

DARC-Standardgerät Nr. 3 - Röhrenvoltmeter

Von Wolfgang Gruhle, DL 3 GL

Das nachfolgend beschriebene Röhrenvoltmeter wird als Standard-Gerät Nr.3 des DARC herausgebracht. Es ist gelungen, die Fertigung und Lieferung des Gerätes in Industriemäßiger Güte bei äußerst gering kalkuliertem Preis sicherzustellen. Das Gerät kann außerdem als Baukasten mit allen Teilen bezogen werden. Einzelne Teile werden ebenfalls von der gleichen Stelle geliefert. Das komplette Gerät wie auch der Baukasten können bei geringer Anzahlung in kleinen Raten erworben werden. Alles Nähere ist aus dem Inserat in diesem Heft zu ersehen,

DL6EG

Ohne Meßgeräte läßt sich keine Amateurstation einwandfrei aufbauen. Wir setzen daher unsere Standard-Serie zunächst mit einem weiteren Meßgerät fort. Mit dem - absichtlich ausführlich beschriebenen - Röhrenvoltmeter lassen sich alle Gleich- und Wechselspannungen messen, die im Sender- und Empfängerbau auftreten. Die Beschreibung ist auch für den Anfänger verständlich und der Nachbau ohne Schwierigkeit möglich.

Wozu Röhrenvoltmeter?

Wir wissen, daß ein gewöhnliches Voltmeter bei vielen Messungen versagt: bei Schwundregelspannungen, R-C-Verstärkern, Gitterspannungen in Senderstufen oder bei allen hochfrequenten Messungen. Dies kommt daher, weil alle hochohmigen Meßobjekte selbst durch empfindliche Meßinstrumente so stark belastet werden, daß die zu messende Spannung in die Kniee geht. Das Röhrenvoltmeter vermeidet dieses Übel: die Meßspannung wird an das (sehr hochohmige) Gitter einer Verstärkerröhre gelegt, deren Anodenstrom dann gemessen wird. Wechselspannungen müssen dabei erst gleichgerichtet werden. Aus der Vielfalt der möglichen Schaltungen haben wir eine für die Praxis besonders brauchbare Form entwickelt.

Das Prinzip

In Abb. 1 a-d soll das elektrische Skelett verständlich gemacht werden. Zunächst seien nur Gleichspannungen zu messen, die mit der gezeichneten

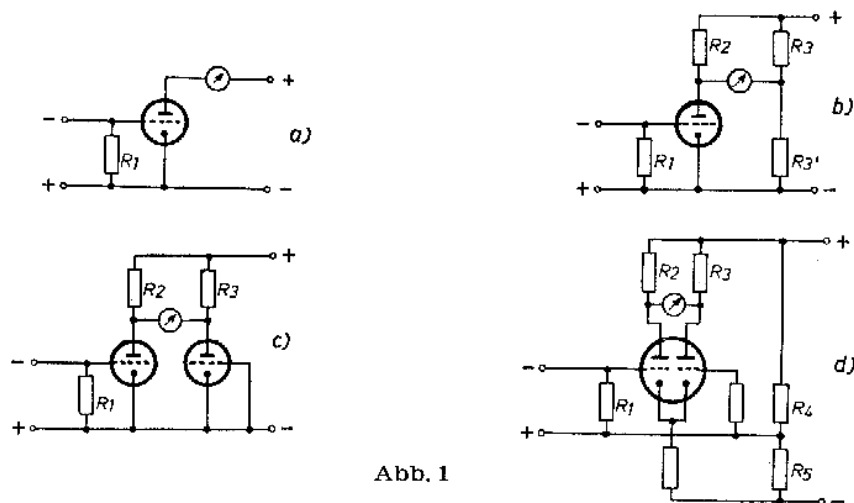


Abb. 1

Polung an den Eingang gelegt werden. In Abb. 1a wird dadurch der Arbeitspunkt oder Röhre in negatives Gebiet verschoben und der Anodenstrom nimmt ab. R_1 kann 10 MOhm oder mehr betragen, so daß auch Spannungen an sehr hochohmigen Objekten gemessen werden können. Damit aber bei zunehmender Spannung der Zeiger des Meßinstrumentes nicht zurückgeht, sondern nach rechts ausschlägt, legen wir (ähnlich wie im Standardgerät Nr. 1/Griddipper) das Instrument in eine Brückenordnung (Abb. 1b). Sie hat auch noch den Vorzug, die Netzspannungs-Schwankungen fast unschädlich zu machen. Um auch die Schwankung der Heizspannung auszugleichen, ersetzen wir R_3' durch eine zweite, gleiche Röhre und gelangen so zu Abb. 1c. Schwankungen in der Röhren-Emission wirken sich hier bei beiden Röhren gleich aus und das Instrument wird kaum noch davon beeinflusst.

Damit hätten wir bereits ein sehr brauchbares Röhrenvoltmeter. Wir gehen aber noch einen Schritt weiter, der allerdings etwas schwieriger zu verstehen ist: Abb. 1d. Wir erkennen zwei Änderungen. Zum ersten liegt ein Widerstand in der Zuleitung zu den beiden Kathoden, zum zweiten sind die beiden Gitterableitungen nicht an Null (Erde), sondern an die halbe Anodenspannung gelegt (Spannungsteiler R_4/R_5). Was passiert jetzt?

Im Ruhezustand verhalten sich die beiden Röhren wie der bekannte „Katodenfolger“ mit anderen Worten: die Spannung an jeder Katode ist gleich der Spannung am Gitter, also auch gleich der Spannung am Spannungsteiler. Sobald nun das Gitter der linken Röhre eine Meßspannung erhält, zieht sie weniger Strom und die Spannung an den Katoden sinkt etwas ab. Darauf reagiert aber prompt die rechte Röhre: negativere Katode entspricht positiverem Gitter und die Folge ist, daß die rechte Röhre mehr Strom zieht. Wir haben also eine echte (wenn auch weniger bekannte) Gegentaktschaltung vor uns, die gelegentlich auch in der Niederfrequenz-Technik zu finden ist. Die Anzeige-Empfindlichkeit zwischen den beiden Anoden wird also verdoppelt.

Anders liegt der Fall, wenn Wechselspannungen gemessen werden sollen. Wir lassen unsere bisherige Anordnung bestehen und schalten einen Gleichrichter davor. Abb.2 zeigt einen einfachen Diodenkreis, der völlig genügt. Diese Schaltung (die linke Diode mit R) kennen wir vom Demodulator im Empfänger her. R wird - wie R1 - mit 10 MOhm gewählt, während C nur so groß sein muß, daß die tiefste zu messende Frequenz noch erfaßt wird (für 50 Hz genügen 10 nF). Die ganze Anordnung wird in eine handliche kleine Sonde (Tastkopf) eingebaut und mit dem Röhrenvoltmeter durch ein Kabel verbunden, das nur noch Gleichstrom und Heizstrom führt. Die Eingangsbuchse S ist als Tastspitze ausgeführt (siehe Photo), damit bei hochfrequenten Messungen lange Leitungen vermieden werden. Über die zweite Diode und R' siehe weiter unten.

Drei wichtige Punkte

Bevor wir zur Gesamtschaltung (Abb. 4) übergehen, müssen wir uns noch mit drei wesentlichen Fragen herumschlagen:

1. Anlaufstrom. In jeder Diode - dazu gehört auch die Strecke Katode-Steuergitter bei Verstärkerröhren - fließt auch bei null Volt angelegter Spannung ein kleiner sog. Anlaufstrom (Abfluß freier Elektronen aus der Katode). Er erzeugt in einem Widerstand (R1 in Abb.1, R in Abb.2) einen Spannungsabfall, der von R abhängt und hier bei etwa 1 Volt liegt. Die Diode in Abb. 2 liefert also bereits im Ruhezustand eine kleine Gleichspannung. Wir kompensieren sie mit Hilfe einer zweiten Diode und R', so daß sich die beiden Anlaufspannungen gerade aufheben. Theoretisch müßten R und R' gleich groß sein, in unserer Schaltung ist R' aber wesentlich kleiner, was auf eine geringe Unsymmetrie der Brumm-Einstreuungen zurückzuführen ist.

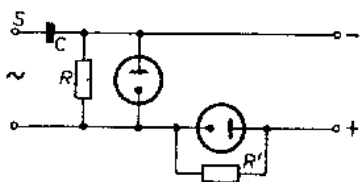


Abb. 2

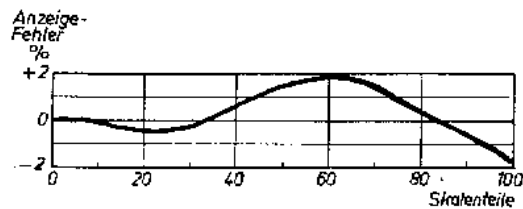


Abb. 3

Aber nicht nur im Diodenkreis, sondern auch im Gitterkreis der Triode tritt diese Anlaufspannung störend hervor. Wenn R1 sich nicht ändern würde, hätte sie keine Bedeutung. Da wir R1 jedoch als Spannungsteiler ausbilden wollen, um verschiedene Meßbereiche zu bekommen (Abb. 4), ändert sich mit jedem Umschalten auch die Anlaufspannung und bedingt jedes Mal eine Nullkorrektur des Instrumentes. Durch Vorschalten eines großen Gitterwiderstandes vor die Röhre (R6 in Abb. 4) vermindern wir diesen Effekt sehr. Aus Symmetriegründen bekommt auch die rechte Röhre den Vorwiderstand. Die Null-Lage muß jetzt nur beim Umschalten auf den kleinsten Meßbereich geringfügig nachgestellt werden.

2. Null - Einstellung. Jeder Gleichspannungs-Verstärker (diesen Fall haben wir hier vor uns) muß von Zeit zu Zeit etwas nachjustiert werden, da sich die Röhrendaten und Widerstandswerte während der Betriebszeit geringfügig ändern. In Abb. 4 wird mittels P1 die Symmetrie zwischen den beiden Katoden eingeregelt. Ferner sehen wir in Serie mit dem Instrument das Potentiometer P2. Dieser Regler verändert die Empfindlichkeit und damit den Endausschlag des Instrumentes und dient zur einmaligen Einstellung auf Vollausschlag auf irgendeinem Meßbereich. Er braucht dann nur bei Röhrenwechsel nachgetrimmt zu werden. Durch den Anschluß des Dioden-Tastkopfes darf sich in Ruhe die Null-Lage nicht mehr ändern.

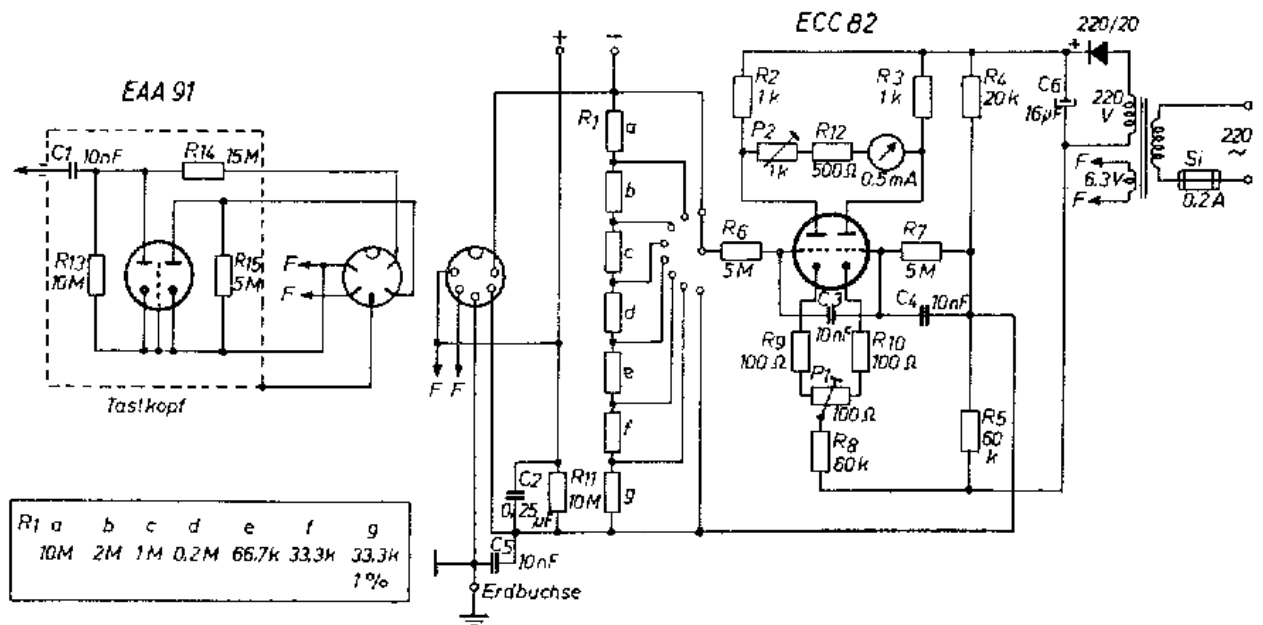


Abb. 4

3. Linearität der Anzeige. Die Krümmung der Röhrenkennlinie bringt mit sich, daß trotz der starken Gegenkopplung in der Katodenleitung die Anzeige durch das Instrument nicht genau linear mit der angelegten Meßspannung verläuft. Bei sehr hohen Ansprüchen an die Genauigkeit kann die Skala individuell geeicht werden. Wir haben einen praktischen Kompromiß geschlossen, bei dem die Abweichung von der Linearität 2% nicht übersteigt: Abb.3 zeigt, wie groß an jeder Stelle die Abweichung von der linearen Skala des Drehspulinstrumentes ist. Zu dieser Linearisierung trägt vor allem die Gegenkopplung in jedem Katodenzweig (Widerstand etwa 15 % des Anodenwiderstandes) bei.

Das Gesamtschaltbild

Jetzt wird Abb.4 leicht verständlich. R1 ist als Spannungsteiler aufgeteilt, die 7 Teilwiderstände müssen auf 1%, besser 0,5% genau sein, da von ihnen die Meßgenauigkeit des ganzen Gerätes abhängt. R11, (sowie R13 und R15) brauchen nicht so genau zu sein, sollen aber unbedingt vor dem Einbau gealtert werden, R11 liegt als Vorwiderstand vor dem Eingang des Gerätes. Dadurch lassen sich ohne Störungen alle Messungen erdfrei ausführen, d.h. es kann der Plus- oder Minuspol des Einganges geerdet werden. C2, C3 und C4 verhindern Störungen, die durch Eindringen von Wechselfspannungen und ihrer Gleichrichtung entstehen könnten. Der fünfpolige Stecker führt zum Tastkopf. R11 und R13 sind gleich groß und entsprechen R' und R in Abb.2. Da R' aber, wie oben erwähnt, im vorliegenden Fall kleiner sein muß als R, wird R11 beim Einstecken des fünfpoligen (Tuchel-)Steckers entsprechend mit R15 überbrückt. Der Widerstandswert R15 ist ziemlich unkritisch und wird ausprobiert, er muß so groß sein, daß die Null-Lage beim Einstöpseln des Tastkopfes erhalten bleibt. R14 wird, wenn nötig, noch so geändert, daß sich der richtige Endausschlag bei der Wechselfspannungsmessung einstellt. Das Chassis (Gehäuse) wird über eine eigene Leitung im Fünffachkabel mit der Abschirmung des Tastkopfes verbunden. Die Verbindung zur Schaltung selbst bildet C5, damit das Gehäuse berührungssicher ist. Die Heizleitung wird mit den beiden Katoden der EAA 91 verbunden. Die maximal zulässige Spannung zwischen Faden und Katode wird dann bei der ECC 82 nicht überschritten. Der Netzteil verzichtet auf Drossel und Siebkondensator und braucht auch nicht stabilisiert zu werden, wenn nicht extrem hohe Anforderungen an die Unabhängigkeit von Netzschwankungen gestellt werden. Der Ladeblock C6 darf nicht leitend auf das Chassis geschraubt werden. Günstig ist ein kleiner Roll-Elektrolyt, der in die Verdrahtung eingehängt wird.

Aufbau und Verdrahtung

Abb. 5 + 6 zeigen die Teile des Gehäuses und die Anordnung der Schaltglieder auf der Frontplatte. Grundsätzlich kann das gleiche Einheitsgehäuse wie beim Standardgerät Nr.1 verwendet werden (das auch für Nr.2 dienen kann). Die Abb. zeigt die geringfügig geänderten Maße des Industriegehäuses.

Wer das Gerät aus eigenen oder anderen Einzelteilen selbst zusammenbaut, muß natürlich die Bohrlöcher entsprechend ändern. Während bei dem Seriengerät alle Teile an der Frontplatte befestigt sind, können andersartige Teile auch am Seitenrahmen verschraubt werden. Das Kostbarste, das Meßinstrument, soll möglichst groß und fein ablesbar sein. Besondere Sorgfalt ist dem Verdrahten des Schalters zu widmen, da die Meßwiderstände hitzeempfindlich sind. Sie werden beim Verdrahten mit Flachzange an den Zuleitungen zwischen der Lötstelle und dem Widerstandskörper festgehalten, wobei die Zuleitungen nicht gekürzt werden sollten.

Hoffentlich braucht nicht noch betont zu werden, daß bei allen Verdrahtungen das Lötfett überhaupt nichts zu suchen hat! Auch Kolophoniumreste müssen in den hochohmigen Kreisen sorgfältig entfernt werden, um keine Isolationsfehler (Kohle!) zu bekommen. Die zwei Potentiometer P1 und P2 werden so verdrahtet, daß Rechtsdrehung des Achs-Stummels auch zunehmenden Rechtsausschlag des Instrumentenzeigers ergibt. Im Tastkopf ist R14 direkt an der Röhrenfassung anzuschließen.

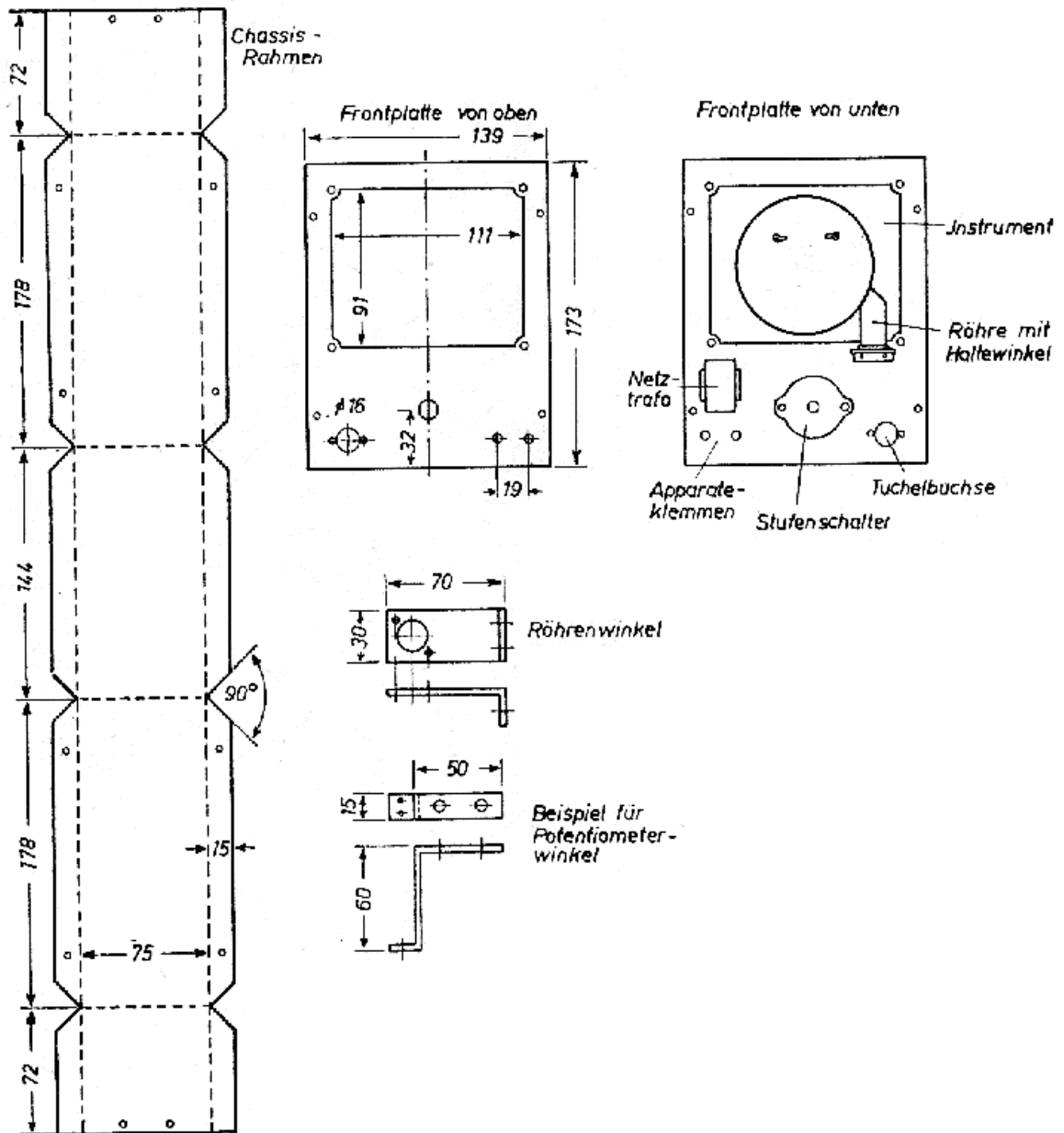


Abb. 5

Ableich

Nach dem erstmaligen Einschalten justieren wir mittels P1 den Zeiger auf Null, wobei P2 mit seinem vollen Widerstandswert im Instrumentenkreis liegt. Nach etlichen Stunden Einbrennzeit wird dann eine Spannungsquelle und ein sehr genaues Vergleichsinstrument an den Eingang gelegt. Die Spannung soll möglichst geich dem Vollausschlag des Röhrenvoltmeters auf irgendeinem Meßbereich sein. Das Gerät wird dabei zuerst auf den nächsthöheren Meßbereich eingeschaltet. Hier wird mittels P2 der Ausschlag auf etwa den richtigen Wert gebracht und erst jetzt - nach Rückschalten auf den richtigen Meßbereich - auf genauen Endausschlag einjustiert.

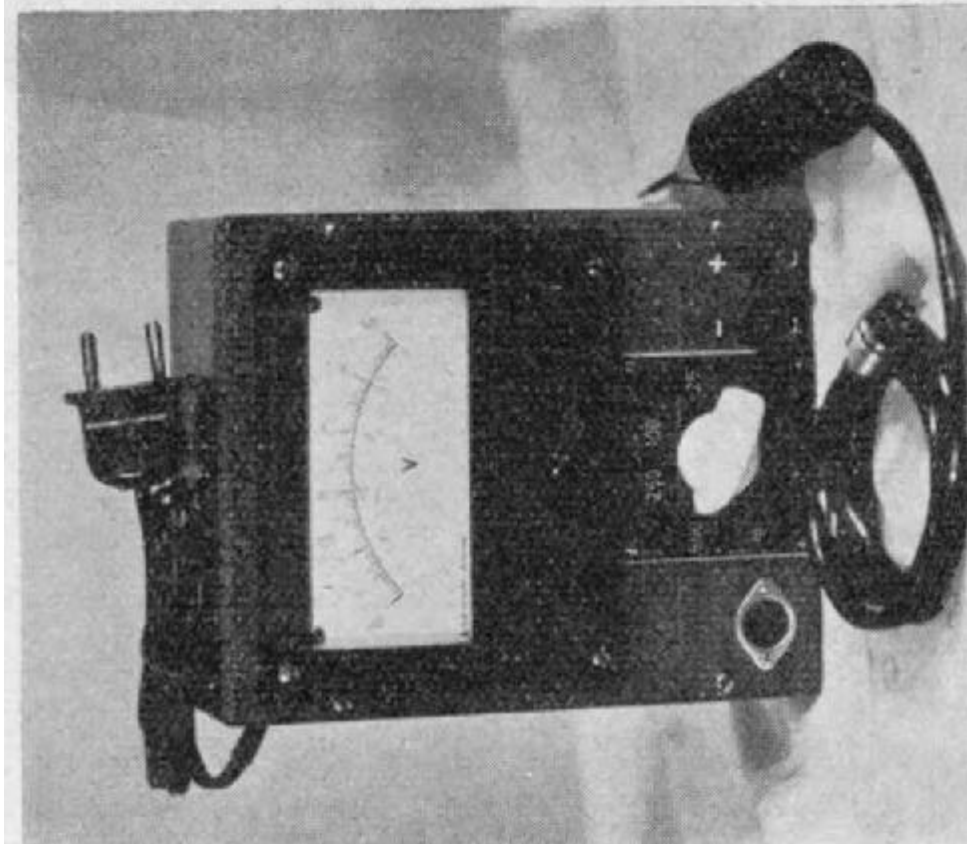
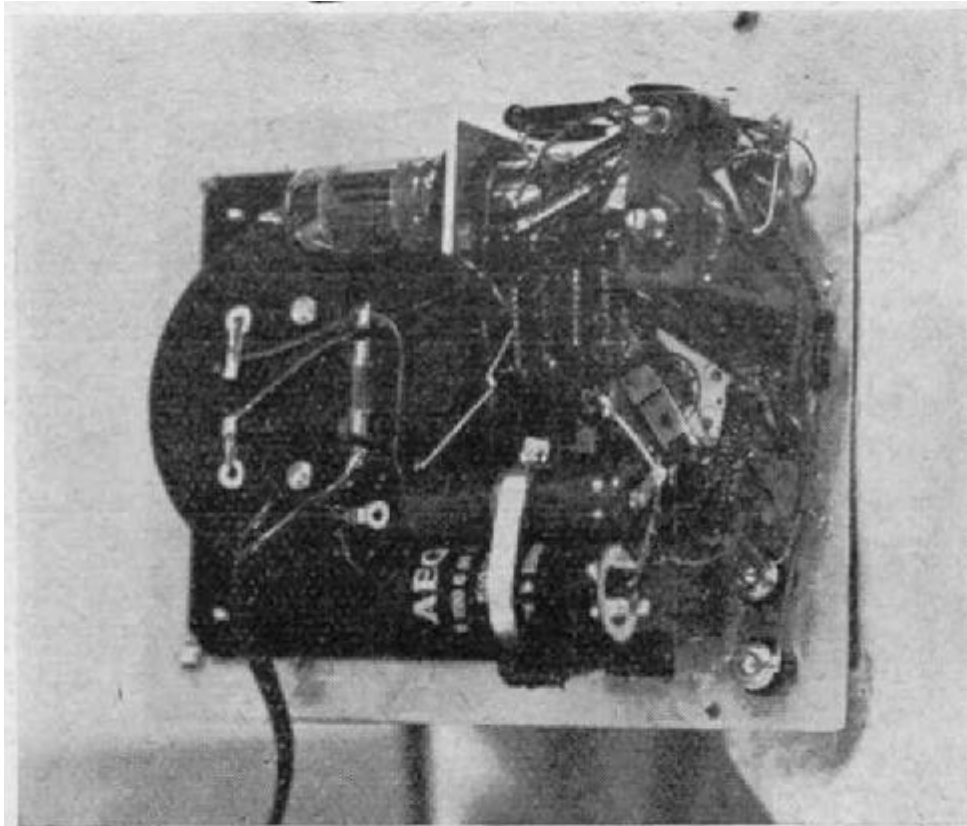


Abb. 6 / Abb. 7

Falls sich die Spannungsquelle nicht kontinuierlich regeln läßt, nehmen wir eine Spannung, die auf dem entsprechenden Meßbereich den Zeiger recht weit ausschlagen läßt. Jetzt wird genau derjenige Zeigerausschlag mit P2 eingeregelt, der auch an dem Vergleichsinstrument abgelesen wird. Zur Kontrolle wird noch einmal die Null-Lage geprüft und die Prozedur wiederholt. P1 braucht nun nicht mehr verändert zu werden, da die Eichung auf allen Bereichen stimmt, wenn die richtigen Meßwiderstände (R1) eingebaut worden sind.

Zur Eichung des Tastkopfes stellen wir zuerst das Hauptgerät auf Null und stecken den Taster ein. Verändert sich jetzt die Null-Lage wesentlich, muß R15 variiert werden, d. h. bei Null-Ausschlag nach rechts muß R15 vergrößert werden und umgekehrt. Der Widerstandswert ist nicht sehr kritisch, meist genügen die angegebenen 5 MOhm. Jetzt wird genau wie oben mit einer Wechselspannung und Vergleichs-Instrument einer der Wechselspannungsbereiche abgeglichen, diesmal aber mit R14. Damit ist das Röhrenvoltmeter betriebsklar.

Für diejenigen, die nicht das fertige Gerät beziehen, sondern den Zusammenbau selbst vornehmen, sei nachdrücklich darauf hingewiesen, daß die Genauigkeit des Gerätes von den 7 Meßwiderständen und der Güteklasse des Vergleichsinstrumentes abhängt. Allerdings wird es in vielen Fällen im Amateurbetrieb auf einige Prozent Meßunsicherheit nicht ankommen.

Einzelteile

Da das fertige Gerät ebenso wie die gesamten Einzelteile von der Firma Max Funke, Adenau/Eifel geliefert werden, erübrigen sich die sonst üblichen Herstellungsangaben der Teile. Naturgemäß lassen sich sämtliche anderen Fabrikate mit den entsprechenden Daten ebenso verwenden. Durch Wahl eines empfindlicheren Instrumentes (z. B. 100 uA) läßt sich der Meßbereich des Gerätes nach unten noch erweitern, allerdings ist wegen der hohen Empfindlichkeit die Handhabung etwas schwieriger.

Soll ein Instrument mit anderer Skalenzeichnung verwendet werden, so sind entweder die Meßbereiche oder die Meßwiderstände zu ändern. Maßgebend für die Meßbereiche ist das Verhältnis der Widerstände R1 zueinander.

Für die beiden üblichen Folgen 1-2,5-10-25-... Volt und 1-3-10--30-... Volt sind in der folgenden Tabelle einige Möglichkeiten für die Wahl der Meßbereiche angegeben:

Widerstandskette:	10	2	1	0.2	0.1	0.0333	MOhm
Meßbereich:	0.5	2	5	20	50	200	Volt
oder	1	4	10	40	100	400	Volt
oder	2.5	10	25	100	250	1000	Volt
usw.							
Widerstandskette:	7	2	0.7	0.2	0.07	0.03	MOhm
Meßbereich:	0.75	2.5	7.5	25	75	250	Volt
oder	1.2	4	12	40	120	400	Volt
oder	3	10	30	100	300	1000	Volt
usw.							

Jede Zeile kann dabei mit einem beliebigen Faktor multipliziert werden. Als Widerstandswerte ergeben sich bei diesen Reihen meist handelsübliche Werte. Über 1000 V hinauszugehen ist aus Isolationsgründen nicht ratsam. Hierfür empfiehlt sich ein gesonderter Tastkopf, der aber hier nicht beschrieben werden soll.

Die Leistung des Gerätes

In den meisten Baubeschreibungen werden nur die Vorzüge eines Gerätes beschrieben. Wir wollen hier aber auch die Grenzen der Leistungsfähigkeit betrachten:

K o n s t a n z : Nach etwa 10 Minuten Anheizzeit braucht das Gerät für Stunden nicht mehr nachgeregelt zu werden. Die Abhängigkeit von Netzschwankungen ist gering: wenn die Netzspannung (220 V) um ± 20 Volt (also fast 10%) wandert, ändert sich die Anzeige nur um 2,4% des Vollausschlages. Dieser Fehler ist für die meisten praktischen Zwecke ohne weiteres tragbar. Für höchste Ansprüche kann die Anodenspannung stabilisiert werden, wobei der obige Anzeigefehler auf etwa 0,5% zurückgeht.

G e n a u i g k e i t : Die bereits gezeigte Kurve Abb.3 gibt den maximalen Fehler zu 2% an, wenn ein linear geeichtes Instrument benützt wird. Die Seriengeräte werden individuell in der Schaltung geeicht geliefert, wodurch der Fehler auf unter 1% gedrückt wird. Es sei aber nochmals betont, daß gerade im Amateurbetrieb Fehler von über 5% üblich und zulässig sind.

N u l l p u n k t : Die geringe Nullpunktverschiebung, die beim Umschalten auf den kleinsten Meßbereich eintritt, wurde zugunsten des hohen Eingangswiderstandes und der Einfachheit in Kauf genommen. Sie läßt sich beseitigen, wenn auch die rechte Gitterableitung mit einem gleichen Stufenschalter parallel mit umgeschaltet wird. Die Widerstandsreihe braucht hier natürlich nur 10% Toleranz zu besitzen.

Elektrische Daten: Trotz des vorhandenen Kompromisses zwischen Empfindlichkeit, Genauigkeit und Konstanz auf der einen Seite und Robustheit und Einfachheit auf der anderen Seite wurden folgende Daten erzielt:

Meßbereiche: 2,5 -10 - 25 -100 - 250 - 500 -1000 V Gleich- und Wechselstrom

Innenwiderstand: 23 MOhm bei Gleichspannung, ca. 7 MOhm bei Wechselspannung (Tastkopf).

Eingangskapazität des Tastkopfes: ca. 7 pF.

Stromverbrauch: weniger als 8 Watt.

Der elektronische Eingangswiderstand der Tastdiode (für UKW-Messungen) konnte nicht gemessen werden.

Wesentliche Fragen werden gerne beantwortet, wenn Rückporto beiliegt.

Praktische Hinweise

Zum Schluß mögen noch einige Tips gegeben werden. Der Tastkopf läßt sich aus einem großen Elektrolyt-Kondensator-Becher oder auch aus einem ZF-Abschirmbecher entsprechender Größe herstellen. Ebenso kann das Gerät durch einen Hochspannungs-Tastkopf erweitert werden. Die Widerstandskette in der obigen Tabelle wird dann entsprechend nach links fortgesetzt. Eine andere Erweiterungs-Möglichkeit ist die Anwendung des Gerätes zur Ohm-Messung bzw. zur Isolationsprüfung, worauf aber hier nicht weiter eingegangen werden soll.

Der 1000-V-Bereich soll nach Möglichkeit nur für Gleichspannung benutzt werden, da C1 und die Diode nicht für so hohe Spannungen ausgelegt sind. Die Meßbereichskala trägt daher für diesen Bereich das Zeichen „=".

Beim Gebrauch des Gerätes kann weder die Röhre noch das Instrument beschädigt werden, auch nicht bei falscher Polung, wenn der Fehlschluß nur kurzzeitig ist. Werden Wechselspannungen gemessen, dann ist der Pluspol mit dem Null-Leiter des Meßobjektes zu verbinden und mit der Tastschleife die zu messende Spannung abzugreifen. Bei hochfrequenten Kreisen ist auf die Verstimmung durch den Tastkopf (etwa 7pF) zu achten und notfalls nachzutrimmen.

Der Anwendungsbereich des Instrumentes ist unbegrenzt, und wer einige Zeit mit einem Röhrenvoltmeter gearbeitet hat, wird das gewöhnliche Voltmeter nur noch selten verwenden. Bei sehr genauen Messungen - wenn das Gerät entsprechend ausgelegt ist - muß auch auf die Lage des Instrumentes geachtet werden (die Angabe, ob stehend oder liegend geeicht, ist stets auf dem Skalenblatt vermerkt).

Eine Erdung über die gesonderte Erdbuchse ist oft nicht erforderlich, gelegentlich kann sie auch für die Messung ungünstig sein.

Stückliste:

1 ECC 82	7 Meßwiderstände 1/2 Watt 0,5%/o (R1):
1 EAA 91	10 M Ω , 2 M Ω , 1 M Ω , 0,2 M Ω , 66,7 k Ω , 33,3 k Ω , 33,3 k Ω
1 Meßinstrument 0,5 mA Vollausschlag, ca. 160 Ohm	3 Widerstände 1 Watt, 5-10%,
1 Netztrafo Prim. 220, Sek. 220/10 mA, 6,3/0,6 A	R4: 20 k Ω , R5 und R8: 60 k Ω
1 Stufenschalter 1 x 8, keramisch	5 Widerstände 1/2 Watt, 5-10%,
1 Trockengleichrichter 220 V/20 mA	R2 und R3: 1 k Ω , R11 und R13: 10 M Ω , R 14: 10-12 M Ω
1 Tuchelstecker mit Einbaukupplung, Miniatur, 5-polig	6 Widerstände 1/4Watt, 5-10%,
2 isol. Apparatklemmen (rot u. schwarz)	R 6 und R7: 5 M Ω , R12: 500 Ω , R9
1 Elektrolyt (Rolltyp) 16 uF/350 V (C 6)	und R10: 100 Ω , R15: 5 M Ω
1 Röhrenfassung Noval	Kleinmaterial (Sicherungshalter, Netz
1 Röhrenfassung Heptal (Miniatur)	kabel, Drehknopf usw.), Chassis und Tastkopf.
4 Kondensatoren Kl.1 C 1: 10 nF (Scheibchen),	Fertigbezug mögl. durch Fa. Max Funke,
C3, C4, C5: 10 nF	Adcnau/Eifel (siehe Inserat).
1 Kondensator Kl.1 0,25 uF/500 V (C 2)	
2 Drahtentbrummer (isol. Achse) P1: 100 Ω , P2: 1 k Ω .	

Quelle: DL-QTC 5/1955 Copyright DARC e.V.

Eingescannt und bearbeitet für www.radiomuseum.org von DK5CB

Hinweis: Im Schaltbild der Original-Veröffentlichung (Abb.4) ist der Netzgleichrichter mit falscher Polarität eingezeichnet. Der Fehler ist in diesem Dokument korrigiert.

Das **DL**-QTC



ZEITSCHRIFT FÜR DEN KURZWELLEN-AMATEUR



HEFT
M A I 5

AUS DEM INHALT: DARC-Standardgerät Nr. 3: Röhrenvoltmeter -
Selbstbau eines Kondensatormikrofons - Hinweise für die Verwendung
keramischer Kondensatoren - DARC-Mitteilungen - UKW-Rundschau

JAHRGANG 1955