

# ROHDE & SCHWARZ



C - MESSGERÄT KRT

Zusammengestellt  
nach R 27257

Printed in West Germany

1.

2.

## Beschreibung

# C-MESSGERÄT

1pF... 100 µF

KRT

BN 5100

3.

Zur Beschreibung  
des in der Tabelle  
R 27256 angegebenen  
Gerätes, siehe Tabelle  
R 27256, Teil 1, S. 10.

Die Beschreibung des in der  
Tabelle angegebenen  
Gerätes ist in der Tabelle  
R 27256, Teil 1, S. 10.

Die Beschreibung des in der  
Tabelle angegebenen  
Gerätes ist in der Tabelle  
R 27256, Teil 1, S. 10.

Die Beschreibung des in der  
Tabelle angegebenen  
Gerätes ist in der Tabelle  
R 27256, Teil 1, S. 10.

Die Beschreibung des in der  
Tabelle angegebenen  
Gerätes ist in der Tabelle  
R 27256, Teil 1, S. 10.

## Inhaltsverzeichnis

|              |                                                                                                          |    |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <u>1.</u>    | <u>Eigenschaften</u> . . . . .                                                                           | 4  |
| 1.1.         | Anwendung . . . . .                                                                                      | 4  |
| 1.2.         | Technische Daten . . . . .                                                                               | 6  |
| 1.3.         | Zubehör . . . . .                                                                                        | 6  |
| 1.4.         | Arbeitsweise . . . . .                                                                                   | 7  |
| 1.5.         | Empfohlenes Zubehör . . . . .                                                                            | 8  |
| <u>2.</u>    | <u>Betriebsvorbereitung und Bedienung</u> . . . . .                                                      | 9  |
| 2.1.         | Betriebsvorbereitung . . . . .                                                                           | 9  |
| 2.1.1.       | Einstellen des Gerätes auf die gegebene Netzspannung . . . . .                                           | 10 |
| 2.1.2.       | Aufstellen des Gerätes . . . . .                                                                         | 10 |
| 2.1.3.       | Einstellen des mechanischen Instrument-Nullpunktes . . . . .                                             | 10 |
| 2.1.4.       | Einschalten . . . . .                                                                                    | 11 |
| 2.2.         | Bedienung . . . . .                                                                                      | 11 |
| 2.2.1.       | Nullstellung der C-Skala . . . . .                                                                       | 11 |
| 2.2.2.       | Anschließen eines Kondensators . . . . .                                                                 | 11 |
| 2.2.3.       | Messung von Kondensatoren mit C-Werten von 1 pF...100 $\mu$ F . . . . .                                  | 13 |
| 2.2.4.       | Meßgenauigkeit und Fehlerquellen bei der Kapazitätsmessung . . . . .                                     | 13 |
| 2.2.5.       | Messung von Kondensatoren mit Polarisationsspannung und Ermittlung des C-Wertes von Kapazitätsdioden . . | 14 |
| <u>3.</u>    | <u>Wartung und Reparatur</u> . . . . .                                                                   | 16 |
| 3.1.         | Wartung . . . . .                                                                                        | 16 |
| 3.1.1.       | Lagerung . . . . .                                                                                       | 16 |
| 3.1.2.       | Prüfung der Geräteeigenschaften . . . . .                                                                | 16 |
| 3.1.2.1.     | Prüfung der C-Eichung . . . . .                                                                          | 16 |
| 3.1.2.2.     | Überprüfung der Empfindlichkeit des Gerätes . . . . .                                                    | 17 |
| 3.1.2.2.1.   | Kontrolle der Oszillatorspannung . . . . .                                                               | 17 |
| 3.1.2.2.2.   | Kontrolle des Anzeigeverstärkers . . . . .                                                               | 17 |
| 3.1.2.2.2.1. | Überprüfung des Verstärkers . . . . .                                                                    | 17 |
| 3.1.2.2.2.2. | Kontrolle des Beginns der logarithmischen Anzeige . .                                                    | 17 |

|              |                                                                        |    |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.2.2.2.3. | Kontrolle des Frequenzganges . . . . .                                 | 18 |
| 3.1.2.2.2.4. | Kontrolle des Eingangswiderstandes . . . . .                           | 18 |
| 3.1.2.3.     | Kontrolle der Polarisationsspannung . . . . .                          | 18 |
| 3.1.3.       | Elektrische Wartung . . . . .                                          | 18 |
| 3.1.3.1.     | Frequenzabgleich des Oszillators . . . . .                             | 19 |
| 3.1.3.1.1.   | Abgleich des L-Wertes der Oszillatorspulen . . . . .                   | 19 |
| 3.1.3.1.2.   | Abgleich der Trimmer C8...C15 . . . . .                                | 20 |
| 3.1.3.1.3.   | Abgleich des Oszillatordrehkondensators . . . . .                      | 20 |
| 3.1.3.2.     | Abgleich des Meßkreises . . . . .                                      | 21 |
| 3.1.3.3.     | Abgleich der Oszillatorspannungsamplitude . . . . .                    | 22 |
| 3.1.3.4.     | Abgleich des Anzeigeverstärkers . . . . .                              | 23 |
| 3.1.3.4.1.   | Abgleich der Gesamtverstärkung . . . . .                               | 23 |
| 3.1.3.4.2.   | Auswechseln der Dioden und Transistoren des Ver-<br>stärkers . . . . . | 23 |
| 3.1.3.4.3.   | Abgleich des Beginns der logarithmischen Anzeige . . .                 | 24 |
| 3.2.         | Schaltungsbeschreibung . . . . .                                       | 24 |
| 3.2.1.       | Oszillator . . . . .                                                   | 24 |
| 3.2.2.       | Auskopplung und Teilung der Oszillatorspannung . . . .                 | 26 |
| 3.2.3.       | Meßkreis . . . . .                                                     | 27 |
| 3.2.4.       | Polarisationsspannung . . . . .                                        | 27 |
| 3.2.5.       | Anzeigeverstärker . . . . .                                            | 27 |
| 3.2.6.       | Netzteil . . . . .                                                     | 28 |
| 3.3.         | Mechanischer Aufbau . . . . .                                          | 28 |
| 3.4.         | Reparatur . . . . .                                                    | 29 |
| 3.4.1.       | Reparatur des Netzteils . . . . .                                      | 29 |
| 3.4.2.       | Reparatur am Oszillator . . . . .                                      | 30 |
| 3.4.2.1.     | Reparatur der elektrischen Bauteile . . . . .                          | 30 |
| 3.4.2.2.     | Reparatur der mechanischen Bauteile . . . . .                          | 31 |
| 3.4.3.       | Reparatur des Teilers . . . . .                                        | 32 |
| 3.4.4.       | Reparatur des Meßkreises . . . . .                                     | 32 |
| 3.4.5.       | Reparatur des Anzeigeverstärkers . . . . .                             | 33 |
| Bild 1       | Blockschaltbild . . . . .                                              | 34 |
| Bild 2       | Bedienungsorgane an der Frontplatte . . . . .                          | 35 |
|              | Schaltteilliste                                                        |    |
|              | Stromlauf                                                              |    |

## 1. Eigenschaften

### 1.1. Anwendung

Das C-Meßgerät KRT, BN 5100, dient zur direkten Messung der Kapazität von Kondensatoren von 1 pF bis 100  $\mu$ F. Die Meßfrequenz sinkt mit steigendem C-Wert von 550 kHz auf 2,2 kHz. Der Meßfehler des KRT beträgt für Kondensatoren mit Verlustfaktoren unter  $2 \cdot 10^{-2}$  max.  $\pm 1 \% \pm 0,5$  pF. Für Prüflinge mit größeren Verlusten und in den Randbereichen ist die Toleranzangabe erweitert (Abschnitt 1.2. „Technische Daten“).

Styroflex-, Keramik, Papier-, Polyester- und Polykarbonatkondensatoren lassen sich zum Beispiel in den normalerweise vorkommenden Wertebereichen mit  $\pm 1 \%$  auf einfachste Weise messen. Die Kapazität von Al-Elektrolytkondensatoren ist wegen der hohen Verluste nur bedingt meßbar. Für Tantalelektrolytkondensatoren mit  $\tan \delta < 0,1$  liefert das KRT jedoch brauchbare Ergebnisse.

Die Spannung am Meßobjekt steigt bei Resonanz nur auf max. 25 mV, so daß auch die Kapazitätswerte spannungsempfindlicher Kondensatoren, wie z.B. HDK-Typen und Halbleiterkondensatoren, ohne zusätzlichen Meßfehler ermittelt werden können. Eine stetig einstellbare Polarisationsspannung erlaubt es, die Spannungsabhängigkeit der Kapazität  $C = f(U)$  von Kapazitätsdioden zu bestimmen. Durch den empfindlichen Anzeigeverstärker sind weiterhin sehr genaue C-Vergleichsmessungen mit  $\pm 0,1 \%$  Sicherheit möglich.

Die niedrige Meßspannung, der auf 100  $\mu$ F erweiterte Meßbereich, sowie die eingebaute Polarisationsspannungsquelle sind die Hauptvorteile im Vergleich zu Konkurrenzfabrikaten und dem früheren C-Meßgerät KARU, BN 510. Gegenüber direkt anzeigenden Geräten mit einem auf den Skalendwert bezogenen Meßfehler von  $\pm 1 \%$  bietet das KRT eine höhere Genauigkeit. Während bei den direktzeigenden Geräten die Auflösung zum Bereichanfang hin immer schlechter wird, gilt beim KRT die Angabe  $\pm 1 \%$  für jeden Meßwert.

Vorteilhaft gegenüber der C-Messung mit einer Meßbrücke ist ferner der einfache Meßaufbau und die kürzere Dauer des Meßvorganges. Die KRT-Meßfrequenzen sind außerdem so gewählt, daß sich normalerweise kein zusätzlicher Fehler durch die Anschlußinduktivität ergibt, was bei der Messung von großen Kapazitäten bei zu hohen Meßfrequenzen vorkommen kann.

Die Handhabung des KRT ist sehr einfach und übersichtlich. Eine Fehlbetriedung oder falsches Ablesen des C-Wertes wird auch angelernten Kräften kaum unterlaufen, weil die Ableseskala zugleich mit dem Bereich umgeschaltet wird und nur die gültige Skala im Frontplatten-ausschnitt erscheint.

Der Anschluß des Meßobjektes erfolgt an 2 Schraub-Rändelklemmen mit einer 4-mm-Bohrung für Bananenstecker und einer Querbohrung für Drähte bis 2 mm  $\varnothing$ . Für Serienmessungen empfiehlt sich auf jeden Fall die Anschaffung zweier Schnellmeßklemmen (siehe empfohlenes Zubehör). Die Anschlüsse des Prüflings brauchen dann nicht mehr um die Rändelklemme gelegt und festgeschraubt, sondern nur zwischen die Kontaktfedern der Schnellmeßklemme geschoben zu werden. Diese Art der Kontaktierung beschleunigt den Meßvorgang wesentlich.

Das KRT enthält keine stoß- oder vibrationsempfindlichen Teile. Auch die Verdrahtung ist so ausgeführt, daß es sich für rauhen Werkstattbetrieb oder beweglichen Einsatz in einem Meßwagen eignet. Alle die Genauigkeit bestimmenden Bauelemente sind mit besonderer Sorgfalt ausgewählt und so dimensioniert, daß ein Nachabgleich auch nach Jahren noch nicht erforderlich wird. So wird beispielsweise die Frequenzkonstanz des Oszillators durch sorgfältig geklebte Schalenkernspulen mit großem Luftspalt und durch einen mechanisch spannungsfrei montierten Drehkondensator gewährleistet.

Bei der Konstruktion des KRT wurde weiterhin auf leichte Zugänglichkeit aller Baugruppen und einfache Montage großer Wert gelegt. Diese Tatsache vereinfacht Wartung und Reparatur ganz wesentlich. Sollte eine Reparatur erforderlich werden, obwohl Verschleißteile, wie Potentiometer, Schalter und Skalentrieb von bester Qualität sind, so kann diese ohne weiteres von einem Fachmann mit geringem Aufwand an Hilfsmitteln ausgeführt werden.

## 1.2. Technische Daten

Meßbereich der Kapazität  
unterteilt in 7 Bereiche . . . . .

|               |               |
|---------------|---------------|
| 0...100 pF    | 285...175 kHz |
| 100...1000 pF | 550...215 kHz |
| 1...10 nF     | 70...22 kHz   |
| 10...100 nF   |               |
| 0,1...1 µF    | 7...2,2 kHz   |
| 1...10 µF     |               |
| 10...100 µF   |               |

Fehlergrenzen

|                                                             |               |                         |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------|
| bei $\tan \delta \leq 2 \cdot 10^{-2}$ im Bereich . . . . . | 0 pF...10 µF  | $\pm 1 \%$ $\pm 0,5$ pF |
|                                                             | 10...100 µF   | $\pm 2 \%$              |
| bei $\tan \delta \leq 5 \cdot 10^{-2}$ im Bereich . . . . . | 0 pF...100 µF | $\pm 3 \%$ $\pm 0,5$ pF |
| bei $\tan \delta \leq 1 \cdot 10^{-1}$ im Bereich . . . . . | 0,1...100 µF  | $\pm 5 \%$              |

Meßspannung je nach Gütefaktor des  
Meßkreises . . . . .

2...25 mV

Polarisationsspannung . . . . .

0...32 V, stetig einstellbar,  
Minuspol an Masse

Innenwiderstand der Spannungsquelle  
(abhängig von der Spannungseinstel-  
lung) . . . . .

170  $\Omega$   $\pm 50 \%$

Zul. Strombelastung . . . . .

max. 5 mA

Meßanschlüsse . . . . .

2 Rändelklemmen (eine an Masse)

Zul. Umgebungstemperatur . . . . .

+10...+35 °C

Netzanschluß . . . . .

115/125/220/235 V, +10...-15 %;  
47...63 Hz; 8 VA

Abmessungen (B x H x T)  
(einschl. Deckel) . . . . .

269 x 238 x 277 mm

Gewicht

(einschl. Deckel) . . . . .

ca. 7,3 kg

## 1.3. Zubehör

1 Netzanschlußkabel LKA 08025

2 Ersatzschmelzeinsätze  
T 0,16 B DIN 41571

(befinden sich im Ersatzsicherungs-  
halter, der auf den Spannungs-  
wähler aufgeschraubt ist)

2 Ersatzschmelzeinsätze  
T 0,08 B DIN 41571

2 Ersatzglühlämpchen RLT 32400

(lose beige packt)

1 Lampenzieher

(lose beige packt)

2 Gerätebeschreibungen

#### 1.4. Arbeitsweise

Das C-Meßgerät KRT arbeitet nach dem Resonanzprinzip (siehe Blockschaltbild). Die zu messende Kapazität  $C_x$  bildet mit einer der drei eingebauten Meßkreisspulen einen Reihenschwingkreis. Die Wahl der richtigen Spule erfolgt automatisch bei der Bereichumschaltung. Die Resonanzfrequenz des Meßkreises hängt bei bekanntem L-Wert nur von der zugeschalteten Kapazität  $C_x$  ab. Dieser Meßkreis wird über einen niederohmigen Teiler von einem Generator mit durchstimmbarer Frequenz erregt. Beim Meßvorgang verändert man die Oszillatorfrequenz, bis das eingebaute Meßinstrument das bei Resonanz auftretende Spannungsmaximum anzeigt. Dann ist die Meßkreisresonanzfrequenz  $f_{res}$  gleich der Generatorfrequenz  $f_g$ . Zwischen der Resonanzfrequenz  $f_{res}$ , der Induktivität der Meßkreisspule  $L_M$  und der Kapazität des Prüflings  $C_x$  gilt folgende Beziehung:

$$f_{res} = f_g = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_x \cdot L_M}}$$

Diese Gleichung nach der einzigen Unbekannten  $C_x$  aufgelöst ergibt

$$C_x = \frac{1}{(2\pi f)^2 \cdot L_M}$$

Um  $C_x$  direkt ablesen zu können, sind die Skalen des die Frequenz bestimmenden Senderdrehkondensators in Kapazitätswerten geeicht. Der Anzeigeverstärker dient dazu, die niedrige Spannung am Prüfling zu verstärken. Von seiner Empfindlichkeit und dem Auflösungsvermögen des Anzeigeeinstrumentes hängt bei Prüflingen mit großen Verlusten die Genauigkeit der Messung entscheidend ab. Aus diesem Grunde arbeitet der Anzeigeverstärker mit unterdrücktem Nullpunkt. Es wird also nicht die gesamte Resonanzkurve, sondern nur ihre Kuppe angezeigt. Die Stärke der Nullpunktunterdrückung läßt sich mit dem Knopf 2 (Bild 2) auf den gewünschten Wert einstellen. Um bei Meßobjekten mit niedrigen Verlusten nicht mehrmals die Empfindlichkeit herabsetzen zu müssen, arbeitet die Anzeige in der rechten Hälfte der Instrumentenskala logarithmisch.

### 1.5. Empfohlenes Zubehör

#### a) 1 Kastendeckel KBJ 80559

Wird das Gerät des öfteren transportiert und ist es nicht für den stationären Betrieb an einem festen Meßplatz vorgesehen, so sollte zum Schutz der Frontplatte ein Kastendeckel mitbestellt werden.

#### b) 2 Klemmen BN 5501-62

Die Schnellmeßklemmen werden direkt an den Meßbuchsen befestigt; sie vereinfachen wesentlich die Kontaktierung der Meßobjekte.

Die Anschlußdrähte eines Kondensators brauchen dann nicht mit den Rändelklemmen festgeschraubt zu werden. Wenn mit dem KRT öfters Serienmessungen ausgeführt werden sollen, empfiehlt sich diese Anschaffung auf jeden Fall.

## 2. Betriebsvorbereitung und Bedienung

### 2.1. Betriebsvorbereitung

#### Legende zum Bedienungsbild

- 
- |           |                                                                                                            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>1</u>  | Schraube zur Befestigung des Meßgerätes im Kasten.                                                         |
| <u>2</u>  | C-Skala, umschaltbar mit Bereichschalter <u>10</u>                                                         |
| <u>3</u>  | Zeiger zur C-Ablesung. Wird mit dem Knopf <u>5</u> bedient.                                                |
| <u>4</u>  | wie <u>1</u>                                                                                               |
| <u>5</u>  | Knopf zum Durchstimmen der Oszillatorfrequenz innerhalb eines Meßbereiches.                                |
| <u>6</u>  | Kontrolllampe zur Anzeige des Einschaltzustandes                                                           |
| <u>7</u>  | wie <u>1</u>                                                                                               |
| <u>8</u>  | Netzschalter                                                                                               |
| <u>9</u>  | Drehknopf zum Einstellen der Nullpunktunterdrückung                                                        |
| <u>10</u> | Bereichschalter zur Wahl des C-Bereiches                                                                   |
| <u>11</u> | Drehknopf zum Einstellen der Polarisationsspannung für das Meßobjekt.                                      |
| <u>12</u> | } Meßklemmen                                                                                               |
| <u>13</u> |                                                                                                            |
| <u>14</u> | wie <u>1</u>                                                                                               |
| <u>15</u> | Schlitzschraube zur Korrektur des Kapazitätswertes 0 pF.                                                   |
| <u>16</u> | Mechanische Nullpunktkorrektur des Anzeigeinstrumentes.                                                    |
| <u>17</u> | Meßinstrument zur Anzeige des mit dem Drehknopf <u>5</u> zu suchenden Spannungsmaximums der Resonanzkurve. |

### 2.1.1. Einstellen des Gerätes auf die gegebene Netzspannung

Das Gerät wird ab Werk für 220 V Netzspannung eingestellt geliefert. Zur Umstellung auf 115, 125 oder 235 V muß man die Befestigungsschrauben 1, 4, 7 und 14 an der Frontplatte lösen und das Gerät aus dem Gehäuse nehmen. Vor dieser Arbeit ist selbstverständlich der Netzstecker zu ziehen. Der Sicherungshalter sitzt auf der rückwärtigen Wanne. Zu den Netzspannungen 220 V und 235 V gehört eine mittelträge 0,08-A-Sicherung; soll das Gerät bei 115 V oder 125 V arbeiten, muß diese Sicherung entfernt und eine mittelträge 0,16-A-Sicherung zwischen das mit der gewünschten Spannung beschriftete Kontaktfederpaar eingesetzt werden. Die Netzspannung darf zwischen +10 % und -15 %, die Frequenz zwischen 47 und 63 Hz schwanken, ohne daß die Genauigkeit des Gerätes darunter leidet.

### 2.1.2. Aufstellen des Gerätes

Die im Abschnitt 1.2. aufgeführten Fehlergrenzen werden für Umgebungstemperaturen von +10 bis +35 °C garantiert. Aber auch an Arbeitsplätzen mit extremeren Bedingungen kann das Gerät eingesetzt werden, ohne daß funktionelle Störungen auftreten. Der max. Fehler erhöht sich in dem erweiterten Temperaturbereich 0...+45 °C auf  $\pm 2$  %.

Das KRT sollte man möglichst nicht direkt neben einem starken Sender aufstellen, weil sich bei dem hohen Eingangswiderstand des empfindlichen Verstärkers ein Störausschlag am Anzeigeinstrument ergeben kann.

Da das Ablesen eines Meßwertes besonders einfach ist, wenn man senkrecht auf die Skala blickt, läßt sich das KRT mit Hilfe eines unter dem Kastenboden befestigten Bügels nach hinten neigen. Auf diese Weise kann man auch bei unterschiedlich hohen Standpunkten des Gerätes immer optimal ablesen.

### 2.1.3. Einstellen des mechanischen Instrument-Nullpunktes

Der mechanische Nullpunkt des Anzeigeinstrumentes 17 (Bild 2) wird mit einem kleinen Schraubenzieher durch Verstellen von 16 bei ausgeschaltetem Gerät korrigiert.

#### 2.1.4. Einschalten

Nach Einführen des Netzkabelsteckers (3-Stift-Europastecker) in die Gerätesteckdose an der Rückseite des Gerätes und dem Einstecken des Schutzkontaktsteckers in die Netzsteckdose kann das Gerät durch Druck auf den Netzschalter 8 eingeschaltet werden. Zur Überwachung des Einschaltzustandes dient die Kontrolllampe 6. Nun ist das Meßgerät voll betriebsfähig. Es braucht keine Einlaufzeit abgewartet zu werden. Nach-eichvorgänge sind nicht erforderlich.

#### 2.2. Bedienung

##### 2.2.1. Nullstellung der C-Skala

Diese Einstellung sollte beim Messen von Kondensatoren unter 1000 pF überprüft und nötigenfalls korrigiert werden, wobei die innere Schaltkapazität auf den der C-Eichung zugrundeliegenden Wert gebracht wird. Hierzu schalte man den Meßbereich 0 bis 100 pF ein, stelle den Skalenzeiger mit 5 genau auf 0 pF, drehe den Knopf 2 zunächst bis zum rechten Anschlag und stelle dann die über den Meßklemmen liegende Schlitzschraube 15 mit einem Schraubenzieher so ein, daß das Instrument den höchst erzielbaren Ausschlag (Resonanzspitze) zeigt. Hierauf dreht man den Knopf 2 so weit nach links, daß sich der Zeiger des Instrumentes in das Skalenfeld „Messen“ stellt und stimmt mit 15 nochmals genau auf Resonanz ab. Beim Durchdrehen der Abstimmung 5 muß nun die Resonanzanzeige beim Teilstrich 0 pF ein Maximum erreichen. Der Kapazitätswert der Rändelklemmen wird auf diese Weise mit eingeeicht.

##### 2.2.2. Anschließen eines Kondensators

Unmittelbar vor dem Anschließen eines Kondensators an das KRT sollte dieser durch Kurzschließen der Beläge entladen werden, da sonst unter Umständen der Feldeffekttransistor im Eingang des Meßverstärkers beschädigt werden könnte. Die meisten der im Handel befindlichen Kondensatoren sind mit einem sehr guten Dielektrikum versehen, das eine einmal aufgebrachte Ladung lange Zeit hält. Bei Elektrolyt- und HDK-Kondensatoren kommt noch hinzu, daß sie sich nach einer Entladung selbsttätig wieder aufbaut. Man kann deshalb nie ganz sicher sein, ob der zu messende Kondensator eine Ladung trägt oder nicht.

Das Meßobjekt soll grundsätzlich über möglichst kurze Leitungen angeschlossen werden, da die Kapazität und eventuell auch die Induktivität

der Zuführungen die Genauigkeit der Messung beeinflussen können. Beachten muß man außerdem, daß der Außenbelag des Kondensators an die auf Massepotential liegende Rändelklemme (durch Massezeichen gekennzeichnet) angeschlossen wird. Andernfalls wird die Raumkapazität mitgemessen, was vor allem bei kleinen Kondensatoren einen zusätzlichen Meßfehler hervorruft. Der Anschluß des Außenbelages ist bei Rollkondensatoren meist mit einem Ring gekennzeichnet. Bei normalen Rundfunk-Drehkondensatoren ist der Rotor der Außenbelag.

Bei der Messung von Prüflingen mit Kapazitäten unter 1000 pF ist es erforderlich, abzuschätzen, wie stark die Kapazität der Anschlußdrähte das Meßergebnis mit beeinflußt. Da aber auch später im Betriebsfall der C-Wert der Anschlußdrähte dem eigentlichen Kondensator parallel liegt, kann der Absolutfehler der Messung kleiner als  $\pm 0,5$  pF gehalten werden, wenn man den Prüfling genauso wie später im Betrieb zwischen den Rändelklemmen anschließt. Ist dies nicht möglich oder verwendet man bei Serienmessungen die Schnellmeßklemmen, so muß die Kapazität der Anschlußdrähte bzw. der Schnellmeßklemmen gesondert berücksichtigt werden. Dies kann auf zweierlei Weise geschehen:

Entweder man korrigiert die Nullstellung der C-Skala, wie unter 2.2.1. beschrieben, bei angeschraubten Schnellmeßklemmen bzw. mit den Zuleitungen oder man mißt deren Kapazität gesondert ohne Meßobjekt und zieht ihren Wert vom Meßergebnis ab. Für den Fall, daß der Kapazitätsbereich des Nullstell-Trimmers 15 (Bild 2) nicht ausreicht, muß auf jeden Fall die letztere Korrektur angewandt werden.

Beim Messen großer Kondensatoren muß der Widerstand der Zuleitungen möglichst klein sein, damit sie den Verlustfaktor nicht unnötig erhöhen. Zwei Zuleitungsdrähte mit zusammen 0,1  $\Omega$  Widerstand bewirken bei der Messung eines Kondensators mit z.B. 100  $\mu$ F einen zusätzlichen Verlustfaktor von etwa 0,14. Durch die damit verringerte Resonanzschärfe würde die Ablesung wesentlich ungenauer werden.

Im Bereich 10...100  $\mu$ F sollte man auf eine möglichst kurze Zuleitung auch deshalb achten, weil die Anschlußinduktivität eine Vergrößerung des Meßobjektes vortäuscht und dadurch die Meßgenauigkeit verringert. Ein Kondensator mit einer Zuleitungsinduktivität von beispielsweise 0,5  $\mu$ H würde in diesem Bereich um 1 % zu groß erscheinen.

### 2.2.3. Messung von Kondensatoren mit C-Werten von 1 pF...100 $\mu$ F

Die Frequenz des eingebauten Generators wird so verändert, daß sie mit der Meßkreisresonanzfrequenz übereinstimmt. Als Kriterium hierfür dient das am Meßobjekt auftretende Spannungsmaximum, das mit dem Anzeigeinstrument sichtbar gemacht wird.

Für die eigentliche Messung sind nach dem Anschluß des Prüflings folgende Arbeitsvorgänge erforderlich: Der mit „Anzeige“ beschriftete Knopf 9 wird zunächst an den rechten Anschlag gedreht. Ist der Kapazitätswert des zu messenden Kondensators größenordnungsmäßig bekannt, so wählt man mit dem Schaltknopf 10 den entsprechenden Bereich vor. Andernfalls beginnt man mit der Suche nach der Resonanz im kleinsten C-Bereich, um nicht irrtümlich auf eine Oberwelle abzustimmen. Mit dem Drehknopf 5 wird nun der Skalenzeiger 3 über die C-Skala bewegt, bis der Instrumentausschlag seinen maximalen Wert erreicht hat. Ist die Güte des Resonanzkreises, gebildet aus dem Prüfling und der eingeschalteten Meßkreisspule, sehr hoch, dann muß der Knopf 9 so weit zurückgedreht werden, daß der Zeiger des Instruments 17 auch bei Spannungsmaximum im Skalenfeld „Messen“ steht. In der linken Hälfte der Skala ist die Anzeige nämlich sehr empfindlich, weil der Anzeigeverstärker mit unterdrücktem Nullpunkt und linearer Anzeigecharakteristik arbeitet. Um beim Aufsuchen der Resonanz nicht mehrmals den Knopf 9 betätigen zu müssen, arbeitet die Anzeige im Skalenfeld „Suchen“ logarithmisch; das bedeutet, daß der Zeigerausschlag mit zunehmender Resonanzspannung nur noch unwesentlich ansteigt. Deshalb sollte auch die exakte Meßwerteinstellung immer im Skalenfeld „Messen“ erfolgen.

### 2.2.4. Meßgenauigkeit und Fehlerquellen bei der Kapazitätsmessung

Für Kondensatoren bis 10  $\mu$ F mit einem Verlustfaktor unter  $2 \cdot 10^{-2}$  beträgt der maximale Meßfehler  $\pm 1\%$   $\pm 0,5$  pF wie aus Abschnitt 1.2. ersichtlich ist. Bei Prüflingen mit höheren Verlusten und Kondensatoren mit Kapazitätswerten von 10...100  $\mu$ F ist der Fehler entsprechend Abschnitt 1.2. höher.

Für diese Meßobjekte ist die Güte des Meßkreises und damit auch die Spannungserhöhung am Kondensator bei Resonanz geringer, so daß eine exakte Einstellung des Abstimmzeigers 3 auf  $\pm 1\%$  schwierig oder überhaupt nicht mehr möglich ist. Man erhält eine optimale Ablesung, indem

man den Abstimmknopf nach kleineren und größeren C-Werten hin verstimmt, bis die Resonanzanzeige jeweils auf den gleichen Wert abgefallen ist. Das Resonanzkurvenmaximum und damit den wirklichen Kapazitätswert erhält man aus diesen beiden Messungen durch Mittelwertbildung der C-Werte.

Der Einfluß der Kapazität der Anschlußdrähte oder eventuell verwendeter Schnellmeßklemmen auf die Messung von kleinen Kapazitäten ist unter 2.2.2. beschrieben.

Wegen der Streukapazitäten des Prüflings und der „heißen“ Meßklemme gegen die Frontplatte lassen sich Kapazitätswerte unter 10 pF nicht mit der gleichen Genauigkeit bestimmen, wie sie das KRT in den übrigen Bereichen bietet. Dies spiegelt sich in der Angabe des Absolutfehlers  $\pm 0,5$  pF wider. Gelingt es, den Kondensator genau so anzuschließen, wie er später im Betrieb arbeitet, und wurde der Nullpunkt wie unter 2.2.1. beschrieben genau korrigiert, so kann der Absolutfehler kleiner gehalten werden. Aus diesem Grunde sollte man sich vor Messungen in den Bereichen 100 pF...1000 pF und 1 pF...100 pF grundsätzlich vergewissern, daß der Nullpunkt-Trimmer 15 richtig eingestellt ist.

#### 2.2.5. Messung von Kondensatoren mit Polarisationsspannung und Ermittlung des C-Wertes von Kapazitätsdioden

Mit dem Knopf 11 läßt sich jedes Meßobjekt mit einer stetig einstellbaren Polarisationsspannung von 0...32 V beaufschlagen. Beim Anschluß des Prüflings ist auf seine richtige Polung zu achten. Der Pluspol der Vorspannung liegt an der linken mit Plus gekennzeichneten Rändelklemme 13. Es ist zu empfehlen, den Knopf 11 nach der Messung, bzw. nach der letzten Messung mehrerer gleichartigen Kondensatoren mit derselben Polarisationsspannung auf Null zurückzustellen. Damit vermeidet man die Beschädigung eines später zu messenden Kondensators für den die eingestellte Vorspannung zu hoch ist.

Die C-Änderung von Kapazitätsdioden in Abhängigkeit von der Spannung kann mit dem KRT ebenfalls gemessen werden.

Die Genauigkeit der Messung hängt stark von einer geschickten Kontaktierung ab, da es sich normalerweise um kleinere Kapazitätswerte handelt (Abschnitt 2.2.3. und 2.2.4.). Eine zusätzliche Meßungenauigkeit

kann durch die großen Verluste der Diode und die dadurch bedingte geringe Resonanzschärfe hervorgerufen werden. Aus diesem Grund ist es auch nicht möglich, den Kapazitätswert der Diode bei Polung in Durchlaßrichtung zu messen.

3.1.1. Messung  
Um den eingebauten Spannungsteiler, an dem die Polarisationsspannung abgegriffen wird, nicht zu überlasten, sollte man es vermeiden, die Meßbuchsen über längere Zeit kurzzuschließen. Ein nur kurzzeitig auftretender Kurzschluß ist unbedenklich.

Wartung mit steigender Temperatur stark zunimmt. Hohe Luftfeuchtigkeit fördert Korrosionserscheinungen und kann außerdem die Genauigkeit des C-Abgleichs verringern. Aus diesem Grunde sollte man auch die Bildung von Kondenswasser vermeiden, das bei ständigen Wechsel von niedrigen zu hohen Umgebungstemperaturen entsteht.

### 3.1.2. Prüfung der Geräteeigenschaften

Im Abschnitt 1.1. wurde schon erwähnt, daß das Gerät mechanisch und elektrisch so dimensioniert ist, daß normalerweise auch nach Jahren keine Nachbaurarbeit erforderlich wird. Möchte man sich trotzdem vergewissern, ob die unter 1.2. gemachten Angaben und Toleranzen noch voll eingehalten werden, so kann dies durch folgende Messungen bei einer Umgebungstemperatur von 20...25 °C geschehen.

#### 3.1.2.1. Prüfung der C-Richtung

Mit Hilfe eines einstellbaren Normalkondensators (z.B. einstellbarer Brückkondensator 1000 pF oder auch selbst angefertigter Vergleichskondensatoren (C-Toleranz 1...2 %)) kann man verhältnismäßig einfach die Genauigkeit des Gerätes kontrollieren. Im Bereich 0,1...10 nF sind zur Überprüfung des C-Verlaufs in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Generator-Äquivalenzkreises folgende Kapazitätswerte empfehlenswert: 0,1 nF, 0,14 nF, 0,18 nF, 0,22 nF, 0,27 nF, 0,33 nF, 0,39 nF und 1 nF. In den übrigen Bereichen können jeweils nur die Grenzwertwerte mit Kontrolle des C-Verlaufs der C-Charakteristika und des Abgleichs der Verstärkungs- und Abgleichskurve der Ausgangsgeraden überprüft zu werden. Bei Kondensatoren < 10000 pF ist auf den Anschluß des Meßgerätes zu achten, damit nicht die Induktivitäten mit einer beträchtlichen Ungenauigkeit des Ergebnisses verbunden sind.

### 3. Wartung und Reparatur

#### 3.1. Wartung

##### 3.1.1. Lagerung

Das KRT darf bei Temperaturen zwischen  $-20$  und  $+70$  °C gelagert werden. Hierzu ist aber zu bemerken, daß die natürliche Alterung von Kondensatoren und die der Isolation der Verdrahtung mit steigender Temperatur stark zunimmt. Hohe Luftfeuchtigkeit fördert Korrosionserscheinungen und kann außerdem die Genauigkeit des C-Abgleichs verringern.

Aus diesem Grunde sollte man auch die Bildung von Kondenswasser vermeiden, das beim plötzlichen Wechsel von niedrigen zu hohen Umgebungstemperaturen auftritt.

##### 3.1.2. Prüfung der Geräteeigenschaften

Im Abschnitt 1.1. wurde schon erwähnt, daß das Gerät mechanisch und elektrisch so dimensioniert ist, daß normalerweise auch nach Jahren keine Nachtrimmarbeit erforderlich wird. Möchte man sich trotzdem vergewissern, ob die unter 1.2. gemachten Angaben und Toleranzen noch voll eingehalten werden, so kann dies durch folgende Messungen bei einer Umgebungstemperatur von  $20...25$  °C geschehen.

##### 3.1.2.1. Prüfung der C-Eichung

Mit Hilfe eines einstellbaren Normalkondensators (z.B. einstellbarer Meßkondensator KGM) oder auch selbst angefertigter Vergleichskondensatoren (C-Toleranz  $\pm 0,2$  %) kann man verhältnismäßig einfach die Genauigkeit des Gerätes kontrollieren. Im Bereich  $0,1...1$   $\mu\text{F}$  sind zur Überprüfung des C-Verlaufs in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Generator-Drehkondensators folgende Kapazitätswerte nachzumessen:  $0,1$   $\mu\text{F}$ ,  $0,14$   $\mu\text{F}$ ,  $0,19$   $\mu\text{F}$ ,  $0,27$   $\mu\text{F}$ ,  $0,42$   $\mu\text{F}$ ,  $0,74$   $\mu\text{F}$  und  $1$   $\mu\text{F}$ . In den übrigen Bereichen brauchen jeweils nur die Bereichendwerte zur Kontrolle des L-Wertes der Oszillatorspule und dem Abgleich der Verdrahtungs- und Eigenkapazität der Schwingspulen überprüft zu werden. Bei Kondensatoren  $< 10000$  pF ist auf den Anschluß des Meßobjekts zu achten, damit nicht die Zuleitungskapazität eine scheinbare Ungenauigkeit des Meßgerätes vortäuscht.

### 3.1.2.2. Überprüfung der Empfindlichkeit des Gerätes

Läßt sich bei Kondensatoren mit großen Verlusten, die nach 1.2. noch meßbar sein müßten, kein Resonanzmaximum mehr finden, so kann dies daran liegen, daß der Oszillator oder der Anzeigeverstärker nicht mehr zuverlässig arbeiten. Bevor diese Baugruppen näher untersucht werden, vergewissere man sich kurz, ob der Netzteil in Ordnung ist, d.h. ob an der Zenerdiode G1 3 eine Gleichspannung von 17...19 V liegt.

#### 3.1.2.2.1. Kontrolle der Oszillatorspannung

Die Oszillatorspannung  $U_{CE}$  wird mit einem Röhrenvoltmeter mit Tastkopf, Mindestgenauigkeit  $\pm 3\%$  ( $C_E \leq 5 \text{ pF}$ ,  $R_E \geq 500 \text{ k}\Omega$ , z.B. R&S-Spannungs-Strom-Widerstandsmeßgerät Typ URI) am Punkt 9 der Oszillatorplatte 5100-6.5 Bl.2 kontrolliert. Hierzu muß das Gerät wie unter 2.1.1. beschrieben aus dem Kasten genommen werden. Die Spannung soll in der Mitte des Bereiches IV (10000...100000 pF) 3  $V_{eff} \pm 5\%$  betragen. Außerdem sollte die größte und kleinste Oszillatorspannung in jedem Bereich gemessen und auf ihre Toleranz von 2,8  $V_{eff} \pm 30\%$  überprüft werden.

#### 3.1.2.2.2. Kontrolle des Anzeigeverstärkers

##### 3.1.2.2.2.1. Überprüfung des Verstärkers

Aus einem Meßsender ( $R_1 \leq 60 \Omega$ , z.B. R&S-Meßsender Typ SRB) wird eine Spannung von 3 mV  $\pm 2\%$  und  $f = 100 \text{ kHz}$  direkt in die Buchsen Bu1 und Bu2 (Stromlauf; 12 und 13 in Bild 2) eingespeist. Der Zeiger des Instruments 17 soll dann ungefähr auf dem letzten Teilstrich des Skalenfeldes „Messen“ stehen. Das Potentiometer R61 zu dieser Prüfung an den rechten Anschlag, den Bereichschalter auf 0,1...1  $\mu\text{F}$  stellen.

##### 3.1.2.2.2.2. Kontrolle des Beginns der logarithmischen Anzeige

Bei gleichen Einspeisebedingungen wie unter 3.1.2.2.2.1. kontrolliert man, ob die notwendige Speisespannung für einen Zeigerausschlag auf die Spitze des Pfeils „Suchen“ zwischen 16 mV...24 mV liegt.

#### 3.1.2.2.2.3. Kontrolle des Frequenzganges

Zu diesem Abgleich muß die Verbindung zum Meßkreis an der Buchsenleiste, in der der Anzeigeverstärker steckt (Bu3.1.), abgelötet und das Potentiometer R61 an den rechten Anschlag gestellt werden. An den freigewordenen Anschluß legt man eine Spannung mit  $f = 100 \text{ kHz}$ , die in ihrer Höhe so bemessen ist, daß der Zeiger des Instruments auf dem fünften Skalenstrich steht. Ändert man nun bei konstanter Spannung die Frequenz nacheinander auf  $f = 2 \text{ kHz}$  und  $f = 800 \text{ kHz}$ , so darf die Anzeige um nicht mehr als 3 Skalenteile zurückgehen.

#### 3.1.2.2.2.4. Kontrolle des Eingangswiderstandes

Eine genaue Messung des Eingangswiderstandes ist nicht erforderlich. Es soll nur sichergestellt werden, daß die Eingangsstufe richtig arbeitet und den Schwingkreis nicht bedämpft. Hierzu wird zunächst wie unter 3.1.2.2.2.3. beschrieben direkt, dann über einen Vorwiderstand von  $1 \text{ M}\Omega$  eingespeist. Der Zeigerausschlag von zunächst 5 Skt darf bei hochohmiger Speisung nicht weiter als bis auf 1 Skt zurückgehen.

#### 3.1.2.3. Kontrolle der Polarisationsspannung

Die Polarisationsspannung zwischen den Meßbuchsen Bu1 und Bu2 wird mit einem Voltmeter ( $R_i > 30 \text{ k}\Omega$ , z.B. Typ UGZ) gemessen. Sie muß mit den Sollwerten der Beschriftung des Knopfes 11 auf  $\pm 0,5 \text{ V}$  übereinstimmen.

#### 3.1.3. Elektrische Wartung

In den folgenden Abschnitten sind analog zu der Gliederung des Abschnittes 3.1.2. „Prüfung der Geräteeigenschaften“ diejenigen Trimmarbeiten beschrieben, die zur Wiederherstellung der Solleigenschaften der einzelnen Funktionsgruppen erforderlich sind.

Es ist auf jeden Fall zu empfehlen, erst die eigene Meßschaltung auf Fehlermöglichkeiten zu überprüfen, ehe man einen im Werk eingestellten Abgleichwert verändert, ganz besonders dann, wenn keine einleuchtende Ursache für den Fehler zu erkennen ist.

### 3.1.3.1. Frequenzabgleich des Oszillators

Der Abgleich des Oszillators wird für den Bereich  $0,1 \dots 1 \mu\text{F}$  beschrieben, da der Oszillatordrehkondensator C14 auch im Werk auf diese Weise getrimmt wird. Das Einstellen der oberen und unteren Grenzfrequenz gilt sinngemäß auch für die anderen Bereiche; der Kapazitätsverlauf des Drehkondensators in Abhängigkeit vom Drehwinkel dagegen darf nicht mehr verändert werden.

Bei der Überprüfung der C-Eichung nach 3.1.2.1. kann sich folgendes Fehlerverhalten ergeben:

- a) Der prozentuale Fehler des am KRT abgelesenen Ist-Wertes gegenüber dem am Normalkondensator eingestellten Soll-Wert ist an den oberen und unteren Bereichenden gleich groß.  
Abhilfe nach Abschnitt 3.1.3.1.1.
- b) Der prozentuale Fehler ist an den oberen Bereichenden (große Kapazitätswerte) klein und wächst nach den unteren Bereichenden (kleine Kapazitätswerte) an.  
Abhilfe nach Abschnitt 3.1.3.1.2.
- c) Der prozentuale Fehler zeigt über einen ganzen Bereich keinerlei Regelmäßigkeit.  
Abhilfe nach Abschnitt 3.1.3.1.3.

#### 3.1.3.1.1. Abgleich des L-Wertes der Oszillatorspulen

Ist der prozentuale Fehler zwischen den am Normalkondensator eingestellten und den am KRT abgelesenen Kapazitätswerten für die großen und kleinen Bereichendwerte gleich groß, dann deutet dies darauf hin, daß entweder die Oszillatorspule L3 oder die Meßkreisspule L8 verstimmt ist. Ob die Oszillatorspule den Fehler verursacht, läßt sich durch folgenden Test feststellen: Man sieht in der Tabelle des Abschnittes 3.2.1. nach, in welchen Meßbereichen die entsprechende Oszillatorspule arbeitet (die Spule L3 z.B. in den Bereichen  $0,1 \dots 1 \mu\text{F}$ ;  $1 \dots 10 \mu\text{F}$ ;  $10 \dots 100 \mu\text{F}$ ) und überprüft, ob hier das gleiche Fehlerverhalten auftritt. Trifft dies zu, so kann man mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Oszillatorspule den Fehler verursacht. Andernfalls ist festzustellen, ob in den Bereichen, in denen die entsprechende Meßkreisspule noch einmal eingeschaltet ist (die Spule L8 z.B. in den

Bereichen  $0,1 \dots 1 \mu\text{F}$ ;  $1000 \dots 10000 \text{ pF}$  und  $1 \dots 100 \text{ pF}$ ), gleiches Fehlerverhalten auftritt. Wenn ja, muß diese nach 3.1.3.2. abgeglichen werden. Der L-Wert der Oszillatorschule  $L_3$  darf aber nur dann mit Hilfe des Abgleichkerns getrimmt werden, wenn sichergestellt ist, daß der C-Verlauf des Senderdrehkondensators seinem Sollwert entspricht. Dies ist dann der Fall, wenn die Eichung des C-Verlaufs zumindest über einen Meßbereich zufriedenstellend ist. Trifft dies nicht zu, muß der gesamte Frequenzabgleich des Generators nach 3.1.3.1.3. durchgeführt werden.

#### 3.1.3.1.2. Abgleich der Trimmer C8...C15

Stimmen für die großen Kapazitäten eines Bereiches die Sollwerte mit den Meßwerten ziemlich überein und wächst zu den kleinen Kapazitätswerten, d.h. zu den hohen Frequenzen eines Bereiches, der prozentuale Fehler, so hat sich der C-Wert des Trimmers C10 oder die Eigenkapazität der Oszillatorschule geändert. Bei tiefen Frequenzen ist der Einfluß einer derartigen Verstimmung deshalb wesentlich geringer, weil dort die gesamte Drehkondensatorkapazität von ca.  $1000 \text{ pF}$  der Schule  $L_3$  parallel liegt und somit eine Verstimmung von einigen  $\text{pF}$  kaum ein-geht. Die richtige Oszillatorfrequenz wird eingestellt, indem man den Zeiger 3 der Kapazitäts-Skala 2 auf  $0,1 \mu\text{F}$  stellt, am Normalkonden-sator ebenfalls  $0,1 \mu\text{F}$  einschaltet und dann mit C10 (Stromlauf) den Ausschlag des Instrumentes 17 auf Maximum abgleicht.

#### 3.1.3.1.3. Abgleich des Oszillatordrehkondensators

Diagnose: Der prozentuale Fehler über den Bereich  $0,1 \dots 1 \mu\text{F}$  zeigt bei allen sieben, unter 3.1.2.1. angegebenen Meßpunkten keinerlei Regelmäßigkeit. In diesem Falle ist der Kapazitätsverlauf des Senderdrehkondensators fehlerhaft. Da nicht sichergestellt ist, ob die als Bezugsschule für die gesamte Eichung dienende Oszillatorschule  $L_3$  ihren Sollwert hat, muß praktisch der Abgleich des KRT vollständig, wie im Prüffeld durchgeführt werden.

Der L-Wert der Oszillatorschule  $L_3$  wird zwischen den Anschlüssen 1 und 4 mit einer Präzisionsmeßbrücke bei  $f = 300 \text{ Hz}$  überprüft und, wenn erforderlich, auf seinen Sollwert von  $4,9 \text{ H} \pm 0,3 \%$  abgeglichen. Nun wird

die Oszillatorfrequenz am Punkt 9 der gedruckten Schaltung 5100-6.5 Bl.2 unter Kontrolle durch einen Frequenzmesser (z.B. dem R&S-Zähler FET 1) mit dem Trimmer C10 auf 6,954 kHz  $\pm 0,05$  % abgeglichen. Dann schließt man einen Normalkondensator (Mindestgenauigkeit  $\pm 0,2$  % an und stellt ihn auf 0,1  $\mu$ F ein. Zum Abgleich der Meßkreisspule L8 stellt man den Skalenzeiger 3 im Bereich 0,1...1  $\mu$ F auf 0,1  $\mu$ F und trimmt L8 so, daß das eingebaute Meßinstrument 17 maximalen Ausschlag zeigt. Erst jetzt kann der Abgleich des Drehkondensators erfolgen. Man stellt als nächsten C-Wert am KRT und am Normalkondensator 0,14  $\mu$ F ein. Nun wird diejenige Randplatte des Rotors, die sich beim Durchdrehen des Drehkondensators von 0,1 auf 0,14  $\mu$ F gerade in das Statorpaket geschoben hat, mit einer Justierzange so verbogen, daß das Meßinstrument 17 wieder maximalen Ausschlag zeigt. Auf gleiche Weise werden die übrigen Randplatten des Drehkondensators bei 0,19  $\mu$ F, 0,27  $\mu$ F, 0,42  $\mu$ F, 0,74  $\mu$ F und 1  $\mu$ F getrimmt. Nach diesem Abgleich sind die Bereichswerte aller Bereiche zu überprüfen und, wenn erforderlich, nach 3.1.3.1.1., 3.1.3.1.2. oder 3.1.3.2. einzustellen.

### 3.1.3.2. Abgleich des Meßkreises

Unter 3.1.3.1.1. ist beschrieben, wie festgestellt werden kann, ob ein über den ganzen Bereich gleichmäßig verteilter Meßfehler durch die Oszillator- oder die Meßkreisspule bedingt ist. Trifft das letztere zu, so sind die 3 Meßkreisspulen bei folgenden C-Werten durch Abgleich auf Maximalanzeige des Instruments zu trimmen.

| Spule | eingeschalteter Bereich | auf dem KRT und dem Normalkondensator eingest. C-Wert |
|-------|-------------------------|-------------------------------------------------------|
| L8    | V 0,1...1 $\mu$ F       | 0,1 $\mu$ F                                           |
| L9    | VI 1...10 $\mu$ F       | 1 $\mu$ F                                             |
| L10   | VII 10...100 $\mu$ F    | 10 $\mu$ F                                            |

### 3.1.3.3. Abgleich der Oszillatorspannungsamplitude

Stellt man bei der Messung der Oszillatorspannung nach 3.1.2.2.1. fest, daß die Amplitude für einen Frequenzbereich die zulässige Toleranz stark überschreitet, für die anderen Bereiche aber ihrem Sollwert entspricht, so ist zunächst der Shuntwiderstand des betreffenden Bereichs zu überprüfen. Die Widerstände R12 und R14 liegen direkt an den Löt-fahnen der Oszillatorspulen. Die jeweiligen Nummern der Lötösen sind aus dem Stromlauf ersichtlich. Liegt der Fehler nicht in einem defekten oder nicht angeschlossenen Widerstand oder an einem von außen ersichtlichen, z.B. durch Verbiegen der Verdrahtung entstandenen, teilweisen Kurzschluß einer Wicklung, so kann die Fehlerursache mit Hilfe der Reparaturanleitung gesucht und beseitigt werden.

Ist die Oszillatorspannung in allen Bereichen zu hoch oder zu niedrig, so kann der Grund hierfür in der Änderung der Transistordaten von T1 liegen. In diesem Fall wird mit dem Potentiometer R10 die Oszillatorspannung auf ihren Sollwert abgeglichen. Hierbei muß der Abstimmzeiger  $\bar{z}$  in der Mitte des Bereiches IV (0,01...0,1  $\mu$ F) stehen. Läßt sich dieser Abgleich nicht mehr durchführen oder ergibt sich bei der Überprüfung des Arbeitspunktes von T1 am Widerstand R7 eine Abweichung von mehr als  $\pm 30\%$  gegenüber dem im Stromlauf angegebenen Wert, so ist T1 gegen ein typengleiches Exemplar auszuwechseln.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß das Löten an der gedruckten Platte sehr viel Sorgfalt und außerdem Spezialwerkzeug erfordert. Die Temperatur der LötKolbenspitze darf nicht zu hoch liegen! Das flüssige Löt-zinn des Löt-punktes wird mit einer Pumpe abgesaugt. Dann kann der abgewinkelte Anschlußdraht gerade gebogen und das Bauelement nach oben aus der Schaltung gezogen werden. Es darf auf keinen Fall Gewalt angewendet werden, da sich sonst die Leiterbahn von der Platte löst und diese unbrauchbar wird.

Nach Auswechseln des Transistors T1 stellt man die Wechsellspannung auf ihren Sollwert ein und kontrolliert nochmals den Gleichstromarbeitspunkt. Anschließend müssen die größte und kleinste Oszillatorspannung für jeden Bereich gemessen und auf ihre Toleranz von 2,8 V  $\pm 30\%$  überprüft werden.

Bemerkt man bei der Kontrolle, daß in einem Bereich beim Durchdrehen der Frequenz die Schwingung kurzzeitig ganz abreißt, so stelle man fest, ob dies auch in einem anderen Meßbereich bei gleicher Drehkondensator-

stellung erkennbar ist. Die Ursache für diese Erscheinung ist fast immer eine Verunreinigung des Drehkondensators. Ein Tropfen Lötzinn, ein kurzes, abgeschnittenes Drahtende oder auch nur starker Staub schließen die Platten des Stator- und Rotorpaketes meistens nur in einer bestimmten Stellung des Drehkondensators kurz, so daß die Schwingung abreißt. Man entfernt die Verunreinigung am besten mit einem Borstenpinsel, ohne mit dem Schaftende die Kondensatorplatten zu berühren. Das Ausblasen mit Preßluft ist zu vermeiden, da sich bei zu starkem Luftstrom die Platten verbiegen und somit die gesamte Eichung verfälscht wird.

#### 3.1.3.4. Abgleich des Anzeigeverstärkers

##### 3.1.3.4.1. Abgleich der Gesamtverstärkung

Weicht die unter 3.1.2.2.2.1. eingespeiste Spannung nicht mehr als  $\pm 10\%$  vom Sollwert ab, so kann die Gesamtverstärkung des Anzeigeverstärkers mit dem Potentiometer R58 nachgestellt werden. Vor dieser Abgleicharbeit ist aber sicherzustellen, daß die Ursache für den Fehler nicht an der Diode G1 9 liegt.

##### 3.1.3.4.2. Auswechseln der Dioden und Transistoren des Verstärkers

Stärkere Abweichungen von den Sollwerten lassen darauf schließen, daß die Funktion des Anzeigeverstärkers grundlegend gestört ist. Die Ursache hierfür kann das Absinken der Verstärkung eines Transistors oder eine defekte Diode sein. Bevor man diese Bauteile auswechselt, sollte man den Abschnitt 3.4.5. durchlesen und die dort beschriebenen einfachen Prüfungen vornehmen, besonders dann, wenn gar kein Ausschlag des Meßinstrumentes mehr feststellbar ist.

Zur Überprüfung der Arbeitspunkte wird die gedruckte Platte 5100-5 nach oben aus dem Gerät gezogen. An den Anschlußdrähten des Kondensators C29 speist man eine Gleichspannung von 18 V  $\pm 3\%$  ein und mißt die für die Arbeitspunkte der Transistoren maßgebenden, im Stromlauf angegebenen Werte. Muß ein Transistor ausgewechselt werden, so ist anschließend der Arbeitspunkt mit dem entsprechenden Potentiometer und die Gesamtverstärkung bei eingebauter Platte nach 3.1.3.4.1. nachzustellen.

Läßt sich bei der Überprüfung der Transistoren kein Fehler finden, so sind die Gleichrichterdiode G1 5...G1 8 auf ihre Funktionsfähigkeit hin zu prüfen. Durch diese Prüf- und Abgleicharbeiten müßten auch gleichzeitig Fehler nach Abschnitt 3.1.2.2.2.3. und 3.1.2.2.2.4. behoben sein.

#### 3.1.3.4.3. Abgleich des Beginns der logarithmischen Anzeige

Wurde bei der Messung nach 3.1.2.2.2.2. festgestellt, daß der Beginn der logarithmischen Anzeige zu früh oder zu spät einsetzt, so kann die Diode G1 9 defekt sein und ist auszuwechseln. Mit dem Potentiometer R66 wird der Öffnungspunkt der Diode, die über den Abgriff von R66 parallel zum Instrument liegt, so eingestellt, daß die unter 3.1.2.2.2.2. beschriebenen Meßwerte eingehalten werden. Nach dieser Einstellung ist zu prüfen, ob sich die nach 3.1.2.2.2.1. kontrollierte Empfindlichkeit nicht geändert hat.

### 3.2. Schaltungsbeschreibung

Das KRT läßt sich auf Grund seines Meßprinzips in folgende Funktionsgruppen gliedern (siehe Blockschaltbild Bild 1).

- a) Für einen Meßbereich stetig durchstimmbarer Oszillator mit dem Auskopplungsteiler.
- b) Meßkreis mit einer stetig einstellbaren Polarisationsspannungsquelle.
- c) Anzeigeverstärker.
- d) Geregelter Netzteil.

#### 3.2.1. Oszillator

Der Generator des KRT ist ein induktiv rückgekoppelter LC-Oszillator. Die Oszillatorplatte sitzt direkt auf den Lötstiften der letzten Schalterebene des kodierten Bereichschalters. Hierdurch entfällt die Verdrahtung der Kondensatoren C1, C2 und C4. Diese haben die Aufgabe, den Gleichstromgegenkopplungswiderstand von T1 wechselstrommäßig zu über-

brücken. Die Kondensatoren müssen für jeden Bereich umgeschaltet werden, da Pendelschwingungen auftreten können, wenn die Zeitkonstante von R10 und dem die Gleichstromgegenkopplung überbrückenden Kondensator zu groß ist.

Die Funktion der einzelnen Bauelemente und Wicklungen einer Oszillatorspule wird für den Bereich V (0,1...1  $\mu$ F, Spule L3) erklärt. Sinngemäß gilt das Gleiche für die übrigen Spulen. Die Schwingfrequenz des Generators wird durch die Induktivität zwischen den Anschlüssen 1...4 der Spule L3 und der Parallelschaltung des Drehkondensators C14 mit dem Kondensator C21 und dem Trimmer C10 bestimmt. Bei abgeglichenem, definiertem Kapazitätsverlauf des Drehkondensators C14 wird die untere Randfrequenz eines Bereiches durch Einstellen der Induktivität von L3 mit dem Abgleichkern der Topfkernspule getrimmt. Zur Eichung auf die obere Randfrequenz (Abgleich der Verdrahtungs- und Spuleneigenkapazität) ist der Trimmer C10 mit dem parallelliegenden kleinen Kondensator C21 bestimmt.

Die Rückkopplung auf die Basis des Transistors T1 erfolgt über die Anzapfung 2. Die in dieser Leitung liegende RC-Kombination hat die Aufgabe, den Frequenzgang der Amplitude zu verbessern und unerwünschte zusätzliche HF-Schwingungen zu unterdrücken.

Der parallel zur Kollektorwicklung (Anschluß 6, 8) liegende Widerstand R12 dient zum Abgleich des Absolutwertes und gleichzeitig der Verbesserung des Frequenzganges der Amplitude.

Rückwirkungen auf die Schwingfrequenz durch Änderungen der Transistor-daten treten wegen der hohen Gütefaktoren der Oszillatorspulen und der starken Entkopplung zwischen frequenzbestimmender Spule und der Rückkopplungs- und Kollektorwicklung nicht auf. Die Auskopplung der Oszillatorspannung auf den Meßkreis erfolgt über die Anzapfung mit dem Anschluß 5.

Das KRT hat sieben Meß-, aber nur drei Frequenzbereiche. Beim Umschalten des Bereiches mit dem Schalter S1 arbeiten folgende Oszillator- und Meßkreisspulen in den verschiedenen Frequenzbereichen.

| Bereich | Meßbereich         | Meßfrequenz   | Oszillator-<br>spule | Meßkreis-<br>spule |
|---------|--------------------|---------------|----------------------|--------------------|
| I       | 0...100 pF         | 285...175 kHz | L1                   | L8                 |
| II      | 100...1000 pF      | 550...215 kHz | L1                   | L9                 |
| III     | 1000...10000 pF    | 70...22 kHz   | L2                   | L8                 |
| IV      | 0,01...0,1 $\mu$ F | 70...22 kHz   | L2                   | L9                 |
| V       | 0,1...1 $\mu$ F    | 7...2,2 kHz   | L3                   | L8                 |
| VI      | 1...10 $\mu$ F     | 7...2,2 kHz   | L3                   | L9                 |
| VII     | 10...100 $\mu$ F   | 7...2,2 kHz   | L3                   | L10                |

Die Frequenzverschiebung in den 2 oberen Bereichen ergibt sich zwangsläufig aus der Tatsache, daß hier sowohl der Prüfling als auch die innere Eigenkapazität des Meßkreises die Resonanzfrequenz bestimmen. Somit erhält man für das Verhältnis der größten zur kleinsten Meßkreis-kapazität eines Bereiches einen kleineren Wert als 10. Dies bedingt wiederum ein kleineres Verhältnis der beiden Randfrequenzen, was durch die Parallelkondensatoren C8-C12 und C13-C15 erreicht wird.

### 3.2.2. Auskopplung und Teilung der Oszillatorspannung

Da eine Anzapfung der Oszillatorspule mit einer halben Windung immer noch eine zu hohe Erregerspannung für den Meßkreis liefert, muß die Auskoppelspannung noch einmal geteilt werden. Dies geschieht in den Bereichen I...IV über einen ohmschen, in den Bereichen V...VII über einen induktiv-ohmschen Teiler. Bei diesem sinkt die Erregerspannung mit zunehmender Meßfrequenz. Dieser Frequenzgang kompensiert teilweise die Vergrößerung der Güte der Meßkreisspule zu den hohen Frequenzen hin, so daß der damit bedingte Anstieg der Meßkreisspannung verkleinert wird. Da große Kondensatoren (Meßobjekte) bei den KRT-Meßfrequenzen sehr niederohmig werden (100  $\mu$ F haben bei 2,2 kHz einen Wechselstrom-widerstand von  $\approx 1,6 \Omega$ ) muß die Erregung des Meßkreises ebenfalls sehr niederohmig erfolgen. Dies ist auch der Grund dafür, daß die Abblock-kondensatoren für die Gleichspannungsquelle C18-C19 so groß sind und die Teilerwiderstände R17 und R18 nur aus einem kleinen Stück Widerstandsdraht bestehen.

### 3.2.3. Meßkreis

Der Resonanzkreis wird gebildet aus der Reihenschaltung einer der Meßkreisspulen L8, L9 oder L10 und dem zu prüfenden Kondensator. Parallel zum Meßobjekt liegen außerdem die innere Verdrahtungskapazität, die Verstärkereingangskapazität sowie der C-Wert, den der Trimmer C20 in seiner Mittelstellung hat. Durch Verstellen von C20 kann eine Anschlußkapazität des Meßobjekts bis 5 pF kompensiert werden, so daß der Meßkreis wieder die der Eichung zugrundegelegte innere Eigenkapazität von etwa 60 pF hat.

### 3.2.4. Polarisationsspannung

Die gewünschte Polarisationsspannung wird am Potentiometer R22 abgegriffen und gelangt über die Meßkreisspule an das Meßobjekt. Die Abblockkondensatoren C18 und C19 verhindern einen Kurzschluß der Spannungsquelle gegen Masse über die niederohmigen Teilerwiderstände der Wechselstromerregung. Beim Zurückdrehen der Vorspannung entladen sich diese Kondensatoren sehr schnell. Der Kaltleiter R23 dient als Kurzschlußschutz. Bei Kurzschluß der Meßklemmen erhöht er seinen Widerstand und begrenzt dadurch den Strom. Dadurch wird, wenn der Kurzschluß nicht zu lange bestehen bleibt, das Potentiometer R22 vor Überlastung geschützt. Für längere Zeit sollte man aber die Meßklemmen nicht kurzschließen.

### 3.2.5. Anzeigeverstärker

Der Anzeigeverstärker setzt sich aus der Eingangsstufe, dem Meßverstärker und dem Anzeigeteil mit Gleichrichtung und einstellbarer Nullpunktunterdrückung zusammen.

Die erste Stufe, ein als Sourcefolger geschalteter Feldeffekttransistor, hat einen Eingangswiderstand von ungefähr 30 M $\Omega$ . Der folgende zweistufige Verstärker setzt die Spannung von etwa 24 mV auf 3,6 V hinauf; dies entspricht einer Verstärkung von etwa 40 dB.

Im Anzeigeteil wird die Ausgangsspannung des Verstärkers bei der Gleichrichtung vervierfacht. Diese Gleichspannung dient zur Ansteuerung des Transistors T7. Sein Öffnungspunkt ist aber außer von dieser Spannung

noch von der Stellung des Potentiometers R61 abhängig; bei 20 mV Meßkreisspannung wird also nicht die ganze Resonanzkurve, sondern nur die obere Kuppe von etwa 16...20 mV angezeigt. Die Empfindlichkeit der Anzeige ist, unabhängig von der Nullpunktunterdrückung, im Skalenfeld „Messen“ des Anzeigeinstruments immer ungefähr gleich groß. Im Skalenfeld „Suchen“ dagegen wird die Anzeige mit steigender Spannung unempfindlicher, da hier die Diode G1 9, die über den Schleifer des Potentiometers R66 parallel zum Instrument liegt, zu öffnen beginnt. Die logarithmische Charakteristik der Anzeige vereinfacht das Aufsuchen der Resonanz sehr, da man sonst bei hohen Meßkreisspannungen mehrmals die Nullpunktunterdrückung mit R61 vergrößern müßte, um den Instrumentzeiger vom rechten Anschlag zurückzuholen.

### 3.2.6. Netzteil

Die Stromversorgung erfolgt aus einem Netztransformator und anschließender Gleichrichtung in Brückenschaltung. Nach einer Siebung wird die Gleichspannung mit einer Zenerdiode auf  $\approx 18$  V stabilisiert.

### 3.3. Mechanischer Aufbau

Das KRT ist seinen elektrischen Funktionsgruppen entsprechend in mechanische Konstruktionseinheiten aufgegliedert:

- a) Frontplatte mit Meßkreis
- b) Bereichumschaltwerk, Skalentrommel- und Zeigertrieb sind eine kompakte Einheit. An dieser Einheit ist auch der Anzeigeverstärker befestigt. Er ist steckbar und kann deshalb ohne Löten ausgewechselt werden.
- c) Auf einer Zwischenplatte sind die Oszillatorspulen, der Drehkondensator und der Bereichschalter mit gedruckter Oszillatorplatte montiert.
- d) Die an der Rückseite des Meßgerätes befestigte Wanne trägt den Netzteil. Sie ist nach Lösen der Halteschrauben nur noch durch den Kabelbaum mit dem Gerät verbunden, so daß sie sich leicht zur Seite schwenken läßt. Der Oszillator ist dann ohne Behinderung zugänglich.

### 3.4. Reparatur

Hier sind diejenigen Fehler beschrieben, die nicht durch den Nachabgleich eines Bauteiles oder das Auswechseln von Dioden und Transistoren behoben werden können.

Als Fehlerursache für eine Störung oder den Ausfall des Gerätes kann praktisch jedes Bauelement und jeder Verdrahtungszweig in Frage kommen. In den meisten Fällen liegt jedoch die Ursache bei Bauteilen, die einem Verschleiß unterliegen, mechanisch besonders empfindlich sind oder bei Alterung ihre Eigenschaften ändern. In den folgenden Abschnitten der Reparaturanleitung werden deshalb auch nur diese Bauelemente, die durch sie möglicherweise hervorgerufenen Fehler und ihre Beseitigung behandelt.

#### 3.4.1. Reparatur des Netzteils

Leuchtet die Kontrolllampe 6 (Bild 2) nicht mehr und hat man sich vergewissert, daß die Lampe selber in Ordnung ist, so überprüfe man die Sicherung Si1 (siehe 2.1.1.). Ist diese auch in Ordnung, so ist sehr wahrscheinlich das Netzkabel oder der Schalter S5 defekt. Beide Teile können nicht repariert, sondern nur gegen neue ausgetauscht werden. Ist dagegen die Sicherung durchgebrannt, so liegt wahrscheinlich sekundärseitig ein Kurzschluß vor. Man löte an der Zenerdiode alle Leitungen zu den Verbrauchern ab und schließe parallel zur Diode eine Ersatzlast von  $\approx 250 \Omega$  ( $2 \times 500 \Omega / 1 \text{ W}$  parallel) an. Nun kann eine neue Sicherung eingelegt und die Spannung an der Zenerdiode mit einem Gleichspannungsvoltmeter auf ihren Sollwert von 17 V...19 V geprüft werden; die primäre Stromaufnahme beträgt dabei 34 mA  $\pm 20\%$ . Werden diese Werte stärker über- oder unterschritten bzw. brennt die Sicherung erneut durch, so liegt der Fehler im Netzteil selbst. Die gesamte Verdrahtung dieser Gruppe muß überprüft werden; ist hierbei die Ursache für den Kurzschluß nicht zu finden, so sind nacheinander der Transformator Tr1, der Gleichrichter Gl 1 und die folgende Schaltung mit den Transistoren T8 und T9 sowie den Zenerdioden Gl 3 und Gl 4 zu kontrollieren.

### 3.4.2. Reparatur am Oszillator

#### 3.4.2.1. Reparatur der elektrischen Bauteile

Wurde bei der Kontrolle des Oszillators nach 3.1.2.2.1. festgestellt, daß der Generator fehlerhaft oder gar nicht mehr arbeitet und ließ sich der Fehler nicht nach 3.1.3.1. und 3.1.3.3. beheben, so überprüfe man zunächst den Bereichsschalter S1 und seine Verdrahtung, sowie den Drehkondensator C14. Arbeitet der Oszillator in einen oder mehreren Bereichen einwandfrei, so scheidet der Drehkondensator als Fehlerursache mit größter Wahrscheinlichkeit aus. Zur Kontrolle des Schalters S1 vergewissere man sich, ob in dem defekten Bereich die Rotormesser in der Mitte der jeweils eingeschalteten Kontaktzangen (das Ende der Kontaktzange ist als Lötflanke ausgebildet) der einzelnen Ebenen stehen. Trifft dies nur ungenau zu oder stellt man eine starke Verschmutzung der Schaltkontakte fest, so ist mit einem Ohmmeter der Durchgangswiderstand festzustellen. Ist die Fehlerursache eine falsche Stellung von Schleifer und Kontakt zueinander oder ist die Kontaktzange durch axiale Belastung der Schaltachse auseinandergedrückt oder verbogen, so muß ein Ersatzschalter eingebaut oder das Gerät zur Reparatur an das Werk eingeschickt werden. Stark verschmutzte Kontakte arbeiten nach der Behandlung mit einem Kontaktreinigungsspray normalerweise für längere Zeit wieder zufriedenstellend. Ist das Kontaktmaterial dagegen durch stark aggressive Umgebungseinflüsse angegriffen worden, so empfiehlt sich ebenfalls der Austausch des Schalters. Lag der Fehler dagegen nicht am Schalter, so überprüfe man durch Sichtkontrolle und leichten Zug mit einer Pinzette an den Schaltdrähten, Lötstellen und Verdrahtung des entsprechenden Bereiches. Muß an der Verdrahtung des Gerätes gelötet werden, ist auf jeden Fall vorher der Netzstecker zu ziehen.

Ist das Meßgerät einer starken Stoßbeanspruchung ausgesetzt gewesen, z.B. durch Herabfallen vom Tisch, so kann unter Umständen der Ferritkern einer Spule gebrochen sein. Dies läßt sich in den meisten Fällen nach Aufschrauben der Halterung von außen erkennen. Die defekte Spule muß ausgebaut und der Kern ausgewechselt werden. Vor dem Einbau der Spule wird diese mit einer Meßbrücke oder mit dem L-Meßgerät LRT vorabgeglichen. Nach dem Einbau müssen die Frequenzbereichswerte entsprechend 3.1.3.1.1. und 3.1.3.1.2. getrimmt werden.

Der Austausch des Transistors T1 sowie die Reinigung des Drehkondensators C14 wurde schon im Abschnitt 3.1.3.3. behandelt. Die übrigen Bauelemente der gedruckten Platte 5100-6.5 dürften nicht als Fehlerursache in Frage kommen, da sie keinem Verschleiß unterliegen.

#### 3.4.2.2. Reparatur der mechanischen Bauteile

Bewegt sich beim Umschalten des Bereichschalters die Skalentrommel bzw. beim Durchdrehen der Frequenz der Abstimmzeiger 3 (Bild 2) nicht, so ist die Ursache hierfür ein loser Bedienungsknopf, eine rutschende Schalterkupplung oder ein defektes Antriebsseil. Bedienungsknopf und Kupplung können durch Anziehen der Madenschrauben mit Innensechskant (Kantenmaß des Sechskantschlüssels 1,7 mm) wieder rutschfrei auf der Achse befestigt werden. Es ist lediglich darauf zu achten, daß die Bereichsanzeige dem durch die Stellung des Schalters S1 bestimmten Bereich entspricht.

Dies gilt auch beim Auswechseln des Antriebsseils für die Skalentrommel. Beim Erneuern des Seils für den Abstimmzeiger muß auf jeden Fall wieder ein Original Skalenseil verwendet werden, das von R&S als Ersatzteil unter der Nummer ZAL 41001 bezogen werden kann. Spiel im Antrieb oder ein rutschendes Seil wirken sich direkt auf die Genauigkeit des Gerätes aus. Zur Einstellung des Skalenzeigers löst man die Befestigungsschraube der Kupplung, über die die Verbindung zwischen Skalenzeigerantrieb und Drehkondensator erfolgt. Nun stellt man den Skalenzeiger an den rechten Anschlag und dreht den Drehkondensator ganz ein. Dann kann die Schraube zur Befestigung der Kupplung auf der Antriebswelle wieder angezogen werden. Nach erfolgter Reparatur sind die Randfrequenzen nach 3.1.2.1. im Bereich 0,1...1  $\mu$ F zu überprüfen. Stimmen die Werte nicht, so ist noch einmal eine Korrektur der mechanischen Einstellung des Drehkondensators zur Abstimmanzeige erforderlich.

### 3.4.3. Reparatur des Teilers

An den ohmschen Teilern für die Bereiche I...IV (Oszillatorspulen L1 und L2) dürfte normalerweise kein Fehler auftreten; für die Spulen L5 und L6 gilt das Gleiche wie das unter 3.4.2.1. Gesagte. Zur Sicherheit können die Auskoppelspannungen mit einem selektiven Voltmeter nachgemessen werden. Sie sollen folgende Werte haben.

| Bereich            | Meßpunkt      | Auskoppelspannung<br>[ $mV_{eff}$ ] |
|--------------------|---------------|-------------------------------------|
| 0...100 pF         | L1/Anschluß 5 | 175...125 $\pm 30\%$                |
| 100...1000 pF      | L1/Anschluß 5 |                                     |
| 1000...10000 pF    | L2/Anschluß 5 | 65...50 $\pm 30\%$                  |
| 0,01...0,1 $\mu F$ | L2/Anschluß 5 |                                     |
| 0,1...1 $\mu F$    | L3/Anschluß 5 | 22...13 $\pm 30\%$                  |
| 1...10 $\mu F$     | L3/Anschluß 5 |                                     |
| 10...100 $\mu F$   | L3/Anschluß 5 |                                     |

### 3.4.4. Reparatur des Meßkreises

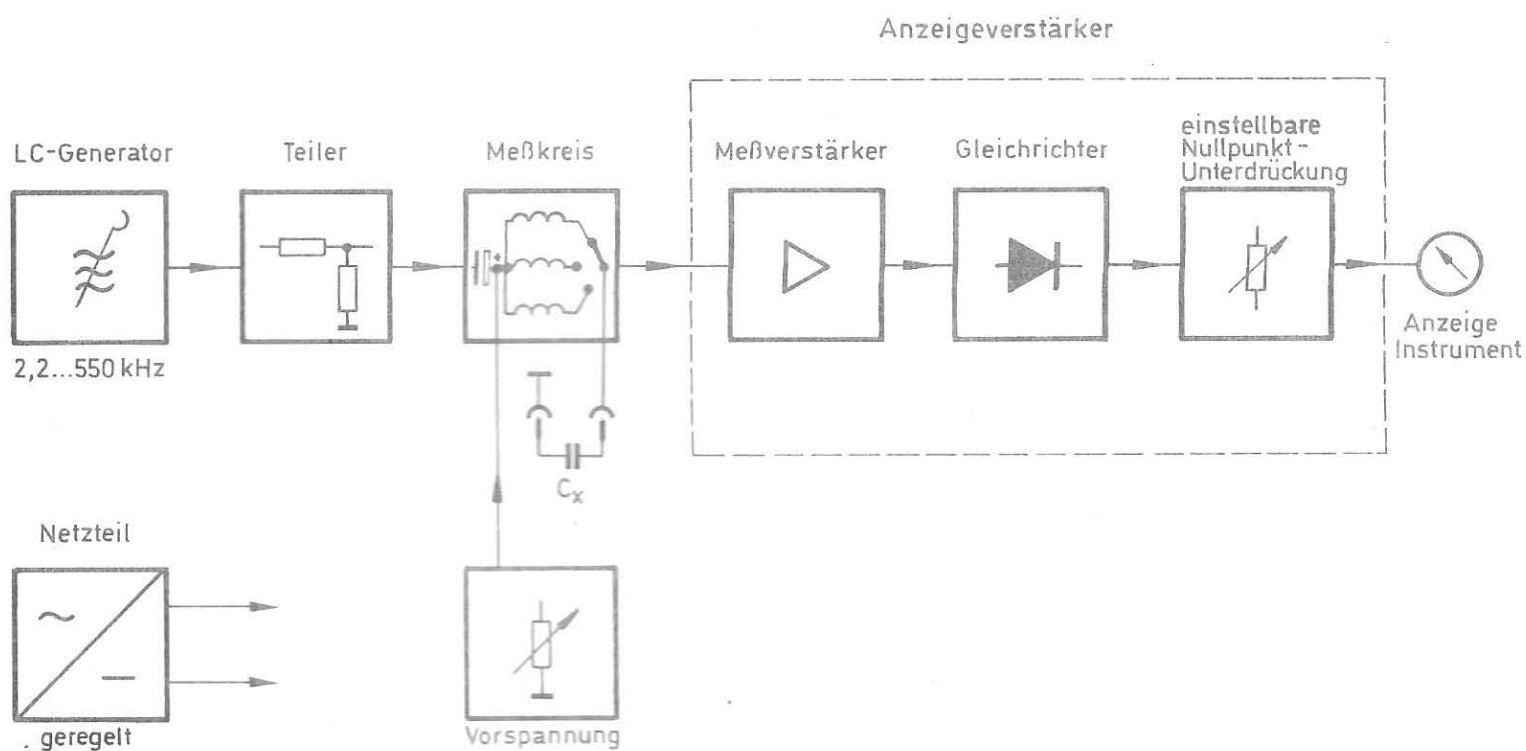
Läßt sich durch Kontrolle der Verdrahtung und der Anschlüsse der Meßkreisspulen keine Fehlerursache finden, so überprüfe man mit einem selektiven Mikrovoltmeter, ob die Spannungen direkt an den Teilerwiderständen mit den an den Punkten 19, 20 und 21 der gedruckten Platte 5100-6.20 gemessenen Werten übereinstimmen. Trifft dies nicht zu, so ist die entsprechende Spule noch einmal genauer zu untersuchen. Entspricht die Spannung an den Kontrollpunkten ihrem Sollwert und ist an der Buchse Bu1 bei offenem Meßkreis und sicherheitshalber herausgezogenem Anzeigeverstärker keine Erregerspannung mehr meßbar, so kann die Ursache nur an der Schalterebene S1IF liegen. Genau definieren läßt sich der Fehler erst, wenn man die gesamte Schalterverdrahtung abgelötet hat. Dann lassen sich die Befestigungsschrauben der Abschirmkappe lösen und man kann diese nach oben ziehen, so daß die geschirmte Ebene sichtbar wird.

### 3.4.5. Reparatur des Anzeigeverstärkers

Das Austauschen der Transistoren und Dioden des Anzeigeverstärkers wurde schon unter 3.1.3.4.2. beschrieben. Lassen sich dadurch die Solleigenschaften der Anzeige nicht mehr herstellen, so überprüfe man zunächst die Verdrahtung zum Eingang 1, die des Meßinstrumentes J1 und die des Potentiometers R61. Läßt sich der Fehler nicht finden, so ist die gedruckte Platte nach oben aus dem Gerät zu ziehen und wie unter 3.1.3.4.2. beschrieben, die Versorgungsspannung an den Kondensator C29 zu legen. Nun kann am Widerstand R40 mit einem Meßsender eine Testspannung von  $25 \text{ mV}_{\text{eff}}$  eingespeist werden. Es müssen sich dann an den einzelnen Stufen ungefähr folgende Spannungen gegen Masse ergeben:

| Meßpunkt                                                           | Spannungswert                            | Meßgerät                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) Am Anschluß des Potentiometers P42 der zum Source von T3 führt. | $21,5 \text{ mV}_{\text{eff}} \pm 20 \%$ | NF-Millivoltmeter<br>$R_E \geq 100 \text{ k}\Omega$<br>(z.B. R&S-Gerät UVN)                                |
| 2) An der Verbindung R55-Kollektor von T6.                         | $3,6 \text{ V}_{\text{eff}} \pm 30 \%$   | wie unter 1)                                                                                               |
| 3) An der Katode von G1 5                                          | $16 \text{ V} \pm 30 \%$                 | Gleichspannungsvoltmeter<br>$R_E 10 \text{ M}\Omega$<br>(z.B. Spannungs-Strom-Widerstand-Meßgerät Typ URI) |

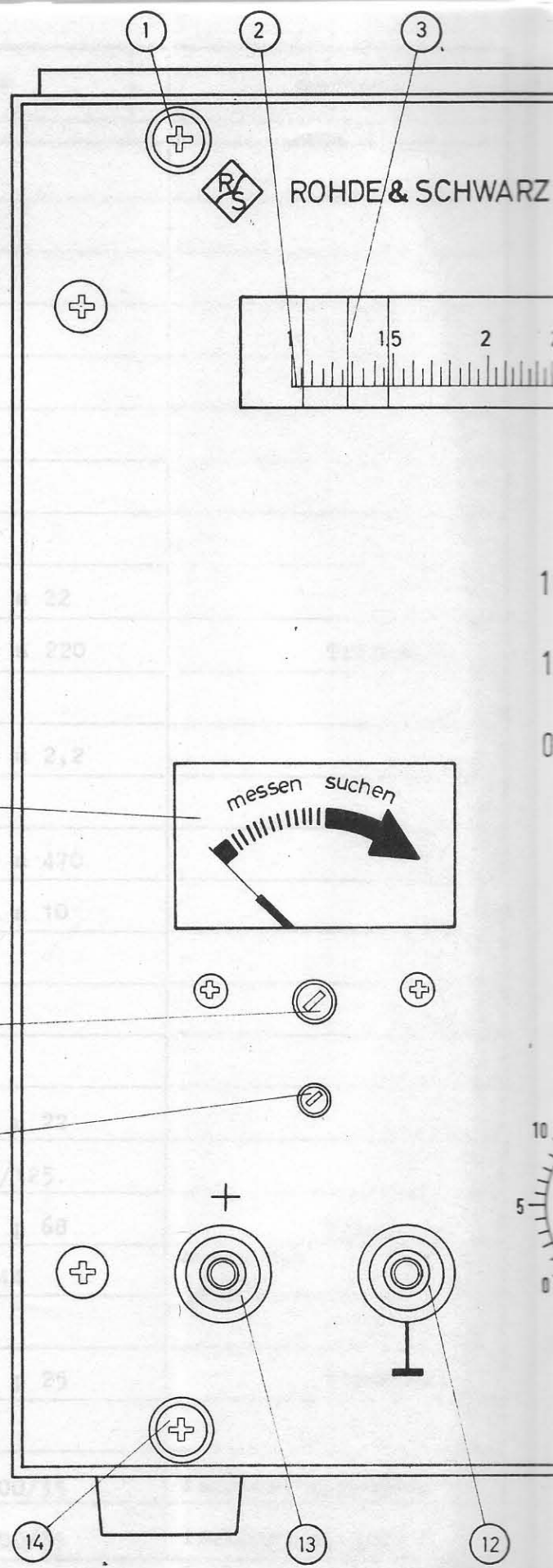
Liegt die Ursache für den Ausfall des Anzeigeverstärkers an einem defekten Bauteil und muß dies ausgewechselt werden, so gilt für das Löten an der gedruckten Platte das Gleiche wie unter 3.1.3.3.



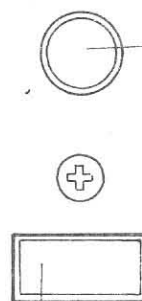
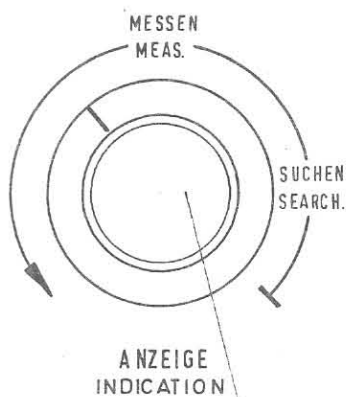
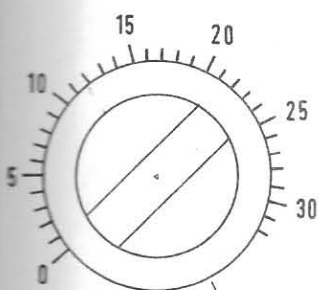
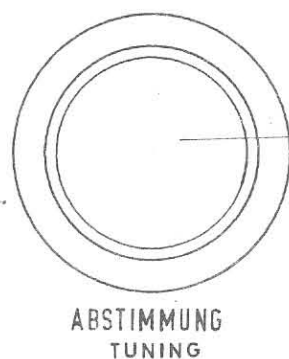
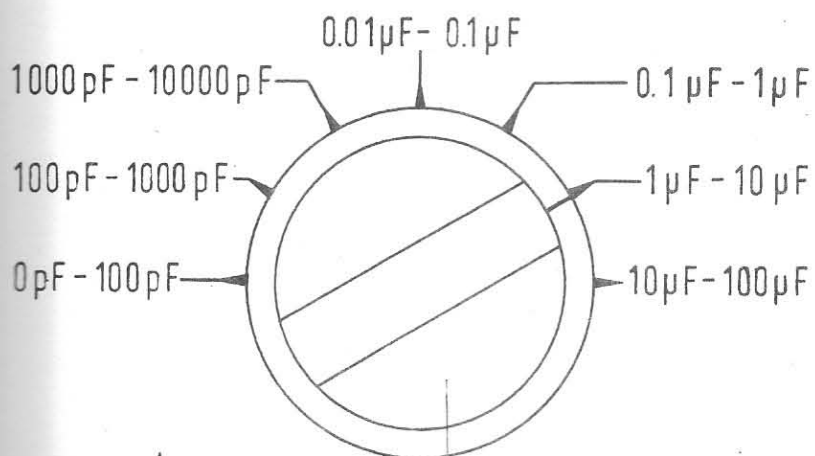
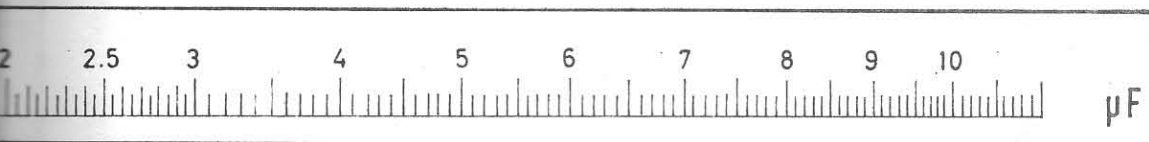
Blockschaltbild

Bild 1

| CK   | Best. | Bezeichnung        | Best.         | Werte |
|------|-------|--------------------|---------------|-------|
| 1    | 4     |                    |               |       |
| Bu 1 |       | Regulierung        | 343           | 343   |
| Bu 2 |       | Widerstand         | 212           | 343   |
| Bu 3 |       | Widerstand         | PUL 30112     |       |
| C 1  |       | KF-Kondensator     | CKK 54564     | 22    |
| C 2  |       | KF-Kondensator     | CKK 54564     | 220   |
| C 4  |       | MF-Kondensator     | CKD 50054     | 2,2   |
| C 5  |       | MF-Kondensator     | CKD 50053     | 470   |
| C 7  |       | KF-Kondensator     | CKK 54564     | 10    |
| C 8  |       | Lufttrimmer        | CV 8025       |       |
| C 9  |       | Lufttrimmer        | CV            |       |
| C10  |       | Lufttrimmer        | CV 8025       |       |
| C11  |       | Papier-Kondensator | CKP 5001      | 22    |
| C12  |       | KF-Kondensator     | CKD 2/400/25  |       |
| C13  |       | KF-Kondensator     | CKD 44215     | 60    |
| C14  |       | Drehko             | 5100          | 4-4   |
| C15  |       | Lufttrimmer        | CV 8025       |       |
| C16  |       | KF-Kondensator     | CKD 52115     | 25    |
| C18  |       | Wider              | CKK 21/2500/5 |       |
| C19  |       | Wider              | CKK 21/25     |       |



WARZ · C-MESSGERÄT · CAPACITANCE METER · TYPE KRT · BN 5100



NETZ POWER

Bedienungsorgane an der Frontplatte

Bild 2.

Vervielfält.-Pause Nr.

Arbeitspause Nr.

|            |    |
|------------|----|
| bearbeitet | WS |
| geprüft    |    |

Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Vervielfältigung, Mitteilung an andere ist strafbar und schadenersatzpflichtig.

| Stück-<br>zahl | Benennung       | Sach-Nr.        | Bemerkungen |
|----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 1              | 2               | 3               | 4           |
| C20            | Lufttrimmer     | CV 61110        |             |
| C21            | KS-Kondensator  | CKD 1/16/125    | Trimmwert   |
| C24            | KS-Kondensator  | CKD 2/1000/125  |             |
| C26            | KT-Kondensator  | CKK 54564 n 22  |             |
| C27            | Tantalelko      | CEU 36443 u 47  |             |
| C29            | Tantalelko      | CEU 36543 u 100 |             |
| C31            | MKT-Kondensator | CKG 50053 n 470 |             |
| C33            | KT-Kondensator  | CKK 54564 n 100 |             |
| C34            | KT-Kondensator  | CKK 54564 n 100 |             |
| C35            | KT-Kondensator  | CKK 54564 n 100 |             |
| C36            | KT-Kondensator  | CKK 54564 n 100 |             |
| C38            | Elko            | CED 21/100/70   |             |
| C39            | Elko            | CED 21/100/70   |             |
| C40            | Elko            | CED 21/100/70   |             |

|                                                                                                                                     |       |                |                     |       |      |                          |                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------|---------------------|-------|------|--------------------------|----------------------------|
| <br><b>ROHDE &amp; SCHWARZ</b><br><b>MÜNCHEN</b> |       | Änd.-<br>zust. | Änd.-Mittlg.<br>Nr. | Datum | Name | Liste Nr.<br><br>5100 Sa | Liste besteht<br>aus Blatt |
|                                                                                                                                     |       | f              | 12942               | 7.67  | Ws   |                          | Blatt Nr.<br>2             |
| 1CDE                                                                                                                                | Datum | Name           | g                   | 13497 | 1.68 | H.W                      |                            |
| geschrieben                                                                                                                         | 7.67  | Wü             | h                   | 13855 | 8.68 | Ws                       |                            |
| bearbeitet                                                                                                                          |       | Ws             |                     |       |      |                          |                            |
| geprüft                                                                                                                             |       |                |                     |       |      |                          |                            |
| normgeprüft                                                                                                                         |       |                |                     |       |      |                          |                            |

Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und Schadensersatzpflichtig.

| Kenn-<br>zeichen | Stück-<br>zahl | Benennung            | Sach-Nr.       |   | Bemerkungen      |
|------------------|----------------|----------------------|----------------|---|------------------|
| 1                | 2              | 3                    | 4              | 5 | 6                |
| G1 1             |                | Gleichrichter        | GNB 75541      |   |                  |
| G1 3             |                | Z-Diode ZD 18        | GEE 25540 E 18 |   |                  |
| G1 4             |                | Z-Diode ZD 27        | GEE 25540 E 27 |   |                  |
| G1 5             |                | Ge-Diode OA 95       | GCE 17420      |   |                  |
| G1 6             |                | Ge-Diode OA 95       | GCE 17420      |   |                  |
| G1 7             |                | Ge-Diode OA 95       | GCE 17420      |   |                  |
| G1 8             |                | Ge-Diode OA 95       | GCE 17420      |   |                  |
| G1 9             |                | Si-Diode OA 200      | GFE 25420      |   |                  |
|                  |                |                      |                |   |                  |
|                  |                |                      |                |   |                  |
|                  |                |                      |                |   |                  |
|                  |                |                      |                |   |                  |
|                  |                |                      |                |   |                  |
| J 1              |                | Drehspul-Strommesser | JPS 10157      |   |                  |
|                  |                |                      |                |   |                  |
|                  |                |                      |                |   |                  |
|                  |                |                      |                |   |                  |
| K 1              |                | HF-Kabel             | LKK 91000      |   | mit Seele LD 208 |
| K 2              |                | HF-Kabel             | LKK 91000      |   |                  |
| K 3              |                | HF-Kabel             | LKK 91000      |   |                  |
| K 4              |                | HF-Kabel             | LKK 91000      |   | mit Seele LD 208 |
| K 5              |                | HF-Kabel             | LKK 91000      |   | mit Seele LD 208 |
|                  |                |                      |                |   |                  |
|                  |                |                      |                |   |                  |
|                  |                |                      |                |   |                  |
|                  |                |                      |                |   |                  |

|                                                                                                                              |       |                |                     |       |      |                          |                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------|---------------------|-------|------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <br><b>ROHDE &amp; SCHWARZ</b><br>MÜNCHEN |       | Änd.-<br>zust. | Änd.-Mittlg.<br>Nr. | Datum | Name | Liste Nr.<br><br>5100 Sa | Liste besteht<br>aus Blatt<br><br>Blatt Nr.<br>3                          |
|                                                                                                                              |       | f              | 12942               | 7.67  | Ws   |                          |                                                                           |
|                                                                                                                              |       | h              | 13855               | 8.68  | Ws   |                          |                                                                           |
| 1CDE                                                                                                                         | Datum | Name           |                     |       |      |                          | Ersatz<br>für Liste<br><br>Schaltteilleiste zu<br><br>C-Meßgerät Type KRT |
| geschrieben                                                                                                                  | 7.67  | Wü             |                     |       |      |                          |                                                                           |
| bearbeitet                                                                                                                   |       | Ws             |                     |       |      |                          |                                                                           |
| geprüft                                                                                                                      |       |                |                     |       |      |                          |                                                                           |
| normgeprüft                                                                                                                  |       |                |                     |       |      |                          |                                                                           |

Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und Schadensersatzpflichtig.

| Kenn-<br>zeichen | Stück-<br>zahl | Benennung            | Sach-Nr.      |   | Bemerkungen           |
|------------------|----------------|----------------------|---------------|---|-----------------------|
| 1                | 2              | 3                    | 4             | 5 | 6                     |
|                  |                |                      |               |   |                       |
|                  |                |                      |               |   |                       |
| L 1              |                | Schwingspule (Gr.)   | 5100 - 6.15   |   | hierzu bes.Stückliste |
| L 2              |                | Schwingspule (Gr.)   | 5100 - 6.16   |   | hierzu bes.Stückliste |
| L 3              |                | Schwingspule (Gr.)   | 5100 - 6.17   |   | hierzu bes.Stückliste |
|                  |                |                      |               |   |                       |
| L 5              |                | Entzerrerspule (Gr.) | 5100 - 6.9.5  |   | hierzu bes.Stückliste |
| L 6              |                | Entzerrerspule (Gr.) | 5100 - 6.9.6  |   | hierzu bes.Stückliste |
|                  |                |                      |               |   |                       |
| L 8              |                | Meßkreisspule (Gr.)  | 5100 - 6.7.5  |   | hierzu bes.Stückliste |
| L 9              |                | Meßkreisspule (Gr.)  | 5100 - 6.7.6  |   | hierzu bes.Stückliste |
| L10              |                | Meßkreisspule (Gr.)  | 5100 - 6.7.7  |   | hierzu bes.Stückliste |
|                  |                |                      |               |   |                       |
|                  |                |                      |               |   |                       |
|                  |                |                      |               |   |                       |
|                  |                |                      |               |   |                       |
|                  |                |                      |               |   |                       |
|                  |                |                      |               |   |                       |
|                  |                |                      |               |   |                       |
| R 1              |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 E 470 |   |                       |
| R 2              |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 E 470 |   |                       |
| R 3              |                | Schichtwiderstand    | WFE 521 k 2,7 |   |                       |
| R 4              |                | Schichtwiderstand    | WFE 521 k 3,3 |   |                       |
| R 5              |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 1   |   |                       |
| R 6              |                | Schicht-Drehwiderst. | WSG 11010/500 |   |                       |
| R 7              |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 10  |   |                       |
| R 8              |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 10  |   |                       |
| R 9              |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 10  |   |                       |

|                                                                                                                                     |       |                |                     |       |      |                                                                                   |                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------|---------------------|-------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><b>ROHDE &amp; SCHWARZ</b><br><b>MÜNCHEN</b> |       | Änd.-<br>zust. | Änd.-Mittlg.<br>Nr. | Datum | Name | Liste Nr.<br><br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">5100 Sa</div> | Liste besteht<br>aus Blatt<br><br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">4</div> |
|                                                                                                                                     |       | f              | 12942               | 7.67  | Ws   |                                                                                   |                                                                                              |
|                                                                                                                                     |       | h              | 13855               | 8.68  | Ws   |                                                                                   |                                                                                              |
| 1CDE                                                                                                                                | Datum | Name           |                     |       |      |                                                                                   |                                                                                              |
| geschrieben                                                                                                                         | 7.67  | Wü             |                     |       |      |                                                                                   |                                                                                              |
| bearbeitet                                                                                                                          |       | Ws             |                     |       |      |                                                                                   |                                                                                              |
| geprüft                                                                                                                             |       |                |                     |       |      |                                                                                   |                                                                                              |
| normgeprüft                                                                                                                         |       |                |                     |       |      |                                                                                   |                                                                                              |
| Ersatz<br>für Liste                                                                                                                 |       |                |                     |       |      |                                                                                   |                                                                                              |
| Schaltung / Schaltteilliste zu                                                                                                      |       |                |                     |       |      |                                                                                   |                                                                                              |
| C-Meßgerät Type KRT                                                                                                                 |       |                |                     |       |      |                                                                                   |                                                                                              |

Vervielfält.-Pause Nr.

Arbeitspause Nr.

www.schwarz.de



Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und schadenersatzpflichtig.

|  Nr.<br>Kenn-<br>zeichen | Stück-<br>zahl | Benennung            | Sach-Nr.        |   | Bemerkungen |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------|-----------------|---|-------------|
| 1                                                                                                        | 2              | 3                    | 4               | 5 | 6           |
|                                                                                                          |                |                      |                 |   |             |
|                                                                                                          |                |                      |                 |   |             |
|                                                                                                          |                |                      |                 |   |             |
| R40                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 1     |   |             |
| R41                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 521 M 20    |   |             |
| R42                                                                                                      |                | Schicht-Drehwiderst. | WSG 11000/5 k   |   |             |
|                                                                                                          |                |                      |                 |   |             |
| R44                                                                                                      |                | Schicht-Drehwiderst. | WSG 11000/2,5 M |   |             |
| R45                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 470   |   |             |
|                                                                                                          |                |                      |                 |   |             |
| R47                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 6,8   |   |             |
| R48                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 6,8   |   |             |
|                                                                                                          |                |                      |                 |   |             |
| R50                                                                                                      |                | Schicht-Drehwiderst. | WSG 11000/250 k |   |             |
| R51                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 22    |   |             |
| R52                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 10    |   |             |
|                                                                                                          |                |                      |                 |   |             |
| R54                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 E 3,3   |   |             |
| R55                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 2,2   |   |             |
| R56                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 E 12    |   |             |
|                                                                                                          |                |                      |                 |   |             |
| R58                                                                                                      |                | Schicht-Drehwiderst. | WSG 11000/50    |   |             |
| R59                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 470   |   |             |
| R60                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 12    |   |             |
| R61                                                                                                      |                | Schicht-Drehwiderst. | WS 9126/10 k    |   | Achs-L = 22 |
| R62                                                                                                      |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 k 2,2   |   |             |
|                                                                                                          |                |                      |                 |   |             |

|                                                                                                                              |       |                |                    |       |      |                          |                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------|--------------------|-------|------|--------------------------|------------------------------------------------|
| <br><b>ROHDE &amp; SCHWARZ</b><br>MÜNCHEN |       | Änd.-<br>zust. | Änd.-Mitgl.<br>Nr. | Datum | Name | Liste Nr.<br><br>5100 Sa | Liste besteht<br>aus Blatt                     |
|                                                                                                                              |       | f              | 12942              | 7.67  | Ws   |                          | Blatt Nr.<br>6                                 |
| 1CDE                                                                                                                         | Datum | Name           |                    |       |      |                          | Ersatz<br>für Liste<br><br>C-Meßgerät Type KRT |
| geschrieben                                                                                                                  | 7.67  | Wü             |                    |       |      |                          |                                                |
| bearbeitet                                                                                                                   |       | Ws             |                    |       |      |                          |                                                |
| geprüft                                                                                                                      |       |                |                    |       |      |                          |                                                |
| normgeprüft                                                                                                                  |       |                |                    |       |      |                          |                                                |

Arbeitspasse Nr.

Arbeitspasse Nr.

www.schwarz.de

Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und schadenersatzpflichtig.

| Kenn-<br>zeichen | Stück-<br>zahl | Benennung            | Sach-Nr.                                       |   | Bemerkungen                                                          |
|------------------|----------------|----------------------|------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------|
| 1                | 2              | 3                    | 4                                              | 5 | 6                                                                    |
| R65              |                | Schichtwiderstand    | WFE 321 E 15                                   |   |                                                                      |
| R66              |                | Schicht-Drehwiderst. | WSG 11000/10 k                                 |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
| R1 1             |                | Kleinlampe           | RLT 32400                                      |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
| S 1              |                | Schalter (Gr.)       | 5100 - 6.18                                    |   | hierzu bes.Stückliste                                                |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
| S 4              |                | Spannungswähler      | FD 60504                                       |   |                                                                      |
| S 5              |                | Schalter             | SDE 32012                                      |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
| Si 1             |                | Schmelzeinsatz       | T 0,16 B DIN 41571 x)<br>T 0,08 B DIN 41571 x) |   | 115...125 V<br>220...235 V Netzspg.<br>x) zusätzl.je 2 St.<br>Ersatz |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |
|                  |                |                      |                                                |   |                                                                      |

|                                                                                                                           |       |                |                    |       |      |                                                                 |                                 |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------|--------------------|-------|------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|
|  <b>ROHDE &amp; SCHWARZ</b><br>MÜNCHEN |       | Änd.-<br>zust. | Änd.-Mitgl.<br>Nr. | Datum | Name | Liste Nr.<br><br><div style="text-align: center;">5100 Sa</div> | Liste besteht<br>aus Blatt      |  |
|                                                                                                                           |       | f              | 12942              | 7.67  | Ws   |                                                                 | Blatt Nr. 7                     |  |
| 1CDE                                                                                                                      | Datum | Name           | h                  | 13855 | 8.68 | Ws                                                              |                                 |  |
| geschrieben                                                                                                               | 7.67  | Wü             | i                  | 14620 | 6.69 | Ws                                                              | Ersatz<br>für Liste             |  |
| bearbeitet                                                                                                                |       | Ws             |                    |       |      |                                                                 | Stückliste / Schaltteilliste zu |  |
| geprüft                                                                                                                   |       |                |                    |       |      |                                                                 | C-Meßgerät Type KRT             |  |
| normgeprüft                                                                                                               |       |                |                    |       |      |                                                                 |                                 |  |

Vertriebs- / -Pause Nr.

Arbeitspause Nr.

www.siemens.de

Arbeitspause Nr.

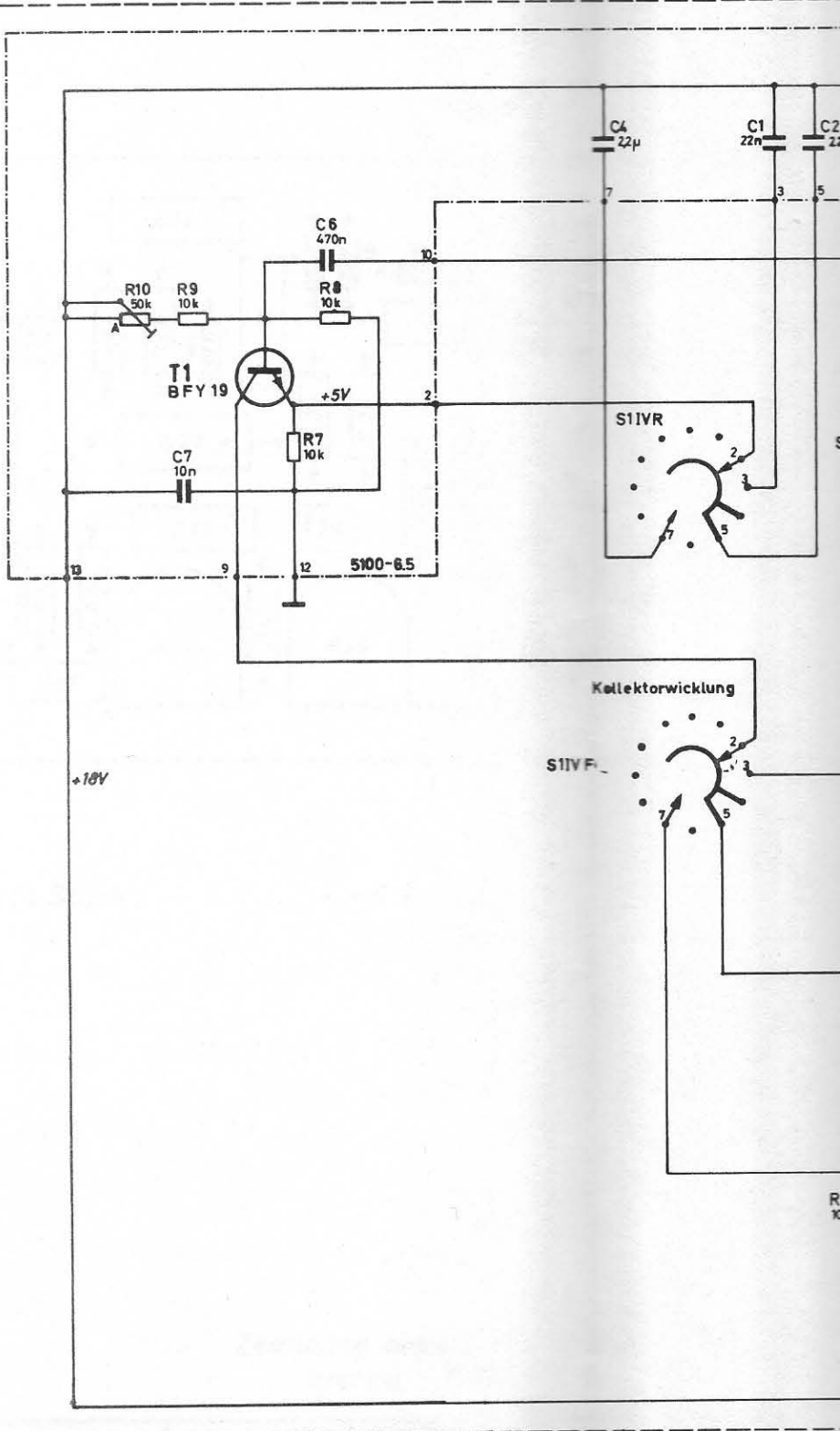
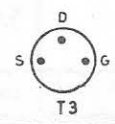
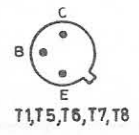
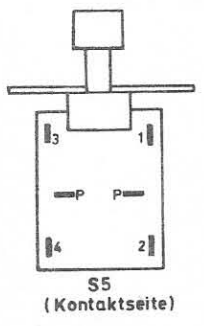
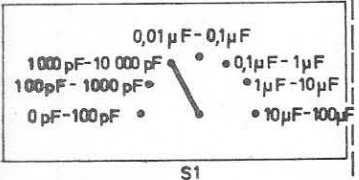
428; 0568; 100 S 68

| Name | Datum | And. Mittg. Nr. | And. Zust. | Name | Datum | And. Mittg. Nr. |
|------|-------|-----------------|------------|------|-------|-----------------|
|      |       |                 |            |      |       |                 |
|      |       |                 |            |      |       |                 |
|      |       |                 |            |      |       |                 |
|      |       |                 |            |      |       |                 |
|      |       |                 |            |      |       |                 |
|      |       |                 |            |      |       |                 |
|      |       |                 |            |      |       |                 |
|      |       |                 |            |      |       |                 |
|      |       |                 |            |      |       |                 |

Bitte beachten: Bei einer Änderung, Vervielfältigung, Fälschung oder anderen in ähnlicher Weise ist strafbar und schadenstiftend.

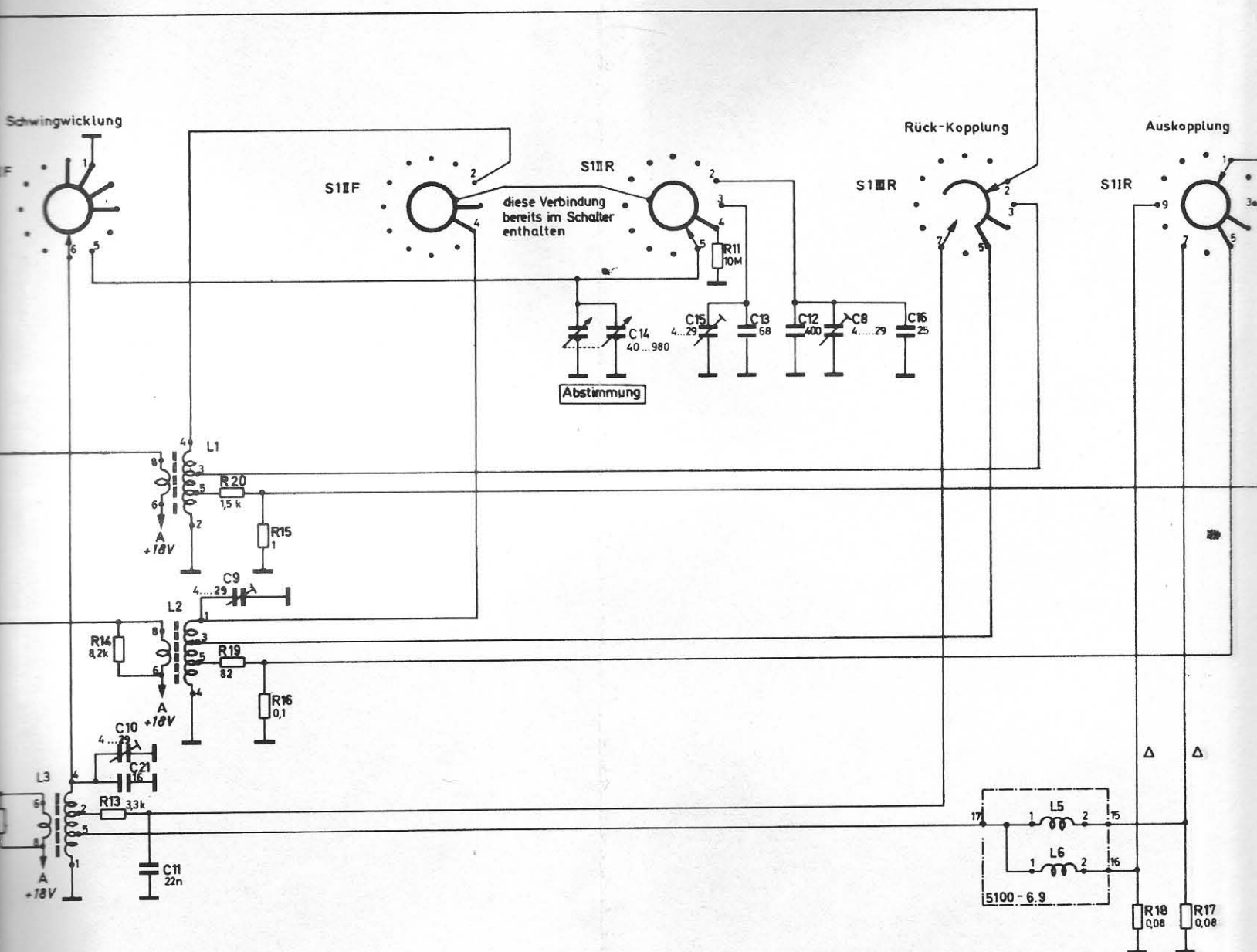
RONDE & SCHWARZ MÜNCHEN

| 1 CDE      | Datum     | Werkz. | Mont. zuef. | Anweisung Nr. | Datum     | Preis |
|------------|-----------|--------|-------------|---------------|-----------|-------|
| gezeichnet | 14. 7. 67 | Del.   | g           | 12 942        | 14. 7. 67 | Ws.   |
| beurteilt  |           | Ws.    | h           | 13 497        | 16. 1. 68 | HW    |
| geprüft    |           | St.    | i           | 13 855        | 5. 8. 68  | Ws    |
| abgegeben  |           |        | k           | 14 620        | 3. 6. 68  | Ws    |

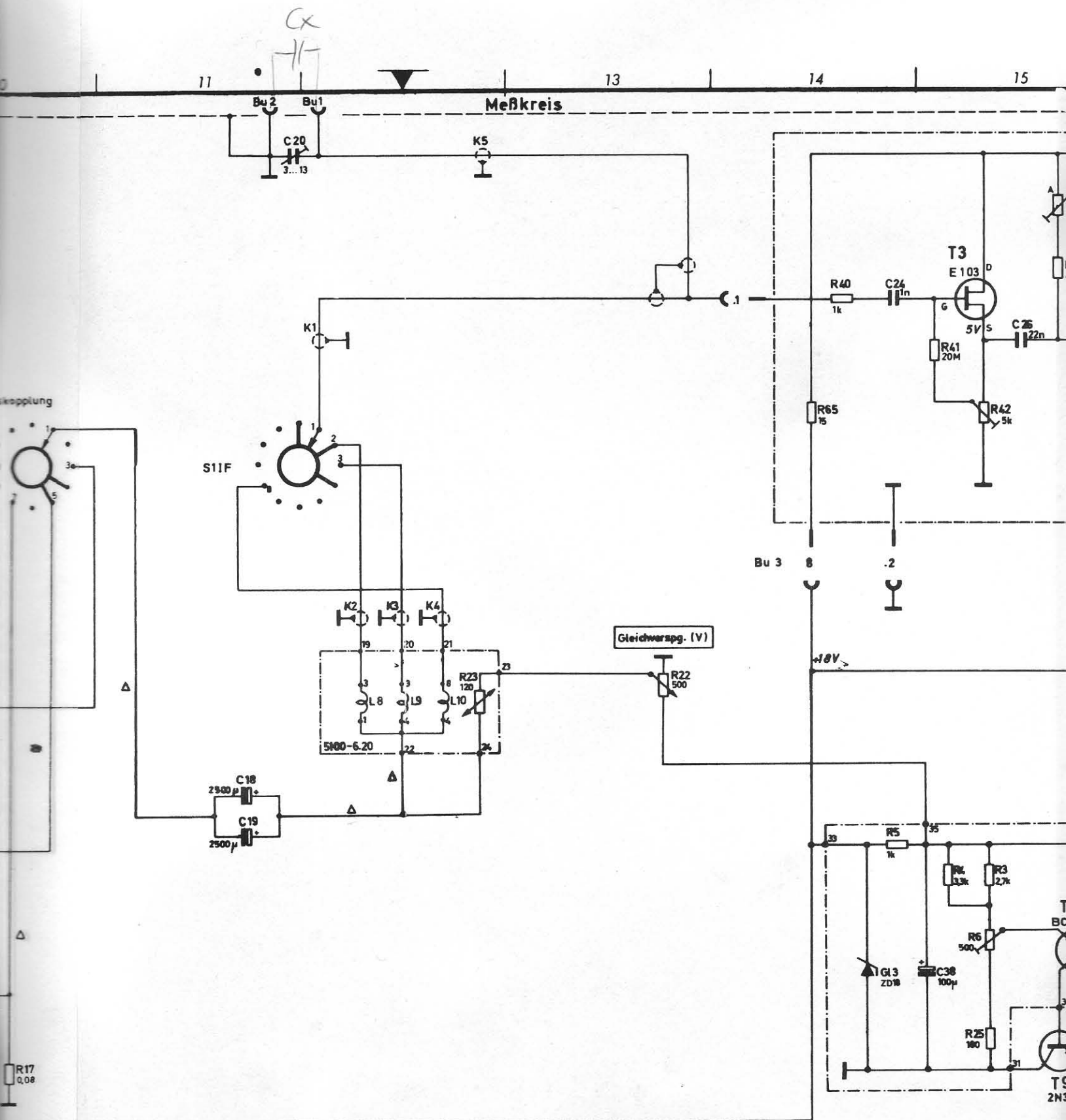


Die Eintragung der elektrischen Werte von Bauelementen ist unverbindlich. Genaue Werte siehe Schalteilleiste.



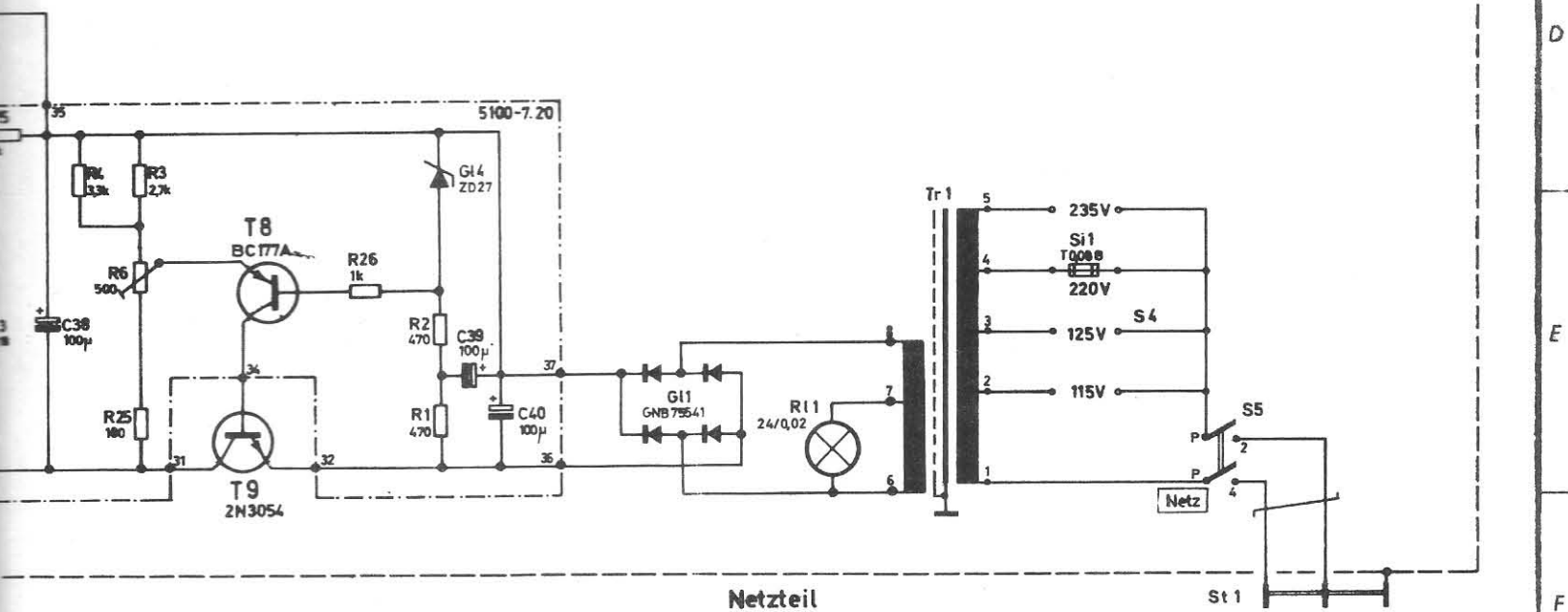
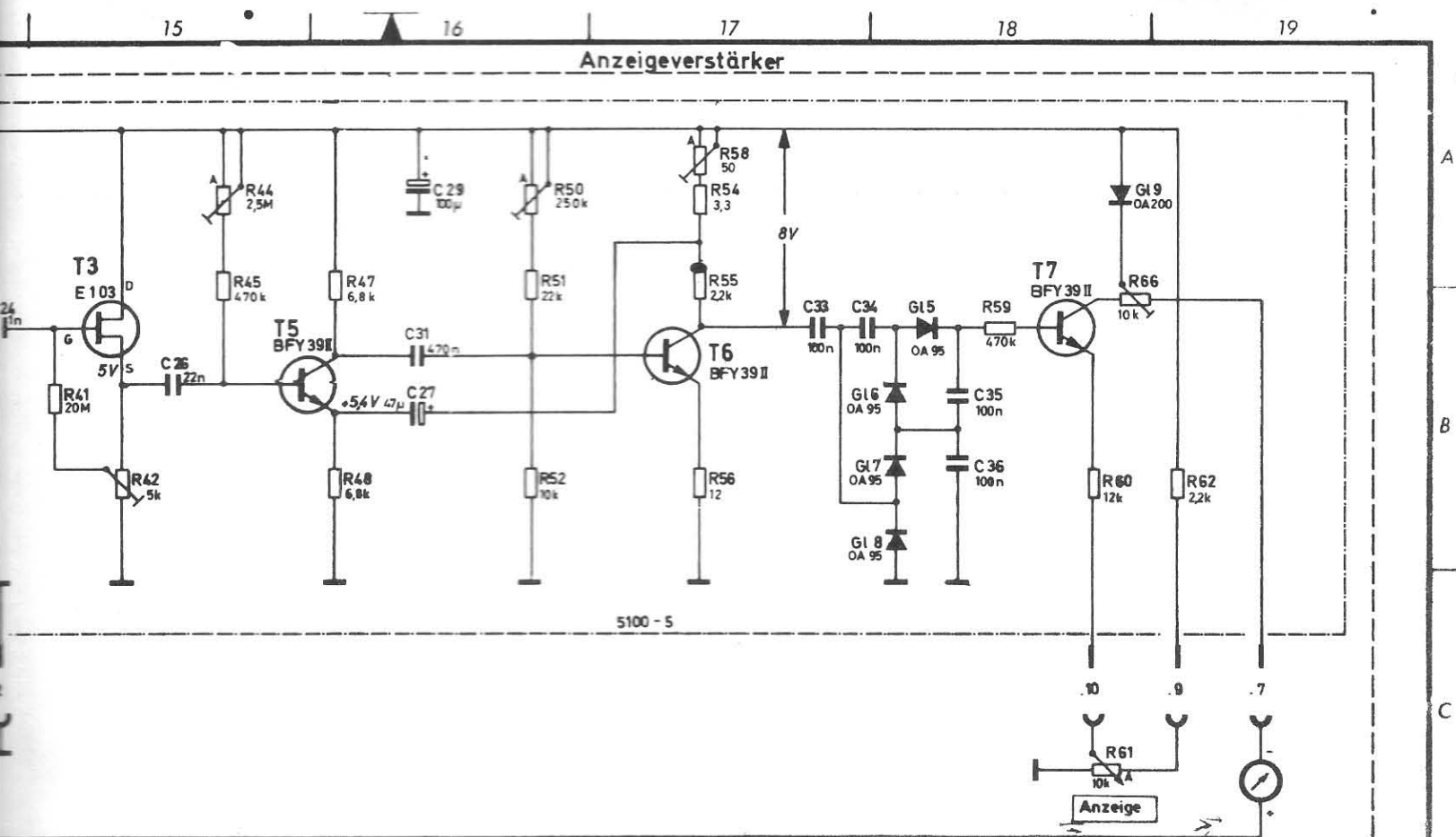


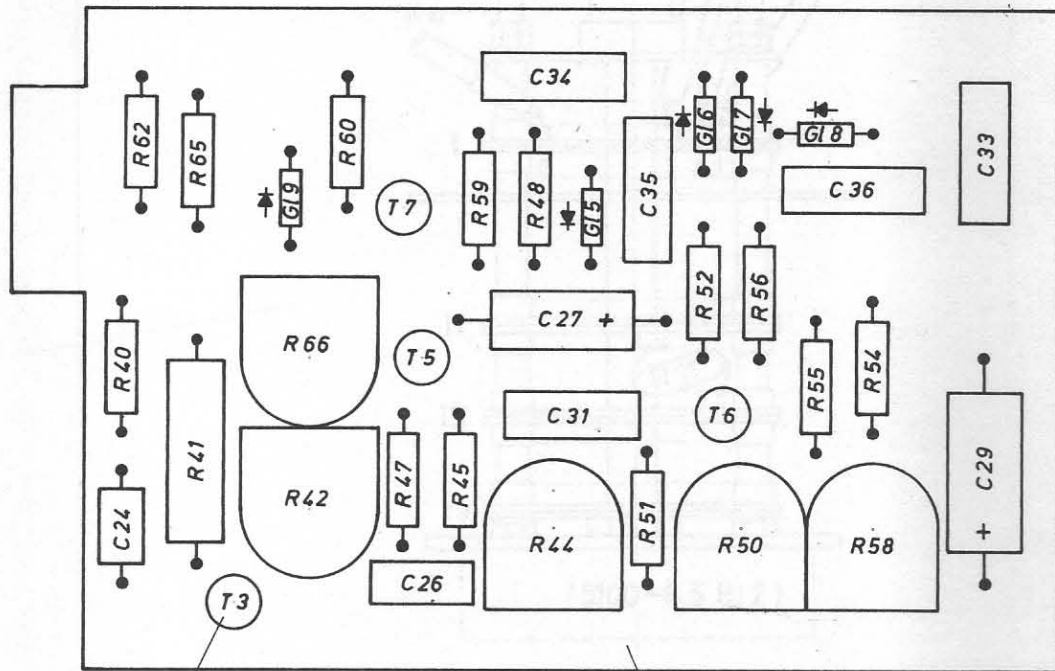
Spannungen gemessen mit  
Röhrenvoltmeter ( $R_e \geq 10M\Omega$ ) gegen Masse



Δ Schalt draht Cu 0,8 Ø

Alle übrigen Leitungen LDV 4051





GZT 20283 (4 Stück)

- 5.1

Zeichnung besteht aus 2 Blatt  
hierzu 5100 - 5 St

|                                                                                                                                           |  |  |                     |      |            |                  |                   |      |                   |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|---------------------|------|------------|------------------|-------------------|------|-------------------|--|
| <div></div> <div>ROHDE &amp; SCHWARZ<br/>MÜNCHEN</div> |  |  | Halbzeug, Werkstoff |      |            |                  | Untolerierte Maße |      | Zeichn. Nr.       |  |
|                                                                                                                                           |  |  |                     |      |            |                  | Maßstab           |      | 5100 - 5 BL.1     |  |
| 1CDD                                                                                                                                      |  |  | Datum               | Name | Änd. zust. | Änd. Mittlg. Nr. | Datum             | Name | 1:1               |  |
| gezeichnet                                                                                                                                |  |  | 11.7.67             | Wm   | a          | 12942            | 19.7.67           | Fre  | Ersatz f. Zeichn. |  |
| bearbeitet                                                                                                                                |  |  |                     |      | b          | 13213            | 16.10.67          | Ka   | Platte (Gr.)      |  |
| geprüft                                                                                                                                   |  |  |                     |      |            |                  |                   |      |                   |  |
| normgepr.                                                                                                                                 |  |  |                     |      |            |                  |                   |      |                   |  |

Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und schadenersatzpflichtig.

ISO-Projektion,  
1. E  
Vervielfältigungs-Platz  
Nr.

ManuaPlus.com

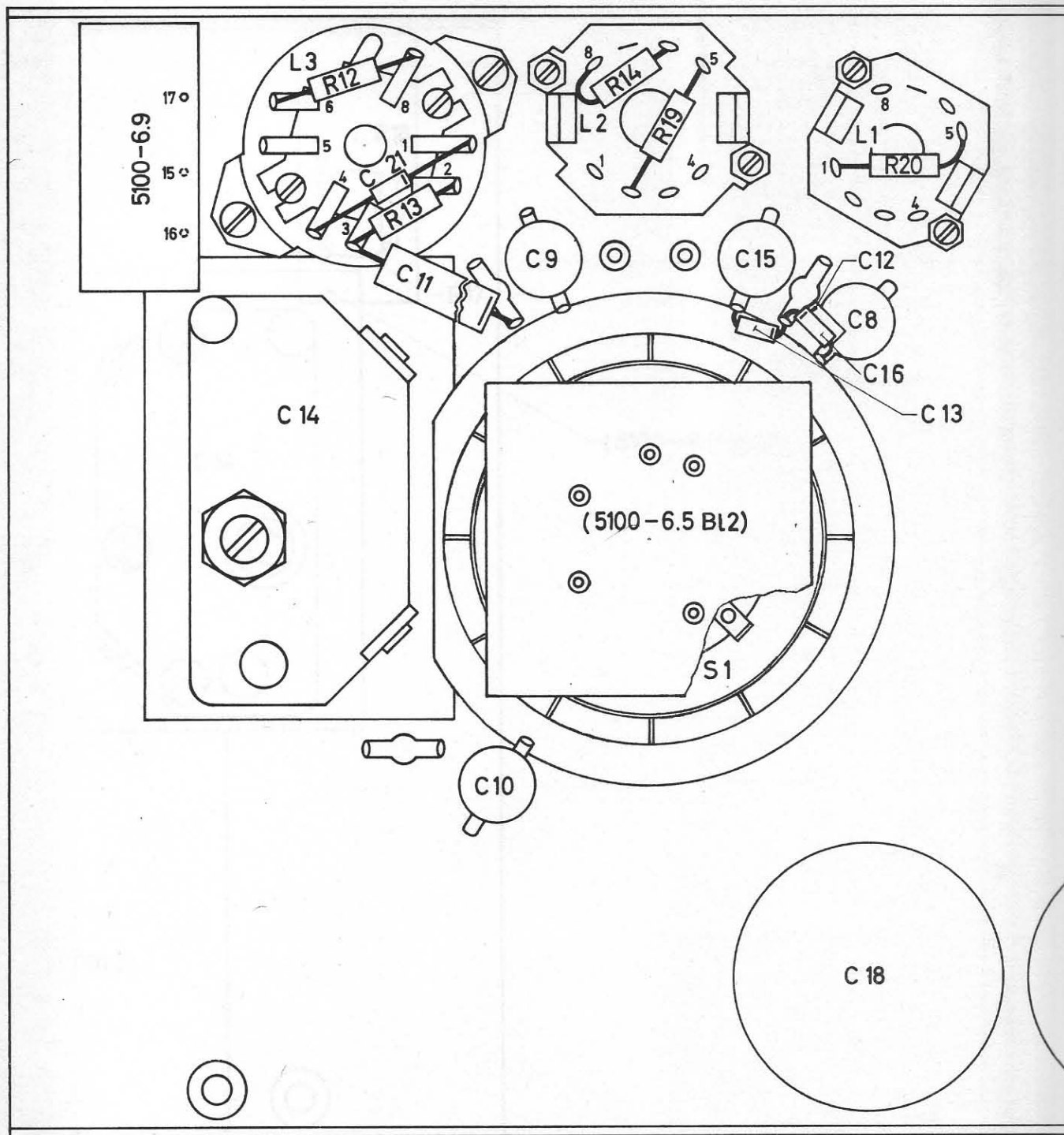
A

B

C

D

E



Die Benutzung dieses Zeichens ist  
unbefugte Verwertung. Mitteilung an andere ist  
strafbar und schadenersatzpflichtig.

Druckfunktion,  
E

Druckfunktion,  
E

Druckfunktion,  
E

Druckfunktion,  
E

Druckfunktion,  
E



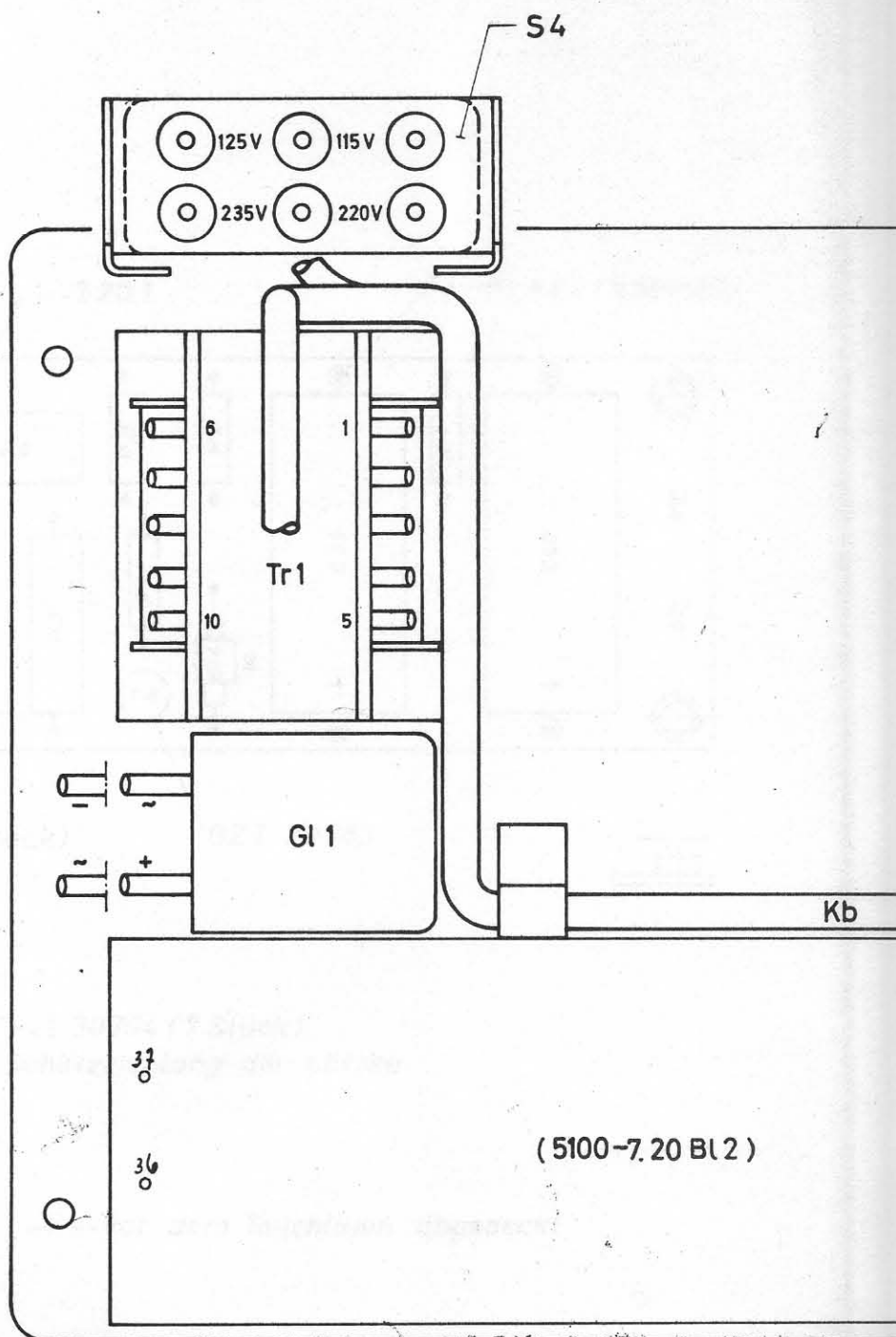
A

B

C

D

E



Diese Zeichnung ist ein Eigentum der Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und schadenersatzpflichtig.

Projektion,  
de E



anfall.-Pause  
Nr.

Pause Nr.

A

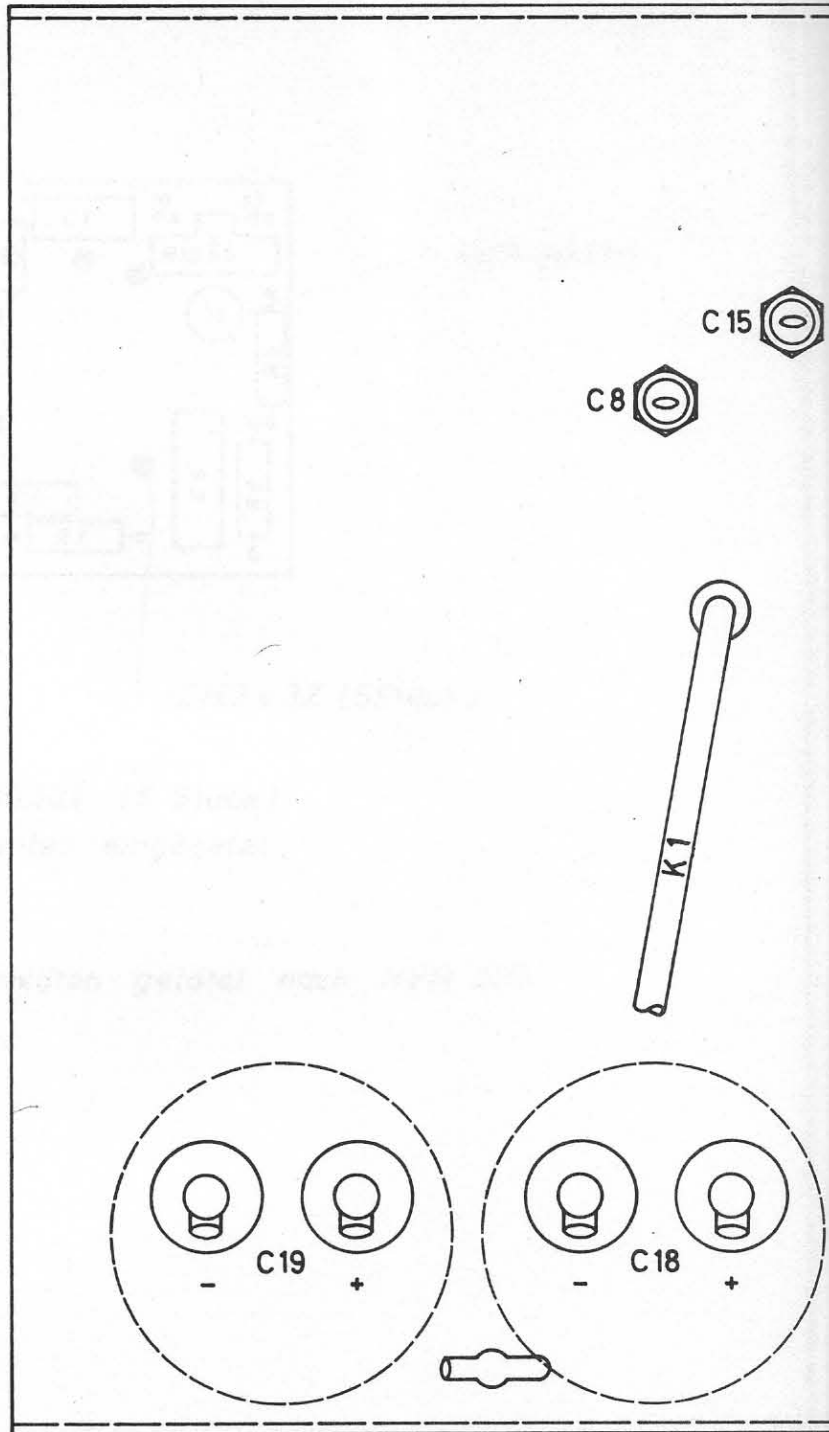
B

C

D

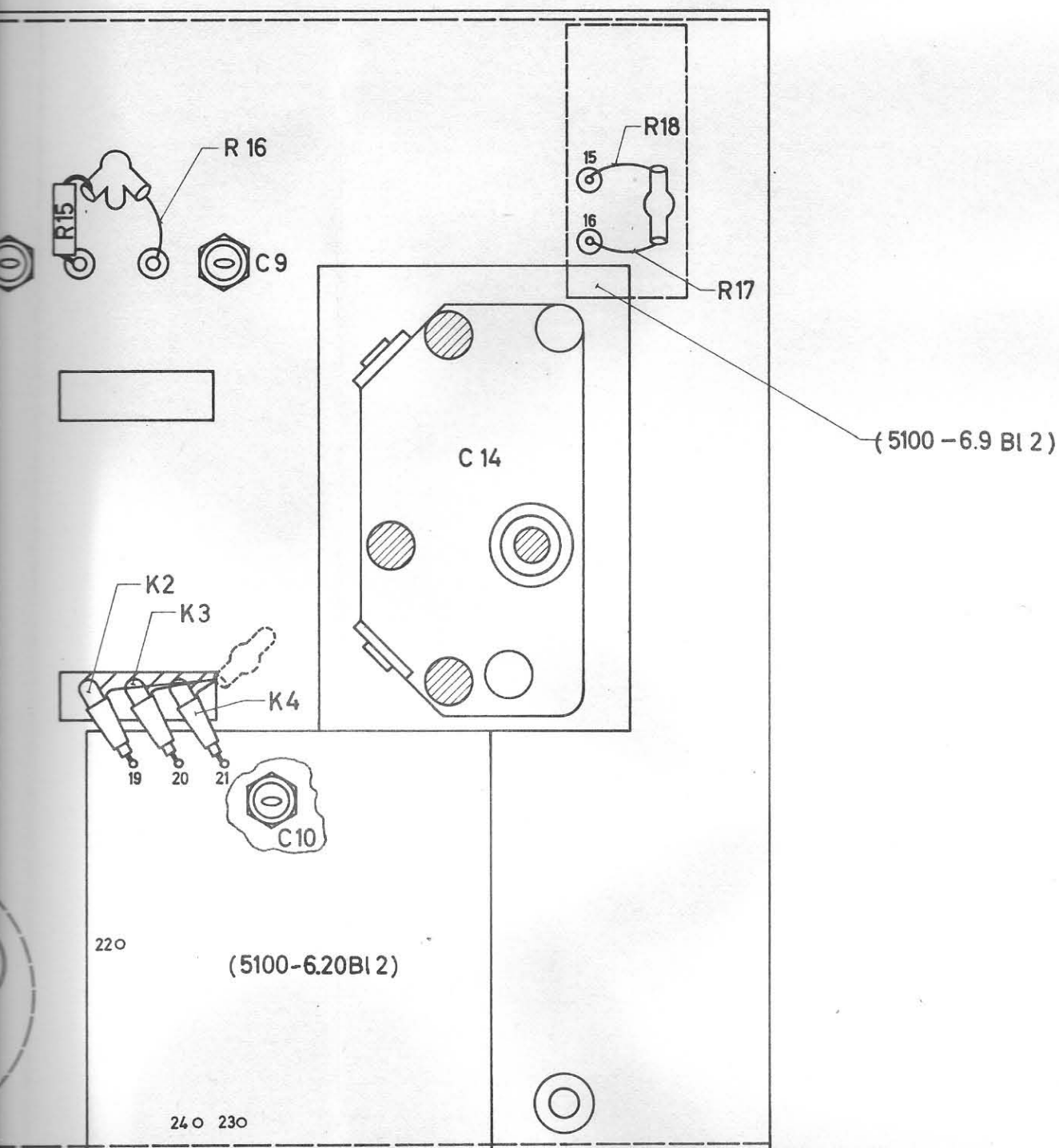
E

Diese Zeichnung ist Eigentum der Veltell-Verwaltung, Verwertung, Mitteilung an andere ist  
 unzulässig. Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und Schadensersatzpflichtig.

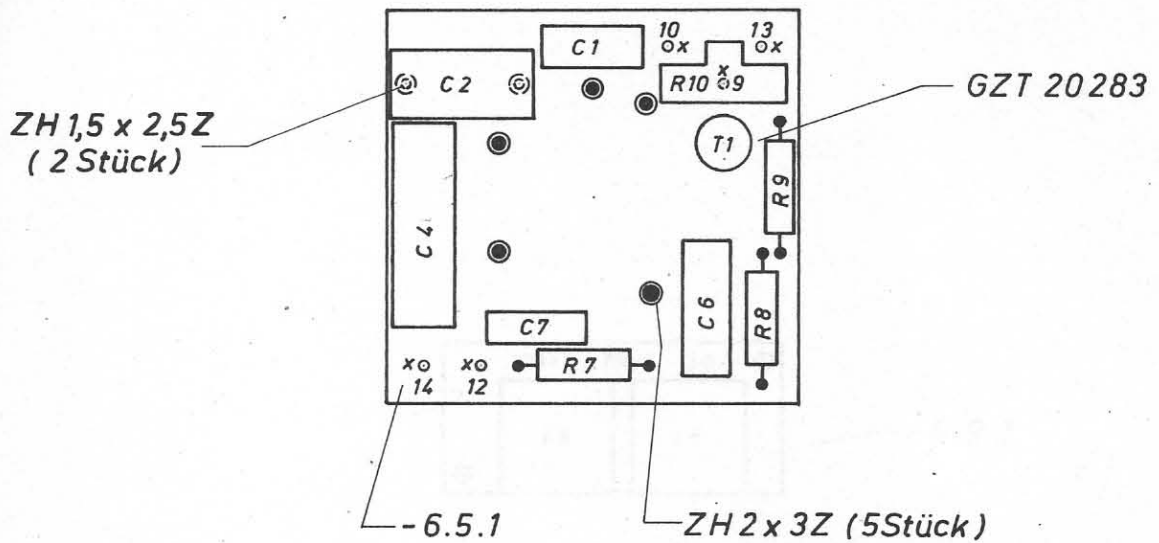

 Aktion,  
 E

 Irrtümer, -Punkte  
 Nr.

Pausen Nr.



|                                                                                                                                     |  |                            |  |             |  |                          |  |                                         |  |              |  |             |  |                             |  |                          |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------|--|-------------|--|--------------------------|--|-----------------------------------------|--|--------------|--|-------------|--|-----------------------------|--|--------------------------|--|
| <br><b>ROHDE &amp; SCHWARZ</b><br><b>MÜNCHEN</b> |  | <b>Halbzeug, Werkstoff</b> |  |             |  | <b>Untolerierte Maße</b> |  | <b>Zeichn. Nr.</b><br><br>5100 – 6 Bl.3 |  |              |  |             |  |                             |  |                          |  |
| 1CDE                                                                                                                                |  | <b>Datum</b>               |  | <b>Name</b> |  | <b>Änd. zust.</b>        |  | <b>Änd.-Mittlg. Nr.</b>                 |  | <b>Datum</b> |  | <b>Name</b> |  | <b>Maßstab</b><br><br>1 : 1 |  | <b>Ersatz f. Zeichn.</b> |  |
| gezeichnet                                                                                                                          |  | 7.4.67                     |  |             |  | a                        |  | —                                       |  | 6.9.67       |  | Pe-ko       |  | <b>Spulenplatte ( Gr. )</b> |  |                          |  |
| bearbeitet                                                                                                                          |  |                            |  | Ka          |  | d                        |  | 13 855                                  |  | 12.8.68      |  | Pe-ko       |  |                             |  |                          |  |
| geprüft                                                                                                                             |  |                            |  |             |  |                          |  |                                         |  |              |  |             |  |                             |  |                          |  |
| normgepr.                                                                                                                           |  |                            |  |             |  |                          |  |                                         |  |              |  |             |  |                             |  |                          |  |



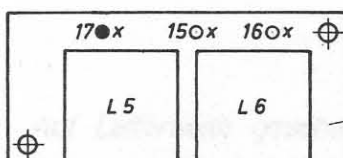
x KLL 30304 (5 Stück)  
von unten eingesetzt

C2 nach dem Tauchlöten gelötet nach HVM 230

Zeichnung besteht aus 2 Blatt  
hierzu 5100 - 6.5 St

ISO Projektion,  
de E  
Vervielfält.-Pause  
Nr.

|                                                                                                                              |              |                            |                   |                         |              |                                  |                          |                                                  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|-------------------|-------------------------|--------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------|--|
| <br><b>ROHDE &amp; SCHWARZ</b><br>MÜNCHEN |              | <b>Halbzeug, Werkstoff</b> |                   |                         |              | <b>Untolerierte Maße</b>         |                          | <b>Zeichn. Nr.</b><br><br><b>5100 - 6.5 Bl.1</b> |  |
|                                                                                                                              |              |                            |                   |                         |              | <b>Maßstab</b><br><br><b>1:1</b> |                          |                                                  |  |
| <b>1CDD</b>                                                                                                                  | <b>Datum</b> | <b>Name</b>                | <b>Änd. zust.</b> | <b>Änd.-Mittlg. Nr.</b> | <b>Datum</b> | <b>Name</b>                      | <b>Ersatz f. Zeichn.</b> |                                                  |  |
| gezeichnet                                                                                                                   | 11.7.67      | Wm                         | a                 | 12942                   | 19.7.67      | Ss                               | <b>Platte (Gr.)</b>      |                                                  |  |
| bearbeitet                                                                                                                   |              |                            | b                 | 13213                   | 16.10.67     | Ka                               |                          |                                                  |  |
| geprüft                                                                                                                      |              |                            |                   |                         |              |                                  |                          |                                                  |  |
| normgepr.                                                                                                                    |              |                            |                   |                         |              |                                  |                          |                                                  |  |



- 6.9.1

x KLL 30 804 (3 Stück)  
o von unten eingesetzt

Zeichnung besteht aus 2 Blatt  
hierzu 5100-6.9 St

|                                                                                                                                           |  |  |                     |      |            |                  |                   |      |                   |              |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|---------------------|------|------------|------------------|-------------------|------|-------------------|--------------|--|
| <div></div> <div>ROHDE &amp; SCHWARZ<br/>MÜNCHEN</div> |  |  | Halbzeug, Werkstoff |      |            |                  | Untolerierte Maße |      | Zeichn. Nr.       |              |  |
|                                                                                                                                           |  |  |                     |      |            |                  | Maßstab           |      | 5 100 - 6.9 Bl.1  |              |  |
| 1CDD                                                                                                                                      |  |  | Tag                 | Name | Änd. zust. | Änd.-Mittig. Nr. | Tag               | Name | Ersatz f. Zeichn. |              |  |
| gezeichnet                                                                                                                                |  |  | 7.9.66              | Wm   | a          | 13213            | 16.10.67          | Ka   |                   |              |  |
| bearbeitet                                                                                                                                |  |  |                     |      |            |                  |                   |      |                   |              |  |
| geprüft                                                                                                                                   |  |  |                     |      |            |                  |                   |      |                   |              |  |
| normgepr.                                                                                                                                 |  |  |                     |      |            |                  |                   |      |                   |              |  |
|                                                                                                                                           |  |  |                     |      |            |                  |                   |      |                   | Platte (Gr.) |  |

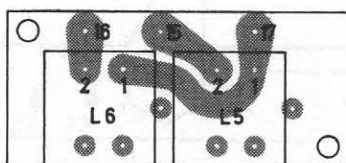
Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und Schadensersatzpflichtig.

Vervielfält.-Pause  
Nr.

Arbeitspause Nr.

Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und schadenersatzpflichtig.

Auf Leiterseite gesehen



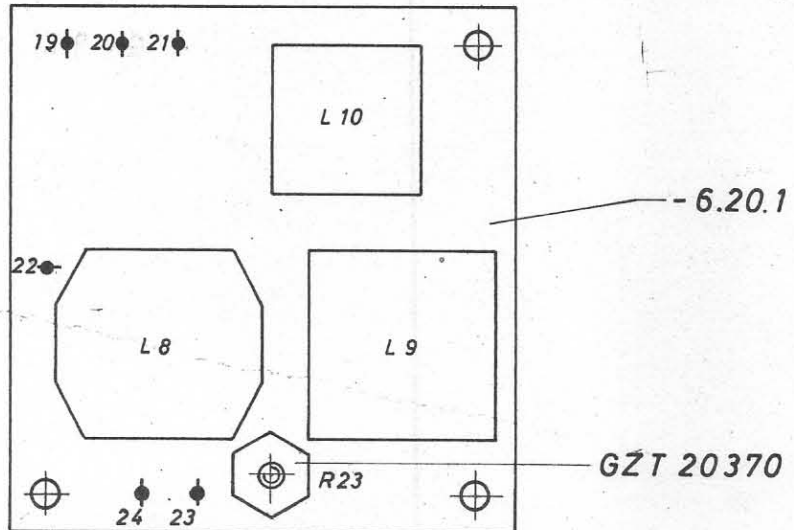
→ 30204 (5 Stück)  
→ Schweißrichtung der Lötstelle

Zeichnung besteht aus 2 Blättern  
5100 - 6.9 Bl. 2

Projektion,  
1. Lage E  
Vervielfält.-Pause  
Nr.  
Arbeitspause Nr.

|                                                                                                                              |                |                     |                   |                         |              |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|-------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------------------|
| <br><b>ROHDE &amp; SCHWARZ</b><br>MÜNCHEN |                | Halbzeug, Werkstoff |                   | Untolerierte Maße       |              | Zeichn. Nr.<br><br><b>5100 - 6.9 Bl.2</b> |
|                                                                                                                              |                |                     |                   | Maßstab<br><b>1 : 1</b> |              |                                           |
| <b>1CDE</b>                                                                                                                  | <b>Datum</b>   | <b>Name</b>         | <b>Änd. zust.</b> | <b>Änd. Mittlg. Nr.</b> | <b>Datum</b> | <b>Name</b>                               |
| gezeichnet                                                                                                                   | <b>21.9.67</b> |                     |                   |                         |              |                                           |
| bearbeitet                                                                                                                   |                | <b>Ka</b>           |                   |                         |              |                                           |
| geprüft                                                                                                                      |                |                     |                   |                         |              |                                           |
| normgepr.                                                                                                                    |                |                     |                   |                         |              |                                           |
|                                                                                                                              |                |                     |                   |                         |              | <b>Platte ( Gr. )</b>                     |

tauchgelötet nach HVN 230



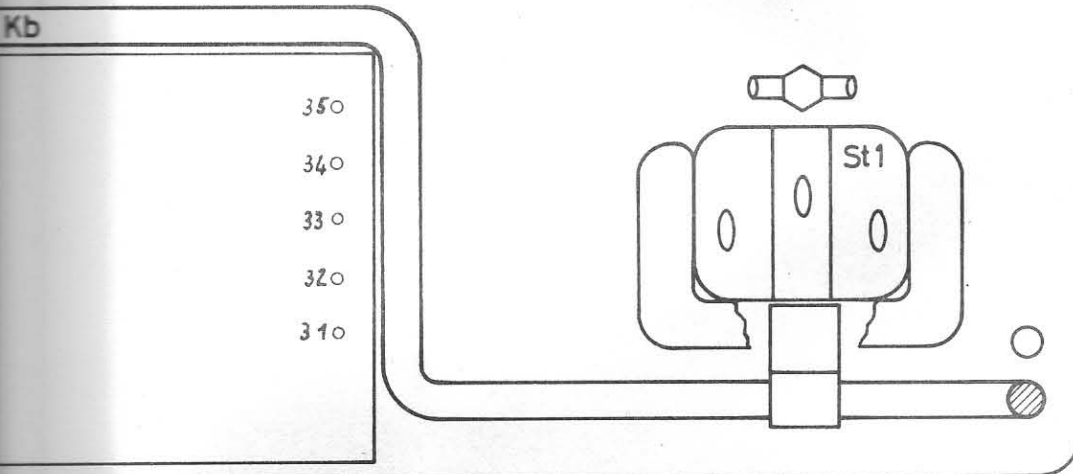
- ◆ KLL 30804 (6 Stück)
- ◆ Schlitzrichtung der Lötöse

Zeichnung besteht aus 2 Blatt  
hierzu 5100-6.20 St

|                                                                                                                              |        |                     |            |                    |     |                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------|------------|--------------------|-----|-----------------------------------|
| <br><b>ROHDE &amp; SCHWARZ</b><br>MÜNCHEN |        | Halbzeug, Werkstoff |            | Untolerierte Maße  |     | Zeichn. Nr.<br><br>5100-6.20 Bl.1 |
|                                                                                                                              |        |                     |            | Maßstab<br><br>1:1 |     |                                   |
| 1CDD                                                                                                                         | Tag    | Name                | Änd. zust. | Änd.-Mittlg. Nr.   | Tag | Name                              |
| gezeichnet                                                                                                                   | 6.8.68 | Ln                  |            |                    |     |                                   |
| bearbeitet                                                                                                                   |        |                     |            |                    |     |                                   |
| geprüft                                                                                                                      |        |                     |            |                    |     |                                   |
| normgepr.                                                                                                                    |        |                     |            |                    |     |                                   |

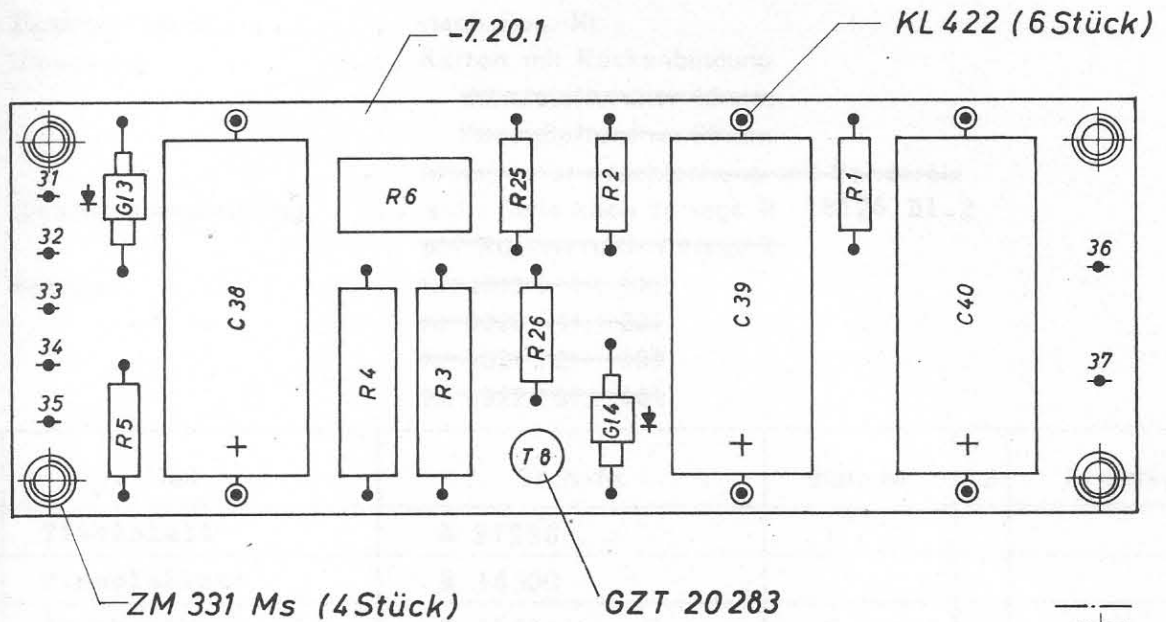
Platte (Gr.)

Diese Zeichnung ist unser Eigentum. Vervielfältigung, unbefugte Verwertung, Mitteilung an andere ist strafbar und schadenersatzpflichtig.



|                                                                                                                                           |         |      |                     |                  |         |       |                   |  |                   |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|---------------------|------------------|---------|-------|-------------------|--|-------------------|--|
| <div></div> <div>ROHDE &amp; SCHWARZ<br/>MÜNCHEN</div> |         |      | Halbzeug, Werkstoff |                  |         |       | Untolerierte Maße |  | Zeichn. Nr.       |  |
|                                                                                                                                           |         |      |                     |                  |         |       | Maßstab           |  | 5100 - 7 Bl.2     |  |
| 1 CDE                                                                                                                                     | Datum   | Name | Änd. zust.          | Änd.-Mittlg. Nr. | Datum   | Name  | 1 : 1             |  | Ersatz f. Zeichn. |  |
| gezeichnet                                                                                                                                | 12.4.67 |      | a                   | —                | 6.9.67  | Pe-ko | Netzteil ( Gr. )  |  |                   |  |
| bearbeitet                                                                                                                                |         | Ka   | d                   | 13 855           | 12.8.68 | Pe-ko |                   |  |                   |  |
| geprüft                                                                                                                                   |         |      | f                   | 17578            | 1.73    | Woj.  |                   |  |                   |  |
| normgepr.                                                                                                                                 |         |      |                     |                  |         |       |                   |  |                   |  |

tauchgelötet nach HVN 230



- ◆ KLL 30304 (7 Stück)
- ◆ Schlitzrichtung der Lötöse

--- vor dem Tauchlöten abgedeckt

Zeichnung besteht aus 2 Blatt  
hierzu 5100-7.20 St

ISO-Projektion,  
1:1

Vertriebs-  
Nr.

Arbeitspause Nr.

**ROHDE & SCHWARZ**  
MÜNCHEN

Halbzeug, Werkstoff

Untolerierte Maße

Zeichn. Nr.

Maßstab

1:1

5100-7.20 Bl.1

Ersatz f.  
Zeichn.

| 1CDD       | Datum  | Name | Änd. zust. | Änd. Mittlg. Nr. | Datum | Name |
|------------|--------|------|------------|------------------|-------|------|
| gezeichnet | 2.8.68 | Wm   |            |                  |       |      |
| bearbeitet |        |      |            |                  |       |      |
| geprüft    |        |      |            |                  |       |      |
| normgepr   |        |      |            |                  |       |      |

Platte (Gr.)