

Vortrag Prof. Kertz, Braunschweig

"Erdmagnetische Tiefensondierung; bisherige Arbeiten
und Ergebnisse"

Donnerstag, den 1.2.1962

Einleitung

Es soll ein Überblick über die bisherigen Arbeiten gegeben und Erfahrungen sollen vermittelt werden. In Einzelfragen dieses Gebietes gehen die Ansichten auseinander. Deshalb: Zusammenfassung in 10 Thesen.

In der Geschichte der E.T. sind folgende Namen zu nennen: Errulat, O.Meyer, Zerst, Vacquier, Schleusener, Wiese, Bartels, Fleischer, Schmucker, Rikitake, Matsushita, Cagniard. Auf die zahlreichen Einzelarbeiten soll aber nicht näher eingegangen werden. Nur noch zu Cagniard: Er führte neue Methode in die Angew. Geophysik ein, welche er "La Prospecting magnéto-tellurique" nannte. Daraus wurde im Deutschen der Name "Tellurik" abgeleitet. Dieser würde aber etwa gleichbedeutend sein mit "Erdigkeit". Demgegenüber erscheint die Bezeichnung "Erdmagnetische Tiefensondierung" treffender.

Definition: E.T. nennen wir die Ermittlung der Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit im Untergrund mit Hilfe natürlicher Erdströme, die durch erdmagnetische Variationen elektromagnetisch induziert werden. Messungen der induzierten Ströme werden an der Erdoberfläche vorgenommen, und zwar entweder als Messungen des Magnetfeldes der Ströme oder der an der Erdoberfläche herrschenden elektrischen Feldstärke.

1. Es gibt Unterschiede in den magnetischen Registrierungen benachbarter Stationen, die sich nicht durch Inhomogenitäten der ionosphärischen Stromsysteme erklären lassen. Das erkennt man schon daran, daß sie bei verschiedenartigen Störungstypen und stets am gleichen Ort auf der Erdoberfläche auftreten.

Hierzu als Beispiele:

- 1) Gegenüberstellung von Registrierungen von ΔZ in Wingst und Niemeck (nach Wiese),
- 2) Schmuckersche Registrierungen in Deutschland (Abb.5, Schmucker),
- 3) Registrierungen aus Japan,
- 4) Schmuckersche Registrierungen in USA.

Also Leitfähigkeitsanomalie keine Ausnahme.

Instrumente: Es wurden Wiedergaben gezeigt von

- 1) dem Askaniavariographen,
- 2) einer Registrierstation nach Fanselau,
- 3) einer Schmuckerschen Station (Planung Abb. 2, Schmucker und Natur).

Genauigkeit der Instrumente bestimmt sich durch folgende Punkte:

Orientierung, Auflösung, Temperatureinfluß, künstliche Störungen, gegenseitige Beeinflussung, Empfindlichkeit, Gegenspiegel, Nachfolgebunkte, Filmvorrat, Uhren.

2. Mit Hilfe potentialtheoretischer Methoden läßt sich eine Zerlegung der auf der Erdoberfläche registrierten Magnetfeldvariationen in äußeren und inneren Anteil durchführen, für den jeweils die Ursache außerhalb bzw. innerhalb der Erde gesucht werden muß. Die unter 1 genannten Unterschiede fallen dabei zu dem inneren Anteil. Erstrecken sich die wesentlichen Teile der Feldvariationen nur über einen Teil der Erdoberfläche, so läßt sich eine näherungsweise Trennung auch schon durchführen, wenn lediglich Beobachtungen aus diesem Teil vorliegen. Die Erdoberfläche wird dabei durch eine Ebene ersetzt. Unter dieser Voraussetzung gelingt die Zerlegung aber nicht für ein homogenes Feld.

Hierzu existieren Verfahren von Wiese, Siebert, Scheube, Hartmann.

Es wurden Beispiele gezeigt aus Arbeiten von Schmucker (Abb. 3), Fleischer und Wiese.

Für norddeutsche Leitfähigkeitsanomalie ist zweidimensionale Näherung anwendbar. Der äußere Anteil ist im Untersuchungsgebiet ziemlich homogen. Damit Normierung möglich:

$$H = H_e + H_i = H_e + H_{in} + H_{ia} = H_n + H_{ia}$$

Schmuckers Normierung: $h_i = \frac{H_{ia}}{H_n}$ nur Fuktion des Ortes.

Meyers Normierung: $\frac{H}{H(Wn)} = \frac{H_n + H_{ia}}{H_n + H_{ia}(Wn)} = \frac{1}{1+h(Wn)} \left\{ 1 + h_i \right\}$
 $\frac{H_n}{H_n} \left\{ 1 + h(Wn) \right\} \text{ const.}$

Für Einzelstationen außerhalb eines Profils kann man H_n vom Profil übernehmen und von der Beobachtung abziehen.

3. Die unter 1. genannten Unterschiede rühren von Erdströmen her, die durch die Magnetfeldvariationen elektromagnetisch induziert werden. Als Ursache können nur Abweichungen der elektrischen Leitfähigkeit von der Schalensymmetrie angenommen werden.

Grundsätzlich kann man \mathcal{E} oder \mathcal{H} messen.

Rechnung wird praktisch für periodische Erregung durchgeführt. Unperiodische Variationen sind jedoch mit Hilfe der Laplace-Transformation lösbar. Das bringt aber nicht viel Neues.

4. Die beobachteten Variationen verlaufen im äußeren und inneren Anteil bei Perioden zwischen 2 und 15 Minuten gleichphasig; bei Perioden zwischen 60 und 100 Minuten deutet sich ein kleiner Phasenwinkel an, und zwar läuft der anomale innere Anteil dem normalen um etwa $10^\circ - 20^\circ$ voraus. Ob bei längeren Perioden (S_q -Gang) größere Phasenwinkel auftreten, ist noch offen.

Vorauslaufen des anomalen inneren Anteils wegen Abhängigkeit von $\frac{dH}{dt}$ klar.

5. Die Gleichphasigkeit zeigt, daß die geometrische Ausdehnung des Stromsystems so groß ist, daß der Widerstand durch Selbstinduktion groß gegen den Ohmschen ist.

Das Verhältnis $\frac{L}{R}$ wächst beim "Aufblasen" eines Leiters.

$$H_n = A \sin \omega t$$

$$H_{ia} = h \cdot V(\omega) A \sin(\omega t + \tau) \quad \tau = \tau(\omega)$$

Als Beispiel wurden aus der Arbeit von Kertz (Leitungsfähiger Zylinder ...) Induktionskurven (Abb. 2 u. 3) für homogenen Zylinder gezeigt. Bei nach unten zunehmender Leitfähigkeit bildet sich wegen des Skineffektes in einer bestimmten Tiefe ein Stromdichtemaximum aus. Die Tiefe des Maximums hängt von der Frequenz ab. Hierauf beruht die von Schmucker benutzte Methode der Rechnung mit supraleitenden Schichten. Siehe hierzu Schmuckersche Modelle zur Erklärung des anomalen inneren Anteils (Abb. 28, Schmucker).

6. In den von Schmucker untersuchten Fällen war das induzierende Feld außer bei ssc.'s und S_q -Variationen horizontal.

Erklärung durch Zusammenspiel von äußerem und normalem innerem Anteil: Äußeres Feld F setzt sich nach innen fort. Es entstehen Ströme in der Grenzfläche zur Beseitigung des Feldes im Innern;

Wird Feld ...

springt, d.h. die Z-Komponenten des äußeren und normalen inneren Anteils löschen sich aus. Abweichungen hiervon sind durch den Abstand von den Strömen oder durch Leitfähigkeitsanomalien zu erklären.

7. Das durch die E.T. erfaßte Stromsystem ist nur ein Teil des inneren Anteils und wird als anomaler innerer Anteil bezeichnet.

Die Zerlegung in normalen und anomalen inneren Anteil, die zunächst nur eingeführt war, weil sich das homogene Feld nicht trennen ließ, ist damit nachträglich physikalisch gerechtfertigt. Der anomale Anteil gehört zu einer Anomalie der Leitfähigkeitsverteilung.

8. Rechnet man mit "Störkörpern" zur Erklärung des anomalen inneren Anteils, so kann man nicht das aus der Gravimetrie und Magnetik bekannte Prinzip der Zusammensetzung verschiedener Störkörper verwenden, weil die zugrundeliegende Differentialgleichung nicht die Poisson-Gl., sondern eine Diffusionsgl. ist.

Poissongleichung

Diffusionsgleichung

$$\Delta \phi = 4\pi \rho$$

$$\Delta \alpha = 4\pi \sigma \frac{\partial \alpha}{\partial t}$$

$$\Delta(\phi_1 + \phi_2) = 4\pi(\rho_1 + \rho_2)$$

$$\Delta(\alpha_1 + \alpha_2) = 4\pi(\sigma_1 \frac{\partial \alpha_1}{\partial t} + \sigma_2 \frac{\partial \alpha_2}{\partial t})$$

Man kann evtl. ein approximatives Verfahren anwenden, bei dem man eine kleine Störung im Feld einer großen berechnet und die Rückwirkung von der kleinen auf die große vernachlässigt, z. B. bei der D-Anomalie von Göttingen.

Störkörperberechnungen liegen vor von Lippmann, Kertz, v. Conbruch. Andere Berechnungen (räumlich wanderndes induzierendes Feld): Volland, H.J. Meyer.

Modellversuche sind als vielversprechend anzusehen.

9. Die Vieldeutigkeit des Problems wird eingeschränkt durch Beobachtungen verschiedener Perioden oder mit inhomogenem äußeren Feld.

Anomale innere Anteile hängen von Periode ab (s. Abb. 12, 22, Schmucker)

Frage der Eindeutigkeit wohl auch theoretisch noch nicht gelöst.

treffend (siehe Price und Slichter). Wahrscheinlich besteht Ähnlichkeit mit Wiechert-Herglotz Problem in der Seismik.

10. Als Ergebnis der E.T. erhält man die elektrische Leitfähigkeit als Funktion des Ortes. Leitfähigkeitsunterschiede können durch Material-, Druck- oder Temperaturunterschiede bedingt sein.

(s. Abb. 29-33, Schmucker)