

Nur für den Dienstgebrauch

Telegraphenmessordnung

Teil 4

Elektrische Messungen
an Fernmeldeanlagen

F. Helm

Nur für den Dienstgebrauch

Telegraphenmeßordnung der Deutschen Reichspost

Teil 4

Elektrische Messungen
an Fernmeldeanlagen

(SMO 4)



Berlin 1939

Gedruckt in der Reichsdruckerei

Formular für die Berichtigungen

Berichtigungen				Berichtigungen			
Nr.		ausgeführt		Nr.		ausgeführt	
von	bis	durch	am	von	bis	durch	am



© 1933
 Formular für die Berichtigungen

Inhaltsverzeichnis

Para- graph	Inhalt	Seite
	Abkürzungen	VI
	Vorwort	7
	A. Kurzzeichen für Einheiten	8
	B. Formelzeichen	8
	C. Die griechischen Buchstaben	8
	I. Messungen und Maße	
1	Elektrische Messungen	9
2	Maßeinheiten	9
	II. Gleichstrommessungen	
	A. Vom Gleichstrom	
3	Ohm'sches Gesetz; Stromverzweigung	11
4	Elektrische Eigenschaften von Leitungen	12
5	Messverfahren	15
	B. Meßgeräte für Gleichstrom	
6	Allgemeines über Zeigermessgeräte	15
7	Der Spannungsmesser G 3	23
8	Der kleine Spannungsmesser G 3	26
9	Andere Spannungs- und Strommesser	
	a) Der Spannungsmesser G 90	28
	b) Der Strommesser G 3	28
	c) Der Strommesser G 0,1	28
10	Der Strom- und Spannungsmesser G 15/300	29
11	Strom- und Spannungsmesser für Verstärkerämter	30
12	Behoim-Meßgeräte	32
13	Widerstandsmesser	
	a) Allgemeines	35
	b) Der Widerstandsmesser 10 M	35
	c) Der Widerstandsmesser 6 M	38
	d) Der Widerstandsmesser 0,5 M	40
	e) Der Widerstandsmesser 25 M	41
	f) Der Widerstandsmesser 10 000	41
	g) Der Widerstandsmesser 100 M	42
14	Prüfstränke	46

Para- graph	Inhalt	Seite
15	Der Abnahmemesskoffer	47
16	Das Meßgerät T 22	48
17	Das Universalmeßinstrument	50
18	Die kleine Drahtmeßbrücke	64
III. Wechselstrommessungen		
A. Vom Wechselstrom		
19	Stromform und Schwingzahl	65
20	Effektivwert und Leistung	67
21	Scheinwiderstand	68
22	Wellenwiderstand	69
23	Dämpfung	69
24	Nebensprechen	72
B. Meßarten und -geräte		
25	Allgemeines über Wechselstrommessungen	74
26	Trodengleichrichter	77
27	Elektronenröhren	80
C. Meßgeräte für Wechselstrom		
28	Der Strom- und Spannungsmesser WG 6/600	85
29	Der Spannungsmesser WG 260	88
30	Die Erdungsmessbrücke	89
31	Der Kabelprüfsummer	93
32	Das Kabelsuchgerät	96
D. Dämpfungsmessungen an verstärkerlosen Leitungen		
33	Allgemeines	101
34	Der tragbare Milliwattsender	101
35	Der Dämpfungszeiger 3	104
36	Der Dämpfungsmeßer 3,5	107
37	Der Dämpfungsmeßer 7,75	107
E. Messungen an Leitungen mit Verstärkern		
38	Pegel- und Restdämpfungsmessungen an Fernspregleitungen	112
39	Pegel- und Restdämpfungsmessungen an Rundfunkübertragungsleitungen	114
40	Meßschränke und -gestelle	115
41	Stromquellen	
	a) Die Tonfrequenzmeßmaschine	117
	b) Der Schwebungssummer	120
	c) Der Leistungsverstärker	123
	d) Spannungsmessfeld	124
42	Der Pegelzeiger	124
43	Der Schreibzusatz	127
44	Der Pegelmeßer	128
45	Der Nebensprechmeßer	129
46	Höchst- und Mindestwertzeiger	129
47	Das Röhrenprüfgerät 32	132
48	Der Meßkoffer für Fernmeldeanlagen	132

Para- graph	Inhalt	Seite
F. Verstärkungsmessungen		
49	Allgemeines über Verstärkungsmessungen	141
50	Verstärkungsmessungen im Fernsprechdienst	
	a) Die Verstärkungsmesseinrichtung	142
	b) Der Verstärkungszeiger	144
51	Messungen bei der Prüfung und Abnahme	144
G. Verzerrungsmessungen im Telegraphendienst		
52	Allgemeines über Verzerrung	146
53	Der Verzerrungsmesser T 33	147
54	Der Verzerrungsmesser T 36	149
55	Der Verzerrungszeiger T 36	151
56	Der Senderprüfer Spr	153

Anlagen

Anlage	Inhalt	Seite
1	Freileitungsdrähte	155
2	Elektrische Eigenschaften von Kabeln bei 20° C (Vertragswerte)	156
3	Elektrische Eigenschaften der wichtigsten Leitungsarten	157
4	Regeln für Strommesser und Spannungsmesser mit Drehspule und Zeiger ..	161
5	Werte des Isolationswiderstandes beim Messen mit dem Universalmeßinstrument	168
6	Tafeln der e^n -Beträge für n von 0...20 und der e^{-n} -Werte	169
7	Elektronenröhren im Meß- und Verstärkerdienst	170
8	Fluchtklinientafel für die Erdungsmessbrücke	174
—	Sachweiser	175

Abkürzungen

Abb.	= Abbildung	RPZ	= Reichspostzentralamt
Abs.	= Absatz	S.	= Seite
ADM ...	= Allgemeine Dienstabweisung der Deutschen Reichspost, Abschnitt ...	f.	= siehe
Anl.	= Anlage	Sp.	= Spalte
Dmr.	= Durchmesser	T	= Telegraphen
DRP	= Deutsche Reichspost	TBO ...	= Telegraphenbauordnung der Deutschen Reichspost, Teil ...
FmE ...	= Dienstwerk »Fernmeldebeein- richtungen der Deutschen Reichspost« Heft ...	TMO ...	= Telegraphenmeßordnung der Deutschen Reichspost, Teil ...
Gl.	= Gleichung	UMZ	= Universalmeßinstrument
		vgl.	= vergleiche

Vorwort

Im Teil 4 der Telegraphenmessordnung sind elektrische Messungen an Fernmeldeanlagen beschrieben, wie sie bei der Deutschen Reichspost im Telegraphen- und Fernsprechdienst, im Amtspflegedienst, bei der Eingrenzung und Beseitigung von Störungen in den Telegraphen- und Fernsprechanlagen, beim Telegraphenbau und bei der Abnahme von privaten Nebenstelleneinrichtungen gebräuchlich sind.

Die Teile 1, 3, 5 und 6 der MDO befassen sich demgegenüber mit Messungen, die dem Kabelmeßdienst obliegen, während Teil 2 eine ausführliche Wechselstromlehre auf mathematischer Grundlage enthält, die hauptsächlich für den Gebrauch der Kabelmeßbeamten und der Beamten im technischen Dienst an Leitungen mit Verstärkern (Leitbahngruppe CF) bestimmt ist¹⁾.

Für elektrische Messungen im Funkdienst, im Rundfunkentstörungsdienst und an Drahtfunkanlagen gelten besondere Richtlinien.

Abschnitt I dieses Teils 4 gibt einen Überblick über Messungen und Maßeinheiten. Im II. Abschnitt werden Gleichstrommessungen behandelt und im III. Wechselstrommessungen, und zwar werden jeweils zunächst die elektrischen Eigenschaften besprochen, die man messen will, worauf eine Darstellung der Meßgeräte und Meßverfahren folgt.

Um die elektrischen Vorgänge recht klar zu machen, sind stellenweise mathematische Entwicklungen beigegeben. Leser, die die Buchstabenrechnung nicht kennen, können dies getrost überschlagen, weil die Beschreibung der Meßgeräte auch ohne Formeln verständlich bleibt. Immerhin sollte man wenigstens die Beispiele zu § 3 durchrechnen und die Absätze 1 bis 3 des § 23 beachten, weil beide den Schlüssel zu mancher späteren Rechnung liefern.

Meßgeräte und Meßverfahren, die schon in anderen Dienstwerken (MDO, ImE, MZ-Gesetz) ausführlich beschrieben sind, werden hier nur den Grundzügen nach geschildert, um Lesern, die nicht unmittelbar damit zu tun haben, einen Überblick zu geben. Hierzu gehören z. B. die Restdampfungs-, Regel- und Verzerrungsmessungen. Wer sich über Einzelheiten genauer unterrichten will, muß jene Werke einsehen.

Die im Teil 4 hauptsächlich vorkommenden Kurz- und Formelzeichen sind mit ihrer Bedeutung auf Seite 8 zusammengestellt.

¹⁾ Die Teile 2 und 3 werden in einiger Zeit erscheinen. Bis dahin gilt noch die Telegraphenmessordnung II von 1934.

A. Kurzzeichen für Einheiten

h = Stunde	A = Ampere	J = Joule
m = Meter	C = Coulomb	N = Neper
min = Minute	F = Farad	Ω = Ohm
s = Sekunde	H = Henry	S = Siemens
$^{\circ}$ C = Grad Celsius	Hz = Hertz	V = Volt
$^{\circ}$ = Winkelgrad		W = Watt

Vorsätze zur Bezeichnung von Vielfachen und Teilen der Einheiten

T Tera ^e = 10^{12} = 1 000 000 000 000	d Dezi ^e = 10^{-1} = 0,1
G Giga ^e = 10^9 = 1 000 000 000	c Zenti ^e = 10^{-2} = 0,01
M Mega ^e = 10^6 = 1 000 000	m Milli ^e = 10^{-3} = 0,001
k Kilo ^e = 10^3 = 1 000	μ Mikro ^e = 10^{-6} = 0,000 001
h Hekto ^e = 10^2 = 100	n Nano ^e = 10^{-9} = 0,000 000 001
D Deka ^e = 10^1 = 10	p Piko ^e = 10^{-12} = 0,000 000 000 001

Beispiele: M Ω = Megohm, mA = Milliampere, μ F = Mikrofarad.

B. Formelzeichen

Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung
1. Für Gleichstrom			
E	Elektromotorische Kraft (EMK)	G	Ableitung (Leitwert = $1/R$)
Q	Elektrizitätsmenge	C und c	Kapazität
U und u	Spannung	A und a	Zeigerablenkung
I und i	Stromstärke	a und b	Widerstand der Brückenarme
R und r	Widerstand	g	Galvanometerwiderstand
ρ	spezifischer Widerstand	x und y	unbekannte Widerstände
W	Isolationswiderstand		
2. Für Wechselstrom			
U	Effektivwert der Spannung	b	Wellendämpfung
I	Effektivwert der Stromstärke	β	Dämpfungsseffektivwert (Dämpfungskonstante)
N	Scheinleistung = UI	$b_{//}$	Betriebsdämpfung
L	Induktivität (Koeffizient der Selbstinduktion)	b_{\perp}	Nebenprechdämpfung
W	Eingangswiderstand	b_{\parallel}	Gegennebenprechdämpfung
Z	Wellenwiderstand	$s_{//}$	Betriebsverstärkung = $-b_{//}$
\hat{i}	Schwingweite	p	Leistungspegel
f	Schwingzahl	p_s	Spannungspegel (Meßpegel)
φ	Phase		
3. Allgemein			
$+$	und, plus	\geq	größer oder gleich, mindestens gleich
$-$	weniger, minus	∞	unendlich
\cdot oder \times	mal	\dots	bis
$:$ oder $/$	geteilt durch	l	Länge
oder $\frac{\quad}{\quad}$		\ln	natürlicher Logarithmus (lies: logarithmus naturalis)
$=$	gleich	e	= 2,718...
\approx	angenähert, nahezu gleich (rund, etwa, gleich etwa)	π	= 3,14...
$<$	kleiner als	$\%$	Hundertstel, vom Hundert, Hundert-
$>$	größer als	$\%$	taß
\leq	kleiner oder gleich, höchstens gleich	$\%$	Tausendstel, vom Tausend

C. Die griechischen Buchstaben

α alpha	ε epsilon	ι iota	ν nu	ρ rho	φ phi
β beta	ζ zeta	κ kappa	ξ xi	σ sigma	χ chi
γ gamma	η eta	λ lambda	\omicron omikron	τ tau	ψ psi
δ delta	θ theta	μ mu	π pi	υ ypsilon	ω omega

I. Messungen und Maße

§ 1

Elektrische Messungen

(1) Fernmeldeanlagen müssen nicht nur sorgfältig geplant und erbaut, sondern auch ständig überwacht und gepflegt werden, damit der Fernmeldebedienst sich ordnungsmäßig abwickeln kann.

(2) Wichtig ist die Prüfung, ob die elektrischen Eigenschaften der Apparate, Stromquellen und Leitungen den Ansprüchen genügen, die im Einzelfall gestellt werden. Dazu dienen elektrische Messungen.

(3) Je nach der Stromart unterscheidet man Gleichstrommessungen und Wechselstrommessungen.

a) Zu den Gleichstrommessungen gehören das Messen von Gleichspannung und Gleichstromstärke sowie das Messen von Widerstand, Ableitung und Kapazität mit Gleichstrom.

b) Als Wechselstrommessungen gelten sowohl das Messen von Wechselspannung und -stromstärke, als auch die Messung von Widerstand, Dämpfung, Verstärkung und Nebensprechdämpfung mit Wechselstrom sowie die Verzerrungsmessungen im Telegraphendienst.

(4) Um sich vor Schädigung durch Starkstrom zu schützen, hat man die Leitungen beim Messen und Abhören sorgfältig zu beobachten und vorsichtig zu arbeiten (keine Metallteile der Umschalter, Stöpsel, Klinken usw. berühren, beim Prüfen besonders gefährdeter Leitungen Isolierhandschuhe oder Fingerlinge aus Gummi benutzen, den Handapparat oder Fernhörer lose ans Ohr halten usw.).

§ 2

Maßeinheiten

(1) Messen heißt feststellen, wie oft die Maßeinheit in der zu messenden Größe enthalten ist.

(2) Die elektrischen Grundmaße sind durch zwischenstaatliche Vereinbarung festgelegt und in allen Ländern der Erde gleich groß.

(3) Für Deutschland bestimmt das Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten vom 1. Juni 1898 folgendes:

§ 1

Die gesetzlichen Einheiten für elektrische Messungen sind das Ohm, das Ampere und das Volt.

§ 2

Das Ohm ist die Einheit des elektrischen Widerstandes. Es wird dargestellt durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von der Temperatur des schmelzenden Eises, deren Länge bei durchweg gleichem, einem Quadratmillimeter gleich zu achtendem Querschnitt 106,3 Zentimeter und deren Masse 14,4521 Gramm beträgt.

§ 3

Das Ampere ist die Einheit der elektrischen Stromstärke. Es wird dargestellt durch den unveränderlichen elektrischen Strom, welcher bei dem Durchgang durch eine wässrige Lösung von Silbernitrat in einer Sekunde 0,001118 Gramm Silber niederschlägt.

§ 4

Das Volt ist die Einheit der elektromotorischen Kraft. Es wird dargestellt durch die elektromotorische Kraft, welche in einem Leiter, dessen Widerstand ein Ohm beträgt, einen elektrischen Strom von einem Ampere erzeugt.

(4) Statt Ohm, Ampere und Volt schreibt man meist abgekürzt Ω , A und V, siehe S. 8 bei A. Das Zeichen Ω ist das große griechische Omega.

(5) Allgemein gültig sind ferner folgende Maßeinheiten:

- a) Die Einheit der Elektrizitätsmenge ist das Coulomb. Es ist gleich der Menge Elektrizität, die von einem Strom von der Stromstärke 1 A in einer Sekunde befördert wird.
- b) Die Einheit der Kapazität ist das Farad. Sie kommt einem Kondensator zu, der bei 1 V Klemmenspannung die Elektrizitätsmenge 1 Coulomb aufnimmt.
- c) Die Einheit der Induktivität ist das Henry. Eine Leitung hat die Induktivität 1 H, wenn eine Änderung der Stromstärke um 1 A je Sekunde in ihr eine induktive Spannung von 1 V hervorruft.
- d) Die Einheit der Leistung ist das Watt. Es wird von einem unveränderlichen Strom 1 A bei der Spannung 1 V geleistet. Die elektrische Leistung in Watt ist demnach gleich dem Produkt aus Spannung und Stromstärke; $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$.
- e) Die Einheit der elektrischen Arbeit ist die Wattsekunde. $1 \text{ Ws} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$; $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}$.

(6) Die Einheit der Dämpfung ist das Neper. Dies ist aber kein Maß im gewöhnlichen Sinne, sondern eine logarithmische Verhältniszahl. Eine Leitung hat die Dämpfung 1 N, wenn das Verhältnis des abgehenden Stromes zum ankommenden gleich $e^{-1} = 2,718$ ist. Näheres siehe im § 23.

(7) In den Ländern englischer Sprache gebraucht man statt des Neper das Dezibel. $1 \text{ N} = 8,686 \text{ Dezibel}$, $1 \text{ Dezibel} = 0,1151 \text{ N}$.

II. Gleichstrommessungen

A. Vom Gleichstrom

§ 3

Ohmsches Gesetz; Stromverzweigung

(1) Ein elektrischer Strom, der ständig in derselben Richtung fließt — wie z. B. der von einem Trockenelement oder Sammler gelieferte Strom —, heißt Gleichstrom. Für ihn gelten das Ohmsche Gesetz und folgende Regeln.

(2) Ohmsches Gesetz: In jedem einfachen (d. h. unverzweigten) geschlossenen Stromkreise ist die Stromstärke I in Ampere gleich der elektromotorischen Kraft E in Volt dividiert durch den Widerstand R in Ohm. In Zeichen

$$I = \frac{E}{R}. \quad (1)$$

Beispiel: $E = 60 \text{ V}$, $R = 12 \Omega$; $I = 60 : 12 = 5 \text{ A}$.

(3) Erweiterung des Ohmschen Gesetzes: In jedem vom Strom durchflossenen Leiterstück ist die Stromstärke i in Ampere gleich der Spannung u zwischen den Endpunkten des Leiterstücks in Volt, dividiert durch seinen Widerstand r in Ohm. Also

$$i = \frac{u}{r} \quad r = \frac{u}{i} \quad u = ir. \quad (2)$$

Beispiel: $u = 5 \text{ V}$, $r = 250 \Omega$; $i = 5 : 250 = 0,02 \text{ A} = 20 \text{ mA}$. Anders gerechnet: $i = 5000 \text{ mV} : 250 \Omega = 20 \text{ mA}$.

(4) Zur Erläuterung: Das elektrische Potential eines Punktes ist gleich der Spannung an diesem Punkt gegen Null (Erde). Die Spannung zwischen zwei Punkten (auch Potentialdifferenz oder Spannungsabfall genannt) ist gleich dem Unterschied ihrer Potentiale.

(5) Aus Abs. 2 und 3 ergibt sich folgendes:

a) Schaltet man zwei Widerstände r_1 und r_2 hintereinander (in Reihe) und legt daran eine Stromquelle mit der Klemmenspannung U , so ist die Stromstärke I in beiden gleich. Daher besteht an r_1 die Spannung $u_1 = r_1 I$, an r_2 die Spannung $u_2 = r_2 I$. Die äußere Spannung ist die Summe $U = u_1 + u_2 = I (r_1 + r_2)$; mithin beträgt der Gesamtwiderstand $R' = U/I$ zweier in Reihe geschalteter Widerstände r_1 und r_2

$$R' = r_1 + r_2. \quad (3)$$

Beispiel: $r_1 = 990 \Omega$, $r_2 = 10 \Omega$; $R' = 990 + 10 = 1000 \Omega$.

b) Für n in Reihe geschaltete Widerstände folgt

$$R' = r_1 + r_2 + \dots + r_n. \quad (4)$$

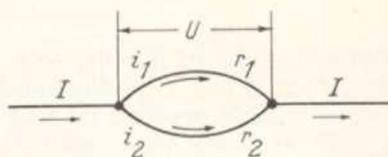


Abb. 1. Zweidrähtige Verzweigung

e) Schaltet man r_1 und r_2 nebeneinander (parallel, Abb. 1), so herrscht an ihren Klemmen die gleiche Spannung U . Da die Einzelströme $i_1 = U/r_1$ und $i_2 = U/r_2$ sind, die zusammen den Strom I außerhalb der Verzweigung ergeben, so folgt für das Verhältnis $U/I = R''$, worin R'' den gemeinsamen Widerstand der Verzweigung bedeutet,

$$R'' = \frac{U}{\frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2}} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}. \quad (5)$$

R'' wird Verbundwiderstand genannt.

Beispiel: $r_1 = 45 \Omega$, $r_2 = 150 \Omega$; $R'' = \frac{45 \cdot 150}{45 + 150} = 6750 : 195 = 34,6 \Omega$.

(Gedächtnisstütze für diese wichtige Formel: Produkt durch Summe).

d) Da $i_1 r_1 = i_2 r_2 = U$, so ist auch

$$i_1 : i_2 = r_2 : r_1. \quad (6)$$

Die Teilströme in den Zweigen stehen also zueinander im umgekehrten Verhältnis der Widerstände beider Zweige.

Beispiel 1: $r_1 = 600 \Omega$, $r_2 = 100 \Omega$, $I = i_1 + i_2 = 21 \text{ mA}$. I verteilt sich auf r_1 und r_2 im Verhältnis $100 : 600$ oder $1 : 6$. Durch r_1 fließt also $1/7 I = 3 \text{ mA}$, durch r_2 fließen $6/7 I = 18 \text{ mA}$.

Beispiel 2: $r_1 = 45 \Omega$, $r_2 = 5 \Omega$. Der Gesamtstrom I verteilt sich auf r_1 und r_2 im Verhältnis $1 : 9$; durch r_1 fließt also $1/10 I$.

e) Für eine Verzweigung aus n Drähten beträgt der Verbundwiderstand

$$R'' = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}}. \quad (7)$$

f) Sind die Widerstände r der n Drähte einander gleich, so ist $R'' = r/n$, und die Stromstärke in jedem Zweig beträgt $i = I/n$.

(6) Die Leistung im Widerstand R Ohm bei der Spannung U Volt, die den Strom $U/R = I$ Ampere erzeugt, beträgt nach § 2 Abf. 5 unter d

$$N = UI = U^2/R = I^2 R \text{ Watt}. \quad (8)$$

§ 4

Elektrische Eigenschaften von Leitungen

(1) Die Güte der Nachrichtenübermittlung auf einer Fernmeldeanlage wird überwiegend bestimmt durch die elektrischen Eigenschaften der Leitung, die Sender und Empfänger miteinander verbindet.

(2) Es sind vier Grundeigenschaften, von denen es abhängt, inwieweit sich eine Fernmeldeleitung zur Übertragung elektrischer Ströme eignet: Widerstand, Induktivität, Ableitung und Kapazität.

Um sie einwandfrei kennzeichnen zu können, denke man sich eine Leitung geringer Länge das eine Mal am fernen Ende kurzverbunden, entweder bei einer Doppelleitung mit dem Nachbarzweige oder bei einer Einzelleitung mit Erde. Sie führt dann, wenn man am Anfang eine Stromquelle mit der Klemmenspannung U anlegt, einen Strom, dessen Stärke I sei; diese kann bei geringer Länge der Leitung überall als gleich angesehen werden. Das andere Mal halte man die Leitung am fernen Ende offen, also von der Erde getrennt, bei einer Doppelleitung außerdem beide Zweige voneinander getrennt. Eine am Anfang angelegte Stromquelle bringt alsdann an jeder Stelle der Leitung, wenn diese nicht zu lang ist, die gleiche Spannung U hervor.

(3) In beiden Fällen treten in der Leitung und ihrer Umgebung Energievorgänge auf. Aus ihnen werden die Grundeigenschaften bestimmt, und zwar Widerstand und Induktivität beim stromführenden Leiter, Ableitung und Kapazität bei dem unter Spannung stehenden offenen Leiter.

a) Der Leitungswiderstand R ist eine Eigenschaft der Leiter, bei der Übertragung von Elektrizität dem elektrischen Felde (siehe Abs. 4) Energie unter Überführung in Wärme zu entziehen. Als Maß des Widerstandes wird in diesem Sinne festgesetzt (definiert) das Verhältnis der in der Zeiteinheit (1 Sekunde) in Wärme umgesetzten Energie (elektrischen Leistung $N = UI$) zum Quadrat der Stromstärke. Es gilt mithin die Gleichung $R = UI/I^2$.

b) Die Induktivität L äußert sich darin, daß beim Entstehen des Stromes I einmalig im magnetischen Felde der Leitung ein bestimmter Energiebetrag aufgespeichert wird, der beim Verschwinden des Stromes wieder abgegeben wird. Er hat die Größe $N_m = \frac{1}{2} LI^2$. Die Induktivität L bestimmt sich daraus zu $L = 2N_m/I^2$.

c) Das Maß für die Ableitung G ergibt sich aus der Tatsache, daß in dem Isoliermittel des unter Spannung stehenden offenen Leiters in jeder Sekunde die Energie UI' in Wärme umgesetzt wird, und zwar gilt die Gleichung $UI' = GU^2$. Es ist also $G = I'/U$.

d) Die Kapazität C (das ist die Aufnahmefähigkeit der Leiter für Elektrizität) bewirkt, daß beim Anlegen der Leitung an die Spannung U im elektrischen Felde der Leitung einmalig eine bestimmte Energiemenge aufgespeichert wird, die bei der Entladung der Leitung wieder abgegeben wird. C erhält man aus der Gleichung für die Energie des elektrischen Feldes $N_e = \frac{1}{2} CU^2$.

(4) Die magnetische Kraft, die von einem Magnet oder einem stromdurchflossenen Leiter ausgeht, erfüllt den Raum, der den Magnet oder den Leiter umgibt. Diesen Raum nennt man das magnetische Feld. Es reicht so weit, als Kraftwirkungen nachweisbar sind.

Von einem elektrisierten Körper geht eine elektrische Kraftwirkung aus. Soweit wie diese merkbar ist, erstreckt sich sein elektrisches Feld.

(5) Wenn es sich, wie bei den hier zu besprechenden Messungen, um solche Ströme oder Spannungen handelt, die genügend Zeit gehabt haben, um auf den Endwert anzusteigen, so folgt aus den allgemeinen Bedingungen

- für den Widerstand, daß durch den Strom I ein Spannungsabfall $U = RI$ zwischen den Stellen erzeugt wird, zwischen denen R gemessen wird;
- für die Ableitung, daß in dem Isoliermittel ein dauernder (schwacher) Strom $I' = GU$ auftritt;
- für die Kapazität, daß die Leitung eine Elektrizitätsmenge $Q = CU$ als elektrische Ladung aufnimmt.

Die Messung der Induktivität kommt bei Gleichstrom nicht in Betracht.

(6) Bei Gleichstrommessungen gibt man statt der Ableitung in der Regel ihren Rehrwert, den Isolationswiderstand an. Wenn unter der Spannung U ein Strom $I' = GU$ durch das Isoliermittel fließt, so entspricht diesem ein Isolationswiderstand $W = 1/G$, und es ist $I' = U/W$.

(7) In den bisher entwickelten Gleichungen — auch denen des § 3 — sind U, I, R, L, G und C in Maßeinheiten (Volt, Ampere, Ohm, Henry, Siemens oder Farad) zu nehmen. Im praktischen Dienst gibt man dagegen, um übersichtliche Zahlen zu erhalten, gewöhnlich nur die Spannung in Volt und den Leitungswiderstand in Ohm an, die Stromstärke aber in Milliampere (mA), die Induktivität in Millihenry (mH), den Isolationswiderstand in Megohm (M Ω) und die Kapazität in Mikrofarad (μ F) oder Nanofarad (nF).

Wird statt des Isolationswiderstandes die Ableitung angegeben, so entspricht einem Isolationswiderstand W Megohm die Ableitung $G = 1/W$ μ S (Mikrosiemens).

(8) a) Eine gleichmäßig gebaute (glatte) Leitung bietet in jedem ihrer Teile die gleiche Möglichkeit, Energie aufzuspeichern oder in Wärme umzusetzen. Daher wachsen die Werte des Leitungswiderstandes, der Induktivität, der Ableitung und der Kapazität im gleichen Verhältnis wie die Leitungslänge. Man erhält mithin ihre Gesamtbeträge für eine glatte Leitung von bestimmter Länge, indem man die Werte für die Längeneinheit (1 km) mit der Maßzahl der Leitungslänge (in Kilometern) vervielfältigt. Umgekehrt ergeben sich aus den an der Leitung gemessenen Gesamtbeträgen die Werte für 1 km, wenn man jene durch die Leitungslänge (in km) teilt.

b) Die Größen R, L, G und C für 1 km Doppelleitung nennt man die Grundwerte der Leitung (Leitungs-konstanten).

c) Für den Isolationswiderstand folgt aus seinem Verhältnis zur Ableitung, daß man seinen Gesamtbetrag erhält, indem man den Wert für 1 km durch Vervielfältigung des gemessenen Gesamtbetrages mit der Maßzahl der Leitungslänge zu berechnen hat.

d) Beispiele: 1. Der Leitungswiderstand von 1 km Bronzedraht II mit 1,5 mm Dmr. soll nach Anl. 1, Sp. 4 nicht höher sein als 15,71 Ω ; 2,8 km Leitung dürfen daher nicht mehr als $15,71 \cdot 2,8 \approx 44$ Ω Widerstand haben.

2. Der Leitungswiderstand einer 5,4 km langen Freileitung wird zu 13,5 Ω gemessen. Er beträgt für 1 km also $13,5 : 5,4 = 2,5$ Ω .

3. Der Isolationswiderstand einer 17,2 km langen Kabelader beträgt 200 M Ω . Das ergibt für 1 km $17,2 \cdot 200 = 3440$ M Ω .

(9) Der Leitungswiderstand R einer glatten Leitung steht (nach Abs. 8a) im geraden Verhältnis zu ihrer Länge l , ferner im umgekehrten Verhältnis zum Querschnitt q des Leiters; außerdem ist er von dessen Werkstoff abhängig. Somit gilt

$$R = \rho \frac{l}{q}, \quad (1)$$

worin ρ den Einfluß des Werkstoffes bedeutet und spezifischer Widerstand heißt. ρ beträgt in Ohm auf 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt für Kupfer 0,0175, Bronze 0,018...0,025, Aluminium 0,028...0,03, Eisen 0,10...0,15, Manganin 0,43, Konstantan 0,50.

(10) Über Änderung des Leitungs- und Isolationswiderstandes mit der Temperatur f. TMD 1 § 3 Abs. 11.

(11) Bewertung der verschiedenen Eigenschaften. Aus den Beziehungen zu der in Wärme umgesetzten Energie folgt ohne weiteres, daß für die Güte einer Leitung zur Übertragung elektrischer Ströme geringer Widerstand und geringe Ableitung günstig sind. Ferner ergibt die Rechnung, daß es günstig ist, die Kapazität gering und die Induktivität groß zu halten, siehe die TMD II, Anhang.

(12) Die elektrischen Eigenschaften der wichtigsten Leitungsarten sind in den Anl. 1...3 zusammengestellt.

§ 5

Meßverfahren

- (1) Durch Gleichstrommessungen will man feststellen:
- wie groß — nach Volt oder Ampere bemessen — eine unbekannte Spannung oder Stromstärke ist,
 - welchen Widerstand in Ohm ein elektrisches Gerät hat,
 - wie groß in Ohm oder Megohm der Leitungs- oder der Isolationswiderstand einer Innen- oder Außenleitung ist,
 - in welcher Entfernung vom Meßort ein Fehler (Nebenschluß oder Unterbrechung) in der Außenleitung liegt.
- (2) Zu 1 a ... c geschieht es am einfachsten mit unmittelbar anzeigenden Spannungs-, Strom- oder Widerstandsmessern, siehe § 6a.
- (3) Bei Gebrauch des Universalmeßinstruments und der Drahtmeßbrücke wendet man besondere Verfahren an, um den Meßwert zu ermitteln, s. § 17 und 18. Das WM dient auch der Aufgabe zu 1d.

B. Meßgeräte für Gleichstrom

§ 6

Allgemeines über Zeigermessgeräte

a) Überblick

(1) In den Dienstzweigen, die im Absatz 1 des Vorworts angegeben sind, benutzt man zu Gleichstrommessungen meist Zeigergeräte, die den unbekanntem Wert der Stromstärke, der Spannung oder des Leitungs- oder Isolationswiderstandes, welche gemessen werden sollen, in Ampere oder Milliampere, in Volt, Ohm oder Megohm anzeigen. Man nennt sie daher Strommesser, Spannungsmesser oder Widerstandsmesser. Eigentlich sind es sämtlich Strommesser, weil ihre Zeiger je nach der Stärke des elektrischen Stromes, der sie durchfließt, mehr oder weniger weit aus der Ruhelage abgelenkt werden. Aber das Zifferblatt der Spannungsmesser ist nicht nach Ampere geteilt, sondern nach Volt, und zwar so, daß der Zeiger auf der Teilung jeweils das Produkt anzeigt aus der Stromstärke I , die die anliegende Spannung im Meßgerät hervorruft, und dem Eigenwiderstand R des Geräts, d. h. also die Spannung $IR = U$ zwischen seinen Außenklemmen. Und auf dem Zifferblatt der Widerstandsmesser sind die Werte des äußeren Widerstandes r vermerkt, die sich bei einer bestimmten Meßspannung U aus der Stromstärke $I = U/(R + r)$ ergeben.

(2) Man hat natürlich auch Geräte, mit denen Stromstärke und Spannung oder Spannung und Widerstand oder alle drei Arten gemessen werden können. Ihr Zifferblatt trägt gewöhnlich mehrere Teilungen untereinander.

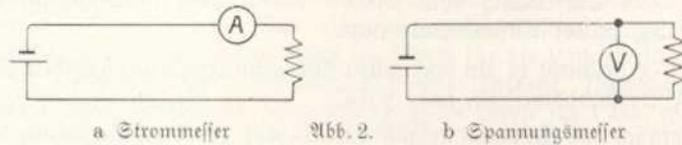
(3) Manche Geräte haben mehrere Meßbereiche. Die Teilung gibt dann nur die Werte des einen richtig an; in den andern Bereichen muß man die Zahl, auf welche der Zeiger weist, mit einer Umrechnungszahl malnehmen, um den richtigen Wert zu erhalten. Zuweilen sind jedoch die Werte für zwei verschiedene Meßbereiche über und unter der Teilung angeschrieben, siehe Abb. 12 auf S. 27 und 83 auf S. 88.

(4) Strommesser werden in die Strombahn eingeschaltet (Abb. 2a). Sie dürfen nur geringen Eigenwiderstand haben, damit der Strom, dessen Stärke man messen will

nicht merklich geschwächt wird. Spannungsmesser dagegen werden an die Punkte gelegt, zwischen denen die Spannung gemessen werden soll (Abb. 2b). Sie müssen hohen Eigenwiderstand haben, weil sie sonst zuviel Strom verbrauchen würden, so daß die zu messende Spannung sich ändern könnte. Widerstandsmesser haben ebenfalls hohen Eigenwiderstand.

(5) Hoch empfindliche Strommesser mit gleichmäßiger Teilung, die aber nicht in Milliampere geeicht ist, heißen Galvanometer.

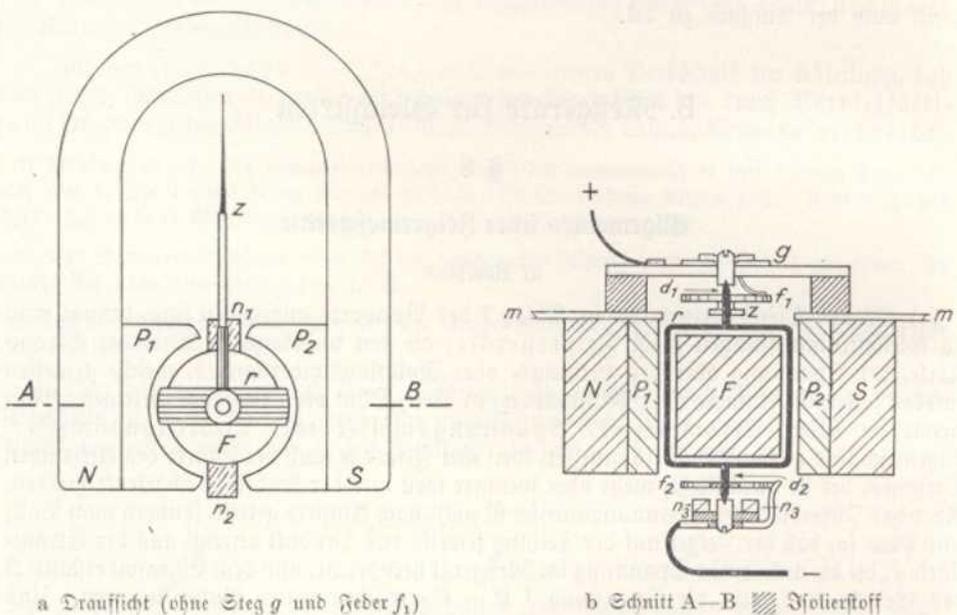
(6) Über die Güteklassen der Meßgeräte und die Anforderungen, die an Strom- und Spannungsmesser mit Drehspule und Zeiger für Gleich- und Wechselstrom zu stellen sind, vgl. Anl. 4 unter A und B.



a Strommesser

Abb. 2.

b Spannungsmesser

a Draufsicht (ohne Steg g und Feder f_1)

b Schnitt A—B Isolierstoff

Abb. 3. Drehspul-Meßwerk

b) Das Drehspul-Meßwerk

(1) Alle neuzeitlichen Meßgeräte für Gleichstrom haben Drehspul-Meßwerke mit einem Dauermagnet aus Stahl, dessen magnetische Kraft von hoher Beständigkeit sein muß. An seinen Polen N und S (Abb. 3) sind halbrund ausgeschliffene Polschuhe P_1 und P_2 befestigt. Zwischen ihnen steht ein rundes Weicheisenstück, ein Stempel F , der von den Schenkeln n_1 und n_2 eines Joches aus nichtmagnetischem Metall getragen wird. In dem ringförmigen engen Spalt zwischen Polschuhen und Stempel hängt ein leichter Rahmen r aus Aluminium in zwei Drehzapfen d_1 und d_2 , von denen einer in einem Steg g und der andere in dem Querstück n_3 des Joches in Edelsteinen gelagert ist. Um diese Zapfen kann sich der Rahmen nach beiden Seiten drehen, bis er n_1 und n_2 nahekommt.

(2) Der Rahmen trägt eine Spule aus umsponnenem feinem Kupferdraht. Ihre Wicklungsenden führen zu zwei entgegengesetzt gespannten Wirbelfedern (flachen Spiralfedern) f_1 und f_2 , deren äußere Enden an Steg und Joch befestigt sind, während die inneren an den Drehzapfen haften. Steg und Federn sind vom Körper des Meßgeräts isoliert; f_2 ist auch von d_2 und vom Joch isoliert. Vom Steg und von f_2 führt je ein umspannter Draht nach einer Anschlussklemme. Über diese Drähte und die Wirbelfedern wird der Strom, den man messen will, den Spulenwindungen zugeführt.

(3) Am oberen Drehzapfen ist der Zeiger z befestigt. Außerdem sitzen daran zwei Stäbchen, die als Gegengewichte für den Zeiger dienen (vgl. Abb. 4 und 9a). Sie sind so abgepaßt, daß der Schwerpunkt des beweglichen Teils in die Drehungsachse fällt. Die beiden Wirbelfedern halten die Spule in der Ruhe so, daß der Zeiger auf den Nullstrich der Teilung weist.

(4) Bei manchen Meßgeräten sind beide Wirbelfedern am oberen (vorderen) Drehzapfen angebracht (Abb. 4).

(5) Manche Geräte haben Innenspitzenlagerung. Die Drehzapfen sitzen innen an der Spule und tragen an ihren Enden Edelsteine, in deren Vertiefungen Stahlspitzen eingreifen. Diese sind im Mittelpunkt der Stirnflächen des Stempels P befestigt.

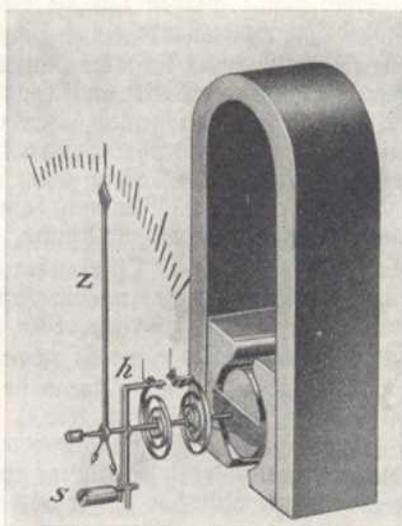


Abb. 4. Drehspul-Meßwerk; beide Federn vorn

(6) Die Spulen der Feinmeßgeräte sind meistens als schmales Rechteck freitragend gewickelt und mit Isolierlack gehärtet; der Rahmen fehlt, an den Schmalseiten befinden sich die Drehzapfen. Dies ergibt hohe elektrische Empfindlichkeit bei geringem Eigenverbrauch.

(7) Da der Spalt zwischen den Polschuhen und dem Stempel sehr eng ist, breitet sich zwischen den Polen des Stahlmagnets ein starkes magnetisches Feld von großer Gleichförmigkeit aus, dessen Kraftlinien in der Mitte der Polschuhe geradlinig von Pol zu Pol verlaufen. In derselben Richtung wird die Spule von den Federn gehalten. Nach den Enden des Spaltes zu überbrücken ihn die Kraftlinien in Richtung des Durchmesser von P , also speichenartig (radial).

(8) Fließt Strom durch die Spule, so baut sich um sie herum ein zweites magnetisches Feld auf, dessen Kraftlinien in Richtung $n_1 - n_2$ liegen. Sie suchen sich aber so einzu-

stellen, daß sie denen des ruhenden Feldes gleichgerichtet sind. Infolgedessen muß sich die Spule um ihre Achse drehen, und zwar so weit, bis die Gegenkraft der Wirbelfedern der elektromagnetisch erzeugten Drehkraft das Gleichgewicht hält.

(9) Die Drehkraft wächst gleichmäßig mit der Stromstärke. Da auch die Gegenkraft der Federn stetig zunimmt, und zwar mit der Größe des Winkels, um den die Spule sich dreht, so wird die Spule und mit ihr der Zeiger im geraden Verhältnis zur Stromstärke abgelenkt. Doppelte Stromstärke bewirkt doppelte Ablenkung usw. Das Zifferblatt ist daher ganz gleichmäßig geteilt.

Die Energie, mit der die Spule aus der Ruhelage gedreht wird (das Drehmoment $M = \text{Kraft} \times \text{Hebelarm}$) hängt ab von der Stromstärke i in der Spule, von der Anzahl w der Spulenwindungen, von der Stärke H des magnetischen Feldes und von der Höhe (Länge) l und der Breite b der Spule. Es gilt daher die Gleichung $M = i w H l b$.

(10) Wenn sich die Spule im magnetischen Felde bewegt, wird in ihren Windungen und im Rahmen eine Spannung erzeugt, die derjenigen, welche die Bewegung hervorrief, entgegengesetzt gerichtet ist. Hierdurch entstehen Ströme, die bremsend auf den Rahmen wirken. Dieser nimmt daher, ohne zu schwanken, sogleich die Lage ein, die der Stärke des zu messenden Stromes entspricht. Der Zeiger bleibt mithin gleich bei der richtigen Zahl stehen. Er stellt sich, wie man sagt, grenzgedämpft (aperiodisch) ein.

In Geräten mit freitragender Spule gleichen sich die bremsenden Ströme, die in den Windungen entstehen, über Nebenwiderstände aus.

(11) Bei dem eben beschriebenen Meßwert liegt der Ruhepunkt des Zeigers in der Mitte des Zifferblatts. Hier ist zugleich der Nullpunkt, und die Teilung zählt von da nach beiden Seiten, siehe Abb. 9a. Viele Meßgeräte haben nur eine Teilung, deren Nullpunkt links seitlich liegt, siehe Abb. 14. Ihre Spule wird durch die Wirbelfedern in der Ruhe nahe bei n_1 und n_2 gehalten; die Teilung kann daher doppelt so lang sein wie die eines gleich großen Geräts nach Abb. 9. Man muß darauf achten, daß an den mit + und — bezeichneten Klemmen die richtigen Pole liegen.

(12) Feinere Meßgeräte haben Messerzeiger. Oft ist neben der Teilung ein Spiegelbogen eingelegt, der das genaue Ablesen erleichtern soll. Stellt man sich so, daß sich die Schneide des Zeigers und sein Spiegelbild im Auge decken, so kann man noch Bruchteile zwischen zwei Teilstrichen sicher schätzen.

(13) Die Zeiger der feineren Meßgeräte können, wenn sie in der Ruhe nicht mehr genau auf Null weisen, mit einem Stellwerk nach Abb. 4 in engen Grenzen wieder auf Null gebracht werden. Man dreht die Schnittschraube s mit einem Schraubenzieher vorsichtig links oder rechts herum. Dadurch wird der Räder h ein wenig seitlich verschoben, und die an ihm hängende Wirbelfeder rückt den Zeiger wieder zurecht.

(14) Manche Stahlmagnete sind nicht hufeisenförmig, sondern nierenförmig gebogen (Abb. 5). Hier ist auf einer Seite der Polschuhe, aber von ihnen durch eine Messingscheibe m getrennt, ein Stück weiches Eisen n als magnetischer Nebenschluß verstellbar angebracht. Seine Lage zu den Polschuhen beeinflusst die Stärke des magnetischen Feldes

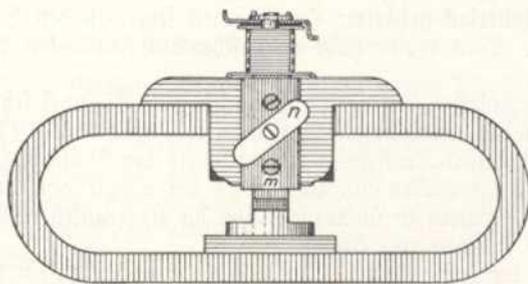


Abb. 5. Magnet des WM3

im Luftspalt und damit die Empfindlichkeit des Meßgeräts. Das Lieferwerk regelt diese durch Verstellen von n und durch Ändern eines Vor- und Nebenwiderstandes zur Spule bei jedem Stück so, daß die Zeiger aller Geräte dieser Bauart trotz der unvermeidlichen Unterschiede in Feldstärke und Spulenumwicklung durch gleich starke Ströme gleich weit abgelenkt werden. Alle können daher gleiche Zifferblätter erhalten.

Meist fehlen diese Mittel aber. Kleine Unterschiede gleicht das Lieferwerk aus, indem es jedes Stück besonders eicht und danach eine eigene Teilung zeichnet.

(15) Manche Meßgeräte sind für eine bestimmte Lage, meist die waagerechte, geeicht. Dies ist dann durch ein Lagezeichen angegeben (Anl. 4). Bei genauen Messungen hat man darauf zu achten.

(16) Da sich die Drehspule in einem starken magnetischen Felde befindet, kann sie weder durch äußere magnetische Kräfte (z. B. den Erdmagnetismus oder Dynamomaschinen), noch durch Stromschwankungen in benachbarten Starkstromanlagen merklich beeinflusst werden. Die Anzeigen der Drehspulmeßgeräte sind daher so gut wie unabhängig von äußeren Einflüssen.

(17) Wie sich aus a Abs. 1 ergibt, müssen Spannungs- und Widerstandsmesser immer denselben bestimmten Eigenwiderstand haben. Dem steht entgegen, daß der Widerstand des Kupferdrahts, aus dem die Drehspule gewickelt ist, mit steigender Temperatur zunimmt. Um der Forderung trotzdem soweit wie möglich zu genügen, schaltet man der Spule eine Rolle aus umsponnenem Manganindraht vor, dessen Widerstand bei allen Wärmegraden nahezu unverändert bleibt. Diesem gleichbleibenden großen Zusatzwiderstand gegenüber sind die durch Temperaturwechsel bedingten Änderungen im Widerstand der Kupferspule so geringfügig, daß sie bei dem hohen Gesamtwiderstand des Meßgeräts nicht merklich ins Gewicht fallen.

Man sagt, Manganin habe einen sehr niedrigen, Kupfer dagegen einen höheren Temperaturkoeffizienten.

(18) Es beträgt der Temperaturkoeffizient des Kupfers 0,003 88, des Manganins 0,000 01 und des Konstantans 0,000 005, siehe EMD 1 § 3. Ihr spezifischer Widerstand ist auf S. 14 angegeben. Manganin besteht aus 84 Gewichtsteilen (%) Kupfer, 12% Mangan und 4% Nickel. Konstantan (§ 17 c Abs. 5) enthält 58% Kupfer, 1% Mangan und 41% Nickel.

(19) Einzelne Feinmeßgeräte haben eine Ausgleichschaltung für Temperatureinflüsse, siehe § 12a Abs. 4.

(20) Widerstandsrollen für Meßgeräte müssen frei von Induktivität und möglichst auch von Kapazität sein. Um dies zu erreichen, wickelt man sie doppelseitig auf Holzspulen oder Messingrohre (Abb. 6). Der Strom durchfließt die beiden Wicklungshälften in entgegengesetzter Richtung, so daß seine magnetischen Wirkungen sich aufheben.

Solche Widerstände werden in den Stromläufen rechteckig gezeichnet: 

c) Strom- und Spannungsmesser

(1) Durch Vor- und Nebenwiderstände aus Manganindraht macht man ein Meßgerät für mehrere Zwecke und Bereiche verwendbar. Der Strom- und Spannungsmesser Abb. 7 z. B. hat folgende 6 Meßbereiche:

	Spannung			Stromstärke		
	1	2	3	I	II	III
Meßbereich	0...3	0...15	0...150 V	0...0,15	0...1,5	0...15 A
Eigenwiderstand	1 000	5 000	50 000 Ω	0,2	0,02	0,002 Ω
1 Teilstrich gleich	0,02	0,1	1 V	1	10	100 mA

(2) Das Zifferblatt ist in 150 gleiche Teile geteilt, die von 0...150 zählen. Der Zeiger wird um einen Teilstrich von Null abgelenkt, wenn $0,02 = \frac{1}{50}$ mA durch die Drehspule fließen. Da die Ablenkung gleichmäßig mit der Stromstärke wächst (oder, anders ausgedrückt, der Stromstärke verhältnismäßig ist), so lenkt 1 mA den Zeiger um 50 Strich ab, und 2,5 mA lenken ihn um 125 Strich ab usw.

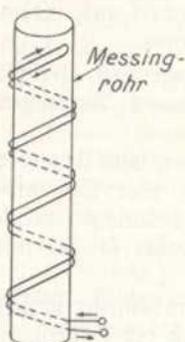


Abb. 6.

Doppelfähige Wicklung

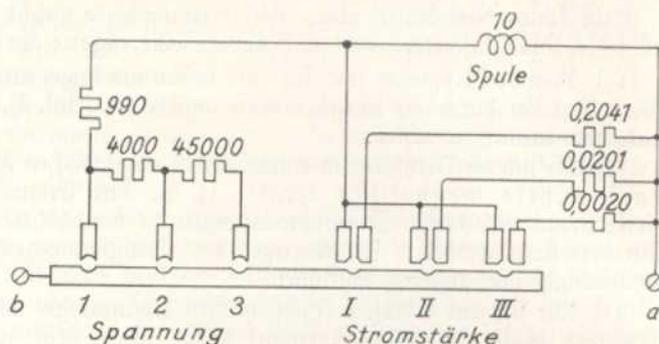


Abb. 7. Strom- und Spannungsmesser mit 6 Meßbereichen

(3) Um den Spannungsmessbereich von 0...150 V zu erhalten, hat man Loch 3 zu stöpseln. Der Widerstand zwischen den Anschlußklemmen a und b ist dann gleich 50 000 Ω . Beträgt die außen an a und b anliegende Spannung gerade 1 V gleich 1 000 mV, so fließen demnach $1\,000 : 50\,000 = \frac{1}{50}$ mA durch die Spule; der Zeiger wird um 1 Teilstrich abgelenkt. 3 V bewirken daß er um 3 Strich abgelenkt wird usw. Die Zahl, auf welche der Zeiger weist, gibt somit in diesem Bereich die gemessene Spannung in Volt an.

Stöpselt man Loch 2, so erhält man den zweiten Spannungsmessbereich mit 5 000 Ω Eigenwiderstand. Hier erzeugt eine Spannung von 1 000 mV die Stromstärke $\frac{1}{5}$ mA in der Spule; der Zeiger wird dadurch um 10 Strich abgelenkt. 10 V erzeugen 2 mA, die den Zeiger um 100 Strich ablenken usw. Man hat mithin in diesem Bereich die Zahl, bei der der Zeiger stehen bleibt, durch 10 zu teilen, um den Wert der gemessenen Spannung in Volt zu bekommen.

Wenn der Stöpsel in Loch 1 steckt, hat das Gerät 1 000 Ω Eigenwiderstand. Ein Teilstrich zeigt dann $20\text{ mV} = 0,02\text{ V}$ an, und die abgelesene Zahl muß mit 0,02 vervielfältigt oder, was dasselbe ist, durch 50 geteilt werden.

(4) Setzt man den Stöpsel bei I ein, so ergibt sich der Strommessbereich von 0...150 mA. Da der Spule von 10 Ω eine Rolle von 0,2041 Ω nebengeschaltet ist, so beträgt der Verbundwiderstand zwischen den Anschlußklemmen a und b nach § 3 Gl. (5) ... $10 \cdot 0,2041 : 10,2041 = 0,2\ \Omega$. Der zu messende Strom I verteilt sich auf die beiden Wege im umgekehrten Verhältnis ihrer Widerstände, also im Verhältnis $0,2041 : 10 = 1 : 49$. Mithin fließt durch die Spule $\frac{1}{50} I$, und der Zeiger wird um 1 Teilstrich abgelenkt bei $I = 1\text{ mA}$, um 20 Strich bei $I = 20\text{ mA}$, usw.

Den zweiten Strommessbereich von 0...1,5 A erhält man, wenn man den Stöpsel bei II einsetzt. Die Zahlen der Teilung sind hier, wie sich leicht nachrechnen läßt, mit 10 zu vervielfältigen, wenn man die Stromstärke I in Milliampere haben will.

Im dritten Strommessbereich (Stöpsel bei III) hat man die abgelesene Zahl durch 10 zu teilen, um I in Ampere zu erhalten.

(5) An manchen Meßgeräten werden die einzelnen Bereiche nicht durch Stöpsel, sondern durch Drehshalter eingestellt.

(6) Für Spannungsmesser mit mehreren Meßbereichen gibt das Viererwert gewöhnlich den Eigenwiderstand je Volt an, wodurch die Angabe der Eigenwiderstände in den einzelnen Meßbereichen entbehrlich wird. Man erhält diese, indem man den Wert für 1 V mit dem Endwert jedes Meßbereichs vervielfältigt. Umgekehrt ergibt sich der Eigenwiderstand je Volt aus den Eigenwiderständen der Meßbereiche durch Teilen mit ihren Endwerten. Das bei c Abf. 1 beschriebene Gerät z. B. hat $1000 : 3$ oder $5000 : 15 = 333\frac{1}{3}\ \Omega$ Eigenwiderstand für 1 V.

(7) Für Strommesser wird oft der Nennspannungsabfall angegeben, d. h. der Spannungsabfall im Gerät beim Nennstrom, also bei vollem Zeigerausschlag. Sind es bei einem Strommesser mit drei Meßbereichen bis 30, 300 und 3000 mA z. B. 90 mV, so bedeutet dies, daß das Gerät im kleinsten Meßbereich $90 : 30 = 3 \Omega$ Eigenwiderstand hat; im mittleren Bereich sind es $0,3 \Omega$, im großen $0,03 \Omega$.

(8) Meßgenauigkeit. Sie wird in Hundertsätzen vom Endwert des Meßbereichs angegeben. Beträgt sie z. B. bei einem Spannungsmesser mit 90 V Meßbereich $\pm 1\%$, so sind das $\pm 0,9$ V. Wenn der Zeiger 90 V anzeigt, kann der wahre Wert also zwischen 89,1 und 90,9 V liegen. Zeigt er 15 V an, so kann der Meßfehler ebenfalls $\pm 0,9$ V betragen; auf 15 V bezogen sind das aber schon $\pm 6\%$. Der Meßfehler wird demnach verhältnismäßig um so größer, je kleiner der Zeigerausschlag ist.

Im zweiten Falle mißt man daher besser in einem kleineren Bereich, z. B. dem bis 30 V. Hier ist der Meßfehler $\pm 1\%$ von 30 gleich $\pm 0,3$ V. Wenn 15 V angezeigt werden, kann der wahre Wert zwischen 14,7 und 15,3 V liegen, und die Meßgenauigkeit beträgt, auf 15 V bezogen, $\pm 2\%$.

d) Widerstandsmesser

(1) Bauart und Wirkungsweise der Widerstandsmesser seien an einem Beispiel erläutert.

(2) Der Widerstandsmesser 10 M (Abb. 19 auf S. 36) hat drei Meßbereiche von $0 \dots 0,1$, 1 und 10 M Ω . Im kleinsten und im mittleren Bereich braucht man eine Meßspannung von 6 V, im großen eine von 60 V.

Für Widerstandsmessungen gilt die obere Teilung, die von $1000 \dots 0$ zählt. Der Zeiger steht in der Ruhe, wenn bei unendlich hohem Außenwiderstand kein Strom durch das Gerät fließt, links beim Zeichen ∞ . Der innere Widerstand zwischen den Klemmen + und 6 beträgt genau $10\,000 \Omega$, zwischen den Klemmen + und 60 genau $100\,000 \Omega$.

(4) Legt man den positiven Pol der 6 V-Stromquelle an die Klemme + und den negativen an Klemme 6, so fließt durch die Drehspule ein Strom i_0 von $6 \text{ V} : 10^4 \Omega = 0,6 \text{ mA}$, der den Zeiger bis zum rechten Endstrich 0 der oberen Teilung treibt.

(5) Wenn man die 6 V-Stromquelle und einen Widerstand von $r \Omega$ in Reihe zwischen die Klemmen + und 6 schaltet, so fließt durch die Spule ein Strom $i = 6 : (10^4 + r) \text{ A}$. Da der Winkel, um den sich die Spule dreht, der Stromstärke in ihren Windungen verhältnismäßig ist, gilt die Gleichung

$$x : l = i : i_0 = \frac{6}{10^4 + r} : \frac{6}{10^4} \quad (1)$$

worin x die Länge des Bogens bezeichnet, den die Zeigerspitze beim Strom i zurücklegt, und l die ganze Bogenlänge zwischen ∞ und 0.

(6) Aus Gl. (1) folgt

$$x = l \frac{10^4}{10^4 + r} \quad (2)$$

Beträgt r z. B. $10\,000 \Omega$, so ist $x = \frac{1}{2} l$, der Zeiger bleibt in der Mitte der Teilung stehen. Bei $r = 30\,000 \Omega$ ist $x = \frac{1}{4} l$, bei $r = 3\,000 \Omega$ gilt $x = \frac{10}{13} l$ usw.

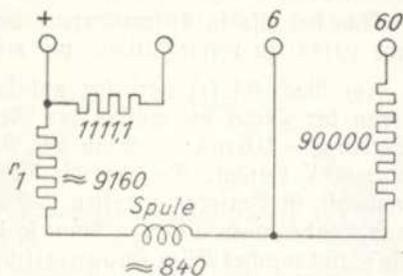


Abb. 8. Widerstandsmesser 10 M

(7) Hiernach berechnet das Lieferwerk die Teilung. Es eicht sie aber noch durch Vergleich mit genormten Widerständen und schreibt die Beträge von r in Ohm an. In der Mitte steht daher die Zahl 10. Um den Wert des außen anliegenden Widerstandes r in Ohm zu erhalten, hat man somit in diesem mittleren Meßbereich die Zahl (oder den Zwischenwert), auf welche der Zeiger weist, mit 1000 zu vervielfältigen.

(8) Der kleinste Meßbereich (bis 0,1 M Ω) entsteht, wenn man die 6 V-Stromquelle in Reihe mit dem unbekanntem Widerstand r wie vorher zwischen die Klemmen + und 6 legt und außerdem die unbezeichnete Klemme mit Klemme 6 verbindet. Dadurch werden 1111,1 Ω nebengeschaltet, der innere Widerstand des Meßgeräts sinkt auf 1000 Ω , die Spule erhält nur $\frac{1}{10}$ des vollen Stromes, und die Gleichung für x lautet

$$x:l = i:i_0 = 6/10(10^3 + r):6/10^4 \text{ oder} \\ x = l \frac{10^3}{10^3 + r} \quad (3)$$

Die Werte der Teilung sind demnach mit 100 malzunehmen, wenn man r in Ohm haben will.

(9) Um den großen Meßbereich bis 10 M Ω zu erhalten, hat man 60 V in Reihe mit r zwischen die Klemmen + und 60 zu schalten. Der Widerstand im Meßgerät beträgt dann 10⁵ Ω , i_0 ist wieder gleich 0,6 mA und die Gleichung für x lautet

$$x = l \frac{10^5}{10^5 + r} \quad (4)$$

Man hat also in diesem Bereich den Wert, den man an der oberen Teilung abliest, mit 10 000 zu vervielfältigen, um r in Ohm zu bekommen.

(10) Nach Gl. (1) wird der unbekanntem Widerstandswert nur dann richtig angezeigt, wenn der Zeiger bei Schluß der Meßbatterie über das Meßgerät allein — also beim Strom $i_0 = 0,6$ mA — genau auf Null weist, wenn also die Meßspannung genau 6 V oder 60 V beträgt. Da aber die EMK der meisten Stromquellen in gewissen Grenzen schwankt, ist Vorseege getroffen, daß man die Empfindlichkeit des Meßwerks den Spannungsänderungen anpassen kann, so daß das Gerät trotzdem richtig zeigt. Hierzu dient ein Stück weiches Eisen (magnetischer Nebenschluß), das man mit einer Schraubenspindel zum Dauermagnet hin oder von ihm weg bewegen kann. Dadurch ändert sich das magnetische Feld und mit ihm die Empfindlichkeit. Über das Verfahren bei dieser Eichung siehe § 13 b Abs. 5.

e) Allgemeines

(1) Meßgeräte müssen pfleglich behandelt werden! Vor allem darf man sie nicht Spannungen oder Strömen aussetzen, deren Höhe oder Stärke über den Meßbereich hinausgeht. Es könnten sonst Widerstände oder Kontakte beschädigt oder zerstört werden, auch würde sich die Spule so heftig drehen, daß sie an das Joch anschlüge und Schaden litte. Selbstverständlich müssen die Geräte auch vor Erschütterung sorgfältig behütet werden.

(2) Feinmeßgeräte, das sind solche, die eins der Klassenzeichen E, F, 0,2 oder 0,5 tragen (Anl. 4), sind in die Obhut eines bestimmten Beamten zu geben und unter Verschuß zu halten. Mit ihnen dürfen nur Messungen gemacht werden, von denen hohe Genauigkeit gefordert wird.

(3) Besondere Vorsichtsmaßregeln beim Messen von Leitungen, die Kabelstrecken mit Pupin- oder Kararupadern enthalten, sind für die Meßgeräte § 7··17 entbehrlich. Bei

ihnen kann die Stromstärke niemals über das zulässige Maß (AM VI, 6 A Anl. 3) steigen, wenn man die Meßanleitungen befolgt.

(4) Strom-, Spannung-, Widerstands- und Dämpfungsmesser führen Bezeichnungen, die den Gebrauchszweck und die obere Grenze des Meßbereichs in Ampere, Volt, Ohm oder Neper erkennen lassen. Dabei bedeutet G für Gleichstrom, W für Wechselstrom, m Milli und M Mega; die Einheitszeichen A, V, Ω oder N bleiben weg. Der Spannungsmesser G 90 z. B. mißt Gleichspannungen bis 90 V, der Widerstandsmesser 10 M mißt Widerstände bis 10 M Ω , der Dämpfungszeiger 3 Dämpfungen bis 3 N. Mit dem Strom- und Spannungsmesser WG 6/600 kann man Wechsel- und Gleichströme bis 6 A und Wechsel- und Gleichspannungen bis 600 V messen.

(5) Im folgenden sind die wichtigeren Gleichstrommeßgeräte beschrieben. Geräte, die nicht allgemein gebraucht werden, fehlen; über sie geben Sonderhefte oder die Beschreibungen der Lieferwerke Auskunft.

§ 7

Der Spannungsmesser G 3

(1) Er dient zum Prüfen von Trockenelementen und Sammlern, ist aber auch als Strommesser und Widerstandsmesser brauchbar. Sein Meßwert ist auf Abb. 3 dargestellt.

(2) Das runde Messinggehäuse (Abb. 9a) hat innen eine geschwärzte Messingplatte mm (Abb. 3b), die vorn das Zifferblatt und den Steg *g* nebst dem Zeiger *z* trägt, während rückwärts der Dauermagnet mit den Polschuhen sowie das Joch *n* nebst dem Eisenkern *F* und der Drehspule *r* befestigt sind. Im hinteren Raum sind außerdem drei Widerstände untergebracht und nach Abb. 9b geschaltet. Die Drehspule hat $\approx 45 \Omega$ Widerstand, die Rolle *r_n* etwa 50Ω ; der Vorwiderstand *r_v* bringt den Gesamtwiderstand zwischen den Klemmen *s₁* und *s₂* auf 600Ω genau.

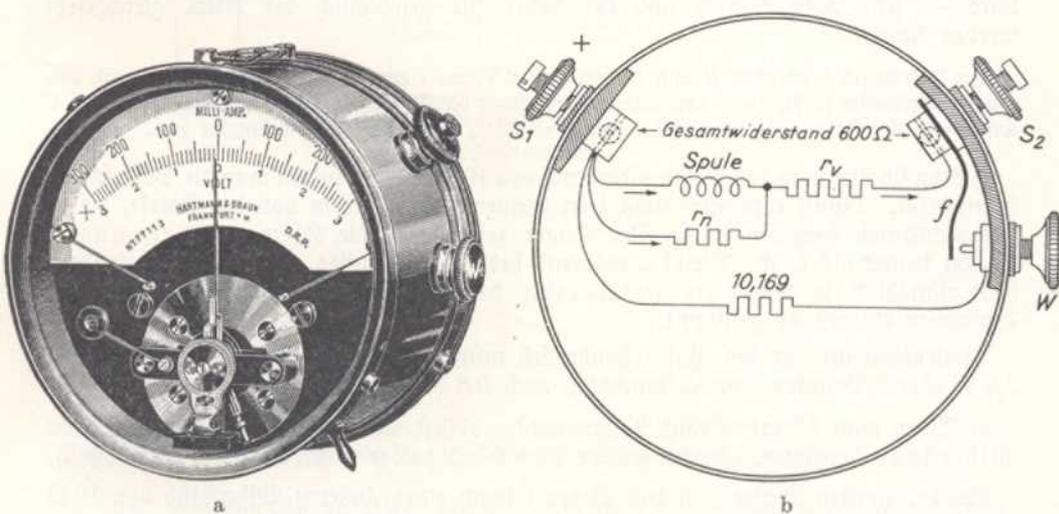


Abb. 9. Spannungsmesser G 3. Dmr. 80 mm

(3) Dreht man die mit *W* bezeichnete Schraube (die »Widerstandsschraube«) hinein (rechts herum), so berührt sie die Feder *f* und schaltet damit den Nebenwiderstand von 10,169 Ω ein. Der Verbundwiderstand *R''* zwischen den Klemmen *s₁* und *s₂* beträgt dann nach Gl. (5) auf S. 12 $600 \cdot 10,169 : 610,169 = 10 \Omega$.

(4) Die beiden schrägen Stäbe, die in Abb. 9a unterhalb des Stegs sichtbar sind, dienen als Gegengewichte für den Zeiger, vgl. § 6b Abs. 3. Unten sitzt die von außen zugängliche Schnittschraube s , mit der man den Zeiger, wenn nötig, auf Null bringen kann (§ 6b Abs. 13).

(5) Die bis zum Jahre 1907 beschafften Geräte sind vorn, wie in Abb. 9a, mit Glasdeckel verschlossen. Später wurde statt dessen eine Messingscheibe eingesetzt, die nur über der Teilung einen mit Glas verkleideten Ausschnitt hat.

(6) Bei allen Spannungsmessungen muß die Schraube W herausgedreht sein. Die Stromempfindlichkeit der Drehspule ist so abgepaßt, daß der Zeiger gerade 1 V anzeigt, wenn $\frac{1}{600} \text{ A} = 1\frac{2}{3} \text{ mA}$ durch r_v fließen. Die Spannung an den Außenklemmen s_1 und s_2 beträgt dann also 600Ω mal $\frac{1}{600} \text{ A} = 1 \text{ V}$. Bei einer außen anliegenden Spannung von 2 V beläuft sich die Stromstärke in r_v auf $2 \text{ V} : 600 \Omega = \frac{2}{600} \text{ A}$; der Zeiger wird doppelt so weit abgelenkt wie vorher und zeigt 2 V an, usw.

(7) Das Gerät ist auch als Strommesser verwendbar. Dazu muß man die Schraube W hineindrehen. Da sich die Widerstände der beiden Stromwege wie $600 : 10,169 = 59 : 1$ verhalten, so verhalten sich die Stromstärken in ihnen nach Gl. (6) auf S. 12 wie $1 : 59$; in r_v fließt also $\frac{1}{60}$ des vollen Stromes, der von außen kommt. Ist er z. B. $\frac{1}{10} \text{ A} = 100 \text{ mA}$ stark, so fließt durch r_v nur $\frac{1}{600} \text{ A}$, und der Zeiger weist auf den Teilstrich bei »1 V«. Man liest nun aber über diesem Strich »100 mA« ab, usw.

(8) Prüfung von Trockenelementen. Um ein Element zu prüfen, mißt man erst seine elektromotorische Kraft (EMK) und ermittelt gleich danach die Klemmenspannung bei einem Strom von üblicher Stärke.

a) Man verbindet die beiden Pole des Elements mit den Klemmen s_1 und s_2 des Spannungsmessers und liest zuerst, bei ausgedrehter Schraube W , die Spannung in Volt ab. Man erhält einen Betrag U , der der EMK E des Elements — also dem Potentialunterschiede zwischen den Elektroden für den Fall, daß kein Strom abgegeben wird — sehr nahe kommt und der daher für gewöhnlich der EMK gleichgesetzt werden kann.

Der Unterschied δ zwischen E und U beträgt $i r'$ V, wo i den Strom bezeichnet, der durch den Spannungsmesser fließt, und r' den inneren Widerstand des Elements; bei $r' = 2 \Omega$ und $E = 1,5 \text{ V}$ würde δ beispielsweise $(1500:602)2 \approx 5 \text{ mV} = 0,3\%$ ausmachen, also belanglos sein.

b) Nun schaltet man den Nebenwiderstand von $10,169 \Omega$ an, indem man die Schraube W hineindreht. Damit entnimmt man dem Element einen Strom von der Stärke, die es für gewöhnlich hergeben muß. Der Zeiger zeigt dabei die Klemmenspannung u an, die kleiner als U ist. Bleibt u während des Stromschlusses nicht beständig, sondern sinkt allmählich, so ist dies ein Zeichen dafür, daß das Element sich polarisiert oder daß der innere Widerstand zunimmt.

Trockenelemente für den Mikrophonbetrieb müssen für einige Augenblicke wenigstens 1,0 V oder 2 Minuten nach Stromschluß noch 0,8 V Klemmenspannung zeigen.

c) Wenn man U und u rasch hintereinander abliest, kann man daraus den inneren Widerstand berechnen. Hierbei sei der Einfachheit halber E für U gesetzt (siehe bei a).

Bei der zweiten Messung ist das Element durch einen äußeren Widerstand von 10Ω geschlossen. Ist i der Strom, den es dabei hergibt, so beträgt die Spannung u an seinen Klemmen dann also $10 i$. Ferner gibt der Unterschied zwischen E und u den Spannungsabfall im Element an, der gleich dem Produkt aus seinem inneren Widerstande und der Stromstärke i ist. Wir haben mithin die Gleichungen

$$u = 10 i \quad \text{und} \quad E - u = i r'. \quad (1)$$

Daraus folgt

$$r' = 10 \frac{E - u}{u} \Omega. \quad (2)$$

Beispiel 1: $E = 1,4 \text{ V}$, $u = 1,2 \text{ V}$; $r' = 2:1,2 = 1,67 \Omega$.

Beispiel 2: $E = 1,2 \text{ V}$, $u = 0,7 \text{ V}$; $r' = 5:0,7 = 7,1 \Omega$.

(9) Über die Messung von Sammlerzellen siehe das Dienstwerk »Stromverjüngungsanlagen«.

(10) Man kann auch höhere Spannungen als 3 V messen, wenn man dem Gerät einen passenden Widerstand vorschaltet. Schaltet man z. B. 5400Ω vor (s. § 8 Abs. 3), so steigt der Gesamtwiderstand auf 6000Ω . Wenn die zu messende Spannung dann beispielsweise 10 V beträgt, so fließen durch r_v $10:6000 = 1/600 \text{ A}$, und der Zeiger wird 1 V anzeigen. Man hat also die abgelesenen Voltzahlen mit 10 malzunehmen; der Meßbereich erstreckt sich somit bis 30 V.

Selbstverständlich muß der Widerstand von $10,169 \Omega$ hierbei abgeschaltet, die Schraube W also herausgedreht sein.

(11) Messung von Widerständen. a) Mit dem Spannungsmesser G 3 kann man ferner kleinere Widerstände messen und so zum Beispiel feststellen, ob Abspannungen, Verbindungen und Unteruchungsstellen in Fernmeldeanlagen fehlerfrei sind oder Kontaktfehler (Übergangswiderstände) enthalten. Man braucht dazu ein gutes Trockenelement, das mindestens 1,4 V elektromotorische Kraft und mindestens 1,2 V Klemmenspannung haben muß, sowie zwei Meßschnüre mit Klemmen besonderer Art (Abb. 10a). Diese Klemmen und die Stellen, wo sie angelegt werden sollen, sind vor der Messung metallisch blank zu machen. Messen darf man nur bei trockenem Wetter.

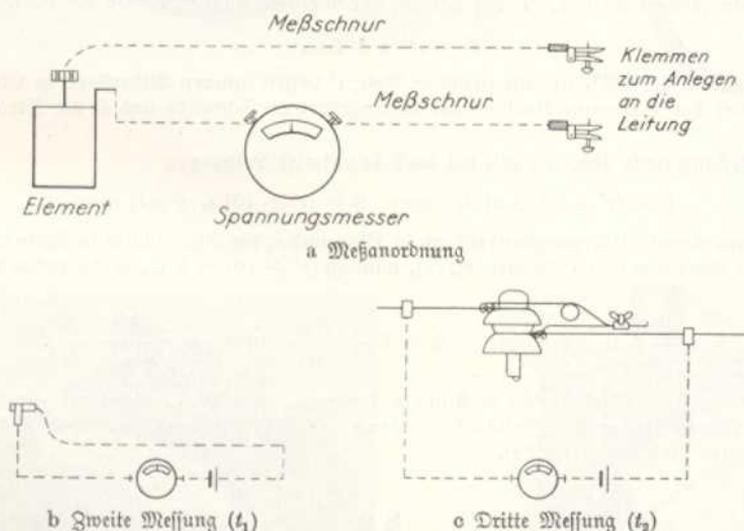


Abb. 10. Messung von Widerständen mit Spannungsmesser G 3

b) Man mißt zunächst die EMK des Elements nach Abs. 8 unter a bei ausgedrehter Schraube W ; sie betrage E Volt. Hierauf dreht man W hinein und verbindet die Teile so miteinander, wie Abb. 10a es zeigt. Alsdann drückt man beide Klemmen fest zusammen (Abb. 10b) und liest die Zahl der Teilstriche, um die der Zeiger des Spannungsmessers von Null abgelenkt wird, genau ab; es seien t_1 Striche. Schließlich schraubt man die Klemmen zu beiden Seiten der zu prüfenden Verbindungsstelle fest an die Leitung an (Abb. 10c) und liest wiederum genau ab; diesmal seien es t_2 Striche.

Um Beschädigungen des Spannungsmessers zu verhüten, muß man sich vor dem Anlegen der beiden Klemmen an die Leitung nochmals davon überzeugen, daß die Schraube W zuverlässig eingedreht ist.

c) Wurde der Zeiger bei der zweiten und der dritten Messung um gleichviel Teilstriche abgelenkt, so hat die Verbindungsstelle keinen merklichen Widerstand. Ist aber die Ablenkung t_2 kleiner als die Ablenkung t_1 , so enthält die geprüfte Stelle einen Übergangswiderstand x , dessen Größe in Ohm man aus der Formel

$$x = \frac{100 E}{t_2} - \frac{100 E}{t_1} \quad (3)$$

berechnen kann.

d) Wenn sich der so bestimmte Übergangswiderstand nicht aus der regelrechten Bauart der Untersuchungsstelle erklären läßt, müssen ihre Einzelteile nachgesehen, gereinigt oder unter Umständen ersetzt werden. Fehlerhafte Verbindungsstellen sind zu erneuern.

e) Pupinspulen dürfen auf diese Weise nicht geprüft werden.

f) Beispiel 1: $E = 1,4 \text{ V}$, $t_1 = 12$ Teilstriche, $t_2 = 11$ Teilstriche;
 $x = 140:11 - 140:12 = 12,7 - 11,7 = 1,0 \Omega$.

Beispiel 2: $E = 1,5 \text{ V}$, $t_1 = 13$ Teilstriche, $t_2 = 8$ Teilstriche;
 $x = 150:8 - 150:13 = 18,8 - 11,5 = 7,3 \Omega$.

Beispiel 3: $E = 1,5 \text{ V}$, $t_1 = 12$ Teilstriche, $t_2 = 1$ Teilstrich;
 $x = 150 - 150:12 = 137,5 \Omega$.

g) Unter dem bei a gemachten Vorbehalt für die Beschaffenheit des Trockenelements kann angenommen werden, daß dessen EMK und innerer Widerstand während der zusammengehörigen drei Messungen unverändert bleiben. Daher gilt bei der Messung nach Abb. 10b die Gleichung

$$E = (r' + 10) i_1, \quad (4)$$

worin bedeuten: E die EMK des Elements in Volt, r' dessen inneren Widerstand in Ohm, 10 den Eigenwiderstand des Spannungsmessers bei hineingedrehter Schraube und i_1 die Stromstärke in Ampere.

Für die Messung nach Abb. 10c gilt bei sonst stromfreier Leitung

$$E = (r' + 10 + x) i_2 \quad \text{oder} \quad E = (r' + 10) i_2 + x i_2, \quad (5)$$

wobei x der unbekannte Übergangswiderstand in Ohm und i_2 die Stromstärke in Ampere ist. Setzt man nun den Wert von $(r' + 10)$ aus Gl. (4), nämlich $(r' + 10) = E/i_1$, in die rechte Gl. (5) ein, so kommt

$$E = \frac{E i_2}{i_1} + x i_2 \quad \text{oder} \quad x i_2 = E - \frac{E i_2}{i_1} \quad \text{oder} \quad x = \frac{E}{i_2} - \frac{E}{i_1}. \quad (5)$$

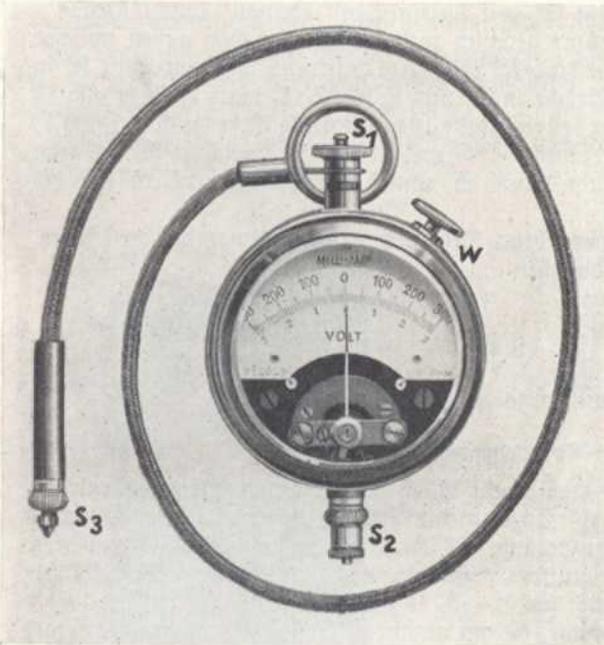
Wenn man die Stromstärken nicht in Ampere, sondern — wie bei c geschehen — in Teilstrichen einsetzt, also 100 mal zu groß (1 Teilstrich = 10 mA = 0,01 A), so muß man auch E hundertmal größer nehmen. Dies ergibt Gl. (3).

§ 8

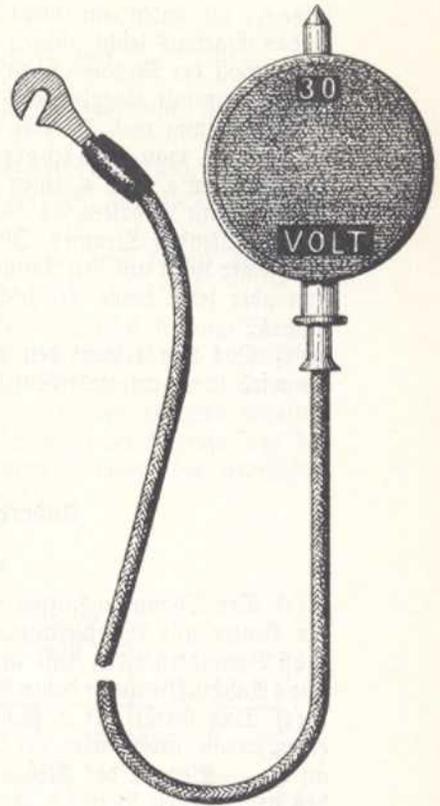
Der kleine Spannungsmesser G 3

(1) Dieser Spannungsmesser ist ebenso geschaltet wie der im § 7 beschriebene, aber kleiner und zierlicher gebaut. Das metallene Gehäuse hat die Form einer Taschenuhr (Abb. 11a). Die Anschlußklemme s_1 liegt oben; der Stift W schaltet, wenn man ihn niederdrückt, den Nebenwiderstand von 10,169 Ω ein.

(2) An s_1 kann eine Kabelschnur angeklammert werden, deren anderes Ende in einem Salter aus Isolierstoff eine metallene Spitze s_2 enthält. Man drückt diese und die Metall-



a



b

Abb. 11. Kleiner Spannungsmesser G 3. Dmr. 57 mm



Abb. 12. Spannungsmesser G 90. 100×86×36 mm

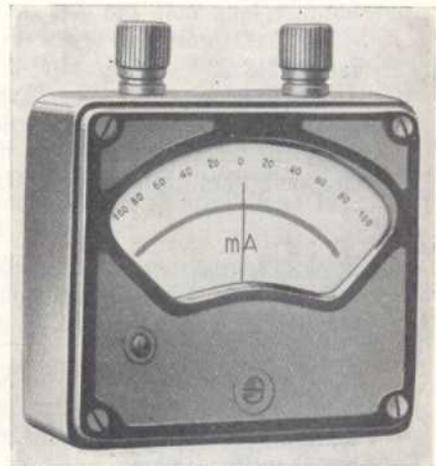


Abb. 13. Strommesser G 0,1. 95×87×40 mm.

spitze s_2 , die unten am Gerät sitzt, auf die Pole des zu prüfenden Elements und kann so das Ergebnis leicht ablesen.

(3) Soll der Meßbereich auf 30 V erhöht werden, so klemmt man an s_2 eine zweite Kabelschnur mit eingebautem Widerstand von 5400 Ω an (Abb. 11b).

Die Messung nach § 7 Abs. 11 läßt sich mit diesem Gerät ebenfalls durchführen.

(4) Wenn man schwächere Ströme genauer messen will, fügt man außen zwischen die Klemmen s_1 und s_2 einen Widerstand R' von 120 Ω ein und läßt den Stift W in Ruhe. Dann verhalten sich die Teilströme in R' und r_v wie 5 : 1, durch r_v fließt also $\frac{1}{5}$ des zu messenden Stromes. Ist dieser beispielsweise 10 mA stark, so fließt durch r_v 1/600 A; der Zeiger weist auf den Teilstrich, der mit »1 V« und »100 mA« bezeichnet ist. Es zeigt nun aber jeder kleine Teilstrich gerade 1 mA an, und der Meßbereich erstreckt sich bis 30 mA.

(5) Das Gerät dient den Entstörrern beim Prüfen von Leitungen und Sprechstellen. Es wird in einem Lederbeutel aufbewahrt.

§ 9

Andere Spannungs- und Strommesser

a) Der Spannungsmesser G 90

(1) Der Spannungsmesser G 90 wird hauptsächlich in den Stromversorgungsanlagen der Ainter mit Wählvermittlung als Anzeigegerät benutzt. Sein Drehspul-Meßwert nebst Vorwiderständen steckt in einem Gehäuse aus schwarzem Isolierpreßstoff (Kunstharz). Die 4 Anschlußklemmen haben Rändelmutter, passen aber auch für Bananenstecker (Abb. 12).

(2) Das Gerät hat 3 Meßbereiche von 0...3, 0...30 und 0...90 V. Man wählt einen davon, indem man die Meßschnur, die am negativen Pol der Stromquelle anliegt, an die —Klemme des Meßgeräts legt und die andere an die Klemme, wo der Endwert des gewünschten Bereichs angeschrieben ist.

Im Meßbereich bis 30 V liest man den Wert der gemessenen Spannung in Volt an der oberen Teilung ab. Die darunter stehende zweite Teilung ergibt den Meßwert für den Bereich bis 90 V. Mißt man im Bereich bis 3 V, dann muß man den an der oberen Teilung abgelesenen Betrag durch 10 teilen.

(3) Messerzeiger und Spiegelbogen erleichtern genaues Ablefen. Mit einer Schnittschraube kann man den Zeiger, wenn nötig, auf Null bringen.

(4) Das Gerät hat hohen Eigenwiderstand, nämlich $\approx 500 \Omega$ für 1 V; im Meßbereich bis 90 V sind es also 45 000 Ω . Daher fällt die zu messende Spannung nicht nennenswert ab, wenn das Meßgerät angeschaltet wird. Die Meßgenauigkeit liegt bei $\pm 1\%$ vom Endwert des jeweils benutzten Meßbereichs.

(5) In der älteren Bauform ist das Gehäuse rund aus schwarz lackiertem Blech. Der Eigenwiderstand beträgt hier 200 Ω für 1 V.

b) Der Strommesser G 3

ist ähnlich gebaut. Seine drei Meßbereiche erstrecken sich von 0...30 mA, 0...300 mA und 0...3 A. Man gebraucht ihn in großen Fernsprechämtern. Nennspannungsabfall (§ 6c Abs. 7) ≈ 100 mV, Meßgenauigkeit $\pm 1\%$ vom Endwert jedes Meßbereichs.

c) Der Strommesser G 0,1

(Abb. 13) wird bei der Wartung und Pflege von Teilnehmer-Fernschreibeinrichtungen benutzt. Sein Meßbereich erstreckt sich bis 100 mA; der Nullpunkt liegt in der Mitte der doppelten Teilung.

Das Gerät hat $\approx 0,6 \Omega$ Eigenwiderstand. Die Meßgenauigkeit beträgt $\pm 1\%$, also ± 1 mA.

§ 10

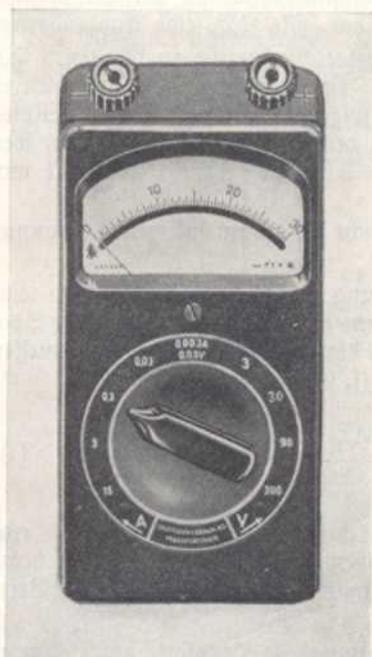
Der Strom- und Spannungsmesser G 15/300

(1) Dieses Gerät wird bei solchen Ämtern verwendet, wo zahlreiche Gleichstrommessungen an verschiedenen Stellen nötig sind.

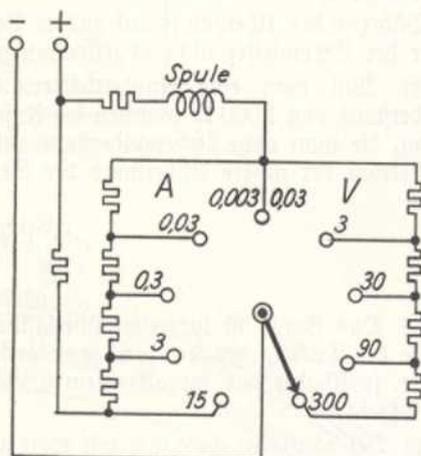
(2) In einem handlichen Gehäuse aus schwarzem Isolierpressstoff (Abb. 14a) ist das Meßwerk (Abb. 4) nebst Vor- und Nebenwiderständen untergebracht und nach Abb. 14b geschaltet.

Die beiden Anschlußklemmen mit Rändelmuttern aus Isolierstoff passen auch für Bananenstecker.

(3) Die Teilung hat 30 lange Striche, die von 0...30 zählen, und dazwischen 30 kurze. Messerzeiger und Spiegelbogen gewährleisten genaues Ablesen. Die Fehlergrenze der Anzeige liegt bei $\pm 1\%$ vom Endwert des jeweiligen Meßbereichs.



a



b

Abb. 14. Strom- und Spannungsmesser G 15/300. 90×186×50 mm

Unterhalb des Fensters befindet sich eine Schraube für die Nulleinstellung des Zeigers.

(4) Mit dem kräftigen Drehschalter lassen sich folgende Meßbereiche leicht einstellen:

a) Stromstärke

Meßbereich bis.....	0,003	0,03	0,3	3	15 A
Eigenwiderstand.....	10	2,8	0,298	0,03	0,006 Ω
1 Teilstrich gleich.....	0,1	1	10	100	500 mA
Übergang zum nächsten Bereich ist zulässig bei weniger als ..	—	3	3	3	6 Strich

b) Spannung

Messbereich bis	0,03	3	30	90	300 V
Eigenwiderstand	10	10 ³	10 ⁴	3 · 10 ⁴	10 ⁶ Ω
1 Zeißstrich gleich	0,001	0,1	1	3	10 V
Übergang zum nächsten Bereich ist zulässig bei weniger als..	—	0,3	3	10	9 Strich

(5) Im kleinsten Strommeßbereich beträgt der Nennspannungsabfall hiernach 30 mV; in den übrigen Strommeßbereichen sind es ≈ 90 mV. Bei Spannungsmessungen hat das Gerät den verhältnismäßig hohen Eigenwiderstand von 1000 Ω für 3 V; daher entsteht beim Anschalten kein nennenswerter Spannungsabfall in der Stromquelle, selbst wenn sie einen merklichen inneren Widerstand hat, wie z. B. eine Anodenbatterie.

(6) Bei allen Messungen hat man zuerst den höchsten Meßbereich zu schalten. Zum nächst niederen darf man nur übergehen, wenn der Zeigerausschlag im höheren Bereich erweist, daß der Meßwert unter dem Endwert des folgenden Bereichs liegt. Beispielsweise darf man vom Strommeßbereich bis 15 A zu dem bis 3 A nur übergehen, wenn der Zeiger in jenem um weniger als $30:15 \cdot 3 = 6$ (lange) Striche abgelenkt wird, siehe Abb. 4.

Während des Übergangs auf andere Bereiche braucht die außen anliegende Spannung oder der Stromleiter nicht abgeklemmt zu werden.

(7) Will man eine Anodenbatterie bei Belastung messen, so schaltet man einen Widerstand von 1000 Ω zwischen die Anschlußklemmen des Meßgeräts. Ist E die Spannung, die man ohne Nebenwiderstand mißt, und u die mit Nebenwiderstand gemessene, so beträgt der innere Widerstand der Stromquelle (s. Gl. 2 auf S. 25)

$$r' = 1000 \frac{E - u}{u} \Omega. \quad (1)$$

(8) Das Gerät ist kurzzeitig überlastbar. Schlägt der Zeiger einmal über das rechte Ende der Teilung hinaus, weil man versehentlich einen zu niedrigen Meßbereich benutzt hatte, so schadet das im allgemeinen nicht, wenn man rasch auf den höheren Bereich zurückgeht.

(9) Bei häufigem Gebrauch soll man alle Jahre einmal die Deckplatte am Boden abschrauben und die Kontakte des Umschalters mit einem Federlappchen abwischen, das leicht mit Petroleum befeuchtet ist.

§ 11

Strom- und Spannungsmesser für Verstärkerämter

(1) In den Verstärkerämtern mißt man die verschiedenen Spannungen — bei den Ämtern bis zur Bauart 27 auch die Stromstärken — mit eingebauten Strom- und Spannungsmessern der Güteklassen G oder H, siehe ZmG 18/2, Ausgabe 1930 unter D 4. Zu genaueren Messungen — beispielsweise beim Abgleichen der Heizstromkreise — braucht man dagegen tragbare Feinmeßgeräte der Güteklasse F (vgl. Anl. 4 unter A 1).

Diese Feinmeßgeräte haben Messerzeiger, Spiegelbogen und Nullpunkteinstellung mit Knopf. Sie sind für waagerechte Lage geeicht. Dabei beträgt der Anzeigefehler höchstens $\pm 0,3\%$ vom Endwert des Meßbereichs, siehe Anl. 4 unter A 6. Bei senkrechter Lage entsteht ein zusätzlicher Fehler bis zu 1% vom Endwert.

(2) Nach dem 1. 10. 39 sind tragbare Feinmeßgeräte der Klasse 0,5 mit einer Meßgenauigkeit von $\pm 0,5\%$ vom Endwert des Meßbereichs zu beschaffen; vgl. Anl. 4 unter B 1 und 7.

(3) Man schaltet die Geräte durch zweiadrige Schnüre ein, die an einem Ende zwei Kabelschuhe und am andern einen Doppelstecker haben. Dieser wird in zwei zusammengehörige Meßbuchsen eingesteckt, die in den Stromwegen liegen.

(4) Der Strom- und Spannungsmesser G 1,5/300 hat vier Spannungsmebereiche von 0...3, 30, 90 und 300 V. Man wählt einen von ihnen, indem man den einen Kabelschuh der Meßschnur an die —Klemme des Geräts legt und den andern an die Klemme, die mit dem gewünschten Bereich bezeichnet ist (Abb. 15a). Alle Vorwiderstände befinden sich im Gerät. Sein Eigenwiderstand ist sehr hoch, nämlich $2222,2 \Omega$ für 1 V. Dies folgt aus der großen Stromempfindlichkeit des Meßwerks. Denn da der Zeiger schon durch 0,45 mA bis zum rechten Endstrich der Teilung abgelenkt wird, muß das Meßgerät beispielsweise $300 : 0,00045 = 666\ 666,6 \Omega$ Eigenwiderstand haben, wenn außen eine Spannung von 300 V anliegt.

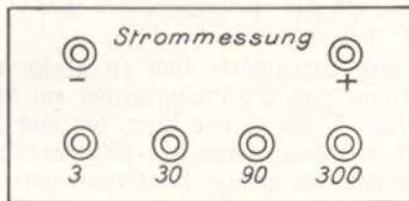


Abb. 15a. Klemmen des Strom- und Spannungsmessers G 1,5/300

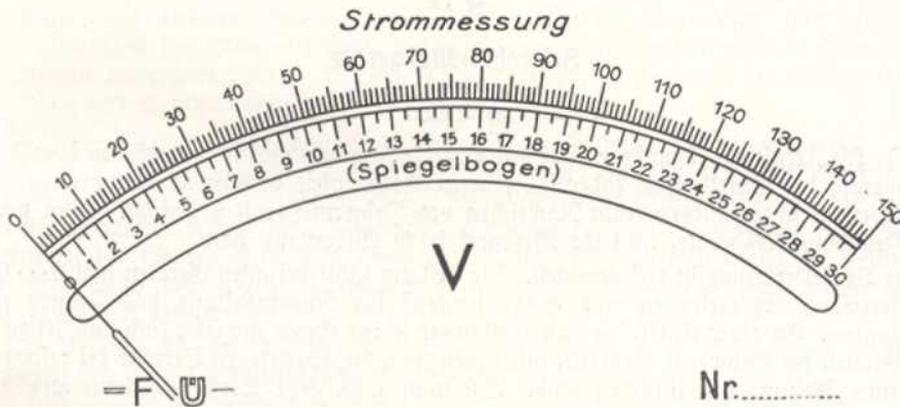


Abb. 15b. Zifferblatt des Strom- und Spannungsmessers G 1,5/300

Man liest die Spannungswerte an der unteren Teilung ab, die von 0...30 zählt (Abb. 15b). Im ersten Bereich hat man den angezeigten Wert durch 10 zu teilen; im dritten vervielfältigt man ihn mit 3 und im vierten mit 10.

(5) Die Nebenwiderstände für Strommessungen befinden sich nicht im Gerät, sondern sind in die einzelnen Stromwege fest eingebaut. Diese werden daher beim An- und Abschalten des Meßgeräts nicht unterbrochen. Man schraubt die Kabelschuhe der Meßschnur an dessen Klemmen — und + an und setzt den Doppelstecker in die beiden Meßbuchsen ein, zwischen denen der passende Nebenwiderstand liegt (siehe Abs. 6).

Da das Gerät ihm gegenüber den sehr hohen Eigenwiderstand von 1000 Ω hat, werden selbst Kreise, in denen nur schwache Ströme fließen, nicht beeinflusst oder verändert, auch haben geringe Übergangswiderstände der Zuleitungen keinen Einfluß auf das Meßergebnis.

Bei diesen Strommessungen liest man an der oberen Teilung ab. Der Zeiger wird auch hierbei durch 0,45 mA bis zum rechten Endstrich der Teilung abgelenkt; der Nennspannungsabfall beträgt also $0,45 \cdot 1000 = 450$ mV.

(6) Der Meßnebenwiderstand im Anodenstromkreise der Ca- und Da-Röhren (Anl. 7) ist 3 Ω groß; bei angeschlossenem Meßgerät verhalten sich die Teilströme also wie 3:1000, und durch das Gerät fließen $\approx 3/1000$ des vollen Anodenstromes. Beträgt dieser z. B. 40 mA, so fließen durch das Meßgerät 0,12 mA, und der Zeiger wird demnach um $150:45 \cdot 12 = 40$ Strich der oberen Teilung abgelenkt. An ihr liest man somit in diesem Bereich die Stärke des Anodenstromes in Milliampere ab.

Im Anodenkreis der Aa- und Ba-Röhren hat der Meßnebenwiderstand 30,9 Ω . Wie sich leicht nachrechnen läßt, muß man die Werte der oberen Teilung diesmal durch 10 teilen, um die Stromstärke in Milliampere zu erhalten.

(7) Im Heizstromkreise liegt ein Nebenwiderstand von 0,3 Ω . Hier hat man die Zahlen der oberen Teilung mit 10 malzunehmen.

(8) Damit Spannung und Stromstärke auch zu gleicher Zeit gemessen werden können, ist außer dem Strom- und Spannungsmesser ein besonderer Strommesser G 1,5 vorhanden. Er ist ähnlich gebaut wie jener, hat vier Meßbereiche von 0...15, 75, 150 mA und 1,5 A und eine Teilung von 0...150. Er wird in die Strombahn eingeschaltet. Sein Eigenwiderstand ist gering; der Nennspannungsabfall beträgt 60 mV. Die Nebenwiderstände befinden sich im Meßgerät.

§ 12

Zehnohm-Meßgeräte

a) Bauart

(1) Die Fernleitungsfachbearbeiter und einzelne Fernkabelmeßstellen verfügen über Feinmeßgeräte der Güteklasse E (oder 0,2), deren Genauigkeit höchsten Ansprüchen genügt. Sie werden unter anderem zum Nachziehen von Zeigermeßgeräten benutzt. Man nennt sie Zehnohm-Meßgeräte, weil ihr Meßwert 10 Ω Widerstand hat.

(2) Ihre Drehspule ist frei gewickelt. Die Teilung zählt bei allen Geräten von 0...150. Messerzeiger, Spiegelbogen und Schraubenkopf für Nulleinstellung des Zeigers sind vorhanden. In einer Tafel, die das Lieferwerk jedem Gerät mitgibt, sind von 10 zu 10 Teilstrichen die Bruchteile vermerkt, mit denen man die abgelesenen Beträge bei besonders genauen Messungen berichtigen muß. Hat man z. B. 50,1 Strich abgelesen und steht in der Tafel beim Teilstrich 50 die Zahl — 0,1, so ist der richtige Wert 50,0.

(3) Beim Messen sollen die Geräte waagrecht liegen. Ihre Glasscheibe darf vor dem Messen nicht gepußt werden, weil sonst elektrostatische Ladungen entstehen könnten, die den Zeigerausschlag beeinflussen würden. Man beseitigt solche Ladungen, indem man die Glasscheibe leicht anhaut.

(4) Damit die Anzeige unabhängig von der Einschaltdauer und der Temperatur bleibt, ist dem Drehspulzweig aus Kupfer und Manganin ein Widerstand R_2 aus Kupfer nebengeschaltet (Abb. 16). Dies wirkt sich im Meßbereich bis 45 mV wie folgt aus: Bei zunehmender Luftwärme wächst der Kupferwiderstand R_2 seines höheren Temperaturkoeffizienten wegen schneller an als der Widerstand $R_1 + R_2$ des Drehspulzweiges (§ 6 b Abs. 17 und EMD 1 § 3 Abs. 11). Daher nimmt der Strom im Drehspulzweig

nur wenig ab, obwohl der Gesamtstrom des wachsenden Gesamtwiderstandes wegen schwächer wird.

In dem Maße, wie der Gesamtstrom abnimmt, wird auch der Spannungsabfall im Vorwiderstand R_4 , der aus Manganin besteht und daher von Temperaturänderungen unbeeinflusst bleibt, kleiner. Somit muß die Teilspannung zwischen den Punkten a und b steigen, wenn die Spannung, die außen an den Klemmen — und »45 mV« anliegt, stetig bleibt.

Die Widerstände sind nun so abgepaßt, daß die Teilspannung $a-b$ bei zunehmender Luftwärme im selben Maße wächst wie der Widerstand des Drehspulzweiges. Daher bleibt der Strom in der Spule bei allen Wärmegraden unverändert, und der Zeiger zeigt immer den richtigen Wert an.

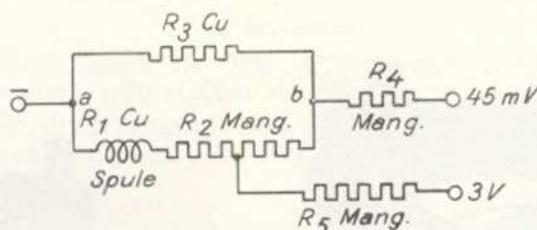


Abb. 16. Zehnmohm-Meßgerät, Schaltung

(5) Allerdings ändern sich Gesamtstrom und Gesamtwiderstand etwas, und zwar dieser um 0,15% für 1°C . Der Meßbereich bis 45 mV darf daher zu Spannungsmessungen mit äußeren Vorwiderständen nicht benutzt werden. Wohl aber ist er für Strommessungen mit äußeren Nebenwiderständen verwendbar. Denn diese sind gegenüber dem Widerstand des Meßwerks klein, so daß der Spannungsabfall zwischen ihren Enden so gut wie unverändert bleibt, einerlei ob sich der Eigenwiderstand des Meßgeräts geringfügig ändert oder nicht.

(6) Zum Messen von Spannungen über 45 mV braucht man die Klemmen — und »3 V«. Die Abzweigung an R_2 nach R_5 ist so gelegt, daß die Temperaturkoeffizienten der nebeneinander liegenden beiden Zweige gleich groß sind. Daher bleibt auch die Stromverteilung auf die beiden Zweige bei allen Wärmegraden dieselbe, und der Temperaturkoeffizient des Geräts ist lediglich durch das Verhältnis Kupfer zu Manganin bestimmt. Er wird durch den hohen Vorwiderstand R_5 aus Manganin so weit herabgedrückt, daß er nahezu verschwindet.

Die Ströme, die bei den Bewegungen der Spule in ihren Windungen entstehen, schließen sich über die Widerstände R_2 und R_5 .

(7) Hier liegt die Frage nahe, weshalb man die Spule aus Kupfer- und nicht aus Manganindraht wickelt. Grund ist der hohe spezifische Widerstand des Manganins. Da die Spulen der Strommesser und der vereinigten Strom- und Spannungsmesser nur geringen Widerstand haben dürfen (§ 6 a Abs. 4), so würde die Spule bloß wenige Windungen von Manganindraht erhalten können. Das Meßwert wäre also recht träge, weil die Kraft, mit der die Spule aus der Ruhelage abgelenkt wird, nicht allein von der Stromstärke, sondern auch von der Windungszahl abhängt, siehe § 6 b Abs. 9, Kleindrud. Aus Kupferdraht kann man dagegen bei gleichem Drahtdurchmesser und gleichem Spulenwiderstand etwa 25mal soviel Windungen ausbringen, was eine weit höhere Empfindlichkeit ergibt.

Die Spulen der reinen Spannungsmesser könnten an sich höheren Widerstand haben; der einheitlichen Bauart wegen behält man aber auch hier Kupfer bei.

b) Der Strom- und Spannungsmesser mit Zehnohm-Meßwerk

(1) Er ist nach Abb. 16 geschaltet und in Abb. 17 dargestellt. Zu Spannungsmessungen bis 45 mV benutzt man die Klemmen — und »45 mV«. Hierbei hat das Meßgerät $\approx 10 \Omega$ Eigenwiderstand, und der Zeiger wird durch $\approx 4,5 \text{ mA}$ bis zum rechten Endstrich der Teilung abgelenkt.

(2) Spannungen über 45 mV mißt man zwischen den Klemmen — und »3 V«. Dabei hat das Gerät genau 1000Ω Eigenwiderstand, und der Zeiger wird durch 3 mA bis zum rechten Endstrich abgelenkt. Will man höhere Spannungen als 3 V messen, so muß man der 3-Voltklemme passende lose Widerstände aus Manganin vorschalten.

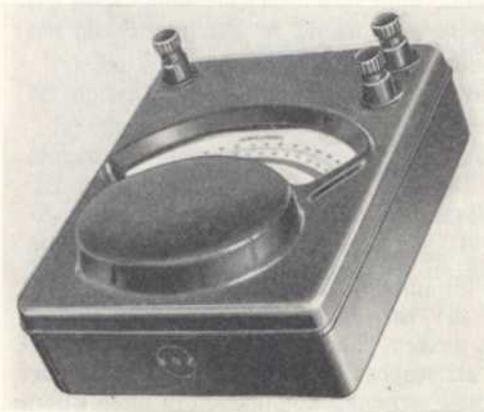


Abb. 17. Zehnohm-Meßgerät

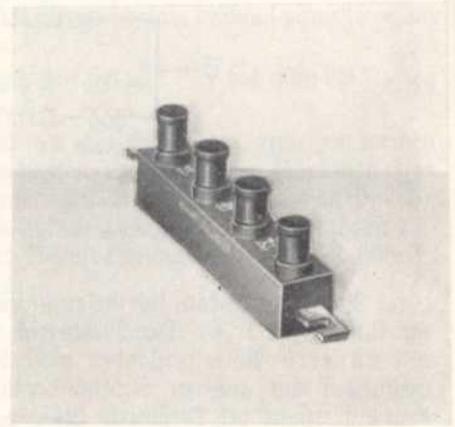


Abb. 18a. Nebenwiderstand

(3) Für Strommessungen steckt man einen besonderen Nebenwiderstand aus Manganin mit 3 Abteilungen zwischen die Klemmen — und »45 mV« (Abb. 18). Dann schaltet man das Gerät in den zu prüfenden Stromkreis ein, und zwar legt man ein Ende des Stromleiters an die Klemme A, während man das andere je nach dem Meßbereich an eine von den andern drei Klemmen legt. Vor-sichtshalber wird man immer mit dem höchsten Bereich beginnen.

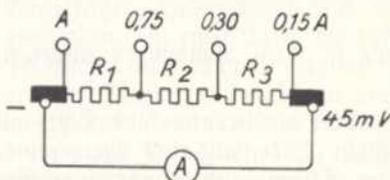


Abb. 18b. Nebenwiderstand zum Zehnohm-Meßgerät

Hat man den höchsten Meßbereich geschaltet, so ist R_1 Nebenwiderstand, während $R_2 + R_3$ Vorwiderstände zum Meßgerät sind. Im nächsten Bereich sind $R_1 + R_2$ Nebenwiderstand und R_3 ist Vorwiderstand; im niedrigsten Bereich wirken $R_1 + R_2 + R_3$ als Nebenwiderstand.

Da die Widerstände ziemlich klein sind und das Gerät selbst daher nur von einem schwachen Zweigstrom durchflossen wird, so ist der Spannungsabfall in den Vorwiderständen sehr gering, und die Mehrfach-Nebenwiderstände brauchen nur wenig größer zu sein als Einzelwiderstände für dieselbe Stromstärke. Selbstverständlich werden sie vom Lieferwerk genau aufeinander abgepaßt.

(4) Es gibt auch Nebenwiderstände für einen oder zwei Meßbereiche.

c) Andere Zehnohm-Meßgeräte

Außer dem eben beschriebenen Gerät gibt es einen Spannungsmesser mit eingebauten Vorwiderständen und vier Meßbereichen bis 1,5, 3, 15 und 150 V, ferner einen Strom- und Spannungsmesser mit eingebauten Vorwiderständen, drei Meßbereichen bis 3, 15 und 150 V und einem Strommeßbereich mit äußeren Nebewiderständen und schließlich ein Gerät mit eingebauten Vor- und Nebewiderständen und 7 Meßbereichen, die man durch Stöpfung wählt.

§ 13

Widerstandsmesser

a) Allgemeines

(1) Widerstandsmesser zeigen den Wert des Leitungs- oder Isolationswiderstandes, den man messen will, in Ohm oder Megohm an.

(2) Bei allen Widerstandsmessungen achte man darauf, daß der zu prüfende Leiter keine eigene Spannung führt. Sie würde das Meßergebnis fälschen und könnte das Meßgerät gefährden.

b) Der Widerstandsmesser 10 M

(1) Er dient als Meßgerät im Prüfschrank für große Ämter mit Wählvermittlung und in den Klinkenumschaltern für Fernämter.

(2) Das Drehspul-Meßwerk mit Messerzeiger ist nebst einigen Widerstandskrollen in ein Holzgehäuse eingebaut (Abb. 19) und nach Abb. 8 auf S. 21 geschaltet. Die Spulen der bis Juni 1936 gelieferten Geräte haben nur $\approx 400 \Omega$ Widerstand; r_1 ist aber so groß, daß der Gesamtwiderstand zwischen den Klemmen + und 6 (ebenso wie bei den neueren Geräten) genau 10 000 Ω beträgt.

(3) Der Widerstandsmesser 10 M hat drei Meßbereiche von 0...0,1, 1 und 10 M Ω . Im kleinsten und im mittleren Bereich braucht man eine Meßspannung von 6 V (Kleinsammler), im großen die Amtsbatterie von 60 V.

Die obere schwarze Teilung für Widerstandsmessungen, die von 1 000...0 zählt, ist für 6 V Meßspannung in Kiloohm geeicht. Der Zeiger steht in der Ruhe links beim Zeichen ∞ .

(4) Meßverfahren. a) Im mittleren Meßbereich (bis 1 M Ω) schaltet man den zu messenden Widerstand r in Reihe mit der 6 V-Batterie zwischen die Klemmen + und 6. Um den Betrag von r in Ohm zu erhalten, hat man die Zahl (oder den Zwischenwert) der schwarzen Teilung, auf welche der Zeiger weist, mit 1000 malzunehmen, vgl. § 6 d Abs. 5...7.

b) Im kleinsten Bereich schaltet man r mit 6 V in Reihe ebenfalls zwischen + und 6, verbindet aber noch die unbezeichnete Klemme mit Klemme 6. Die Vervielfältigungszahl ist hier 100.

c) Im großen Bereich muß man den Minuspol der Amtsbatterie von 60 V, deren Pluspol geerdet ist, an die Klemme 60 des Geräts legen, während man den zu messenden Widerstand r zwischen Klemme + und Erde schaltet. Hier hat man den Wert der oberen Teilung, auf den der Zeiger weist, mit 10 000 zu vervielfältigen, um den Betrag von r in Ohm zu erhalten, oder durch 100 zu teilen, wenn man ihn in Megohm wissen will.

(5) Eichung. Um die Empfindlichkeit des Meßwerks den Schwankungen der Meßspannung anzupassen, eicht man das Gerät vor dem Gebrauch wie folgt, siehe § 6 d Abs. 10. Hierdurch können Änderungen der Spannung bis $\pm 10\%$ ausgeglichen werden.

a) Man prüft zunächst, ob der Zeiger auf dem linken Endstrich der Teilung beim Zeichen ∞ steht. Wenn nicht, bringt man ihn durch vorsichtiges Drehen an der Schraube »Nullpunkt-

einstellung« dahin. Sodann schaltet man die 6 V-Batterie zwischen die Klemmen + und 6 und dreht den Hartgummiknopf *N*, der an der Spindel für den magnetischen Nebenschluß sitzt, so lange rechts oder links herum, bis der Zeiger genau auf den Nullstrich der oberen Teilung weist.

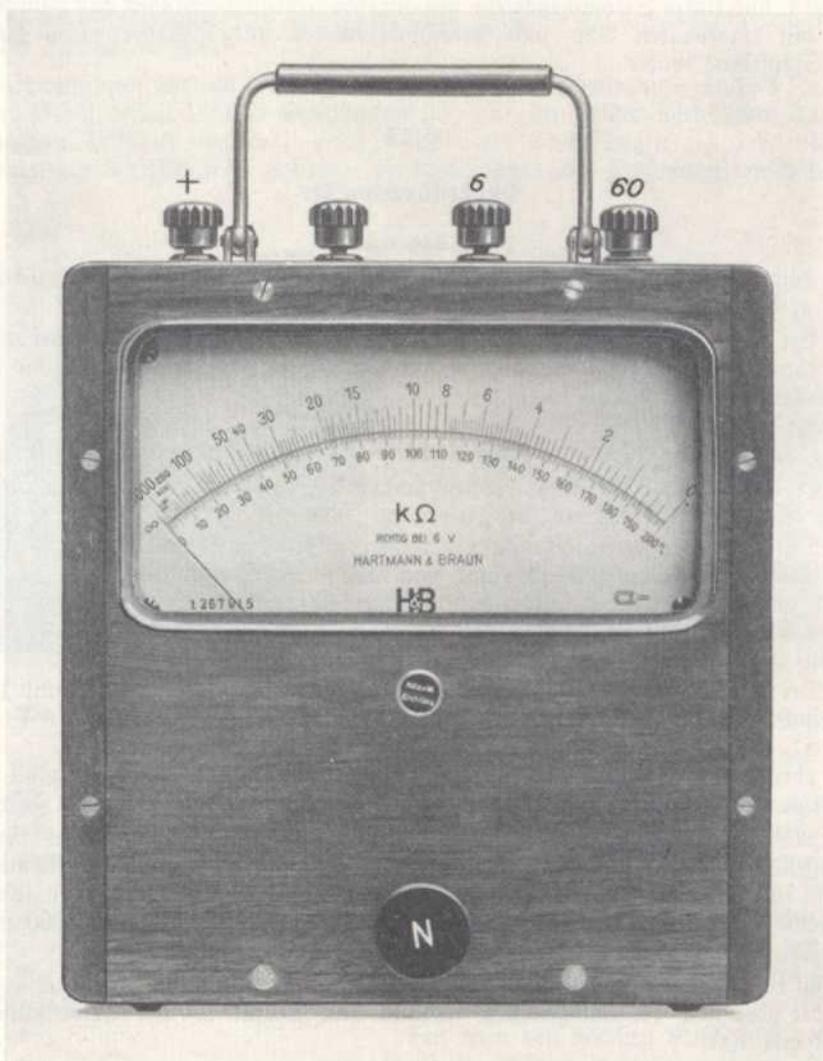


Abb. 19. Widerstandsmesser 10 M. 90×95×38 mm

b) Um für 60 V zu eichen, legt man den Minuspol der Amtsbatterie an Klemme 60, erdet die +Klemme und dreht *N*, bis der Zeiger auf Null steht.

c) Wenn das Gerät viel gebraucht wird, hat man die Eichung mehrmals am Tage zu wiederholen. Vermutet man, daß die Meßspannungen nicht beständig sind, oder hatte man schon bei der letzten Eichung für jede Batterie eine andere Zeigereinstellung beobachtet, so ist jedesmal dann neu abzugleichen, wenn die Spannung (6 oder 60 V) beim Messen gewechselt wird.

(6) Mit den Kippaltern des Prüfstrahls oder Klinkenumschalters richtet man die einzelnen Meßschaltungen so her, wie es in den Beschreibungen (siehe § 14) angegeben ist. Den Grundzügen nach sind die Schaltungen in Abb. 20 dargestellt, vgl. auch bei c Abf. 4. Für Widerstände unter 10 000 Ω soll man den kleinen Meßbereich benutzen.

Bei der Messung nach Abb. 20 b beachte man, daß sie den Leitungswiderstand der Einzelleitung zuzüglich des Widerstandes der beiden Erdungen ergibt.

(7) Dicht unterhalb der schwarzen Teilung liegt eine gleichmäßige rote, die ebenso lang ist, aber von 0...200 zählt. Mit ihr kann man Spannungen messen.

a) Man merkt sich — auch nach der Zahl der Umdrehungen — die Stellung, die Knopf *N* einnimmt, wenn der Zeiger bei genau 6 V Meßspannung auf den oberen Nullstrich weist. Diese Spannung kann man sich z. B. verschaffen, indem man 5 guten Trockenelementen einen Widerstandsfaß vorschaltet und diesen ändert, bis ein Spannungsmesser, den man vorübergehend mit zwischen die Klemmen + und 6 legt, genau 6 V anzeigt.

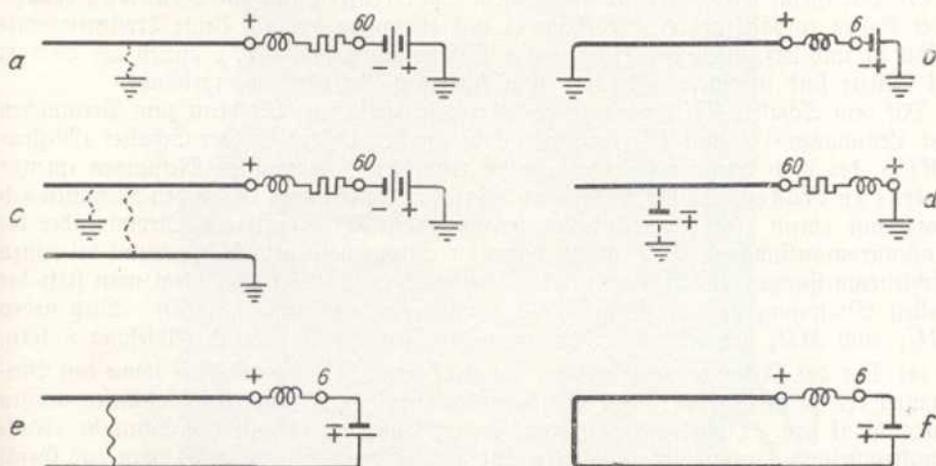
b) Legt man hernach statt der 6 V die unbekannte Spannung an die Klemmen + und 6 an (und zwar den Pluspol an die + -Klemme), so sind es 6 V, wenn der Zeiger bis zum roten Teilstrich 200 abgelenkt wird. Weist er auf Strich 50, dann sind es $6 : 200 \cdot 50 = 1,5$ V usw. Prüft man zwischen den Klemmen + und 60, so beträgt die Spannung 60 V bei 200 Strich Ablenkung oder 15 V bei 50 Strich, usw.

c) Wenn die Eichung nach a nicht möglich ist, dann liefert die Spannungsmessung kein genaues Ergebnis.

d) Höhere Spannungen als 6 V oder 60 V darf man selbstverständlich nicht messen wollen.

(8) Prüfung von Erdungen bei Sprechstellen. Man läßt die Erdungsleitung und beide Zweige der Anschlußleitung von den Apparaten abnehmen und macht folgende Messungen:

a) Die Erdungsleitung wird mit dem a-Zweig der Anschlußleitung verbunden (Abb. 20 b); das Meßergebnis sei $r_1 \Omega$



a Isolationswiderstand einer Einzelleitung

b Leitungswiderstand einer Einzelleitung

c Isolationswiderstand eines Zweiges einer Doppelleitung gegen Erde und den geerdeten andern Zweig

d Außenstrom

e Schleifenberührung

f Schleifenwiderstand

Abb. 20. Widerstandsmesser 10 M, Meßschaltungen

- b) die Erdungsleitung wird mit dem b-Zweig verbunden (Abb. 20 b); gemessen seien $r_2 \Omega$;
 c) die Leitungszweige a und b werden unmittelbar miteinander verbunden (Abb. 20 f); gemessen seien $r_3 \Omega$.

Als Widerstand der Erdung ergibt sich daraus

$$r_e = \frac{r_1 + r_2 - r_3}{2} - r_a \Omega, \quad (1)$$

worin r_a den bekannten Widerstand der Amtserdung bedeutet.

Beispiel: $r_1 = 110 \Omega$, $r_2 = 112 \Omega$, $r_3 = 200 \Omega$, $r_a = 3 \Omega$; $r_e = (222 - 200) : 2 - 3 = 8 \Omega$.

Diese Messung ergibt den Erdungswiderstand nicht ganz genau, weil bei Gleichstrom an den Erdern Polarisation auftritt. Beim Messen mit Wechselstrom geschieht dies nicht, siehe § 30.

c) Der Widerstandsmesser 6 M

(1) Die Prüffchräfte der großen Amitter mit Handvermittlung sind mit einem Widerstandsmesser ausgerüstet, der drei Meßbereiche bis 0,1, 1 und 6 M Ω hat. Er ist ebenso gebaut und geschaltet wie der bei b beschriebene und hat auch dieselben Teilungen. Nur der Vorwiderstand rechts ist anders, nämlich 50000 Ω groß, so daß der innere Widerstand auf diesem Wege 60 000 Ω beträgt. Als Meßspannungen braucht man 4 V und 24 V; der Zeiger wird daher durch 0,4 mA aus der Ruhelage links beim Zeichen ∞ bis zum oberen Nullstrich rechts abgelenkt. Um den Betrag des außen anliegenden Widerstandes in Ohm zu erhalten, muß man die abgelesene Zahl im kleinsten Meßbereich mit 100, im mittleren mit 1000 und im großen mit 6000 malnehmen. Den kleinen Bereich benutzt man bei Widerständen unter 3000 Ω . Die dritte und vierte Klemme sind mit 4 und 24 bezeichnet.

Bei der Spannungsmessung zwischen den Klemmen + und 24 beträgt die Spannung 24 V, wenn der Zeiger um 200 Strich der roten Teilung abgelenkt wird, und 24 : 200 · 50 = 6 V, wenn er auf Strich 50 weist, usw. Über Eichung und Genauigkeit vgl. bei b Abs. 7.

(2) Das Gerät wird zusammen mit einem Schaltkasten auch im Baudienst benutzt. Der Kasten enthält mehrere Hebelalter und Klemmen sowie 5 kleine Trockenelemente (Abb. 21 und 22). 3 Elemente liefern die Meßspannung von 4 V, 2 dienen als Vorrat; 14 weitere sind in einem rückwärts angeschlossenen Beikasten untergebracht.

Mit dem Schalter *KU* kann man das Gerät kurzschließen; *LU* dient zum Vertauschen der Leitungszweige; mit *EU* legt man Erde an den b-Zweig. Der Schalter »Messen« (*MU*₀), der nach dem Loslassen von selbst zurückgeht, ist bei allen Messungen immer zuletzt zu drücken. In der Ruhelage verbindet er die Leitung, die an den Klemmen a/b liegt, mit einem etwa angeschalteten Fernsprecher. *MU*₅ dient als Stromwender bei Außenstrommessungen; *MU*₄ schaltet dabei die Stromquelle ab. *MU*₃ nimmt bei reinen Schleifenmessungen die Erde von der Stromquelle weg. Mit *MU*₁ legt man statt der vollen Spannung von 24 V die 4 V-Spannung an (Ablesung \times 1000). Wird neben *MU*₁ auch *MU*₂ gedrückt, so erhält man den kleinsten Meßbereich (Ablesung \times 100).

(3) Vor der Messung verbindet man die Erdklemme des Schaltkastens sowie den Bleimantel des zu messenden Kabels mit einer Erdungsleitung. Alle Anschlußstellen müssen metallblank sein. Dann stellt man den Zeiger, soweit nötig, mit der Schraube »NullpunktEinstellung« genau auf den linken Endstrich ∞ ein. Hierauf eicht man das Gerät mit der ganzen Batterie, indem man die Schalter *KU* und *MU*₃ umlegt, danach *MU*₀ drückt und den Zeiger durch Drehen am Knäuf *N* genau auf den rechten Nullstrich bringt. Wenn dies nicht gelingt, liest die Stromquelle nicht mehr die nötige Spannung; die Elemente müssen dann einzeln geprüft werden. Im ganzen darf die Meßspannung nicht unter 3 V für die kleine und nicht unter 17 V für die Zusatzbatterie sinken.

(4) Die verschiedenen Messschaltungen richtet man wie folgt her:

a) Isolationswiderstand einer Einzelleitung. Sie wird an Klemme a des Schaltkastens gelegt und am fernen Ende offen gehalten, vgl. Abb. 20 a. (Man beachte, daß die Klemmen des Widerstandsmessers 6 M nicht mit 6 und 60 bezeichnet sind, sondern mit 4 und 24.) Man drückt MU_0 und beobachtet den Zeiger. Die Zahl, auf welche er

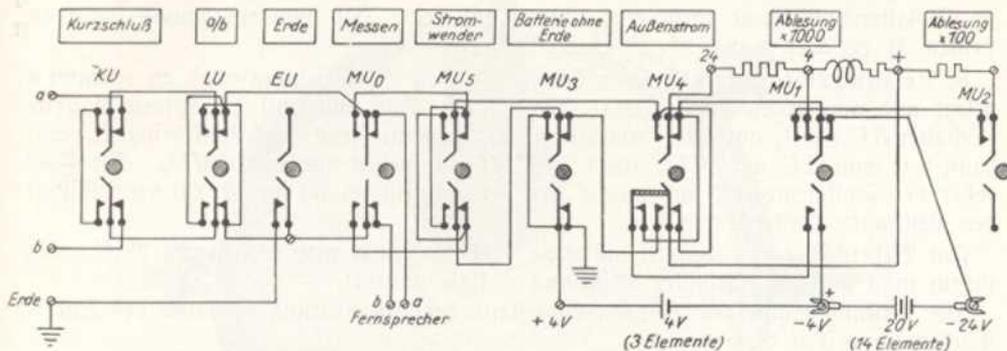


Abb. 21. Schaltkasten zum Widerstandsmesser 6 M



Abb. 22. Widerstandsmesser 6 M mit Schaltkasten

weist, ergibt mit 6 000 vervielfältigt den Isolationswiderstand in Ohm oder, mit 0,006 vervielfältigt, den Isolationswiderstand in Megohm.

Der Meßstrom fließt bei Kabeladern durch die Isolierhülle, bei Freileitungen über die Stützpunkte und Ableitungen zur Erde, wie es in Abb. 20a durch die Wellenlinie angedeutet ist.

Beim Prüfen gut isolierter kurzer Kabeladern wird sich der Zeiger kaum regen, weil ihr Isolationswiderstand meist weit über $6\text{ M}\Omega$ liegt. Hat man ein ganzes Kabel zu prüfen, so verfährt man nach S. 44 Abf. 6.

b) Leitungswiderstand einer Einzelleitung. Die Leitung wird an Klemme a gelegt und am fernen Ende geerdet (Abb. 20b). Man eicht mit der kleinen Batterie (Schalter KU , MU_3 und MU_1 umlegen; MU_0 drücken; Zeiger auf Null bringen). Sodann legt man KU und MU_3 zurück, läßt MU_1 umgelegt und drückt MU_0 . Die Zahl (oder der Zwischenwert), auf welche der Zeiger weist, ergibt mit 1 000 vervielfältigt den Leitungswiderstand in Ohm.

Für Widerstände von weniger als etwa $3\text{ 000}\Omega$ benutzt man den kleinen Meßbereich, indem man noch den Schalter »Ableseung $\times 100$ « umlegt.

Die Messung ergibt den Leitungswiderstand der Einzelleitung zuzüglich des Widerstandes der beiden Erdungen.

c) Doppelleitung. Die a-Ader wird an die a-Klemme, die b-Ader an die b-Klemme gelegt.

1. Bei der Isolationsmessung werden beide Leitungszweige am fernen Ende offen gehalten. Man mißt zuerst den Isolationswiderstand jedes Zweiges gegen Erde und den geerdeten Nachbarzweig (Schalter EU und MU_0 drücken — Abb. 20c —, dann LU umlegen und Messung wiederholen) und sodann den Isolationswiderstand beider Zweige gegeneinander (MU_3 und MU_0 drücken). Diese dritte Messung ist aber nur durchführbar, wenn man als Stromquelle die ungeerdete Trockenbatterie von 24 V (und nicht etwa eine geerdete Amtsbatterie!) benutzt.

2. Zum Messen des Leitungswiderstandes (Schleifenwiderstandes) läßt man beide Zweige am fernen Ende kurz verbinden, legt die Schalter MU_3 , MU_1 und MU_0 , u. U. auch MU_2 um und beobachtet den Zeiger. Vgl. Abb. 20f.

3. Bei Schleifenberührung läßt man beide Zweige am fernen Ende offen halten und verfährt sonst wie unter 2 angegeben, siehe Abb. 20e. Die Messung ergibt den Schleifenwiderstand der Doppelleitung bis zur Berührungsstelle einschließlich des Übergangswiderstandes an dieser Stelle. Ist der Widerstand der Doppelleitung je km bekannt, so kann man daraus die Entfernung bis zum Fehler annähernd schätzen.

d) Außenstrom. Der zu prüfende Leitungszweig wird am fernen Ende offen gehalten. Man legt die Schalter EU und MU_4 um, drückt MU_0 und beobachtet den Zeiger (Abb. 20d). Wird er abgelenkt, so handelt es sich um eine fremde Minusspannung. Wenn nicht, so legt man auch MU_5 um und wiederholt die Prüfung.

d) Der Widerstandsmesser 0,5 M

(1) dient als Meßgerät für mittlere und kleine Vermittlungsstellen. Seine Teilung reicht von $0 \dots 5\text{ 000}$ (Abb. 23). Sie zeigt den Meßwert unmittelbar in Ohm an, wenn der Nebenwiderstand zur Spule durch Druck auf eine außen liegende Taste angeschaltet ist. Schaltet man ihn ab, so erhält man den zweiten Meßbereich $0 \dots 500\text{ 000}\Omega$; hier hat man die Zahl (oder den Zwischenwert), auf welche der Zeiger weist, mit 100 malzunehmen.

(2) Eine Schnittschraube für die Einstellung des Zeigers auf ∞ ist vorhanden. Mit dem magnetischen Nebenschluß, der durch die oben sitzende Rändelschraube verstellbar werden kann, läßt sich die Empfindlichkeit den Schwankungen der Meßspannung (60 V bei Wähl-

24 V bei Sandvermittlung) anpassen, siehe bei b Abs. 5. Auf dem Zifferblatt ist angegeben, für welche Meßspannung jedes Gerät bestimmt ist.

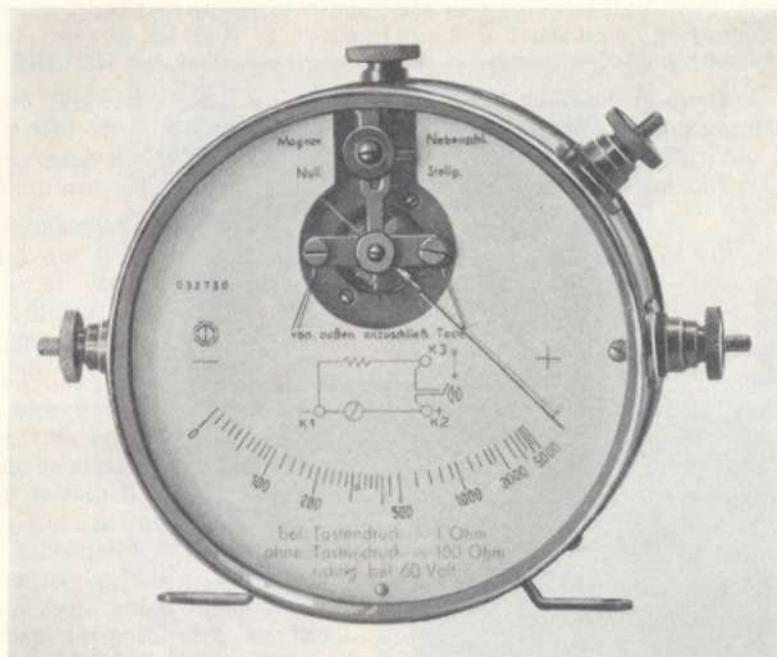


Abb. 23. Widerstandsmesser 0,5 M. Dmr. 130 mm

(3) Bei dem Gerät für 60 V beträgt der Widerstand zwischen den Klemmen — K_1 und + K_2 40 000 Ω , wovon 400 Ω auf die Spule entfallen. Der Nebewiderstand (zwischen K_1 und K_3) hat 404,04 Ω .

e) Der Widerstandsmesser 25 M

des Meßschranks für Fernleitungen (§ 40) hat eine Teilung von 500...0 für Widerstandsmessungen mit 4...4,5 V Meßspannung (Trodenelemente) und darunter eine zweite Teilung von 25...0 M Ω für Isolationsmessungen mit 220 V (Anodenbatterie), siehe ZmE 18/6, Ausgabe 1930 unter IV B 1. Beim Messen des Leitungswiderstandes vervielfältigt man die abgelesene Zahl mit 1 000 Ω oder, wenn man den Nebewiderstand anschaltet, mit 100 Ω . Den Wert des Isolationswiderstandes liest man von der unteren Teilung ab.

Die Meßspannungen von 4 V und 220 V für die in den Meßgestellen 35 (S. 116) untergebrachten Geräte werden über kleine Trodengleichrichter aus dem Wechselstromnetz gewonnen.

f) Der Widerstandsmesser 10 000

(1) Er wird in allen Dienstzweigen zum Prüfen von Apparaten, Stromwegen und Verbindungsstellen gebraucht. Sein Meßbereich umfaßt 0...10 000 Ω ; die größte Meßstromstärke beträgt 10 mA.

(2) Das Drehspul-Meßwerk ist in ein viereckiges Pressstoffgehäuse eingebaut (Abb. 24). Der Messerzeiger steht in der Ruhe rechts beim Zeichen ∞ ; Spiegelbogen sowie Schnittschraube für die Zeigereinstellung sind vorhanden. An der Unterseite befindet sich ein Rändelknopf für den magnetischen Nebenschluß.

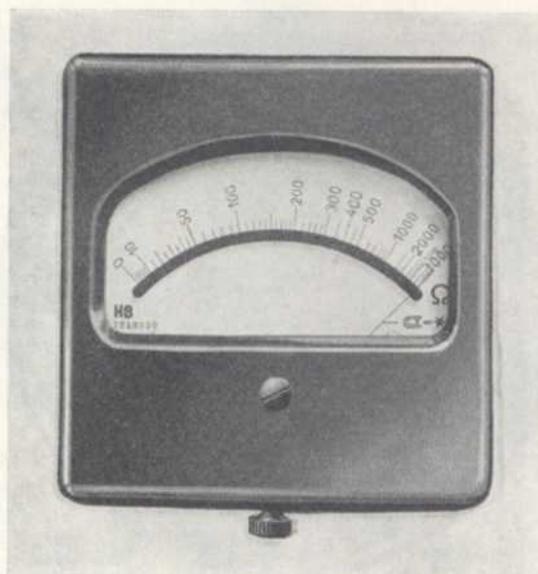


Abb. 24. Widerstandsmesser 10 000. 100×90×40 mm

(3) Ein Stabelement von 1,5 V liefert die Meßspannung. Man erhält es auch durch Teilung einer handelsüblichen Stabbatterie kleiner Form zu 3 V, die aus zwei solchen Elementen besteht. Das Element liegt in einem Fach des Gehäuses, das durch einen Schieber geschlossen wird. Es muß so eingesetzt werden, daß eine Blattfeder im Fach sich gegen seinen Boden legt.

(4) Beim Gebrauch schaltet man den Meßgegenstand zwischen zwei Schnüre, deren Bananenstecker man in die Buchsen an der Rückseite des Meßgeräts einsetzt. Dann liest man den Betrag des Widerstandes in Ohm von der Teilung ab. Die Anzeige ist je nach der Größe des Meßwerts bis auf 5...10% richtig.

Bei genauen Messungen muß das Gerät in derselben Lage wie bei der Eichung gehalten werden (Abf. 5).

(5) In kurzen Zeitabständen ist das Gerät nachzueichen. Man stellt den Zeiger zunächst — soweit nötig — mit der Schnittschraube auf den Endstrich ∞ der Teilung ein. Dann schließt man die Anschlußschnüre kurz und bringt den Zeiger, der dabei nach links ausschlägt, durch Drehen am Rändelknopf genau auf Null. Wenn dies nicht gelingt, ist vermutlich das Element verbraucht. Es muß dann geprüft und, wenn nötig, ausgetauscht werden.

g) Der Widerstandsmesser 100 M

(1) Mit diesem Gerät mißt man den Isolationswiderstand von Innen- und Außenleitungen, von Apparaten, Kabeladern und Doppelglockenisolatoren.

(2) Es hat eine Teilung von $0 \dots 100 \text{ M}\Omega$ für 60 V Meßspannung und darunter eine zweite Teilung von $0 \dots 6 \text{ M}\Omega$ für 6 V Meßspannung. Werte zwischen 6 und $\approx 10 \text{ M}\Omega$ lassen sich an der zweiten Teilung noch schätzen.

Die bis zum Herbst 1938 gelieferten Geräte haben zwar auch zwei Meßbereiche, aber nur eine Teilung von $0 \dots 100 \text{ M}\Omega$ für 60 V . Gebraucht man diese Geräte bei 6 V Meßspannung, so muß man die Zahl (oder den Zwischenwert), auf welche der Zeiger weist, durch 10 teilen.

(3) Das Meßwert ist in ein Gehäuse aus schwarzem Pressstoff eingebaut (Abb. 25) und nach Abb. 26 geschaltet. Der Zeiger steht in der Ruhe, wenn bei unendlich hohem Außenwiderstand kein Strom durch das Gerät fließt, rechts beim Zeichen ∞ . Weicht er ab, so muß man ihn durch Drehen an einer Schnittschraube genau auf ∞ einstellen.

Oben befinden sich 4 Anschlußbuchsen, von denen eine (die dritte von links) verschlossen ist. An der Unterseite sitzt ein Rändelknopf zum Einstellen des magnetischen Nebenschlusses.

(4) a) Beim Prüfen von Sprechstellen und Leitungen durch die Entstöcker sowie bei der Abnahme und Überwachung privater Nebenstellenanlagen werden 6 V Meßspannung benutzt. Diese liefern zwei handelsübliche Stabbatterien von je 3 V , die hintereinander geschaltet in einem Batteriekästchen untergebracht sind. Steckt man dieses Kästchen an das Meßgerät an und schließt seine Außenklemmen kurz, so wird der Zeiger nach links bis zum Nullstrich abgelenkt. Wenn er nicht genau auf Null zeigt, muß man ihn durch Drehen am Rändelknopf für den magnetischen Nebenschluß dahin bringen. Nach dieser Eichung hebt man den Kurzschluß der Anschlußklemmen am Batteriekästchen wieder auf.

b) Um den Isolationswiderstand einer Innen- oder Außenleitung zu messen, erdet man die linke Anschlußklemme und legt die am fernen Ende offene Leitung an die andere Klemme an. Der Meßstrom fließt durch R_2 und die Drehspule über die Ableitungen, deren Gesamtwert in Abb. 27a durch eine Wellenlinie angedeutet ist, zur Erde. Die Zahl (oder der Zwischenwert) der unteren Teilung, auf welche der Zeiger weist, ergibt den Isolationswiderstand der Leitung in Megohm.

Bei den Geräten mit nur einer Teilung muß man den Betrag, den der Zeiger anzeigt, durch 10 teilen; siehe Abs. 2, Kleindruck.

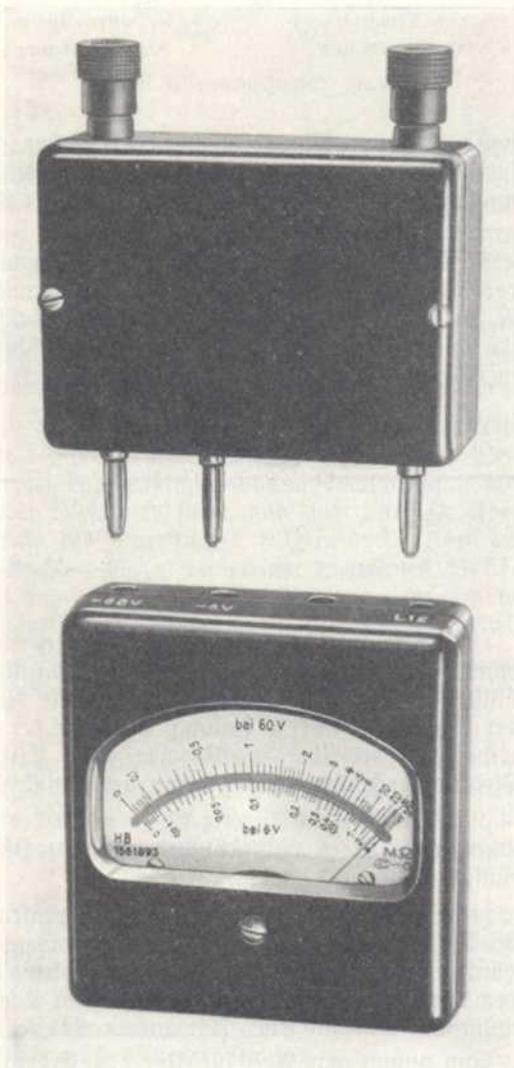


Abb. 25. Widerstandsmesser 100 M mit Batteriekästchen für 6 V

c) Die Isolation von Apparaten oder Schaltungsteilen gegeneinander oder gegen ihre Unterlage mißt man, indem man die beiden Teile an je eine Klemme des Batteriekläftchens legt und den Zeiger beobachtet.

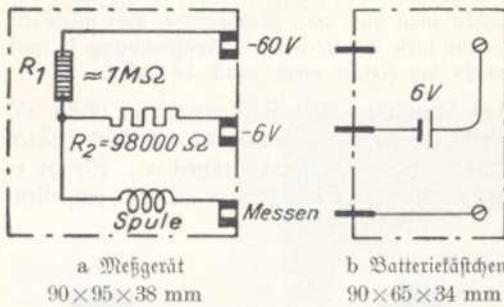


Abb. 26. Widerstandsmesser 100 M

von 60 V, deren Pluspol man erdet. Ist keine Erdung in der Nähe, so dienen die Kabelschutzhüllen (Bleimantel und Verwehrungsdrähte) als Erder; alle Verbindungsstellen müssen metallblank sein. Den Minuspol der Anodenbatterie schließt man an die Buchse »-60 V« des Messgeräts an.

b) Dann eicht man das Gerät, indem man die Buchse »Messen« mit dem Erddraht verbindet. Da der Eigenwiderstand auf diesem Wege genau zehnmal so groß ist wie über R_2 , so wird der Zeiger auch hier bis zum Nullstrich abgelenkt. Wenn nötig, bringt man ihn mit dem Rändelknopf für den magnetischen Nebenschluß genau auf Null. Sodann macht man die Buchse »Messen« wieder frei.

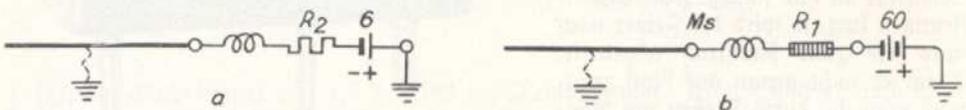


Abb. 27. Messen des Isolationswiderstandes mit Widerstandsmesser 100 M

c) Die zu prüfende Kabelader, deren fernes Ende offen sein muß, wird hierauf mit einer Messschnur an die Buchse »Messen« angesteckt. Der Messstrom fließt durch die Isolierhülle der Ader und über etwa vorhandene Nebenschlüsse zur Erde ab (Abb. 27 b), und der Wert der oberen Teilung, auf den der Zeiger weist, ist gleich dem Isolationswiderstand der Ader in Megohm. Oft wird sich der Zeiger kaum regen, weil der Isolationswiderstand guter Adern gewöhnlich über 100 MΩ liegt.

d) Beim Anlegen längerer Adern erhält der Zeiger durch den Ladungsstrom zunächst einen kurzen Stoß und geht dann auf den Isolationswert zurück. Nur dieser wird berücksichtigt.

(e) Wenn man ein ganzes Kabel so prüfen will, muß man zunächst alle seine Adern bei der Messstelle erden. Dazu verbindet man die Adern nach TND 12, Bild 15 zu § 17 durch dünnen Kupferdraht unter sich und mit dem geerdeten Bleimantel. Der Pluspol der Meßbatterie wird ebenfalls mit dem Bleimantel verbunden. Alle Anschlußstellen müssen metallblank sein. Am andern Kabelende werden alle Adern offen gehalten.

Man nimmt man Ader für Ader vom Erddraht los und mißt wie im Abs. 5 angegeben. Adern, die hierbei als einwandfrei befunden werden, braucht man nicht wieder mit dem Erddraht zu verbinden. Zeigen einzelne Adern weniger als 100 MΩ Isolationswiderstand, so muß das Kabel durch einen Kabelmeßbeamten nachgeprüft werden.

d) Ist eine merkbare Kapazität vorhanden, wie bei längeren Leitungen oder Kondensatoren, so erhält der Zeiger zunächst einen kurzen Stoß, der durch die Ladung verursacht wird, und geht dann erst auf den Isolationswert zurück. Dieser allein wird berücksichtigt.

(5) a) Zum Messen des Isolationswiderstandes von Kabeladern benutzt man den Meßbereich bis 100 MΩ. Auf der Strecke gebraucht man dabei als Stromquelle eine Anodenbatterie

(7) Mit dem Widerstandsmesser 100 M kann man auch die örtliche Lage von Nebenschlußfehlern in Verteilungslabeln eingrenzen, also in den Kabeln, die die Kabelverzweiger mit den Endverzweigern oder Kabelaufführungen verbinden. Wenn z. B. nur die Adern 21...30 des Kabelstrangs Abb. 28 beim Prüfen Nebenschluß (d. h.

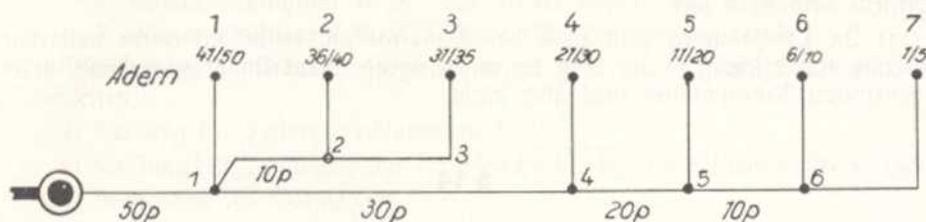


Abb. 28. Verteilungslabel

weniger als $\approx 10 \text{ M}\Omega$ Isolationswiderstand) zeigen, während alle Adern gut isoliert sind, dann liegt der Fehler im Hausabzweig Nr. 4. Hätten nur die Adern 1...10 Nebenschluß, so wäre der Fehler entweder in der Lötstelle 6 oder in dem 10paarigen Kabelstück zwischen den Lötstellen 5 und 6 zu suchen; man würde also zunächst Lötstelle 6 öffnen und von da weiter prüfen. — Man kann hierbei als Stromquelle das anstehbare Batterieästhchen benutzen, also im Bereich bis $10 \text{ M}\Omega$ messen.

(8) Beim Messen von Kabeladern vom Amt aus wird als Meßstromquelle die Amtsbatterie von 60 V gebraucht, deren Pluspol geerdet ist. Ihr Minuspol wird mit der Buchse »— 60 V« des Meßgeräts verbunden. Sonst verfährt man wie im Abs. 5 beschrieben.

(9) a) Um Doppelglocken in der Linie zu prüfen, benutzt man eine Anodenbatterie von 60 V, deren Minuspol an die Buchse »— 60 V« des Meßgeräts gesteckt wird. Den Pluspol verbindet man über eine Ader einer doppeladrigen Gummischlauchleitung mit dem Querträger, auf dem die zu prüfenden Isolatoren sitzen, und zwar wird die Ader an einer metallisch blank gemachten Stelle des Querträgers festgeklemmt. Über die andere Gummiaeder verbindet man die Buchse »Messen« mit einer metallenen Prüfkappe, deren Wölbung dem Isolatorkopf angepaßt ist. Sie ist innen mit einer Schicht Viskosechwamm von etwa 7 mm Dicke ausgekleidet und hat einen isolierenden Handgriff.

b) Meßgerät und Batterie sind in einem Holzkasten untergebracht. Die Verbindungsstellen mit der Meßschnur müssen hoch isoliert sein, damit keine Ableitungen entstehen können.

c) Man prüft die Isolatoren am besten bei trübem Wetter nach Niederschlägen, wenn ihre Oberfläche schon wieder abgetrocknet ist. Zur Not kann man auch bei klarem Wetter, spätestens einen Tag nach einem längeren Regen, messen. Da Risse und Sprünge im Bund durch die Messung nicht sicher erfasst werden, muß man die Glocken außerdem besichtigen.

d) Nachdem man die Meßeinrichtung zusammengeschaltet hat, befeuchtet man den Schwamm mit reinem Wasser, drückt das überschüssige Wasser aus, schraubt die Prüfklemme an den Querträger an und prüft zunächst die Meßschaltung selbst. Dazu berührt man den Querträger an der blank gemachten Stelle mit der Prüfkappe; der Zeiger muß bis zum Nullstrich ausschlagen. Er darf sich aber nicht regen, wenn man die Prüfkappe am Griff frei in der Hand hält. Der Griff muß völlig trocken sein.

e) Hierauf setzt man die Kappe mit leichtem Druck auf den Isolatorkopf auf, ohne ihre Metallteile mit der Hand zu berühren. Wenn das Meßgerät dann weniger als etwa $50 \text{ M}\Omega$ anzeigt, ist die Glocke unbrauchbar.

(10) In den Telegraphenzeugämtern wird der Isolationswiderstand der noch nicht abgedrehten Gloden gegen die Stützen oder Querträger sinngemäß geprüft, nachdem die Gloden etwa 3 Stunden im Wasser gelegen haben oder vorher befeuchtet worden sind. Das eine Ende der Meßschnur wird hier zweckmäßig an zwei feste Klemmen auf Hartgummifüßel gelegt, die mit dem Pluspol der Anodenbatterie und der Buchse »Messen« verbunden sind.

(11) In Diensträumen stellt man das Meßgerät am besten auf einem pulstartigen Untersatz etwas schräg so auf, daß der unten sitzende Rändelknopf zum Einstellen des magnetischen Nebenschlusses zugänglich bleibt.

§ 14

Prüfchränke

(1) Damit die Außen- und Innenleitungen der Fernsprechnetze untersucht und Fehler ihrer örtlichen Lage nach eingegrenzt werden können, sind die Vermittlungsstellen mit Prüfeinrichtungen ausgestattet. Diese sind entweder in die Amtseinrichtung eingebaut oder, bei größeren Ämtern, in besonderen Prüfchränken vereinigt.

(2) Es gibt kleine und große Prüfchränke.

a) Der kleine Schrank ist für Vermittlungsstellen mit höchstens 1 000 Anschlüssen bestimmt. Er wird entweder an der Wand befestigt oder steht auf einem Tisch.

b) Der große Prüfschrank — für Ämter mit mehr als 1 000 Anschlüssen — hat die Form des Einheitschranks und ist für einen oder zwei Arbeitsplätze eingerichtet.

(3) Die Schränke enthalten Anrufzeichen, Schalter, Klinken und Stöpsel und als Meßgerät Widerstandsmesser nach § 13 d, c oder b mit Meßbereichen bis 0,5, 6 oder 10 M Ω ; in älteren Schränken gibt es auch solche mit Meßbereich bis 50 000 Ω bei 10 V Meßspannung.

(4) Die zu prüfende Leitung wird durch Einsetzen eines Prüfstöpsels am Hauptverteiler aufgetrennt und zugleich über zwei Prüfleitungen auf den Prüfschrank geschaltet. Hier prüft man Sprech- und Werkverständigung mit Handapparat und Weder und richtet sodann die passende Meßschaltung her, siehe Abb. 20 auf S. 37.

(5) Folgende Messungen und Prüfungen sind allgemein ausführbar:

- a) Messung des Isolationswiderstandes,
- b) Messung des Leitungswiderstandes,
- c) Prüfung bei Schleifenberührung,
- d) Prüfung auf Außenstrom,
- e) Prüfen der Sprechverständigung,
- f) Prüfen der Werkverständigung.

Viele Schränke bieten weitere Prüfmöglichkeiten, siehe Abs. 6.

(6) Im Gebrauch sind folgende Prüfchränke für Teilnehmer-Anschlußleitungen. Neben dem Namen ist das Meßgerät angegeben; dabei bedeutet Wm: Widerstandsmesser. Danach folgt Angabe der Beschreibung, in der Näheres zu finden ist.

1. Prüfschrank OB. Wm 50 000; Beschreibung 21 E 7.
2. Kleiner Prüfschrank ZB 15. Wm 0,5 M (§ 13 d) } $\text{ZmE } 1.$
3. Großer Prüfschrank ZB 15. Wm 6 M (§ 13 c) }

Mit den Schränken zu 2 und 3 können — außer den im Abs. 5 angegebenen Prüfungen und Messungen — noch folgende Prüfungen durchgeführt werden:

- g) Prüfen der Sicherung im a- oder b-Zweig,

- h) Prüfung durch Kapazitätsmessung, ob die Leitung bis zur Sprechstelle stromfähig ist.
- | | |
|--|--------------------------|
| 4. Kleiner Prüfschrank W 15. Wm 0,5 M (§ 13 d) | } Beschreibung 21 E 501. |
| 5. Großer Prüfschrank W 15. Wm 10 M (§ 13 b) | |
| 6. Kleiner Prüfschrank W 26. Wm 10 M; Beschreibung 21 E 15. | |
| 7. Kleiner Prüfschrank W 27. Wm 0,5 M; Beschreibung 110 E 1. | |

Die Schränke zu 4...7 bieten gegenüber denen zu 2 und 3 folgende weitere Prüfmöglichkeiten:

- i) Prüfung der Teilnehmer-Nummernscheibe,
 k) Prüfung des Wirkungsgrades der Sprechstellen mit Dämpfungsmesser 3,5 (§36),
 l) Ansprechen des Vorwählers,
 m) Anruf der zu prüfenden Sprechstelle über den Leitungswähler.
8. Großer Prüfschrank W 27. Wm 10 M; Beschreibung 110 E 2.
 Prüf- und Meßmöglichkeiten wie bei 7. Zum Prüfen der Teilnehmer-Nummernscheibe dienen entweder ein Frequenzmesser nebst Strommesser oder ein Stromstoßschreiber.
9. Kleiner Prüfschrank W 29. Wm 0,5 M; Beschreibung 110 E 5.
 10. Großer Prüfschrank W 29. Wm 10 M; Beschreibung 110 E 6.

Die Schränke zu 9 und 10 unterscheiden sich von denen zu 7 und 8 im wesentlichen nur durch die Umstellung auf Flachrelais.

(7) Für die kleinen Wählämter der Bauarten 34 und 34a gibt es Prüfeinrichtungen, die in das I. Zusatzgestell eingefügt sind. Zum Abfragen wird ein Teilnehmerapparat mit Nummernscheibe benutzt, der am Gestell befestigt ist. Die Prüf- und Meßmöglichkeiten sind dieselben wie bei den Schränken.

(8) Über das Messen der Dämpfung von Anschlußleitungen mit Milliwattsender und Dämpfungszeiger siehe § 35.

(9) In den Fernämtern sind die Fern-, Sp-, Überweisungs- und örtlichen Fernvermittlungsleitungen über einen Klinkenumschalter geführt, damit man sie prüfen, bei Störung untersuchen oder auf andere Anrufzeichen legen kann.

Es gibt folgende Arten (siehe ZmE 25/I und II):

1. Klinkenumschalter M 14,
2. Klinkenumschalter 25,
3. Klinkenumschalter 25 a I,
4. Klinkenumschalter 28.

Als Meßgerät dienen eingebaute Widerstandsmesser 6 M oder 10 M. Zu genauen Messungen wird das Universalmeßinstrument benutzt (§ 17). Dämpfungsmessungen werden am Meßschrank für Fernleitungen durchgeführt (§ 40).

(10) Kleine Fernämter (mit höchstens 6 Fernplätzen im Endausbau) haben nur eine einfache Schaltvorrichtung mit kleinem Prüfschrank.

§ 15

Der Abnahmemesskoffer

(1) Bei der Abnahme und Überwachung privater Nebenstellenanlagen muß der Leitungs- und Isolationswiderstand von Apparaten, Leitungen und Schaltungsteilen gemessen und die Spannung des Ruffstroms und der Gleichstromquellen geprüft werden. Die dazu nötigen Geräte sind in einem Handkoffer stoßgedämpft verpackt.

- (2) Der Koffer enthält in getrennten Fächern
- einen Strom- und Spannungsmesser WG 6/600 (§ 28),
 - einen Widerstandsmesser 10 000 (§ 13 f),
 - einen Widerstandsmesser 100 M (§ 13 g),
 - ein Batteriekästchen mit 2 Stabbatterien zu insgesamt 6 Volt (§ 13 g Abf. 4a),
 - einen Nebenwiderstand zu 1 000 Ω (§ 28 Abf. 9),
 - 4 Meßschnüre mit Bananensteckern,
 - 6 Reißklammern mit Buchse,
 - 10 Kabelschuhe.
- (3) Bei den Messungen verfährt man nach den im Abf. 2 angegebenen Vorschriften.

§ 16

Das Meßgerät T 22

(1) Dieses Gerät dient zu Strom-, Spannungs- und Widerstandsmessungen im Telegraphendienst. Es wird nicht mehr beschafft.

(2) Das Gerät hat zwei doppelte Teilungen (Abb. 29); in der Mitte, beim Nullstrich der unteren, hat der Zeiger seinen Ruhepunkt. Ein Spiegelbogen gewährleistet genaues Ablesen.

Die zu messenden Leitungen usw. werden durch Stöpselschnüre mit den Klemmen »Widerstand a/b«, »Strom a/b«, oder »Spannung a/b« verbunden (Abb. 30). Zu Widerstandsmessungen braucht man eine ungeerdete Stromquelle von 24 V aus Kleinfammlern.

(3) Die Meßbereiche umfassen:

- bei Widerstandsmessungen 0...10 000 und 0...100 000 Ω ;
- bei Strommessungen 0...10, 50 und 100 mA;
- bei Spannungsmessungen 0...50, 100 und 250 V.

Auf dem Zifferblatt sind die Umrechnungszahlen vermerkt, mit denen man den abgelesenen Betrag jeweils zu vervielfältigen hat.

(4) Eichung für Widerstandsmessungen. Je nach der Leitungsart und dem Meßbereich drückt man folgende Schalter:

- Einzelleitung, Meßbereich bis 10⁵ Ω : $Mw \times 1\,000$, Eichen;
- Einzelleitung, Meßbereich bis 10⁴ Ω : $Mw \times 1\,000$, $Mw \times 100$, Eichen;
- Doppelleitung, Meßbereich bis 10⁵ Ω : $Mw \times 1\,000$, Eichen, ohne Erde;
- Doppelleitung, Meßbereich bis 10⁴ Ω : $Mw \times 1\,000$, $Mw \times 100$, Eichen, ohne Erde.

Weist der Zeiger hierbei nicht genau auf den linken oder den rechten Nullstrich der oberen Teilung, so verstellt man den magnetischen Nebenschluß durch Drehen am Knauf N so lange, bis es erreicht ist.

(5) Widerstandsmessung. a) Je nachdem, ob man den Leitungswiderstand oder den Isolationswiderstand messen will, läßt man die Leitung am fernem Ende erden oder offen halten.

b) Eine Einzelleitung wird mit Klemme »Widerstand a« verbunden. Man drückt den Schalter » $Mw \times 1\,000$ «, beobachtet den Zeiger und vervielfältigt die Zahl der oberen Teilung, auf welche er weist, mit 1 000. Bei Widerständen unter 1 000 Ω wird man auch den Schalter » $Mw \times 100$ « drücken und festhalten; der abgelesene Wert ist dann mit 100 malzunehmen. Siehe auch Abf. 6 (Außenstrom).

c) Eine Doppelleitung wird an die Klemmen »Widerstand a/b« gelegt. Man drückt die Schalter »ohne Erde« und » $Mw \times 1000$ « und verfährt sonst wie bei b angegeben.

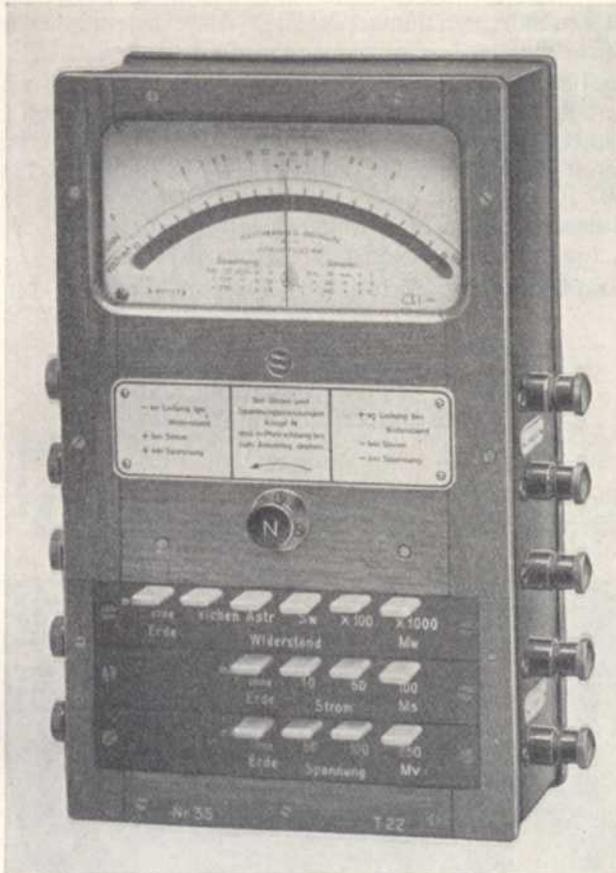


Abb. 29. Meßgerät T 22. 185 × 300 × 100 mm

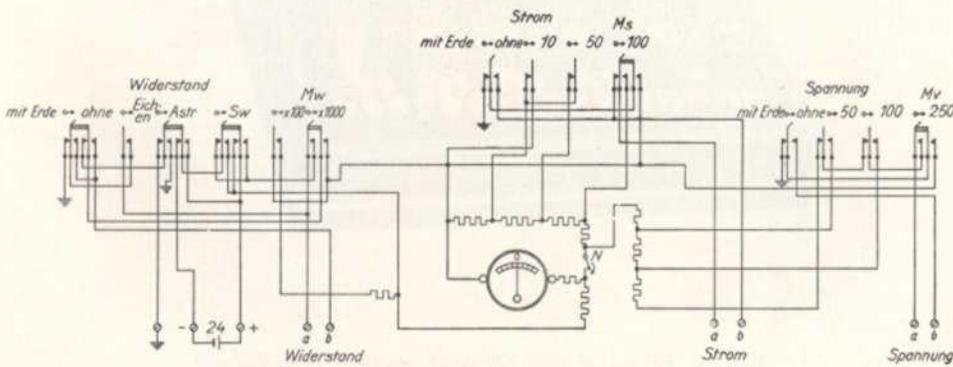


Abb. 30. Meßgerät T 22

d) Will man mit der andern Stromrichtung messen, so muß man auch den Schalter *Sw* umlegen.

(6) Außenstrom. Bemerkt man bei den Widerstandsmessungen Außenströme, so legt man nachher noch den Schalter *Astr* um, beobachtet Stärke und Richtung des Außenstroms an der unteren Teilung (Zahl der Teilstriche) und berichtigt danach das Ergebnis der ersten Messung.

(7) Strommessung. Bei allen Messungen dieser Art muß man zunächst den Knauf *N* nach links bis zum Anschlag drehen. Eine Einzelleitung wird mit der Klemme »Strom a« verbunden. Man drückt den Schalter »*Ms 100*« und, wenn sich der Meßbereich als zu groß erweist, auch den Schalter »*Ms 50*«, unter Umständen auch noch den Schalter »*Ms 10*«.

Eine Doppelleitung wird an die Klemmen »Strom a/b« gelegt. Man verfährt wie eben angegeben, legt aber noch den Schalter »ohne Erde« um.

(8) Spannungsmessung. Hierbei wird sinngemäß wie bei der Strommessung verfahren.

§ 17

Das Universalmeßinstrument

a) Bauart

(1) Das Universalmeßinstrument (UMI, Abb. 31 und 32) wird hauptsächlich [zu Messungen an Fernsprechfreileitungen benutzt. Man kann damit Isolations- und



Abb. 31. Universalmeßinstrument. Grundplatte 300 × 435 mm
Der Nullkloß (siehe Abb. 32) fehlt hier

Leitungswiderstände messen, Außenströme prüfen, die örtliche Lage von Berührungen oder Nebenschlüssen bestimmen und — mit Hilfe eines Beilastens — Spannungen und Stromstärken messen.

(2) Als Stromanzeiger dient ein hoch empfindliches Zeigergalvanometer (ZG) G mit einer Drehspule von etwa 26Ω . Sein Gesamtwiderstand (Spule, Nebenwiderstand $R_0 \approx 50 \Omega$ und Vorwiderstand r_1) beträgt 25Ω . Der Dauermagnet ist auf S. 18 abgebildet (Abb. 5).

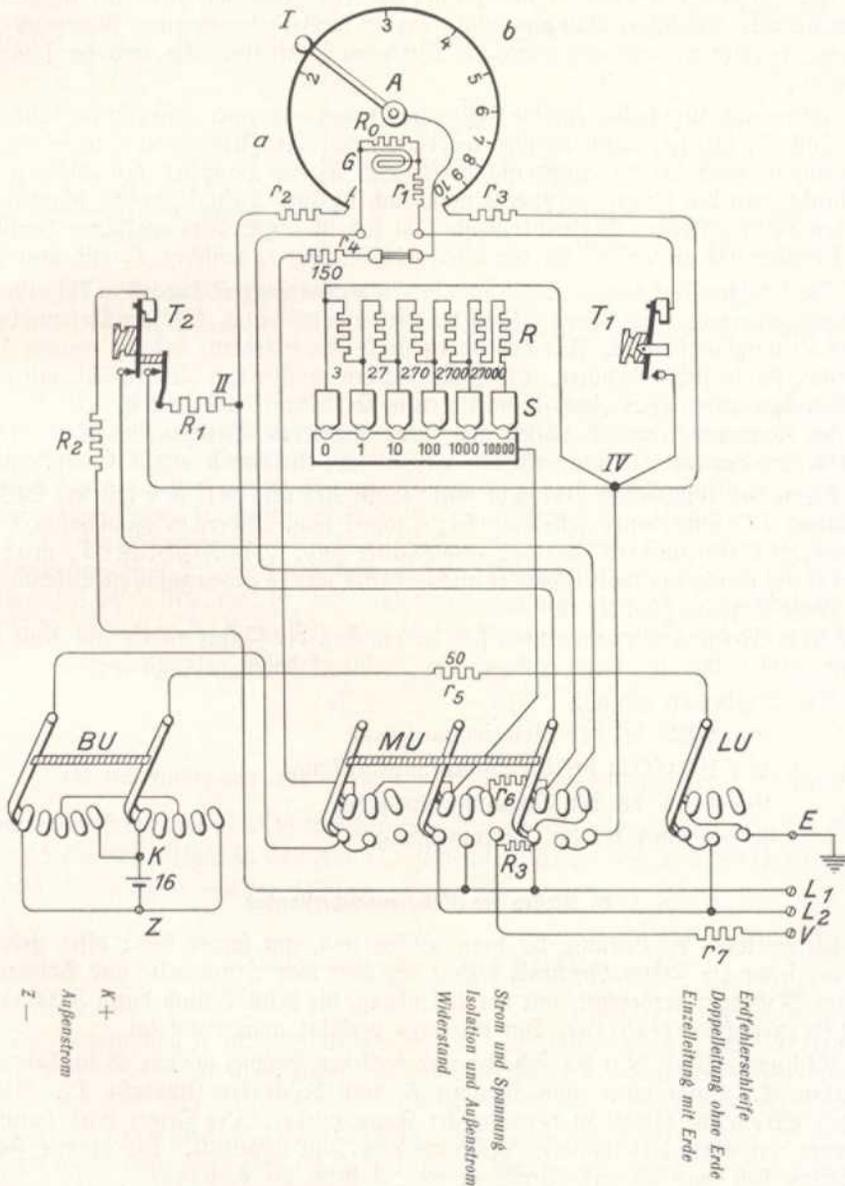


Abb. 32. Schaltung des UM3

(3) Der Zeiger dreht sich über einem Zifferblatt mit 2 doppelten Teilungen, deren gemeinsamer Nullpunkt in der Mitte liegt. Links und rechts von Null sind oben mit schwarzen Strichen je 120 gleiche Teile abgeteilt. Dicht darunter liegt eine ebenso lange rote Teilung mit je 30 Strichen beiderseits von Null; diese wird nur zum Messen der Stromstärke gebraucht. Neben den Teilungen ist ein Spiegelbogen eingelegt. Beim Ablesen stelle man sich so, daß sich die Schneide des Zeigers und sein Spiegelbild im Auge decken.

Die Zeigerablenkung ist der Stromstärke in der Spule verhältnismäßig.

(4) Die Messwerte werden — anders als bei den bisher beschriebenen Geräten — nicht in Ampere, Ohm oder Volt angezeigt, sondern in Verhältniszahlen. Man muß daher besondere Verfahren anwenden, um die Werte zu ermitteln. Sie sind im folgenden beschrieben.

(5) Tasten und Umschalter für die Messungen ruhen auf einer Hartgummiplatte. Die rechte Taste T_1 schaltet, wenn sie niedergedrückt wird, das ZrG in die Strombahn ein. Dabei nimmt einer der Nebenwiderstände R_1 oder R_2 den Hauptteil des Stromes auf. Unterbricht man den Nebenweg, indem man auch die linke Taste T_2 drückt, so erhält das ZrG den vollen Strom. Die rechte Taste läßt sich in der Arbeitslage durch Untertippen ihres Druckknopfes feststellen. In den älteren WMS liegt r_0 zwischen T_1 und dem ZrG.

(6) Die Drahtmeßbrücke $a - I - b$ und der Widerstandsfaß R werden zu Widerstandsmessungen gebraucht, siehe bei c. BU ist der Batterieumschalter, MU der Messumschalter, LU der Leitungsumschalter. Alle drei haben starke Kupferfedern; dadurch werden Übergangswiderstände sicher verhütet. Die Schließflächen müssen von Zeit zu Zeit mit einem Federläppchen gereinigt werden, das leicht mit Petroleum befeuchtet ist.

An die Klemmen K und Z schließt man eine ungeerdete Batterie von 16 V aus gut isolierten Trockenelementen oder Kleinsammlern an. Klemme E erhält Erdverbindung.

(7) Wenn das WMS nicht gebraucht wird, sollen BU und MU ihre mittlere Stellung einnehmen; LU kann beliebig stehen. Der Stöpsel vom Widerstandsumschalter S steckt bei der Zahl 1000, wodurch 3000 Ω eingeschaltet sind. Die Kipptaste T_1 muß geöffnet sein, damit das Galvanometer ausgeschaltet und so gegen zufällige Beschädigung durch starke Ströme gesichert ist.

Vor jeder Messung überzeuge man sich davon, daß der Zeiger richtig auf Null steht. An den meisten Geräten kann er durch ein Stellwert dahin gebracht werden.

(8) Der Meßbereich umfaßt

- 0...6 M Ω bei der Isolationsmessung,
- 1...100 000 Ω bei der Widerstandsmessung,
- 0...144 V bei der Spannungsmessung,
- 0...300 mA bei der Strommessung.

b) Messen des Isolationswiderstandes

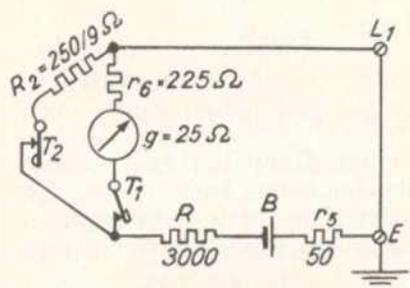
(1) Hierbei wird die Leitung, die man prüfen will, am fernen Ende offen gehalten. Man vergleicht die Zeigerablenkung, welche der über ihre Stützpunkte und Ableitungen fließende Meßstrom hervorruft, mit der Ablenkung, die beim Schluß durch 3000 Ω entsteht (Vergleichsverfahren). Im einzelnen verfährt man wie folgt.

(2) Eichung. Man stellt die Schalter und steckt den Stöpsel so, wie es in Abb. 33/34 angegeben ist. Dann erdet man Klemme L_1 und drückt die Kipptaste T_1 . Abb. 33 gibt den Stromlauf hierbei in vereinfachter Form wieder. Der Zeiger wird durch den Meßstrom um etwa 100 schwarze Teilstriche von Null abgelenkt. Die genaue Zahl A der Striche liest man ab und schreibt sie an. A heißt die Eichzahl.

Man kann auch LU in die Mitte stellen und die Klemmen L_1 und L_2 miteinander verbinden.

(a) Isolationswiderstand einer Einzelleitung (Abb. 34). a) Messen bei verminderter Empfindlichkeit.

1. Solange *BU* links oder rechts (und nicht in der Mitte) steht, fließt aus der geerdeten Meßbatterie über T_2 , den Widerstand R_2 und die Ableitungen, deren Gesamtwert durch die Wellenlinie angedeutet ist, ein Strom I , von dem man einen Teil über das ZrG leiten kann, indem man die Taste T_1 drückt. Der Zeiger werde dabei um a Strich (der schwarzen Teilung) von Null abgelenkt.



BU links oder rechts, MU Mitte, LU links, Stöpsel bei 1000
Abb. 33. Eichung

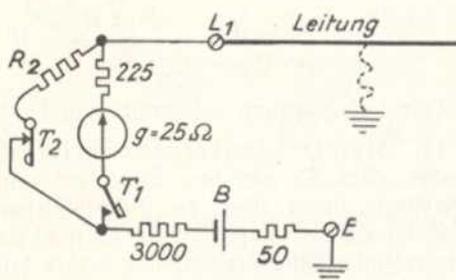


Abb. 34. Isolation einer Einzelleitung

2. Die Ablenkungen A und a sind, wie bei a) Abs. 3 (Schlußsatz) angegeben, den Teilströmen verhältnisgleich, die bei der Eichung und bei der Übermessung durch die Drehspule fließen. Da diese Teilströme beidemal in demselben festen Verhältnis zu den vollen Strömen I und i stehen, die die Stromquelle liefert, so verhalten sich mithin $A : a = I : i$. Untereinander stehen die vollen Ströme im umgekehrten Verhältnis der Widerstände, auf welche die Stromquelle jeweils geschlossen war. Denn bezeichnet man die EMK der Meßbatterie mit E , den Widerstand bei der Eichung mit R_e und den bei der Übermessung mit $R_e + W$, wo W den Isolationswiderstand der Leitung bedeutet, so ist $I = E/R_e$ und $i = E/(R_e + W)$, also $I : i = A : a = (R_e + W) : R_e$. Daraus folgt

$$W = \frac{AR_e}{a} - R_e.$$

3. R_e setzt sich zusammen aus $r_5 + B + R + \frac{g + r_6}{10}$, worin der letzte Posten der Verbundwiderstand von 25Ω ist (§ 3 Abs. 5c), den das Galvanometer g nebst der Rolle r_6 und der Nebenwiderstand R_2 von $250/9 \Omega$ gemeinsam haben. Da $B \approx 25 \Omega$, beträgt R_e also $50 + 25 + 3000 + 25 = 3100 \Omega$. Somit ist

$$W = \frac{A \cdot 3100}{a} - 3100 \Omega. \quad (1a)$$

4. Die Beträge von W für mehrere a -Werte und die Eichzahlen A gleich $95 \cdot 10^2$ sind, nach Gleichung (1a) schon ausgerechnet, in der Tafel Anl. 5 A zusammengestellt. Zwischenwerte müssen nach dem Verhältnis der Abweichung zur Tafeldifferenz errechnet werden.

b) Messen bei voller Empfindlichkeit. Wenn der Zeiger um weniger als 12 Strich abgelenkt wird, kann man auch die linke Taste T_2 drücken und damit R_2 abschalten, ohne daß jener über die Teilung hinausgeht. Dann fließt der volle Strom i' durch das ZrG, und man hat ihn mit dem Strom $I/10$ zu vergleichen, der während der Eichung das ZrG

durchfloß. Entsteht nunmehr die Ablenkung a' , so gilt (weil $I = \frac{E}{R_e}$ und $i' = \frac{E}{R' + W'}$)

$$A : a' = \frac{I}{10} : i' = (R' + W') : 10 R_e.$$

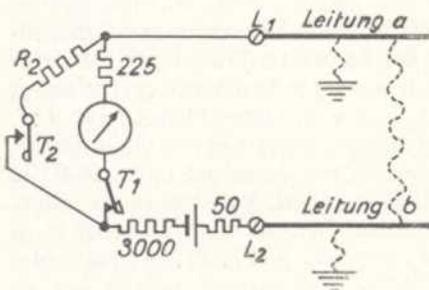
R' ist gleich $50 + 25 + 3000 + 25 + 225 = 3325 \Omega$, und der Isolationswiderstand W' beträgt daher

$$W' = \frac{A \cdot 10 R_e}{a'} - R' = \frac{A \cdot 31000}{a'} - 3325 \Omega. \quad (1b)$$

Für diese Messung entnimmt man die Werte von W' der Tafel Anl. 5B.

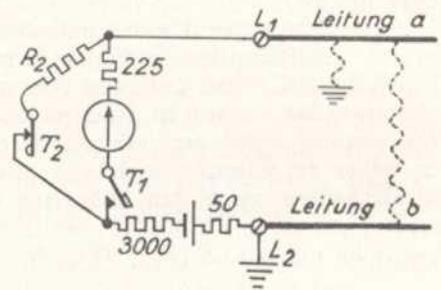
(4) Isolationswiderstand beider Zweige einer Doppelleitung gegeneinander. Abb. 35 gibt den Stromlauf beim Niederdrücken beider Lasten wieder. Der Meßstrom fließt über die Nebenschließungen zwischen den beiden Leitungszweigen und die Erdableitungen beider Zweige, die in der Abbildung durch Wellenlinien angedeutet sind. Man verfährt wie vorher beschrieben.

(5) Isolationswiderstand eines Zweiges einer Doppelleitung gegen Erde und den gedrehten andern Zweig: siehe Abb. 36.



BU links oder rechts, MU Mitte,
LU Mitte, Stöpsel bei 1000

Abb. 35. Isolation einer Doppelleitung



BU links oder rechts, MU Mitte,
LU links, Stöpsel bei 1000

Abb. 36. Isolation eines Zweiges
einer Doppelleitung

(6) Ehe man zu messen beginnt, prüfe man, ob der Zeiger bei der mittleren Lage von BU durch Außenstrom abgelenkt wird. Geschieht es, so hat man die beobachtete Ablenkung danach zu berichtigen, wobei man natürlich auch die Richtung des Außenstromes beachten muß.

(7) Bei allen Isolationsmessungen soll man nacheinander beide Stromrichtungen nehmen. Der miteingeschaltete Widerstand von 3000Ω begrenzt die Meßstromstärke für 16 V Meßspannung auch bei Kurzschluß auf $\approx 5 \text{ mA}$.

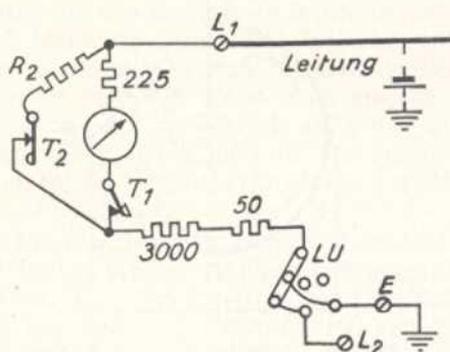
(8) Kapazitätsprobe. Ist ein Zweig einer Doppelleitung unterbrochen, so kann man die Lage der Unterbrechungsstelle durch Vergleichen der Ladungsausschläge für beide Zweige angenähert ermitteln, vorausgesetzt, daß beide Drähte gut isoliert sind. Man prüft zunächst den Isolationswiderstand eines Zweiges nach Abs. 3, stellt dann BU in die Mitte, drückt beide Lasten und legt danach BU in eine der Endstellungen um. Dabei fließt der volle Ladestrom durch das ZrG. Der Zeiger wird je nach der Kapazität des Zweiges mehr oder weniger weit ausschlagen und dann in die bleibende Isolations-

ablenkung zurückgehen. Man wiederholt die Probe bei der andern Stromrichtung und prüft sodann den zweiten Zweig ebenso.

Ist l die Länge der Doppelleitung, l_x die Entfernung bis zum Bruch und sind B und b die Ladungsausschläge beim Messen des umverkehrten und des unterbrochenen Zweiges, so verhalten sich $B: b = l: l_x$. Daraus folgt

$$l_x = l \frac{b}{B}. \quad (2)$$

(9) Außenstrom (Abb. 37). Die Außenströme durchlaufen bei Druck auf die Kipp-taste das ZrG. Man kann auf ihre Stärke schließen, wenn man berücksichtigt, daß ein Außenstrom von 1 mA bei verminderter Empfindlichkeit (nur T_1 gedrückt) den Zeiger um etwa 20 Strich ablenkt. Aber genaue Strommessungen siehe bei h.



BU Mitte, MU Mitte, Stöpsel meist bei 1000

Abb. 37. Außenstrom

c) Messen des Leitungswiderstandes

(1) Leitungswiderstände werden mit der Drahtmeßbrücke nach Kirchhoff gemessen (Abb. 38). Auf einem gleichmäßig gezogenen Widerstandsdraht d , der zwischen den Punkten II und IV gespannt ist, schleift eine Feder I ; x ist der zu messende Widerstand, R ist ein fester Widerstand von bekanntem Wert. Man verschiebt I so lange, bis das Galvanometer g keinen Strom mehr anzeigt. Dann ist die Brücke im Gleichgewicht, und die Widerstände der beiden Brückenzweige $II-I$ gleich a und $I-IV$ gleich b stehen zueinander in demselben Verhältnis wie die Widerstände x und R . Aus der Gleichung

$$a : b = x : R, \quad (3a)$$

die man auch schreiben kann

$$aR = bx, \quad (3b)$$

folgt

$$x = \frac{a}{b} R. \quad (3c)$$

(2) Die Punkte I, II, III und IV sind die Eckpunkte der Brücke; die Zweige $II-I$ und $I-IV$ werden Brückenarme genannt.

(3) Diese Meßart (Nullverfahren) gewährleistet hohe Genauigkeit.

(4) Durch den Galvanometerzweig fließt kein Strom, wenn die Eckpunkte II und IV gleiches Potential haben. Dann ist der Spannungsabfall im Zweige $I-II$ gleich dem im Zweige $I-IV$, und ebenso ist der Spannungsabfall im Zweige $II-III$ dem im Zweige $IV-III$ gleich. Es gelten also (§ 3 rechte Gl. 2) die Gleichungen $a i_1 = b i_2$ und $x i_1 = R i_2$, wo i_1 und i_2 die Teilströme in den Brückenzweigen bedeuten. Hieraus erhält man durch Division $a : x = b : R$ oder $a : b = x : R$.

(5) Der Meßdraht d aus Konstantan (§ 6b Abs. 18) ist um den Rand einer kreisrunden Schieferplatte gelegt. Er wird von einer metallenen Rolle bestrichen, die an dem drehbaren Arm A befestigt ist. Ein Zeiger über der Rolle (in Abb. 31 links sichtbar) weist dabei mit seiner Spitze auf einen bestimmten Strich p der Teilung, die — von 1,0...10 reichend — am Rande der Schieferplatte eingegraben ist. Die Zahl p gibt den dreifachen Wert des Widerstandsverhältnisses $a : b$ an, das die Rolle jeweils abteilt, so daß

also überall $p = 3a/b$ oder $p/3 = a/b$ ist. In der Mitte der Teilung, wo $a = b$, steht mithin die Zahl 3.

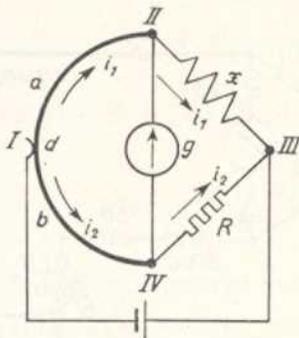


Abb. 38. Drahtmeßbrücke nach Kirchhoff

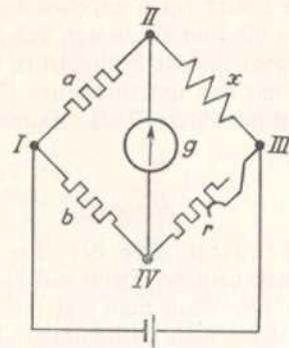
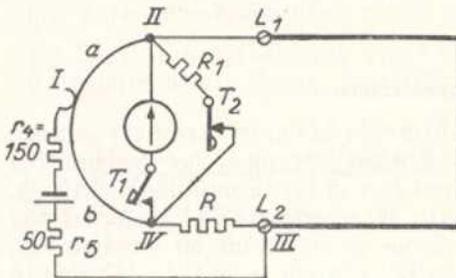
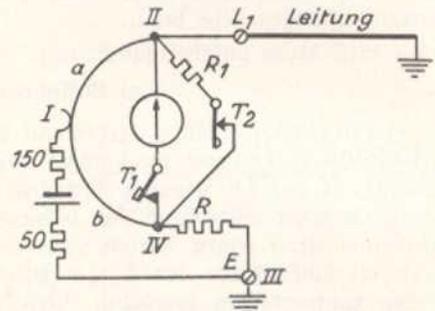


Abb. 39. Wheatstone'sche Brücke



BU links oder rechts, MU links, LU Mitte
Abb. 40. Widerstand einer Doppelleitung



BU links oder rechts, MU links, LU links
Abb. 41. Widerstand einer Einzelleitung

Da auch die Widerstände R dreimal so groß sind wie der Wert s , der auf ihren Zuleitungsflohen S angegeben ist (so daß also $R = 3s$), so ergibt sich der Betrag des unbekannten Widerstandes bei Brückengleichgewicht aus Gl. (3c) zu

$$x = ps \Omega. \quad (4)$$

Um den Wert von x in Ohm zu erhalten, hat man also ganz einfach die Zahl p , auf welche der Zeiger an der Gleitrolle bei stromfreiem Galvanometer weist, mit der Zahl s malzunehmen, bei der man gestöpselt hatte.

Beispiel: $p = 2,54$, $s = 100$, $x = 254 \Omega$.

(6) Damit die Meßgenauigkeit recht groß wird, ist nur der mittlere Teil der Brückenarme a/b als Meßdraht ausgebildet, so daß die Teilung nur zwischen den Werten 1,0 und 10 liegt, statt zwischen 0 und ∞ . Die seitlich anschließenden Widerstände r_2 und r_3 rechnen mit zu den Brückenarmen.

(7) Im Kabelmeßdienst wird eine ähnliche Schaltung, die Wheatstone'sche Brücke, viel benutzt (Abb. 39). Hier bestehen die Brückenarme aus 2 festen Widerständen a und b , die gewöhnlich einander gleich sind; x ist der unbekannte Widerstand, den man messen will, r ist ein veränderbarer Widerstandsaj. Man ändert r , bis der Galvanometerzweig II-IV ohne Strom ist. Alsdann gilt auch hier $a:b = x:r$. Daraus folgt $x = \frac{a}{b}r$ oder, wenn man $a = b$ macht, $x = r$. Vgl. EMD 1, § 18a.

(8) Messen einer Doppelleitung (Abb. 40). Ist ihr Widerstand annähernd bekannt, so stößelt man in S bei der nächst niederen Zahl, also bei 10, wenn er zwischen 10 und 100 liegt usw. Dann stellt man BU in die Mitte und drückt die Kipptaste T_1 . Bleibt der Zeiger des ZrG hierbei auf Null stehen, fließt also kein Außenstrom in der Leitung, so legt man BU nach links oder rechts um und schiebt die Gleitrolle so lange hin und her, bis der Galvanometerzeiger, der durch den Meßstrom von Null abgelenkt worden war, auf Null zurückkehrt. Hierauf legt man die Taste fest. Dann drückt man auch die linke Taste T_2 , verbessert die Abgleichung noch und liest die Zahl ab, auf welche die Spitze des Zeigers an der Rolle nun weist. Diese Zahl p vervielfältigt mit dem Sehnervfaktor s , bei dem man gestöpselt hatte, ergibt nach Gl. (4) den Widerstand der Doppelleitung, der mit k bezeichnet sei. Es ist also $k = ps\Omega$.

Ist der zu messende Widerstand unbekannt, so setze man den Stöpsel zunächst bei 1 000 ein und versuche den Galvanometerzeiger auf Null zu bringen. Gelingt dies nicht, so schiebe man die Rolle von der Zahl 1 nach rechts hin. Wenn sich der Zeiger dabei der Null nähert, stöpselt man bei 10 000; entfernt er sich von Null, so hat man bei 100 oder 10 oder 1 zu stöpseln und abzugleichen.

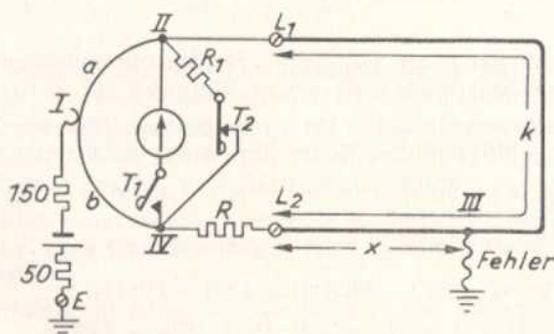
(9) Falscher Nullpunkt. Wurde der Galvanometerzeiger bei abgeschalteter Stromquelle (BU in der Mitte) durch Außenstrom abgelenkt, so gleicht man nicht auf den Nullstrich der Teilung ab, sondern auf den sogenannten falschen Nullpunkt. Man läßt das ZrG dauernd eingeschaltet, legt BU abwechselnd auf $-$ und $+$ und verschiebt dabei die Rolle so lange, bis der Galvanometerzeiger bei beiden BU -Stellungen auf den gleichen Punkt, den falschen Nullpunkt, zeigt. k ist dann ebenfalls gleich ps .

(10) Hat die Leitung Kapazität, so zuckt der Zeiger beim Umlegen von BU ; man läßt dies unberücksichtigt und gleicht auf die dauernde Einstellung ab.

(11) Messen einer am fernen Ende geerdeten Einzelleitung (Abb. 41). Man mißt nacheinander mit beiden Stromrichtungen; sonst wie in den Abs. 8 und 9 angegeben. Die Messung ergibt den Leitungswiderstand zuzüglich des Widerstandes beider Erdungen.

d) Die Erdfehlerschleife

(1) Um die örtliche Lage eines Isolationsfehlers (Nebenschluß, Ableitung zur Erde) zu bestimmen, legt man die fehlerhafte Leitung an Klemme L_2 des UMS und eine fehlerfreie Leitung — bei Doppelleitungen vorzugsweise den andern Zweig — an Klemme L_1 . Beide Drähte werden am fernen Ende miteinander kurzverbunden. Zuerst mißt man den Leitungswiderstand — die sogenannte Kupferschleife — nach c Abs. 8 und Abb. 40; das Ergebnis sei $k = ps$. Durch die Erdableitung an der Fehlerstelle wird diese Messung nicht beeinflusst, weil eine zweite Erdverbindung fehlt.



BU links oder rechts, MU links, LU rechts

Abb. 42. Erdfehlerschleife, UMS allein

(2) Sodann schiebt man LU nach rechts. Dadurch entsteht eine Schaltung, die als Erdfehlerschleife bezeichnet wird. Die Stromquelle ist nun einpolig geerdet und Eckpunkt III der Brücke ist die Fehlerstelle (Abb. 42). Der Brückenweig $II-III$ besteht aus der fehlerfreien Leitung und dem Stück der fehlerhaften Leitung zwischen dem fernen Ende und dem Fehler. Sein Widerstand ist $k-x$, wenn x den Widerstand der fehlerhaften Leitung zwischen Messort und Fehlerstelle bezeichnet. Dieses Leitungsstück x bildet zusammen mit dem Vergleichswiderstand R den Brückenweig $IV-III$.

Man bringt BU zunächst in die mittlere Lage und drückt die Ripptaste T_1 . Wird der Zeiger des ZrG dabei nicht abgelenkt, so legt man BU auf $-$ oder $+$ um und gleicht ab wie unter c Abs. 8 beschrieben, und zwar mißt man bei mehreren Stöpselstellungen, bei denen sich der Galvanometerzeiger auf Null bringen läßt, mit beiden Stromrichtungen. Eins von diesen Ergebnissen sei $f = p_1 s_1$. Dann ist nach Abb. 42 und Gleichung (3a)

$$\frac{a}{b} = \frac{k-x}{R+x} \quad \text{oder} \quad \frac{p_1}{3} = \frac{k-x}{3s_1+x}$$

und somit

$$x = \frac{k-f}{1 + \frac{p_1}{3}} = (k-f) \frac{3}{3+p_1}. \quad (5)$$

(3) Aus den übrigen Werten von $f = p_2 s_2$ usw. berechnet man x ebenso.

(4) Wenn der Zeiger des ZrG bei abgeschalteter Stromquelle (BU in der Mitte) durch Außenstrom abgelenkt wird, so gleicht man zunächst mit dem Außenstrom allein ab; man verschiebt also die Rolle, bis der Galvanometerzeiger auf den Nullstrich der Teilung weist. Dann legt man BU auf $-$ oder $+$ um. Bleibt der Zeiger nun auf Null stehen, so ist die Messung als richtig anzusehen. Der Außenstrom tritt an der Fehlerstelle ein und wirkt wie ein Batteriestrom. Rückt dagegen der mit dem Außenstrom eingestellte Zeiger von Null ab, sobald die Stromquelle angelegt wird, so sind vermutlich mehrere Fehler vorhanden. Auf ein zuverlässiges Ergebnis ist dann kaum zu rechnen.

(5) Die Entfernung l_x bis zur Fehlerstelle ergibt sich, wenn beide Leitungen auf der ganzen Messstrecke denselben gleichmäßigen Leiterquerschnitt haben und aus gleichem Metall bestehen, aus dem Ansatz $l_x : l = x : \frac{k}{2}$ zu

$$l_x = \frac{lx}{k/2} = 2l \frac{x}{k}. \quad (6)$$

Hierin bedeutet l die Länge der Messstrecke. Strecken von abweichender Drahtart oder anderem Metall sowie Kabelstücke werden nach Beispiel 3 auf S. 61 berücksichtigt.

Beispiel 1: Kabeldoppelader von 5420 m Streckenlänge. In der Kupferschleife war $k = p s = 3,79 \cdot 100 = 379 \Omega$. In der Fehlerschleife wurde Gleichgewicht erzielt mit

$$p_1 = 6,7 \text{ bei } s_1 = 1 \quad \text{und} \quad p_2 = 5,45 \text{ bei } s_2 = 10.$$

Demnach ist

$$x_1 = (379 - 6,7) : (1 + 2,23) = 115,3 \Omega \text{ und}$$

$$x_2 = (379 - 54,5) : (1 + 1,82) = 115,1 \Omega.$$

x ist also im Mittel $= 115,2 \Omega$ und $l_x = 5420 \cdot 115,2 : 189,5 = 3295 \text{ m}$.

(6) a) Bei Schleifenberührung läßt man den Leitungszweig, der an Klemme L_2 liegt, am fernen Ende erden, während der andere offen bleibt, und mißt dann k und f

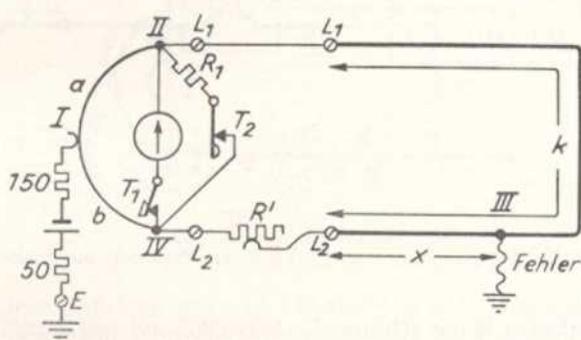
wie eben beschrieben; x ergibt den Widerstand eines Leitungszweiges zwischen Meßort und Berührungsstelle.

b) Wenn aber der Übergangswiderstand an der Berührungsstelle schwankt, dann erdet man den einen Leitungszweig am Meßort oder am fernen Ende, wodurch die Berührung in einen Nebenschluß des andern Zweiges gewandelt wird. Dessen Lage ermittelt man sodann nach d. Abf. 1...5 und Abb. 42 mit Hilfe einer fehlerfreien dritten Leitung, die an Klemme L_1 des WMS gelegt wird.

(7) Berührt eine fremde Leitung, so erdet man sie und verfährt sinngemäß nach Abf. 6b.

e) Erdfehlerschleife mit gleichen Brückenarmen

(1) Die Rechenarbeit wird erleichtert, wenn man (nach Kellner) die Fehlerschleife mit gleichen Brückenarmen a/b mißt und als Vergleichswiderstand nicht den des WMS, sondern einen besonderen, einstellbaren Widerstandsfaß R' benutzt. Es entsteht dann eine Schaltung, die im Kabelmeßdienst »Erdfehlerschleife A« genannt wird. Es sei $k = ps$ das Meßergebnis der Kupferschleife nach c. Abf. 8 und Abb. 40, und f' sei der



BU links oder rechts, MU links, LU rechts, Stöpsel bei 0

Abb. 43. Erdfehlerschleife mit gleichen Brückenarmen

Wert, den man in R' bei der Fehlerschleifenmessung nach Abb. 43 eingestellt hat, wenn der Galvanometerzeiger bei Brückengleichgewicht auf Null weist. Alsdann gilt nach Gl. (3b) $a(f' + x) = b(k - x)$ oder, weil hier $a = b$ ist, $f' + x = k - x$ und somit

$$2x = k - f'. \quad (7)$$

Hätte man die beiden Drähte einer Doppelleitung für die Messung benutzt, so erhält man aus Gl. (7) als $2x$ deren Schleifenwiderstand bis zur Fehlerstelle. Da die Schleifenwiderstände der Doppelleitungen zwischen dem Meßort und den einzelnen Untersuchungsstellen bekannt und in den Meßkarten vermerkt sind, so ergibt sich mithin unmittelbar die Fehlerlage zwischen zwei Untersuchungsstellen.

(2) Wenn beide Leitungen auf der ganzen Meßstrecke gleichmäßigen Querschnitt haben, ist der in R' eingestellte Wert f' gleich dem Schleifenwiderstand der Doppelleitung zwischen dem fernen Ende und der Fehlerstelle.

(3) Das Meßverfahren ist auch bei Schleifenberührung anwendbar, s. S. 61 Abf. 9.

(4) Hat man zwei Leitungen von verschiedener Drahtstärke oder Metallart zum Messen benutzt oder soll der Fehlerort genauer bestimmt werden, so muß man die Entfernung l_e bis zu diesem nach der aus den Gleichungen (6) und (7) abgeleiteten Formel

$$l_x = l \frac{k - f'}{k} \quad (8)$$

berechnen. Ist die fehlerhafte Leitung selbst aus mehreren Drahtarten zusammengefaßt, so wird man sinngemäß nach Beispiel 3 verfahren.

(5) Die Meßeinrichtung wird nach Abb. 44 geschaltet. Mit dem Schalter *VU* kann man entweder die Meßspannung von 16 V anlegen oder, für besondere Zwecke (vgl. unter g), eine Spannung von 1,5 ... 2 V. In der Ruhelage der Schalter *RU*

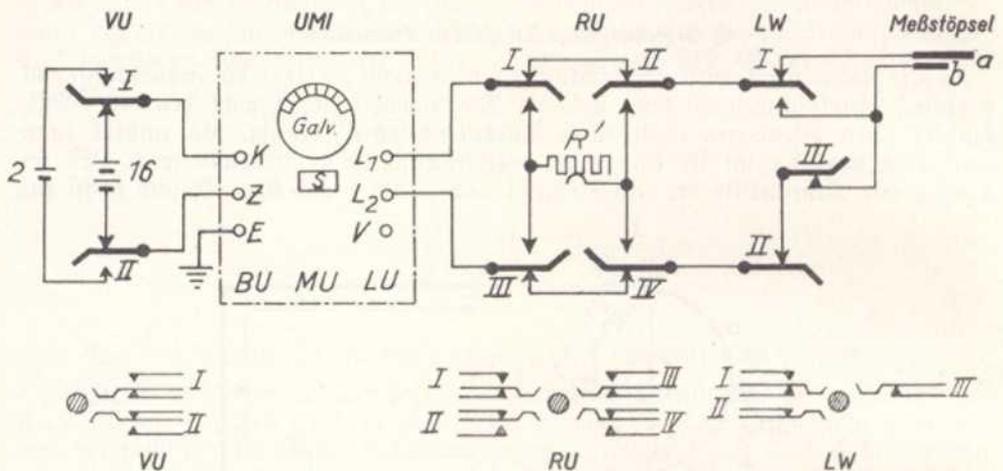


Abb. 44. Meßeinrichtung mit WMS und besonderem Widerstandsfaß

und *LW* (Hebel senkrecht) ist die Klemme L_1 des WMS mit der Spitze des Meßstößels (Leitungszweig a) verbunden und ebenso die Klemme L_2 mit der Hülse (Leitungszweig b). Durch Umlegen von *RU* nach links oder rechts wird der Widerstandsfaß R' in den a-Zweig oder den b-Zweig eingefügt. Die seitlichen Hebelstellungen von *LW* benutzt man beim Messen des Isolationswiderstandes der Einzeldrähte.

R' ist entweder ein Kurbelwiderstand der Kabelmeßeinrichtung oder einer aus Gegensprechfäden mit einem Zusatzwiderstand von 10 Ω , der in Stufen von 1 Ω geteilt ist. Die einzelnen Widerstandsstufen der Kurbelsäße dürfen um nicht mehr als 1% von ihren Sollwerten abweichen.

(6) Nebenschluß. Man mißt zuerst die Kupferschleife nach c Abs. 8 und Abb. 40, wobei *RU* und *LW* senkrecht stehen. Dann rückt man den Schalter *LU* des WMS nach rechts, stellt den Zeiger neben der Rolle genau auf 3, so daß der Brückenarm a dem Brückenarm b gleich ist, und schaltet den Vergleichswiderstand R des WMS aus, indem man den Stößel beim Nullklotz (Abb. 32) einsetzt. Hierauf wird der Widerstandsfaß R' durch Umlegen von *RU* in den Brückenarm mit dem geringeren Widerstand eingefügt. Ob man R' in den richtigen Arm gelegt hatte, ist am Verhalten des Galvanometerzeigers erkennbar: er muß sich nach Null hin bewegen, wenn man Widerstand zuschaltet.

Nachdem man die Kippaste T_1 gedrückt hat, schaltet man in R' solange Widerstand ein, bis der Galvanometerzeiger auf Null weist. Dann macht man das Meßgerät durch Niederdrücken der Taste T_2 empfindlicher und verbessert die Abgleichung in R' noch. Der Zeiger an der Gleitrolle muß hierbei genau auf 3 stehenbleiben. Der in R' eingestellte Widerstandswert f' wird abgelesen und vermerkt. Aus den gemessenen Werten berechnet man sodann x oder l_x nach den Gl. (7) oder (8).

(7) Wenn sich ein Außenstrom bemerkbar macht, verfährt man nach d Absf. 4.

(8) Beispiel 2: Nebenschluß im a-Zweige einer Doppelleitung; als zweite Leitung wurde der b-Zweig benutzt. Die Kupferschleife ergab $7,7 \cdot 100 = 770 \Omega$; bei der Fehlerschleife waren in R' eingestellt 575Ω ; mithin war $2x = 770 - 575 = 195 \Omega$. Nach der Meßart liegt der Fehler sonach zwischen den Untersuchungsstellen X und Y.

Beispiel 3: Nebenschluß im b-Zweige einer Doppelleitung, die im Anfang ein Kabelstück enthält. Der Fehlerort soll genau bestimmt werden.

In der Kupferschleife mißt man $7,3 \cdot 100 = 730 \Omega$; bei der Fehlerschleife sind in R' eingestellt 450Ω ; mithin ist $2x = 730 - 450 = 280 \Omega$ und $x = 140 \Omega$. Der Widerstand einer Kabelader beträgt nach früheren Messungen 95Ω . Der Fehler liegt somit $140 - 95 = 45 \Omega$ oder, da der Regelwiderstand der Freileitung 9Ω je km beträgt, 5 km hinter der Kabelstrecke.

(9) Schleifenberührung (Abb. 45). a) Man läßt am fernen Ende den einen Zweig der Doppelleitung erden und den andern offen halten. Welcher Zweig geerdet wird, ist gleichgültig; beeinflusst wird davon nur die Stellung des Schalters RU , der entweder

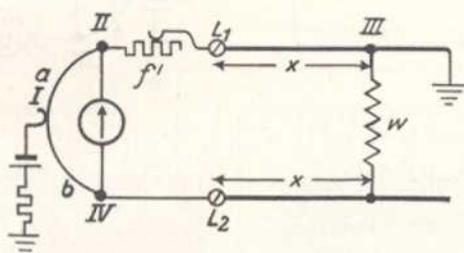


Abb. 45. Schleifenberührung

nach links oder nach rechts zu legen ist. Bedeutet w den Übergangswiderstand an der Berührungsstelle, so erhält man als Meßergebnis der Kupferschleife $k = 2x + w$. In der Fehlerschleife gilt, wenn der Galvanometerzeiger auf Null steht, $x + w = f' + x$, also $w = f'$. Aus diesen Gleichungen folgt wiederum $2x = k - f'$.

Beispiel 4: $k = 615 \Omega$, $f' = 105 \Omega$; Schleifenwiderstand der Doppelleitung bis zum Fehler also $2x = 615 - 105 = 510 \Omega$. Der Übergangswiderstand an der Berührungsstelle beträgt 105Ω .

b) Wenn w schwankt, erdet man einen Leitungszweig, wodurch die Berührung in einen Nebenschluß des andern Zweiges gewandelt wird, und bestimmt dessen Lage nach e Absf. 1 mit Hilfe einer fehlerfreien dritten Leitung.

f) Gleichgewicht

(1) Will man prüfen, ob die beiden Zweige einer Doppelleitung gleichen Widerstand haben, so läßt man sie am fernen Ende kurzverbinden und gleichzeitig erden. Hierauf mißt man zunächst den Schleifenwiderstand k nach e Absf. 8 und gleicht sodann in der Schaltung nach Abb. 46 nochmals ab. Ist der Widerstand des a-Zweiges (r_a) gleich dem des b-Zweiges (r_b), so wird der Galvanometerzeiger auf Null weisen, wenn die Rolle bei der Zahl 3 steht; denn dann ist $a = b$ und demnach auch $r_a = r_b$.

Steht die Rolle an anderer Stelle (Ableseung = p), so ist $r_a/r_b = a/b = p/3$. Hieraus und aus $r_a + r_b = k$ ergibt sich

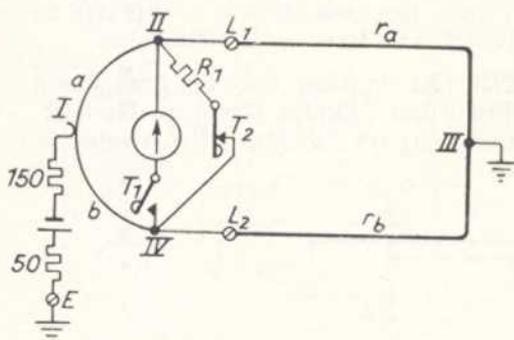
$$r_a = k \frac{p}{3+p} \quad \text{und} \quad r_b = k \frac{3}{3+p}. \quad (9)$$

Der Widerstandsunterschied der beiden Zweige beträgt

$$r_a - r_b = k \frac{p-3}{p+3}. \quad (10)$$

(2) Bei Außenstrom verfährt man nach d. Abs. 4.

(3) Wenn eine Messeinrichtung nach Abb. 44 vorhanden ist, so stellt man nach der Kupferschleifenmessung den Zeiger neben der Rolle des WMS genau auf 3. Dann legt man RU so um, daß der Widerstandsfaß R' in dem Leitungszweig mit dem geringeren



BU links oder rechts, MU links,
LU rechts, Stöpsel bei 0
Abb. 46. Gleichgewicht, WMS allein

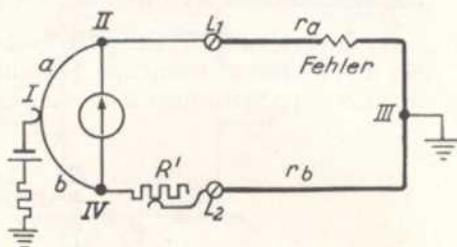


Abb. 47. Kontaktfehler

Widerstand liegt, und schaltet in R' Widerstand ein, bis der Galvanometerzeiger auf Null steht (Abb. 47). Angenommen, R' sei in den b -Zweig eingefügt worden, so ist bei der zweiten Messung $r_b + R' = r_a$ und, weil $k = r_a + r_b$ nach der ersten Messung,

$$r_a = \frac{k + R'}{2} \quad \text{und} \quad r_b = \frac{k - R'}{2}. \quad (11)$$

Beispiel 5: $k = 690 \Omega$, $R' = 30 \Omega$; $r_a = 360 \Omega$, $r_b = 330 \Omega$.

g) Kontaktfehler

(1) Mangelhafte Löt- oder Verbindungsstellen in Doppelleitungen (Kontaktfehler) stören das elektrische Gleichgewicht und verursachen Geräusche und Nebensprechen. Sie werden beim Messen mit 16 V häufig nicht entdeckt, weil die Fehlerstelle infolge der Fritterwirkung überbrückt wird. Man verfährt deshalb bei Gebrauch der Messeinrichtung nach Abb. 44 wie folgt.

a) Die Doppelleitung wird am fernen Ende kurzverbunden und geerdet und sodann 10 Minuten lang stromfrei gehalten.

b) Hierauf schließt man die Doppelleitung an den Meßplatz an, legt den Schalter VU nach links (2 V), richtet die Schaltung Abb. 47 her (Gleitrolle auf 3, Stöpsel bei 0) und stellt in R' soviel Widerstand ein, daß der Galvanometerzeiger beim Niederdrücken beider Lasten 3 ... 5 Strich vor Null stehen bleibt. Bei fehlerfreier Leitung sind dazu nur wenige Ohm nötig. Der Zeiger steht ruhig, a - und b -Zweig haben gleichen Widerstand. Hat die Leitung dagegen einen Kontaktfehler, so schwankt der Zeiger meistens. Man muß dann in R' mehr oder weniger Widerstand zuschalten, damit er kurz vor Null zu stehen kommt. Bei Brückengleichgewicht ist der in R' eingestellte Wert gleich dem Widerstand der Fehlerstelle.

c) Nun legt man *VU* in die senkrechte Stellung um und schaltet damit die 16 V-Batterie an. Ist die Leitung in Ordnung, so wird der Zeiger etwas zurückgehen. Ist sie dagegen fehlerhaft, so schlägt er über Null hinweg nach der andern Seite aus.

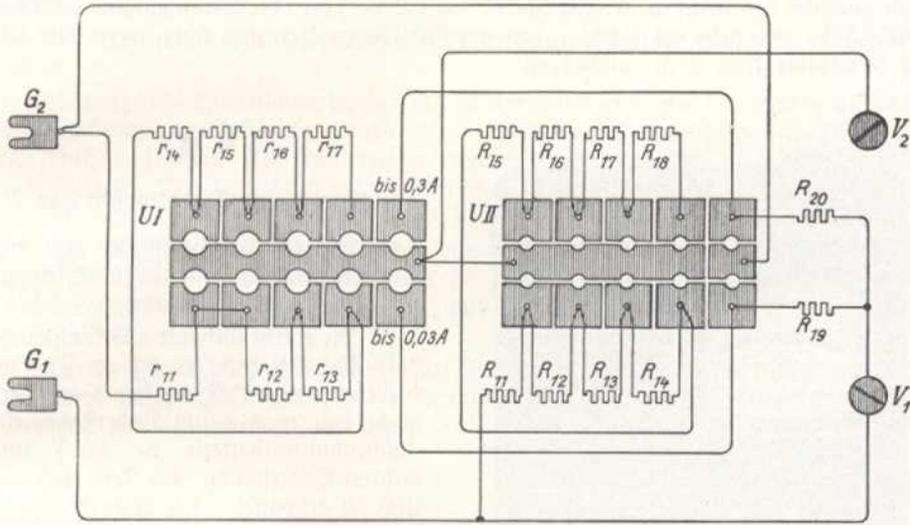
d) Wenn die Leitung nach den Beobachtungen zu b und c fehlerfrei erscheint, so messe man sicherheitshalber noch den Schleifenwiderstand mit 16 V. Fehlerhafte Leitungen werden mit Wechselstrom und Dämpfungsmesser nach § 37c Abs. 6 nachgeprüft.

e) Machen sich Außenströme bemerkbar, so verfähre man nach d Abs. 4.

(2) Mit dem UMS allein wird man sinngemäß zu Werke gehen.

h) Strom- und Spannungsmessungen

(1) Der Beikasten (Abb. 48) wird mit seinen Gabeln G_2 und G_1 an die Klemmen L_1 und V des UMS angeschlossen. Dessen Schalter *MU* bringt man in die rechte Endstellung; *BU* und *LU* können beliebig stehen.

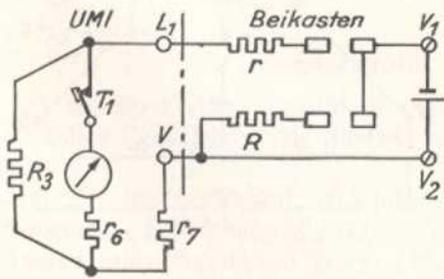


Bezeichnungen der Klinken von UI:

Obere Reihe: $1^\circ = 0,6 \text{ V}$; $1^\circ = 0,8 \text{ V}$; $1^\circ = 1,0 \text{ V}$; $1^\circ = 1,2 \text{ V}$; bis 0,3 Amp.

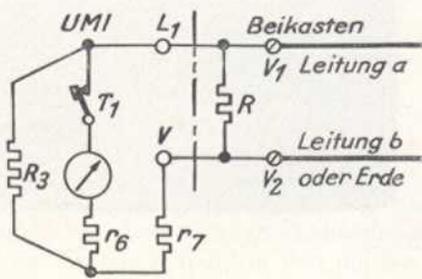
Untere Reihe: $\left. \begin{matrix} \text{Mikroph. Gl.} \\ 1^\circ = 0,1 \text{ V} \end{matrix} \right\} 1^\circ = 0,1 \text{ V}$; $1^\circ = 0,2 \text{ V}$; $1^\circ = 0,4 \text{ V}$; bis 0,03 Amp.

Abb. 48. Beikasten zum UMS. 150×120×70 mm



MU rechts

Abb. 49. Spannungsmessung



MU rechts

Abb. 50. Strommessung

(2) Spannungsmessung (Abb. 49). Man legt die zu messende Stromquelle an die Klemmen V_1 und V_2 des Beifastens, setzt den großen Stöpsel in die für ihre Spannung passende Klinke leicht ein — bei 80 V z. B. in die mit »1° = 0,8 V« bezeichnete — drückt die Kipptaste T_1 und liest an der schwarzen Teilung ab; dann drückt man den Stöpsel weiter durch und liest wieder ab. Zuerst war die Stromquelle über einen hohen Widerstand geschlossen, so daß sie nur einen geringen Strom lieferte; die Messung ergab also ungefähr ihre EMK. Beim weiteren Durchdrücken des Stöpsels wurde der zugehörige Nebenwiderstand mit eingeschaltet, der so bemessen ist, daß er der Stromquelle einen Strom von üblicher Stärke entnimmt; die zweite Messung ergibt also die Klemmenspannung.

(3) Strommessung (Abb. 50). Der Meßbereich erstreckt sich bis 30 mA, wenn man die untere Klinke stöpselt, und bis 300 mA, wenn man die obere benutzt. Der Stöpsel muß soweit durchgedrückt werden, daß er auch $U II$ berührt. Abgelesen wird an der roten Teilung.

(4) Ist die zu messende Spannung oder Stromstärke nicht ungefähr bekannt, so schalte man zunächst den höchsten Meßbereich »1° = 1,2 V« oder, bei Stromstärken, die Klinke »bis 0,3 A« und gehe erst dann zu den empfindlicheren Bereichen über, wenn dies nach der Zeigerablenkung noch zulässig ist.

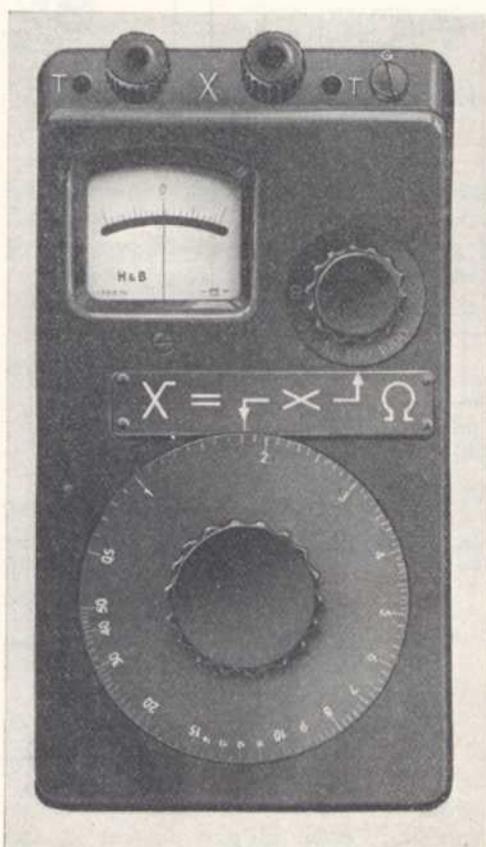


Abb. 51. Kleine Drahtmeßbrücke.
110 × 200 × 65 mm

§ 18

Die kleine Drahtmeßbrücke

(1) Sie wird bei Dienststellen gebraucht, wo viele kleine Widerstände zu messen sind, z. B. in großen Werkstätten.

(2) In einem Gehäuse aus Isolierpressstoff (Abb. 51) befinden sich ein ZrG mit Nullpunkt in der Mitte, ferner ein Meßdraht von etwa 4,6 Ω Widerstand, eine Taschenlampenbatterie zu 4,5 V und mehrere Widerstände. Die Teile sind nach Abb. 52 geschaltet. Die Widerstände im Brückenweig III—IV, die man mit dem Drehknopf (oben rechts) einstellt, sind

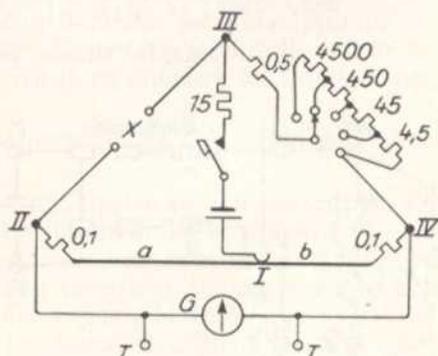


Abb. 52
Kleine Drahtmeßbrücke

fünffmal so groß wie auf dem Knopf angegeben. Zum Ausgleich ist auf der Einstellscheibe (unten), mit der man die Schleiffeder I auf dem Meßdraht verschiebt, das fünffache Widerstandsverhältnis $a:b$ vermerkt. Man erhält mithin den Wert x des unbekanntes Widerstandes in Ohm, wenn man bei Brückengleichgewicht die beiden Zahlen, auf welche die Pfeilspitzen zeigen, miteinander malnimmt, siehe Gleichung (3c) auf S. 55.

(3) Man legt den unbekanntes Widerstand x an die mit X bezeichneten beiden Klemmen, stellt den Drehknopf auf einen Wert ein, der in der Größenordnung von x liegt, und bringt die Einstellscheibe in die mittlere Lage. Drückt man dann die Taste, deren Richtstrich auf G zeigen muß, so wird der Zeiger abgelenkt. Nun dreht man die Scheibe so lange nach rechts oder links — und zwar nach der Richtung, nach der sich der Zeiger bewegen soll, um auf Null zu kommen — bis er auf dem Nullstrich angelangt ist und bei wiederholtem Tastendruck auch da bleibt. Danach liest man x ab wie im Abs. 2 angegeben.

Läßt sich der Zeiger so nicht auf Null bringen, so muß man den Drehknopf anders einstellen.

(4) Der Widerstand der Zuleitungen ist besonders zu messen und vom x -Wert abzugziehen.

(5) Elektrolytische Widerstände werden mit Wechselstrom gemessen, den man — an Stelle des Gleichstroms der Taschenlampenbatterie — über die rechts unten am Sockel befindlichen Buchsen zuleitet. Als Nullanzeiger dient ein Fernhörer, der an die Buchsen TT angesteckt wird. Die Taste kann man feststellen, indem man sie nach dem Niederdrücken nach links dreht, so daß ihr Richtstrich auf T zeigt.

(6) Die Meßgenauigkeit ist verschieden groß je nach Meßbereich und Schleiffederstellung. Im Mittel liegt die Fehlergrenze im kleinsten Meßbereich ($\times 0,1$) bei $\pm 2\%$, in den drei mittleren Bereichen bei $\pm 0,5\%$ und im höchsten Bereich ($\times 1000$) bei $\pm 5\%$ vom Sollwert.

(7) Der kleinste meßbare Widerstandswert ist $0,05 \Omega$. Im allgemeinen wird man aber Widerstände unter $0,1 \Omega$, um größere Genauigkeit zu erzielen, in Reihe mit einem Widerstand von bekanntem Wert messen.

III. Wechselstrommessungen

A. Vom Wechselstrom

§ 19

Stromform und Schwingzahl

(1) Als Wechselstrom bezeichnet man einen elektrischen Strom, der in regelmäßigen, sehr kurzen Zeitabständen die Richtung wechselt und dabei in seiner Stärke auf und ab schwankt.

(2) Der zeitliche Verlauf eines solchen Stromes wird im einfachsten Fall durch die Sinuslinie bildlich dargestellt (Abb. 53). Man erhält sie, indem man den Kreisumfang in eine beliebige Anzahl von Teilen, z. B. 24, teilt und an den Teilpunkten Lots auf den waagerechten Durchmesser fällt, wie es im linken Teil der Abbildung für einen Viertelkreis dargestellt ist. Das Verhältnis der Länge eines Lotes zur Länge des Halbmessers \hat{i}

(sprich: i Dach) nennt man den Sinus des zugehörigen Winkels φ . Wie leicht ersichtlich, ist es eine Zahl zwischen 0 und 1.

Zahlenmäßige Werte des Sinus:

Winkel ...	0	5	10	15	20	30	40	45	50	60	70	75	80	90°
Sinus ...	0	0,09	0,17	0,26	0,34	0,50	0,64	0,71	0,77	0,87	0,94	0,97	0,98	1,00

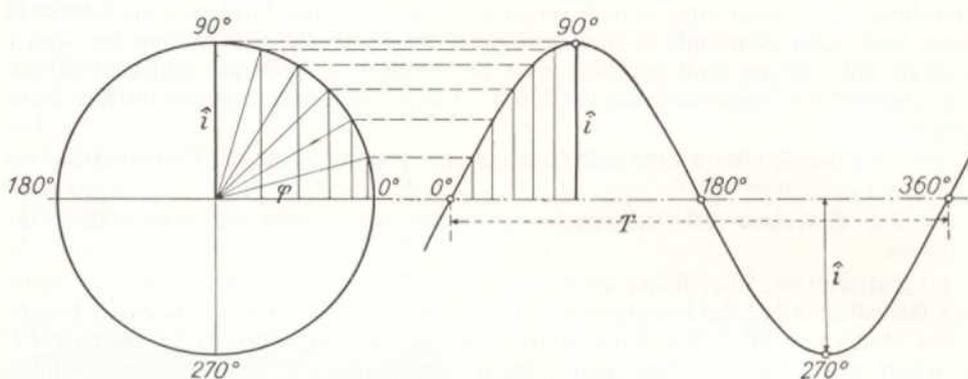


Abb. 53. Sinuslinie

Man steckt nun den halben Kreisumfang ($i\pi = i \cdot 3,14$) auf der rechten Verlängerung des Durchmessers (der Nulllinie) ab, teilt die Strecke in 24 gleiche Teile, errichtet in den Teilpunkten die zugehörigen Lote und verbindet ihre Enden durch eine Kurve. Dies ist die Sinuslinie. Sie stellt also den Verlauf der Stärke eines sinusförmigen Wechselstromes während einer vollen Periode T bildlich dar.

(3) Wie man sieht, wächst der Strom genau wie der Sinus erst rasch, dann langsamer von Null bis zum Höchstwert i , den man die Schwingweite (Amplitude) des Wechselstromes nennt, um sodann im gleichen Zeitmaß bis Null zu fallen. Hierauf wiederholt sich der gleiche Vorgang bei umgekehrter Stromrichtung, wonach die nächste Periode beginnt.

(4) Während einer Periode gibt es 2 Halbwellen von entgegengesetzter Richtung und 2 Richtungswechsel. Die Anzahl der vollen Schwingungen (Perioden) in der Sekunde ist die Schwingzahl des Wechselstromes. Der Kürze halber spricht man aber nicht von » n Perioden je Sekunde«, sondern man sagt » n Herz«, in Zeichen » n Hz«. Ein Wechselstrom von 500 Perioden in der Sekunde hat also die Schwingzahl 500 Hz.

Statt »Schwingzahl« findet man oft den Ausdruck »Frequenz«. Demgegenüber wird das Wort Frequenz hier nur gebraucht, wenn die Schwingung selbst gemeint ist. »Hochfrequenz« z. B. ist eine elektrische Schwingung von bestimmter Schwingzahl, die beim Messen ausgesandt wird.

(5) Der zum Lot gehörige Winkel φ heißt die Phase (der Augenblickswert) der Schwingung. Eine Schwingung hat demnach die Phase 90° , wenn sie auf dem positiven Höchstwert ist, und die Phase 270° , wenn sie den größten negativen Wert erreicht hat. Bei 0° (360°) und 180° ist ihr Wert gleich Null.

(6) Sinusförmigen Wechselstrom liefern die Röhrensummer (§ 27) und die meisten Magnetsummer (§ 32b und 37b). Oft sind der Grundschwingung aber noch Oberschwingungen (auch Oberwellen genannt) überlagert; dies sind unerwünschte Strom- oder Spannungsanteile, deren Schwingzahl ein ganzzahliges Vielfaches der Grundschwingung

beträgt. Bei genaueren Messungen müssen die Oberwellen durch Stromreiniger unterdrückt werden.

Polwechslers und Kurbelinduktoren liefern nicht rein sinusförmigen, sondern verzerrten Wechselstrom.

(7) In Abb. 54 sind zwei Wechselspannungen bildlich dargestellt, die der Polwechslers mit Rufstromübertrager liefert. Die linke, annähernd rechteckige Kurve wurde bei Leerlauf, d. h. ohne Belastung aufgenommen; die Stromquelle war dabei also nur über das Meßgerät geschlossen.

Bei Aufnahme der rechten Kurve war die Stromquelle nach Abb. 2b auf S. 16 mit einem Widerstand von 1000 Ω belastet. Diese Kurve nähert sich der Sinusform.

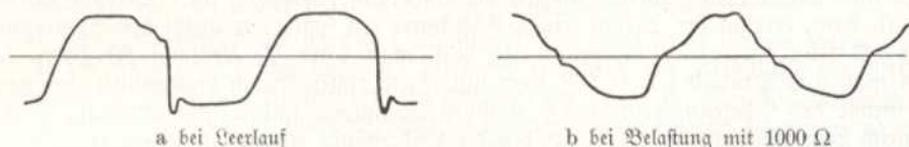


Abb. 54. Wechselspannungen des Polwechslers mit Rufstromübertrager

(8) Frequenzbereiche. Die Sprache enthält Schwingungen verschiedenster Art, die darauf bis zu ≈ 10000 Hz hörbar sind. Von ihnen setzen die im Fernsprechdienst benutzten Mikrophone nur die Schwingungen von ≈ 100 Hz $\dots \approx 3000$ Hz mit ausreichendem Wirkungsgrad in Gleichstromschwankungen um, die durch Übertrager in Wechselströme derselben Schwingzahlen gewandelt werden.

a) Für eine ausreichende Sprechverständigung genügt es, wenn bloß die Frequenzen von 300 $\dots \approx 2600$ Hz über die Leitung zum Empfangsfernöhörer gelangen. Besonders wichtig sind die Schwingungen um 800 Hz; diese Frequenz wird deshalb beim Messen bevorzugt benutzt, siehe S. 70 Abs. 7.

b) Zur naturgetreuen Wiedergabe von Sprache und Musik braucht man ein wesentlich breiteres Frequenzband und daher auch ein anders gebautes Mikrophon. Die Rundfunkleitungen haben dementsprechend einen Übertragungsbereich von 50 $\dots 6400$, neuerdings von 30 $\dots 8000$ Hz.

c) Bei der gleichzeitigen Übertragung mehrerer Sprachbänder auf einer Leitung mittels Trägerfrequenzen kommen noch höhere Schwingzahlen vor.

§ 20

Effektivwert und Leistung

(1) Um die Wirkung eines Wechselstromes, der ja zwischen Null und dem Höchstwert ständig schwankt, beurteilen zu können, muß man mit einem mittleren Wert der Stromstärke rechnen. Als solcher gilt nach allgemeiner Übereinkunft die Stärke eines Gleichstroms, der in einem induktionsfreien (ohmschen oder reellen) Widerstand — z. B. einem Heizwiderstand — die gleiche Wärme erzeugt wie der Wechselstrom es tut. Diesen Wert nennt man den Effektivwert I des Wechselstromes (seine effektive Stärke). Er ist gleich dem quadratischen Mittelwert einer halben Periode, und man erhält ihn, indem man den Mittelwert der Quadrate aller Augenblickswerte während einer Halbwelle bildet und daraus die Quadratwurzel zieht. Bei sinusförmigem Strom beträgt der Effektivwert das 0,707fache des Höchstwertes, denn hier gilt

$$I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot \hat{i}. \quad (1)$$

Umgekehrt beträgt der Höchstwert das $\sqrt{2}$ - oder 1,415fache des Effektivwertes.

(2) Die vom Strom erzeugte Wärme ist vom Quadrat der effektiven Stromstärke, von der Größe des ohmschen Widerstandes R und von der Zeitdauer t des Stromflusses abhängig. Sie ist mithin dem Produkt $I^2 R t$ verhältnisgleich.

(3) Für Wechselspannungen gilt das im Abs. 1 Gesagte sinngemäß. Eine sinusförmige Wechselspannung vom Effektivwert $U = 4,9 \text{ V}$ z. B. hat Höchstwerte von $+7 \text{ V}$ und -7 V .

(4) In einem Stromkreis, der nur aus ohmschen Widerständen besteht, erreicht der Wechselstrom im gleichen Augenblick seinen Höchstwert wie die Wechselspannung, die ihn treibt; er ist phasengleich mit ihr. Die Leistung in Watt ist dann, ähnlich wie bei Gleichstrom (§ 3 Abs. 6), gleich dem Produkt aus den Effektivwerten U und I von Spannung und Stromstärke. Wenn dagegen die Widerstände induktiv sind (Selbstinduktion haben), dann erreicht der Strom seinen Höchstwert erst später; er bleibt der Spannung nach, ist phasenverschoben gegen sie. Will man dann die Leistung berechnen, so muß man das Produkt $UI = I^2 R$ noch mit einem echten Bruch malnehmen, der von der Größe des Phasenunterschiedes φ zwischen Spannung und Strom abhängig ist (er ist gleich dem Kosinus von φ). — Haben die Widerstände Kapazität, so eilt der Strom der Spannung voraus, ist also ebenfalls phasenverschoben gegen sie.

(5) Um die Rechnung zu vereinfachen, betrachtet man häufig auch bei phasenverschobenem Strom nur die Größe $UI = N$. Man nennt sie Scheinleistung und gibt sie, um den Unterschied hervorzuheben, nicht in Watt, sondern in Voltampere (VA) an.

§ 21

Scheinwiderstand

(1) Induktionslose Widerstände, namentlich also doppelfädig gewickelte (Abb. 6), bieten dem Wechselstrom nur ihren ohmschen Widerstand dar. Spulen mit Induktivität dagegen setzen dem Wechselstrom einen viel höheren Widerstand entgegen, der mit wachsender Schwingzahl immer größer wird. Er beträgt

$$R_L = \sqrt{r^2 + 4\pi^2 \cdot f^2 \cdot L^2}, \quad (2a)$$

worin r den ohmschen Widerstand der Spule, L ihre Induktivität und f die Schwingzahl des Wechselstroms bedeuten. R_L wird Scheinwiderstand genannt.

Beispiel: Ein Klappenelektromagnet von 100Ω Gleichstromwiderstand und $0,4 \text{ H}$ Induktivität hat für Ruffstrom von 25 Hz einen Scheinwiderstand von $\sqrt{100^2 + 4 \cdot 3,14^2 \cdot 25^2 \cdot 0,4^2} \approx 118 \Omega$, dagegen für Sprechstrom von 800 Hz einen solchen von $\sqrt{100^2 + 4 \cdot 3,14^2 \cdot 800^2 \cdot 0,4^2} \approx 2012 \Omega$.

(2) Kondensatoren, die für Gleichstrom bekanntlich undurchlässig sind, lassen Wechselströme um so leichter durch, je höher deren Schwingzahl f ist, denn ihr Scheinwiderstand beträgt

$$R_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2b)$$

wobei C die Kapazität in Farad bedeutet.

Beispiel: Der Scheinwiderstand eines Kondensators von $2 \mu\text{F}$ beträgt für Wechselstrom von 25 Hz ... $1/(2 \cdot 3,14 \cdot 25 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) = 1000000 : 314 \approx 3180 \Omega$, für Sprechstrom von 1000 Hz dagegen $1/(2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 10^{-6}) \approx 80 \Omega$.

(3) Der gemeinsame Scheinwiderstand von Ketten, die aus Widerständen, Spulen und Kondensatoren zusammengesetzt sind, wird nach denselben Regeln berechnet wie sie für Gleichstrom gelten (§ 3 Abs. 5). Näheres siehe in der TMD II, Anhang.

(4) Der Scheinwiderstand von Leitungen ist je nach ihrer Bauart verschieden. Er ändert sich bei ein und derselben Leitung auch mit der Schwingzahl, da jede Leitung Induktivität und Kapazität hat; siehe Gl. (2a) und (2b).

(5) R_L und R_C führen in der TMD II das gemeinsame Formelzeichen $|R|$.

§ 22

Wellenwiderstand

(1) Unter der Einwirkung einer sinusförmigen EMK entstehen auf einer Leitung Sinuswellen von Spannung und Strom, die nach dem Leitungsende zu immer schwächer werden. Wellenspannung und Wellenstrom stehen aber in jedem Punkt einer gleichmäßig gebauten (glatten) Leitung in demselben festen Verhältnis zueinander, das man den Wellenwiderstand der Leitung nennt. Dies Verhältnis ist bestimmt durch die elektrischen Grundwerte der Leitung (vgl. § 4 Abs. 8 b); es ist von der Länge der Leitung unabhängig, aber es ändert sich mit der Schwingzahl des Wechselstromes.

(2) Der Wellenwiderstand wird in Ohm ausgedrückt. Beträgt er für eine Leitung z. B. 800 Ω bei 800 Hz, so besagt das, daß bei dieser Frequenz das Verhältnis der Wellenspannung (in Volt) zum Wellenstrom (in Ampere) wie 800:1 ist. Der Wellenwiderstand darf namentlich dann nicht unberücksichtigt bleiben, wenn man mehrere Leitungen zu einer Fernmeldeverbindung zusammenschalten will. Würde man beispielsweise zwei Leitungen mit Wellenwiderständen von 800 und von 1600 Ω unmittelbar aneinanderreihen, so entstünde dort, wo sie zusammentreffen, eine Stoßstelle, die den glatten Wellenverlauf stören würde. Verschiedenartige Leitungen müssen, um dies zu vermeiden, einander gut angepaßt werden, beispielsweise durch Ringübertrager.

(3) Der Wellenwiderstand der wichtigsten Leitungsarten für 800 Hz ist in Anl. 3 Sp. 10 vermerkt. Gemessen wird er durch den Kabelmeßdienst.

Die Zahlen in Anl. 3 Sp. 10 geben den Betrag des Wellenwiderstandes an, also den Wert, der in der TMD II (S. 76 unten) mit dem Formelzeichen $|Z|$ bezeichnet wird.

§ 23

Dämpfung

(1) Wechselströme, die von einem Sender, etwa einem Fernsprecher, ausgehen und über eine Leitung zu einem Empfänger (in diesem Fall einem Fernhörer) gelangen, kommen dort nicht in voller Stärke an, weil sie unterwegs Verluste erleiden. Sie werden durch diese geschwächt oder, wie man sagt, gedämpft. Das Verhältnis des Effektivwertes I_a der Stromstärke am Sendende zum Effektivwert I_e der Stromstärke am Empfangsende nennt man die Dämpfung. Nach allgemeiner Übereinkunft gibt man dieses Verhältnis aber nicht in gewöhnlichen Zahlen an, sondern mit seinem natürlichen Logarithmus (\ln) und nennt die Maßeinheit Neper. Da die Grundzahl der natürlichen Logarithmen die Zahl $e = 2,718$ ist, beträgt die Dämpfung also gerade 1 Neper, wenn $I_a : I_e = e^1 = 2,718$ ist, und 2 N bei dem Verhältnis $I_a : I_e = e^2 = 2,718 \cdot 2,718 = 7,389$ usw.

Daselbe gilt sinngemäß für die Spannungen U_a am Sendende und U_e am Empfangsende.

(2) In Tafel A auf Anl. 6 sind die zahlenmäßigen Beträge für $e^0 \dots e^{20}$, also für $0 \dots 20$ Neper vermerkt. Beispielsweise ist das Verhältnis $I_a : I_e$ bei 2,2 N gleich $e^{2,2} = 9,025$, d. h. I_a ist etwa 9mal so groß wie I_e oder, anders ausgedrückt: es kommt nur rund $\frac{1}{9}$ des abgehenden Stromes im Empfänger an. Bei 3,3 N sind es $\approx \frac{1}{27}$, bei 4,5 N nur noch $\frac{1}{90}$ usw.

Die Neperzahl gibt also an, wie oft man die Zahl 2,718 mit sich selbst zu vervielfältigen hat, wenn man wissen will, welcher Bruchteil des abgehenden Stromes am Empfangsende der Leitung ankommt.

(3) Ist b der Betrag der Dämpfung in Neper (also $I_a : I_e = e^b$), so gelten bei angepaßtem Leitungsabluß (siehe Abs. 10) die Gleichungen

$$b = \ln \frac{I_a}{I_e} = \ln \frac{U_a}{U_e} \quad (3)$$

und, weil die Scheinleistung (§ 20 Abf. 5) $N = UI$ ist,

$$2b = \ln \frac{U_a \cdot I_a}{U_e \cdot I_e} = \ln \frac{N_a}{N_e}$$

oder

$$b = \ln \sqrt{\frac{N_a}{N_e}}. \quad (4)$$

Man hat das logarithmische Maß gewählt, weil es sich leicht damit rechnet und weil gewöhnliche Zahlen bei höherer Dämpfung unbequem groß wären.

Einige Werte von $e^{-n} = 1/e^n$ sind in der Tafel B auf Anl. 6 angegeben, vgl. § 38 Abf. 2 (Regel).

(4) Je schwächer der ankommende Strom ist, desto leiser klingt die Sprache im Fernhörer. Die Dämpfung darf daher bestimmte Beträge nicht überschreiten, damit Sprechverständigung und Telegraphiergüte ausreichen, siehe TMD VI, 4 A § 11 nebst Anl. 10 dazu. In langen Leitungen sind, um dies zu erreichen, unterwegs Verstärker eingefügt (§ 27 b Abf. 6).

(5) Wechselströme von höherer Schwingzahl werden auf Kabelleitungen stärker gedämpft als die übrigen. Infolgedessen verändert sich der Sprachklang im Empfänger; die Sprache kommt nicht nur leiser, sondern — namentlich auf langen Leitungen — auch mehr oder weniger unverständlich (verzerrt) an. Um diese Dämpfungsverzerrung aufzuheben, gibt man den Verstärkerröhren zusätzliche Schaltungen (Entzerrer), die bewirken, daß die Verstärkung im gleichen Maße mit der Schwingzahl ansteigt wie die Dämpfung, siehe ZmE 18/1.

Auf Freileitungen ist die Dämpfungsverzerrung unbedeutend.

(6) Von den Grundeigenschaften einer Leitung (§ 4 Abf. 2 und 8 b) hängt die Größe ihrer Dämpfung ab. Um diese zu ermitteln, schickt man sinusförmigen Wechselstrom über die Leitung und mißt am fernen Ende die ankommende Spannung oder Stromstärke mit einem Meßgerät, das nicht diese, sondern gleich die Dämpfung selbst anzeigt.

(7) Bei kürzeren Leitungen begnügt man sich meistens damit, die Dämpfung festzustellen, die ein Wechselstrom von 800 Hz erleidet — vgl. § 19 Abf. 8 unter a. Die Dämpfung langer Leitungen wird dagegen bei mehreren oder sogar allen Frequenzen des Übertragungsbereichs gemessen, damit sich ein richtiges Bild von der Übertragungsgüte ergibt.

(8) Im folgenden wird das Wort Vierpol mehrfach gebraucht. Man versteht darunter einen beliebigen elektrischen Stromkreis, der zwei Klemmen (Pole) an seinem Eingang und zwei Klemmen (Pole) an seinem Ausgang hat. Am Eingang wird die elektrische Kraft dem Vierpol zugeführt, am Ausgang wird sie ihm entnommen. Er darf keine Widerstände, Kapazitäten oder Induktivitäten enthalten, deren Größe sich mit der Stromstärke ändert.

(9) Man unterscheidet Wellendämpfung und Betriebsdämpfung.

(10) Die Wellendämpfung eines Vierpols (z. B. einer Leitung) erhält man, wenn das Empfangsende während der Messung angepaßt, d. h. mit einem Widerstand abgeschlossen wird, dessen Wert gleich dem Wellenwiderstand des Vierpols ist (§ 22). Dann gelten die Gl. (3) und (4). Die Wellendämpfung hat das Formelzeichen b ; ihren Wert für 1 km Doppelleitung nennt man den Dämpfungsfestwert (die Dämpfungskonstante) β der Leitung.

Die Wellendämpfung wird durch die Kabelmeßbeamten gemessen, siehe die TMD II.

(11) Die Betriebsdämpfung b_B eines Vierpols ist bestimmt durch den natürlichen Logarithmus der Wurzel aus dem Verhältnis der Scheinleistung N_0 , die ein Sender vom Eigenwiderstand R_1 an einen ihm widerstandsgleichen Empfänger unmittelbar

abgeben würde, zur Scheinleistung N_2 , die derselbe Sender über den Vierpol an einen Empfänger vom Widerstand R_2 überträgt. In Zeichen

$$b_B = \ln \sqrt{\frac{N_0}{N_2}}. \quad (5)$$

Gewöhnlich macht man $R_1 = R_2 = 600 \Omega$, siehe Abs. 14.

(12) Unterschied zwischen Wellen- und Betriebsdämpfung:

a) Die Wellendämpfung wächst gleichmäßig mit der Leitungslänge l , so daß allgemein die Formel gilt

$$\beta l = b, \quad (6)$$

worin l in Kilometern zu nehmen ist.

Man rechnet mit der Wellendämpfung vorzugsweise bei der Planung von neuen Leitungen. Die Wellendämpfung (oder das Dämpfungsmaß) einer Leitung von bestimmter Art und Länge für 800 Hz erhält man angenähert, wenn man die Zahl in Anl. 3 Sp. 9 mit der Leitungslänge in km vervielfältigt.

Beispiel: Eine 7,8 km lange unbespulte Kabeldoppelader mit 0,8 mm-Leiter hat nach Anl. 3 bei 800 Hz eine Wellendämpfung von $75 \cdot 7,8 = 585 \text{ mN} = 0,59 \text{ N}$.

b) Die Betriebsdämpfung dagegen wächst meist nicht im geraden Verhältnis zur Leitungslänge. Sie kommt — bei $R_1 = R_2 = 600 \Omega$ gemessen — nur dann der Wellendämpfung nahe, wenn der Wellenwiderstand der Leitung zwischen 500 und 900 Ω liegt. Sonst ist sie gewöhnlich größer, zuweilen auch kleiner. Vorteilhaft ist es, daß die Betriebsdämpfung leicht zu messen und den wirklichen Verhältnissen beim Fernsprechen oft besser angepaßt ist als die Wellendämpfung. Jene wird daher hauptsächlich bei der Überwachung der Leitungen ermittelt. Ergeben sich bei aufeinander folgenden Messungen etwa gleiche Werte der Betriebsdämpfung, dann kann man schließen, daß die Leitung die vorgeschriebenen Eigenschaften bewahrt hat. Abweichungen hingegen würden darauf deuten, daß irgendwo ein Fehler besteht.

(13) Beim Messen der Betriebsdämpfung benutzt man als Stromquelle meist einen Milliwattsender. Dies ist ein Wechselstromerzeuger von 600 Ω Eigenwiderstand, der an einen unmittelbar angeschlossenen Verbraucher von 600 Ω Widerstand gerade 1 mW Leistung abgibt. Das erfordert eine EMK E_0 von 1,55 V (Abb. 55). Denn dann

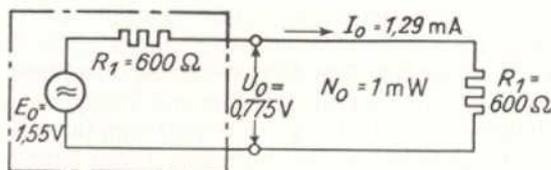


Abb. 55. Milliwattsender bei Schluß über 600 Ω

herrscht an den Außenklemmen des Senders die Spannung $E_0/2 = U_0 = 0,775 \text{ V}$, die Stromstärke beträgt $I_0 = E_0/2R_1 = U_0/R_1 = 1,55 \text{ V} : 1200 \Omega = 1,29 \text{ mA}$, und die abgegebene Leistung ist $N_0 = U_0 I_0 = 0,775 \text{ V} \cdot 1,29 \text{ mA} \approx 1 \text{ mW}$. Die Spannung 0,775 V heißt Bezugsspannung, weil alle zu messenden Spannungen auf sie bezogen werden. Ebenso nennt man 1 mW die Bezugsleistung und 1,29 mA die Bezugsstromstärke.

(14) Nach Gl. (5) ist

$$b_B = \ln \sqrt{\frac{N_0}{N_2}} = \ln \sqrt{\frac{U_0 \cdot I_0}{U_2 \cdot I_2}} = \ln \sqrt{\frac{U_0^2 \cdot R_2}{R_1 \cdot U_2^2}} = \ln \frac{U_0}{U_2} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}. \quad (7)$$

Hier bedeuten U_2 die Spannung und $I_2 = U_2/R_2$ die Stromstärke am Ausgang des zu messenden Vierpols, der mit R_2 abgeschlossen ist.

Macht man nun $R_1 = R_2 = 600 \Omega$, so wird der Ausdruck $\sqrt{R_2/R_1}$ gleich 1, und es gilt mithin

$$b_{B(600)} = \ln \frac{U_0}{U_2} = \ln \frac{0,775}{U_2}. \quad (8)$$

Wenn man also U_2 mit einem Spannungsmesser von 600Ω Eingangswiderstand mißt (Abb. 56), der nicht U_2 , sondern gleich das Verhältnis $0,775 : U_2$ in Reper anzeigt, so erhält man $b_{B(600)}$ durch eine einzige Messung. Der Wellenwiderstand der Leitung braucht nicht berücksichtigt zu werden; er beeinflusst nur die Größe der meßbaren Spannung U_2 .

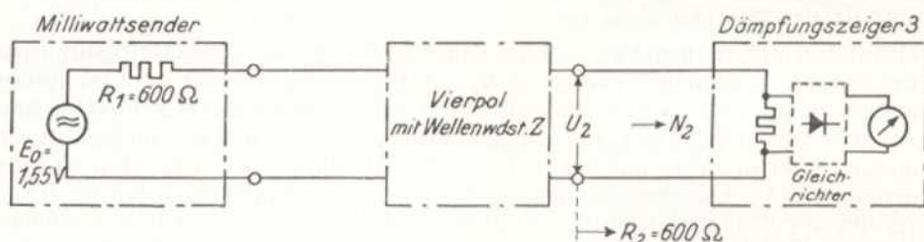


Abb. 56. Messen der Betriebsdämpfung mit Milliwattsender und Dämpfungszeiger 3

(15) Die Betriebsdämpfung, die man an Leitungen mit Verstärkern bei Abschluß durch 600Ω mißt, wird Restdämpfung genannt, s. § 38 Abs. 2.

(16) Bezugsdämpfung. Der Wirkungsgrad eines Sprechapparats (als Sender oder Empfänger) wird durch die Sende- oder Empfangs-Bezugsdämpfung gekennzeichnet. Man erhält sie durch Lautstärkevergleich mit dem Sende- oder Empfangsteil des in seinen elektroakustischen Eigenschaften genau festgelegten und nachprüfbaren Hauptkreis bei der Forschungsanstalt der DMV. Bei diesem Vergleich ändert man die künstliche Leitung des Eichkreises, bis die Sprache in beiden Fällen gleich laut klingt. Der eingestellte Dämpfungsbetrag gibt dann den Wert der Bezugsdämpfung in Reper an. Muß nicht dem Eichkreis, sondern dem zu prüfenden Apparat Dämpfung zugeschaltet werden, damit man gleiche Lautstärke erhält, so ist die Bezugsdämpfung negativ.

Zu Messungen der Bezugsdämpfung im praktischen Dienst dient das Sprechstellenprüfgerät, das eine künstliche Schallquelle enthält. Es wird zur Zeit erprobt; seine endgültige Bauart steht noch nicht fest.

§ 24

Nebensprechen

(1) Wenn man in einer Leitung hören kann, daß in einer andern gesprochen wird, besteht zwischen beiden Nebensprechen. Man nennt es Nebensprechen (im engeren Sinne), wenn Sprecher und Beobachter sich beide am Leitungsanfang befinden. Steht der

Sprecher dagegen am Ende der einen Leitung, so hört der Beobachter am Anfang der anderen das Gegenebensprechen.

Man unterscheidet ferner zwischen dem Übersprechen von einem Sprechkreis auf einen andern, der metallisch von ihm getrennt ist, und dem Mitsprechen zwischen einer Stammleitung und dem zugehörigen Viererkreise.

(2) Das Nebensprechen wird hauptsächlich durch Ungleichheiten in den Kapazitäten der Leiterzweige gegeneinander oder gegen Erde verursacht.

(3) Um den Grad der Beeinflussung zu bestimmen, vergleicht man die Wechselspannung, die in der beeinflussten Leitung auftritt, wenn an den Anfang (oder das Ende) der beeinflussenden Leitung ein bestimmter Wechselstromsender gelegt wird, mit der Spannung, die derselbe Sender über eine künstliche Leitung liefert. Der Dämpfungsbetrag in Neper, den man an dieser einstellen muß, um die Sendespannung so weit zu schwächen, daß sie mit der an der beeinflussten Leitung beobachteten Spannung übereinstimmt, ergibt die Nebensprechdämpfung (oder — erhöht um die Rest- oder Wellendämpfung der beeinflussenden Leitung — die Gegenebensprechdämpfung).

(4) Die Nebensprechdämpfung b_n ist bestimmt durch den natürlichen Logarithmus der Wurzel aus dem Verhältnis der Scheinleistung $N_1 = U_1^2/Z_1$, die in den Anfang der beeinflussenden Leitung 1 gesandt wird, zur Scheinleistung $N_2 = U_2^2/Z_2$, die am

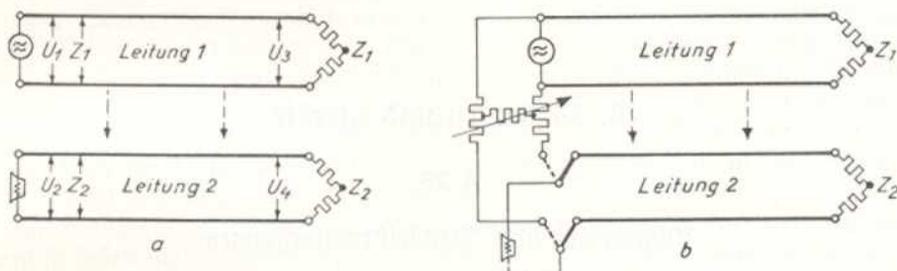


Abb. 57. Nebensprechen

Anfang der beeinflussten Leitung 2 im Fernhörer wirksam wird (Abb. 57a). U_1 und U_2 bedeuten hierin die Spannungen, Z_1 und Z_2 die Wellenwiderstände. Mithin gilt

$$b_n = \ln \sqrt{\frac{N_1}{N_2}} = \ln \frac{U_1}{U_2} \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}}. \quad (9)$$

Wenn beide Leitungen gleichen Wellenwiderstand haben, so daß $Z_2 = Z_1$ ist, dann wird sonach

$$b_n = \ln \frac{U_1}{U_2}. \quad (10)$$

(5) Die freien Enden der beiden Leitungen müssen mit Widerständen von der Größe ihrer Wellenwiderstände abgeschlossen sein. Ferner soll der Ausgangswiderstand der künstlichen Leitung dem Wellenwiderstand der beeinflussten Leitung 2 angepaßt sein.

Über das Meßverfahren (Abb. 57b) siehe § 25c Abs. 6, § 37c Abs. 5 und § 45 Abs. 2.

(6) Für die Gegenebensprechdämpfung b_g (Abb. 58a) gilt sinngemäß

$$b_g = \ln \sqrt{\frac{N_1}{N_2}} = \ln \frac{U_1}{U_4} \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}} \quad (11)$$

und, wenn $Z_2 = Z_1$ ist,

$$b_g = \ln \frac{U_1}{U_4}. \quad (12)$$

Das Meßverfahren (Abb. 58b) ist im § 45 Abs. 3 beschrieben.

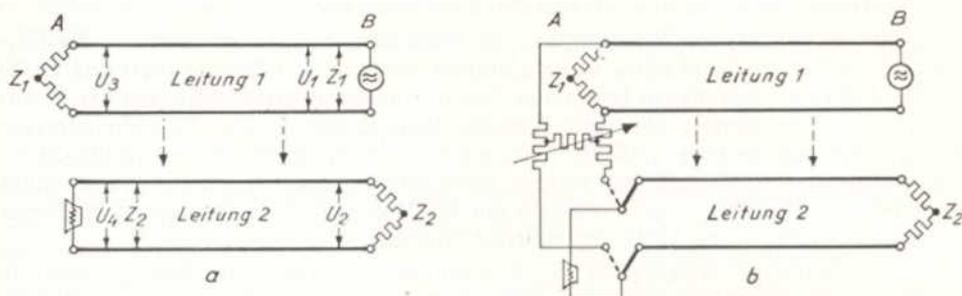


Abb. 58. Gegenbesprechen

B. Meßarten und -geräte

§ 25

Allgemeines über Wechselstrommessungen

a) Meßarten

(1) Zu den wichtigsten Wechselstrommessungen zählen die Dämpfungsmessungen, weil man aus ihnen die Übertragungsgüte einer Fernmeldeanlage unmittelbar erkennen kann. Gleiches gilt für das Messen der Verstärkung und für die Verzerrungsmessungen im Telegraphendienst.

(2) Wechselstrom benutzt man ferner, um das elektrische Gleichgewicht einer Doppelleitung oder die Stärke des Nebensprechens oder den Widerstand von Erdungen zu messen. Außerdem prüft man mit Wechselstrom, ob alle Adern eines vieladrigen Kabels richtig durchverbunden sind und wo ein Kabel im Erdboden liegt. Schließlich gehört hierher das Messen von Wechselspannung und -stromstärke.

b) Meßgeräte

(1) Wechselströme und -spannungen werden mit Sphäromessgeräten, elektrodynamischen Meßgeräten, Thermogalvanometern, Dreheisenmeßgeräten oder — über vorgeschaltete Gleichrichter — mit Drehspulgalvanometern gemessen. Bei vielen Messungen benutzt man auch den Fernhörer als Anzeigergerät. Vereinzelt wird der Meßwert durch Lichtzeichen kenntlich gemacht (§ 53).

(2) Beim Sphäromessgerät durchfließt und erwärmt der Strom einen Platindraht, der infolge der Wärmewirkung länger wird, sich durchbiegt und über einen gespannten Faden auf den Zeiger wirkt. Dessen Ablenkung ist dem Quadrat der effektiven Stromstärke verhältnismäßig, weil auch die Ausdehnung des Sphäromessgeräts diesem Wert verhältnismäßig ist. An der Teilung liest man aber den Effektivwert selbst ab.

Denn beim 9. Teilstrich (der gleichmäßig gedachten Teilung) steht die Zahl 3 angegeschrieben, beim 25. die Zahl 5, beim 144. steht 12 usw. Eine solche Teilung (Abb. 59) nennt man quadratisch.

(3) Aus § 20 Abs. 1 folgt, daß die Teilung auch die Stärke eines Gleichstroms richtig anzeigt, weil dieser im Heizdraht dieselbe Wärme entwickelt wie ein Wechselstrom von gleichem Effektivwert. Heizdrahtmeßgeräte werden daher mit Gleichstrom geeicht.

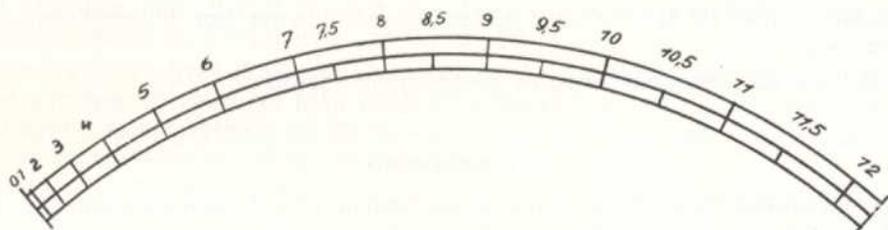


Abb. 59. Quadratische Teilung

(4) Elektrodynamische Meßgeräte enthalten eine feste und eine bewegliche Spule, die hintereinander vom Strom durchflossen werden. Sie stoßen sich mit einer Kraft ab, die dem Quadrat der Stromstärke verhältnisgleich ist. Bei Wechselstrom ergibt sich infolge der Trägheit des beweglichen Teils eine mittlere Zeigereinstellung, die dem Mittelwert aus den Quadraten aller Augenblickswerte der Stromstärke entspricht. Die Wurzel daraus — also die effektive Stromstärke, siehe § 20 Abs. 1 — ist auf der Teilung angezeichnet. Diese ist ebenfalls quadratisch und gilt auch für Gleichstrom.

(5) Auch der Ausschlag des Thermogalvanometers (§ 41d) ist vom Quadrat der Stromstärke abhängig. Über ein Dreheisenmeßgerät siehe § 29.

(6) Bei der DM werden die soeben beschriebenen Meßgeräte nur vereinzelt benutzt, weil sie hohen Eigenverbrauch haben und sich langsam einstellen. Hauptsächlich gebraucht man — auch ihrer großen Genauigkeit wegen — Drehspulmeßgeräte nach § 6 b in Verbindung mit Gleichrichtern.

(7) Meßgeräte mit Drehspule können wegen der Trägheit ihres beweglichen Teils den schnellen Richtungswechseln von Wechselströmen, deren Schwingzahl im Bereich der Hörbarkeit liegt, nicht folgen. Sie sind erst dann zum Messen solcher Ströme brauchbar, wenn man jede zweite Halbwelle durch einen Gleichrichter unterdrückt oder umkehrt, so daß nur Halbwellen von gleicher Richtung durch die Spule fließen, siehe Abb. 66 auf S. 79 und Abb. 75/76 auf S. 83. Diese Wellen wirken auf das Meßwerk wie ein beständiger Gleichstrom, weil sie sehr schnell aufeinander folgen, während die Eigenschwingung der Drehspule ihnen gegenüber langsam verläuft. Das Meßgerät zeigt aber nicht den Höchstwert des Wechselstromes (seine Schwingweite) an, weil der Strom diesen Wert oder nahe benachbarte Werte nur sehr kurze Zeit einhält. Es stellt sich vielmehr auf einen mittleren Wert ein. Geeicht wird es mit sinusförmigem Wechselstrom durch Vergleich mit einem Heizdraht- oder elektrodynamischen Meßgerät auf den Effektivwert. Da der Zeigerausschlag der Drehspulgeräte mit der Stromstärke wächst, ist die Teilung solcher Strom- und Spannungsmesser auch für Wechselstrom gleichmäßig oder doch nahezu gleichmäßig.

(8) Als Gleichrichter für Drehspulmeßgeräte benutzt man entweder Trockengleichrichter (§ 26) oder Elektronenröhren (§ 27 b Abs. 7). Trockengleichrichter haben den Röhrenschaltungen gegenüber den Vorzug, daß sie wesentlich länger beständig bleiben und weniger empfindlich gegen Überlastung sind. Außerdem sind sie kleiner und widerstandsfähiger und von Batteriespannungen unabhängig. Sie werden daher namentlich bei Geräten bevorzugt, die im Außendienst verwendet werden.

- (9) Über den Fernhörer als Anzeigerät siehe bei c Abs. 6 und 7.
- (10) Als Meßstromquellen dienen Magnetsummer, wie sie in den § 30, 31, 32 b und 37 b beschrieben werden, oder Röhrensummer (§ 27 b Abs. 8), Meßmaschinen (§ 41 a) oder Wechselfender (§ 53).
- (11) Strom-, Spannungs- und Dämpfungsmesser führen Bezeichnungen nach § 6 e Abs. 4. Bei den übrigen Geräten (Summer, Pegelzeiger usw.) wird dem Namen gewöhnlich das Jahr der Einführung hinzugefügt, z. B. »Pegelzeiger 31«. Die abgekürzte Bezeichnung (hier PZ 31) darf nur gebraucht werden, wenn kein Mißverständnis entstehen kann.
- (12) § 6 e gilt sinngemäß auch für Wechselstrommeßgeräte.

c) Meßverfahren

- (1) Die meisten Wechselstrommessungen sind Strom- oder Spannungsmessungen, oder sie lassen sich auf solche zurückführen. Dabei gibt es
- a) unmittelbare Strom- oder Spannungsmessungen und
 - b) Messungen durch Vergleichen zweier Spannungen.
- (2) Bei der unmittelbaren Strom- oder Spannungsmessung erhält man den Meßwert in Ampere, Volt, Reper oder Hundertsähen entweder ohne weiteres oder über eine Umrechnungszahl aus dem Zeigerausschlag am Meßgerät. Dies ist seiner Einfachheit wegen das beste Verfahren, und es wird daher in neuerer Zeit immer mehr angewandt. Allerdings müssen die schwachen Spannungen und Ströme häufig verstärkt werden, damit man genügend genau ablesen kann. Geräte für unmittelbare Strom- oder Spannungsmessungen sind die marktgängigen Strom- und Spannungsmesser sowie der Dämpfungszeiger, der Pegelzeiger, das Thermogalvanometer, der Höchst- und der Mindestwertzeiger, der Verstärkungszeiger und die Verzerrungsmesser und -zeiger im Telegraphendienst.
- (3) Zu manchen Messungen werden Geräte benutzt, die die Meßergebnisse selbsttätig aufzeichnen (Pegelschreiber).
- (4) Die erreichbare Meßgenauigkeit hängt von der Genauigkeit des Anzeigeräts ab.
- (5) Für die Ermittlung des Meßwerts durch Vergleichen zweier Spannungen (Abs. 1 unter b) bieten sich zwei Wege:
- a) man vergleicht die Schwingweiten zweier Wechselspannungen miteinander, ohne die Phasen zu berücksichtigen, oder
 - b) man gleicht zwei Wechselspannungen nach Schwingweite und Phase gegeneinander ab.
- (6) a) Bei der Vergleichsmessung nach Abs. 5 bei a ändert man eine bekannte Wechselspannung so lange, bis ihre Schwingweite mit der der zu messenden Wechselspannung übereinstimmt. Dabei bedient man sich entweder des Fernhörers (Messen durch Hörvergleich) oder eines Zeigermessgeräts (Messung durch Vergleichen zweier Zeigerablenkungen).
- b) Beim ersten Verfahren, das bei den Dämpfungs- und Nebensprechmessern angewandt wird, schaltet man den Meßfernörer immer wieder von einer Wechselspannung auf die andere um, bis man durch Ändern der bekannten Wechselspannung mittels einer veränderbaren Widerstandsschaltung erreicht hat, daß der Ton im Fernörer beidemale gleich laut klingt. Dann sind beide Spannungen der Schwingweite nach gleich. Die Genauigkeit solcher Messungen wird durch die Ohrenempfindlichkeit auf $\approx 10\%$ des Meßwerts oder 0,1-N beschränkt.

c) Im zweiten Fall ändert man die bekannte Spannung so weit, daß sie am Anzeige-gerät dieselbe Zeigerablenkung hervorruft, die vorher die zu messende Spannung erzeugte. Hiervon wird beim Pegelmesser und der Verstärkungsmeßeinrichtung Gebrauch gemacht.

(7) Bei der Brückenmessung (Abs. 5 unter b) vergleicht man den Spannungsabfall in zwei nebeneinander geschalteten Stromkreisen. Schwingt ein Meßfernrohr, der zwischen ihnen in Brücke liegt, so ist der Abfall der Spannung in beiden Kreisen bis zu den Anschaltewerten des Hörers nach Schwingweite und Phase gleich. Den Meßwert liest man dann von einer Teilung ab, oder man berechnet ihn aus dem Betrag eines veränderbaren bekannten Widerstandes. Vgl. § 17c Abs. 1 und 7.

Dies Nullverfahren ist sehr genau und zuverlässig, weil das Ohr zwischen der Fortdauer und dem Verschwinden selbst eines leisen Tones scharf zu unterscheiden vermag. Man wendet es vorzugsweise im Kabelmeßdienst an. Im Entstörungs- und Baudienst wird es beim Messen von Erdungswiderständen benutzt.

(8) Über das Verfahren bei Verzerrungsmessungen im Telegraphendienst siehe § 52 . . . 55.

§ 26

Trockengleichrichter

(1) Ein Trockengleichrichter bietet dem Strom der einen Richtung geringen Widerstand dar, während er für den Strom der andern Richtung sehr hohen Widerstand hat und als Sperre wirkt. Vom Wechselstrom läßt der Trockengleichrichter mithin bloß eine Halbwelle voll durch, wogegen von der andern nur ein ganz schwacher Teil durchgeht.

(2) In den Meßgeräten werden Kupferoxydul-Gleichrichter verwendet. Ein solcher besteht aus einer Kupfer- und einer Bleischeibe von je etwa 20 mm Dmr. mit einem Loch in der Mitte. Die Kupferscheibe wird im Ofen geglüht. Dabei bildet sich Kupferoxyd und darunter — wegen des Mangels an Sauerstoff — Kupferoxydul. Sodann wird die Scheibe bei tieferer Temperatur nachbehandelt, plötzlich abgeschreckt und schließlich so bearbeitet, daß sie nur auf einer Seite mit einer Schicht Kupferoxydul überzogen ist. Darüber wird Graphit dünn aufgetragen und hierauf die Bleischeibe gelegt, die lediglich als Stromableiter dient. Das Ganze wird von zwei mit Vötsen versehenen Messingblechen eingeschlossen und durch einen isolierten Schraubenbolzen fest zusammengepreßt.

Enthält ein Meßgerät mehrere Gleichrichter, so reißt man sie alleamt auf den Schraubenbolzen auf (Abb. 60).

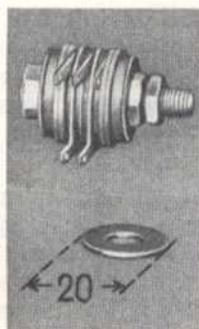


Abb. 60. Trockengleichrichter

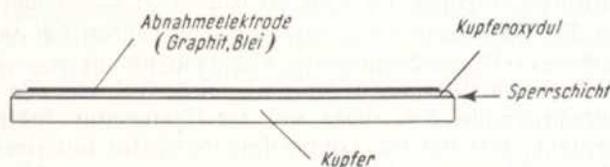


Abb. 61. Aufbau des Trockengleichrichters

(3) Wie ein Versuch zeigt, geht die positive Elektrizität durch eine solche Zelle sehr viel leichter in der Richtung vom Halbleiter (Kupferoxydul) zum Mutterkupfer durch als umgekehrt. Man schreibt diese Wirkung der besonders sauerstoffarmen Grenzschicht des Kupferoxyduls am Mutterkupfer zu und nennt sie Sperrschicht (Abb. 61).

(4) Der Widerstand, den ein Trockengleichrichter dem elektrischen Strome bietet, ist weder in der Durchlaß- noch in der Sperrichtung gleichmäßig groß, er ändert sich

vielmehr in einem gewissen Bereich mit der anliegenden Spannung. Die Abhängigkeit ist in Abb. 62 für eine bestimmte Zelle durch krumme Linien dargestellt. In der Sperrrichtung z. B. beträgt der Widerstand für $-0,2$ V Spannung am Halbleiter bei $20^{\circ}\text{C} \approx 4400 \Omega$, in der Durchlaßrichtung für $+0,2$ V am Halbleiter dagegen nur $\approx 16 \Omega$ bei 20°C . Für Spannungen von mehr als $\approx +0,5$ V bleibt der Widerstand in der Durchlaß-(Fluß-)richtung beständig, nämlich gleich dem des Kupferoxyduls.

(5) Aus Abs. 4 folgt, daß die Stärke des Stromes, der durch die Zelle fließt, nicht überall gleichmäßig mit der Spannung zunimmt. Abb. 63 zeigt dies. Die gebogenen Linien bilden die Strom-Spannungskennlinie des Gleichrichters, und zwar ist die rechte Kurve die Wiederholung und Fortsetzung der linken in kleinerem Maßstab.

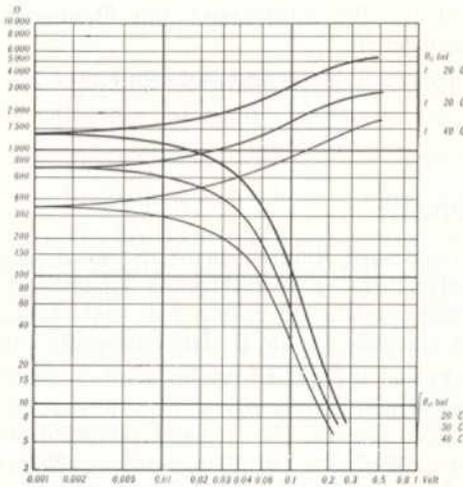


Abb. 62. Widerstand eines Trockengleichrichters, abhängig von Stromrichtung und Spannung

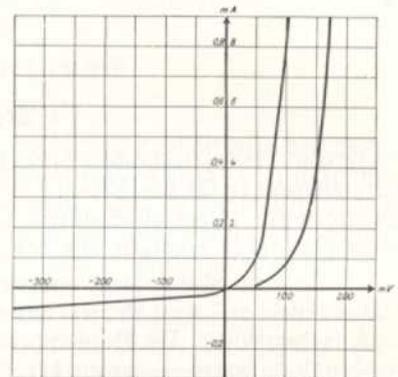


Abb. 63. Strom-Spannungskennlinie eines Trockengleichrichters bei 20°C

Wie man sieht, wächst der Strom bei positiver Spannung am Halbleiter anfangs verhältnismäßig langsamer an als die Spannung, die ihn treibt, um dann (von ≈ 160 mV ab) verhältnismäßig mit ihr zu steigen. Die Teilung des Anzeigeorgans wird daher anfänglich unregelmäßig fein, weiterhin gleichmäßig. Liegt dagegen negative Spannung am Halbleiter, so entsteht infolge der Sperrwirkung nur ein sehr schwacher Strom von umgekehrter Richtung, der auch bei wachsender Spannung kaum zunimmt.

(6) Der Widerstand der Trockengleichrichter ändert sich auch stark mit der Temperatur (um $\approx 4 \cdot 70\%$ je Celsiusgrad), und zwar nimmt er — entgegen dem Verhalten der Metalle — mit steigender Wärme ab, siehe Abb. 62. Da auch die Nichtfähigkeit der Trockengleichrichter sich etwas mit der Temperatur ändert, aber umgekehrt wie ihr Widerstand, läßt sich die Temperaturabhängigkeit mit einem mäßig großen Vorwiderstand aus Metall ausgleichen.

(7) In den Meßgeräten werden Trockengleichrichter gewöhnlich in folgenden drei Schaltungen verwendet.

(8) Abb. 64 zeigt die Gleichrichterbrücke¹⁾. Wenn am Punkt *a* die positive Halbwelle der Wechselspannung anliegt, fließt ein kräftiger Strom, wie die gefiederten Pfeile es zeigen, in Richtung *c*—*d* durch das Drehspulmeßgerät *G*²⁾. Zugleich fließen aber

¹⁾ Diese Schaltung wird auch als »Gräßschaltung« bezeichnet.

²⁾ Die Anzahl der Federn an den Pfeilen soll nicht etwa das Verhältnis der Stromstärken zueinander darstellen, sondern nur andeuten, daß die Teilströme verschieden stark sind.

wenn auch sehr schwache Ströme an G vorbei (gestrichelte Pfeile). Liegt dann nach dem Richtungswechsel die negative Halbwellen der Wechselspannung am Punkt a an, so verteilt sich der Strom zwar umgekehrt auf die Gleichrichter, aber der kräftige Strom fließt, in positiver Richtung gesehen, wieder wie vorher von c nach d durch das Meßgerät. Dieses wird daher dauernd von Stromwellen gleicher Richtung durchflossen

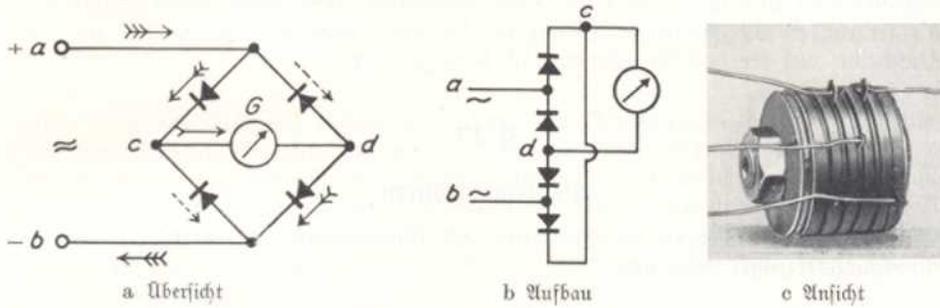


Abb. 64. Gleichrichterbrücke

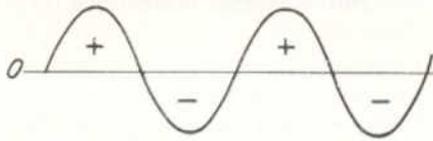


Abb. 65. Wechselstrom

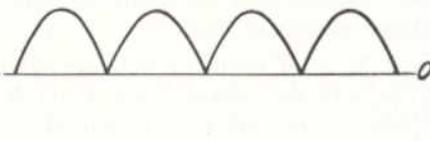


Abb. 66. Gleichgerichteter Strom

(Abb. 66). Seine Spule stellt sich, weil in ihr nicht der volle Strom wirksam wird, auf einen etwas niedrigeren Mittelwert ein, aber die Teilung wird durch Vergleichen mit einem Hydraz- oder elektrodynamischen Meßgerät mit sinusförmigem Wechselstrom auf dessen Effektivwert geeicht. G zeigt daher bei sinusförmigem Strom immer seinen Effektivwert an.

(9) Für die Doppelwegschaltung (Abb. 67) gilt das im Abs. 8 Gesagte sinngemäß. \ddot{U} ist ein Übertrager.

(10) Beim Dämpfungszeiger 3 (§ 35) kommt es besonders darauf an, daß seine Anzeigen von der Temperatur nahezu unabhängig bleiben. Um dies zu erreichen, nutzt man die Tatsache aus, daß die Fehler durch Temperatureinfluß mit zunehmender Belastung der Trockengleichrichter kleiner werden. Man ersetzt daher zwei Gleichrichter der Brücke

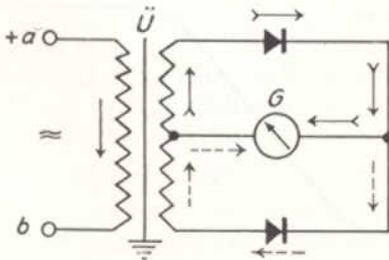


Abb. 67. Doppelwegschaltung

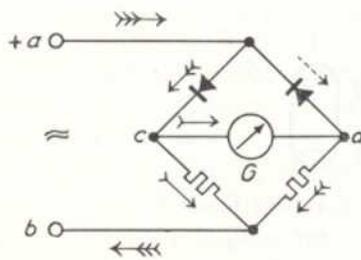


Abb. 68. Schaltung im Dämpfungszeiger 3

durch ohmsche Widerstände, die im Vergleich zum Widerstand der Gleichrichter klein sind (Abb. 68). Die Vollwegschaltung bleibt dabei erhalten, d. h. es werden wieder beide Halbwellen ausgenutzt; an den verbleibenden zwei Gleichrichtern liegt nun aber eine nahezu doppelt so hohe Spannung wie bei der Schaltung mit vieren. Die Gleichrichter nehmen daher mehr Strom auf, und ihre Temperaturabhängigkeit wird geringer.

(11) Selengleichrichter werden hauptsächlich beim Laden von Batterien aus dem Wechselstromnetz und in Netzanschlußgeräten verwendet. Ein solcher Gleichrichter besteht aus einer runden oder viereckigen Eisenscheibe, die außen gewöhnlich vernickelt ist, und einer Selenzscheibe, auf die das Abnahmemetall gespritzt wird.

§ 27

Elektronenröhren

Elektronenröhren werden im Meßdienst als Gleichrichter, als Verstärker oder als Schwingungserzeuger gebraucht.

a) Röhren mit zwei Elektroden

(1) Wir betrachten zunächst die Röhre mit zwei Elektroden (Abb. 69), weil die elektrischen Vorgänge hier am leichtesten zu überblicken sind. Für Meßzwecke benutzt man solche Röhren allerdings weniger.

(2) In einer luftleer gepumpten Glasbirne sind ein metallener Heizfaden K als Kathode und ein dünnes Blech A als Anode angebracht. Wenn der Faden durch den Strom der Heizbatterie HB glühend geworden ist, sendet er Elektronen (kleinste Teilchen negativer Elektrizität) aus, und zwar um so mehr, je heißer er ist. Sie bilden rings um den Heizfaden eine Raumladung. Dadurch entsteht ein elektrisches Feld, das den Austritt weiterer Elektronen aus der Kathode hemmt, solange die Anode spannungslos ist. Erteilt man dieser aber durch eine Stromquelle u_a dem Heizfaden gegenüber einen positiven Spannungsüberschuß, so werden die negativen Elektronen von der Anode angezogen. Sie wandern also zur Anode, um sich mit deren positiver Ladung auszugleichen. Die hierbei gebundene positive Ladung wird immer wieder durch die Anodenstromquelle u_a ersetzt; im äußeren Schließungskreise fließt daher ein Strom i_a gleichbleibender Richtung, den man Anodenstrom nennt.

(3) In Abb. 70 ist die Stärke des Anodenstroms i_a abhängig von der Anodenspannung u_a aufgetragen. Bei geringer positiver Anodenspannung wirkt die negative Raumladung dem Stromanstieg entgegen. Mit steigender Anodenspannung aber wächst i_a , weil immer mehr Elektronen aus dem negativen Felde der Raumladung herausgezogen

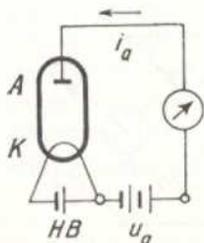


Abb. 69. Röhre mit zwei Elektroden

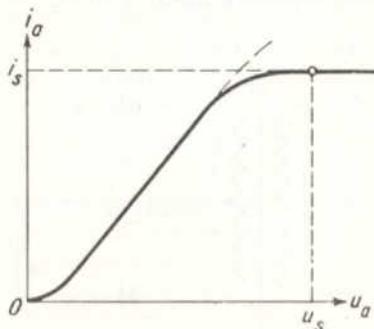


Abb. 70. Anodenstrom, abhängig von der Anodenspannung

werden. Von einer bestimmten Spannung u_s , der Sättigungsspannung, an steigt jedoch der Strom nicht mehr. Der Sättigungsstrom i_s für die Heizspannung ist dann erreicht; alle von der Kathode erzeugten freien Elektronen werden zur Anode gezogen. Daher kann der Anodenstrom dann nur noch zunehmen, wenn man die Kathode stärker heizt, so daß sie mehr Elektronen ausfendet.

(4) Der Strom i_a folgt bis in die Nähe der Grenzen $0 < u_a < u_s$ unter dem Einfluß der Raumladung angenähert der Gleichung

$$i_a = k u_a^{3/2}. \quad (1)$$

Hierin ist k ein Festwert, dessen Größe von den Abmessungen der Röhre abhängt. Nahe der Sättigungsspannung u_s weicht jedoch die Kurve der Anodenstromstärke von dem aus der Formel errechneten Verlauf insofern ab, als sie schon vorher allmählich umbiegt, so daß kein scharfer Knick vorhanden ist. Der Anodenstrom nimmt also, kurz bevor die Sättigungsspannung erreicht wird, nur langsam zu. Ursachen sind der Spannungsabfall und die ungleiche Wärmeverteilung längs des Heizfadens sowie das Magnetfeld des Heizstromes.

Im Bereich kleiner Anodenspannungen, am unteren Knick, entsteht ebenfalls eine Abweichung von den aus Gl. (1) errechneten Werten; sie ist aber gering.

(5) Legt man statt der Gleichspannung u_a eine Wechselspannung zwischen Heizfaden und Anode, so fließt ein Elektronenstrom nur während der Halbperiode, in der die Anode positive Spannung führt. Während der anderen Halbperiode ist das nicht möglich, weil die kalte Anode keine Elektronen aussenden kann. Die Röhre wirkt somit wie ein Ventil, das nur die positiven Halbwellen durchläßt, sie arbeitet als Gleichrichter. Der Strommesser zeigt den Mittelwert der Stromstärke an.

b) Röhren mit drei Elektroden

(1) Für die meisten Zwecke benutzt man Röhren mit drei Elektroden (Abb. 71 und 72). Bei ihnen ist zwischen Kathode K und Anode A das Steuergitter G eingefügt. Der Heizfaden besteht aus einer Legierung, deren Hauptbestandteil Platin ist; er ist mit einem Gemisch von Metalloxyden bedeckt. Vereinzelt kommen noch Röhren mit Heizfäden aus Wolfram vor. Im Gegensatz zu den Oxydröhren, deren Heizfaden höchstens bis zur Rotglut erhitzt wird, muß der Faden der Wolframröhren weißglühend sein; diese Röhren haben deshalb eine viel kürzere Lebensdauer.

(2) Mit dem Gitter kann man den Elektronenfluß von der Kathode zur Anode und damit auch den Anodenstrom i_a im Außenkreise beeinflussen, indem man eine Gleichspannung u_g an das Gitter legt. Dadurch ändert sich die Verteilung des elektrischen Feldes rund um den Glühfaden. Gibt man dem Gitter eine starke negative Spannung gegenüber dem Faden, so werden die Elektronen vom Gitter abgestoßen. Sie können also den Heizfaden und seine nähere Umgebung nicht verlassen; durch das Gitter gelangen keine oder nur wenige Elektronen zur Anode. Dagegen wandern unter dem Einfluß der positiven Anodenspannung, die durch die Maschen des Gitters hindurch auf die Elektronenbewegung einwirkt, um so mehr Elektronen zur Anode, je geringer die negative Spannung des Gitters gegen den Heizfaden ist.

(3) Da das Gitter näher am Heizfaden liegt, ist die Kapazität C_{gh} zwischen Gitter und Heizfaden größer als die Kapazität C_{ah} zwischen Anode und Heizfaden. Daher übt die Gitterspannung einen größeren Einfluß auf die Elektronenbewegung aus als die Anodenspannung. Erst bei einem bestimmten positiven Wert der Anodenspannung

greift gleichsam das Anodenfeld durch das Gitter auf den Kathodenraum über. Dann erst fließt der Anodenstrom. Man spricht daher vom Durchgriff D der Röhre

$$D = \frac{C_{ah}}{C_{gh}} \quad (2)$$

und bestimmt damit die Steuerspannung zu

$$u_{st} = u_g + D u_a. \quad (3)$$

Diese Steuerspannung der Dreielektrodenröhre beeinflusst den Anodenstrom ähnlich wie es die Anodenspannung bei der Zweielektrodenröhre tut. Es ist also bei negativer Gitterspannung und innerhalb der dafür genannten Grenzen angenähert

$$i_a = k u_{st}^{3/2}. \quad (4)$$

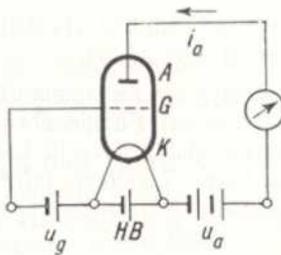


Abb. 71.

Röhre mit drei Elektroden

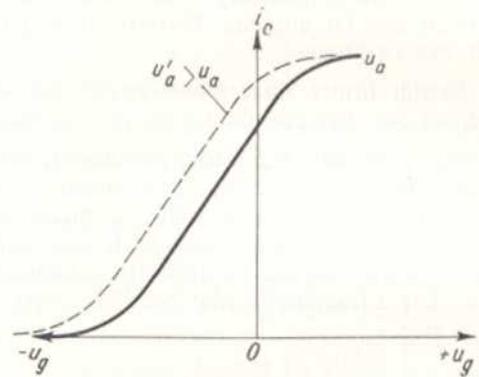


Abb. 73. Anodenstrom, abhängig von der Gitterspannung (Anodenstromkennlinie)

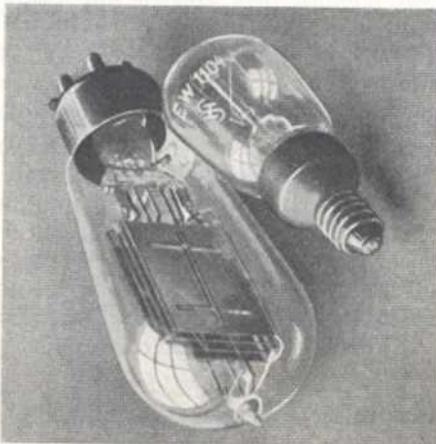


Abb. 72. Verstärkeröhre Da und Eisenwasserstoffwiderstand EW 1104

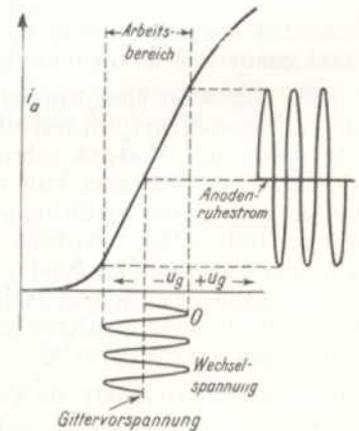


Abb. 74. Verstärkung

(4) Mißt man bei gleichbleibender Anodenspannung u_a den Anodenstrom i_a abhängig von der Gitterspannung u_g , so ergibt sich die in Abb. 73 dargestellte Kurve. Sie wird Kennlinie der Röhre genannt. Wenn man u_a erhöht, wird die Kennlinie ins Gebiet negativer Gitterspannung verschoben; sie behält aber ihre Form bei, wie die gestrichelte Linie es zeigt.

(5) Bei positiver Gitterspannung wird ein Teil der Elektronen vom Gitter aufgenommen, und es fließt ein Gitterstrom. Da für den Weg zwischen Kathode und Anode dann weniger Elektronen übrig bleiben, kann auch der Gitterstrom verursachen, daß die Anodenstromkennlinie in ihrem oberen Teil umbiegt.

(6) Im Verstärkerdienst nutzt man den geradlinigen Teil der Kennlinie aus, also den Bereich, wo die Anodenstromstärke verhältnismäßig mit der Gitterspannung steigt (Abb. 74). Er liegt ganz im Gebiet negativer Gitterspannung und wird Arbeitsbereich genannt. Das Gitter erhält eine feste negative Vorspannung, die in der Mitte des Arbeitsbereichs liegen soll, also z. B. bei -6 V , wenn dieser sich von -12 V bis 0 V erstreckt.

Eine Wechselspannung, die der Gittergleichspannung überlagert wird, ruft — wenn sie den geradlinigen Teil der Kennlinie nicht überschreitet — formgetreu verstärkte Schwankungen des Anodengleichstroms um seinen Ruhewert hervor; man sagt, die Gitterspannung steuere den Anodenstrom. Überschreitet aber die Gitterspannung unter dem Einfluß einer zu großen Wechselspannung den Arbeitsbereich, so sind die Schwankungen des Anodenstromes nicht mehr den Änderungen der Gitterspannung verhältnismäßig; der Anodenstrom erleidet dann eine Formänderung, es treten Oberschwingungen auf. Ein solches Übersteuern ist meist daran erkennbar, daß der Strommesser im Anodenkreise eine Veränderung des Ruhestromes anzeigt.

(7) Gleichrichtung. Die Elektronenröhre wird ferner dazu benutzt, Wechselströme gleichzurichten, damit man diese mit Drehspulgeräten messen kann.

a) Die bei a) Abs. 5 besprochene Ventilschaltung erhält man bei der Dreielektrodenröhre, wenn man Gitter und Anode nebeneinander schaltet. Sie wirken dann wie eine einzige Elektrode.

b) Gleichrichtung am unteren Knick der Kennlinie (Abb. 75). Man spannt das Gitter so weit negativ vor, daß der Anodenruhestrom Null oder nahezu gleich Null wird. Wird

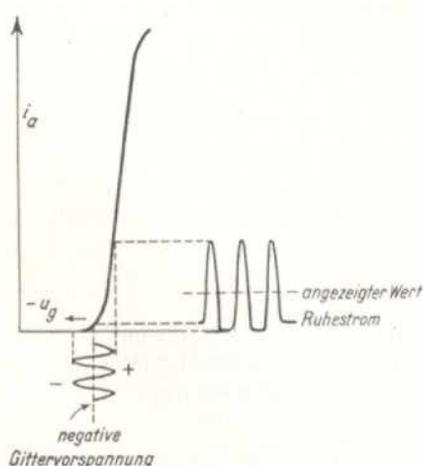


Abb. 75. Gleichrichtung am unteren Knick der Kennlinie

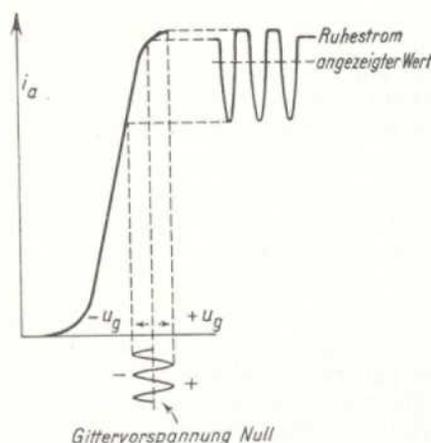


Abb. 76. Gleichrichtung am oberen Knick der Kennlinie

dann der Gittergleichspannung eine Wechselspannung überlagert, so vermindern die positiven Halbwellen die negative Gitterspannung, und der Anodenstrom kann währenddessen ansteigen. Während der Dauer der negativen Halbwellen dagegen geht er wieder auf Null zurück. Es entstehen so lauter einzelne Stromstöße von positiver Richtung, die sehr rasch aufeinander folgen. Diesem schnellen Auf und Ab des Stromflusses kann die Drehspule eines eingeschalteten Strommessers ihrer Trägheit wegen nicht nachkommen; Spule und Zeiger stellen sich vielmehr auf einen mittleren Wert ein, dessen Größe von der Höhe der Wechselspannung abhängt.

c) Gleichrichtung am oberen Knick der Kennlinie (Abb. 76). Sie ist nur bei Röhren möglich, deren Sättigung bei der Gitterspannung Null beginnt oder bei denen durch eine besondere Schaltungsart (Audionschaltung) ein künstlicher oberer Knick der Kennlinie hervorgerufen wird (Gittergleichrichtung). Das Gitter bleibt ohne Vorspannung. Der Strommesser im Anodenkreise zeigt daher die Anodenstromstärke an, die der Gitterspannung Null entspricht, die also nahezu gleich dem Sättigungswert ist.

Wird dann dem Gitter eine Wechselspannung zugeführt, so bewirken die negativen Halbwellen, daß der Anodenstrom während ihrer Dauer schwächer wird. Der Zeiger des Strommessers geht daher zurück, und zwar um so mehr, je höher die Wechselspannung ist.

(8) Befindet sich im Anoden- oder Gitterkreise einer Elektronenröhre ein schwingungsfähiges Gebilde und werden gleichzeitig Anoden- und Gitterkreis miteinander gekoppelt, etwa nach Abb. 77, dann wirkt die schwankende Anodenspannung bei richtiger Phase

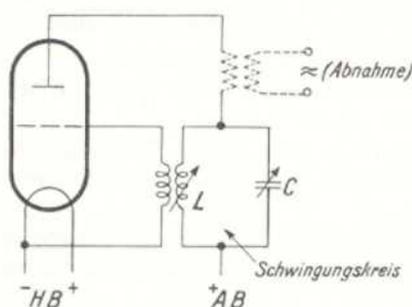


Abb. 77. Röhrensummer

auf die Gitterspannung verstärkend zurück, es entsteht eine fortgesetzte Verstärkung im Kreislauf, und die einmal angestoßene Schwingung wird zur Dauerschwingung. Die Zahl der Schwingungen in der Sekunde ist abhängig von den Werten der Kapazität C und der Induktivität L im Schwingungskreise. Die Röhre wirkt dann als Schwingungserzeuger (Röhrensummer). In dieser Eigenschaft wird sie als Wechselstromquelle für Meßzwecke viel gebraucht.

Der Wechselstrom kann, wie in Abb. 77 gezeichnet, über einen Übertrager abgenommen werden; oft wird die Schwingungsröhre aber

noch mit einer Verstärkerröhre gekoppelt. Hierdurch erzielt man größere Leistung und verhindert zugleich, daß Belastungsänderungen auf den Schwingungskreis zurückwirken und so die Schwingzahl ändern.

(9) a) Folgende Eigenschaften der Dreielektrodenröhre sind für ihre Beurteilung von Bedeutung: Die Steilheit S der Anodenstromkennlinie, der innere Widerstand R_i der Röhre und der Durchgriff D der Anode durch das Gitter. Zwischen ihnen besteht die Beziehung

$$S \cdot D \cdot R_i = 1. \quad (5)$$

b) Will man große Verstärkungen erzielen, so muß man S möglichst groß und D möglichst klein machen; R_i wird dann verhältnismäßig groß. Soll andererseits die Röhre eine große Leistung abgeben, so muß D möglichst groß und R_i möglichst klein sein; S wird dann verhältnismäßig klein.

c) Je nach den Anforderungen, die an die Röhre zu stellen sind, werden hiernach S , D und R_i bemessen. Anl. 7 gibt eine Übersicht über die gebräuchlichen Röhrenarten und ihren Gebrauchszweck.

(10) Ein merklicher Gitterstrom läßt sich bei den nahezu luftleeren Röhren nur im Bereich positiver Gitterspannung nachweisen. Bei negativer Gitterspannung arbeiten sie als trägheitsloses Relais, ohne Steuerenergie zu verbrauchen. Schlechte (gashaltige) Röhren können auch im Bereich negativer Gitterspannung einen Gitterstrom (positiven Ionenstrom) aufweisen. Dies rührt daher, daß Elektronen auf Gasmoleküle aufprallen, wodurch diese in negative Elektronen und positive Ionen gespalten werden.

c) Röhren mit Doppelgitter

Einige Röhrenarten haben außer dem Steuergitter noch ein zweites Gitter, das sich entweder zwischen Heizfaden und Steuergitter befindet (Raumladegitter) oder zwischen Steuergitter und Anode (Schirmgitter). Wird das Raumladegitter positiv geladen, so erhalten die Elektronen eine gleichmäßige Geschwindigkeit, und die Raumladung wird beseitigt; solche Röhren zeichnen sich durch steilen Anstieg ihrer Kennlinie aus. Durch ein Schirmgitter kann andererseits der Durchgriff D (Anodeneinfluß) verringert werden.

d) Eisenwasserstoffwiderstände

(1) Um die Heizstromstärke trotz der vom Ladestand abhängigen Spannungsschwankungen der Heizbatterie beständig zu erhalten, schaltet man in die Heizstromkreise der Meßgeräte Eisenwasserstoffwiderstände ein. Ein solcher besteht aus einem Eisendraht in einer Glasbirne, die mit Wasserstoff von bestimmtem Drucke gefüllt ist (Abb. 72). Der Widerstand des Drahtes nimmt innerhalb seines Regelungsbereichs (siehe die Tafel) mit der anliegenden Spannung zu oder ab, so daß die Stromstärke immer gleich bleibt.

Eisenwasserstoffwiderstände:

Art	Stromstärke A	Reglungsbereich V
EW 0506	0,5	6...17
EW 0603	0,55	3...9
EW 1102	1,1	2,5...6,5
EW 1104	1,1	4,3...9,5
EW 1106	1,1	6...17

(2) In Verstärkeranlagen benutzt man statt der EW selbsttätige Spannungsregler.

C. Meßgeräte für Wechselstrom

§ 28

Der Strom- und Spannungsmesser WG 6/600

(1) Mit diesem Gerät kann man sowohl Wechselströme und -spannungen bis 2 000 Hz als auch Gleichströme und Gleichspannungen messen. Es enthält in einem Gehäuse aus schwarzem Isolierpreßstoff (Abb. 78) ein Drehspul-Meßwerk nebst Vor- und Nebenwiderständen sowie eine Gleichrichterbrücke (Abb. 79). Mit dem Knebelschalter S_1 schaltet man den gewünschten Meßbereich; der Drehschalter (Rändelknopf) S_2 fügt die Spule entweder unmittelbar oder über die Gleichrichter in den Meßkreis ein.

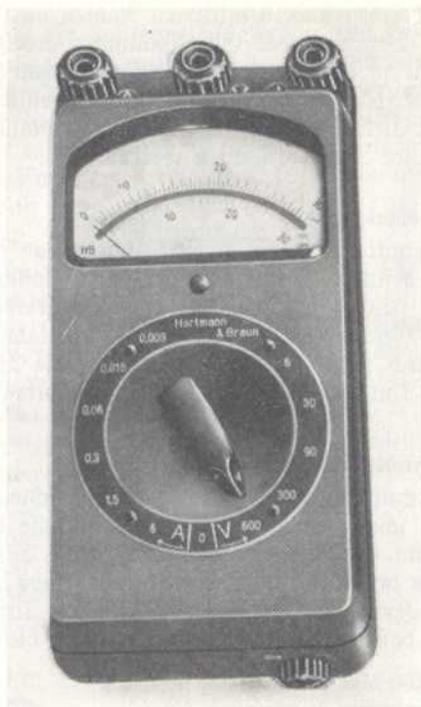


Abb. 78.

Strom- und Spannungsmesser WG 6/600
90 × 180 × 60 mm

(2) Das Gerät hat 2 Teilungen. Die untere, gleichmäßige für Gleichstrom hat 30 lange Striche, die von 0...30 zählen, und dazwischen ebensoviel kurze. Die obere nicht ganz gleichmäßige Teilung für Wechselstrom beginnt mit dem Teilstrich 3. Sie ist für sinusförmigen Strom auf den Effektivwert geeicht.

Messerzeiger und Spiegelbogen erleichtern sicheres Ablesen. Der Zeiger kann durch eine Schraube genau auf Null gebracht werden.

(3) Das Gerät ist für waagerechte Lage geeicht; bei genauen Messungen muß es daher annähernd waagerecht liegen. Die Meßfehler betragen bei Gleichstrom höchstens $\pm 1\%$, bei sinusförmigem Wechselstrom bis 500 Hz höchstens $\pm 1,5\%$ und bei sinusförmigem Wechselstrom von 500...2000 Hz höchstens $\pm 3\%$ vom Endwert des jeweils benutzten Meßbereichs.

(4) Wechselstrom von anderer Kurvenform wird nicht ganz richtig angezeigt. Für Rufmaschinen, Polwechler und Summer, die alle nicht rein sinusförmigen Wechselstrom liefern, beträgt die Abweichung höchstens $\pm 5\%$ der Anzeige bei Sinusstrom.

(5) Übersicht der Meßbereiche:

a) Stromstärke

Meßbereich bis	0,003	0,015	0,06	0,3	1,5	6 A
Eigenwiderstand	312	76	20	4	0,8	0,2 Ω
1 Teilstrich gleich	0,1	0,5	2	10	50	200 mA
Übergang zum nächsten Bereich ist zulässig bei weniger als	—	6	7,5	6	6	7,5 Strich

b) Spannung

Meßbereich bis	6	30	90	300	600 V
Eigenwiderstand	$2 \cdot 10^3$	10^4	$5 \cdot 10^4$	10^5	$2 \cdot 10^5 \Omega$
1 Teilstrich gleich	0,2	1	3	10	20 V
Übergang zum nächsten Bereich ist zulässig bei weniger als	—	6	10	9	15 Strich

(6) Wie man sieht, ist der erste Spannungsmebereich reichlich hoch, und die Strommeßbereiche haben den 10- bis 30-fachen Eigenwiderstand der gleichartigen Bereiche des Geräts G 15/300 (§ 10). Beides ist bedingt durch die Eigenschaften der Trockengleich-

richter. Der Gleichstromteil des Geräts WG 6/600 bietet somit bei genaueren Messungen keinen vollgültigen Ersatz für das Gerät G 15/300; für einfache Verhältnisse genügt er aber.

Bei Strommessungen kann der hohe Eigenwiderstand sowohl für Gleichstrom als auch für Wechselstrom ins Gewicht fallen, wenn die Meßkreise niedrigen Gesamtwiderstand haben und schwachen Strom führen. Die Meßwerte sind dann gewöhnlich im nächsthöheren Bereich größer als vorher. Die größeren kommen den wahren Werten am nächsten.

(7) Um Stromstärken zu messen, legt man den Stromleiter an die Klemmen *A* und *+* an; zum Messen der Spannung wird der Meßgegenstand an die Klemmen *V* und *+* gelegt. Will man Stromstärke und Spannung an derselben Stelle erfassen, so schaltet man alle 3 Klemmen nach Abb. 80. Beim Messen der Stromstärke ist dann die Klemme *V* vom Meßwert getrennt (Abb. 81); bei der Spannungsmessung

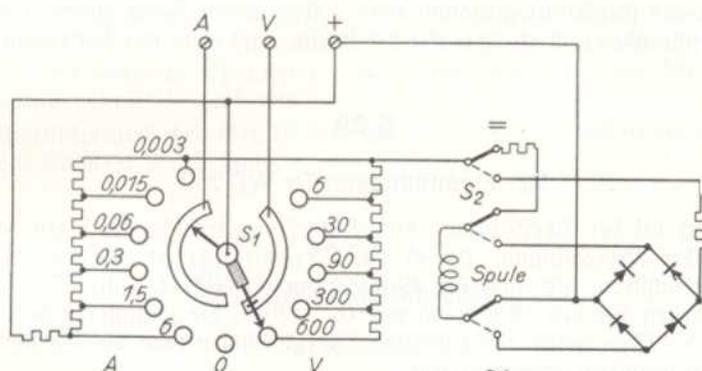


Abb. 79. Schaltung des Strom- und Spannungsmessers WG 6/600

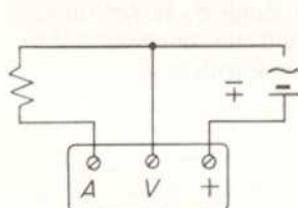


Abb. 80. Anschluß bei Strom- und Spannungsmessung

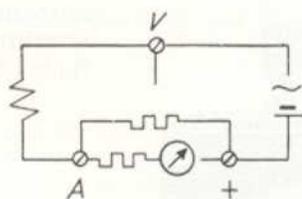


Abb. 81. Stromstärke

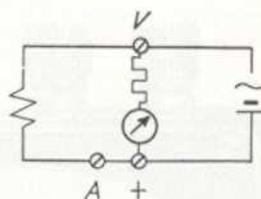


Abb. 82. Spannung

(Abb. 82 und 79) sind die Klemmen *A* und *+* durch den linken Arm von S_1 miteinander verbunden. Dies bleibt auch so beim Übergang von der einen Meßart zur andern, der Meßkreis wird dabei also nicht unterbrochen.

(8) Vor jeder Messung muß man sich vergewissern, daß der Knebelschalter auf Null zeigt. Der Rändelknopf wird, je nachdem ob man Gleichstrom oder Wechselstrom mißt, auf = oder ~ gedreht. Nachdem man den Meßgegenstand richtig angeschlossen hat, schaltet man mit S_1 zunächst den größten Meßbereich ein. Zum nächst niederen Bereich darf man nur übergehen, wenn die Ablenkung in diesem unter seinem Endwert bleiben wird, vgl. Abf. 5.

Allgemein ist darauf zu achten, daß man auch an der richtigen Teilung abliest.

(9) Beim Prüfen der Ruffspannung in privaten Nebenstellenanlagen soll die Stromquelle mit $1\,000\ \Omega$ belastet sein. Daher hat man bei dieser Messung einen losen Nebenwiderstand von $1\,000\ \Omega$ (§ 15 Abf. 2 unter e) an die Klemmen V und $+$ des Meßgeräts anzuschließen und die Klemmen dieses Nebenwiderstandes mit den Polen der Stromquelle zu verbinden. Diese ist solange von der Fernsprechanlage abzuschalten, oder es ist sicherzustellen, daß kein Ruffstrom entnommen wird, damit kein weiterer Spannungsabfall eintreten kann.

(10) Das Meßgerät ist kurzzeitig überlastbar. Schlägt der Zeiger einmal über das rechte Ende der Teilung hinaus, weil man versehentlich einen zu niedrigen Meßbereich gewählt hatte, so wird trotzdem im allgemeinen kein Schaden entstehen, wenn man rasch auf den höheren Bereich zurückgeht.

Im Meßbereich bis $6\ A$ darf das Meßwerk bei höherer Stromstärke nicht längere Zeit eingeschaltet bleiben, weil sich die Widerstände allzusehr erwärmen würden. Der Knebelschalter muß vielmehr zwischendurch auf Null gestellt werden.

(11) Wenn das Gerät viel gebraucht wird, soll man alle Jahre einmal die Deckplatte am Boden abschrauben und die Kontakte des Umschalters leicht mit Petroleum abwischen.

§ 29

Der Spannungsmesser WG 260

(Abb. 83) dient bei der Überwachung von Teilnehmer-Fernschreibenanlagen hauptsächlich zum Prüfen der Netzspannung. Es ist ein Dreheisengerät mit einer Teilung, die sowohl für Gleichstrom als auch für Wechselstrom bis $100\ Hz$ gilt. Die Zahlen über der Teilung gelten für den Meßbereich von $0 \dots 130\ V$, die darunter stehenden für den von $0 \dots 260\ V$. Man wählt den passenden Bereich, indem man die Meßschnüre an die entsprechend bezeichneten Klemmen legt.

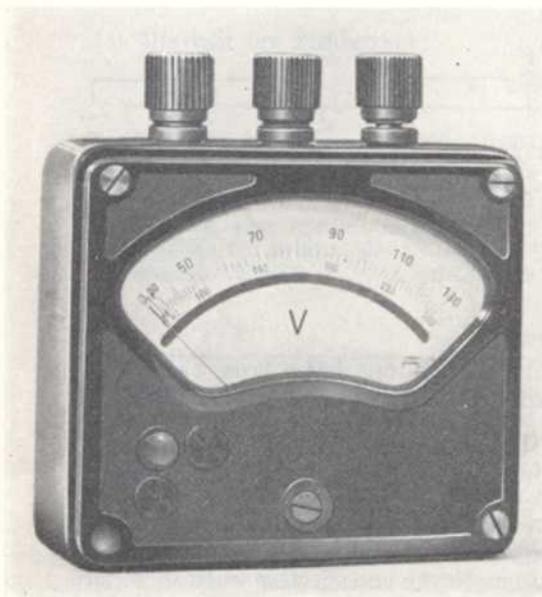


Abb. 83. Spannungsmesser WG 260. $95 \times 87 \times 40\ mm$.

(2) Das Meßwerk (Abb. 84) besteht aus einer runden Spule S , in der ein fester Eisenkern A und ein an einer drehbaren Achse sitzender Eisenkern B gleichmäßig

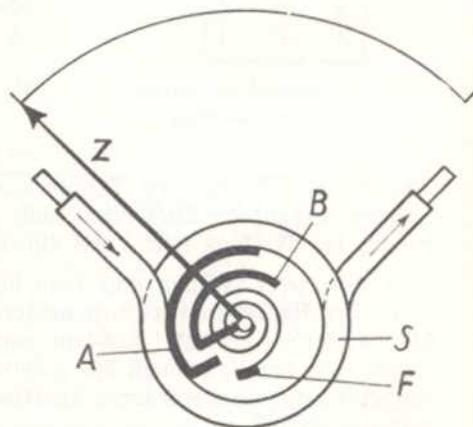


Abb. 84. Meßwerk des Spannungsmessers WG 260

(konzentrisch) angeordnet sind. Die Achse ist in Halbedelsteinen gelagert; an ihr ist auch der Zeiger Z befestigt. Der bewegliche Teil wiegt $\approx 0,25 \cdot \cdot 1$ Gramm.

(3) Die zu messende Spannung erzeugt in der Spule einen Strom von bestimmter Stärke, der die beiden Eisenkerne gleichnamig magnetisch macht. Sie stoßen sich daher gegenseitig ab, B dreht sich, bis die Gegenkraft der Wirbelfelder F der Drehkraft das Gleichgewicht hält, und der Zeiger zeigt den Meßwert an. Er stellt sich fast ohne zu schwanken ein, weil ein mit der Achse verbundener Flügel aus Aluminium, der sich in einer geschlossenen Kammer bewegt, infolge des Luftwiderstandes die Drehbewegung dämpft.

(4) Das Gerät ist auch für Wechselstrom verwendbar, weil dieser in A und B immer gleichnamige magnetische Pole bildet. Die Anzeige bleibt von der Kurvenform des Wechselstromes unabhängig. Der Einfluß der Temperatur ist durch einen Vorwiderstand zur Spule aus Manganindraht aufgehoben.

(5) Im Meßbereich bis 260 V liegt — in Reihe mit dem Spulenwiderstand und dem Vorwiderstand des Meßbereichs bis 130 V — ein Vorwiderstand, der ebenso groß ist wie jene beiden zusammen. Ein und dieselbe Meßstromstärke wird also im höheren Bereich erst durch die doppelte Spannung erzeugt; die Zahlen für den höheren Bereich sind daher genau doppelt so groß wie die des niedrigeren.

(6) Der Eigenverbrauch des Geräts beträgt $2 \cdot \cdot 5$ VA; die Meßgenauigkeit liegt bei $\pm 1,5$ % vom Endwert der Teilung.

§ 30

Die Erdungsmessbrücke

a) Überblick

(1) Erdungen in Fernmeldeanlagen werden gebraucht als Betriebserdung, Sicherungserdung, Blitzerdung oder Starkstromschutzerdung. Sie sollen einen gleichbleibenden möglichst niedrigen Erdungswiderstand haben.

(2) Der Gesamtwiderstand (Verbundwiderstand) aller an einer Sammelschiene liegenden Erdungen darf nach TMD 4, § 54, an der Sammelschiene gemessen, nicht höher sein als

a) bei Telegraphendienststellen

1. kleinen	15 Ω
2. mittleren Umfangs (bis zu 10 Telegraphenleitungen)	8 Ω
3. großen (bis zu 40 Telegraphenleitungen)	2 Ω

b) bei Vermittlungsstellen mit Zentralbatterie und bei großen Wähl-Nebenstellenanlagen

1. bis zu 500 Anrufeinheiten	10 Ω
2. bis zu 2 000 Anrufeinheiten	2 Ω
3. über 2 000 Anrufeinheiten	0,5 Ω

c) bei Vermittlungsstellen mit Ortsbatterien allgemein

10 Ω

d) bei Fernämtern

0,5 Ω

e) bei Schnellämtern

0,5 Ω

f) bei Verstärkeranlagen

0,5 Ω

g) bei Sprechstellen (außer großen Wähl-Nebenstellenanlagen)

10 Ω .

Der Erdungswiderstand von Starkstromschutzerdungen im Linienbau darf höchstens 10 Ω betragen. Der Höchsterdungswiderstand von Starkstromschutzerdungen in technischen Räumen wird von Fall zu Fall durch das MFB bestimmt.

(3) Die Erdungen können durch Zersetzung, Beschädigung, Sinken des Grundwasserspiegels oder andere Veränderungen in ihrer Wirkung beeinträchtigt werden. Ihr Zu-

stand ist deshalb durch regelmäßige Untersuchungen und durch Messen des Erdungswiderstandes zu überwachen. Mängel sind sogleich abzustellen.

(4) Zu den Messungen benutzt man Wechselstrom, weil bei Gleichstrom Polarisation an den Erden auftreten und das Messergebnis fälschen würde. Als Meßgerät dient die Erdungsmessbrücke.

(5) Über einfache Prüfung von Erdungen bei Sprechstellen siehe § 13b Abf. 8.

b) Die Erdungsmessbrücke

(1) Sie besteht aus einem Summer als Stromquelle, einem Dosenfernprüfer als Stromanzeiger und einer Drahtmessbrücke (§ 17c Abf. 1). Die Teile sind in einem Holzkasten untergebracht (Abb. 85).



Abb. 85. Erdungsmessbrücke. 185 × 285 × 120 mm

(2) Als Summer dient ein einspuliger Selbstunterbrecher Sm , den ein Trockenelement speist (Abb. 86). Die Blattfeder f berührt in der Ruhe die Schraube s . Schließt man den Gleichstromkreis, indem man den Schalter S , nach rechts legt, dann wird der Eisenkern der Spule magnetisch und zieht die Feder an; sie entfernt sich also von s . Damit ist der Gleichstrom unterbrochen, der Kern wird wieder unmagnetisch, und die Feder schnellt in ihre Ruhelage zurück, worauf das Spiel von neuem beginnt.

Durch die dauernden Änderungen des magnetischen Flusses werden in den Windungen der Spule Wechselströme erzeugt, die beim Einsetzen eines Gleichstromstoßes diesen entgegengesetzt, beim Aufhören aber ihm gleichgerichtet sind. Sie fließen über die grüne Doppelschnur zur Brücke und versetzen die Membran des Fernhörers F in regelmäßige Schwingungen, so daß im Hörer ein mehr oder weniger kräftiges Summen vernehmbar wird.

(3) An der kreisrunden Fernhörerdoose ist ein Hartgummiring befestigt, der als Behälter für den Vergleichswiderstand r von 10Ω und den Meßdraht d von 1Ω Widerstand dient. Der Meßdraht ist um den Rand einer runden Hartgummiplatte herumgelegt. Auf ihm schleift eine Feder I , die an einer drehbaren Metallscheibe (Einstellscheibe) sitzt, welche die Fernhörerdoose unten abschließt. Die Schleiffeder teilt den Meßdraht elektrisch in die Brückenarme m und n . Am Rande der Scheibe ist eine ungleichmäßige Teilung von $0,1 \dots 200$ eingegraben.

c) Messung

(1) Um den Widerstand x einer Erdung zu messen, schließt man sie an die Klemme X der grün-schwarzen Doppelschnur an und verbindet die Klemme Y mit einem guten Hilfsender (siehe bei d), dessen Widerstand y sein möge. Dann schiebt man die beiden flachen Metallgabeln der grünen Schnur unter die Schrauben im Holzkasten und schraubt sie fest. Ferner legt man den Schalter S_2 , der seitlich aus der Fernhörerdoose hervorragt, in die Stellung a und setzt den Unterbrecher durch Umlegen von S_1 in Gang. Das Summen im Fernhörer beginnt. Der Unterbrecher muß reinen Ton geben. Wenn nicht, sind seine Kontakte zu reinigen und nachzustellen.

(2) Hierauf dreht man die Einstellscheibe so lange hin und her, bis das Tonminimum erreicht ist, d. h. bis man an einen Punkt gelangt, wo der Summertone im Hörer ganz oder nahezu ganz verschwindet. Dann gilt nach Gl. (3a) auf S. 55 $m:n = (x+y):r$ oder, weil $r = 10 \Omega$ ist,

$$x + y = 10 \frac{m}{n} = a \Omega. \quad (1)$$

Den Wert a für $10 m/n$, der sich aus der jeweiligen Stellung der Schleiffeder auf dem Meßdraht ergibt, findet man, schon ausgerechnet, in der Teilung auf der Einstell-

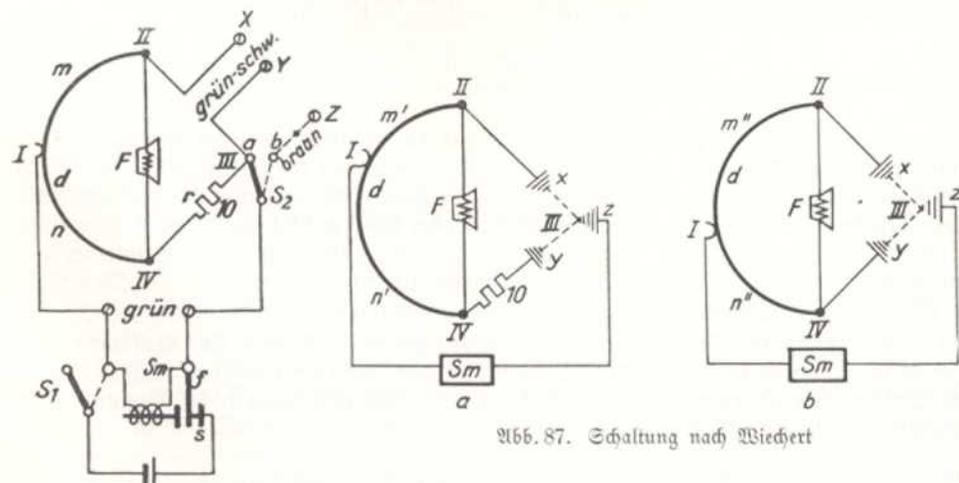


Abb. 87. Schaltung nach Wiechert

Abb. 86. Erdungsmessbrücke

scheibe angegeben, und zwar ist es die Zahl (oder der Zwischenwert), auf welche beim Tonminimum die feste weiße Strichmarke an der Fernhörerboxe (in Abb. 85 oben links) gerade zeigt. Dieser Wert a ist nach Gl. (1) gleich der Summe der beiden Erdungswiderstände x und y in Ohm.

In der Mitte der Teilung, wo $m = n$, also $m : n = 1$ ist, steht die Zahl 10.

(3) Bleibt a unter dem Höchstbetrag, der nach der TMD 4 für die zu messende Erdung zugelassen ist, so ist damit erwiesen, daß beide Erdungen brauchbar sind. Weitere Messungen sind dann entbehrlich.

(4) Wenn a dagegen den zulässigen Höchstbetrag überschreitet, muß der Widerstand x genauer bestimmt werden. Ist ein zweiter guter Hilfsleiter w vorhanden, dann macht man zwei ähnliche Messungen, nämlich $x + w = a_2$ und $y + w = a_3$. Daraus findet man

$$x = \frac{1}{2}(a + a_2 - a_3); \quad y = a - x; \quad w = a_2 - x. \quad (2)$$

Beispiel: $a = 12$, $a_2 = 20$, $a_3 = 22$; $x = (12 + 20 - 22) : 2 = 5 \Omega$; $y = 12 - 5 = 7 \Omega$; $w = 20 - 5 = 15 \Omega$.

(5) Gewöhnlich mißt man indessen (nach Wiechert) nur noch einmal, wobei man einen zweiten, behelfsmäßigen Hilfsleiter, die Sonde z , an die braune Einzelschnur anschließt. Man legt S_2 in die Stellung b um, setzt den Summer in Gang und dreht die Einstellscheibe, bis das Tonminimum erreicht ist. Dann gilt die Gleichung (Abb. 87a)

$$\frac{m'}{n'} = \frac{x}{10 + y}. \quad (3)$$

Da die Zahl, die hierbei der weißen Strichmarke gegenübersteht und die jetzt mit b bezeichnet sei, wiederum gleich dem Zehnfachen des gerade eingestellten Brückenverhältnisses $m' : n'$ ist, so folgt aus Gl. (3)

$$b = 10 \frac{m'}{n'} = 10 \frac{x}{10 + y}. \quad (4)$$

Aus den Gl. (1) und (4) erhält man

$$x = b \frac{a + 10}{b + 10}; \quad y = 10 \frac{a - b}{b + 10}. \quad (5)$$

Beispiel: $a = 40$, $b = 15$; $x = 15 \frac{40 + 10}{15 + 10} = 30 \Omega$; $y = 10 \frac{25}{25} = 10 \Omega$.

(6) Man kann den Betrag von x auch, ohne zu rechnen, aus einer Fluchtlinientafel ablesen, die jeder Meßbrücke beiliegt (Anl. 8). Man sucht auf der linken Leiter der Tafel A den Wert a auf, den man bei Schalterstellung a erhielt, und verbindet diese Stelle durch eine Gerade — etwa einen gespannten Faden oder ein durchsichtiges Lineal oder einen Streifen Papier — mit dem Werte b auf der rechten Leiter. Am Schnittpunkt der Geraden mit der mittleren Leiter liest man dann den gesuchten Widerstand x des Meßleiters in Ohm ab. Der Widerstand y des Hilfsleiters ergibt sich aus der Gleichung $y = a - x$.

(7) Bei manchen Erdungsmessbrücken wird der Widerstand r in Stellung b des Schalters S_2 durch besondere Kontakte am Schalter kurzgeschlossen. Dadurch wird die Messung etwas empfindlicher. Ist b' die in Schalterstellung b bei Tonminimum abgelesene Zahl, so gilt hier (Abb. 87b)

$$\frac{m''}{n''} = \frac{x}{y} \quad \text{oder} \quad b' = 10 \frac{m''}{n''} = 10 \frac{x}{y}. \quad (6)$$

Aus den Gl. (1) und (6) folgt

$$x = \frac{ab'}{b' + 10} i \quad y = \frac{10a}{b' + 10}$$

Beispiel: $a = 24$, $b' = 4$; $x = \frac{24 \cdot 4}{4 + 10} = 6,9 \Omega$; $y = \frac{240}{14} = 17,1 \Omega$.

Diese Brücken sind daran kenntlich, daß neben dem Buchstaben b am Fernhörer die Buchstaben »W. a.« (Widerstand ausgeschaltet) eingeschlagen sind. Man kann das Ergebnis, wie im Abs. 6 beschrieben, aus der Fluchtlinientafel B auf Anl. 8 ableiten.

d) Allgemeines

(1) Als Hilfserder benutzt man wenn möglich einen vorhandenen Erder, oder man verfenkt, wenn dieser fehlt, einen nicht zu kleinen Ring Leitungsdraht in das Grundwasser oder wenigstens in feuchtes Erdreich. Die Sonde kann dagegen hohen Widerstand haben, weil sie im Batteriezwig der Brücke liegt. Es reicht aus, wenn man als solche einen einfachen Draht etwa $\frac{1}{2}$ m tief in feuchte Erde steckt. Da aber der Widerstand der Sonde die Gesamtstromstärke und damit auch den Strom im Fernhörerzweige beeinflusst, tut man gut, ihren Widerstand so weit wie möglich herabzudrücken.

(2) Die drei Erder müssen mindestens je 20 m voneinander entfernt und dürfen nicht metallisch miteinander verbunden sein. Sie werden an die Brücke durch isolierte Drähte angeschlossen, die glatt gestreckt liegen sollen.

(3) Ist eine Sammelschiene vorhanden, so nimmt man zunächst die einzelnen Erdungen nacheinander von ihr ab und mißt den Widerstand jeder Erdung für sich allein. Sodann wird der Verbundwiderstand aller Erdungen von der Sammelschiene aus gemessen. Dabei ist zu beachten, daß die bei a Abs. 2 angegebenen Höchstwerte nicht überschritten werden dürfen.

(4) Über die Aufzeichnung der Ergebnisse siehe die TMD 4, § 62.

(5) Mit der Brücke kann man auch andere induktivitätsfreie Widerstände messen, z. B. den inneren Widerstand von Trockenelementen. Man schaltet zwei Elemente von ungefähr gleicher Art gegeneinander, um die Spannungen auszugleichen, und hälfstet den Widerstandswert, den man an der Teilung der Meßbrücke abliest. Oder man nimmt drei Elemente, mißt jedesmal zwei gegeneinander geschaltete nach c Abs. 4 und berechnet den Widerstand jedes Elements nach den Formeln (2).

(6) Die Meßgenauigkeit der Brücke beträgt etwa 3%.

§ 31

Der Kabelprüfsummer

a) Zweck

(1) Beim Verspleißen von Kabeladern werden trotz der Prüfung mit Gleichstromweder zuweilen Adern miteinander vertauscht, was störendes Nebensprechen verursacht (TMD 12, § 17). Um solche Fehler aufzudecken, prüft man das ganze Kabel auf Übersummen, indem man an jede Doppelader mit gerader Nummer einen Summer legt und währenddessen die beiden Doppeladern, die in der Zählfolge vorliegen und folgen, mit Fernhörer abhört. Z. B. hört man die Adernpaare 3a/b und 5a/b ab, wenn Adernpaar 4a/b am Summer liegt, usw. Alle Adern sind dabei am fernen Ende offen zu halten. Wenn die Adernpaare richtig durchverbunden sind, ist in den Hörern kein oder nur sehr schwaches Summen vernehmbar. Als Wechselstromquelle dient hierbei der Kabelprüfsummer.

(2) Diese Summerprüfung wird während der Vbarbeiten im allgemeinen nur durchgeführt an Kabeln mit schlechtem Drall oder undeutlicher Farbenkennzeichnung, bei Verlagerung einzelner Adern oder Adernbündel und in ähnlich schwierigen Fällen. Bei der Abnahmemessung durch den Kabelmeßdienst werden dagegen alle fertigen Ortskabelanlagen auch der Summerprüfung unterzogen.

b) Bauart 31

(1) Der Eisenblecheinheit eines Traglastens enthält den Summer, einen regelbaren Widerstand R (Abb. 88), einen Schalter S , zwei Trockenelemente und einen Fernhörer OB oder einen Kopffernhörer. Der Summer besteht aus zwei Elektromagneten M_1 und M_2 , die auf den gemeinsamen Anker A wirken. Dieser ruht auf der Schneide des mittleren Polblechs mittels einer Blattfeder, die ihm zugleich Spannkraft verleiht.

(2) Das Übersichtsbild 89 läßt die Wirkungsweise erkennen. Wird S geschlossen, so erhält die untere Wicklung von M_2 Strom (in Abb. 88 ist es die linke). M_2 wird magnetisch und zieht den rechten Ankerarm an. Zugleich geht der linke Arm hoch, der Kontakt K schließt sich, und die obere Wicklung von M_2 erhält nun ebenfalls Strom, und zwar von gleicher Stärke wie die untere, weil beide Wicklungen gleichen Widerstand haben.

Da auch ihre Windungszahlen gleich sind, heben sich die magnetischen Wirkungen der entgegengesetzt fließenden beiden Ströme auf, und der Anker wird rechts wieder losgelassen. Gleichzeitig hat auch die Erstwicklung von M_1 über den Widerstand R Strom er-

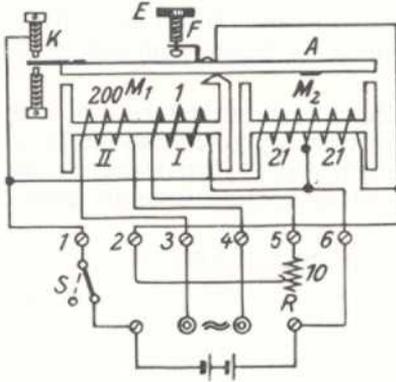


Abb. 88. Kabelprüfsummer 31

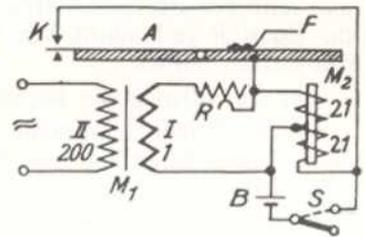


Abb. 89. Stromlauf

halten; M_1 wird magnetisch und zieht den linken Ankerarm an, der sich daraufhin nach unten bewegt. Dabei öffnet sich K , und M_1 sowie die obere Wicklung von M_2 werden stromlos. M_1 wird somit unmagnetisch, M_2 dagegen wird magnetisch, weil seine untere Wicklung allein Strom führt; der Anker wird daher rechts wieder angezogen, und das Spiel beginnt von neuem. Durch die Stromstöße, die hierbei die Erstwicklung von M_1 durchfließen, wird in der Zweitwicklung eine Wechselspannung erzeugt, die man an zwei Buchsen abnehmen kann.

Da der Magnetismus von M_2 nicht durch Unterbrechung, sondern durch einen Gegenstrom ausgelöscht wird, arbeitet der Summer funkenfrei.

(3) Zum Einregeln auf verschiedene Stromstärken, die durch den Drehwiderstand R eingestellt werden können, dient eine Blattfeder F , die man mit der Rändelschraube E mehr oder weniger spannen kann. Die Schraube E sitzt in einem geschlitzten Messingbügel am Ankerlager. Sie wird in ihrer Drehbewegung beiderseitig durch einen Gewindestift begrenzt, der am Rande ihres Kopfes nach unten bis zum Bügel durchgreift. Beim ersten Einstellen schraubt man den Gewindestift so weit hoch, daß er nicht mehr gegen den Bügel stößt. Dann dreht man die Rändelschraube rechts- oder links herum,

bis die Ankerzunge zwischen den beiden Kontaktschrauben schwebt. Dabei müssen Schrauben und Zunge je etwa 0,3 mm Abstand voneinander haben, und der Luftspalt zwischen Anker und Polblechen muß überall etwa 1 mm weit sein. Schließlich schraubt man den Gewindestift fest nach unten. Dadurch wird die Drehbarkeit der Rändelschraube bis auf einen Spielraum von einer halben Umdrehung begrenzt, der für das Nachstellen genügt.

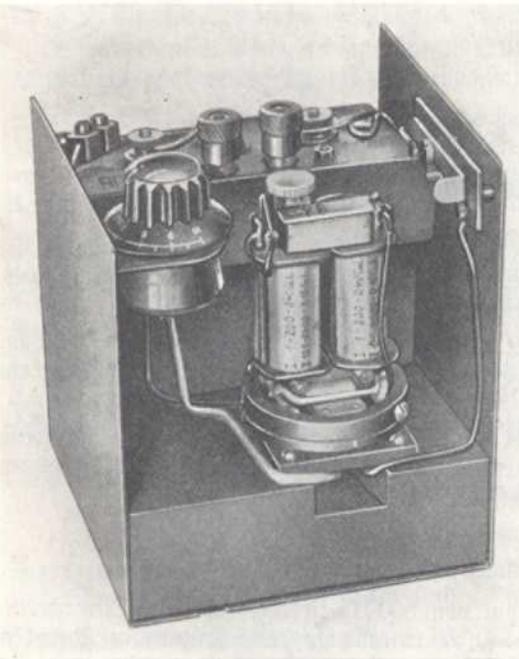
(4) Beim Gebrauch stellt man den Drehknopf von R zunächst mit der Ziffer 1 auf die Einstellmarke ein. Läuft der Summer dabei noch nicht an, so erreicht man dies durch Drehen an der Schraube E , mit der man auch die Tonhöhe in gewissen Grenzen ändern kann. Die Schwingzahl hängt auch von der Stellung des Drehwiderstandes und von der Belastung auf der Ausgangsseite, also dem Widerstand des Prüfstromkreises, ab; sie beträgt im Mittel etwa 800 Hz.

(5) Die Wechselstromleistung wird um so größer, je mehr Stufen von R man ausschaltet. In Stellung 4 z. B. beträgt die EMK 40 V und die Wechselstromstärke bei einem äußeren Widerstand von $2000 \Omega \approx 5 \text{ mA}$.

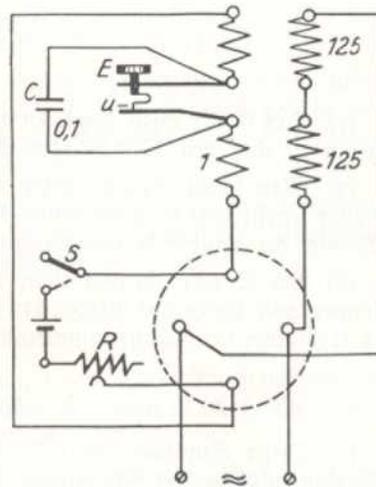
Einen solchen Stromkreis würde man haben, wenn der Summer an ein offenes Aderpaar eines 3 km langen Fernsprechkabels gelegt würde; die Kapazität wäre $0,03 \cdot 3 \approx 0,1 \mu\text{F}$, der Scheinwiderstand betrüge also $1/(2\pi f C) = 1/(2 \cdot 3,14 \cdot 800 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}) \approx 2000 \Omega$, wobei der ohmische Widerstand vernachlässigt ist.

(6) Die höchste Nutzleistung gibt der Summer, wenn der Drehwiderstand auf 9 steht; sie beträgt bei 2000Ω äußerem Widerstand 27 V (Klemmenspannung) $\times 0,012 \text{ A} \approx 0,3 \text{ W}$. Es empfiehlt sich aber, diese Höchstleistung nur für kurze Zeit auszunutzen, weil die Trockenelemente dabei 0,6 A abzugeben haben und bald erschöpft sein würden. Wird eine so große oder noch stärkere Leistung für längere Zeit gewünscht, so sind zwei oder drei Sammler nötig.

(7) Wenn Übersummen zwischen einzelnen Aderpaaren festgestellt wird, muß ein Kabelmeßbeamter das Kabel nachprüfen.



a



b

Abb. 90. Kabelprüfsummer 37. $190 \times 125 \times 150 \text{ mm}$

c) Bauart 37

(1) Dieses Gerät ist dem bei b beschriebenen ähnlich, aber der Summer ist anders gebaut, siehe Abf. 3. Abb. 90 a zeigt den Eisenblecheinfaß des Tragkastens. Hinten stehen die beiden Trockenelemente, in der Mitte sitzen auf einem Steg die Abnahmeklemmen für den Wechselstrom. Vorn links sieht man den Drehwiderstand R , daneben den Summer, dessen Schutzkappe (mit Rentverschluss) abgenommen ist, und rechts oben den Schalter S .

(2) Der Summerelektromagnet steht auf einer Isolierplatte, die mit ihren 4 Füßen in 4 Buchsen steckt; der Summer kann also herausgezogen werden. Hinten auf der Platte befindet sich der Kondensator C von $0,1 \mu F$, der verhindern soll, daß an der Unterbrechungsstelle u Funken entstehen.

(3) Jeder Schenkel des U-förmigen Elektromagnets, dessen Kerne aus geblättertem Eisen bestehen, trägt die Hälfte der Erst- und der Zweitwicklung. Die Kerne ragen oben aus den Rollen heraus. Über ihnen liegt ein festes Ankerblech, an das links eine 1 cm lange Platte durch ein dünnes Bronzeblech federnd angelenkt ist, so daß die Platte schwingen kann. Das Bronzeblech läuft links in eine federnde Zunge aus, gegen die sich ein gebogener dünner Platindraht legt, der an der Einstellschraube E unmittelbar befestigt ist. Dreht man E , so berührt der Platindraht das Platinplättchen auf der Bronzezunge stets an anderer Stelle. Der Summer arbeitet als Selbstunterbrecher (s. § 30 b Abf. 2).

(4) Es beträgt

in Stellung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 von R
die EMK.....	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43 V
die Klemmenspannung bei 2 000 Ω äußerem Wider- stand	8	9	10	11	12	14	16	17	19	21 V

(5) Das bei b Abf. 4...7 Gesagte gilt sinngemäß.

§ 32

Das Kabelsuchgerät

a) Allgemeines

(1) Das Gerät dient dazu, die Lage eines Kabels im Erdboden genau zu bestimmen, wenn sie aus den Plänen oder Beschreibungen nicht klar ersichtlich ist.

(2) Man schickt Summerstrom in eine Kabelader, empfängt über der Erde die vom Leiter ausstrahlende magnetische Kraft verstärkt im Fernhörer und ermittelt aus dem Wechsel der Lautstärke den Verlauf des Kabels.

(3) Als Sender benutzt man den bei b beschriebenen Kabelsuchsummer. Hilfsweise können auch verwendet werden der Magnetsummer 24 (§ 37 b) oder der Kabelprüfsummer (§ 31), ferner der Magnetsummer 33 (TMD II) oder ein ähnliches Gerät.

b) Der Kabelsuchsummer

(1) Dieser Summer liefert Wechselstrom von 800 Hz, jedoch nicht als Dauerstrom, sondern in Form des Morsezeichens $\bullet\bullet\bullet\text{---}$ (v), damit man den Suchton von störenden Fremdtönen gut unterscheiden kann.

(2) Er enthält in einem Gehäuse aus Leichtmetall einen kräftigen Magnetsummer (Selbstunterbrecher) und einen kleinen Motor, die beide über zwei Anschlußklemmen

aus einem 6 V-Sammler gespeist werden (Abb. 91). Der Motor dreht über mehrere Zahnräder eine Welle mit zwei Nockenscheiben für die Zeichengabe. Seine Umlaufszahl kann durch den Widerstand R_3 (mit Drehknopftrieb) geändert werden.

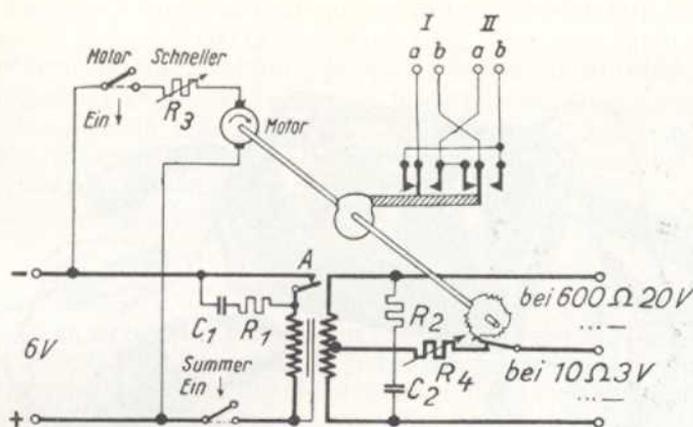


Abb. 91. Kabelsuchsummer

(3) Der Summer hat zwei Ausgänge, die an 600Ω und an 10Ω angepaßt sind. Der Hauptausgang (für 600Ω) liefert an einen außen angeschlossenen Verbraucher von 600Ω Widerstand bei 20 V Klemmenspannung $\approx 33 \text{ mA}$ Stromstärke, an einen solchen von $100 \Omega \approx 57 \text{ mA}$. Der zweite Ausgang gibt an 10Ω Außenwiderstand bei 3 V Klemmenspannung $\approx 300 \text{ mA}$ ab.

Die ausgehenden Ströme werden durch einen von der rechten Nockenscheibe gesteuerten Kontakt in der Zeichenfolge des Morsebuchstabens v regelmäßig unterbrochen.

(4) Der Kondensator C_1 und der Widerstand R_1 verhindern, daß beim Spiel des Ankers A Öffnungs- und Schließungsfunken entstehen, während der Kondensator C_2 mit Widerstand R_2 die Oberwellen verringern soll. Beide Glättungsmittel bewirken, daß die Kurve des erzeugten Wechselstromes nahezu sinusförmig wird.

(5) Gewöhnlich benutzt man beim Kabelsuchen den Hauptausgang. Wenn nötig, setzt man dabei die Stromstärke mit dem Drehwiderstand R_4 so weit herab, daß sie zum Suchen gerade ausreicht, die benachbarten Sprechkreise aber nicht stört. Bei kleinem Kabelwiderstand kann man auch den zweiten Ausgang benutzen.

(6) Der von der linken Nockenscheibe gesteuerte Kontaktsatz mit den Ausgangsklemmen I a/b und II a/b wird bei Fehlerortsbestimmungen im Kabelmeßdienst als Unterbrecher gebraucht, siehe EMD 1 § 32 d und die (künftige) EMD 3.

c) Das Empfangsgerät

(1) Der Empfänger besteht aus einer Suchspule, einem Doppelpoffernhörer und einem zweifachen Verstärker, der in einen Eisenblechkasten eingebaut ist (Abb. 92). Spule und Hörer werden im Deckel dieses Kastens untergebracht.

(2) Die beiden Doppeltgitterröhren RE 082 d mit Raumladungschaltung sind durch den Zwischenübertrager ZU miteinander gekoppelt (Abb. 93). Jede ist von einer Haube bedeckt. Löst man deren Keilverschluß, so kann man die Haube abnehmen und die Röhre am Glaskolben herausziehen.

(3) Als Heizstromquelle dienen zwei nebeneinander geschaltete Taschenlampenbatterien von 4,5 V, als Anodenstromquelle 4 solcher Batterien in Reihe. Sie stehen senkrecht, mit den Polfedern unten, in einem besonderen Fach des Kastens, dessen Deckel nach Oben von zwei unverlierbaren Rändelschrauben aufgeklappt werden kann.

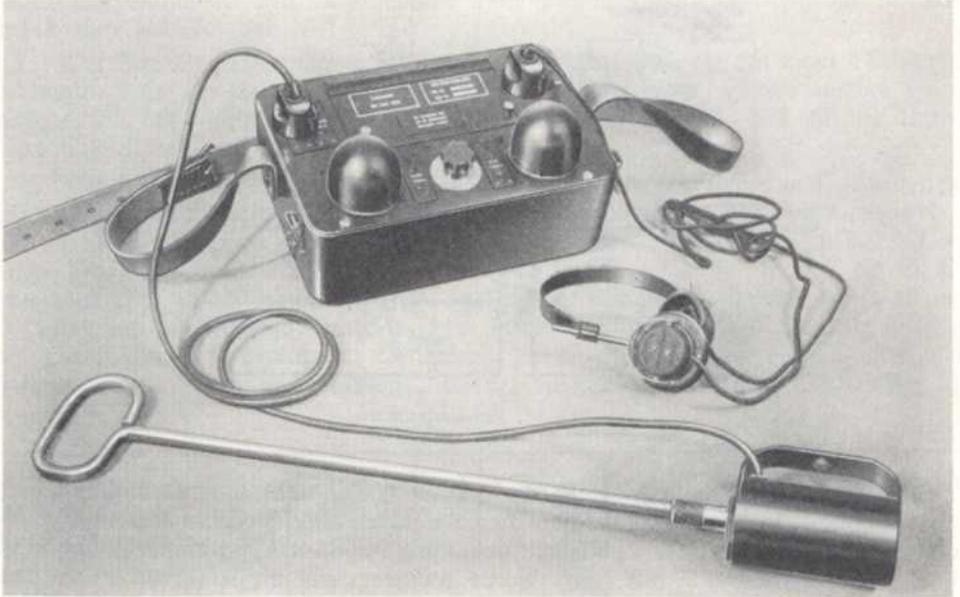


Abb. 92. Kabelfuchgerät (Empfänger), Deckel abgenommen. Kasten mit Deckel 260×180×180 mm

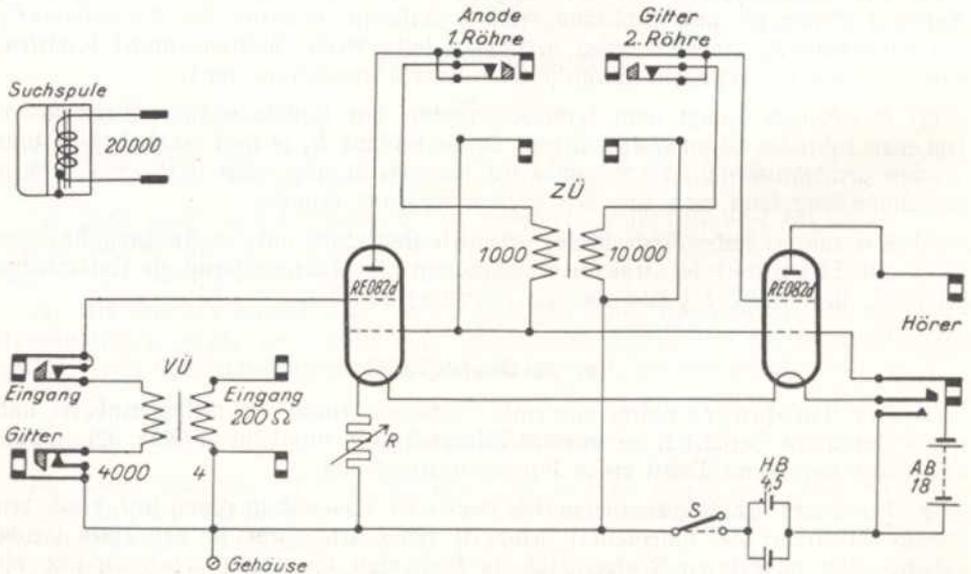


Abb. 93. Schaltung des Empfängers

(4) Der Heizstromkreis wird geschlossen, wenn man den Schalter S umlegt und den Hörer in der Doppelbuchse rechts anstößt. Denn dann erst schließen die beiden Federn an der einen Hörerbuchse.

Mit dem Drehwiderstand R regelt man die Heizstromstärke.

(5) Die Suchspule hat einen stabförmigen Kern aus Eisendrähten, der etwa 64 000 Drahtwindungen von $\approx 20\,000\ \Omega$ Widerstand trägt. Sie wird durch eine dunkel gebeizte Aluminiumhülse mit Tragbügel geschützt, die zugleich als elektrischer Schirm dient.

Man schaltet die Spule an den Verstärker an, indem man den Doppelstecker ihrer Schnur — der Punktbezeichnung entsprechend — in die erste linke Doppelbuchse setzt. Dabei wird der Vorübertrager VU (siehe bei e) abgetrennt, und die Spule liegt mit ihrem sehr hohen Scheinwiderstand unmittelbar am Gitter der ersten Röhre.

(6) Die beiden Spulen des Hörers haben zusammen $\approx 4000\ \Omega$ Widerstand.

d) Kabelsuchen

(1) Man legt an die eine Ausgangsklemme des Summers eine Kabelader, die am fernen Ende geerdet ist, und erdet seine andere Klemme. Als Erder für Summer und Kabelader benutzt man aber nicht den Bleimantel des zu suchenden Kabels, weil der Ton im Empfänger dann zu schwach wäre, sondern man nimmt einen vom Kabel möglichst unabhängigen Erder, etwa eine Wasserleitung, eine Pumpe oder den Bleimantel eines weitergehenden Kabels. Würde man nämlich den Bleimantel des gesuchten Kabels als Erder benutzen, dann flöße der in die Kabelader eintretende Summerstrom überwiegend durch den eigenen Bleimantel zur Stromquelle zurück und höbe dabei — ähnlich wie bei einer Doppelleitung — die Wirkung des Aderstromes größtenteils auf.

(2) Hiernach stößt man Suchspule und Hörer an den Verstärker an und legt S um. Im Hörer vernimmt man dabei ein allmählich schwächer werdendes Klingen, weil die Röhren durch den Stoß des Schalters S in Schwingung geraten. Es ist ein Zeichen dafür, daß der Verstärker richtig arbeitet.

(3) Sobald der Summer läuft, strahlt der Kabelleiter ein magnetisches Wechselfeld aus. Dieses induziert in der Suchspule einen Wechselstrom, den man verstärkt im Kopfhörer wahrnimmt.

Die Stärke des Tones im Hörer kann durch den Heizregler R geändert werden. Man dreht R aber nur so weit nach rechts, daß der Ton gerade laut genug klingt. Läßt die Lautstärke nach, dann sind die Batterien einzeln zu prüfen, am einfachsten mit der Glühbirne einer Taschenlampe zu 3,5 V. Eine Batterie muß ausgewechselt werden, wenn sie die Lampe nur auf schwache Rotglut bringt.

(4) Die Kraftlinien des magnetischen Wechselfeldes bilden Kreise, die den Kabelleiter zum gemeinsamen Mittelpunkt haben. Je mehr Windungen der Suchspule diese Kraftlinien schneiden, desto mehr magnetische Kraft nimmt die Spule auf und desto lauter wird der Ton. Bewegt man die Spule hin und her, so ändert sich die Zahl der Windungen, die von den Kraftlinien durchsetzt sind, ständig, und zwar schwankt sie zwischen einem Höchstwert, der von der örtlichen Feldstärke abhängt, und Null. Es ergeben sich also ausgeprägte Hoch- und Tiefwerte des Summertons im Hörer.

Tonstille tritt ein, wenn die Längsachse der Spule unmittelbar auf das Kabel zeigt, so daß ihre Windungen gleichlaufend zu den Kraftlinien liegen. Hängt die Achse dabei lotrecht, dann befindet sich die Spule genau über dem Kabel.

(5) Bevor man zu suchen beginnt, befestigt man an der Stirnseite der Suchspule die beigegebene Haltestange mit Griff. Diese ist so lang, daß die Spule etwa 10 cm über dem Erdboden schwebt, wenn man den Griff mit herabhängendem Arm faßt. Dann schwenkt man die Spule pendelnd hin und her (Abb. 94a) oder hebt sie mit steifem Arm

seitlich (Abb. 94b), bis der Ton im Hörer am schwächsten wird. Hierauf nähert man sich dem Kabel so weit, daß der Ton im Hörer bei genau lotrecht hängender Spule verstummt oder am leiftesten ist. Sodann geht man weiter in der Kabelrichtung und wiederholt das Verfahren. Man kann die Kabellage so, selbst bei tief liegenden Kabeln, bis auf wenige Zentimeter genau bestimmen.

(e) Wenn es sich darum handelt, im Kabelschacht oder in der Baugrube aus einer Anzahl nebeneinander liegender Kabel ein bestimmtes herauszufinden, dann soll man das Kabel nicht einadrig ansprechen, weil die Strahlung in unmittelbarer Kabelnähe so stark und allgemein wäre, daß man das strahlende Kabel nicht sicher fände. Man arbeitet vielmehr doppeladrig, indem man den Summer mit einem am Ende geschleiften Aderpaar verbindet. Die magnetischen Linien verlaufen dann nicht kreisrund, sondern nach Abb. 95, wobei die Achse des magnetischen Feldes mit dem Aderdrall ihre

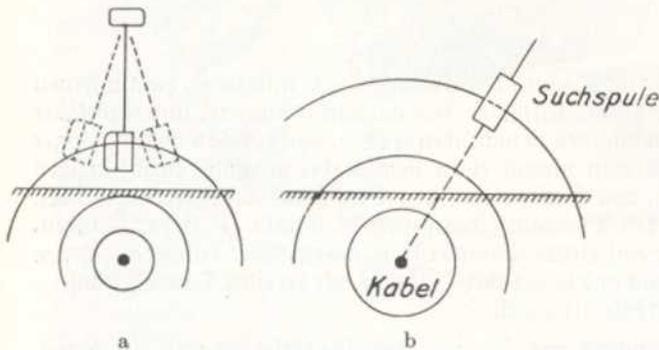


Abb. 94. Suchspule im magnetischen Felde

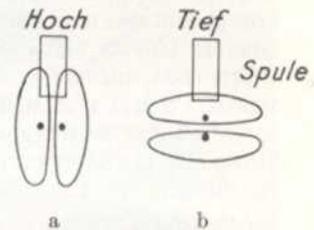


Abb. 95. Magnetische Feldwirkung einer Doppelader

räumliche Lage ändert. Gleitet man mit einer Stirnseite der Suchspule über das Kabel, so findet man im Abstand des Aderdralls Stellen großer und geringer Lautstärke, an denen das gesuchte Kabel eindeutig kenntlich ist. Diese Wirkung ist aber nur dicht beim Kabel vorhanden. In größerem Abstand hört man nichts mehr, weil die enge Stromschleife der Doppelader an sich nur geringe Fernwirkung hat und weil die einzelnen Drallabschnitte auch in entgegengesetzter Phase strahlen und sich daher in ihrer Wirkung mit wachsendem Abstand mehr und mehr überlappen und allmählich auslöschen.

Man kann auch zwei beliebige, nicht paarig zusammengehörige Adern benutzen und erzielt dann eine um so größere Lautwirkung, je weiter die Adern in der Kabelfeele voneinander entfernt liegen.

e) Meßverstärker

(1) Wenn bei Wechselstrommessungen — z. B. beim Messen von Aderbrüchen in sehr kurzen Kabeln mit dem Kabelmeßkoffer in geräuschvoller Umgebung — die Lautstärke nicht ausreicht, dann kann man den Empfänger des Kabelsuchgeräts als Meßverstärker benutzen. Man verbindet die Buchsen *F* des Kabelmeßkoffers (siehe die EMD 1) mit der Doppelbuchse »Eingang 200 Ω « des Verstärkers, wobei der Vorübertrager *VÜ* eingeschaltet ist. Die Verstärkung beträgt je nach der Heizung $\approx 4 \dots 5$ N.

(2) Beim Zusammenschalten achtet man darauf, daß die Meßleitungen nicht etwa unmittelbar auf den Verstärker einwirken.

(3) Die beiden Doppelbuchsen zwischen den Röhren dienen besonderen Zwecken.

D. Dämpfungsmessungen an verstärkerlosen Leitungen

§ 33

Allgemeines

(1) Man ermittelt die Betriebsdämpfung einer verstärkerlosen Leitung am einfachsten wie folgt: An den Leitungsanfang wird ein Milliwattsender gelegt, der sinusförmigen Wechselstrom aussendet. Währenddessen mißt man am Leitungsende die ankommende Spannung mit einem Gerät, das nicht diese, sondern gleich die Dämpfung in Reper anzeigt, siehe § 34 und 35.

(2) Umständlicher ist das folgende Verfahren (§ 37): Man schaltet den Anfang einer Leitungsschleife an einen Summer an, der zugleich eine veränderbare künstliche Leitung (Eichleitung) speist. Diese ändert man so lange, bis man den Summerton in einem Meßfernrohr, den man abwechselnd mit dem Ausgang der Eichleitung und dem Ende der Leitungsschleife verbindet, gleich laut hört. Dann ergibt der Dämpfungsbetrag, der an der Eichleitung gerade eingestellt ist, je nach dem Leitungsabschluß die Wellen- oder die Betriebsdämpfung der Leitung in Reper.

Gestreckte Leitungen, das sind solche, die nicht nach dem Messort zurückgeführt sind, kann man freilich so nicht messen.

(3) Ein einfaches Prüfverfahren, bei dem nicht nur die Leitung, sondern auch die Sprechstelle erfaßt wird, ist im § 36 beschrieben.

(4) Aber die Messung der Wellendämpfung durch den Kabelmeßdienst vgl. die TMD II.

(5) Eichleitungen enthalten Dämpfungsglieder zu 0,01 oder 0,1 N oder mehr, die man mit Kipp- oder Drehschaltern hintereinander fügen kann. Jedes Glied besteht aus ohmschen, d. h. möglichst induktivitäts- und kapazitätsfreien Widerständen, meist in H- oder T-Form (Abb. 97, 104 und 135). Hindurchfließende Wechselströme werden in dem logarithmischen Verhältnis geschwächt, das der zugehörige Schalter als Reperbetrag anzeigt.

Neuere Eichleitungen sind, um die Bauart zu vereinfachen, als einfache oder doppelte Spannungsteiler eingerichtet, siehe die TMD II.

(6) In den Eichleitungen werden alle Ströme, gleichviel welcher Schwingzahl, gleich stark gedämpft. Die Dämpfung ist hier also, im Gegensatz zu den natürlichen Leitungen, von der Schwingzahl unabhängig. Das Verhältnis von Spannung zu Strom, das man bei den natürlichen Leitungen Wellenwiderstand nennt, heißt Kennwiderstand. Gewöhnlich sind es 600 Ω .

§ 34

Der tragbare Milliwattsender

(1) Als Milliwattsender bezeichnet man einen Wechselstromerzeuger mit 600 Ω innerem Widerstand, der an einen unmittelbar angeschlossenen Verbraucher von 600 Ω Widerstand 1 mW Leistung abgibt. Das erfordert eine EMK von 1,55 V und ergibt eine Klemmenspannung von 0,775 V, die man Bezugsspannung nennt (§ 23 Abf. 13).

Ein tragbares Gerät dieser Art, das sinusförmigen Wechselstrom von 800 Hz liefert, dient als Sender beim Messen der Betriebsdämpfung mit dem Dämpfungszeiger 3 (§ 35).

(2) Der tragbare Milliwattsender der Bauart 34 (Abb. 96) enthält in einem Blechgehäuse eine Elektronenröhre RE 134, die aus der Vorderwand hervorsticht und mit einer abnehmbaren Haube bedeckt ist, ferner einen Spannungsmesser (V in Abb. 97),

einen Kippschalter S_1 mit 3 Stellungen, einen Drehschalter S_2 mit der Aufschrift »Mehr Ausschlag, Eichens«, sowie 5 Anschlußklemmen. Ein Schalterzusatz (Abb. 98) erleichtert das Zusammenarbeiten mit dem Dämpfungszeiger, siehe § 35 Abs. 9.

Beim Gebrauch außerhalb der Amtsräume wird das Gerät in einer Segeltuchtasche mit Tragriemen aufbewahrt.

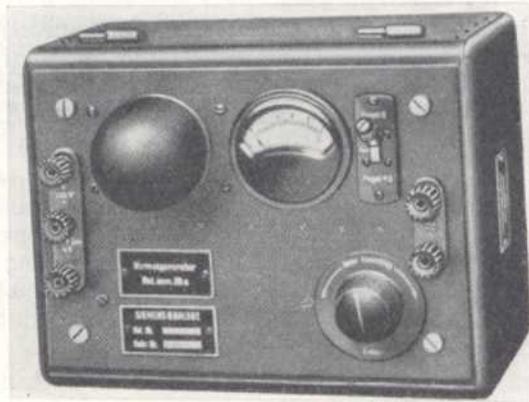


Abb. 96. Tragbarer Milliwattfender. 245 × 205 × 185 mm

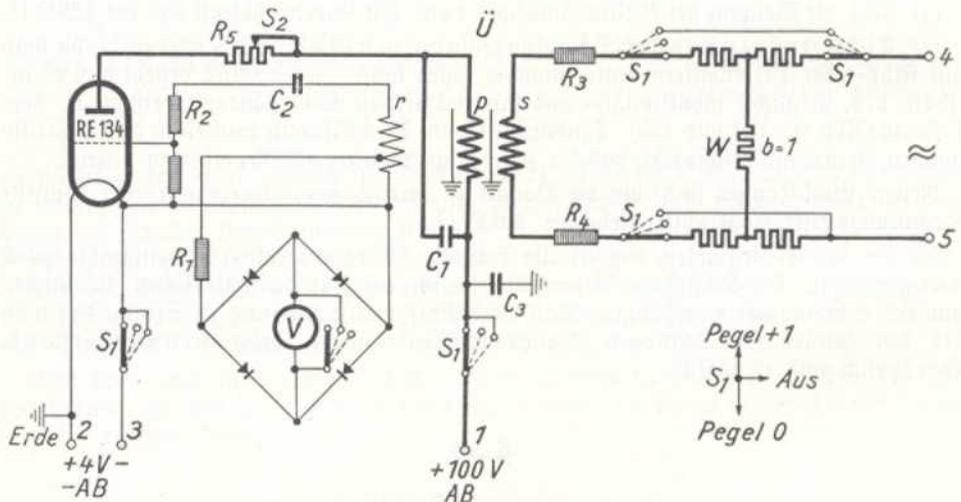


Abb. 97. Tragbarer Milliwattfender, Bauart 34

(3) Als Heizspannung braucht man 4 ··· 4,5 V, die man in Amtsräumen einem 4 V-Sammler, auf der Strecke zwei nebeneinander geschalteten Taschenlampenbatterien zu je 4,5 V entnimmt. Die Heizstromstärke beträgt $\approx 0,15$ A.

Als Anodenstromquelle dient eine Anodenbatterie zu 100 V, deren Klemmenspannung zwischen 90 und 100 V liegen kann. Anodenstromstärke ≈ 9 mA. Klemme 2, die mit dem Gehäuse verbunden ist, ist an eine Erdung anzuschließen.

(4) Beim Gebrauch auf der Strecke werden die Batterien (nebst 4 Vorratsbatterien für die Heizung) in einem Batteriebox mit vieradriger Anschlußschnur untergebracht.

(5) Im Anodenkreise der Elektronenröhre liegt ein Schwingungskreis — bestehend aus der Erstwicklung p des Übertragers U und dem Kondensator C_1 —, der über die dritte Wicklung r des Übertragers, den Kondensator C_2 und den Widerstand R_2 mit dem Gitterkreis induktiv gekoppelt ist. Eine einmal angestoßene Schwingung im Anodenkreise wirkt daher auf die Gitterspannung zurück, bei richtiger Phase entsteht eine fortgesetzte Verstärkung im Kreislauf, und es kommt zum Eigenschwingen. Die Anordnung wirkt als Schwingungserzeuger (Röhrensummer). Die Zahl der so erzeugten Schwingungen je Sekunde (die Schwingzahl der Wechselspannung) hängt ab von den Werten der Kapazität und der Induktivität im Schwingungskreis; sie wird im Lieferwerk auf 800 Hz abgestimmt.

Mit dem Schalter S_2 kann man den Widerstand R_2 und damit die Anodenstromstärke ändern. Die beiden gleichen Widerstände R_2 und R_1 sind zusammen 600Ω groß. Die Vordämpfung $W = 1 N$ hat 600Ω Kennwiderstand.

(6) Ein geringer Teil der Wechselspannung wird über wenige Windungen von r und vier Trockengleichrichter in Brückenschaltung dem Spannungsmesser V zugeführt. Der Widerstand R_1 soll die Abhängigkeit der Gleichrichterwirkung von der Temperatur ausgleichen.

(7) Da die Gleichrichterbrücke sehr viel höheren Widerstand hat als die Messwicklung von r , zeigt V eine Spannung u an, die der EMK der Messwicklung nahezu gleichkommt. Dieser EMK ist die Spannung U an den Enden der Zweitwicklung s von U bei jeder Belastung der Ausgangsklemmen $4/5$ verhältnisgleich. Man kann daher — gleichviel welche Leitung oder welcher Widerstand außen anliegen — eine bestimmte Spannung u an der

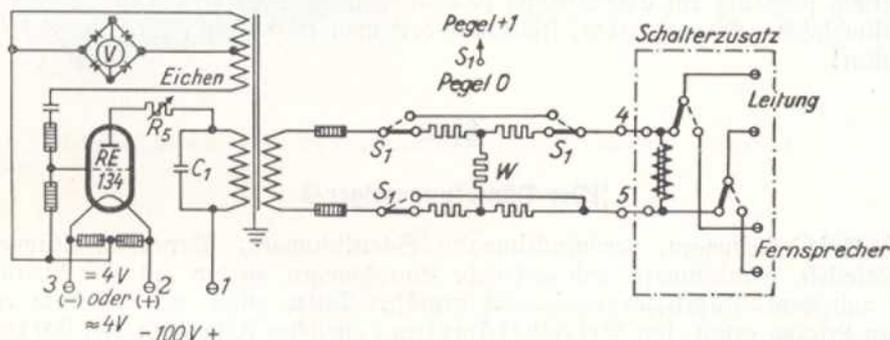


Abb. 98. Tragbarer Milliwattsender, Bauart 37, und Schalterzusatz

Messwicklung und damit eine beständige Spannung U an der Zweitwicklung von gewollter Größe einstellen, indem man die Anodenstromstärke durch Ändern von R_5 auf einen gewissen Wert bringt. Das Übersetzungsverhältnis zwischen r , p und s ist nun so gewählt, daß an den Enden von s die Spannung $U = 1,55e^1 = 4,212 V$ (effektiv) besteht, wenn man den Zeiger des Spannungsmessers V durch Drehen an S_2 auf den roten Eichstrich seiner Teilung bringt. Ist die Vordämpfung $W = 1 N$ dabei eingeschaltet (Schalter S_1 auf »Pegel 0«), so wirkt der Sender dann also wie eine Spannungsquelle mit der EMK $1,55e^1/e^1 = 1,55 V$ und einem inneren Widerstand von 600Ω (dargestellt durch die an U grenzenden Widerstände $R_2 + R_1$), obwohl der Scheinwiderstand, von den Ausgangsklemmen gemessen, um den Widerstand der Zweitwicklung s ($\approx 300 \Omega$) größer ist als 600Ω . Der Sender gibt somit gerade $1 mW$ Leistung ab, wenn man an die Klemmen $4/5$ einen Widerstand von 600Ω anschließt, wobei dann an diesen Klemmen die Bezugsspannung $U_0 = 0,775 V$ besteht, die man auch als den Spannungspegel Null bezeichnet.

(8) Wenn die Vordämpfung W ausgeschaltet ist (S_1 auf »Pegel + 1«), beträgt die Spannung U an den Enden von s wie vorher $1,55e^1 = 4,212\text{ V}$; aber an den Klemmen 4/5 herrscht nun die Spannung $0,775e^1 = 2,106\text{ V}$ (Spannungspegel + 1), wenn an 4/5 ein Widerstand von $600\ \Omega$ außen angeschlossen ist. An ihn wird die Leistung $0,775^2e^2 : 600 = e^2 : 1000 = 7,39\text{ mW}$ abgegeben.

(9) Bauart 37. Die Milliwattsender der Bauart 37 unterscheiden sich von denen der Bauart 34 nur dadurch, daß sie — in Verbindung mit einem besonderen Netzanschlußgerät — aus dem Wechselstromnetz gespeist werden können. Um Anodengleichspannung zu erhalten, wird die Netzspannung im Anschlußgerät gleichgerichtet. Die Heizspannung von 4 V wird dagegen dem Netz unverändert entnommen, die Schwingungsröhre wird also mit Wechselstrom geheizt. Ihrem Heizfaden sind zwei gleich große Widerstände nebengeschaltet, deren Mittelpunkt mit dem Gitterkreis verbunden ist (Abb. 98).

Einstweilen wird die Netzspeisung noch nicht angewandt.

(10) Vor jeder Messung muß der Milliwattsender geeicht werden, nachdem die zu prüfende Leitung angelegt worden ist. Sie muß dabei am andern Ende mit dem Dämpfungszeiger 3 von $600\ \Omega$ Eigenwiderstand abgeschlossen sein. Man legt erst S_1 auf »Pegel 0« und dreht dann S_2 rechts oder links herum, bis der Zeiger von V auf der roten Eichmarke steht. Läßt sich dies nicht erreichen, so sind die Batterien nachzumessen; unter Umständen muß die Röhre ausgewechselt werden.

(11) Wenn das Gerät nicht benutzt wird, muß S_1 auf »Aus« stehen. Der Spannungsmesser ist dann kurzgeschlossen, sein Meßwerk ist also stark gedämpft (§ 6b Abs. 10) und daher besser vor Schäden geschützt. Selbstverständlich hat man das Gerät bei der Beförderung sorgfältig vor Erschütterung zu bewahren. Es muß stets in der zugehörigen Segeltuchtasche getragen werden; keinesfalls darf man es auf ein Fahr- oder Krafttrad schnallen!

§35

Der Dämpfungszeiger 3

(1) Anschlußleitungen, Zwischenleitungen, Schnelleitungen, Überweisungsleitungen, verstärkerlose Fernleitungen und technische Einrichtungen werden auf ihre Betriebsgüte mit dem Dämpfungszeiger 3 geprüft. Dieser zeigt, an das Ende einer solchen Leitung gelegt, ihre Betriebsdämpfung (zwischen Abschluß von $600\ \Omega$) in Neper an, wenn am Leitungsanfang ein Milliwattsender wirksam ist. Gewöhnlich benutzt man den tragbaren Milliwattsender für 800 Hz als Stromquelle (§ 34); man kann aber auch jeden andern Milliwattsender im Schwingzahlbereich zwischen 300 und 3000 Hz verwenden.

(2) Der Dämpfungszeiger 3 (Abb. 99 ... 101) ist in einen Lederkoffer eingebaut. Er hat vier Anschlußklemmen und enthält zwei Drucktasten S_1 und S_2 , eine Vordämpfung $W_1 = 1\text{ N}$, zwei Trodengleichrichter und einen hochempfindlichen Spannungsmesser V mit ungefähr $280\ \Omega$ Widerstand, dessen Zifferblatt in Neper geeicht ist. Beim Gebrauch außerhalb der Amt wird das Gerät in einer Segeltuchtasche mit Tragriemen untergebracht. Es muß während der Beförderung getragen und sorgfältig vor Erschütterung bewahrt werden; keinesfalls darf man es auf ein Fahr- oder Krafttrad schnallen!

(3) In der Ruhelage der Taste S_1 (»Mess«) sind die Klemmenpaare »Leitung« und »Fernsprecher« miteinander verbunden; man kann also von einem angeschlossenen Fernsprecher aus mit dem Amt oder der Prüfstelle verkehren. Drückt man S_1 , so wird statt des Fernsprechers die Meßschaltung an die Leitung gelegt. Dabei sorgen Schleppkontakte dafür, daß ein Gleichstrom, der in der Leitung etwa fließt, während des Umschaltens

nicht unterbrochen wird. Nachher bietet sich ihm ein Weg über den Widerstand R_1 ; der Kondensator C hält ihn von den Gleichrichtern fern. — Läßt man S_1 los, so wird wieder die Sprechverbindung hergestellt.

(4) Man kann die Taste S_2 im gedrückten Zustande feststellen, indem man sie etwas dreht. In ihrer Ruhelage ist der Spannungsmesser kurzgeschlossen, sein Meßwerk ist also stark gedämpft und dadurch vor Beschädigungen während der Beförderung besser geschützt. Die seit 1937 beschafften Geräte haben noch dazu eine besondere Taste, die den Spannungsmesser beim Schließen des Kofferbedels selbsttätig kurzschließt.

(5) Durch Drücken der Taste S_2 ($\nu + 1$ Neper) kann man die Vordämpfung W_1 ausschalten. Der Eingangswiderstand des Geräts beträgt auch dann, wie bei gezogener Taste S_2 , annähernd 600Ω .



Abb. 99. Dämpfungszweiger 3. 245 × 135 × 140 mm

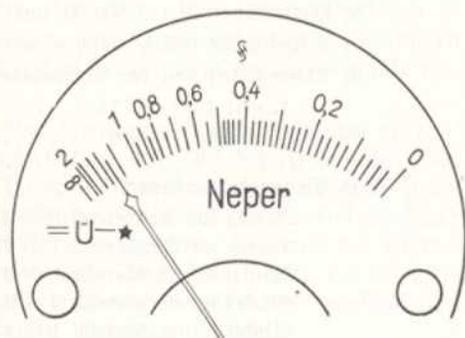


Abb. 100. Zifferblatt

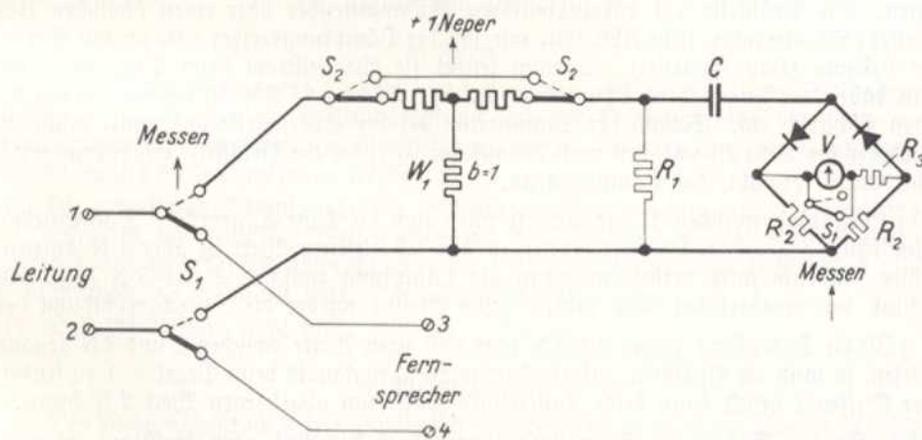


Abb. 101. Dämpfungszweiger 3, Schaltung

(6) Die beiden Trockengleichrichter lenken beide Halbwellen des Wechselstroms in gleicher Richtung durch den Spannungsmesser V . Dessen Teilung (Abb. 100) ist so geeicht, daß der Zeiger bei eingeschalteter Vordämpfung $W_1 = 1 \text{ N}$ (S_2 in Ruhe) das logarithmische

Verhältnis der Bezugsspannung $U_0 = 0,775 \text{ V}$ zur Spannung U_2 an den Eingangsflemmen des Dämpfungszeigers, d. h. also die Betriebsdämpfung $b_{B(600)}$ der gemessenen Leitung in Reper anzeigt, siehe Gl. (8) auf S. 72. Dieser Meßbereich erstreckt sich von $0 \dots 2 \text{ N}$. Der Zeiger, der in der Ruhe links beim Zeichen ∞ steht, muß auf Null weisen, wenn der Dämpfungszeiger unmittelbar an den Milliwattsender angeschlossen wird.

(7) Um Dämpfungen über 2 N oder solche zwischen 1 und 2 N (wo die Teilung eng ist) genauer messen zu können, schaltet man W_1 aus. Zu dem abgelesenen Dämpfungsbetrag ist dann 1 N hinzuzuzählen, der Meßbereich umfaßt mithin nun $1 \dots 3 \text{ N}$. Wird auch die Vordämpfung W des Milliwattsenders ausgeschaltet, so erhält man den Meßbereich $2 \dots 4 \text{ N}$.

(8) Elektrische Eigenschaften des Dämpfungszeigers 3:

a) Schwingzahlbereich	300...3 000 Hz
b) Meßunsicherheit bei 800 Hz und 20° C	$\pm 0,02 \text{ N}$
c) Schwingzahleinfluß zwischen 300 und 3 000 Hz	$\pm 0,01 \text{ N}$
d) Abhängigkeit von der Temperatur bei vollem Zeigerausschlag	
1. von $15^\circ \dots 25^\circ \text{ C}$	$\pm 0,02 \text{ N}$
2. von $10^\circ \dots 30^\circ \text{ C}$	$\pm 0,04 \text{ N}$
e) Eingangswiderstand:	
Betrag im Meßbereich $0 \dots 2 \text{ N}$	$600 \Omega \pm 5 \%$
Betrag im Meßbereich $1 \dots 3 \text{ N}$	$600 \Omega \pm 20 \%$
Winkel im Meßbereich $0 \dots 2 \text{ N}$ bei 300...3 000 Hz	$0^\circ \pm 2^\circ$
Winkel im Meßbereich $1 \dots 3 \text{ N}$ bei 300...3 000 Hz	$0^\circ \pm 10^\circ$
Winkel im Meßbereich $1 \dots 3 \text{ N}$ bei 800 Hz	$0^\circ \pm 5^\circ$

(9) a) Soll beispielsweise in einem Ortsnetz mit Wählvermittlung eine Anschlußleitung gemessen werden, so schaltet der Entstörer den Dämpfungszeiger auf der Sprechstelle zwischen die ankommende Leitung und den Fernsprecher. Er kann alsdann in der Ruhelage von S_1 die Prüfstelle des Amtes wie üblich wählen und mit ihr die Meßzeit vereinbaren. Die Prüfstelle legt daraufhin ihren Milliwattsender über einen ähnlichen Umschalter (Schalterzusatz, siehe Abb. 98), wie ihn der Dämpfungszeiger hat, an den Anfang der Leitung (Hauptverteiler). Sodann sendet sie Wechselstrom beim Pegel Null und stellt dabei den Zeiger ihres Spannungsmessers, wie im § 34 Abs. 10 beschrieben, auf den roten Eichstrich ein. Sobald der Summertone bei der Sprechstelle ankommt, drückt der Entstörer die Taste S_1 und liest nach Ablauf der Zeit, die die Prüfstelle erfahrungsgemäß zum Eichen braucht, die Dämpfung ab.

b) Liegt diese zwischen 1 und 2 N , so wird auch die Taste S_2 gedrückt. Das Ergebnis kann dann genauer abgelesen werden; zu dem abgelesenen Wert ist aber 1 N hinzuzuzählen. Ebenso wird verfahren, wenn die Dämpfung zwischen 2 und 3 N liegt. Am Schluß der verabredeten Zeit richten beide Stellen wieder die Sprechverbindung her.

c) Ist die Dämpfung größer als 3 N oder will man Werte zwischen 2 und 3 N genauer ablesen, so muß die Prüfstelle aufgefordert werden, nochmals beim Pegel $+1$ zu senden. Der Messende drückt dann beide Tasten und zählt zum abgelesenen Wert 2 N hinzu.

(10) In den Meßteil des Dämpfungszeigers darf kein Ruf- oder Heulstrom gelangen. Hierauf ist bei Bedienung der Taste S_1 zu achten. Nach jeder Messung sind beide Tasten zu ziehen; dies darf nie versäumt werden.

(11) Wenn die gemessene Dämpfung mit dem bei früherer Gelegenheit ermittelten und in der Störungskarte vermerkten Wert nahezu übereinstimmt, kann man annehmen, daß die Leitung ihre elektrischen Eigenschaften bewahrt hat und in Ordnung ist. Dagegen

deutet eine Abweichung darauf hin, daß irgendwo ein Fehler besteht. Um dessen örtliche Lage näher zu bestimmen, mißt man auch die Dämpfungen der einzelnen Leitungsabschnitte. Unter Umständen muß der Kabelmeßdienst eingreifen.

Siehe auch *MDA VI*, 7 § 25.

(12) Beim Messen von anderen Leitungen oder von Amtseinrichtungen verfährt man sinngemäß.

§ 36

Der Dämpfungsmesser 3,5

(1) Die Dämpfungsmesser 3,5, Muster 1a...4, dienen zum Prüfen des Wirkungsgrades von Sprechstellen sowie als Hilfsmittel beim Suchen und Eingrenzen von versteckten Fehlern, die die Sprechverständigung mindern, z. B. zum Feststellen von schlechten Mikrophonen oder von mangelhaften Kontakten oder »kalten« Lötstellen in Stromwegen von Sprechstellen und auf Leitungen. Die Geräte enthalten Eichleitungen mit Stufen von 2, 2,5, 3 und 3,5 N. Sie werden in der Regel in die Prüfschränke eingebaut.

(2) Die zu prüfende Anschlußleitung wird über den Fernvermittlungsschrank oder — wo ein solcher fehlt — über die Vermittlungseinrichtung oder, bei der Fehlersuche, über den Prüfsteder am Hauptverteiler mit dem Dämpfungsmesser verbunden. Die Prüfstelle läßt alsdann den bei der Sprechstelle weilenden Entstörer oder den Teilnehmer etwas vorlesen oder mehrstellige Zahlen in den Apparat sprechen. Während des Hörens schaltet der Prüfbeamte am Dämpfungsmesser so lange Dämpfung hinzu, bis die Verständigung unmöglich wird. Die Übertragungsgüte reicht aus, wenn bei einer zugeschalteten Dämpfung von 3 N noch Verständigung in beiden Richtungen besteht.

(3) Bei nicht ausreichender Übertragungsgüte muß den Ursachen nachgegangen werden.

§ 37

Der Dämpfungsmesser 7,75

a) Zweck

(1) Der Dämpfungsmesser 7,75 wird von den Fernsprechämtern und den Telegraphenbauämtern zum Messen der Wellendämpfung und des Nebensprechens von Nah- und Fernleitungen sowie zu Gleichgewichtsprüfungen benutzt. Er kann auch zur Dämpfungsprüfung nach § 36 herangezogen werden.

(2) Die gemessenen Dämpfungswerte sind nur annähernd richtig, weil die Eichleitung grob gestuft ist und weil der Wellenwiderstand der Leitung von dem Kennwiderstand der Eichleitung (600 Ω) oft abweicht oder der Leitungsabschluß nicht paßt. Das wirkt sich namentlich bei Beträgen unter 2 N ungünstig aus.

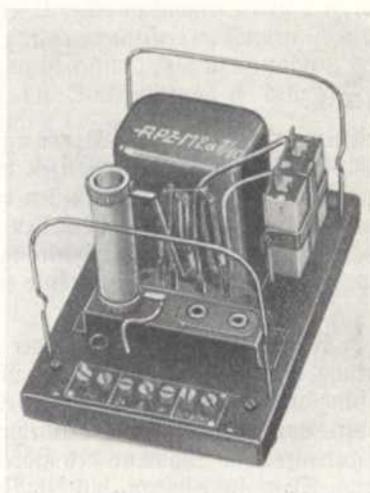
(3) Das Gerät wird nicht mehr beschafft.

b) Die Stromquelle

(1) Den Meßwechselstrom liefert gewöhnlich ein Magnetsummer der Bauart 24. Dies ist ein kleiner Selbstunterbrecher (Abb. 102b), der der halben Erstwicklung eines Übertragers U nebengeschaltet ist (Abb. 103a).

(2) In der Ruhelage des Ankers A durchfließt beim Anlegen der Spannung nur ein geringer Teil des von ihr erzeugten Gleichstromes die Wicklung II , während der größere Stromanteil durch den Elektromagnet U geht. Dieser zieht den Anker A an, der Unterbrecherkreis wird geöffnet, und A fällt daher gleich wieder ab. Währenddessen fließt

der volle Strom durch I und II ; seine magnetische Wirkung wird aber aufgehoben, weil die beiden Wicklungen gleich groß, jedoch entgegengesetzt gewickelt sind. Erst wenn der Anker in die Ruhelage zurückgekehrt, der Unterbrecherkreis wieder geschlossen und der Strom in Wicklung II auf einen geringen Anteil gesunken ist, kann der stärkere Strom in I im Eisenkern des Übertragers einen magnetischen Kraftfluß hervorrufen.

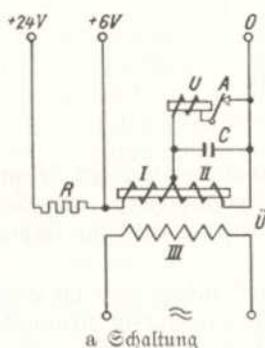


a Gerät ohne Summer

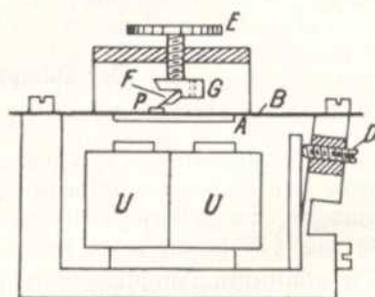


b Stedsummer

Abb. 102. Magnetsummer 24; mit Schuhhaube $170 \times 120 \times 120$ mm



a Schaltung



b Stedsummer

Abb. 103. Magnetsummer 24

Durch diese dauernden Änderungen des magnetischen Feldes wird in der Zweitwicklung III eine fast sinusförmige Wechselspannung erregt, deren Schwingzahl von der Eigenschwingung des Unterbrechers abhängt. Sie ist auf 800 Hz abgestimmt. Man kann sie aber in den Grenzen von etwa 700 ... 900 Hz verändern, indem man die Blattfeder B , die den Anker A trägt, mit der Schraube D scharfer spannt oder entspannt. Im allgemeinen wird hiervon jedoch kein Gebrauch gemacht.

(3) Der Kondensator C verhindert, daß an der Unterbrechungsstelle Funken entstehen.

(4) Zum Antrieb braucht man entweder 5 Trockenelemente (6 V) oder, wenn vorhanden, eine Akkumulatorspannung von 24 V, wobei der Vorwiderstand R eingeschaltet sein muß. Der

Summer nimmt bei Anschluß an 24 V 0,24 A, bei Anschluß an 6 V 0,18 A auf und gibt an einen Verbraucher von 600 ... 2000 Ω Widerstand eine Wechselstromleistung von etwa 0,15 W ab. Beständigkeit der Schwingzahl und Oberwellenfreiheit reichen für einfache Messungen aus.

(5) In Abb. 102a sieht man vorn links den Widerstand R , dahinter den Übertrager mit Schutzklappe und neben ihm den Kondensator. Zwischen die beiden Klemmen vorn rechts kann ein Umschalter gelegt werden, mit dem man die Antriebsspannung an- oder abschalten kann. Der Stecksummer und das ganze Gerät werden mit je einer Schutzklappe bedeckt.

(6) Wenn man den Summer in die Buchsen der Grundplatte gesteckt und die Gleichspannung angelegt hat, ist das Gerät betriebsfertig. Sollte der Summer nicht gleich anlaufen, dann muß er neu eingestellt werden. Dazu dreht man die Rändelschraube E soweit zurück (links herum), bis die Kontaktspeise F die Platte P auf der Blattfeder nicht mehr berührt. Alsdann dreht man die Rändelschraube langsam rechts herum, bis F wieder mit P in Berührung kommt und der Summer gleichmäßig läuft. Dabei ist darauf zu achten, daß F durch den Bügel G mit einer kleinen Vorspannung gestützt wird. Die Rändelschraube wird schließlich durch eine seitliche Kopfschraube festgelegt.

(7) An einen Magnetsummer dürfen nicht mehr als drei Dämpfungsmesser gleichzeitig angeschlossen werden. Ist es nur einer, dann wird er unmittelbar mit dem Summer verbunden; wenn aber zwei oder drei Dämpfungsmesser angeschlossen sind, ist in jede Abzweigung ein kleiner Übertrager ($4 \times 21 \Omega$) einzufügen. Die Übertrager und die Dämpfungsmesser müssen dann dauernd angeschlossen bleiben.

c) Der Dämpfungsmesser 7,75

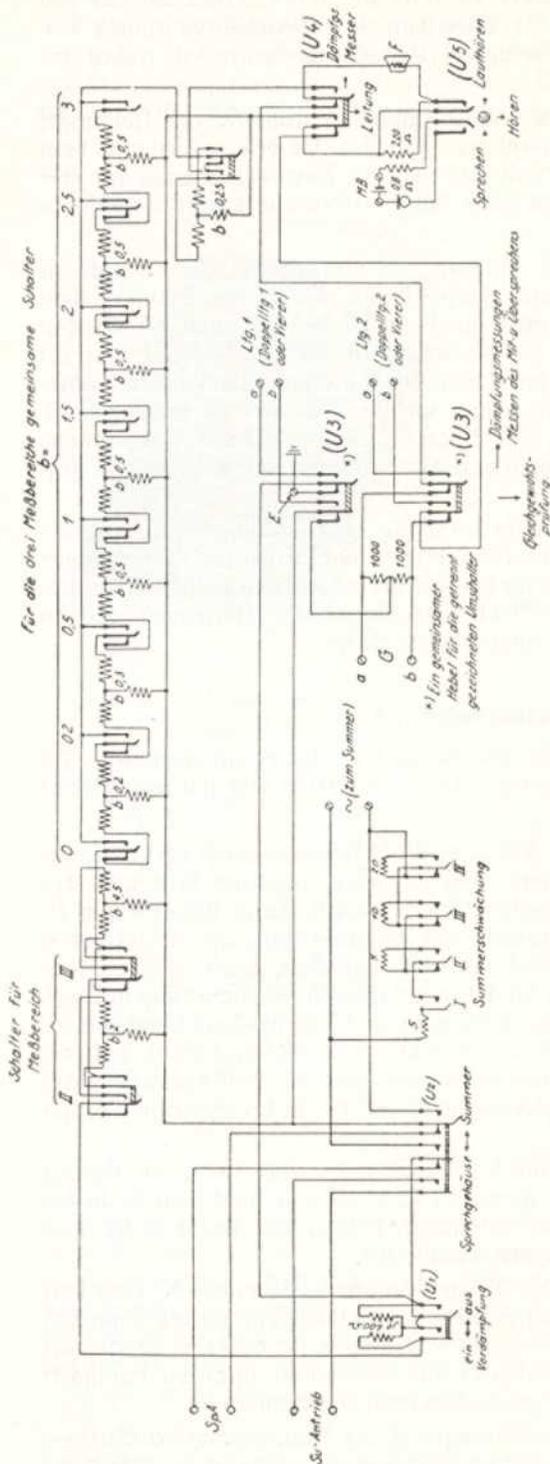
(1) Abb. 104 zeigt den Stromlauf und die Anordnung der Schalter und Klemmen. Die Eichleitung ist aus T-Gliedern zusammengesetzt. Der Summertone läßt sich nach Bedarf stärker oder schwächer einstellen.

(2) Dämpfungsmessung (Abb. 105). Die zu messende Leitungsschleife oder Apparaturgruppe wird an die Klemmen »Ptg. 1« und »Ptg. 2« gelegt. Sodann stellt man den Schalter U_3 auf »Dämpfungsmessung«, schaltet die Stromquelle durch Umlegen von U_2 auf »Summer« zugleich an den Meßgegenstand und die Eichleitung an und verbindet hierauf die Ausgänge von beiden abwechselnd mit dem Fernhörer, indem man U_4 fortgesetzt hin und her legt. Dabei ändert man die Dämpfungsstufen der Eichleitung so lange, bis der Summertone im Hörer bei der einen Stellung von U_4 ebenso laut klingt wie bei der andern. Dann stimmen die Endspannungen hinter dem Meßgegenstand und der Eichleitung ihrer Schwingweite nach miteinander überein, und die Wellendämpfung des Meßgegenstandes ist gleich dem Dämpfungsbetrag in Reper, der an der Eichleitung gerade eingestellt ist.

(3) Bei jeder Messung gleicht man zuletzt mit dem Schalter »b = 0,25 Reper« ab. Gelingt es nicht, übereinstimmende Lautstärken im Fernhörer zu erzielen, so sucht man die beiden Dämpfungsstufen auf, zwischen denen der richtige Wert liegt, und schätzt diesen nach dem Verhältnis der Unterschiede zwischen den Lautstärken.

(4) Der Meßbereich erstreckt sich bis 7,75 N. Ist die Dämpfung höher als 4 N, dann darf man die Widerstände von $2 \cdot 600 \Omega$ mit dem Schalter U_1 kurzschließen, um den Summertone zu verstärken. Bei geringeren Dämpfungswerten müssen sie dagegen eingeschaltet bleiben, weil das Ohr kleine Lautstärkeunterschiede nur wahrnimmt, wenn die Lautstärke unterhalb einer gewissen Grenze bleibt, die jedem Menschen eigentümlich ist.

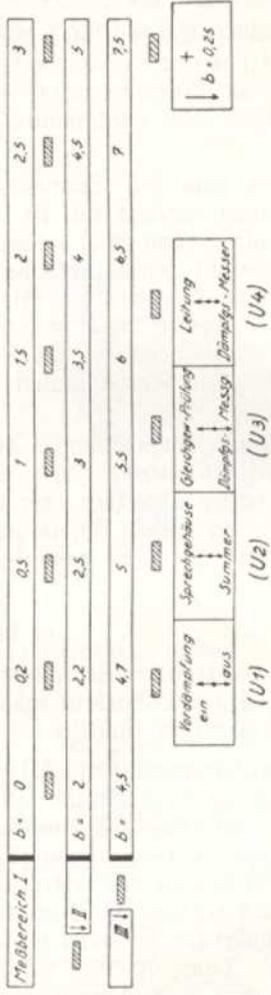
(5) Das Nebensprechen zwischen zwei Leitungen (§ 24) kann, je nach der Stellung des Schalters U_2 , mit Sprache oder Summer gemessen werden. Schalter U_3 steht dabei



b) Nippschalter auf dem Deckel



a) Schalter auf der Vorderseite



c) Bezeichnung der Anschlußblöcke

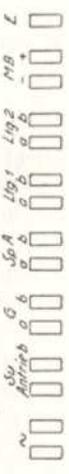


Abb. 104. Dämpfungsmeßer 7,75. 365 x 250 x 165 mm

auf »Dämpfungsmessung«. Die zu untersuchenden beiden Leitungen sind an den fernen Enden mit passenden Abschlußwiderständen oder, wenn diese fehlen, mit ihren Betriebsapparaten abzuschließen. Die Widerstände von $2 \cdot 600 \Omega$ werden kurzgeschlossen.

a) Messen des Übersprechens (Abb. 106). Man legt die beeinflussende Leitung an das Klemmenpaar »Etg. 1« und die Leitung, in der abgehört werden soll, an das Klemmenpaar »Etg. 2«. Dann regelt man die Eichleitung bei fortwährendem Umlegen des Schalters U_4 so lange, bis man im Fernhörer die Sprache oder den Summertone in

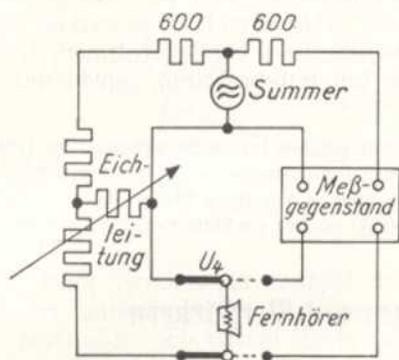


Abb. 105. Dämpfungsmessung

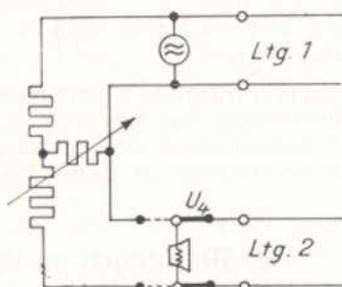


Abb. 106. Messen des Übersprechens

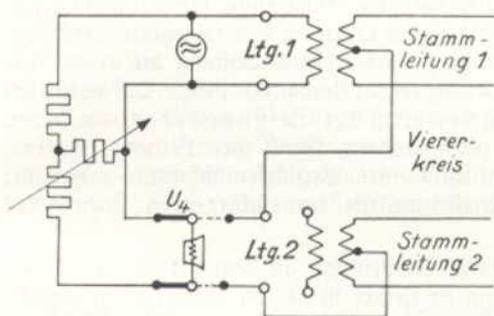


Abb. 107. Messen des Mitsprechens

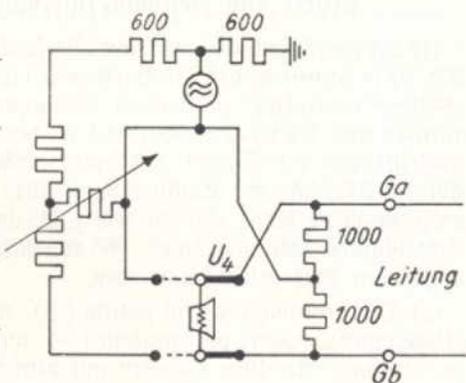


Abb. 108. Gleichgewichtsprüfung

beiden Schalterstellungen gleich laut vernimmt oder bis man die beiden aufeinander folgenden Dämpfungswerte gefunden hat, zwischen denen der Wert für gleiche Lautstärken liegt. Man erhält so die Maßzahl für das Übersprechen zwischen den beiden Leitungen in Reper.

b) Messen des Mitsprechens (Abb. 107). Die Stammleitung 1 wird an das Klemmenpaar »Etg. 1« gelegt, und die Viererkreiszuleitungen werden mit dem Klemmenpaar »Etg. 2« verbunden. Am fernen Ende ist auch der Viererkreis abzuschließen. Nach dem Abgleichen, wie bei a, liest man die Maßzahl für das Mitsprechen zwischen der Stammleitung 1 und dem Viererkreis an der Eichleitung ab.

(c) a) Bei Geräuschstörungen (§ 17 g) macht man eine Gleichgewichtsprüfung nach Abb. 108. Die fehlerhafte Doppelleitung wird mit den Klemmen $G a/b$ des Dämpfungsmessers verbunden und am fernen Ende offen gehalten. Man legt den Schalter U_2 in die Stellung »Gleichgewichtsprüfung«, schaltet den Summer und die beiden Widerstände

zu 600 Ω an und ändert die Eichleitung bei ständigem Hin- und Herlegen von U_4 , bis man bei beiden Schalterstellungen gleiche Lautstärken im Hörer wahrnimmt. Sodann wiederholt man das Verfahren, nachdem die Leitung am fernen Ende kurzgeschlossen und geerdet worden ist.

b) Durch die erste Messung werden Nebenschließungen und kapazitive Ungleichheiten der beiden Leitungszweige erfasst, durch die zweite Verschiedenheiten im ohmschen Widerstand, z. B. mangelhafte Löt- oder Verbindungsstellen.

c) Die Leitung ist für den Fernmeldedienst gut verwendbar, wenn beidemal 4,5 N oder mehr einzuschalten waren. Bei 4,25 N beginnen die Fehler schon lästig zu werden. Sind weniger als 4 N gemessen worden, dann ist die Fehlerstelle durch Streckenunterteilung einzugrenzen, und der Fehler muß, u. U. durch den Kabelmeßdienst, gesucht und beseitigt werden.

d) Abb. 108 stellt rechts eine Wheatstone'sche Brücke dar mit den beiden Widerständen zu 1 000 Ω als festen Brückenarmen (vgl. Abb. 39 auf S. 56). Die Leitungszweige — bei der ersten Messung mit ihren Nebenschlüssen und Erdkapazitäten, bei der zweiten mit ihren Widerständen — bilden die andern beiden Brückenarme. In der Brücke liegt der Fernhörer, im Batteriezweig der Summer.

E. Messungen an Leitungen mit Verstärkern

§ 38

Pegel- und Restdämpfungsmessungen an Fernsprechleitungen

(1) In Fernsprechleitungen mit Verstärkern wird die Entzerrung der Verstärker (§ 23 Abs. 5) so bemessen, daß die Leistung, die jeder von ihnen an den folgenden Verstärkerabschnitt weitergibt, zu der am Leitungsanfang vorhandenen Leistung bei allen Frequenzen des Übertragungsbereichs in demselben festen Verhältnis steht. Der natürliche Logarithmus der Wurzel aus der Verhältniszahl ist der Leistungspegel in Neper. Ebenso läßt sich ein Leistungspegel für jeden andern Punkt der Leitung angeben, meistens ist er dann aber — wie z. B. am Ende eines Verstärkerabschnitts — von der Schwingzahl abhängig, weil die einzelnen Frequenzen im rückliegenden Leitungsteil verschieden stark gedämpft werden.

(2) Der Leistungspegel ist positiv (+), wenn die Leistung an dem betrachteten Punkt (Pegelpunkt) größer, und negativ (—), wenn sie kleiner ist als die Leistung am Anfang der Leitung. An allen Punkten mit dem Leistungspegel Null ist die Leistung gleich der Anfangsleistung. Der Leistungspegel am Leitungsende (bei Abschluß durch 600 Ω) stellt — mit umgekehrtem Vorzeichen — die Restdämpfung der Leitung dar.

(3) Mit Rücksicht auf das Nebensprechen und die Leistungsfähigkeit der Verstärkerrohre darf der Leistungspegel an keinem Punkte der Leitung einen bestimmten Mindestwert unterschreiten und einen bestimmten Höchstwert überschreiten. Deshalb werden Dämpfungs- und Verstärkungsverlauf längs einer Leitung bei der Planung festgelegt. Im allgemeinen hebt ein Verstärker die Dämpfung des rückliegenden Verstärkerabschnitts (in der Sprechrichtung gesehen) auf, siehe Abb. 109, die den Pegelverlauf auf einer Leitung mit Verstärkern wesentlich darstellt. Alle Planungsangaben beziehen sich auf die Frequenz 800 Hz.

(4) Aufgabe des Verstärkerdienstes ist es, durch Messen der Pegel am Ausgang der Verstärker und der Restdämpfung festzustellen, ob die Sollwerte eingehalten werden. Solche Messungen bei der Aufnahme des Fernsprechdienstes in einer neuen Leitung erstrecken sich auf den gesamten Übertragungsbereich; die regelmäßigen Überwachungsmessungen an vorhandenen Leitungen werden dagegen teils nur mit 800 Hz, teils mit bestimmten, zwischenstaatlich festgelegten Frequenzen des Übertragungsbereichs durch-

geführt. Näheres hierüber sowie über die Abweichungen von den Sollwerten, die wegen der unvermeidbaren Ungenauigkeiten in der Entzerrung der Verstärker, wegen der Temperaturabhängigkeit der Kabeldämpfung und der schwankenden Batteriespannungen zugelassen sind, siehe in der *EMD* VI, 6 A.

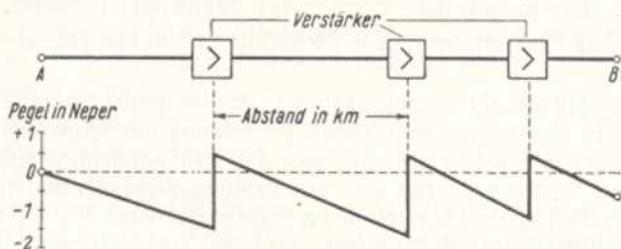
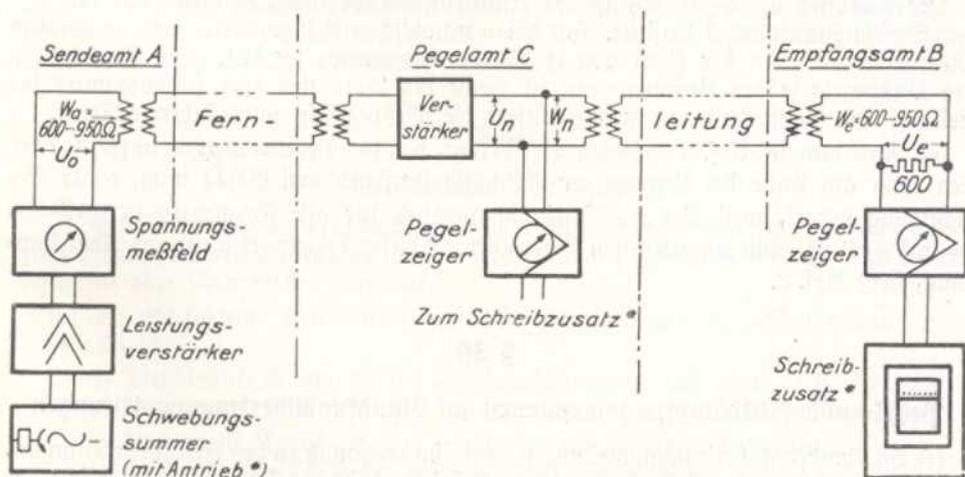


Abb. 109. Pegellinie einer Leitung mit Verstärkern

(5) Beim Fernsprechen wechselt die Leistung am Anfang einer Fernleitung je nach der Entfernung des Teilnehmers vom Fernamt und der Lautstärke, mit der gesprochen wird. Sie erreicht Werte von $\approx 2 \text{ mW}$; im Mittel kann man mit $\approx 1 \text{ mW}$ rechnen. Um die Leitungen unter ähnlichen Verhältnissen zu messen, wird für die Restdämpfungs- und Pegelmessungen nach allgemeiner Übereinkunft eine Wechselstromquelle benutzt, die bei jeder Frequenz möglichst genau 1 mW an die Leitung gibt. Eine solche Stromquelle ist der Milliwattsender (§ 23 Abs. 13), der bei einem inneren Widerstand von 600Ω eine EMK von $1,55 \text{ V}$ entwickelt. Wird er mit einer Leitung verbunden, deren Eingangswiderstand 600Ω (reell) beträgt, so gibt er genau 1 mW an die Leitung ab, wobei am Leitungsanfang die Spannung $0,775 \text{ V}$ besteht. Auf die Leistung $N_0 = 1 \text{ mW}$ oder, wie sich aus dem Folgenden ergibt, auf die Spannung $U_0 = 0,775 \text{ V}$ werden alle Messungen bezogen, und zwar auch dann, wenn der Eingangswiderstand W_a der Leitung nicht genau 600Ω beträgt. Damit der hierdurch verursachte Meßfehler nicht zu groß wird, ist vorgeschrieben, daß sich der Scheinwiderstand W_a der Leitung bei 800 Hz innerhalb der Grenzen von 600 und 950Ω halten muß.



* bei selbsttätiger Messung

Abb. 110. Pegel- und Restdämpfungsmessung auf einer Fernleitung

(6) Es ist nun nicht möglich, die Leistung am Ende der Leitung oder am Ausgang eines Verstärkers unmittelbar zu messen, man muß sie vielmehr auf dem Umweg über die Spannung ermitteln. Die Geräte für diese Messungen (Pegelzeiger, Pegelschreiber oder Pegelmesser) sind sämtlich Spannungsmesser und so geeicht, daß sie den natürlichen Logarithmus des Verhältnisses der gemessenen Spannung U_n zur Bezugsspannung 0,775 V angeben. Der so gemessene Wert ist der Meßpegel in Neper.

Abb. 110 zeigt das Meßverfahren. Die Meßgeräte sind in den folgenden Paragraphen beschrieben.

(7) Der Meßpegel ist also ein Spannungspegel. Er stimmt nur dann mit dem Leistungspegel überein, wenn der Eingangswiderstand der Leitung am Pegelpunkt (in der Meßrichtung gesehen) genau 600 Ω (reell) beträgt. Da dies gewöhnlich nicht zutrifft, muß man den Meßpegel berichtigen, wenn man den Leistungspegel erhalten will. Maßgebend für die Größe des Berichtigungswertes ist der Scheinwiderstand W_n der weiterführenden Leitung für die betreffende Meßfrequenz, weil bei gleichbleibender Leistung N die Spannung U höher ist, wenn der Scheinwiderstand größer ist; dies ergibt sich aus der Beziehung $N = UI = U^2/W_n$.

(8) Bezeichnet man mit U_n die Spannung am Pegelpunkt (Abb. 110), so ist die vom Verstärker abgegebene Leistung

$$N_n = \frac{U_n^2}{W_n}. \quad (1)$$

Die Leistung am Leitungsanfang (1 mW) ist

$$N_0 = \frac{U_0^2}{600} = \frac{0,775^2}{600}. \quad (2)$$

Der Leistungspegel am Pegelpunkt beträgt mithin nach der Erklärung im Abs. 1

$$p = \ln \sqrt{\frac{N_n}{N_0}} = \ln \sqrt{\frac{U_n^2 \cdot 600}{W_n \cdot 0,775^2}} = \ln \frac{U_n}{0,775} + \ln \sqrt{\frac{600}{W_n}}. \quad (3)$$

Der Ausdruck $\ln(U_n/0,775)$ ist der ermittelte Meßpegel p_s , während $\ln \sqrt{600/W_n}$ das Berichtigungsglied A darstellt. Für die gebräuchlichen Leitungsarten und die üblichen Meßfrequenzen kann der Wert von A Tafeln entnommen werden. Die Umrechnung des Meßpegels in den Leistungspegel ist Sache des Voramtes oder Hilfsvoramtes der Leitung; die Verstärkerämter melden diesem die Meßpegel in unveränderter Form.

(9) Aus dem im Abs. 8 Gesagten geht hervor, daß der Pegelwert $p_s = \ln(U_n/0,775)$, den man am Ende der Leitung am Abschlußwiderstand von 600 Ω mißt, keiner Berichtigung bedarf, weil hier das Berichtigungsglied für alle Frequenzen $\ln \sqrt{600/600} = \ln 1 = 0$ ist. Mit umgekehrtem Vorzeichen ist dieser Pegelwert gleich der Restdämpfung, siehe Abs. 2.

§ 39

Pegel- und Restdämpfungsmessungen an Rundfunkübertragungsleitungen

(1) In Rundfunkübertragungsleitungen wird, im Gegensatz zu den Fernsprechleitungen, die Entzerrung der Verstärker so bemessen, daß innerhalb des Übertragungsbereichs der Leitung die von einem Verstärker an den nächstfolgenden Verstärkerabschnitt abgegebene Spannung zu der Spannung, die am Leitungsanfang vorhanden ist, bei jeder Frequenz

in demselben Verhältnis steht, und zwar ohne Rücksicht auf den Scheinwiderstand des folgenden Verstärkerabschnitts. Bei den Messungen schaltet man daher statt des Milliwattsenders einen Wechselstromerzeuger an den Leitungsanfang, der diesem bei allen Frequenzen die gleiche Spannung aufdrückt. Als Bezugsspannung gilt ebenso wie bei den Pegelmessungen an Fernsprechleitungen 0,775 V beim Pegel Null. Als Pegel Null gilt hier aber nicht der Anfang der Fernleitung, sondern der Anfang der vom Verstärkerraum der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft zum Verstärkeramt der DRF führenden Ortsleitung, die im Verstärkeramt über einen Leitungsverstärker mit der weitergehenden Fernleitung verbunden wird.

(2) Am Ausgang aller Rundfunkleitungsverstärker, die mit einer weitergehenden Rundfunkfernleitung abgeschlossen sind, soll der Meßpegel (Spannungspegel) frequenzunabhängig + 0,7 N betragen.

Für den Ausgang des Verstärkers, an den betriebsmäßig die zum Rundfunksender oder zum Verstärkerraum der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft (Funkhaus) führende Ortsleitung angeschlossen ist, gilt dies bei Verstärkern der Bauart 29 aber nur dann, wenn die Ortsleitung während der Messung durch eine Rundfunkfernleitung oder deren Nachbildung ersetzt wird.

(3) Will man die Fernleitung für sich allein messen, dann muß an ihren Anfang (Pegel + 0,7 N) eine Spannung von $0,775 \cdot e^{0,7} = 0,775 \cdot 2 = 1,55$ V gelegt werden. Die Meßeinrichtungen gestatten, sowohl eine Spannung von 0,775 V als auch von 1,55 V frequenzunabhängig abzugeben, siehe die Tafel Abb. 123 auf S. 124.

(4) Die vom letzten Verstärkeramt zum Rundfunksender oder zum Funkhaus führende Ortsleitung ist so entzerrt, daß sich bei betriebsmäßigem Abschluß oder an einem Abschlußwiderstand von 600 Ω ein frequenzunabhängiger Meßpegel von -1,3 N ergibt.

(5) Die Pegel, die man an den Ausgängen der Verstärker und am Abschlußwiderstand der letzten Ortsleitung mißt, brauchen nicht berichtigt zu werden, weil es sich um Spannungspegel handelt. Für die gemessenen Pegelwerte sind ebenso wie bei den Fernsprechleitungen bestimmte Abweichungen von den Sollwerten zugelassen. Näheres siehe in der »Anweisung für die Überwachungs- und Störungsmessungen an Rundfunkübertragungsleitungen und Rundfunkleitungsverstärkern«.

(6) Die Entzerrung der Rundfunkleitungen nach dem Verfahren der frequenzunabhängigen Spannung hat den Vorteil, daß man an die Pegelpunkte ohne weiteres die Höchst- und Mindestwertzeiger schalten kann, mit denen im Verlauf einer Rundfunkübertragung überwacht wird, daß bei keiner Frequenz eine bestimmte Höchstspannung überschritten und eine bestimmte Mindestspannung unterschritten wird (§ 46).

§ 40

Meßschränke und -gestelle

(1) Alle Meßgeräte, die bei den Ämtern zu Restdämpfungs- und Pegelmessungen sowie zum Eingrenzen von Störungen in den Fernleitungen gebraucht werden, sind in Meßschränken oder Meßgestellen vereinigt.

(2) Es gibt folgende Arten (siehe JmC 18/6 und 18/3 und RVS-Beschreibung »Meßgestelle 35«):

- a) Meßschränke 27 und 28 für Fernsprechleitungen, und zwar 27 P und 28 P für Pegelämter, 27 E und 28 E für Endämter; vereinzelt auch in Gestellform.
- b) Meßgestelle 31 und 35 für Fernsprech- und Rundfunkleitungen.

(3) In den Meßschränken 27 und 28 sind folgende Meßgeräte eingebaut:

- a) ein Widerstandsmesser 25 M (§ 13 e) für die Messung des Leitungs- und Isolationswiderstandes mit Gleichstrom,

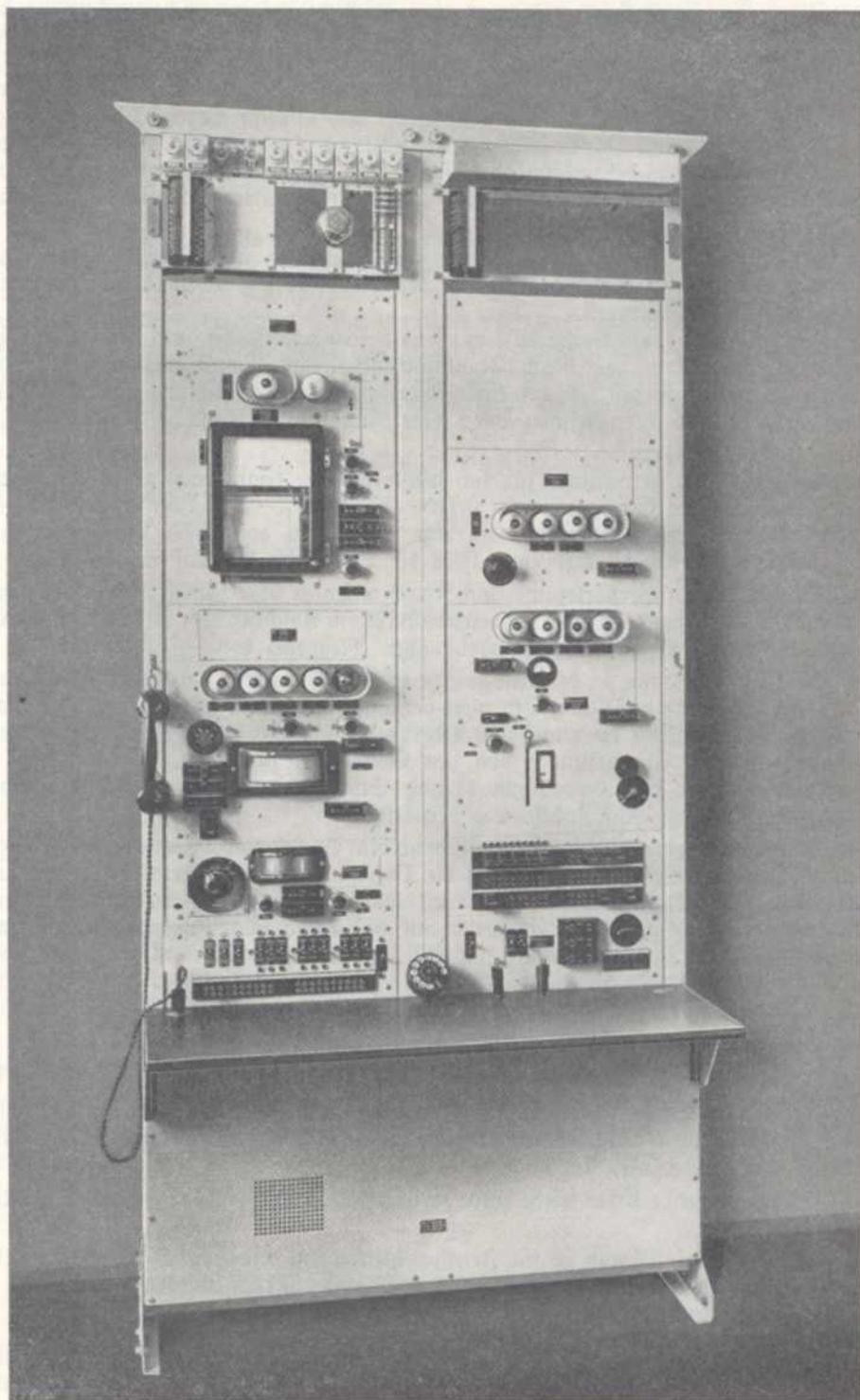


Abb. 111. Meßgestell 35

- b) ein Pegelzeiger (ähnlich dem im § 42 beschriebenen) oder ein Pegelmesser (§ 44),
- c) ein Nebensprechmesser (§ 45) und
- d) — in großen Ämtern — ein Rückkopplungssummer nach ZmE 18/3 oder ein Schwebungssummer (§ 41 b) nebst Leistungsverstärker (§ 41 c).

Klinkenfeld, Bedienungs- und Abfrageeinrichtung stellen die Verbindung zu den Meßpunkten her. Im Spannungsmessfeld (§ 41 d) prüft und eicht man die Meßspannungen und -geräte. Wo der Summer fehlt, liefert eine Tonfrequenzmeßmaschine den Meßwechselstrom (§ 41 a).

(4) Am Meßgestell 35 (Abb. 111) sind oben links Sicherungen, Lötlötenstreifen und Lampen untergebracht. Darunter befinden sich ein Batteriefach, der Schreibzusatz (§ 43), der Pegelzeiger (neben dem Handapparat), das Spannungsmessfeld, Tasten, Schalter und Klinken. Unterhalb der leeren Deckplatte rechts folgen Leistungsverstärker, Schwebungssummer 35 mit Triebwerk sowie das Klinken- und das Bedienungs-feld mit Tasten, Schaltern und Stöpseln.

In manchen Meßgestellen 35 fehlen der Schwebungssummer mit Leistungsverstärker (wenn eine Tonfrequenzmeßmaschine den Meßstrom liefert) oder/und der Schreibzusatz.

(5) Die Meßgestelle 31 sind ähnlich eingerichtet.

§ 41

Stromquellen

a) Die Tonfrequenzmeßmaschine

(1) Sie liefert je nach der Bauart 3...23 Wechselspannungen von unterschiedlicher Schwingzahl (Meßfrequenzen) und kann mehrere Meßeinrichtungen gleichzeitig versorgen.

(2) Der feststehende Mantel der Maschine, Ständer genannt, trägt eine gemeinsame Erregerwicklung, die in die Nuten E_1 und E_2 eingelegt ist (Abb. 112). Sie wird vom Gleichstrom aus der Amtsbatterie von 12, 24 oder 60 V durchflossen. Für jede Meßfrequenz gibt es ferner eine besondere Arbeitswicklung, die auf die Nuten S gleichmäßig verteilt ist.

Innen liegt der Läufer. Dies ist eine Welle mit mehreren Zahnrädern, die bei den älteren Maschinen über eine elastische Kupplung von einem Doppelschlusmotor (mit Neben- und Zusatzreihenwicklung) in Umdrehung gesetzt wird. Der Motor wird aus der Amtsbatterie angetrieben; ein Fliehkraftregler hält ihn auf beständiger Drehzahl, die durch Zungenfrequenzmesser überwacht werden kann. Abb. 113 zeigt links den Frequenzerzeuger (Ständer mit innen liegendem Läufer) und rechts den angekuppelten Motor.

(3) Über neuere Maschinen siehe Abf. 10 und 11.

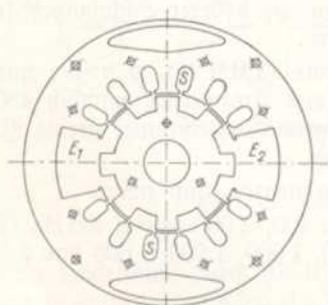


Abb. 112. Tonfrequenzmeßmaschine, Schnitt durch Ständer und Läufer

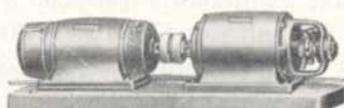


Abb. 113. Tonfrequenzmeßmaschine 28

(4) Der Zungenfrequenzmesser besteht aus einer Anzahl Blattfedern von verschiedener Eigenschwingung, die wie die Zähne eines Kammes auf einer Leiste sitzen. Diese wird von einem Elektromagnet bei jeder Umdrehung einmal angestoßen, weil ein Gleichstrom, der ihn durchfließt, ebenso oft unterbrochen wird. Bei 3 000 Umdrehungen je min ergibt das 50 Stöße in der Sekunde. Durch diese Stöße wird die Feder, deren mechanische Eigenschwingung mit der Drehzahl der Maschine übereinstimmt, in starkes Schwingen versetzt. Liegt die Drehzahl zwischen den Schwingzahlen zweier benachbarter Federn, so kommen beide (und u. U. in geringem Maße auch noch die folgenden) ins Schwingen. Aus der Stärke der Ausschläge läßt sich der Zwischenwert schätzen.

Die Maschine läuft richtig, wenn die Zunge bei einer roten Marke schwingt.

(5) An der Läuferwelle sind mehrere Scheiben aus Eisenblechen (Polräder) angebracht, aus deren Rand Zähne so ausgestanzt sind, daß immer ein Zahn einer Arbeitsspule im Ständer gegenüber steht. Die Zahl der Zähne (und daher auch die der Nuten S) ist bei jedem Polrad anders.

(6) Dreht sich der Läufer, so wird der Kraftfluß in den Arbeitsspulen abwechselnd stärker oder schwächer, je nachdem ob gerade ein Zahn oder eine Lücke vor der Spule steht. Durch diese Änderungen wird in den Arbeitsspulen eine Wechsel-EMK erregt, deren Schwingzahl dem Auf und Ab des magnetischen Flusses entspricht. Die Zahl der Zähne bestimmt mithin zusammen mit der Drehzahl des Läufers die Schwingzahl der erzeugten Wechselspannung. Man erhält somit soviele voneinander unabhängige Meßfrequenzen, wie Polräder vorhanden sind.

Für jedes Polrad ergibt sich die Gesamtspannung als die Summe aller Einzelspannungen in den zugehörigen Arbeitsspulen, weil die Phase der induzierten EMK in allen hintereinander geschalteten Spulen dieselbe ist.

(7) Die Wechselspannungen sind nicht rein sinusförmig; sie müssen daher durch Stromreiniger (Tiefpaßfilter) von störenden Oberwellen befreit werden. Es sind dies Ketten

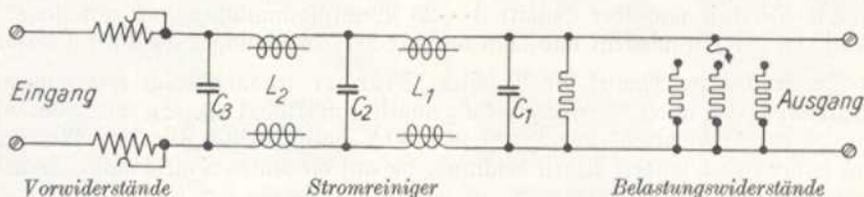


Abb. 114. Widerstände und Stromreiniger der TMM 33

aus Spulen L und Kondensatoren C (Abb. 114), die die Grundschwingung nur sehr wenig dämpfen, während ihre Dämpfung für Wellen von höherer Schwingzahl so groß ist, daß sie für diese so gut wie undurchlässig bleiben.

(8) Die ältere Form der Tonfrequenzmeßmaschine (TMM 25), von der nur noch wenige Stücke im Betriebe sind, liefert drei oder vier Frequenzen, nämlich 480, 800 (1 000) und 1 750 Hz. Da die Leistung des gereinigten Wechselstromes gering ist, muß er durch einen Meßsummenverstärker verstärkt werden.

(9) Die Tonfrequenzmeßmaschine 28 erzeugt 6 Frequenzen, und zwar:

entweder (TMM 28 I) 300, 500, 800, 1 400, 2 000 und 2 400 Hz (Hauptfrequenzen) oder (TMM 28 II) 400, 600, 1 000, 1 200, 1 600 und 2 800 Hz (Nebenfrequenzen).

Diese Maschinen geben etwa 1,6 W her; Verstärker sind also entbehrlich. An eine Maschine können bis zu 10 Meßschränke oder 20 Verstärkungsmeßeinrichtungen (§ 49) angeschlossen werden.

(10) Die Tonfrequenzmeßmaschine der Bauart 33 ist für 20 Frequenzen bestimmt. Ihr Läufer wird durch einen Synchronmotor angetrieben, der an das Drehstromnetz angeschlossen ist. Seine Drehzahl (3 000/min) erhält der Netzstrom von 50 Hz selbst beständig. Motor und Stromerzeuger sind in einem Gehäuse untergebracht; die Pol-

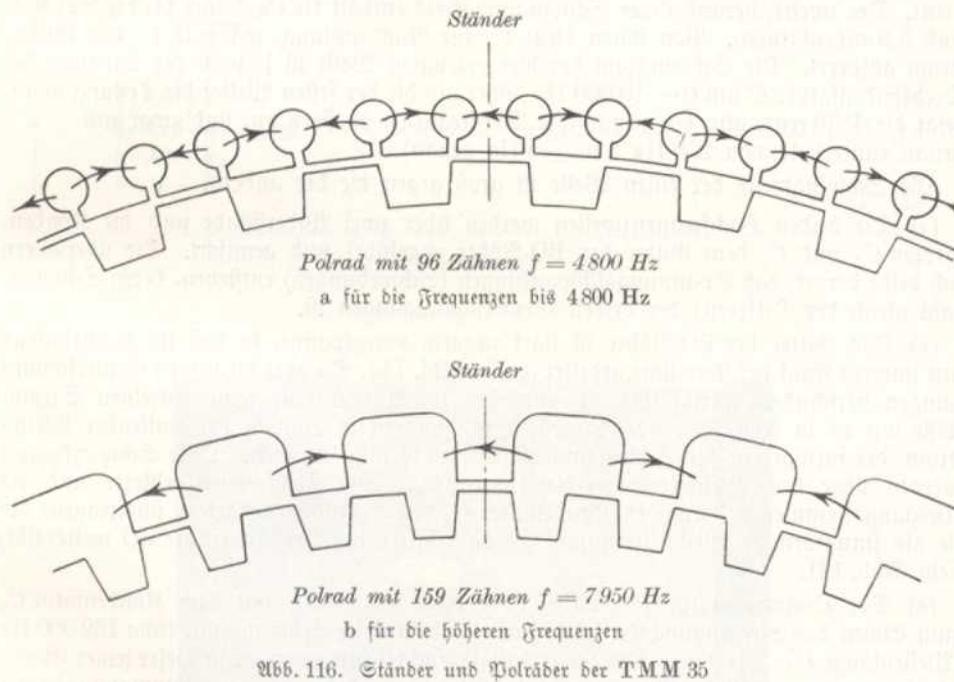


Abb. 115. Läufer der TMM 33

räder und der Läufer des Rotors sitzen auf einer gemeinsamen Welle (Abb. 115). Die Polräder sind durch Zwischenscheiben voneinander getrennt, um gegenseitige Beeinflussung zu verhüten.

19 Frequenzen zwischen 150 und 4 800 Hz werden mit Polrädern erzeugt; die zwanzigste Frequenz von 100 Hz gibt ein vierpoliger Wechselstromerzeuger her (rechts in Abb. 115), der mit auf der Welle sitzt.

(11) Die TMM 35 liefert 23 Frequenzen von 200...7 950 Hz. Sie ist ähnlich gebaut wie die TMM 33; bei den höheren Frequenzen werden genügende Zahnbreite und aus-



reichender Wickelraum durch Polteilung erzielt (Abb. 116b). Die gemeinsame Erregerwicklung ist entweder an 8,5...12 V oder an 19,5...25 V Gleichspannung angeschlossen.

Jede Frequenz wird mit $\approx 0,8$ W Leistung abgegeben, d. h. mit einer Spannung von 15 V an 280 Ω . Es können bis zu 10 Verstärkungsmesseinrichtungen oder -zeiger (mit

2 800 Ω Eingangswiderstand) oder 5 Meßschränke oder Meßgestelle (mit 1 400 Ω Eingangswiderstand) an eine Meßfrequenz angeschlossen werden.

(12) Die Maschinen müssen stets mit voller Belastung laufen, damit ihre Spannung beständig bleibt. Wenn Verbraucher fehlen oder ausfallen, sind statt ihrer die vorhandenen Belastungswiderstände anzuschalten (Abb. 114 rechts). Die Stromentnahme durch die Meßstellen wird mit Spannungsteilern so geregelt, daß die Gesamtbelastung unverändert bleibt, einerlei ob Meßgeräte eingeschaltet sind oder nicht. Die Maschine gibt somit immer gleichmäßigen, nämlich vollen Strom ab.

b) Der Schwebungssummer

(1) In großen Ämtern wird neben der Tonfrequenzmeßmaschine auch der Schwebungssummer als Meßstromquelle benutzt. Mit ihm kann man alle Frequenzen von 0...10 000 Hz (Bauart 31) oder zwischen 0 und 20 000 Hz (Bauart 35) in stetiger Folge senden.

(2) Beim Schwebungssummer 31 entsteht die Meßfrequenz durch Überlagern von zwei Hochfrequenzwellen, deren Schwingzahlen um die der Meßwelle voneinander abweichen (Schwebungsfrequenz). Jene werden in zwei rückgekoppelten Ca-Röhren erzeugt (§ 27b Abs. 8), dann gemischt und in einer BO-Röhre gleichgerichtet.

(3) Der eine Hochfrequenz-Schwingungskreis ist für eine feste Schwingzahl von $\approx 128\,000$ Hz bemessen. Er wird gebildet aus der Ca-Röhre I (Abb. 117), der Spule L_1 und 4 Kondensatoren, von denen C_3 zur Rückkopplung und C_5 als Gleichstromsperrdient. Der zweite, veränderbare Schwingungskreis enthält die Ca-Röhre II, die Spule L_2 und 5 Kondensatoren. Von ihnen dient C_4 zur Rückkopplung, während C_6 den Gleichstrom absperrt. Die Schwingzahl der hier erzeugten Welle ist je nach der Stellung des Drehkondensators C um 0...10 000 Hz höher als die der festen Welle; die Teilung von C zeigt die Differenz, also die gewünschte Meßfrequenz, in Herz an, und zwar um $\pm 2\%$ genau (unterhalb von 250 Hz um ± 5 Hz genau).

Die Schwingweite der einen Welle ist groß gegen die der andern.

(4) Die beiden Hochfrequenzwellen werden über zwei Widerstände und die Kondensatoren C_7 und C_8 dem Gitter der BO-Röhre zugeführt und gemischt. Sie überlagern sich beide derart, daß Spannungsschwankungen (Schwebungen) entstehen, deren Schwingzahl gleich der Differenz der beiden Grundschwingungen ist.

(5) Das Gitter der BO-Röhre ist stark negativ vorgespannt, so daß sie gleichrichtend am unteren Knick der Kennlinie arbeitet (§ 27 b Abs. 7b). Da aber die beiden Grundschwingungen verschieden kräftig sind, so entstehen im Anodenkreise keine einzelnen Stromstöße wie es in Abb. 75 rechts dargestellt ist, sondern es entsteht ein pulsender Gleichstrom, der formgetreu der Schwebungswelle sinusförmig schwankt. Diese Schwankungen werden über den Gleichstromsperrkondensator C_{10} , eine Hochfrequenzsiebplatte und die Ausgangsklemmen 6/7 auf den Kondensator C_1 des Leistungsverstärkers übertragen, der sie als sinusförmige Wechselspannung an das Gitter der Verstärkerröhre BO weitergibt, siehe Abb. 121.

(6) Der Quarzresonator *Res* (Abb. 117) dient zusammen mit dem Kondensator C_2 zum Eichen des Schwingungskreises II auf eine bestimmte Schwingzahl, etwa 139 000 Hz (Wellenlänge $\lambda = 2\,160$ m). Der Quarzkristall leuchtet auf, wenn er in dieser seiner Eigenschwingung erregt wird. Mit dem Kondensator C_1 wird danach der Schwingungskreis I auf die Schwingzahl abgestimmt, die der andere Kreis bei der Nullstellung von C hat.

(7) Abb. 118 zeigt ein tragbares Gerät im Holzkasten. Oben links und rechts sieht man die 3 Eisenwasserstoffwiderstände für die Heizkreise (§ 27d). In der Mitte sitzen die Röhren Ca I, BO und Ca II. Darunter befindet sich der große Drehkondensator C mit Teilung in Herz und Feineinstellung. Rechts davon liegt der Resonator unter einer

Deckplatte. Links sieht man den Feintrieb des Kondensators C_1 . Der Kondensator C_2 (rechts) und der Spannungsteiler R (links unten) werden mit Schrauben eingestellt. Bei den Geräten, die für Meßstränke oder -gestelle bestimmt sind, fehlen Kästen und Anschlußklemmen.

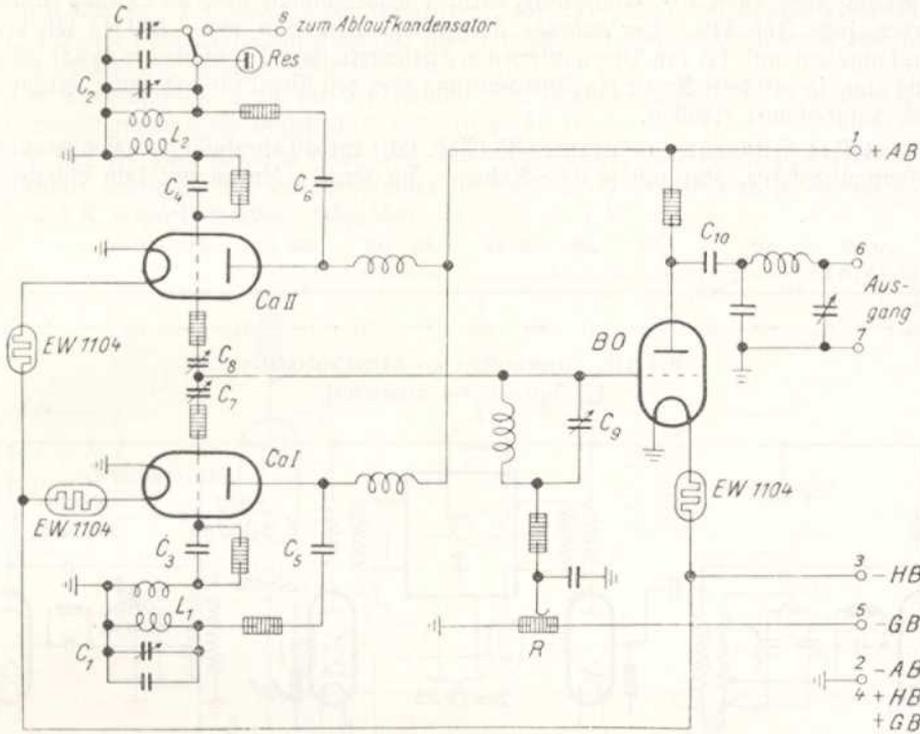


Abb. 117. Schwingensummer 31

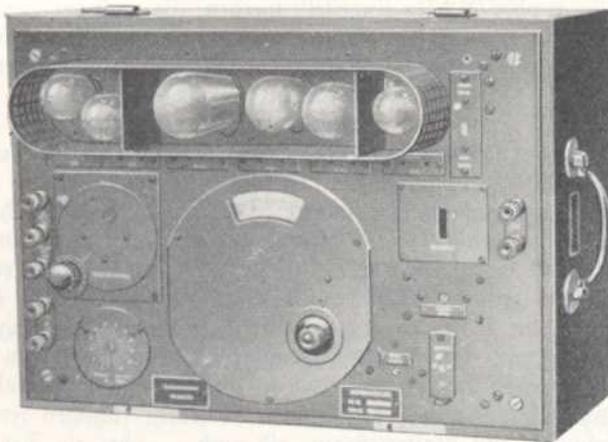


Abb. 118. Schwingensummer 31

(8) Statt des Kondensators C in Abb. 117, der zum Einstellen der Meßfrequenz mit der Hand dient, kann über Klemme 8 ein Drehkondensator (Ablaufkondensator) ange­schaltet werden, dessen Kapazität in gleicher Weise von der Drehbewegung abhängt wie die von C . Ein Uhrwerk, das mit dem Ablaufkondensator verbunden ist, ändert dessen Einstellung fortgesetzt derart, daß innerhalb von ≈ 2 min die Frequenzen von $10 \dots 10\,000$ Hz in stetiger Folge (von $10 \dots 100$ linear, darüber logarithmisch) über die Leitung gesandt werden, siehe Abb. 119. Der anfangs übermittelte Steuertone von $1\,300$ Hz löst beim Empfangsamt und bei den Pegelämpfern die Triebwerke ihrer Pegelschreiber (§ 43) gleich­zeitig aus, so daß diese Amter die Restdämpfung oder den Pegel für das ganze Frequenz­band aufgezeichnet erhalten.

(9) a) Der Schwebungs­summer 35 (Abb. 120) enthält ebenfalls zwei Hochfrequenz­Schwingungskreise, aber mit je 2 Ce -Röhren. Im Kreis 1 können mit dem Schalter S

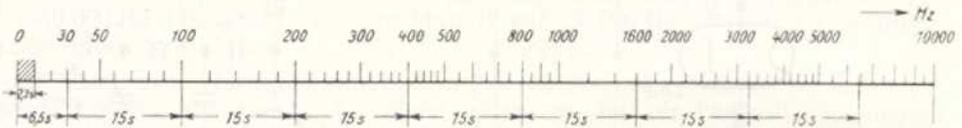


Abb. 119. Frequenzfolge am Ablaufkondensator.

▨ Zeitdauer des Steuertones

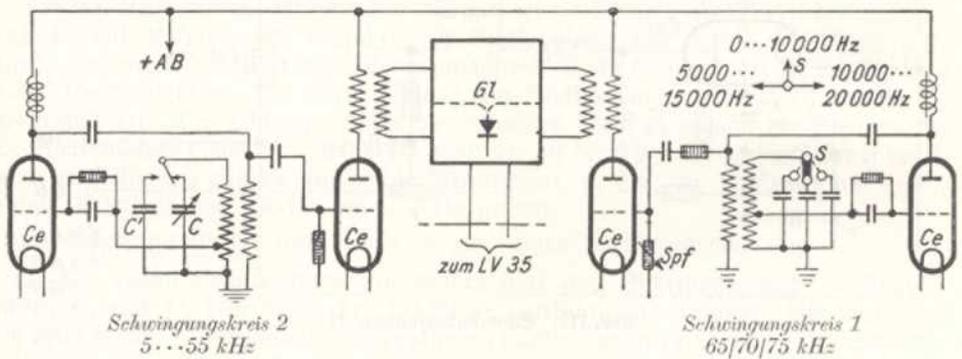


Abb. 120. Schwebungs­summer 35 (Spf = Spannungseintregler)

die Frequenzen 65 , 70 oder 75 kHz eingestellt werden. Je nach der Stellung von S ent­stehen daher durch Mischung mit den Frequenzen des zwischen 65 und 55 kHz stetig ver­änderbaren Kreises 2 im Gleichrichter G Schwebungsfrequenzen zwischen $0 \dots 10\,000$ Hz oder zwischen $5\,000 \dots 15\,000$ Hz oder zwischen $10\,000 \dots 20\,000$ Hz. Die Ausgangs­spannung von $\approx 0,3$ V wird dem Leistungsverstärker zugeführt, siehe S. 123.

b) Auf der Teilung des Drehkondensators C sind die Meßfrequenzen von $0 \dots 10\,000$ Hz angegeben. Sie gilt also unmittelbar nur bei der mittleren Stellung des Schalters S , während man bei dessen andern Stellungen $5\,000$ oder $10\,000$ Hz hinzuzählen muß. Man stellt entweder am Kondensator C die gewünschte Meßfrequenz mit der Hand ein, oder man koppelt C mit einem Uhrwerk oder einem Motor, so daß — wie im Abf. 8 be­schrieben — ein ganzes Frequenzband von 10 kHz Breite in $121,2$ s ausgesandt wird.

c) Der Steuertone von $1\,300$ Hz, der die Triebwerke der Empfänger auslöst (siehe S. 128 Abf. 4), wird durch den festen Kondensator C' eingestellt, den ein Relais beim In­gangsetzen des Sendertriebwerks kurzzeitig an die Stelle von C schaltet.

d) Durch Nullpunktschichtung wird der Summier in seinen richtigen Frequenzbereich ge­bracht. Er kann sowohl mit Batteriestrom, als auch — über ein Nebenschlußgerät — mit Netzstrom betrieben werden.

c) Der Leistungsverstärker

(1) Da die Leistung des Schwebungssummers (RSm) gering ist, muß sie durch einen Leistungsverstärker (LV) verstärkt werden. Der LV zum RSm 31 (Abb. 121) enthält eine Spannungsverstärkerstufe mit BO-Röhre und eine Leistungsstufe mit Da-Röhre. Die Verstärkung kann mit dem Spannungsteiler R in 12 Stufen von je $0,15 \dots 0,2 N$ geregelt werden. Die größte Verstärkung (bei Stufe 12) beträgt bei Abschluß mit $600 \Omega \approx 2,1 N$; die vom Schwebungssummer gelieferte mittlere Eingangsspannung von $2,2 V$ ergibt mithin eine Ausgangsleistung von $0,5 W$.

Der Kondensator C dient zur Entzerrung. Der Nachübertrager $NÜ$ fällt weg, wenn ein Spannungsmessfeld eingeschaltet wird (siehe bei d).

(2) Der LV zum RSm 35 (Abb. 122) hat 4 Ce-Röhren, von denen zwei (rechts) im Gegentakt arbeiten. Die Eingangsspannung kann in 11 Stufen von je $\approx 0,3 N$ bis zu $\approx 5 N$ verstärkt werden. Abgebbare Leistung $\approx 1 W$.

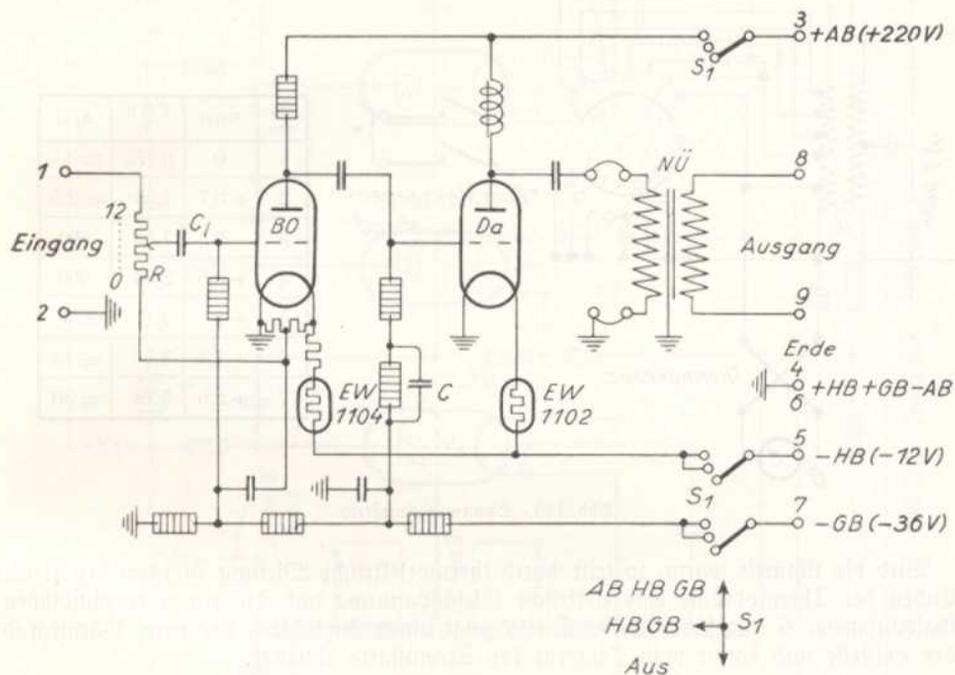


Abb. 121. Leistungsverstärker 31

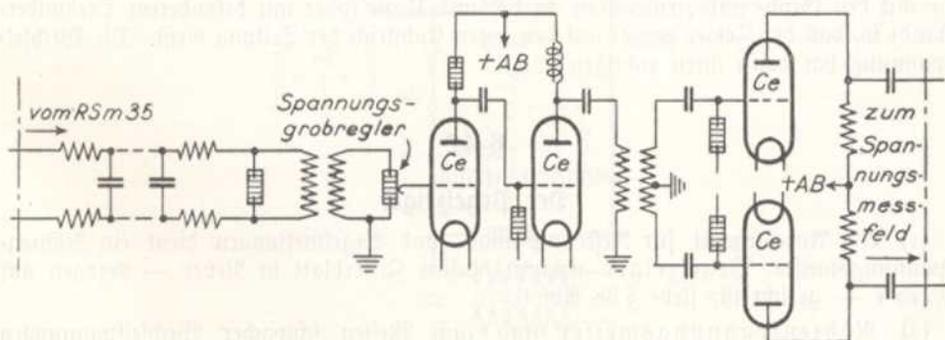


Abb. 122. Leistungsverstärker 35

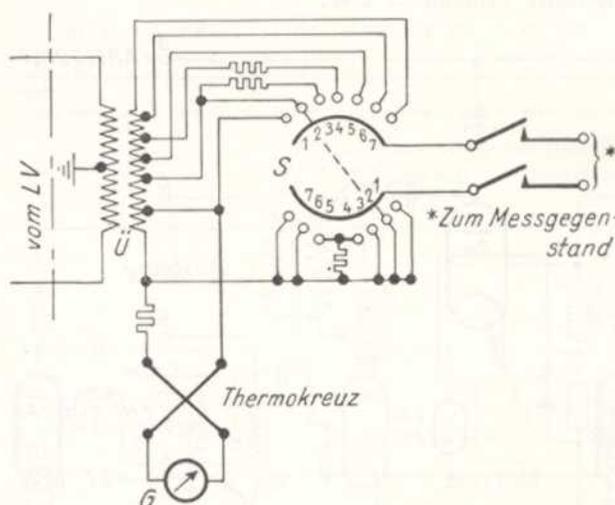
d) Spannungsmessfeld



Abb. 124. Thermogalvanometer

(1) Die Wechselspannung, die Schwebungssummer nebst Leistungsverstärker oder Tonfrequenzmeßmaschine liefern, wird im Spannungsmessfeld mit dem Drehschalter S auf den Betrag eingestellt, der dem jeweiligen Sendepiegel entspricht (siehe die Tafel neben Abb. 123), und dann mit Thermokreuz und Strommesser geprüft.

(2) Das Thermokreuz (Abb. 124) besteht aus einem Eisendraht E und einem Konstantandraht K , die miteinander verlötet sind. Um die Lötstelle ist ein zweiter Konstantandraht (Heizdraht) geschlungen, der sie erwärmt, wenn er von einem Gleich- oder Wechselstrom durchflossen wird. Das Kreuz befindet sich in einer luftleeren Glasbirne.



Stellung	Reper	EMK V	$R_t \Omega$
1	0	0,775	≈ 1
2	+ 0,7	1,55	$\approx 2,5$
3	0	1,55	600
4	+ 0,5	2,54	600
5	+ 1	2,1	≈ 5
6	+ 1,4	3,1	≈ 15
7	+ 2,0	5,72	≈ 30

Abb. 123. Spannungsmessfeld

Wird die Lötstelle warm, so tritt durch thermoelektrische Wirkung zwischen den freien Enden der Thermodrähte eine elektrische Gleichspannung auf, die einem empfindlichen Galvanometer G zugeführt wird. Dieses zeigt einen Ausschlag, der vom Wärmegrad der Lötstelle und damit vom Quadrat der Stromstärke abhängt.

(3) Man eicht das Thermogalvanometer zunächst mit einer Gleichspannung von 0,775 V. Dann legt man die Wechselspannung an den Heizfaden des Kreuzes und regelt sie mit den Grob- und Feinreglern an LV und R_{Sm} (oder mit besonderem Drehwiderstand) so, daß der Zeiger von G auf den roten Eichstrich der Teilung weist. Die Wechselspannung hat dann ihren richtigen Wert.

§ 42

Der Pegelzeiger

(1) Als Anzeigergerät für Restdämpfungs- und Pegelmessungen dient ein Röhrenspannungsmesser, Pegelzeiger genannt, dessen Zifferblatt in Reper — bezogen auf 0,775 V — geeicht ist; siehe § 38 Abs. 6.

(2) Röhrenspannungsmesser sind zum Messen schwacher Wechselspannungen besonders geeignet, weil sie einen so hohen Eingangswiderstand haben, daß die zu

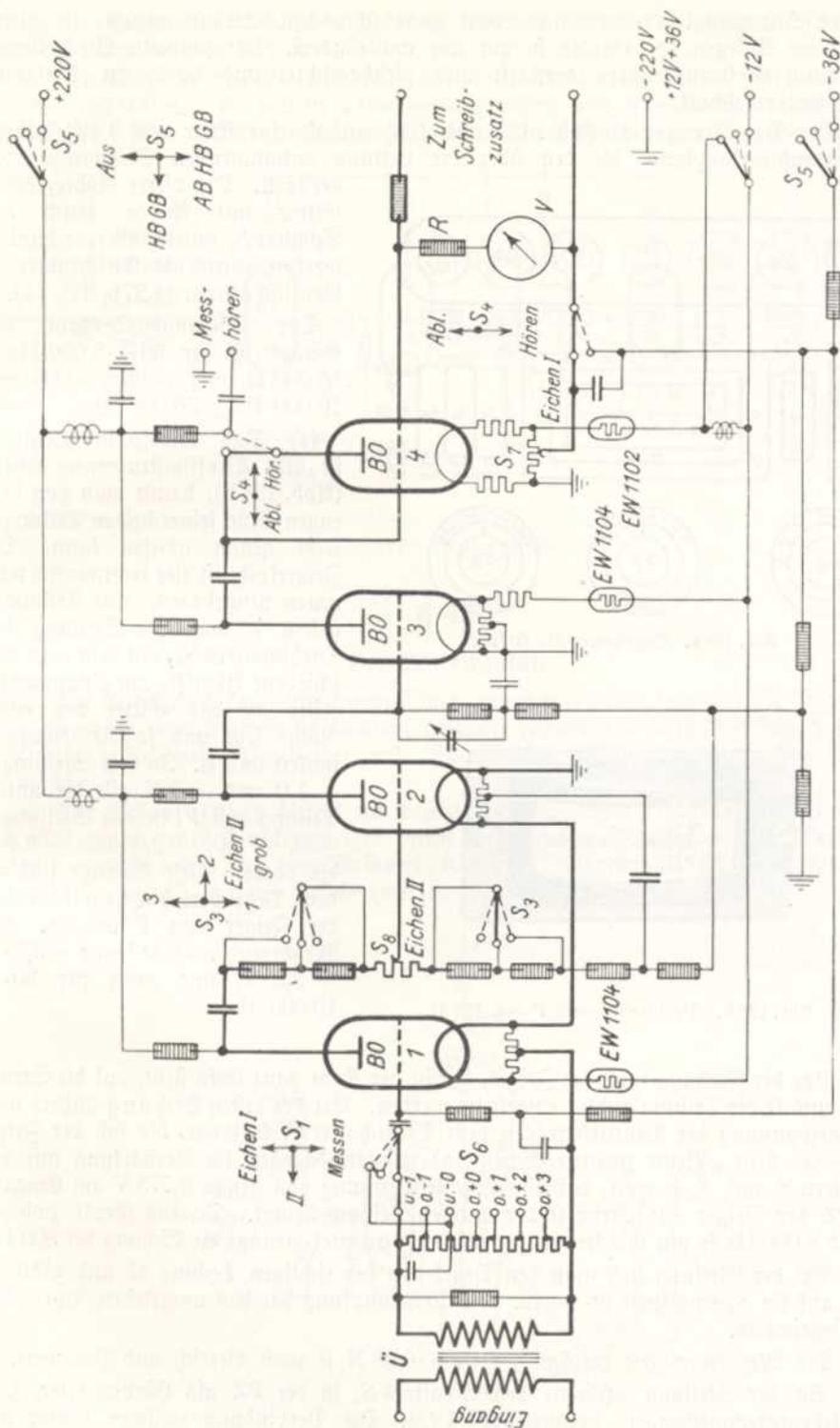


Abb. 125. Pegelzeiger 31, Schaltung

messende Spannung in ihnen nur einen ganz schwachen Strom erzeugt; sie bleibt daher beim Anlegen des Geräts so gut wie unverändert. Der schwache Wechselstrom wird durch Elektronenröhren verstärkt und gleichgerichtet und durch ein Drehspulgalvanometer geschickt.

(3) Der Pegelzeiger 31 (Abb. 125 und 126) enthält eine Kette von 3 BO-Röhren in Kondensatorkopplung, die den über die Leitung ankommenden Meßwechselstrom verstärkt. Die vierte Röhre, deren Gitter und Anode durch den Schalter S_4 miteinander verbunden werden, wirkt als Gleichrichter in Ventilschaltung (§ 27 b Abs. 7a).

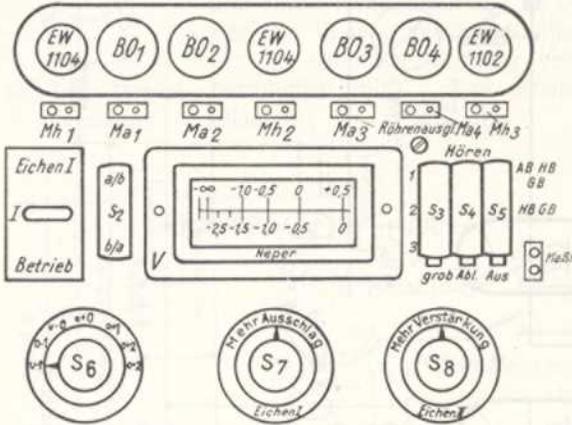


Abb. 126 a. Pegelzeiger 31, Ansicht

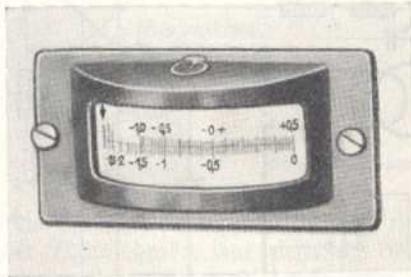


Abb. 126 b. Profillinstrument V des PZ 31

Der Eingangswiderstand des Geräts ist für $50 \dots 8\,000\text{ Hz} \geq 50\,000\ \Omega$ und zwischen $8\,000$ und $10\,000\text{ Hz} \geq 30\,000\ \Omega$.

(4) Das Drehspulmeßgerät V ist als »Profillinstrument« gebaut (Abb. 126 b), damit man von dem engen Stück seiner beiden Teilungen recht genau ablesen kann. Die Zeigerspitze ist hier rechtwinklig nach unten umgebogen. Die Teilungen gelten je nach der Stellung des Drehschalters S_6 , mit dem man verschiedene Abgriffe am Spannungsteiler an das Gitter der ersten Röhre legt und so die Empfindlichkeit ändert. In den Stellungen $-1,0$ und $-0,5\text{ N}$ gilt die untere Teilung von V, in den Stellungen $+0, +1,0, +2,0$ und $+3,0\text{ N}$ die obere. Diese Beträge sind zu dem Pegelwert hinzuzuzählen, den der Zeiger von V anzeigt. Der Meßbereich umfaßt somit $-3,5 \dots +3,5\text{ N}$, und zwar für $30 \dots 10\,000\text{ Hz}$.

(5) Vor der Messung muß der Zeiger, der in der Ruhe ganz links steht, auf die Striche $-\infty$ und 0 der Teilung richtig eingestellt werden. Bei der ersten Eichung ändert man die Vorspannung der Ventiltröhre mit dem Drehschalter S_7 , so lange, bis sich der Zeiger auf $-\infty$ stellt. Beim zweiten Eichen ändert man dagegen die Verstärkung mit den Schaltern S_2 und S_8 so weit, daß eine Wechselspannung von genau $0,775\text{ V}$ am Eingang des PZ den Zeiger auf Strich 0 der unteren Teilung bringt. Da das Gerät zwischen 30 und $8\,000\text{ Hz}$ so gut wie frequenzunabhängig arbeitet, genügt die Eichung bei 800 Hz .

(6) Bei der Messung liest man den Pegel von der richtigen Teilung ab und zählt die Zahl, auf die S_6 eingestellt ist, hinzu. Die Restdämpfung hat das umgekehrte Vorzeichen des Pegelwerts.

(7) Die Meßgenauigkeit beträgt $\pm 0,02 \dots 0,06\text{ N}$ je nach Bereich und Frequenz.

(8) In der Stellung »Hören« des Schalters S_4 ist der PZ als Hörverstärker, z. B. für Nebensprechmessungen, verwendbar (§ 45). Die Verbindung zwischen Gitter und

Anode der Ventiltröhre ist dann aufgehoben, und das Gitter erhält seine Vorspannung über die Feder »Hören I« von S_4 .

(9) Der Pegelzeiger 35 (Abb. 127) hat einen Meßbereich von $-4,5 \dots +3,5$ N für $30 \dots 20\,000$ Hz. Er enthält 4 Ce-Verstärkerröhren und eine Aa-Röhre als Ventilgleichrichter. Aber ein Netzanschlußgerät kann er mit Netzstrom betrieben werden.

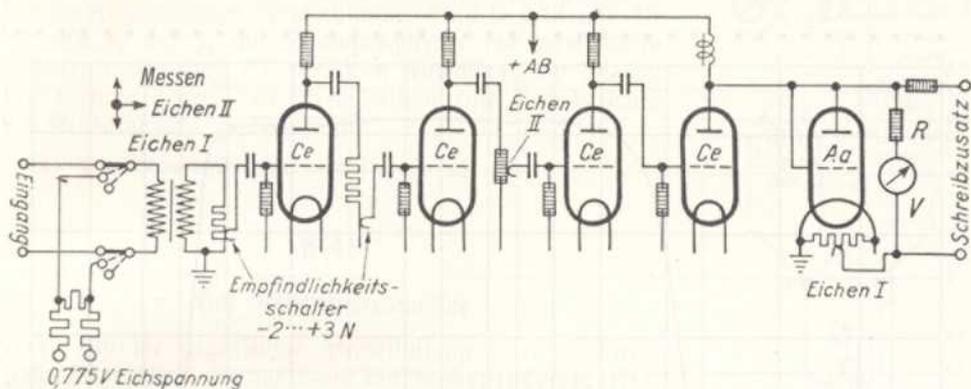


Abb. 127. Pegelzeiger 35

§ 43

Der Schreibzusatz

(1) Der Pegelzeiger kann mit einem Schreibzusatz verbunden sein, der die Pegelwerte für das ganze vom Schwebungsnummer gefandte Frequenzband (§ 41 b Abs. 8 und 9) selbsttätig aufzeichnet. Pegelzeiger und Schreibzusatz bilden zusammen den Pegelschreiber.

(2) Der Schreibzusatz besteht im wesentlichen aus einer Brückenschaltung, bei der der Widerstand eines Brückenzeiges durch den inneren Widerstand einer Verstärkerröhre dargestellt wird, und dem Meßwert, das beim Meßgestell 31 im Brückenquerarm, beim Meßgestell 35 in zwei Brückenzeigen liegt (Abb. 128).

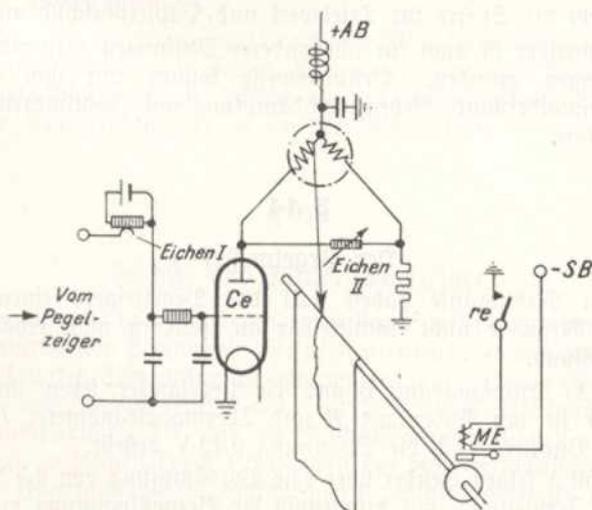


Abb. 128. Schreibzusatz

(3) Die ankommende Meßwechselspannung, die im Pegelzeiger verstärkt und gleichgerichtet wurde, steuert das Gitter der Ce-Röhre im Schreibzusaß durch den Spannungsabfall an dem Querswiderstand, der (Abb. 125 und 127 rechts) aus R und dem Eigenwiderstand des Spannungsmessers V besteht, und beeinflusst dadurch den inneren Widerstand der Röhre. Dementsprechend ändern sich die Ströme in den Brückenzweigen

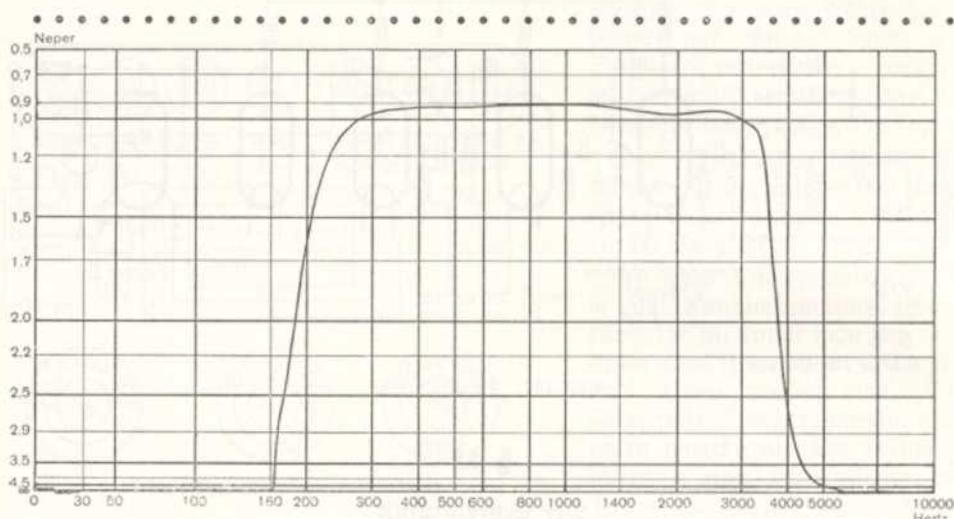


Abb. 129. Restdämpfung einer Fernsprechleitung, aufgezeichnet durch den Pegelschreiber

und verursachen Ausschläge des Meßwerks. Sein Zeiger trägt eine mit Tinte gefüllte Schreibfeder, die auf dem vorbeigleitenden Schreibpapier die Meßwerte aufzeichnet (Abb. 129).

(4) Sender und Empfänger müssen genau gleich laufen, was durch die Wahl geeigneter Triebwerke (Uhrwerke oder Motoren) sichergestellt ist. Sobald der Steuertone des Senders eintrifft, schließt ein Relais den Kontakt *re*. Hierdurch wird der Magnet *ME* erregt. Er spricht an und hebt die Sperre für Triebwerk und Papiervorschub auf.

(5) Der Pegelschreiber ist auch für alle anderen Messungen verwendbar, die sich auf Spannungsmessungen gründen. Beispielsweise können mit ihm Fehlerdämpfung, Verstärkung, Scheinwiderstand, Nebensprechdämpfung und Nichtlinearität gemessen und aufgezeichnet werden.

§ 44

Der Pegelmesser

(1) Die älteren Meßschranke haben statt des Pegelzeigers einen Pegelmesser. Dieser zeigt den Meßwert nicht unmittelbar an, sondern man erhält ihn erst durch eine Vergleichsmessung.

(2) Sendeamt A, Empfangsamt B und die Pegelämter setzen ihre Meßsender in Gang und stellen sie mit Widerstand R und Thermogalvanometer Th (Abb. 130) so ein, daß an den Punkten *a*—*b* die Spannung 9,43 V besteht.

Sierauf legt Amt A seinen Sender über eine Vordämpfung von 2,5 N an den Anfang der zu messenden Fernleitung, wo demgemäß die Bezugsspannung von $(9,43 : e^{2,5} =) 0,775$ V herrscht, wenn die Leitung genau 600 Ω Eingangswiderstand hat.

(3) Amt B mißt die Spannung U_e am Abschlußwiderstand von 600Ω mit einem Röhrenspannungsmesser RV von hohem Eingangswiderstand ($> 200\,000 \Omega$) und merkt sich dessen Ausschlag. Dann schaltet B den Röhrenspannungsmesser durch Umlegen von S auf den eigenen Sender um und sucht am Spannungsteiler eine Spannung auf, die mit der vorher gemessenen übereinstimmt. Amt B stellt also die Abgriffe f_1 und f_2 am Spannungsteiler mit zwei Drehschaltern so ein, daß RV denselben Ausschlag zeigt wie an der Leitung. Von den Drehschaltern liest Amt B dann die Restdämpfung in Neper ab.

(4) Die Pegelämter handeln sinngemäß.

§ 45

Der Nebensprechmesser

(1) Um die gegenseitige Beeinflussung zweier Sprechkreise festzustellen, benutzt man den Nebensprechmesser. Er besteht aus einem Eingangsübertrager, einer festen Vordämpfung von 3 N , einer Eichleitung mit 600Ω Kennwiderstand, die über den Bereich von $3 \cdot 11 \text{ N}$ in Stufen von $0,1 \text{ N}$ eingestellt werden kann, und einem Ausgangsübertrager; siehe ZmE 18/6.

Bei hohen Nebensprechwerten dient der Verstärkerteil des Pegelzeigers (oder der Röhrenspannungsmesser des Pegelmessers) als Hörverstärker.

(2) Der Meßwechselstrom der Tonfrequenzmeßmaschine oder des Schwebungssummers wird der beeinflussenden Leitung 1 und zugleich der Eichleitung zugeführt, vgl. Abb. 57 b auf S. 73. Mit einem Meßfernrohr hört man sodann abwechselnd die beeinflusste Leitung 2 und die Eichleitung ab und ändert diese dabei so lange, bis der Summertone im Hörer beidemal gleich laut klingt. Hierauf liest man die Nebensprechdämpfung in Neper von der Eichleitung ab.

(3) Beim Messen des Gegenebensprechens (Abb. 58 b) sendet das ferne Amt B. Die Gegenebensprechdämpfung in Neper ist gleich der Zahl, die Amt A nach dem Abgleichen an der Eichleitung abliest, erhöht um die Restdämpfung der beeinflussenden Leitung 1 für die Sprechrichtung B—A bei der Meßfrequenz.

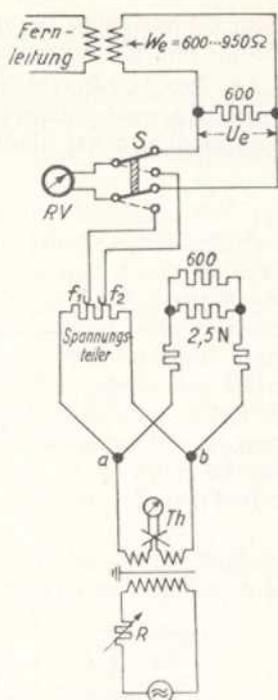


Abb. 130. Pegelmesser beim Empfangsamt B

§ 46

Höchst- und Mindestwertzeiger

(1) Bei der Übertragung von Darbietungen in Rundfunkleitungen muß darauf geachtet werden, daß die auftretende Spannung (Nutzspannung), die namentlich bei der Übertragung von Musik starken Schwankungen unterworfen ist, bestimmte Höchst- und Mindestwerte nicht über- oder unterschreitet. Im deutschen Rundfunkleitungsnetz beträgt die höchst zulässige Nutzspannung 4 V und die Mindestspannung 40 mV . Wird die Höchstgrenze überschritten, so können durch Übersteuerung der Röhren nichtlineare Verzerrungen entstehen, die die Übertragungsgüte verschlechtern. Sinkt andererseits die Nutzspannung unter den zulässigen Mindestwert, so besteht die Gefahr, daß die Güte der Übertragung

durch Störgeräusche beeinträchtigt wird. Man überwacht deshalb die Übertragung durch Höchst- und Mindestwertzeiger.

(2) Der Höchstwertzeiger ist ein Röhrenspannungsmesser mit der besonderen Eigenschaft, Spannungsschöße länger auf ein Anzeigegerät wirken zu lassen, damit man den Zeigerausschlag gut ablesen kann. Dies wird wie folgt erreicht (Abb. 131): Legt man

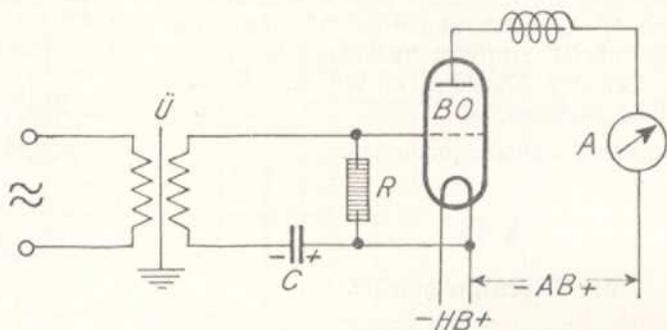


Abb. 131. Höchstwertzeiger

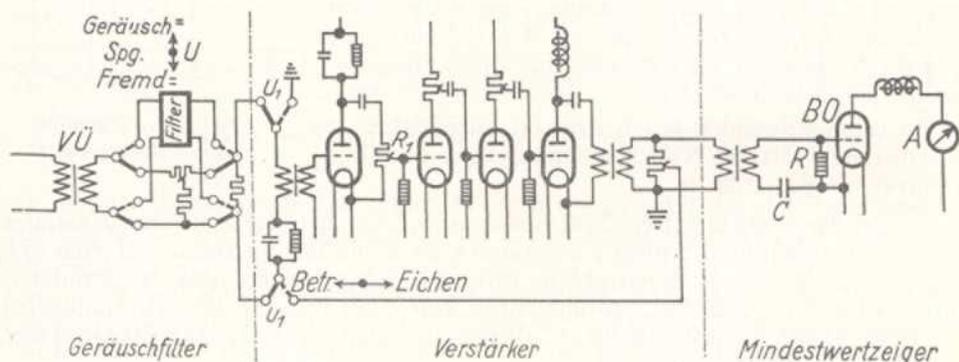


Abb. 132. Mindestwertzeiger

eine Wechselspannung an den Übertrager \bar{U} , so rufen die positiven Halbwellen Ströme zum Gitter hervor, weil die Röhre ohne Gittervorspannung arbeitet. Diese Ströme laden den Kondensator C derart auf, daß dem Gitter eine negative Vorspannung erteilt wird, deren Größe von der anliegenden Wechselspannung abhängt. Hierdurch tritt eine Abnahme des im Anodentkreis fließenden Gleichstromes ein, die vom Strommesser A angezeigt wird. Das Aufladen des Kondensators C und damit die Anzeige der Anodenstromänderung durch A benötigen eine gewisse Zeit, welche hauptsächlich bestimmt ist durch die Größe von C und R und die des Scheinwiderstandes von \bar{U} , von der Gitterseite her gesehen. Ein Spannungsschöß muß diese Zeit andauern, wenn der seiner Größe entsprechende Ausschlag erreicht werden soll. Als Ansprechzeit t_a wird vereinbarungsgemäß die Dauer des Spannungsschößes bezeichnet, die nötig ist, damit der Strommesser 80% des Vollausschlages erreicht, d. h. des Ausschlags, den er geben würde, wenn die betreffende Spannung dauernd anläge.

(3) Verschwindet die Wechselspannung, so verliert der Kondensator seine Ladung über \bar{U} und den großen Widerstand R allmählich; daher verläßt der Zeiger von A nur langsam die dem Spitzenwert entsprechende Einstellung. Als Abklingzeit t_e bezeichnet

man die Zeit, in der der Zeiger auf 5% des Vollausschlages zurückgeht. Sie ist abhängig von den Größen von C , R und U .

(4) Auch der Mindestwertzeiger (Abb. 132) ist ein Röhrenspannungsmesser. Seine Empfindlichkeit wird durch einen vierstufigen Verstärker wesentlich erhöht. Außer den Mindestwerten der Ruhspannung können auch Fremd- und Geräuschspannungen mit ihm gemessen werden.

(5) Zum Messen der Mindestspannung wird der Eingangsübertrager VU des Geräts mit dem betriebsmäßig belasteten Ausgang des Rundfunkleitungsverstärkers verbunden, und zwischen VU und dem Verstärker des Meßgeräts wird durch Umlegen des Schalters U in die Stellung »Fremdspannung« ein verzerrungsfreies Dämpfungsglied geschaltet. Hierauf ändert man den Verstärkungsregler R_1 , dessen Stufen durch das Verhältnis der eingestellten zur kleinsten Verstärkungsziffer gekennzeichnet sind, so lange, bis der Zeiger des Spannungsmessers A bei den leifesten Stellen der Übertragung sich nicht mehr in dem rot gekennzeichneten Bereich der Teilung befindet. Steht R_1 dann z. B. in der Stellung 40 und zeigt der Zeiger bei den leifesten Stellen der Übertragung $4 V_{eff}$ an, so beträgt die Mindestspannung $4/40 V_{eff} = 100 mV_{eff}$. In Stellung 100 des Verstärkungsreglers soll der Zeiger im allgemeinen nicht in den rot gekennzeichneten Bereich der Teilung kommen.

(6) Fremdspannungen werden in der gleichen Schaltung gemessen wie die Mindestspannung. Unter Fremdspannung ist eine unbewertete Störspannung zu verstehen, d. h.

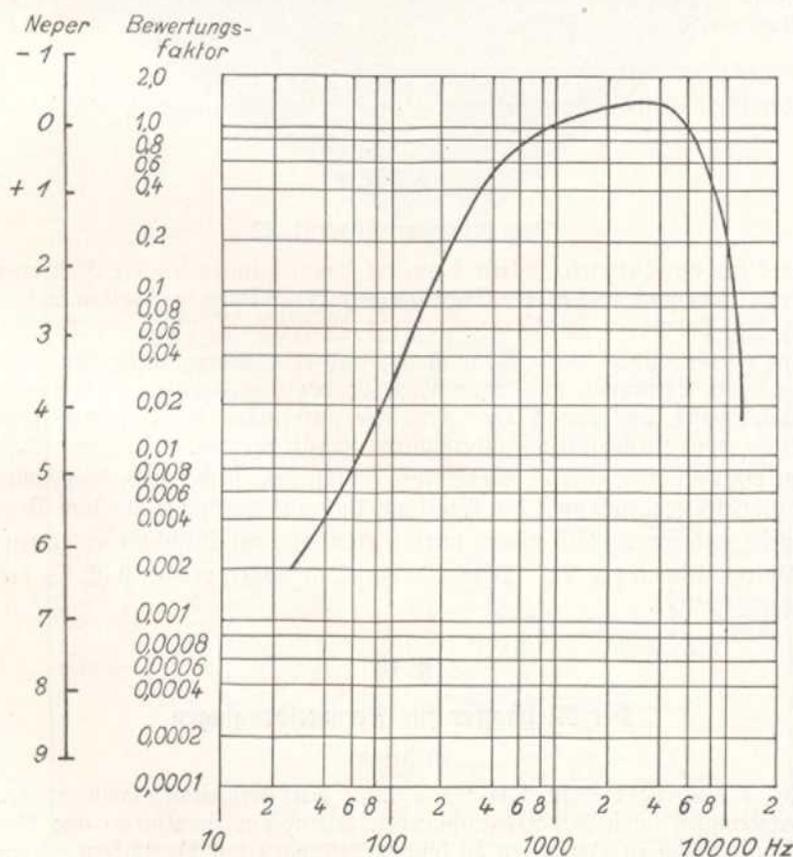


Abb. 133. Störgewichtskurve für Rundfunkübertragungsleitungen

diese Störspannung wird nicht entsprechend ihrer Frequenz nach der Störwirkung auf das Ohr bewertet. Die Fremdspannung soll nicht größer sein als 1% der höchsten Ruhspannung. Im deutschen Rundfunkleitungsnetz darf die Fremdspannung mithin 40 mV nicht übersteigen.

(7) a) Will man Geräuschspannungen messen, so legt man den Schalter *U* in die Stellung »Geräuschspannung«, wodurch dem Verstärker statt des verzerrungsfreien Dämpfungsgliedes ein Filter vorgeschaltet wird. Dies ist eine mehrgliedrige Siebkette, deren Dämpfungskurve so bemessen ist, daß sich die in Abb. 133 wiedergegebene Störgewichtskurve ergibt. Aus ihr kann man entnehmen, wie jede in einem Spannungsgemisch enthaltene Frequenz hinsichtlich ihrer Störfähigkeit bei Rundfunkübertragungsleitungen zu bewerten ist.

b) Als Bezugsfrequenz sind 800 Hz gewählt worden, deren Störfähigkeit gleich 1 (0 N) gesetzt ist. Eine Spannung von n V bei 200 Hz z. B. verursacht demnach die gleiche Störwirkung wie eine solche von $0,15 n$ V bei 800 Hz.

c) Die Geräuschspannung soll nicht höher sein als 1‰ der höchsten Ruhspannung. Sie darf daher im deutschen Rundfunkleitungsnetz 4 mV nicht überschreiten.

(8) Eigenschaften:

	t_a in ms	t_e in s	Meßbereich
Höchstwertzeiger 31	20...30	4...8	0...6 V_{eff}
Mindestwertzeiger 31 (mit Verstärker)	175...225	14...24	0...5 V_{eff}

Statt der BO-Röhren werden neuerdings Aa-Röhren verwendet.

(9) Über Geräuschspannungsmessungen an Fernsprechleitungen s. TMD II S. 147.

§ 47

Das Röhrenprüfgerät 32

(1) Es dient den Verstärkerämtern dazu, die Haupteigenschaften der Elektronenröhren zu prüfen, Fehler nach solchen der Apparate und der Röhren zu scheiden und die Eingrenzung von Störungen zu erleichtern.

(2) Das Gerät enthält einen Spannungs- und einen Strommesser für Gleichstrom, mit denen man Spannung und Stromstärke in den Heiz-, Gitter- und Anodenkreisen der Röhren messen und danach ihre Kennlinie aufnehmen kann. Ferner können die Regelbereiche von Eisenwasserstoffwiderständen geprüft werden.

(3) Um die Verstärkungsziffer einer Röhre festzustellen, sendet man Wechselstrom mit einem Milliwattfender und mißt den Pegel am Ausgang der Röhre mit dem Pegelzeiger.

Durchgriff und innerer Widerstand werden ebenfalls mit Wechselstrom gemessen.

(4) Näheres siehe in der MS-Beschreibung »Das Röhrenprüfgerät 32 für den Fernsprechverstärkerdienst«.

§ 48

Der Meßkoffer für Fernmeldeanlagen

a) Zweck

(1) Dieses vielseitig verwendbare Gerät dient den Fernleitungsfacharbeitern oder ihren Beauftragten sowie den Telegraphenbauämtern, den Fernsprech- und Verstärkerämtern hauptsächlich zu Messungen an solchen Leitungen mit Verstärkern, die in Orten ohne Meßeinrichtung endigen.

(2) Man kann damit Pegel-, Reißdämpfungs- und Verstärkungsmessungen bei 12 verschiedenen Frequenzen sowie einfache Scheinwiderstandsmessungen durchführen. Ferner gebraucht man das Gerät, wenn es sich darum handelt, die Betriebsdämpfung verstärkerloser Leitungen bei mehreren Frequenzen festzustellen. Die handlichen Abmessungen und das geringe Gewicht (11 kg) machen das Gerät für Messungen auf der Strecke — z. B. bei der Fehlersuche und Fehlereingrenzung — besonders geeignet.

b) Bauart

(1) Die einzelnen Meßgeräte sind in einem Lederkoffer untergebracht (Abb. 134 und 135). Links befindet sich der Sendeteil, rechts (in besonderem Aluminiumgehäuse) der Empfangsteil.

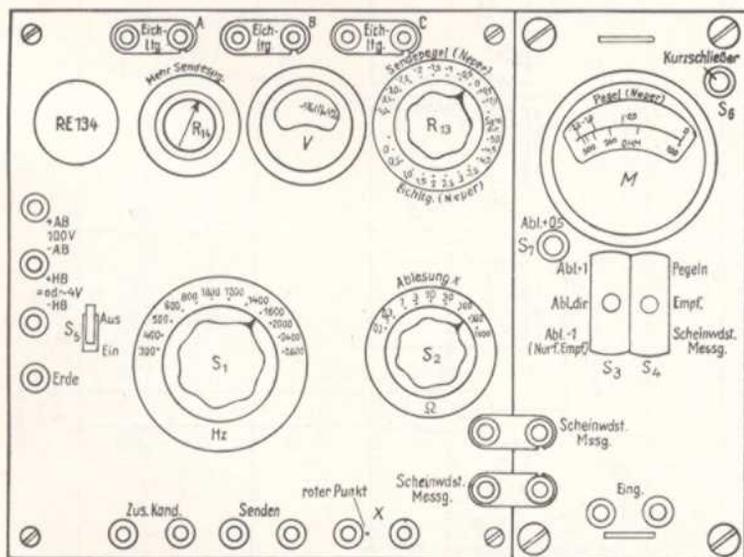
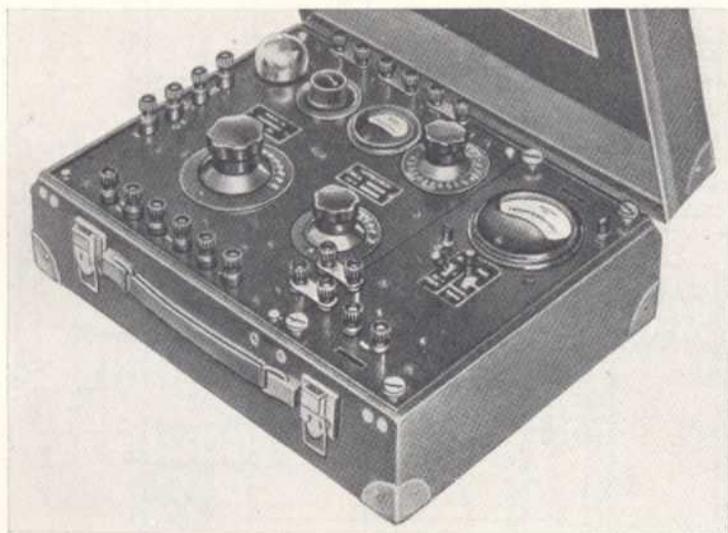


Abb. 134. Meßkoffer für Fernmeldeanlagen

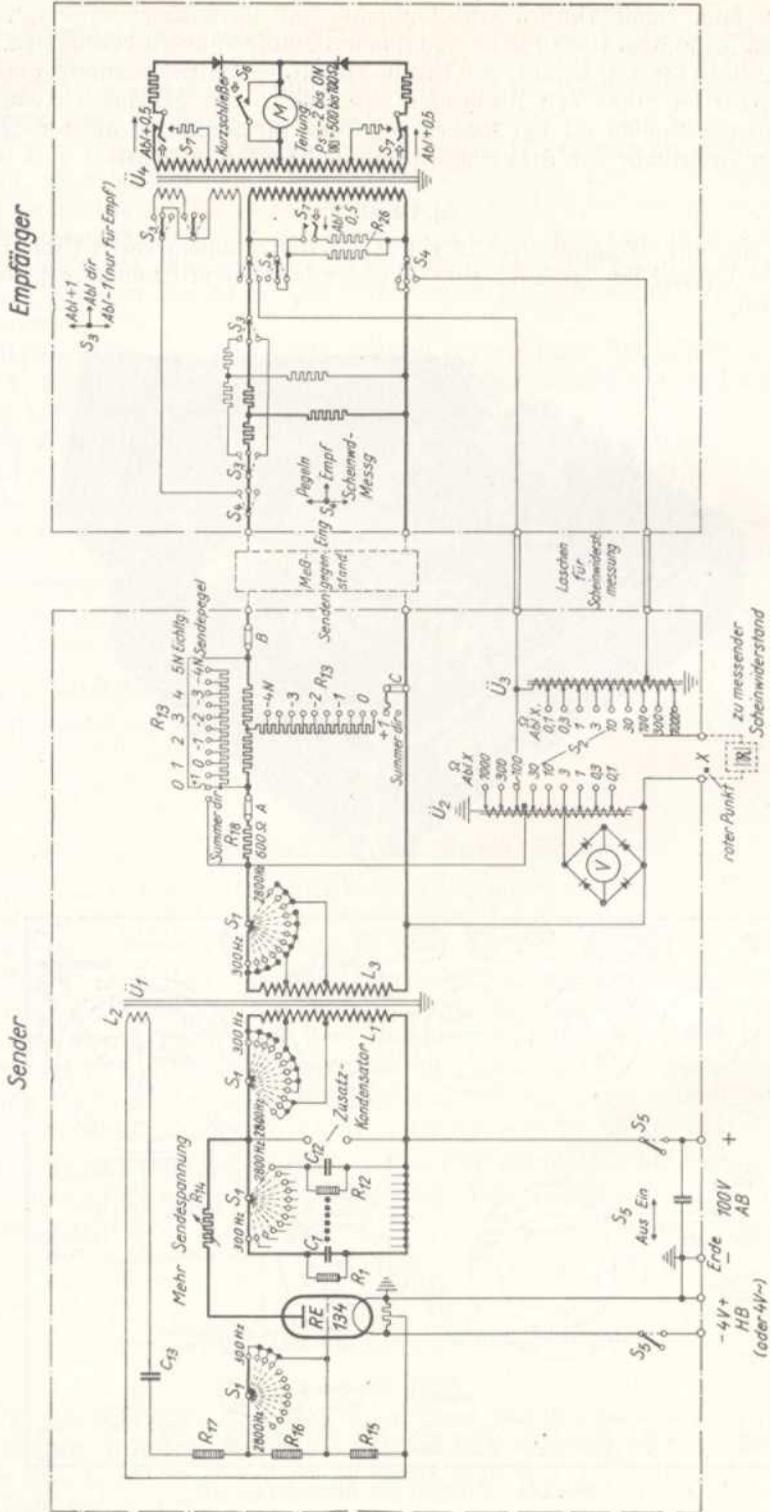


Abb. 135. Meßstoffer für Fernmeldeanlagen, Schaltung

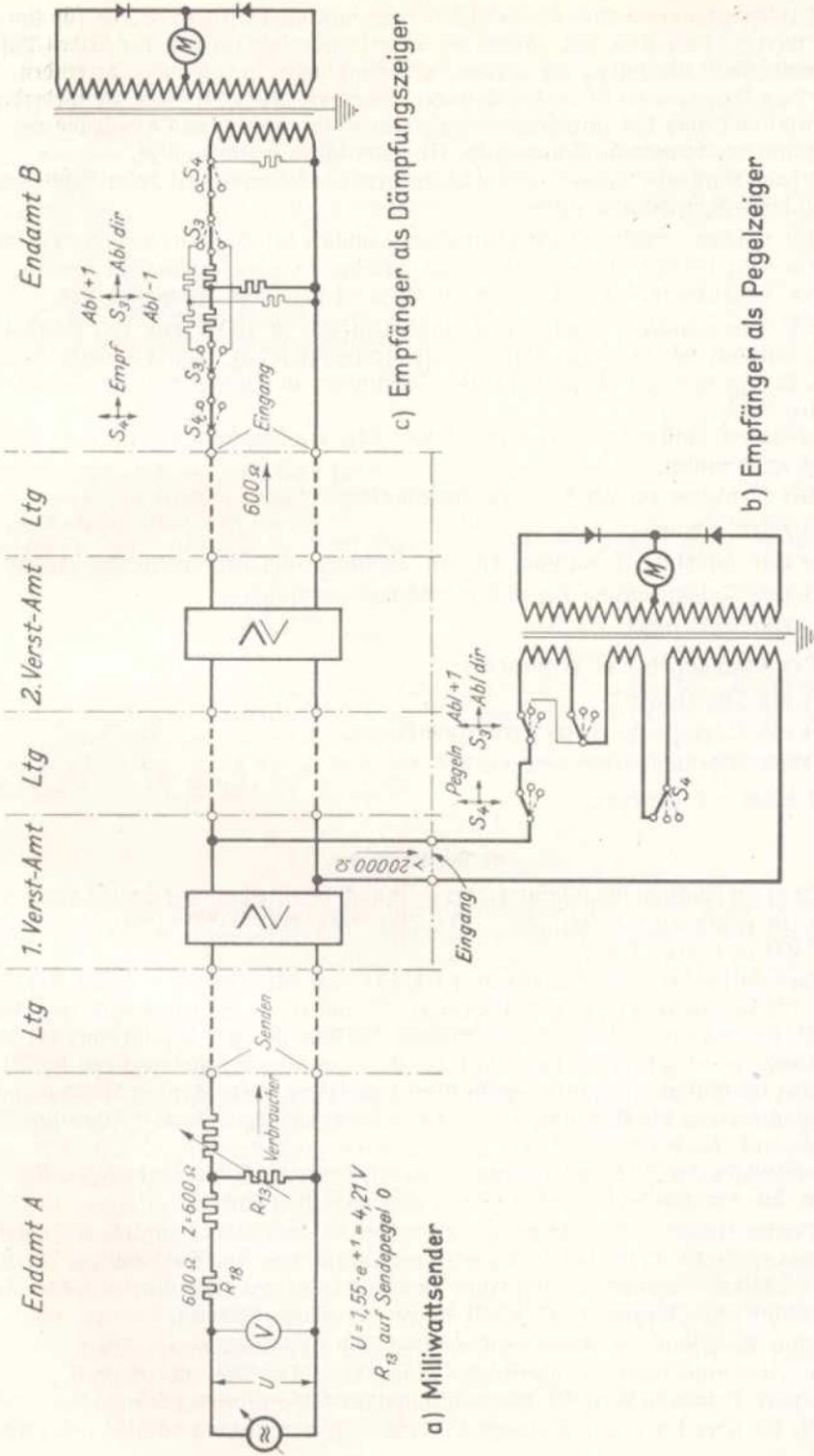


Abb. 136. Pegel- und Reflexdämpfungsmessung mit dem Meßeffektor

(2) Der Empfangsteil kann herausgenommen und an entfernter Stelle für sich verwendet werden, siehe Abb. 136. Man löst dazu die Kordelschrauben der beiden Laschen »Scheinwiderstandsmessung«, die Sender und Empfänger miteinander verbinden, und dämpft das Anzeigergerät M elektrisch, indem man die Kurzschlußtafte S_6 niederdrückt. Alsdann nimmt man den Empfangsteil aus dem Koffer heraus und bedeckt ihn vor dem Versand mit der blechernen Schutzhaube, die unter ihm im Koffer liegt.

Wird das Gerät als Ganzes gebraucht, so drückt der Kofferdeckel beim Schließen die Kurzschlußtafte S_6 selbsttätig nieder.

(3) Die Laschen »Scheinwiderstandsmessung« müssen bei Scheinwiderstandsmessungen geschlossen sein; bei den übrigen Messungen brauchen sie nicht geöffnet zu werden. Die 3 Laschen »Eichleitung« (Abb. 134 b oben) sollen in der Regel geschlossen sein.

(4) Die Stromquellen, nämlich eine Anodenbatterie zu 100 V und eine Heizbatterie zu 4 V, befinden sich in einem Batteriekoffer (Gewicht 6 kg). Um die Heizbatterie zu schonen, benutzt man bei länger dauernden Messungen in Amtern statt ihrer einen 4 V-Sammler.

In besonderen Fällen wird der Strombedarf über ein Netzanschlußgerät dem Wechselstromnetz entnommen.

(5) Der Sendeteil enthält folgende Einzelgeräte:

- a) einen Summer,
- b) eine zusätzliche Schaltung, die den Summer zum Milliwattsender ergänzt,
- c) eine Zusatzschaltung für Scheinwiderstandsmessungen,
- d) eine Eichleitung.

(6) Der Empfangsteil ist verwendbar

- a) als Pegelzeiger,
- b) als Dämpfungs- oder Verstärkungszeiger,
- c) als Scheinwiderstandsmesser.

Er ist unter e beschrieben.

c) Der Summer

(1) Es ist ein Rückkopplungssummer, der — je nach der Stellung des Drehschalters S_1 — folgende 12 Frequenzen liefert: 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000, 2400 und 2800 Hz.

(2) Das Gitter der Schwingungsröhre RE 134 (vgl. Abb. 135 und § 27 b Abf. 8) ist über die Wicklungen L_2 und L_3 des Übertragers \bar{U}_1 mit einem Schwingungskreis induktiv gekoppelt, der aus der Wicklung L_1 (oder einem Teil von ihr) und jeweils einer der zwölf Kapazitäten $C_1 \dots C_{12}$ besteht. Dabei stellt der links gezeichnete Schaltarm von S_1 (Spannungsteiler im Gitterkreis) einen dem kleinsten Klirrfaktor entsprechenden Rückkopplungsgrad ein, und der rechte Arm von S_1 hält das Überkopplungsverhältnis zwischen den Wicklungen L_1 und L_3 beständig.

Schwankungen der Ausgangsspannung werden durch die Widerstände $R_1 \dots R_{12}$ ausgeglichen, die den Kondensatoren $C_1 \dots C_{12}$ nebengeschaltet sind.

(3) Der im Ausgangskreis liegende Widerstand R_{18} von 600 Ω und die veränderbare Eichleitung (siehe bei d) werden in der Stellung »Sum. dir.« des Drehschalters R_{13} überbrückt, so daß der Summerausgang dann unmittelbar an den Klemmen »Senden« liegt. Der angeschlossene Meßgegenstand erhält hierbei die größte Leistung.

(4) Zum Einregeln der Ausgangsspannung auf einen bestimmten Wert, den man mit dem Spannungsmesser V überwachen kann, dient der Drehwiderstand R_{14} (»Mehr Sendesp.«). V liegt in einer frequenzunabhängigen Gleichrichterbrücke mit Temperaturausgleich, die über den Sparübertrager \bar{U}_2 dem Summerausgang parallel geschaltet ist.

(5) Um den Summer in Gang zu bringen, setzt man die Röhre RE 134 in ihre Fassung ein, schließt Anoden- und Heizbatterie sowie die Erdung an, legt R_{13} auf »Sum. dir.« und den Rippshalter S_5 auf »Ein« und stellt mit S_1 die gewünschte Meßfrequenz ein. Alsdann schließt man den Meßgegenstand an die Klemmen »Senden« an und regelt die Summerleistung mit R_{14} so lange, bis der Zeiger von V auf den roten Eichstrich seiner Teilung weist. Hierdurch werden Änderungen der Frequenz, die von der jeweiligen Belastung abhängig sind, weitgehend vermindert. Der Belastungswiderstand soll nicht kleiner sein als 600Ω , weil sonst die hierunter angegebenen Eigenschaften des Summers sich ändern würden.

(6) Elektrische Werte:

Frequenzunsicherheit	$\pm 2\%$
Klirrfaktor der abgegebenen Spannung	$\approx 2\%$
— beides für Belastungswiderstände $\geq 600 \Omega$ —	
Ausgangsspannung an 600Ω (R_{13} auf »Sum. dir.«)	$\approx 4 \text{ V}$
Innere Widerstand	$\approx 100 \Omega$
Stromverbrauch: Heizung	$0,15 \text{ A}$ bei 4 V
Anode	$\approx 9 \text{ mA}$ bei 100 V .

(7) Der Klirrfaktor ist das Maß für die nichtlineare Verzerrung (siehe die EMD 2). Er ist gleich dem in Hundertsätzen angegebenen Verhältnis der effektiven Spannung aller Oberwellen, die am Ausgang eines nichtlinearen Vierpols auftreten, zu der ebenda gemessenen effektiven Spannung U_1 der Grundwelle, wenn am Eingang des Vierpols eine sinusförmige Spannung von der Schwingzahl von U_1 anliegt. In Zeichen:

$$k = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}}{U_1} \cdot 100 = \dots \%. \quad (1)$$

Statt des Klirrfaktors wird oft die Klirrdämpfung (in Reper) angegeben. Sie ist gleich dem natürlichen Logarithmus des Verhältnisses der effektiven Spannung U_1 der Grundwelle, die am Ausgang eines nichtlinearen Vierpols gemessen wird, zur effektiven Spannung aller daselbst auftretenden Oberwellen, wenn am Eingang des Vierpols eine sinusförmige Spannung von der Schwingzahl von U_1 wirksam ist. In Zeichen:

$$b_k = \ln \frac{U_1}{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}} = \dots \text{ N}. \quad (2)$$

(8) An die mit »Zuf. Kond.« bezeichneten beiden Klemmen (Abb. 134b) kann ein in Stufen oder stetig veränderbarer Kondensator angeschlossen werden, mit dem sich bei Bedarf jede beliebige Frequenz zwischen ≈ 200 und 2800 Hz einstellen läßt.

d) Der Milliwattsender

(1) Der feste Widerstand R_{18} von 600Ω (Abb. 135) und die veränderbare Eichleitung R_{13} (überbrückte T-Schaltung mit 600Ω Kennwiderstand) ergänzen den Summer zu einem Milliwattsender, siehe § 23 Abs. 13 und Abb. 136a, die die Schaltung in vereinfachter Form zeigt. Das Übersetzungsverhältnis zwischen L_1, L_3 und L_2 (Abb. 135) ist so gewählt, daß am Summerausgang die Spannung $U = 1,55 e^1 = 4,212 \text{ V}$ (effektiv) herrscht, wenn man den Zeiger des Spannungsmessers V durch Drehen an R_{14} auf die rote Eichmarke bringt. Schaltet man dann dem Summer 1 N Dämpfung vor, indem man den Drehschalter R_{13} (Abb. 134b) auf »Sendepiegel 0« stellt, so wirkt der Sender wie eine Spannungsquelle mit der EMK $1,55 e^1/e^1 = 1,55 \text{ V}$ und einem inneren Widerstand von 600Ω . Er gibt somit gerade 1 mW Leistung ab, wenn man an die Klemmen »Senden« einen ohmschen Widerstand von 600Ω anschließt, wobei an diesen Klemmen die Bezugsspannung $U_0 = 0,775 \text{ V}$, d. h. der Spannungspegel Null besteht.

(2) Mit R_{13} kann man an seiner oberen Teilung noch weitere 10 Sendepiegel zwischen -4 N und $+1 \text{ N}$ wählen.

(3) Beim Messen stellt man die gewünschte Sendefrequenz mit S_1 und den Sendepiegel mit R_{13} ein. Dann schließt man den Meßgegenstand, z. B. eine Leitung, an die Klemmen »Senden« an und ändert hierauf die Summerleistung mit R_{14} (»Mehr Sendespg.«), bis der Zeiger von V auf der roten Eichmarke steht.

Bei jeder Änderung der Meßfrequenz oder des Meßgegenstandes muß mit R_{14} auf die rote Eichmarke nachgeregelt werden.

(4) Elektrische Werte:

Unsicherheit des Sendepiegels bei $\approx 22^\circ\text{C}$	$\pm 0,02\text{ N}$
Temperaturabhängigkeit des Sendepiegels bei $22^\circ\text{C} \pm 8^\circ\text{C}$...	$\pm 0,03\text{ N}$
Wirksamer innerer Widerstand	$600\ \Omega \pm 1\%$
Meßfrequenzen und Stromverbrauch wie beim Summer.	

(5) Die veränderbare Eichleitung kann durch Öffnen der Laschen A, B, C (Abb. 135) von der übrigen Schaltung getrennt und zu anderen Messungen benutzt werden. Die Klemmen A und C bilden ihren Eingang, die Klemmen B und C ihren Ausgang. Die Dämpfungsbeträge (von $0 \dots 5\text{ N}$ in Stufen von $0,5\text{ N}$) stellt man mit dem Schalter R_{13} an seiner unteren Teilung ein.

Frequenzbereich der Eichleitung	$0 \dots 3000\text{ Hz}$
Kennwiderstand	$600\ \Omega$
Unsicherheit der eingestellten Dämpfung bei 800 Hz	$\pm 0,01\text{ N}$
Frequenzabhängigkeit bei 3000 Hz	$\pm 0,02\text{ N}$.

e) Der Empfänger

(1) Er enthält (Abb. 135)

- einen Übertrager U_4 , der den Eingangswiderstand und damit die Spannungsempfindlichkeit dem jeweiligen Meßzweck anpaßt und zugleich störende Gleichströme vom Anzeigegerät M fernhält;
- zwei Trockengleichrichter mit Temperatureausgleich in Doppelwegschaltung (vgl. Abb. 67 auf S. 79), die zwischen 300 und 3000 Hz hinreichend frequenzunabhängig arbeiten;
- ein hochwertiges Drehspulmeßgerät M mit 2 Teilungen, von denen die eine in Reper (§ 42 Abs. 1), die andere in Ohm geeicht ist (§ 6d);
- den Kippschalter S_4 , mit dem man den Empfänger schalten kann
 - als Pegelzeiger (Stellung »Pegeln«),
 - als Dämpfungs- oder Verstärkungszeiger (Stellung »Empfangen«),
 - als Scheinwiderstandsprüfer (Stellung »Scheinwiderstands-Messung«);
- zwei Dämpfungsglieder von 1 und von 2 N mit $600\ \Omega$ Kennwiderstand, die durch den Kippschalter S_3 nach Bedarf eingeschaltet werden;
- zwei Tasten S_6 und S_7 .

(2) Bevor man den Empfänger in Gebrauch nimmt, muß man sich vergewissern, daß die Kurzschlußtafel S_6 zum Anzeigegerät M gezogen ist. War sie heruntergedrückt, so dreht man ihren Schaft um etwa 90° , worauf dieser soweit herauschnappt, daß seine beiden weißen Ringe sichtbar werden. Der Schalter S_3 muß zum Schutze von M zunächst immer in der unempfindlichsten Stellung »Abl. + 1« stehen.

(3) Pegelmessung. a) Man stellt S_4 auf »Pegeln«, S_3 auf »Abl. + 1« und verbindet den Pegelpunkt mit dem Klemmenpaar »Eingang« des Empfängers (Abb. 136b). Dann veranlaßt man, daß der Sendeteil (Milliwattsender) an den Eingang der zu messenden Leitung usw. gelegt und in Gang gesetzt wird, und liest nun an der oberen Teilung des Anzeigegeräts M den Meßpegel p_s ab, zu dem man bei dieser Stellung von S_3 1 N hinzuzählt. Da die obere Teilung von -2 N bis 0 N reicht, erstreckt sich der Meßbereich mithin

von -1 N bis $+1\text{ N}$. Man erhöht ihn um $0,5\text{ N}$ (also auf $-0,5\text{ N}$ bis $+1,5\text{ N}$), wenn man noch die Taste S_7 drückt; hierdurch wird je ein Widerstand vor die Gleichrichter gelegt und nur eine Teilspannung an U_4 abgegriffen (Abb. 135).

b) Wenn es nach dem Zeigerausschlag zulässig ist, legt man S_3 auf »Abl. dir.« und liest nun Pegel zwischen -2 N und 0 N (oder, wenn man noch S_7 drückt, zwischen $-1,5\text{ N}$ und $+0,5\text{ N}$) von der oberen Teilung von M ab.

c) Die Stellung »Abl. -1 « von S_3 wird bei Pegelmessungen nicht ausgenutzt. Der gesamte Meßbereich des Pegelzeigers erstreckt sich somit von -2 N bis $+1,5\text{ N}$.

d) Der Eingangswiderstand des Pegelzeigers beträgt in Stellung »Abl. dir.« von S_3 (für Pegelwerte von -2 N bis 0 N) $\geq 20\ 000\ \Omega$, in Stellung »Abl. $+1$ « (für Pegelwerte von 0 bis $+1,5\text{ N}$) dagegen $\geq 150\ 000\ \Omega$.

e) Elektrische Werte:

Frequenzbereich $300 \cdots 3000\text{ Hz}$

Frequenzabhängigkeit der Anzeige $\pm 0,02\text{ N}$

Temperaturabhängigkeit der Anzeige bei $22^\circ\text{C} \pm 8^\circ\text{C}$ $\leq 0,03\text{ N}$.

(4) Dämpfungsmessung (Abb. 136c). a) Der Schalter S_4 wird auf »Empfangen« gestellt und der Schalter S_3 auf »Abl. $+1$ «. Hierdurch wird zwischen die Eingangsklemmen des Empfängers (Eingangswiderstand $600\ \Omega$) und den Eingang der Gleichrichterschaltung, deren Eingangswiderstand mit R_{28} auf ebenfalls $600\ \Omega$ abgeglichen ist, ein festes Dämpfungsglied von 2 N geschaltet, vgl. Abb. 135.

Sodann verbindet man das Ende der zu messenden Leitung mit den Klemmen »Eingang« des Empfängers und läßt an den Anfang der Leitung den Milliwattsender (Sendepegel 0) legen. Hierauf liest man von der oberen Teilung des Anzeigeegeräts M den Pegel p_s (an $600\ \Omega$) ab, zählt bei dieser Stellung von S_3 1 N hinzu und, wenn man die Taste S_7 gedrückt hatte, weitere $0,5\text{ N}$. Da nach § 38 Abs. 9 und 8 der an $600\ \Omega$ gemessene Pegelwert $p_{s(600)}$ gleich dem Leistungspegel p oder der negativen Restdämpfung b_B ist, erhält man somit aus dem abgelesenen und wie eben angegeben berichtigten Pegelwert $p_{s(600)}$ die Restdämpfung der Leitung oder — bei verstärkerlosen Leitungen — die Betriebsdämpfung $b_{B(600)}$, indem man das Vorzeichen von $p_{s(600)}$ umkehrt. Der Dämpfungsmessbereich erstreckt sich mithin von -1 N bis $+1\text{ N}$ oder, wenn S_7 gedrückt ist, von $-1,5\text{ N}$ bis $+0,5\text{ N}$.

b) Stellt man S_3 auf »Abl. dir.«, so wird der Gleichrichterschaltung 1 N Dämpfung vorgelegt. Der Meßbereich umfaßt dann 0 bis $+2\text{ N}$ oder, wenn man S_7 drückt, $-0,5\text{ N}$ bis $+1,5\text{ N}$.

c) In der Stellung »Abl. -1 « von S_3 ist die Gleichrichterschaltung unmittelbar mit den Eingangsklemmen verbunden. Der Meßbereich erstreckt sich von $+1\text{ N}$ bis $+3\text{ N}$ oder, wenn S_7 gedrückt wird, von $+0,5\text{ N}$ bis $+2,5\text{ N}$.

d) Nach dem bei a...c Gesagten kann man beim Sendepegel Null Betriebs- oder Restdämpfungen b_B (zwischen Abschüssen von $600\ \Omega$) von $-1,5\text{ N}$ bis $+3\text{ N}$ messen. Mißt man bei einem andern Sendepegel p_a (siehe bei d, Abs. 2), so ist $b_B = p_a - p_{s(600)}$. Beim Sendepegel $+1$ wird der Meßbereich mithin auf $(+1) - (-3) = +4\text{ N}$ erweitert.

e) Bei Messungen an Wählverbindungen muß man dafür sorgen, daß der in der Leitung fließende Gleichstrom vom Spannungsmesser V ferngehalten wird, daß aber andererseits die Wählverbindung nicht zusammenfällt.

f) Elektrische Werte des Dämpfungszeigers:

Frequenzbereich $300 \cdots 3000\text{ Hz}$

Frequenzabhängigkeit der Anzeige $\pm 0,02\text{ N}$

Temperaturabhängigkeit der Anzeige bei $22^\circ\text{C} \pm 8^\circ\text{C}$ $\leq 0,03\text{ N}$

Eingangswiderstand im Bereich von $22^\circ\text{C} \pm 8^\circ\text{C}$ $600\ \Omega \pm 5\%$.

(5) Verstärkungsmessung. a) Hierbei verfährt man sinngemäß wie im Abf. 4 beschrieben. Da aber nach Gl. (1) auf S. 141 die Betriebsverstärkung $s_B = -b_B = p = p_{s(600)}$ ist, so liest man den Meßwert unmittelbar an der oberen Teilung des Anzeige-geräts M ab und berichtigt ihn je nach der Stellung von S_3 und S_7 , ohne das Vorzeichen umzukehren. Beim Sendepiegel $-4 N$ kann man noch Betriebsverstärkungen (zwischen Abschläufen von 600Ω) bis zu $s_B = -b_B = -(p_a - p_{s(600)}) = -[(-4) - (+1,5)] = 5,5 N$ messen.

b) Wenn es sich um unsymmetrische Vierpole handelt (z. B. Vierdrahtverstärker), deren Eingang nicht schon einpolig geerdet ist, so empfiehlt es sich, den Summerausgang (z. B. die Klemme C der Eichleitung) zu erden. Denn sonst würden Erdspannungen auftreten, die bei geringem Sendepiegel und hoher Verstärkungsziffer einen mit der Frequenz wachsenden Meßfehler verursachen würden.

c) Bei symmetrisch geerdeten Meßgegenständen muß die Sendespannung durch einen Meßübertrager nach EMD II § 8 oder durch zwei niedrige Widerstände, bei gleichzeitiger Ergänzung des inneren Widerstandes, symmetrisch gemacht werden. Der Meßwert ist durch die Eigendämpfung dieser Hilfschaltung zu berichtigen.

f) Scheinwiderstandsmessung

(1) Man mißt den Strom, der bei bestimmter und beständiger Meßspannung U durch den Verbraucher fließt (Abb. 137). Ist der Eigenwiderstand R_i des Strommessers M in jedem Falle klein gegen den zu messenden Scheinwiderstand $|R|$ (siehe EMD II, S. 203 oben), so stehen Strom und Scheinwiderstand im umgekehrten Verhältnis zueinander, und die

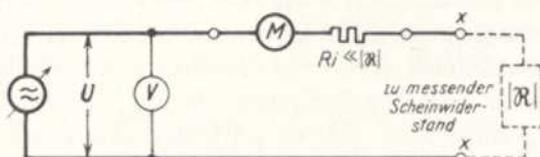


Abb. 137. Scheinwiderstandsmessung

untere Teilung von M läßt sich in Ohm eichen. M wirkt dann als Widerstandsmesser, vgl. § 6d. Um jene Bedingung im ganzen großen Meßbereich zu erfüllen, werden sowohl die Meßspannung mit dem Sparübertrager U_2 (Abb. 135) als auch der innere Widerstand von M mit dem Sparübertrager U_3 , deren Abgriffe an den Stufenschalter S_2 angeschlossen sind, entsprechend verändert. Dadurch ist zugleich dafür gesorgt, daß die Leistung, die der Scheinwiderstand aufnimmt, nicht übermäßig groß wird.

Die Gleichmäßigkeit der Meßspannung überwacht man mit dem Spannungsmesser V .

(2) Beim Messen muß die Kaskadenverbindung »Scheinwiderstandsmessung« geschlossen sein. Der Meßgegenstand wird an das Klemmenpaar X gelegt, wobei darauf zu achten ist, daß bei einpolig geerdeten Leitungen usw. der mit der Erde verbundene Pol an die Klemme zu liegen kommt, die mit einem roten Punkt bezeichnet ist. Hierauf stellt man den Rippsschalter S_4 auf »Scheinwiderstands-Messung«; dadurch wird der Meßbereichschalter S_3 unwirksam, und die Sparübertrager liegen unmittelbar an dem auf 600Ω abgeglichenen Eingang der Gleichrichterchaltung. Der Schalter S_2 ist, zum Schutze von M , zunächst auf »Abf. $\times 0,1$ « zu drehen. Alsdann stellt man mit S_1 die Meßfrequenz ein, regelt mit R_{14} die Sendespannung so, daß der Zeiger von V genau auf die rote Eichmarke zeigt, und ändert

mit S_2 die Empfindlichkeit von M so weit, daß dessen Zeiger noch auf der unteren Teilung bleibt. Der an dieser abgelesene Betrag, vervielfältigt mit dem Faktor von S_2 , ergibt den Wert des Scheinwiderstandes in Ohm.

Bei diesen Messungen darf die Taste S_7 nicht gedrückt werden.

(3) Frequenzbereich	300 ··· 2800 Hz
Meßbereich	10 Ω ··· 500000 Ω
Meßunsicherheit	$\leq 10\%$.

(4) Die Meßgenauigkeit reicht aus, um die Größenordnung von Scheinwiderständen zu ermitteln und Fehler, z. B. bei Nachbildschwierigkeiten, zu erkennen.

F. Verstärkungsmessungen

§ 49

Allgemeines über Verstärkungsmessungen

(1) Die Betriebsverstärkung s_B kann als negative Betriebsdämpfung b_B aufgefaßt werden. Daher folgt aus Gl. (8) auf S. 72

$$s_B = -b_B = \ln \frac{U_2}{U_0} = \ln \frac{U_2}{E/2} = \ln \frac{2U_2}{E}. \quad (1)$$

Hierin bedeuten E die EMK eines Wechselstromsenders, der über einen Widerstand Z auf den Verstärker wirkt, und U_2 die Spannung am Ausgang des Verstärkers, der dort mit einem ebenso großen Widerstand Z abgeschlossen ist. Ferner bedeutet $U_0 = E/2$ die Klemmenspannung des Senders mit der EMK E und dem inneren Widerstand Z , wenn er über einen gleich großen äußeren Widerstand Z geschlossen wird.

(2) Bei den Messungen sind Spannung, Schwingzahl und Abschlußwiderstände von ähnlicher Größe zu verwenden, wie sie beim Fernsprechen vorkommen. Daher wird in den Verstärkern mit 3, 4 oder 6 verschiedenen Frequenzen innerhalb des Übertragungsbereichs gemessen. Darüber hinaus kommen bei den zur Prüfung und Abnahme bestimmten Meßeinrichtungen auch Messungen mit mehreren andern Frequenzen sowie mit Frequenzen ober- oder unterhalb des Übertragungsbereichs vor (§ 51). Da die Sprechströme im Mittel mit ≈ 1 V Spannung in die Fernleitung gelangen, muß man bei einer durchschnittlichen Verstärkerfelddämpfung von 1,3 N mit einer Spannung von $\approx 0,25$ V am Eingang von Zweidrahtverstärkern rechnen. In Vierdrahtleitungen, deren Verstärkerfelder ungefähr doppelt so große Dämpfung haben, beträgt die Eingangsspannung an den Verstärkern $\approx 0,05 \dots 0,1$ V. Dementsprechend sind auch in den Meßeinrichtungen die Spannungen am Eingang der Verstärker zu wählen.

(3) Der Strom kann entweder nach dem Verfahren mit Z -Vorschaltung oder nach dem ($Z - r$)-Verfahren zugeführt werden. Ist W der Eingangswiderstand des zu messenden Verstärkers oder allgemeinen Vierpols, so ergibt sich für die Stromzuführung das Schaltbild 138a. Hierfür kann man das Ersatzbild 138b einführen, wo Z und W nicht in Reihe, sondern nebeneinander geschaltet sind.

Dann gelten die Gleichungen

für die Schaltung nach Abb. 138a	$E = i_1 (Z + W),$
für die Schaltung nach Abb. 138b	$Z (I - i_2) = W i_2$
oder	$Z I = i_2 (Z + W).$

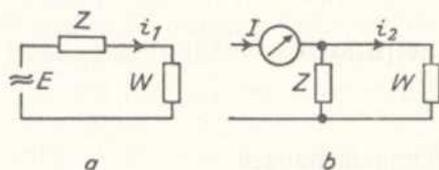
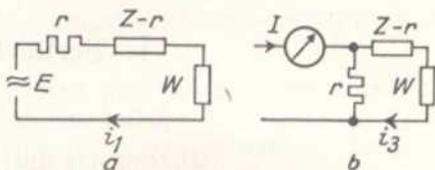
Beide Schaltungen sind mithin in ihrer Wirkung auf W einander gleichwertig, wenn $i_1 = i_2$ oder $E = IZ$ ist.

(4) Denkt man sich ferner den Widerstand Z von Abb. 138a nach Abb. 139a in zwei Teile zerlegt, nämlich in r und $Z - r$, so gilt hier wieder $E = i_1 (Z + W)$. Dagegen erhält man für die Ersatzschaltung 139b $I r = i_3 (Z + W)$.

Die Schaltung 139b ist somit der Schaltung 139a gleichwertig, wenn $i_1 = i_3$ oder

$$E = I r \quad (2)$$

ist. Mit andern Worten: Die Anordnungen 138b und 139b können für die Wirkung auf den Vierpol W aufgefaßt werden als Wechselstromerzeuger mit dem innern Widerstand Z , dem eine EMK vom Betrage IZ (Abb. 138b) oder $I r$ (Abb. 139b) aufgeprägt

Abb. 138. Z -VorschaltungAbb. 139. $(Z - r)$ -Schaltung

ist. Man hat also, wenn man bei diesen Schaltungen eine bestimmte Messspannung E erhalten will, nur dafür zu sorgen, daß der Strom I bei zweckentsprechender Bemessung des Querschnittes Z oder r eine gewisse Größe erhält. Die Gleichung (1) für die Betriebsverstärkung geht dann beim $(Z - r)$ -Verfahren (Schaltanordnung 139b) über in

$$s_B = \ln \frac{U_2}{\frac{I}{2} r} \quad (3)$$

(5) Man kann verschiedene Mittel anwenden, um die beiden Spannungen U_2 und E miteinander zu vergleichen und ihr Verhältnis zueinander zu bestimmen. Gewöhnlich läuft es darauf hinaus, von der einen Spannung einen Bruchteil abzugreifen, der mit der andern Spannung oder einem bestimmten Bruchteil davon dem Betrage nach gleich ist. Die dabei benutzten Abschlußwiderstände sind entweder in Stufen von 0,1 oder 0,2 N unterteilt, oder sie sind stetig veränderbar.

§ 50

Verstärkungsmessungen im Fernsprechdienst

a) Die Verstärkungsmesseinrichtung

(1) Abb. 140 zeigt die Verstärkungsmesseinrichtung für Verstärkerämter der Bauarten 25 und 28. Es wird das Verfahren mit Z -Vorschaltung angewandt.

(2) Die Tonfrequenzmeßmaschine (§ 41a) liefert eine von Oberwellen freie Wechselspannung an den Querschnitt und Spannungsteiler Q . Mit dem Schalter S_1 kann man von diesem entweder die volle Spannung (beim Messen von Zweidrahtverstärkern) oder eine bestimmte Teilspannung (beim Messen von Vierdrahtverstärkern) abnehmen und dem zu messenden Verstärker V zuführen. Die an den Punkten A—B herrschende Spannung E kann dann angesehen werden als die EMK eines Wechselstromerzeugers mit dem innern Widerstand $2 \cdot Z/2 = Z$. Den Abschluß des Verstärkers bildet ein Widerstand von derselben Größe Z , von dem man Teilspannungen abgreifen kann.

Die Widerstände Q , $Z/2$ und Z sind kapazitäts- und induktivitätsfrei.

(3) Beim Messen eines Vierdrahtverstärkers (S_1 nach unten) legt man zunächst den Röhrenspannungsmesser RV (mit hohem Eingangswiderstand) an den Teilwiderstand q und beobachtet die Zeigerablenkung, die die Spannung $U' = E$ an RV hervorruft. Sodann legt man den Schalter S_2 nach rechts um und ändert den Abgriff w an Z so lange, bis RV dieselbe Ablenkung zeigt wie vorher. Dann gilt $w_i = U'$ und $Z_i = U_2$, also $w:Z = U':U_2$ und, wenn man das Verhältnis $w:Z$ mit x bezeichnet, auch $x = E:U_2$ oder $E = xU_2$. Als Betriebsverstärkung ergibt sich mithin nach § 49, Gleichung (1)

$$s_B = \ln \frac{2U_2}{xU_2} = \ln \frac{2}{x}. \quad (4)$$

Den Betrag von s_B liest man von dem Drehschalter ab, mit dem man das Verhältnis $x = w:Z$ eingestellt hatte.

(4) Zum Messen von Zweidrahtverstärkern, deren Verstärkung geringer ist als die der Vierdrahtverstärker, legt man S_1 nach oben. Dadurch wird die Spannung E

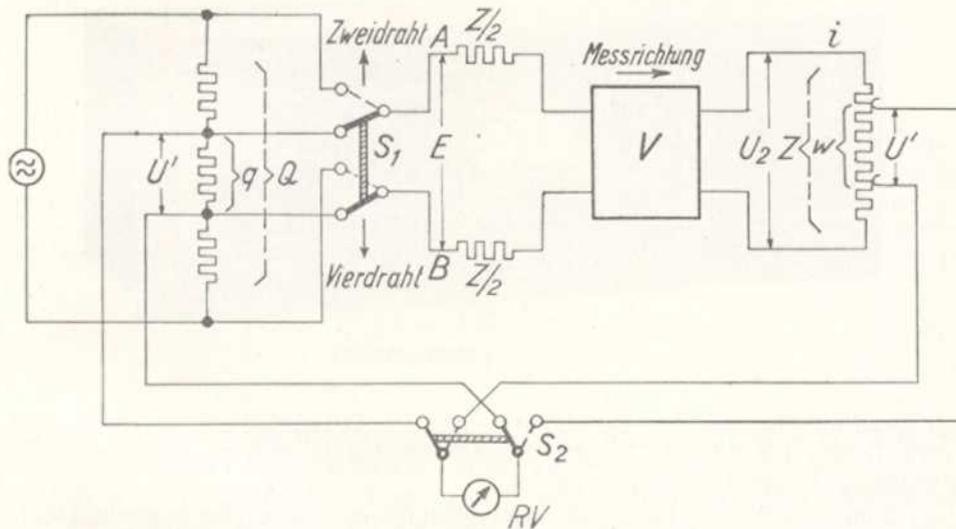


Abb. 140. Verstärkungsmesseinrichtung

so weit erhöht, daß U_2 in dieselbe Größenordnung fällt wie vorher. Die Vergleichsspannung U' ist nun aber nicht mehr gleich E , sondern gleich $Eq/Q = Ey$. Führt man dann die Messung ebenso durch wie im Abs. 3 beschrieben, so gilt nach vollendeter Abgleichung $x = w:Z = Ey:U_2$ oder $E = U_2 x:y$. Die Betriebsverstärkung beträgt nun also

$$s_B = \ln \frac{2U_2 y}{xU_2} = \ln \frac{2y}{x}. \quad (5)$$

Ihre Größe wird an einer zweiten Teilung des Drehschalters in Reper abgelesen.

b) Der Verstärkungszeiger

(1) Von ihm liest man die Verstärkungsziffer unmittelbar ab, ohne daß es einer Vergleichsmessung bedarf. Meßbereich $0 \dots 6 N$ bei $300 \dots 3\,000 \text{ Hz}$; Meßunsicherheit $\pm 0,05 N$; Abhängigkeit der Anzeige von der Frequenz $\pm 0,05 N$, beides bei 20° C .

Abb. 141 gibt die Grundschialtung wieder.

(2) Man legt an den Eingang einen Milliwattfender und dämpft dessen Pegel mit der veränderbaren Eichleitung B (Drehshalter rechts in Abb. 142), so weit, daß man

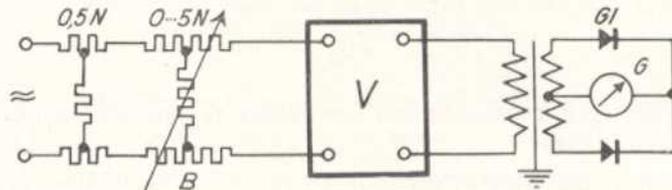


Abb. 141. Verstärkungszeiger, Schaltbild

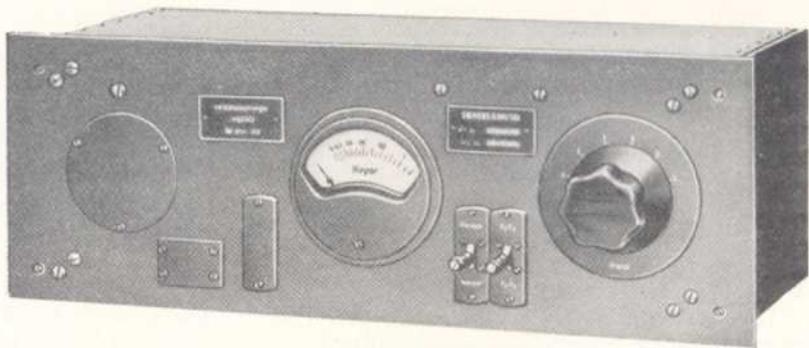


Abb. 142. Verstärkungszeiger

den Pegel am Ausgang des Verstärkers V mit dem Spannungsmesser G messen kann, dessen Teilung $1 N$ umfaßt. Um die Verstärkungsziffer zu erhalten, hat man die Ablesungen an B und G zusammenzuzählen.

(3) Damit die Messung nicht durch Temperaturabhängigkeit der Trockengleichrichter G beeinflusst wird, stellt man den Pegel Null nicht am Sender, sondern am Spannungsmesser G ein.

(4) Mit (nicht gezeichneten) Schaltern kann man für Zweidraht- oder für Vierdrahtverstärker schalten und die Meßrichtung umkehren.

§ 51

Messungen bei der Prüfung und Abnahme

(1) Die Meßanordnung Abb. 143 nach dem ($Z - r$)-Verfahren ist sowohl für Verstärkungs- als auch für Dämpfungsmessungen geeignet. Sie wird hauptsächlich bei der Prüfung und Abnahme verwendet.

B ist eine in Stufen von $0,01 N$ einstellbare Eichleitung, die mit einem Widerstand W von der Größe ihres Kennwiderstandes abgeschlossen ist.

(2) Man mißt zunächst die Spannung U_2 am Abschlußwiderstand Z des untersuchten Vierpols V mit dem Röhrenspannungsmesser RV und ändert sodann nach Umlegen des Schalters die Eichleitung so lange, bis RV denselben Ausschlag wie vorher zeigt. Dann ist U_2 gleich der Spannung U' am Abschlußwiderstand W , also $U_2 = U'$.

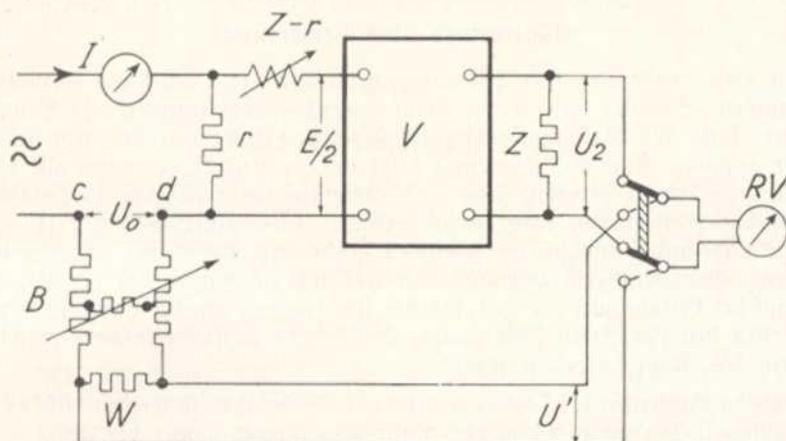


Abb. 143. Verstärkungsmessung bei der Prüfung und Abnahme

(3) Da die Eichleitung angepaßt abgeschlossen ist, darf man $U' = U_0 \cdot e^{-b}$ setzen. Ferner ist U_0 gleich dem Strom I mal dem Eingangswiderstand der Eichleitung, der des angepaßten Abschlusses wegen mit ihrem Kennwiderstand zusammenfällt; also gilt $U' = IW \cdot e^{-b}$. Den Widerstand $(Z - r)$ bemißt man für jede Meßfrequenz so, daß die Spannung am Eingang des Vierpols $E/2 = (I/2)r$ beträgt. Dann ist nach § 49 Gl. (3)

$$e^s = \frac{U_2}{(I/2)r} = \frac{IW \cdot e^{-b}}{I \frac{r}{2}} = \frac{W}{r/2} e^{-b}. \quad (6)$$

Ersetzt man den Bruch $W : r/2$ durch e^m , so erhält man den Ausdruck $m - b$ für die Betriebsverstärkung s und den Wert $b - m$ für die Betriebsdämpfung k , je nachdem ob der feste Wert $m = \ln W : r/2$ die an der Eichleitung eingestellte Dämpfung b überwiegt oder nicht. Den Höchstbetrag der mit dieser Anordnung meßbaren Verstärkung erhält man offensichtlich mit $b = 0$, und man hat beim Entwurf einer solchen Meßeinrichtung durch geeignete Wahl von W und $r/2$ dafür zu sorgen, daß die höchstens vorkommenden Verstärkungsziffern kleiner als m sind.

(4) Der Dämpfungsmessbereich hängt ab von der verfügbaren Gesamtdämpfung B der Eichleitung, so daß $k = B - m$ die Grenze der meßbaren Dämpfung darstellen würde. Darüber hinaus kann man den Meßbereich dadurch erweitern, daß man $m = 0$ macht. m war oben zur Abkürzung für $\ln W : r/2$ gesetzt, wobei W derjenige Widerstand war, der, mit I vervielfacht, die Spannung U_0 an den Eingangsklemmen der Eichleitung ergab. Dieser Widerstand muß für $m = 0$ ($= \ln 1$) gleich $r/2$ gemacht werden. Um dies zu erreichen, schaltet man dem Eingang der Eichleitung (also zwischen die Klemmen c und d) einen Widerstand R von solcher Größe neben, daß er zusammen mit dem Eingangswiderstand W den Gesamtwiderstand $\frac{RW}{R+W} = \frac{r}{2}$ ergibt. Der Meßbereich wird dann bis auf den Wert $k = B$ erweitert.

G. Verzerrungsmessungen im Telegraphendienst

§ 52

Allgemeines über Verzerrung

(1) Die vom Sendeende einer Telegraphenverbindung in die Leitung gesandten Telegraphierzeichen (Schritte) werden am Empfangsende durch entsprechende Bewegungen bestimmter Teile des Aufnahmegeräts (Relaisanker, Unterhebel des Apparats o. ä.) erkennbar gemacht. Eine T-Verbindung heißt verzerrungsfrei, wenn alle diese Bewegungen gegen die sie hervorrufenden Zeicheneinsätze am Sendeende gleichmäßig nach-eilen und alle Wiedergaben daher zwar verzögert, aber gleichmäßig verzögert sind, so daß Zeitmaße und Zeitfolgen der gesandten Zeichen erhalten bleiben. Die Wiedergabeverzögerung wird Laufzeit genannt. Sie setzt sich zusammen aus der Laufzeit der Zeichen auf der Leitung und der Zeit, die ihre Übertragung von der Leitung bis zu jenen Apparateilen benötigt, deren Bewegungen die Zeichen letztlich erkennbar machen (Ansprechzeiten des Empfangsrelais usw.).

(2) Sind die Laufzeiten der Zeichen nicht mehr gleichmäßig, so werden diese verzerrt. Bei wirklichen T-Verbindungen ist dies mehr oder minder immer der Fall.

(3) Als Maß für die Verzerrung der Telegraphierzeichen auf einer Verbindung gilt der Unterschied zwischen der vorkommenden größten und kleinsten Laufzeit, geteilt durch die Dauer des kürzesten unverzerrten Telegraphierschritts. Diese Größe wird als Verzerrungsgrad bezeichnet; sie ist nach ihrer Erklärung eine unbenannte Zahl und wird gewöhnlich in Hundertsätzen (‰) angegeben.

Somit gilt:

$$\text{Verzerrungsgrad} = \frac{\text{Unterschied zwischen größter und kleinster vorkommender Laufzeit}}{\text{Dauer des kürzesten, unverzerrten Telegraphierschrittes}} \cdot 100 = \dots \text{‰}.$$

(4) Den Entstehungsurfsachen nach unterscheidet man drei Arten von Verzerrungen, nämlich:

- a) die einseitige Verzerrung,
- b) die Regelverzerrung,
- c) die unregelmäßige Verzerrung.

(5) Die einseitige Verzerrung wird hervorgerufen durch ungleichmäßige Einstellung der Relais, Ungleichseitigkeiten der Übertragungsmittel (ungleiche Batteriehälften) usw. Sie ist bei vorschriftsmäßiger Wartung vermeidbar.

(6) Die Regelverzerrung rührt von der Leitung und ihren Abschlußschaltungen her. Sie spricht sich darin aus, daß kurze Stromzeichen, besonders nach vorhergegangenen längeren, sich ungenügend entwickeln (»einschwingen«), so daß ihre Wiedergabe durch den Empfänger zu kurz wird oder überhaupt ausbleibt.

(7) Die unregelmäßige Verzerrung ist unberechenbar. Sie entsteht z. B., wenn Störstrom auf der Leitung liegt, wenn die Relais infolge mechanischer Mängel unvollkommen arbeiten oder wenn der Gegenschreibabgleich unvollkommen ist.

(8) Gewöhnlich treten auf einer T-Verbindung die drei Verzerrungsarten gemeinsam auf; die Summe aller Verzerrungen heißt die Gesamtverzerrung der Verbindung.

(9) Damit eine T-Verbindung richtig beurteilt werden kann, muß auch die Telegraphiergeschwindigkeit angegeben sein, bei der die Verzerrung gemessen wurde.

Unter Telegraphiergeschwindigkeit versteht man den Kehrwert der in Sekunden gemessenen Zeitdauer des kürzesten Telegraphierschritts; sie wird mit Baud bezeichnet.

(10) Zum Messen der Verzerrung dient der Verzerrungsmesser.

§ 53

Der Verzerrungsmesser T 33

(1) Mit ihm kann man alle vorkommenden Verzerrungsarten (einseitige Verzerrung, Regelverzerrung und ungleichmäßige Verzerrung) genau messen. Er zeigt durch leuchtende Punktreihen am Rande einer Mattscheibe den Ein- und das Verschwinden der Zeichen an und durch die Lage der äußersten Leuchtpunkte die größten und die kleinsten Wiedergabeverzögerungen.

Das Gerät besteht aus einem Sende- und einem Empfangsteil.

(2) Sender. Ein Gleichstrommotor, den ein Fliehkraftregler auf beständiger Drehzahl hält, dreht eine Welle, auf der 3 Nockenscheiben sitzen (Abb. 144). Die zu den Scheiben W_1 und W_2 gehörigen Kontakte bewirken, daß in der oberen Stellung des Schalters S_1 bei jeder Umdrehung ein Wechsel, bestehend aus einem Zeichen- und einem gleich langen Trennstromschritt, in die Leitung gesandt wird (oberes Teilbild). Mit diesen Kontakten sind Hilfskontakte, die durch die Nockenscheiben der Hilfswelle gesteuert werden, so verbunden, daß sie einzelne Schritte aus den Wechseln unterdrücken oder umpolen, so daß nach Wahl bestimmte Telegraphierzeichen entstehen, wie man sie für die Messungen braucht (unteres Teilbild).

Der Kontakt zur Nockenscheibe E_1 wirkt in der Mittelstellung von S_1 als Unterbrecher für ankommenden Einfachstrom.

(3) Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Hauptwelle kann zwischen 1100 und 1950 Umdr./min beliebig eingestellt werden, was einer Telegraphiergeschwindigkeit von 36,6...65 Baud entspricht. Die Hilfswelle dreht sich 24mal langsamer.

(4) Empfänger. Die über die Leitung ankommenden Telegraphierschritte (Wechsel) des fernen Amtes durchfließen das gepolte Empfangsrelais ER und bewirken, daß dessen Anker er bei jedem Richtungswechsel umgelegt wird. Da die Verzerrungsmesser der beiden Ämter gleich schnell laufen müssen, geschieht dies bei jeder Umdrehung der Hauptwelle zweimal.

Wenn er umschlägt, wird jedesmal durch die Entladeströme der Kondensatoren C_1 und C_2 über den Übertrager U in der Funkenstrecke F ein Funke ausgelöst. Zwei Linsen L und zwei Prismen P , die an der Hauptwelle befestigt sind und sich mit ihr drehen, werfen zwei um 180° gegeneinander versetzte Bilder dieses Funkens auf eine darüber liegende kreisrunde feste Mattscheibe. Die Bilder sind am Rande der Scheibe als leuchtende Punkte sichtbar. Da bei jeder Umdrehung zwei Funken ausgelöst werden, erscheinen die aufeinander folgenden Lichtpunkte stets an denselben Stellen (decken sich), solange die Wechsel gleichmäßig einlaufen. Zeitliche Verschiebungen im Ein- und Ausschlag der Telegraphierschritte (Verzerrungen) bewirken dagegen, daß sich die Funkenbilder verschieben, und zwar verhältnismäßig der Zeit, um die die Stromschritte dem Sollzustand gegenüber verlängert oder verkürzt sind. Der Abstand zwischen den Leuchtpunkten, gemessen in Teilstrichen der Mattscheibe, ergibt den Verzerrungsgrad in Hundertsätzen (%).

Die Gleichrichter Gl unterdrücken etwa auftretende Schwingungen der Funken.

(5) Um überwachen zu können, ob der Verzerrungsmesser selbst richtig arbeitet, führt man vor jeder Messreihe eine Kurzschlußprüfung durch. Empfangsrelais und Sender

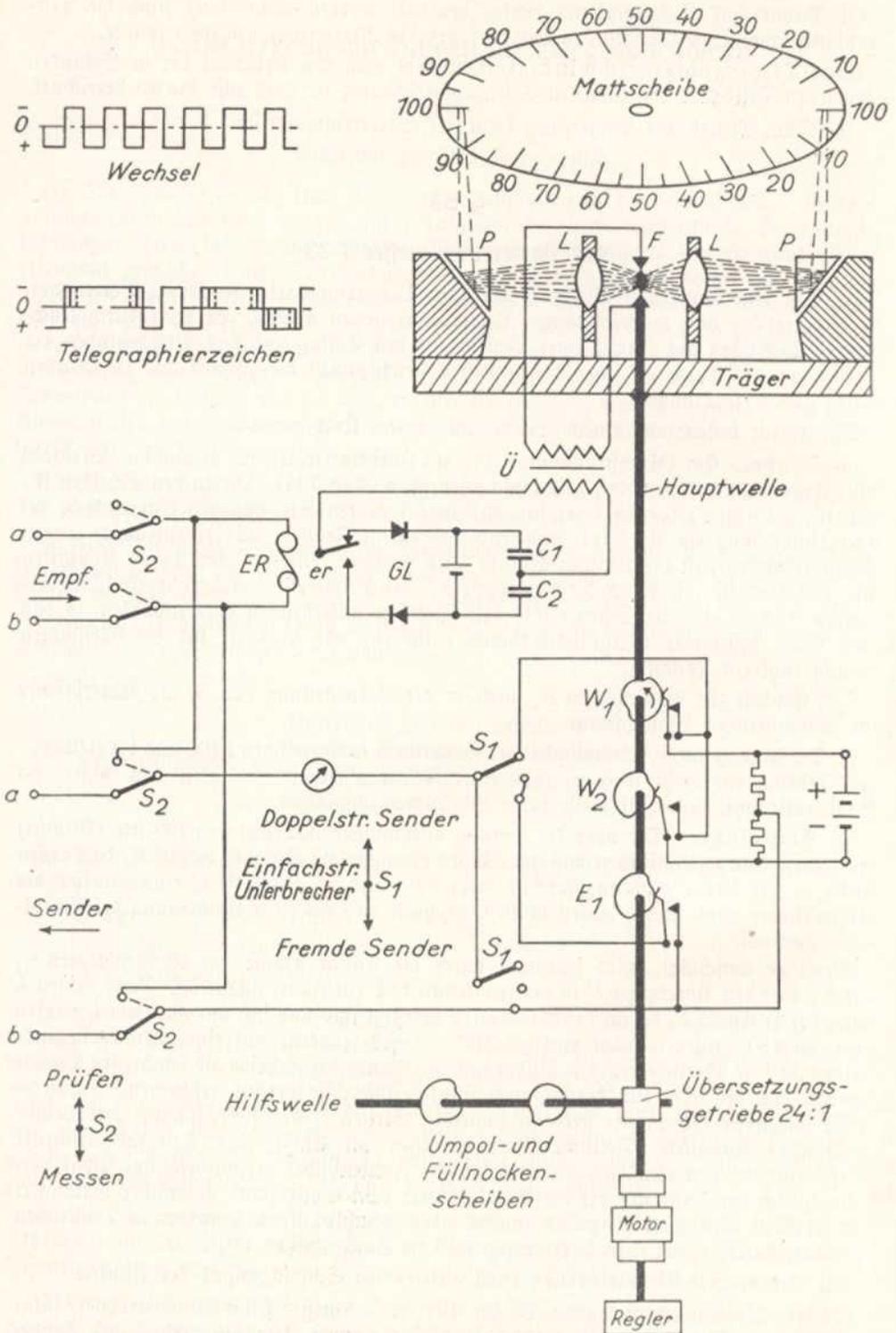


Abb. 144. Verzerrungsmesser T 33

werden durch Umlegen des Schalters S_2 in Stellung »Prüfen« von den Außenklemmen abgeschaltet und unmittelbar miteinander verbunden. Wird dann ER so eingestellt, daß Trenn- und Zeichenstromfunken sich decken, so ist die Meßeinrichtung in Ordnung.

(6) Man kann mit dem Verzerrungsmesser

a) die vom eigenen Sender ausgesandten Zeichen über zwei im fernen Amt geschleifte Leitungen zurückempfangen (Messung in Schleife) oder

b) die von einem Sender des fernen Amtes gesandten Zeichen aufnehmen (Messung mit einem Gegenamt).

(7) Messung in Schleife. Man führt zunächst die Kurzschlußprüfung durch und schaltet sodann den Verzerrungsmesser, mit dem Schalter S_2 in Stellung »Messen«, an beide Enden der geschleiften Telegraphenverbindung an. Um den Verzerrungsgrad bequem bestimmen zu können, dreht man die Mattscheibe so, daß ihr Nullpunkt über dem einen Funkenbild steht, und liest dann am andern Funkenbild ab. Meist genügt es aber zur raschen Beurteilung der Verhältnisse, wenn man die Mattscheibe in ihrer Regelleistung läßt und den Verzerrungsgrad als Differenz der von den Funken eingegrenzten Teilstriche abschätzt.

(8) Messung mit dem Gegenamt. Die Funkenbilder wandern auf der Teilung so lange hin und her, wie Sender und Empfänger noch nicht im Gleichlauf sind. Durch Verändern der Drehzahl am Regler bringt man die Funkenbilder zum Stehen. Ist ein vollkommener Gleichlauf nicht erreichbar, dann müssen die Werte des Verzerrungsgrades geschätzt werden. Bei einiger Übung kann man sie bis zu $\pm 2\%$ genau ablesen.

§ 54

Der Verzerrungsmesser T 36

(1) Er unterscheidet sich von dem Gerät T 33 nur in Einzelheiten und wird auch ähnlich wie dieses bedient. Die Lichtbilder werden nicht durch Funken erzeugt, sondern durch kurzzeitiges Aufleuchten zweier Glühlampen, die, in einer Trommel befestigt, sich mit der Hauptwelle drehen. Im Deckel der Trommel sind über den Lampen zwei schmale Schlitze eingeschnitten. Die Teilung ist auf einer feststehenden Ringscheibe angebracht (Abb. 145).

(2) Der Messer besteht aus 2 Hauptgeräten: dem eigentlichen Verzerrungsmesser und dem Schaltgerät (Abb. 146).

Im Verzerrungsmesser sind die umlaufenden Teile, wie Motor, Sendenodenscheiben usw. untergebracht. Er ist in einem Eisengestell drehbar gelagert, so daß man die Messwerte sowohl stehend als auch sitzend leicht ablesen kann.

(3) Mit einem Zusatzkasten zur Relaisprüfung kann der Verzerrungsmesser T 36 auch zum genauen Einstellen und Untersuchen von Telegraphenrelais verwendet werden. Man verbindet den Zusatzkasten durch Schnüre mit dem Schaltgerät, steckt das zu prüfende Relais in den passenden Prüßodell am Zusatzkasten und begrenzt die Prüßstromstärke durch einen Vorstedwiderstand. Bei Beachtung der Schalterstellungen können dann der Verzerrungsgrad sowie die Hub- und die Prellzeit (Umschlagzeit) des Relais an der Teilung des Verzerrungsmessers in % abgelesen werden.

An der oberen Seite des Schaltkastens sitzen Anschlußklemmen für ein weiteres Zusatzgerät, den »Vorverzerrer«. Er dient dazu, ausgehende Zeichen künstlich zu verzerrern.

(4) Telegraphierte Zeichen können mit den Verzerrungsmessern gemessen werden, wenn sie von synchron arbeitenden Telegraphenapparaten (Siemens-Schnelltelegraph, Baudot usw.) ausgehen. Den Verzerrungsgrad von Springschreiberzeichen kann man dagegen nur ermitteln, wenn die Zeichen nicht von Hand, sondern selbsttätig (durchlaufend oder von einem Maschinensender) gegeben werden.

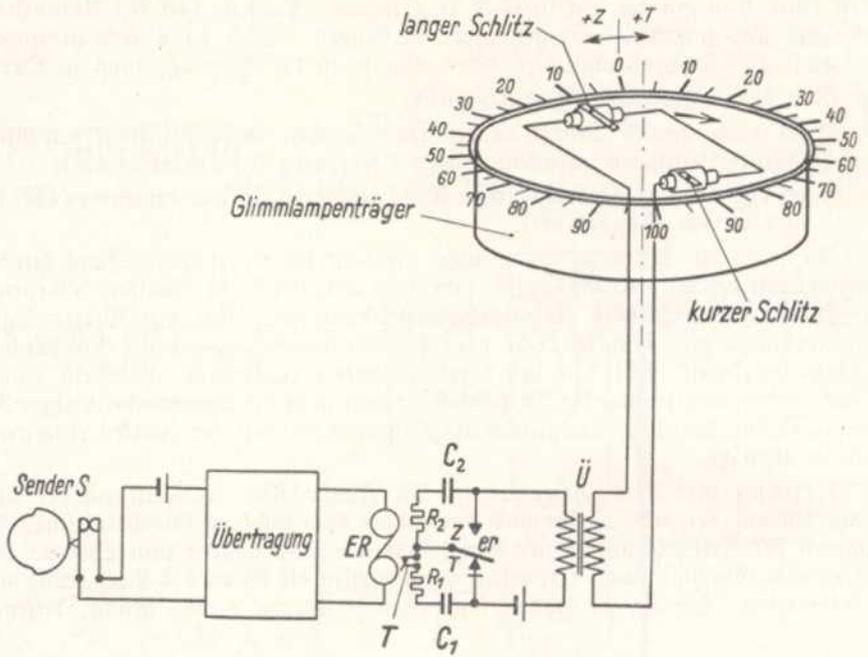


Abb. 145. Arbeitsweise des Verzerrungsmessers T 36

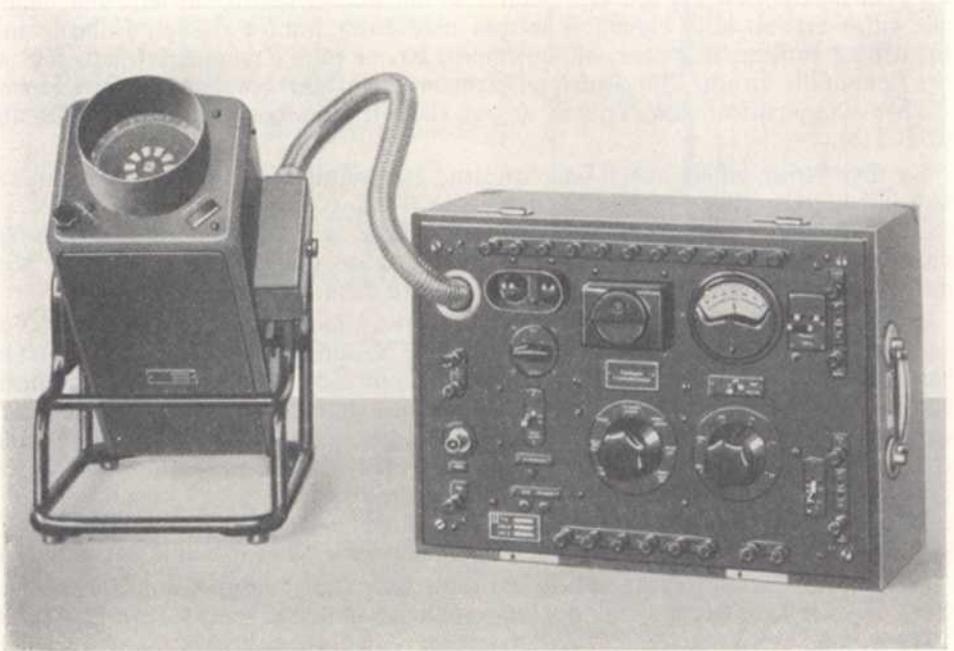


Abb. 146. Verzerrungsmesser T 36 mit Schaltgerät

§ 55

Der Verzerrungszeiger T 36

(1) Der Verzerrungszeiger T 36 (Abb. 147) arbeitet wie der Springschreiber nach dem Geh-Steh-Verfahren. Er zeigt daher nicht die Verzerrung allgemein, sondern nur die Verzerrungen der die einzelnen Zeichen darstellenden Schrittfolgen an, genauer: die Verzerrung der Schritte jedes Zeichens in bezug auf den Beginn jeder Auslösung (jeden Anlaßschritts). Hierauf allein kommt es beim Springschreiberbetriebe an, weil der Umlauf mit jedem Zeichen neu beginnt.

Das Gerät ist demnach nur für Springschreiberverbindungen geeignet.

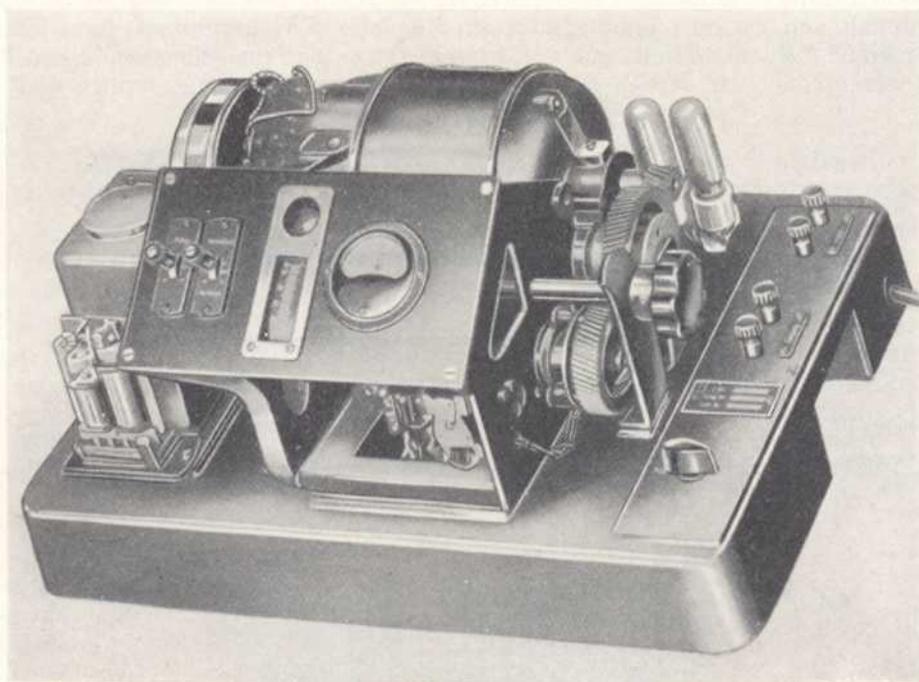


Abb. 147. Verzerrungszeiger T 36 ohne Schutzhaube

(2) Im Schaltbild Abb. 148 sind die Nockenscheiben $NS_1 \dots NS_5$ abgewickelt und im Ruhezustand dargestellt. Die Welle, auf der sie sitzen, wird über eine Kupplung von einem Reglermotor angetrieben, jedoch verhindert in der Ruhe eine Sperrlinke, daß die Welle sich dreht. Erst wenn der Auslösemagnet AM anspricht, gibt dessen Anker die Sperrlinke und damit die Nockenwelle für eine Umdrehung frei. Die Zeit einer Umdrehung entspricht der Gesamtlänge von 6 Telegraphierschritten.

(3) Über den abgewickelten Nockenscheiben ist in Abb. 148 die Schrittfolge für ein bestimmtes Springschreiberzeichen abhängig von der Zeit wiedergegeben; die Schritte 1...5 sind die Zeichenschritte. Die Nockenscheiben NS_4 und NS_5 haben Einschnitte, deren Abstand voneinander der zeitlichen Länge eines Telegraphierschrittes entspricht. Diese beiden Scheiben sind über Zahnstangen verschiebbar.

Die Teilung darunter ist so geeicht, daß eine Verschiebung des Zeigers um einen Teilstrich eine Verschiebung der Nockenscheiben um 1% eines Telegraphierschrittes nach links oder rechts bewirkt. Der mit dem Zeiger auf der Teilung eingestellte Wert gibt also die Verschiebung von NS_4 und NS_5 in Hundertsteln eines Stromschrittes an.

(4) Die Springschreiberzeichen steuern das Viniensrelais LR . In der Ruhe, wo über LR Trennstrom fließt, liegt dessen Anker lr an K_2 . Beim Eintreffen des Anlaßschrittes wird der Anker nach K_1 umgelegt, der Auslösmagnet AM erhält Strom, und sein Anker gibt die Nockenwelle für eine Umdrehung frei. Der Nockenkontakt NK_1 schließt sich und legt Spannung an K_2 ; NK_2 öffnet sich nach dem Anlauf und schaltet den Auslösmagnet für die Dauer der Umdrehung ab. Über NK_3 wird das nichtgepolte Relais NR an den Anker lr angeschaltet. Die Wicklungen von NR werden zu bestimmten Zeiten entweder über NK_4 und NK_5 kurzgeschlossen (wenn nämlich beide geschlossen sind) oder über den Anker lr , wenn dieser an K_1 oder K_2 fest anliegt. Schlägt lr dagegen zu einem Zeitpunkt um, wo einer der Nockenkontakte NK_4 oder NK_5 geöffnet ist, dann kommt das Relais NR unter Strom, und über seinen Anker nr wird eine Glühlampe zum Ansprechen gebracht, die anzeigt, daß ein gewisser Verzerrungsgrad überschritten wird.

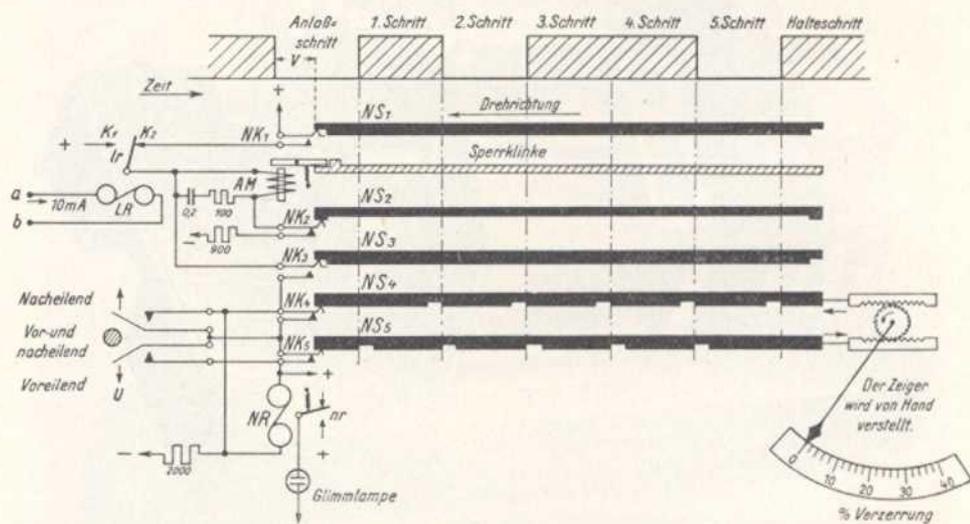


Abb. 148. Schaltung des Verzerrungszeigers T 36

(5) Beim Messen verschiebt man die Nockenscheiben NS_4 und NS_5 aus der Nullstellung mit einem Drehknopf nach links und rechts, bis kein Ankerumschlag von LR mit der Öffnung von NK_4 oder NK_5 zusammenfällt. Dann ist das Ansprechen des Relais NR , bedingt durch zu frühes oder zu spätes Eintreffen der Telegraphierschritte (wenn diese verzerrt sind), unterbunden. Der größte Verzerrungsgrad, den die beobachteten Telegraphierzeichen erleiden, kann somit bei derjenigen Zeigerstellung abgelesen werden, bei der die aufleuchtende Glühlampe gerade wieder erlischt. Dieser Wert entspricht dann dem Verzerrungsgrad der Empfangszeichen in bezug auf den Anlaßschritt; man liest ihn von der Teilung in % ab. Mit dem Schalter U kann man entweder NK_4 oder NK_5 ausschalten; man erhält also bei Stellung »nacheilend« die Verzerrungswerte für alle zu spät eintreffenden, bei Stellung »voreilend« dagegen die Werte für alle zu früh eintreffenden Zeichen.

(6) In Wirklichkeit werden nicht die Nockenscheiben NS_4 und NS_5 gegeneinander verschoben, wie es in Abb. 148 dargestellt ist, um die Sache recht anschaulich zu machen,

sondern man verschiebt die Nockenkontakte NK_4 und NK_5 gegenläufig, während die Scheiben fest bleiben.

(7) Der Verzerrungszeiger T 36 ist mit einem kleinen Nockensender ausgerüstet, der durch einen Hebelhalter unmittelbar auf das Empfangsrelais LR geschaltet werden kann (in Abb. 148 nicht gezeichnet). Das Gerät ist in Ordnung, wenn es bei der Kurzschlußprüfung keine Verzerrung zeigt. Beim Messen schaltet man den Verzerrungszeiger in Nebeneinanderschaltung an die Ankerkreise der Sende- oder Empfangsrelais der zu messenden Telegraphenverbindung (Relaisplatten) an. Wird in der Verbindung dann gearbeitet, so kann man den Verzerrungsgrad, wie eben beschrieben, leicht ermitteln.

(8) Da der Verzerrungszeiger an Springschreiberverbindungen angeschaltet werden kann, ohne daß deren Arbeit unterbrochen wird, ist er besonders zur dauernden Dienstüberwachung geeignet.

§ 56

Der Senderprüfer Spr

(1) Dieses Gerät (Abb. 149) dient zum Prüfen und Einstellen der Sendekontakte des Springschreibers. Es zeigt den Grad der Verzerrung an, die dessen Sender verursacht.

(2) Der Zeiger steht in der Ruhe — also bei stromfreiem Meßwert — nicht auf dem Nullstrich der Teilung, sondern er nimmt ungefähr eine waagerechte Lage ein (0_1 in Abb. 150), ist somit nicht sichtbar. Der Nullstrich der Teilung bildet den Ausgangspunkt der Messung, siehe Abf. 4.

(3) Man schaltet das Gerät in Reihe mit einem veränderbaren Widerstand R , einer Stromquelle von $\approx 100V$, keinesfalls aber weniger als 60 V Spannung und dem Sender des Springschreibers (Abb. 151). Der Empfangsmagnet darf in diesen Stromkreis nicht eingeschaltet sein; die Funkenlöschkondensatoren sind abzuschalten. Die Senderachse bleibt zunächst in Ruhe, so daß der Kontakt, der Anlaß- und Halteschritt steuert, geschlossen ist.



Abb. 149. Senderprüfer Spr. 100 × 100 × 50 mm

Sodann zieht man den Knopf *K* (Abb. 149) und regelt den Dauerstrom im Meßstreife mit *R* so, daß der Zeiger des Senderprüfers auf den Nullstrich der Teilung weist.

(4) Hierauf löst man die Sperrklinke an der Sendenockenwelle aus, damit der Sender »durchläuft«, und stellt danach die Steuerhebel für die Sendekontakte 1...5 mit der Hand so ein, daß alle 5 Kontakte verriegelt sind. Infolgedessen ist bei »durchlaufendem« Sender von den 7 Schritten immer nur der Halteschritt Stromerfüllt, die Stromerfüllte Zeit beträgt also nur $\frac{1}{7}$ der vorigen, und der Zeiger geht — bei genügender Trägheit der Drehspule — auf $\frac{1}{7}$ des Ausschlags bei Dauerstrom zurück (O_2 in Abb. 150). Um diesen Ausschlag sichtbar zu machen, erhöht man zum Ausgleich die Empfindlichkeit des Meßwerks auf das Siebenfache, indem man den Knopf *K* drückt. Der Zeiger muß daher wieder auf Null weisen,

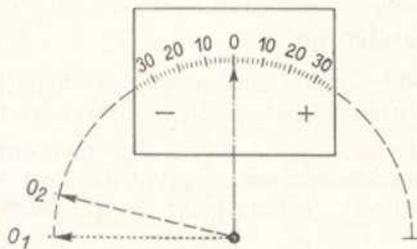


Abb. 150. Zeigerbahn

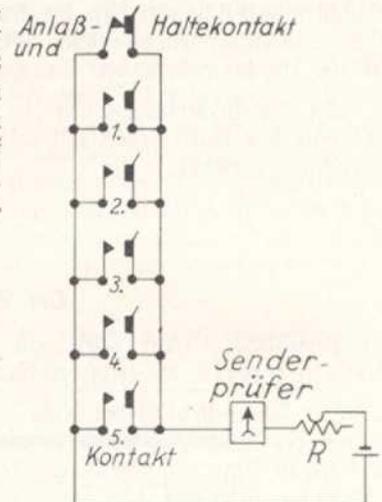


Abb. 151. Prüfschaltung

wenn der Sendekontakt verzerrungsfrei arbeitet. Ist der Stromschritt aber verzerrt, so bleibt der Zeiger nicht bei Null stehen, sondern bei einem andern Teilstrich. Dieser gibt den Betrag der Senderverzerrung unmittelbar in Hundertsätzen an.

Der Kontakt muß nachgestellt werden, wenn die Verzerrung $\pm 2\%$ übersteigt.

(5) Ebenso werden auch die Sendekontakte 1...5 geprüft. Da jeweils immer nur ein Kontakt arbeiten darf, muß man den Stromschluß, den der Anlaß- und Haltekontakt während des Halteschritts bewirkt, unterbinden. Hierzu schiebt man beim Siemens-Springschreiber einen kleinen Drahtbügel (Heftklammer) unter den Steuerhebel der Anlaß- und Haltekontaktfeder (im Führungsschlitze der Sendergrundplatte), während man beim Lorenz-Springschreiber ein Zellophanplättchen zwischen die Kontaktflächen des Anlaß- und Haltekontaktes legt.

Anlage 1

(zu § 4)

Freileitungsdrähte

Bezeichnung	Kurzzeichen	Durchmesser mm	Leitungswiderstand für 1 km Einzelleitung bei 20° C höchstens Ω	Bemerkungen
1	2	3	4	5
Kupferdraht E-Cu	E-Cu	3	2,53	Früher als Hartkupferdraht (Kh) bezeichnet
		4	1,42	
		4,5	1,12	
		5	0,91	
Bronzedraht I	Bz I	3	2,96	An Stelle von E-Cu-Leitungen für große Spannweiten und andere Fälle, die größere Zugfestigkeit er- fordern
		4	1,66	
		4,5	1,32	
		5	1,06	
Bronzedraht II	Bz II	1,5	15,71	Für kurze Leitungen
		2	8,85	
Eisendraht		4	10,98	Wird nicht mehr beschafft
		5	7,02	

Anlage 2

(zu § 4)

Elektrische Eigenschaften von Kabeln bei 20° C
(Vertragswerte)

Kabelart	Weiter- durch- messer mm	Leitungs- wider- stand für 1 km		Isolations- widerstand einer Adr gegen alle übrigen und Erde mindestens M Ω je km	Kapazität für 1 km		Bemerkungen
		Einzel- leitung höchstens Ω	Doppel- leitung höchstens Ω		Stamm- leitung nF	Stier- leitung nF	
1	2	3	4	5	6	7	8
Zernlabel	0,9	—	56,6	10 000	33,5	54,0	
	1,4	—	23,4	10 000	35,5	57,5	
	> 1,0... 1,2	—	36 Ω je mm ²	10 000	34,5	56,0	
Zernleitungskabel DM	0,9	—	57,8	5 000	34	54	
	1,2	—	32,5	5 000	35	56	
	1,4	—	23,8	5 000	36	58	
Zernleitungskabel St I	0,9	—	57,8	5 000	34	—	
	1,2	—	32,5	5 000	35	—	
	1,4	—	23,8	5 000	36	—	
Ortskabel St III	0,6	—	130,0	5 000	38	—	
	0,8	—	73,2	5 000	38	—	
Krarupkabel	1,2	—	32,5	5 000	—	—	
Vadpapierkabel mit Beflechtung (LPK)	0,6	65,0	—	100	—	—	
Vadpapierkabel mit Weimantel (LPM)	0,6	65,0	—	500	—	—	
	1,0	23,4	—	500	—	—	
Vadpapierkabel mit erhöhter Durch- schlagsfestigkeit (LPMh)	1,0	23,4	—	1 000	—	—	
Gummikabel mit Weimantel (GM)	0,8	36,6	—	—	—	—	
Telegraphen-Faser- stoff- und -Papier- kabel	1,5	10,4	—	350	240	—	Faserstoffisolierung
					60	—	Papierisolierung
Gutta- percha- kabel	Querschnitt	7,6	—	350	240	—	7drähtige Viben aus 0,66 mm bzw 0,73 mm dicken Kupferdrähten
		6,3	—	350	220	—	
		2,9 mm ²	—				

Anmerkungen

- Zu Sp. 1. Gummikabel, Telegraphen-Faserstoff- und -Papierkabel sowie Guttaperchakabel werden nicht mehr beschafft.
- Zu den Spalten 3, 4 und 5. Die Werte gelten für die Messung mit Gleichstrom.
- Zu den Spalten 6 und 7. a) Bei Zernlabeln und Zernleitungskabeln gelten die Werte für die Messung mit Wechselstrom von 800 Hz. b) Bei Ortskabeln gelten sie für die Messung mit Gleichstrom oder mit Wechselstrom von 800 Hz. c) Bei Telegraphen-Faserstoff- und -Papier-

kabeln sowie Guttaperchakabeln gelten die Werte für Einzeladern und Gleichstrommessung.

- Angaben über zulässige Abweichungen der Kapazitätswerte, über Widerstandsunterschied zwischen Hin- und Rückleitung, über Ableitung, Durchschlagsfestigkeit, Nebensprech- und Erdkopplungen sind enthalten im »Pflichtenheft für die zu gewährleisten elektrischen Eigenschaften der Zernlabeln, in den »Technischen Vorschriften der DRG für Außenkabel«, im »Pflichtenheft für Krarupkabel« und — für Vadpapierkabel — im RPD-Normblatt P 46 001/1. Die Werte von Induktivität, Wellendämpfung und Wellenwiderstand sind in Anl. 3 angegeben.

Anlage 3

(zu § 4)

Elektrische Eigenschaften der wichtigsten Leitungsorten

Leiter- durch- messer mm	Leitung				Bespulung			Dämp- fungs- fest- wert β für 800 Hz mN je km	Well- len- wider- stand für 800 Hz Ω	Grenz- fre- quenz f_0 Hz	Art der Bespul- ung	Bemerkungen
	Stammleitung (St) oder Viererleit (V) je km	Lei- tungs- wider- stand Ω	Ka- pa- zität nF Doppelleitung	Induk- tivität mH	Spul- len- induk- tivität mH	Wir- kewider- stand der Spule für 800 Hz Ω	Spul- len- ab- stand km					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

A. Freileitungen aus Bronze oder Kupfer

1,5	St	31,4	5,1	2,3	—	—	—	17	675	—	} Dämpfung im Vierer gleich der im Stamm; Wellen- widerstand im Vierer etwa halb so groß wie im Stamm
2,0	St	17,7	5,4	2,2	—	—	—	10	640	—	
3,0	St	5,1	6,0	2,0	—	—	—	4,7	580	—	
4,0	St	2,8	6,4	1,9	—	—	—	3	540	—	
4,5	St	2,2	6,6	1,8	—	—	—	2,5	520	—	
5,0	St	1,8	6,8	1,8	—	—	—	2,1	515	—	

B. Ortskabel und Fernleitungskabel

1. ohne erhöhte Induktivität

0,6	St	130,0	31	0,7	—	—	—	100	920	—
0,8	St	73,2	33	0,7	—	—	—	75	670	—
0,9	St	57,8	34	0,7	—	—	—	70	580	—
1,2	St	32,5	35	0,7	—	—	—	53	430	—
1,4	St	23,8	36	0,7	—	—	—	46	370	—
1,5	St	20,8	36	0,7	—	—	—	43	340	—
2,0	St	11,7	41	0,6	—	—	—	35	240	—

2. mit Bespülung (Pupinkabel)

a) schwere Bespülung

0,8	St	73,2	33	0,7	200	18,0	} 2,0	25	1 830	2 760	} schwer
0,9	St	57,8	34	0,7	200	18,0		20	1 800	2 720	
	V	28,9	54	0,4	70	9,0		20	840	3 640	
1,2	St	32,5	35	0,7	200	18,0		13	1 780	2 680	
	V	16,25	56	0,4	70	9,0		13	820	3 570	
1,4	St	23,8	36	0,7	190	13,0		10	1 710	2 710	
	V	11,9	58	0,4	70	6,5		10	800	3 510	
1,5	St	20,8	36	0,7	190	13,0		9,2	1 710	2 710	
	V	10,4	58	0,4	70	6,5		9,2	800	3 510	
2,0	St	11,7	41	0,6	190	13,0		6,7	1 610	2 540	
	V	5,85	64	0,4	70	6,5		6,7	760	3 350	

b) mittelschwere Bespülung

0,8	St	73,2	33	0,7	140	10,4	} 1,7	25	1 640	3 580	} mittel- schwer
0,9	St	57,8	34	0,7	140	10,4		20	1 610	3 530	
	V	28,9	54	0,4	56	5,2		20	800	4 410	
1,2	St	32,5	35	0,7	140	10,4		13	1 590	3 470	
	V	16,25	56	0,4	56	5,2		13	790	4 330	
1,4	St	23,8	36	0,7	140	10,4		10	1 560	3 420	
	V	11,9	58	0,4	56	5,2		10	770	4 260	

Leiterdurchmesser mm	Leitung				Bespülung			Dämpfungs- festwert für 800 Hz mN je km	Wellen- wider- stand für 800 Hz Ω	Grenz- fre- quenz f_0 Hz	Art der Bespü- lung	Bemerkungen
	Stammleitung (St) oder Viererleit (V)	Lei- tungs- wider- stand Ω je km	Kap- azi- tät nF Doppelleitung	Induk- tivität mH	Spu- len- induk- tivität mH	Widerstand der Spule für 800 Hz Ω	Spu- len- ab- stand km					
0,8	St	73,2	33	0,7	100	13,0	3,3	40	1 030	3 020	mittel- schwer	
0,9	St	57,8	34	0,7	100	13,0	3,2	33	1 020	3 020		
	V	28,9	54	0,4	70	7,8	3,2	25	680	2 870		
1,2	St	32,5	35	0,7	100	13,0	2,9	19	1 040	3 130		
	V	16,25	56	0,4	70	7,8	2,9	15	690	2 960		
1,4	St	23,8	36	0,7	100	11,0	3,0	15	1 010	3 030		
	V	11,9	58	0,4	70	6,0	3,0	11	670	2 850		
1,5	St	20,8	36	0,7	100	11,0	3,0	13	1 010	3 030		
	V	10,4	58	0,4	70	6,0	3,0	10	670	2 850		
2,0	St	11,7	41	0,6	100	11,0	2,5	8,7	1 030	3 120		
	V	5,85	64	0,4	70	6,0	2,5	6,8	690	2 980		
e) leichte Bespülung												
1,2	St	32,5	35	0,7	20	7,0	1,7	30	630	8 970	leicht	
	V	16,25	56	0,4	10	3,5	1,7	26,5	350	9 910		
1,4	St	23,8	36	0,7	20	7,0	1,7	23	610	8 850		
					23	8,0	2,0	23	600	7 630		
	V	11,9	58	0,4	10	3,5	1,7	21	340	9 740		
					11	4,0	2,0	21	330	8 590		
d) sehr leichte Bespülung												
1,2	St	32,5	35	0,7	12	3,0	1,7	35	535	11 100	sehr leicht	
1,4	St	23,8	36	0,7	12	3,0	1,7	26	500	11 000		
3. mit Eisenumsponnung (Krarupfabel)												
1,2 (1×0,2 oder 1×0,3)	St	32,5	37	12,5	—	—	—	30	580	—		Kabelstrecken bis 4 km Länge als Zwischen- oder Endstüde in Freileitungen

C. Fernkabel

1. Rheinlandfabel

2,0	St	11,2	35,4	0,6	240	16	1,7	5	2 000	2 660	schwer	
	V	5,6	63	0,4	80	7,75	3,4	6	610	2 440		
3,0	St	5,0	39,9	0,6	152	6,5	1,7	3,1	1 500	3 140	mittel- schwer	
	V	2,5	70	0,4	80	3,75	3,4	3,5	580	2 310		

2. Fernkabel, Spulenabstand 2 km

0,9	St	57,8	33,5	0,7	200	18	2,0	17,7	1 775	2 710	schwer	
	V	28,9	54	0,4	70	9		(17,6)	825	3 660		
1,4	St	23,8	35,5	0,7	190	13	(8,5)	1 680	2 690			
	V	11,9	57,5	0,4	70	6,5	(9,0)	780	3 465			
0,9	St	57,8	33,5	0,7	50	6,3	(5,75)	31	920	5 430	leicht	für Rundfunkübertra- gung (Kernvierer)
	V	28,9	54	0,4	20	3	(9,5)	31	470	6 830		
	V	28,9	54	0,4	9,4	5,2		41,2	380	9 600		

Leiterdurchmesser mm	Leitung				Bespülung			Dämpfungs- festwert β für 800 Hz mN je km	Wellen- wider- stand für 800 Hz Ω	Grenz- fre- quenz f ₀ Hz	Art der Bespü- lung	Bemerkungen
	Stammleitung (St) oder Direktleit. (V)	Lei- tungs- wider- stand Ω je km	Ka- pa- zi- tät nF Doppelleitung	Induk- tivität mH	Spu- len- induk- tivität mH	Wirkwiderstand der Spule für 800 Hz Ω	Spu- len- ab- stand km					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

3. Fernkabel mit Sonderbespülung

0,9	St	56,6	33,5	0,7	170	13,6	1,7	18,1	1 780	3 220	} mittel- schwer
	V	28,3	54	0,4	68	6,8					
1,4	St	23,4	35,5	0,7	170	13,6	1,7	9,2	1 720	3 120	
	V	11,7	57,5	0,4	68	6,8					

4. Fernkabel, Spulenabstand 1,7 km

0,9	St	56,6	33,5	0,7	140	10,4	1,7	18,6	1 590	3 500	} mittel- schwer	
	V	28,3	54	0,4	56	5,2						
1,4	St	23,4	35,5	0,7	140	10,4	1,7	8,9	1 550	3 410		
	V	11,7	57,5	0,4	56	5,2						
0,9	St	56,6	33,5	0,7	30	4,0	1,7	36	785	7 470		} leicht
	V	28,3	54	0,4	12	2,0						
1,4	St	23,4	35,5	0,7	30	4,0	1,7	17	730	7 260		
	V	11,7	57,5	0,4	12	2,0						
1,4	St	23,4	35,5	0,7	17	3,0	1,7	20,4	600	9 750	} sehr leicht	
	St	23,4	35,5	0,7	12	3,0						
	St	23,4	38	0,7	12	3,0						
	St	23,4	36,5	0,7	3,2	1,0						

für Rundfunkübertragung
für Weiteffverfehr

5. Fernkabel Aachen-Lüttich

1,5	St	19,47	38,5	0,7	177	18,1	1,83	9,6	1 590	2 900	} schwer	
	V	9,74	62,5	0,4	63	7,3						
1,3	St	25,92	38,5	0,7	177	18,1	1,83	12,1	1 590	2 900		
	V	12,96	62,5	0,4	63	7,3						
1,3	St	25,92	38,5	0,7	44	5,0	1,83	18,5	790	5 800		} leicht
	V	12,96	62,5	0,4	25	2,5						

6. Fernkabel Emden-Orninggen (Sternkabel)

1,03	St	43,2	36,2	0,8	155	8,4	1,65	15,5	1 650	3 270	} mittel- schwer
1,6	St	17,9	36,2	0,8	155	8,4					
1,03	St	43,2	36,2	0,8	32	1,9					

7. Fernkabel Hensburg-Westerland (Sphit)

1,4	St	23,8	35,5	0,7	40	4,0	3,26	21	620	4 520	} leicht
	V	11,9	57,5	0,4	16	1,9					
1,5	St	20,8	35,5	0,8	40	2,5	3,06	17,8	620	4 520	
1,4	St	23,8	35,5	0,7	8,5	1,0					

*) Festland
**) Insel
für Rundfunkübertragung

Leiter- durch- messer	Leitung				Bespulung			Dämp- fungs- fest- wert β für 800 Hz	Well- en- wider- stand für 800 Hz	Grenz- fre- quenz f ₀	Art der Bespul- ung	Bemerkungen
	Stammleitung (St) oder Viererkreis (V)	Lei- tungs- wider- stand Ω	Ka- pa- zität nF	Induk- tivität mH	Spu- len- induk- tivität mH	Wirkwiderstand der Spule für 800 Hz Ω	Spu- len- ab- stand km					
mm	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

D. Seckabel

1. Krarupkabel

2,1 (1×0,3)	St	11,3	37,4	7,58	—	—	—	12	460	—		Helgoland-Sylt 1919
2,1 (2×0,2)	St	12,0	52	9	—	—	—	13	470	—		Leba-Willau (Ost- preußen I) 1920
2,1 (2×0,2)	St	12,0	53,5	10	—	—	—	11,8	460	—		Zarrenzjn-Kämpinge (Schweden II) 1921
2,0 (1×0,3)	St	13,5	47	13	—	—	—	11,8	530	—		Leba-Willau (Ost- preußen II) 1922 u. Leba-Danzig 1922
1,6 (1×0,3)	St	18,3	50	15	—	—	—	16	570	—		Friedrichshafen-Ro- manshorn (Boden- see) 1924

2. Pupinkabel (Vierdrahtkabel)

1,0	St	45,8	51	0,7	47	4	2,21	28,7	760	4 900	leicht	Warnemünde-Gjedser 1926
1,5	St	20,3	42	0,7	36	3	2,2	15,3	650	5 400		Zarrenzjn-Kämpinge (Schweden III) 1927
1,0	St	45	42	0,7	54	5,6	1,86	26,2	890	4 800		Leba-Willau (Ost- preußen III) 1929
1,2	St	31,4	41	0,7	30	1,9	1,9	22,8	668	6 500		Zarrenzjn-Kämpinge (Schweden IV) 1930
1,0	St	45,0	40	0,7	14,5	1,9	3,295	45	510	7 000		Warnemünde-Gjedser 1931

Anmerkungen

- Die unter B, C und D angegebenen Werte gelten für Kabeladern mit Kupferleitern.
- Die Werte in Sp. 3 sind Höchstwerte bei 20° C.
- Zu Spalte 9. Die bei A, B und D angegebenen Werte sind Mittelwerte. Die Werte unter C 1, C 2, C 3 und C 5 sind durch Messung ermittelt, während die Werte unter C 4, C 6 und C 7 berechnet worden sind.
- Die Zahlen in Sp. 10 geben den Betrag des Wellenwiderstandes an, also den Wert, der in der EMD II mit dem Formelzeichen |Z| bezeichnet wird.

Die Werte bei A und B 3 sind nach der Formel $|Z| = \sqrt{\frac{L}{C}}$ berechnet worden, die unter B 1 vermerkten nach der Formel $|Z| = \sqrt{\frac{R}{2\pi f C}}$, die unter B 2, C 4, C 6 und C 7 nach verschiedenen Formeln. Die Werte unter C 1, C 2, C 3 und C 5 sind durch Messung ermittelt. Die bei D aufgeführten Werte sind Durchschnittswerte aus den Abnahmemessungen.

5. Unter B 3 und D 1 ist in Sp. 1 innerhalb der Klammer die Lagenzahl und die Drahtstärke der Krarup-umspinnung angegeben. Soweit bei den Krarupkabeln eine Viererausnutzung stattfindet, beträgt der Wellenwiderstand des Viererkreises etwa die Hälfte des Wellenwiderstandes der Stammleitungen; die Dämpfung des Viererkreises ist um etwa 20% höher als die der Stammleitungen.

6. Adern mit 0,9- und 1,4 mm-Leiter im Rheinlandkabel (C 1) sind ähnlich bespult wie die des Fernkabels mit Sonderbespaltung (C 3).

7. Die unter C 2 in den Sp. 7 und 9 in Klammern stehenden Zahlen beziehen sich auf die älteren Kabel mit Drahtfernspulen.

Anlage 4

(zu § 6)

Regeln für Strommesser und Spannungsmesser mit Drehspule und Zeiger

A. Bis zum 30. September 1939 gültige Regeln

(Auszug aus den »Regeln für Meßgeräte VDE 0410/1923« des Verbandes
Deutscher Elektrotechniker)

1. Klasseneinteilung

Meßgeräte, die diesen Regeln entsprechen, erhalten ein Klassenzeichen. Es darf nur angebracht werden, wenn sämtliche Bestimmungen dieser Regeln für die betreffende Klasse erfüllt sind.

- Klassenzeichen E: Feinmeßgeräte 1. Klasse,
 Klassenzeichen F: Feinmeßgeräte 2. Klasse,
 Klassenzeichen G: Betriebsmeßgeräte 1. Klasse,
 Klassenzeichen H: Betriebsmeßgeräte 2. Klasse.

2. Bestandteile

- a) Meßwerk ist die Einrichtung zum Erzeugen und Messen des Zeigerauschlages.
 b) Bewegliches Organ¹⁾ ist der Zeiger einschließlich der sich mit ihm bewegenden Teile.
 c) Instrument ist das Meßwerk zusammen mit dem Gehäuse und dem gegebenenfalls eingebauten Zubehör.

Bei dem Instrument mit eingebautem Zubehör ist das Zubehör in das Gehäuse des Instruments eingebaut oder an ihm untrennbar befestigt.

d) Meßgerät ist das Instrument zusammen mit sämtlichem Zubehör, also auch mit solchem, das nicht untrennbar mit dem Instrument verbunden, sondern getrennt gehalten ist.

e) Der Strompfad des Meßwerks führt unmittelbar oder mittelbar den ganzen Meßstrom oder einen bestimmten Bruchteil von ihm.

f) Der Spannungspfad des Meßgeräts liegt unmittelbar oder mittelbar an der Meßspannung.

3. Lagezeichen

Instrumente für bestimmte Lage erhalten Lagezeichen zur Kennzeichnung der Gebrauchslagen, d. h. der Lagen, in denen die Bestimmungen eingehalten werden.

Bei Instrumenten ohne Lagezeichen müssen die Bestimmungen in jeder Gebrauchslage eingehalten sein.

4. Aufschriften

Auf Strom- und Spannungsmessern muß angegeben sein:

- Ursprungszeichen,
 Fertigungsnummer (nur bei Klassen E und F),
 Einheit der Meßgröße,
 Klassenzeichen,
 Stromartzeichen (für Gleichstrom das Gleichheitszeichen, für Wechselstrom das Wellenzeichen),
 Zeichen für die Art des Meßwerks (\square für Drehspule mit Nichtkraft),
 Lagezeichen ($|$ senkrechte Gebrauchslage, \diagdown schräge Gebrauchslage, $—$ waagerechte Gebrauchslage),

¹⁾ Statt »bewegliches Organ« wird in der TMD meist »beweglicher Teil« gesagt.

Prüfspannungszeichen (für die Höhe der Prüfspannung bei der Durchschlagsprobe):

Höchste Meßspannung gegen Gehäuse	Prüfwechselspannung (zwischen 15 und 60 Hz)	Prüfspannungszeichen
nicht über 40 V	500 V	schwarzer Stern
41 ... 100 "	1 000 "	brauner Stern
101 ... 650 "	2 000 "	roter Stern
651 ... 900 "	3 000 "	blauer Stern
901 ... 1 500 "	5 000 "	grüner Stern

Nennfrequenzbereich (bei Wechselstromgeräten).

Außerdem bei Gleichstrommessern der Klasse E:

Nennspannungsabfall (d. i. der Spannungsabfall im Gerät bei vollem Zeiger-
ausschlag)

und bei Spannungsmessern der Klasse E:

Widerstand des Spannungspfad.

5. Klemmenbezeichnung

Bei Meßgeräten, deren Ausschlag von der Stromrichtung abhängig ist, muß die Stromrichtung deutlich und dauerhaft gekennzeichnet sein. Bei Instrumenten mit beiderseitigem Ausschlag soll der hiernach gekennzeichneten Stromrichtung die rechte Seite der Teilung entsprechen.

6. Genauigkeit

Anzeigefehler ist der Unterschied zwischen der Anzeige und dem wahren Wert der Meßgröße — d. h. der Größe, zu deren Messung das Meßgerät bestimmt ist —, der lediglich durch die mechanische Unvollkommenheit des Meßgeräts und durch die Unvollkommenheit der Eichung, also in der richtigen Lage, bei der Bezugstemperatur (20°), bei Abwesenheit von fremden Feldern und bei der Nennfrequenz verursacht wird. Er wird in Hundertsätzen (%) vom Endwert des Meßbereichs angegeben. Ist der angezeigte Wert größer als der wahre Wert, so ist der Anzeigefehler positiv.

Folgende Anzeigefehler dürfen im Meßbereich nicht überschritten werden:

- a) Feinmeßgeräte der Klassen E und F mit eingebautem Zubehör: Klasse E $\pm 0,2\%$, Klasse F $\pm 0,3\%$ vom Endwert des Meßbereichs.

Der zulässige Anzeigefehler vergrößert sich

- bei Meßbereichen für mehr als 250 V am Spannungspfad um 0,1%
- bei Meßgeräten mit austauschbaren Vorwiderständen um weitere 0,1%
- bei Meßgeräten mit austauschbaren Nebwiderständen um 0,2%.

- b) Betriebsinstrumente der Klassen G und H: Klasse G $\pm 1,5\%$, Klasse H $\pm 3\%$ vom Endwert des Meßbereichs.

Diese Fehlergrenzen beziehen sich auf folgende Verhältnisse:

- a) auf die Bezugstemperatur (Raumtemperatur von 20° C),
- b) auf die Nennfrequenz,
- c) bei Spannungs- und Strommessern der Klassen E und F auf kurz- und langdauernde Einschaltung.
- d) Aus den Prüfergebnissen ist der Einfluß etwa wirksam gewesener Fremdfelder auszuscheiden. E- und F-Instrumente sind dabei in der durch den Nord-Süd-Pfeil gekennzeichneten Lage im Erdfeld aufzustellen. Fehlt dieser Pfeil, so muß das Instrument in jeder Lage zum Erdfeld den Genauigkeitsvorschriften entsprechen.
- e) Instrumente der Klassen G und H sollen vor der Prüfung bis zum Beharrungszustand, und zwar mit 80% vom Endwert des Meßbereichs, vorgewärmt werden.

7. Einflußgrößen

Die Einflußgrößen werden in Hundertsätzen (%) vom Endwert des Meßbereichs angegeben.

a) Temperatureinfluß ist die Änderung der Anzeige, die lediglich dadurch verursacht wird, daß sich die Raumtemperatur um $\pm 10^\circ \text{C}$ von der Bezugstemperatur unterscheidet.

Der Temperatureinfluß darf nicht überschreiten:

bei Strommessern der Klassen E und F	0,5%
bei Spannungsmessern der Klassen E und F	0,3%
bei Meßgeräten der Klasse G	2 %
bei Meßgeräten der Klasse H	3 %.

b) Lageeinfluß ist die Änderung der Anzeige, die lediglich durch eine Neigung um $\pm 5^\circ$ aus der gekennzeichneten Gebrauchslage entsteht. Hat das Instrument kein Lagezeichen, so ist der Lagefehler die Änderung der Anzeige zwischen senkrecht und waagrecht gestellter Skalenebene in Stellungen, die dem Gebrauch entsprechen.

Der Lagefehler soll bei Instrumenten ohne Libelle oder Senkel nicht überschreiten:

bei Klasse E und F	0,2% der Skalnlänge,
bei Klasse G	1 % der Skalnlänge,
bei Klasse H	2 % der Skalnlänge.

Skalnlänge ist der in mm gemessene Weg der Zeigerspitze vom Anfang bis zum Ende der Teilung.

c) Der Frequenzeinfluß darf nicht überschreiten:

bei Meßgeräten der Klassen E und F	0,1%
bei Meßgeräten der Klasse G	1 %
bei Meßgeräten der Klasse H	2 %.

8. Nulleinstellung

Instrumente der Klassen E und F müssen eine Vorrichtung haben, mit der man den Zeiger verstellen kann, ohne das Gehäuse zu entfernen. Die Vorrichtung soll bei Instrumenten für Höchstspannungen über 40 V gefahrlos betätigt werden können, ohne daß eine Berührung spannungsführender Teile eintritt; sie muß also durch eine ausreichende Isolation von diesen getrennt sein.

B. Vom 1. Oktober 1939 ab gültige Regeln

(Auszug aus den »Regeln für Meßgeräte VDE 0410/X. 38« des Verbandes Deutscher Elektrotechniker)

1. Klasseneinteilung

Meßgeräte, die diesen Regeln entsprechen, erhalten ein Klassenzeichen. Es darf nur angebracht werden, wenn sämtliche Bestimmungen dieser Regeln für die betreffende Klasse erfüllt sind.

Klassenzeichen	0,2	} Feinmeßgeräte
„	0,5	
„	1,0	} Betriebsmeßgeräte.
„	1,5	
„	2,5	

2. Meßgeräte und ihre Teile

- Das Meßgerät umfaßt das Meßwerk mit Gehäuse und mit eingebautem, angebautem, lösbar oder unlösbar verbundenen Zubehör. Ein Meßgerät kann auch mehrere Meßwerke enthalten.
- Das Meßwerk besteht aus den eine Bewegung erzeugenden zueinander gehörenden Teilen des Meßgerätes.
- Das bewegliche Organ¹⁾ ist der Teil des Meßwerkes, dessen Bewegung oder Lage von der Meßgröße abhängt.
- Der Strompfad ist der vom Meßstrom oder einem Teil des Meßstromes durchflossene Teil des Meßgerätes.
- Der Spannungspfad ist der mittelbar oder unmittelbar an die Spannung anzuschließende Teil des Meßgerätes.
- Der Nebenwiderstand ist der vom Hauptstrom unmittelbar durchflossene Widerstand, an dessen Klemmen das Meßgerät angeschlossen wird.
- Der Vorwiderstand ist der Widerstand, der dem Spannungspfad des Meßgerätes vorgeschaltet wird.
- Die Meßleitungen sind leitende Verbindungen zwischen Meßstellen und dem Meßgerät; ihre Eigenschaften beeinflussen unter Umständen die Meßgenauigkeit.

3. Lagezeichen

Meßgeräte für bestimmte Lage erhalten Lagezeichen zur Kennzeichnung der Gebrauchslagen, d. h. der Lagen, in denen die Bestimmungen eingehalten werden.

Bei Meßgeräten ohne Lagezeichen müssen die Bestimmungen in jeder Gebrauchslage eingehalten werden.

4. Begriffserklärungen

a) **Nennfrequenz** ist die auf dem Meßgerät angegebene Frequenz. **Nennfrequenzbereich** ist der auf dem Meßgerät angegebene Frequenzbereich.

Ist nur die Nennfrequenz angegeben, so gilt der Bereich 0,9 bis $1,1 \times$ Nennfrequenz als Nennfrequenzbereich.

b) **Nennspannung** ist die auf dem Meßgerät angegebene Spannung. **Nennspannungsbereich** ist der auf dem Meßgerät angegebene Spannungsbereich.

Ist nur die Nennspannung angegeben, so gilt der Bereich 0,9 bis $1,1 \times$ Nennspannung als Nennspannungsbereich.

¹⁾ Statt »bewegliches Organ« wird in der EMD meist »beweglicher Teil« gesagt.

c) Nennstrom ist der auf dem Meßgerät angegebene Strom. Nennstrom bei Nebenwiderständen ist derjenige Strom, bei dem der Nennspannungsabfall erreicht wird.

Nennspannungsabfall bei Nebenwiderständen ist der auf ihnen angegebene Spannungsabfall.

d) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg, auf dem ein Stromübergang längs der Oberfläche eines Isolierkörpers zwischen Metallteilen eintreten kann, wenn zwischen ihnen eine Spannung besteht.

5. Aufschriften

Auf Strom- und Spannungsmessern muß angegeben sein:

Ursprungszeichen,

Fertigungsnummer (nur bei den Klassen 0,2 und 0,5),

Einheit der Meßgröße,

Klassenzeichen,

Stromartzeichen (Gleichstrom —, Wechselstrom ~, Gleich- und Wechselstrom \approx),

Zeichen für die Art des Meßwerks (\square für Drehspulmeßgerät mit Dauermagnet),

Lagezeichen (\perp senkrechte Gebrauchslage, \sqcap waagerechte Gebrauchslage, \sphericalangle schräge Gebrauchslage, \sphericalangle_{α} schräge Gebrauchslage mit Angabe des Neigungswinkels¹⁾),

Prüfspannungszeichen (für die Spannungsprüfung zwischen dem Gehäuse und den Strom- und Spannungspfaden des Meßgeräts):

Betriebsspannung des Meßgeräts oder Nennspannung des Stromkreises, in dem es verwendet wird Volt	Prüfwechselspannung von 15...60 Hz Frequenzbereich Volt (effektiv)	Prüfspannungszeichen (schwarzumrandeter Stern)
bis 40	500	Stern ohne Ziffer
über 40 » 650	2 000	» mit » 2
» 650 » 1 000	3 000	» » » 3
» 1 000 » 1 500	5 000	» » » 5
» 1 500 » 3 000	10 000	» » » 10,

Nennfrequenz oder Nennfrequenzbereich¹⁾.

Außerdem bei Meßgeräten der Klasse 0,2:

Nennspannungsabfall (bei Gleichstrommessern),

Widerstand des Spannungspfadcs (bei Spannungsmessern),

Wirkwiderstand und Induktivität bei 50 Hz (bei Wechselstrommessern).

6. Klemmenbezeichnung

Bei Gleichstrommeßgeräten, deren Ausschlag von der Stromrichtung abhängig ist, muß die positive Klemme durch ein Pluszeichen gekennzeichnet sein. Bei Meßgeräten mit beiderseitigem Ausschlag soll der hiernach gekennzeichneten Stromrichtung die rechte Seite der Teilung entsprechen.

7. Fehlergrenzen

Der Anzeigefehler ist der Unterschied zwischen dem angezeigten und dem wahren Wert der Meßgröße, d. h. der Größe, zu deren Messung das Meßgerät bestimmt ist (Strom, Spannung usw.) und die auf der Teilung angezeigt wird. Der Anzeigefehler wird in Hundertsätzen (%) vom

¹⁾ Das Lagezeichen kann weglassen. Ebenso die Angabe der Nennfrequenz und des Nennfrequenzbereichs; als solcher gilt dann der Bereich von 15...60 Hz.

Endwert des Meßbereichs angegeben. Bei Teilungen, bei denen der Nullpunkt nicht an einem Ende liegt, gilt als Endwert die Summe beider Endwerte zu beiden Seiten des Nullpunktes.

Der Anzeigefehler darf innerhalb des Meßbereichs folgende Fehlergrenzen nicht überschreiten:

bei Klasse 0,2	.....	$\pm 0,2\%$
" "	0,5	..... $\pm 0,5\%$
" "	1,0	..... $\pm 1,0\%$
" "	1,5	..... $\pm 1,5\%$
" "	2,5	..... $\pm 2,5\%$

Diese Fehlergrenzen beziehen sich:

- auf die Bezugstemperatur (Raumtemperatur von 20°C),
- bei Wechselstrommeßgeräten auf praktisch sinusförmigen Stromverlauf und auf die Nennfrequenz oder den Nennfrequenzbereich,
- bei Spannungs- und Strommessern der Klassen 0,2, 0,5 und 1,0 auf kurz- und langdauernde Einschaltung (zwei Stunden).

Dabei sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

- Strom- und Spannungsmesser der Klassen 1,5 und 2,5 sollen vor der Prüfung eine Stunde zur Erwärmung mit 80% vom Endwert des Meßbereichs vorbelastet werden.
- Der Einfluß von Fremdsfeldern ist auszuschalten. Geräte der Klassen 0,2, 0,5 und 1,0 sind in der durch einen Nord-Süd-Pfeil gekennzeichneten Lage zum Erdfeld aufzustellen. Fehlt dieser Pfeil, so muß das Meßgerät in jeder Lage zum Erdfeld die Fehlergrenzen seiner Klasse einhalten.
- Die Prüflage soll dem Lagezeichen entsprechen.

8. Einflußgrößen

a) Temperatureinfluß. Die Änderung der Anzeige, die durch eine Änderung der Raumtemperatur gegenüber der Bezugstemperatur um $\pm 10^{\circ}$ verursacht wird, darf folgende Werte nicht überschreiten:

bei Klasse 0,2	.....	$\pm 0,2\%$	der Anzeige
" "	0,5	..... $\pm 0,5\%$	" "
" "	1,0	..... $\pm 1,0\%$	" "
" "	1,5	..... $\pm 1,5\%$	" "
" "	2,5	..... $\pm 2,5\%$	" "

b) Frequenzeinfluß. Die Änderung der Anzeige, die durch eine Änderung der Frequenz gegenüber der Nennfrequenz um $\pm 10\%$ oder durch eine Änderung der Frequenz innerhalb des Nennfrequenzbereichs hervorgerufen wird, darf die bei 8a angegebenen Werte nicht überschreiten.

c) Lagefehler. Die Änderung der Anzeige, die durch eine Neigung des Instruments um $\pm 5^{\circ}$ aus der gekennzeichneten Gebrauchslage entsteht, darf die bei 8a angegebenen Zahlenwerte (in % der Skalenlänge) nicht überschreiten.

Skalenlänge ist die Länge der Teilung in Millimetern, gemessen über die Mitte der kleinen Teilstriche.

9. Fehlergrenzen für Neben- und Vorwiderstände

Die unter 7 und 8 angegebenen Fehlergrenzen gelten für die Meßgeräte einschließlich der als dazugehörig gekennzeichneten Neben- oder Vorwiderstände.

Neben- oder Vorwiderstände, die getrennt von Meßgeräten als austauschbare Widerstände geliefert werden, sollen einer der drei nachstehend angegebenen Genauigkeitsklassen angehören:

Klasse	Zulässige Abweichung vom Nennwert in % des Nennwertes
0,1	$\pm 0,1$
0,2	$\pm 0,2$
0,5	$\pm 0,5$

Diese Fehlergrenzen gelten für alle Temperaturen zwischen $+10$ und $+30^\circ$ und bei jeder beliebigen Belastung der Widerstände bis zur Nennbelastung.

10. Zeigernullstellung

Meßgeräte der Klassen 0,2 und 0,5 müssen eine Vorrichtung haben, mit der man den Zeiger verstellen kann, wobei der gesamte Verstellbereich nicht mehr als 6% der Skalenlänge betragen soll. Sofern Meßgeräte der übrigen Klassen eine Zeigernullstellung haben, soll der gesamte Verstellbereich nicht mehr als 12% betragen. Die Vorrichtung muß bei Meßgeräten bis zu 650 V Betriebsspannung derart von spannungsführenden Teilen isoliert sein, daß sie ohne Gefahr unter Spannung betätigt werden kann. Meßgeräte für Spannungen über 650 V, deren Zeigernullstellung unter Spannung nicht ohne Gefahr betätigt werden kann, müssen ein Warnungsschild tragen.

11. Geltungsbeginn

Diese Regeln treten am 1. Oktober 1939 in Kraft. Während einer Übergangszeit von einem Jahr, vom Zeitpunkt des Inkrafttretens an gerechnet, können Meßgeräte, die nach VDE 0410/1923 hergestellt sind, als den VDE-Bestimmungen entsprechend angesehen werden.

Anlage 5

(zu § 17)

**Werte des Isolationswiderstandes beim Messen
mit dem Universalmeßinstrument****A. Verminderte Empfindlichkeit (Rippfaste allein gedrückt)**

Ab- lenkung <i>a</i> Teilstriche	Isolationswiderstand in Megohm bei der Eichzahl <i>A</i> =				Ab- lenkung <i>a</i> Teilstriche	Isolationswiderstand in Megohm bei der Eichzahl <i>A</i> =			
	95 oder 96	97 oder 98	99 oder 100	101 oder 102		95 oder 96	97 oder 98	99 oder 100	101 oder 102
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0,29	0,30	0,30	0,31	14	0,018	0,018	0,019	0,019
2	0,14	0,15	0,15	0,15	16	0,015	0,016	0,016	0,017
3	0,095	0,097	0,10	0,10	18	0,013	0,014	0,014	0,014
4	0,071	0,072	0,074	0,075	20	0,011	0,012	0,012	0,013
5	0,056	0,057	0,059	0,060	25	0,009	0,009	0,009	0,009
6	0,046	0,047	0,048	0,049	30	0,007	0,007	0,007	0,007
7	0,039	0,040	0,041	0,042	35	0,005	0,005	0,006	0,006
8	0,034	0,035	0,035	0,036	40	0,004	0,004	0,005	0,005
9	0,030	0,030	0,031	0,032	45	0,004	0,004	0,004	0,004
10	0,026	0,027	0,028	0,028	50	0,003	0,003	0,003	0,003
12	0,021	0,022	0,022	0,023					

Ist $a > 50$ Teilstriche, so muß man den Isolationswiderstand wie einen Leitungswiderstand messen.**B. Volle Empfindlichkeit (beide Tasten gedrückt)**

Ab- lenkung <i>a'</i> Teilstriche	Isolationswiderstand in Megohm bei der Eichzahl <i>A</i> =				Ab- lenkung <i>a'</i> Teilstriche	Isolationswiderstand in Megohm bei der Eichzahl <i>A</i> =			
	95 oder 96	97 oder 98	99 oder 100	101 oder 102		95 oder 96	97 oder 98	99 oder 100	101 oder 102
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1/2	5,90	6,03	6,16	6,28	30	0,096	0,097	0,099	0,101
1	2,95	3,01	3,08	3,14	35	0,081	0,083	0,085	0,086
2	1,47	1,51	1,54	1,57	40	0,071	0,072	0,074	0,075
3	0,98	1,00	1,02	1,04	45	0,063	0,064	0,065	0,067
4	0,74	0,75	0,77	0,78	50	0,056	0,057	0,058	0,060
5	0,59	0,60	0,61	0,62	55	0,050	0,051	0,053	0,054
6	0,49	0,50	0,51	0,52	60	0,046	0,047	0,048	0,049
7	0,42	0,43	0,44	0,44	65	0,042	0,043	0,044	0,045
8	0,36	0,37	0,38	0,39	70	0,039	0,040	0,041	0,042
9	0,32	0,33	0,34	0,34	75	0,036	0,037	0,038	0,039
10	0,29	0,30	0,30	0,31	80	0,034	0,035	0,035	0,036
12	0,24	0,25	0,25	0,26	85	0,032	0,032	0,033	0,034
14	0,21	0,21	0,21	0,22	90	0,030	0,030	0,031	0,032
16	0,18	0,18	0,19	0,19	95	0,028	0,029	0,029	0,030
18	0,16	0,16	0,16	0,17	100	0,026	0,027	0,028	0,028
20	0,14	0,14	0,15	0,15	105	0,025	0,025	0,026	0,026
22	0,13	0,13	0,13	0,14	110	0,024	0,024	0,025	0,025
24	0,12	0,12	0,12	0,12	115	0,022	0,023	0,023	0,024
26	0,11	0,11	0,11	0,11	120	0,021	0,022	0,022	0,023
28	0,10	0,10	0,10	0,11					

Anlage 6

(zu § 23)

**A. Tafel der e^n -Beträge
für n von 0...20**

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,	1	1,105	1,221	1,350	1,492	1,649	1,822	2,014	2,226	2,460
1,	2,718	3,004	3,320	3,669	4,055	4,482	4,953	5,474	6,050	6,686
2,	7,389	8,166	9,025	9,974	11,02	12,18	13,46	14,90	16,44	18,17
3,	20,10	22,20	24,53	27,11	29,96	33,12	36,60	40,45	44,70	49,40
4,	54,60	60,34	66,69	73,70	81,45	90,02	99,48	110,0	121,5	134,3
5,	148,4	164,0	181,3	200,3	221,4	244,7	270,4	298,9	330,3	365,0
6,	403,4	445,9	492,8	544,6	601,8	665,1	735,1	812,4	897,8	992,3
7,	1097	1212	1339	1480	1636	1808	1998	2208	2441	2697
8,	2981	3294	3641	4024	4447	4915	5432	6003	6634	7332
9,	8103	8955	9897	10938	12088	13360	14765	16318	18034	19930
n	0	2	4	6	8					
10,	22 026	26 903	32 860	40 135	49 021					
11,	59 874	73 130	89 322	109 098	133 252					
12,	162 755	198 789	242 802	296 559	362 217					
13,	442 413	540 365	650 003	806 130	984 609					
14,	1 202 604	1 468 864	1 794 075	2 191 288	2 676 445					
15,	3 269 017	3 992 787	4 876 802	5 956 538	7 275 332					
16,	8 886 111	10 853 520	13 256 519	16 191 549	19 776 402					
17,	24 154 953	29 502 927	36 034 955	44 013 194	53 757 835					
18,	65 659 969	80 197 270	97 953 164	119 640 260	146 128 950					
19,	178 482 301	217 998 780	266 264 310	325 215 960	397 219 660					
20,	485 165 195									

B. Werte von e^{-n}

n	e^{-n}	n	e^{-n}	n	e^{-n}
1	$3,68 \cdot 10^{-1}$	9	$1,23 \cdot 10^{-4}$	0,1	0,905
2	$1,35 \cdot 10^{-1}$	10	$4,54 \cdot 10^{-5}$	0,2	0,819
3	$4,98 \cdot 10^{-2}$	11	$1,67 \cdot 10^{-5}$	0,3	0,741
4	$1,83 \cdot 10^{-2}$	12	$6,14 \cdot 10^{-6}$	0,4	0,670
5	$6,74 \cdot 10^{-3}$	13	$2,26 \cdot 10^{-6}$	0,5	0,607
6	$2,48 \cdot 10^{-3}$	14	$8,32 \cdot 10^{-7}$	0,6	0,549
7	$9,12 \cdot 10^{-4}$	15	$3,06 \cdot 10^{-7}$	0,7	0,497
8	$3,35 \cdot 10^{-4}$	16	$1,13 \cdot 10^{-7}$	0,8	0,449
				0,9	0,407

Beispiel für Zwischenwerte: $e^{-11,5} = e^{-11} \cdot e^{-0,5} = 1,67 \cdot 10^{-5} \cdot 0,607 = 1,014 \cdot 10^{-5}$.

Anlage 7

(zu § 27)

Elektronenröhren im Meß- und Verstärkerdienst

(1) Die im Meß- und Verstärkerdienst verwendeten Elektronenröhren lassen sich in drei Gruppen scheiden: technische Röhren, Rundfunkröhren und Gleichrichterröhren.

a) Technische Röhren werden nach besonderen Verfahren hergestellt und einer scharfen Abnahmeprüfung nach Pflichtenheften unterzogen. Die Lieferer leisten Gewähr für Genauigkeit, Gleichmäßigkeit und Gebrauchsdauer.

b) Rundfunkröhren sind Röhren, wie sie in handelsüblichen Rundfunkempfängern verwendet werden; für sie sind keine besonderen Lieferbedingungen vereinbart.

c) Gleichrichterröhren werden eigens für Wechselstrom-Netzanschlußgeräte gebaut.

(2) Technische Röhren. a) Man teilt sie nach ihrer größten abgebbaren Wechselstromleistung in Leistungsklassen ein, die durch große Buchstaben gekennzeichnet sind (siehe die nachstehende Übersicht I). Der obere Grenzwert einer höheren Leistungsstufe entspricht jeweils dem Vierfachen der vorhergehenden.

b) Bei Mehrgitterröhren ist an zweiter Stelle die Anzahl der eingebauten Gitter (Steuer-, Schirm-, Raumladungs- und Brems- oder Fanggitter) durch eine arabische Ziffer angegeben. Bei Eingitterröhren bleibt diese Ziffer weg.

c) Innerhalb jeder Leistungsstufe werden verschiedene Arten von Röhren, die in der Heizstromstärke oder in ihren elektrischen Werten, wie Steilheit, innerer Widerstand usw. voneinander abweichen, durch kleine Buchstaben gekennzeichnet, z. B. Aa (Eingitterröhre) oder E 2b (Mehrgitterröhre).

d) Röhren, die für besondere Zwecke mit einem äußeren Mantel versehen sind, werden durch den Zusatz s von der gleichen Röhrenart ohne Abschirmung unterschieden. Es gibt z. B. Röhren Ba und Ba_s oder Ca und Ca_s. Bei Neuentwicklung von Röhren mit äußerem Mantel wird aber künftig kein zusätzlicher Buchstabe, sondern ein neuer Buchstabe verwendet werden.

e) Ältere technische Röhren mit abweichenden Bezeichnungen (siehe Übersicht II bei B) sind vereinzelt noch in Meßgeräten vorhanden, werden aber nicht mehr hergestellt. Sie sollen später durch neuere Röhren ersetzt werden.

(3) Zu Vergleichsmessungen benutzt man besonders ausgeglichene Röhren, sogenannte Meßröhren, deren elektrische Werte nur in engen Grenzen von den Sollwerten abweichen. Von welchen Röhrenarten Meßröhren bereitgehalten werden, bestimmt das MFB. Über die Verwendung von Meßröhren im technischen Verstärkerdienst siehe DVA VI, 6A § 51 Abs. I.

(4) Mit Rundfunkröhren sind einzelne Drahtfunk- und Meßeinrichtungen ausgestattet. Künftig sollen auch hier, wenn nötig, technische Röhren verwendet werden. Die Rundfunkröhren haben — ebenso wie die Gleichrichterröhren — keine einheitlichen Bezeichnungen. Beispielsweise sind die Röhren RE 134 und REN 904 Rundfunkröhren, die Röhren Gle 2000/02/06, Z 2a und RGN 354 Gleichrichterröhren.

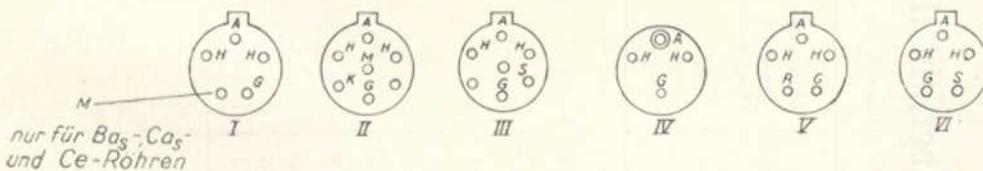
(5) Die Übersicht II enthält Angaben über Eigenschaften und Verwendungszweck der gebräuchlichsten Röhrenarten. Angaben über andere Arten findet man in der vom MFB herausgegebenen „Zusammenstellung der im Verstärkerbetrieb der DAF verwendeten Elektronenröhren“.

Übersicht I.

Einteilung der technischen Verstärkerröhren

Ofde. Nr.	Leistungsklassen		Vorhandene Röhrenarten			
	Kenn- buchstabe	Leistung von ... bis ... mW	Eingitterröhren		Mehrgitterröhren	
			unmittelbar geheizt	mittelbar geheizt	unmittelbar geheizt	mittelbar geheizt
1	2	3	4	5	6	7
1	A	0 ... 25	Aa	—	—	—
2	B	25 ... 100	Ba, Ba _s	Bi	—	—
3	C	100 ... 400	Ca, Ca _s , Ce	Cc	—	C 3b, C 3c, C 3d
4	D	400 ... 1600	Da	Dc	—	—
5	E	1600 ... 6400	Ed	Ec	E 3a	E 2b, E 2c, E 2d

Sockel, von unten gesehen:



A = Anode
H = Heizfaden

G = Steuergitter
R = Raumabegitter
S = Schirmgitter

M = Metallhaut
K = Kathode

Übersicht II. Die gebräuchlichsten Röhrenarten

(Zu Anlage 7)

Die Röhren A Nr. 10 und 11 sind Rundfuntröhren, alle übrigen sind technische Röhren.

Eide. Nr. Röhren- bezeichnung	Eide. Nr. 2	Steig- strom I_h A	Steigspannung U_h V	Steigspannung (Regelwert) U_g V	Schirm- gitter- spannung U_{g2} V	Anoden- spannung U_a V	Mittlerer Anoden- strom bei U_g in Sp. 5 I_a mA	Steil- heit S mA/V	Durch- griff (Mittelwerte)		Innerer Wider- stand R_i Ω	Wechsel- strom- leistung ¹⁾ $N_{a\ max}$ mW	Godart (siehe Etbl. 1)	Hauptzwecklich verwendet für
									D %	R_i Ω				
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	

A. Neuere Röhren

1	Aa	0,5	3,4 ... 4,2	-2	-	220	3	1,0	3,3	30 000	20	I	Rufsender, Meßgeräte
2	Ba	0,5	3,2 ... 3,7	-6	-	220	3	0,6	6,57	25 000	50	I	allgemeine Verstärker (Zv., Bdr), End- und Rund- funterstärker, Träger- frequenzeinrichtungen
3	Ba _s												
4	Bi	1,1	4,0	-3	-	220	10	2,5	3,65	11 000	80	II	Meßgeräte, Drahtfunkein- richtungen
5	Ca	1,1	3,4 ... 3,9	-12	-	220	20	1,7	14,6	4 100	200	I	allgemeine Verstärker (Zv., Bdr), End- und Rund- funterstärker, Draht- funterstärker, WT, Träger- frequenzeinr., Meßgeräte
6	Ca _s	1,1	3,4 ... 3,9										
7	Ce	0,5	3,5 ... 4,1										
8	Da	1,1	5,4 ... 6,2	-30	-	220	50	2,5	27,5	1 450	1 000	I	allgemeine Verstärker, Rundfunterstärker, Trägerfrequenzein- richtungen, Meßgeräte
9	E 3a	1,1	4,0	-12	220	220	30	2,9	0,7	50 000	2 000	III	Meßgeräte
10	RE 082d	0,07	2,0	-2	20 ²⁾	20	2	0,7	22	7 000			Kabelschloßgerät
11	RE 134	0,15	4,0	-17	-	250	12	2,0	11	4 600			Meßsteifer, Milliammperen

B. Ältere Röhren

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
12	BO	1,1	1,5...2,0	-6	-	220	3	0,6	6,57	25 000	50	I	ältere Verstärker und Meß- geräte	
13	OCK	1,1	2,6...3,2	-12	-	220	24	1,5	15,0	4 500	200			
14	OBE	1,1	1,9...2,3	-8...-16	-	220...400	5...12	0,75	9,5	14 000	70...250	IV		
15	OCB	2,4...2,6	2,0...2,5	+30	-	220	30	1,25	3,0	27 000	1 200	IV		
16	SSI	0,4	2,4...2,6	{ -0,5	20...24 ²⁾	20...24	0,5	0,3	6	55 000		V		
17	SSII	0,25	2,1...2,3	-2	20...24	20...24	0,5	0,1	2	500 000		VI		
18	110	0,55	3...3,4	-2...-3	16...24 ²⁾	16...24	0,6	0,03	3	1 000 000		VI		
19	OR	1,1	2,0...2,5	-3	80	220	30	9	3,5	3 200	300	V		ältere Meßgeräte
														ältere WT-Einrichtungen

1) Die angegebene Leistung ist die höchste abgebbare Wechselstromleistung bei den angegebenen Regelwerten der Betriebsspannungen, einem Klirrfaktor von 4...5% und bei $R_a = R_i$, für die Röhren E 3a und OR jedoch bei $R_a = 1/6 R_i$.

2) Raumladungsspannung.

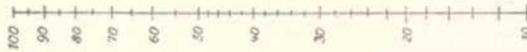
Anlage 8

(zu § 30)

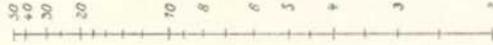
Stichlinientafel zur Bestimmung des Erdungswiderstandes

A. Meßbrücke nach Wiechert

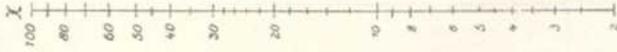
Erste Messung
(Umfalter auf a)



Zweite Messung
(Umfalter auf b)

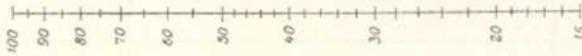


Erdungswiderstand

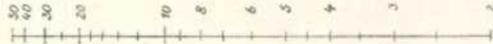


B. Geänderte Wiechertsche Meßbrücke
(kennlich an den Buchstaben W. a. am Fernhörer)

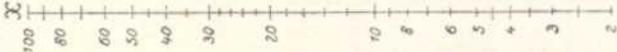
Erste Messung
(Umfalter auf a)



Zweite Messung
(Umfalter auf b)



Erdungswiderstand



Sachweiser

Abtätzungen VI

- Ableitung 13
- Abnahmemessköffer 47
- Amplitude, s. Schwingweite 66
- Außenstrom, Prüfung auf — 37. 40. 50. 55. 58

Betriebsdämpfung 70. 101. 104

- Betriebsverstärkung 141
- Bezugsdämpfung 72
- Brückenmessung 55. 77

Dämpfung 69

- Dämpfungsmessung 101. 109. 139
- Dämpfungsprüfung 107
- Dämpfungszeiger 104
- Doppelfädige Widlung 20
- Doppelglocken, Prüfung von — 45
- Doppelwegschaltung 79
- Drahtmeßbrücke 55. 64
- Drehheisenmeßgerät 88
- Drehmoment 18
- Drehspulgalvanometer 16. 75
- Drehspul-Meßwerk 16

Effektivwert 67

- Eichleitung 101
- Eisenwasserstoffwiderstände 85
- Elektrische Eigenschaften
 - von Leitungen 12
 - von Freileitungsdrähten 155
 - von Kabeln 156
 - der wichtigsten Leitungsarten 157
- Elektrodynamisches Meßgerät 75
- Elektronenröhren 80. 170
- Erdfehlerleihe 57. 59
- Erdungen, Messen von — 37. 91
- Erdungsmessbrücke 89

Fehlermessung 15. 57. 59

- Feinmeßgeräte 17. 161. 164
- Feld, elektr. und magnet. — 13
- Fernsprechströme 67
- Formelzeichen 8
- Freileitungsdrähte 155
- Fremdspannung 131
- Frequenz 66

Galvanometer 16

- Gegennebensprechen 73. 129
- Geräuschspannung 132
- Gesetz betr. elektrische Maßeinheiten 9
- Gitterspannung 81
- Gleichgewicht 61. 111
- Gleichrichter 75. 77. 83
- Gleichrichterbrücke 78
- Gleichstrom 11
- Gleichstrommessungen 9. 15
- Griechische Buchstaben 8
- Grundeigenschaften von Leitungen 12
- Grundmaße, elektrische 9. 10

Heizfaden 80

- Hitzdrahtmeßgerät 74
- Höchstwertzeiger 130

Induktivität 13

- Isolationswiderstand 13
- Messen des —es 37. 39. 43. 48. 52. 168

Kabel, elektrische Eigenschaften von —n 156

- Kabelprüfnummer 93
- Kabelsuchgerät 96
- Kabelsuchnummer 97
- Kapazität 13. 54
- Keller, Messung nach — 59
- Kennlinie 78. 82
- Kirchhoff, Meßbrücke nach — 55
- Klirrdämpfung, Klirrfaktor 137
- Konstanten 19
- Kontaktfehler 62
- Kupferleihe 57
- Kurzverbinden von Stgn 13
- Kurzzeichen für Einheiten 8

Leistung 12. 68. 113

- Leistungspegel 112
- Leistungsverstärker 123
- Leitungs-widerstand 13
- Messen des —es 37. 40. 48. 57

Magnetnummer 107

- Manganin 19
- Maßeinheiten, elektrische 9. 10
- Meßarten 9. 15. 74

- Meßgenauigkeit 21
 Meßgeräte
 Bezeichnung der — 23. 76
 Klasseneinteilung der — 161. 164
 Regeln für — 161. 164
 Meßgerät T 22 48
 Meßgestelle 115
 Meßkoffer für Fernmeldeanlagen 132
 Meßpegel 114
 Meßschranke 115
 Meßverfahren 15. 76
 Milliwattsender 71. 101. 137
 Mindestwertzeiger 131
 Mitsprechen 73. 111
- N**ebenschluß, Fehlermessung bei — 45. 57. 59
 Nebensprechen 72. 111. 129
 Nebenstellenanlagen, Abnahme und Überwachung privater — 47
 Rennspannungsabfall 21. 162. 165
 Reper 69. 169
 Nullpunkt, falscher 57
 Nullverfahren 55. 77
 Rußspannung 129
- O**berwellen 66
 Offenhalten von Stgn 13
 Ohmsches Gesetz 11
- P**arallelschaltung 12
 Pegel 112. 115
 Pegellinie 113
 Pegelmeßer 128
 Pegelschreiber 127
 Pegelzeiger 124
 Periode 66
 Phase 66
 Potential 11
 Prüfschranke 46
- Q**uadratische Teilung 75
- R**aumladung 80
 Regeln für Meßgeräte 161. 164
 Reihenschaltung 11
 Restdämpfung 112
 Röhren 80. 170
 Röhrenprüfgerät 132
 Röhrenspannungsmessler 124
 Röhrensumme 84
 Rufspannung, Prüfen der — 88
 Rundfunkleitungen 114
- S**cheinleistung 68
 Scheinwiderstand 68
- Scheinwiderstandsmeßung 140
 Schleifenberührung 37. 40. 58. 61
 Schwebungssumme 120
 Schwingungserzeuger 84. 103
 Schwingweite 66
 Schwingzahl 66
 Senderprüfer Spr 153
 Sinuslinie 65
 Spannungsmessler 16. 20. 23. 63. 76. 85
 für Verstärkerämter 30
 Spannungsmessfeld 124
 Spiegelbogen 18
 Starkstrom, Schutz gegen — 9
 Steuergitter 81
 Störgewichtskurve 131
 Strommessler 15. 20. 28. 63. 76. 85
 für Verstärkerämter 30
 Stromreiniger 118
 Stromverzweigung 12
 Summe 90. 108. 136
- T**emperatureinfluß 33. 163. 166
 Temperaturkoeffizient 19
 Thermogalvanometer 124
 Tonfrequenzmeßmaschine 117
 Trockenelemente, Prüfung von — n 24. 93
 Trockengleichrichter 77
- Ü**bersprechen 73. 111
 Universalmeßinstrument 50
- V**entilschaltung 81. 83
 Verbundwiderstand 12
 Vergleichsverfahren 52. 76
 Verstärker 83
 Verstärkungsmeßungen 140. 141
 Verstärkungszeiger 144
 Verzerrung 70. 146
 Verzerrungsmessler 147
 Verzerrungszeiger 151
 Vierpol 70
- W**echselstrom 65
 Wechselstrommeßungen 9. 74
 Wellendämpfung 70
 Wellenwiderstand 69
 Wheatstone'sche Brücke 56
 Widerstand, spezifischer 14
 Widerstandsmessler 21. 25. 35
 Widerstandsunterschied 61
- Z**ehnohm-Meßgerät 32
 Zeigermeßgeräte 15
 Zungenfrequenzmessler 117

