

### 3. BESCHREIBUNG DER EINZELNEN FUNKTIONSGRUPPEN

Siehe auch Kv 22 62 36 Blatt 1 - 7.

#### 3.1 Meßbereichbildung

##### 3.1.1 Strom- und Spannungsbereiche

Die Meßbereichbildung ist für Gleich- und Wechselstrom bzw. Spannungen identisch und die Meßbereiche sind in 10 dB-Stufen ( $\sqrt{10} = 3,16228$ ) unterteilt.

Die Spannungsmessung von 1mV bis 1V erfolgt mit einer Vorwiderstandskette, im Bereich 3V hingegen mit einem eigenen, zweigeteilten (ohmschen und kapazitiven) Vorwiderstand ( $1M\Omega/V$ ). In den Bereichen 10V bis 1000V werden bei gleichbleibendem Vorwiderstand ( $10M\Omega$ ) die Bereiche durch Umschalten der Stromempfindlichkeit gebildet. Die Strombereiche werden durch eine Nebenwiderstandskette gebildet. Der empfindlichste Bereich  $1\mu A$  ist mit dem Spannungsbereich 1mV ( $1k\Omega/mV$ ) identisch.

Abgeschlossen wird die Nebenwiderstandskette durch die Widerstände  $R_{16}$  und  $R_{17}$ .

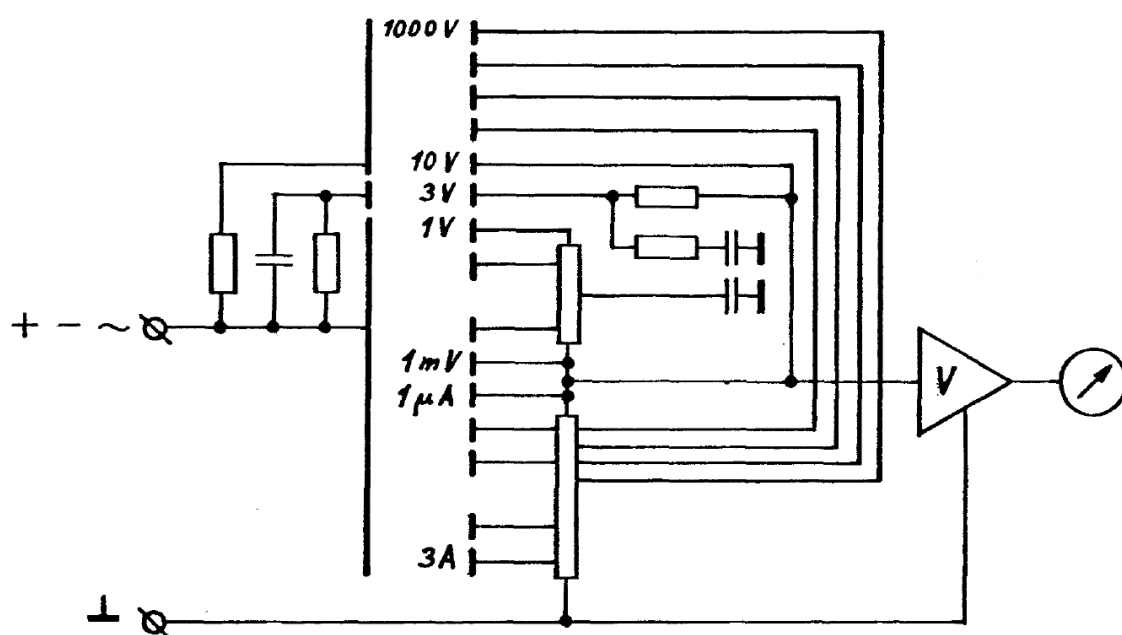


Abb. 2

### 3.1.2 Widerstands- und Kapazitätsbereiche

Die Bereichsbildung der Widerstands- und Kapazitätsbereiche ist identisch und erfolgt mit den Neben- und Vorwiderständen der Strom- und Spannungsgruppe.

Grundsätzlich wird in allen Widerstands- und Kapazitätsbereichen aus einer Konstantstromquelle Gleichstrom (Widerstandsbereiche) oder zerhackter Gleichstrom (Kapazitätsbereiche) dem Vorwiderstand ( $1\mu\text{A}$  im  $1\text{V}$ -Bereich) oder der Nebenwiderstandskette ( $300\mu\text{A}$  im  $300\mu\text{A}$  Bereich) zugeführt. Mit dem R,C-Justierknopf ( $R_{72}$ ) muß bei offenen Klemmen Endauschlag eingeregelt werden.

In den Stellungen  $\Omega \times 1$  bis  $k\Omega \times 100$  ( $\mu\text{F} \times 100$  bis  $\text{nF} \times 1$ ) werden zwei Strom- und vier Spannungsbereiche (mit zueinander in dekadischem Verhältnis stehenden Meßzweigwiderständen) mit den Anschlußklemmen und der Konstantstromquelle verbunden. Wird nun an den Klemmen ein Widerstand (eine Kapazität) angeschlossen, so verkleinert sich der Zeigerausschlag entsprechend den neuen Widerstandsverhältnissen. Der Wert des zu messenden Widerstandes bzw. Kapazität kann unter Berücksichtigung des dekadischen Vielfachen direkt auf der  $\Omega$ ,  $k\Omega$ - bzw.  $\mu\text{F}$ ,  $\text{nF}$ -Skala abgelesen werden.

## 3.2 Der Verstärker

### 3.2.1 Allgemeines

Der Verstärker enthält die Transistoren T2 bis T8 und ist durchgehend gleichstromgekoppelt. Die Transistoren T2, T3 und T4 sind in einer, die Transistoren T5 bis T7 in einer zweiten Gruppe zusammengefaßt. Innerhalb jeder dieser beiden Gruppen erfolgt die Arbeitspunkteinstellung durch eine eigene Gleichstromgegenkopplung. Die beiden Gruppen

werden durch den Widerstand R48 gekoppelt. Dieser Widerstand bestimmt zusammen mit C6 die Bandbreite des Verstärkers.

Am Verstärkereingang liegen die Koppelkondensatoren C2 und C3; ausgekoppelt wird über C10.

### 3.2.2 Gleichstrom-Arbeitspunkteinstellung in der ersten Verstärkergruppe

Abb. 3 zeigt die Gleichstrom- Grundschialtung des ersten Verstärkerteiles. Der Spannungsbedarf an der Basis-Emitter-Strecke der Siliziumtransistoren ist mit  $U_D$  bezeichnet und eingetragen. ( $U_D$  etwa 0,45 - 0,60V).

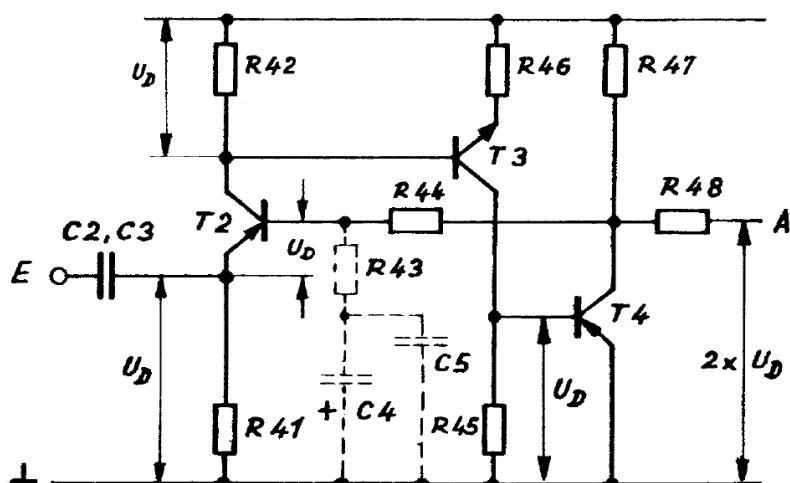


Abb. 3

Durch die Dimensionierung  $R42 = R41$  ist der Spannungsabfall an R41 gleich der Basis-Emitter-Spannung von T3. Die Gleichstrom-Gegenkopplung zur Stabilisierung des Arbeitspunktes erfolgt über R 44. Der Spannungsabfall an R44, verursacht durch den Basisstrom von T2, ist unbedeutend.

Zwischen der Basis von T2 und dem Kollektor von T4 dreht der Verstärker die Phase um  $180^\circ$ , wie es für eine Gegenkopplung erforderlich ist.

### 3.2.3 Wechselspannungs-Verstärker in der ersten Verstärkergruppe

Da in der Schaltung nach Abb. 3 jede Änderung des Potentials am Ausgang A in voller Größe an die Basis von T2 gegengekoppelt wird, verursacht eine Änderung des Emitter-Potentials am Transistor T 2 eine gleich große Änderung am Ausgang A. Das entspricht einer Spannungsverstärkung  $v_u = 1$ . Damit eine größere Spannungsverstärkung erreicht wird, wird bei Wechselspannung nur ein Teil der Ausgangswechselspannung an den Eingang gegengekoppelt (Spannungsteiler R43, R44 in Fig. 3 und 4.

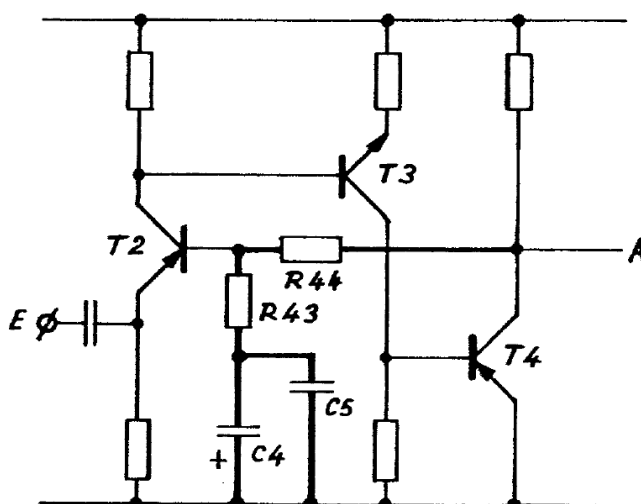


Abb. 4

Durch die Kondensatoren C4 und C5 bleibt diese Teilung für die Gleichstromverhältnisse unwirksam.

### 3.2.4 Zusätzliche Bauelemente in der ersten Verstärkergruppe

Wird eine Anordnung nach Abb. 3 plötzlich an die Versorgungsspannung gelegt oder durch ein Signal am Eingang übersteuert, so fließt in die Basis von T4 ein unzulässig hoher Strom, der zur Zerstörung führen kann. Zur Begrenzung dieses Stromes dient der Widerstand R46 (Abb. 3).

### 3.2.5 Gleichstrom-Arbeitspunkteinstellung in der zweiten Verstärkergruppe

Abb. 5 zeigt die Gleichstrom-Grundschialtung des zweiten Verstärkerteilcs. Die Spannungen an den Dioden und Basis-Emitterstrecken sind wieder mit  $U_D$  bezeichnet ( $U_D$  etwa 0,45 ... 0,60V).

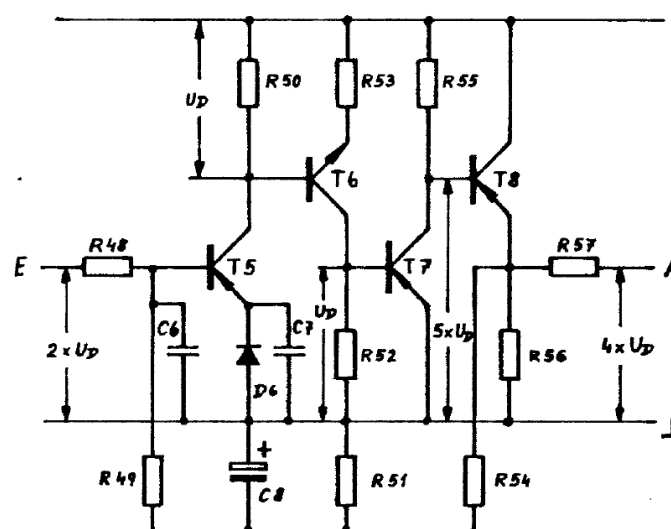


Abb. 5

Durch die Dimensionierung  $R41 = R42$  ist die sich durch die Gegenkopplung (über R49) einstellende Gleichspannung am Ausgang A gleich der doppelten Spannung am Eingang E. Die Phasendrehung zwischen E und A ist  $180^\circ$ .

### 3.2.6 Wechselspannungs-Verstärker in der zweiten Verstärkergruppe

Durch den Kondensator C8 wird die Gegenkopplung für Wechselspannung unwirksam.

### 3.2.7 Zusätzliche Bauelemente in der zweiten Verstärkergruppe

ähnlich wie in 3.2.4 von R46 beschrieben, dient in der zweiten Verstärkergruppe der Widerstand R53 zur Strombegrenzung.

Die Diode zur Arbeitspunkteinstellung (D6) wird für hohe Frequenzen mit C7 überbrückt.

### 3.2.8 Kopplung der beiden Verstärkergruppen und Festlegung der oberen Grenzfrequenzen

Wie aus Abb. 3 und Abb. 5 ersichtlich ist, besteht praktisch keine Differenz im Gleichspannungs-Potential zwischen dem Ausgang der ersten Verstärkergruppe und dem Eingang der zweiten Gruppe. Diese beiden Punkte haben auch etwa den gleichen Temperaturgang ( $-4\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ ).

Durch den Widerstand R48 werden die beiden Verstärkertteile für Gleich- und Wechselstrom gekoppelt. Die frequenzabhängige Spannungsteilung R48 und C6 legt die obere Grenzfrequenz für den gesamten Verstärker fest.

### 3.2.9 Zusätzliche Bauelemente in der Verstärkergruppe

Die Ankopplung erfolgt über die für ein Fremdfeld astatisch angeordneten Kondensatoren C2 und C3. Vom Ausgang (R57) geht es über den Kondensator C10 zur Gleichrichtung. Um die starken Schwankungen im Lastkreis (T9, D8, D7) etwas auszugleichen, liegt in Serie zu C10 der Widerstand R57, in der Stellung "Λ" auch noch der Widerstand R77. (Siehe Kv 22 62 36, Blatt 2).

### 3.3 Filter, Zerhacker, Gleichrichter

#### 3.3.1 Eingangsfilter

Der Filterkondensator C1 hat in den beiden Gleichstromstellungen "+" und "-" zwei Aufgaben zu erfüllen:

- 1) Über R 17 und C1 wird eine Rückwirkung der zerhackten Restgleichspannung vom T1 an die Anschlußklemmen verhindert.
- 2) Über R16 und C1 wird eine der zu messenden Gleichspannung (Meßbereichendwert) überlagerte Wechselspannung (gleicher Größe) weitgehend ausgefiltert. Die verbleibende Amplitude der überlagerten Wechselspannung (einschließlich des Nutzsignals) darf den Verstärker nicht übersteuern.

Für die Zerhackerfrequenz (ca. 205 Hz) muß die Dämpfung mindestens 46 dB betragen.

An C1 darf keine elektrochemische Spannung auftreten; da diese eine nicht zu korrigierende Nullpunktverschiebung in den Stellungen "+" und "-" hervorruft.

#### 3.3.2 Eingangszerhacker für Gleichstrom-Meßsignal

In den Stellungen "+" und "-" formt der MOS-FET T1 die an ihm liegende Gleichspannung in eine Wechselspannung um, indem er die Verbindung von R17, R29, C2 und C3 periodisch niederohmig über die Drain-Source-Strecke mit Masse verbindet. Die Isolation zwischen der Gate-Elektrode und der Drain-Source-Strecke hat einen Einfluß auf den Gleichstrom-Nullpunkt. Der Gate-Source-Leckstrom - ohne Berücksichtigung des Sperrstromes der integrierten Schutzdioden - muß daher bei  $25^{\circ}\text{C} \leq 1 \text{ nA}$  sein.

Gegen kapazitive Einflüsse und induzierte Störspannungen wird T1 durch die Dioden D14 und D15 und durch die Zenerdiode D16 mit dem Widerstand R80 geschützt. Alle vorhin genannten Bauelemente sind möglichst nahe T1 montiert.

### 3.3.3 Wiedergleichrichter in der Gleichstromstellung des Umschalters

Der Wiedergleichrichter T9 wird synchron mit T1 betrieben. Gegen kapazitive und induktive Störspannungen wird T9 ebenso geschützt wie T1. An diese phasenabhängige Gleichrichtung ist das Meßwerk angeschlossen. Die Ausfilterung der Zerhackerfrequenz erfolgt durch C12.

### 3.3.4 Gleichrichtung in der Wechselstromstellung des Umschalters

In der Stellung "~" sind über den Widerstand R40u.R80 die beiden Feldeffekt-Transistoren T1 und T9 gesperrt. Es erfolgt eine Vollweg-Gleichrichtung mit den Dioden D7 und D8. (Halbweg-Gleichrichtung bei Bauzustand A).

## 3.4 Gegenkopplung bei Gleich-Wechselstrom

### 3.4.1 Allgemeines

Verstärker und Gegenkopplung sind derart ausgelegt, daß für Meßbereichendwert (100 Teilstriche) bei Gleich- und Wechselstrom sowie bei R- und C-Messung durch das Meßwerk 20µA Gleichstrom eingeprägt werden. Das gibt drei verschiedene Empfindlichkeiten bzw. Gegenkopplungen.

### 3.4.2 Gegenkopplung bei Gleichstrom

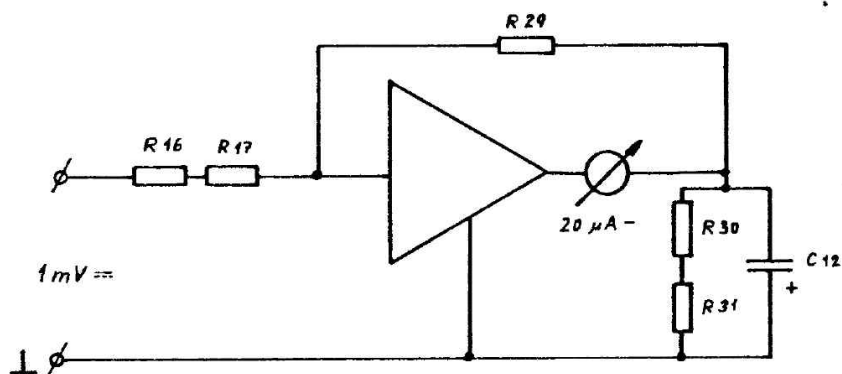


Abb. 6

### 3.4.3 Gegenkopplung bei Wechselstrom

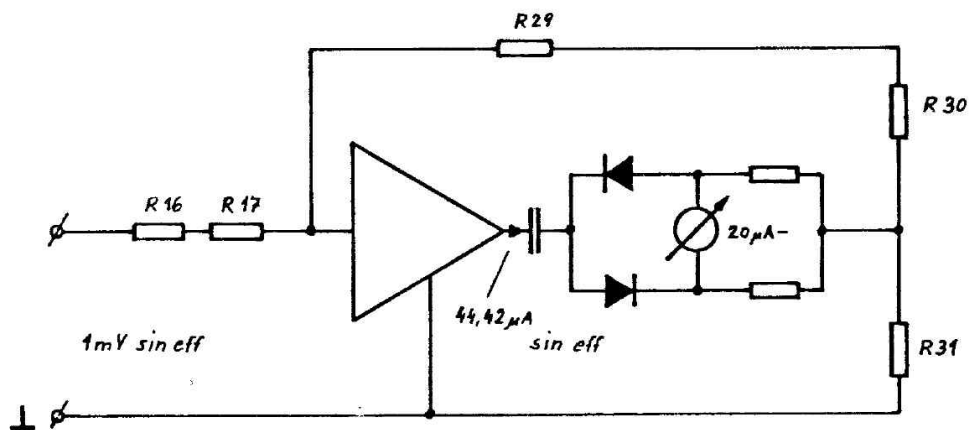


Abb. 7

### 3.4.4 Gegenkopplung bei Kapazitätsmessung

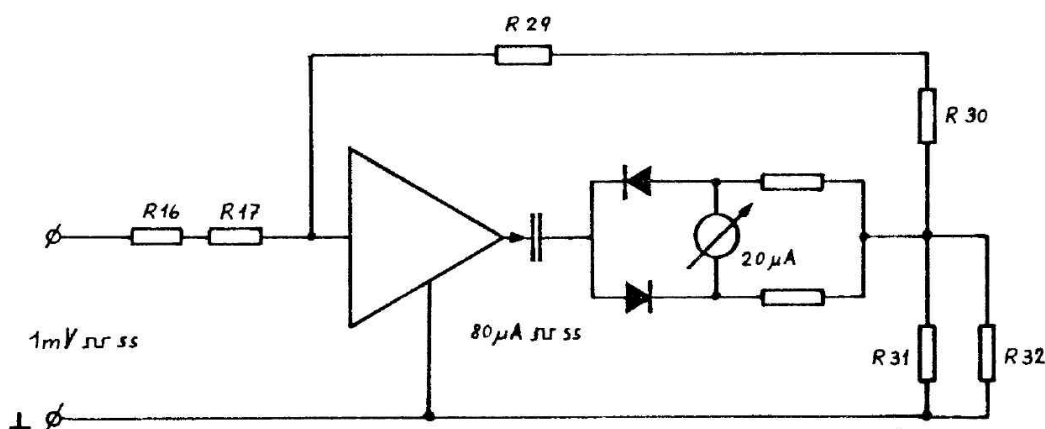


Abb. 8

### 3.5 Meßwerk

Im Meßwerkkreis (Meßwerk M, R33 und R34) wird der jeweilige Strom eingepreßt. Mit R33 wird die Stromempfindlichkeit justiert. Der Kondensator C11 filtert die bei magnetischem Fremdfeld im Meßwerkrahmchen induzierte Spannung aus. Die Skala ist isoliert auf den Magnetsatz aufgesetzt und mit Masse verbunden.

### 3.6 Frequenzgang

#### 3.6.1 Frequenzgang des Verstärkers

Die obere Grenzfrequenz wird durch R48 und C6 festgelegt (siehe Seite 16). Die untere Grenzfrequenz wird durch C4 und C8 bestimmt.

Um den Verstärkungsabfall über 10kHz zu kompensieren, erfolgt eine Anhebung im Gegenkopplungszweig durch R79 und C22.

### 3.6.2 Frequenzgang der Teilerkette

Bauteil- und Schaltungskapazitäten in der Vorwiderstandsgruppe werden durch C20 kompensiert.

Der Bereich 3 V besteht aus einem kombinierten ohmschen und kapazitiven Teiler (C24, C21 und R78) (siehe Seite 10).

### 3.6.3 Zusätzliche Abschirmungen

Zum Einhalten des angegebenen Frequenzganges sind noch folgende Teile vorgesehen:

Abschirmplatte für Schutzschalter

Abschirmbleche bei Hilfsschalter S 21

Abschirmfläche auf Schaltplatte III

Abgeschirmte Zuleitung zur Klemme + - ~ und zu den Relaiswicklungen vom Schutzschalter.

Auf der Schaltplatte II unter dem Vorwiderstand R26 (10 ... 1000V-Bereich) eine gedruckte Korrekturkapazität.

### 3.7 Rechteckgenerator

Der Rechteckgenerator besteht aus dem Impulsteil (T10, T11, T12) der an R61 Nadelimpulse erzeugt, deren Folgefrequenz mit R63 einstellbar ist und aus einer bistabilen Kippstufe (T13, T14) die am Ausgangstransistor T14 eine Rechteckspannung mit einem Tastverhältnis 1 : 1 liefert.

### 3.8 Konstantstromquelle

Für Widerstands- bzw. Kapazitätsbereiche wird die Meßschaltung aus einer hochohmigen Quelle mit einem Strom von 1µA (k2, 2x100, nF, µFx1) bzw. 316µA (2x1, x10, µFx10, x100) versorgt. Als Stromquelle dient T16. Die Spannung zwischen Basis T16 und "-" Batterie wird durch die Kollektor-(Basis)-Emitter-Spannung der Transistoren T17 und T18 stabilisiert und mit R72 (R,C-Regelknopf)

einjustiert. Der Emitterwiderstand von T16 (R73 und R76) bestimmt den Kollektorstrom. Der (Widerstand R74) Varistor D20 verringert den Einfluß der Speisespannung.

Für Kapazitätsmessung wird der Konstantstrom durch den Schalttransistor T15 im Takt der Rechteckspannung von T14 (bistabile Kippstufe) zerhackt.

### 3.9 Überlastungsschutz

#### 3.9.1 Überlastungsschutz der bereichsbildenden Elemente

Der Überlastungsschutz des Komplettergates besteht aus Schutzschalter, einer Funkenstrecke und einer Abschmelzsicherung.

Der Schutzschalter mit den zugehörigen Gleichrichterdioden D1 und D2 wird - je nach Meßbereich - direkt oder über eine bzw. zwei Glimmlampen an die Geräteklemmen gelegt. Die jeweilige Ansprechspannung ist so bemessen, daß sie nicht den 2,5fachen Meßbereichswert unterschreitet.

Die Meßbereiche 100, 300 und 1000V sowie die Isolierstrecken der Schaltung werden nicht durch den Schutzschalter, sondern nur durch eine Funkenstrecke parallel zu den Klemmen geschützt. Die Überschlagnspannung der Funkenstrecke liegt zwischen 1,6 und 2,3kV.

Die großen Strombereiche werden gegen Dauerüberlast und Kurzschluß durch eine 4A-Abschmelzsicherung gesichert.

#### 3.9.2 Überlastungsschutz der Elektronik

Die Konstantstromquelle für die Ohm-Messung wird im 1µA-Bereich durch R37, R38 und die Glimmlampe G12, im Bereich 300µA durch R36 und die Zenerdiode D5 geschützt.

Die Spannung am Filterkondensator bzw. am Verstärkereingang wird durch D3 und D4 begrenzt.

Gegen kapazitive und induktive Einflüsse ist der Feldeffektschutz, bestehend aus D14, D15, D16, D17, D18 und R80 vorgesehen. (Vergleiche Seite 18).