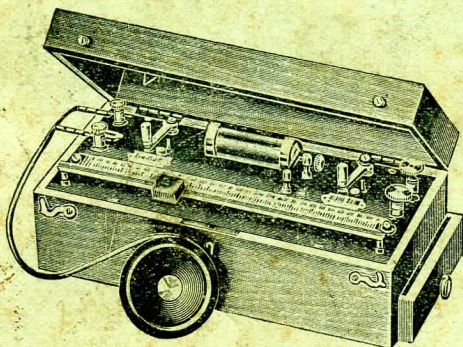


Gebrauchsanweisung
der
Blitzableiter-Prüfapparate

nach
Prof. Dr. Fr. Kohlrausch



nebst
Anleitung zur Prüfung
von
Blitzableiter-Anlagen
mit
ausführlichen Beispielen.

Adolf Kaufmann

Ulm a. D.

Römerstr. 29, Telefon 2593

Anleitung

zum Gebrauch der Telefon-Meßbrücke zur
Untersuchung von Blitzableiteranlagen.

Der Apparat Fig. A und B ist geeignet zur Bestimmung des Widerstandes von Gebäudeleitungen und des Ausbreitungswiderstandes von Erdplatten bei Blitzableiteranlagen, ferner zur Messung des Widerstandes flüssiger Leiter wie des inneren Widerstandes von galvanischen Elementen und Accumulatoren. Außerdem läßt sich damit der Widerstand von festen Leitern bestimmen z. B. von Kohle und Metallfäden bei Glühlampen, Kohlenstäbe, Drähte von Spulen müssen abgewickelt und lang ausgestreckt werden. Dagegen können Magnetwicklungen, Drahtspulen etc. mit einer Telefon-Meßbrücke nicht gemessen werden, weil in den Windungen derartiger Spulen beim Messen Induktions-Ströme auftreten, die das Resultat der Messung beeinflussen.

Bei dem Apparat C ist außerdem noch ein empfindliches Drehspul-Instrument [Galvanometer] vorhanden, welches das zu messen gestattet was bei den Meßbrücken der Typen A und B nicht möglich war, wie z. B. Magnetwicklungen, Drahtspulen usw., also ein sogenanntes Universalinstrument, für alle vorkommenden technischen Messungen brauchbar.

Die Meßbrücke A, B und C enthält einen kalibrierten Meßdraht mit Schleifkontakt der über einer vorher berechneten und in Ohm getheilten Skala verschiebbar ist, ein Telefon, ein aus Spule und Unterbrecher bestehendes Induktorium und eine Batterie.

Diese ist eine 3teilige Kastenbatterie welche überall erhältlich ist und bei dem Apparat A oben eingeschoben wird, bei B und C dagegen durch vorheriges Oeffnen eines Schiebers am Boden einzulegen ist. Es ist darauf zu achten, daß die Kontaktfedern sich berühren.

Ferner ist links noch ein Schalter angebracht zum Ein- und Ausschalten der Batterie, welcher den Summer in Betrieb setzt.

Stellt man den Schalter auf Kontakt „Eingeschaltet“.

so beginnt der Unterbrecher zu summen. Beim Umlegen auf Kontakt „Ausgeschaltet“, verstummt das Summen, weil die Batterie abgeschaltet ist, was stets der Fall sein muß, sobald der Apparat nicht gebraucht wird, um einen unnützen Verbrauch der Batterie zu vermeiden.

Bei dem Apparat C hat dieser Schalter 3 Kontakte G, O, T.

Steht derselbe auf Kontakt G, so ist das Galvanometer eingeschaltet, steht derselbe auf Kontakt O, so ist die Batterie abgeschaltet, steht derselbe auf Kontakt T, so ist der Summer eingeschaltet (für Telefon).

Beim Schließen des Deckels stellt er sich automatisch auf O ein.

Ferner befindet sich auf der rechten Seite noch ein Schalter für die Vergleichswiderstände und zwar bei den Typen A und B 1 Ohm und 100 Ohm welcher die Bezeichnung Lufleitung und Erdleitung trägt.

Bei der Meßbrücke C sind 3 Vergleichswiderstände vorhanden von 1.10 und 100 Ohm, außerdem ist noch ein Taster zum Einschalten des Galvanometers angebracht.

Bei allen Apparaten befinden sich noch 2 große flache Klemmen zum Anschließen des zu messenden Widerstandes.

Ferner bei den Typen B und C, Klemmen zum Anschließen des Telefons.

Hat man eine Messung zu machen, so verbinde man erst die betreffenden Zuleitungskabeln, welche keine Schleifen bilden dürfen und deren Widerstand man erst bestimmt hat, mit den beiden flachen Klemmen des Apparates.

Dann lege man den Schalter auf den Kontakt C resp. Eingeschaltet, worauf der Summer beginnt zu summen. Sollte dies nicht gleich eintreten, so drehe man ein wenig die Kontaktschraube des Summers hin und her bis das Summen beginnt.

Darauf nehme man das Telefon mit der linken Hand ans Ohr, bevor man es mit den betreffenden Klemmen verbunden hat und achte auf den summenden Ton. Mit der rechten Hand bewege man den Schleifkontakt des Meßdrahtes langsam hin und her bis zu der Stelle, wo der Ton im Telefon verschwindet oder am schwächsten hörbar wird. Die auf der Skala am

Schleifkontakt abgelesene Zahl gibt den gesuchten Widerstand in Ohm an.

Die Skala hat zwei Zahlenreihen von denen die untere mit Luft-Leitung, die obere mit Erd-Leitung bezeichnet ist. Man liest nun an der unteren Skala ab, wenn die Kurbel des rechten Schalters auf Kontakt „Luft-Leitung“ und auf der oberen Skala, wenn die Kurbel auf Kontakt „Erd-Leitung“ steht.

Den rechten Schalter stellt man auf „Luft-Leitung“, wenn man kleine Widerstände wie z. B. die Luft-Leitung einer Blitzableiteranlage zu messen hat; auf Erd-Leitung, wenn man größere Widerstände z. B. den Erdausbreitungswiderstand von Erd-Platten bei Blitzableiteranlagen messen will.

Bei der Meßbrücke C liest man den gemessenen Widerstand direkt ab, wenn der Schalter auf Kontakt 1 sich befindet, steht derselbe auf 10 oder 100, so ist die abgelesene Zahl mit 10 oder 100 zu multiplizieren.

Nach jeder Messung lege man den Schalter links wieder auf 0 resp. „Ausgeschaltet“ zurück.

Hat man z. B. Drähte, welche auf Spulen aufgewickelt sind oder Magnetwickelungen und dergleichen zu messen, so benutzt man hierzu das Galvanometer der Meßbrücke C,

Man stellt den linken Schalter auf G (Galvanometer) und drücke mit der linken Hand auf den Taster und beobachtet das Galvanometer, Der Zeiger wird nach irgend einer Seite ausschlagen; Mit der rechten Hand bewege man die Schleifkurbel der runden Meßbrücke hin und her bis der Zeiger des Instrumentes auf 0 zurückkehrt. Ist die Stellung der Schleifkurbel richtig, so darf sich bei wiederholtem Drücken auf den Tasterknopf kein Ausschlag mehr zeigen. Die dann am Zeiger abgelesene Zahl multipliziert mit dem eingeschalteten Vergleichswiderstand 1, 10 oder 100 ist der gemessene Widerstand; steht der Schalter auf 1, so zeigt die Skala direkt den gemessenen Wert an. Also ist die Messung ähnlich wie zuvor mit dem Telefon.

Man wählt den Vergleichswiderstand zweckmäßig so, daß der Zeiger des Meßdrahtes sich möglichst in der Mitte der Skala also bei 1 befindet.

Zu beachten ist stets folgendes:

- 1) Die linke Kurbel soll **nur** während der wirklichen Messung auf „Eingeschaltet“ stehen. (Die Batterie wird sonst unnötig geschwächt.)
- 2) Alle Drähte müssen an den Stellen, wo sie in die Klemmen geschraubt werden, reine Oberflächen haben.
- 3) Die Zuleitungsdrähte dürfen während der Messung keine Windungen bilden, müssen also, wenn auf einer Spule befindlich, vollständig abgewickelt werden.
- 4) Der verschiebbare Zeiger muß stets an dem Meßdraht über der Skala aufliegen.
- 5) Das Kontaktplättchen an der Unterbrecherfeder sowie die Kontaktspitze müssen reine Metallflächen haben. Staub mit kleinem Pinsel entfernen.
- 6) Für Kontrolle und Übungszwecke ist jedem Apparat ein Vergleichswiderstand von 10 Ohm beigegeben.
- 7) Alle Verbindungsstellen die bei der Messung erforderlich sind, müssen blanke Oberflächen zeigen und fest miteinander verschraubt oder verlötet werden, da sonst Uebergangs-Widerstände entstehen welche große Werte annehmen können, und die Messung nutzlos machen.
- 8) Vor der Messung einer Anlage ist es zweckmäßig die Meßbrücke mittelst des beigegebenen Kontrollwiderstandes von 10 Ohm auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Allgemeines

über

Gebäude- und Erdleitungen.

Bei einer Blitzableiteranlage unterscheidet man Gebäudeleitungen, (Fangstangen und Ableitungen) und die Erdleitungen.

Bei einer Untersuchung ist bei den Gebäudeleitungen (Luftleitungen) besonders die genaue Besichtigung wichtig,

der schwer zugängliche Teil mittelst Fernglases, da trotz eines guten Meßresultates die eine Stelle sehr dünn und in kurzer Zeit unterbrochen sein kann infolge Beschädigung oder durch oxydieren. Der Widerstand der Luftleitung soll nicht mehr wie ca. 0,01 bis 0,05 Ohm betragen je nach der Länge der Leitungen.

Luft

Sehr wichtig ist dagegen die elektrische Messung des Erdausbreitungswiderstandes der Erdplatten.

Werden als solche Wasser- oder Gasrohranschluss verwendet, so soll dessen Widerstand nicht größer als 1 Ohm sein.

Wasser

Bei Platten, Netzen, Rohren ergeben sich je nach den Bodenverhältnissen, Grösse der Erdplatten, Art der Erdung, Grundwasserstand verschiedene Werte. Der Widerstand schwankt etwas zwischen 5 und 25 Ohm, aber selbst Widerstände die noch höher sind, können bei besonders ungünstigen Bodenverhältnissen genügen.

Platt

Bei normalen Bodenverhältnissen (Humusboden), Erdleitungen von ca. 25—40 Meter Länge oder Netze im Grundwasser) lassen sich Werte von 5 bis 15 Ohm erreichen.

Es kann nicht ein bestimmter geringster Wert gefordert werden. Es muß jedoch verlangt werden, daß der Erdwiderstand der Blitzableiteranlage der geringste aller in der Nähe erreichbaren Erdwiderstände ist.

Bei der Beurteilung des Erdwiderstandes ist zu berücksichtigen, daß derselbe je nach der Jahreszeit und den Witterungsverhältnissen verschieden sein kann. Ganz bedeutende Aenderungen kann spez. bei Erdplatten die Senkung des Grundwasserstandes hervorgerufen.

Es sei hiermit auf die kleine Schrift verwiesen:

„Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz nebst Ausführungsvorschlägen vom Verband Deutscher Elektrotechniker“.

Verlag von Julius Springer, Berlin 1919, Preis 30 Pfg.

Ausführung

von

Widerstands = Messungen mit der Telefon-Meßbrücke.

Die Messung des Widerstandes einer Blitzableiteranlage zerfällt in 2 Teile:

- ✓ a) des Widerstandes der Luftleitung nebst Auffangstange (Leitung über der Erde)
- ✓ b) des Ausbreitungswiderstandes der Erdplatten. (Widerstand zwischen den Erdplatten, Stangen, der Gas- oder Wasserleitung und der Erde.)

Die Widerstandsmessungen erfolgen mit dem Prüfapparat, dessen Handhabung aus der Gebrauchsanweisung zu ersehen ist. Ehe der Gang der Widerstandsmessungen beschrieben wird, möge noch auf folgendes hingewiesen werden:

Zur Verbindung des Prüfapparates mit der Blitzableiteranlage sind gut isolierte Drähte nötig, zunächst ein langer, der von der Spitze der Auffangstange bis zum Prüfapparat führt, ferner eine kurze Leitung vom Prüfapparat bis zu den Erdleitungen bzw. dem unteren Ende der Luftleitung. Zweckmäßig werden für diese Zuführungsleitungen biegsame Kabel (Kupferlitze) verwendet. Da die Länge dieser Luftleitungen oft nicht unbedeutend ist, so muß ihr elektrischer Widerstand auch in Betracht gezogen werden. Es ist also nötig, den Widerstand dieser Kabel ein für allemal zu bestimmen und etwa auf Schildchen zu vermerken, die an den Kabeln befestigt werden. Der Widerstand dieser Kabel muß dann bei der Messung der Widerstände vom Resultat abgezogen werden.

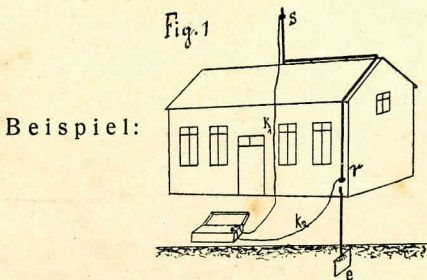
a) Messung des Widerstandes der Luftleitung, Fig. 1.

Zunächst ist die Luftleitung etwas über der Erdoberfläche von der Erde zu trennen. Zur Messung des über der Erde befindlichen Stückes der Luftleitung muß der Prüfapparat mittels der Prüfkabel k_1 und k_2 an die beiden Enden der Luftleitung angeschlossen werden. Das lange Prüfkabel k_1 muß also mit der

Beispiel zum Kennenlernen des Repetier
abgeben!

Auffangsstange s und das kürzere Kabel k_2 mit dem anderen freien Ende r der Luftleitung metallisch verbunden werden.

Sind mehrere Luftleitungen Fig. 4, 5 und 6 vorhanden, so muß jede einzeln gemessen werden. Natürlich muß sie dabei immer von der Erdleitung getrennt sein. Von der am Prüfapparat abgelesenen Größe des Widerstandes muß, wie schon bemerkt, der Widerstand der Prüfkabel abgezogen werden.



Es sein in Fig. 1 gemessen $0,33$ Ohm. Der Widerstand des Kabels k_1 betrage $0,2$ Ohm, der von k_2 $0,1$ Ohm, also wäre der Widerstand der oberirdischen Anlage nach Abzug der Zuleitung $k_1 + k_2 = 0,3$ Ohm, also $0,33 - 0,3 = 0,03$ Ohm, dies ist der Widerstand der oberirdischen Leitung.

b) Messung des Ausbreitungswiderstandes der Erdplatten.

Diese Messung kann nicht unmittelbar erfolgen, sondern es müssen, um einen geschlossenen Stromkreis zu erhalten, eine oder mehrere sogenannte Hilfserden vorhanden sein. Als Hilfserde kann dienen:

1. eine benachbarte Erdplatte derselben oder einer anderen Blitzableiteranlage,
2. die Wasser- oder die Gasleitung, ein Teich oder Brunnen falls sie nicht selbst als eigentliche Erdplatte dienen,

3. eine vorübergehend in das feuchte Erdreich versenkte Metallplatte,
4. ein vorübergehend in das feuchte Erdreich getriebenes Metallrohr, (Gasrohr)
5. ein vorübergehend in das Erdreich geschlagener Erdbohrer oder dergleichen.

Diese Hilfserden sollen mindestens 5 Meter von der zu messenden entfernt sein und etwa 1 Meter tief in die Erde getrieben werden.

Im allgemeinen müssen zur Bestimmung des Ausbreitungswiderstandes einer Erdplatte 3 Messungen mittelst des Prüfapparates vorgenommen werden.

Nur in einem Sonderfall kommt man mit einer einzigen Messung aus. Fig. 2.

Folgende Fälle können in Betrag kommen:

1. Blitzableiteranlage mit einer Erdplatte, wenn Wasser- oder Gasleitung vorhanden ist, Fig. 2.
2. Anlage mit einer Erdplatte, wenn keine Wasserleitung vorhanden ist Fig. 1 und 3.
3. Anlage mit 2 Erdplatten, wenn eine Wasserleitung vorhanden ist, Fig. 4.
4. Anlage mit 2 Erdplatten, wenn keine Wasserleitung vorhanden ist. Fig. 5.
5. Anlage mit 3 Erdplatten. Fig. 6.
6. Anlage mit mehr als 3 Erdplatten.

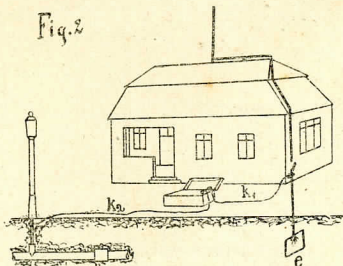
Die Messung geschieht in folgender Weise:

Fall 1 Fig. 2. Da der Uebergangswiderstand der Wasserleitung praktisch gleich Null ist, so genügt eine einzige Messung. Man trennt die Luftleitung über der Erdoberfläche von der Erdleitung und verbindet das aus der Erde herausragende Stück der Erdleitung mittelst eines Prüfkabels k_1 mit dem Prüfapparat.

Das andere Prüfkabel k_2 führt vom Prüfapparat zu einem blanken Teil der Wasserleitung.

Fig. 2

Beispiel:



Es sei gemessen 5,8 Ohm. Da der Uebergangswiderstand der Gas- oder Wasserleitung gegen Erde praktisch gleich Null gesetzt werden kann, und der Widerstand der beiden Zuleitungskabel 0,3 Ohm beträgt, so ist:

der Erdübergangswiderstand der Erdplatte

$$5,8 - 0,3 = \mathbf{5,5 \text{ Ohm}}$$

Fall 2, Fig. 3. Wenn keine Wasserleitung vorhanden ist, so muß ein Kunstgriff angewendet werden indem man, wie beschrieben, 2 Hilfserden h_1 und h_2 anordnet und dann folgende 3 Messungen macht:

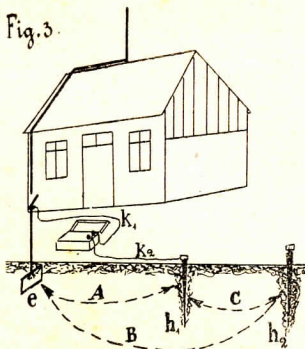
- a) zwischen der Erdplatte e und der Hilfserde h_1
diese sei mit A bezeichnet,
- b) zwischen der Erdplatte e und der Hilfserde h_2
diese sei mit B bezeichnet,
- c) zwischen den beiden Hilfserden h_1 und h_2
diese sei mit C bezeichnet.

Dann ist der Ausbreitungswiderstand e der Erdplatte

$$e = \frac{A + B - C}{2}$$

Es sei gemessen

Fig. 3.



$$\begin{aligned} A &= 38,3 \text{ Ohm} \\ B &= 42,3 \text{ ,,} \\ C &= 52,3 \text{ ,,} \end{aligned}$$

zieht man nun von diesem Resultat die Widerstände der beiden Prüfkabel, welche 0,3 Ohm betragen, ab und setzt diese Werte dann in die obige Formel ein, so erhält man:

$$e = \frac{A + B - C}{2} = \frac{38 + 42 - 52}{2} = \mathbf{14 \text{ Ohm}}$$

Fall 3. Fig. 4. Hat die Anlage 2 Erdplatten und ist Wasserleitung vorhanden, so mißt man:

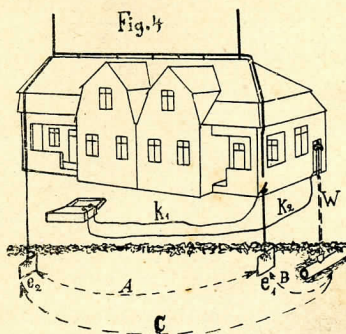
- zwischen der Erdplatte e_1 und e_2 und bezeichnet das Resultat dieser Messung mit A,
- zwischen der Erdplatte e_1 und Wasserleitung W und bezeichnet das Resultat dieser Messung mit B,
- zwischen der Erdplatte e_2 und Wasserleitung W und bezeichnet das Resultat dieser Messung mit C.

Dann ist: wenn von A, B und C die Widerstände der Prüfkabel abgezogen sind der Ausbreitungswiderstand der Erdplatten e_1 und e_2 nach folgenden Formeln zu berechnen:

$$e_1 = \frac{A + B - C}{2} \text{ und } e_2 = \frac{A - B + C}{2}$$

Der Erdübergangswiderstand der Wasserleitung kann praktisch gleich Null gesetzt werden.

Beispiel zu Fall 3 Fig 4.



Es sei gemessen:

A = 32,7 Ohm Nach Abzug der beiden A = 32,4 Ohm
 B = 15,3 „ Zuleitungen k_1 und k_2 B = 15 „
 C = 18,3 „ von 0,3 Ohm erhält man: C = 13 „

die letzteren Werte in die Formeln von e_1 und e_2 eingesetzt, ergeben den Erdübergangswiderstand der betreffenden Platten e_1 und e_2

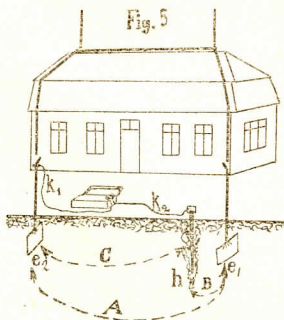
$$e_1 = \frac{A + B - C}{2} = \frac{32,4 + 15 - 18}{2} = \frac{29,4}{2} = \mathbf{14,7 \text{ Ohm}}$$

$$e_2 = \frac{A - B + C}{2} = \frac{32,4 - 15 + 18}{2} = \frac{35,4}{2} = \mathbf{17,7 \text{ Ohm}}$$

Da die Erdleitungen durch die Gebäudeleitungen verbunden sind, so berechnet sich der Gesamtwiderstand W wie auf der letzten Seite angegeben ist, zu:

$$W = \frac{1}{\frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2}} = \frac{1}{\frac{1}{14,7} + \frac{1}{17,7}} = \frac{1}{0,068 + 0,056} = \frac{1}{0,124} = \mathbf{8 \text{ Ohm.}}$$

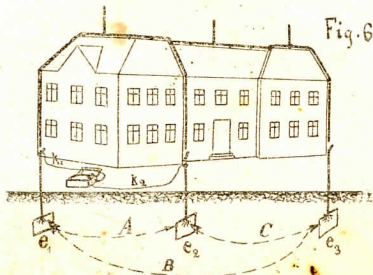
Fall 4.
Fig. 5.



Da keine Wasserleitung vorhanden ist, muß eine Hilfserde h angeordnet werden. Im übrigen gelten dieselben Messungen und dieselben Formeln wie in dem vorhergehenden Fall 3.

Fall 5 Fig. 6.

Hier sind Hilfserden nicht nötig, da immer die Summe der Widerstände von je 2 Erdplatten gemessen werden kann.



Beispiel, es sei gemessen:

A = 35,1 Ohm	Nach Abzug der beiden	A = 34,8 Ohm
B = 28,3 "	Widerstände der Zulei-	B = 28 "
C = 32,7 "	tungen k_1 und k_2 gleich	C = 32,4 "
	0,3 Ohm erhält man:	

Die Formeln für den Ausbreitungswiderstand der Erdplatten e_1 , e_2 und e_3 lauten:

$$e_1 = \frac{A + B - C}{2}$$

$$e_2 = \frac{A - B + C}{2}$$

$$e_3 = \frac{B + C - A}{2}$$

setzt man die obigen gemessenen Werte in diese Formeln ein, so ergibt sich:

$$e_1 = \frac{34,8 + 28 - 32,4}{2} = \frac{30,4}{2} = \mathbf{15,2 \text{ Ohm}}$$

$$e_2 = \frac{34,8 - 28 + 32,4}{2} = \frac{39,2}{2} = \mathbf{19,6 \text{ Ohm}}$$

$$e_3 = \frac{28 + 32,4 - 34,8}{2} = \frac{25,6}{2} = \mathbf{12,8 \text{ Ohm}}$$

dieses sind die Erdausbreitungswiderstände der drei Erdplatten gemessen in Ohm.

Der Gesamtwiderstand der 3 Erdleitungen ist demnach:

$$W = \frac{1}{\frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2} + \frac{1}{e_3}} = \frac{1}{0,194} = \mathbf{5,2 \text{ Ohm}}$$

Fall 6. Sind mehr als 3 Erdplatten vorhanden, so werden zunächst 3 Erdplatten gemessen wie in dem vorhergehenden Falle. Als dann mißt man eine der bekannten gemessenen Erdplatte mit der 4 Erdplatte, zieht von diesem Resultat das der bekannten Erdplatte

ab und erhält somit das Resultat der 4 Erdplatte. Ebenso verfährt man wenn noch weitere Erdplatten vorhanden sind.

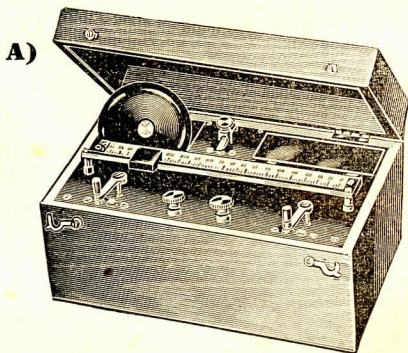
Sind an einer Anlage mehrere Erdableitungen vorhanden, so berechnet sich der Gesamtausbreitungs-Widerstand W nach den Formeln:

bei 2 Erdableitungen zu $W = \frac{1}{\frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2}}$

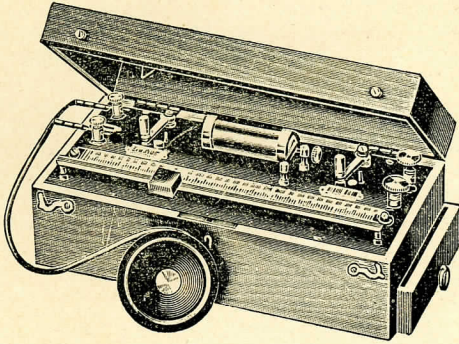
„ 3 „ „ $W = \frac{1}{\frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2} + \frac{1}{e_3}}$

„ 4 „ „ $W = \frac{1}{\frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2} + \frac{1}{e_3} + \frac{1}{e_4}}$

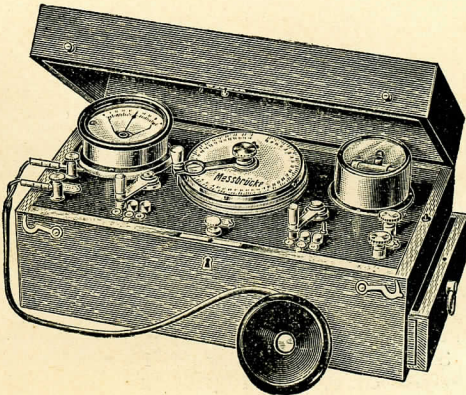
Dieses ist dann stets der entgültige Ausbreitungs-Widerstand einer Anlage mit mehreren Erdleitungen.



B)



C)



Meßbrücken

nach Prof. Dr. Fr. Kohlrausch für Blitzableiteruntersuchungen, sowie Messung von Widerständen aller Art.

Die Apparate sind auf das Sauberste hergestellt. Die Apparate gestatten bequemste Handhabung. Der Widerstand ist ohne Umrechnung direkt ablesbar. Als Batterie wird die sogenannte 3teilige Kastenbatterie verwendet, also jederzeit überall zu haben. Die Batterie ist ohne jede Verbindung in den Apparatkasten zu legen, durch vorheriges Oeffnen eines Schiebers im Boden.

A) Speziell nur für Blitzableiter-Untersuchungen, komplett mit Telefon, 2 Vergleichs Widerständen von 1 und 100 Ohm, Länge des Meßdrahtes 200 mm, Meßbereich ca. 0,02 bis 2000 Ohm.

Kastengröße $25 \times 14 \times 12$ cm. Gewicht ca. 1,6 kg.

Außer Blitzableiter-Untersuchungen können Messungen von Flüssigkeiten und induktionsfreien Leitungen vorgenommen werden.

B) Dieselbe, jedoch größer, Kasten mit Schloß und Schubkasten nebst Telefon, 2 Vergleichswiderständen von 1 und 100 Ohm, Länge des Meßdrahtes 250 mm, Meßbereich ca. 0,02 bis 5000 Ohm.

Kastengröße 30 : 14 : 11 cm, Gewicht ca. 2,30 kg.

C) Dieselbe, noch größer wie vorher, außerdem für Gleich- und Wechselstrom eingerichtet, zum Messen jeder Widerstände für alle Zwecke brauchbar, mit Telefon und empfindlichem Galvanometer nach Deprez d'Arsonval. Meßdraht ist kreisförmig auf Schiefer ausgespannt. Länge 300 mm, 3 Vergleichs-Widerstände 1, 10, 100 Ohm.

Meßbereich ca. 0,02 bis 10000 Ohm.

Kastengröße 32 : $15,5 \times 13$ cm. Gewicht ca. 3,2 kg.



37

22

0.52

0.00

2.50

1.40

8

7

0

1

0

15

1

B. Mc

H. 15

July 2