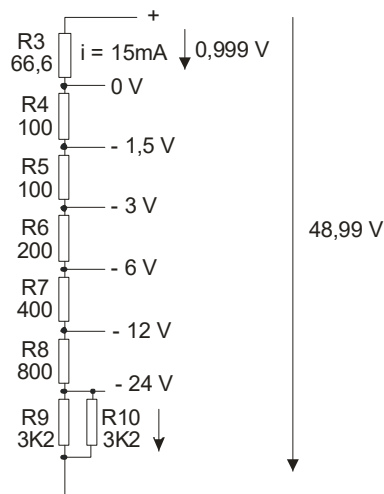


## 17. Schaltungsdetails:

### Spannungsteiler für negative Gittervorspannung g1 (hinter Germanium-Gleichrichterdiode):

Berechnung der Sollspannungen (Effektivwert):

#### Spannungsteiler hinter den Dioden:



Misst man diese Spannung im Gerät, stellt man fest, dass sie aus zwei pulsierenden Sinushalbwellen (Doppelweggleichrichtung) besteht. Das bedeutet, dass alle Spannungswerte bei der Einstellung mit einem hochwertigen Messgerät gemessen werden müssen, welches den echten Effektivwert misst.

Für die ungesieberte Spannung der Zweiweggleichrichtung gilt:

Effektivwert:  $U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} / \text{Wurzel}(2) = U_{\text{max}} * 0,70710678$

Arithm. Mittelwert:  $U_m = U_{\text{max}} * 2 / \text{PI} = U_{\text{max}} * 0,63662$

Umrechnung Mittelwert in Effektivwert:

$U_{\text{eff}} = U_m * \text{PI} / \text{Wurzel}(2) / 2 = U_m * 1,110721$

Aus den im Schaltplan angegebenen Soll-Spannungen kann man den Soll-Strom berechnen. Er beträgt  $i_{\text{eff}} = 15 \text{ mA}$ .

Am Gesamtwiderstand von 3266,6 Ohm fällt bei 15 mA eine Spannung von 48,999V<sub>eff</sub> ab.

#### Einstellvorschrift für R1 und R2:

Die Spannung hinter den Gleichrichtern muss mit den beiden Trimmern genau auf 48,999 V<sub>eff</sub> (49 V) eingestellt werden, damit sich die genauen Spannungswerte ergeben. Die Spannung an den Kathoden beider Dioden ist pulsierend (Doppelweggleichrichtung mit Mittelpunktschaltung) mit einem Scheitelwert von ca. 70 V. Deshalb muss ein Oszilloskop an den Kathoden der beiden Dioden angeschlossen werden, damit bei der Einstellung beide Dioden-Zweige dieselben Scheitelwerte ( $49\text{V} * \text{Wurzel}(2) = 69,3 \text{ V}$ ) liefern.

#### Innenwiderstände des Spannungsteilers:

Ug.	Ri
0V	65,24
"-1,5"	158,10
"-3V"	244,84
"-6V"	399,95
"-12V"	636,70
"-24V"	833,30

Messung der Ist-Werte Widerstände und Spannungen:

Bei Messung R3 von Dioden abklemmen, damit Widerstandswert durch die Restströme der Dioden nicht verfälscht wird.

Vorderer Drehschalter in Mittelstellung.

Netzspannung 230 VAC.

R-Ist	R-Soll	Abw. in %	U-Soll	U-Ist	Abw. in %
R3 = 66,566	66,6	-0,05%	0,999 V (0V)	0,997 V (0V)	-0,200
R4 = 99,913	100	-0,09%	1,5 V	1,496 V	-0,284
R5 = 100,166	100	0,17%	3 V	2,995 V	-0,158
R6 = 201,12	200	0,56%	6 V	6,006 V	0,102
R7 = 397,85	400	-0,54%	12 V	11,962 V	-0,316
R8 = 797,15	800	-0,36%	24 V	23,896 V	-0,435
R9 = 1609,7	1600	0,61%	-	-	-
R10 = nicht vorhanden					

R ges - IST = 3272,465

I ges - IST = 14,97 mA

U ist = 48,70 bis 49,101 V (vorderer Drehschalter so, dass Zeiger ungefähr auf die Marke zeigt)

U soll = 48,99 V. Abweichungen gemessen, somit -0,51 % / + 0,227 %

*Ergebnis der Messung:*

Keine Abweichung bei den Widerstandswerten liegt höher, als 1 %! Daher muss kein Widerstand erneuert werden.

Erstaunlich für ein Gerät, welches ca. 55 Jahre alt ist!

### **Einstellung des Trimmers für Netzeinstellung („CECH“)**

Nach der Reparatur des Shunts am Messgerät, zeigt das Messgerät beim Drehen des vorderen Schalters immer zu wenig an. Der Zeiger erreicht die Markierung nicht mehr.

Deshalb wurde Poti R30 (4,7 K) durch ein Spindelpoti 5K ersetzt und dieses neu eingestellt.

Es ist allerdings nicht dokumentiert, auf welchen Sollwert es eingestellt werden muss.

*Ableitung des Wertes von der Markierung am Messgerät*

Der Sollwert laut Markierung am Messgerät beträgt:

Oberer Skala: 39,3 von 50 Vollausschlag

Untere Skala: 1,57 von 2

Der Messbereich beträgt 2 mA. Dann liegt der Soll-Wert bei ca. 1,57 mA

Das Messgerät hat eine Skala, welche den doppelten Wert des tatsächlichen Stromes anzeigt

Somit beträgt der Soll-Strom nur den halben Wert von **0,785 mA**.

Dies entspricht einem gesamten Last-Widerstand von 62.419,11 Ohm.

Plausibilisierung der Annahme über den Einstellbereich des Stromes :

Mit dem eingebauten Festwiderstand von 60,545 K und einem Trimmer von 4,7 K (Ri des Messgerätes wurde vernachlässigt) ergibt sich ein einstellbarer Strom von  $i = 0,779$  mA bis  $i = 0,8093$  mA. Das entspricht dann dem tatsächlichen Strom von 1,558 mA bis 1,6186 mA. Dies bedeutet, dass die obigen Annahmen zum Strom nicht falsch sein dürften. Andererseits ist der notwendige Einstellbereich des Trimmers zu stark an einem Trimmeranschlag, sodass ein zusätzlicher Widerstand zum Ausgleich vorgesehen wurde.

### **Es ergibt sich hieraus folgende Einstellvorschrift:**

Voraussetzungen:

Magnetischer Wechselspannungskonstanter und einstellbarer Trenntrafo verwenden.

Netzspannung auf genau 220 Vac einstellen.

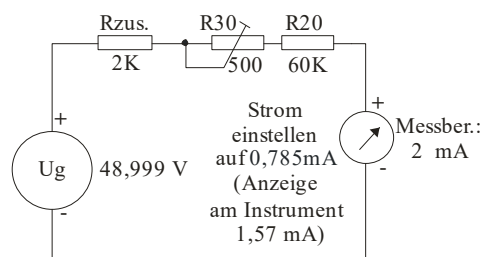
- Den vorderen Drehschalter in Stellung 0 (Mittelstellung) bringen.
- Spannung am Spannungsteiler (neg. Gittervorspannung) mit Trimmern R1 und R2 genau auf 48,999 V (49 V) einstellen (siehe Seite 10).
- Anschließend mit Trimmer R30 den Zeiger des Messgerätes genau auf die Markierung am Messgerät einstellen ( $i_{\text{eff.}} = 0,785 \text{ mA}$ ; angezeigter Wert = 1,57 mA).

**Mit dieser Einstellung fließt bei 48,999V der gewünschte Sollstrom von 0,785 mA.**

Der im Gerät vorgefundene Trimmer R30 hat einen Wert von 4,7 K (in folgender Zeichnung ist ein falscher Wert von 500 Ohm angegeben!) und der Festwiderstand 60,545 K. Es ist auffällig, dass der vorgefundene Trimmer aus einem Doppeltrimmer bestand, dessen hinterer nicht angeschlossen war. Außerdem sieht man gelbe Zuleitungen, die nicht aus der Zeit stammen. Der Trimmer wurde demzufolge früher schon einmal ersetzt. Deshalb wurde der Trimmer ersetzt durch ein 10-Gang Spindelpoti mit 5 K. Um den Einstellbereich des Potis mehr in die Mittelstellung zu bekommen wurde zusätzlich noch ein 2 K-Widerstand (Rzus.) eingefügt.

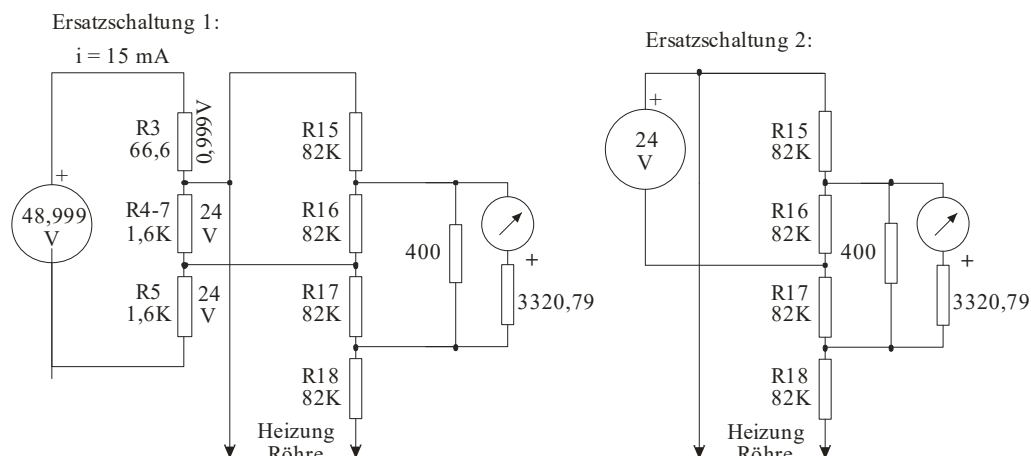
Das Ersatzschaltbild für links „ZK“ und rechts „CECH“ sieht dann wie folgt aus:

Ersatzschaltung CECH:



### Drehschalter links „WZ“ und rechts „IZOL“:

Ersatzschaltbild: Prüfung des Heizfadens



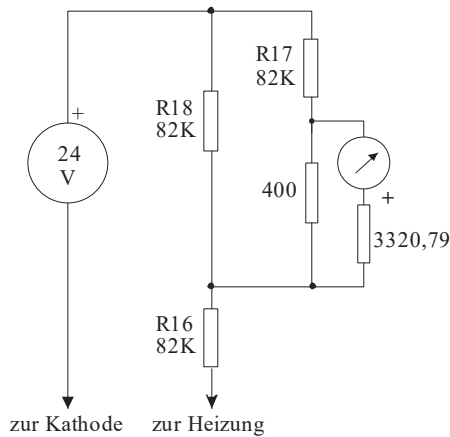
#### Funktion:

Wenn der Heizfaden der Prüfröhre unterbrochen ist, dann erhält das Messgerät einen sehr kleinen negativen Strom (ca.  $-0,02 \text{ mA}$ ) und der Zeiger schlägt unter Null auf den roten Bereich aus (linkes Bild).

Wenn der (niederohmige) Heizfaden keine Unterbrechung aufweist, dann wird R18 ebenfalls auf +24 V gelegt und die Spannung am Messgerät ist Null (rechtes Bild). Der Zeiger bleibt auf Null.

## Drehschalter links „ZK“ und rechts „IZOL“:

Ersatzschaltbild: Prüfung auf Kurzschluss Heizfaden und Kathode



Wenn kein Kurzschluss vorhanden ist, dann ist der Strom durch das Messgerät Null.

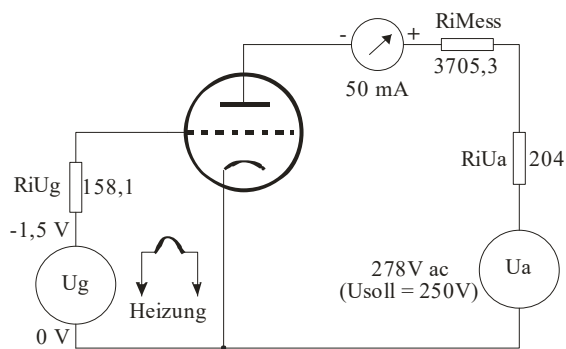
Wenn ein Kurzschluss vorhanden ist, dann fließt ein geringer negativer Strom (ca. -0,02 mA) durch das Messgerät und der Zeiger zeigt auf den roten Bereich unterhalb von Null.

Dieses Messverfahren ist für alle anderen Kurzschlussprüfungen gleich.

## Drehschalter links „S2A“ und rechts „Ia“

Ersatzschaltbild: Prüfung Anodenstrom bei eingestellter Gittervorspannung (Röhre: ECC83)

Ersatzschaltung mit 1/2 ECC83:



### ACHTUNG:

Ug ist eine (Zweiweg) gleichgerichtete Wechselspannung, also pulsierende Gleichspannung.

Effektivwert:  $U_{eff} = U_{max} / \sqrt{2} = U_{max} * 0,70710678$

Arithm. Mittelwert:  $U_m = U_{max} * 2 / \pi = U_{max} * 0,63662$

Umrechnung Mittelwert in Effektivwert:

$U_{eff} = U_m * \pi / \sqrt{2} / 2 = U_m * 1,110721$

Ua ist eine reine Wechselspannung. Durch Gleichrichtungswirkung der Röhre wird bei der Prüfung ein pulsierender Gleichstrom (Einweggleichrichtung) am Instrument angezeigt.

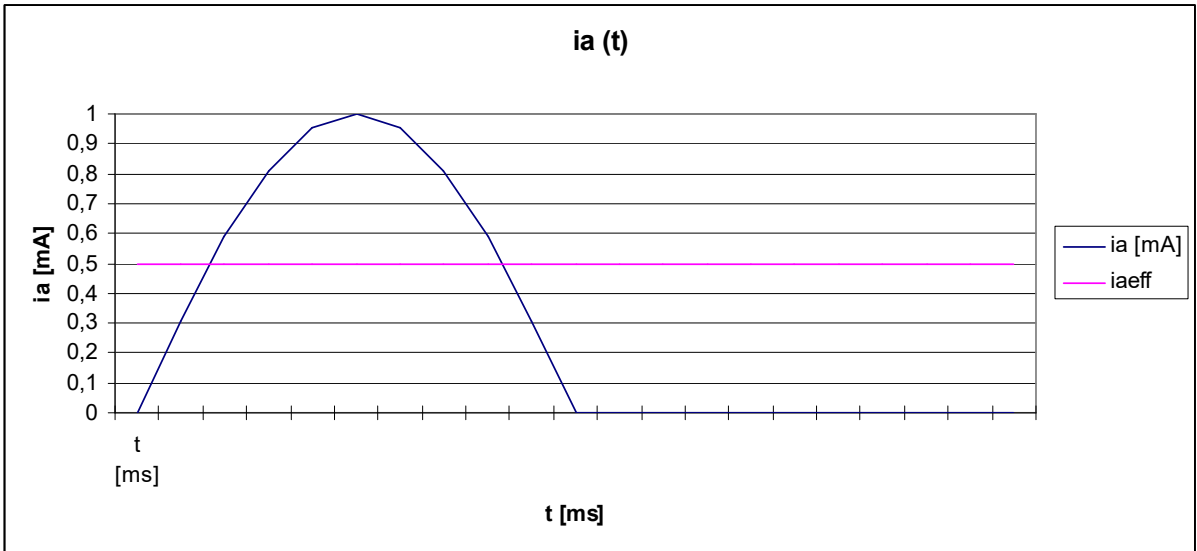
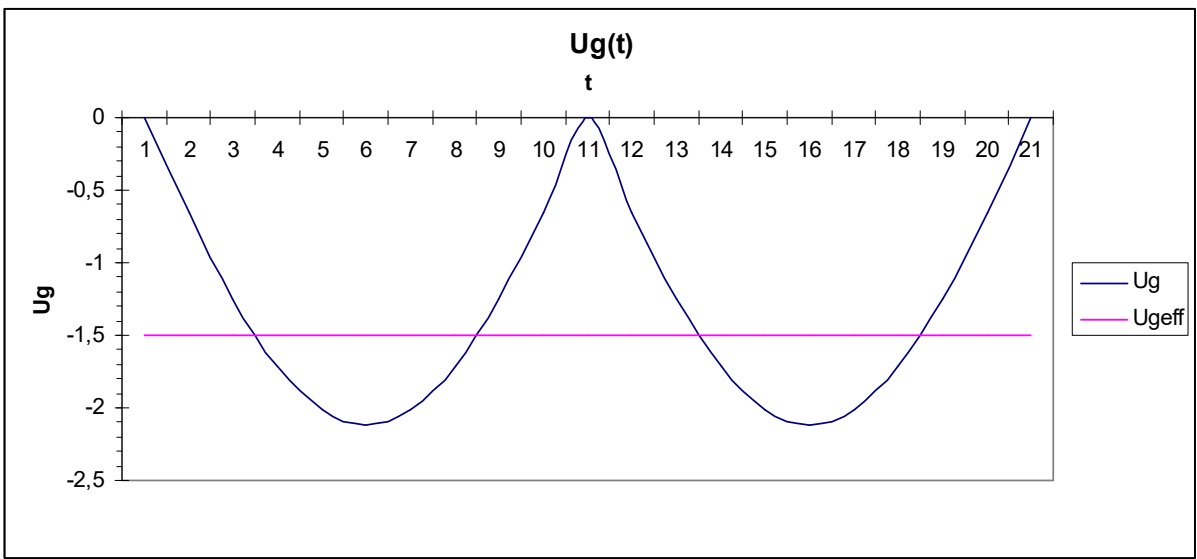
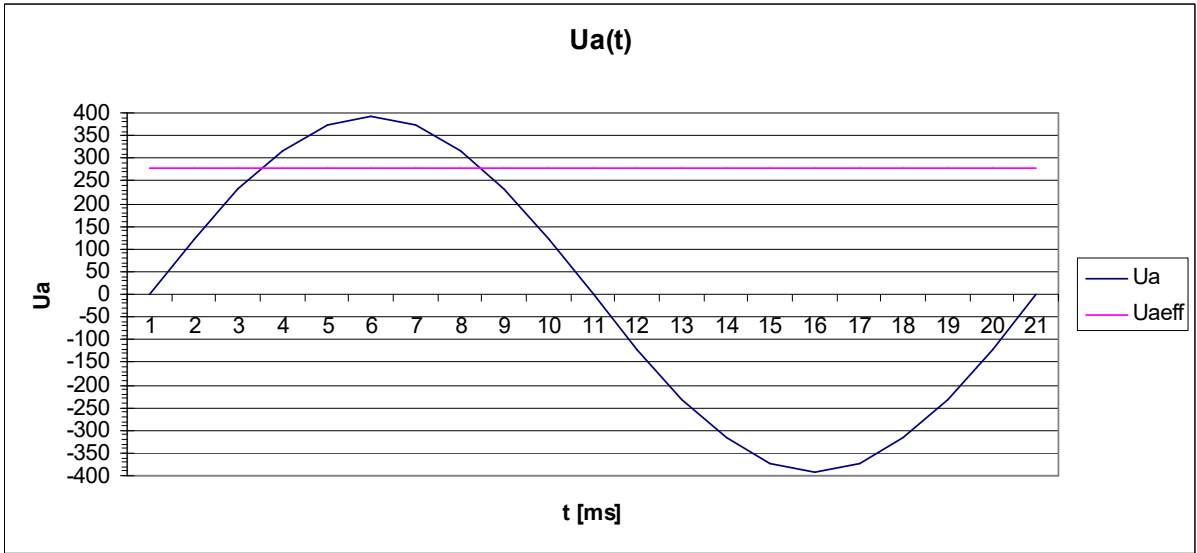
Effektivwert:  $i_{eff} = i_{max} / 2 = i_{max} * 0,5$

Arithm. Mittelwert:  $i_m = i_{max} / \pi = i_{max} * 0,31831$

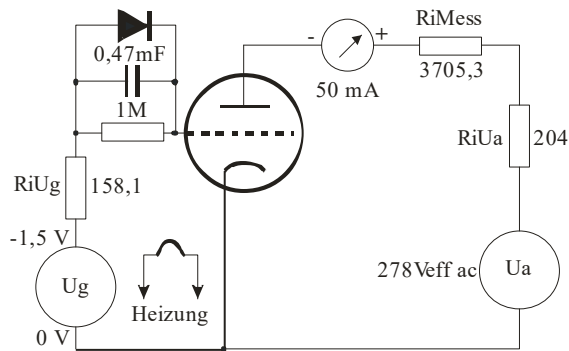
Umrechnung Mittelwert in Effektivwert:

$i_{eff} = i_m * \pi * 0,5 = i_m * 1,570796$

Beispiel:  $U_a \text{ eff} = 278 \text{ V}$ ;  $U_a \text{ max} = \pm 393,15 \text{ V}$ ;  $U_g \text{ eff} = -1,5 \text{ V}$ ;  $i_a \text{ eff} = 0,5 \text{ mA}$ :



**Drehschalter links „S2A“ und rechts „PROZ“**  
 Ersatzschaltbild: Prüfung auf Vakuum (Röhre: ECC83)



Die Schaltung entspricht derjenigen von „IA“.

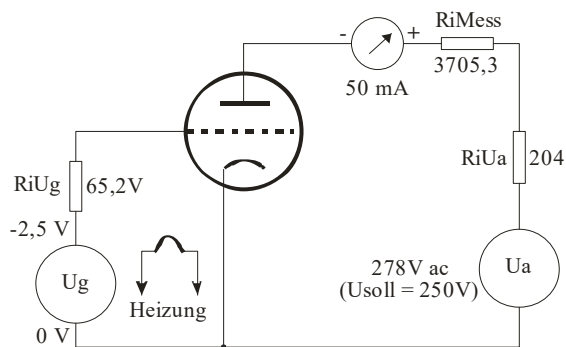
In der Gitterzuleitung wird jedoch zusätzlich ein hochohmiger Widerstand geschaltet. Bei einer Röhre mit schlechtem Vakuum fließt durch den Widerstand ein relativ hoher Strom, der die negative Gittervorspannung erhöht. In der Folge ändert sich der Anodenstrom (mehr als um 10%).

Bei einer Röhre mit gutem Vakuum ist der Strom durch den Widerstand gering und der Anodenstrom verändert sich nur leicht (weniger als 10%).

Die Diode ist eine Germaniumdiode DZG-7, deren Funktion unklar ist. Sie wird bei entsprechender Polarität der Gitterspannung den Kondensator entladen.

**Drehschalter links „S2A“ und rechts „S“:**  
 Ersatzschaltbild: Ermittlung der Steilheit (Röhre: ECC83)

Ersatzschaltung mit 1/2 ECC83:

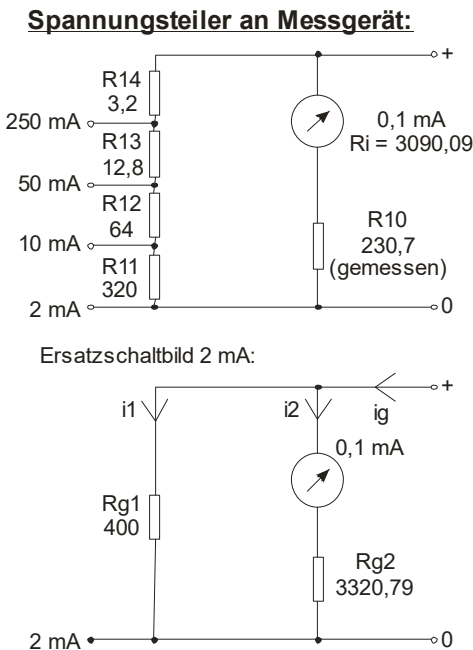


Die Schaltung entspricht derjenigen von „IA“.

Die Gittervorspannung wird jedoch um -1 V verkleinert (vorher z.B. -1,5 V und jetzt -2,5 V. Der Anodenstrom sinkt hierdurch).

Aus den beiden abgelesenen Stromwerten  $ia1$  (-1,5 V) und  $ia2$  (-2,5 V) errechnet sich direkt die Steilheit mit  $s = (ia1 - ia2)$  in [mA / V].

**Messgerät:**



Das Messgerät wurde komplett abgeklemmt und mit einem Kalibriergerät ein Strom von genau 0,1 mA angelegt. Das Messgerät hat hierbei Vollausschlag. Hierbei wurde die Spannung über dem Messgerät gemessen mit:

$$U_{\text{Mess}} = 0,30909 \text{ V (gemessen)}$$

$$\text{Bei } I_{\text{Mess}} = 0,1 \text{ mA (Referenzgeber)}$$

$$R_{10} = 230,37 \text{ Ohm (gemessen)}$$

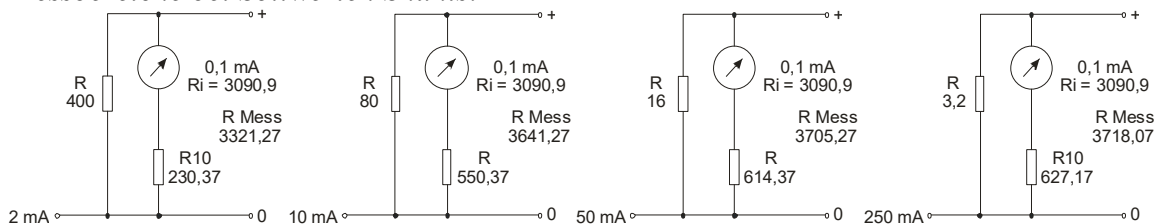
- 2 mA:  $R_{11} = 319,74$  (gemessen), 320 gem. Schaltplan
- 10 mA:  $R_{12} = 64,065$  (gemessen), 64 gem. Schaltplan! (= 320 / 5)
- 50 mA:  $R_{13} = 12,571$  (gemessen), 12,8 gem. Schaltplan (= 64 / 5)
- 250 mA:  $R_{14} = 3,220$  (gemessen), 3,2 gem. Schaltplan (= 12,8 / 4)
- Summe aller Shunts = 399,596 Ohm (gemessen); 400 Ohm gemäß Schaltplan.

(R12 war verbrannt (30 statt 64 Ohm) und wurde durch 1%-Widerstände ausgetauscht!)

*Bei Messbereich 2 mA gilt:*

- Der Innenwiderstand des Messgerätes errechnet sich mit 3090,9 Ohm.
- Der Gesamtwiderstand im Messgerätezweig errechnet sich mit 3321,27 Ohm
- Die Spannung über den kompletten Messzweig ist dann 0,332127 V
- Die Summe der Shuntwiderstände ist bekannt und beträgt 399,596 Ohm.
- Bei 0,332127 V beträgt der Strom durch die Shunts  $i_1 = 0,831157$  mA.
- Der Strom durch den Messgerätezweig beträgt bei Vollausschlag 0,1 mA
- Der Gesamtstrom beträgt somit 0,931157 mA.
- Der Gesamtwiderstand aller Zweige beträgt dann 357,767 Ohm (gemessen: 356,97 Ohm)

*Messbereiche bei Sollwerten Shunts:*



i-soll	R shunt [Ohm]	R Mess [Ohm]	i Mess [A]	U Mess [V]	i-Shunt [A]	i-ges.[mA]
2 mA	400	3321,27	0,0001	0,332127	0,000830318	0,930318
10 mA	80	3641,27	0,0001	0,364127	0,004551588	4,651588
50 mA	16	3705,27	0,0001	0,370527	0,023157938	23,257938
250 mA	3,2	3718,07	0,0001	0,371807	0,116189688	116,289688

Die Berechnung zeigt, dass der Gleichstrom durch das Messgerät (i-ges.) nur dem halben Wert von i-soll entspricht.

Der Anodenstrom der Prüfröhre wird bei Einweg-gleichgerichteter Wechselspannung mit dem Instrument gemessen.

Da ein Elko (500 µF) parallel zu den Shunts geschaltet ist, stellt sich bei geringer Last der Spitzenwert des Stromes, also  $i_{max}$  ein. Dann beträgt der Effektivstrom durch das Instrument nur die Hälfte des Scheitelwertes, denn bei Einweggleichrichtung gilt:

$$i_{eff} = i_{max} / 2$$

Somit ist die Skala des Messgerätes mit dem doppelten Wert desjenigen Stromes, der tatsächlich durch das Instrument fließt, bedruckt.

*Einstellbereich für den Strom bei Max.- und Min. - Wert von Trimmer R10 (500 Ohm)*

I soll	R shunt [Ohm]	R Mess [Ohm]	i Mess [A]	U Mess [V]	i Shunt [A]	i ges.[mA]
2 mA	400	3090,09	0,0001	0,309009	0,000772523	0,872523
2 mA	400	3590,09	0,0001	0,359009	0,000897523	<b>0,997523</b>
10 mA	80	3410,09	0,0001	0,341009	0,004262613	4,362613
10 mA	80	3910,09	0,0001	0,391009	0,004887613	<b>4,987613</b>
50 mA	16	3474,09	0,0001	0,347409	0,021713063	21,813063
50 mA	16	3974,09	0,0001	0,397409	0,024838063	<b>24,938063</b>
250 mA	3,2	3486,89	0,0001	0,348689	0,108965313	109,065313
250 mA	3,2	3986,89	0,0001	0,398689	0,124590313	<b>124,690313</b>

Das Ergebnis (siehe fettgedruckte Ströme) lässt ableiten, dass R10 so eingestellt wird, dass der Gesamtstrom die Hälfte des Sollstromes ist (Beispiel: bei 2 mA auf 1 mA einstellen). Dann wird richtigerweise  $i_{eff} = 0,5 * I_{max}$  gebildet.

### Messung der Anodenspannungen in Abh. des vorderen Drehschalters:

Alle Spannungswerte sind echte Effektivwerte.

Die Netzspannung wurde mit einem Wechselspannungs-Konstanter (magnetisches Prinzip) und einem daran angeschlossenen Stelltrafo auf den folgenden Wert eingestellt:

$$220,8 \text{ V}_{eff}$$

Die Anodenspannung (Wechselspannung!) wurde in Abhängigkeit der Schalterstellung des vorderen Drehschalters (Netzspannungsanpassung) gemessen.

### Abweichung Anodenspannung in Abh. von Stellung des vorderen Drehschalters:

Ua	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
"250V"	247,9	255,2	262,4	270,0	277,9	286,4	295,0	304,4	314,4
"150V"	148,9	153,3	157,6	162,1	166,8	171,9	177,1	182,7	188,8
"100V"	99,5	102,4	105,2	108,2	111,4	114,8	118,3	122,0	126,0
"50V"	49,7	51,2	52,6	54,1	55,7	57,4	59,1	61,0	63,0
"20V"	19,9	20,4	21,0	21,6	22,2	22,9	23,6	24,4	25,2



Stellung	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Abweichung	-0,63%	2,22%	5,09%	8,09%	11,23%	14,65%	18,11%	21,91%	25,93%

Messung des Innenwiderstandes von Ua bei „250 V“:

Leerlaufspannung: 277,87 Vac

Belastungsspannung: 270,48 Vac

Bei Lastwiderstand von RL = 7503,7 Ohm

Laststrom: 36,05 mA

Ergebnis:

Ri = 204 Ohm

Ergebnisse:

1. Am besten werden die Sollspannungen bei Stellung „-4“ eingehalten!
2. Man könnte daraus schließen, dass die Stellung „-4“ die Sollstellung ist, wenn die Netzspannung genau 220 V aufweist. Dies scheint jedoch nach Messung der Heizspannungen nicht der Fall zu sein. Letztere deutet auf Stellung „0“.
3. Dann liegen alle Anodenspannungen ca. 11,2% zu hoch. Beim Innenwiderstand von 204 Ohm muss ein Laststrom von 137 mA fließen, damit die Anodenspannung auf den Sollwert von 250 V fällt.
4. Der Scheitelwert der Effektivspannung von 277,9V bei „250V“ liegt somit bei +/-393 V! Es bleibt zu hoffen, dass bei der Röhrenprüfung keine Überlastung der Röhre stattfinden kann...

**Messungen der Heizspannungen in Abh. des vorderen Drehschalters:**

Uf	Soll-Wert	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
0,5 + 1,45	1,95	1,841	1,895	1,948	2,004	2,064	2,128	2,191	2,261	2,335
3+1	4,0	3,677	3,787	3,894	4,006	4,125	4,252	4,390	4,521	4,670
9,3+5,2	14,5	13,331	13,720	14,102	14,513	14,944	15,408	15,864	16,366	16,896
20+7	27,0	24,803	25,529	26,241	26,999	27,803	28,656	29,503	30,437	31,446
40+15	55,0	50,513	52,000	53,492	55,995	56,645	58,384	60,113	62,045	64,072
50+60	110,0	101,12	104,09	106,98	110,06	113,30	116,83	120,31	124,12	128,22

Abweichungen vom Sollwert in %:

Uf	Sollwert	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
0,5+1,45	1,95	-5,59%	-2,82%	-0,10%	2,77%	5,85%	9,13%	12,36%	15,95%	19,74%
3+1	4,0	-8,08%	-5,33%	-2,65%	0,15%	3,13%	6,30%	9,75%	13,03%	16,75%
9,3+5,2	14,5	-8,06%	-5,38%	-2,74%	0,09%	3,06%	6,26%	9,41%	12,87%	16,52%
20+7	27,0	-8,14%	-5,45%	-2,81%	0,00%	2,97%	6,13%	9,27%	12,73%	16,47%
40+15	55,0	-8,16%	-5,45%	-2,74%	1,81%	2,99%	6,15%	9,30%	12,81%	16,49%
50+60	110,0	-8,07%	-5,37%	-2,75%	0,05%	3,00%	6,21%	9,37%	12,84%	16,56%
	<b>Mittelw.:</b>	<b>-8,10%</b>	<b>-5,40%</b>	<b>-2,74%</b>	<b>0,42%</b>	<b>3,03%</b>	<b>6,21%</b>	<b>9,42%</b>	<b>12,85%</b>	<b>16,56%</b>

Ermittlung des Innenwiderstandes bei 27 Vac:

Leerlaufspannung: 27,75 Vac Heizspannung

Belastungsspannung: 27,241 Vac

Bei Lastwiderstand von RL = 80,55 Ohm

Laststrom: 338,1875 mA

*Ergebnis:*  
 $R_i = 1,51 \text{ Ohm}$

*Ergebnisse:*

1. Die beste Übereinstimmung mit den Sollwerten für alle Spannungen außer Sollwert = 1,95 V ergibt sich in Stellung „-1“ bei der unbelasteten Spannungsquelle.
2. Bei Sollwert = 1,95 V ergibt sich die beste Übereinstimmung in Stellung „-2“ bei der unbelasteten Spannungsquelle.
3. Vermutlich ist Stellung „0“ die Normalstellung bei einer Netzspannung von genau 220 Veff, weil bei Belastung der eingestellten Heizspannung ein Spannungsabfall am Innenwiderstand der Spannungsquelle erfolgt. Wenn die Leerlaufspannungen um ca. 3 % höher liegen als die Sollwerte hat man für diese inneren Spannungsabfälle noch Reserve. Bei „27 V“ muss ein Laststrom von 530 mA fließen, damit die Spannung auf den Sollwert abgesenkt wird.
4. Bei der Anodenspannung lieferte die Stellung „-4“ die beste Übereinstimmung mit den Sollwerten  $U_a$ . Da jedoch bei den Heizspannungen die Stellung „0“ die optimale ist, muss die Überlegung über die Schalterstellung bei  $U_a$  verworfen werden.

**Messung der Spannungsstufen des vorderen Drehschalters:**

Stellung	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Sollwert	-10,8%	-8,1%	-5,4%	-2,7%	0,0%	2,7%	5,4%	8,1%	10,8%
Istwert	-10,74%	-8,10%	-5,56%	-2,85%	0,00%	3,06%	6,16%	9,52%	13,13%

*Ergebnis:* Die Soll-Stufungen (Vielfache von 2,7%) werden in den Stellungen „-1“ bis „-4“ gut und in den Stellungen „1“ bis „4“ nur sehr grob eingehalten!

**Messung der Gitterspannung in Abh. des vorderen Drehschalters:**

Die Spannung am Gitterspannungsteiler wurde vorher bei Stellung „0“ auf den Sollwert von 48,999 Vdc (49,03V) eingestellt.

Ug1	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
48,999	43,72	45,02	46,29	47,63	49,03	50,54	52,05	53,71	55,49
Abw. IST [%]	-	-8,12%	5,53%	-2,79%	0,06%	3,14%	6,23%	9,61%	13,25%
Abw. SOLL [%]	-	-8,10%	5,40%	-2,70%	0,00%	2,70%	5,40%	8,10%	10,80%

*Ergebnis:* Zwischen „-4“ und „0“ werden die Spannungssprünge gut eingehalten. Zwischen „+1“ bis „+4“ liegen die Abweichungen zwischen +0,5 % bis +2,5 %.

**Messung des Anodenstromes bei einer Röhrenprüfung:**

Es wird die ECC83 geprüft mit  $U_a = „250V“$ ,  $U_{g1} = -1,5 \text{ V}$ ,  $U_f = 12 \text{ V}$

Ein hochwertiges Hp-Messgerät misst  $I_a \text{ eff} = 0,91 \text{ mA}$ .

Das Drehspulinstrument (Einstellung: 10mA) zeigt aber  $I_a$  mit 1,9 mA an.

Der tatsächliche Strom durch das Drehspulinstrument beträgt dann  $1,9 \text{ mA} / 2 = 0,95 \text{ mA}$ .

Gegenprüfung zur Plausibilisierung der obigen Messung:

Die Spannung über C2 beträgt  $U_{\text{eff}} = 67,2 \text{ mV}$  ( $U_{\text{max}} = 77,6 \text{ mV}$ ,  $U_{\text{min}} = 57,4 \text{ mV}$ )

Hieraus errechnet sich ein Strom von 0,86 mA.

Da die Spannung recht ungenau mit dem Oszilloskop gemessen wurde, ist die Abweichung (0,86 mA zu 0,95 mA) zu vernachlässigen.

### *Ergebnis:*

Das Drehspulinstrument zeigt den richtigen Wert an denn der Anodenstrom wird Einweg-gleichgerichtet und anschließend mit C2 geglättet. Am Kondensator liegt dann ungefähr der Scheitelwert des Anodenstromes an und dieser entspricht bei Einweggleichrichtung dem doppelten Effektivwert des Anodenstromes. Das Messgerät zeigt somit den maximalen Anodenstrom (Scheitelwert) an und nicht den Effektivwert. Bei einer Röhrenprüfung interessiert der maximale Anodenstrom einer Röhre und nicht dessen Effektivwert.

### **Eichung Messgerät mit R10:**

1. Man legt an das Drehspulinstrument (Messbereich 2 mA) einen Einweg-gleichgerichteten Strom an (ungeglättet!), dessen Effektivwert genau 1 mA beträgt (mit einem hochwertigen Messgerät messen, welches den echten Effektivwert bildet).
2. Anschließend wird R10 so lange verstellt, bis das Drehspulinstrument genau den doppelten Wert (2 mA = Vollausschlag) zeigt.

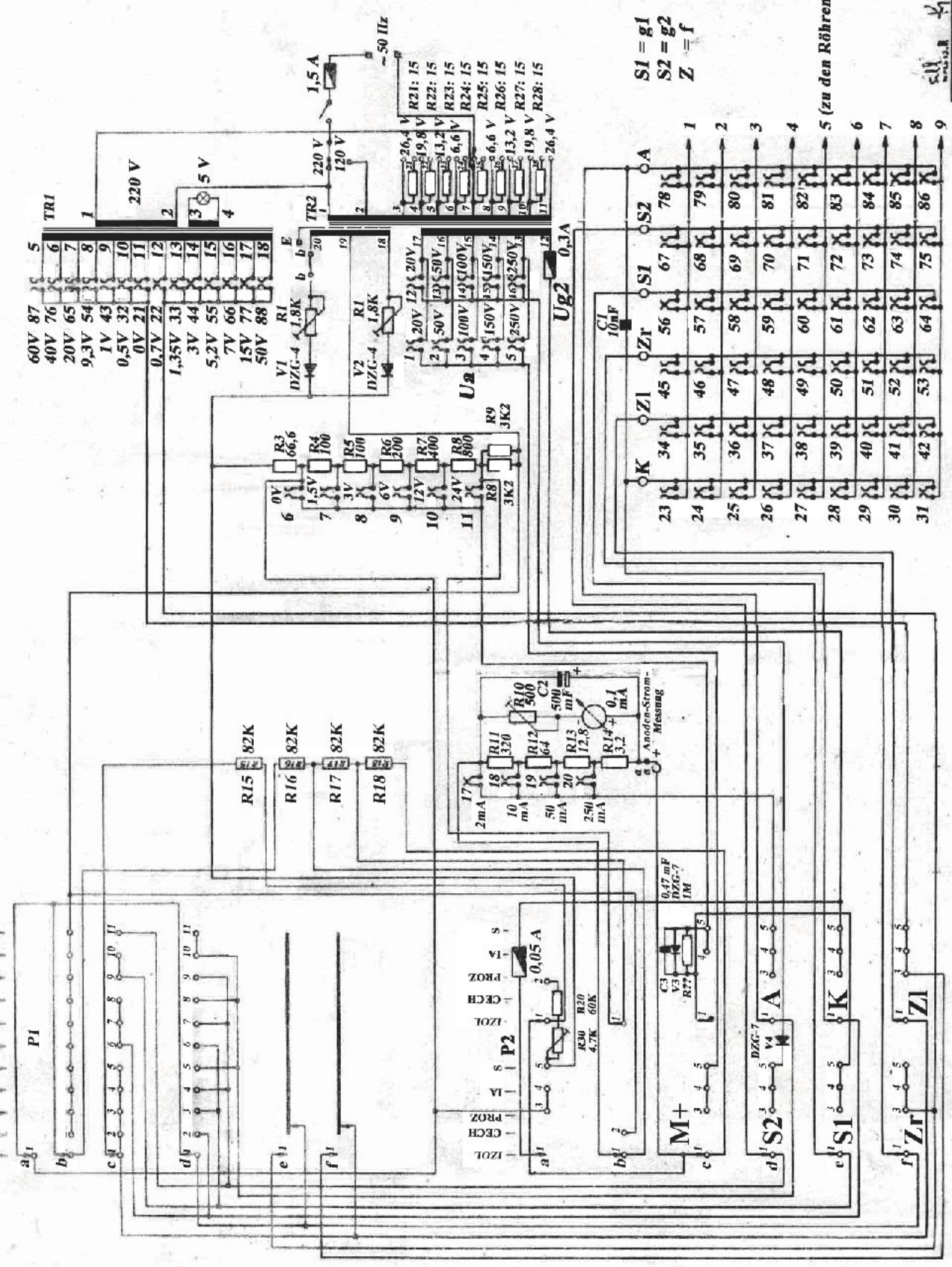
### **18. Schaltbild und Stückliste:**

Im Internet wurde ein Schaltbild gefunden, welches geringfügige Abweichungen von der vorgefundenen Schaltung aufwies (Beispiel: Messgerät mit 50  $\mu$ A Vollausschlag statt 100  $\mu$ A). Abweichende Werte wurden im folgenden Schaltbild (s. S. 19) daher korrigiert.

Außerdem waren alle Schriftzeichen zum Teil unleserlich. Deshalb wurden diese Schriftzeichen erneuert und vergrößert dargestellt.

Die Werte der zugehörigen Stückliste blieben unverändert und können daher von der Schaltung abweichen. Maßgeblich sind die Werte im Schaltbild.

VZ, ZK, ZS1, ZS2 ZA, KS1, KS2, KA, SIS1, SIA, S2A



S1 = g1  
S2 = g2  
Z = f

5 (zu den Röhrensockeln)

Segment 1

Segment 2

Prüfrik P512  
07-008  
Elpo

8. SPIS ELEMENTÓW

Symbol	Wyszczególnienie	Wartość	Napięcie prądu V	Tolerancja %	Obciążenie W	Uwagi
R1	Potencjometr drutowy	1,8 kΩ		5		
R2	" "	1,8 kΩ		1	1	
R3	Potencjometr masowy	66,6Ω		1	1	
R4	" "	100Ω		1	1	
R5	" "	100Ω		1	1	
R6	" "	200Ω		1	1	
R7	" "	400Ω		1	1	
R8	" "	200Ω		1	1	
R9	" "	1600Ω		1	1	
R10	Potencjometr drutowy	500Ω		5		
R11	Opór drutowy	320Ω		0,5		
R12	" "	64Ω		0,5		
R13	" "	12,8Ω		0,5		
R14	" "	32Ω		0,5		
R15	Opór masowy	82 kΩ		5	0,5	
R16	" "	82 kΩ		5	0,5	
R17	" "	82 kΩ		5	0,5	
R18	" "	82 kΩ		5	0,5	
R19	" "	47 kΩ		5	0,25	
R20	" "	60 kΩ		5	0,5	
R21	" "	150Ω		5	0,5	
R22	Opór drutowy	15Ω		20	0,5	
R23	" "	15Ω		20	0,5	
R24	" "	15Ω		20	0,5	
R25	" "	15Ω		20	0,5	
R26	" "	15Ω		20	0,5	
R27	" "	15Ω		20	0,5	
R28	" "	15Ω		20	0,5	
C1	Kondensator mikro K30-S	10.000	250	10		
C2	" elektrolit.	100 μF	12/25			
V1	Dioda germanowa DZG-7					
V2	" " DZG-7					

**19. Austausch von defekten Teilen:**

Folgende Teile wurden wegen Defektes oder sonstigen Gründen erneuert:

1. Elektrolytkondensator, geschaltet über das Messgerät (C2):

Gemäß Schaltplan: Elko 300 μF

Gemäß Stückliste: Elko 100 μF; 12 / 25 V

Im Gerät vorgefunden: Elko 500 μF; 12 / 15 V (Febr. 1961). Dieser Elko hat unzulässigen Durchgang!

Eingesetzt: Elko 470  $\mu\text{F}$ ; 63 V (1990)

2. Kondensator über Gitterwiderstand:  
Gemäß Schaltplan: MPM 0,47  $\mu\text{F}$   
Gemäß Stückliste: nicht vorhanden!  
Gemäß Schaltplan: 0,47  $\mu\text{F}$   
Im Gerät vorgefunden: MPM; 0,47  $\mu\text{F}$  (+ /- 20 %); 63 V.  
Eingesetzt: MKM 0,47  $\mu\text{F}$ ; 250 V
3. Netzschalter am rechten Drehschalter:  
Mechanischer Defekt und deshalb gegen nahezu baugleichen Schalter ausgetauscht!
4. 2-poliger Gerätestecker gegen einen 3-poligen Gerätestecker ausgetauscht:  
Dies wurde notwendig, weil keine passende Kupplung vorhanden war. Vorteilhafterweise wird das Metallgehäuse des P512 mit dem neuen Gerätestecker nun auch noch ordnungsgemäß geerdet.
5. R12-Shunt ausgetauscht:  
R12 wies nur noch einen Widerstand von ca. 34 Ohm statt 64 Ohm auf. Nach dem Abwickeln des Isolierbandes zeigte sich, dass der Widerstandsdraht verbrannt war. R12 wurde zusammengesetzt mit 1%-Widerständen. Der Spulenkörper (ohne Drahtanschlüsse) verbleibt im Gehäuse und kann später neu bewickelt werden.
6. R1 und R2 –Trimmer sowie beide Germaniumdioden (V1 u. V2):  
Beide Trimmer (1,8 K) müssen ausgetauscht werden, weil sie beim Drehen nur noch unzuverlässigen Kontakt geben. Sie wurden ersetzt durch 10-Gang Spindelpotentiometer, 2 K ;1,5 W. Die Dioden wurden bei dieser Gelegenheit gegen robustere Siliziumdioden (1N2007) getauscht, weil die Spannung (48,999 V) sowieso neu eingestellt werden muss.
7. Mit Trimmer R30 = 4,7 K und dem Festwiderstand R20 = 60 K, 1%, wird der Netzspannungswert (Markierung auf Skala) eingestellt.  
Der Trimmer wurde gegen einen Spindeltrimmer mit 5 K, 1,5W (wie im Schaltbild gefordert) ausgetauscht, weil der Einstellbereich des alten Potis nach der Reparatur des Shunts nicht mehr ausreicht. Um den Abgleichpunkt mehr in die Mitte des Potis zu legen, wurde ein Metallschichtwiderstand von 2 K hinzugefügt.
8. C1 = 10 nF über Matrix wurde ausgemessen.  
Er kann im Gerät verbleiben, weil der Kapazitätswert stimmt und kein Durchgang festzustellen ist. Bei einem Austausch sollte er eine Gleichspannungsfestigkeit von ca. 400 V haben!

Michael Buschmann  
2017