

Werk

Jahr: 1929

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:5

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0005

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0005

LOG Id: LOG_0073

LOG Titel: Der Einfluß der Anisotropie der Medien auf die Verteilung elektromagnetischer Wechselfelder verschiedener Frequenz

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain there Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Mitteilung aus dem Geologisch-Mineralogischen Institut der Universität Köln.

Der Einfluß der Anisotropie der Medien auf die Verteilung elektromagnetischer Wechselfelder verschiedener Frequenz.

Von Max Müller. — (Mit zehn Abbildungen.)

Geophysikalische Forschungsarbeiten

ausgeführt mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.

Es wird eine elektromagnetische Meßmethode beschrieben, welche darauf beruht, daß niederfrequenter Wechselstrom ohne Verwendung eingegrabener Elektroden durch Induktion eines vollständig isolierten, rechteckförmigen Stromkreises dem anisotropen Untergrund übertragen und das resultierende Magnetfeld innerhalb und außerhalb des Rechtecks in drei zueinander senkrechten Richtungen mittels Induktionsrahmen, Verstärker, Gleichrichter und Galvanometer gemessen wird. Das Verhältnis der Komponenten des Magnetfeldes hängt dann von Lage und Richtung der Kabel gegen die Hauptleitfähigkeitsachsen der Schichten ab. Die Intensität des Magnetfeldes ändert sich beim Überschreiten von gut leitfähigen Schichtgrenzen um einen von der Beschaffenheit der angrenzenden Medien abhängigen individuellen Betrag. — Als Generator diente ein mittels einer Netzanode gespeister Röhrensender oder ein Schwingaudion. Die Empfindlichkeit des Empfangsgerätes betrug 10^{-8} Gauß pro Skalenteil.

In einer früheren Arbeit*) hat der Verfasser gezeigt, daß sich Schiefer und gut geschichtete Sedimente in bezug auf elektrische Ströme wie anisotrope Medien verhalten. Infolge der Richtungsabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit solcher Medien sind die Stromelemente des Strömungsfeldes in drei zueinander senkrechten Richtungen durch Tensortripel definiert, deren Leitfähigkeitsparameter dem stromdurchflossenen Medium individuell sind und außerdem von der Lage des Koordinatensystems abhängen. Bei Einführung eines anderen Koordinatensystems, d. h. bei anderer Orientierung der Strömungsbasis gegen die idealisierten Hauptleitfähigkeitsachsen der stromdurchflossenen Medien treten andere Leitfähigkeitsparameter auf, welche lineare Funktionen der ursprünglichen sind. Naturnotwendig spiegelt sich dann die durch die Anisotropie der Medien bedingte Deformation des Strömungsfeldes auch in dem mit ihm verketteten Magnetfeld wieder, aus dessen Verteilung an der Erdoberfläche sich Rückschlüsse auf den Verlauf und Aufbau der Schichten des Untergrundes ziehen lassen.

In viel interessanterer Weise läßt sich der anisotrope Aufbau des Untergrundes mittels der Methode der induktiven Stromübertragung erforschen. Die im folgenden beschriebene Methode beruht darauf, daß der Strom ohne Verwendung eingegrabener Elektroden durch Induktion eines vollständig isolierten,

*) Gerlands Beitr. z. Geophys. 1929, Bd. XXI, Heft 2/3.

rechteckförmigen Stromkreises dem anisotropen Untergrund übertragen und das resultierende Magnetfeld innerhalb und außerhalb des Rechtecks in drei zueinander senkrechten Richtungen mittels Induktionsrahmen, Verstärker, Gleichrichter und Galvanometer gemessen wird. Das Verhältnis der Komponenten des Magnetfeldes hängt dann von der Lage und Richtung der stromführenden Kabel in bezug auf die Hauptleitfähigkeitsachsen des Untergrundes ab. Bei verschiedener Orientierung eines rechteckigen Stromkreises gegen die Streich- und Einfallrichtung der Schichten ändert sich dann die Verteilung der zur Messung kommenden Magnetfelder in weiten Grenzen und ihre Beschaffenheit gestattet, in einfacher Weise wertvolle Aufschlüsse über den Untergrund zu geben.

I. Der geologische Aufbau des Untersuchungsobjektes. Das Versuchsobjekt lag zwischen Hombach und Breite bei Bergisch-Gladbach im Rheinland. Für die Durchführung der Versuche wurde die geologische Kartierung von G. Fliegel zugrunde gelegt. (Geologische Karte der Kalkmulde von Paffrath.

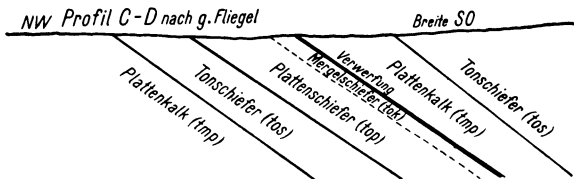


Fig. 1.

Jahrbuch der Preußischen Geologischen Landesanstalt 1922, Profil C—D.) Einen Ausschnitt des geologischen Profils in der Nähe des Meßgeländes zeigt die Fig. 1, aus welcher die Schichtenfolge von Plattenkalk, Tonschiefer, Plattenschiefer, Mergelschiefer und Plattenkalk zu erkennen ist.

Die älteste Stufe, der Tonschiefer (tos), ist ebenflächiger, dünnblättriger und braunverwitternder Tonschiefer, der Plattenschiefer (top) ist ein schwarzer, harter, klingender und dabei meist rauher Kalkschiefer. Dann folgt als jüngstes Gebilde des Oberdevons massiger Mergelschiefer (tok) von unebenem Bruch. Im Nordosten und Südwesten schließt sich der Plattenkalk an. Er ist ein völlig geschlossenes, an Klüften armes, von offenen Spalten freies Gestein, dessen Schichtflächen einfügig aufeinanderschließen. Die Schichten streichen N 52 O und fallen im nordwestlichen Teil des Profils unter einem Winkel von 32° gegen S—O ein. Die Schichtgrenzen, an denen verschiedene Gesteine aneinanderstoßen, führen Wasser, was an der Quellbildung zu erkennen ist.

II. Die Apparatur. A. Der Generator. Bei der Durchführung elektromagnetischer Feldmessungen wurden bisher zur Erzeugung der elektrischen Felder bekanntlich Maschinenaggregate mit einer Leistung von 500 bis 1500 Watt verwandt. Neben den erheblichen Kosten und Umständen hat die Verwendung von Maschinen-

aggregaten aber bekanntlich auch noch den Nachteil einer erheblichen Inkonzanz in der Leistungsabgabe, die sich im Falle des Antriebes mittels Benzinmotor auch dann nicht völlig vermeiden läßt, wenn die Feldwicklung des Generators mittels Akkumulatoren gespeist wird. Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, wurde ein für die Versuche geeigneter Röhrengenerator entwickelt, dessen Schaltschema die Fig. 2 zeigt.

Der Röhrengenerator ist ein modifiziertes Schwingaudion, dessen Anodenstrom durch eine Wechselstrom-Netzanode geliefert und über die Mittelanzapfung der Induktionsspule des Schwingungskreises der Röhre zugeführt wird. Gegenüber der einfachen Generatorschaltung mit induktiver Spannungsteilung hat diese Versuchsanordnung den Vorteil, daß sich die erzeugten Schwingungen ohne merkliche Dämpfung über die Punkte E_1 und E_2 mittels Sonden auch direkt dem Erdboden zuführen lassen. Der Übergangswiderstand $E_1 E_2$ fällt selbst bei Verwendung zweier kleiner Metallsonden im trockenen Gestein gegenüber dem

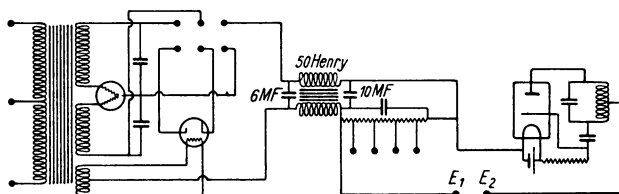


Fig. 2.

inneren Röhrenwiderstand und dem induktiven Widerstand des Schwingungskreises nicht mehr ins Gewicht. Ferner ist man beim Versenken der Metallsonden keineswegs an die Auswahl feuchter Stellen gebunden und hat somit in technisch einwandfreier Weise die Möglichkeit einer beliebigen Orientierung der Strömungsbasis gegenüber den Hauptleitfähigkeitsachsen des anisotropen Untergrundes.

Natürlich muß bei der Durchbildung der Netzanode zur Vermeidung unerwünschter Nebenschlüsse darauf geachtet werden, daß keine direkte leitende Verbindung mit dem geerdeten Wechselstromnetz besteht. Beim Anschluß an Gleichstromnetze empfiehlt sich die Verwendung eines Ausgangstransformators, dessen Sekundärstrom mittels Vakuumthermoelement und Milliampereometer gemessen wird. Die Frequenzen des Generators können bei Verwendung eisen-geschlossener Drosseln im Schwingungskreis von 30 Perioden an aufwärts variiert werden.

B. Das Empfangsgerät. Das Empfangsgerät bestand aus Induktionsrahmen, Verstärker, Gleichrichter, Kompensationskreis und Galvanometer. Das Stativ zur Einstellung des Meßrahmens wurde an anderer Stelle*) bereits be-

*) Zeitschr. f. Geophys. 1929, Jahrg. 5, Heft 5/6.

geschrieben. Der Rahmen hatte einen Innendurchmesser von 42 cm, einen Außendurchmesser von 46 cm, 480 Windungen, 0.33 Henry und 82 Ohm. Der Verstärker (Fig. 3) war ein dreistufiger Niederfrequenzverstärker mit Transformatorenkopplung, dessen letzte Stufe in Gegentakt geschaltet war und hinter deren Ausgangstransformator über einen Kondensator mit Ableitungswiderstand eine Löwe- β -NF-Röhre gekoppelt war, welche als Gleichrichter und Verstärker diente. Der Gegentakt der letzten Verstärkerstufe vermeidet nicht nur Frequenzverzerrungen infolge magnetischer Sättigung des Eisenkerns, sondern verhindert auch, da der Ausgangstransformator wegen der Gegenphasigkeit der Ströme in den beiden Wicklungshälften praktisch im magnetisch unbelasteten Zustand arbeitet, unerwünschte Kopplungen und Eigenschwingungen der angeschlossenen Löwe-Röhre. Die Anodenstrompulsationen der Endstufe der Löwe-Röhre wurden mittels Galvanometer (Empfindlichkeit $3 \cdot 10^{-7}$ Amp.) und Kompensationskreis

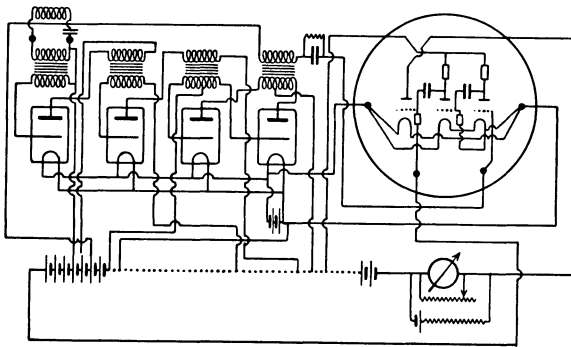


Fig. 3.

gemessen. Die Variation der Empfindlichkeit erfolgte durch Nebenschluß des Galvanometers. Die Eichung des Empfangsgerätes erfolgte in der Weise, daß an die Primärwicklung des Eingangstransformators Spannungen von der Größe der in der Meßspule induzierten Spannungen gelegt und der Ausschlag des Galvanometers beobachtet wurde. Man hat dann nur noch eine Formel abzuleiten, welche die Abhängigkeit der magnetischen Feldstärke (in Gauß ausgedrückt) von der induzierten Spannung darstellt.

Das magnetische Wechselfeld erregt in der Meßspule mit der Windungsfläche F bekanntlich eine elektromotorische Kraft

$$V_t = F \cdot \frac{dH_t}{dt} = \omega F H_0 \cos \omega t,$$

und wenn die Spule durch einen eingeschalteten Kondensator auf die Stromfrequenz ω abgestimmt ist, die wirksame Stromstärke

$$i = \frac{10 \cdot \omega F \text{ cm}^2 \cdot H_0}{10^9 \cdot w \cdot \sqrt{2}},$$

wo w den Wirkwiderstand bedeutet. Es wird also

$$H_0 = \frac{10^8 \sqrt{2} i \cdot w}{\omega F \text{ cm}^2}.$$

Bestimmt man die induzierte Spannung, so hat man den Vorteil, daß der Wirkwiderstand nicht in die Formel eingeht und es wird

$$H_0 = \frac{10^8 \cdot \sqrt{2} \cdot V}{\omega \cdot F \text{ cm}^2} \text{ Gauß.}$$

Die auf diese Weise ermittelte Empfindlichkeit des Empfangsgerätes beträgt 10^{-8} Gauß pro Skalenteil. Die hohe Empfindlichkeit des Empfangsgerätes ermöglicht es, mit sehr kleinen Senderleistungen von etwa 2 Watt auszukommen, welche im Bedarfsfalle auch mittels eines durch Anodentrockenbatterie gespeisten Röhrengenerators gewonnen werden können.

III. Lageplan und Ausführung der Messungen. Die Fig. 4 stellt den Lageplan des ersten Teiles der Versuche dar. Ein rechteckförmiger Stromkreis mit einer Länge von 302 und einer Breite von 210 m bildet mit der Streichrichtung der Schichten einen Winkel von 30° . Im Nordwesten verläuft die Längsseite des Kabels ganz über dem Tonschiefer, im Südosten über dem Plattenschiefer. Die Zuführung des Stromes zu dem rechteckförmig gelegten Kabel erfolgte von dem beschriebenen Generator aus mit Hilfe eines bifilar gewickelten Doppelkabels. Gemessen wurden auf der Mittellinie des Rechtecks und ihrer Verlängerung drei zueinander senkrechte Komponenten des magnetischen Wechselfeldes. Es bedeuten im folgenden H_z die Vertikal-komponente, H_y die parallel und H_x die senkrecht zur Längsseite des Rechtecks verlaufenden Horizontalkomponenten des resultierenden magnetischen Wechselfeldes. Die Fig. 5a und 5b zeigen das Meßergebnis im Innen- und Außenfeld des von 50 periodigem Wechselstrom durchflossenen Stromkreises. Die magnetischen Feldstärken sind in diesen Kurven als Ordinaten und die Entfernungen vom Kabel als Abszissen aufgetragen. Die Zahlen der Abszissenachse bedeuten die Nummern der einzelnen Meßpunkte, welche auch auf dem Lageplan eingetragen sind und zur Orientierung dienen. Über einem unendlich homogenen und isotropen Medium würden sich auf der Mittellinie aus Symmetriegründen nur zwei magnetische Feldkomponenten ausbilden — eine vertikale und eine horizontale. Das Vorhandensein einer zweiten Horizontalkomponente bildet das experimentelle Kriterium für den anisotropen Aufbau des Untergrundes. In der Fig. 5a ist die Vertikalkomponente des resultierenden magnetischen Wechselfeldes gegenüber den horizontalen sehr stark ausgebildet, weil sich im Innenfeld die Vertikalkomponenten des Magnetfeldes der vier Seiten des stromdurchflossenen Kabels addieren. Anders liegen die Verhältnisse im Außenfeld (Fig. 5b); aus Symmetriegründen fällt der Leitungseinfluß der beiden Querseiten des Rechtecks ganz weg und die Magnetfelder der Längsseiten des Rechtecks schwächen sich

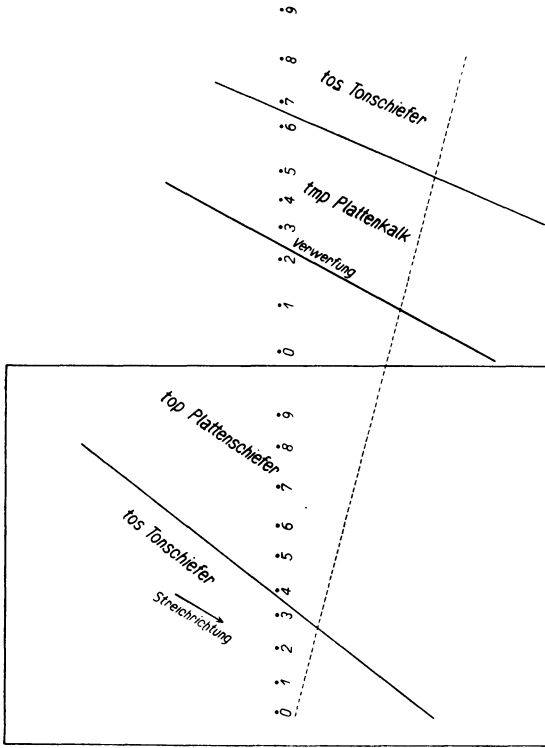


Fig. 4.

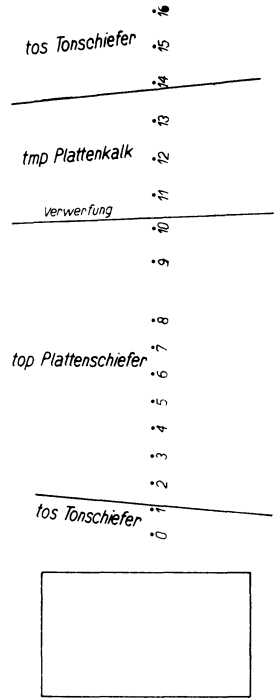


Fig. 6.

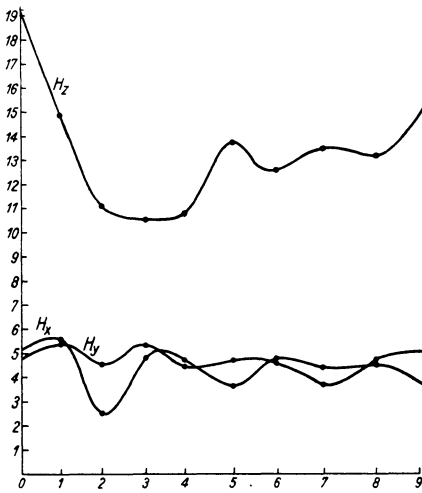


Fig. 5 a.

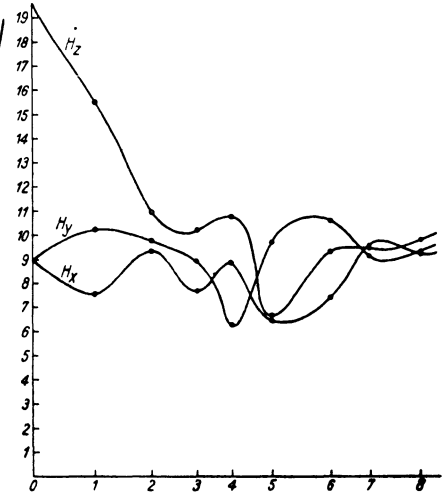


Fig. 5 b.

gegenseitig ab. Darum sind in der Fig. 5b — abgesehen von einer kurzen Strecke in der unmittelbaren Umgebung der Leitung — die Vertikalkomponenten des Magnetfeldes von derselben Größenordnung wie die horizontalen. Die Ver-

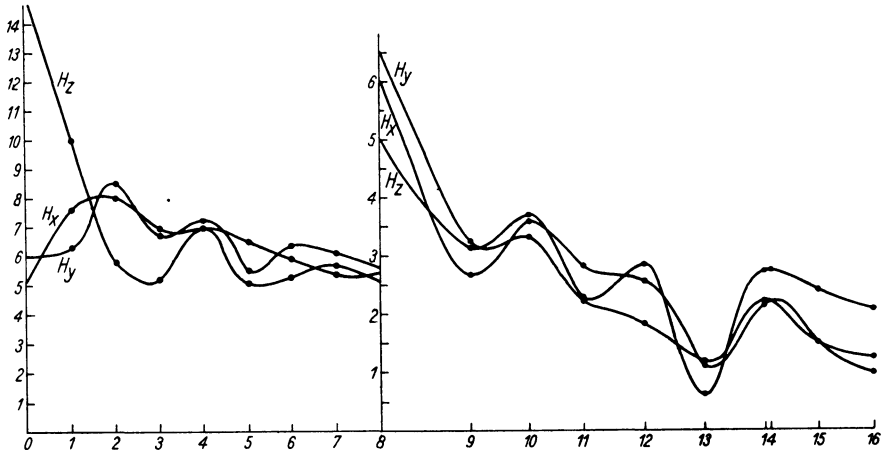


Fig. 7.

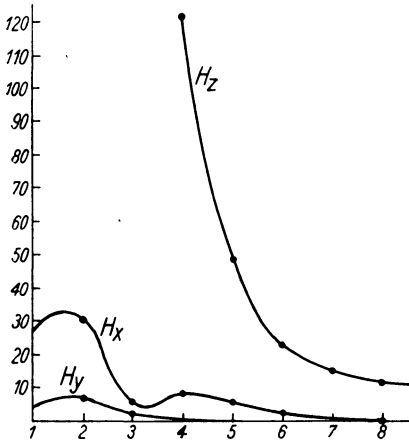


Fig. 8 a.

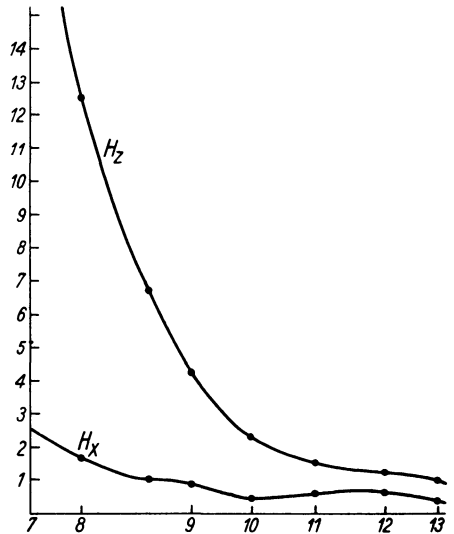


Fig. 8 b.

messung des Außenfeldes erweist sich zur Lösung der gestellten Aufgabe daher als besonders geeignet. Die Betrachtung der Kurven in Verbindung mit dem Lageplan zeigt, daß über den wasserführenden Schichtgrenzen eine Erhöhung der Horizontal- und eine Intensitätsverminderung der Vertikalkomponenten

des resultierenden magnetischen Wechselfeldes erfolgt. Am deutlichsten ist diese Erscheinung beim Überschreiten der Verwerfung, welche infolge ihres Wassergehaltes als leitende Einlagerung wirkt, ausgeprägt. Eine analoge, aber weniger starke Intensitätsänderung der magnetischen Feldkomponenten (Fig. 5 a) findet über der Grenzschicht zwischen dem Tonschiefer und Plattenschiefer zwischen den Punkten 2 und 4 des Innenfeldes statt.

Die Fig. 6 zeigt den Lageplan einer weiteren Messung, bei welcher der rechteckförmige Stromkreis so gelegt wurde, daß seine Längsseite in die Streichrichtung der Schichten fällt. Die Meßergebnisse, welche unter Verwendung 50periodigen Wechselstromes erhalten wurden, sind in Fig. 7 dargestellt. Die Schichtgrenzen stimmen hier ebenfalls mit denen der geologischen Kartierung von Fliegel überein.

Zum Schluß möge in der Fig. 8 noch das Meßergebnis dargestellt werden, welches unter Verwendung 400 periodigen Wechselstromes gefunden wurde. Auffallend ist die große Intensität der Vertikalkomponenten des Magnetfeldes, welche auf die starke Wirbelbildung zurückzuführen ist. Der Vergleich der Fig. 7 und 8 zeigt, daß bei Verwendung der Methoden der induktiven Stromübertragung die Feldverteilung sehr stark frequenzabhängig ist und die günstigsten Versuchsbedingungen sich stets unter Verwendung möglichst niederfrequenter Ströme ergeben.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, insbesondere Seiner Exzellenz Herrn Staatsminister Dr. Schmidt-Ott und Herrn Prof. Dr. Stuchtey für die Unterstützung dieser Arbeit meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Ein transportables Meßgerät für schwere Ionen.

Von **Hans Israél.** — (Mit sieben Abbildungen.)

Es wird eine transportable Apparatur zur Messung von Zahl und Beweglichkeit der schweren Ionen beschrieben. Die wesentlichen Vorzüge bestehen darin, daß die Dimensionen möglichst klein gehalten sind, die Meßzeit auf einen Bruchteil der bisher notwendigen verkürzt ist und die Ionen beider Vorzeichen gleichzeitig gemessen werden.

Wie E. v. Schweidler und J. J. Nolan*) zuerst festgestellt haben, darf bei der Betrachtung des Ionisationsgleichgewichtes in der Atmosphäre die Anlagerung der kleinen Ionen an ungeladene Kerne nicht vernachlässigt werden. Diese „schweren“ Ionen sind bei ihrer außerordentlichen Variabilität und den noch wenig erforschten Gesetzmäßigkeiten ihrer Entstehung und Verteilung eines der wichtigsten Gebiete der modernen luftelektrischen Forschung.

*) E. v. Schweidler: Wien. Ber. **127**, 953 (1918); **128**, 947 (1919); **133**, 23 (1924); J. J. Nolan: Proc. Royal Irish Acad. **36**, 97 (1923); **37**, 1 (1925).