

Beschreibung u. Bedienungsanweisung

zum

Universal-Kabelmeßapparat

„Neptun“

(Listen-Nr. 903-010-01)

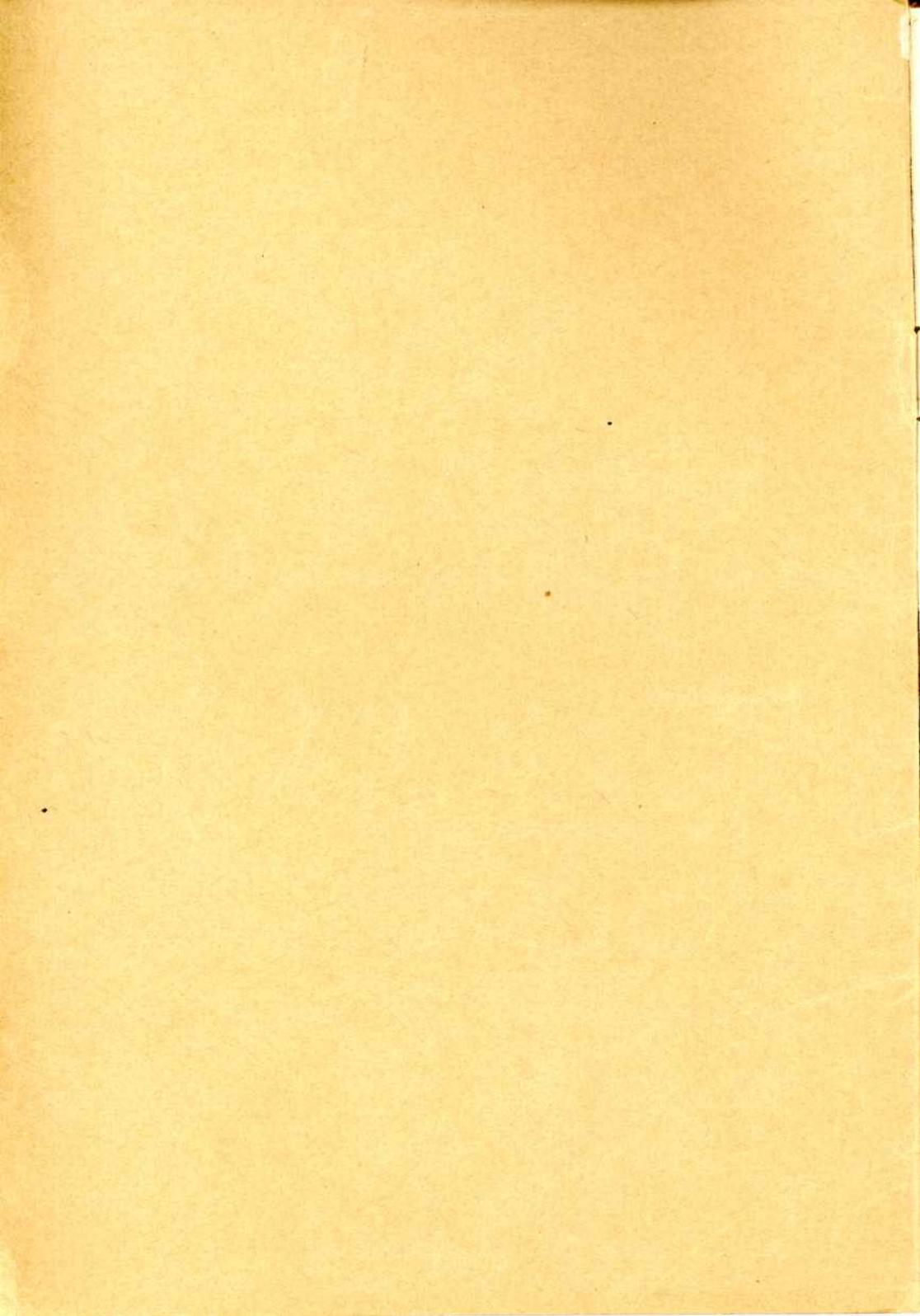


Felten & Guilleaume Carlswerk AG
Köln-Mülheim

Beschr. 903 - 010

Ausgabe: 8. 48.

3007-8-848/7



Beschreibung u. Bedienungsanweisung

zum

Universal-Kabelmeßapparat

„Neptun“

(Listen-Nr. 903-010-01)

*In die Meßbrücke kann, wenn erforderlich,
eine Spannung bis 500 V angelegt werden,
laut Rücksprache mit Herrn Dipl.-Ing. Weitz
von F. u. G.*



Felten & Guilleaume Carlswerk AG
Köln-Mülheim

Beschr. 903 - 010

Ausgabe: 8. 48.

3007-8-848/7

Inhalt

1. Verwendung	3
2. Technische Daten	3
3. Schaltung und Wirkungsweise	3
4. Aufbau	7
5. Bedienungsanweisung für Isolationsmessungen	8
6. Bedienungsanweisung für Kapazitätsmessungen	10
7. Bedienungsanweisung für Widerstandsmessungen	12
8. Bedienungsanweisung für Fehlerortsmessungen (Schleifenmethode)	14
9. Bedienungsanweisung für Fehlerortsmessungen (Dreipunktmethode)	20
10. Hinweise auf weitere Verwendungsmöglichkeiten	22
11. Wartung	25
12. Zubehör	26

Gen. B.W. A. Köln - B III a - 4 - Nr. 17 vom 5. 4. 48
J. P. Bachem, Köln Nr. NRW/2/7D3/117 881 VI 48 Klasse B

Beschreibung zum Kabelmeßapparat „Neptun“

1. Verwendung

Der Kabelmeßapparat „Neptun“ dient zur Ausführung von Isolations-, Kapazitäts- und Widerstandsmessungen sowie Fehlerortsbestimmungen mit Gleichstrom. Die Widerstands- und Fehlerortsmessungen werden dabei nach einer Brücken-Nullmethode, die Isolations- und Kapazitätsmessungen nach einer Vergleichsmethode ausgeführt. Durch seine handliche Größe, robusten Aufbau und einfache Bedienung eignet sich das Gerät nicht nur zur Messung im Labor und Prüffeld, sondern vornehmlich auch zur Verwendung bei Montage und Überwachung von Kabeln und elektrischen Leitungen.

2. Technische Daten

Die Meßbereiche und erzielbaren Genauigkeiten hängen u. a. von der Wahl des Anzeigegalvanometers ab. Bei einer Galvanometer-Empfindlichkeit von 10^{-7} bis 10^{-8} A, wie sie z. B. unser Fernrohr-Galvanometer B 133 besitzt, lassen sich folgende Werte gut einhalten:

Isolationsmessungen:

Meßbereich: 10 Kiloohm bis 20 000 Megohm

Genauigkeit: $\pm 1\%$

erforderliche Betriebsspannung: etwa 100 Volt =

Kapazitätsmessungen:

Meßbereich: 0,0005 bis 50 Mikrofarad

Genauigkeit: $\pm 2\%$

erforderliche Betriebsspannung: etwa 100 Volt = (vgl. unter 6.4)

Widerstandsmessungen:

Meßbereich: 0,01 Ohm bis 10 Kiloohm

Genauigkeit: $\pm 1\%$, an Grenzen etwas geringer

erforderliche Betriebsspannung: etwa 3 Volt = (vgl. unter ^{3.2}3.2)

Fehlerortsmessungen:

Meßbereich: Leitungen von 0,01 bis 5000 Ohm Schleifenwiderstand

Genauigkeit: $\pm 1\%$ des Schleifenwiderstandes

erforderliche Betriebsspannung: etwa 3 Volt = (vgl. unter 8.3)

Abmessungen: $430 \times 290 \times 180$ mm³

Gewicht: etwa 14 kg

Ausführung: Eisenblech- oder Holzgehäuse mit Traggriff

3. Schaltung und Wirkungsweise

Die Gesamtschaltung des Kabelmeßapparates „Neptun“ ist aus Abb. 2 ersichtlich. Das Gerät enthält neben den Anschlußklemmen für Batterie und Galvanometer zu jeder Messungsart gesonderte Anschlußklemmen für das Objekt sowie alle zur Durchführung der einzelnen Messungen erforderlichen Vergleichswiderstände, Schalter usw.



Die für die verschiedenen Messungen notwendigen Umschaltungen werden durch einen einzigen Schalter (K_3) bewerkstelligt. Die sich hierbei ergebenden Anordnungen und die Funktionsweisen werden weiter unten bei Beschreibung der einzelnen Meßarten ausführlich erläutert. Das Galvanometer kann durch den Schalter S_1 , die Batterie durch den Schalter S_2 oder gegebenenfalls auch durch die sogenannten Polwender S_3 und S_4 in den Stromkreis gelegt werden. Mit dem Schalter K_2 lassen sich die für Kapazitäts- und Isolationsmessungen benötigten und im Gerät eingebauten Eichnormalien wählen. Die Kurbeln K_4 und K_5 dienen zur Herstellung eines veränderlichen und sehr genau abgeglichenen Brückenverhältnisses bei der Widerstands- und Fehlerortsmessung. Die für erstere erforderlichen Vergleichswiderstände von 0,1; 1; 10; 100 und 1000 Ohm können durch einen Stöpsel nach Bedarf eingestellt werden. Der eingebaute Galvanometer-Nebenschluß (K_1) nach Ayrton gestattet die Verwendung verschiedener Galvanometer, ohne daß die angegebenen Empfindlichkeiten von Fall zu Fall in ihrem gegenseitigen Verhältnis geändert werden. D. h., daß am Galvanometer z. B. ein und derselbe Strom in der Stellung 1/10 000 des Nebenschlusses stets einen genau 10 000 mal kleineren Ausschlag erzeugt als in der Stellung 1/1 — oder umgekehrt, daß zur Erzeugung gleicher Galvanometerausschläge im ersten Fall ein 10 000 mal größerer Strom erforderlich ist als in letzterem. Insgesamt kann die Galvanometerempfindlichkeit in 6 Stufen geändert werden. Die absolute Empfindlichkeit hängt natürlich von dem jeweils benutzten Galvanometer ab.

3.1 Isolations- und Kapazitätsmessungen

Die Meßanordnung für sehr hohe Widerstände, vorzugsweise also Isolationswiderstände und Kapazitäten (vgl. Abb. 4), besteht aus einer Hintereinanderschaltung von Batterie, Galvanometer und Meßobjekt oder eingebautem Normal der Kapazität bzw. des Widerstandes beim Eichen. Die „Polwender“ (S_3 und S_4) schalten die Batterie in die Anordnung. Je nach der Betätigung von S_3 oder S_4 wird der eine oder der andere Batteriepol an Klemme „Ader“ gelegt. Die Rückleitung des Stromes erfolgt über den jeweils in Ruhestellung befindlichen Schalter. Dies ist zu beachten, falls man mit einer bestimmten Polarität messen will. Der Ausschlag am Galvanometer wird bei Isolationsmessungen durch den über den Widerstand fließenden Strom, bei Kapazitätsmessungen durch den Ladestromstoß hervorgerufen. Die Messung wird nach der Methode des Ausschlagvergleichs durchgeführt. Hierbei ermittelt man den Galvanometerausschlag für ein bekanntes Normal des Widerstandes bzw. der Kapazität (sog. Konstantenbestimmung oder Eichung); dann stellt man unter den gleichen Betriebsbedingungen den Ausschlag,

den die unbekannte Größe hervorruft, fest. Beide Ausschläge miteinander verglichen, ergeben die gesuchte Größe (siehe auch die Bedienungsanweisung).

Bei Messungen an diesen meist hochohmigen Objekten bilden Kriechströme, die von einem Batteriepol über die Isolation zu dem anderen wandern, Meßfehler, wenn sie ihren Weg über das Galvanometer nehmen können. In dem Kabelmeßapparat „Neptun“ wird dies durch eine hochwertige Isolation und durch sorgfältig durchgeführte Schirmung der Schalter, Leitungen und Klemmen zum Galvanometer verhindert. Der Schirm ist mit einem Batteriepol verbunden, so daß Kriechströme das Meßsystem innerhalb des Schirmes nicht beeinflussen können. Für das gesondert anzuschließende Galvanometer ist ebenfalls eine geschirmte Zuleitung zu verwenden. Das Schirmsystem führt Spannung gegen Erde, wenn ein Pol des Meßobjektes oder der Batterie geerdet ist, und darf nicht mehr selbst geerdet werden.

3.2 Widerstandsmessungen

Durch die Einstellung des Meßumschalters K_3 auf die Stellung „Leitungswiderstand“ wird das Gerät mit dem angeschlossenen Objekt zu einer Gleichstrombrücke nach Wheatstone zusammenschaltet. Das Prinzipschaltbild dieser Brücke läßt sich aus Abb. 6 entnehmen. Die einzelnen Brückenarme werden von dem unbekanntem Widerstand (Meßobjekt) R , dem bekannten Vergleichswiderstand r (in Stufen von 0,1 bis 1000 Ohm veränderlich) und einer Potentiometerschaltung W als veränderliches Brückenverhältnis gebildet. Dieses besitzt eine hohe Genauigkeit und wird grob mit der Kurbel K_4 und stetig fein mit der Kurbel K_5 (einem Schleifdraht) eingestellt und besitzt einen Gesamtwiderstand von etwa 20 Ohm. An den Diagonalen der Brücke liegen die Stromquelle (Batterie) und der Nullindikator (Galvanometer). Bei der Messung bestimmt man zuerst die ungefähre Größe des Vergleichswiderstandes und bringt dann durch Verändern des Potentiometers das Galvanometer auf Null (Nullabgleich). Dann ergibt sich die bekannte Brückenbeziehung, wenn W_1 und W_2 die eingestellten Teilwiderstände des Potentiometers bedeuten:

$$R = r \frac{W_1}{W_2}$$

Drückt man W_2 durch den Gesamtwiderstand W aus, so ist

$$R = r \frac{W_1}{W - W_1}$$



W ist hier in 1000 gleiche Teile geteilt, der Teilwiderstand W_1 wird entsprechend als „a“ in $W/1000$ abgelesen; so erhält man die weiter unten zur Berechnung verwendete Formel

$$R = r \frac{a}{1000 - a}$$

3.3 Fehlerortsmessung

Die Fehlerortsmessungen beruhen auf Widerstandsmessungen und werden ebenfalls mit der Gleichstrombrücke nach Wheatstone ausgeführt. Das fehlerhafte Kabel bildet hier selbst die festen Brückenarme. Man schleift dazu am fernen Ende die fehlerhafte Ader mit einer einwandfreien. Der Fehlerort bildet dabei einen Diagonalpunkt der entstehenden Brücke. Die Brückenarme sind nun unbekannter Widerstand R_x : Anfang fehlerhafte Ader bis Fehlerort; Vergleichswiderstand r : Fehlerort über Schleife bis Anfang einwandfreie Ader. Das veränderliche Brückenverhältnis wird wieder aus der Potentiometerschaltung gebildet. Die Leitungsführung ist aus der Abb. 8 zu ersehen. Die Zusammenschaltung zu dieser Anordnung wird durch den Meßumschalter K_3 in Stellung „Fehler“ vorgenommen. Ist der Nullabgleich ausgeführt, wie in Absatz 3.2 beschrieben, so haben wir folgende Beziehung: Der Teil der Schleife bis zum Fehlerort verhält sich zu der Gesamtschleife wie der abgelesene Teilwiderstand des Potentiometers zu seinem Gesamtwiderstand. Da der Gesamtwiderstand in 1000 Teile geteilt ist und „a“ dem eingestellten Teilwiderstand entspricht, ergibt sich der Abstand des Fehlerorts in Ohm zu

$$R_x = R_n \cdot \frac{a}{1000}$$

Hierin ist R_n der Gesamtwiderstand der Schleife. Der Abstand des Fehlerorts ergibt sich hier zunächst in Widerstandswerten. Zur Auswertung dieser Angabe in Meter bzw. Kilometer sind die Verhältnisse in dem jeweiligen Meßfall und gegebenenfalls ein Kabelplan heranzuziehen. Der Übergangswiderstand der Fehlerstelle liegt in Reihe mit der Spannungsquelle, er bestimmt nur die Höhe der erforderlichen Spannung, hat aber sonst keinen Einfluß auf die Messung. (Einzelheiten siehe unter Bedienungsanweisung).

Einen besonderen Vorzug des Kabelmeßapparates „Neptun“ bildet die Möglichkeit, die Fehler durch die Zuleitungen, besonders bei Messungen an Starkstromkabeln, unter die Grenze der Gesamtgenauigkeit herabzudrücken. Die Anschlüsse für das Meßsystem und für das Brückenverhältnis sind nämlich gesondert herausgeführt, so daß die Eckverbindungen erst am Kabel selbst hergestellt werden. Benutzt man also wenigstens für den Anschluß der Punkte 2 und 4 Zuleitungen,

deren Widerstand klein ist gegen den Widerstand der veränderlichen Potentiometerzweige, so geht der durch die Zuleitungen verursachte Fehler nur untergeordnet in das Meßergebnis ein. Beispielsweise erreicht man mit Zuleitungen von höchstens 0,02 Ohm, die wohl immer zur Verfügung stehen, daß der Meßfehler unter 1‰ bleibt, da der Widerstand des Potentiometers selbst 20 Ohm ist.

4. Aufbau

4.1 Den äußeren Aufbau des Gerätes und die Lage der Bedienungsknöpfe zeigen Abb. 1 und 3. An der oberen Klemmenreihe werden, für die einzelnen Meßarten gesondert, die Meßleitungen angebracht; sie sind entsprechend bezeichnet. Die Stufen des Vergleichswiderstandes werden mit einem Stöpsel gewählt, der linke Schalter (K_1) ist der Galvanometernebenschuß mit den Stellungen 0, 1/1, 1/5 bis 1/10 000, der mittlere — K_2 — der Schalter für die Eichwerte 100 000 Ohm und 0,01 Mikrofarad bei Isolations- und Kapazitätsmessungen. Der Meßschalter K_3 rechts oben stellt die Verbindungen für die verschiedenen Meßarten her. Links unten stellt man an der Kurbel K_4 die Grobmeßwerte von 0 — 900 ein, rechts davon an der Kurbel K_5 die Feinwerte von 0 — 100. Links bzw. rechts von den Kurbeln befinden sich die Klemmen für Galvanometer und Batterie. Am unteren Rande des Geräts sind die Schalter S_1 (Galvanometer), S_2 (Batterie), S_3 und S_4 (Polwender) angebracht.

Das Gerät ist in einem Holz- oder Eisenblechkasten mit abnehmbarem Deckel untergebracht.

4.2 Batterie und Galvanometer werden getrennt angeschlossen. Auf Wunsch kann zu dem Gerät ein Batteriekasten mitgeliefert werden, in dem sich eine Batterie von 100 Volt und eine von 3 Volt, der stärkere Ströme entnommen werden können, befinden. Desgleichen kann von uns ein geeignetes Galvanometer einschließlich Stativ und Transportkasten bezogen werden.

Das Galvanometer wird bei der Messung auf das Stativ aufgesetzt und entweder durch ein Fernrohr oder mit Lichtstrahl auf einer Mattscheibenskala abgelesen. Außerdem ist noch eine direkte Zeigerablesung möglich. Beim Transport ist das Galvanometer in dem Kasten untergebracht und darin vor Beschädigungen geschützt. Es muß vor jedem Transport arretiert und vor Beginn jeder Messung „frei“ gestellt werden.



5. Bedienungsanweisung für Isolationsmessungen

5.1 Bezeichnungen

K_I = Isolationskonstante der Meßeinrichtung

W = unbekannter Isolationswiderstand

α = Galvanometerausschlag bei der Eichung

α_1 = Galvanometerausschlag bei der Messung von Objekt und Zuleitung

α_2 = Galvanometerausschlag bei der Messung der Zuleitung allein

$1/n$ = Stellung des Nebenschlusses bei der Eichung

$1/n_1$ = Stellung des Nebenschlusses bei der Messung von Objekt und Zuleitung

$1/n_2$ = Stellung des Nebenschlusses bei der Messung der Zuleitung allein

L = Länge des Kabels in m

5.2 Vorbereitung zur Messung (Abb. 5)

Zunächst wird der Meßumschalter K_3 in die Stellung „Isolation und Kapazität“ gebracht. Der Galvanometernebenschuß K_1 steht auf „0“, die Schalter S_1 und S_2 auf „Aus“. Die beiden Polwender sind mit ihren Makierungsstrichen parallel gestellt. An die Klemmen „Batterie“ schließt man eine erdfreie Spannungsquelle von 100 Volt, belastbar mit mindestens 1 mA, mit beliebiger Polung an, an die Klemmen „Isolation und Kapazität“ den unbekanntem Widerstand. Will man die Isolation einer Kabelader gegen Erde (Kabelmantel) messen, so ist auf die entsprechende Klemmenbezeichnung zu achten. Die Klemmen „Galvanometer“ werden mit einem empfindlichen Galvanometer verbunden. Hierzu sollen geschirmte, notfalls völlig frei in der Luft liegende Zuleitungen verwandt werden. Die Ader des geschirmten Kabels wird dabei an die Klemme mit dem weißen Punkt, die Schirmung an die unbezeichnete Klemme angeschlossen. Hier ist darauf zu achten, daß der Schirm Spannung gegen Erde führt, wenn das Objekt einseitig geerdet ist.

5.3 Eichung (Konstantenbestimmung)

Man dreht den Schalter S_1 in Stellung „Ein“, bei den folgenden Messungen wird er nicht mehr betätigt. Mit dem Schalter K_2 wird der Eichwiderstand von 100 000 Ohm eingeschaltet, darauf der Batterieschalter S_2 . (~~Bei älteren Geräten bis Fabr.Nr. 100 478 ist der Batterieschalter S_2 bei Isolation und Kapazitätsmessungen hier außer Funktion.~~) Anschließend betätigt man einen der beiden Polwender. Benutzt man S_3 , so liegt an der Klemme „Ader“ die obere Batterieklemme, bei S_4 die untere. Dies ist zu beachten, wenn man mit bestimmter Polarität messen will. Man dreht jetzt den Galvanometer-Nebenschluß K_1 langsam

von „0“ aus auf einen solchen Wert von $1/n$, daß ein deutlicher Galvanometerausschlag von α Skalenteilen abzulesen ist. Die Isolationskonstante ergibt sich dann zu:

$$K_I = \alpha \cdot \frac{n}{10} \text{ [Megohm} \cdot \text{ Skalenteile]}$$

Der Nebenschluß und der benutzte Polwender werden in ihre Ausgangsstellungen gebracht.

5.4 Messung

Man stellt den Schalter K_2 auf „Isolation und Kapazität“, schließt das Objekt möglichst über geschirmte Zuleitung an die bezeichneten Klemmen an, betätigt wieder einen der Schalter S_3 bzw. S_4 . Der Nebenschlußschalter K_1 wird wieder langsam von 0 beginnend soweit gedreht, bis ein deutlicher Galvanometeranschlag α_1 abzulesen ist. Ist seine Stellung dabei $1/n_1$, dann ergibt sich der gesuchte Widerstand zu:

$$W_1 = \frac{K_I}{\alpha_1 \cdot n_1} \text{ [Megohm]}$$

Sofort nach Beendigung der Messung ist der Nebenschluß auf die Stellung „0“ und der Polwender in die Ausgangsstellung zurückzubringen. (Man achte auf die Reihenfolge der Bedienung sowohl beim Einwie auch beim Ausschalten. Falsche Betätigung kann zu Beschädigungen des Galvanometers führen!) Bei Isolationsmessungen soll die Ablesung des Ausschlag es meist eine bestimmte Zeit nach Anlegen der Meßspannung erfolgen. Diese Zeit rechnet von dem Augenblick des Einschaltens der Batteriespannung durch den Polwender. Führt man mehrere Isolationsmessungen nacheinander aus, so wiederholt man das vorstehend beschriebene Verfahren entsprechend oft. Die Eichung braucht dabei nur einmal zu geschehen, solange man nicht die Batteriespannung ändert bzw. das Galvanometer auswechselt.

Reicht die Batteriespannung von 100 V nicht aus, so kann man auch mit höheren Spannungen messen, jedoch sollen 500 Volt in keinem Falle überschritten werden. Zur Kontrolle der Apparatur kann bei abgeschaltetem Objekt eine Messung wie zuvor durchgeführt werden; dabei muß sich ein unendlich hoher Isolationswiderstand ergeben.

5.5 Einfluß der Zuleitungen

In Fällen, wo das zu messende Objekt über längere ungeschirmte Hilfsleitungen an das Gerät angeschlossen wird, muß man deren Isolationswiderstand gegebenenfalls mit in Rechnung setzen. Dazu mißt man die am Ende offenen Hilfsleitungen in genau der gleichen Weise wie unter 5.4 beschrieben mit der gleichen Spannung, wie bei der eigentlichen Messung. Findet man dabei einen Ausschlag α_2 bei der Nebenschlußstellung $1/n_2$, so ist der Isolationswiderstand der Zuleitung

$$W_2 = \frac{K_I}{\alpha_2 \cdot n_2} \text{ [Megohm]}$$

Der Isolationswiderstand des Meßobjektes ergibt sich dann zu

$$W = \frac{K_I}{\alpha_1 \cdot n_1 - \alpha_2 \cdot n_2} \text{ [Megohm]}$$

5.6 Auswertung

Handelt es sich um die Bestimmung des Isolationswiderstandes an einzelnen Proben, z.B. Kondensatoren, Isolierstoffen, Spulen und dergl., so kann der gefundene Wert W meist unmittelbar zur Kennzeichnung und Beurteilung der Eigenschaften herangezogen werden. Will man die Isolation von Kabeln messen, so wünscht man meist die Angabe des kilometrischen Isolationswiderstandes. Ist L die wirkliche Meßlänge des Kabels in m, so ergibt sich der kilometrische Isolationswiderstand W' aus dem Meßwert W zu

$$W' = \frac{W \cdot L}{1000} = \frac{K_I}{\alpha_1 \cdot n_1 - \alpha_2 \cdot n_2} \cdot \frac{L}{1000} \text{ [Megohm} \cdot \text{ km]}$$

Sind die gemessenen Werte W klein, so muß man, falls eine hohe Genauigkeit verlangt wird, berücksichtigen, daß ein Schutzwiderstand von 0,01 Megohm dauernd in der Schaltung liegt, der also gegebenenfalls von W abzuziehen ist.

6. Bedienungsanweisung für Kapazitätsmessungen

6.1 Bezeichnungen

- K_C = Kapazitätskonstante der Meßeinrichtung
- C = unbekannte Kapazität in Mikrofarad
- α = Galvanometerausschlag bei der Eichung
- α_1 = Galvanometerausschlag bei der Messung von Objekt zu Zuleitung
- α_2 = Galvanometerausschlag bei der Messung der Zuleitung allein
- $1/n$ = Stellung des Nebenschlusses bei der Eichung
- $1/n_1$ = Stellung des Nebenschlusses bei der Messung von Objekt und Zuleitung
- $1/n_2$ = Stellung des Nebenschlusses bei der Messung der Zuleitung allein
- L = Länge des Kabels in m.

6.2 Vorbereitung zur Messung (Abb. 5)

Die Vorbereitung wird genau so durchgeführt wie unter 5.2 beschrieben, lediglich wird an Stelle des unbekanntes Widerstandes die unbekannte

Kapazität angeschlossen. Außerdem ist zu beachten, daß das benutzte Galvanometer keine zu geringe Schwingungsdauer hat (wenigstens einige Sekunden).

6.3 Eichung (Konstantenbestimmung)

Man bringt den Schalter K_2 in Stellung „0,01 Mikrofarad“ und stellt die Schalter S_1 und S_2 auf „Ein“. Den Galvanometernebenschuß dreht man auf $1/10\,000$. Drückt man jetzt einen Polwender S_3 oder S_4 , so zeigt das Galvanometer einen kleinen Ausschlag, der rasch zurückgeht. Danach lege man den Polwender in die Ausgangsstellung zurück, wobei durch den Entladestrom ein Ausschlag in der Gegenrichtung entsteht. Dann drehe man den Nebenschlußschalter auf $1/1000$ und drücke abermals den Polwender, beobachte den Galvanometerausschlag, lasse beim Rückgang den Polwender in die Ruhestellung zurückgleiten, usf. Man wiederhole den Vorgang mit steigender Galvanometerempfindlichkeit, bis sich ein gut ablesbarer Ausschlag ergeben hat. Hierbei wird der größte Ausschlag des Zeigers, also sein Umkehrpunkt abgelesen. Ist dabei der Nebenschluß $1/n$, der Ausschlag α , so ergibt sich die Konstante zu

$$K_C = 100 \cdot \alpha \cdot n \text{ [Mikrofarad} \cdot \text{Skalenteile]}$$

Sofort nach Beendigung dieser Messung schalte man den Galvanometernebenschuß auf „0“ zurück und drehe dann den Polwender in seine Ausgangsstellung.

6.4 Messung

Man stellt den Schalter K_2 auf „Isolation und Kapazität“, legt das Objekt möglichst mit geschirmten Zuleitungen an die bezeichneten Klemmen an und betätigt den Nebenschluß und Polwender wie vorstehend erwähnt, bis wieder ein gut ablesbarer Maximalausschlag (Umkehrpunkt) erreicht ist. Dieser Ausschlag α wird abgelesen. Dabei sei der Nebenschluß in Stellung $1/n_1$. Dann ergibt sich die gesuchte Kapazität zu

$$C_1 = \frac{\alpha_1 \cdot n_1}{K_C} \text{ [Mikrofarad]}$$

Sofort nach der Ablesung bringe man den Nebenschluß auf Stellung „0“ und dann den Polwender in seine Ruhelage. Auch hier achte man auf die Reihenfolge der Bedienung, um Beschädigungen zu vermeiden. Hat man mehrere Messungen nacheinander auszuführen, so wiederholt man das oben angegebene Verfahren entsprechend oft. Eine neue Eichung ist aber nicht erforderlich, solange Batteriespannung und Galvanometer nicht gewechselt werden. Ist bei der Messung sehr großer Kapazitäten die Betriebsspannung von 100 V zu hoch, so kann man natürlich auch mit einer kleineren Spannung messen.



6.5 Einfluß der Zuleitungen

Wird das zu messende Objekt über längere Hilfsleitungen an das Gerät angeschlossen, so muß deren Kapazität u. U. ermittelt und in Abzug gebracht werden. Man beachte dabei, daß ihre Lage zueinander und gegen Erde bei dem gesamten Meßvorgang, insbesondere beim Abklemmen vom Meßobjekt, nicht geändert wird. Die Messung wird, wie unter 6.4 beschrieben, unter den gleichen Betriebsbedingungen vorgenommen. Es ergibt sich dabei ein Galvanometerausschlag α_2 bei einer Nebenschlußstellung von $1/n_2$; die Kapazität errechnet sich zu

$$C_2 = \frac{\alpha_2 \cdot n_2}{K_c} \text{ [Mikrofarad]}$$

und die gesuchte Kapazität des zu messenden Objektes zu

$$C = \frac{\alpha_1 \cdot n_1 - \alpha_2 \cdot n_2}{K_c} \text{ [Mikrofarad]}$$

6.6 Auswertung

War die Kapazität von Kondensatoren oder sonstigen einzelnen Objekten zu bestimmen, so kann der gefundene Wert ohne weiteres zur Kennzeichnung benutzt werden. Bei der Messung von Kabeln benötigt man meist aber die kilometrische Kapazität, d. h. die Kapazität bezogen auf 1 km. Ist „L“ die Meßlänge des Kabels in m, so ergibt sich die kilometrische Kapazität C' aus dem Meßwert C zu

$$C' = \frac{C}{L} = \frac{\alpha_1 \cdot n_1 - \alpha_2 \cdot n_2}{K_c} \cdot \frac{1000}{L} \text{ [Mikrofarad/km]}$$

7. Bedienungsanweisung für Widerstandsmessungen

7.1 Bezeichnungen

R = unbekannter Widerstandswert in Ohm

r = gestöpselter Vergleichswiderstand in Ohm

a = Summe der Ablesungen an Grob- und Feinmeßkurbeln K_4 u. K_5

L = Länge des Kabels in m

7.2 Vorbereitungen zur Messung (Abb. 7)

Zu Beginn bringt man den Meßumschalter K_3 in die Stellung „Leitungswiderstand“, der Galvanometernebenschuß ist auf Stellung „0“, die Schalter S_1 und S_2 auf „Aus“. Beide Polwender stehen mit ihren Markierungsstrichen parallel. An die Klemmen „Batterie“ wird eine Stromquelle von 3—4 Volt mit beliebiger Polung, an die mit „Widerstand“ bezeichneten Klemmen der unbekannte Widerstand angelegt. Mit den entsprechend bezeichneten Klemmen wird ein Galvanometer, wenn möglich mit kurzer Schwingungsdauer, verbunden. Die Grobmeßkurbel K_4 stellt man auf den Wert 500, die Feinmeßkurbel K_5 auf „0“.

7.3 Messung

Kennt man die Größenordnung des zu messenden Widerstandes, so stöpselt man den Vergleichswiderstand entsprechend. Ist dies nicht der Fall, so nehme man erst 0,1 Ohm. Dann schaltet man den Schalter S_2 ein und drückt kurz auf den Schalter S_1 . Den Nebenschlußschalter verstelle man dabei solange, bis sich ein kleiner Ausschlag von etwa 10 Skt eingestellt hat; nach Ausschalten von S_1 ändere man den Vergleichswiderstand und drücke S_1 wieder und beobachte den Ausschlag. Man versuche, nacheinander alle Vergleichswiderstände zu stöpseln, bis man den kleinsten Ausschlag am Galvanometer erreicht hat. Damit hat man den richtigen Vergleichswiderstand gefunden. Nun beginnt man mit dem eigentlichen Abgleich. Man dreht K_4 in der Richtung, in der der Ausschlag kleiner wird, bis der Ausschlag sich umkehrt. Dabei muß man gegebenenfalls die Empfindlichkeit durch Schalten des Nebenschlusses nach Stellung 1/1 vergrößern. Hat man die beiden Stellungen gefunden, zwischen denen die Umkehr erfolgt, so stelle man die Kurbel auf den kleineren Wert. Dann drehe man langsam die Feinmeßkurbel K_5 von 0—100 unter weiterer Steigerung der Empfindlichkeit, bis der Ausschlag des Galvanometers zu Null wird, wenn auch die höchste Empfindlichkeit eingeschaltet ist. (Durch zeitweiliges Öffnen des Galvanometerschalters, nicht des Batterieschalters!, kann der Nullabgleich nachgeprüft werden.)

Achtung! Bei dem Feinabgleich mit hoher Galvanometerempfindlichkeit darf K_4 nicht mehr verstellt werden!

Man addiert nun die Werte der Grob- und Feinmeßkurbel; diese Summe sei gleich „a“, der gestöpselte Wert des Vergleichswiderstandes sei r_1 [Ohm]. Dann erhält man den gesuchten Widerstand zu

$$R_1 = \frac{r_1 \cdot a_1}{1000 - a_1} \text{ [Ohm]}$$

Die beste Meßgenauigkeit erzielt man, wenn die Werte von a nicht an den Grenzen des Einstellbereichs, sondern möglichst in der Mitte liegen.

Nach Beendigung der Messung stelle man den Nebenschluß auf „0“ und die benutzten Schalter S_1 und S_2 auf „Aus“.

7.4 Einfluß der Zuleitungen

War das Meßobjekt nicht unmittelbar an das Gerät, sondern über zwei Meßleitungen angeschlossen, so bestimmt man für genaue Messungen deren Widerstand. Hierzu verbindet man die Enden der Hilfsleitungen und nimmt die Messung, wie vorstehend beschrieben, vor. Ergibt sich dabei die Einstellung r_2 und a_2 , so ist der Widerstand der Zuleitung



$$R_2 = r_2 \frac{a_2}{1000 - a_2} \text{ [Ohm]}$$

und der tatsächlich gesuchte Widerstand des Objekts ist dann

$$R = R_1 - R_2 \text{ [Ohm]}$$

7.5 Auswertung

Der vorstehend gemessene und errechnete Wert ergibt unmittelbar den Widerstand in Ohm. Bei Kabelmessungen sucht man häufig den kilometerischen Widerstand, d. h., den Widerstand R' bezogen auf die Kabellänge von 1 km. Ist L die Meßlänge des Kabels in m, so erhält man

$$R' = \frac{R}{L} \cdot 1000 = \frac{R_1 - R_2}{L} \cdot 1000 \text{ [Ohm/km]}$$

Zur Erleichterung ist eine Hilfstabelle für den Wert $\frac{a}{1000 - a}$ dem Gerät beigelegt, sie gestattet die Auswertung der Messungen ohne größere Rechnungen (vgl. Anlage 11).

8. Bedienungsanweisung für Fehlerortsmessungen (Schleifenmethode)

Nach dieser Methode können Kabelfehler eingemessen werden, bei denen es sich um den Erdschluß einer Ader oder um den Kurzschluß zwischen Adern im Kabel handelt. Das Verfahren setzt voraus, daß mittels einer gesunden Ader oder mittels einer Hilfsleitung eine Meßschleife ohne Unterbrechungen und Übergangswiderstände hergestellt werden kann.

8.1 Bezeichnungen

bei Messungen an homogenen Leitungen:

L = Länge der Kabelschleife in Meter

L_x = Abstand des Fehlerorts in Meter

a = Einstellung der Meßkurbeln K_4 und K_5

bei Messungen an inhomogenen Leitungen:

$l_1 \dots l_n$ = Länge der einzelnen Teilstücke in Meter

$r_1 \dots r_n$ = Widerstand der einzelnen Teilstücke in Ohm pro m.

$L_1 \dots L_n$ = Gesamtlängen mehrerer Teilstücke in Meter

$R_1 \dots R_n$ = Gesamtwiderstände mehrerer Teilstücke in Ohm

L_x = Abstand des Fehlerorts in Meter

R_x = Abstand des Fehlerorts in Ohm

a = Einstellung der Meßkurbeln K_4 und K_5

Die Werte für das Teilstück, in welchem der Fehler liegt, erhalten den Index i .

8.2 Vorbereitung zur Messung (Abb. 9)

Am fernen Ende werden die einwandfreie und die fehlerhafte Ader widerstandslos miteinander verbunden. Zweckmäßig mißt man zuerst den Widerstand der so entstandenen Schleife nach Absatz 7. Hierdurch vermeidet man Schaltfehler beim Anschluß der Adern und bei der Schleifenbildung, ferner kann man prüfen, ob die Schleife Unterbrechungen oder zu hohe Übergangswiderstände besitzt. Vor Anschluß des Gerätes zur Fehlermessung stelle man den Galvanometernebenschluß auf „0“, den Meßumschalter K_3 auf „Fehler“, die Schalter S_1 und S_2 auf „Aus“, Grob- und Feinmeßkurbel (K_4 und K_5) auf „0“. Die Polwender stehen mit ihren Makierungsstrichen parallel. An die bezeichneten Klemmen werden das Galvanometer und eine Batterie von 3—4 Volt beliebiger Polung angeschlossen.

Klemme 1 des Gerätes wird mit einer beliebigen Hilfsleitung an die fehlerhafte Ader angeschlossen.

Klemme 2 wird durch eine Meßzuleitung, deren Widerstand unter 0,02 Ohm ist, ebenfalls mit der fehlerhaften Ader gut leitend verbunden.

Klemme 3 wird mit einer beliebigen Hilfsleitung an die Fehlerstelle, z.B. bei Schluß Ader/Mantel mit dem Mantel, bei Schluß Ader/Erde mit der Erde oder bei einem Schluß Ader/Ader mit der Ader verbunden, mit der die fehlerhafte Ader den Schluß hat.

Klemme 4 wird mit einer Meßzuleitung, deren Widerstand höchstens 0,02 Ohm ist, mit der geschleiften, gesunden Ader verbunden.

Klemme 5 wird mittels einer beliebigen Leitung ebenfalls an die gesunde Ader angeschlossen.

Diese Anschlüsse müssen mit größter Sorgfalt und ohne Vertauschung der vorstehend angegebenen Anschlüsse geschehen, um einen Einfluß der Meßzuleitungen auf das Meßergebnis zu vermeiden und Falschmessungen auszuschließen. Vor allem dürfen keinesfalls die Klemmen 1 und 2 bzw. 4 und 5 direkt miteinander verbunden werden, da sonst der besondere Vorteil der Schaltung dieses Meßgerätes verloren geht.

8.3 Messung

Die Messung auf Nullabgleich wird, genau wie unter 7.3 beschrieben, durchgeführt. Die Bestimmung des Vergleichswiderstandes entfällt jedoch, da er durch das Kabel selbst gebildet wird. Mit der Grobmeßkurbel K_4 beginnt man hier mit dem Wert „0“.

Die Empfindlichkeit der Meßanordnung ist voll ausgenutzt, wenn bei einer Drehung der Feinmeßkurbel um 0,5 Skt. noch eine Änderung des Galvanometerausschlages zu beobachten ist. Ist dies nicht der Fall, so kann die Empfindlichkeit vergrößert werden, entweder durch ein empfindlicheres Galvanometer oder durch Erhöhen der Batteriespannung auf 30 Volt bzw. 100 Volt. Hierbei ist zu beachten, daß dann be-

sonders vorsichtig abgeglichen wird, da der eingebaute Schutzwiderstand das Gerät nicht mehr vor Überlastung schützen kann. Hat man den Nullabgleich gefunden, so ist die Summe der an der Grob- und Feinmeßkurbel abgelesenen Werte „a“ das Meßergebnis. Die Auswertung, die Angabe des Abstandes des Fehlerortes von der Meßstelle in Meter, richtet sich nach dem jeweiligen Meßfall. Nach Beendigung der Messung stelle man den Galvanometernebenschluf sofort auf „0“ zurück und nehme dann erst sonstige Umschaltungen vor.

8.4 Auswertung

8.41 Vorbemerkung

Da die Fehlerstellen an Kabeln und Freileitungen, die in einem nieder- oder hochohmigen Übergangswiderstand von Ader zu Ader oder Ader zu Bleimantel (Erde) bestehen, hier mittels einer Wheatstoneschen Gleichstrombrücke ermittelt werden, wird grundsätzlich zunächst der Fehlerort in Widerstandswerten bestimmt. Um eine entfernungs-mäßige Fehlerortsbestimmung zu erhalten, ist die Kenntnis der Art der fehlerhaften Leitung erforderlich, d. h. es muß einerseits bekannt sein, ob es sich um eine homogene bzw. inhomogene Leitung handelt und andererseits, ob eine einfache oder verzweigte Leitung vorliegt. Die folgenden Ausführungen bringen nähere Einzelheiten. Dabei wird stets angenommen, daß es sich um eine einzige definierte Fehlerstelle handelt. Besitzt das Kabel mehr als eine Fehlerstelle, so können die folgenden Verfahren nur den Schwerpunkt-Fehlerort feststellen, an dem das fehlerhafte Kabel aufgetrennt werden muß. Mit beiden Kabelhälften wird dann in der gleichen Weise eine Fehlerortung durchgeführt. Dies geschieht so lange, bis sich der Fehler am eingemessenen Fehlerort ergibt.

8.42 Homogene unverzweigte Leitungen (Abb. 10 a)

Unter homogener Leitung wird eine Leitung mit konstantem Widerstandswert pro Längeneinheit (z. B. pro Meter) verstanden, normalerweise also eine Leitung konstanten Querschnittes und Materials. Die Ausführung der Messung nach 8.4 mit dem Fehlerort-Meßgerät liefert die Gesamteinstellung a. Damit ergibt sich wegen des bei homogenen Leitungen über die ganze Schleife konstanten Verhältnisses zwischen Widerstand und Leitungslänge der Abstand des Fehlerortes unmittelbar in Meter, wenn R durch die Schleifenlänge L in Meter ersetzt wird:

$$L_x = \frac{a}{1000} L \quad [\text{Meter}]$$

8.43 Homogene verzweigte Leitungen (Abb. 10b)

Hier ist die Annahme notwendig, daß das fehlerbehaftete Netz in allen Abzweigungen zugänglich ist, wie z. B. in Abb. 10b an den Endstellen I bis IV, und keine geschlossenen Maschen enthält, wie beispielsweise in Abb. 10c. Ferner muß das ganze Netz homogen sein, d. h., sämtliche Zweige müssen denselben Widerstandswert pro Längeneinheit besitzen. Bei verzweigten Leitungen kann der Fehlerort durch eine Schleifenmessung nur dann richtig eingemessen werden, wenn er unmittelbar in der Meßschleife liegt und nicht in einem Nebenzweig, beispielsweise in Abb. 10b nur dann, wenn die Meßstelle (M) bei I und die Schleifstelle (S) bei IV liegt (oder auch, wenn M bei III und S bei IV) nicht aber, wenn M bei I und S bei II ist. Der Fehlerort würde in diesem Fall in der Verzweigungsmuffe Z_1 liegend gemessen. Daher müssen also bei verzweigten Leitungen mitunter mehr als eine Messung durchgeführt werden. Ist die Lage der Abzweigstellen (Z_1 und Z_2 in Abb. 10b) bekannt, so muß immer dann eine weitere Messung erfolgen, wenn die Fehlerortsmessung den Fehler in der Verteilermuffe oder innerhalb der erreichbaren Genauigkeit in der Nähe der Muffe einmißt. Er kann dann in der Muffe selbst oder in einem Seitenzweig liegen. Hierüber geben weitere Messungen mit anderen Schleifstellen Auskunft. Es muß so lange gemessen werden, bis eine Messung den Fehler in deutlichem Abstand von der Muffe ergibt, oder alle Messungen ihn in eine Zweigmuffe einweisen. Ist die Lage der Verzweigungsstellen unbekannt, so müssen systematisch sämtliche Kombinationen der Endstellen etwa nach folgendem Schema gemessen werden:

Beispiel: (s. Abb. 10b)

- a) Messung zwischen I und II ergibt d. Fehlerort bei Z_1
- b) Messung zwischen I und III ergibt d. Fehlerort bei Z_2
- c) Messung zwischen II und IV ergibt d. Fehlerort bei F
- d) Messung zwischen II und III ergibt d. Fehlerort bei Z_2
- e) Messung zwischen III und IV ergibt d. Fehlerort bei F

Der Fehler liegt dann an dem Ort, der am häufigsten als Meßresultat erscheint (im Beispiel also bei F). Alle anderen Meßwerte liefern die Lage der Zweigmuffen.

8.44 Inhomogene unverzweigte Leitungen

Unter inhomogener Leitung ist eine Leitung unterschiedlichen Widerstandswertes pro Längeneinheit zu verstehen, bei der sich also der Proportionalitätsfaktor zwischen Widerstand und Länge von Leitungstück zu Leitungstück ändert. Um hier den Abstand von der Meßstelle in Meter zu ermitteln, wird folgendermaßen vorgegangen (S. Abb. 10d.)



Angenommen, die Fehlerschleife bestehe aus n Teilstücken mit den Längen l_1, l_2, \dots, l_n mit den zugehörigen Widerstandswerten pro Meter r_1, r_2, \dots bis r_n . Diese Teilstücke seien in Länge und Ohmwert bekannt. Es ist also

die Gesamtlänge:

$$L_n = l_1 + l_2 + \dots + l_n$$

der Gesamtwiderstand:

$$R_n = r_1 l_1 + r_2 l_2 + \dots + r_n l_n$$

Die Messung des Fehlerortes mit „Neptun“ liefert das Meßergebnis „a“ und damit den Widerstandswert des Fehlerabstandes zu

$$R_x = \frac{a}{1000} R_n \quad [\text{Ohm}]$$

(Der Gesamtwiderstand R_n der Fehlerschleife wird zweckmäßig durch eine Widerstandsmessung bestimmt.)

Um aus dem Meßwert R_x den Abstand des Fehlerorts zu ermitteln, wird folgendermaßen verfahren: Es wird ein Kabelplan entsprechend Abb. 10d angelegt, in dem von der Meßstelle aus die Abstände der Trennpunkte der einzelnen Leitungsstücke und die zugehörigen Widerstandswerte eingetragen werden. Dazu sind folgende Größen aus den bekannten Angaben zu berechnen:

Abstände:

$$\begin{aligned} L_1 &= l_1 \\ L_2 &= L_1 + l_2 \\ L_3 &= L_2 + l_3 \\ \hline L_n &= L_{n-1} + l_n \end{aligned}$$

zugehörige

$$\begin{aligned} \text{Widerstände: } R_1 &= r_1 l_1 \\ R_2 &= R_1 + r_2 l_2 \\ R_3 &= R_2 + r_3 l_3 \\ \hline R_n &= R_{n-1} + r_n l_n \end{aligned}$$

Nun werden die beiden Widerstandswerte ermittelt, zwischen denen der Meßwert R_x liegt, für die also gilt:

$$R_{i-1} < R_x \leq R_i$$

Dann muß entsprechend für die zugehörigen Abstände gelten:

$$L_{i-1} < L_x \leq L_i$$

Gilt das Gleichheitszeichen, so ist der Fehlerabstand $L_x = L_i$ gefunden im anderen Fall gilt:

$$L_x = L_{i-1} + \frac{1}{r_i} (R_x - R_{i-1}) \quad [\text{Meter}]$$

Darin bedeutet also: L_x = Fehlerabstand in m.

$$R_x = \frac{a}{1000} R_n$$

$$L_{i-1} = l_1 + l_2 + \dots + l_{i-1}$$

$$R_{i-1} = r_1 l_1 + r_2 l_2 + \dots + r_{i-1} l_{i-1}$$

wobei gelten muß $R_{i-1} < R_x \leq R_i$; $R_i = R_{i-1} + r_i l_i$,



Diese allgemeine Fehlerortsgleichung sei noch für zwei häufig vorkommende Meßfälle näher erörtert.

1. Messung mittels Hilfsleitung (s. Abb. 10 e)

Wenn keine gesunde Ader mehr vorhanden ist oder ein Einleiterkabel vorliegt, benutzt man zur Bildung der Fehlerschleife als Rückleitung meist eine Hilfsleitung anderen Querschnitts, z.B. eine Meßleitung oder eine gesunde Ader eines anderen Kabels. Für diesen Fehlermeßfall ergeben die Gleichungen folgende Auswertung:

Die Fehlerortsmessung liefert

$$R_x = \frac{a}{1000} R_n \quad [\text{Ohm}]$$

Der Gesamtwiderstand R_n ergibt sich als Summe der Widerstände der beiden Teilstücke, die ihrerseits aus Länge und Widerstandswert pro m bekannt sind, oder praktisch einfacher durch eine Widerstandsmessung der Fehlerschleife, wobei dann die genauen Daten der Meßleitung nicht mehr bekannt zu sein brauchen. Es ergibt sich der Fehlerort

$$L_x = \frac{1}{r_1} \cdot R_x \quad [\text{Meter}]$$

r_1 ist hier der Widerstand pro m der kranken Ader in Ohm

2. Messung eines geflickten Kabels (Abb. 10 f)

Als praktischer Fall sei an ein Kupferkabel gedacht, das mit einem Stück Al-Kabel ausgebessert ist.

Die Messung mit dem Fehlerort-Meßgerät liefert das Ergebnis:

$$R_x = \frac{a}{1000} R_n \quad [\text{Ohm}]$$

R_n = Gesamtwiderstand der Fehlerschleife in Ohm, der zweckmäßig durch eine Widerstandsmessung bestimmt wird; er kann auch als Summe der Widerstände der Teilstücke errechnet werden. Zur Auswertung des Meßergebnisses wird ein Kabelplan angelegt, in dem die Abstände der Teilpunkte mit den zugehörigen Widerstandswerten eingetragen werden (Abb. 10f). Dazu werden die folgenden Abstände und Widerstandswerte aus den bekannten Kabeldaten berechnet.

Abstände:

$$\begin{aligned} L_1 &= l_1 & l_1 &= \text{Länge des ersten Teilstückes} \\ L_2 &= L_1 + l_2 & l_2 &= \text{Länge des zweiten Teilstückes} \\ L_3 &= L_2 + l_3 & l_3 &= \text{Länge des dritten Teilstückes} \end{aligned}$$

$\left. \begin{matrix} L_4 \\ L_5 \\ L_6 \end{matrix} \right\}$ Ist bekannt, daß der Fehler in der einen Schleifenhälfte liegt, so ist die Berechnung der Teilabstände der andern Hälfte unnötig.

Widerstände:

$R_1 = r_1 l_1$ $r_1 =$ Widerstand pro m des ersten Teilstückes in Ohm

$R_2 = R_1 + r_2 l_2$ $r_2 =$ Widerstand pro m des zweiten Teilstückes in Ohm

$R_3 = R_2 + r_3 l_3$ $r_3 =$ Widerstand pro m des dritten Teilstückes in Ohm

Mittels des Kabelplanes und der berechneten und eingetragenen Werte wird nun festgestellt, zwischen welchen Widerstandswerten der zum Fehlerort gehörende Wert R_x liegt. Es sei gefunden: $R_2 < R_x < R_3$. Daraus folgt für den gesuchten Abstand des Fehlerortes infolge der Zuordnung von Widerstand und Abstand: $L_2 < L_x < L_3$. Daraus folgt weiter, daß bei Benutzung der allgemeinen Gleichung zur Fehlerortsbestimmung auf S. 18 i-1 = 2 zu setzen ist. Damit wird der Abstand des Fehlerortes bestimmt zu:

$$L_x = L_2 + \frac{1}{r_3} (R_x - R_2) \quad [\text{Meter}]$$

Bei der vorstehend angegebenen Berechnung ist angenommen, daß die genaue Lage des Zwischenkabels bekannt ist. Wenn dies nicht der Fall ist, so gilt sie nur, falls die Fehlerstelle außerhalb dieses Zwischenkabels liegt.

8.45 Messungen an pupinisierten Fernsprechkabeln.

Will man den Fehlerort an pupinisierten Fernsprechkabeln bestimmen, so kann man natürlich auch hier das allgemeine Verfahren nach 8.44 anwenden, wobei die einzelnen Teillängen teils aus Kabelstücken von der Länge eines Spulenfeldes, teils aus gedachten Leitungsstücken von der Länge und dem Widerstand einer Spule bestehen. Man kann sich aber auch zweckmäßig die inhomogene Leitung mit den punktförmig verteilten Spulenwiderständen in eine homogene mit gleichmäßigem Leitungswiderstand verwandelt denken. Die Auswertung der Messung nach Absatz 8.42 unter Berücksichtigung des nun erhöhten Leitungswiderstandes pro Meter weist in das fehlerhafte Spulenfeld ein. Die genaue Ortsbestimmung kann dann z. B. durch eine zweite Messung nach Auftrennung der Spulen wie üblich jetzt mit dem normalen Leitungswiderstand/Meter vorgenommen werden.

9. Bedienungsanweisung für Fehlerortsmessung an Kabeln mit sehr kleinem Aderwiderstand

(Dreipunkt-Methode nach Graf)

Diese Methode, deren Anwendungsbereich grundsätzlich derselbe ist wie für die einfache Schleifenmethode nach 8 wird zweckmäßig benutzt, wenn man es mit Kabeln besonders niedrigen Widerstandes zu tun hat, oder besonders lange Meßleitungen benutzen muß.

9.1 Bezeichnungen

L = Länge des Kabels in Meter

L_x = Entfernung des Fehlerorts in Meter

a_1, a_2, a_3 = Ablesung an Grob- und Feinmeßkurbeln in Stellung 1, 2, 3 des Umschalters

9.2 Vorbereitung zur Messung (s. Abb. 12)

Zur Durchführung dieser Messung (s. Abb. 8) benötigt man zusätzlich zum Meßgerät noch einen einpoligen Dreifachschalter; fehlt ein solcher, so kann man die erforderlichen Umschaltungen behelfsmäßig durch Umklemmen der entsprechenden Leitungen vornehmen. Die beiden benötigten Hilfsleitungen sind beliebigen Querschnitts. Man schließt das fehlerhafte Kabel wie folgt an das Gerät an:

Klemme 1 und 2 werden miteinander verbunden und an die fehlerhafte Ader angeschlossen.

Klemme 3 wird mit dem Hebel des Dreifachschalters, Kontakt 1 mit dem Anfang der fehlerhaften Ader, Kontakt 2 mit Erde (oder anderer Fehlerstelle) und Kontakt 3 über eine Hilfsleitung H_1 mit dem fernen Ende der fehlerhaften Ader verbunden.

Klemme 4 und 5 werden miteinander verbunden und über die andere Hilfsleitung H_2 an das ferne Ende der fehlerhaften Ader angeschlossen. Die weiteren Vorbereitungen werden nach Abschnitt 8.2 durchgeführt.

9.3 Messung

Die Messung wird in der gleichen Weise wie unter Absatz 8.3 beschrieben durchgeführt. Es sind drei Messungen insgesamt erforderlich. Der Anschluß der entsprechenden Leitungen an die Klemme 3, gegebenenfalls unter Benutzung des Dreifachumschalters, ist wie folgt!

Messung 1: Vom Kabelanfang wird die fehlerhafte Ader über eine Meßzuleitung an die Klemme 3 angeschlossen. Der Abgleich des Gerätes ergibt die Einstellung „ a_1 “.

Messung 2: An Klemme 3 wird eine Zuleitung zur Fehlerstelle (z. B. Erde) angeschlossen. Der Abgleich liefert den Wert „ a_2 “.

Messung 3: Vom Kabelende wird die fehlerhafte Ader über eine Hilfsleitung H_1 an die Klemme 3 angeschlossen. Die Einstellung liefert den Wert „ a_3 “.

9.4 Auswertung der Messung

Der Fehlerort berechnet sich auf Grund der drei gefundenen Meßwerte zu

$$L_x = L \frac{a_2 - a_1}{a_3 - a_1} \text{ [Meter]}$$



hier Länge des Kabels und nicht Scheitelhöhe einsetzen

Dabei sind die unter Absatz 8.4 angeführten Punkte zur Beurteilung des Ergebnisses zu berücksichtigen. Zu beachten ist, daß L hier die Länge des Kabels und nicht die Schleifenlänge bedeutet.

10. Hinweise auf weitere Verwendungsmöglichkeiten

Die im folgenden angegebenen Verfahren können in Sonderfällen unter bestimmten Voraussetzungen angewandt werden. Sie ergeben nicht in allen Fällen ein einwandfreies Resultat. Vor allem werden die Genauigkeiten der Methoden in Absatz 5—9 meist nicht erreicht. Dies ist lediglich durch die schwierigen Meßverhältnisse, nicht aber durch eine Ungenauigkeit des Kabelmeßapparates an sich bedingt. Diese Hinweise sollen nur an einigen Beispielen die vielseitige Verwendungsmöglichkeit des Kabelmeßapparates aufzeigen, der u. U. auch für komplizierte Fehlerbestimmungen herangezogen werden kann, wobei dann evtl. nur einzelne Teile benutzt werden.

10.1 Stromrichtungsmessung nach Wurmbach (s. Abb. 13)

Hat man den Fehlerort eingekreist und das Kabel freigegeben, so ist die schadhafte Stelle oft nicht ohne weiteres erkennbar. Will man das Kabel nicht beliebig, sondern möglichst nahe der wirklichen Fehlerstelle auftrennen, so kann man die hier beschriebene Methode anwenden.

Man benutzt nur das Galvanometer mit dem im Gerät eingebauten Nebenschluß. Die fehlerhafte Ader wird über einen Schalter, einen Strommesser und einen Regelwiderstand an den negativen Pol einer Batterie gelegt, deren Pluspol geerdet wird. Man stellt einen Strom von etwa 1 Amp. ein. Durch den Fehlerstrom wird ein Spannungsabfall in der Armierung des Kabels hervorgerufen.

Der Meßumschalter K_1 des Kabelmeßgerätes wird auf „Fehler“ gestellt und das Galvanometer angeschlossen, Galvanometer-Nebenschluß auf Stellung „O“. An die Klemmen 1 und 5 werden Leitungen von etwa 1—2 qmm Querschnitt angeschlossen.

Der Galvanometerschalter wird auf „Ein“ geschaltet. Mit den vorstehend erwähnten Leitungen wird die Armierung des Kabels abgetastet. Hierbei sollen die Drahtenden etwa in 200 bis 300 mm Abstand auf die Armierung aufgedrückt werden. Durch Verändern des Nebenschlusses in Richtung nach Stellung 1/1 wird ein gut ablesbarer Ausschlag eingestellt. Man tastet nun bei gleichgehaltenem Abstand der Drahtenden die Armierung des freigelegten Kabels ab. Beim Abtasten muß die Polarität des Ausschlages beobachtet werden. Der Ausschlag zeigt bei richtigem Anschluß des Gerätes in Richtung der Fehlerstelle;

überschreitet man diese, so kehrt sich der Ausschlag um. So kann nach einigen Versuchen die Fehlerstelle ermittelt werden, über der der Ausschlag zu Null wird.

Hat das Galvanometer bereits bei geöffnetem Schalter einen Ausschlag, so muß dieser als elektrischer Nullpunkt gewählt werden. Dieser wird durch Induktion, von in der Nähe verlaufenden Kabeln, elektrischen Bahnen oder dergl., hervorgerufen.

10.2 Fehlerortsmessung bei Kabelbruch ohne Nebenschluß (vgl. Abb. 4)

Dieses Verfahren kann nur angewandt werden, wenn das Kabel an der Bruchstelle keinen Nebenschluß zur Erde sowie zum Mantel oder zu einer Nachbar-Ader hat. Man vergleicht dabei die Kapazität der Fehlerader bis zur Bruchstelle mit der einer einwandfreien Ader oder der kilometrischen Kapazität, falls diese für das Kabel bekannt ist.

Bezeichnungen:

C_x = unbekannte Kapazität bis zur Fehlerstelle in Mikrofarad

C' = kilometrische Kapazität des Kabels in Mikrofarad/km

L_x = Entfernung des Fehlerortes in Meter

Die Messung sowie Auswertung wird, genau wie in Absatz 6 beschrieben, durchgeführt. Man erhält dabei die Werte C_x und C' . Hieraus wird die Entfernung der Bruchstelle wie folgt bestimmt

$$L_x = \frac{C_x}{C'} \cdot 1000 \quad [\text{Meter}]$$

10.3 Fehlerortsmessung bei alladrigem Nebenschluß mehradriger Kabel (s. Abb. 14)

Haben mehrere oder alle Adern Nebenschluß gegen Erde, so kann man eine Doppelbrückenmessung nach Küpfmüller mit dem Kabelmeßgerät vornehmen. Hierbei ist Voraussetzung, daß der Übergangswiderstand der Fehlerstelle etwa 100 mal größer als der Aderwiderstand ist.

Bezeichnungen:

L_x = Entfernung des Fehlerortes in Meter

a_1 = Ablesung der Grob- und Feinmeßkurbel bei offenem fernen Kabelende

a_2 = Ablesung der Grob- und Feinmeßkurbel bei geschlossenem fernen Kabelende

L = Länge des Kabels in Meter

Man bestimmt zuerst den Isolationswiderstand der einzelnen Adern gegen Erde nach Abs. 5. Davon wählt man zwei mit möglichst verschiedenem Widerstand (mindestens 30%). Dann schließt man das



Kabelmeßgerät an diese beiden Adern, wie in Abs. 7 angegeben, an und führt die Messung, wie dort beschrieben, einmal mit offenem und einmal mit geschlossenem fernen Ende durch. Man erhält dabei den Wert a_1 für die Messung mit offenem Ende, den Wert a_2 für die mit geschlossenem Ende.

Setzt man ein homogenes Kabel voraus, so erhält man die Entfernung des Fehlerortes in Meter aus einer Näherungsformel

$$L_x = 2 L \frac{W_1 - W_2}{(W_1 - 1) \cdot (W_2 + 1)} \text{ [Meter]}$$

Die Genauigkeit genügt, wenn die vorstehend geforderten Voraussetzungen erfüllt sind.

10.4 Fehlerortmessungen bei alladrigem Nebenschluß und sehr hohen Übergangswiderständen (Abb. 15)

Bei sehr hohen Übergangswiderständen, etwa 1000 mal größer als der Aderwiderstand, versagen die Brückenmessungen. Das hier angegebene Verfahren nach Widl gestattet noch eine Fehlerbestimmung bei Übergangswiderständen von 10 bis 100 Megohm je nach Empfindlichkeit des verwandten Galvanometers.

Bezeichnungen:

- L_x = Entfernung des Fehlerorts in Meter
 α, β = Ausschlag des Galvanometers bei Anschluß der Batterie an Ader a bzw. b und offenem fernen Ende
 α', β' = Ausschlag des Galvanometers bei Anschluß der Batterie an Ader a bzw. b und kurzgeschlossenem fernen Ende
 L = Länge des Kabels in Meter

Zunächst mißt man den Isolationswiderstand der einzelnen Adern gegen Erde, wie unter Absatz 5 beschrieben. Dann greift man zwei Adern mit möglichst verschiedenem Widerstand, mindestens 30%, heraus. Von dem Kabelmeßgerät werden nur das Galvanometer und der eingebaute Nebenschluß sowie die Batterie benötigt. Die oben gewählten Adern werden mit den Klemmen 1 und 5 verbunden. Die Batterie wird mit dem negativen Pol an Erde gelegt, mit dem positiven Pol an einen Umschalter, durch den man einmal die Ader a und einmal die Ader b mit der Batterie verbinden kann. Ein zwischengeschalteter Dämpfungswiderstand W begünstigt die Kompensation von äußeren Einflüssen und Störspannungen. Seine Größe richtet sich nach der Batteriespannung und Galvanometerempfindlichkeit. Zur Messung legt man nun einmal die Batterie an die Ader a, dann an b — zunächst bei offenen fernen Aderenden, — und wiederholt die Messung bei geschlossenen

fernen Aderenden. Aus den erhaltenen Meßwerten bildet man die Quotienten

$$z_1 = \frac{\alpha}{\beta} \quad \text{und} \quad z_2 = \frac{\alpha'}{\beta'}$$

Gelten die vorstehend angegebenen Voraussetzungen, so erhält man die Entfernung des Fehlerorts zu

$$L_x = 2 L \frac{z_1 - z_2}{(z_1 + 1) \cdot (z_2 + 1)} \quad [\text{Meter}]$$

10.5 Störkompensation bei Fehlerortsmessung nach der Schleifenmethode (s. Abb. 16)

Bei der Messung von Kabeln in der Nähe von Bahnen und sonstigen Anlagen mit intermittierendem Betrieb treten häufig Störungen durch Induktionen auf. Diese können den Nullabgleich sehr erschweren, manchmal sogar unmöglich machen. Hat man im Kabel mindestens drei einwandfreie Adern zur Verfügung, so kann man eine besondere Schaltung zur Kompensation der Störungen anwenden. Sie ist vornehmlich bei der Messung von Schwachstromkabeln vorteilhaft.

Das Meßverfahren und der Anschluß der Adern an das Meßgerät ist wie in Abs. 8 beschrieben. Zusätzlich schleift man noch zwei Adern am fernem Ende und schaltet den Anfang der einen mit an die fehlerhafte Ader, den Anfang der anderen an Klemme 1 des Meßgerätes. (Es entfällt dabei die direkte Zuleitung von der fehlerhaften Ader an Klemme 1.) Reicht diese Maßnahme noch nicht aus, so kann man zwischen die erwähnten Anschlüsse noch einen Widerstand von etwa 10 Ohm einschalten. Der weitere Verlauf der Messung entspricht genau dem in Abs. 8 angegebenen Verfahren.

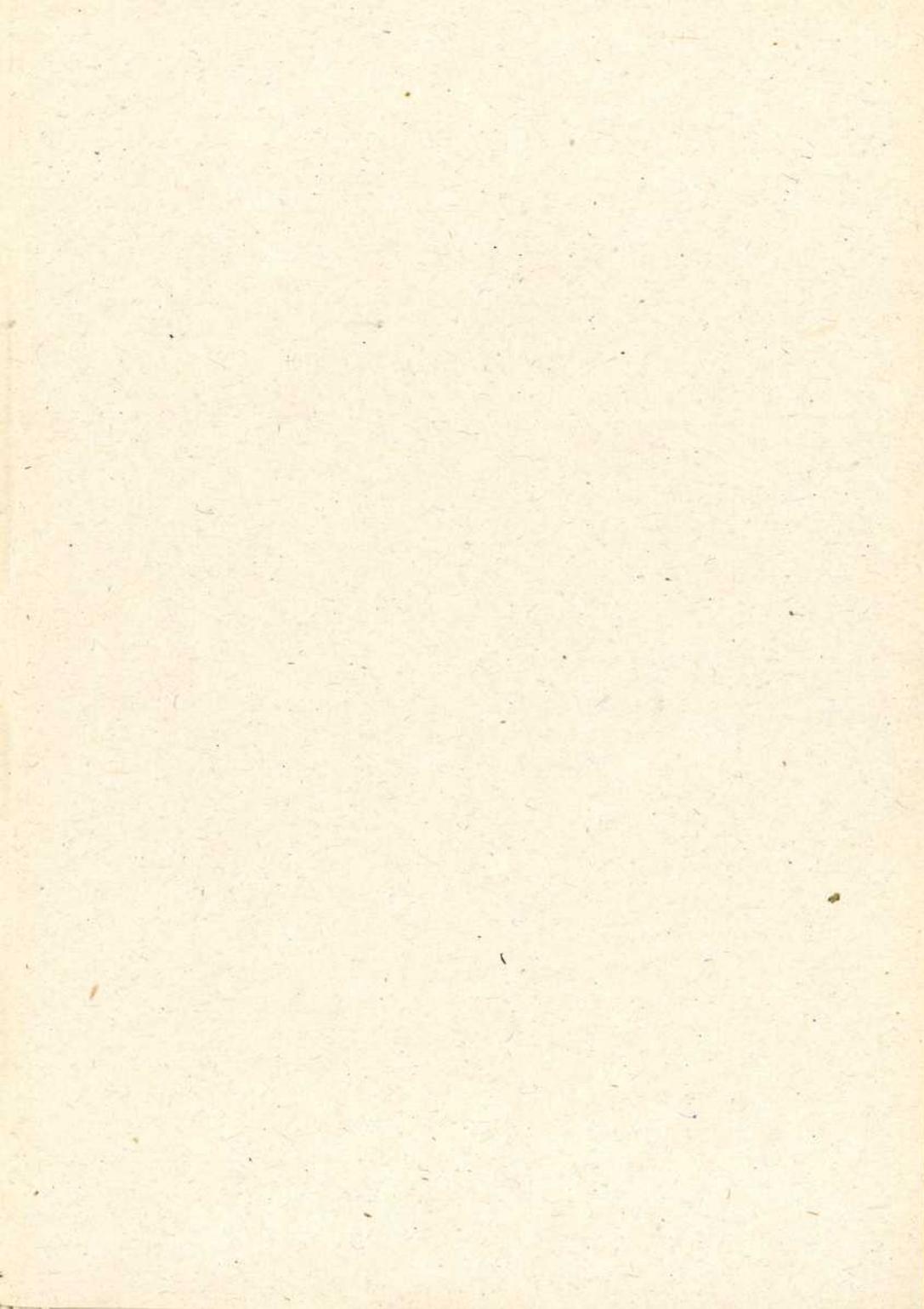
11. Wartung

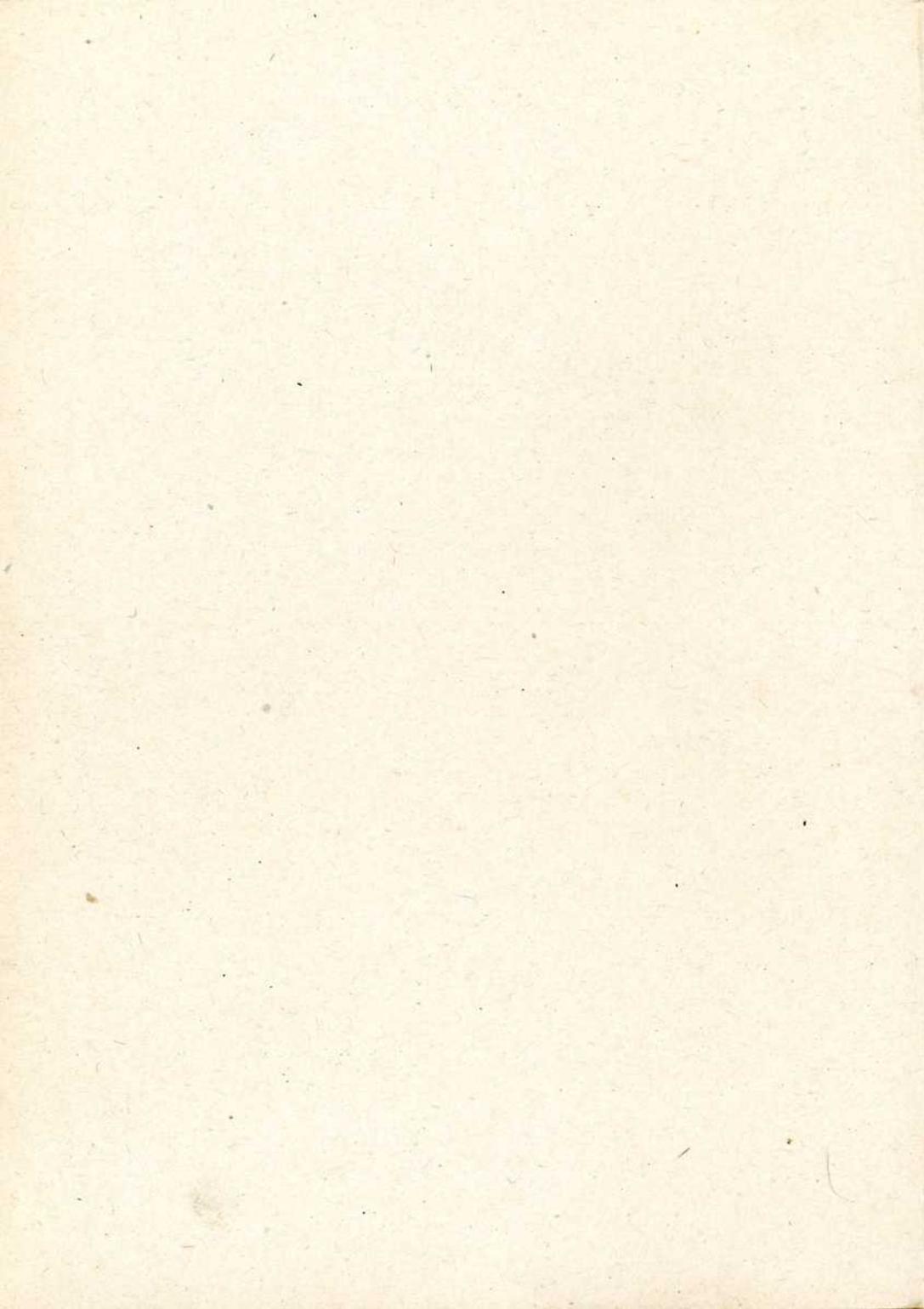
Nach einer längeren Gebrauchsdauer empfiehlt sich die Reinigung der Stöpsel und Schalterkontakte. Dazu nimmt man das Abdeckgehäuse durch Lösen der beiden Rändelschrauben und Erdklemmen herunter, reinigt die Kontakte und den Schleifer mit Petroleum und bewegt sie mehrmals. Die Kontakte werden sodann mit säurefreier Vaseline leicht eingefettet. Der Stöpsel wird lediglich mit Petroleum angefeuchtet und in den Kontaktklötzen leicht gedreht, herausgenommen und gereinigt. Dies wird mehrfach wiederholt, bis alle Schmutzreste verschwunden sind.

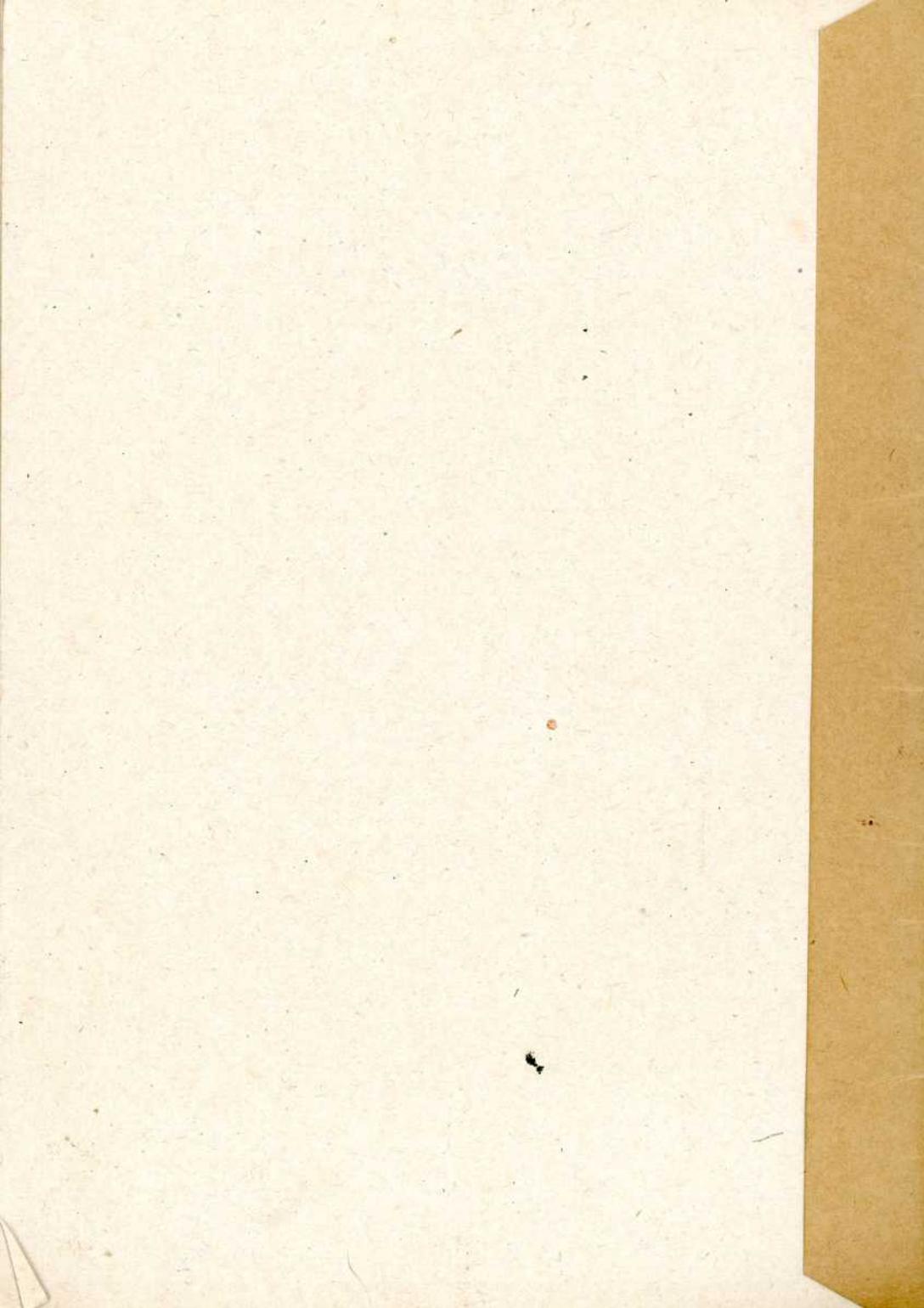
Weitere Maßnahmen sind im allgemeinen nicht erforderlich.

12. Zubehör

	Listen-Nummer
1 Galvanometer	907—110—01
1 Skalenstativ	907—920—01
1 Transportkasten für das Galvanometer	907—910—01
1 Batteriekasten	907—911—01
1 Stativ für das Galvanometer	907—921—01
2 Kabel, 2,5 qmm für Batterieanschluß, 1 m lang,	907—804—01
1 konzent. Kabel mit isoliertem Schirm für Galvano- meteranschluß etwa 2 m lang	907—811—02
1 desgl. f. Anschluß des Objektes, etwa 5 m lang	907—811—05
2 Kabel zum Anschluß des Meßobjektes, 2,5 qmm je 5 m lang	907—804—05
2 Kabel zum Anschluß des Meßobjektes, 2,5 qmm, je 5 m lang	907—804—05
2 Einpolige Meßklemmen für 50 qmm Kabelquerschnitt	907—900—01
2 Einpolige Meßklemmen für 240 qmm Kabelquerschnitt	907—900—02







BERICHTIGUNGEN

zur Beschreibung und Bedienungsanweisung zum

UNIVERSAL-KABELMESSAPPARAT „NEPTUN“

Ausg. 8. 48.

I. Berichtigungen zum Text

✓ Seite 3, Zeile 28: lies „7,2“ statt „3,2“

✓ Seite 8, Zeile 36 und 37: Der Satz in der Klammer ist zu streichen.

Seite 8, Unter Absatz 5,2 ist zu ergänzen: „Auch zum Anschluß der erdfreien Seite des zu bestimmenden Isolationswiderstandes wird bei längeren Zuleitungen zweckmäßig eine geschirmte Leitung benutzt (vgl. Abb. 4 und 5), wobei der Schirm an die entsprechend bezeichnete Klemme des Gerätes zu legen ist. Der Einfluß der Zuleitung auf das Resultat (vgl. unter 5,5) kann dann unberücksichtigt bleiben. Es ist jedoch darauf zu achten, daß sich die Schirme der Galvanometer- und Objektleitung nicht berühren, da sonst der Schalter S_1 überbrückt wird.“

✓ Seite 10 Unter 5.6 lies $W' = \frac{W \cdot L}{1000}$ statt $W' = W \cdot L$

✓ Seite 12, Unter 6.6 lies $C' = \frac{C \cdot 1000}{L}$ statt $C' = \frac{C}{L}$

✓ Seite 15, Zeile 30: lies „1 und 2 bzw. 4 und 5 statt „1 und 2 bzw. 2 und 4“

✓ Seite 20, Zeile 11: lies „18“ statt „15“

✓ Seite 24, Die Formel muß heißen:

$$Lx = 2L \frac{v_1 - v_2}{(v_1 - 1) \cdot (v_2 + 1)} \text{ und nicht } Lx = 2L \frac{(a_1 - a_2)}{(a_1 - 1)(a_2 + 1)}$$

v_1 und v_2 bedeuten die Quotienten $\frac{a_1}{1000 - a_1}$ bzw. $\frac{a_2}{1000 - a_2}$
ihre Werte sind aus der Tabelle 11 und 12 zu entnehmen.

✓ Seite 25, lies $Lx = 2L \frac{z_1 - z_2}{(z_1 - 1) \cdot (z_2 + 1)}$

✓ Seite 26, Der Querschnitt der Batteriekabel beträgt 2,5 qmm;
neue Listennummer: 907-804-01

Der Querschnitt des Anschlußkabels für das Meßobjekt (L. Nr. 907-805-05) beträgt ebenfalls 2,5 qmm; neue Listennummer 907-804-05.



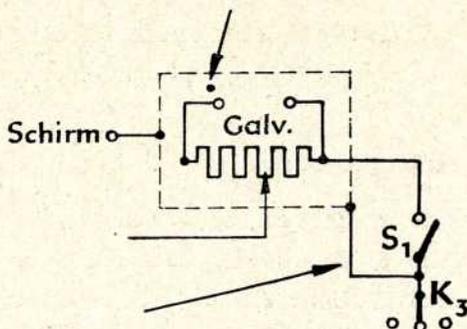
Fortsetzung umseitig

II. Berichtigungen zu den Abbildungen

Die berichtigten Stellen sind mit einem Pfeil gekennzeichnet.

Anlage 2, Abb. 2

Zwischen Galvanometer-
schirm und dem Festpunkt
des Schalters S_1 ist eine Ver-
bindung einzuzeichnen;
außerdem ist die linke
Galvanometerklemme
mit einem Punkt zu versehen.

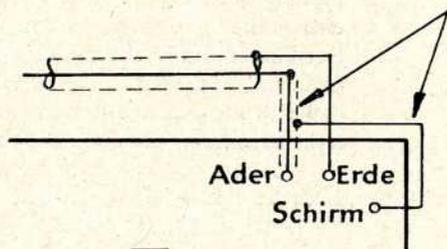


Anlage 4, Abb. 4.

Die rechte Galvanometerklemme ist mit einem Punkt zu versehen.

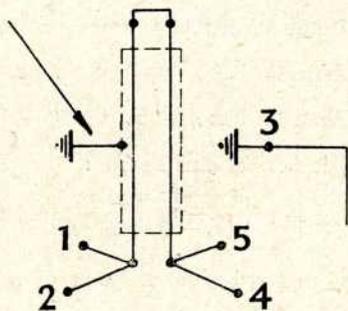
Anlage 4, Abb. 5:

Die Zuleitung zur Ader soll
einen Schirm besitzen, der
mit der entsprechenden
Geräteklammer zu verbin-
den ist.



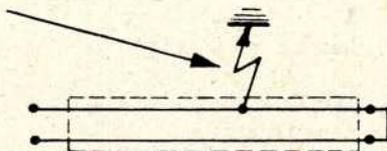
Anlage 6, Abb. 8:

Entsprechend dem Text
muß die Fehlerstelle in der
Zeichnung links liegen.



Anlage 6, Abb. 9:

Die Fehlerstelle muß in die
obere Ader eingezeichnet
werden.



Anlage 7a, Abb. 10 d:

Statt „Lx“ muß es „Ln“ heißen.

Anlage 8, Abb. 12

Hilfsleitung 1 und 2 sind miteinander
zu vertauschen.

Abschrift!

Beschreibung zu den Anschlußleitungen zum Kabelmeßapparat "Neptun".

Die als Zubehör zum Kabelmeßapp. "Neptun" gehörigen Meßleitungen dienen zum Anschluß von Batterie, Galvanometer und der Meßobjekte an das Kabelmeßgerät.

1) 2 Batteriezuleitungen.

Die hochflexiblen Leitungen von 1m Länge sind an den Enden mit Bananensteckern versehen und dienen zur Verbindung der Spannungsquelle mit den mit Batt. bezeichneten Klemmen des Kabelmeßapparates.

2) 1 Galvanometerzuleitung.

Die Galvanometerzuleitung ist ein 2m langes hochflexibles konzentrisches Kabel. Der Innenleiter ist eine feinadrige Litze, der Mantel besteht aus Cu-Geflecht. Zum Schutz gegen Berührung ist der Mantel außen mit Gummi isoliert. Der Innenleiter endigt an beiden Seiten in mit einem weißen Punkt versehenen Bananensteckern. Die Anschlüsse zum Mantel, der als Rückleiter dient, endigen ebfls. in Bananensteckern.

Zum Anschluß des Galvanometers werden die mit einem Punkt gekennzeichneten Bananenstecker der Leitung bzw. in die durch einen Punkt gekennzeichnete Galvanometeranschluß-Klemme des Gerätes und die mit einem Punkt markierte Klemme des Galvanometers gesteckt. Die unmarkierten Stecker der Leitung kommen in die zweite Galvanometeranschlußklemme des Gerätes bzw. die zweite Klemme des Galvanometers.

3) 1 Objektzuleitung für Isolationsmessung.

Die 5 m lange Leitung hat den gleichen Aufbau wie unter 2) beschrieben. Zum Anschluß des Objektes wird der mit einem Punkt versehene Bananenstecker der Leitung in die Klemme "Ader" der mit Isolations u. Kapazitätsmessung bezeichneten Klemmen des Gerätes gesteckt, und der mit S bezeichnete Bananenstecker an die

Klemme

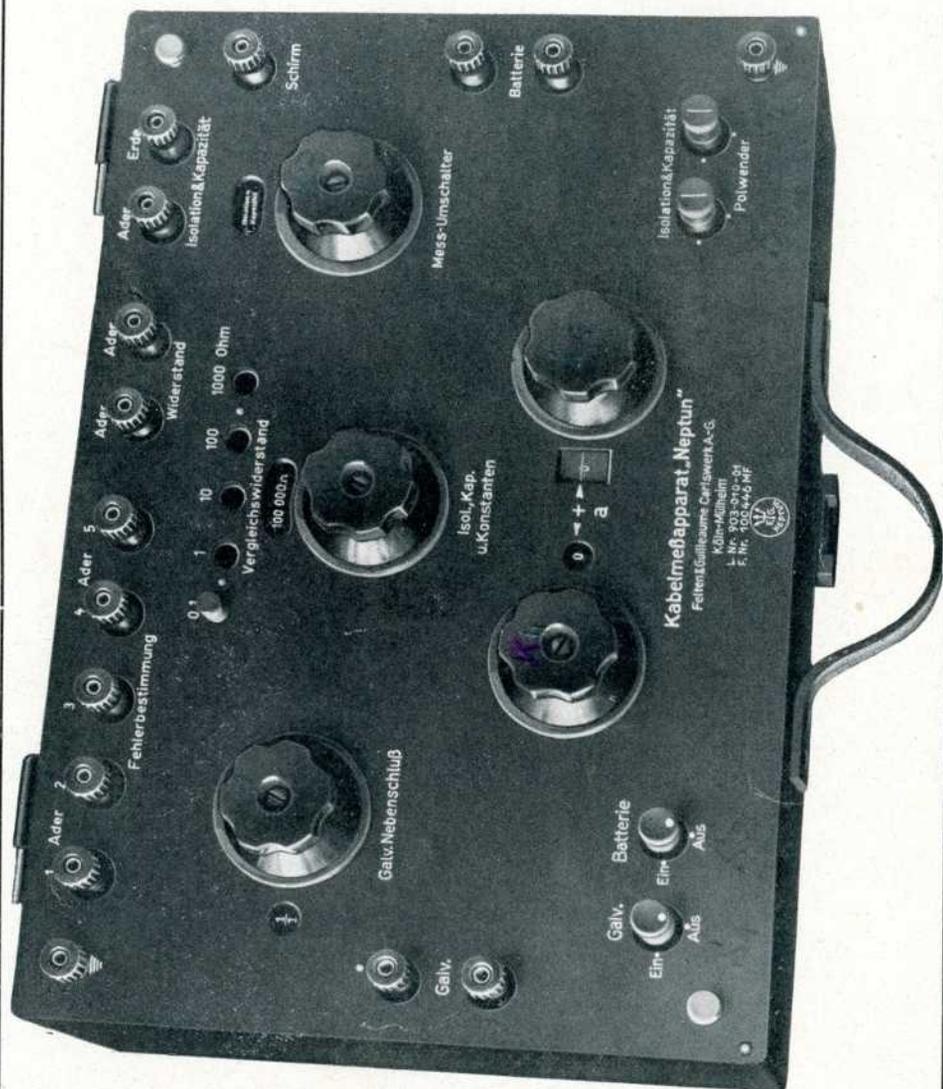


Abb. 1 – Gesamtansicht



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung
903 – 010

Anlage 1

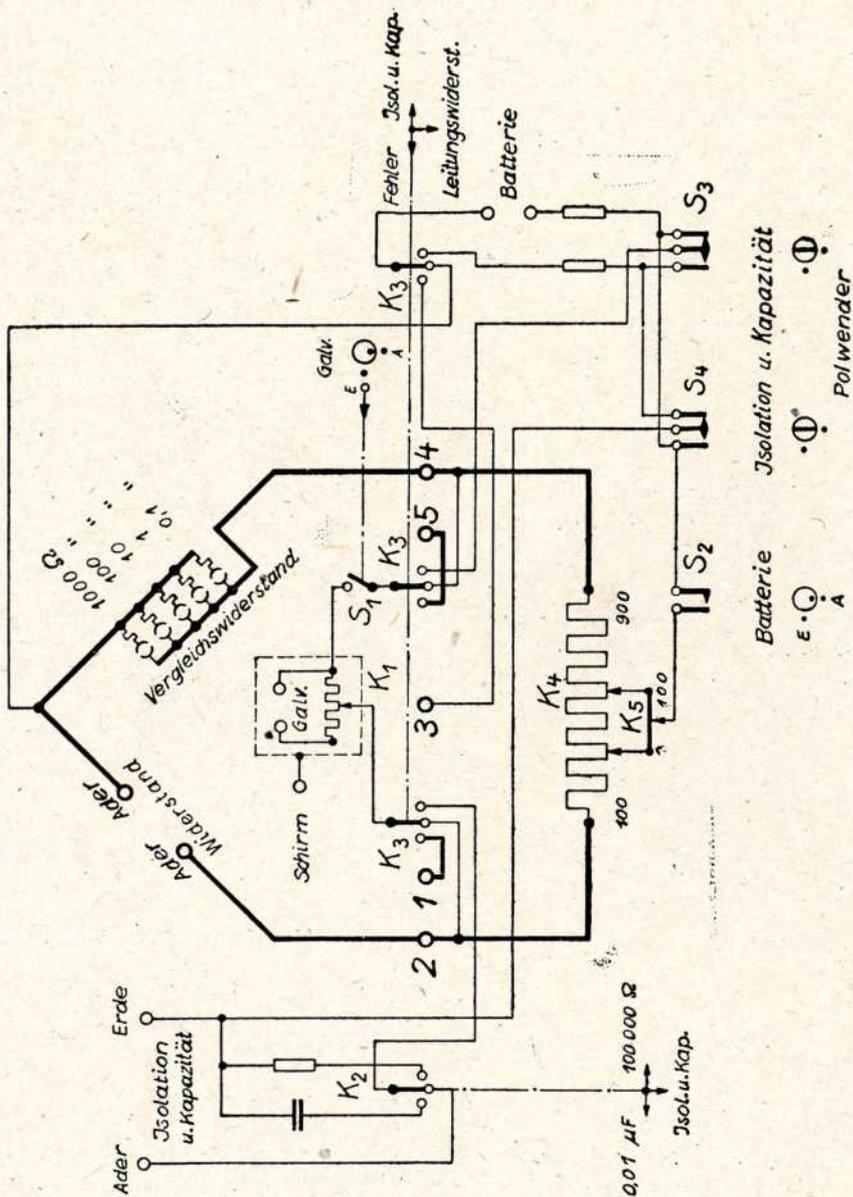


Abb. 2 – Gesamtschaltbild



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung
903-010

Anlage 2

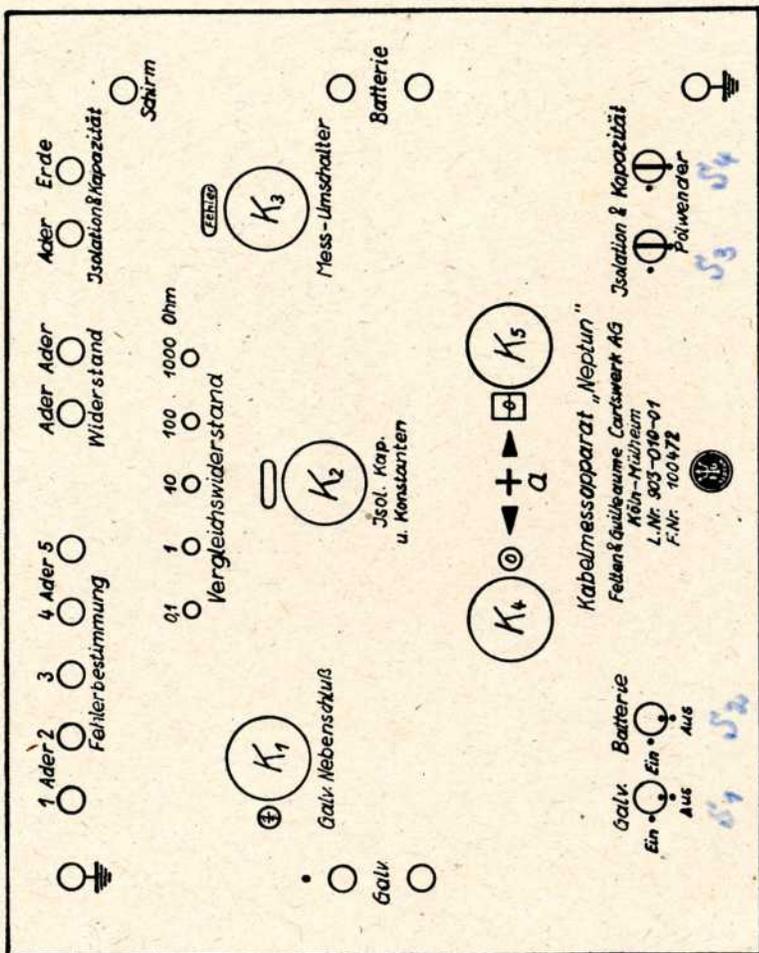


Abb. 3 – Bedienungsbild



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung
903-010

Anlage 3

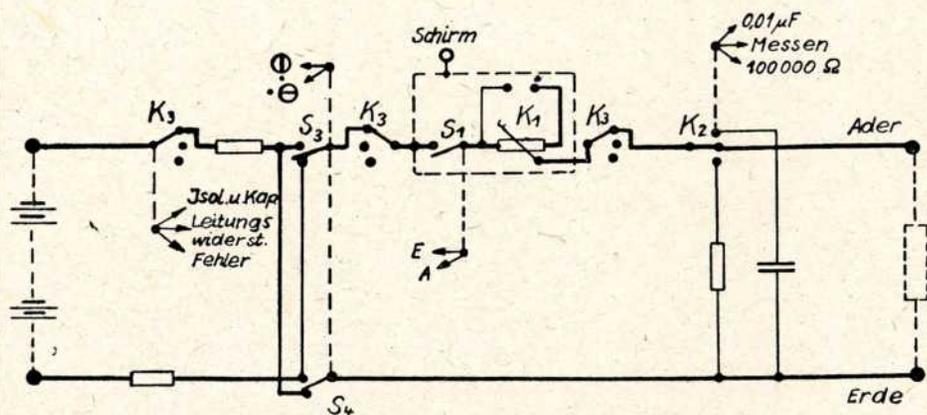


Abb. 4 – Prinzipschaltbild zur Isolations- und Kapazitätsmessung

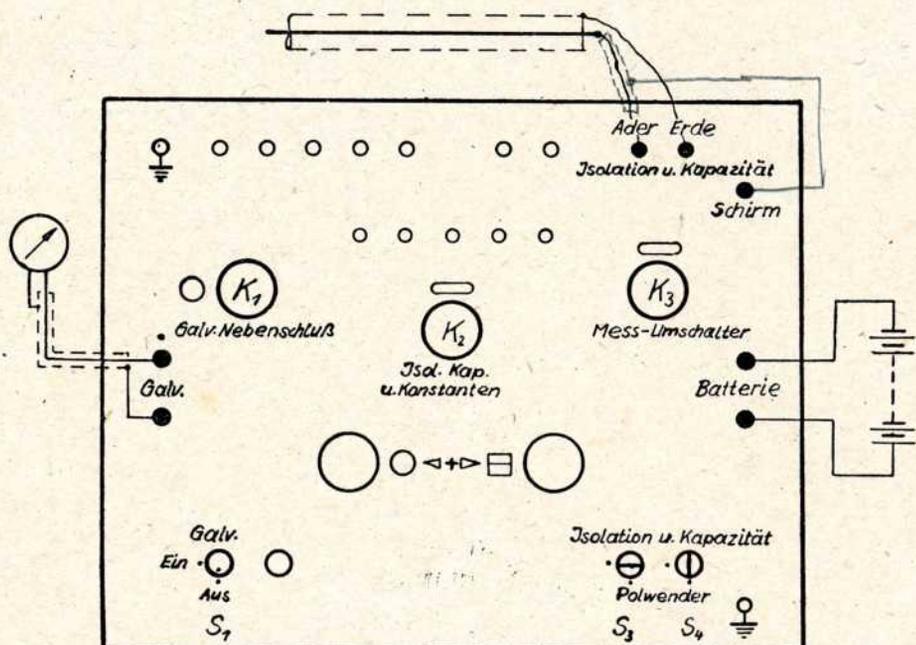


Abb. 5 – Bedienungsbild zur Isolations- und Kapazitätsmessung



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung

903-010

Anlage 4

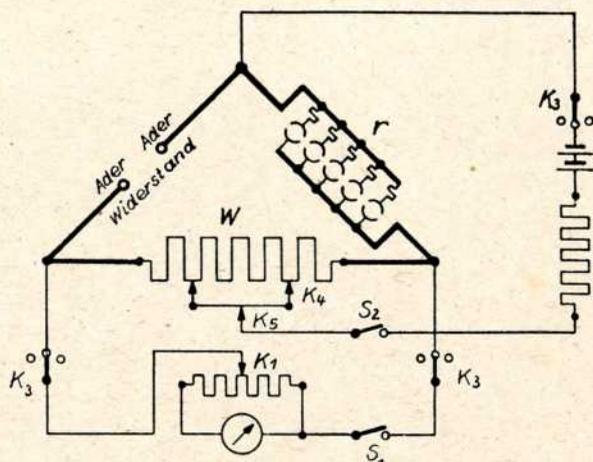


Abb. 6 – Prinzipschaltbild zur Widerstandsmessung

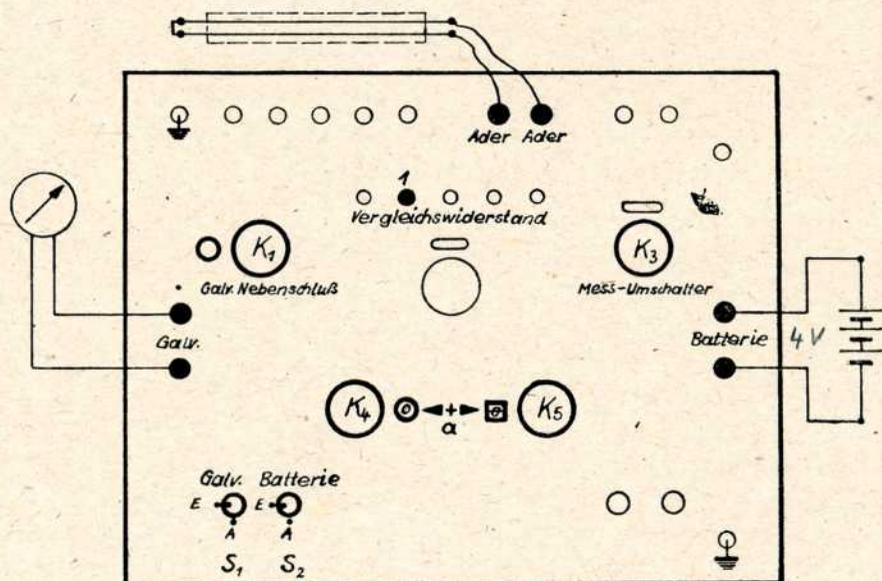


Abb. 7 – Bedienungsbild zur Widerstandsmessung



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung

903-010

Anlage 5

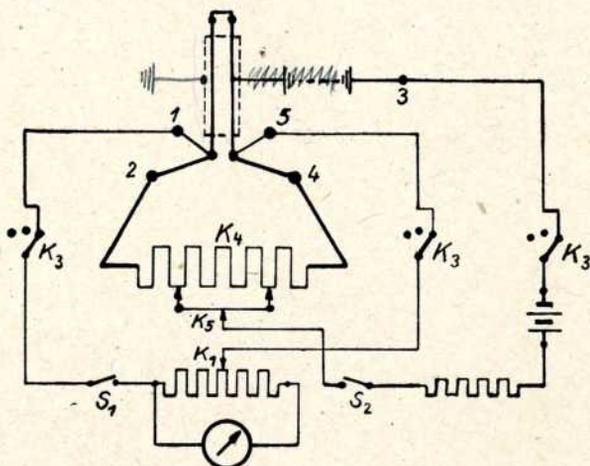


Abb. 8 – Prinzipschaltbild zur Fehlerortsmessung nach Murray

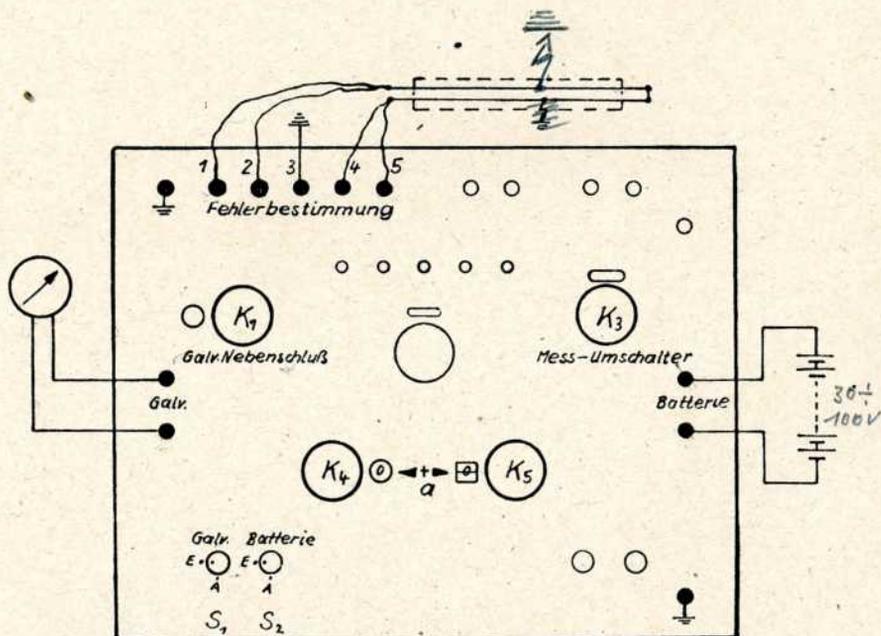


Abb. 9 – Bedienungsbild zur Fehlerortsmessung nach Murray



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung
903-010

Anlage 6

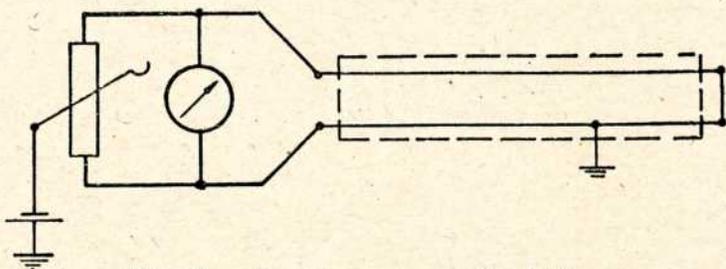


Abb. 10a – Homogene unverzweigte Leitung

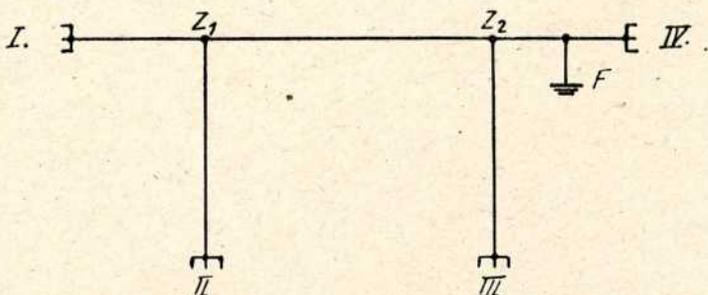


Abb. 10b – Homogene Leitung mit Abzweigungen

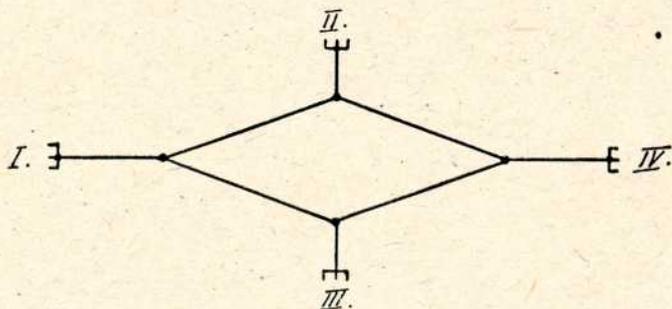


Abb. 10c – Homogene verzweigte Leitung mit Masche

Abb. 10a,b,c – Darstellung der Meßverfahren bei verschiedenen Kabelanordnungen



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung
903-010

Anlage 7

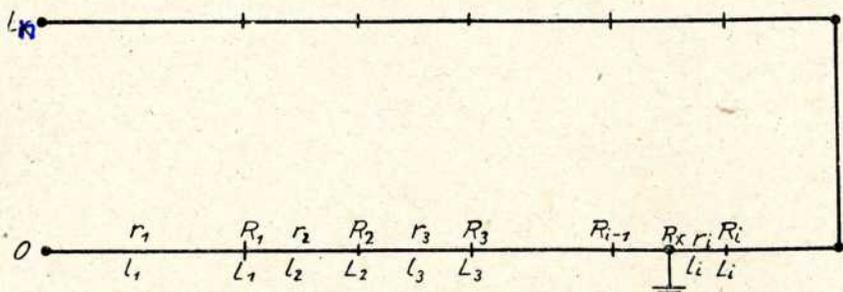


Abb. 10d – Plan einer aus Teilstücken bestehenden Kabelstrecke

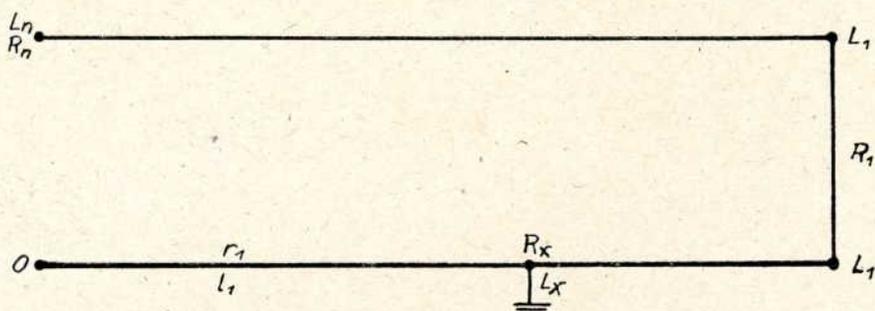


Abb. 10e Fehlerortsmessung mit einer Hilfsleitung

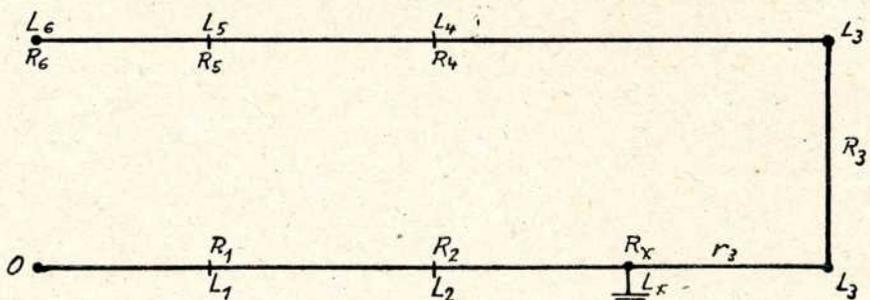


Abb. 10f – Plan eines geflickten Mehrleiterkabels

Abb. 10d,e,f – Darstellung der Meßverfahren bei verschiedenen Kabelanordnungen



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung
903-010

Anlage 7a

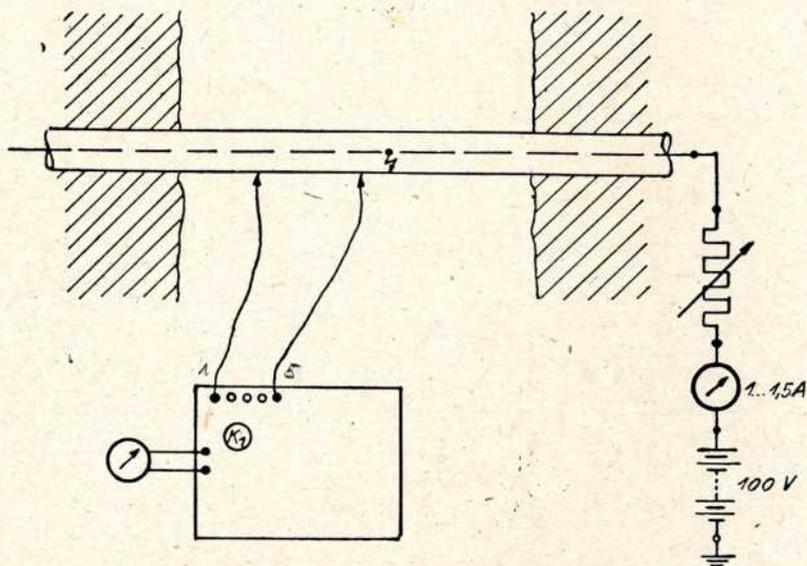


Abb. 13 - Prinzipschaltbild zur Stromrichtungsmessung nach Wurmbach

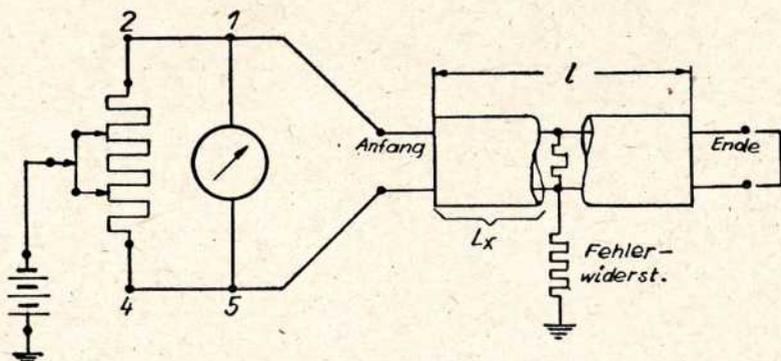


Abb. 14 - Prinzipschaltbild zur Fehlerortsmessung bei alladrigem Nebenschluß mehradriger Kabel nach Küpfmüller.



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung
903-010

Anlage 9

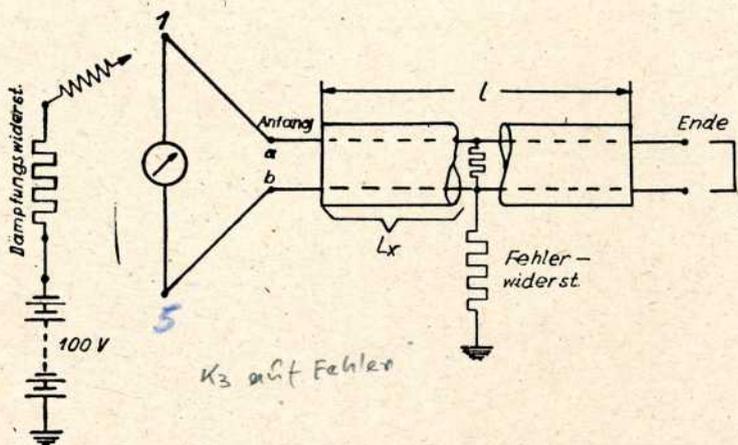


Abb. 15 – Prinzipschaltbild zur Fehlerortsmessung bei alladrigem Nebenschluß und sehr hohem Übergangswiderstand nach Widler

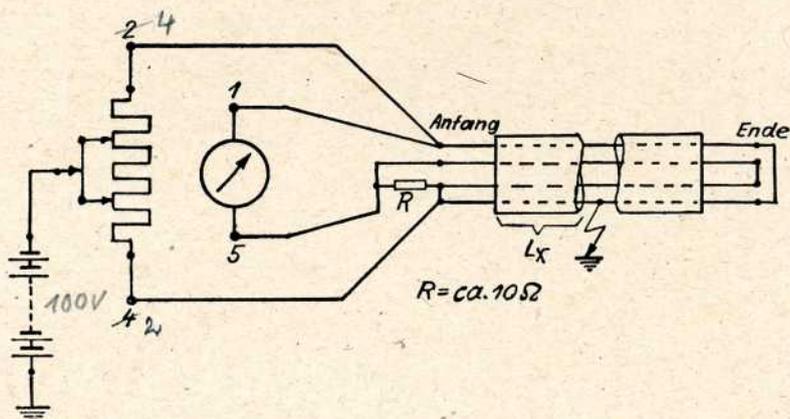


Abb. 16 – Prinzipschaltbild zur Störkompensation bei Fehlerortsmessung



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung
903-010

Anlage 10

a	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
0	0,0000	0,1111	0,2500	0,4286	0,6667	1,0000	1,500	2,333	4,000	9,00
1	,0010	,1123	,2516	,4306	,6694	1,0040	1,506	2,344	4,025	9,10
2	,0020	,1136	,2531	,4327	,6722	1,0080	1,513	2,356	4,051	9,20
3	,0030	,1148	,2547	,4347	,6750	1,0121	1,519	2,367	4,076	9,31
4	,0040	,1161	,2563	,4368	,6779	1,0161	1,525	2,378	4,102	9,42
5	,0050	,1173	,2579	,4388	,6807	1,0202	1,532	2,390	4,128	9,53
6	,0060	,1186	,2594	,4409	,6835	1,0243	1,538	2,401	4,155	9,64
7	,0070	,1198	,2610	,4430	,6863	1,0284	1,545	2,413	4,181	9,75
8	,0081	,1211	,2626	,4451	,6892	1,0325	1,551	2,425	4,208	9,87
9	,0091	,1223	,2642	,4472	,6921	1,0367	1,558	2,436	4,236	9,99
10	,0101	,1236	,2658	,4493	,6949	1,0408	1,564	2,448	4,263	10,11
11	,0111	,1249	,2674	,4514	,6978	1,0450	1,571	2,460	4,291	10,24
12	,0121	,1261	,2690	,4535	,7007	1,0492	1,577	2,472	4,319	10,36
13	,0132	,1274	,2706	,4556	,7036	1,0534	1,584	2,484	4,348	10,49
14	,0142	,1287	,2723	,4577	,7065	1,0576	1,591	2,497	4,376	10,63
15	,0152	,1299	,2739	,4599	,7094	1,0619	1,597	2,509	4,405	10,76
16	,0163	,1312	,2755	,4620	,7123	1,0661	1,604	2,521	4,435	10,90
17	,0173	,1325	,2771	,4641	,7153	1,0704	1,611	2,534	4,464	11,05
18	,0183	,1338	,2788	,4663	,7182	1,0747	1,618	2,546	4,495	11,20
19	,0194	,1351	,2804	,4684	,7212	1,0790	1,625	2,559	4,525	11,35
20	,0204	,1364	,2820	,4706	,7241	1,0833	1,632	2,571	4,556	11,50
21	,0215	,1377	,2837	,4728	,7271	1,0877	1,639	2,584	4,587	11,66
22	,0225	,1390	,2853	,4749	,7301	1,0921	1,646	2,597	4,618	11,82
23	,0235	,1403	,2870	,4771	,7331	1,0964	1,653	2,610	4,650	11,99
24	,0246	,1416	,2887	,4793	,7361	1,1008	1,660	2,623	4,682	12,16
25	,0256	,1429	,2903	,4815	,7391	1,1053	1,667	2,636	4,714	12,33
26	,0267	,1442	,2920	,4837	,7422	1,1097	1,674	2,650	4,747	12,51
27	,0277	,1455	,2937	,4859	,7452	1,1142	1,681	2,663	4,780	12,70
28	,0288	,1468	,2953	,4881	,7483	1,1186	1,688	2,676	4,814	12,89
29	,0299	,1481	,2970	,4903	,7513	1,1231	1,695	2,690	4,848	13,08
30	,0309	,1494	,2987	,4925	,7544	1,1277	1,703	2,704	4,882	13,29
31	,0320	,1507	,3004	,4948	,7575	1,1322	1,710	2,717	4,917	13,49
32	,0331	,1521	,3021	,4970	,7606	1,1368	1,717	2,731	4,952	13,71
33	,0341	,1534	,3038	,4993	,7637	1,1413	1,725	2,745	4,988	13,93
34	,0352	,1547	,3055	,5015	,7668	1,1459	1,732	2,759	5,024	14,15
35	,0363	,1561	,3072	,5038	,7699	1,1505	1,740	2,774	5,061	14,38
36	,0373	,1574	,3089	,5060	,7731	1,1552	1,747	2,788	5,098	14,63
37	,0384	,1587	,3106	,5083	,7762	1,1598	1,755	2,802	5,135	14,87
38	,0395	,1601	,3123	,5106	,7794	1,1645	1,762	2,817	5,173	15,13
39	,0406	,1614	,3141	,5129	,7825	1,1692	1,770	2,831	5,211	15,39
40	,0417	,1628	,3158	,5152	,7857	1,1739	1,778	2,846	5,250	15,67
41	,0428	,1641	,3175	,5175	,7889	1,1786	1,786	2,861	5,289	15,95
42	,0438	,1655	,3193	,5198	,7921	1,1834	1,793	2,876	5,329	16,24
43	,0449	,1669	,3210	,5221	,7953	1,1882	1,801	2,891	5,369	16,54
44	,0460	,1682	,3228	,5244	,7986	1,1930	1,809	2,906	5,410	16,86
45	,0471	,1696	,3245	,5267	,8018	1,1978	1,817	2,922	5,452	17,18
46	,0482	,1710	,3263	,5291	,8051	1,2026	1,825	2,937	5,494	17,52
47	,0493	,1723	,3280	,5314	,8083	1,2075	1,833	2,953	5,536	17,87
48	,0504	,1737	,3298	,5337	,8116	1,2124	1,841	2,968	5,579	18,23
49	,0515	,1751	,3316	,5361	,8149	1,2173	1,849	2,984	5,623	18,61
50	0,0526	0,1765	0,3333	0,5385	0,8182	1,2222	1,857	3,000	5,667	19,00

Abb. 14a — Hilfstafel zur Auswertung von $\frac{a}{1000-a}$



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung
903-010

Anlage 11

a	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
50	0,0526	0,1765	0,3333	0,5385	0,8182	1,2222	1,857	3,000	5,667	19,00
51	,0537	,1779	,3351	,5408	,8215	1,2272	1,865	3,016	5,711	19,41
52	,0549	,1792	,3369	,5432	,8248	1,2321	1,874	3,032	5,767	19,83
53	,0560	,1806	,3387	,5456	,8282	1,2371	1,882	3,049	5,803	20,28
54	,0571	,1820	,3405	,5480	,8315	1,2422	1,890	3,065	5,849	20,74
55	,0582	,1834	,3423	,5504	,8349	1,2472	1,899	3,082	5,897	21,22
56	,0593	,1848	,3441	,5528	,8382	1,2523	1,907	3,098	5,944	21,73
57	,0604	,1862	,3459	,5552	,8416	1,2573	1,915	3,115	5,993	22,26
58	,0616	,1876	,3477	,5576	,8450	1,2624	1,924	3,132	6,042	22,81
59	,0627	,1891	,3495	,5601	,8484	1,2676	1,933	3,149	6,092	23,39
60	,0638	,1905	,3514	,5625	,8519	1,2727	1,941	3,167	6,143	24,00
61	,0650	,1919	,3532	,5649	,8553	1,2779	1,950	3,184	6,194	24,64
62	,0661	,1933	,3550	,5674	,8587	1,2831	1,959	3,202	6,246	25,32
63	,0672	,1947	,3569	,5699	,8622	1,2883	1,967	3,219	6,299	26,03
64	,0684	,1962	,3587	,5723	,8657	1,2936	1,976	3,237	6,353	26,78
65	,0695	,1976	,3605	,5748	,8692	1,2989	1,985	3,255	6,407	27,57
66	,0707	,1990	,3624	,5773	,8727	1,3041	1,994	3,274	6,463	28,41
67	,0718	,2005	,3643	,5798	,8762	1,3095	2,003	3,292	6,519	29,30
68	,0730	,2019	,3661	,5823	,8797	1,3148	2,012	3,310	6,576	30,25
69	,0741	,2034	,3680	,5848	,8832	1,3202	2,021	3,329	6,634	31,26
70	,0753	,2048	,3699	,5873	,8868	1,3256	2,030	3,348	6,692	32,33
71	,0764	,2063	,3717	,5898	,8904	1,3310	2,040	3,367	6,752	33,48
72	,0776	,2077	,3736	,5924	,8939	1,3364	2,049	3,386	6,813	34,71
73	,0787	,2092	,3755	,5949	,8975	1,3419	2,058	3,405	6,874	36,04
74	,0799	,2107	,3774	,5974	,9011	1,3474	2,067	3,425	6,937	37,46
75	,0811	,2121	,3793	,6000	,9048	1,3529	2,077	3,444	7,000	39,00
76	,0823	,2136	,3812	,6026	,9084	1,3585	2,086	3,464	7,065	40,67
77	,0834	,2151	,3831	,6051	,9120	1,3641	2,096	3,484	7,130	42,48
78	,0846	,2165	,3850	,6077	,9157	1,3697	2,106	3,505	7,197	44,45
79	,0858	,2180	,3870	,6103	,9194	1,3753	2,115	3,525	7,264	46,62
80	,0870	,2195	,3889	,6129	,9231	1,3810	2,125	3,545	7,333	49,00
81	,0881	,2210	,3908	,6155	,9268	1,3866	2,135	3,566	7,403	51,63
82	,0893	,2225	,3928	,6181	,9305	1,3923	2,145	3,587	7,475	54,56
83	,0905	,2240	,3947	,6207	,9342	1,3981	2,155	3,608	7,547	57,82
84	,0917	,2255	,3966	,6234	,9380	1,4038	2,165	3,630	7,621	61,50
85	,0929	,2270	,3986	,6260	,9417	1,4096	2,175	3,651	7,696	65,67
86	,0941	,2285	,4006	,6287	,9455	1,4155	2,185	3,673	7,772	70,43
87	,0953	,2300	,4025	,6313	,9493	1,4213	2,195	3,695	7,850	75,92
88	,0965	,2315	,4045	,6340	,9531	1,4272	2,205	3,717	7,929	82,33
89	,0977	,2330	,4065	,6367	,9569	1,4331	2,215	3,739	8,009	89,91
90	,0989	,2346	,4085	,6393	,9608	1,4390	2,226	3,762	8,091	99,00
91	,1001	,2361	,4104	,6420	,9646	1,4450	2,236	3,785	8,174	110,1
92	,1013	,2376	,4124	,6447	,9685	1,4510	2,247	3,808	8,259	124,0
93	,1025	,2392	,4144	,6474	,9724	1,4570	2,257	3,831	8,346	141,9
94	,1038	,2407	,4164	,6502	,9763	1,4631	2,268	3,854	8,434	165,7
95	,1050	,2422	,4184	,6529	,9802	1,4691	2,279	3,878	8,524	199,0
96	,1062	,2438	,4205	,6556	,9841	1,4752	2,289	3,902	8,615	249,0
97	,1074	,2453	,4225	,6584	,9881	1,4814	2,300	3,926	8,709	332,3
98	,1086	,2469	,4245	,6611	,9920	1,4876	2,311	3,950	8,804	499,0
99	,1099	,2484	,4265	,6639	,9960	1,4938	2,322	3,975	8,901	999,0
100	0,1111	0,2500	0,4286	0,6667	1,0000	1,5000	2,333	4,000	9,000	∞

Abb. 14b - Hilfstafel zur Auswertung von $\frac{a}{1000-a}$



Kabelmeßapparat „Neptun“

Beschreibung
903 - 010

Anlage 12

