

**RLC**  
**MESSBRÜCKE**  
**TYP 221**



**RFT**

**VEB FUNKWERK DRESDEN**

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Ansicht des Gerätes . . . . .	5
1. Beschreibung . . . . .	6
Bedienungsplan . . . . .	7
2. Technische Daten . . . . .	8
3. Aufbau und Wirkungsweise . . . . .	10
4. Bedienanweisung . . . . .	13
5. Meßbeispiele	
5.1 Messung von Widerständen . . . . .	14
5.2 Messung von Induktivitäten von 0,1 . . . . . 1000 H . . . . .	15
5.3 Messung von Induktivitäten von 10 $\mu$ H . . . . . 100 mH . . . . .	16
5.4 Messung von Kapazitäten von 10 pF . . . . . 1000 $\mu$ F . . . . .	17
5.5 Bestimmung des Scheinwiderstandes . . . . .	18
5.6 Offene Brücke . . . . .	20
5.7 %-Anzeige . . . . .	21
5.8 Isolationsmessung von 10 . . . . . 10 000 M $\Omega$ . . . . .	22
6. Eichkontrolle und Neuabgleich	
6.1 R-Abgleich . . . . .	23
6.2 R %-Abgleich . . . . .	23
6.3 C-Abgleich . . . . .	23
6.4 C %-Abgleich . . . . .	24
6.5 Kontrolle der Isolationsmessungen . . . . .	24
7. Schalteilliste . . . . .	25
8. Stromlaufplan . . . . .	29

## Ansicht des Gerätes



VEB FUNKWERK DRESDEN

## 1. Beschreibung

Die RLC-Meßbrücke dient zur Messung von Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten. Sie zeichnet sich durch eine außerordentlich vielseitige Verwendbarkeit aus und stellt auf Grund ihres großen Anwendungsbereiches das gegebene Meßgerät für Prüffelder, Laboratorien und Rundfunkwerkstätten dar.

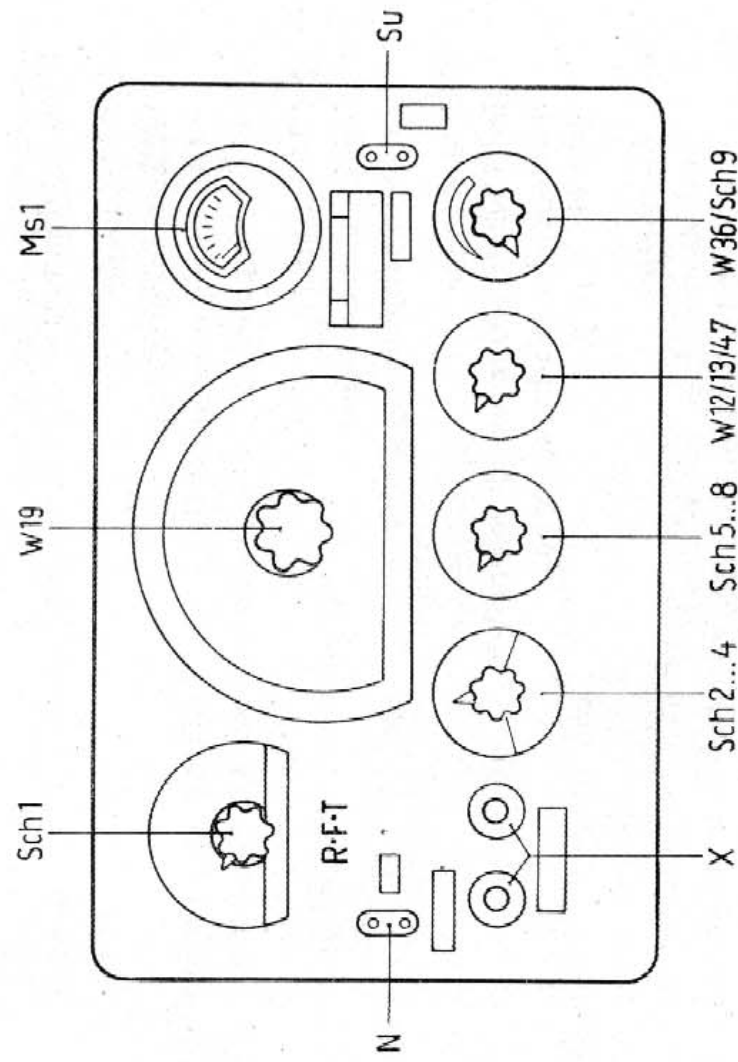
Das Gerät arbeitet in allen Meßstellungen bis auf die Bestimmung des Isolationswiderstandes nach dem Brückenverfahren. Die Messung des Isolationswiderstandes erfolgt in einer Kompensationsschaltung.

Widerstände können mit Gleich- oder Wechselspannung gemessen werden. Die Messung von Kapazitäten und Induktivitäten erfolgt mit Wechselspannung und kann mit Frequenzen von 50 Hz bis 10 kHz durchgeführt werden.

Während 50 Hz dem eingebauten Netzteil entnommen werden, sind die anderen Frequenzen von außen zuzuführen. Die Tonfrequenzspannungsquelle muß eine Leistung von max. 0,5 W abgeben können.

Das Gerät ist zum Anschluß an das Wechselstromnetz bestimmt und für die Spannungswerte 120 V und 220 V ausgelegt.

## Bedienungsplan



Sch 1	Schalter „Bereichsfaktor“
Sch 2...4	Schalter „Meßart“
Sch 5...8	Schalter „Meßspannung“
W 12/13/47	Regler „Phase“
W 19	Regler „Abgleich“
W 36/Sch 9	Regler „Empfindlichkeit“ Kombiniert mit Netzschalter
N	Anschluß für Normal
X	Anschluß für Meßobjekt
Su	Anschluß für Tongenerator
Ms 1	Anzeigeeinstrument

## 2. Technische Daten

### 2.1 Meßmöglichkeiten:

- a) R-Messungen  
Widerstandsmessungen  
mit Wechselspannung 50 Hz  
mit Gleichspannung  
von 0,1  $\Omega$  . . . 10 M $\Omega$   
von 1,0  $\Omega$  . . . 100 k $\Omega$
- b) L-Messungen  
Induktivitätsmessungen  
mit Wechselspannung 50 Hz  
von 100 mH . . . 1000 H
- c) L-Messungen  
Induktivitätsmessungen mit von außen  
anzulegender Wechselspannung  
5000 Hz  $\pm$  10 %  
von 10  $\mu$ H . . . 100 mH
- d) C-Messungen  
Kapazitätsmessungen mit Wechsel-  
spannung 50 Hz (Bereich 10 . . . 100 pF  
ohne Toleranzangabe)  
von 100 pF . . . 1000  $\mu$ F
- e)  $\mathcal{R}$ -Messungen  
Scheinwiderstandsmessungen (induktiv)  
mit von außen anzulegender Wechsel-  
spannung 800 Hz, zwischen 1° und 30°  
(induktiv)  
0,1  $\Omega$  . . . 10 M $\Omega$
- f) Offene Brücke  
Vergleichsmessungen mit Normal bei  
Gleichspannung für Widerstände  
bei Wechselspannung  
und Kapazitäten über 1000 pF  
von 10  $\Omega$  . . . 1 M $\Omega$   
von 1  $\Omega$  . . . 1 M $\Omega$   
X = 0,1 . . . 1,1 · N
- g) %-Messungen  
Prozentmessungen mit Gleich- und  
Wechselspannung 50 Hz für Kapazi-  
täten über 1000 pF und Widerstände  
von 100  $\Omega$  . . . 1 M $\Omega$   
X = N  $\pm$  20 %
- h) Isolationsmessungen mit Gleich-  
spannung zum Prüfen von Isolations-  
widerständen zwischen 10 u. 10000 M $\Omega$

### 2.2 Meßgenauigkeit:

- Messung a) . . . f)  
 $< \pm 3 \%$   
zuzüglich  $\pm 2$  Skalenteile  
Messung g)  
 $< \pm 1$  Skalenteil  
Messung h)  
 $< \pm 10 \%$   
zuzüglich  $\pm 10$  Skalenteile

### 2.3 Brückenspannungen:

- Bei Benutzung der eingebauten  
Spannungsquellen  
a) 50 Hz Wechselspannung  
b) Gleichspannung  
1 V  $\pm$  10 %  
6 . . . 10 V

Bei Verwendung eines Tongenerators  
von 50 . . . 10000 Hz höchstzulässige  
Spannung an den Buchsen „Summer“  
30 V

### 2.4 Skalenteilung: annähernd linear

### 2.5 Stromversorgung:

- Netzanschluß 50 Hz 120 V und 220 V umschaltbar  
Feinsicherung 80 mA für 220 V  
160 mA für 120 V  
zulässige Netzspannungsschwankung  $\pm 10 \%$   
Leistungsaufnahme etwa 20 VA

### 2.6 Röhrenbestückung: 2 $\times$ EF 86

### 2.7 Abmessungen: 350 $\times$ 210 $\times$ 225 (mm)

### 2.8 Gewicht: etwa 9,6 kg

### 3. Aufbau und Wirkungsweise

Die gesamte Meßeinrichtung besteht aus einer Brückenordnung, dem Indikator und dem Netzteil.

Der Indikator dient beim Abgleich zur Anzeige des Brückenminimums. Er besteht aus einem Anzeigeelement und einem hochempfindlichen Niederfrequenzverstärker, der Frequenzen zwischen 50 Hz . . . 10000 Hz verstärkt. Es können aber z. B. Widerstandsmessungen auch mit Gleichstrom vorgenommen werden, der mittels eines Wechselrichters zur Minimumanzeige in Wechselstrom umgeformt wird. Das eingebaute Netzgerät liefert als Meßspannung eine Wechselspannung von etwa 1 V/50 Hz oder eine Gleichspannung von 6 . . . 10 V, die wahlweise zur Speisung der Brücke dienen können.

Außerdem besteht die Möglichkeit, über das Buchsenpaar „Summer“ eine Spannungsquelle anzuschließen, deren Frequenz im Tonfrequenzbereich liegt. Diese Spannung wird zwecks Symmetrierung über einen Übertrager geführt. Das Übersetzungsverhältnis ist so gewählt, daß eine Überlastung der Brücke bei Summerspannungen bis 30 V nicht auftreten kann.

Der Messung liegt das Brückenverfahren zu Grunde, das gegenüber anderen Methoden einige Vorteile aufweist:

Die Meßwertanzeige ist von Schwankungen der Betriebsspannung weitgehend unabhängig.

Der Meßwert ist nach dem Minimumabgleich von einer Skala unter Berücksichtigung des eingestellten Meßbereiches direkt ablesbar.

Die Meßgenauigkeit einer Meßbrückenordnung ist groß und hängt von der Genauigkeit der in den Brückenarmen liegenden Schaltelemente ab. Der Minimumabgleich ist sehr genau durchführbar.

Bei einer abgeglichenen Brücke besteht zwischen den Punkten A und B kein Spannungsunterschied, d. h., das in der Brückendiagonale liegende Anzeigeelement wird nicht vom Strom durchflossen.

Für diesen Fall gilt die Beziehung:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

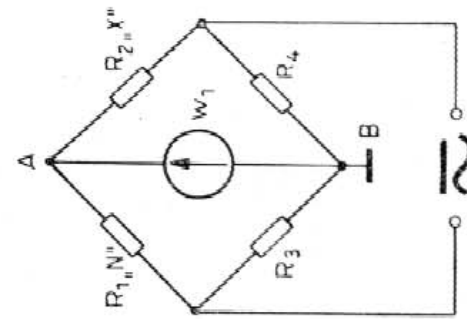


Abb. 1

Ist z. B.  $R_2$  der unbekannte Widerstand „X“, dann kann dieser nach der Gleichung

$$R_2 = \frac{R_4}{R_3} \cdot R_1$$

berechnet werden, wenn die Größe der übrigen Widerstände bekannt ist.

Soll mit einer solchen Brückenordnung ein unbekannter Widerstandswert gemessen werden, führt man  $R_3$  oder  $R_4$  als geeichtes Potentiometer aus, mit dem man die Brücke auf Minimum abgleichen kann. Ist die Eichung dieses Potentiometers so durchgeführt worden, daß das Verhältnis

$$\frac{R_4}{R_3}$$

angezeigt wird, braucht man zur Ermittlung des unbekanntes Meßwertes die Anzeige nur mit der Größe des Widerstandes  $R_1$  zu multiplizieren. Als solcher ist ein eng tolerierter „Normalwiderstand“ eingebaut. Bei Kapazitätsmessungen tritt an Stelle des Normalwiderstandes ein Normalkondensator. Der Bereichswechsel erfolgt durch Umschalten der Normale.

**Widerstände** können mit Gleich- oder Wechselspannung gemessen werden, während die Messung von Kapazitäten und Induktivitäten mit Wechselspannung von 50 bzw. 5000 Hz erfolgt.

Bei der **Induktivitätsmessung** ist das Meßgerät als Maxwell-Brücke geschaltet, wobei  $R_3$  durch einen Normalkondensator  $C_N$  ersetzt wird.

Theoretisch ist für ideale Induktivitäten Brückengleichgewicht vorhanden, wenn die Bedingung

$$\omega L_x : R_1 = R_4 : \frac{1}{\omega C_N}$$

erfüllt wird.

Umgeformt lautet diese Gleichung:

$$\frac{L_x}{R_1} = R_4 \cdot C_N$$

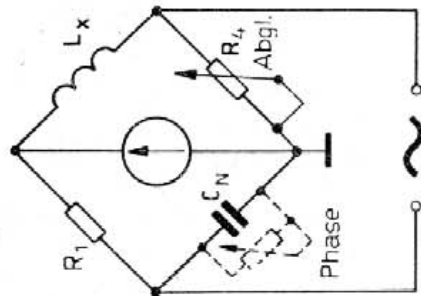


Abb. 2

Bei Minimumabgleich muß der ohmsche Verlustwiderstand der Spule, der sich aus dem Wicklungswiderstand und den Eisenverlusten zusammensetzt, kompensiert werden, was durch einen zu  $C_N$  parallelliegenden Regelwiderstand erreicht wird. Dieser bildet den Verlustwiderstand des Meßobjektes nach und ist mit „Phase“ bezeichnet (W 12/13/47).

Die Messung von **Kapazitäten** erfolgt ebenfalls nach der Brückenmethode. Die Schaltglieder der Brücke sind nach nebenstehender Abbildung angeordnet. Der Abgleich erfolgt wieder auf Minimum. Auch hier muß ein Phasenabgleich durchgeführt werden, um den Verlustwinkel des Kondensators nachzubilden. Zu diesem Zweck ist parallel zu  $C_N$  ein Regelwiderstand geschaltet.

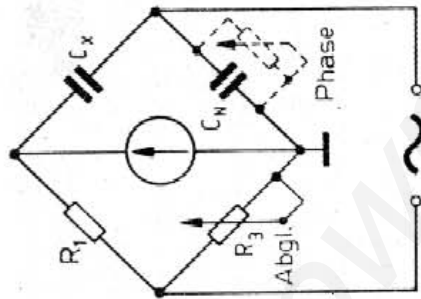


Abb. 3

Die Messung von **Isolationswiderständen** wird nicht nach der Brückenmethode, sondern nach einer Kompensationsmethode durchgeführt.

## 4. Bedienanweisung

### 4.1 Sicherung für 120 V oder 220 V Netzspannung

Das Gerät wird von der Lieferfirma auf 220 V eingestellt. Für den Betrieb mit 120 V muß die Netzsicherung ausgewechselt werden. Hierzu wird das Gerät nach Lösen der vier Rotingschrauben aus dem Gehäuse gezogen und die für 120 V bestimmte Sicherung (160 mA) in die dafür vorgesehene Halterung geklemmt. Die Sicherung für 220 V (80 mA) ist zu entfernen.

### 4.2 Einschalten des Gerätes

Nachdem das Gerät über die an der Rückseite befindliche Buchse geerdet und die Verbindung mit dem Wechselstromnetz hergestellt worden ist, wird das Gerät durch eine Rechtsdrehung des Empfindlichkeitsreglers W 36 eingeschaltet.

4.3 **Der Meßvorgang** für die einzelnen Meßarten ist in den Abschnitten 5.1 . . . 5.8 beschrieben.

### Allgemein ist bei der Messung folgendes zu beachten:

- Das Meßobjekt soll mit **möglichst kurzen Leitungen** an die Klemme „X“ angeschlossen werden.
- Beim Messen kleiner Widerstände ist auf eine gute Verbindung an den Anschlußklemmen zu achten, da Übergangswiderstände das Meßergebnis verfälschen können.
- Ist die Größenordnung, in welcher der Meßwert liegt, unbekannt, so wird der Abgleichregler W 19 in Mittelstellung gebracht und bei verringerter Empfindlichkeit (Drehregler W 36 nahe am linken Anschlag) der Schalter Sch 1 „Bereichsfaktor“ so lange durchgeschaltet, bis der Zeiger des Instrumentes sich dem linken Anschlag nähert. Anschließend wird bei gleichzeitiger Steigerung der Empfindlichkeit mit Regler W 19 auf genaues Minimum abgeglichen. Es wird empfohlen, jeden Meßvorgang bei geringer Empfindlichkeit zu beginnen, da sonst das Minimum leicht übersehen werden kann.

4.4 Bei **Kondensatoren, deren Kapazität kleiner als 1000 pF** ist, soll unter das Gerät und unter das Meßobjekt eine Metallplatte gelegt und diese mit der Erdbuchse des Gerätes verbunden werden, um das Meßobjekt elektrisch nicht zu beeinflussen. Hierbei ist zu beachten, daß beim Anschluß von Normalkondensatoren und von geschirmten Kondensatoren diese Metallplatte isoliert werden muß, damit dieselbe nicht mit der Abschirmung der Kondensatoren in Berührung kommt.

4.5 Sollen Messungen mit **abgeschirmten** Widerständen, Spulen und Kondensatoren (Normalkondensatoren  $K_{1,2} + K_{20}$ ) durchgeführt werden, so

muß bei Anschluß an „X“ die Abschirmung an die **linke** „X“-Klemme bzw. bei Anschluß an „N“ an die untere „N“-Klemme mit der Bezeichnung „Schirm“ angeschlossen werden, damit keine Fehlmessung zustande kommt. Die Abschirmung darf jedoch nicht geerdet werden.

4.6 Bei der Messung von **Induktivitäten**, z. B. von Spulen und Übertragern sowie bei Messungen größerer Kondensatoren und Elektrolyt-Kondensatoren und bei Ermittlung von Anpassungswiderständen ist der **Phasenregler W 12/13/47 ebenfalls zur Messung mit zu benutzen**. Der Brückenabgleich erfolgt durch **mehrmalige wechselweise** Minimum-Nachstellung von „Abgleich“ und „Phase“.

4.7 Bei der Messung kann durch **Oberwellen der Meßspannung** oder durch Oberwellen, die vom Meßobjekt gebildet werden, eine Restspannung stehenbleiben. In diesem Falle darf die **Empfindlichkeit nicht zu weit erhöht** werden, da sonst eine eindeutige Einstellung des Minimums nicht möglich ist.

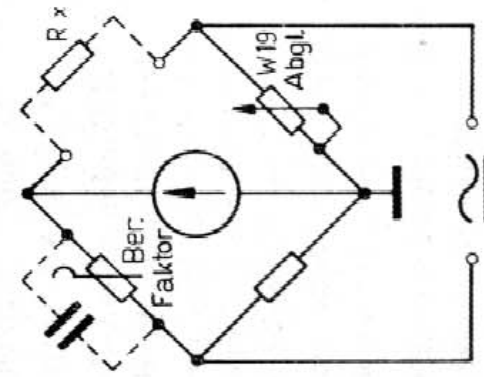
4.8 Bei der **Messung mit einer Summerspannung** ist darauf zu achten, daß die Meßspannung sinusförmig verläuft, da sonst ein genauer Abgleich nicht möglich ist. Bei Entnahme einer Meßfrequenz von 50 Hz oder einer der nächsten Vielfachen davon können durch Schwebungen oder einstreuende Spannungen aus dem Netz periodische Schwankungen eintreten, die eine genaue Einstellung stören. Man verzichtet deshalb darauf, eine Meßfrequenz von 50 Hz oder einer geringen Vielfachen von außen zuzuführen.

#### 5.1 Messung von Widerständen

Zur Messung ohmscher Widerstände werden die Schalter der Meßbrücke in folgende Schaltstellungen gebracht:

- Schalter Sch 2 ... 4 „Meßart“ in Stellung „R“
- Schalter Sch 5 ... 8 „Meßspannung“ in Stellung „50 Hz“  
(Messung mit Wechselstrom von  $0,1 \Omega \dots 10 \text{ M}\Omega$ )  
oder in Stellung „=“  
(Messung mit Gleichstrom; von  $1 \Omega \dots 100 \text{ k}\Omega$ )
- Schalter Sch 1 „Bereichsfaktor“ auf entsprechenden Bereich stellen  
(siehe auch Abschnitt 4,3 c).

- |                  |     |                |     |                |
|------------------|-----|----------------|-----|----------------|
| 0,1 $\Omega$ :   | von | 0,1            | ... | 1 $\Omega$     |
| 1 $\Omega$ :     | von | 1              | ... | 10 $\Omega$    |
| 10 $\Omega$ :    | von | 10             | ... | 100 $\Omega$   |
| 100 $\Omega$ :   | von | 100            | ... | 1000 $\Omega$  |
| 1 k $\Omega$ :   | von | 1              | ... | 10 k $\Omega$  |
| 10 k $\Omega$ :  | von | 10             | ... | 100 k $\Omega$ |
| 100 k $\Omega$ : | von | 100 k $\Omega$ | ... | 1 M $\Omega$   |
| 1 M $\Omega$ :   | von | 1              | ... | 10 M $\Omega$  |



4. Das Meßobjekt zwischen die Klemmen „X“ schalten.

5. Durch Abgleich mit Regler W 19 am Instrument genaues Minimum einstellen. Zur Anzeige eines eindeutigen Minimums ist der Regler W 36 „Empfindlichkeit“ mit zu benutzen.

Die Ablesung des Widerstandswertes ist im folgenden Beispiel erläutert:

Beispiel 1: Ablesung an W 19 „Abgleich“ = 3,2  
Bereichsfaktor = 100  $\Omega$   
dann beträgt der Wert von  $R_x$  =

$$3,2 \times 100 \Omega = 320 \Omega$$

**Ohmsche Wicklungswiderstände** von Transformatoren, Übertragern, Drosseln usw. werden in Stellung „=“ des Schalters Sch 5 ... 8 „Meßspannung“ gemessen.

Bei der Messung von **Widerständen mit großen kapazitiven Komponenten** wird zwischen untere Buchse „N“ und rechte Buchse „X“ zur Kompensierung des Phasenwinkels ein veränderlicher Normal-kondensator geschaltet, der zur Einstellung eines eindeutigen Minimums mit benutzt werden muß.

Als Hinweis soll dienen, daß der Normalkondensator so gewählt werden muß, daß sein Kapazitätswert je nach Stellung des Reglers W 19 etwa  $0,1 \dots 1$  mal so groß ist, wie die kapazitive Komponente des zu messenden Widerstandes.

Zur Errechnung des Phasenwinkels kann folgende Formel verwendet werden:

$$\text{tg } \varphi_x = 2 \pi f \cdot C \cdot \text{Bereichsfaktor} \cdot 10^{-11}$$

worin die Meßfrequenz  $f$  in (Hz), die Zusatzkapazität  $C$  in (pF) und der Bereichsfaktor in ( $\Omega$ ) eingesetzt wird.

**Widerstände über  $10 \text{ M}\Omega$**  (Isolationswerte) werden in Stellung „Isol“ gemessen.

#### 5.2 Messung von Induktivitäten von 0,1 ... 1000 H

Die Messungen von Induktivitäten in obigem Bereich werden mit einer Frequenz von 50 Hz durchgeführt, die dem eingebauten Netzteil entnommen wird. Die Schalter der Meßbrücke stehen dabei in folgenden Schaltstellungen:

- Schalter Sch 2 ... 4 „Meßart“ in Stellung „L 50 Hz“
- Schalter Sch 5 ... 8 „Meßspannung“ in Stellung „50 Hz“
- Schalter Sch 1 „Bereichsfaktor“ auf entsprechenden Bereich stellen  
(Siehe auch Abschnitt 4,3 c)



blaue Skala

- 0,1 H : von 0,1 ... 1 H
- 1 H : von 1 ... 10 H
- 10 H : von 10 ... 100 H
- 100 H : von 100 ... 1000 H

4. Das Meßobjekt zwischen die Klemmen „X“ schalten.
5. Durch Abgleich mit Regler W 19 am Instrument genaues Minimum einstellen.

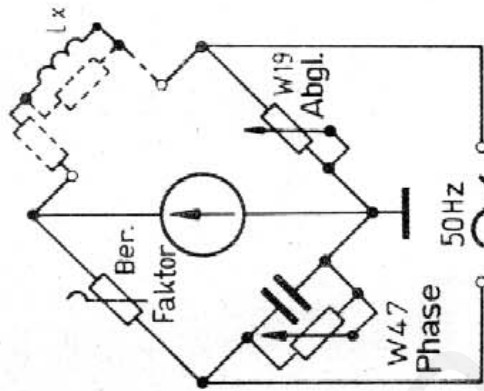


Abb. 5

Zur Anzeige eines eindeutigen Minimums ist der Regler W 36 „Empfindlichkeit“ und der Phasenregler W 12/13/47 mit zu benutzen, wobei durch mehrmaliges abwechselndes Bedienen von W 19 und W 12/13/47 ein optimales Minimum eingestellt wird unter gleichzeitigem Nachregeln der Empfindlichkeit mittels W 36.

Beispiel 2: Ablesung an W 19 „Abgleich“ = 6,4  
 Bereichsfaktor = 0,1 H  
 dann beträgt der Wert von „L<sub>x</sub>“ =

$$6,4 \times 0,1 \text{ H} = 0,64 \text{ H}$$

Die Spannung am Meßobjekt beträgt:

$$U_L = \frac{\text{Abl. an W 19}}{32} \text{ [V]}$$

### 5.3 Messung von Induktivitäten von 10 μH ... 100 mH

Die Messungen von Induktivitäten in obigem Bereich werden mit einer Frequenz von 5000 Hz durchgeführt, die von außen über die Buchsen „Summer“ zugeführt werden muß.

Die Schalter der Meßbrücke stehen dabei in folgenden Schaltstellungen:

1. Schalter Sch 2 ... 4 „Meßart“ in Stellung „L<sub>Su</sub>“
2. Schalter Sch 5 ... 8 „Meßspannung“ in Stellung „Su“
3. Schalter Sch 1 „Bereichsfaktor“ auf entsprechenden Bereich stellen. (Siehe auch Abschnitt 4.3 c)

grüne Skala

- 0,01 mH : von 10 ... 100 μH
- 0,1 mH : von 0,1 ... 1 mH
- 1 mH : von 1 ... 10 mH
- 10 mH : von 10 ... 100 mH

mit 5000 Hz ± 10%  
 (über die  
 Buchsen „Summer“  
 zuführen)

4. Das Meßobjekt zwischen die Klemme „X“ schalten.

5. Der Abgleich erfolgt wie in Abschnitt 5.2 Absatz 5 beschrieben.

Beispiel 3:

Ablesung an W 19 „Abgleich“ = 7,5  
 Bereichsfaktor = 10 mH  
 dann beträgt der Wert von „L<sub>x</sub>“ =

$$7,5 \times 10 \text{ mH} = 75 \text{ mH}$$

Die Spannung am Meßobjekt bei 5000 Hz ist:

$$U_L = \frac{\text{Summerspannung}}{10} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{3,2}{\text{Abl. W 19}}\right)^2}}$$

### 5.4 Messung von Kapazitäten von 10 pF ... 1000 μF

Die Messung von Kapazitäten im obigen Bereich werden mit einer Frequenz von 50 Hz durchgeführt, die dem eingebauten Netzteil entnommen wird.

Die Schalter der Meßbrücke stehen dabei in folgenden Schaltstellungen:

1. Schalter Sch 2 ... 4 „Meßart“ in Stellung „C 50 H“
2. Schalter Sch 5 ... 8 „Meßspannung“ in Stellung „50 Hz“
3. Schalter Sch 1 „Bereichsfaktor“ auf entsprechenden Bereich stellen. (Siehe auch Abschnitt 4.3 c)

rote Skala

- 10 pF : von 10 ... 100 pF\*
- 100 pF : von 100 ... 1000 pF
- 1 nF : von 1 ... 10 nF
- 10 nF : von 10 ... 100 nF
- 100 nF : von 0,1 ... 1 μF
- 1 μF : von 1 ... 10 μF
- 10 μF : von 10 ... 100 μF
- 100 μF : von 100 ... 1000 μF

\*) Im Bereich 10 ... 100 pF können Fehler durch Unsymmetrie des Netzes und durch Fremdfehler von außen auftreten.

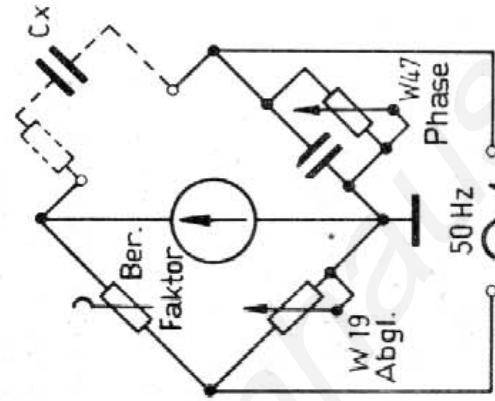


Abb. 7

- Das Meßobjekt zwischen die Klemmen „X“ schalten.
- Durch Abgleich mit Regler W 19 am Instrument genaues Minimum einstellen.

Zur Anzeige eines eindeutigen Minimums ist der Phasenregler W 12/13/47 mit zu benutzen (Kompensation des Verlustwiderstandes)

**Anmerkung:** Bei Messungen von kleinen Kapazitätswerten sind vom Meßergebnis 10 pF abzuziehen (Eingangs- und Streukapazität der Meßbrücke).

Beispiel: Ablesung an W 19 „Abgleich“ = 11  
 Bereichsfaktor = 1 nF  
 dann beträgt der Wert von  $C_x$  =

$$11 \times 1 \text{ nF} = 11 \text{ nF}$$

### 5.5 Bestimmung des Scheinwiderstandes

von Spulen, Übertragern, Lautsprechersystemen und dgl. im Bereich von  $0,1 \Omega \dots 10 \text{ M}\Omega$

Bei Widerständen mit einer induktiven Komponente kann der Scheinwiderstand durch Messung des Wirkwiderstandes (reeller Anteil  $R_a$ ) bestimmt werden. Der durch Gleichsetzen des Scheinwiderstandes mit dem Wirkwiderstand entstehende Meßfehler ist von der Größe des Phasenwinkels abhängig und beträgt bei  $\varphi = 30^\circ$  etwa  $-12\%$

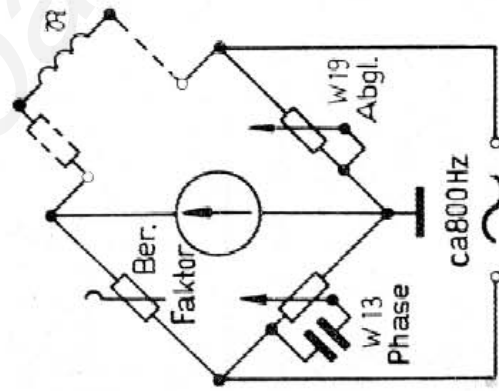


Abb. 8

Bei Widerständen mit einer größeren induktiven Komponente wird der Scheinwiderstand durch Multiplikation von  $R_a$  mit einem Korrekturfaktor bestimmt (siehe Kurve), der von der Stellung des Phasenreglers W 12/13/47 abhängig ist.

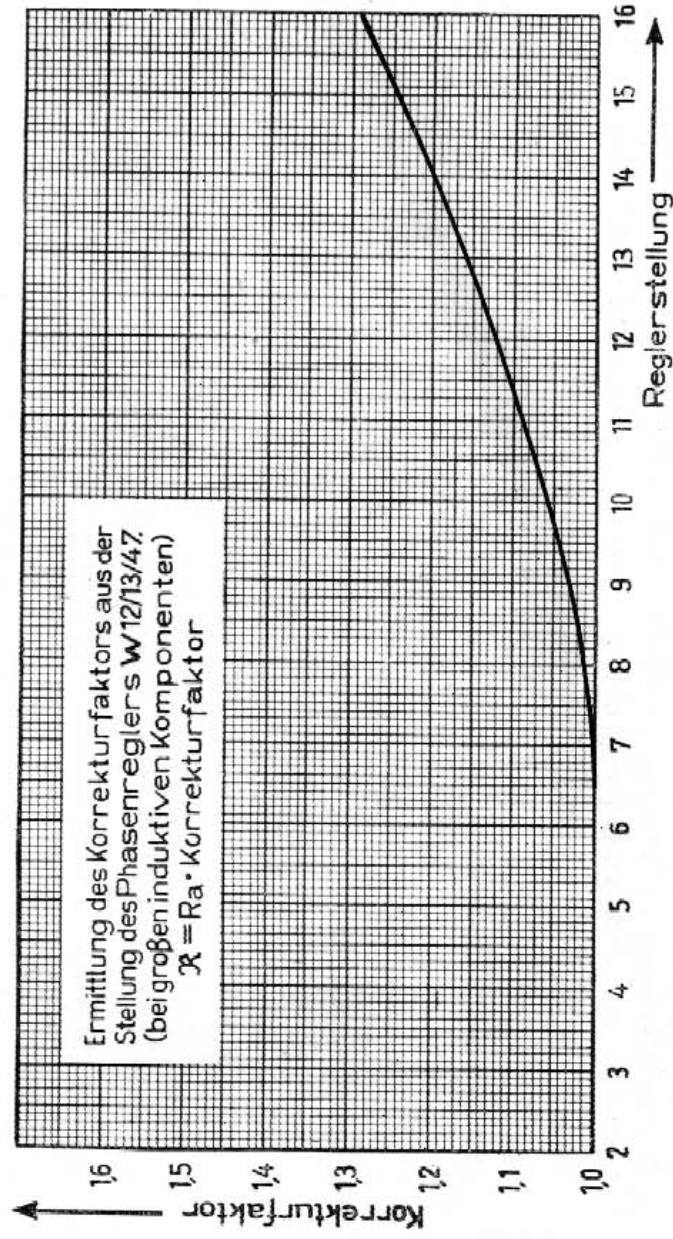
In diesem Falle ist also:

$$\mathfrak{R} = R_a \cdot \text{Korrekturfaktor}$$

(Die Messung von  $R_a$  wird anschließend beschrieben).

Rechnerisch wird der Scheinwiderstand ausgedrückt durch:

$$\mathfrak{R} = \sqrt{R_a^2 + (\omega L)^2}$$



Zur Bestimmung des Scheinwiderstandes werden die Schalter der Meßbereiche in folgende Schaltstellungen gebracht:

- Schalter Sch 2... 4 „Meßart“ in Stellung „ $\mathfrak{R}, \text{Su}$ “
- Schalter Sch 5... 8 „Meßspannung“ in Stellung „Su“
- Schalter Sch 1 „Bereichsfaktor“ auf entsprechenden Bereich stellen. (siehe auch Abschnitt 4.3 c)
- Das Meßobjekt zwischen die Klemmen „X“ schalten.
- Aus einem Generator wird über die Buchsen „Su“ von außen eine Frequenz von 800 Hz zugeführt.
- Durch Abgleich mit W 19 am Instrument genaues Minimum einstellen.

Zur Anzeige eines eindeutigen Minimums ist der Regler W 36 „Empfindlichkeit“ und der Phasenregler W 12/13/47 mit zu benutzen, wobei durch mehrmaliges abwechselndes Bedienen von W 19 und W 12/13/47 ein optimales Minimum eingestellt wird unter gleichzeitigem Nachregeln des Empfindlichkeitsreglers W 36.

Beispiel 5: (Meßfrequenz: 800 Hz)

Ablesung an W 19 „Abgleich“ = 9,5

Bereichsfaktor = 10 k $\Omega$

dann beträgt der Wert neu „ $R_a$ “ =

$$9,5 \cdot 10 \text{ k}\Omega = 95 \text{ k}\Omega$$

Der **Verlustwiderstand** dieser Spulen kann durch Messung des Gleichstromwiderstandes und des Wechselstromwiderstandes nach folgender Beziehung bestimmt werden:

$$R_v = R_a - R_g$$

Dabei ist:  $R_v$  = Verlustwiderstand  
 $R_g$  = Gleichstromwiderstand (siehe Beispiel 1)  
 $R_a$  = Wirkwiderstand (reelle Komponente des Scheinwiderstandes [siehe Beispiel 5])

### 5.6 Offene Brücke

Diese Schaltung dient zur Vergleichsmessung von Widerständen, Kondensatoren und Spulen, die im Verhältnis 0,1 ... 1,1 verschieden sind. Bei der Messung von Kapazitäten und Induktivitäten muß von außen, wenn kein scharfes Minimum zu erzielen ist, zusätzlich ein Phasenregler von 1 M $\Omega$  angeschlossen werden (siehe auch Beispiel 6b und 6c). Beim Vergleich von Induktivitäten gelten die gleichen Bedingungen wie bei der L-Messung in den Schalterstellungen „L 50 Hz“ und „LSu“ des Schalters 2 ... 4 „Meßart“ (siehe auch Abschnitt 5.2 und 5.3). Bei der Vergleichsmessung stehen die Schalter der Meßbereiche in folgenden Schaltstellungen:

- Schalter Sch 2 ... 4 „Meßart“ in Stellung „Off. Brücke“
- Schalter Sch 5 ... 8 „Meßspannung“ in Stellung „50 Hz“ bzw. „—“ bzw. „Su“
- Schalter Sch 1 „Bereichsfaktor“ in Stellung „%“ und „Off. Brücke“
- a) Bei R- und L-Vergleich Meßobjekt zwischen den Klemmen „X“ schalten.  
 b) Bei C-Vergleich Meßobjekt zwischen den Klemmen „N“ schalten.
- a) Bei R- und L-Vergleich Meßnormal zwischen den Klemmen „X“ schalten.  
 b) Bei C-Vergleich Meßnormal zwischen den Klemmen „X“ schalten.
- Durch Abgleich mit Regler W 19 genaues Minimum am Instrument einstellen.

Beispiel 6a:

Vergleichsmessung von Widerständen

Normalwiderstand an Buchse „N“ legen, den zu vergleichenden Widerstand an Buchse „X“

$$R_N = 100 \Omega$$

Ablesung an W 19 „Abgleich“ = 2,5

mit 0,1 multipliziert = 0,25

der Wert von  $R_x$  beträgt

$$0,25 \times 100 \Omega = 25 \Omega$$

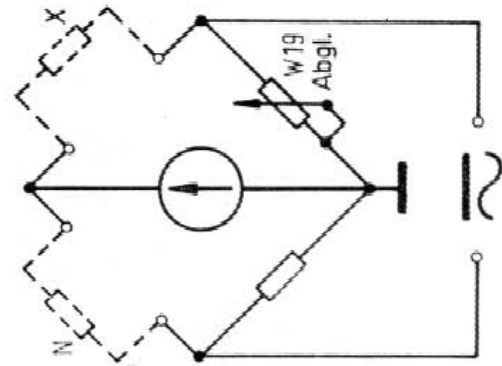


Abb. 9

Beispiel 6b:

Vergleichsmessung von Kondensatoren

Normalkondensator an Buchse „X“ legen, den zu vergleichenden Kondensator an Buchse „N“

Wenn kein scharfes Minimum zu erzielen ist, muß an die „X“-Buchsen zusätzlich ein Phasenregler 1 M $\Omega$  angeschlossen werden.

$$C_N = 0,2 \mu F$$

Ablesung an W 19 „Abgleich“ = 9,0

mit 0,1 multipliziert = 0,9

der Wert von  $C_x$  beträgt

$$0,9 \times 0,2 \mu F = 0,18 \mu F$$

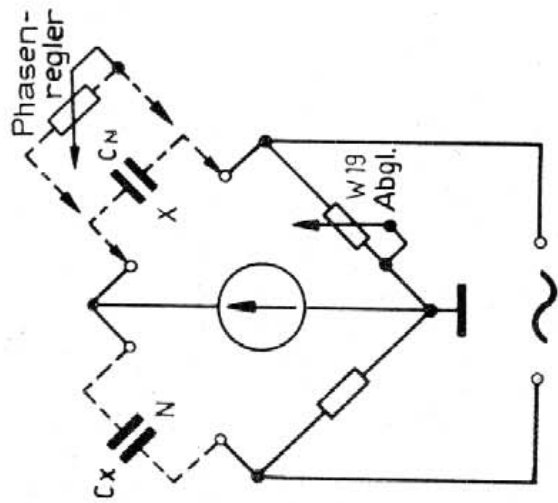


Abb. 10

Beispiel 6c:

Vergleichsmessung von Spulen

Normalspule an Buchse „N“ legen, die zu vergleichende Spule an Buchse „X“

Wenn kein scharfes Minimum zu erzielen ist, muß an die „N“-Buchsen zusätzlich ein Phasenregler 1 M $\Omega$  angeschlossen werden.

$$L_N = 5 \text{ mH}$$

Ablesung an W 19 „Abgleich“ = 1,1

mit 0,1 multipliziert = 0,11

der Wert von  $L_x$  beträgt

$$0,11 \times 5 \text{ mH} = 0,55 \text{ mH}$$

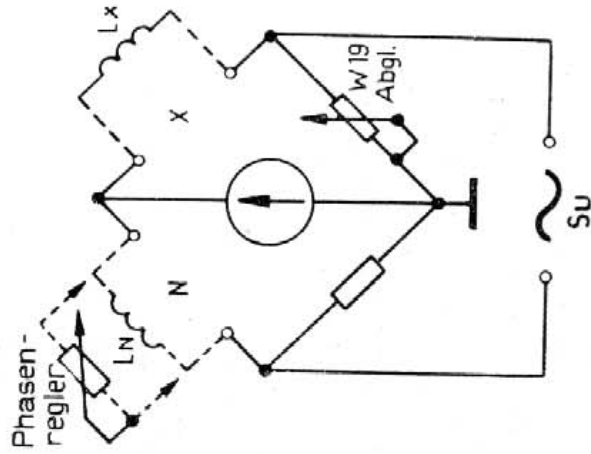


Abb. 11

### 5.7 „Prozent“-Anzeige

Bei Reihenmessungen von Kondensatoren und Widerständen kann in dieser Schaltung durch Vergleich des Meßobjektes mit einem geeichten Normal die Abweichung des Meßobjektes unmittelbar in % abgelesen werden. Der Vergleich kann mit Widerständen zwischen 100  $\Omega$  und 1 M $\Omega$  und mit Kondensatoren über 1000 pF erfolgen, wobei das Meßobjekt vom Normal eine Abweichung von  $\pm 20\%$  haben darf.

Es ist zu beachten, daß zur Vermeidung von Meßfehlern bei Kapazitäten ein Phasenregler parallel zum Normal zu schalten ist. Die Schalter der Meßbrücke stehen in folgender Stellung:

1. Schalter Sch 2 ... 4 „Meßart“ in Stellung „%“
2. Schalter Sch 5 ... 8 „Meßspannung“ in Stellung „50 Hz“ bzw. „=“ (je nach Art des Meßobjektes).
3. Schalter Sch 1 „Bereichsfaktor“ in Stellung „%“
4. a) Bei R-Vergleich Meßobjekt zwischen die Klemmen „X“ schalten.  
b) Bei C-Vergleich Meßobjekt zwischen die Klemmen „N“ schalten.
5. a) Bei R-Vergleich Meßnormal zwischen die Klemmen „N“ schalten.  
b) Bei C-Vergleich Meßnormal zwischen die Klemmen „X“ schalten.
6. Durch Abgleich mit Regler W 19 am Instrument genaues Minimum einstellen.

Beispiel 7:  $N = 10 \text{ k}\Omega$   
 Ablesung an W 19 „Abgleich“ =  $-9\%$   
 mit  $9\%$  von N  
 beträgt der Wert von „ $R_x$ “ =

$$10 \text{ k}\Omega - 0,9 \text{ k}\Omega = 9,1 \text{ k}\Omega$$

Die Beispiele unter 6b und 6c treffen auch hier sinngemäß zu.

### 5.8 Isolationsmessung von 10 ... 10 000 M $\Omega$

Diese Kompensationsschaltung dient zur Messung von Isolationswiderständen zwischen 10 ... 10 000 M $\Omega$ . Die Schalter der Meßbrücke stehen dabei in folgenden Schaltstellungen:

1. Schalter Sch 2 ... 4 „Meßart“ in Stellung „isol“
2. Schalter Sch 5 ... 8 „Meßspannung“ in Stellung „=“
3. Mit dem Schalter Sch 1 „Bereichsfaktor“ können 3 Bereiche eingestellt werden.  
(Siehe auch Abschnitt 4.3c)

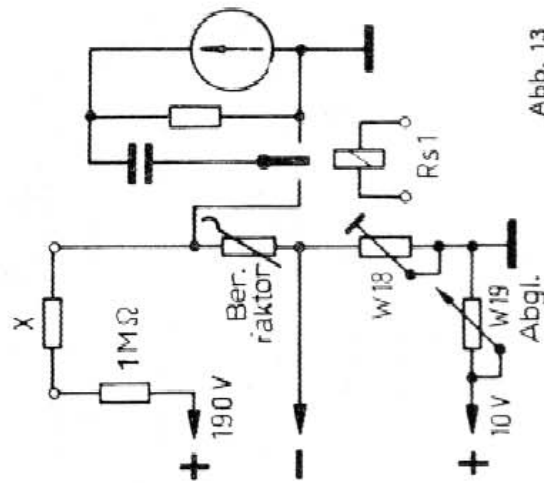


Abb. 13

gelbe Skala

10 M $\Omega$  : 10 ... 100 M $\Omega$   
 100 M $\Omega$  : 100 ... 1000 M $\Omega$   
 1000 M $\Omega$  : 1000 ... 10000 M $\Omega$

4. Das Meßobjekt zwischen die Klemmen „X“ schalten.
5. Durch Abgleich mit Regler W 19 am Instrument Minimum einstellen, wobei zu beachten ist, daß bei dieser Messung das Minimum sehr breit liegt.

Beispiel 8: Ablesung an W 19 „Abgleich“ = 8  
 Bereichsfaktor = 100

dann beträgt der Wert des Isolationswiderstandes =

$$8 \times 100 \text{ M}\Omega = 800 \text{ M}\Omega$$

### 6. Eichkontrolle und Neuabgleich

Um alle äußeren Einflüsse auszuschalten, ist das Gerät auf eine geerdete Metallplatte zu stellen und zu erden.

#### 6.1 R-Abgleich

Schalter „Bereichsfaktor“ in Stellung 100  $\Omega$ , Schalter „Meßart“ in Stellung R, Schalter „Meßspannung“ auf 50 Hz. An die X-Buchsen einen Normalwiderstand 1000  $\Omega$  anschließen. Der Regler „Abgleich“ muß auf Skalenstrich 10 stehen.

Bei Neuabgleich Regler auf Strich 10 stellen und Minimum mit Abgriff von W 11 einstellen. Schalter „Bereichsfaktor“ bei angelegtem Normalwiderstand 1000  $\Omega$  auf 1 k $\Omega$  stellen. Regler „Abgleich“ muß bei Minimumeinstellung auf Skalenstrich 1 stehen. Nötigenfalls ist durch Verschieben des Zeigers eine Korrektur vorzunehmen. Die Abgleiche beider Punkte sind mehrmals zu wiederholen.

#### 6.2 R-%-Abgleich

Schalter „Bereichsfaktor“ und „Meßart“ auf %, Schalter „Meßspannung“ auf 50 Hz. An die N-Buchsen Normalwiderstand 1000  $\Omega$  anschließen. Beim Anschluß von 800  $\Omega$  an die X-Buchsen muß der Regler „Abgleich“ auf Skalenstrich  $-20\%$  und bei Anschluß von 1200  $\Omega$  an die „X“-Buchsen auf Skalenstrich  $+20\%$  stehen. Korrektur ist mit W 22 bei Minus- und mit W 16 bei Plus-Abgleich möglich.

#### 6.3 C-Abgleich

Schalter „Bereichsfaktor“ auf Stellung 10 pF, Schalter „Meßart“ auf C 50 Hz, Schalter „Meßspannung“ auf 50 Hz. Normalkondensator 100 pF an Buchse X legen, Regler „Abgleich“ muß

auf Skalenstrich 11 zeigen. Korrektur mittels Trimmerkondensator C 5 möglich. Liegt das Minimum außerhalb des Toleranzbereiches, ist die erste Röhre EF 86 auszuwechseln.

Auf Bereich 100 pF muß der Regler „Abgleich“ Skalenstrich 1,1 anzeigen.

#### 6.4 C-% - Abgleich

Schalter „Bereichsfaktor“ auf %, Schalter „Meßspannung“ auf 50 Hz. An die N-Buchsen und X-Buchsen sind zwei gleichgroße Normalkondensatoren in der Größenordnung 100...200 pF anzuschließen. Der Regler „Abgleich“ muß bei Minimumabgleich auf der %-Skala in Stellung „0“ stehen.

Eine Korrektur ist mit Trimmerkondensator C 4 möglich. Nach dieser Einstellung ist die Eichung der Brücke für Kapazitätsmessung zu überprüfen.

#### 6.5 Kontrolle der Isolationsmessungen

Schalter „Bereichsfaktor“ in Stellung „Isolation“ 10 MΩ, Schalter „Meßart“ in Stellung „Isolation“, Schalter „Meßspannung“ auf „ $\infty$ “.

An die X-Buchsen wird ein Normalwiderstand 20 MΩ gelegt. Der Regler „Abgleich“ muß auf Skalenstrich 2 stehen. Korrektur kann an W 18 vorgenommen werden.

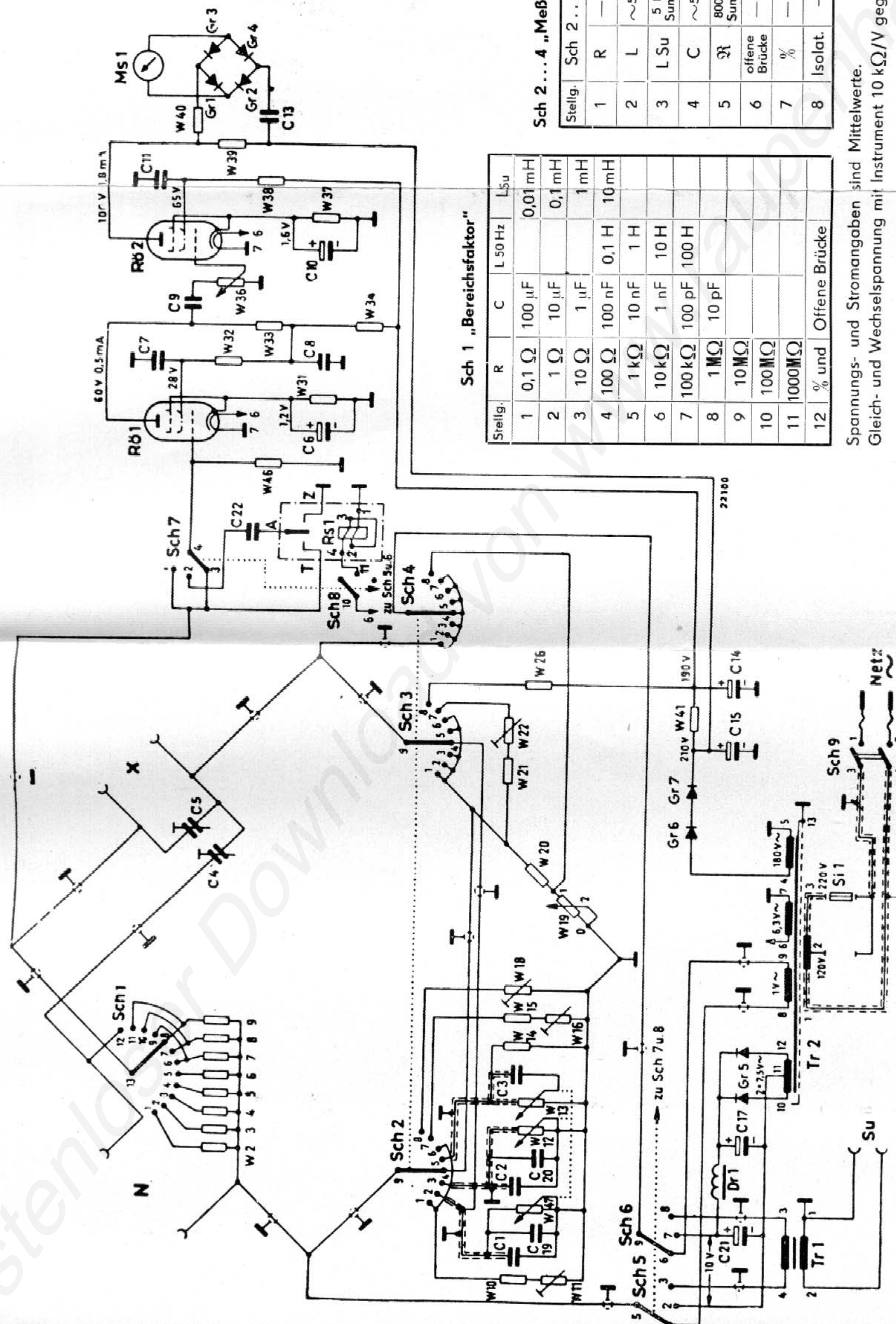
## 7. Schalteilliste

Kennzeichen	Benennung	Sach-Nr.	elektrische Werte und Bemerkungen
C 1	Kunstfolie-Kondensator	Klasse 3 Herst. Kond.-Werk Gera	0,2 $\mu\text{F} \pm 5\%$ ; 250 V-
C 2	Kunstfolie-Kondensator	Klasse 3 Herst. Kond.-Werk Görlitz	0,02 $\mu\text{F} \pm 5\%$ ; 125 V-
C 3	Papier-Kondensator	0,05/125 DIN 41161	0,05 $\mu\text{F} \pm 20\%$ ; 125 V-
C 4	Scheibentrimmer	Typ Ko 2496 VEB Keram. Werke Hermsdf.	4,5... 18 pF
C 5	Scheibentrimmer	Typ Ko 2496 VEB Keram. Werke Hermsdf.	4,5... 18 pF
C 6	Elektrolyt-Kondensator	Klasse 3 Herst. Kond.-Werk Gera	B 100 $\mu\text{F}$ 12 V + 50% - 20%
C 7	Metallpapier-Kondensator	A 0,25/250 DIN 41181	0,25 $\mu\text{F} \pm 20\%$ ; 250 V-
C 8	Metallpapier-Kondensator	A 0,5/250 DIN 41181	0,5 $\mu\text{F} \pm 20\%$ ; 250 V-
C 9	Papier-Kondensator	0,01/250 DIN 41161	0,01 $\mu\text{F} \pm 20\%$ ; 250 V-
C 10	Elektrolyt-Kondensator	Klasse 3 Herst. Kond.-Werk Gera	B 100 $\mu\text{F}$ 12 V + 50% - 20%
C 11	Metallpapier-Kondensator	A 0,5/250 DIN 41181	0,5 $\mu\text{F} \pm 20\%$ ; 250 V-
C 13	Metallpapier-Kondensator	A 0,5/250 DIN 41181	0,5 $\mu\text{F} \pm 20\%$ ; 250 V-
C 14	Elektrolyt-Kondensator	Klasse 2	16 $\mu\text{F} + 50\%$ - 10% 350/385 V-
C 15	Elektrolyt-Kondensator	Klasse 2	8 $\mu\text{F} + 50\%$ - 10% 500/550 V-
C 17	Elektrolyt-Kondensator	Klasse 2	500 $\mu\text{F} + 50\%$ - 10% 12/15 V-
C 19	Kf-Kondensator	*) .../20/125 FWD-N 502.006	*) Richtwert: 0,02 $\mu\text{F}$ $\pm 20\%$ ; 125 V
C 20	Papier-Kondensator	*) .../125 DIN 41161	*) Richtwert: 5000 pF $\pm 20\%$ ; 125 V
C 21	Elektrolyt-Kondensator	Klasse 2	500 $\mu\text{F} + 50\%$ - 20% 12/15 V-
C 22	Papier-Kondensator	0,05/125 DIN 41161	0,05 $\mu\text{F} \pm 20\%$ ; 125 V-
Dr 1	Siebdrössel, vollst.	GM 8297	mit Bv
Gr 1	Gleichrichter	Typ S 5b Pl.-Nr. TG 132 Herst.: IKA Elektrowärme Sörnnewitz	12,5 V <sub>eff</sub> 0,25 mA-
Gr 2	Gleichrichter	Typ S 5b Pl.-Nr. TG 132 Herst.: IKA Elektrowärme Sörnnewitz	12,5 V <sub>eff</sub> 0,25 mA-

\*) Wird vom Prüffeld abgeglichen

Kennzeichen	Benennung	Sach-Nr.	elektrische Werte und Bemerkungen
Gr 3	Gleichrichter	Typ S 5b Pl.-Nr. TG 132 Herst.: IKA Elektrowärme Sörnewitz	12,5 V <sub>eff</sub> 0,25 mA-
Gr 4	Gleichrichter	Typ S 5b Pl.-Nr. TG 132 Herst.: IKA Elektrowärme Sörnewitz	12,5 V <sub>eff</sub> 0,25 mA-
Gr 5	Gleichrichter	Typ M 25/10-0,3 Best.-Nr. 367a Herst.: VEB Gleichrichterwerk Großräschen	25 V <sub>eff</sub> 0,3 A-
Gr 6	Gleichrichter	Typ E 200/80-0,04 Best.-Nr. 7a	200 V <sub>eff</sub> 0,04 A-
Gr 7	Gleichrichter	Typ E 200/80-0,04 Best.-Nr. 7a	200 V <sub>eff</sub> 0,04 A-
Ms 1	Instrument	EM 055261	0,5 mA 1 kΩ Kl. 2,5
Rs 1	Relais	0373.001-51218	
Rö 1	Röhre	EF 86	
Rö 2	Röhre	EF 86	
Sch 1	Stufenschalter	225 F 2 - 19 Sk	1-polig 12-Stellg.
Sch 2	} Schalter	Sch 3 G 8/001 Sk	1-polig 8-Stellg.
Sch 3			1-polig 8-Stellg.
Sch 4	} Schalter	Sch 20 E 3/001 Sk	1-polig 8-Stellg.
Sch 5			1-polig 3-Stellg.
Sch 6			1-polig 3-Stellg.
Sch 7			1-polig 3-Stellg.
Sch 8			1-polig 3-Stellg.
Sch 9	Netzschalter, zweipolig		Baueinheit mit W 36
Si 1	Schmelzeinsatz	F 0,08/500 DIN 41571	für 220 V
Tr 1	Schmelzeinsatz	0,16/250 DIN 41571	für 120 V
Tr 2	Eingangüberträger, vollst.	GM 8298	
W 2	Überträger, vollst.	221 D 1 U 17 Sk	
W 3	Drahtwiderstand	Bv. WT 3	1 Ω ±1 %
W 4	Schichtwiderstand	10 Ω 0,5 DIN 41402	0,5 W; ±1 %
W 5	Schichtwiderstand	100 Ω 0,5 DIN 41402	0,5 W; ±1 %
W 6	Schichtwiderstand	1 kΩ 0,5 DIN 41402	0,5 W; ±1 %
W 7	Schichtwiderstand	10 kΩ 0,5 DIN 41402	0,5 W; ±1 %
W 8	Schichtwiderstand	100 kΩ 0,5 DIN 41402	0,5 W; ±1 %
W 9	Schichtwiderstand	1 MΩ DIN 41402	0,5 W; ±1 %
W 10	Schichtwiderstand	10 MΩ 1 % 2 wie DIN 41402	0,5 W; ±1 %
		4 kΩ 0,5 DIN 41402	0,5 W; ±1 %

Kennzeichen	Benennung	Sach-Nr.	elektrische Werte und Bemerkungen
W 11	Drahtwiderstand	4151.001-02105	1 kΩ ± 10 %; 4 W mit Abgriffschelle
W 12	Schichtdrehwiderstand		1 MΩ 0,4 W log. Baueinh. m. W 13/W 47
W 13	Schichtdrehwiderstand	EM 055266	Bz; 5 kΩ 0,4 W Baueinh. m. W 12/W 47
W 14	Schichtwiderstand	*) ... 5 DIN 41402	*) Richtwert: 40 kΩ 0,5 W; ± 10 %
W 15	Schichtwiderstand	10 kΩ 0,5 DIN 41402	0,5 W ± 1 %
W 16	Drahtwiderstand	4151.001-02105	1 kΩ ± 10 %; 4 W mit Abgriffschelle
W 18	Drahtwiderstand	4422.002-02056	200 Ω ± 5 %; 4 W mit Abgriffschelle
W 19	Drahtdrehwiderstand	EM 055259	5 kΩ; 4 W lin.
W 20	Schichtwiderstand	100 Ω 0,5 DIN 41402	0,5 W; ± 1 %
W 21	Schichtwiderstand	8 kΩ 0,5 DIN 41402	0,5 W; ± 1 %
W 22	Drahtwiderstand	4151.001-02105	1 kΩ ± 10 %; 4 W mit Abgriffschelle
W 26	Schichtwiderstand		0,5 W; ± 10 %
W 31	Schichtwiderstand	1 MΩ 5 DIN 41402	0,25 W; ± 10 %
W 32	Schichtwiderstand	2 kΩ 5 DIN 41401	0,25 W; ± 10 %
W 33	Schichtwiderstand	800 kΩ 5 DIN 41401	0,25 W; ± 10 %
W 34	Schichtwiderstand	250 kΩ 5 DIN 41401	0,25 W; ± 10 %
W 36	Schichtwiderstand	50 kΩ 5 DIN 41401	0,25 W; ± 10 %
	Schichtdrehwiderstand	4041.004-08003	1 MΩ 0,2 W log. Baueinheit mit Sch 9
W 37	Schichtwiderstand	600 Ω 5 DIN 41401	0,25 W ± 10 %
W 38	Schichtwiderstand	200 kΩ 5 DIN 41401	0,25 W ± 10 %
W 39	Schichtwiderstand	50 kΩ 5 DIN 41402	0,5 W ± 10 %
W 40	Schichtwiderstand	20 kΩ 5 DIN 41401	0,25 W ± 10 %
W 41	Schichtwiderstand	10 kΩ 5 DIN 41404	2 W ± 10 %
W 46	Schichtwiderstand	900 kΩ 5 wie DIN 41401	0,25 W; ± 10 %
W 47	Schichtdrehwiderstand		1 MΩ 0,4 W log. Baueinh. m. W 12/W 13



Sch 1 „Bereichsfaktor“

Stellg.	R	C	L 50 Hz	L Su
1	0,1 Ω	100 μF		0,01 mH
2	1 Ω	10 μF		0,1 mH
3	10 Ω	1 μF		1 mH
4	100 Ω	100 nF	0,1 H	10 mH
5	1 kΩ	10 nF	1 H	
6	10 kΩ	1 nF	10 H	
7	100 kΩ	100 pF	100 H	
8	1 MΩ	10 pF		
9	10 MΩ			
10	100 MΩ			
11	1000 MΩ			
12	% und	Offene	Brücke	

Sch 2...4 „Meßart“

Stellg.	Sch 2...4
1	R
2	L
3	LSu
4	C
5	800 Hz Summer
6	5 kHz Summer
7	offene Brücke
8	%
9	Isolat.

Sch 5...8 „Meßspannung“

Stellg.	Sch 5...8
1	50 Hz
2	=
3	Summer

Spannungs- und Stromangaben sind Mittelwerte.  
 Gleich- und Wechselspannung mit Instrument 10 kΩ/V gegen Masse gemessen.

# RLC-Meßbrücke Typ 221

VEB FUNKWERK DRESDEN

EM 085452