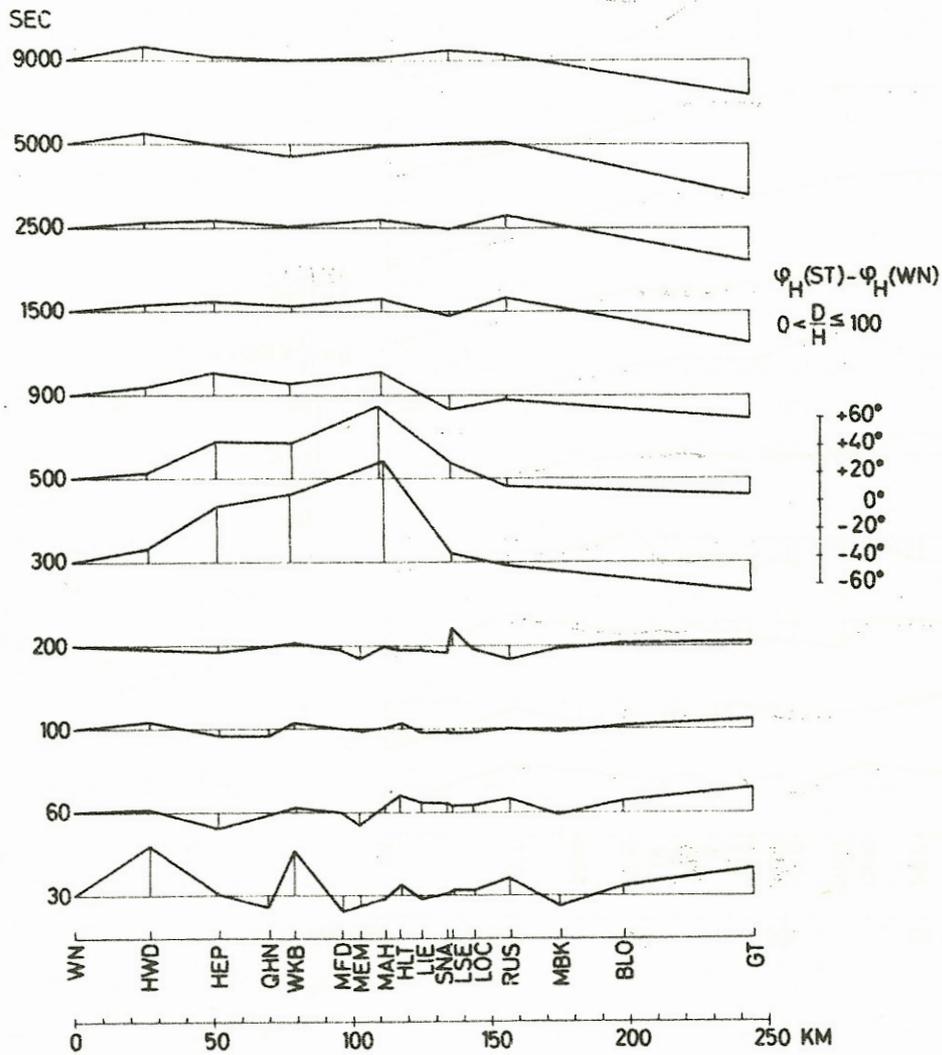


Fig. 7: Auf WN bezogene  $\Delta H$ -Phasen längs des Profils für Perioden von 30 bis 9000 sec.

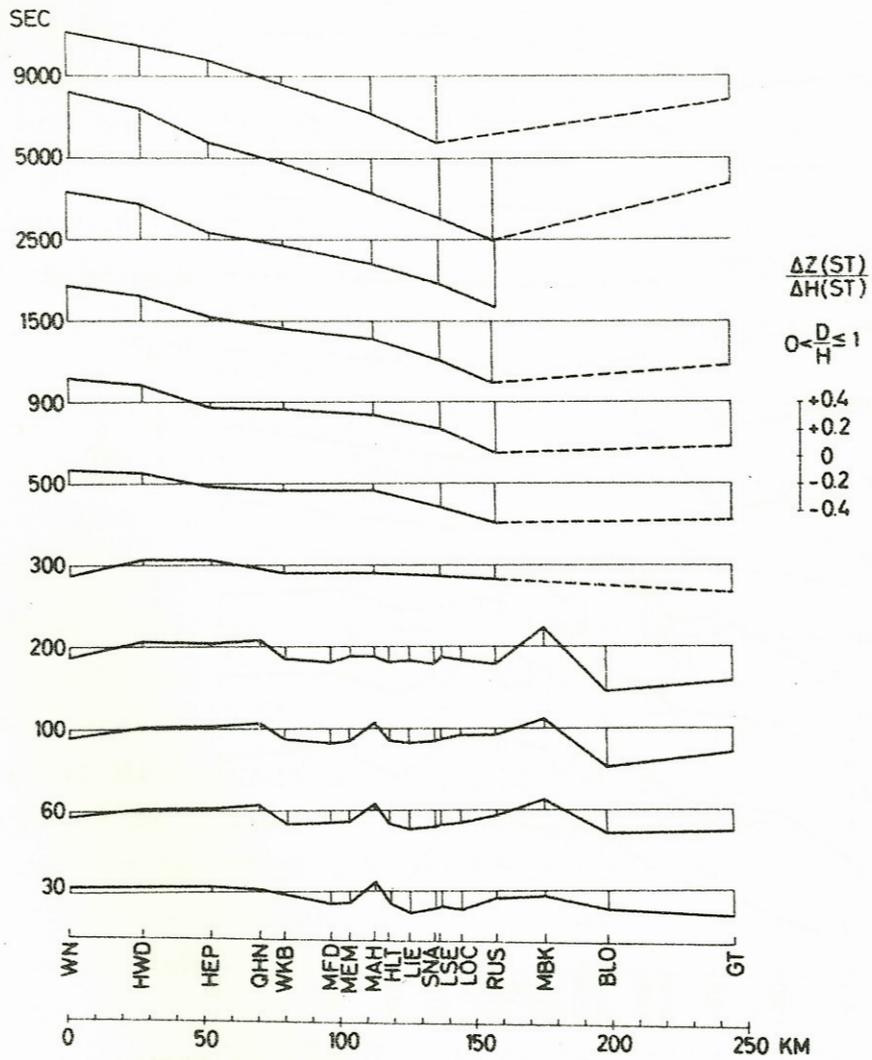


Fig. 8:  $\Delta Z/\Delta H$ -Verhältnisse längs des Profils für Perioden von 30 bis 9000 sec.

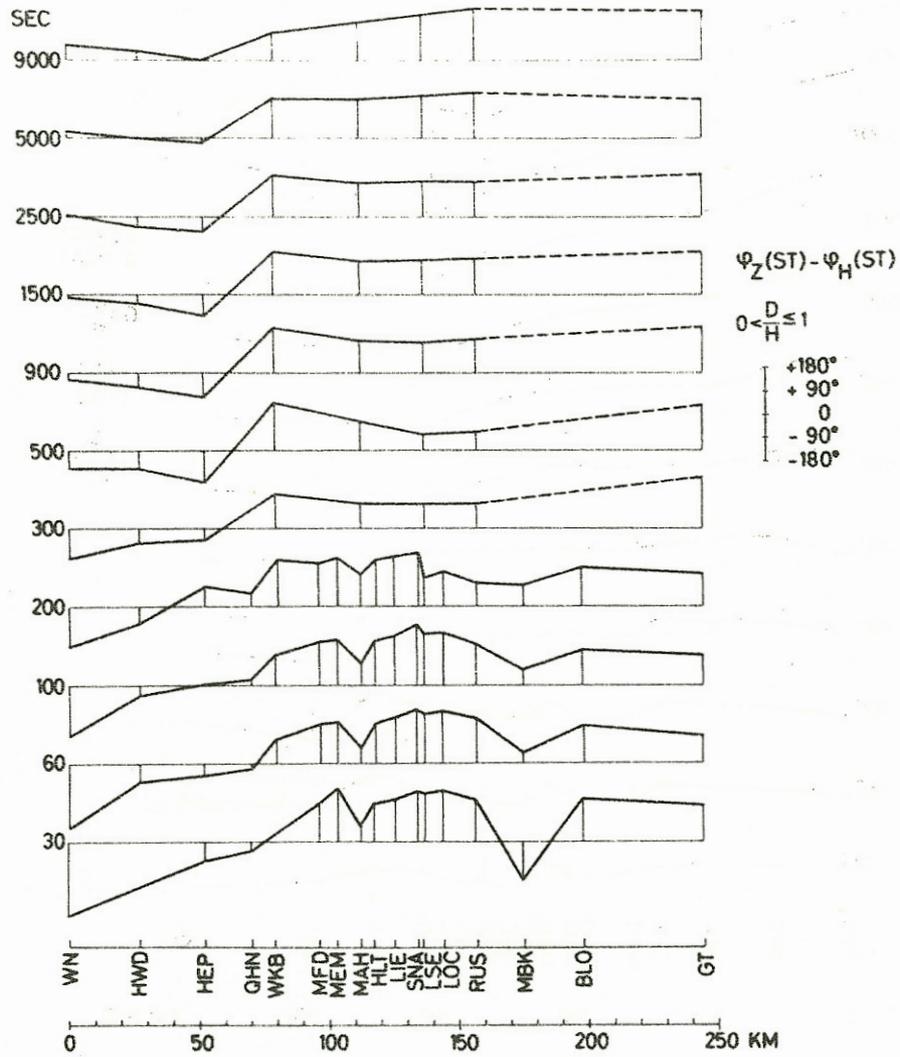


Fig. 9: Phasendifferenzen zwischen  $\Delta Z$  und  $\Delta H$  längs des Profils für Perioden von 30 bis 9000 sec.

$\Delta Z/\Delta H$  ist positiv aufgetragen, wenn  $\Delta Z$  zu  $\Delta H$  parallel, negativ, wenn  $\Delta Z$  zu  $\Delta H$  antiparallel verläuft.  $\Delta Z/\Delta H$  geht bei den Variationen (1500 - 9000 sec) dort durch Null, wo  $\Delta H$  sein Maximum hat, also in WKB. Das größte positive  $\Delta Z/\Delta H$  tritt in WN ein, das größte negative in Rus. Zu kürzeren Perioden hin wird  $\Delta Z/\Delta H$  an fast allen Stationen, insbesondere den nördlichen, sehr klein. Der Übergang von den Variationen zu den Pulsationen ist dabei recht kontinuierlich. Daneben werden aber auch 2 Pulsationsanomalien sichtbar, bei MAH und bei MBK - BLO. Aus Fig. 9 geht hervor, daß  $\Delta Z$  nicht entweder parallel oder antiparallel zu  $\Delta H$  verläuft, es gibt vielmehr fließende Übergänge. Die Bezugslinien haben hier den Wert  $\phi_Z(ST) - \phi_H(ST) = 0^\circ$ . Berücksichtigt wurden wieder nur Effekte mit relativ großen  $\Delta H$  - Amplituden, um den Einfluß von möglichen D - Anomalien klein zu halten. Die Pulsationen schließen wieder gut an die Variationen an. Die beiden Pulsationsanomalien in MAH und MBK - BLO sind auch hier deutlich erkennbar.

Die Induktionspfeile nach WIESE in Fig. 10 wurden mit Hilfe einer von WINTER(1969) angegebenen Methode ermittelt. Dazu werden von vielen Störungen die  $\Delta H$ - und  $\Delta D$  - Amplituden im  $\Delta Z$  - Maximum abgelesen. Diese Wertetripel bilden eine Punktwolke im Raum, durch die dann mit Hilfe einer Ausgleichsrechnung die beste Ebene (durch den Ursprung) gelegt wird. Aus den Koeffizienten der Ebenengleichung wird der Wiese-Pfeil berechnet. Die Induktionspfeile der Perioden 20 - 300 sec wurden aus Pulsationen, die von 350 - 10 000 sec aus Variationen ermittelt. Im allgemeinen schließen die aus Pulsationen ermittelten Induktionspfeile an die aus Variationen kurzer Periode an. Von 1000 - 10 000 sec Periode ist wieder das typische Bild der norddeutschen Leitfähigkeitsanomalie da: Nördlich WKB zeigen die Pfeile nach Norden, südlich davon nach Süden, wobei die Länge nach Norden und Süden zunimmt. Die aus Pulsationen ermittelten Induktionspfeile zeigen ein sehr viel differenzierteres Bild. Sie sind fast durchweg (Ausnahme in WKB) kürzer als die aus Variationen ermittelten, insbesondere nördlich von WKB. Betrachtet man die Induktionspfeile als Funktion der Periode an einzelnen Stationen, so fallen insbesondere Pulsationsanomalien in WN, MAH, MBK und GT auf.

### INDUKTIONSPFEILE NACH WIESE

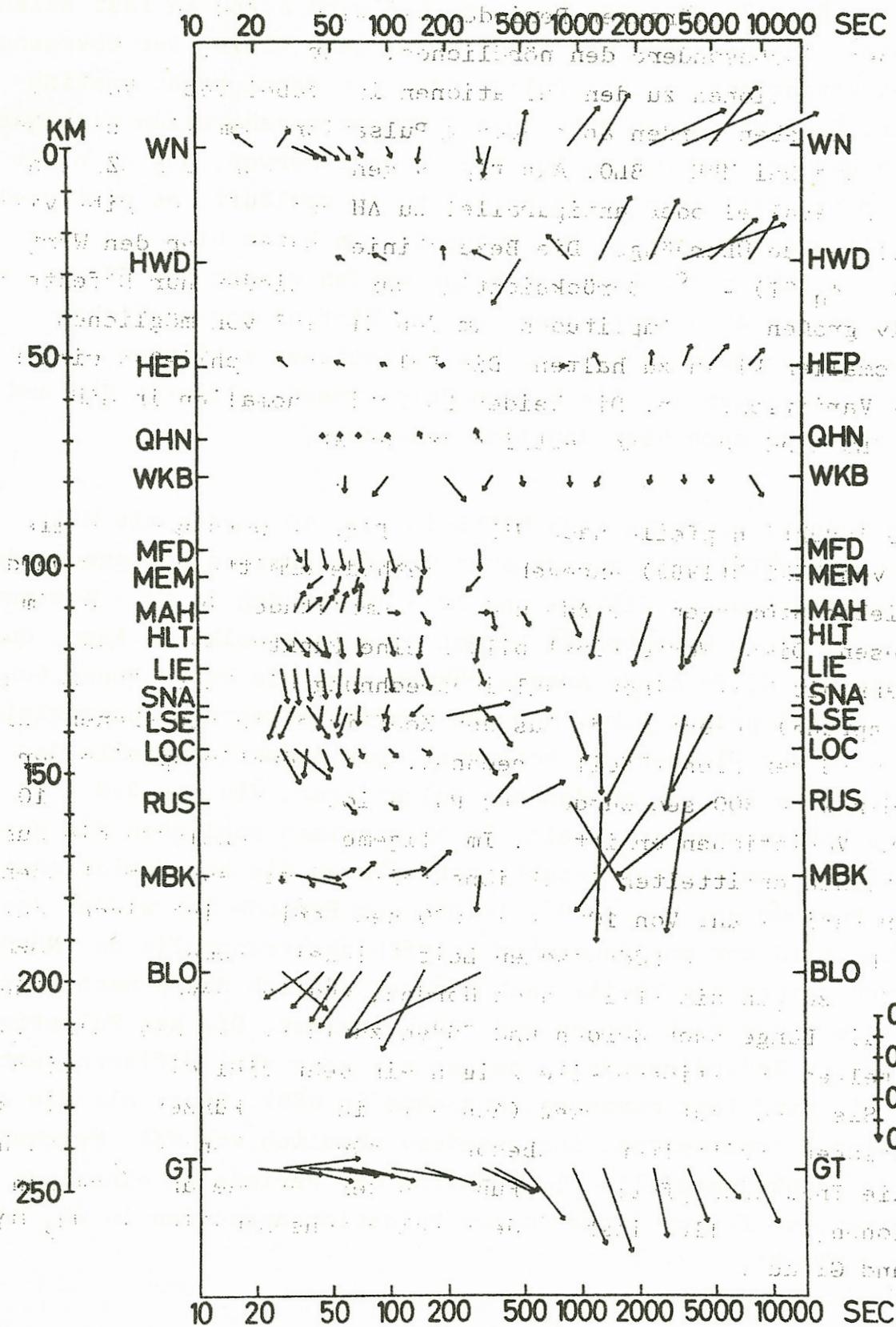


Fig. 10: Periodenabhängigkeit der Induktionspfeile nach Wiese für alle Stationen.

Der Übersichtlichkeit halber wurden alle bisherigen Ergebnisse ohne Fehlergrenzen angegeben. Das Beispiel der Station MAH in Fig. 11 soll daher stellvertretend für alle übrigen Stationen gezeigt werden. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung, die Radien der Kreise die relative Amplitude des nichtkorrelierten  $\Delta Z$  - Anteils aus der Ausgleichsrechnung an. Die drei oberen Darstellungen beziehen sich auf den Induktionspfeil nach WIESE, die unteren nur auf Amplituden- und Phasenbeziehungen als Funktion der Periode.

Die bisherigen Auswertungen haben offenbar gezeigt, daß die Pulsationen nicht ein so großräumig systematisches Bild einer Anomalie liefern wie die Variationen. Es ist zu vermuten, daß sie durch lokale geologische Formationen beeinflusst werden. Fig. 12 stellt einen ersten Deutungsversuch in dieser Richtung dar. Der geologische Schnitt durch das norddeutsche Sediment von WKB bis BLO wurde nach Unterlagen der Bundesanstalt für Bodenforschung in Hannover stark vereinfacht. Für die einzelnen geologischen Formationen wurden von RÜLKE (FLATHE 1963) gemessene mittlere Längswiderstände aus dem Weser-Ems-Gebiet eingesetzt, daraus für eine Mächtigkeit von 5 km ein mittlerer spez. Widerstand berechnet und über dem Profil aufgetragen. Darüber befinden sich für die Periode 60 sec Induktionspfeile nach WIESE, aufgespalten in Winkel und Länge.

Deutlich ist erkennbar, daß der Verlauf des spez. Widerstandes längs des Profils im wesentlichen durch die Mächtigkeit der Sedimente bestimmt wird. Die Spitze bei HLT wird durch den Salzstock Blenhorst verursacht. Es liegt nun nahe, einerseits einen Zusammenhang zwischen dem Mittelgebirgsrand und der Anomalie MBK - BLO und andererseits zwischen dem Salzstock und der isolierten Pulsationsanomalie MAH zu vermuten. Die genauere Lage des Salzstocks zum Profil und zu den benachbarten Stationen MEM, MAH, HLT, LIE geht aus Fig. 13 hervor. Das Profil überquert die westlichen Ausläufer des Salzstocks. Im Gegensatz zur allgemeinen Südrichtung der eingezeichneten Induktionspfeile, zeigen die Pfeile kurzer Perioden in MAH nach Norden.

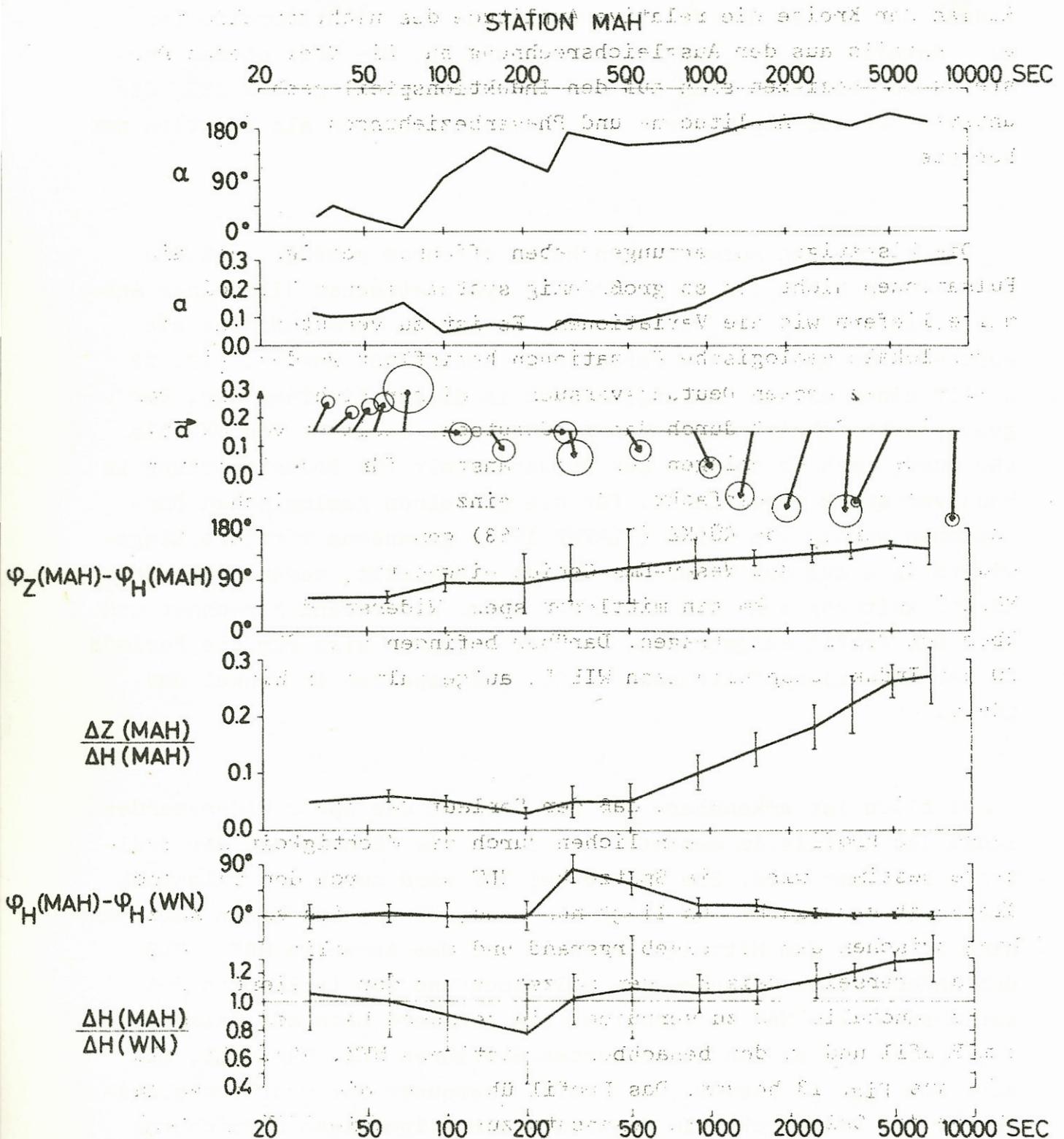


Fig. 11: Fehlergrenzen von Amplituden, Phasen und Induktionspfeilen der Station MAH.

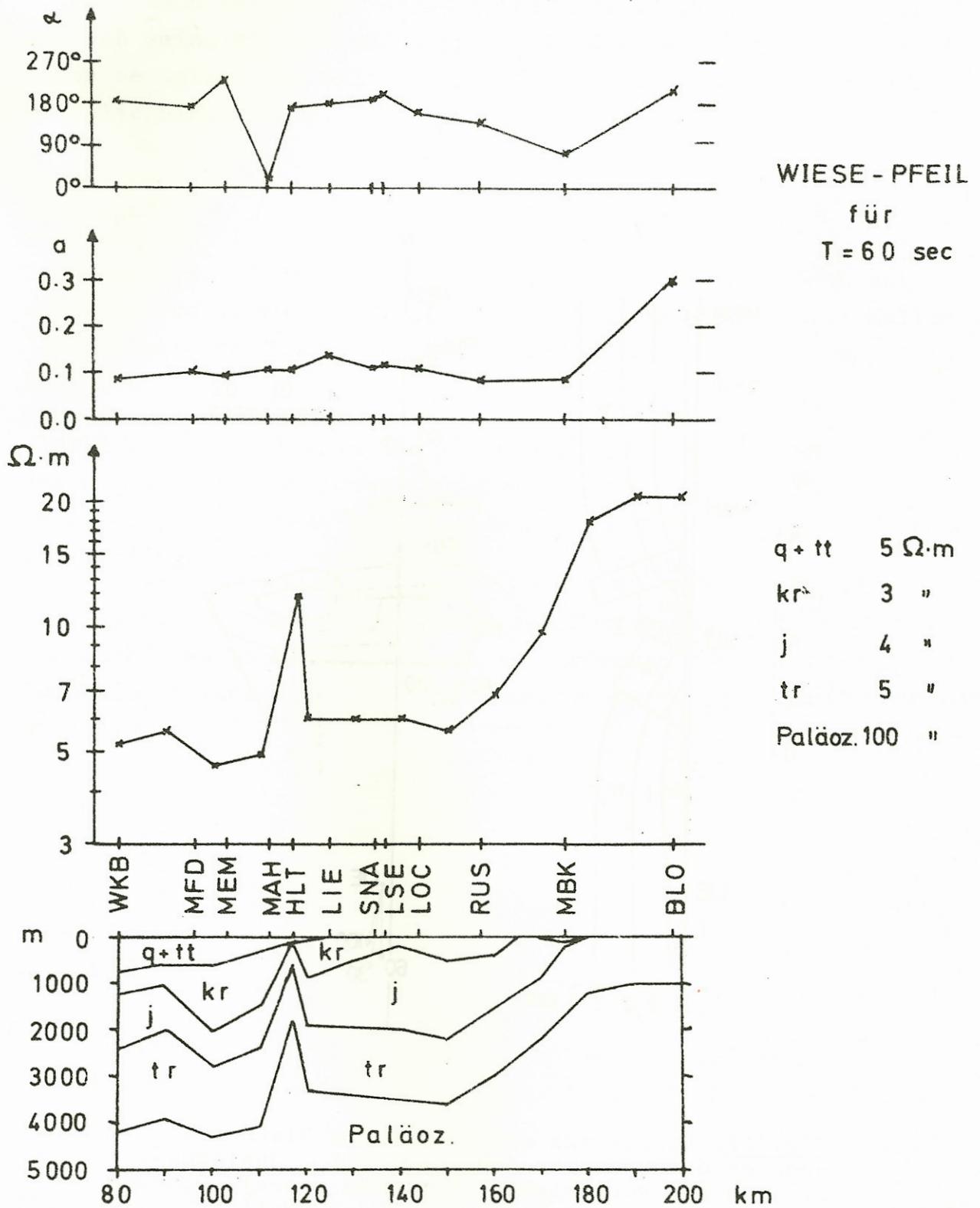


Fig. 12: Vereinfachtes geologisches Profil. Darüber ein aus Bohrlochmessungen abgeschätzter Verlauf des mittleren spez. Widerstandes für das Profil. Ganz oben Länge und Winkel des Wiese-Pfeils längs des Profils für eine Periode von 60 sec.

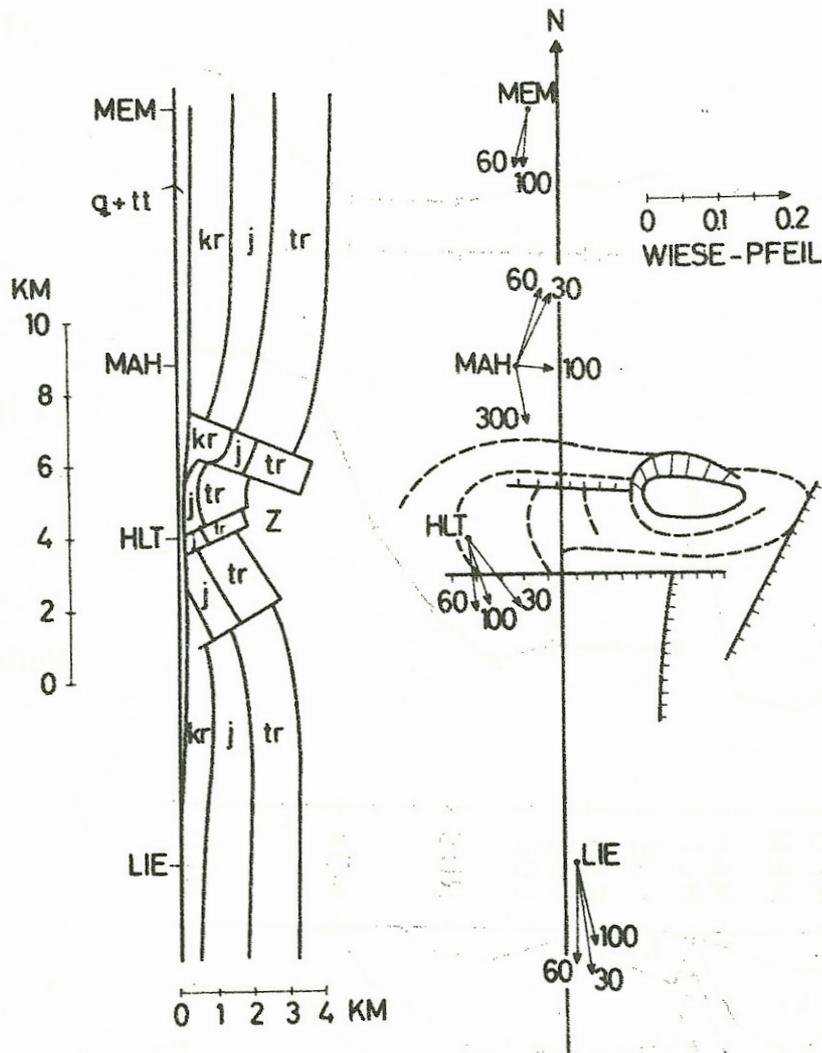


Fig. 13: Lageskizze des Salzstocks Blenhorst und der benachbarten Stationen mit Induktionspfeilen für verschiedene Perioden [sec]. Daneben ein geologischer Schnitt längs des Profils.

Erst nach Bestimmung der Übertragungsfunktionen wird es aber möglich sein, Modelle zu rechnen, die über diese qualitativen Aussagen bezüglich des Salzstocks und norddeutschen Leitfähigkeitsanomalie hinausgehen.

### Literatur

STEVELING, E.: Registrierung erdmagnetischer Pulsationen auf einem Nord-Süd Profil zwischen Wingst und Bückeberg. Protokoll Kolloquium "Erdmagnetische Tiefensondierung" Reinhausen bei Göttingen 1969, 55 - 63.

WINTER, R.: Numerisches Filtern von Baystörungen und Ermittlung des geomagnetischen Induktionspfeils durch Ausgleichrechnung. Protokoll Kolloquium "Erdmagnetische Tiefensondierung" Reinhausen bei Göttingen 1969, 63 - 77.

FLATHE, H.: Übersicht über Werte der Horizontal-Leitfähigkeit, berechnet aus Bohrlochmessungen in Niedersachsen. Protokoll Symposium "Erdmagnetische Tiefensondierung" Salzgitter-Lebenstedt, 1963, 109 - 117.