

Röhrenprüfgerät P512 von ELPO (Polen, Baujahr 1965)

Übersetzung und Ausarbeitung von Dipl.-Ing. Michael Buschmann im Dez. 2016

Inhaltsverzeichnis:

1. Zweck des Gerätes:	S. 1
2. Technische Daten:	S. 1
3. Die Bedienung der Einstell-Elemente:	S. 2
4. Rechter Drehschalter	S. 4
5. Erkennen von Kurzschlüssen zwischen Elektroden (IZOL):	S. 4
6. Justieren des Messgerätes auf die Netzspannung (CECH):	S. 5
7. Prüfung der Qualität des Vakuums (PROZ):	S. 6
8. Messung des Anodenstroms (IA):	S. 6
9. Messung der Steilheit der Röhre (S):	S. 6
10. Die Bananensteckerbuchsen auf der Frontplatte:	S. 6
11. Zusammenfassung Ablauf Röhrenprüfung:	S. 7
12. Unbekannte Röhre:	S. 7
13 Röhren mit Elektrodenanschlüssen an der Seite oder oben:	S. 7
14. Ausschalten des Gerätes:	S. 8
15. Kurzablauf Röhrenprüfung:	S. 8
16. Polnische Texte auf den Prüfkarten	S. 8
17. Schaltungsdetails:	S. 10
Spannungsteiler negative Gittervorspannung g1	S. 10
Einstellung des Trimmers für Netzeinstellung („CECH“)	S. 11
Einstellvorschrift:	S. 11
Drehschalter links „WZ“ und rechts „IZOL“:	S. 12
Drehschalter links „ZK“ und rechts „IZOL“:	S. 13
Drehschalter links „S2A“ und rechts „Ia“	S. 13
Drehschalter links „S2A“ und rechts „PROZ“	S. 15
Drehschalter links „S2A“ und rechts „S“	S. 15
Messgerät:	S. 16
Messungen Anodenspannungen in Abh....:	S. 17
Messungen der Heizspannungen in Abh....:	S. 18
Messung der Spannungsstufen in Abh....:	S. 19
Messung der Gitterspannung in Abh....:	S. 19
Messung des Anodenstromes bei einer Röhrenprüfung:	S. 19
Eichung Messgerät mit R10:	S. 20
18. Schaltbild und Stückliste	S. 20
19. Austausch von defekten Teilen	S. 22

1. Zweck des Gerätes:

Das Röhrenprüfgerät P512 wurde entwickelt, um damit gebrauchte Radioröhren zu prüfen. Das Gerät erlaubt eine schnelle qualitative Überprüfung. Das Gerät eignet sich somit für Reparaturwerkstätten.

2. Technische Daten:

Bereitgestellte Spannungen:

Alle folgenden Spannungen liegen an den Öffnungen in der Frontplatte an, die - je nach Röhre - durch Einstecken der Stecker angewählt werden können.

Spannungen für Röhrenheizung (Wechselspannung von Trafo 1):

Die Heizspannung (Wechselspannungen) kann als Summe von zwei Spannungswerten, die aus zwei Zeilen ausgewählt werden, eingestellt werden (z.B. 6,2V = 1V + 5,2V):

0 / 0,5 / 1 / 9,3 / 20 / 40 / 60 Vac

0,7 / 1,45 / 3 / 5,2 / 7 / 15 / 50 Vac

Es darf aber nur ein Wert pro Zeile ausgewählt werden, weil ansonsten Kurzschlüsse entstehen!

Anodenspannungen (Wechselspannung von Trafo 2):

20 / 50 / 100 / 150 / 250 V

Spannungen für Gitter 2 (Wechselspannung von Trafo 2):

20 / 50 / 100 / 150 / 250 V

Negative Spannungen für Steuergitter (Gleichspannung, Zweiweggleichrichtung von Trafo 2):

0 / -1,5 / -3 / -5 / -12 / -24 V

Alle Gitterspannungen sind ungeglättet!

3. Die Bedienung der Einstell-Elemente

Wie bei einer Telefonzentrale wird ein Kreuzschienenverteiler zur Herstellung von gewünschten Verbindungen verwendet. Genauso können Sie passend zur Röhre eine von mehreren Spannungen und alle möglichen Verbindungen zum Röhrensockel auswählen, wobei die Prüfkarten Ihnen anzeigen, welche Öffnungen hierzu benötigt werden.

a) Spannungs - Kreuzschienenverteiler:

Buchse	Bez.	Nr. der Stecklöcher
Anodenspannung	Ua	1.....5
Gitterspannung		
Steuergitter	US1	6.....11
zweites Gitter	US2	12.....16
Strombereiche	Ia	17.....20
Heizspannungen	Uz	1): 21, 32, 43, 54 ,65, 76, 87 2): 22, 33, 44, 55, 66, 77, 88

b) Kreuzschienenverteiler:

Kathodenanschlüsse:

Kombiniert mit Kathode K 23.....31

Ausgang:

Glühfaden Z 43.....42

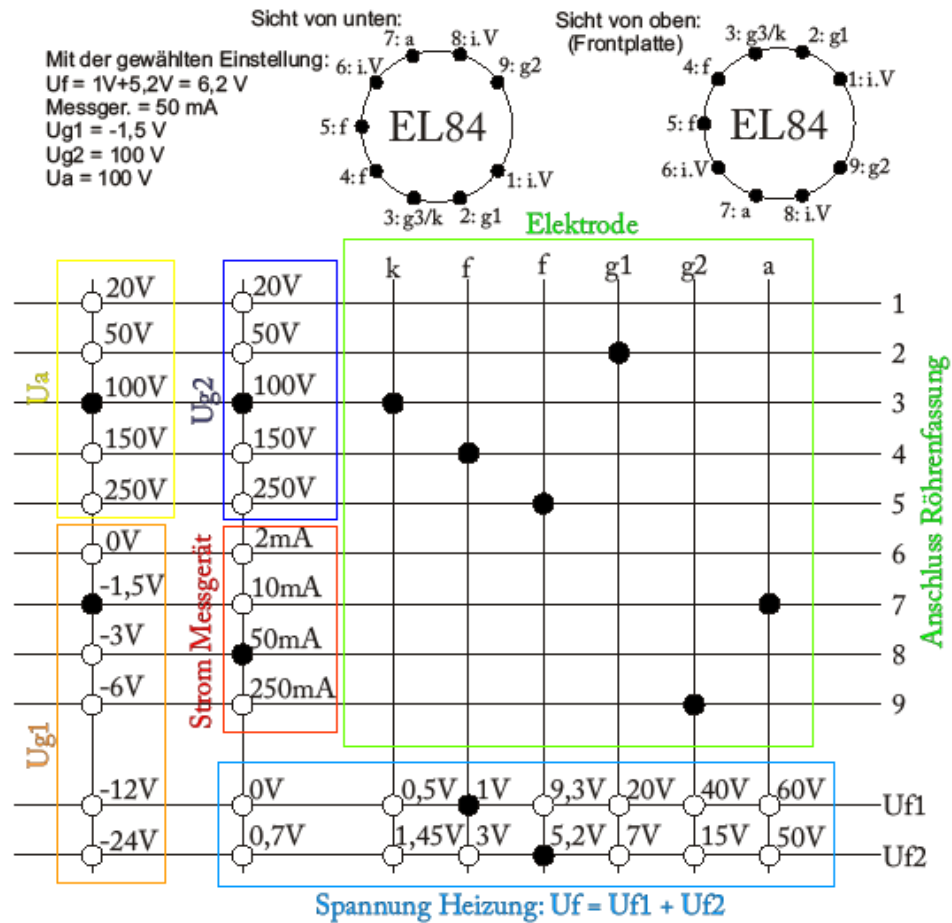
Z 45.....53

Erstes Gitter:

/ Steuergitter / S1 56.....64

Schirmgitter S2 67.....75

Anode A 78.....86



Die obigen Abkürzungen bedeuten:

U_a = Anodenspannung

U_{g1} = negative Vorspannung für das Steuergitter (Gitter 1)

U_{g2} = Spannung für Hilfsgitter (Gitter 2)

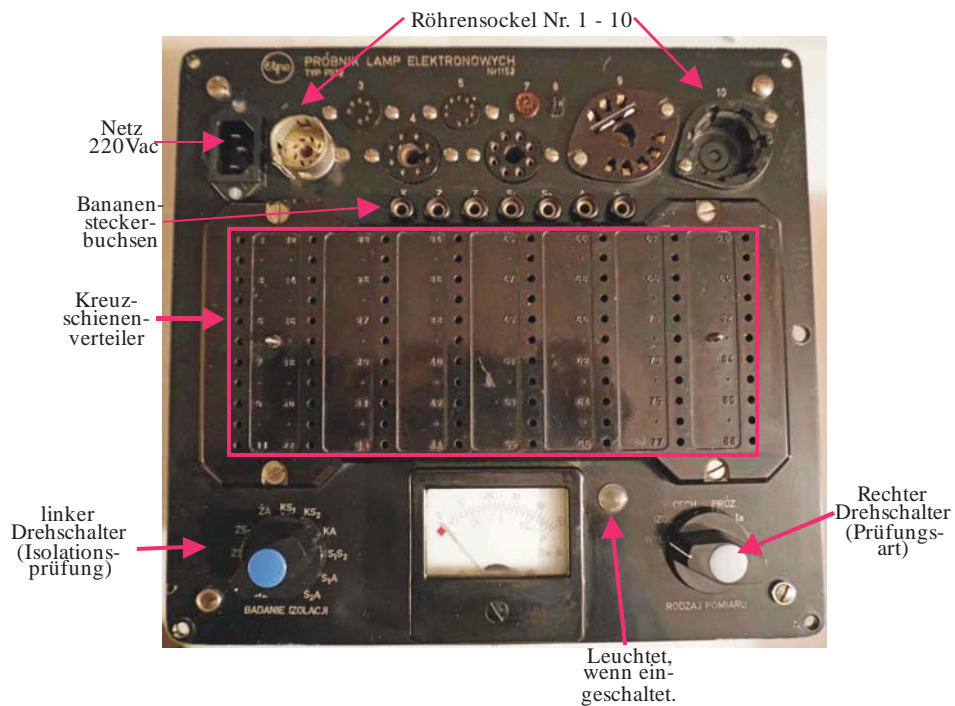
I_a = Anodenstrom

U_f = Spannung für Heizung

U_{f1} = Spannung 1 für Heizung

U_{f2} = Spannung 2 für Heizung

Die Heizspannung an der Röhre beträgt $U_f = U_{f1} + U_{f2}$



4. Rechter Drehschalter:

Mit dem rechten Drehschalter wird die Prüfungsart eingestellt. Folgende Prüfungen sind möglich:

- „WYL“ = Netzspannung AUS
- „IZOL“ = Mit linken Drehschalter Kurzschluss zwischen Elektroden prüfen
- „CECH“ = Justage auf Netzspannung
- „PROZ“ = Röhren-Vakuum
- „IA“ = Anodenstrom
- „S“ = Steilheit

Wird der Drehschalter von „WYL“ auf „IZOL“ gedreht, wird die Netzspannung eingeschaltet und die Betriebslampe leuchtet. Die Netzspannung bleibt für alle folgenden Stellungen eingeschaltet, bis wieder in Stellung „WYL“ zurückgedreht und somit ausgeschaltet wird.

5. Erkennen von Kurzschlüssen zwischen Elektroden („IZOL“):

Schalter rechts (Messart) auf "IZOL." (= Isolationsprüfung) stellen.

Anschließend linken Drehschalter nacheinander langsam in die folgenden Positionen drehen.

„WZ“, "ZK" "ZS1", "ZS2", "ZA", "KS1", "KS2", "KA", "S1S2" "S1A" und "S2A"

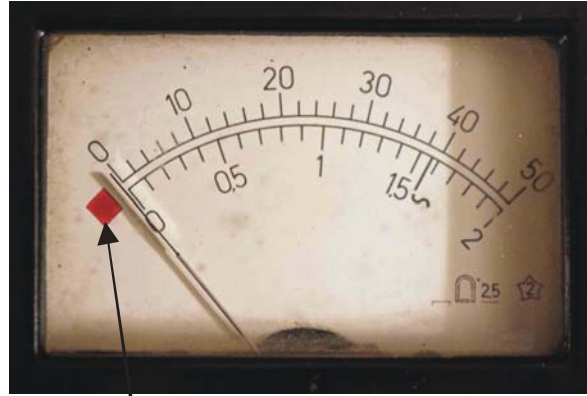
Bei „WZ“ (= Heizfaden) wird geprüft, ob der Heizfaden unterbrochen ist, oder nicht.

Bei allen anderen Schalterstellungen wird geprüft, ob Kurzschlüsse zwischen den verschiedenen Elektroden existieren:

WZ	=	Unterbrechung Heizfaden
ZK	=	Kurzschluss Heizung und Kathode
ZS2	=	Kurzschluss Heizung und Gitter 2 (Hilfsgitter)
ZA	=	Kurzschluss Heizung und Anode
KS1	=	Kurzschluss Kathode und Steuergitter (Gitter 1)
KS2	=	Kurzschluss Kathode und Hilfsgitter (Gitter 2)
KA	=	Kurzschluss Kathode und Anode
S1S2	=	Kurzschluss Steuergitter (Gitter 1) und Hilfsgitter (Gitter 2)
S1A	=	Kurzschluss Steuergitter (Gitter 1) und Anode
S2A	=	Kurzschluss Hilfsgitter (Gitter 2) und Anode

Bei Unterbrechung des Heizfadens oder bei vorhandenem Kurzschluss zwischen Elektroden, zeigt das Messgerät links (unterhalb von Null) auf den roten Bereich.

Ist kein Kurzschluss bzw. Unterbrechung vorhanden, zeigt das Instrument bei allen Schalterstellungen des linken Drehschalters Null an.



Unterbrechung Heizfaden
oder
Kurzschluss Elektroden

Bei der Prüfung sollte man warten, bis die Röhrenheizung genügend lange alle Elektroden erwärmt hat, denn einige Fehler sind erst dann erkennbar.

Bei den folgenden Prüfungen verbleibt der linke Drehschalter in Position „S2A“.

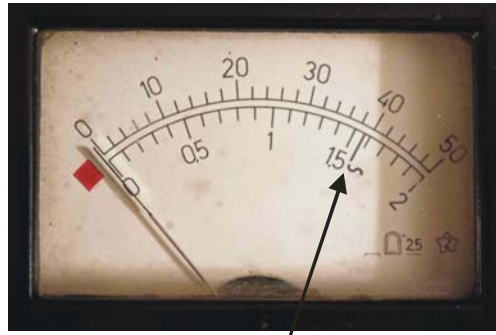
6. Justieren des Messgerätes (Eichung) auf die Netzspannung („CECH“):

Vorne am Gerät befindet sich mittig ein weiterer Drehschalter, mit dem vorhandene Netzspannungsabweichungen kompensiert werden können, damit die Messwerte auch bei abweichenden Netzspannungen korrekt sind. Im Normalfall (220V) steht der vordere Drehschalter auf Mittelstellung.



Drehschalter für "CECH".
Position: Mittelstellung

Man stellt den rechten Drehschalter (Messart) auf "CECH" ein. Anschließend den Zeiger des Messgerätes mit dem Drehschalter auf den schwarzen Strich der Skala am Messgerät einstellen. Dieser schwarze Strich liegt leicht unterhalb von 40 mA (siehe Bild). Er ist etwas länger gezeichnet und ist mit dem Wechselspannungs-Symbol gekennzeichnet.



Markierung für
Sollanzeige "CECH"

Der Drehschalter schaltet den Trafo 2 primärseitig um. Bei 220 V Netzspannung ändert sich die Spannung pro + / - Schritt um + / - 2,7 %. Für Trafo 1 wirkt Trafo 2 wie ein Spartrafo.

Da das Gerät mit seinen Spannungswerten davon abhängt, welche Netzspannung gerade anliegt, ist es durch die Netzspannungs-Umstellung von 220 V auf 230 Vac sinnvoll, einen magnetischen Spannungskonstanter mit einem einstellbaren Trenntrafo zu verwenden, damit die Netzspannung genau 220 Vac beträgt.

Wenn kein Konstanter/Trenntrafo zur Verfügung steht, sollte der vordere Drehschalter, mit dem das Gerät auf die vorhandene Netzspannung eingestellt werden kann, von der Mittelstellung um zwei Stufen nach links (also unter Null) verdreht werden. Dann erhält das Gerät eine Spannung von nur noch $230 - 2 * 2,7 / 100 * 220 = 218,12$ V. Das liegt nur ca. 0,85 % unter dem Sollwert von 220 V.

7. Prüfung der Qualität des Vakuums („PROZ“):

Zu Beginn der Prüfung zur Qualität des Vakuums, sollte man zuerst eine visuelle Inspektion durchführen: Damit die letzten Sauerstoffatome gebunden werden, wird ein silbriggrauer Belag in die Röhre eingebracht (Gettering). Wenn sich dieser Belag, am inneren Glaskörper zu einem milchig weißen Belag verfärbt hat, ist die Röhre unbrauchbar, da sie Luft gezogen hat.

Ist das Gettering OK, dann wird wie folgt weitergeprüft:

Der Schalter rechts (Messart) wird nacheinander in die Positionen "PROZ" und "IA" gebracht.

Bei einer guten Röhre sollte in der Stellung "IA" die Anzeige nicht mehr als 10% im Vergleich zur Anzeige in Position "PROZ" abweichen.

Wenn die Prüfröhre kein gutes Vakuum hat, dann wird die Anzeige sich um mehr als 10% unterscheiden.

8. Messung des Anodenstroms („IA“):

Die Messung des Anodenstromes bei einer fest eingestellten Gittervorspannung wird in der Stellung "IA" des rechten Schalters (Messart) durchgeführt. Bei einem positiven Ergebnis der Anodenstromuntersuchung, sollte die Anzeige des Messgerätes auf die schwarze rechteckige Markierung der Prüfkarte zeigen. Der Anodenstrom der Röhren in diesem Betriebspunkt ist auf der Prüfkarte mit einem schwarzen Rechteck markiert. Die Markierung entspricht den technischen Daten des Röhrenherstellers mit einer Genauigkeit von + / - 15 %. Bei Hochfrequenzdioden wird hier eine Genauigkeit von nur + / - 20 % erreicht. In der Mitte des schwarzen Rechtecks hat die Röhre 100% Emission. Am unteren Ende des schwarzen Rechtecks beträgt die Emission nur noch 85 % und am oberen Ende 115 %.

9. Messung der Steilheit der Röhre („S“):

Eine durchschnittliche Steilheit der Röhre im Arbeitspunkt wird durch das Messen des Stromunterschiedes zwischen "Ia" und "S" (rechter Drehschalter) ermittelt. Die Gittervorspannung wird in Stellung „S“ um genau 1Veff gegenüber Stellung „Ia“ reduziert! Die angezeigten Stromwerte kann man dann vergleichen mit dem auf der Prüfkarte angegebenen S-Wert. Wird also auf der Prüfkarte S = 5 mA/V angegeben, dann sollte sich der Anodenstrom beim Umschalten auf "S" um ca. 5 mA ändern.

10. Die Bananensteckerbuchsen auf der Frontplatte:

Über dem Kreuzschienenverteiler befinden sich sieben Bananensteckerbuchsen:

Sie sind bezeichnet mit: K (Kathode), Z, Z (Heizung), S1 (Steuergritter), S2 (Hilfgritter), A (Anode) und + (+ -Eingang des Messgerätes).

Über die Bananensteckerbuchsen kann man mit einem externen Messgerät die Spannungen an den Elektroden der Prüfröhre messen.

Sie dienen auch dafür, Elektroden, die seitlich oder oben am Röhren-Glaskörper herausgeführt werden, anschließen zu können. Entsprechende Symbole finden sich auf der jeweiligen Prüfkarte.

dc zwischen K (-) und S1 (+): negative Vorspannung am Steuergitter

ac zwischen K (-) und S2 (+): positive Spannung am Hilfsgitter

ac zwischen K (-) und A (+): Anodenspannung

ac zwischen Z und Z: Heizspannung an der Röhre.

Die „+“-Buchse geht direkt an den Pluseingang des Messgerätes und die Verwendung dieses Anschlusses ist bislang unklar. Im Schaltplan steht unter der Buchse: „Pomiar Pradu Anodowego“ = Messung des Anodenstromes. Es bleibt unklar, wie man das Instrument hierfür nutzen kann.

11. Zusammenfassung Ablauf Röhrenprüfung:

- **Röhre einstecken:** Eine Röhre in Sockel stecken. In welchen Sockel die Röhre eingesteckt werden muss ist auf der Prüfkarte unten rechts angegeben.
- **Verbindungsstifte setzen:** Alle erforderlichen Stifte in die Öffnungen der Prüfkarte einstecken
- **Kurzschluss Elektroden:** Drehschalter "Rodzaj Pomiaru" von „WYL“ (AUS) auf "IZOL" drehen. Der Röhrenprüfer und die Röhrenheizung werden dadurch eingeschaltet und das Betriebslämpchen leuchtet.
Mit dem Drehschalter links ("Badanie Izolacji") langsam der Reihe nach prüfen, ob kein Kurzschluss vorhanden ist. Wenn alles OK ist, dann bleibt der Zeiger auf Null, ansonsten zeigt er auf den roten Bereich unterhalb von Null. Wichtig ist, dass die Röhrenheizung ausreichend lang eingeschaltet ist, weil einige Kurzschluss-Defekte nur dann auftreten, wenn die Heizung warm ist.
- **Vakuum-Prüfung:** Rechten Drehschalter "Rodzaj Pomiaru" auf "PROZ" (Vakuum-Prüfung) und "IA" hin- und herdrehen. Prüfen, ob der Anzeigeunterschied nicht größer als 10 % ist. Ist dies der Fall, dann ist das Vakuum ok, ansonsten nicht.
- **Anodenstrom-Prüfung:** Rechten Drehschalter "Rodzaj Pomiaru" auf "IA" (Anodenstrom) drehen. Der Zeiger des Messgerätes muss ca. auf die Mitte des schwarzen Feldes der Prüfkarte zeigen, wenn die Röhre 100% Emission hat.
- **Steilheits-Prüfung:** Wenn man abwechselnd auf "IA" und "S" schaltet, sieht man den Unterschied des Stromes wenn die Spannung am S1 (Steuergitter) um genau 1V verändert wird. Die beiden Stromwerte kann man dann vergleichen mit dem auf der Prüfkarte angegebenen S-Wert. Wird also auf der Prüfkarte S = 5 mA/V angegeben, dann sollte sich der Anodenstrom beim Umschalten auf "S" um ca. 5 mA ändern!

12. Unbekannte Röhre:

Sie können auch selber eine Prüfkarte für eine unbekannte Röhre anfertigen. Hierzu erhalten Sie Blanko-Prüfkarten und eine Karte, auf der die verschiedenen Spannungen und deren Position für die Kontaktstifte angegeben sind. Sie können dann mit den Stiften an der richtigen Stelle durch die Blanko-Karte stoßen.

13. Röhren mit Elektrodenanschlüssen an der Seite oder oben:

Hat eine Röhre einen Elektrodenanschluss oben auf dem Glas oder seitlich am Sockel, dann kontaktieren Sie diese mit einer Krokodilklemme. Das andere Ende des Verbindungskabels stecken Sie dann in die zugehörige Bananensteckerbuchse unterhalb der Röhrensockel.

14. Ausschalten des Gerätes:

Drehschalter "Rodzaj Pomiaru" auf "WYL" (AUS) drehen. Die Netzspannung wird abgeschaltet und in Folge erlischt die Betriebslampe.

15. Kurzablauf Röhrenprüfung:

- Karte auflegen und Stifte rein.
- Röhre rein.
- Schalter rechts auf "IZOL".
- Linken Schalter auf alle Stellungen von Anfang bis Ende drehen.
- Wenn alles OK, dann rechten Schalter auf "IA" stellen.
- Zeiger muss auf den schwarzen Bereich der Prüfkarte zeigen.
- Wenn OK, dann rechten Schalter von "IA" auf "PROZ" und dann auf „S“ stellen.
- Wenn keine großen Unterschiede beim Strom angezeigt werden, ist die Röhre OK!
- Fertig.

16. Polnische Texte auf den Prüfkarten:

Unten links auf Karte:

„Zwarcie na poz ZK dopuszczaine“ = Kurzschluss bei „ZK“ zulässig!

Es gibt Röhren mit direkter Heizung und indirekter Heizung.

Röhren mit direkter Heizung haben keine separate Kathode, sondern hier ist der Heizfaden gleichzeitig die Kathode.

Ein angezeigter Kurzschluss bei Stellung „ZK“ ist bei direkter Heizung somit ohne Bedeutung und kann ignoriert werden.

Bei Röhren mit indirekter Heizung sind Heizung und Glühfaden nicht miteinander verbunden.

Bei indirekter Heizung darf somit niemals ein Kurzschluss in Stellung „ZK“ angezeigt werden.

Unten rechts auf der Karte:

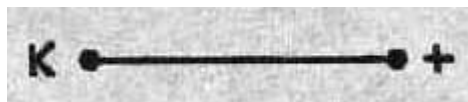
„Podstawka Nr.xx“ = Röhrensockel - Nummer xx

Mitte rechts auf Karte:

„Kolti wktadac kolejno“ = Stift abwechselnd einstecken

Wenn eine Röhre zwei Systeme hat (z.B. Doppeldiode), dann wird jede Diodenstrecke separat geprüft indem man zunächst den Steckstift in das Loch „D1“ (Diode 1) steckt und den Strom misst und anschließend den Steckstift in das Loch „D2“ (Diode 2) steckt und auch hier den Strom misst.

Oben Mitte auf Karte:



Hier ist mit einem Bananensteckerkabel die Buchse „K“ mit der Buchse „+“ zu verbinden.

Erläuterung:

Mit den 7 Buchsen K, Z, Z, S1, S2, A und + kann man mit einem externen Messgerät die einzelnen Spannungen nachmessen!

Die Buchse „+“ ist mit dem Plus-Pol des Messgerätes verbunden und sie wird bei Hoch-frequenzdioden verwendet und wird dann mit der Buchse „K“ über ein Kabel verbunden.

Mittig auf Karte:

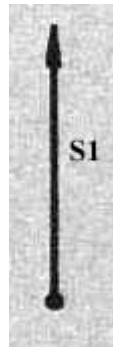


Wenn die Röhre, wie die DY80-Diode oben einen Anschluss für die Anode hat, dann muss dieser über ein Kabel mit der Buchse „A“ verbunden werden. Für die Anode gibt es natürlich dann keinen Anoden-Anschluss am Röhrensockel.

Achtung:

Bei Röhren mit mehreren Systemen (z.B. die Röhre CBC1 mit zwei Dioden und einer Triode) können zwei Karten existieren. Mit der ersten Karte (Nr. 30) werden die beiden Dioden geprüft und mit der zweiten die Triode (Nr. 31). Die Steckstifte unterscheiden sich dann bei beiden Karten und auch die Texte und Symbole. Z.B. muss das oben befindliche Steuergitter der Triode über ein Kabel mit S1 verbunden werden.

Dieser Hinweis



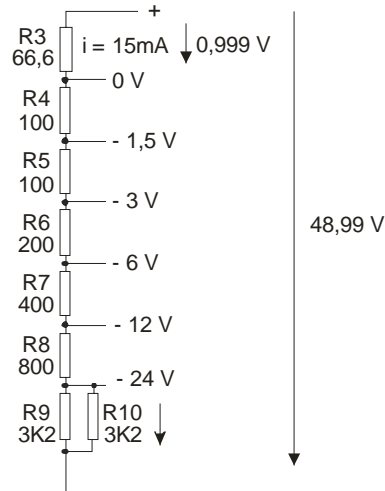
befindet sich daher nur auf Karte 31.

17. Schaltungsdetails:

Spannungsteiler für negative Gittervorspannung g1 (hinter Germaniumgleichrichter – Dioden):

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 ungesiebte Spannung der Zweiweggleichrichtung gilt:

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

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

Umrechnung Mittelwert in Effektivwert:

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

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_{eff} ab.

Einstellvorschrift für R1 und R2:

Die Spannung hinter den Gleichrichtern muss mit den beiden Trimmern genau auf 48,999 V_{eff} (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					

Rges- IST = 3272,465

Iges - IST = 14,97 mA

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

Uso = 48,99 V. Abweichung gemessen also -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 **0,785mA**.

Dies entspricht einem gesamten Last-Widerstand von 62419,11 Ohm.

Überprüfung des Einstellbereiches 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.

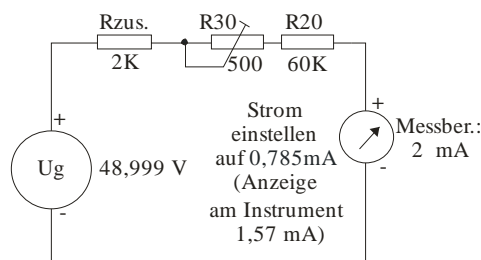
- Den vorderen Drehschalter in Stellung 0 (Mittelstellung) bringen.
- Spannung am Spannungsteiler (neg. Gittervorspannung) mit Trimmern R1 und R2 genau auf 48,999 V (49V) einstellen (siehe Seite 10).
- Anschließend mit Trimmer R30 den Zeiger des Messgerätes genau auf die Markierung am Messgerät einstellen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

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

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

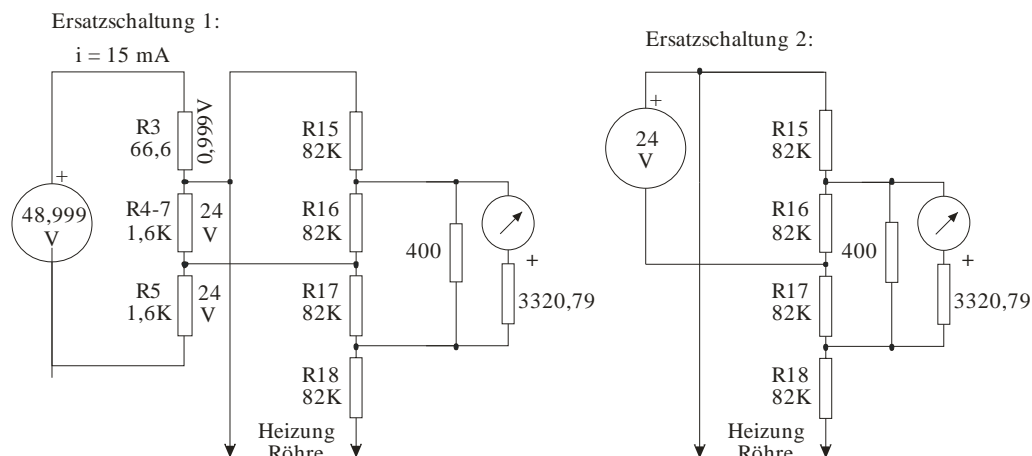
Das Ersatzschaltbild für links „ZK“ und rechts „CECH“ sieht dann wie folgt aus:

Ersatzschaltung CECH:



Drehschalter links „WZ“ und rechts „IZOL“:

Ersatzschaltbild: Prüfung des Heizfadens



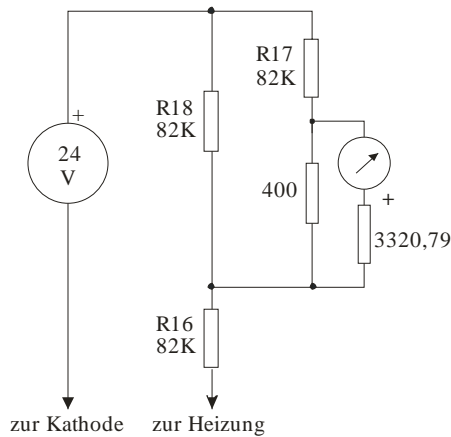
Funktion:

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.

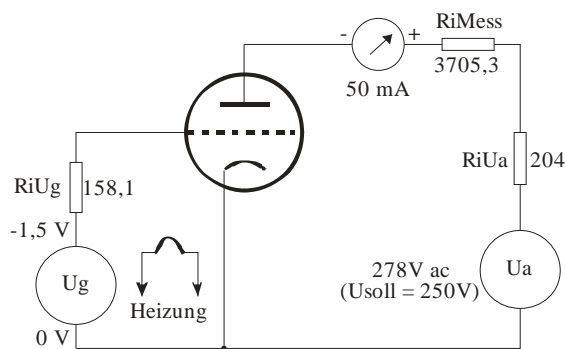
Wenn ein Kurzschluss vorhanden ist, dann fließt ein geringer negativer Strom (ca. -0,02mA) durch das Messgerät und der Zeiger zeigt auf den roten Bereich unterhalb von Null.

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.

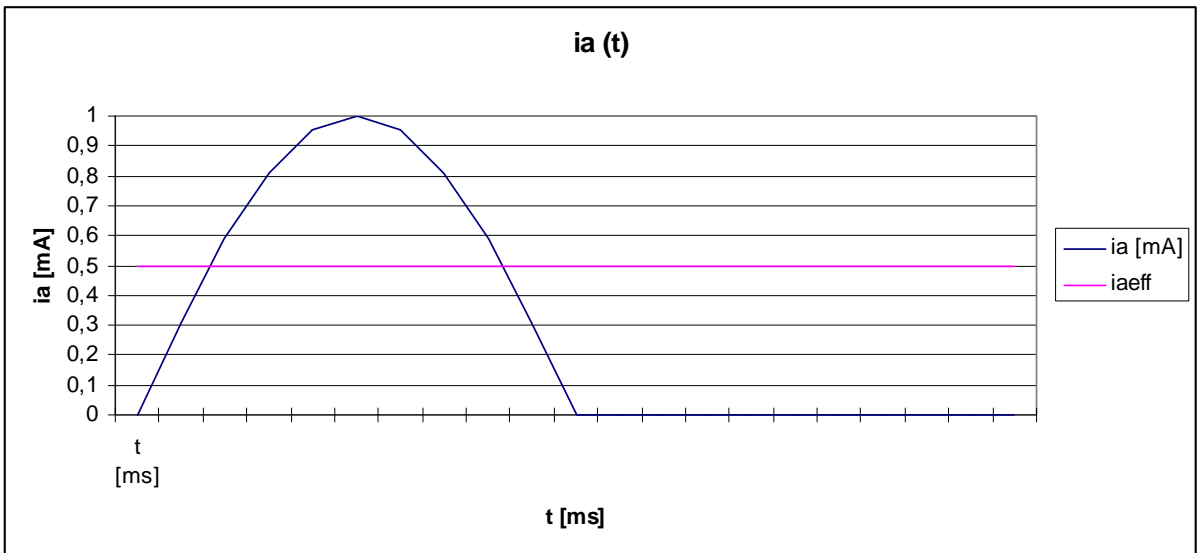
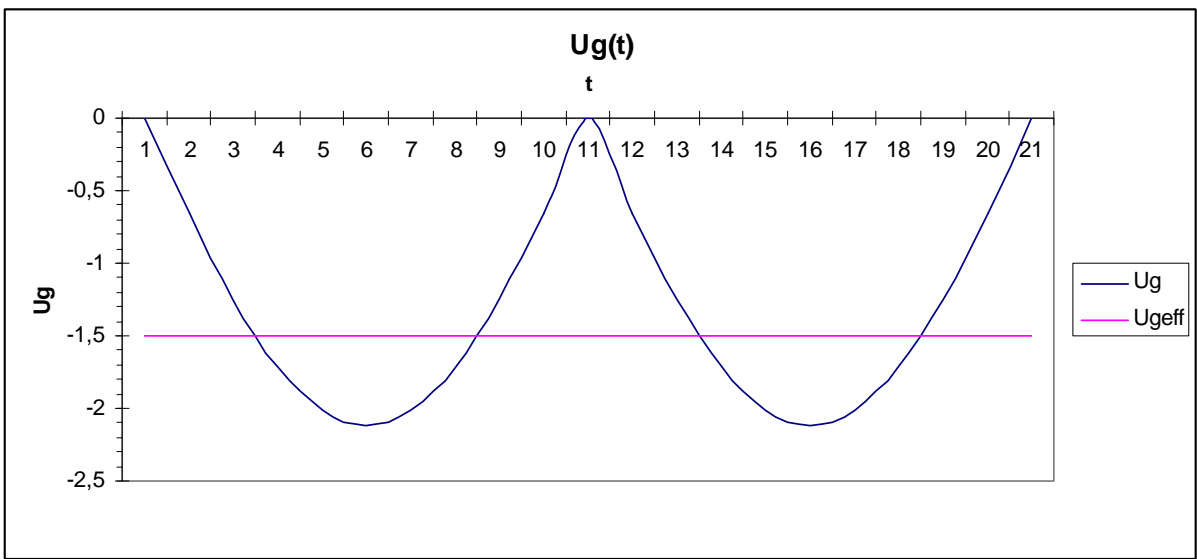
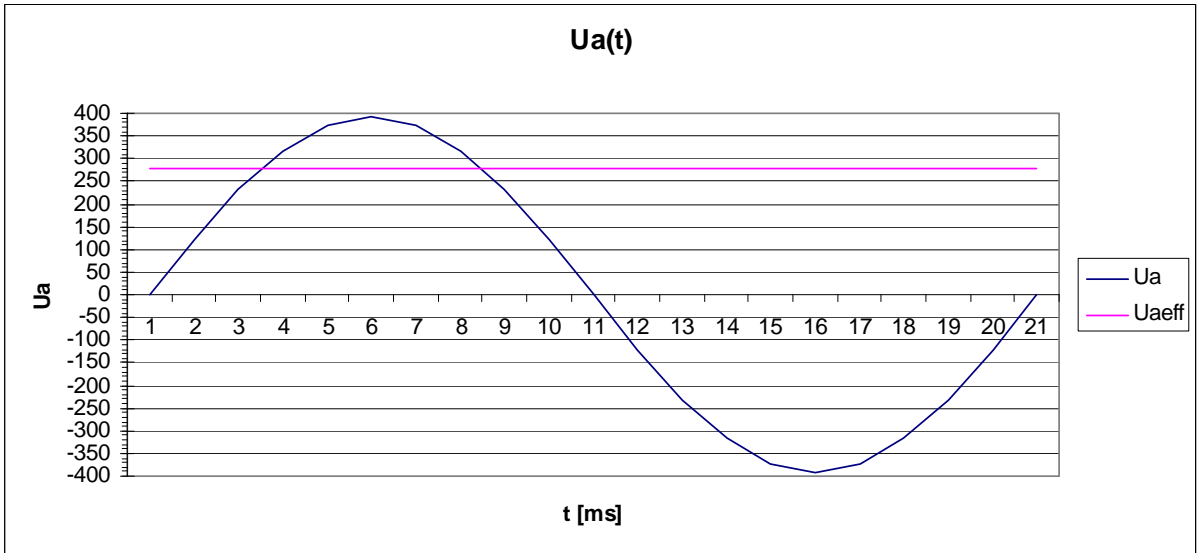
Effektivwert: $i_{eff} = i_{max} / 2 = i_{max} * 0,5$

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

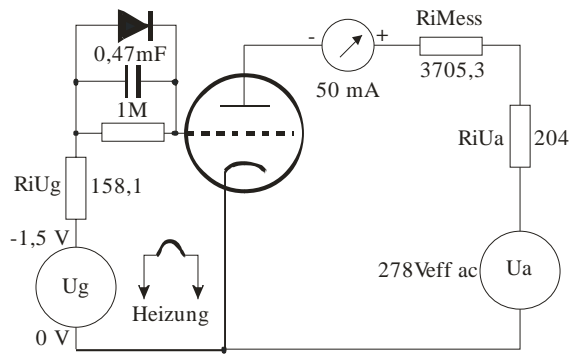
Umrechnung Mittelwert in Effektivwert:

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

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



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



Die Schaltung entspricht derjenigen von „IA“.

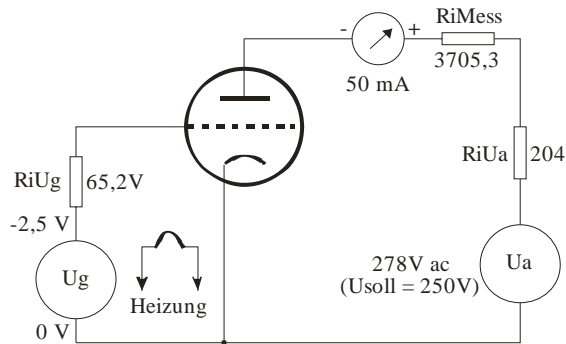
In der Gitterzuleitung wird jedoch zusätzlich ein hochohmiger Widerstand geschaltet. Bei einer Röhre mit schlechtem Vakuum fließt durch den Widerstand ein relativ hoher Strom, der die negative Gittervorspannung erhöht. In der Folge ändert sich der Anodenstrom (mehr als um 10%).

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.

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

Ersatzschaltung mit 1/2 ECC83:

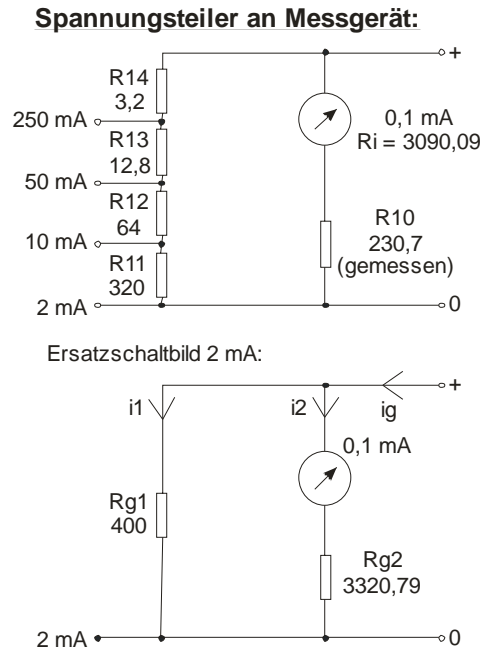


Die Schaltung entspricht derjenigen von „IA“.

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

Aus den beiden abgelesenen Stromwerten ia_1 (-1,5V) und ia_2 (-2,5V) errechnet sich direkt die Steilheit mit $s = (ia_1 - ia_2)$ 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:

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

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

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

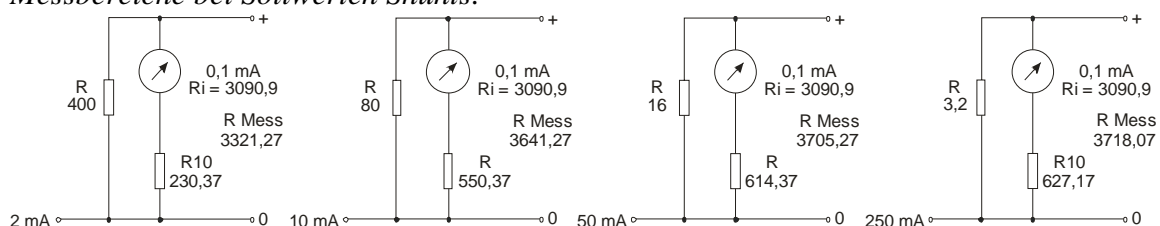
2 mA:	$R_{11} = 319,74$ (gemessen), 320 gem. Schaltplan
10 mA:	$R_{12} = 64,065$ (gemessen), 64 gem. Schaltplan! (= 320/5)
50 mA:	$R_{13} = 12,571$ (gemessen), 12,8 gem. Schaltplan (= 64/5)
250 mA:	$R_{14} = 3,220$ (gemessen), 3,2 gem. Schaltplan (= 12,8/4)
Summe aller Shunts = 399,596 Ohm (gemessen); 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 (500mF) 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	0,997523
10 mA	80	3410,09	0,0001	0,341009	0,004262613	4,362613
10 mA	80	3910,09	0,0001	0,391009	0,004887613	4,987613
50 mA	16	3474,09	0,0001	0,347409	0,021713063	21,813063
50 mA	16	3974,09	0,0001	0,397409	0,024838063	24,938063
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	124,690313

Das Ergebnis (siehe fettgedruckte Ströme) lässt ableiten, dass R10 so eingestellt wird, dass der Gesamtstrom die Hälfte des Sollstromes ist (Beispiel: bei 2mA 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:

$$220,8 V_{eff}$$

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%
	Mittelw.:	-8,10%	-5,40%	-2,74%	0,42%	3,03%	6,21%	9,42%	12,85%	16,56%

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 Ua. Da jedoch bei den Heizspannungen die Stellung „0“ die optimale ist, muss die Überlegung über die Schalterstellung bei Ua 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%	-	-2,79%	0,06%	3,14%	6,23%	9,61%	13,25%
Abw. SOLL [%]	-	-8,10%	-	-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 $U_a = „250V“$, $U_{g1} = -1,5V$, $U_f = 12 V$

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.

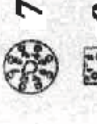
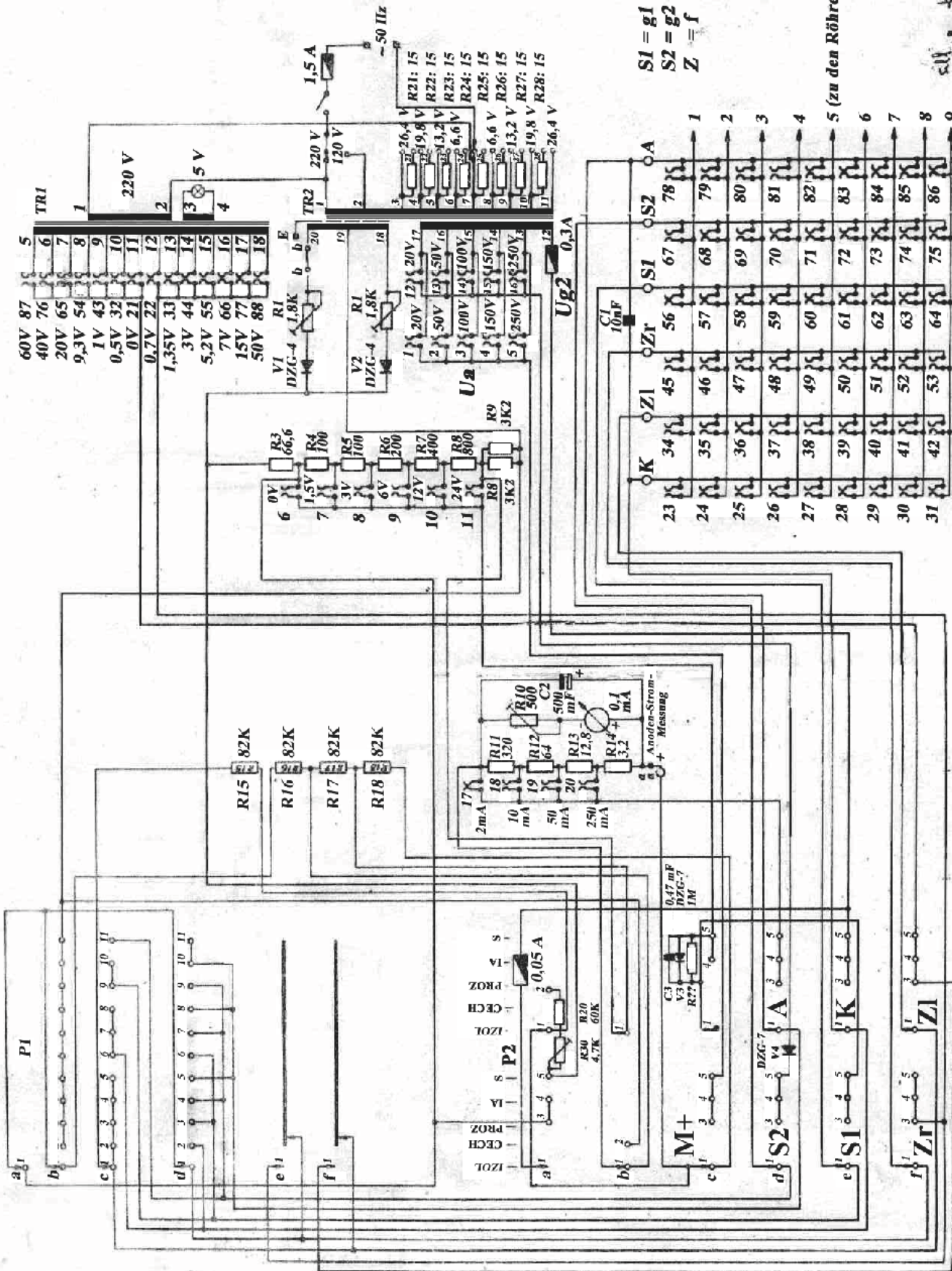
18. Schaltbild und Stückliste:

Im Internet wurde ein Schaltbild gefunden, welches geringfügige Abweichungen von der vorgefundenen Schaltung aufwies (Beispiel: Messgerät mit 50 mA Vollausschlag statt 100 mA). 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, S1A, S2A



S1 = g1
S2 = g2
Z = f

5 (zu den Röhrensockeln)

Segment 1 Segment 2

8. SPIS ELEMENTÓW

Symbol	Wyszczególnienie	Wartość	Napięcie pracy 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	" "	800Ω		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	" "	80 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 mikrowy K30-S	10.000	250	10		
C2	" elektrolit.	100 μF	12/25			
VI	Dioda germanowa DZG-7					
V2	" " DZG-7					

19. Austausch von defekten Teilen:

Folgende Teile wurden wegen Defekten oder sonstigen Gründen erneuert:

1. Elko über Messgerät (C2):

Gemäß Schaltplan: Elko 300 mF

Gemäß Stückliste: Elko 100 mF; 12 / 25 V

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

Eingesetzt: Elko 470 mF; 63 V (1990)

2. Kondensator über Gitterwiderstand:
Gemäß Schaltplan: MPM 0,47 mF
Gemäß Stückliste: nicht vorhanden!
Gemäß Schaltplan: 0,47 mF
Im Gerät vorgefunden: MPM; 0,47 mF (+ /- 20%); 63V.
Eingesetzt: MKM 0,47 mF; 250 V
3. Netzschalter am rechten Drehschalter:
Mechanischer Defekt und deshalb gegen nahezu baugleichen Schalter ausgetauscht!
4. 2-poliger Gerätestecker gegen einen 3-poligen ausgetauscht:
Dies wurde notwendig, weil keine passende Kupplung vorhanden war. Vorteilhafterweise wird mit dem neuen Gerätestecker das Metallgehäuse des P512 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, 2K , 1,5W. Die Dioden wurden bei dieser Gelegenheit gegen robustere Siliziumdioden (1N2007) getauscht, weil die Spannung (48,999V) sowieso neu eingestellt werden muss.
7. Mit Trimmer R30 = 4,7K und dem Festwiderstand R20 = 60K, 1%, wird der Netzspannungswert (Markierung auf Skala) eingestellt. Der Trimmer wurde gegen einen Spindeltrimmer mit 5K, 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 2K 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!