



DIGITAL MULTIMETER DM 2020

VEB Werk für Fernsehelektronik
im VEB Kombinat Mikroelektronik



Berlin

BEDIENUNGSANLEITUNG

**Digital Multimeter
DM 2020**

3. Ausgabe Januar 1985

Gültig ab Fabrikations-Nr. 84001

**VEB WERK FÜR FERNSEHELEKTRONIK BERLIN
IM VEB KOMBINAT MIKROELEKTRONIK**

1160 Berlin, Ostendstraße 1–14

Telefon: 6 38 30

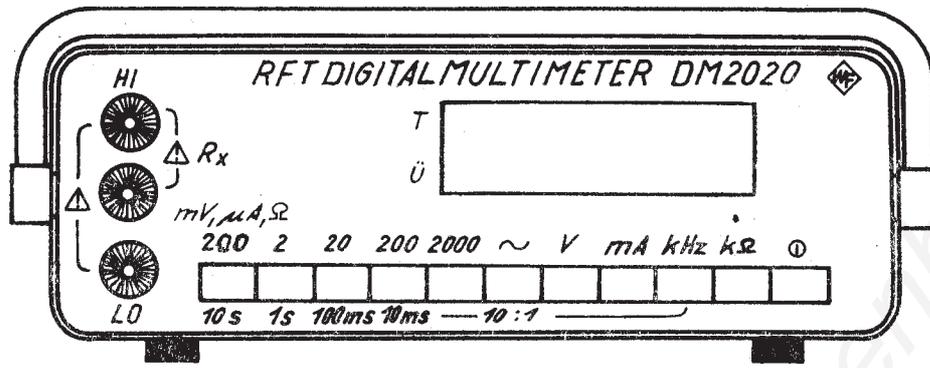
Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Anwendungsgebiet	6
2. Lieferumfang	6
3. Technische Daten	6
3.1. Technische Kennwerte	6
3.2. Lager- und Transportbedingungen	8
3.3. Schutzgüte	9
4. Aufbau und Arbeitsweise des Gerätes	9
4.1. Mechanischer Aufbau	9
4.2. Arbeitsweise	11
5. Vorbereitung zum Betrieb	11
5.1. Allgemeine Angaben	11
5.2. Sicherheitsmaßnahmen	11
5.3. Erläuterungen der Bedienelemente zu Bild 3	13
5.4. Anschluß des Gerätes an die Stromversorgung	13
6. Betriebsanleitung	13
6.1. Vorbereitung der Messungen	13
6.2. Meßvorgang	13
6.2.1. Gleichspannungsmessung	13
6.2.2. Wechselspannungsmessung	14
6.2.3. Gleichstrommessung	15
6.2.4. Wechselstrommessung	15
6.2.5. Widerstandsmessung	15
6.2.6. Frequenzmessung	15
7. Elektrische Schaltung des Gerätes	18
7.1. Eingangsteil BG 1	18
7.1.1. Eingangsteil DC/AC	18
7.1.2. Eingangsteil f	20
7.2. A/D-Wandler BG 2	22
7.3. Anzeige BG 3	24
7.4. Digitalteil BG 4	24
7.5. Stromversorgung BG 5	33
8. Reparaturhinweise	35
9. Wartungshinweise	35
10. Kundendienst und Service	35

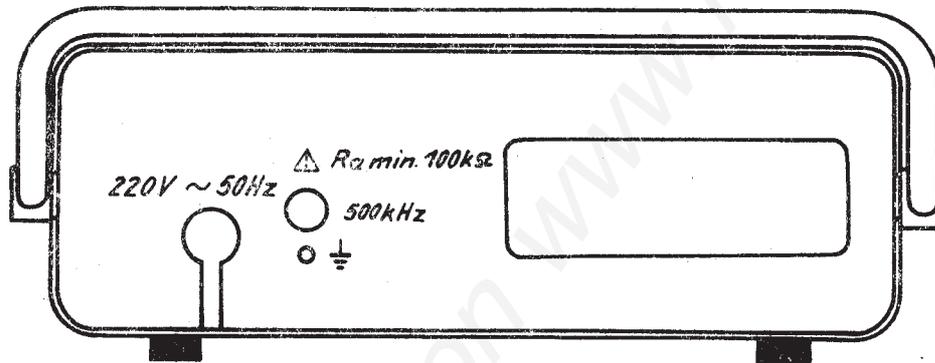
Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Anwendungsgebiet	6
2. Lieferumfang	6
3. Technische Daten	6
3.1. Technische Kennwerte	6
3.2. Lager- und Transportbedingungen	8
3.3. Schutzgüte	9
4. Aufbau und Arbeitsweise des Gerätes	9
4.1. Mechanischer Aufbau	9
4.2. Arbeitsweise	11
5. Vorbereitung zum Betrieb	11
5.1. Allgemeine Angaben	11
5.2. Sicherheitsmaßnahmen	11
5.3. Erläuterungen der Bedienelemente zu Bild 3	13
5.4. Anschluß des Gerätes an die Stromversorgung	13
6. Betriebsanleitung	13
6.1. Vorbereitung der Messungen	13
6.2. Meßvorgang	13
6.2.1. Gleichspannungsmessung	13
6.2.2. Wechselspannungsmessung	14
6.2.3. Gleichstrommessung	15
6.2.4. Wechselstrommessung	15
6.2.5. Widerstandsmessung	15
6.2.6. Frequenzmessung	15
7. Elektrische Schaltung des Gerätes	18
7.1. Eingangsteil BG 1	18
7.1.1. Eingangsteil DC/AC	18
7.1.2. Eingangsteil f	20
7.2. A/D-Wandler BG 2	22
7.3. Anzeige BG 3	24
7.4. Digitalteil BG 4	24
7.5. Stromversorgung BG 5	33
8. Reparaturhinweise	35
9. Wartungshinweise	35
10. Kundendienst und Service	35

Ansicht von vorn



Ansicht von hinten



Aufstellmöglichkeiten

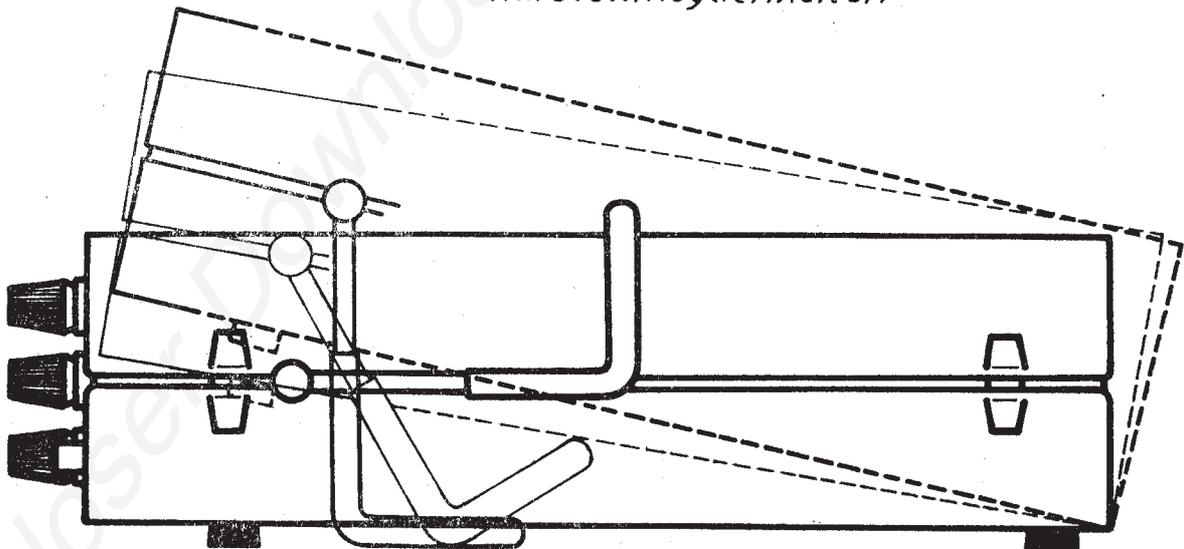


Bild 1

Ansichten des DM2020

1. Anwendungsgebiet

Das Digital Multimeter DM 2020 ist ein universelles Meßgerät zur schnellen und genauen Messung von

Gleichspannungen	(100 μ V ... 1 000 V)
Wechselspannungen	(100 μ V ... 300 V)
Gleichströme	(100 nA ... 2 A)
Wechselströme	(100 nA ... 2 A)
Widerständen	(0,1 Ohm ... 2 MOhm)
Frequenzen	(0,1 Hz ... 3 MHz)

Das Gerät hat eine Grundgenauigkeit von $\pm 0,1\%$ v. E. und besitzt einen erdfreien Eingang.

Mit 6 Betriebsarten, insbesondere Frequenzmessung sowie durch den hohen Eingangswiderstand, die geringe Leistungsaufnahme, die kleinen Abmessungen und das geringe Gewicht ist das Gerät besonders für Labor-, Betriebs- und Servicemessungen geeignet. Der Meßwert wird mit Dezimalpunkt und Polarität durch drei Lumineszenz-Anzeigebau-

mente digital angezeigt. Die eingebaute Wiederholautomatik ermöglicht sich selbständig wiederholende Messungen.

Das Erzeugnis besitzt die Schutzklasse I. Durch eine automatische Nullpunktkorrektur in den Betriebsarten »DC, AC, I= \sim , I \sim und R« sowie eine automatische Triggerpegel-einstellung in der Betriebsart »Frequenzmessung« besitzt das Gerät einen hohen Bedienungskomfort. Der Einsatz von modernen Halbleiterbauelementen und integrierten Schaltkreisen sowie die moderne konstruktive Gestaltung gewährleisten eine hohe Stabilität und Betriebssicherheit des Erzeugnisses.

3. Technische Daten

3.1. Technische Kennwerte

3.1.1. Gleichspannungsmessung

Meßbereich $\pm 100 \mu\text{V} \dots \pm 1000 \text{V}$ unterteilt in 5 Meßbereiche

Meßbereich	Auflösung je digit	Eingangswiderstand	Fehlergrenzen bei +23 °C $\pm 5 \text{ K}$ und max. 65 % rel. Luftfeuchte	Temperaturkoeffizient im Bereich + 5 °C ... +18 °C und +28 °C ... +45 °C
(1) 200 mV (2) 2 V (3) 20 V (4) 200 V (5) 2000 V	100 μV 1 mV 10 mV 100 mV 1 V	100 MOhm ¹⁾ 10 MOhm $\pm 2\%$	$\pm 0,1\%$ v. E. ± 1 digit	$\pm 0,02\%$ v. E./ grad. (weitere Angaben siehe Pkt. 3.1.6.)

¹⁾ Bei den übrigen Nennarbeitsbedingungen entsprechend Pkt. 3.1.8.1. kann der Eingangswiderstand auf $\geq 80 \text{ MOhm}$ absinken.

2. Lieferumfang

Zum Lieferumfang gehörende Positionen

1 Bedienungsanleitung	Digital Multimeter DM 2020
1 Garantiekunde	Digital Multimeter DM 2020

Maximal zulässige Eingangsspannung zwischen HI und LO
 Meßbereich 1 ... 2 220 V
 Meßbereich 3 ... 5 1000 V
 (nur wenn LO mit Netzerde verbunden ist)
 U_{max} zwischen LO und Netzerde $\leq 220 \text{ V}$

3.1.2. Wechselspannungsmessung

Meßbereich $U_{\text{eff}} = 100 \mu\text{V} \dots 300 \text{V}$
 (Sinus)
 unterteilt in 5 Meßbereiche
 Frequenzbereich 40 Hz ... 20 kHz

Meßbereich	Auflösung je digit	Eingangswiderstand	Fehlergrenzen bei +23 °C $\pm 5 \text{ K}$ und max. 65 % rel. Luftfeuchte	Temperaturkoeffizient im Bereich + 5 °C ... +18 °C und +28 °C ... +45 °C
(1) 200 mV (2) 2 V (3) 20 V (4) 200 V (5) 2000 V	100 μV 1 mV 10 mV 100 mV 1 V	1 MOhm $\pm 5\%$ 100 pF	$\pm 0,5\%$ v. E. ± 1 digit	$\pm 0,03\%$ v. E./ grad. (weitere Angaben siehe Pkt. 3.1.6.)

Maximal zulässige Eingangsspannung zwischen HI und LO
 Meßbereich 1 ... 2 100 V eff.
 Meßbereich 3 ... 5 300 V eff.
 (nur wenn LO mit Netzerde verbunden ist)

U_{max} zwischen LO und Netzerde $\leq 220 \text{ V eff.}$
 Art der Gleichrichtung Mittelwertgleichrichtung (Einweg), Effektivwertanzeige für Sinus

3.1.3. Gleichstrommessung

Meßbereich $\pm 100 \text{ nA} \dots \pm 2 \text{ A}$ unterteilt in 5 Meßbereiche

Meßbereich	Auflösung je digit	Fehlergrenzen bei $+23^\circ\text{C}$ $\pm 5 \text{ K}$ und max. 65% rel. Luftfeuchte	Temperaturkoeffizient im Bereich $+5^\circ\text{C} \dots +18^\circ\text{C}$ und $+28^\circ\text{C} \dots +45^\circ\text{C}$	max. zul. Eingangsstrom
(1) 200 μA (2) 2 mA (3) 20 mA (4) 200 mA (5) 2 000 mA	100 nA 1 μA 10 μA 100 μA 1 mA	} $\pm 0,4\%$ v. E. ± 1 digit	} $\pm 0,03\%$ v. E./ grad. (weitere Angaben siehe Pkt. 3.1.6.)	} 1 A 1 A 1 A 1 A 2,5 A

Spannungsabfall am Meßbereichsende 0,2 V

1.4. Wechselstrommessung

Meßbereich 100 nA ... 2 A unterteilt in 5 Meßbereiche
Frequenzbereich 40 Hz ... 20 kHz

Meßbereich	Auflösung je digit	Fehlergrenzen bei $+23^\circ\text{C}$ $\pm 5 \text{ K}$ und max. 65% rel. Luftfeuchte	Temperaturkoeffizient im Bereich $+5^\circ\text{C} \dots +18^\circ\text{C}$ und $+28^\circ\text{C} \dots +45^\circ\text{C}$	max. zul. Eingangsstrom
(1) 200 μA (2) 2 mA (3) 20 mA (4) 200 mA (5) 2 000 mA	100 nA 1 μA 10 μA 100 μA 1 mA	} $\pm 1\%$ v. E. ± 1 digit	} $\pm 0,03\%$ v. E./ grad. (weitere Angaben siehe Pkt. 3.1.6.)	} 1 A 1 A 1 A 1 A 2,5 A

Spannungsabfall am Meßbereichsende 0,2 V

3.1.5. Widerstandsmessung

Meßbereich 100 mOhm ... 2 MOhm unterteilt in 5 Meßbereiche

Meßbereich	Auflösung je digit	Meßstrom durch R_x	Fehlergrenzen bei $+23^\circ\text{C}$ $\pm 5 \text{ K}$ und max. 65% rel. Luftfeuchte	Temperaturkoeffizient im Bereich $+5^\circ\text{C} \dots +18^\circ\text{C}$ und $+28^\circ\text{C} \dots +45^\circ\text{C}$
(1) 200 Ω (2) 2 k Ω (3) 20 k Ω (4) 200 k Ω (5) 2 000 k Ω	100 m Ω 1 Ω 10 Ω 100 Ω 1 k Ω	} 10 mA 1 mA 100 μA 10 μA 1 μA	} $\pm 0,3\%$ v. E. ± 1 digit	} $\pm 0,02\%$ v. E./ grad. (weitere Angaben siehe Pkt. 3.1.6.)

Maximal vom Gerät erzeugte Gleichspannung an den Widerstandsbuchsen R_{x1} , R_{x2} 13 V

3.1.6. Allgemeine Angaben

Meßbereichs-umschaltung	von Hand
Polaritäts-umschaltung	automatisch
Nullpunktkorrektur	automatisch
Anzeige	7-Segment-Lichtemitter-anzeige (12,7 mm Höhe) 3 $\frac{1}{2}$ Stellen (max. Anzeige 2399) mit Dezimalpunkt automatisch durch Lichtemitteranzeige und Begrenzung des Anzeigewertes auf 2399
Anzeige der Meßbereichs-überschreitung	

Einlaufzeit bei +23 °C \pm 5 K
max. Meßfolge ohne
5 Messungen/s

Bei Erhöhung der relativen Luftfeuchte auf max. 80 % zwischen 5 °C und 25 °C bzw. bei einer max. relativen Luftfeuchte von 80 % bei 25 °C linear fallend auf 36 % bei 45 °C kann sich der Temperaturkoeffizient in allen Betriebsarten max. um den 1,5fachen Wert vergrößern.

3.1.7. Frequenzmessung

3.1.7.1. Frequenzbereich 0 ... 3 MHz

3.1.7.2. Eingangsspannung Sinus U_{eff} 20 mV ... 20 V
Impuls U_{ss} 200 mV ... 20 V
Tastverhältnis 1:10 \leq t:T \leq 9:10
Mindestimpulsbreite mit/ohne Vorteiler 200 ns/2 μ s

3.1.7.3. Eingangswiderstand

bei sinusförmigen Spannungen
von U_{eff}
50 mV ... 3,5 V 1,2 MOhm \pm 5 % // 80 pF
> 3,5 V ... 20 V > 100 kOhm // 80 pF

bei impulsförmigen Spannungen
von U_{ss}
200 mV ... 5 V 1,2 MOhm \pm 5 % // 80 pF
> 5 V ... 20 V > 100 kOhm // 80 pF

3.1.7.4. Meßzeit 10 ms, 100 ms, 1 s, 10 s
Auflösung ohne Vorteiler 100 Hz, 10 Hz, 1 Hz, 0,1 Hz
mit Vorteiler 1 kHz, 100 Hz, 10 Hz, 1 Hz

3.1.7.5. Triggerpegel-einstellung automatisch im Bereich
garantiert von -3 V ... +3 V
typisch von -5 V ... +5 V

3.1.7.6. Fehlergrenzen \pm 1 Impuls \pm Quarzfehler

3.1.7.7. Zeitbasis Quarzgenerator ohne
Thermostat, Frequenz 500 kHz,
Einlaufzeit etwa 1 h

Grundfehler bei +23 °C, 220 V \pm 1 % \pm 3 \cdot 10⁻⁶
Temperaturkoeffizient im Bereich von +23 °C \pm 5 K max. \pm 1,2 \cdot 10⁻⁶/grad.
im Bereich von +5 °C ... +18 °C und +28 °C ... +45 °C max. \pm 1,8 \cdot 10⁻⁶/grad.

Betriebsspannungseinfluß max. 0,5 \cdot 10⁻⁶/‰
Netzspannungsabweichung

Maximale Frequenzänderung durch Alterung in den ersten 500 Betriebsstunden max. \pm 7 \cdot 10⁻⁶/Monat
nach 500 Betriebsstunden max. \pm 3 \cdot 10⁻⁶/Monat

3.1.7.8. Anzeige 4 Stellen

3.1.7.9. Tor- und Überlauf-anzeige durch Lichtemitteranzeige

3.1.8. Umgebungsbedingungen

3.1.8.1. Nennarbeitsbedingungen

Umgebungstemperatur +5 °C ... +45 °C
Relative Luftfeuchte
- zulässiger Bereich 10 % ... 80 %
- Maximalwert zwischen 5 °C und 25 °C 80 %
- Maximalwert zwischen 25 °C und 45 °C linear abfallend von 80 % auf 36 %
- Jahresmittelwert \leq 65 %
Luftdruck 600 ... 1060 hPa
Mechanische Festigkeit geprüft mit Stoßfolge Eb-6-15-1000 nach TGL 14 283
Klimaeinsatzklasse +5/+45/25/80/1101 nach TGL 9200 Bl. 3

3.1.8.2. Umgebungsschutz

einsetzbar innerhalb geschlossener Räume
Klima
- kaltes Klima
- gemäßigtes Klima
- trockenwarmes Klima
- feuchtwarmes Klima nach TGL 9200 Bl. 1

3.1.9. Betriebsbedingungen

Netzversorgungsspannung 220 V \pm 10 %
Netzfrequenz 50 Hz \pm 2 %
Klirrfaktor \leq 10 %
Leistungsaufnahme \leq 12 VA (bei Nennspannung)

3.1.10. Abmessungen und Masse

Abmessungen in mm 220 \times 76 \times 270
Masse \leq 3 kg

3.2. Lager- und Transportbedingungen

3.2.1. Lager- und Transportbedingungen in Hersteller-Transportverpackung

Umgebungstemperatur -25 °C ... +70 °C
Relative Luftfeuchte \leq 95 % (bis max. 25 °C)
Lager- und Transportdauer \leq 6 Monate
Auf Grund der natürlichen Alterung der Bauelemente kann eine Nacheichung des Gerätes erforderlich werden.

3.2.2. Lagerbedingungen ohne Hersteller-Transportverpackung

Bei einer Lagerung des Gerätes ohne Hersteller-Transportverpackung sind die Umgebungsbedingungen entsprechend Pkt. 3.1.8. einzuhalten.

3.3. Schutzgüte	Schutzklasse	I
	Schutzgrad	IP 40
	Meßbuchsen	IP 20

Das Erzeugnis wurde auf der Grundlage der TGL 14 283/7 und der TGL 30 101 auf Einhaltung der Vorschriften des Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzes (GAB) überprüft. Der GAB-Nachweis sowie die Stellungnahme der betrieblichen Schutzgütekommision liegen vor. Dementsprechend besitzt das Erzeugnis Schutzgüte gemäß der 3. Durchführungsbestimmung zur Arbeitsschutzverordnung.

Die dem Arbeitsschutz dienenden Anforderungen an den Anwender sind in der Bedienungsanleitung angeführt.

Verbleibende Gefährdungen bzw. Erschwernisse:

Das Gerät darf nur an einem mit Schutzkontakt versehenen Netzanschluß angeschlossen werden.

Die Eingangsbuchsen dürfen nicht mit Stromkreisen verbunden werden, die nicht ausreichend vom Netz isoliert sind.

Bereits nach Anlegen einer berührungsgefährdenden Spannung an eine Eingangsbuchse, kann an allen Eingangsbuchsen über die innere Schaltung Berührungsgefahr entstehen.

Die maximalen Eingangsspannungen bei Spannungsmessungen betragen im Meßbereich »2 000«

$$\begin{aligned} \text{DC: } U &= 1\,000\text{ V} \\ \text{AC: } U_{\text{eff}} &= 300\text{ V} \end{aligned}$$

Die LO-Buchse muß mit Netzerde verbunden sein.

4. Aufbau und Arbeitsweise des Gerätes

4.1. Mechanischer Aufbau

Die moderne konstruktive Gestaltung des Gerätes gewährleistet bei geringem Gewicht eine hohe mechanische Stabilität. Montageplatten vorn und hinten bilden verschraubt mit zwei Seitenteilen einen festen Rahmen. An der Montageplatte vorn sind die Sichtscheibe und mit Hilfe eines Montagestückes die Eingangsbuchsen »Bu 1, Bu 2, Bu 3« befestigt. Die Montageplatte hinten dient der Befestigung des Netztransformators Tr. 501 sowie der Bu 4 »Erdbuchse« und Bu 5 »Oszillatorfrequenz«. Die Grundleiterplatte, auf der sich die BG 1 »Eingangsteil« befindet, ist mit 4 Schrauben von unten an die Seitenteile geschraubt. Auf ihr sind die Netzsicherungen Si 1501 und S 1502 angeordnet. Die Deckleiterplatte mit BG 2 »A-D-Wandler«, BG 4 »Digitalteil« und BG 5 »Stromversorgung« ist mit montierter Anzeigeleiterplatte BG 3 »Anzeige« von oben an die Seitenteile geschraubt. Nach Lösen der 4 Befestigungsschrauben kann die Deckleiterplatte seitlich um etwa 110° geschwenkt werden und wird in dieser Lage gehalten. Auf der Deckleiterplatte befindet sich die Sicherung Si 503. Der von den Montageplatten und Seitenteilen gebildete Rahmen wird von zwei Gehäuseschalen von oben und unten geschlossen. Die Gehäuseschalen sind ohne zusätzliche Befestigung durch eine sogenannte »Snap-in-Befestigung« mit den Seitenteilen verbunden. Frontplatte und Rückwand werden durch die in den Gehäuseschalen befindliche Nut gehalten. Der als Aufstellbügel gestaltete Tragegriff ist durch zwei aufgeschraubte Befestigungsstücke drehbar in den Bohrungen der Seitenteile gelagert und ist konstruktiv gegen Herausrutschen gesichert.

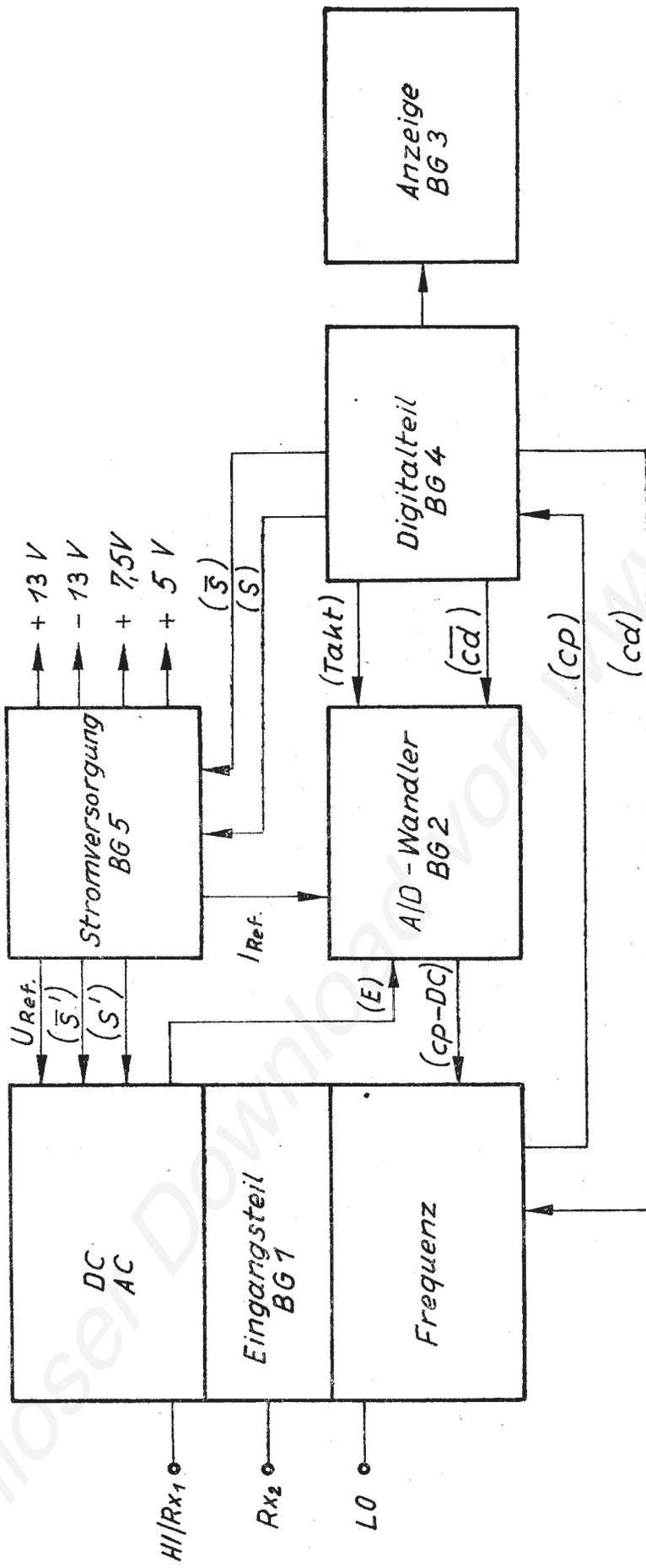


Bild 2 Übersichtsschaltplan des Digital Multimeters DM 2020

4.2. Arbeitsweise

Die Baugruppe 1 BG 1 »Eingangsteil« besteht aus dem »Eingangsteil DC/AC« und dem »Eingangsteil f«.

Im »Eingangsteil DC/AC« werden sowohl die an den Eingangsbuchsen HI und LO liegenden Spannungen bzw. die sie durchfließenden Ströme als auch die bei der Widerstandsmessung an den Eingangsbuchsen R_{x1} und R_{x2} liegenden Widerstände nach entsprechender Wahl der Betriebsart und des Meßbereiches auf Spannungen von $U < 2,399 \text{ V}$ zurückgeführt.

Die als Gleichspannung beliebiger Polarität vorliegende Spannung wird auf die BG 2 »A/D-Wandler« gegeben. In der BG 2 wird die Gleichspannung beliebiger Polarität in eine proportionale Impulsfolge (cp-DC) umgesetzt. Nach Pegelwandlung in der BG 1 »Eingangsteil f« erfolgt die Zählung und Anzeige der Impulsfolge (cp) in der BG 4 »Digitalteil« bzw. BG 3 »Anzeige«.

Die BG 4 stellt die Taktfrequenz (Takt) und den hier als Synchronisierimpuls wirkenden Steuerbefehl »negiertes Tor« (cd) für die BG 2 zur Verfügung. Außerdem werden die Steuerbefehle »Nullpunkt-korrektur« (s) und »Meßwertzuschaltung« (s̄) erzeugt. Die BG 5 »Stromversorgung« stellt die notwendigen Betriebsspannungen von +13 V, -13 V, +7,5 V und +5 V bereit und erzeugt den Referenzstrom I_{ref} für die BG 2 »A/D-Wandler« sowie die Referenzspannung U_{ref} für die BG 1 »Eingangsteil DC/AC« zur Widerstandsmessung. Außerdem liefert die BG 5 die Steuerbefehle »Nullpunktkorrektur« (s') und »Meßwertzuschaltung« (s̄') für die Eingangsumschalter (DC-BG 1, R-BG 5), indem eine Pegelwandlung der Steuerbefehle »Nullpunktkorrektur« (s) und »Meßwertzuschaltung« (s̄) vorgenommen wird.

In der BG 1 »Eingangsteil f« erfolgt die Verstärkung, Impulsformung und automatische Triggerpegelein-
stellung von Eingangssignalen beliebiger Kurven-
form. Die Zählung und Anzeige der Impulsfolge (cp)
wird in der BG 4 »Digitalteil« bzw. BG 3 »Anzeige«
vorgenommen.

Die BG 4 stellt für die Frequenzmessung den Steuer-
befehl »Tor« (cd) zur Verfügung.

5.2.1. Besonderheiten beim Beschalten der Meßeingänge

Achtung! Die Eingangsbuchsen dürfen nicht mit Stromkreisen verbunden werden, die nicht ausreichend vom Netz isoliert sind! Beim Beschalten der Meßeingänge ist zu beachten, daß

- immer zuerst die LO-Buchse (12) beschaltet wird,
- nach dem Beschalten einer Eingangsbuchse mit einem berührungsgefährdenden Potential, dieses Potential an allen anderen Eingangsbuchsen (HI, LO, R_x) auftreten kann,
- nach einer unzulässigen Überlastung der Meßeingänge (z. B. durch Einschwingvorgänge) mit einem berührungsgefährdenden Potential an den Eingangsbuchsen gerechnet werden muß!

Bei Eingangsspannungen $> 220 \text{ V}$ bei DC- und AC-Messungen muß die LO-Buchse (12) mit der Erdbuchse (19) verbunden werden!

Bei Widerstandsmessungen dürfen an die Widerstandsmeßbuchsen R_{x1} und R_{x2} (14), (13) keine Spannungen angelegt werden! Bei Gleich- und Wechselstrommessung wird der Strommeßeingang im Falle der Meßbereichsüberschreitung kurzgeschlossen. Deshalb ist zu beachten, daß in diesen Betriebsarten zwischen HI-Buchse (14) und LO-Buchse (12) nicht versehentlich eine Spannungsquelle, die nicht kurzschlußfest ist, angeschlossen wird, da sie sonst zerstört wird!

5. Vorbereitung zum Betrieb

5.1. Allgemeine Angaben

Um die Betrachtung der Anzeige zu erleichtern, kann das Gerät mit Hilfe des als Aufstellbügel gestalteten Tragegriffes in zwei verschiedene Schräglagen gebracht werden (siehe Bild 1).

5.2. Sicherheitsmaßnahmen

Das Gerät besitzt die Schutzklasse I und darf nur an einem mit Schutzkontakt versehenen Netzanschluß betrieben werden (siehe Pkt. 3.3. Schutzgüte).

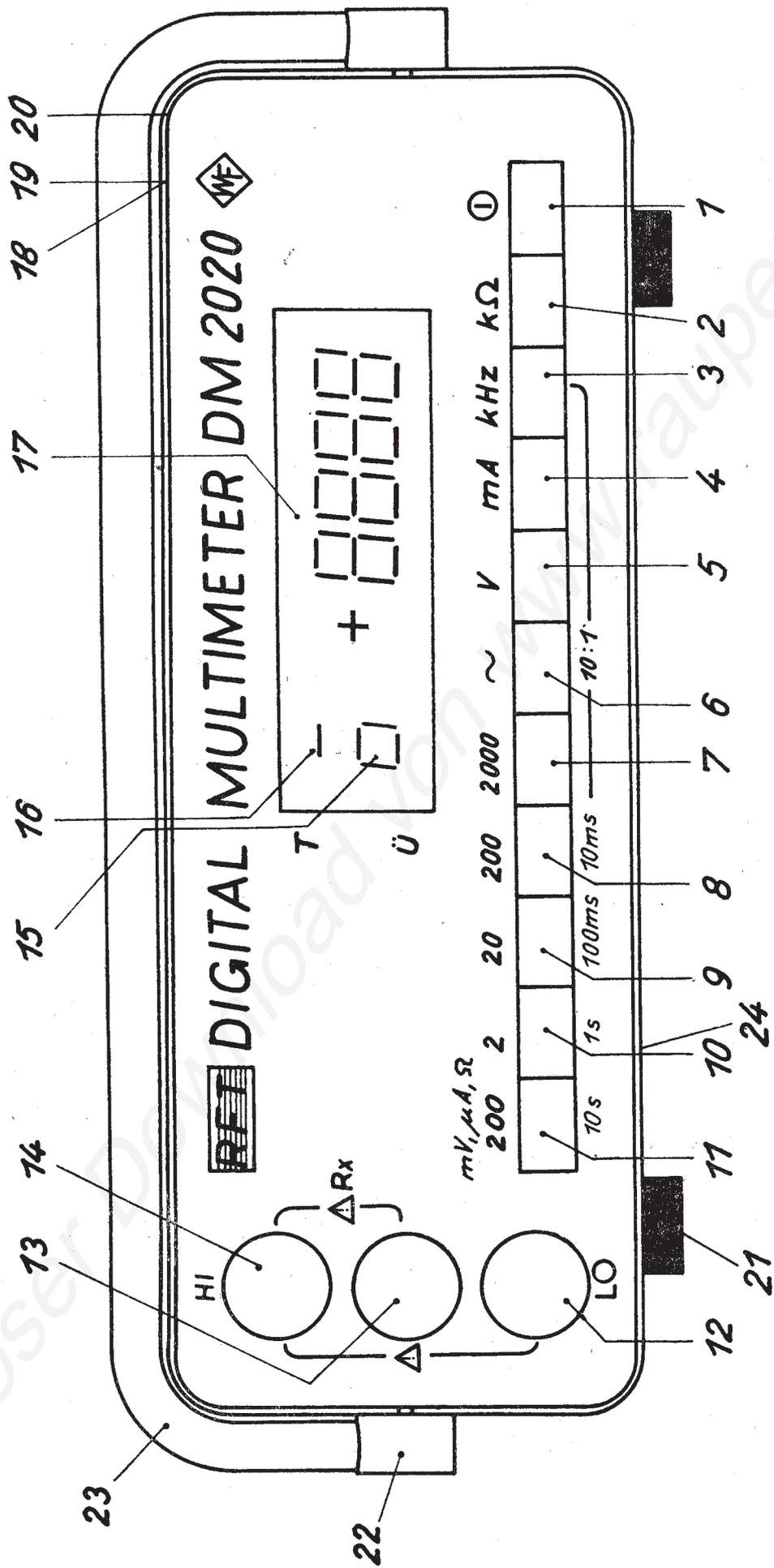


Bild 3 Vorderansicht des Digital Multimeters DM 2020

Bild 3

5.3. Erläuterungen der Bedienelemente zu Bild 3

Die Bezeichnung der Bedienelemente, Anzeigeelemente und Anschlüsse entsprechen denen im Stromlaufplan. Die Positionszahlen werden im folgenden Text in Klammern aufgeführt.

Pos.	Benennung	Tasten Nr.	It.	Sp
1	Netztaste			11
2	Taste »Widerstandsmessung«			10
3	Taste »Frequenzmessung«			9
4	Taste »Strommessung«			8
5	Taste »Spannungsmessung«			7
6	Taste »AC-Messung« (bei nicht gesetzter Taste: DC-Messung) »10:1 Verteiler« (bei Frequenzmessung)			6
7 ... 11	Meßbereichsschalter 2 000; 200; 20; 2; 200 mV, μ A, Ω			5 ... 1
8 ... 11	Meßzeitschalter bei Frequenzmessung 10 ms; 100 ms; 1 s; 10 s			4 ... 1
12	LO-Buchse für DC-, AC- und Frequenzmessungen			
13	Widerstandsmeßbuchse R_{x2}			
14	HI-Buchse für DC-, AC- und Frequenzmessungen Widerstandsmeßbuchse R_{x1} (bei Widerstandsmessung)			
15	Anzeige der Meßbereichsüberschreitung (bei DC-, AC- und R-Messung) Überlaufanzeige (bei Frequenzmessung)			
16	Toranzeige (bei Frequenzmessung)			
17	Lichtemitteranzeige mit Polarität und Dezimalpunkt			
18	Oszillatorfrequenzbuchse	} Rückseite } des Gerätes		
19	Erdbuchse			
20	Netzstecker			
21	Gummifüße			
22	Befestigungsstücke			
23	Aufstellbügel			
24	Abgleichöffnung für Oszillatorfrequenz (Unterseite des Gerätes)			

5.4. Anschluß des Gerätes an die Stromversorgung

Das Digital Multimeter DM 2020 ist für den Betrieb mit $220\text{ V} \pm 10\%$ Netzwechselspannung vorgesehen. Es darf nur an einem mit Schutzkontakt versehenen Netzanschluß angeschlossen werden. Nach Anschluß des Netzsteckers (20) ist das Gerät zum Betrieb vorbereitet.

6. Betriebsanleitung

6.1. Vorbereitung der Messung

Durch Setzen der Netztaste (1) ist das Gerät betriebsbereit. Das wird durch Aufleuchten der Lichtemitteranzeige mit Polarität und Dezimalpunkt (17) sichtbar.

6.1.1. DC-, AC-Messungen (Strom und Spannung) und Widerstandsmessung

In diesen Betriebsarten benötigt das Gerät keine Einlaufzeit, so daß sofort gemessen werden kann. Das Gerät arbeitet mit automatischer Nullpunkt-korrektur.

Eine Kalibrierung ist nicht erforderlich.

Ist keine Taste des Betriebsartenschalters (2), (3), (4), (5), (6) gesetzt, so ist die HI-Zuleitung offen.

Die LO-Buchse für DC- und AC-Messungen (12) ist vom Gehäuse isoliert, so daß auch erdfrei gemessen werden kann. Bedingt durch das Eingangsfilter usw. besitzt das Gerät in allen Betriebsarten bei niederohmigem Quellwiderstand für den vollen Anzeigewert eine Einstellzeit von etwa 3 s. Bei Spannungsmessungen an hochohmigen Quellen ist die Spannungsteilung zwischen dem Eingangswiderstand des Gerätes und dem Quellwiderstand zu beachten.

6.1.2. Frequenzmessung

In dieser Betriebsart benötigt das Gerät eine Einlaufzeit von etwa 1 h, bis es innerhalb der garantierten Fehlergrenzen arbeiten kann.

6.2. Meßvorgang

6.2.1. Gleichspannungsmessung

Die Taste »Spannungsmessung« (5) wird gesetzt (Taste »AC-Messung« (6) ist nicht gesetzt).

Für die zu erwartende Spannung wird der entsprechende Meßbereich eingeschaltet. Bei unbekannter Meßspannung ist zunächst der größte Meßbereich zu wählen. Es ist darauf zu achten, daß bei Gleichspannungen $> 42\text{ V}$ gut isolierte Meßkabel verwendet werden.

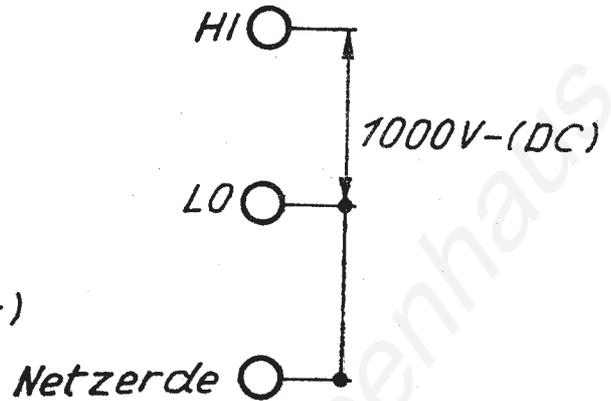
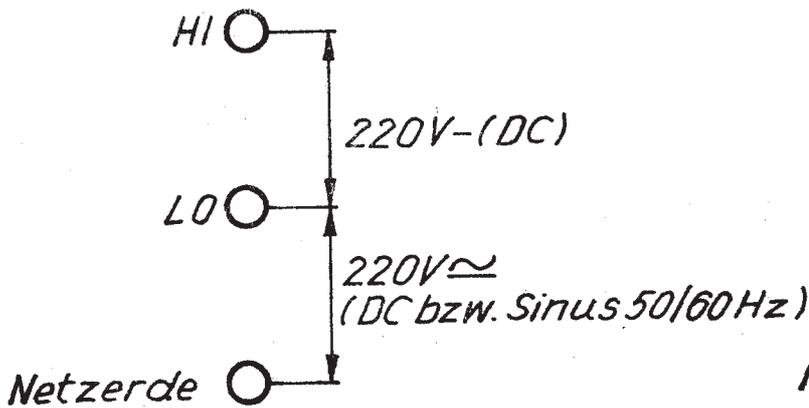
Achtung! Die max. zulässige Eingangsspannung beträgt im 2 000 V-Meßbereich 1 kV.

Bei Gleichspannungen $> 220\text{ V}$ muß die LO-Buchse (12) mit der Erdbuchse (19) verbunden werden.

Eine Überlastung der Meßbereiche ist entsprechend den technischen Kennwerten, Pkt. 3.1.1. möglich.

Zusätzliche Meßfehler können durch den Eingangswiderstand (hochohmige Quelle), den Offsetstrom $\leq 1\text{ nA}$ und den Temperaturkoeffizienten entsprechend den technischen Kennwerten, Pkt. 3.1.1. entstehen.

Maximal zulässige Spannungen zwischen den Meßbuchsen (vergl. techn. Kennwerte, Pkt. 3.1.1.).



6.2.2. Wechselspannungsmessung

Es werden die Taste »Spannungsmessung« (5) und die Taste »AC-Messung« (6) gesetzt.

Die Beschaltung der HI- und LO-Buchse (14), (12) und die Wahl der Meßbereiche erfolgt wie bei der Gleichspannungsmessung.

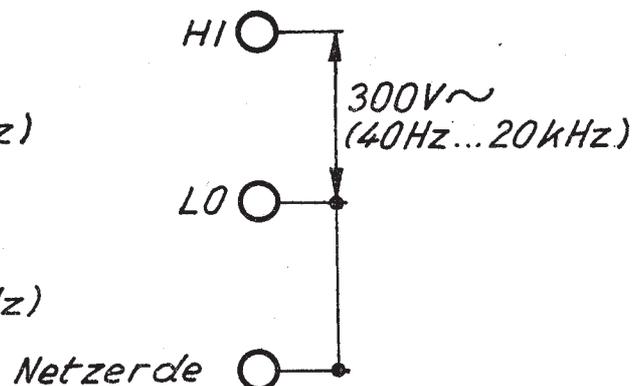
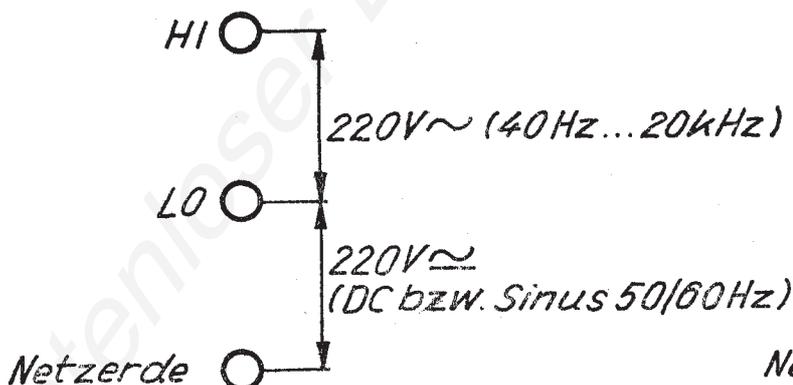
Es ist darauf zu achten, daß bei Messungen von Wechselspannungen $> 42\text{ V}$ gut isolierte Meßkabel verwendet werden. Das Gerät zeigt den Effektivwert sinusförmiger Wechselspannungen an. Eine Abweichung vom Scheitelfaktor 1,414 führt zu einer Verfälschung des Meßergebnisses.

Achtung! Die max. zulässige Eingangswchselspannung beträgt im Frequenzbereich bis 20 kHz im 2000 V-Meßbereich $U_{\text{eff}} = 300\text{ V}$: Bei Wechselspannungen $> 220\text{ V eff.}$ muß die LO-Buchse (12) mit der Erdbuchse (19) verbunden werden.

Eine Überlastung der Meßbereiche ist entsprechend den technischen Kennwerten, Pkt. 3.1.2. möglich.

Zusätzliche Meßfehler können durch den Eingangswiderstand und die Eingangskapazität (hochohmige Quellen) sowie durch den Temperaturkoeffizienten entsprechend den technischen Kennwerten, Pkt. 3.1.2. entstehen.

Maximal zulässige Spannungen zwischen den Meßbuchsen (vergl. techn. Kennwerte, Pkt. 3.1.2.).



6.2.3. Gleichstrommessung

Die Taste »Strommessung« (4) wird gesetzt (Taste »AC-Messung« (6) ist nicht gesetzt).

Für den zu erwartenden Strom wird der entsprechende Meßbereich eingeschaltet. Bei unbekanntem Meßstrom ist zunächst der größte Meßbereich zu wählen.

Achtung! Der max. zulässige Eingangsstrom beträgt 2,5 A. Der 200 mA- und 2 000 mA-Meßbereich besitzt keinen automatischen Überlastschutz. Eine Überlastung dieser Meßbereiche ist entsprechend den technischen Kennwerten, Pkt. 3.1.3, möglich.

Zusätzliche Meßfehler können durch den Spannungsabfall im Strompfad und Temperaturänderungen entstehen.

5.2.4. Wechselstrommessung

Es werden die Taste »Strommessung« (4) und die Taste »AC-Messung« (6) gesetzt.

Die Beschaltung der HI- und LO-Buchse (14), (12) und die Wahl der Meßbereiche erfolgt wie bei der Gleichstrommessung.

Das Gerät zeigt den Effektivwert sinusförmiger Wechselströme an. Eine Abweichung vom Scheitelfaktor 1,414 führt zu einer Verfälschung des Meßergebnisses.

Achtung! Der max. zulässige Eingangsstrom beträgt 2,5 A. Der 200 mA- und 2 000 mA-Meßbereich besitzt keinen automatischen Überlastschutz. Eine Überlastung dieser Meßbereiche ist entsprechend den technischen Kennwerten, Pkt. 3.1.4, möglich.

Zusätzliche Meßfehler können durch den Spannungsabfall im Strompfad und Temperaturänderungen entstehen.

6.2.5. Widerstandsmessung

Die Taste »Widerstandsmessung« (2) wird gesetzt (Taste »AC-Messung« (6) ist nicht gesetzt).

Bei unbekanntem Widerstand ist zunächst der größte Meßbereich zu wählen. Der Widerstand R_x wird zwischen die Widerstandsmeßbuchsen R_{x1} und R_{x2} (14), (13) geklemmt. Es kann ein max. Widerstand von 2,399 M Ω gemessen werden.

Achtung! An die Widerstandsmeßbuchsen R_{x1} und R_{x2} dürfen keine Spannungen angelegt werden.

Zusätzliche Meßfehler können entstehen durch:

lange Zuleitungen bei kleinen Widerstandswerten
Einstreuungen bei großen Widerstandswerten
Temperaturänderungen

6.2.6. Frequenzmessung

Die Taste »Frequenzmessung« (3) wird gesetzt. Bei Frequenzen > 300 kHz sowie bei Impulsen mit einer Impulsbreite $< 2 \mu\text{s}$, ist die Taste »10:1 Vorteiler« (6) zusätzlich zu setzen. Einer der Meßzeitschalter (8), (9), (10) oder (11) ist zu betätigen. Die Toranzeige (16) leuchtet während der Meßzeit auf. Da die Meßpause generell 2 ms beträgt, ist sie auf der Toranzeige (16) schwer zu erkennen. Die zu messende Frequenz wird den Eingangsbuchsen HI (14) und LO (12) zugeführt.

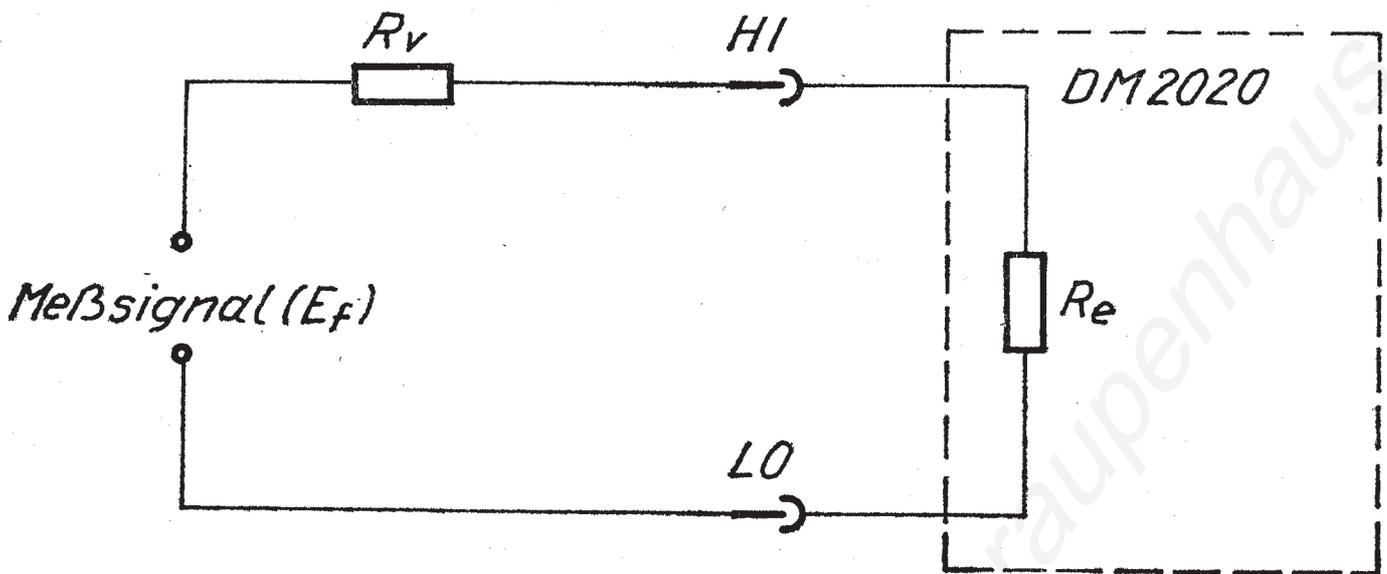
Die TriggerpegelEinstellung wird automatisch im unter Pkt. 3.1.7.5. genannten Bereich vorgenommen. Sie nimmt in Abhängigkeit von der gewählten Meßzeit, von der Größe des Gleichspannungsanteils des Eingangssignals einige Zeit in Anspruch. In der Regel beträgt diese Zeit das 2- bis 15fache der gewählten Meßzeit. Die Anzeige der gemessenen Frequenz erfolgt in »kHz«. Bei einer Meßzeit von 10 s und ohne Einsatz des Vorteilers wird das Ergebnis in »Hz« angezeigt. Wird die Zählkapazität des Zählers überschritten, so leuchtet die Überlaufanzeige (15) auf. Durch die Wahl einer kürzeren Meßzeit erhält man das vollständige Meßergebnis. Jetzt darf die Überlaufanzeige (15) nicht mehr aufleuchten.

Achtung! Die max. zulässige Eingangsspannung ist unabhängig von der gewählten Meßzeit und beträgt $20 V_{\text{eff}}$ bei sinusförmigen Eingangssignalen und $20 V_{\text{ss}}$ bei impulsförmigen Eingangssignalen. Der Gleichspannungsanteil des Eingangssignals darf 20 V auf keinen Fall überschreiten.

Maximal zulässige Spannungen zwischen den Meßbuchsen (vergl. techn. Kennwerte, Pkt. 3.1.7.2.). Zusätzlich zu den unter Pkt. 3.1.7.6. und 3.1.7.7. gemachten Ausführungen können Meßfehler durch Fehlmessungen entstehen, welche ihre Ursache in Fehlauflösungen des Triggers, hervorgerufen durch das anliegende Meßsignal und/oder durch äußere Störeinflüsse, haben. Die häufigsten Fehler dieser Art sind:

– **Meßfehler durch überlagerte höherfrequente Störspannungen, deren Amplitude am Ausgang des Eingangsverstärkers IS 101 größer ist, als die Hysteresespannung des Triggers**

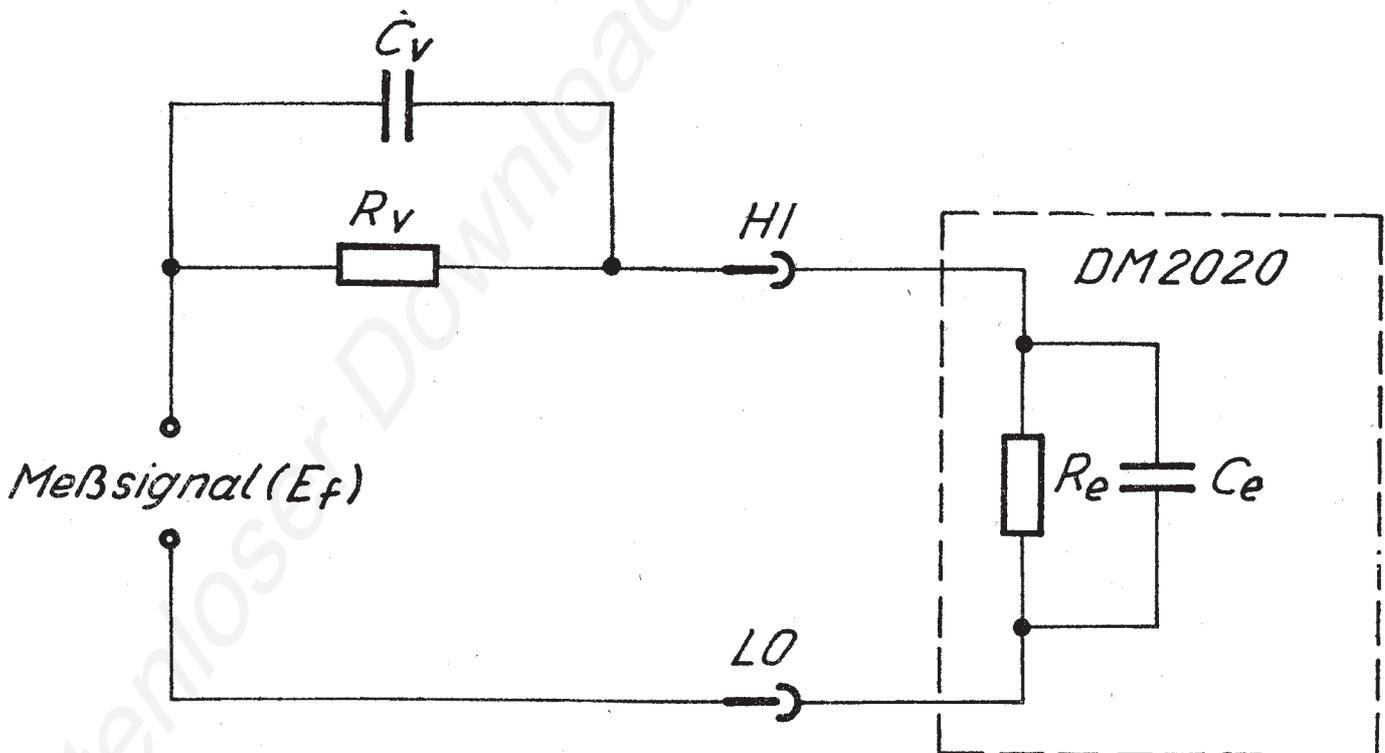
Da der Eingangsverstärker keine Verstärkungsregelung besitzt, besteht bei einem entsprechend großen Signal durch Einschaltung eines entsprechenden Widerstandes R_v in die HI-Zuleitung die Möglichkeit, durch Spannungsteilung das Eingangssignal herunter zu teilen und damit das Verhältnis Hysteresespannung/Störspannung zu vergrößern.



Variante 1

Bei großen Signalspannungen kann der Eingangswiderstand zwischen 100 kOhm und etwa 1 MOhm liegen. Deshalb muß R_v in Abhängigkeit von der Eingangsspannung je nach gewünschtem Teilverhältnis gewählt werden. Dabei ist zu beachten, daß R_v mit C_e einen Tiefpaß bildet, der besonders hochfrequente Signale am Eingang stark herabsetzt und verformen kann.

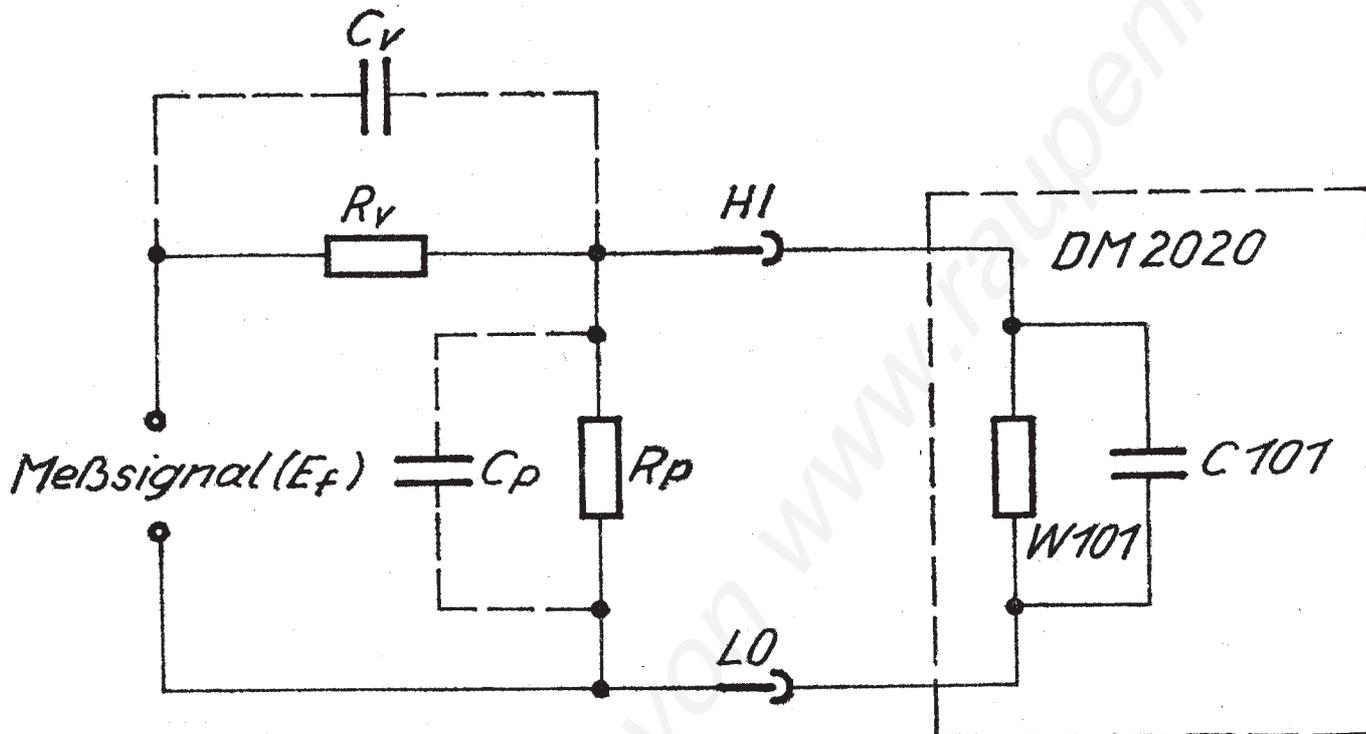
Bei höheren Frequenzen kann es deshalb erforderlich werden, den Widerstand R_v durch einen parallelgeschalteten Kondensator C_v frequenzkompensiert zu betreiben. Das Produkt $R_v \cdot C_v$ sollte bei etwa 80 μ s liegen. In der Regel kann man sich den Kondensator C_v sparen, indem man R_v nur entsprechend kleiner wählt.



Variante 2

Bei kleineren Eingangssignalen beträgt der Eingangswiderstand etwa 1 MOhm // 80 pF. In der Praxis lassen sich Widerstände R_v über 3 MOhm nur schwer realisieren. Um trotzdem ein größeres Spannungsteilverhältnis zu erzielen, ist es möglich, wenn $R_v \geq 750 \text{ kOhm}$ ist, zwischen die HI-Buchse (14) und die LO-Buchse (12) einen entsprechend niederohmigen Widerstand R_p zu schalten. Durch Parallelschaltung eines Kondensators C_p kann dieser Widerstand R_p dann auch komplex gestaltet werden.

Das Produkt $R_p \cdot C_p$ sollte bei etwa $80 \mu\text{s}$ liegen. Auf den Kondensator C_v sollte man verzichten, um nicht durch den Hochpaß $C_v + R_p // W 101$ störende Differenzierimpulse zu provozieren.



Variante 3

– **Meßfehler durch überlagerte niederfrequente Störspannungen (z. B. Brummspannungen)**

Die automatische Triggerpegelregelung ist in der Lage, auftretende Brummspannungen auszuregulieren, so lange $U_{\text{Messsignal eff}} - U_{\text{Brumm eff}} \geq 50 \text{ mV}_{\text{eff}}$ ist. Die Impulsbreite der getriggerten Meßsignale darf dabei 200 ns mit und $2 \mu\text{s}$ ohne Einsatz des Vorteilers nicht unterschreiten. Ist die Brummspannung im Verhältnis zur Meßspannung zu groß, kann man durch Vorschalten eines entsprechenden Filters vor den Eingang Abhilfe schaffen.

– **Meßfehler durch amplitudenmodulierte Meßsignale**

Der Triggerpegelregelung gelingt es, amplitudenmodulierte Meßsignale optimal zwischen die Triggerpunkte einzupegeln so lange gilt:

$$U_{\text{Mess max eff}} \cdot (1 - m) \geq 50 \text{ mV}_{\text{eff}}$$

$U_{\text{Mess max eff}} \triangleq$ Effektivwert des unmodulierten Meßsignals

$m \triangleq$ Modulationsgrad

Wird obiger Ausdruck kleiner als $50 \text{ mV}_{\text{eff}}$, so ist das Signal ohne vorherige externe Verstärkung nicht triggerbar.

– **Meßfehler durch starkes Überschwingen des Meßsignals**

Besonders bei impulsförmigen Eingangssignalen mit extremen Tastverhältnissen, ist mit diesem Fehler zu rechnen. Da dann der überwiegend eingenommene Pegelzustand sehr nahe an die Hysterese geregelt wird (siehe Pkt. 7.1.2.) machen sich Überschwingungen der Meßsignalfanken, welche zu diesem überwiegend eingenommenen Pegelzustand führen, als auch andere Störspitzen auf diesem Pegelzustand als Fehlauflösungen des Triggers bemerkbar, wenn sie groß genug sind. Bei entsprechend großem Signal ist hier eine Abhilfe wie unter dem 1. Anstrich dieses Punktes nach Variante 1 möglich.

Eine Frequenzkompensation des Widerstandes R_v mit C_v nach Variante 2 ist hier nicht zu empfehlen, da bei impulsförmigen Eingangssignalen die Störungen als auch die Pegeländerungen durch den Hochpaß $C_v + R_p // W 101$ differenziert werden könnten. Die so entstandenen Differenzierimpulse können dann durch den Eingangsverstärker verstärkt, erst recht zu Fehlauflösungen des Triggers führen.

– **Meßfehler durch nichtperiodische Meßsignale**

Die automatische Triggerpegelregelung ist nur in der Lage, periodische Meßsignale zu verarbeiten. Aperiodische Meßsignale führen fast immer zu Fehlauflösungen des Triggers.

– **Meßfehler durch zu hohen Gleichspannungsanteil des Meßsignals**

Ist der Gleichspannungsanteil größer, als unter Pkt. 3.1.7.5. angegeben, kann bei entsprechend großem Eingangssignal mit den unter dem 1. Anstrich dieses Punktes genannten Varianten Abhilfe geschaffen werden, da der so entstandene Spannungsteiler auch den Gleichspannungsanteil herunterteilt.

– **Meßfehler durch äußere Störfelder und gestörte Netzspannungen**

Hier müssen die Störursachen beseitigt werden. Oft führt das Vorschalten ausreichender Filterketten vor den Netzstecker (20) und/oder geerdetes Messen (LO-Buchse (12) mit Erdbuchse (19) verbunden) des Eingangssignals zum Erfolg. Da diese Störungen auch über das Netzteil der Signalquelle auf den Eingang gelangen können, wird empfohlen, dort gleichfalls obige Maßnahmen anzuwenden.

7. **Elektrische Schaltung des Gerätes**

7.1. **Eingangsteil BG 1**

7.1.1. **Eingangsteil DC/AC BG 1**

Die BG 1 »Eingangsteil DC/AC« besteht aus einem Gleichspannungskanal (Gleichspannungsteiler, Eingangsumschalter T_1 , T_2 , Operationsverstärker IS 3) und einem Wechselspannungskanal (aktiver Wechselspannungsteiler IS 1, Gleichrichter IS 2). Strom- und Widerstandsmessungen werden über die Widerstandsnetzwerke $W_1 \dots W_5$ bzw. $W_{31} \dots W_{38}$ auf eine Spannungsmessung zurückgeführt.

Gleichspannungsmessung:

Bei der Gleichspannungsmessung wird die Taste 7 des Tastenschalters 1 gesetzt. Das Eingangssignal gelangt über die Kontakte 8x2,1, 7y5,6 und 6y8,7 zum Gleichspannungsteiler. Im 0,2- und 2 V-Meßbereich (Taste 1 bzw. 2 gesetzt) gelangt das Eingangssignal über die Kontakte 8y1,2 und 6x10,11, den Eingangsumschalter (T_1 , T_2) und den Schalter 10y15,16 zum Gleichspannungsverstärker IS 3. In den 20 V-, 200 V- und 2 000 V-Meßbereichen (Taste 3, 4 bzw. 5) wird das Eingangssignal 10:1, 100:1 oder 1 000:1 geteilt, so daß am Verstärkereingang Spannungen von maximal $\pm 2,399$ V anliegen.

Zwischen den Kontakten 8y2 und 6x11 liegt ein Begrenzernetzwerk $W_{56} \dots W_{60}$; D 16,17. Wechselspannungsstörungen am Eingang des Verstärkers werden mit W_{56} und C_{15} unterdrückt.

Der Eingangsumschalter (T_1 , T_2) wird über die Pegelwandler T 509, T 510 der BG 5 von der BG 4 »Digitalteil« entsprechend dem Meßzyklus gesteuert. Der Gleichspannungsverstärker IS 3, mit SFET-Eingangsstufe, arbeitet bei Gleichspannungsmessung als nichtinvertierender Verstärker. Im 0,2 V-Meßbereich und bei Gleichstrommessung hat der Verstärker eine Verstärkung von 10. Der Schalter 1y4,5 bzw. 8y9,10 wird geöffnet, so daß das Gegenkopplungswerk $W_{62} \dots W_{64}$ wirksam wird. In allen anderen Meßbereichen ist der Verstärker voll gegengekoppelt und arbeitet mit einer Verstärkung von 1. Die Offsetspannung des Gleichspannungsverstärkers wird mit dem Einstellregler W_{66} abgeglichen. Das Ausgangssignal des Verstärkers gelangt über die Kontakte 10x12,13 zur BG 2.

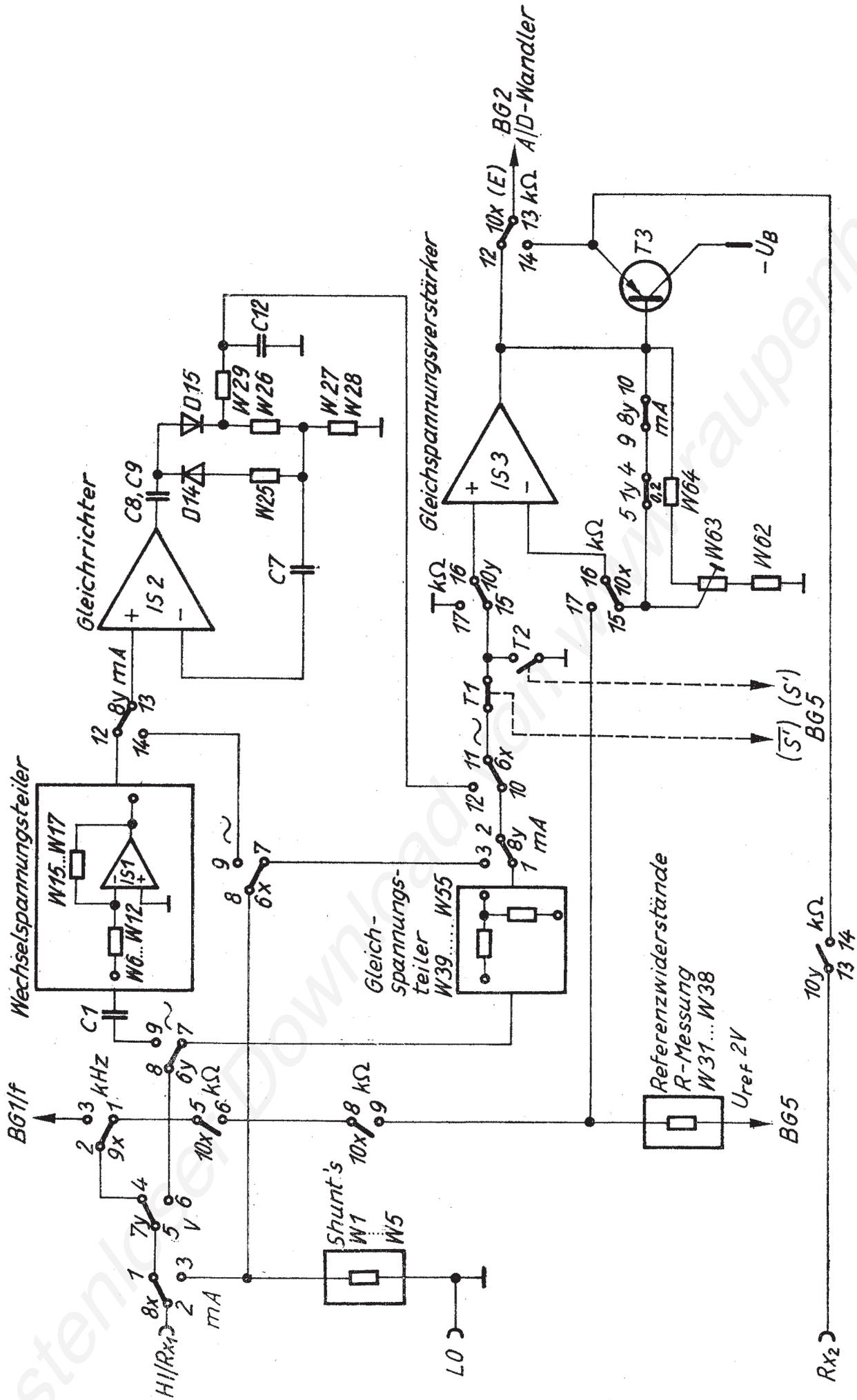


Bild 4 Übersichtsschaltplan der BG1 „Eingangsteil DC/AC“

Schalterstellung : Keine Taste gesetzt

Wechselspannungsmessung:

Bei der Wechselspannungsmessung wird die Taste 7 »Spannungsmessung« und die Taste 6 »AC-Messung« des Tastenschalters 1 gesetzt. Das Eingangssignal gelangt über die Kontakte 8x2,1, 7y5,6, 6y8,9 und den Kondensator C₁ an den aktiven Wechselspannungsteiler (W₆...W₁₂, W₁₅...W₁₇, IS 1), der als invertierender Verstärker arbeitet. In den 20 V-, 200 V- und 300 V-Meßbereichen (Taste 3, 4 bzw. 5 gesetzt) wird das Eingangssignal 10:1, 100:1 oder 1 000:1 geteilt, so daß über die Kontakte 8y12,13 maximal 2,399 V_{eff} am Eingang des Gleichrichters anliegen. In den 0,2- und 2 V-Meßbereichen (Taste 1 bzw. 2 gesetzt) liegt das Eingangssignal ungeteilt am Eingang des Gleichrichters, da der aktive Wechselspannungsteiler abgeschaltet ist (siehe Stromlaufplan). Der Widerstand W₁₈ bildet mit den Dioden D₇...D₁₂ ein Begrenzernetzwerk.

Der Gleichrichter IS 2 erzeugt eine dem Effektivwert der sinusförmigen Eingangsspannung entsprechende positive Gleichspannung. Die Gleichrichtung übernehmen die Dioden D₁₄ und D₁₅, die im Gegenkopplungszweig des Gleichrichters IS 2 liegen, der als nichtinvertierender Verstärker arbeitet. Die Kondensatoren C₈, C₉ trennen die Gleichspannung ab, so daß die Ausgangsspannungsdrift des Operationsverstärkers nicht zum Ausgang des Gleichrichters gelangen kann. Die gleichgerichtete und verstärkte Eingangsspannung wird an der Katode von D₁₅ abgegriffen und dem Integrationsglied W₂₀, C₁₂ zugeführt. Die über C₁₂ liegende positive Gleichspannung wird über die Kontakte 6x12,11 dem Gleichspannungsverstärker zugeführt. Der Abgleich des Gleichrichters erfolgt mit W₂₇.

Im 0,2 V-Meßbereich und bei Wechselstrommessung wird die Ausgangsspannung des Gleichrichters im nachfolgenden Gleichspannungsverstärker 10fach verstärkt.

Strommessung:

Bei der Strommessung ist die Taste 8 »Strommessung« des Tastenschalters 1 gesetzt. Der zu messende Strom fließt über die Kontakte 8x2,3 und die entsprechend den Meßbereichen eingeschalteten Shuntwiderstände W₁...W₅ nach LO. Der dabei an den Shuntwiderständen hervorgerufene max. Spannungsabfall von 0,2399 V gelangt bei Gleichstrommessung über die Kontakte 6x8,7 und 8y3,2 zum Gleichspannungsverstärker. Bei Wechselstrommessung gelangt diese Spannung über die Kontakte 6x8,9 und 8y14,13 zum Gleichrichter.

Die antiparallele Dioden-Thyristor-Kombination D₁...D₄, die parallel zum jeweiligen Shuntwiderstand geschaltet wird, übernimmt den Schutz vor zu großen Strömen. Bei einem Spannungsabfall von > 3 V am eingeschalteten Shuntwiderstand schaltet polaritätsabhängig D₂ oder D₃ durch und begrenzt den Spannungsabfall auf < 1 V.

Widerstandsmessung:

Bei Widerstandsmessung ist die Taste 10 »Widerstandsmessung« gesetzt. Der Gleichspannungsverstärker IS 3 wird bei gesetzter Taste 10 als invertierender Verstärker geschaltet. Um den im 0,2 kOhm-Meßbereich erforderlichen Strom bereitzustellen, wird der Gleichspannungsverstärker durch den Transistor T₃ erweitert. Der nichtinvertierende Eingang des Verstärkers ist über die Kontakte 10y16,17 auf LO geschaltet. An den invertierenden Eingang wird über die Kontakte 10x16,17 der Summenpunkt ge-

legt. Der dem Meßbereich entsprechende Referenzwiderstand W₂₁...W₂₈ stellt den Eingangswiderstand dar, während der unbekannte Widerstand R_x, der zwischen die Buchsen R_{x1} und R_{x2} geschaltet wird, als Gegenkopplungswiderstand dient. Die Eingangsspannung bildet die Referenzspannung U_{ref} = 2 V.

$$U_a = - \frac{R_x}{R_{ref}} U_{ref}$$

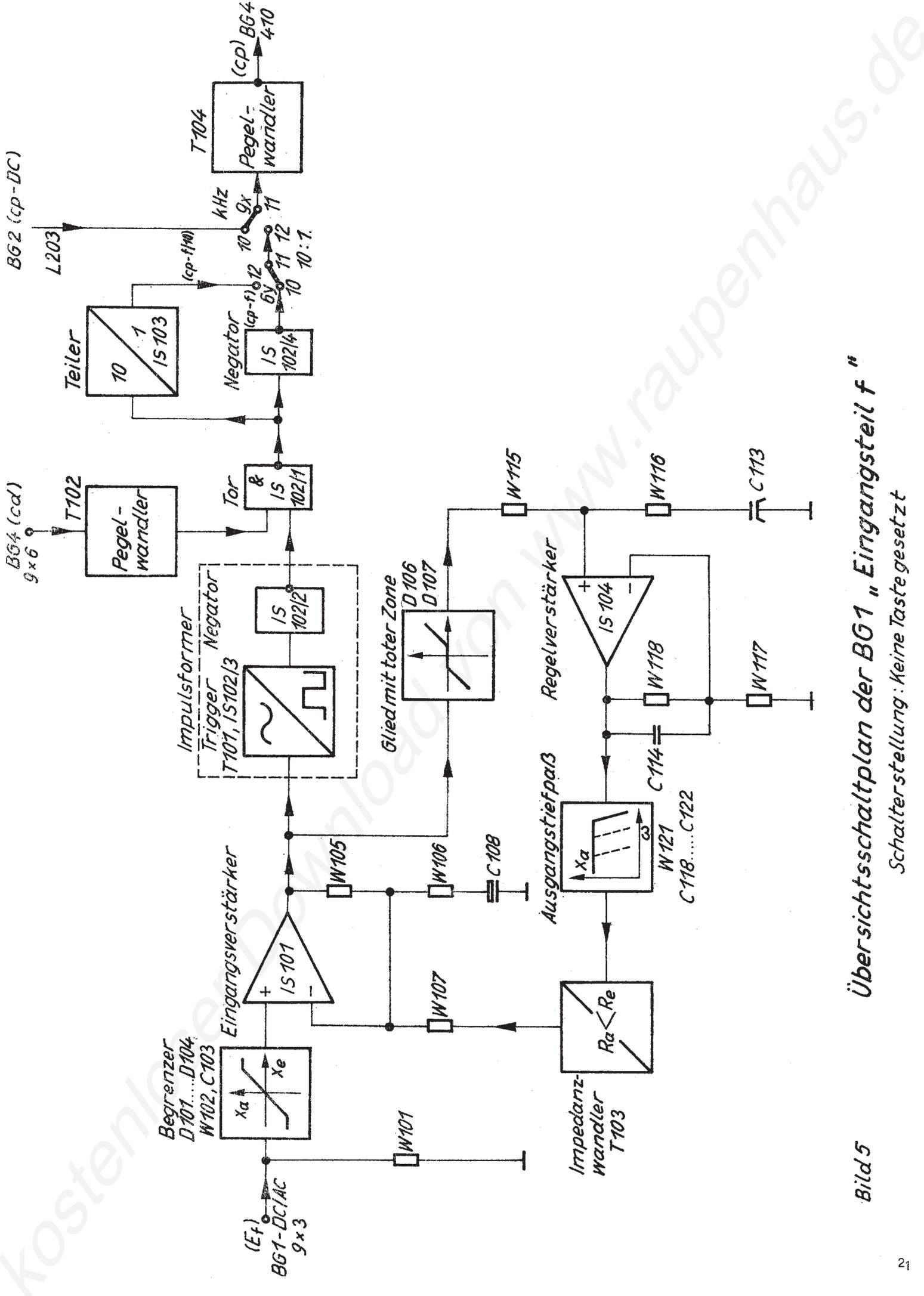
Die Ausgangsspannung U_a, die proportional R_x ist, gelangt über die Kontakte 10x14,13 zur BG 2.

7.1.2. Eingangsteil f

Das Eingangssignal (E_f) gelangt bei gesetzter Taste 9 »Frequenzmessung« über die Kontakte 8x2,1; 7y5,4 und 9x2,3 auf den Eingangsverstärker IS 101, dem ein Begrenzer vorgeschaltet wurde. Der Begrenzer schützt über W 102 und die Dioden D 101, D 102 den Eingangsverstärker vor zu hohen Eingangsgleichspannungen. Über W 102, die Dioden D 103, D 104 sowie C 103 wird der Verstärker vor zu großen Eingangsspannungen geschützt. Der Eingangsverstärker IS 101 arbeitet als nichtinvertierender Verstärker. Sein Eingangswiderstand wird bei kleinen Eingangsspannungen (sinusförmige Spannungen U_{eff} ≤ 3,5 V und impulsförmige Spannungen U_{ss} ≤ 5 V) im wesentlichen von W 101 bestimmt. Bei größeren Eingangsspannungen wird der Eingangswiderstand in Abhängigkeit von der Größe des Eingangssignals durch den Begrenzer herabgesetzt. Die Wechselspannungsverstärkung liegt bei 16. Ein am nichtinvertierenden Eingang des Eingangsverstärkers IS 101 anliegender Gleichspannungsanteil des Eingangssignals (E_f) wird nach entsprechender Regelzeit durch eine am invertierenden Eingang anliegende gleich große Regelgleichspannung im Verstärker so kompensiert, daß das Ausgangssignal gleichspannungsfrei erscheint.

Vom Ausgang des Eingangsverstärkers gelangt das Meßsignal zum Impulsformer, der aus dem Trigger (T 101 und IS 102/3) sowie dem nachgeschalteten Negator IS 102/2 besteht. Der Trigger arbeitet als Stromtrigger. Das Meßsignal wird über W 108 in einen spannungsproportionalen Strom umgewandelt. Mit W 110 wird die Größe der Hysteresespannung auf etwa 1 V festgelegt. W 109 sorgt durch einen zusätzlichen positiven Basisstrom für T 101 dafür, daß die Triggerpunkte in Richtung negativer Spannung verschoben werden und zwar so, daß sie bei etwa + 0,5 V für die Einschaltflanke und bei etwa - 0,5 V für die Rückschaltflanke liegen. Nach der Impulsformung passiert das Meßsignal das Tor IS 102/1. Der Pegelwandler T 102 paßt den von der BG 4 »Digitalteil« bereitgestellten Steuerbefehl »Tor« (cd) an den TTL-Pegel an und steuert damit das Tor IS 102/1. Das getorte Meßsignal wird parallel auf den Eingang der Negatorstufe IS 102/4 und auf den Eingang T_v des 10:1 Teilers IS 103 gegeben. Über die Schalter 6y10,11 und 9x12,11 wird das getorte Meßsignal (cp-f) auf den Pegelwandler T 104 geleitet, der den anliegenden TTL-Pegel an den MOS-Pegel anpaßt. Die so entstandene Impulsfolge (cp) wird dann in der BG 4 »Digitalteil« gezählt. Die Negatorstufe IS 102/4 sorgt dafür, daß die nach Beendigung des Zählvorganges am Tor IS 102/1 entstehende L/H-Flanke den als Negator arbeitenden Pegelwandler T 104 ebenfalls als L/H-Flanke verläßt, welche von der Zählerkette der BG 4 »Digitalteil« nicht als zusätzlicher Impuls gezählt werden kann.

Wird die Taste 6 »10:1 Vorteiler« gesetzt, gelangt das getorte und 10:1 geteilte Meßsignal (cp-f/10) vom Ausgang QD des Teilers IS 103 über die Kontakte 6y12,11 und 9x12,11 auf den Pegelwandler T 104.



Übersichtsschaltplan der BG1 „Eingangsteil f“

Schalterstellung: Keine Taste gesetzt

Bild 5

Da der Eingangsverstärker gleichspannungsgekoppelt ist, wird über eine zusätzliche Regelung dafür gesorgt, daß das Ausgangssignal des Eingangsverstärkers IS 101 keinen Gleichspannungsanteil enthält und somit zwischen die Triggerpunkte des Impulsformers gestellt wird. Dazu steuert das Ausgangssignal des Eingangsverstärkers IS 101 über das Glied mit toter Zone (D 106, D 107) den Regelverstärker IS 104.

Der Regelverstärker arbeitet auf einen Ausgangstiefpaß, welcher eine Regelgleichspannung zur Verfügung stellt. Über den Impedanzwandler T 103 und W 107 wird die Regelgleichspannung auf den invertierenden Eingang des Eingangsverstärkers IS 101 gegeben.

Der Regelverstärker IS 104 integriert die außerhalb der Triggerhysterese liegenden positiven und negativen Spannungen des Ausgangssignals des Eingangsverstärkers IS 101 zeitlich auf.

Das Glied mit toter Zone zwingt die Regelung so lange die Regelgleichspannung zu verändern, bis das Ausgangssignal des Gliedes mit toter Zone keinen Gleichspannungsanteil mehr aufweist. Der arithmetische Mittelwert dieses Signals liegt dann bei 0V. Bei sinusförmigen Eingangssignalen (E_f) und bei impulsförmigen Eingangssignalen (E_f) mit einem Tastverhältnis $t:T = 1:2$ weist dann das Ausgangssignal des Eingangsverstärkers IS 101, das Meßsignal, ebenfalls keinen Gleichspannungsanteil auf.

Bei kleinen impulsförmigen Eingangssignalen (E_f) mit extremen Tastverhältnissen liegt deren arithmetischer Mittelwert stets in der Nähe des Pegelzustandes, der überwiegend eingenommen wird. So kann die Flanke, die diesen Pegelzustand herbeiführt, den entsprechenden Triggerpunkt nicht erreichen, da die Spannungsdifferenz arithmetischer Mittelwert – überwiegend eingenommener Pegel zu klein ist. Das Glied mit toter Zone sorgt nun dafür, daß erst der integrale Anteil für positive und negative Ausgangsspannungen des Eingangsverstärkers IS 101 deren Betrag größer als etwa 0,6V ist, vom Regelverstärker berücksichtigt wird. Dadurch verschiebt sich das Meßsignal in Richtung der Polarität, in der der überwiegend eingenommene Pegelzustand vom arithmetischen Mittelwert des Meßsignals aus gesehen liegt, und das Meßsignal wird zwischen die beiden Triggerpunkte des Impulsformers gestellt. Der Ausgangstiefpaß nutzt seine integrierende Wirkung oberhalb seiner oberen Grenzfrequenz zur Erzeugung der Regelgleichspannung aus. Damit die von sehr tief liegenden oberen Grenzfrequenzen hervorgerufenen größeren Regelzeiten (Zeit bis zur Einstellung des Regelgleichgewichtes) nicht auch bei Meßzeiten von 10 ms und 100 ms auftreten, arbeitet der Ausgangstiefpaß mit veränderbarer oberer Grenzfrequenz. Das wird ermöglicht, indem in Abhängigkeit von der möglichen Auflösung des Meßsignals, also meßbereichsabhängig, über die Schalter 6x2,1; 1x8,9 und 6x5,4; 2y8,9 sowie 6x5,6; 1x8,9 die Kondensatoren C 118 oder C 119, C 120 zugeschaltet werden. Über W 122 werden die Kondensatoren C 118 und C 119, C 120 auf definiertes Potential aufgeladen, solange sie dem Ausgangstiefpaß nicht zugeschaltet sind.

7.2. A/D-Wandler BG 2

7.2.1. Prinzip des A/D-Wandlers für Gleichspannungen beliebiger Polarität

Von der BG 1 »Eingangsteil DC/AC« gelangen Gleichspannungen beliebiger Polarität auf den Eingang E des A/D-Wandlers.

Damit der A/D-Wandler Gleichspannungen beliebiger Polarität verarbeiten kann, wird mit W 202, der zwischen $-U_B$ und dem invertierenden Eingang des Integrators IS 210 liegt, ein Verschiebestrom erzeugt. Der Verschiebestrom muß mind. die Größe des Stromes haben, den die maximale negative A/D-Wandlereingangsspannung im Widerstand W 203 erzeugt. Dadurch wird der Nullpunkt vom Ursprung zur Mitte der Aussteuerkennlinie des A/D-Wandlers verschoben.

Die Umsetzung einer Gleichspannung beliebiger Polarität erfolgt bei einer Meßzeit von 200 ms in zwei Schritten zu je 100 ms, deren Steuerung die BG 4 »Digitalteil« vornimmt. Der Zähler der BG 4, der die Auswertung der Ausgangsimpulsfolge des A/D-Wandlers durchführt, wird für 100 ms auf Vorwärtszählen geschaltet. Danach erfolgt die takt-synchrone Umschaltung des Zählers für 100 ms auf Rückwärtszählen. Gleichzeitig wird von der BG 4 der Eingangsumschalter (T_1, T_2) der BG 1 angesteuert.

Umsetzung einer negativen Eingangsspannung

1. Schritt

Vorwärtszählen
 T_1 geschlossen
 T_2 offen

Der Eingang des Gleichspannungsverstärkers ist mit der Eingangsspannung verbunden. Am A/D-Wandlereingang liegen die Spannungen:

$-U_v - U_e + U_o$ $-U_v =$ Verschiebepannung $-U_B$
 $U_o =$ Offsetspannung des Verstärkers (Nullpunktfehler)

2. Schritt

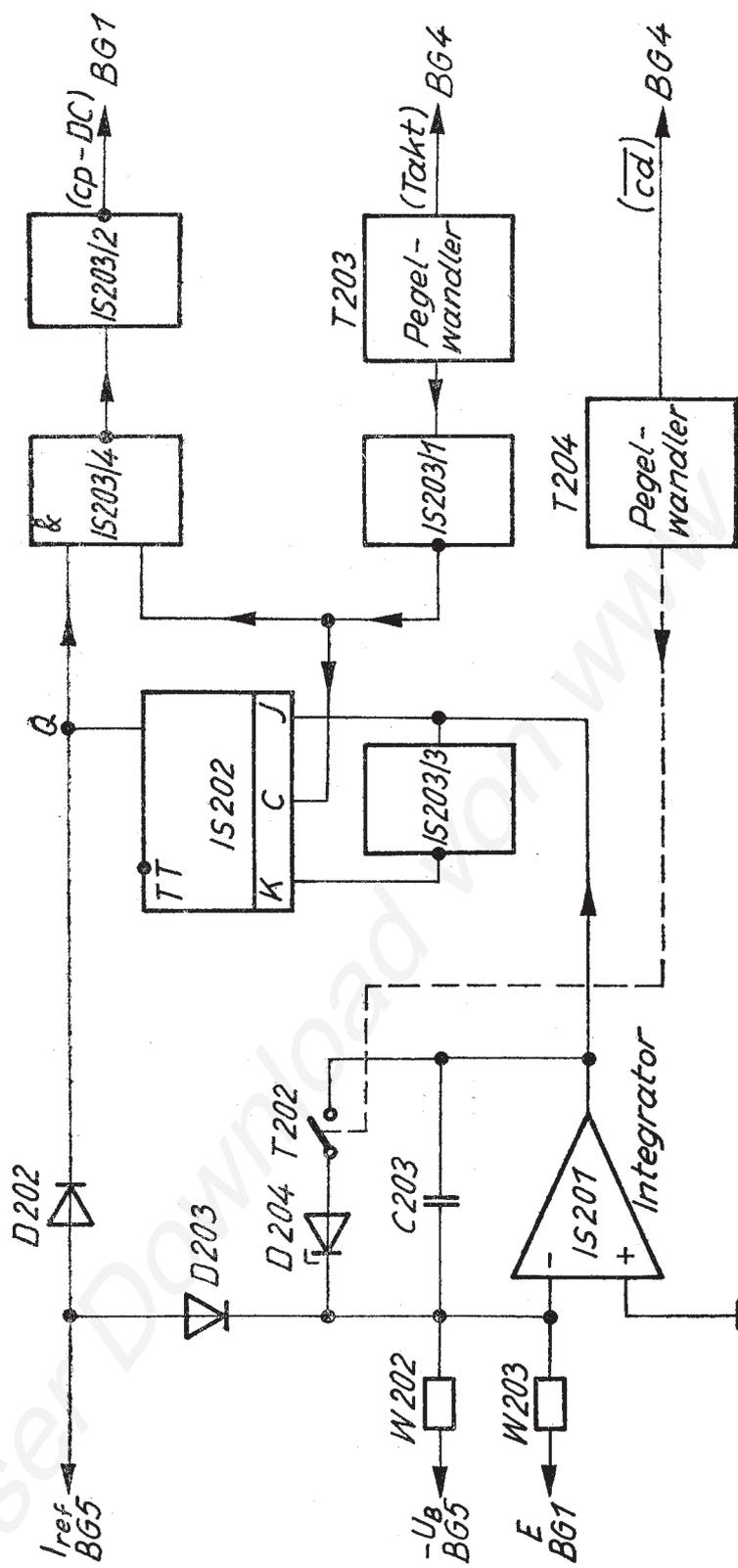
Rückwärtszählen
 T_1 offen
 T_2 geschlossen

Der Eingang des Gleichspannungsverstärkers wird von der Eingangsspannung getrennt und auf LO geschaltet.

Am A/D-Wandlereingang liegen die Spannungen:

$-U_v + U_o$
 Der nach dem 2. Schritt im Zähler der BG 4 befindliche Zählerinhalt entspricht der Eingangsspannung $-U_e$, da das Vorwärts- und Rückwärtszählen des Zählers eine Differenzbildung darstellt. Nullpunktfehler des Gleichspannungsverstärkers, die das Meßergebnis verfälschen können, werden automatisch durch Differenzbildung beseitigt.

Bei Polaritätswechsel der Eingangsspannung ist der beim Vorwärtszählen in den Zähler der BG 4 eingezählte Wert kleiner als der beim Rückwärtszählen gezählte Wert, so daß der Zähler über Null hinaus zählt. Diese Überschreitung wird zur automatischen Polaritätsanzeige ausgenutzt. Gleichzeitig wird die Reihenfolge, in der der Eingangsumschalter (T_1, T_2) schaltet, umgeschaltet (siehe BG 4 »Digitalteil«).



Übersichtsschaltplan der BG2 „A/D-Wandler“

Bild 6

7.2.2. Funktion des A/D-Wandlers

Der Integrator, der im wesentlichen aus den Widerständen W 202, W 203, dem Operationsverstärker IS 201 und dem Integrationskondensator C 203 besteht, liefert bei stets negativer Eingangsspannung am Ausgang eine linear ansteigende Rampenspannung. Das Gatter IS 203/3 und das J-K-Flip-Flop IS 202 bilden ein D-Flip-Flop. Sobald die Ausgangsspannung des Integrators die Schwellspannung des Gatters IS 202/3 überschreitet, kippt der Flip-Flop-Ausgang Q beim nächsten Taktimpuls auf H-Pegel. Die Taktflankensteuerung sorgt für ein definiertes Umschalten auch bei langsam ansteigender Ausgangsspannung des Integrators. Die Widerstands-Dioden-Kombination W 207, D 207, D 208 am Ausgang des Integrators dient dem Schutz des D-Flip-Flops vor negativen und zu hohen positiven Eingangsspannungen. Die Taktfrequenz (Takt) von 50 kHz, die in der BG 4 erzeugt wird, gelangt über den Pegelwandler T 203 und Gatter IS 203/1 auf den Takteingang des Flip-Flops. Der Flip-Flop-Ausgang mit den beiden möglichen Zuständen H-Pegel und L-Pegel steuert über den Emitterfolger T 201 einen Diodenschalter D 202, D 203. Der Referenzstrom ($I_{ref} = 1 \text{ mA}$) fließt bei H-Pegel zum Integrator und bewirkt die Rückintegration. Bei L-Pegel wird die Verbindung zum Integrator gesperrt, so daß der Referenzstrom nach -13 V fließt. Da das Flip-Flop taktgesteuert ist, kann sich seine Ausgangsinformation frühestens nach einer Periode der Taktfrequenz ändern. Dadurch kann nur ein definierter Referenzstrom den Integrationskondensator umladen. Der Referenzstrom wird über so viele Taktperioden eingeschaltet, bis mit Hilfe dieser Referenzladungsmenge, die ein Maß für die Größe der Eingangsspannung ist, die Schwellspannung des Gatters IS 203/3 unterschritten wird und damit das Ladungsgleichgewicht hergestellt ist. Der Q-Ausgang des Flip-Flops steuert außerdem das als Tor arbeitende Gatter IS 203/4. Bei H-Pegel am Flip-Flop-Ausgang gelangt die getorte Taktfrequenz (cp-DC) über Gatter IS 203/2 zur Auswertung in die BG 4 »Digitalteil«.

Der als Schalter arbeitende Transistor T 202 wird über den Pegelwandler T 204 vom Steuerbefehl »negiertes Tor« (cd) gesteuert. In der Meßpause ist T 202 durchgesteuert, so daß die Ausgangsspannung des Integrators durch die Z-Diode D 204 auf einen festen Wert begrenzt wird. Dadurch erfolgt ein neuer Meßzyklus mit einer definierten Anfangsbedingung.

7.3. Anzeige BG 3

Über den Bus gelangt die 7-Segmentinformation von der BG 4 »Digitalteil« über die Segmenttreibertransistoren T 301 bis T 307 auf die segmentweise parallelgeschalteten Katoden der LED-Anzeigeelemente LA 302 und LA 303. Die Zeitmultiplexakte (bl 1') bis (bl 4') steuern die Digtitreibertransistoren T 308 ... T 311 an, welche die Anodenspannung der LED-Anzeigeelemente LA 302 und LA 303, dem Zeitmultiplexbetrieb entsprechend zu- bzw. abschalten. Die Dezimalpunkte DP 1 ... DP 3 werden automatisch, entsprechend dem Meßbereich und der Betriebsart angesteuert.

Die Polaritätsanzeige LA 301 wird über den Treibertransistor T 312 vom Kontrollsignal »Vorzeichen« (VZ +) der BG 4 »Digitalteil« direkt angesteuert. Bei Wechselspannungs-, Wechselstrom-, Widerstands- und Frequenzmessungen wird die Anodenspannung der Polaritätsanzeige LA 301 (VZ) abgeschaltet. In der Betriebsart »Frequenzmessung« wird die Tor-

anzeige, Segment D 2 von LA 301, durch den Steuerbefehl »Toranzeige« (T) der BG 4 »Digitalteil« über den Treibertransistor T 313 angesteuert. Die kombinierte Überbereich-Überlaufanzeige, Segmente A 2, B 2, F 2, G 2 von LA 301, wird von der BG 4 »Digitalteil« über den Treiber T 314 so angesteuert, daß sie bei DC-, AC-Messungen (Strom und Spannung) und Widerstandsmessungen durch Blinken das Erreichen des Überbereiches anzeigt. In der Betriebsart »Frequenzmessung« zeigt sie durch Aufleuchten die Überschreitung der Zählkapazität des Zählers an.

7.4. Digitalteil BG 4

7.4.1. Aufgabe und Aufbau des Digitalteils

Das Digitalteil hat die Aufgabe, Steuerbefehle, Kontrollsignale und Takte zu erzeugen, welche den Ablauf innerhalb der Baugruppe organisieren oder die anderen Baugruppen ansteuern sowie externe Informationen von anderen Baugruppen auszuwerten. Für die Ablaufsteuerung sind zwei Betriebsfälle vorgesehen. Bei DC-, AC-Messungen (Strom und Spannung) und Widerstandsmessung arbeitet das Digitalteil im Betriebsfall »DC« (Taste 9 »Frequenzmessung« (3) ist nicht gesetzt). In der Betriebsart »Frequenzmessung« (Taste 9 »Frequenzmessung« (3) ist gesetzt) arbeitet das Digitalteil im Betriebsfall »f«.

Die elektronische Schaltung der BG 4 »Digitalteil« gliedert sich in die Unterbaugruppen:

- Zeitbasisschaltung
- Zeitmultiplexschaltung
- Speicherübernahme- und Zählerrückstellsteuerung
- Tor- und Zählrichtungssteuerung
- Zähler-Speicher-Dekoder-Kette
- Überbereich und Bereichsende »DC«
- Überlauf »f«
- Vorzeichen- und Eingangsumschaltersteuerung

7.4.2. Funktion der einzelnen Unterbaugruppen

7.4.2.1. Zeitbasisschaltung

Das Kernstück der Zeitbasisschaltung bildet der Teilerschaltkreis IS 403. Seine Eingänge cp1 und cp2 werden über die Gatter IS 402/3,1 mit der Frequenz von 500 kHz des quarzstabilisierten Oszillators IS 401/1,2 angesteuert. Die Widerstände W 401...W 406 legen den Arbeitspunkt des Oszillators fest. Durch den Einsatz der Thermistoren W 403 und W 404 wird der Temperaturkoeffizient der Frequenz des Oszillators verbessert. Der Quarz Q 401 wird in Serienresonanz betrieben. Mit dem Scheibentrimmer C 404 kann der Feinabgleich der Oszillatorfrequenz vorgenommen werden. Der Kondensator C 402 verhindert, daß der Quarz zusätzlich auf einer Oberwelle erregt wird. Die Gatter IS 402/3,1 dienen der Flankenversteilerung des Oszillatorsignals. Zur Kontrolle der Oszillatorfrequenz wird der Ausgang des Gatters IS 402/3 über den Schutzwiderstand W 423 zur Buchse Bu 5 geführt.

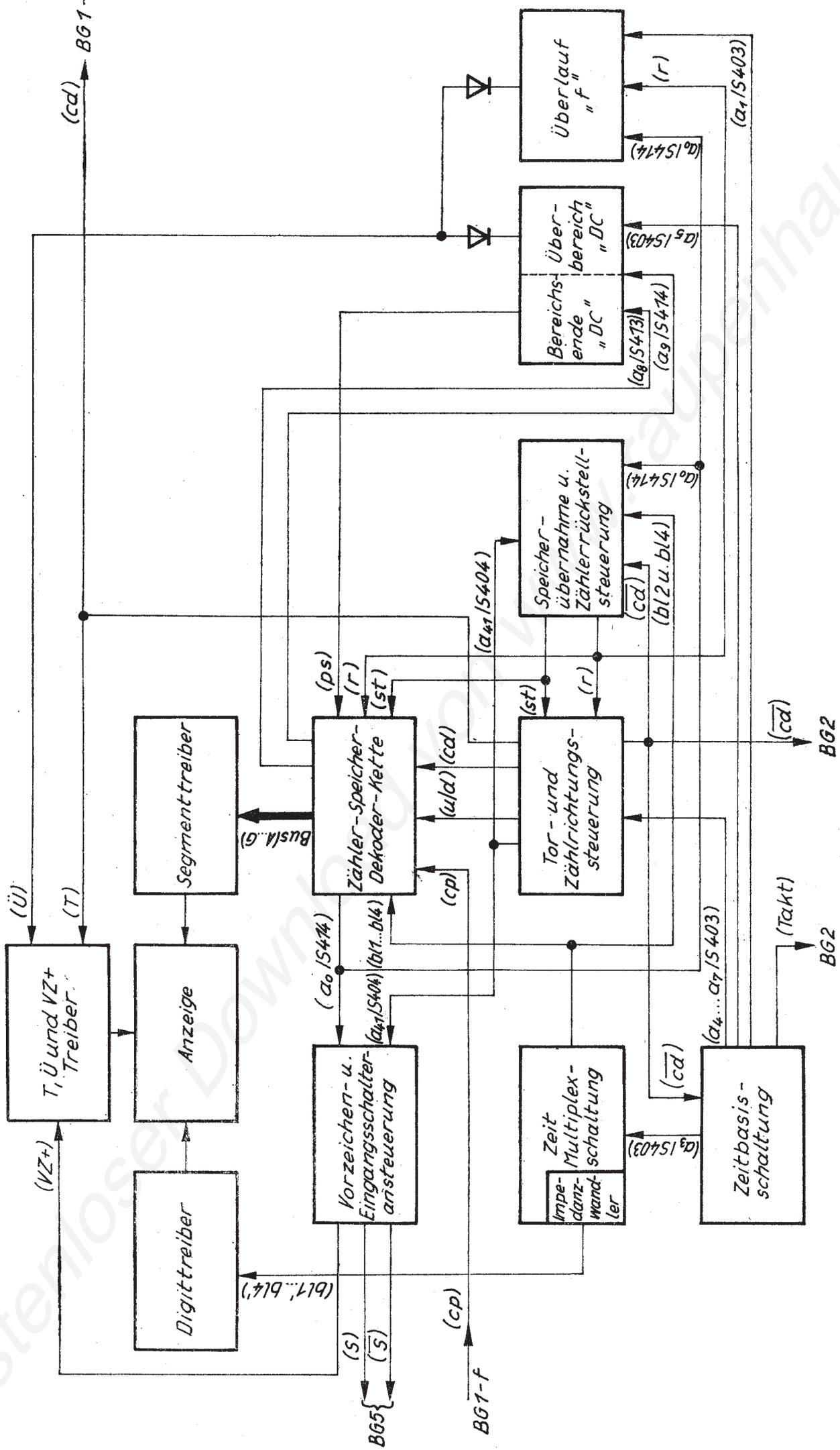
Zusätzlich werden die Teilerstufen n 4...n 7 der IS 403 über den Eingang cp 2 durch das Gatter IS 402/1 während der Meßpause abgeschaltet, indem der an seinem Eingang (Pin 13) liegende Steuerbefehl »negiertes Tor« (\bar{cd}) das Gatter sperrt. Das Flip-Flop IS 404/3 teilt das 100 kHz ($10 \mu\text{s}$) Ausgangssignal an a_1 der IS 403 auf 50 kHz ($20 \mu\text{s}$) herunter und stellt somit den Wandlertakt für die BG 2 »A/D-Wandler« (Takt) zur Verfügung.

Weiterhin werden von der Zeitbasisschaltung die Frequenzen 100 kHz ($10 \mu\text{s}$) an a_1 der IS 403 und 1 kHz (1 ms) an a_3 der IS 403 bereitgestellt.

Im Betriebsfall »f« bewirkt die Abschaltung der Zählerstufen n 4 bis n 7 während der Meßpause, daß der Zustand L, den die Ausgänge $a_4 \dots a_7$ der IS 403 in der ersten Hälfte der Meßzeit für 5 ms, 50 ms, 500 ms und 5 s einnehmen, um die vorausgehende Meßpause von 2 ms verlängert wird. Dies hat zur Folge, daß der jeweils mit der Tor- und Zählrichtungssteuerung verbundene Ausgang $a_4 \dots a_7$ (Kontakte 4x5,6; 3x5,6; 2y5,6 oder 1x5,6 und 9y6,5) Impulsfolgen mit folgender Periodendauer $Ta_4 = 12\text{ms}$; $Ta_5 = 102\text{ms}$, $Ta_6 = 1\,002\text{ms}$ und $Ta_7 = 10\,002\text{ms}$ liefert.

Im Betriebsfall »DC« arbeitet nur a_5 der IS 403 auf die Tor- und Zählrichtungssteuerung (Kontakte 9y4,5). Hier schließt sich an die Impulsfolge mit einer Periodendauer von 102 ms eine Impulsfolge von 100 ms Periodendauer an, so daß die Gesamtperiodendauer der Impulsfolge 202 ms, bei »DC«-Betrieb beträgt.

Im unter Pkt. 7.4.2.3. genannten Ausnahmefall, in welchem sich die Meßpause auf 4 ms verlängert, ergibt sich an a_5 der IS 403 eine Gesamtperiodendauer von 204 ms.



Übersichtsschaltplan BG3 „Anzeige“ u. BG4 „Digitalteil“

Bild 7

7.4.2.2. Zeitmultiplexschaltung

Die Impulsfolge an a_3 der IS 403, 1 kHz (1 ms) wird vom Flip-Flop IS 404/1 auf 500 Hz (2 ms) geteilt. Beide Impulsfolgen werden über die Gatter IS 401/3,4 negiert, und sie steuern gemeinsam mit ihren negierten Impulsfolgen den 1 aus 4 Decoder IS 405. Dieser erzeugt an seinen Ausgängen die Zeitmultiplextakt «Blanking 1» (bl 1) ... «Blanking 4» (bl 4) mit einer Frequenz von 500 Hz und einer Impulsbreite von 0,5 ms. Die Emitterfolger T 401 ... T 404 stellen die Zeitmultiplexakte (bl 1') ... (bl 4') zur Verfügung, indem sie die zur Ansteuerung der Digtreiber T 308 ... T 311 der BG 3 «Anzeige» erforderliche Impedanzwandlung der Zeitmultiplexakte (bl 1) ... (bl 4) vornehmen.

7.4.2.3. Speicherübernahme- und Zählerrückstellsteuerung

Das Gatter IS 406/1 arbeitet als NOR-Gatter mit negierten Eingangssignalen, so daß es für die vor den Negatorstufen IS 407/1 und IS 408/4 anliegenden Eingangssignale (cd) und (bl 2) als UND-Verknüpfung wirkt. Diese UND-Verknüpfung veranlaßt, daß der Steuerbefehl «Speicherübernahme» (st) nur in der Meßpause und dort nur, wenn der Zeitmultiplextakt «Blanking 2» (bl 2) L-Pegel führt, abgegeben werden kann. Da die Meßpause immer mit der H/L-Flanke des Zeitmultiplextaktes «Blanking 1» (bl 1) beginnt und mit der L/H-Flanke des Zeitmultiplextaktes «Blanking 4» (bl 4) endet, erfolgt die Übernahme des Zählerinhaltes in den Speicher, bei einem Meßzyklus von 202 ms, im zweiten Viertel der Meßpause.

Bei Polaritätswechsel im Betriebsfall «DC» zählt der Zähler rückwärts mehr Impulse als vorwärts. Es befindet sich das 10er Komplement der eigentlich anzuzeigenden Zahl im Zähler. Die Anzeige des 10er Komplements wird verhindert, weil im Betriebsfall «DC» über das Gatter IS 410/2 (Pin 10) das Kontrollsignal «Zählerstand» (a_0 IS 414) auf einen weiteren Eingang (Pin 10) des Gatters IS 406/1 wirkt.

Dieses Kontrollsignal «Zählerstand» (a_0 IS 414) führt bei den Zählerständen «8» und «9» der 10^3 Zählstufe der IS 414 L-Pegel, mit dem es das Gatter IS 406/1 sperrt, das nun, solange im Zähler ein 10er Komplement steht, keinen Steuerbefehl «Speicherübernahme» (st) bilden kann. In diesem Ausnahmefall verlängert sich die Meßpause um 2 ms auf 4 ms und der Steuerbefehl «Speicherübernahme» (st) wird erst, wenn der Zeitmultiplextakt «Blanking 2» (bl 2) das zweite Mal L-Pegel führt, abgegeben. Der Abgabe dieses Steuerbefehls «Speicherübernahme» (st) ging eine Rückstellung des Zählers auf «0000» voraus, infolgedessen das Kontrollsignal «Zählerstand» (a_0 IS 414) die Sperrung des Gatters IS 406/1 aufhob. Der Steuerbefehl «Rückstellen» (r) wird durch UND-Verknüpfung des Steuerbefehls «Tor» (cd) mit dem Zeitmultiplextakt «Blanking 4» (bl 4) im Gatter IS 408/3 gebildet. Er liegt dadurch in der Regel im letzten Viertel der Meßpause.

Im Ausnahmefall, wo die Anzeige des 10er Komplements unterdrückt wird, erfolgt die Abgabe des Steuerbefehls «Rückstellen» (r) auf Grund obiger Verknüpfungsbedingung in der 4 ms langen Meßpause zweimal.

7.4.2.4. Tor- und Zählrichtungssteuerung

Betriebsfall «DC»

Das von der Zeitbasisschaltung über den Schalter 9y4,5 bereitgestellte Signal (a_5 IS 403) und der in dieser Schaltung erzeugte Steuerbefehl «Tor» (cd)

werden am Gatter IS 407/2 NOR-verknüpft. Am Ausgang entsteht der Therm (a_5 IS 403) \vee (cd). Im eingeschwungenen Zustand entspricht dieser Ausdruck (a_5 IS 403). Dieses Signal wird mit dem am Ausgang des Gatters IS 410/4 liegenden Steuerbefehl «Speicherübernahme» (st) und dem Steuerbefehl «Rückstellen» (r) im Gatter IS 406/2 NOR-verknüpft. Es entsteht der Therm:

$(a_5 \text{ IS } 403) \vee (cd) \vee (st) \vee (r)$.

Nach Umwandlung erhält man

$(a_5 \text{ IS } 403) \vee (cd) \wedge (st) \wedge (r)$.

Vereinfacht gilt im eingeschwungenen Zustand:

$(a \text{ IS } 406/2) = (e_4 \text{ IS } 404) = (a_5 \text{ IS } 403) \wedge (st) \wedge (r)$

Die so synthetisierte Signalfolge wird auf den Eingang e_4 der IS 404 gegeben, die an ihren Ausgängen a_{41} eine 1:2 und a_{42} eine 1:4 Teilung der H/L-Flanken der Eingangssignalfolge zur Verfügung stellt. Der Ausgang a_{41} der IS 404 wird über die Kontakte 9y7,8 mit den Eingängen u/d der Zählerkette IS 411 ... IS 414 verbunden, und seine Impulsfolge legt als Steuerbefehl «Zählrichtungswechsel» (u/d) für 100 ms Vorwärtsbetrieb (L-Pegel) und für weitere 100 ms Rückwärtsbetrieb (H-Pegel) fest. In der Meßpause schließt sich dieselbe Pegelfolge an, allerdings ist die Periodendauer auf 2 ms verkürzt. Über die Kontakte 9x7,8 kann die an a_{42} der IS 404 liegende Impulsfolge als Steuerbefehl «Tor» (cd) im Digitalteil wirksam werden. Über das durchgeschaltete Gatter IS 410/3 gelangt der Steuerbefehl «Tor» (cd) auf den Eingang cd der ersten Zähldekade IS 411. Dieser Steuerbefehl führt im Betriebsfall «DC» stets 200 ms H-Pegel und öffnet damit das Tor der Zähldekaden, IS 411 ... IS 414 (Meßzeit). Daran schließt sich in der Regel ein L-Pegel von 2 ms an, während der das Tor der Zähldekaden gesperrt wird (Meßpause).

Das Gatter IS 410/4 wird durch das seinem einen Eingang (Pin 5) vorgeschaltete UND-Glied D 404, D 405 und W 425 auf drei Eingänge erweitert. Das ermöglicht die UND-Verknüpfung des Steuerbefehls «Speicherübernahme» (st) mit dem Steuerbefehl «Zählrichtungswechsel» (u/d) in diesem Gatter, da es im vorliegenden Betriebsfall nicht über D 404 generell gesperrt ist. Da der Steuerbefehl «Zählrichtungswechsel» (u/d) nur in der ersten Hälfte der Meßpause L-Pegel führt, sichert diese UND-Verknüpfung ab, daß der Steuerbefehl «Speicherübernahme» (st) nur in der Tor- und Zählrichtungssteuerung wirksam werden kann, wenn er im zweiten Viertel der Meßpause liegt. Dadurch wird erreicht, daß die Meßpause niemals von der Rückflanke des Steuerbefehls «Speicherübernahme» (st), sondern stets durch eine Rückflanke des Steuerbefehls «Rückstellen» (r) beendet wird. Im unter Pkt. 7.4.2.3. abgehandelten Ausnahmefall, in dem die Anzeige des 10er Komplements verhindert wird, kann der im sechsten Achtel der Meßpause liegende Steuerbefehl «Speicherübernahme» (st) nicht in der Tor- und Zählrichtungssteuerung wirken. Der erste Steuerbefehl «Rückstellen» (r) übernimmt in dieser Unterbaugruppe dann die Funktion des Steuerbefehls «Speicherübernahme» (st) und die Rückflanke des zweiten Steuerbefehls «Rückstellen» (r) beendet nach 4 ms die Meßpause.

Der entsprechende Therm für die synthetisierte Signalfolge lautet dann:

$(a \text{ IS } 406/2) = (e_4 \text{ IS } 404) = (a_5 \text{ IS } 403) \wedge (r)$.

Betriebsfall «f»

Die durch Setzen der Taste 9 «Frequenzmessung» (3) entstandene Verbindung 9y6,5 ermöglicht, daß wahlweise einer der Ausgänge a_4 ... a_7 der IS 403 mit der Tor- und Zählrichtungssteuerung verbunden

werden kann. Der Schalter 9y12,11 legt über D 404 H-Pegel an das Gatter IS 410/4, so daß der an seinem Eingang (Pin 6) liegende Steuerbefehl »Speicherübernahme« (st) gesperrt wird, und am Ausgang des Gatters H-Pegel hervorgerufen wird. Dadurch reduziert sich der Therm am Ausgang des Gatters IS 406/2 auf:

$$(a_5 \text{ IS 403}) \wedge (\bar{r}) = (e_4 \text{ IS 404}).$$

Jetzt wird die an a_{41} der IS 404 liegende Impulsfolge über die Kontakte 9x9,8 als Steuerbefehl »Tor« im Digitalteil wirksam. Um die Überlappungsbedingungen zwischen der Impulsfolge (cp) und dem Steuerbefehl »Tor« (cd) am Zähler der Zähler-Speicher-Dekoder-Kette einzuhalten, wird der Eingang cd der Kette jetzt ständig durch H-Pegel angesteuert und die Kette damit geöffnet.

Realisiert wird dies durch das Gatter IS 410/3, welches ebenfalls durch den über die Kontakte 9y12,11 an seinem Eingang anliegenden H-Pegel gesperrt wird. Der Steuerbefehl »Tor« (cd) wird zur BG 1 »Eingangsteil f« (L 106) geführt. Von der BG 1 »Eingangsteil f« wird die zu zählende Impulsfolge (cp) getort auf die offene Zählerkette gegeben. Im abgehandelten Betriebsfall wird der Steuerbefehl »Tor« (cd) über den Schalter 9x6,5 der BG 3 »Anzeige« als Steuerbefehl »Toranzeige« (T) zugeführt. Über den Schalter 9y9,8 wird der Eingang u/d der Zählerkette auf L-Potential geschaltet, so daß die Kette ständig im Vorwärtsbetrieb arbeitet.

7.4.2.5. Zähler-Speicher-Dekoder-Kette

Die Zähler-Speicher-Dekoder-Kette ist aus 4 MOS-Schaltkreisen IS 411... IS 414, deren Zähldekaden für synchronen Betrieb zusammengeschaltet wurden, aufgebaut. Sie übernimmt die Funktionen Zählen und Speichern, der dem Meßwert entsprechenden Impulsfolge (cp). Diese Impulsfolge wird über die Pegelanpassung T 104 der BG 1 »Eingangsteil f« auf den Eingang cp der Zähldekaden geschaltet. An ihren parallelgeschalteten Eintransistorausgangsstufen $a_1 \dots a_7$ stellt die Kette die decodierte 7-Segmentinformation des Speicherinhaltes zur Verfügung und steuert damit die Segmenttreiberstufen T 301... T 307 der BG 3 »Anzeige« an. Die in der Zeitmultiplexschaltung erzeugten Zeitmultiplexakte »Blanking 1« (bl 1)... »Blanking 4« (bl 4) steuern die entsprechenden Eingänge bl der Schaltkreise an und setzen die 7-Segmentausgänge jeder Dekade, während sie H-Pegel führen, in den Blanking-Zustand, so daß jeweils nur eine Dekade zur bestimmten Zeit ihre 7-Segmentinformation auf den Bus geben kann.

Der am Eingang cd der IS 411 anliegende Steuerbefehl »Tor« (cd) legt die Meßzeit (Toröffnungszeit) sowie die zugehörige Meßpause fest.

Über den an den parallelgeschalteten Eingängen u/d anliegenden Steuerbefehl »Zählrichtungswechsel« (u/d) wird die Zählrichtung der Zähler-Kette bestimmt (siehe Pkt. 7.4.2.4.).

Die unter Pkt. 7.4.2.3. abgehandelten Steuerbefehle »Speicherübernahme« (st) und »Rückstellen« (r) speisen die Eingänge st und r und veranlassen dort in der Meßpause die Übernahme des Zählerinhaltes in den Speicher sowie die anschließende Rücksetzung aller Zähldekaden auf »0«. Der Steuerbefehl »Bereichsende« (ps) liefert H-Pegel auf die Eingänge ps der Zähler-Speicher-Dekoder-Kette. In

den Zähler wird dann der über die Eingänge $p_1 \dots p_4$ der einzelnen Zähldekaden vorprogrammierte Wert »2399« eingeschrieben.

Außer der 7-Segmentinformation gibt die Zähler-Speicher-Dekoder-Kette noch 3 weitere Ausgangsinformationen ab. Neben dem Kontrollsignal »Zählerstand« (a_0 IS 414) sind es die Kontrollsignale »Überbereich« (a_9 IS 414) und »Speicherstand« (a_8 IS 413).

7.4.2.6. Überbereich und Bereichsende »DC«

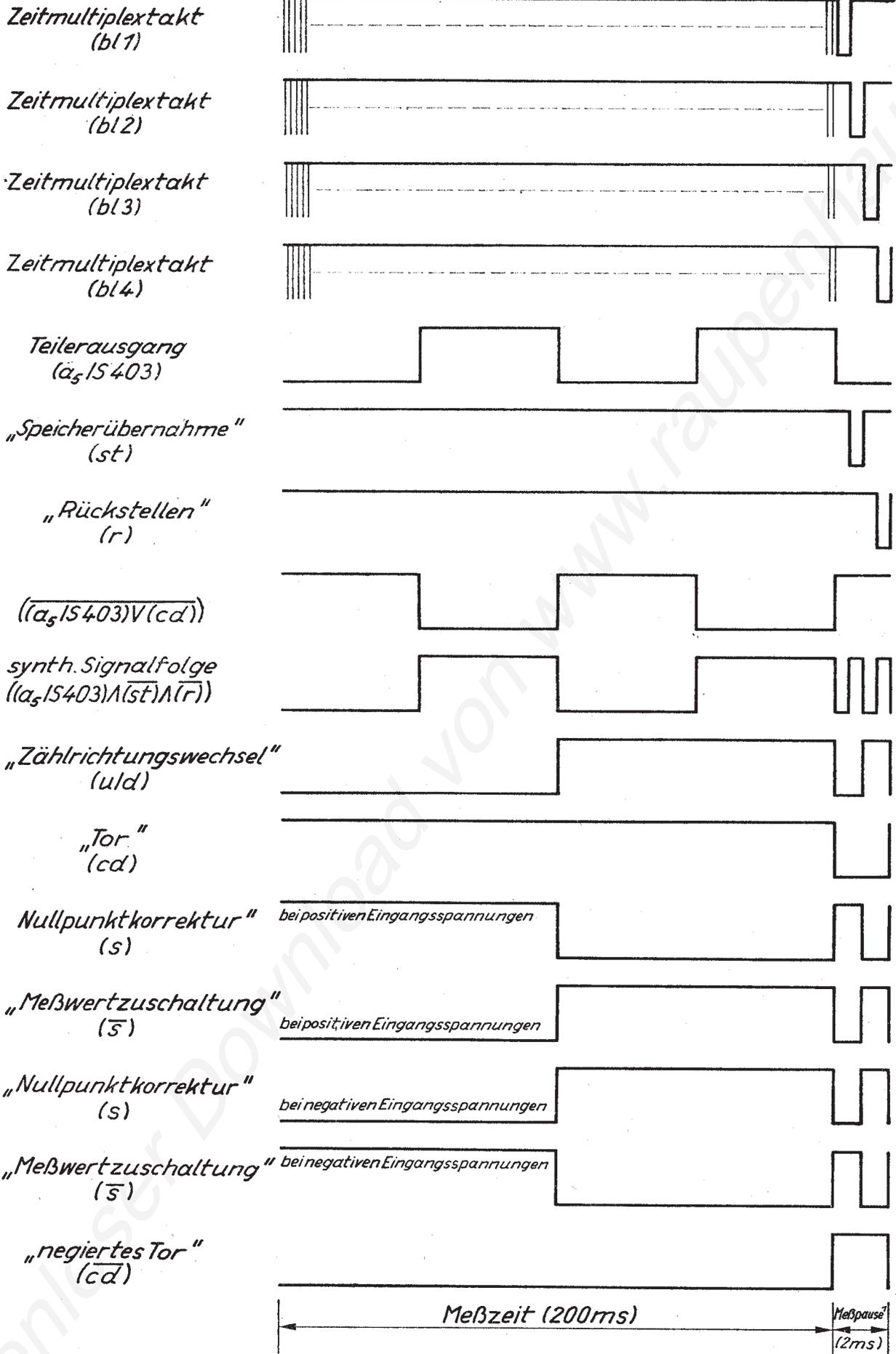
Das Kontrollsignal »Überbereich« (a_9 IS 414) schaltet sowie der Speicher der 10^3 Dekade den Wert ≥ 2 erreicht auf L-Pegel. Im Betriebsfall »DC« steuert es über das geöffnete Gatter IS 410/1 die Gatter IS 402/2,4 an. Im Gatter IS 402/2 wird das Kontrollsignal »Überbereich« (a_9 IS 414) mit dem Signal am Ausgang der IS 403 UND-verknüpft. Das Ausgangssignal wird über das ODER-Glied D 403, D 402, W 322 zur BG 3 »Anzeige« geführt, welche das Erreichen des Überbereiches anzeigt. Das Kontrollsignal »Speicherstand« (a_8 IS 413) schaltet auf L-Pegel sowie der Speicher der 10^2 Dekade den Wert ≥ 4 übernimmt. Diese Information wird im Gatter IS 402/4 mit dem Kontrollsignal »Überbereich« (a_9 IS 414) NAND-verknüpft. Über das UND-Glied D 401, D 20, W 410 mit den Eingängen ps der Zähler-Speicher-Dekoder-Kette verbunden, wird das Ausgangssignal von Gatter IS 402/4 bei Überschreitung des Meßbereiches als Steuerbefehl »Bereichsende« (ps) wirksam.

Im Betriebsfall »f« sperrt das Gatter IS 410/1 die Kontrollinformation »Überbereich« (a_9 IS 414), so daß der Überbereich und das Bereichsende nicht zur Auswertung gelangen.

7.4.2.7. Überlauf »f«

Das Kontrollsignal »Zählerstand« (a_0 IS 414) liefert beim Vorwärtszählen bei jedem Überlauf der 10^3 Zähldekade, also beim Übergang von Ziffer »9« auf Ziffer »0« eine L/H-Flanke. Durch Negation im Gatter IS 409/2 wird sie zur H/L-Flanke. Diese passiert das Gatter IS 407/3 wiederum als L/H-Flanke, wenn der 2. Eingang (Pin 15) dieses Gatters H-Pegel führt und verläßt das Gatter IS 407/4 als H/L-Flanke, mit der es das Flip-Flop IS 404/5 über den Eingang e_5 am Ausgang a_{51} auf L-Pegel setzt. Das ODER-Glied D 402, D 403 leitet den L-Pegel zur BG 3 »Anzeige«, die diesen Zustand als Überlauf »f« anzeigt. Der L-Pegel am Ausgang des Flip-Flops sperrt das Gatter IS 407/3 über den entsprechenden Eingang (Pin 15), so daß die beim mehrmaligen Zählerüberlauf auftretenden H/L-Flanken am Eingang (Pin 13) des Gatters, nicht am Eingang e_5 des Flip-Flops wirksam werden können. Gleichzeitig öffnet der L-Pegel am Ausgang a_{51} des Flip-Flops das Gatter IS 408/2. Während der Dauer des Steuerbefehls »Rückstellen« (r) liegt die Impulsfolge (a_1 IS 403) am Ausgang des Gatters IS 408/1 an. Die erste L/H-Flanke dieser Impulsfolge passiert das geöffnete Gatter IS 408/2 und wird durch Negation im Gatter IS 407/4 zur H/L-Flanke, welche das Flip-Flop wieder auf H-Pegel schaltet.

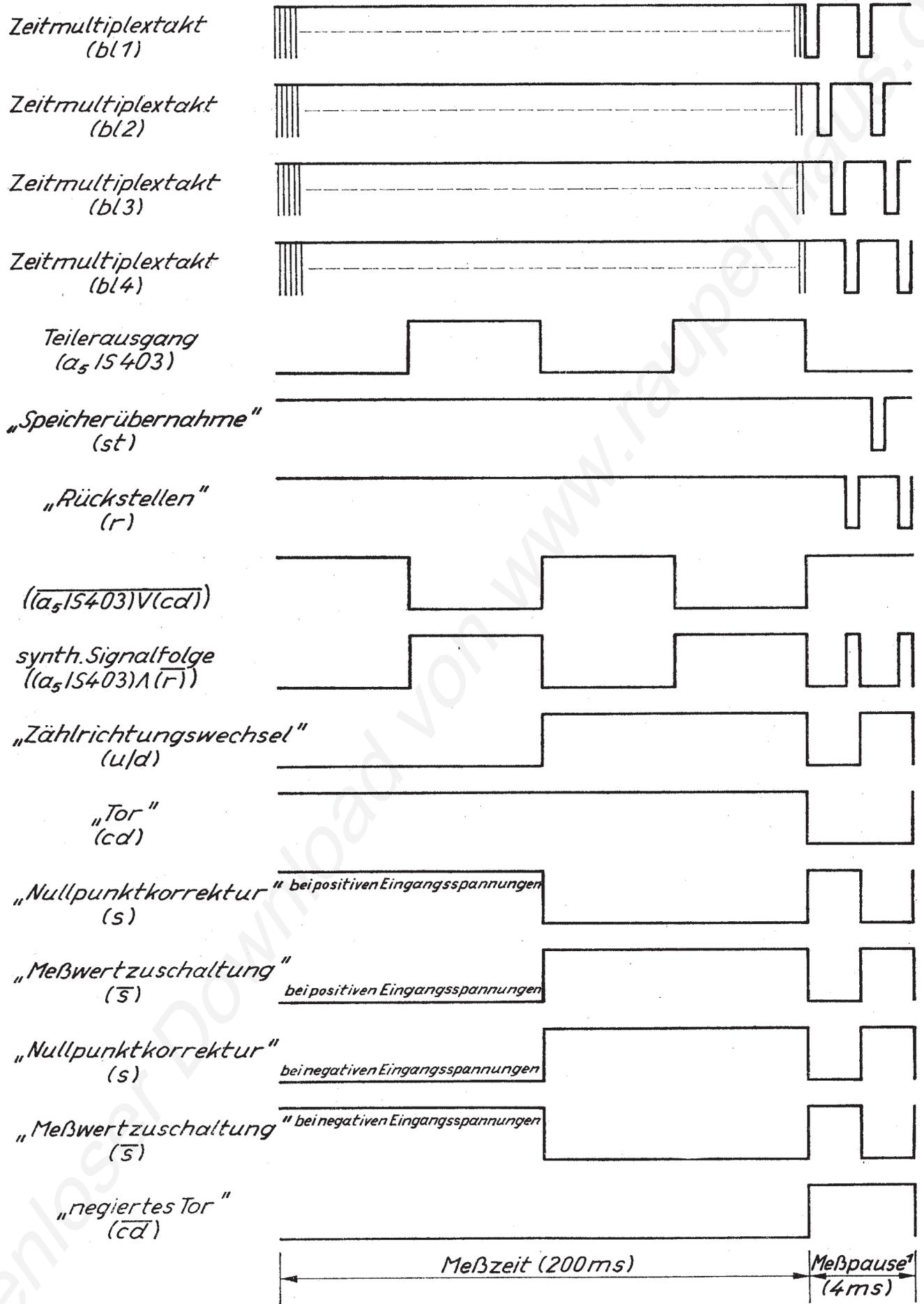
Im Betriebsteil »DC« kann dieser Schaltungsteil nicht wirksam werden, da ein Überlauf der 10^3 Dekade praktisch nicht vorkommt.



Achtung! Meßpause 10-fach zeitgedehnt dargestellt

Bild 8

Impulsdiagramm: Betriebsfall „DC“
Regelfall ($T = 202ms$)



¹Achtung! Meßpause 10-fach zeitgedehnt dargestellt

Bild 9

Impulsdiagramm: Betriebsfall „DC“
Ausnahmefall (T204ms)

Zeitmultiplextakt
(bl1)

Zeitmultiplextakt
(bl2)

Zeitmultiplextakt
(bl3)

Zeitmultiplextakt
(bl4)

Teiler Ausgang
(a₄ IS403)

„Speicherübernahme“
(St)

„Rückstellen“
(r)

$\overline{(a_4 \text{ IS403}) V(cd)}$

synth. Signalfolge
 $((a_4 \text{ IS403}) \wedge \overline{(r)})$

„Tor“
(cd)

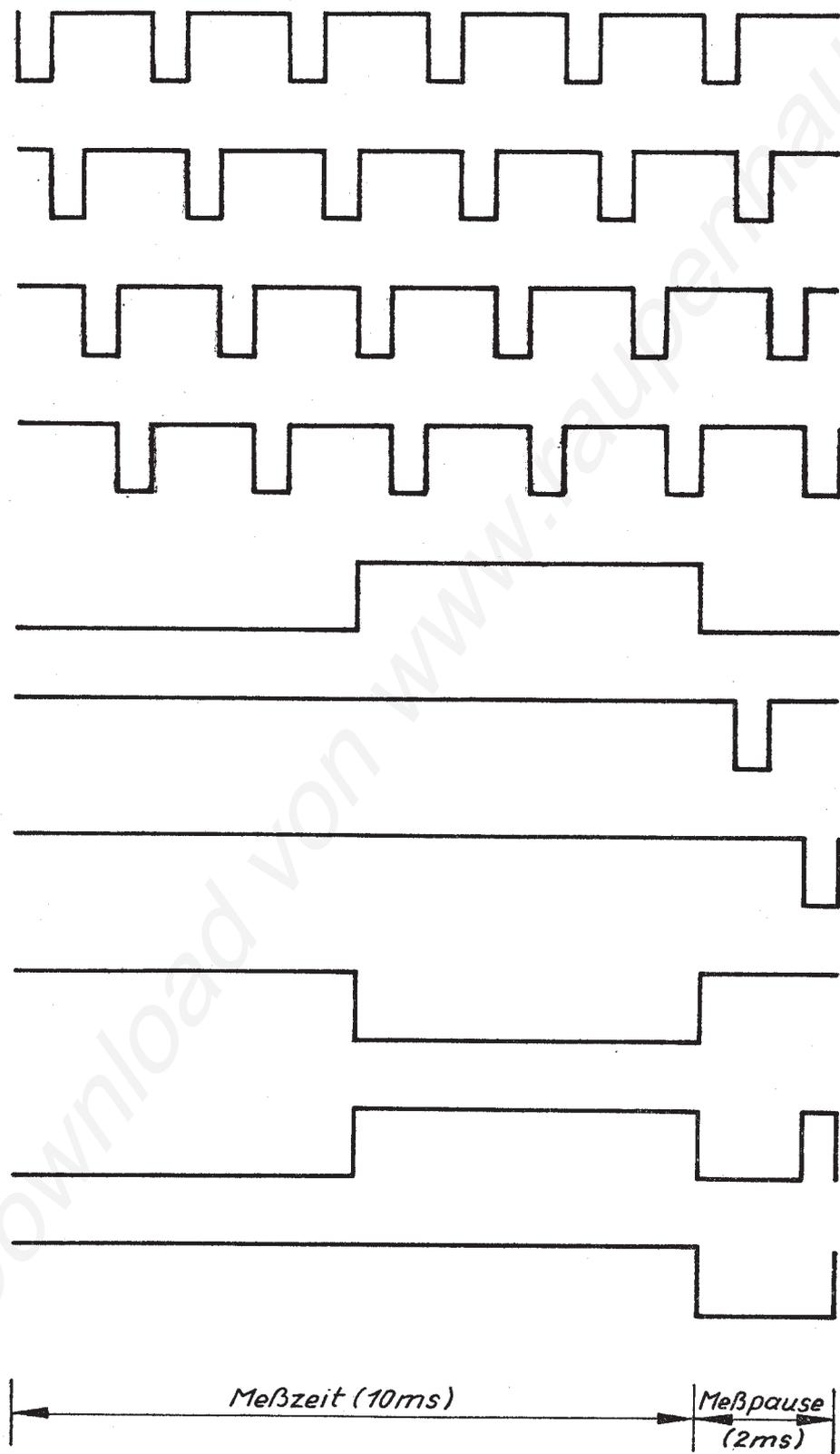
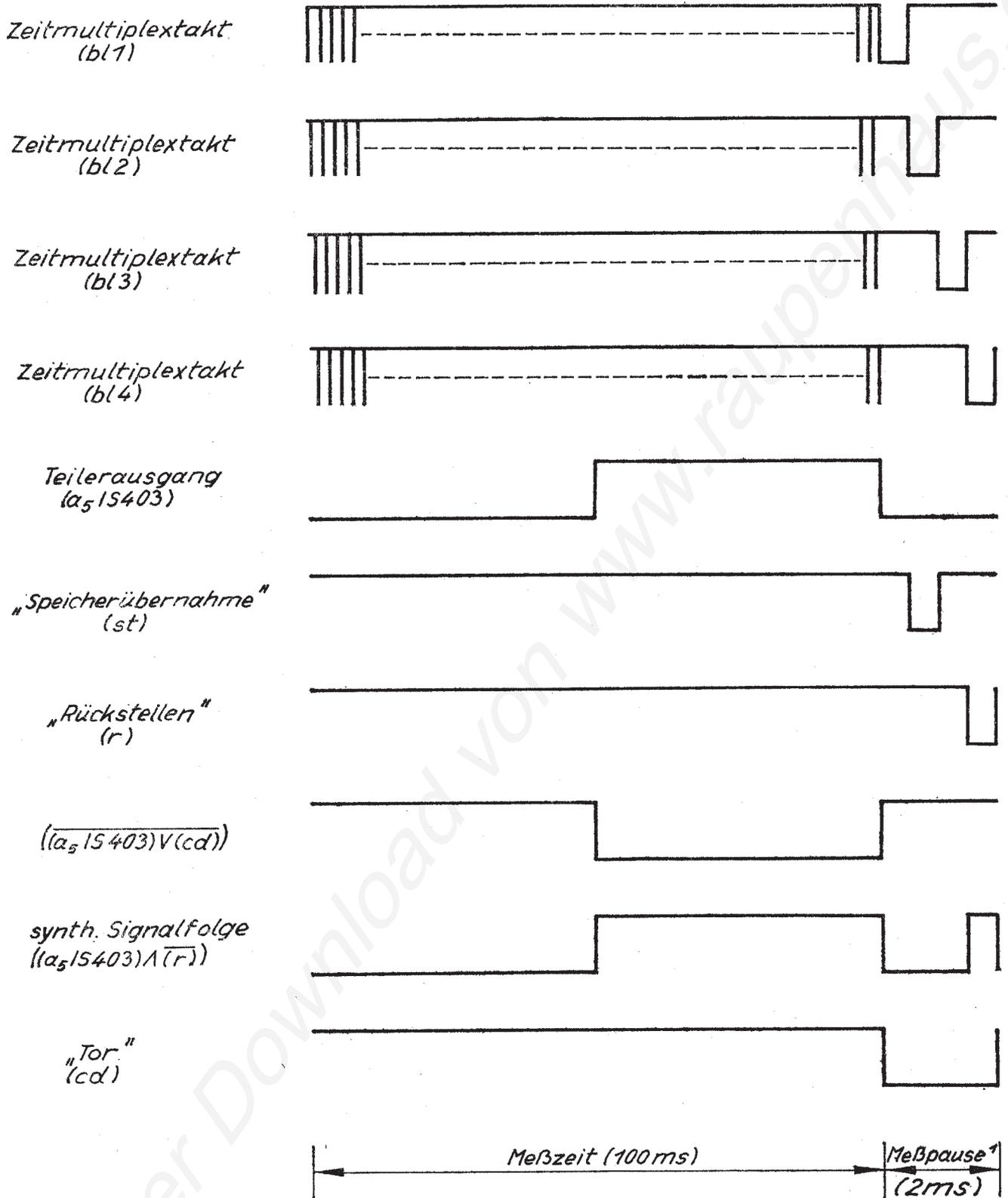


Bild 10

Impulsdiagramm: Betriebsfall „f“
für Meßzeit 10ms ($T = 12 \text{ms}$)



¹Achtung! Meßpause 10-fach zeitgedehnt dargestellt

Bild 11

Impulsdiagramm: Betriebsfall "f"
für Meßzeit 100ms ($T = 102$ ms)

7.4.2.8. Vorzeichen- und Eingangsumschaltersteuerung

Dieser Komplex kann nur im Betriebsfall »DC« wirksam werden. Bei Polaritätswechsel der Eingangsspannung wird stets das 10er Komplement des eigentlich anzuzeigenden Zahlenwertes in den Zähler eingezählt. Das Kontrollsignal »Zählerstand« (a_0 IS 414) liefert beim Einschreiben des 10er Komplements in den Zähler eine H/L-Flanke, die auf den Eingang e_2 der IS 404 gelangt. Das entsprechende Flip-Flop dieses Schaltkreises ändert bei jeder H/L-Flanke seinen Pegel am Ausgang a_2 , wobei H-Pegel die positive und L-Pegel die negative Polarität des Kontrollsignals »Vorzeichen« (VZ +) anzeigt.

Die Ansteuerung der Eingangsumschalter der BG 1 »Eingangsteil DC/AC« und der BG 5 »Stromversorgung« (T 1, T 2 bzw. T 508, T 511) erfolgt vorzeichenrichtig und in Abhängigkeit von der Zählrichtung. Diese Aufgabe übernehmen die Steuerbefehle »Nullpunktkorrektur« (s) und »Meßwertzuschaltung« (\bar{s}), welche vom Äquivalenz-Antivalenz-Gatter IS 409/1 an den Ausgängen (Pin 6 und 7) bereitgestellt werden, indem es das Kontrollsignal »Vorzeichen« (VZ +) und den Steuerbefehl »Zählrichtungswchsel« (u/d) entsprechend verknüpft.

7.4.2.9. Zusammenfassende grafische Erläuterung

Der Erläuterung der funktionellen Gesamtabläufe der BG 4 »Digitalteil« dienen die Impulsdiagramme Bild 8 und Bild 9 für den Ablauf im Betriebsfall »DC« und Bild 10 und Bild 11 für den Ablauf im Betriebsfall »f«.

Die in den Bildern 10 und 11 gewählten Meßzeiten von 10 ms und 100 ms dienen als Beispiele, aus denen die Impulsabläufe für die Meßzeiten 1 s und 10 s sinngemäß abgeleitet werden können.

7.5. Stromversorgung BG 5

Aus den zwei Trafowechselspannungen von etwa 16 V wird durch Zweiweggleichrichtung D 501 ... D 504 sowohl eine positive als auch eine negative Gleichspannung von etwa 20 V gegen Masse erzeugt. Durch Regelung werden daraus die beiden Betriebsspannungen von ± 13 V abgeleitet. Der Operationsverstärker IS 501 regelt in Verbindung mit dem Transistor T 501 durch Vergleich der am nichtinvertierenden Eingang liegenden Bezugsspannung mit der am invertierenden Eingang liegenden einstellbaren Teilbetriebsspannung die konstante Betriebsspannung von +13 V. Die Bezugsspannung wird durch Speisung eines Referenzelementes D 507 mit einem konstanten Strom erzeugt. Dazu wird das Referenzelement über Vorwiderstände mit geringem TK-Wert (W 510, 511) mit der konstanten Betriebsspannung von +13 V verbunden.

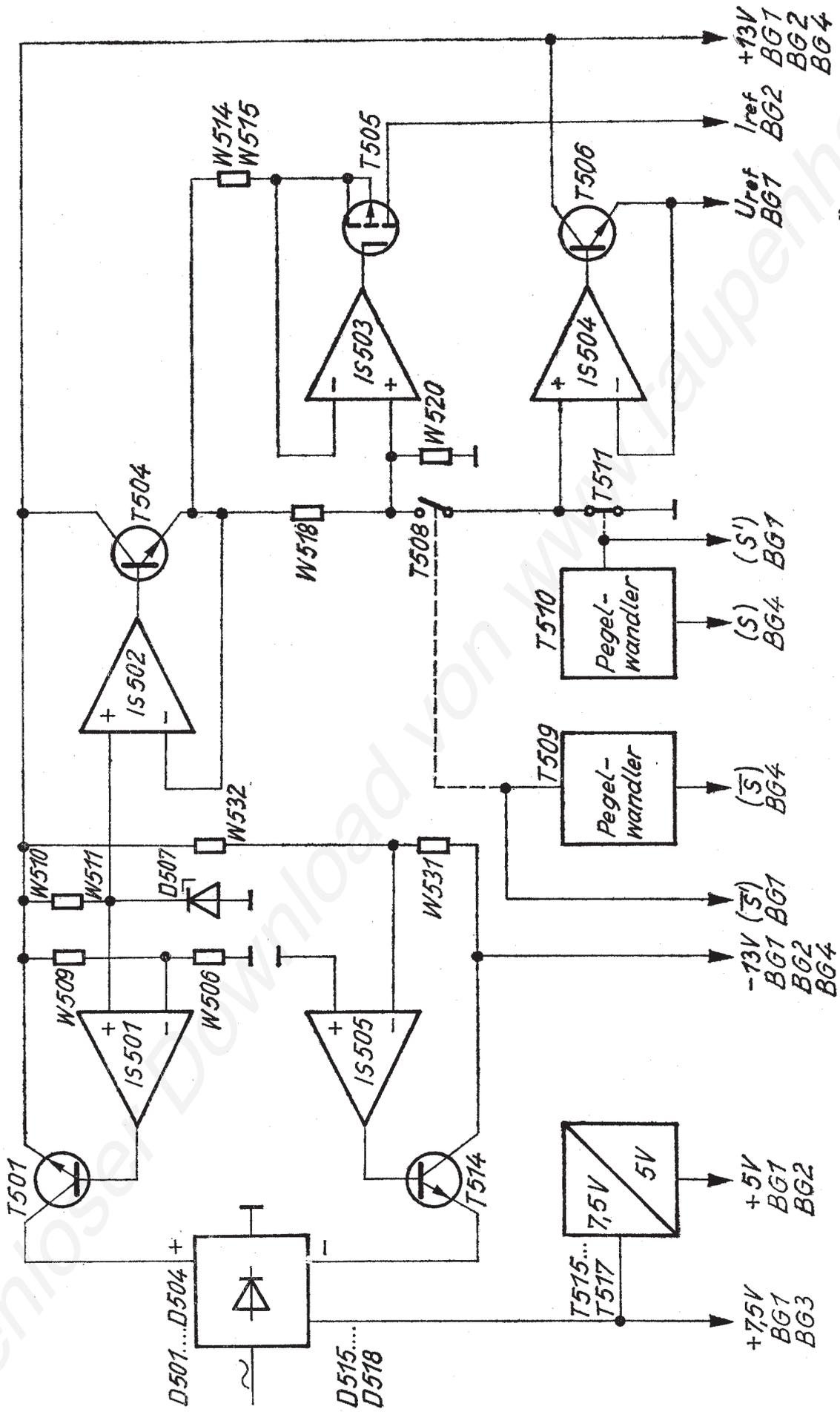
Die Betriebsspannung von +13 V dient wiederum als Bezugsspannung für die Erzeugung der negativen Betriebsspannung. Der Operationsverstärker IS 505, Regeltransistor T 514 sowie die gleichgroßen Widerstände W 531, W 532 stellen einen gegengekoppelten invertierenden Verstärker mit einer Verstärkung von 1 dar. Der Operationsverstärker IS 505 vergleicht die am invertierenden Eingang liegende Spannung mit Massepotential und regelt über Transistor T 514 die negative Betriebsspannung auf -13 V. Die Betriebsspannungen können somit durch einen Abgleichvorgang an Widerstand W 507 eingestellt werden. Beide Betriebsspannungszweige enthalten eine Strombegrenzungsschaltung mit rück-

läufiger Strom-Spannungskennlinie, bestehend aus Transistor und Spannungsteiler T 503, W 502, W 503 bzw. T 512, W 530, W 537 und sind damit kurzschlußfest.

Die vom Referenzelement erzeugte Bezugsspannung wird durch den Operationsverstärker IS 502 in Verbindung mit Transistor T 504 niederohmig gemacht. Daraus wird über einen einstellbaren Spannungsteiler W 518 ... W 520 eine Bezugsspannung von 2 V erzeugt, die für die Erstellung des Referenzstromes (BG 2) und der Referenzspannung (Widerstandsmessung) dient.

Der Operationsverstärker IS 503, Transistor T 505 und die einstellbare Widerstandskombination W 515 bilden eine Konstantstromquelle, der ein genau definierter Strom ($I_{ref} = 1$ mA) entnehmbar ist. Zur Erzeugung der Referenzspannung ($U_{ref} = 2$ V) gelangt die Bezugsspannung über den Eingangsumschalter (T 508, T 511), der über die Pegelwandler T 509, T 510 von der BG 4 »Digitalteil« entsprechend dem Meßzyklus gesteuert wird, an den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers IS 504 und wird in Verbindung mit dem Transistor T 506 niederohmig gemacht. Transistor T 507 und Widerstand W 522 begrenzen den der Referenzspannungsquelle entnehmbaren Strom, so daß diese kurzschlußfest ist.

Durch Graetzgleichrichtung D 515 ... D 518 wird aus einer Trafowechselspannung von etwa 7,5 V eine ungerichtete Betriebsspannung von +7,5 V erzeugt. Aus der ungerichteten Betriebsspannung von +7,5 V leitet ein strombegrenzter Emitterfolger T 516, T 517 die +5 V-Betriebsspannung für die TTL-Bausteine des Gerätes ab. Die Bezugsspannung wird durch Spannungsteilung W 540, W 541 aus der Betriebsspannung von +13 V gewonnen. Der Transistor T 515 übernimmt mit dem Widerstand W 539 die Strombegrenzung.



Übersichtsschaltplan der BG5 "Stromversorgung"

Bild 12

8. Reparaturhinweise

Das Digital Multimeter DM 2020 ist ein kompliziertes elektronisches Gerät, zu dessen Reparatur im allgemeinen ein umfangreicher Meßmittelpark, eine detaillierte Kundendienstdokumentation sowie ein erfahrenes und geschultes Reparaturpersonal notwendig sind.

Bei den unten angegebenen Fehlererscheinungen kann die Reparatur durch den Anwender, jedoch nur unter Beachtung der vorher genannten Voraussetzungen, selbst vorgenommen werden.

Achtung! Reparaturen dürfen nur von autorisiertem Fachpersonal und Fachpersonal für elektronische Anlagen im Sinne der ABAO 900/1 ausgeführt werden. Arbeiten unter Spannung sind nicht zulässig! Alle Veränderungen im Erzeugnis, insbesondere solche, die Leitungsführung und Abbindestellen betreffen, sind aus schutzgütetechnischen Gründen verboten!

Fehlererscheinung	Beseitigung
1. Anzeige dunkel	Kontrolle der Schmelzeinsätze Si 1501 und Si 1502 (T 63 oder T 80)
2. Anzeige dunkel	Kontrolle des Schmelzeinsatzes Si 503 (T 500)
3. Quarzfrequenz liegt außerhalb der zulässigen Toleranz	siehe Hinweise im Abschnitt 9. »Wartungshinweise«

Bei Sicherungswechsel darf nur die obere Gehäuseschale abgenommen werden!

Die Gehäuseschalen werden durch eine sogenannte »Snap-in-Befestigung« gehalten. Zum Öffnen des Gerätes ist ein Schraubendreher oder Ähnliches in die an beiden Seiten befindlichen Aussparungen einzuführen und nach unten zu drücken. Danach kann die obere Gehäuseschale abgenommen werden.

Der Schmelzeinsatz Si 503 befindet sich auf der Deckleiterplatte. Da sich die Schmelzeinsätze Si 1501 und Si 1502 auf der Grundleiterplatte befinden, sind die vier Befestigungsschrauben der Deckleiterplatte zu lösen, und die Leiterplatte herauszuklappen.

Lassen sich durch diese Maßnahmen aufgetretene Fehler nicht beseitigen, so ist das Gerät unbedingt dem Service zur Behebung der Fehler zuzustellen.

9. Wartungshinweise

Besondere Maßnahmen zur Wartung sind nicht erforderlich. Die interne Quarzfrequenz läßt sich mit dem Nachstelltrimmer C 404 abgleichen, wenn sie der Angabe in den technischen Kennwerten (vergleiche Pkt. 3.1.7.7.) nicht mehr entspricht. Vor dem Nachstellen ist das Gerät mindestens 1 h bei 23 °C einlaufen zu lassen. Die Netzspannung ist dabei auf $220 V_{\text{eff}} \pm 1\%$ konstant zu halten. Die interne Quarzfrequenz wird an der Oszillatorfrequenzbuchse (18) mit einem ausreichend genauen Zähler, der einen Eingangswiderstand von mindestens 100 k Ω besitzen muß, gemessen (z. B. G-2202.500 oder G-2201.500 vom FWE).

Der Verschluß der Abgleichöffnung (24) ist zu entfernen. Das Nachstellen erfolgt mit isoliertem Werkzeug (Abgleichbesteck), welches von unten in die Abgleichöffnung (24) und durch die entsprechenden Öffnungen in der Grundleiterplatte und der Deckleiterplatte zum auf der Deckleiterplatte befindlichen Trimmer C 104 geführt wird, bis der verwendete Zähler 500 kHz mit der Auflösung von $2 \cdot 10^{-7}$ anzeigt.

Der Abgleich kann auch bei einer anderen Temperatur (Haupteinsatztemperatur) als 23 °C erfolgen. Allerdings vergrößert sich dann der unter Pkt. 3.1.7.7. angegebene auf 23 °C bezogene Grundfehler entsprechend.

Die Abgleichbedingungen sind in jedem Falle in den Wartungsunterlagen des Anwenders zu dokumentieren! Nach dem Abgleich ist die Abgleichöffnung wieder zu verschließen!

10. Kundendienst und Service

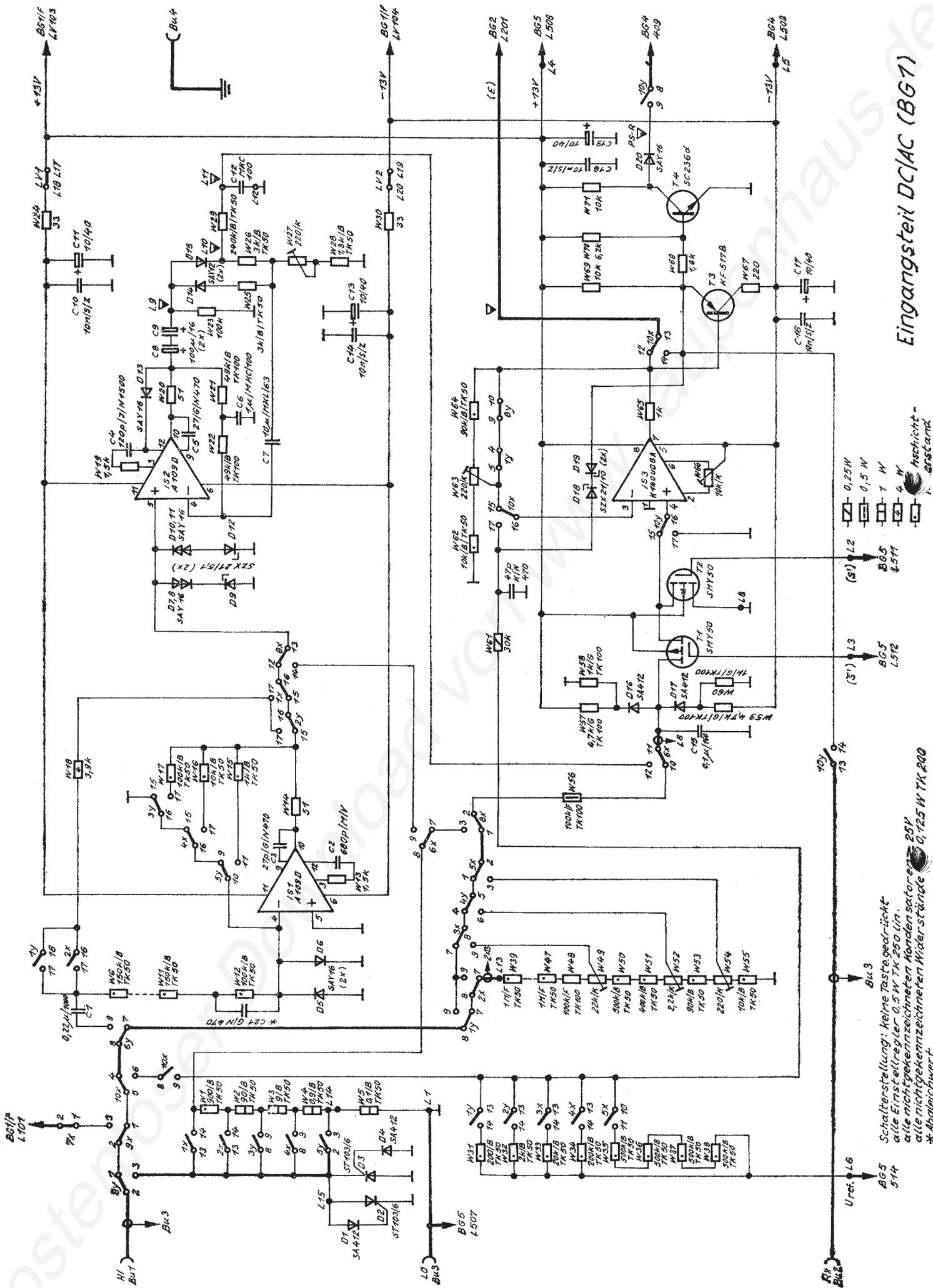
Bei Funktionsstörungen oder Mängeln senden Sie das Erzeugnis bitte an folgende Anschrift:

Fa. Eberhard Wahl
1550 Nauen
Julius-Rosenberg-Straße 15
Telefon 29 44

Sollte sich eine Einsendung des Erzeugnisses an die Reparaturwerkstatt unter o. g. Adresse notwendig machen, so ist ein Reparaturauftrag und im Garantiefall die ordnungsgemäß ausgefüllte Garantierkunde dem Erzeugnis beizufügen.

Das Erzeugnis ist in Hersteller-Transportverpackung einzusenden!

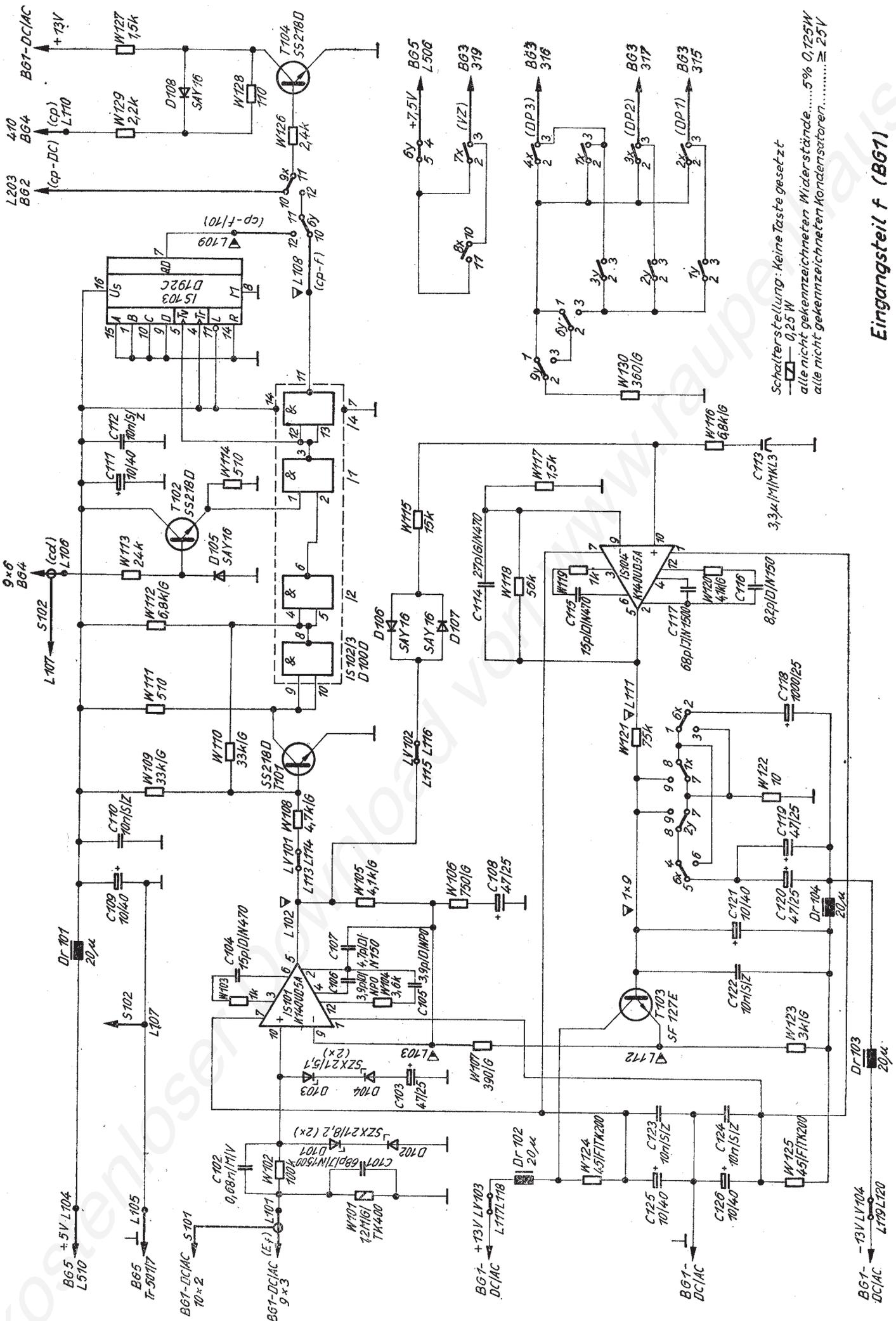
Teilen Sie in allen Fällen Ihre Beanstandungen unter Angabe der Fabrikationsnummer des Erzeugnisses mit. Sie erleichtern den Mitarbeitern des Services die Reparaturausführung, wenn Sie dem Erzeugnis eine möglichst detaillierte Fehlerbeschreibung beigegeben.



Eingangsteil DC/AC (BG 1)

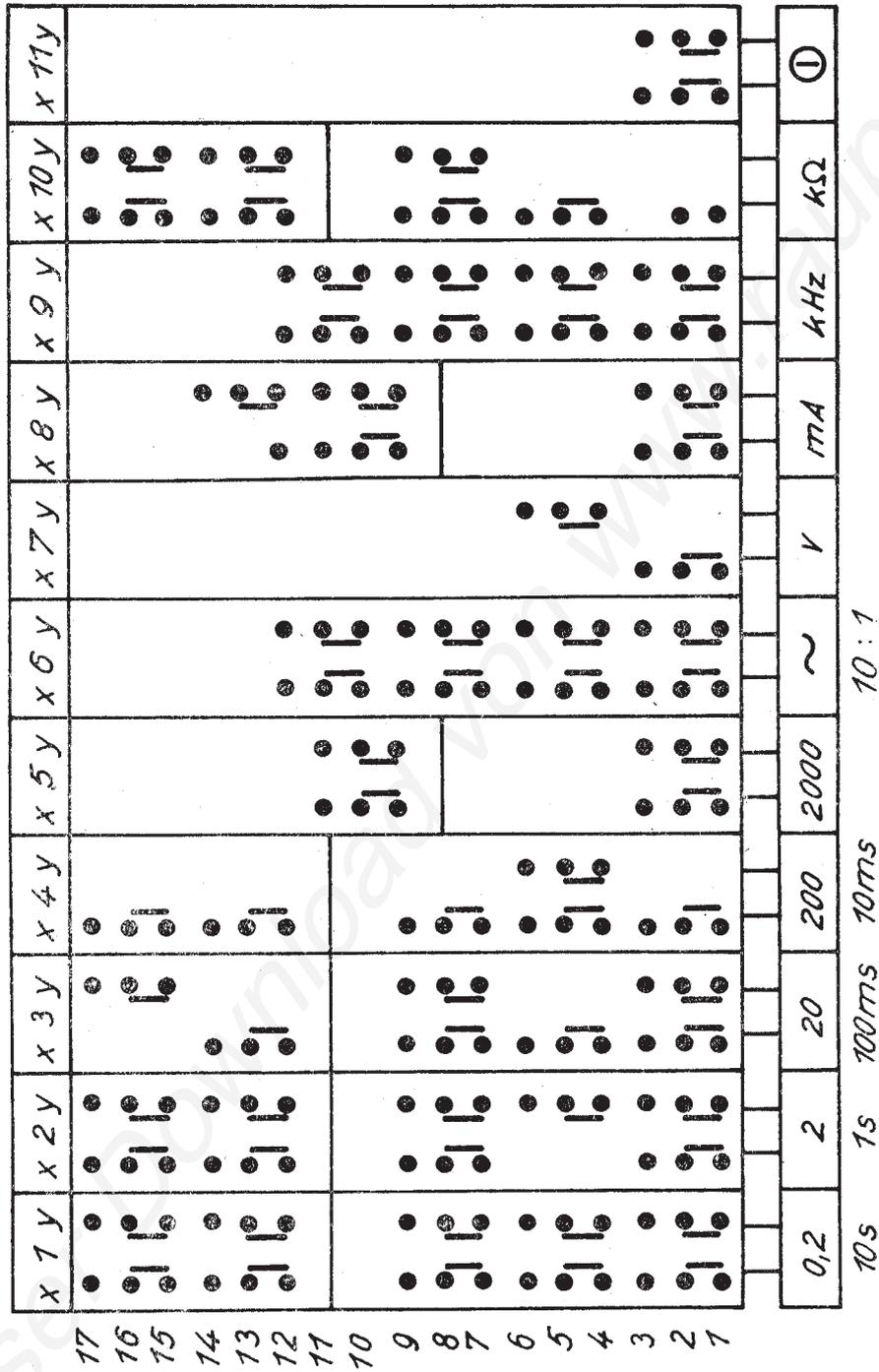
Aschnitt-
gestrand

Schalterstellung: keine Taste gedrückt
 alle Einstellregler 0,5 W TK 250 Lin.
 alle nichtgekennzeichneten Kondensatoren 25V
 * Abgleichwert



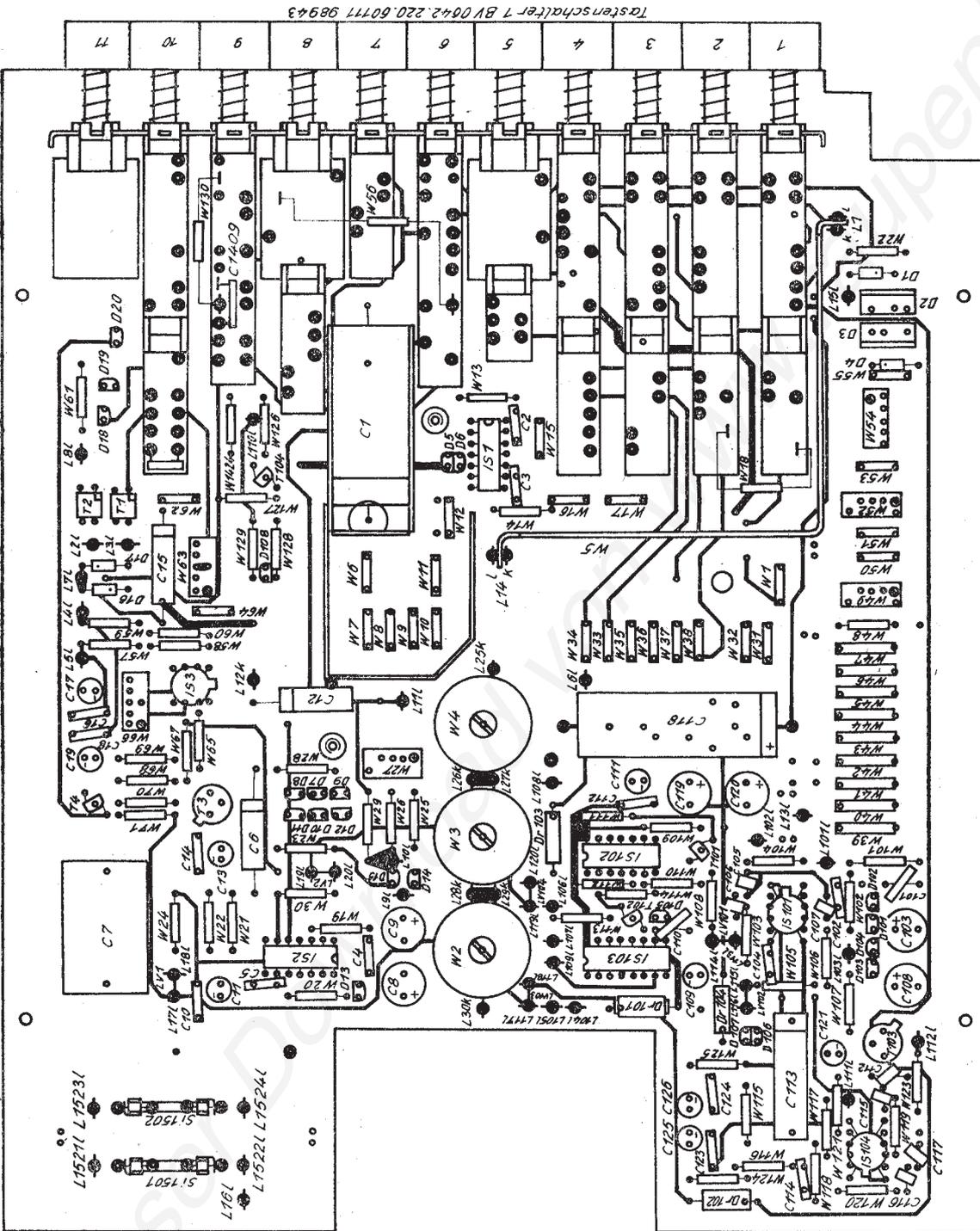
Schalterstellung: Keine Taste gesetzt
 alle nicht gekennzeichneten Widerstände.....5% 0,125W
 alle nicht gekennzeichneten Kondensatoren.....25V

Eingangsteil f (B61)



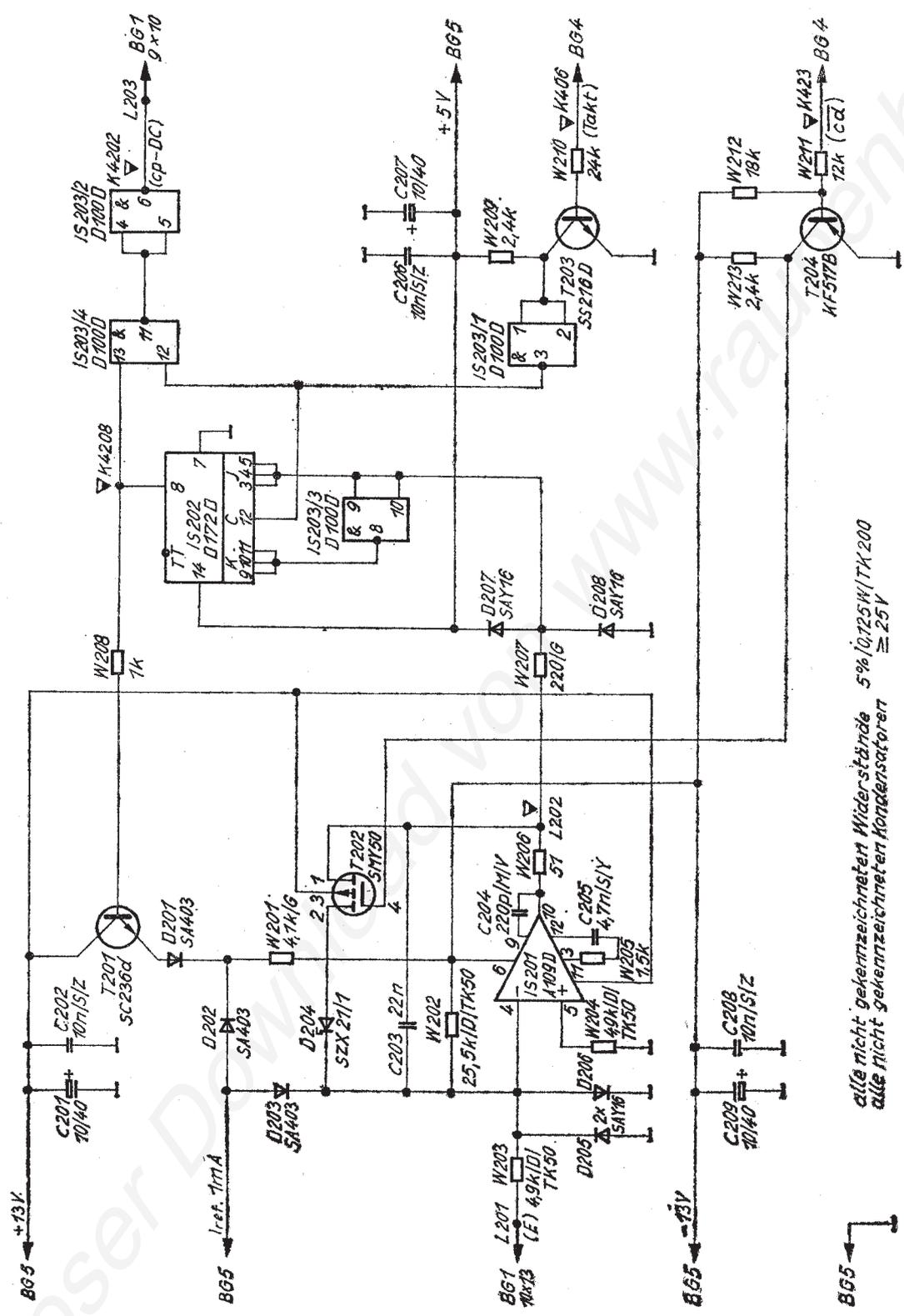
Tastenschalter 1 von Bestückungsseite gesehen

Eingangsteil (BG1)



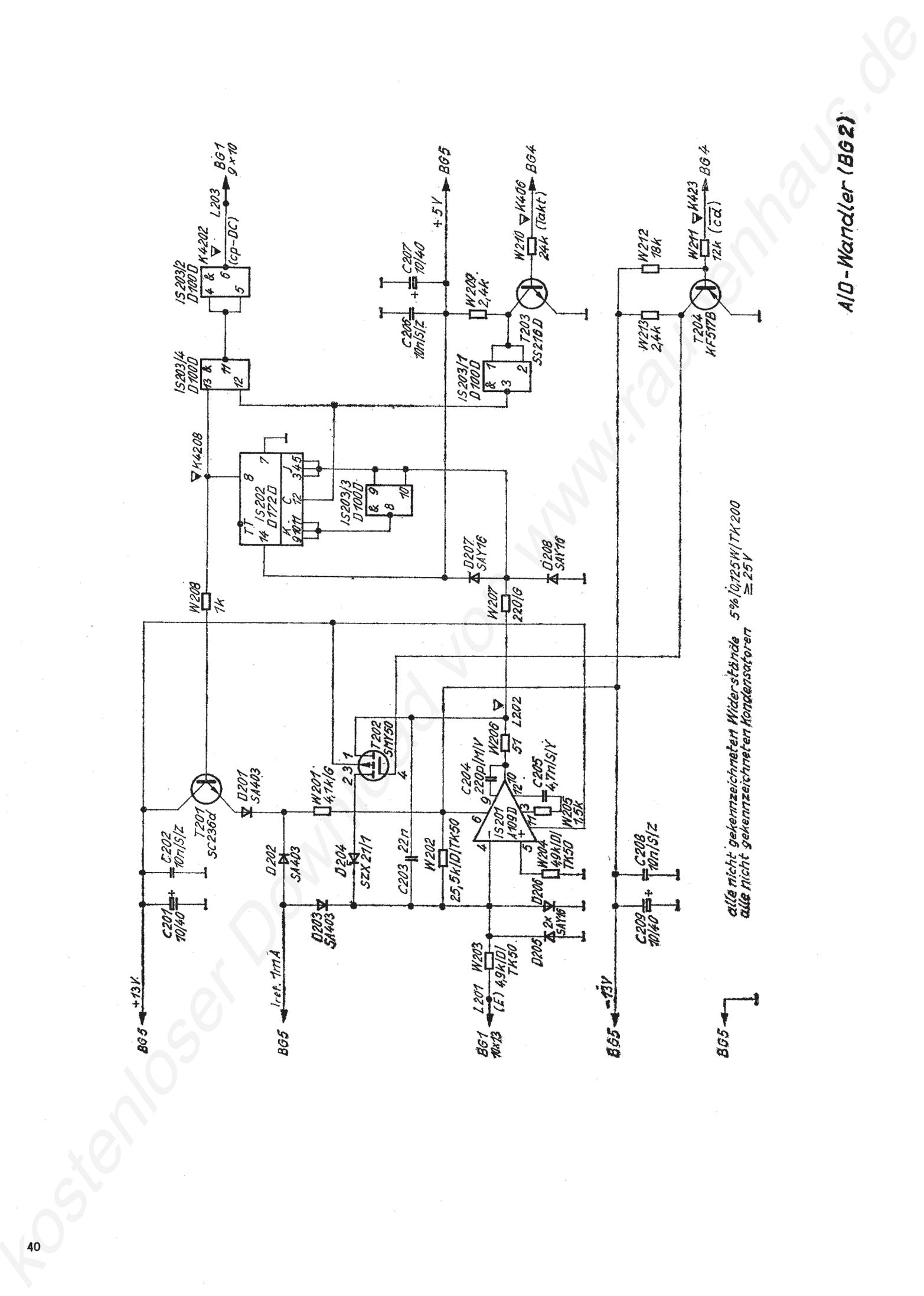
Grundleiterplatte, bestückt

zur leichteren Orientierung Würden verdeckte Lötlagen und Bohrungen sichtbar gezeichnet

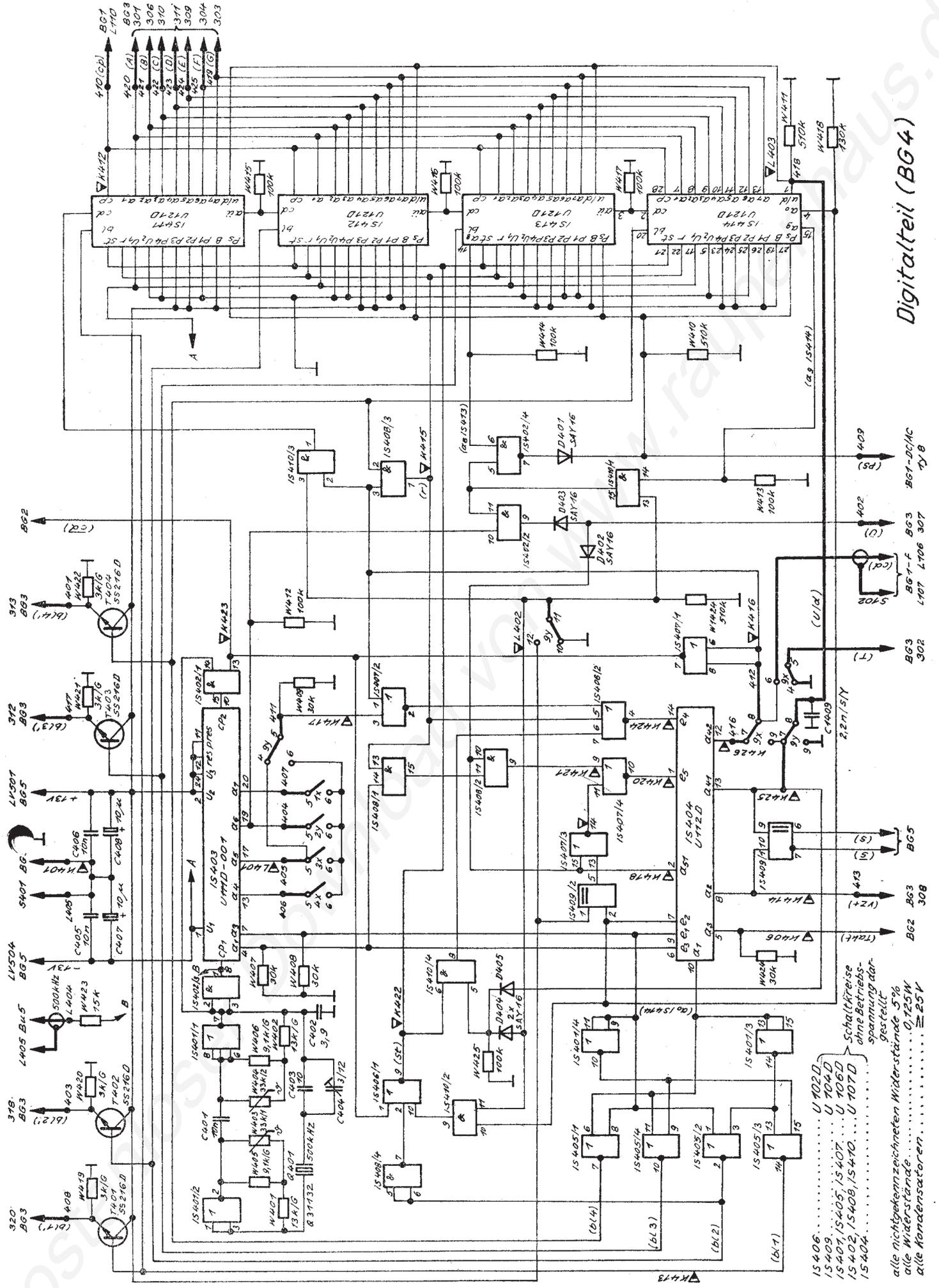


alle nicht gekennzeichneten Widerstände 5% 1/125W/TK 200
 alle nicht gekennzeichneten Kondensatoren $\geq 25V$

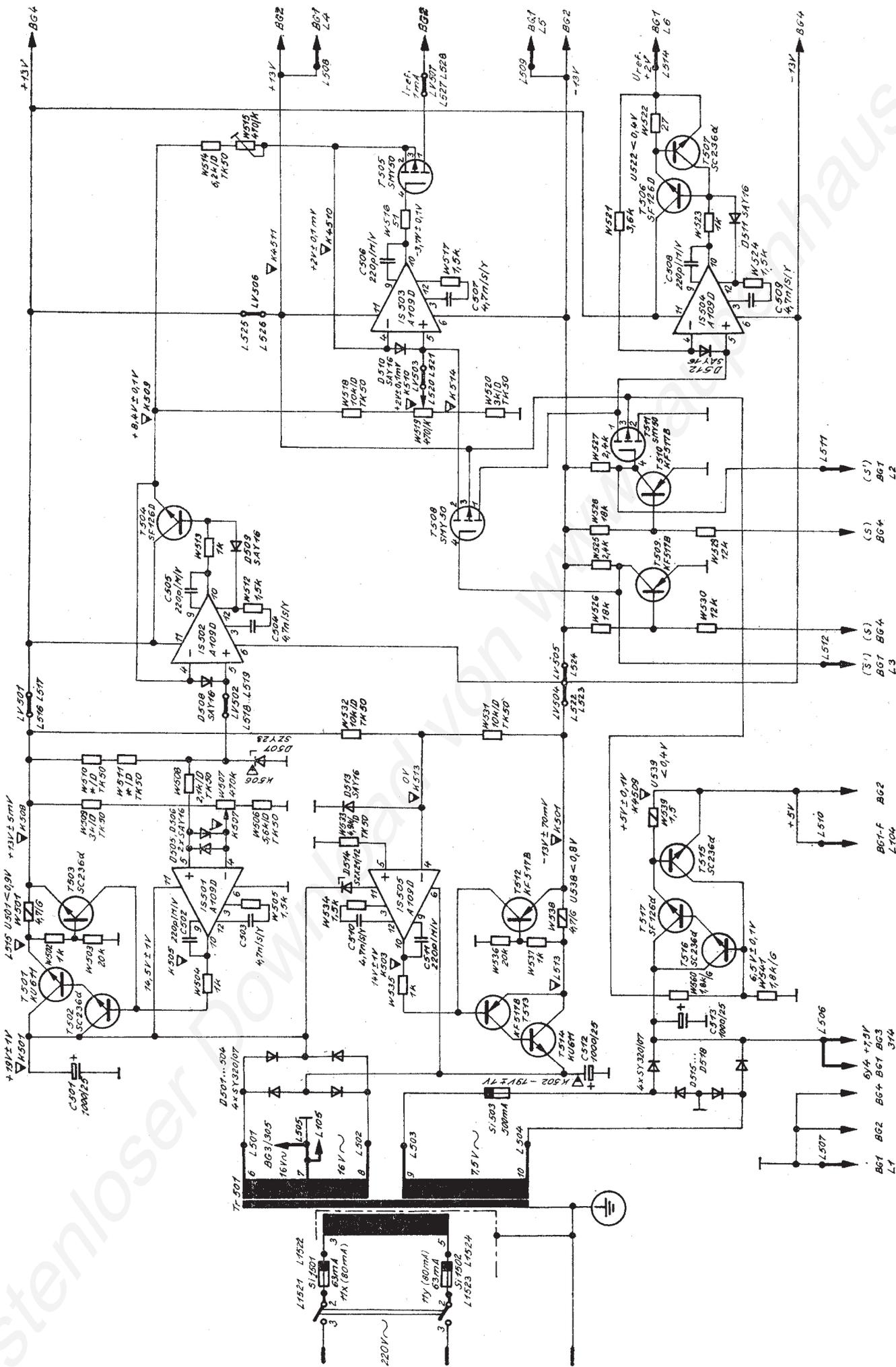
A/D-Wandler (BG2)



Digitalteil (BG4)



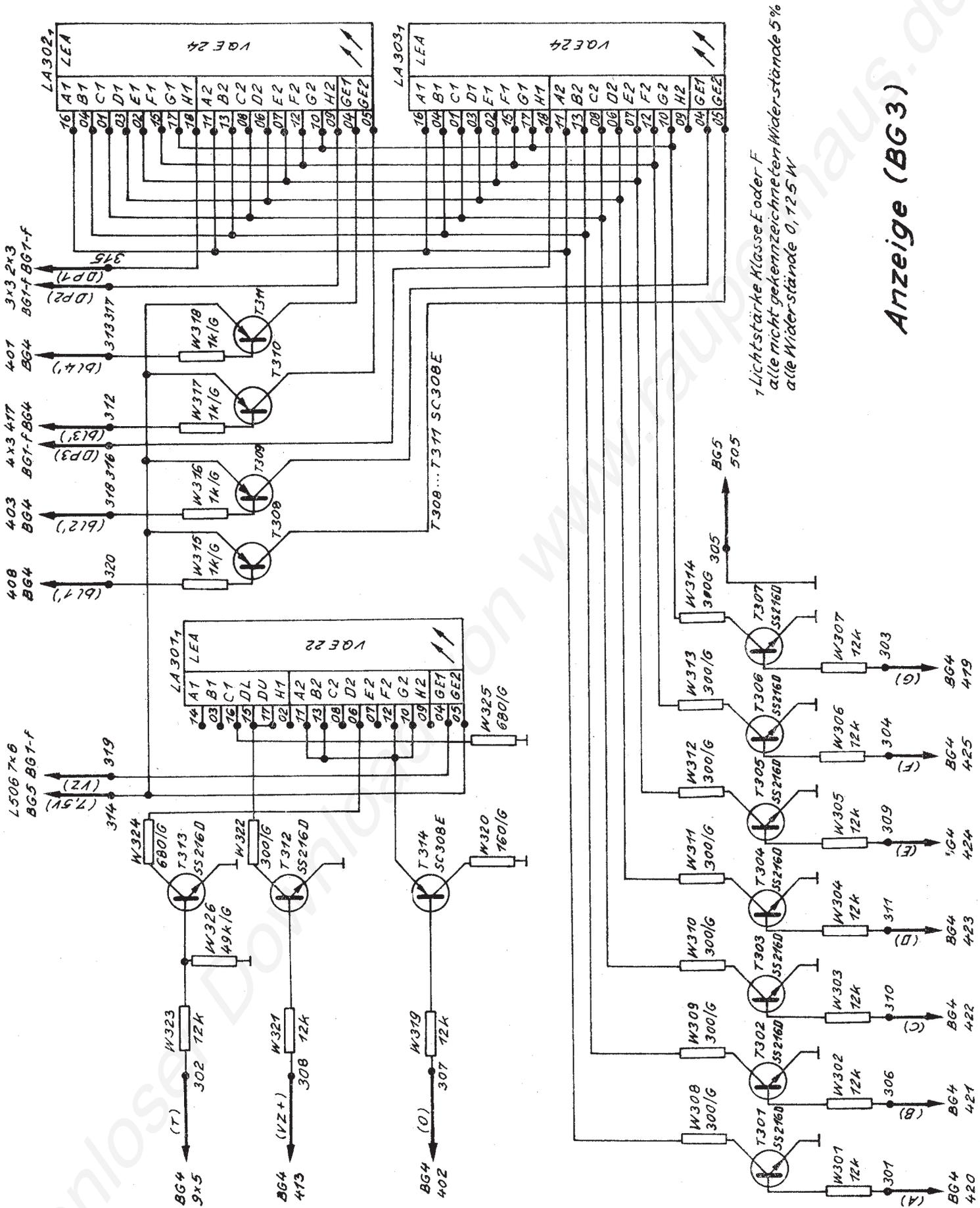
15406 U102D
 15409 U106D
 15401, 15405, 15407 U106D
 15402, 15408, 15410 U107D
 15404
 alle nichtgekennzeichneten Widerstände 5%
 alle Widerstände 0,125kV
 alle Kondensatoren $\approx 25V$



Stromversorgung (BG5)

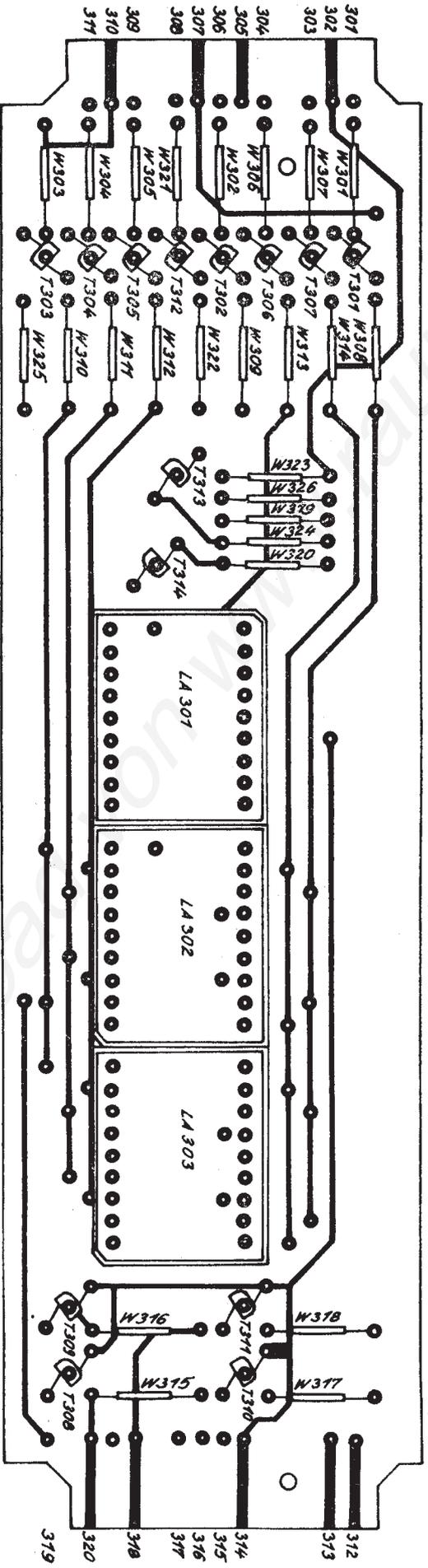
alle Einstellwiderstände 0,5W TK 250 lin.
 alle nichtgekennzeichneten Kondensatoren $\geq 25\mu$
 alle nichtgekennzeichneten Widerstände 5% 0,125 TK 200

* Abgleichwert \square 0,25W



Lichtstärke Klasse E oder F
 alle nicht gekennzeichneten Widerstände 5%

Anzeige (BG3)



Anzeigeleiterplatte, bestückt

kostenloser Download von www.raupenhaus.de