

Die Göttinger D-Anomalie, Arbeitsstand der Untersuchung

Christof Peter, Göttingen

1 Die Ausgangshypothese

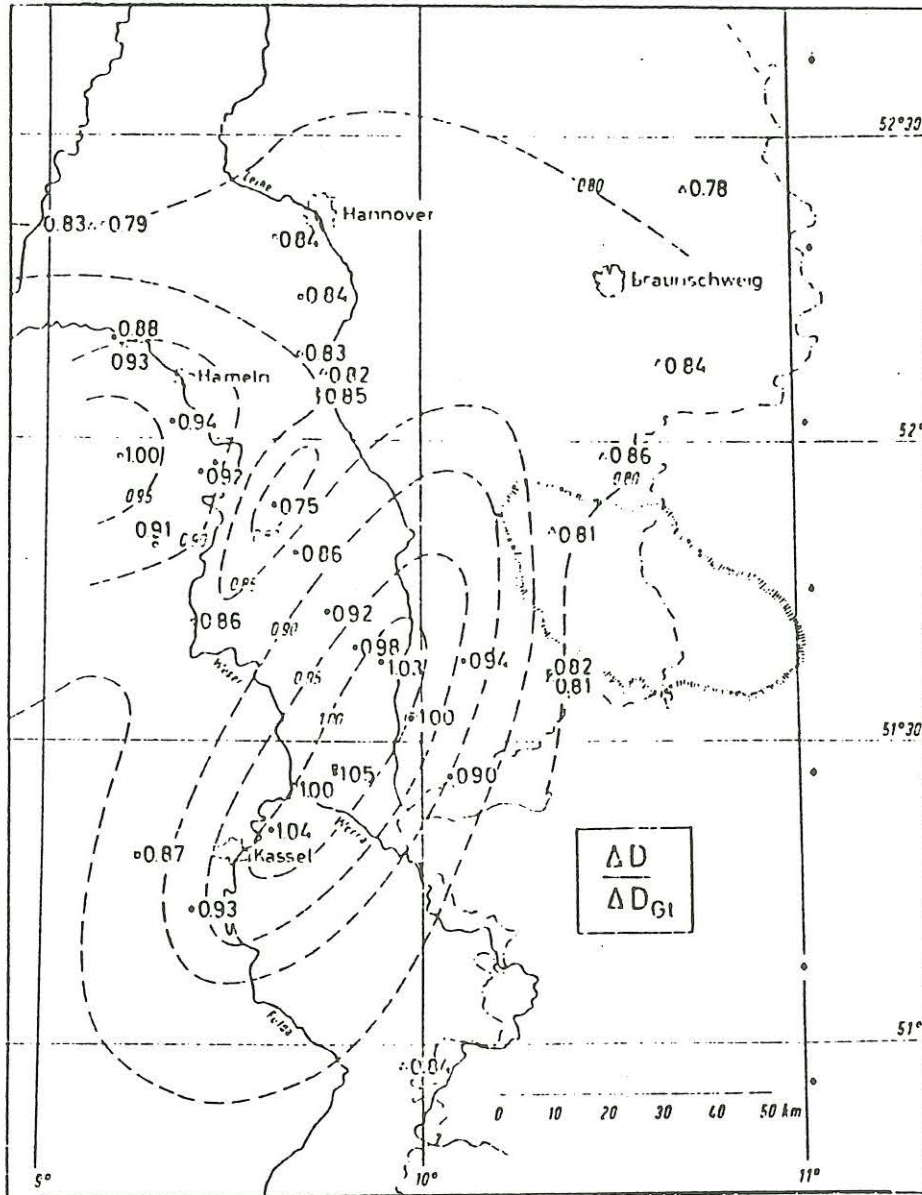


Abb. 1: Die D-Anomalie dargestellt als Isanomalienkarte der D-Variationen bezogen auf die Variationen in Göttingen nach Winter 1966.

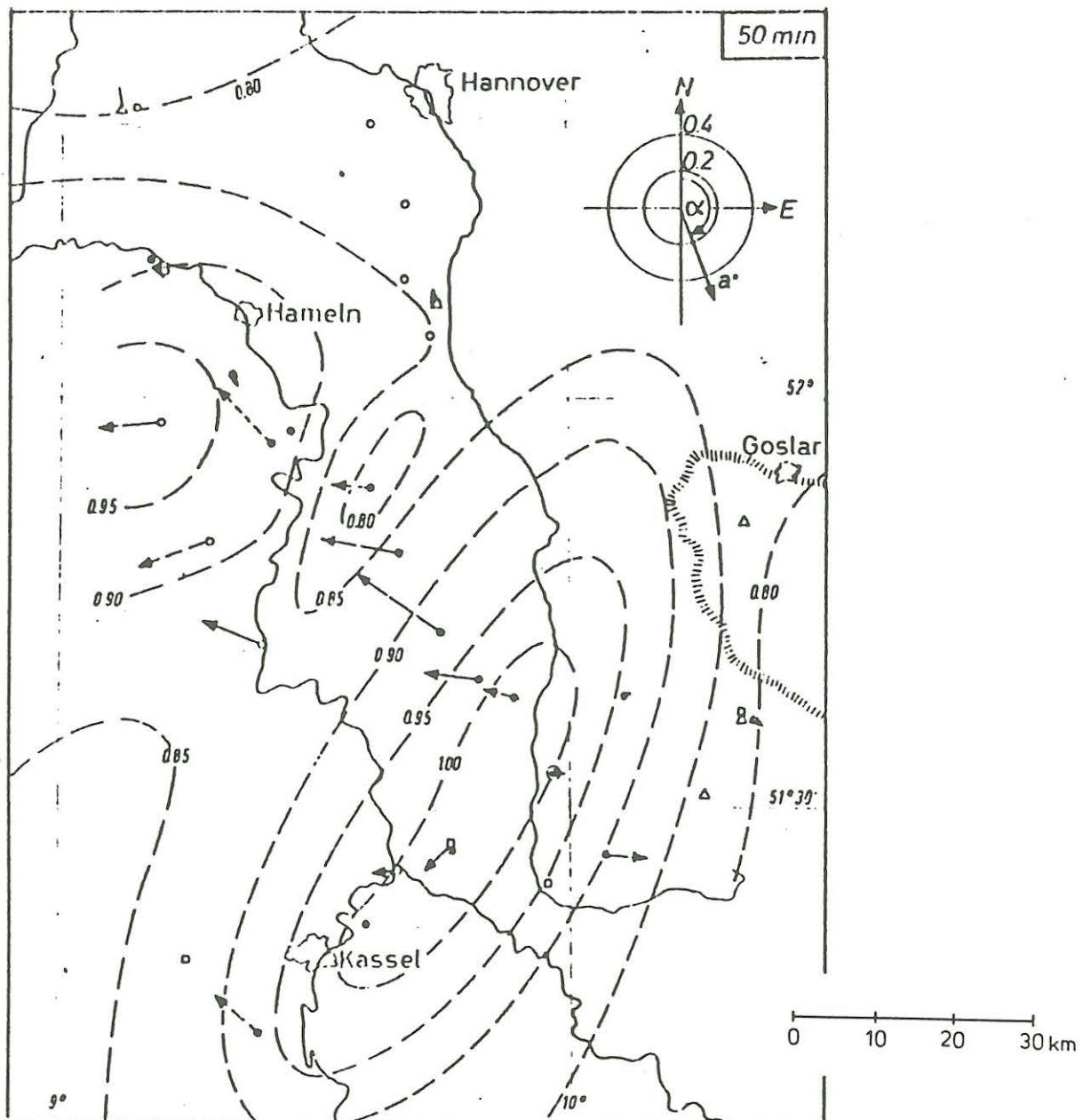


Abb. 2: Die Induktionspfeile nach Abzug des Einflusses der Norddeutschen Anomalie für eine Periode von 50 min, nach Winter 1966

Im IGY wurde in der Umgebung von Göttingen eine Anomalie erdmagnetischer Variationen entdeckt. In der Folge beschäftigten sich bis in die 60er Jahre einige Arbeiten mit dieser Anomalie, die als Göttinger D-Anomalie in die Literatur einging. Die letzte Untersuchung dazu wurde von R. Winter¹ 1966 durchgeführt.

Er faßte die bis dahin vorhandenen Ergebnisse und die eigener Messungen zusammen und erstellte daraus eine Isanomalienkarte, die die D-Variation des Erdmagnetfeldes bezogen auf die Variationen in Göttingen enthielt (Abb. 1). Insgesamt ist dieser

¹R. Winter: Registrierung und Auswertung erdmagnetischer Variationen zur Untersuchung der Göttinger Leitfähigkeitsanomalie, Diplomarbeit, Inst. für Geophysik, Göttingen 1966

Darstellung zu entnehmen, wie man sich die Ursache der Göttinger Anomalie vorzustellen hat: Eine in nordnordöstlicher Richtung langgestreckte elliptische Zone erhöhter Leitfähigkeit von 500 - 1000 Siemens in nicht mehr als 20 km Tiefe, deren Zentrum zwischen Göttingen und Hann. Münden liegt und deren Achsenverhältnis 3:1 beträgt. Winter hat auch erstmals versucht, die zugehörige Z-Anomalie abzuschätzen. Dies erforderte zunächst die Beseitigung des dominierenden Einflusses der Norddeutschen Anomalie, was durch eine einfache Differenzbildung geschah. Deutlich ist die D-Anomalie in den IPs für eine Periode von 50 min zu erkennen (Abb. 2). Bis dahin fand die gesamte Untersuchung noch ohne EDV statt! Zeitreihenanalyse im heutigen Sinne war damals also noch nicht möglich. Außerdem hatte Winter noch keine tellurischen Feldmessungen zur Verfügung und konnte so noch keine Aussagen über das Verhalten der elektrischen Felder treffen.

2 Die Idee für eine weitere Untersuchung

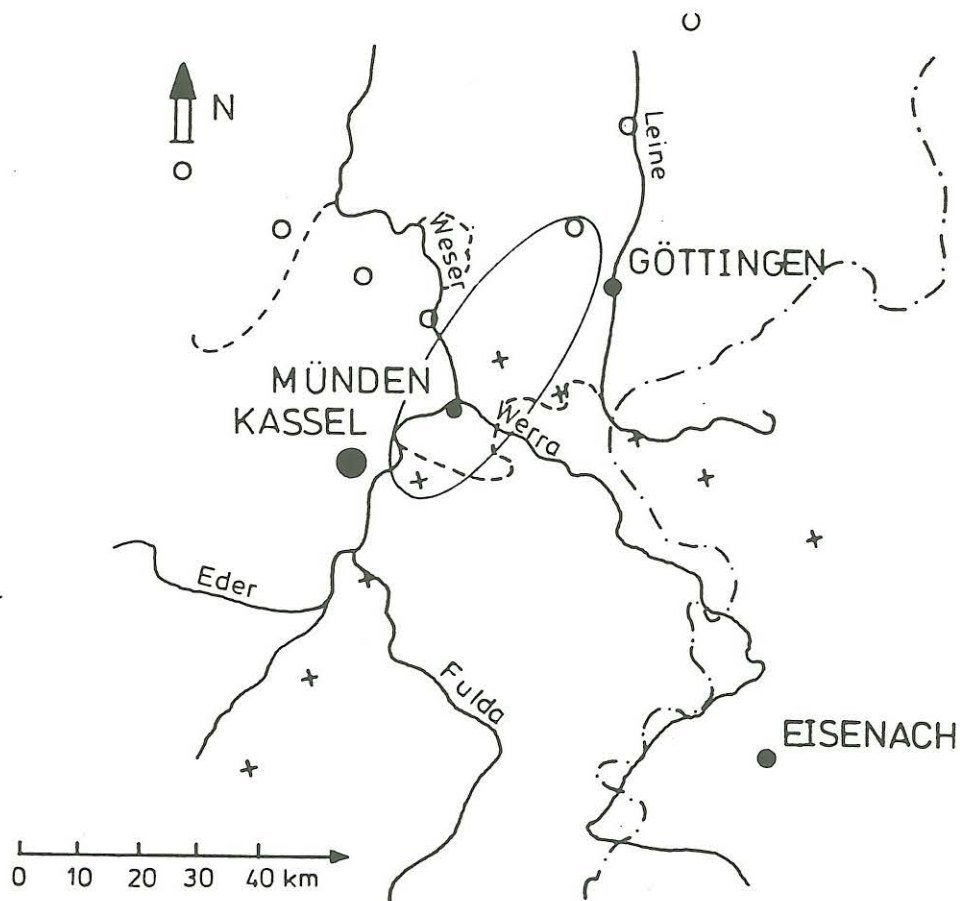


Abb. 3: Die vorgesehene Stationenanordnung für eine erneute und weitergehende Vermessung der D-Anomalie

Zunächst müßte ein umfangreicher Datensatz geschaffen werden, der jetzt magnetische und elektrische Felder mit einschließen sollte. Die Anomalie muß von diesem Datensatz möglichst gut auch in den bisher noch nicht vermessenen Gebieten beschrieben werden, insbesondere ist der weitere Verlauf in Thüringen noch völlig unbekannt gewesen. Außerdem soll ein möglichst weiter Periodenbereich erfaßt werden, der Pulsationen,

Bays, S_q und Dst enthält. Weiterhin ist die Frage noch offen, ob und wie die Anomalie in den Impedanztensoren zu sehen ist und ob die magnetotellurischen Vorzugsrichtungen mit denen der magnetischen Anomalie übereinstimmen.

Dazu sollen jeweils fünf Stationen entlang vier kreuzförmiger angeordneter Profile gleichzeitig magnetische und elektrische Feldschwankungen registrieren (Abb. 3). Die mittlere Station (JUHN) soll bei jedem Profil besetzt werden, um sie dann als gemeinsame Bezugstation zu wählen.

3 Die ersten Analyseergebnisse

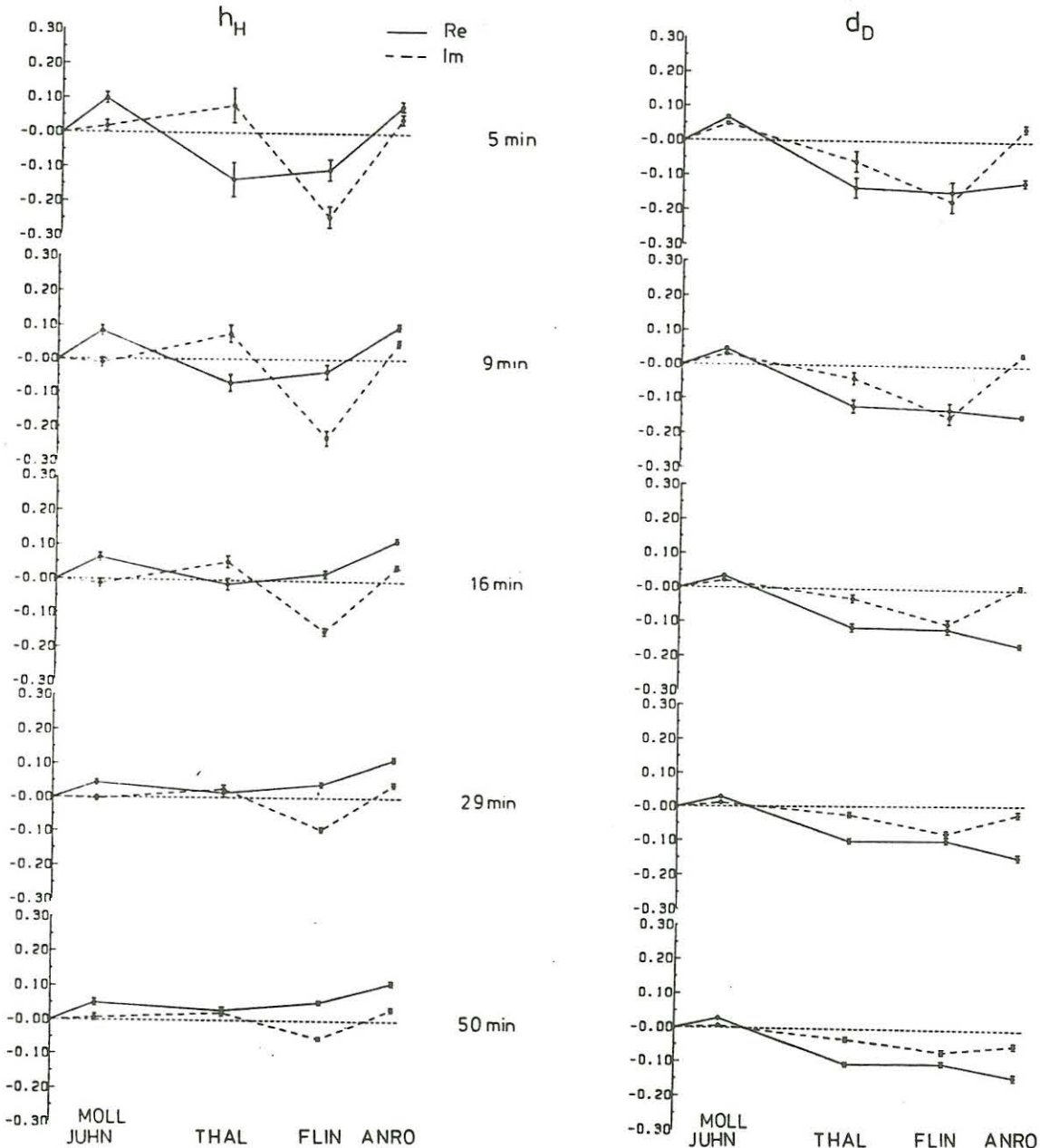


Abb. 4: Die d_D und die h_H Komponente des Perturbationstensors für fünf verschiedene Perioden von 5 min bis 50 min für das Ost-Profil in Thüringen.

Die in Abb. 3 mit x bezeichneten Stationen sind bereits vermessen, die Vermessung der mit o bezeichneten steht noch aus. Die ersten vorläufigen Ergebnisse der Analyse der beiden vermessenen Profile soll nun diskutiert werden. Es steht für die jeweiligen Darstellungen ein Periodenbereich von 5-50 min zur Verfügung.

3.1 Die magnetischen Übertragungsfunktionen

Es wurden die bivariaten Übertragungsfunktionen der anomalen magnetischen Horizontalkomponenten bestimmt.

$$\begin{pmatrix} H_{STAT} - H_{JUHN} \\ D_{STAT} - D_{JUHN} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_H & h_D \\ d_H & d_D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_{JUHN} \\ D_{JUHN} \end{pmatrix}$$

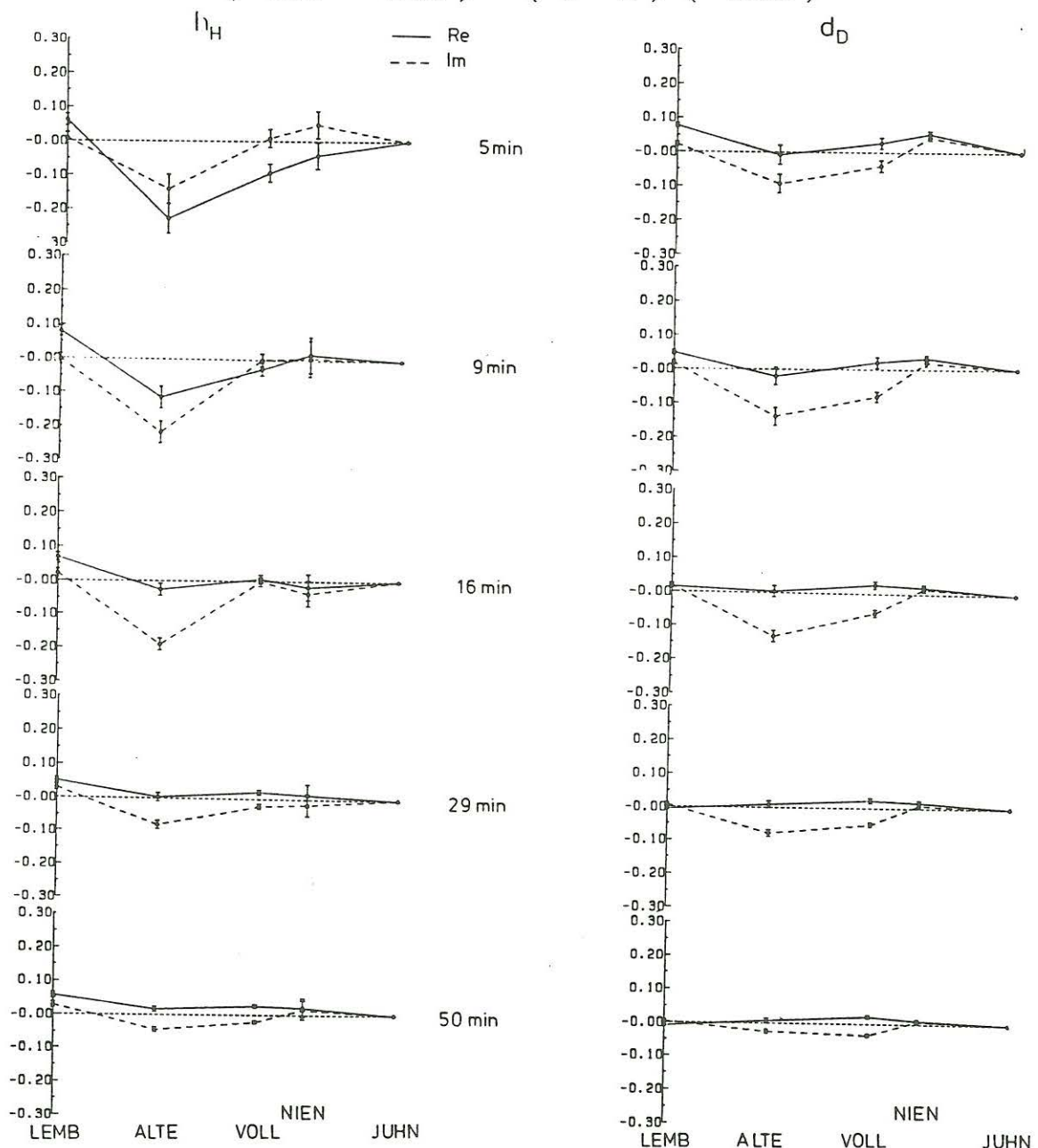


Abb. 5: Die d_D und die h_H Komponente des Perturbationstensors für fünf verschiedene Perioden von 5 min bis 50 min für das Süd-Profil in Nordhessen.

Obwohl bei der Station JUHN die größte Anomalie zu erwarten war, wurde sie als "normal" bezeichnet, um so die Anomalie auf allen Profilen in gleicher Weise als negative Abweichung von der Bezugsstation sofort zu erkennen. Wie aus Abb. 1 zu entnehmen ist, sollte der Abfall fast 20% betragen.

In Abb. 4 fällt sofort auf, daß das Maximum der Anomalie für das Ostprofil in Thüringen scheinbar bei MOLL, etwa 8 km südwestlich von JUHN, mit einem etwa 8% größeren D liegt. Die Komponente d_D zeigt im weiteren Verlauf wie zu vermuten war sehr schön den Abfall der D -Komponente auf etwa 15% bei 5 min, und zu längeren Perioden schwächer werdend auf etwa 10% bei 50 min. Weiterhin ist der Verlauf des von den H -Komponenten stammenden Elementes h_H überraschend. Während bei den kurzen Perioden bezogen auf JUHN noch eine Abschwächung in der Profilmitte zu sehen ist, deutet sich am Profilende, und vor allem bei der Darstellung für $T = 50 \text{ min}$ eine um 10% stärkere H -Komponente an, was auf ein ost-west streichende weitere Anomalie weiter östlich hinweisen könnte, deren Einfluß den der D -Anomalie überlagert.

Ganz anders dagegen zeigen sich die magnetischen Übertragungsfunktionen auf dem Süd-Profil in Nordhessen in (Abb. 5). Die erwartete D -Anomalie ist kaum zu erkennen, ja die D -Komponente scheint bei den kürzeren Perioden eher noch anzusteigen als abzufallen, zumindest aber konstant zu bleiben. Dafür deutet sich aber in der H -Komponente ein sehr deutlicher Abfall im Bereich des Profils an, so als ob einer ost-west streichenden Anomalierichtung der Vorzug gegeben würde. Bei 5 min fällt der Realteil von h_H auf 22% bei ALTE ab. Für längere Perioden klingt der Abfall aber schnell ab und verändert sich zu einem leichten Anstieg, ähnlich wie auf dem Ost-Profil.

3.2 Die Induktionspfeile

Die vertikalen magnetischen Felder wurden auf die horizontalen von JUHN bezogen.

$$Z_{STAT} = \begin{pmatrix} z_H \\ z_D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_{JUHN} \\ D_{JUHN} \end{pmatrix}$$

Die daraus bestimmten IPs sind in Abb. 6 dargestellt. Zunächst scheint für die sehr kurzen Perioden eine starke nördöstliche Richtung in den Realteilen vorzuherrschen, ausgenommen die östlichsten Stationen, deren IP schon bei 5 min eher nach Osten, in ANRO sogar nach Südosten zeigt. Der Hinweis auf eine ost-west streichende Anomalie im Süden von Göttingen, der bereits von den Perturbationstensorelementen herrührt, wird somit noch einmal unterstrichen.

Im weiteren Verlauf kippen die IPs dann aber auf dem östlichen Profil, in JUHN und NIEN nach Südosten. Die übrigen drei Stationen VOLL, ALTE und LEMB zeigen dagegen ein völlig anderes Verhalten: Der Realteil des IP von LEMB dreht von Nord nach West, bei VOLL und ALTE kippt der IP von 16 auf 29 min fast völlig von Nordost auf Südwest, um dann zu 50 min hin noch einmal eher nach Süden zu drehen. Für längere Perioden scheint dann der Einfluß der Göttinger Anomalie zu dominieren, bis dann bei den längsten Perioden auch die IPs auf dem Ost-Profil als Auswirkung der Norddeutschen Anomalie nach Süden weisen. Der IP in JUHN ist relativ klein, deutlich ist das umbiegen von Nordost auf Süd zu sehen. In VOLL und JUHN sind dann fast identische Z -Komponenten. Die Stationen des Südprofils scheinen zum Teil westlich einer gutleitenden Zone zu liegen, die Pfeile zu längeren Perioden hin weisen nach Westen. Jedenfalls dominiert für die kürzeren Perioden ein völlig anderer Einfluß

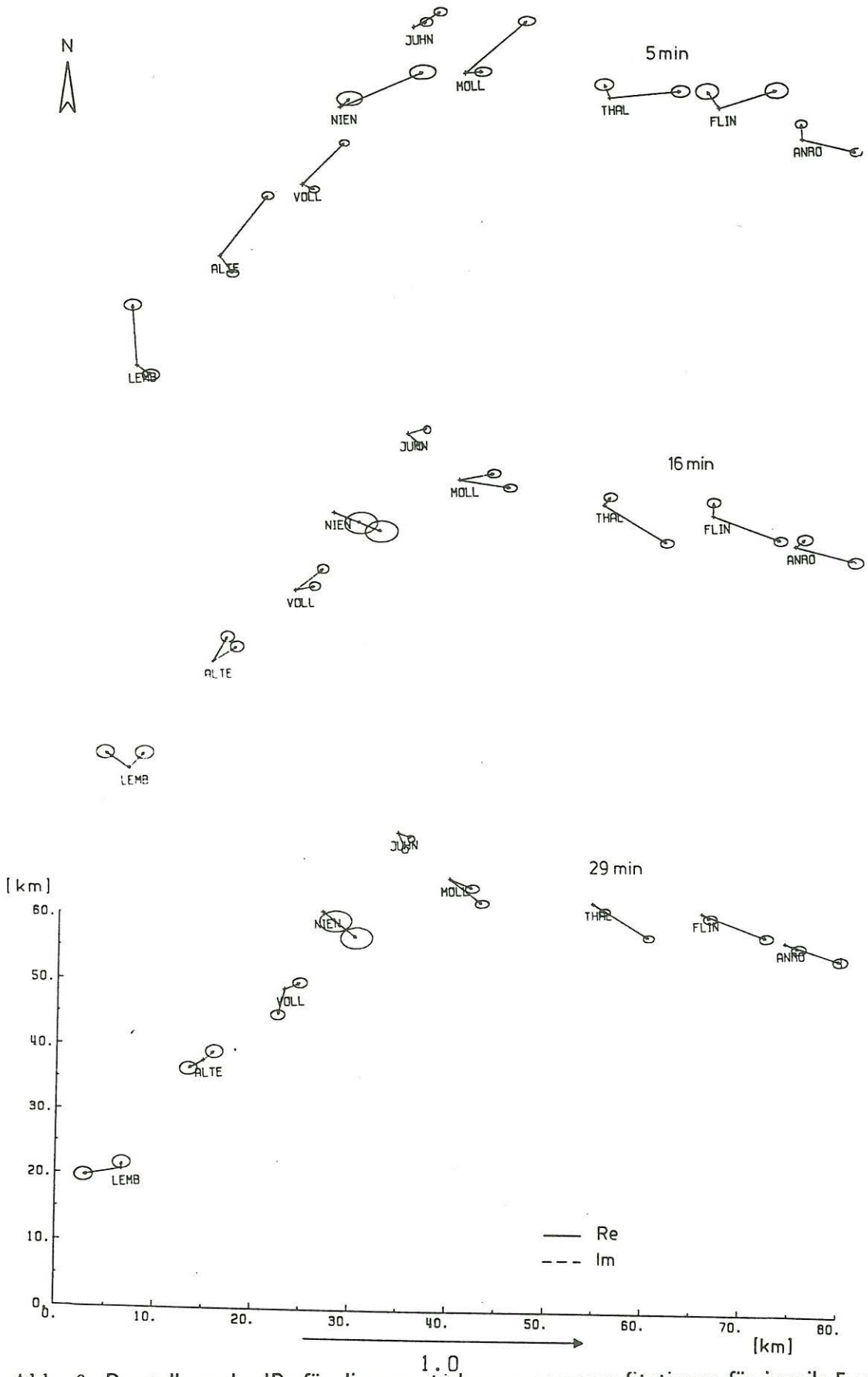


Abb. 6: Darstellung der IPs für die neun bisher vermessenen Stationen für jeweils 5 min, 16 min und 29 min

als der der D-Anomalie. Allerdings geben die längeren Perioden einen Hinweis darauf, daß sich die D-Anomalie noch weiter nach Süden erstreckt. Da die IPs der südlichen Stationen eher nach Westen zeigen, scheinen sich die Stationen westlich einer Störung zu liegen. Die Anomalie scheint für die längeren Perioden im Süden also einen "Knick" nach Osten zu machen und hier als H-Anomalie zu erscheinen.

3.3 Die Impedanzen

Die Impedanzen sind aus den lokalen tellurischen und magnetischen Feldern bestimmt worden.

$$\begin{pmatrix} E_{NS} \\ E_{EW} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_{STAT} \\ D_{STAT} \end{pmatrix}$$

Die aus dem Impedanztensor bestimmte $\rho^* - z^*$ Kurve von MOLL in Abb. 7 zeigt anhand des Beispiels dieser weitgehend eindimensional erscheinenden Station wie man sich den Leitfähigkeitsverlauf in diesem Periodenbereich in etwa vorzustellen hat. Bei 5 min scheint die Kurve aus einer gutleitenden Schicht herauszukommen. z^* liegt bei etwa 8.5 km mit einem ρ^* von $4 \Omega m$. Der kontinuierliche Abfall der Leitfähigkeit endet dann bei 50 min in einer Tiefe von etwa 100 km bei $200 \Omega m$. Die Vorzugsrichtungen

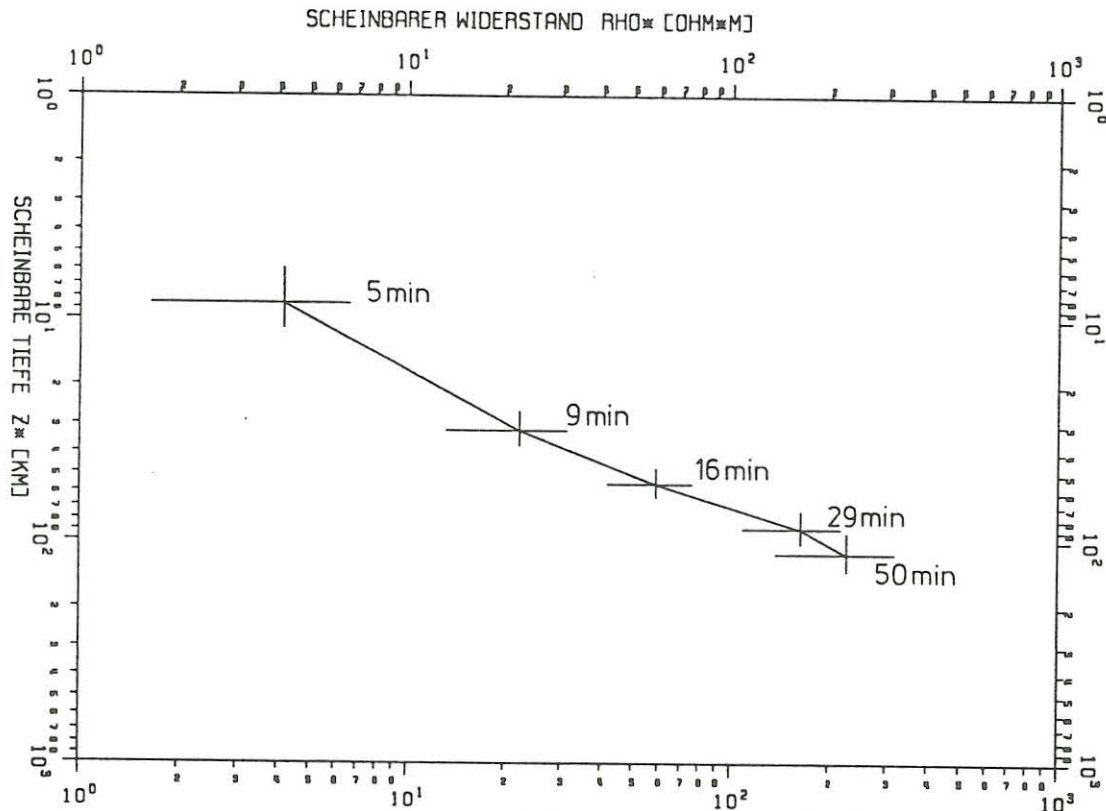


Abb. 7: Die $\rho^* - z^*$ Kurve von der Drehinvarianten der weitgehend eindimensionalen Station MOLL

der Impedanztensoren² sind in Abb. 8 dargestellt. Auffällig ist, daß die drei östlichen Stationen THAL, FLIN und ANRO fast gleichbleibende Kreuze zeigen, die entsprechend der vermuteten Richtung der D-Anomalie ausgerichtet sind. Jedoch herrscht

²Die Winkel sind nach dem Swiftwinkel bestimmt worden, die Länge der Achsen entspricht den Beträgen der Elemente der Nebendiagonalen. Den Beträgen der Hauptdiagonalelemente entsprechen die Längen der Querbalken an den Achsenenden.

ab MOLL nach Westen hin eine andere Polarisationsrichtung vor. Die Kreuze von VOLL und JUHN haben nahezu identische Richtung und bleiben bei allen Perioden fast konstant. Zu den langen Perioden drehen aber alle Kreuze auf die vorher schon von VOLL und JUHN vorgegebene Richtung und bilden so ein Bild von eher ost-west ausgerichteten Kreuzen im Osten, die dann aber auf dem Südprofil in eher nord-süd ausgerichte übergehen. Die Kreuze von LEMB, ALTE, NIEN und MOLL scheinen auch eine gemeinsame Richtung zu haben. Die Kreuze lassen sich nicht ohne weiteres auf die erwartete Form der D-Anomalie anwenden, es scheint eher, daß andere, vielleicht mehr ost-west gerichtet Strukturen im südlichen Teil des Meßgebietes die tellurischen Felder beeinflussen. Für kürzere Perioden mögen auch lokale Strukturen die Richtung der Kreuze bestimmen.

Noch nicht zu erklären ist die Anisotropie, die bei den drei östlichen Stationen schon bei 5 min, bei den anderen erst bei den längeren Perioden sehr groß wird. Zum Teil werden Werte um 14 (z.B. bei ANRO) erreicht. Ganz ähnlich hohe Anisotropiewerte hat Clemens bei elektromagnetischen Messungen wenige Kilometer nördlich meines Meßgebietes gefunden ³.

Von Ost nach West kann man in den Vorzugsrichtungen für 50 min ein sehr sanftes drehen beobachten. Die östlichsten Stationen beginnen mit einer Richtung von Ostsüdost, die dann in eine eher südöstliche Richtung dreht und bei den westlichsten Stationen bei Südsüdost endet. Dies läßt sich aber mit keiner dort vorkommenden geologischen Struktur in Einklang bringen.

³M.Clemens, Entstörung magnetotellurischer Zeitreihen, 1992, in diesem Kolloquiumsband

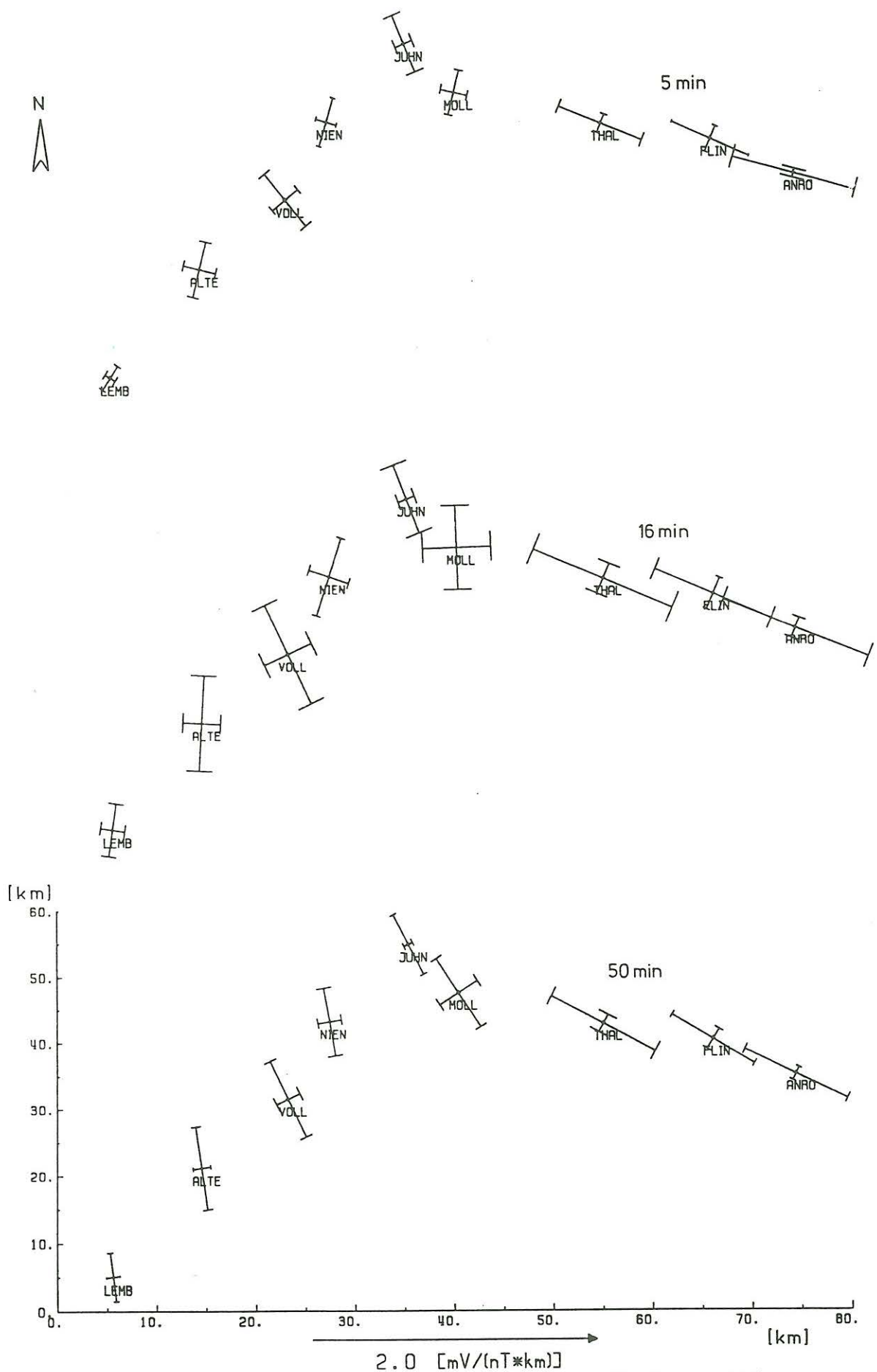


Abb. 8: Die Vorzugsrichtungen der Impedanztensorelemente für die neun bisher vermessenen Stationen für jeweils Perioden von 5 min, 16 min und 50 min