

Werk

Jahr: 1941

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:17

Werk Id: PPN101433392X_0017

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0017 | LOG_0040

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 these 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

ohne Flecken. Vielmehr hat die Fleckenrelativzahl an keinem Tage den Wert 20 wesentlich unterschritten. An besonders stark gestörten Zeiten sind zu nennen:

1940, Jan. 3, 15 ^h —Jan. 3, 22 ^h	M. G. Z.
Jan. 10, 14 ^h —Jan. 10, 21 ^h	
Jan. 18, 15 ^h —Jan. 18, 21 ^h	
März 23, 21 ^h —März 24, 1 ^h	
März 24, 13 ^h —März 25, 15 ^h	
März 25, 20 ^h —März 26, 1 ^h	
März 29, 16 ^h —März 31, 2 ^h	
März 31, 10 ^h —März 31, 18 ^h	
April 2, 19 ^h —April 3, 8 ^h	
April 25, 2 ^h —April 25, 5 ^h	
April 25, 20 ^h —April 26, 3 ^h	
Mai 24, 8 ^h —Mai 24, 15 ^h	
Juni 25, 3 ^h —Juni 25, 20 ^h	
Juli 13, 10 ^h —Juli 13, 18 ^h	
Sept. 26, 17 ^h —Sept. 27, 1 ^h	
Nov. 13, 3 ^h —Nov. 13, 7 ^h	

Störungen der erdmagnetischen Registrierung durch Erdbeben sind nur einmal aufgetreten, und zwar bei dem katastrophalen Erdbeben in Rumänien am 10. November. Die Störung ist in Fig. 1 wiedergegeben. Eine Durchsicht der seismischen Registrierungen von Jena für das Jahr 1940 ergab noch einige weitere stärkere Beben. Nennenswerte Störungen der Registrierungen durch diese Erdbeben sind jedoch nicht eingetreten.

Die Anwendung des Druckindikators in der Funkmutung

Von Volker Fritsch und Heinrich Forejt. — (Mit 6 Abbildungen)

Es wird die Anwendung des Druckindikators beschrieben, wie er für die Bestimmung kleiner Längen und Druckänderungen entwickelt wurde. Dieses Gerät kann in der Funkmutung wegen seiner hohen Präzision und einfachen Bedienbarkeit sehr vorteilhafte Anwendung finden. Einige Untersuchungen, die mit diesem Gerät angestellt wurden, werden beschrieben.

1. Allgemeines. In der Meßtechnik geht man immer mehr dazu über, kleine Längen- und Druckänderungen in der Weise zu bestimmen, daß diese die Kapazität eines Meßkondensators verändern. Die entsprechenden Kapazitätsänderungen werden dann elektrisch bestimmt. Auf diese Weise kann man noch ganz geringe Verschiebungen nachweisen, da Kapazitätsänderungen heute mit sehr hoher Genauigkeit bestimmt werden können. Es gibt nun in der Funkmutung eine Reihe von Verfahren, die die sogenannte Antennenersatzkapazität ermitteln und die aus dem Verlauf dieser Bestimmungsgröße dann Schlüsse auf die elektrische Beschaffenheit des Untergrundes ziehen. Zu diesem Zwecke war es notwendig, eben-

falls sehr empfindliche Kapazitätsmeßgeräte zu konstruieren, über die auch in dieser Zeitschrift schon früher berichtet wurde. Die parallele Entwicklung auf zwei verschiedenen Gebieten der Meßtechnik hat nun dazu geführt, daß die beiderseits konstruierten Geräte wechselseitig verwendet werden können. Während die Geophysik insbesondere die sogenannten Reißverfahren entwickelte, wurden zu den erwähnten anderen Untersuchungen vornehmlich Brückenmethoden herangezogen. Es besteht damit heute für die Geophysik auch die Möglichkeit, sich dieser zweiten Verfahren zu bedienen und zur Durchführung ihrer Messungen Apparate zu verwenden, die in sehr vollkommener Weise bereits von der Industrie

entwickelt wurden. In den folgenden Zeilen sei zunächst ein solches Gerät beschrieben und im Anschluß daran gezeigt, wie es zur Durchführung geophysikalischer Messungen verwendet werden kann.

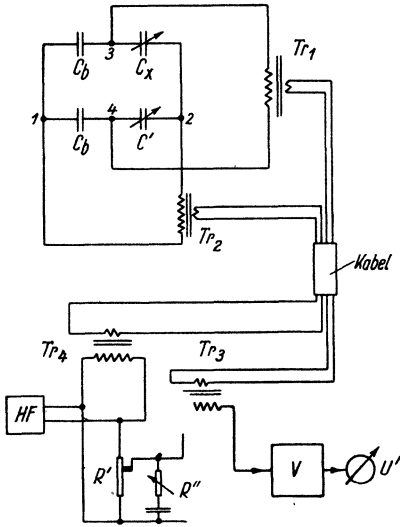


Fig. 1. Schema des Druckindikators

zugeführt. Das zweiadrige Kabel besitzt an beiden Enden je zwei Transformatoren. Die Speisespannung für die Meßbrücke, sowie die Meßspannung, werden durch diese Transformatoren herabtransformiert, wodurch einerseits Unempfindlichkeit gegen Störfelder, andererseits Unabhängigkeit der Meßwerte von der Kabellänge erreicht wird. Man kann Kabel bis zu 50 m Länge benutzen. Der Abnehmer besteht aus einer Hochfrequenz-Meßbrücke, deren einer Teil durch die veränderliche Meßkapazität gebildet wird. Die Brücke ist so eingestellt, daß sie bei keinem möglichen Wert der Meßkapazität ins Gleichgewicht geraten kann. Die Spannung am Diagonalzweig der Brücke wird durch den Kabeltransformator herabtransformiert, über das Kabel dem Meßgerät zugeleitet, dort wieder hinauftransformiert und dem Kompensator zugeführt. Der Kompensator wird durch zwei Potentiometer bedient. Er erzeugt eine Spannung, deren Größe und Phase in sehr weiten Grenzen geregelt werden kann. Diese vom Oszillator stammende Spannung wird zu der von der Brücke kommenden Spannung addiert. Bei einer gewissen Ab-

2. Meßgerät. Wie das Schaltschema Fig. 1 zeigt, besteht der Philips-Druckindikator aus dem Speisegerät, dem Oszillator, dem Kompensator, dem Verstärker, dem Demodulator und schließlich dem Oszillographen. An das Gerät ist über ein Spezialekabel der „Aufnehmer“ angeschlossen. Das Speisegerät liefert sämtliche benötigten Spannungen. Der Oszillator erzeugt die hochfrequente Trägerwelle. Er arbeitet nach der wohlbekannten Dreipunktschaltung. Die Oszillatorspannung wird einerseits dem Kabel, andererseits dem Kompensator

stimmung der Meßkapazität kann die Kompensatorspannung in der Weise abgeglichen werden, daß die resultierende Spannung Null ist. Ändert sich dann die Meßkapazität, so entsteht am Ausgang des Kompensators eine Hochfrequenzspannung, die sich bei richtiger Abgleichung des Kompensators, beiläufig mit der Änderung der Meßkapazität proportional ändert. Der zweistufige Verstärker verstärkt die hochfrequente Spannung und leitet sie weiter. Um eine vollkommene Proportionalität zwischen dem gemessenen Kapazitätswert (oder der durch die Kapazität vermittelten Größe) und dem Ausschlage auf dem Schirme zu erzielen, hat der Verstärker keine geradlinige Abhängigkeit der Verstärkung von der Größe der verstärkten Spannung. Durch entsprechende Einstellung der Kennlinie dieses Verstärkers kann eine geradlinige Beziehung zwischen der zu messenden Größe und dem resultierenden Ausschlag erzielt werden. In dem Demodulator wird die verstärkte Hochfrequenzspannung gleichgerichtet und gesiebt, so daß eine der zu messenden Größe proportionale Gleichspannung entsteht. Diese wird dann den senkrecht ablenkenden Platten der Kathodenstrahlröhre zugeführt. Der Oszillograph besteht aus einer Kathodenstrahlröhre mit 95 mm Schirmdurchmesser und aus einem Kippgerät, das eine zeitproportionale Spannung von verschiedener Frequenz erzeugt. Die Frequenz dieser Kippspannung kann von 0.25 Hz bis 2 kHz geändert werden.



Fig. 2. Frontplatte des Meßgerätes

Den waagrecht ablenkenden Platten der Kathodenstrahlröhre kann entweder die Kippspannung oder die Spannung von einem zweiten kapazitiven Abnehmer zugeführt werden. Das auf dem Schirme entstehende Bild zeigt also entweder die Abhängigkeit einer Kapazität (Meßgröße) von der Zeit oder die gegenseitige Abhängigkeit von zwei Kapazitätsänderungen.

Für die senkrechte Ablenkung bestehen drei Anschlußmöglichkeiten, so daß insgesamt drei Kabel und Abnehmer für vertikale Beeinflussung benutzt werden können. Die drei Kabel werden einzeln abgeglichen. Der Verstärker ist für alle drei Kanäle gemeinsam. Mit den drej Abnehmern können z. B. drei Messungen an verschiedenen Stellen nacheinander durchgeführt und rasch miteinander verglichen werden.

Die Frontplatte des Meßgerätes zeigt Fig. 2. Die obersten zwei Knöpfe auf der Frontplatte dienen zur Einstellung der Lage des Bildes auf dem Schirme.

Die Potentiometer beim Schirm der Kathodenstrahlröhre dienen zur Regelung der Helligkeit des Bildpunktes, und zur Einstellung der Punktschärfe. Darunter befindet sich der Wähler für die waagerechte Ablenkung. Es kann entweder das Kippgerät, oder die waagerechte Ablenkung durch den zugehörigen Abnehmer eingeschaltet werden. Weitere zwei Köpfe in der gleichen Höhe dienen zur feinen und groben Einstellung der Kippfrequenz. In der Mitte der Frontplatte befindet sich der Kanalwähler. Im unteren Teil der Frontplatte befindet sich in der Mitte ein Potentiometer für die Regelung der Modulationstiefe bei der Strahlmodulation (Zeitmarkierung) und darunter ein Schalter, der auf die Abgleichung oder Messung bei verschiedenen Empfindlichkeiten umgeschaltet werden kann. Endlich sind viermal drei Knöpfe für die Abgleichung der Kabeln und deren Empfindlichkeitsregelung vorgesehen.

Nach dem Anheizen wird der zugehörige Schalter auf „Abgleichen“ und der Kabelwähler in die dem angeschlossenen Kabel entsprechende Stellung umgeschaltet. Die beiden Knöpfe des Kompensators dreht man so, daß der Strich auf dem Schirm sinkt, d. h. die Hochfrequenzspannung kleiner wird. Diese Abgleichung erfolgt in zwei Stufen mit verschiedener Empfindlichkeit; ist die Abgleichung vollendet, so schaltet man in die Lage „Messen“ mit der gewünschten Empfindlichkeit. Jede Änderung der Meßkapazität verursacht jetzt das Steigen des Striches auf dem Schirme des Oszillographen. Um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen, wird vor und nach jeder Ablesung die Nullage kontrolliert. Da die Linearität der Beziehung zwischen Kapazität und Ausschlag am Schirm ganz befriedigend ist, genügt die Eichung mit nur einer Normalkapazität.

3. *Die Auswertung der Meßergebnisse.* Bei einigen Vorversuchen wurden die wichtigsten Fehlerquellen ermittelt und es wurde die zweckmäßigste Methode gefunden, um diese Apparatfehler auszuschalten. Der wichtigste Fehler rührt von den Kompensatoreigenschaften her und läßt sich durch sorgfältige Abgleichung leicht beseitigen. Normalerweise vergrößert sich mit wachsender Meßkapazität auch der Ausschlag, und der Strich am Schirme steigt. Bei falscher Abgleichung kann es aber vorkommen, daß beim Vergrößern der Meßkapazität der Strich zuerst sinkt und erst bei größeren Werten wieder ansteigt. Dies geschieht, wenn die Abgleichung nicht für die kleinste in Betracht kommende Kapazität, sondern für eine größere durchgeführt wurde. Bei diesem größeren Wert ist dann selbstverständlich die Spannung Null. Um diese Fehler zu beseitigen, ist es ratsam, nach jeder neuen Abgleichung durch eine Vergrößerung der Meßkapazität (z. B. durch Annäherung der Hand) festzustellen, ob sich der Strich sofort nach oben bewegt. Ist dies nicht der Fall, so muß eine sorgfältigere Abgleichung durchgeführt werden.

Ein störender Faktor bei diesen Messungen ist auch der Einfluß der Sonnenstrahlung. Durch die Temperaturänderungen des Gerätes ändern sich, wenn auch sehr wenig, die Werte der Induktivitäten und Kapazitäten in Schwingungskreisen, was eine unregelmäßige, langzeitige Verschiebung der Nullage zur Folge hat.

Einen viel größeren Einfluß aber hat die Bestrahlung des Abnehmers und des Bodens selbst. Um diese Fehlerquelle auszuschalten, ist es vorteilhaft, die Messungen nicht während der Zeit stärkster Bestrahlung durchzuführen und jede Messung einige Male zu wiederholen, wobei die Nullage immer wieder kontrolliert werden soll. Dabei kann man sogleich die „Wanderung“ der Nullage feststellen und auch die Größe der Fehler berechnen. Im ganzen kann man aber sagen, daß sich diese Fehler unter den Pegel der Ablesungsfehler herunterdrücken lassen.

Der Einfluß der Netzspannungsschwankungen ist ziemlich gering. Spannungsschwankungen von 5%, die durch eine an demselben Netz angeschlossene Wasserpumpe verursacht wurden, haben sich als regelmäßige, nur etwa 0.3 mm starke Schwankungen der Strichlage geäußert.

Die Genauigkeit der Ablesung hängt auch ein wenig von der Belichtung des Schirmes durch das Tageslicht ab. Um einen genügenden Kontrast zu erhalten, muß bei größerer Belichtung des Schirmes die Helligkeit des Bildpunktes erhöht werden, wodurch auch die Breite des Striches zunimmt. Normalerweise läßt sich eine Ablesegenauigkeit von ± 0.3 mm erzielen, was besser als 1% des größten Ausschlages ist.

Um einerseits die Verschiebung der Nullage feststellen zu können und andererseits die größtmögliche Genauigkeit unter Vermeidung von noch unbekanntem Fehlerquellen zu vermeiden, wurde zwischen je zwei Messungen die Empfindlichkeit durch Eichen an einer festen Kapazität überprüft. Es wurden also jeweils folgende Ablesungen vorgenommen: Nullage — Messung — Nullage — Eichen — Nullage — Messung — Nullage — usw. Durch Subtrahieren wurden insgesamt acht Meßdaten und vier Eichdaten berechnet. Nach Bildung der Mittelwerte wurde das Verhältnis zwischen der gemessenen Kapazität und der Eichkapazität bestimmt. Daraus kann man die „Ersatzkapazität der Antenne“ berechnen.

Ein Rechenbeispiel sei zur Erläuterung angeführt. Für jede Lage der Antenne wurde die Kapazität für vier Antennenhöhen (150, 80, 60 und 36 cm) bestimmt.

Höhe 60 cm								
Messen	Null	Eichen	Meßdifferenz (M)	Eichdifferenz (E)	ΔM	ΔE	$10^4 \cdot \Delta^2 M$	$10^4 \cdot \Delta^2 E$
	3.9		4.1		+ 0.06		36	
8.0	3.9	7.25	4.1	3.35	+ 0.06	+ 0.06	36	36
	3.85		4.15	3.4	+ 0.01	+ 0.01	1	1
8.0	3.8		4.2		- 0.04		16	
7.95	3.7	7.1	4.15	3.4	+ 0.01	+ 0.01	1	1
	3.6		4.25	3.5	- 0.09	- 0.09	81	81
7.8	3.7		4.2		- 0.04		16	
			4.1		+ 0.06		36	
Mittelwerte:			4.16	3.41	$\Sigma \Delta^2$; 223			119
							$\delta^2 = \frac{\Sigma \Delta^2}{n(n-1)} \dots 4.1$	
							$\delta \dots \dots \dots 3.75 \cdot 10^{-2}$	

Das gesuchte Verhältnis beträgt also 1.22 ± 0.04 .

Ist C_n die Eichkapazität, so ist die Antennenersatzkapazität dann $1.22 \cdot C_n$. In Fig. 3 ist eine Aufnahme der Meßanordnung im Gelände zu sehen.

4. *Verfahren.* Die an den einzelnen Orten erhaltenen Meßergebnisse müssen nun in übersichtlicher Weise dargestellt werden. Man bedient sich hierzu im allgemeinen vier verschiedener Verfahren. Zunächst kann man die Ersatzkapazität als Funktion der übertägigen Antennenhöhe darstellen. Man erhält dann Kurven, aus deren diskontinuierlichem Verlauf man auf die Existenz und räumliche Lage elektrischer Diskontinuitätsschichten schließen kann. Ein weiteres Verfahren besteht darin, daß man die Antennenhöhe konstant beibehält, den Meßort aber entlang einer Standlinie verschiebt. Auf diese Weise erhält man die Ersatz-



Fig. 3. Anordnung im Gelände

kapazität als Funktion des Meßortes. Diese Darstellung bezeichnet man als Standlinienkurve. Aus dem Verlauf der Standlinienkurve kann man wieder auf die Beschaffenheit des Untergrundes schließen. Über vollkommen homogenem Untergrund erhalten wir natürlich eine Gerade. Jede Diskontinuität wird sich in einem Ansteigen oder Abfallen des Kurvenwertes äußern. Das dritte Verfahren wertet die an verschiedenen Orten in gleicher Weise erhaltenen Ersatzkapazitätswerte so aus, daß es die Punkte gleicher Ersatzkapazität durch Kurven verbindet. Diese heißen C -Gleichungen. Auch aus den C -Gleichungen kann man wieder die elektrische Beschaffenheit des Untergrundes ablesen. Eine Abart ist das sogenannte Stationsverfahren. Man wählt bestimmte Stationspunkte und zieht von diesen nach verschiedenen Richtungen Strahlen gleicher Länge. In dem Endpunkte dieser Strahlen wird dann die Meßantenne verlegt, während das Gegengewicht bzw. die an dessen Stelle tretende Erdung im Stationsort verlegt wird. An den einzelnen Endpunkten wird dann die Ersatzkapazität als Funktion der Antennenhöhe bestimmt. Man erhält auf diese Weise eine Reihe von Kurven, die man miteinander ver-

gleichem kann. Auf diese Weise können Diskontinuitäten räumlich eingegrenzt werden. Es ist z. B. möglich, das Streichen von Verwerfern und Spalten zu ermitteln.

Im allgemeinen wird man sich nicht auf ein einziges Verfahren beschränken, sondern gleichzeitig mehrere einsetzen und durch Vergleich der Meßergebnisse die Untersuchungen erleichtern.

5. *Einige Meßbeispiele.* Mit Rücksicht darauf, daß die typischen Kurven bereits an anderer Stelle besprochen wurden*), sollen hier nur einige Ergebnisse mitgeteilt werden, die mit der eingangs erwähnten Meßanordnung erhalten wurden.

In Fig. 4 sehen wir die nach dem Stationsverfahren aufgenommenen Ersatzkapazitätskurven. Auf der Ordinate ist die Antennenhöhe über Tag und auf der Abszisse die Ersatzkapazität aufgetragen. Wir sehen, daß sämtliche Kurven diskontinuierlich verlaufen. Über dem Diagramm ist die Anordnung im Gelände skizziert. Die Station ist über einer Zwischenschicht errichtet. Rechts von dieser haben wir geologische Leiter von höherer Leitfähigkeit, links solche von geringerer Leitfähigkeit. Der Antennenort 1 liegt in einer Zone geringerer Leitfähigkeit. Mit zunehmender Antennenhöhe fällt zunächst die Ersatzkapazität ab, um dann plötzlich wieder anzusteigen. Die Kurve 4 weist zunächst den umgekehrten Verlauf auf. Erst bei größerer Antennenhöhe tritt dann wieder steigende Tendenz auf. Mit zunehmender Antennenhöhe wird im allgemeinen der Aufschlußraum vergrößert. Dies hat zur Folge, daß z. B.

der Aufschlußraum der Antenne 1 zunächst nur die linke schlechtleitende Schicht erfassen wird; von einer bestimmten Antennenhöhe angefangen wird er dann in die besserleitende Zwischenschicht hinübergreifen. Beim Punkt 4 ist das Umgekehrte der Fall. Zunächst wird der Aufschlußraum bloß die Zwischenschicht umfassen; von einer bestimmten Antennenhöhe angefangen greift er auch in die schlechterleitende linke Schicht ein und bei noch größerer Höhe erfaßt er schließlich auch noch die recht gutleitende Schicht.

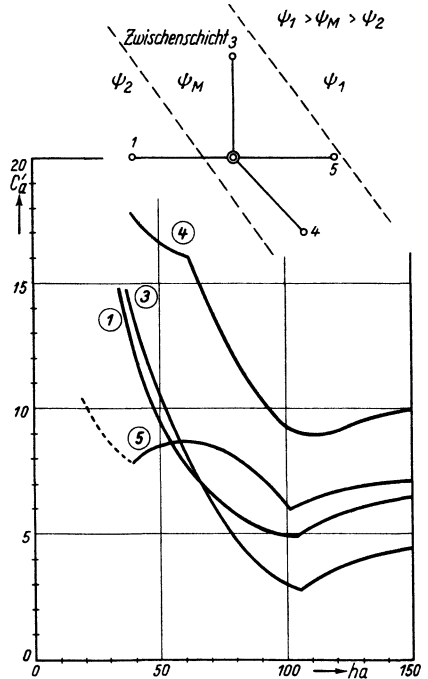


Fig. 4. Ersatzkapazitätskurven.

*) Hochfrequenz. u. E. (1942) im Erscheinen [mit Forejt]; ibidem 53, 129 (1939) [mit Wiechowski].

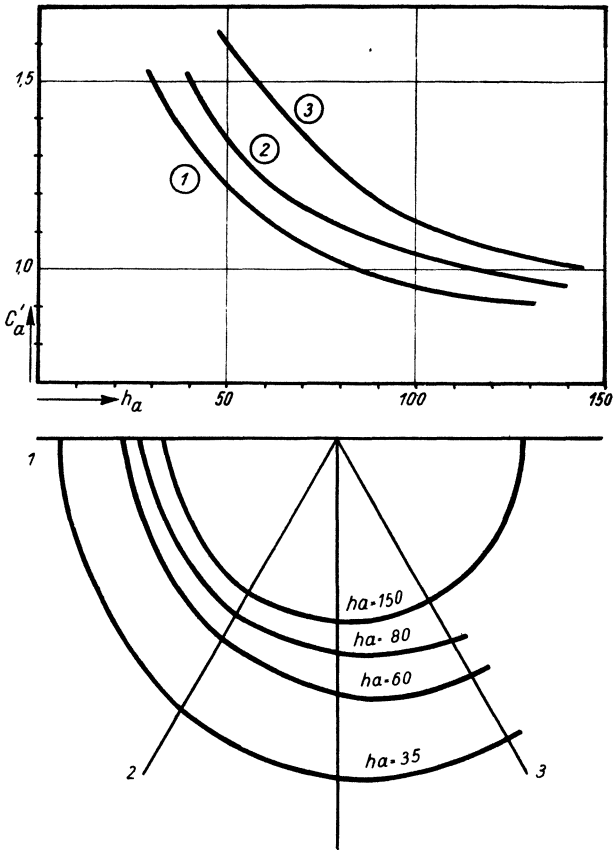


Fig. 5. Polardiagramm und Ersatzkapazitätskurven in der Nähe eines Kontaktes

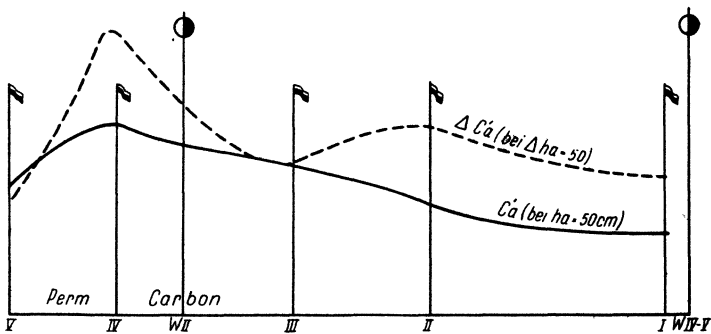
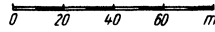


Fig. 6. Standlinienkurve über Formationswechsel

Aus diesem Grunde sind die beiden Diskontinuitätsstellen in der Kurve zu erklären. Natürlich sind bei all diesen Kurven auch noch Oberflächeneinflüsse wirksam und auch die Begrenzung der Schichten ist in der Natur keineswegs so scharf, wie dies in der Figur schematisch dargestellt wurde. Immerhin ist aber die Verformung, und vor allem der Typus der Verformung, bei all diesen Kurven klar zu erkennen. In Fig. 5 sehen wir drei normal verlaufende Kurven; darunter das entsprechende Polardiagramm. Die Kurven wurden in der Nähe der Störungszone aufgenommen, so daß natürlich gewisse Abweichungen in den elektrischen Bodeneigenschaften wahrscheinlich sind. Dadurch findet eine Verschiebung der Absolutwerte statt. Sowohl die Ersatzkapazität als auch das Polardiagramm zeigen aber trotzdem einen ziemlich regelmäßigen Charakter. In Fig. 6 sehen wir schließlich zwei Standlinienkurven. Auf der Abszisse sind die Meßorte und auf der Ordinate die zugehörigen Ersatzkapazitätswerte aufgetragen. Das Maximum beim Verwerfer, der Perm vom Karbon trennt, ist deutlich ausgeprägt. Aus theoretischen Gründen, die hier nicht näher ausgeführt werden sollen, empfiehlt es sich, auch noch die strichliert eingezeichnete Kurve zu konstruieren. Diese erhält man, wenn man für jeden einzelnen Ort die Differenz der Ersatzkapazität bildet, die bei zwei verschiedenen Antennenhöhen erhalten wird. In unserem Falle wurde sie für eine Vertikalverschiebung der Antenne von 50 auf 100 cm erhalten. Auch bei dieser Kurve kommt wieder das Maximum an der Formationsgrenze klar zum Ausdruck. Zu bemerken ist, daß an dieser Stelle die Formationen in einer Mächtigkeit von mehreren Metern mit Alluvium überlagert sind. An Stellen des gleichen Meßgeländes, an denen diese Überlagerung fehlte bzw. nur eine dünne Humusschicht vorhanden war, war das Maximum noch bedeutend mehr ausgeprägt. Die nach den hier besprochenen und noch vielen anderen Diagrammen getroffene Vorhersage deckt sich gut mit dem Ergebnis der nachher durchgeführten geologischen Untersuchung.

Zusammenfassung. Es wird gezeigt, wie die für andere Meßzwecke konstruierten Kapazitätsfeinmeßgeräte (Druckindikatoren) für die Aufgaben der Funkmutung herangezogen werden können. Die große Empfindlichkeit und gute Reproduzierbarkeit gestattet eine ganze Reihe von Messungen. Es werden im Anschluß daran die prinzipiellen Verfahren erwähnt und drei Diagramme besprochen, die mit dem Philips-Druckindikator GM 3154 aufgenommen wurden, und den Verlauf einer Formationsgrenze zu bestimmen gestatten.