

Bild 15: Normierte Verlustleistung des Meßobjektes bei R-Messung

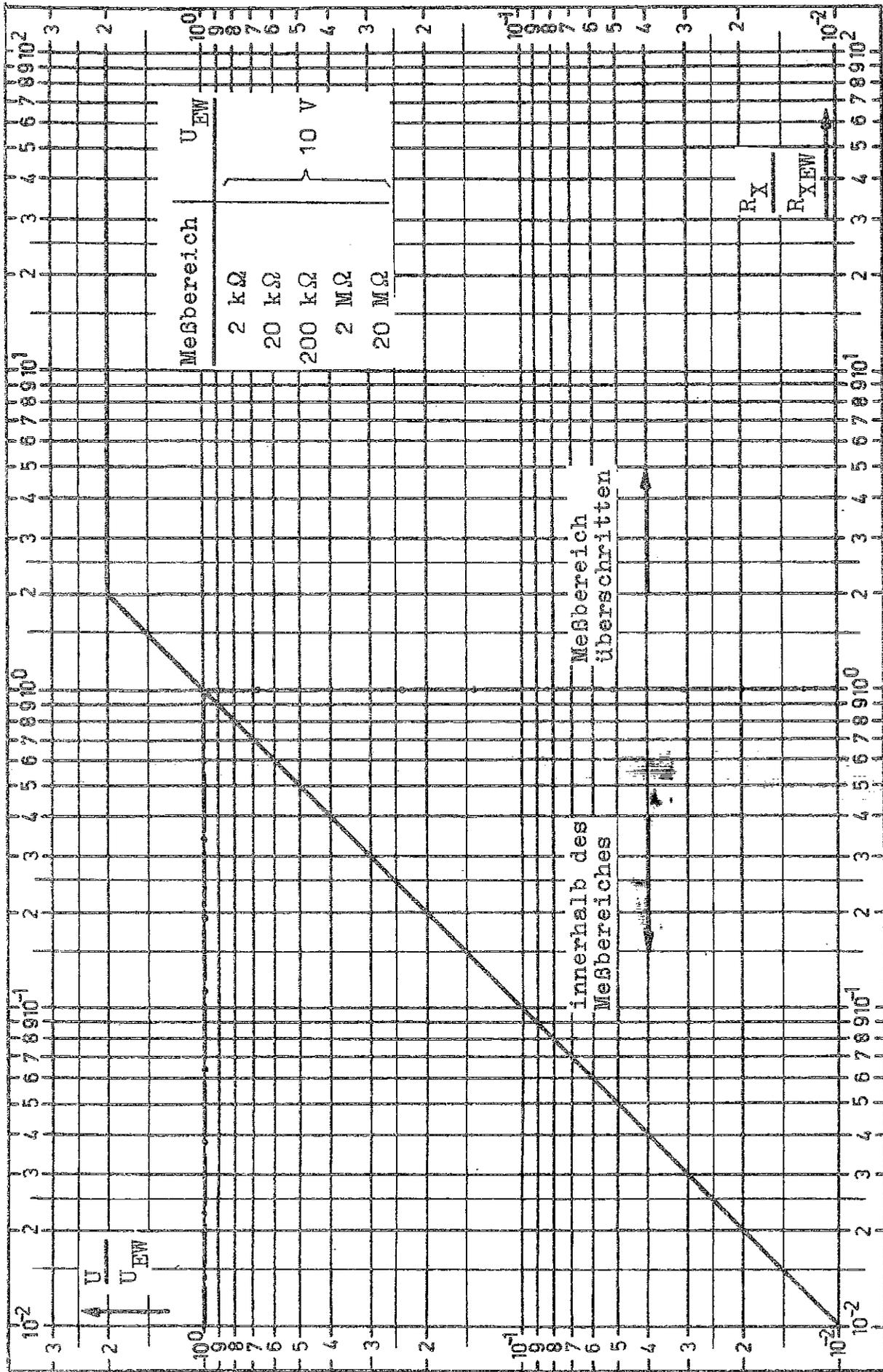


Bild 16: Normierte Spannungsbelastung des Meßobjektes bei R-Messung

2.4.2.4. Besonderheiten bei AC-Messung

Meßartentaste "AC" (38) ist zu setzen.

Für Frequenzen ≤ 400 Hz muß das Filter eingeschaltet werden, damit die Siebung der gleichgerichteten Wechselspannung ausreichend ist. Erfolgt dies nicht, so ergibt sich bei interner Triggerung eine unruhige Anzeige und bei externer Triggerung ein falscher Meßwert.

Bei Frequenzen > 400 Hz wird empfohlen, das Filter nicht einzuschalten, weil dadurch die Einschwingzeit verringert wird und so eine größere Meßfolge möglich ist. Wird das Filter trotzdem eingeschaltet, so erfolgt keine Dämpfung von eingestreuten Störspannungen, sondern nur eine Erhöhung der Einschwingzeit und somit eine geringere Meßfolge.

Gleiches gilt bei ∇ AC. Bei kurzgeschlossenem AC-Eingang (5-6) und angeschlossenem Guard (4) ergibt sich funktionsbedingt eine Anzeige von < 10 digit.

Der Möglichkeit der Störspannungseinkopplung in den Meßkreis ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da jede Störspannung wie die Nutzspannung bewertet wird und durch Störeinkopplungen verfälschte Meßwerte nicht erkannt werden können. Bei Frequenzen ≤ 100 Hz ist mit Filter und 100 ms Integrationszeit zu messen, um Schwereungen mit der Netzfrequenz zu eliminieren.

2.4.2.4.1. Fehlbedienungen

- Maximal zulässige Eingangsspannungen

Am AC-Eingang dürfen folgende maximale Eingangsspannungen nicht überschritten werden, anderenfalls führt es zur Zerstörung des Gerätes!

Meßeingang 0,2 V...0,5 kV AC (6), (5)	$U_{\text{eff}} \leq 0,495 \text{ kV}$	} Scheitel- faktor 1,41
Meßeingang 0,2 V...250 V (AC) (57)	$U_{\text{eff}} \leq 250 \text{ V}$	

- Maximal zulässige Spannung zwischen LO/GD und Netzerde

Da die Meßeingänge erdfrei sind und nur eine begrenzte Spannungsfestigkeit gegenüber Netzerde besitzen, darf der in den Technischen Kennwerten angegebene Maximalwert von $U_{\text{eff}} = 250 \text{ V}$ (Scheitelfaktor 1,41) nicht überschritten werden.

Die Einhaltung dieses Wertes ist besonders beim Messen geerdeter Spannungen im 0,5-kV-Meßbereich zu beachten (Netzerde stets an LO, anderenfalls führt es zur Zerstörung des Gerätes!).

- Messen von Netzspannungen

Das Messen an Netzspannung führenden Stromkreisen ist nicht zulässig. Es kann zur Zerstörung des Gerätes und zur Gefährdung des Bedienpersonals führen!

2.4.2.4.2. Fernsteuerung

Für die Funktionen

- Filter
- V AC
- AC 200 mV...AC 0,5 kV

werden zusätzliche Verzögerungszeiten für das die Messung auslösende Signal bei Verkettung eingeschaltet. Damit ergeben sich bei externer Triggerung folgende Meßzeiten beim Meßbereichsendwert:

Funktion (ohne Automatik)	Meßzeit			
	Ti = 20 ms		Ti = 100 ms	
	o.Filter	m.Filter	o.Filter	m.Filter
▼ AC x)	3,64 s	3,64 s	3,72 s	3,72 s
AC 200 mV	} 3,68 s	} 3,68 s	} 3,76 s	} 3,76 s
AC 2 V				
AC 20 V				
AC 200 V				
AC 0,5 kV				

x) Filtertaste unwirksam; Programmierung des Filters nicht sinnvoll

Tabelle 19: Max. Meßzeiten bei externer Triggerung ohne Automatik beim Meßbereichsendwert

Es ist weiterhin zu beachten, daß für Wechselspannungen > 250 V nur der vordere Meßeingang (5), (6) benutzt werden darf. Die Fernsteuerung des Meßbereiches AC 0,5 kV ist jedoch möglich.

Beispiele für AC-Meßprogramme entsprechend der Verschlüsselung der Programmsignale nach Pkt. 2.3.3.2.:

Beispiel 1: Fernsteuerung der Meßbereiche und Zusatzfunktionen

Tabelle 20

Meß- stelle	Anschluß →) P1 Funktion	3	12	14	19	20	21	22	23	24
		1	▼ +19980, 20 ms		x					
2	▼ AC, 20ms			x						
3	AC 20V, 20ms	x						x	x	
4	AC 200mV, 20ms	x						x		
5	AC 200V, 20ms Filter	x			x			x	x	x
6	AC 2V, 20ms	x						x		x
7	▼ +19980, 100ms		x			x				
8	▼ AC, 100ms			x		x				
9	AC 200mV, 100ms	x				x		x		
10	AC 2V, 100ms	x				x		x		x
11	AC 200V, 100ms Filter	x			x	x		x	x	x

Beispiel 2: Fernsteuerung der Zusatzfunktion und Taste "Q" (37) gesetzt

Tabelle 21

Meß- stelle	Anschluß →) P1 Funktion	3	12	14	19	20
		1	▼ +19980, 100ms		x	
2	▼ AC, 100ms			x		x
3	Filter, 100ms	x			x	x
4	Filter, 100ms	x			x	x
5	100ms	x				x
6	100ms	x				x
7	▼ +19980, 20 ms		x			
8	▼ AC, 20ms			x		
9	Filter, 20ms	x			x	
10	20ms	x				

2.4.2.4.3. Automatische Meßbereichswahl

Bei interner Triggerung ergibt sich die maximale Meßzeit aus dem Produkt der eingestellten Meßzeit mit der Anzahl der während des Automatiksuchlaufes eingeschalteten Meßbereiche. Das bedeutet im ungünstigsten Fall eine Meßzeitverlängerung um den Faktor 5.

Wird extern getriggert, so gilt sinngemäß dasselbe, wobei die Einzelmeßzeiten nach Tabelle 22 zu verwenden sind.

Funktion (mit Automatik)	Meßzeit			
	Ti = 20 ms		Ti = 100 ms	
	o.Filter	m.Filter	o.Filter	m.Filter
∇AC x)	3,02 s	3,02 s	3,1 s	3,1 s
AC 200 mV	} 3,06 s	} 5,06 s	} 3,14 s	} 5,14 s
AC 2 V				
AC 20 V				
AC 200 V				
AC 0,5 kV				

x) Filtertaste unwirksam; Programmierung des Filters nicht sinnvoll.

Tabelle 22: Max. Meßzeiten bei externer Triggerung mit Automatik beim Meßbereichsendwert

Beispiel:

Ti = 20 ms, 200-mV-Meßbereich DC eingeschaltet, ohne Filter

Es liegen 190 V als Meßspannung an.

Somit ergibt sich eine maximale Meßzeit

$$t_{\text{Max}} = 4 \cdot 3,06 \text{ s} = 12,24 \text{ s.}$$

Bei AC-Messung mit automatischer Meßbereichswahl erfolgt das "Tiefer"-Schalten, wenn der Anzeigewert 01900 unterschritten wird.

Im Frequenzbereich 50 kHz...100 kHz kann es bei Umgebungstemperaturen < 13°C und > 33°C unter worst-case-Bedingungen der Meßfehler und Temperaturfehler zum Hin- und Herschalten der Automatik kommen.

Werden Meßwerte < 12 % v. E. und > 98 % v. E. vermieden, so ist im gesamten Arbeitstemperaturbereich eine automatische Meßbereichswahl möglich.

2.5. Meßfehler

2.5.1. Allgemeines

2.5.1.1. Meßfehler als Funktion des Meßwertes

Der gesamte relative Meßfehler für einen bestimmten Meßwert setzt sich aus einem aussteuerungsabhängigen und einem konstanten Anteil zusammen.

Bild 17 zeigt in normierter Darstellung den Verlauf des aussteuerungsabhängigen Anteils als Funktion des Meßwertes.

Es bedeuten

ϵ = gesamter relativer Meßfehler

ϵ^x = aussteuerungsabhängiger Anteil des gesamten relativen Meßfehlers

ϵ v.E. = relativer Meßfehler vom Endwert siehe Technische

ϵ v.M. = relativer Meßfehler vom Meßwert Kennwerte

Pkt. 1.3.1.1.1.bzw.
1.3.1.2.1.bzw.
1.3.1.3.1.

MW = Meßwert

EW = Endwert

Es gilt:

$$\epsilon = \epsilon^x + \epsilon_{v.M.}$$

Aus Bild 17 erkennt man, daß bei 10 %-iger Ausnutzung des Meßbereiches der in den Technischen Kennwerten angegebene Fehler v.E. um den Faktor 10 vergrößert wird. Deshalb wird empfohlen, immer einen Meßbereich mit der größten Auflösung zu wählen.

$$\epsilon^* = \epsilon_{v.E.} \frac{1}{\left(\frac{MW}{EW}\right)}$$

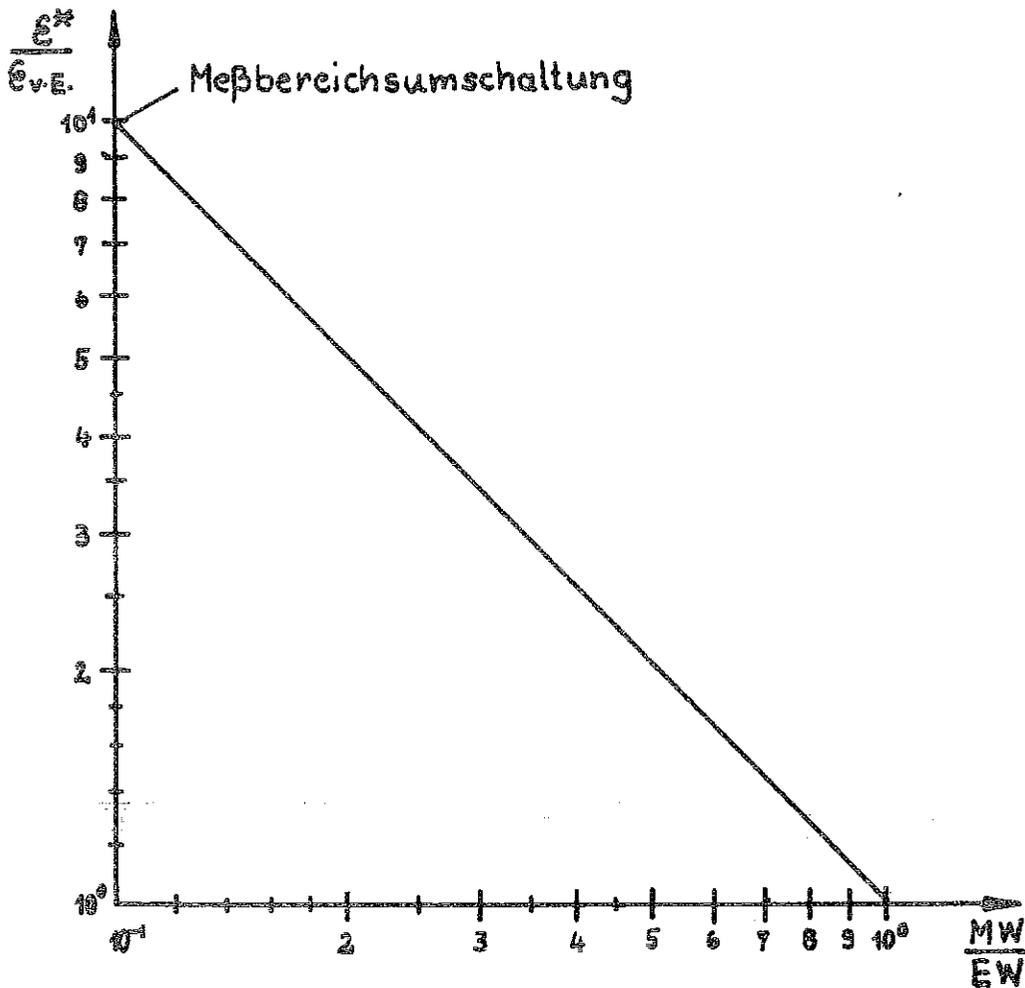


Bild 17: Normierter aussteuerungsabhängiger Anteil des gesamten relativen Meßfehlers

2.5.1.2. Einschränkung der Auflösung bei automatischer Meßbereichswahl

Um ein Hin- und Herschalten der Automatik zwischen zwei Meßbereichen zu vermeiden, sind die obere und die untere Umschaltgrenze nicht identisch. Bild 18 zeigt, daß dies unter bestimmten Bedingungen eine Einschränkung der Auflösung zur Folge hat.

"Höher" schalten

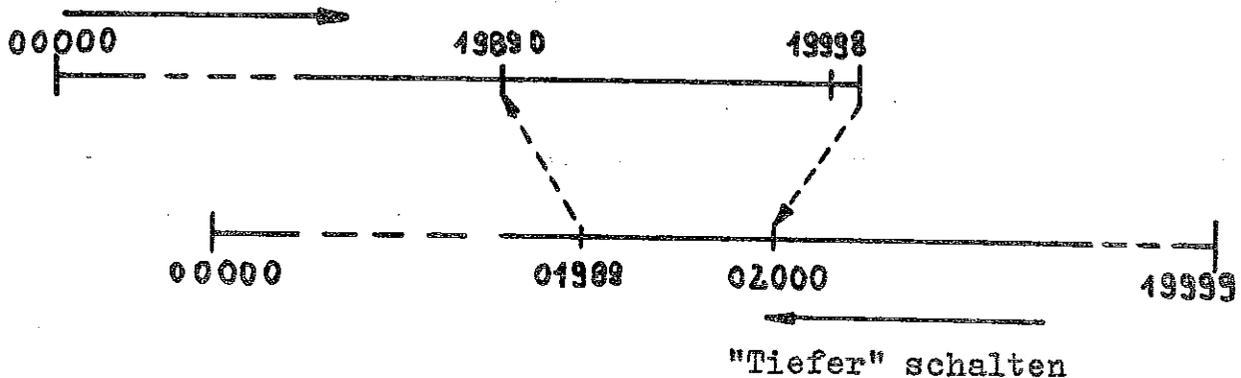


Bild 18: Umschaltgrenzen

Die obere Umschaltgrenze liegt beim Anzeigewert 19999.

Wird dieser Wert erreicht, so schaltet die Automatik einen Meßbereich höher. Der Anzeigewert 19999 wird deshalb mit Ausnahme des größten Automatik-Meßbereiches nicht angezeigt.

Die untere Umschaltgrenze liegt beim Anzeigewert 01990 für DC und R bzw. 01790 für AC.

Wird dieser Wert unterschritten, so schaltet die Automatik einen Meßbereich tiefer.

Ist ein zu großer Meßbereich eingeschaltet, so schaltet die Automatik solange tiefer, bis ein Anzeigewert zwischen 01990 für DC und R bzw. 01790 für AC und 19999 erreicht wird.

In diesem Intervall wird die Messung als richtig erkannt und angezeigt.

Liegt der Anzeigewert dabei zwischen 01990 für DC und R bzw. 01790 für AC und 02000, so ist die Auflösung auf etwa $5 \cdot 10^{-4}$ beschränkt. Im nächsten kleineren Meßbereich könnten die Anzeigewerte jedoch mit einer Auflösung von $5 \cdot 10^{-5}$ gemessen werden. Durch die bestehenden Umschaltgrenzen kann diese Auflösung beim Tiefschalten jedoch nicht erreicht werden.

Nähert man sich durch Höherschalten dem richtigen Meßbereich, so wird immer mit der optimalen Auflösung gemessen.

2.5.1.3. Meßfehler durch Temperatureinfluß

Der in den Technischen Kennwerten angegebene Meßfehler unter Pkt. 1.3.1.1.1. bzw. 1.3.1.2.1. bzw. 1.3.1.3.1. gilt für $23^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$.

Je nachdem bei welcher Umgebungstemperatur das Gerät kalibriert und betrieben wird, sind 2 Fälle zu unterscheiden.

Fall 1:

Das Gerät wird bei einer anderen Umgebungstemperatur als $23^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$ kalibriert und bei der gleichen Temperatur betrieben (Bild 19).



Bild 19: Kalibrierung und Betrieb des Gerätes bei $J \neq 23^{\circ}\text{C}$

Es entsteht ein zusätzlicher Meßfehler auf Grund des Temperaturkoeffizienten im kalibrierten Zustand

$$\epsilon_j = \epsilon_{j_0} = TK_{\text{kal.Zustand}} \cdot |J_0 - J_1|$$

entsprechend Pkt. 1.3.1.1.2. bzw. 1.3.1.2.2. bzw. 1.3.1.3.2. der Technischen Kennwerte.

Fall 2:

Das Gerät wird bei einer beliebigen Umgebungstemperatur kalibriert und bei einer anderen Umgebungstemperatur betrieben (Bild 20).

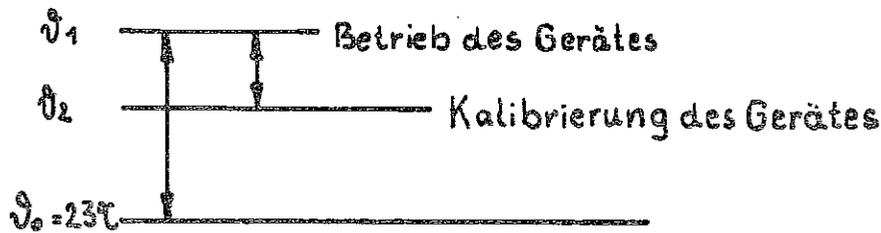


Bild 20: Kalibrierung und Betrieb des Gerätes bei verschiedenen Temperaturen und $\vartheta \neq 23^\circ\text{C}$

Es entsteht ein zusätzlicher Meßfehler auf Grund des Temperaturkoeffizienten im kalibrierten Zustand (Pkt. 1.3.1.1.2. bzw. 1.3.1.2.2. bzw. 1.3.1.3.2. der Technischen Kennwerte) für die Differenz zwischen 23°C und der Betriebstemperatur und auf Grund des Temperaturkoeffizienten der Kalibrierung (Pkt. 1.3.1.1.2. bzw. 1.3.1.3.2. der Technischen Kennwerte) für die Differenz zwischen der Kalibrierungstemperatur und der Betriebstemperatur.

$$\begin{aligned} \epsilon_{\vartheta} &= \epsilon_{\vartheta_0} + \epsilon_{\vartheta_{12}} \\ \epsilon_{\vartheta} &= TK_{\text{Kal.Zustand}} \cdot |\vartheta_0 - \vartheta_1| + TK_{\text{Kal.}} \cdot |\vartheta_1 - \vartheta_2| \end{aligned}$$

Der Fehleranteil $\epsilon_{\vartheta_{12}}$ kann nach der unter Pkt. 2.5.2.6. bzw. 2.5.3.3. bzw. 2.5.4.3. angegebenen Methode eliminiert werden, so daß der gleiche Temperaturfehler wie für Fall 1 erreicht wird.

2.5.1.4. Kalibrierungsfehler

Zur Vermeidung von Kalibrierungsfehlern, welche durch die an den Meßeingängen anliegenden Meß- bzw. Gleichtaktspannungen hervorgerufen werden können, muß während des Kalibrierens die Meßquelle, einschließlich des GD-Anschlusses, vom Gerät abgetrennt werden. Bei der Fernsteuerung erfolgt die dreipolige Trennung durch das Meßstellenumschaltersystem.

2.5.1.5. Meßfehler durch Standardzelle

Nach Transport oder Änderung der Gebrauchslage kann, bedingt durch die Eigenschaften der Standardzelle, eine Beruhigungszeit erforderlich sein. Diese Beruhigungszeit ist abhängig von der Dauer und der Art des Transportes sowie der Änderung aus der Gebrauchslage und kann im Mittel 1 Woche betragen, um die Meßgenauigkeit wieder zu erreichen.

2.5.2. Systematische Meßfehler bei DC-Messung

2.5.2.1. Meßfehler durch falsche Nullpunkteinstellung

Durch das Meßverfahren bedingt liegt der Nullpunkt nicht bei 00000, sondern je nach gewähltem Meßbereich bzw. gewählter Nullpunktkalibrierung bei +00000 oder -00000.

Wird der Nullpunkt nicht entsprechend eingestellt (Nullpunkteinstellung bei spannungsfreien Eingängen) bzw. abgelesen, so treten Umpolfehler auf. Es gilt folgende Zuordnung für die Nullpunkte:

+00000 im 20-mV-Meßbereich
im 20-V-Meßbereich
bei ∇ 20 mV
-00000 im 0,2-V-Meßbereich
im 2-V-Meßbereich
im 200-V-Meßbereich
im 1-kV-Meßbereich
bei ∇ -00000

2.5.2.2. Meßfehler durch Störspannungen

2.5.2.2.1. Serientaktfehler

Serientaktfehler treten durch die Überlagerung von Wechselspannungen mit der zu messenden Gleichspannung im Meßkreis auf. In der Praxis ist dies stets der Fall. Das im DC · AC · R-Digitalvoltmeter G-1212.010 bzw. G-1212.500 angewendete Integrationsverfahren bietet entscheidende Vorteile. Es wird in einer relativ kurzen Meßzeit eine verfahrensbedingte Serientaktunterdrückung erreicht (siehe Funktionsprinzip DC · AC · R-Digitalvoltmeter G-1212.010 bzw. G-1212.500 Pkt. 1.2.3.).

Das jeweilige Meßproblem bestimmt die Auswahl der Integrationszeit bzw. das Zuschalten des Eingangsfilters.

- Anwendung als Labormeßgerät

Da es bei diesem Anwendungsfall nicht auf kurze Meßzeiten ankommt, empfiehlt es sich, ständig mit einer Integrationszeit von 100 ms zu messen. Reicht die Dämpfung der Störgröße nicht aus, so ist das Eingangsfilter zuzuschalten.

Dadurch erhöht sich die Grunddämpfung um die unter Pkt. 1.3.1.1.7. der Technischen Kennwerte angegebenen Größe. Die Einschwingzeit des Filters (ca. 1 s) ist dann zu beachten.

- Anwendung in Meßwerterfassungsanlagen (Verkettung)

Es ist stets ein Kompromiß zwischen geforderter Meßgenauigkeit, notwendiger Dämpfung der überlagerten Störspannung und angestrebter Meßfolge zu treffen.

Die maximale Meßfolge wird bei einer Integrationszeit von 20 ms erreicht (siehe Technische Kennwerte Pkt. 1.3.1.1.9., 1.3.1.2.8. bzw. 1.3.1.3.9.). Das setzt voraus, daß die Dämpfung von 40 dB für 50 Hz \pm 0,5 Hz zur Erreichung der geforderten Meßgenauigkeit ausreicht.

Wird das Gerät an einer Netzspannung mit der Netzfrequenz von 60 Hz betrieben, so ist immer mit der Integrationszeit 100 ms zu messen. Reicht die Dämpfung nicht aus, so ist das Eingangsfilter zuzuschalten. Das bedeutet, daß nur noch ca. 0,7 Messungen pro Sekunde möglich sind.

Eine der Einschwingzeit entsprechende Verzögerungszeit wird bei der Verkettung automatisch berücksichtigt.

Die verfahrensbedingte Dämpfung wird nur erreicht, wenn die Summe Gleichspannung plus Spitzenwert der überlagerten Wechselspannung den Meßbereichsendwert nicht überschreitet.

2.5.2.2.2. Gleichtaktfehler

Da zwischen der LO-Leitung und Netzerde ein endlicher Isolationswiderstand und Kapazitäten vorhanden sind, können Gleich- und Wechselspannungen, die vom Tiefpunkt der Meßquelle gegen Netzerde liegen, auf den Meßkreis einwirken, wenn ein Widerstand in der LO-Leitung liegt.

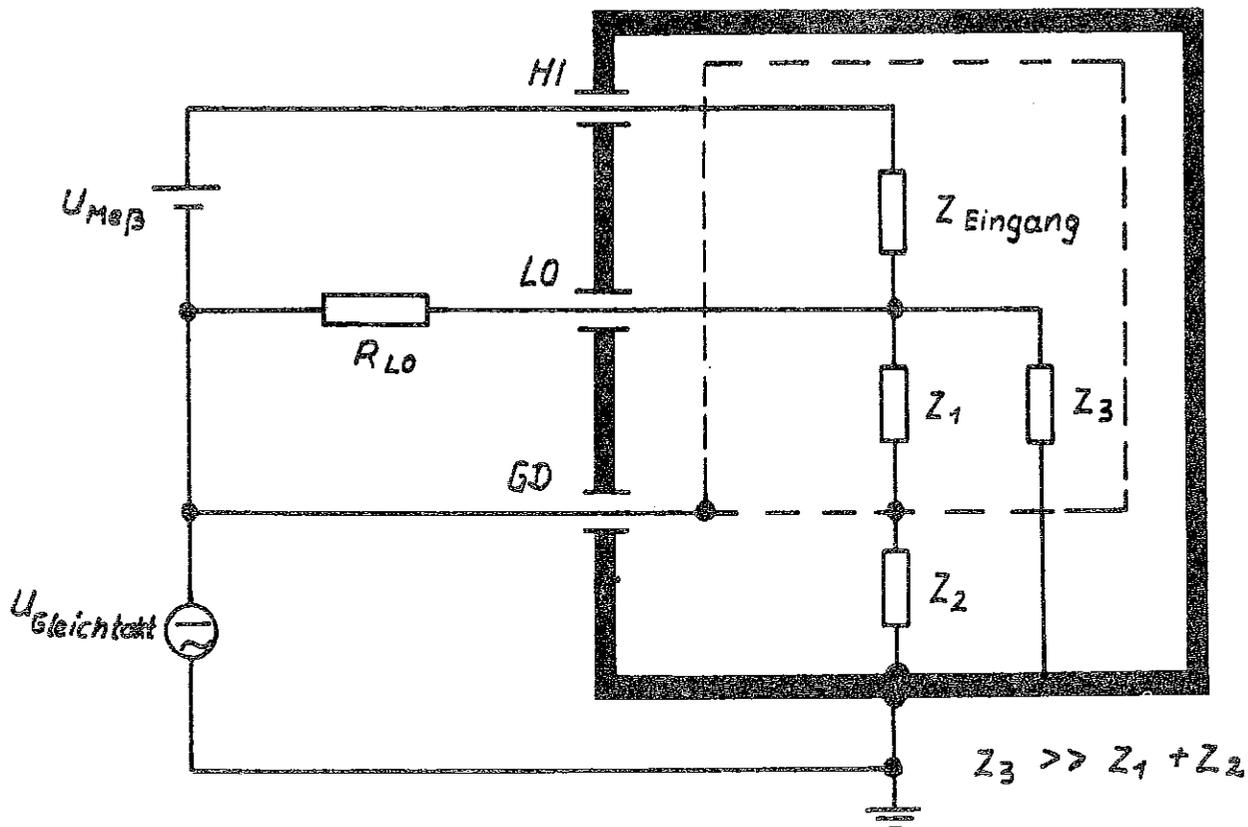


Bild 21: Meßeingang

Der auf den Meßkreis einwirkende Teil der Gleichtaktspannung verfälscht das Meßergebnis. Sind LO und GD nicht verbunden, so wird die im Meßkreis wirksame Größe vom Spannungsteilerverhältnis R_{LO} zu $Z_1 + Z_2 + R_{LO}$ bestimmt.

Auf Grund der besonderen konstruktiven Ausführung des Eingangsteiles (Guard-Konstruktion) ist es möglich, diesen Einfluß entsprechend Bild 21 zu verringern.

GD wird an den Tiefpunkt der Meßspannungsquelle angeschlossen. Dadurch liegt Z_1 parallel zu R_{LO} und Z_2 parallel zur Gleichtaktspannungsquelle. Es wirkt für die Gleichtaktspannung das Spannungsteilerverhältnis R_{LO} zu $Z_3 + R_{LO}$. Da Z_3 konstruktiv bedingt größer als $Z_1 + Z_2$ ist, wird der Einfluß auf den Meßkreis in diesem Fall geringer.

Die in den Technischen Kennwerten angegebenen Werte der Gleichtaktunterdrückung gelten für die Anschlußbedingungen nach Bild 21 und einen Widerstand $R_{LO} = 1 \text{ k}\Omega$.

Das Bild 21 stellt ein idealisiertes Ersatzschaltbild dar, das nur die wesentlichsten Einflüsse erfaßt. Der praktische Verlauf der Gleichtaktunterdrückung als Funktion des LO-Widerstandes kann dem Bild 22 entnommen werden. Diese Kurvenverläufe sind Grenzkurven, die nicht unterschritten werden. Die in den Technischen Kennwerten angegebene Gleichtaktunterdrückung wird nur erreicht, wenn durch die eingekoppelten Störungen keine Übersteuerungseffekte im Eingangsteil hervorgerufen werden. Deshalb muß in den DC-Meßbereichen 20 mV und 200 mV die AC-Gleichtaktspannung unterhalb eines bestimmten Wertes der Gleichtaktunterdrückung entsprechend Bild 23 reduziert werden (siehe Beispiel).

Werden Gleichtaktspannungen $U_g > 10$ V angeschaltet (z.B. durch einen Meßstellenumschalter) und erfolgt anschließend eine externe Auslösung der Messung, so kann diese Messung falsch sein. In diesem Fall ist das Filter zuzuschalten bzw. zu programmieren. Störungen, die durch das Schalten von Geräten den Meßvorgang des Digitalvoltmeters über das Netz beeinflussen können, werden weitgehend vermieden, wenn ein sternförmiger Anschluß der Stromversorgung einschließlich des Schutzleiters vorgesehen wird. In extremen Fällen muß der Tiefpunkt der Meßschaltung (LO) mit der Netzerde verbunden werden.

Tabelle 23: Einfluß von Temperatur und Luftfeuchte auf die Gleichtaktunterdrückung

Temperaturbereich max. rel. Luftfeuchte	5 °C...30 °C 60 %	5 °C...30 °C 80 %	31 °C...40 °C linear von 80 % auf 45 % abfallend x)
Gleichtaktunterdrückung im 20-mV-...20-V-Meß- bereich:			
- für Gleichspannung	> 120 dB	> 110 dB	> 100 dB
- für 50 Hz ± 0,5 Hz	> 110 dB	> 110 dB	> 110 dB
- für 60 Hz ± 0,6 Hz	> 110 dB	> 110 dB	> 110 dB
Gleichtaktunterdrückung im 200-V-...1-kV-Meß- bereich:			

x) Kurvenverlauf entsprechend Wasserdampfdruck 3333 Pa. Als informatorischer Richtwert kann im angegebenen Temperaturbereich mit einem linear abfallenden Verlauf gerechnet werden.

Temperaturbereich max. rel. Luftfeuchte	5 °C...30 °C 60 %	5 °C...30 °C 80 %	31 °C...40 °C linear v. 80 % auf 45 % ab- fallend x)
- für Gleichspannung in 200-V-Meß- bereich	> 90 dB	> 70 dB	> 80 dB
in 1-kV-Meßbereich	> 80 dB	> 60 dB	> 70 dB
- für 50/60 Hz ± 0,5/0,6 Hz	wie bei Referenzbedingungen (siehe Bild 22)		

x) Kurvenverlauf entsprechend Wasserdampfdruck 3333 Pa. Als informatorischer Richtwert kann im angegebenen Temperaturbereich mit einem linear abfallenden Verlauf gerechnet werden.

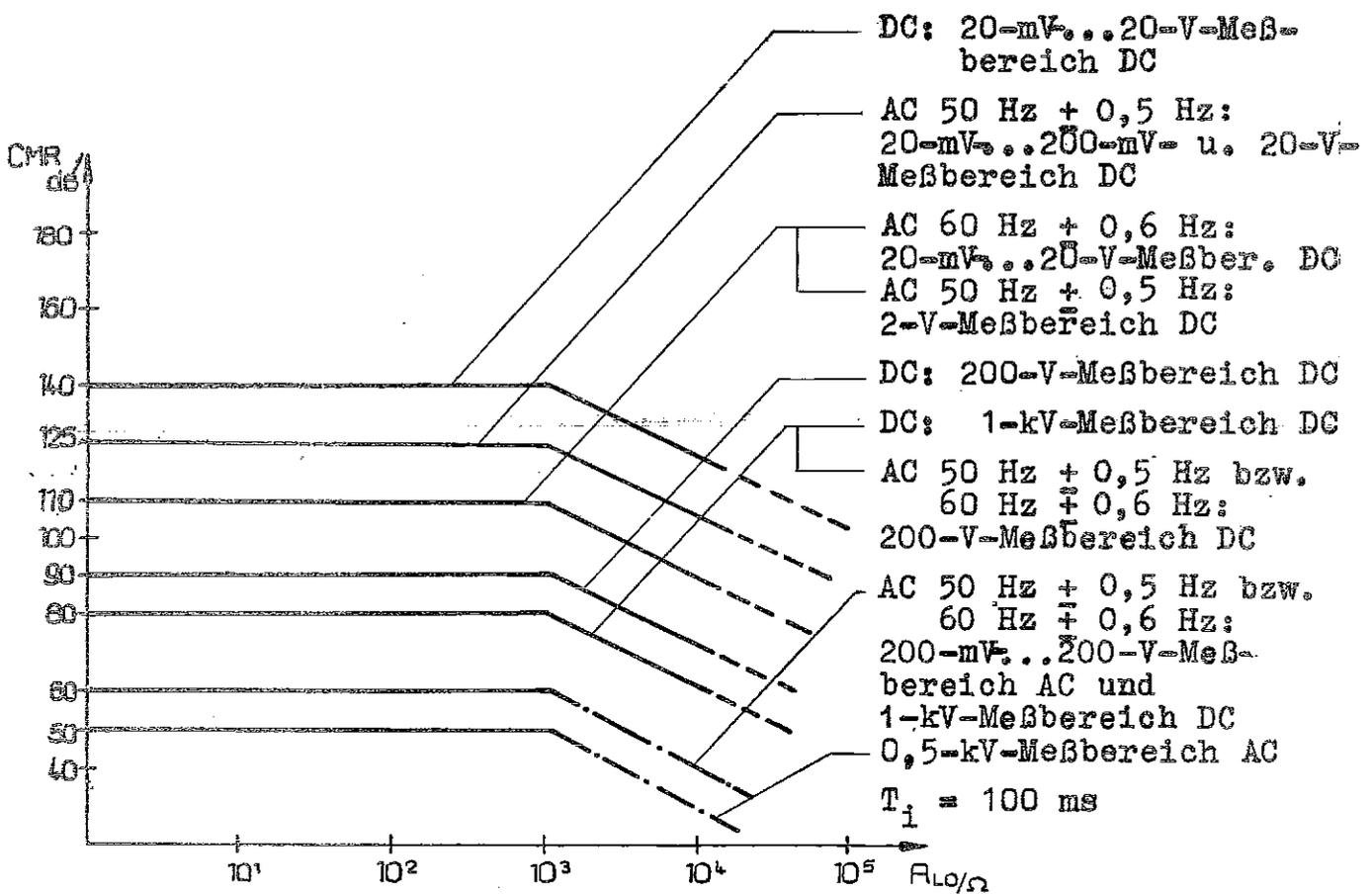


Bild 22: Gleichtaktunterdrückung (CMR) als Funktion von R_{LO} bei $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ und max. 60 % rel. Luftfeuchte

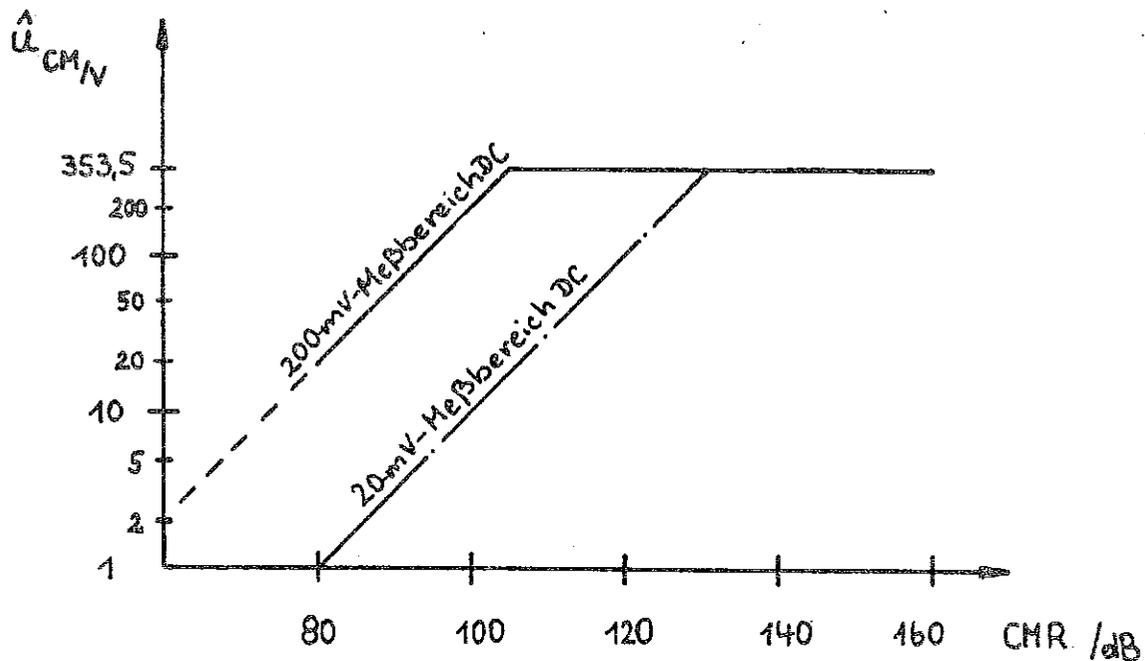


Bild 23: Zulässige AC-Gleichtaktspannung bei vorgegebener Gleich-
taktunterdrückung (CMR)

Beispiel zur Reduzierung der AC-Gleichtaktspannung:

Es wird eine Messung im 200-mV-Meßbereich DC bei einem LO-Widerstand von 18 kOhm durchgeführt. Welche Maximalamplitude darf eine AC-Gleichtaktspannung mit der Frequenz 50 Hz \pm 0,5 Hz haben, damit die garantierte Gleichtaktunterdrückung eingehalten wird?

Für einen LO-Widerstand $R_{LO} = 18 \text{ kOhm}$ folgt bei einer AC-Gleichtaktspannung mit einer Frequenz von 50 Hz \pm 0,5 Hz im 200-mV-Meßbereich DC aus Bild 22 eine Gleichtaktunterdrückung von 100 dB. Mit diesem Wert der Gleichtaktunterdrückung erhält man aus Bild 23 eine zulässige AC-Gleichtaktspannung von $\hat{U}_{CM} = 200 \text{ V}$. Oberhalb dieses Spannungswertes bis zum maximal zulässigen Wert von $\hat{U}_{CM} = 353,5 \text{ V}$, können im Eingangsteil Übersteuerungen auftreten, wodurch die Gleichtaktunterdrückung schlechter wird.

2.5.2.3. Meßfehler durch den Eingangswiderstand

Da das Digitalvoltmeter endliche Eingangswiderstände hat (siehe Technische kennwerte Pkt. 1.3.1.1.4.), ergibt sich ein Einfluß auf Grund des Innenwiderstandes der Meßquelle auf den Gesamtfehler.

Durch die Belastung des Meßobjektes ergibt sich immer ein negativer Zusatzfehler wie es Bild 24 als Funktion des Verhältnisses $R_{\text{Quell}}/R_{\text{Ein}}$ zeigt.

ϵ_0 = zusätzlicher Meßfehler durch den Eingangswiderstand
 R_{Quell} = Quellwiderstand
 R_{Ein} = Eingangswiderstand des jeweiligen Meßbereiches
(Einfluß durch Temperatur und Luftfeuchte siehe Tabelle 24)

2.5.2.4. Meßfehler durch den Offsetstrom

Im Eingangskreis fließt ein vorzeichenbehafteter Offsetstrom, der am Quellwiderstand eine Fehlspannung erzeugt. Der in den Technischen Kennwerten angegebene Offsetstrom ist ein Maximalwert. Der Offsetstrom ist zu berücksichtigen:

im 20-mV-Meßbereich für R_{Quell}	$\geq 1 \text{ k}\Omega$
im 200-mV-Meßbereich für R_{Quell}	$\geq 10 \text{ k}\Omega$
im 2-V-Meßbereich für R_{Quell}	$\geq 100 \text{ k}\Omega$
im 20-V-Meßbereich für R_{Quell}	$\geq 1 \text{ M}\Omega$

Soll der genaue Wert des Offsetstromes ermittelt werden, so wird empfohlen, den Meßeingang mit dem zehnfachen Wert oben angeführter Widerstände zu überbrücken. Um eine ruhige Anzeige zu erhalten, ist eine Kapazität parallel zu schalten, deren Größe von der Brummeinstreuung bestimmt wird.

Für den angezeigten Wert gilt: 1 digit $\hat{=}$ $\pm 100 \text{ pA}$ Offsetstrom.

Zur Ermittlung des vom Offsetstrom unabhängigen Meßwertes ist der festgestellte Offsetstrom vorzeichenrichtig in folgende Formel einzusetzen.

$$U_{\text{Meßwert}} = U_{\text{Anzeige}} - I_{\text{Offset}} \cdot R_{\text{Quell}}$$

(Einfluß durch Temperatur und Luftfeuchte siehe Tabelle 24)

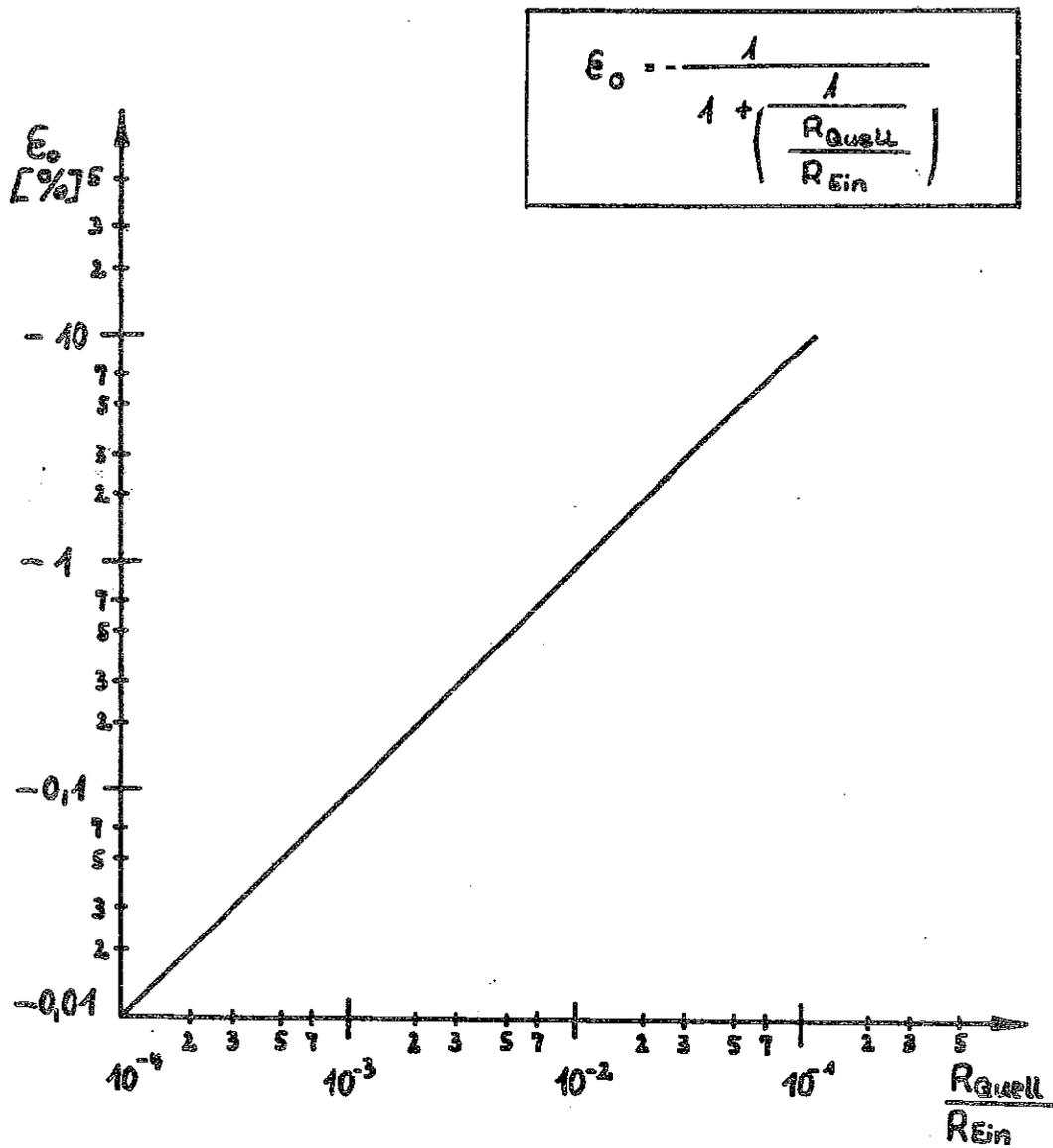


Bild 24: Zusätzlicher Meßfehler durch den Eingangswiderstand

Tabelle 24: Einfluß von Temperatur und Luftfeuchte auf den Eingangswiderstand und den Offsetstrom

Temperaturbereich	5°C...30°C	5°C...30°C	31°C...40°C
max. rel. Luftfeuchte	60 %	80 %	linear v. 80% auf 45% abfall. ^{K)}
Eingangswiderstand:			
20-mV - Meßbereich	> 1 GΩ	> 0,5 GΩ	> 0,1 GΩ
0,2-V - Meßbereich			
2- V - Meßbereich	> 2 GΩ	> 1 GΩ	> 0,5 GΩ
20- V - Meßbereich			
200-V - Meßbereich	10 MΩ	10 MΩ	10 MΩ
1- kV - Meßbereich			
Offsetstrom:			
20-mV - Meßbereich	< 500 pA	< 1,5 nA	< 2 nA
⋮			
20- V - Meßbereich			

K) Kurvenverlauf entsprechend Wasserdampfdruck 3333 Pa. Als informatorischer Richtwert kann im angegebenen Temperaturbereich mit einem linear abfallenden Verlauf gerechnet werden.

2.5.2.5. Meßfehler durch die Filtereinschwingzeit bei höheren Quellwiderständen

Bild 25 stellt die Abhängigkeit der Einschwingzeit mit Filter vom Quellwiderstand für einen Meßfehler von $\leq 0,01$ % v.M. dar. Diese Abhängigkeit ist bei der Verkettung zu berücksichtigen (siehe auch Pkt. 2.3.1.2.).

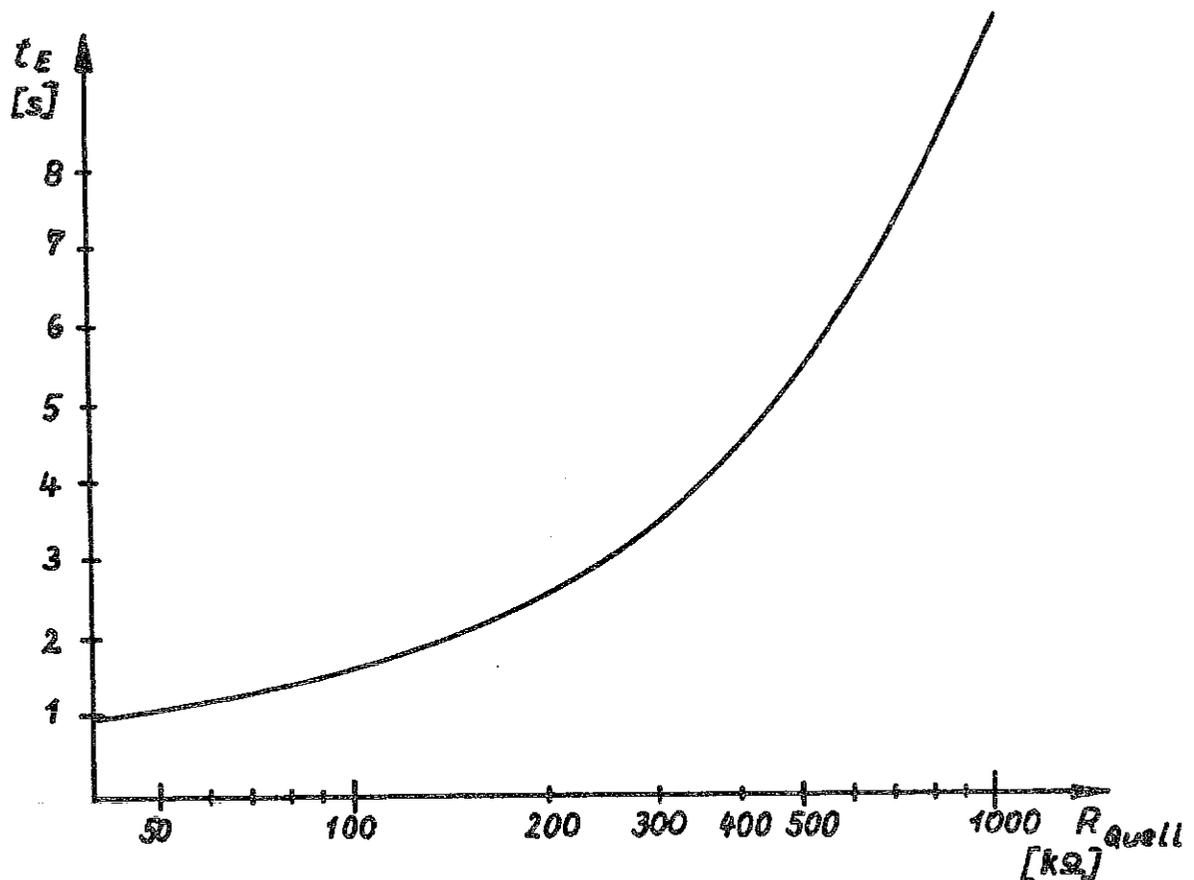


Bild 25: Einschwingzeit als Funktion des Quellwiderstandes

2.5.2.6. Meßwertkorrektur

Die in den Technischen Kennwerten angegebenen Meßfehler gelten nur für das kalibrierte Gerät. Da bei Anlagenbetrieb zumeist eine Korrektur der Kalibrierung nicht erfolgen kann, besteht die Möglichkeit für die Meßergebnisse auf Grund der in das Programm eingeblendeten Kalibrierungswerte den Temperaturkoeffizienten der Kalibrierung zu eliminieren.

Man erhält den korrigierten Meßwert, indem man zu dem angezeigten bzw. ausgedruckten Wert einen Korrekturwert addiert.

$$\text{korrigierter Meßwert (MW)} = \text{unkorrigierter Anzeigewert (AW)} + \text{Korrekturwert (K)}$$

Der Korrekturwert K wird durch die Nullpunktdrift $\Delta \nabla 00000$ bzw. $\Delta \nabla 20$ mV und die Drift des positiven und negativen Kalibrierungswertes bestimmt.

Die Nullpunktdrift ist ein konstanter Anteil. Die Abweichung der positiven und negativen Kalibrierungswerte geht in den Korrekturwert aussteuerungsabhängig ein.

Der Korrekturwert ergibt sich aus:

$$K = - (K_1 + K_2)$$

Es gilt:

- im 20-mV-Meßbereich $K_1 = \Delta \nabla 20 \text{ mV}$
- im 200-mV- bzw. 2-V-Meßbereich $K_1 = \Delta \nabla 00000$
- in den übrigen Meßbereichen ist K_1 vernachlässigbar.

Für alle Meßbereiche gilt:

$$K_2 = \frac{|\nabla \pm| - 19980}{2} \cdot 10^{-4} \cdot AW \quad [\text{digit}]$$

$|\nabla \pm|$ = Betrag der Kalibrierungswerte

AW = Anzeigewert in digit

Der Anzeigewert AW ist vorzeichenrichtig einzusetzen und der berechnete Korrekturwert K_2 ist auf ganze Zahlen zu runden.

Graphisch kann der Korrekturwert K_2 mit Hilfe der Kurvendarstellung in Bild 26 ermittelt werden. Es wird wie folgt verfahren:

- Ermittlung des Parameters P aus dem positiven Kalibrierungswert bei positivem Anzeigewert bzw. dem negativen Kalibrierungswert bei negativem Anzeigewert.
- Aus der Variantenkombination von P und AW ergibt sich, ob der gesuchte Korrekturwert K_2 in der oberen oder unteren Hälfte der Kurvendarstellung zu suchen ist.
- Der Korrekturwert K_2 ist vorzeichenrichtig mit Hilfe von P und AW abzulesen.

Beispiel: Es liegt der folgende Auszug eines Druckstreifens vor:

Tabelle 25

Meßstelle	Kalibrierungs- bzw. Meßwert
1	▼ 0 00002 V
2	▼ + 19988 V
3	▼ - 19984 V
4	+ 080,56 mV
5	- 121,19 mV
•	
•	
•	

Es sind die korrigierten Meßwerte für die Meßstellen 4 und 5 zu ermitteln.

Meßstelle 4: Zunächst wird K_2 berechnet

$$K_2 = \frac{|\nabla +| - 19980}{2} \cdot 10^{-4} \cdot AW$$

$$K_2 = \frac{19988 - 19980}{2} \cdot 10^{-4} \cdot 8,056 \cdot 10^3$$

$$K_2 \approx + 3$$

oder mit $P = |\nabla +| - 19980 = 19988 - 19980 = 8$
und $AW \approx + 8 \cdot 10^3$ aus Bild 26 entnommen

$$K_2 \approx + 3.$$

Der Korrekturwert wird mit $K_1 = \Delta \cdot \nabla 00000 = +2$

$$K = - (K_1 + K_2) = - (2 + 3) = - 5.$$

Der korrigierte Meßwert ist damit

$$M = AW + K = 8056 - 5 = 8051$$

Meßstelle 4: + 80,51 mV

Meßstelle 5: Berechnung von K_2

$$K_2 = \frac{|\nabla -| - 19980}{2} \cdot 10^{-4} \cdot AW$$

$$K_2 = \frac{19984 - 19980}{2} \cdot 10^{-4} \cdot (-12,119) \cdot 10^3$$

$$K_2 \approx - 2$$

oder mit $P = |\nabla -| - 19980 = 19984 - 19980 = 4$
und $AW \approx -12 \cdot 10^3$ aus Bild 26
 $K_2 \approx -2$

Der Korrekturwert wird mit $K_1 = \Delta \nabla 00000 = +2$
 $K = -(K_1 + K_2) = -(2 - 2) = 0$

Der korrigierte Meßwert ist der ausgedruckte Wert von $-121,19 \text{ mV}$,
da sich bei diesem Wert die Nullpunktdrift (K_1) und die Drift des
negativen Kalibrierungswertes (K_2) gerade kompensieren.

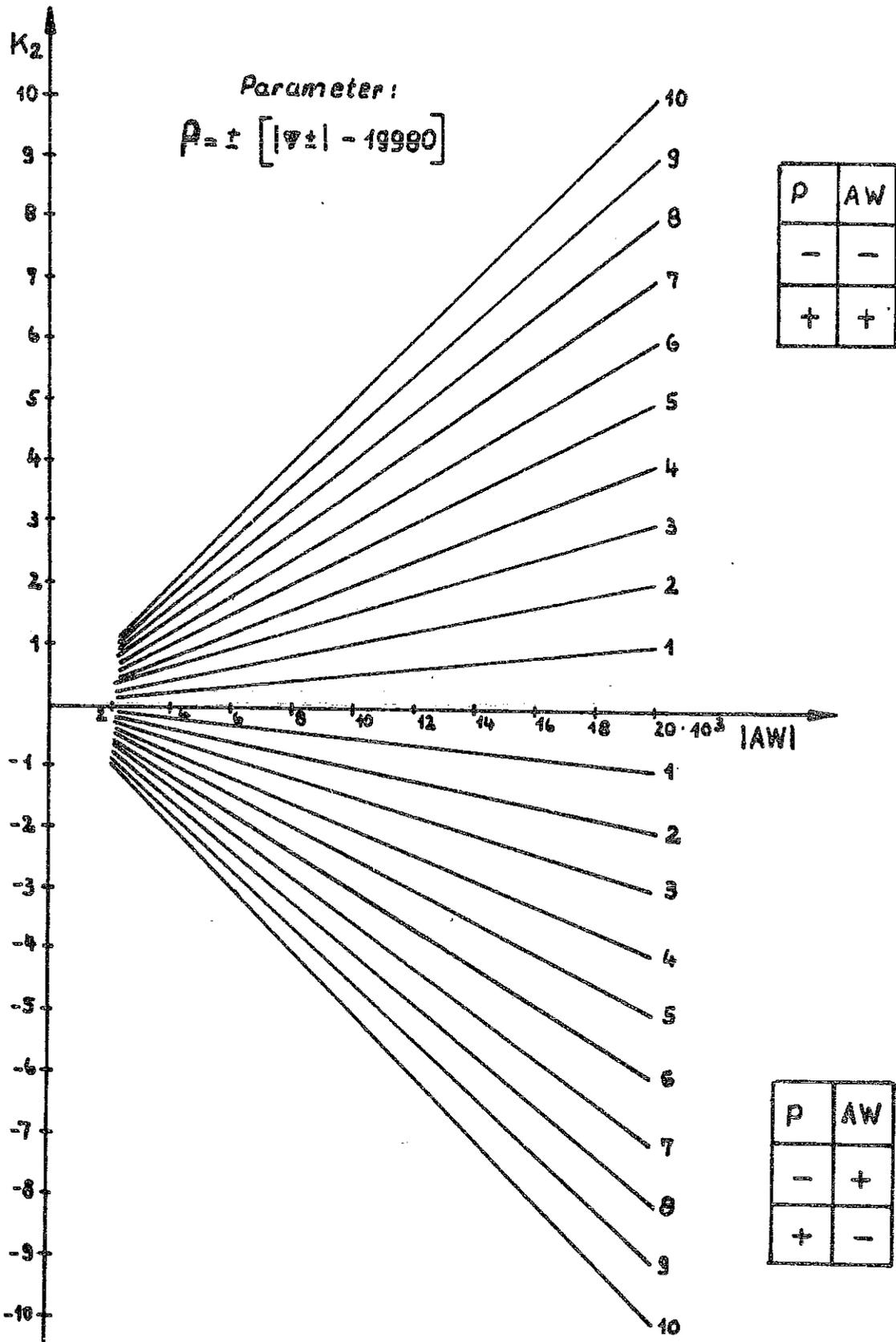


Bild 26: Diagramm zur Ermittlung des Korrekturwertes K_2

2.5.3. Systematische Meßfehler bei R-Messung

2.5.3.1. Meßfehler durch Zuleitungswiderstände

Im 2-kOhm-Meßbereich beträgt die Empfindlichkeit 1 digit pro 100 mOhm und im 20-kOhm-Meßbereich 1 digit pro 1 Ohm.

Durch längere Zuleitungen und bei Anlagenbetrieb mit dem Meßstellenumschaltersystem können die unvermeidbaren Durchgangswiderstände im Meßkreis das Meßergebnis verfälschen.

Zur Bestimmung des Leitungswiderstandes wird empfohlen, das Meßobjekt abzuklemmen, die Zuleitungen am Meßort kurzzuschließen und die Leitungswiderstände mit dem DC · AC · R-Digitalvoltmeter G-1212.010 bzw. G-1212.500 zu messen.

Der richtige Meßwert ergibt sich dann aus:

$$R_{\text{Meßwert}} = R_{\text{Anzeige}} - R_{\text{L}}$$

Bild 27 zeigt den zusätzlichen Meßfehler auf Grund der Zuleitungswiderstände als Funktion des Verhältnisses R_x/R_L . Es bedeuten:

\mathcal{E} = zusätzlicher Meßfehler durch die Zuleitungswiderstände

R_x = Widerstandswert des Meßobjektes

R_L = Summe der Zuleitungswiderstände

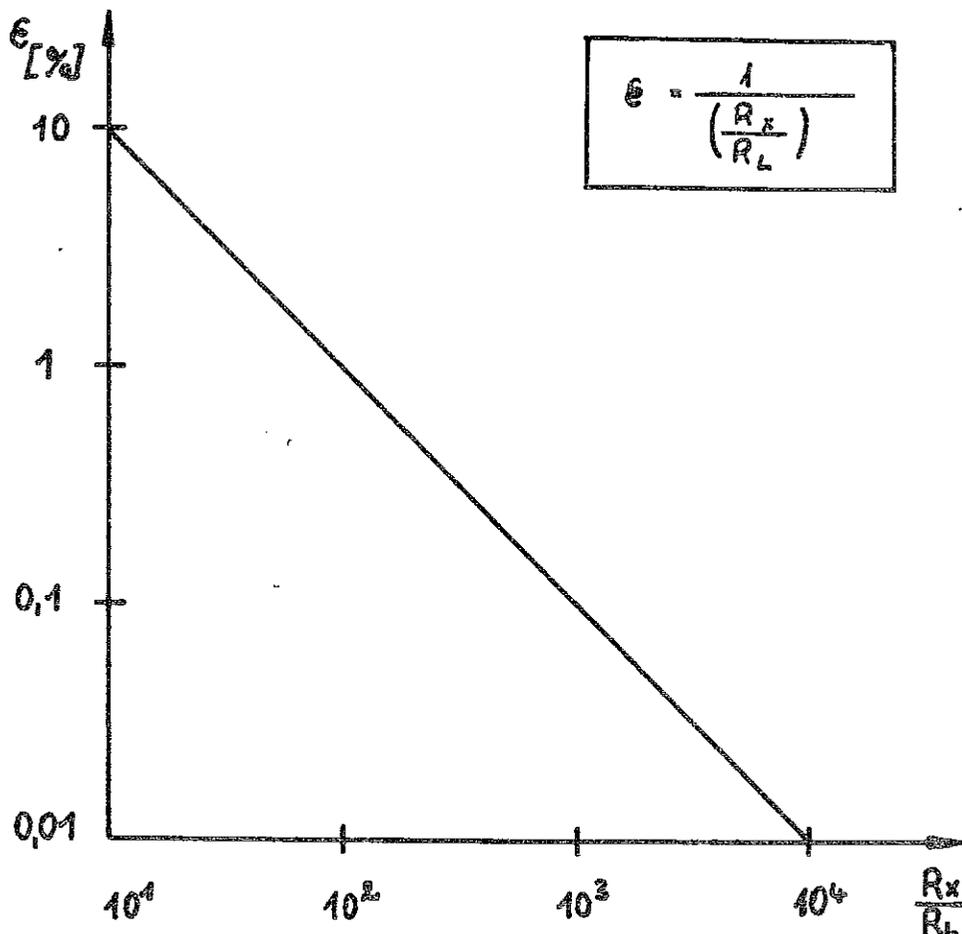


Bild 27: Zusätzlicher Meßfehler durch Zuleitungswiderstände

2.5.3.2. Meßfehler durch den Gleichtaktwiderstand zwischen LO/GD und Netzerde

Werden einseitig geerdete Widerstände gemessen oder werden Messungen an Widerstandsnetzwerken mit Erdverbindung (z.B. geerdete Brückenschaltung) durchgeführt, so ist stets LO mit dem Tiefpunkt des Meßobjektes zu verbinden. Im anderen Falle liegt der endliche Isolationswiderstand zwischen LO/GD und Netzerde dem Meßobjekt parallel und verfälscht besonders bei hochohmigen Widerständen das Meßergebnis.

Bild 28 zeigt die Wirkung des Gleichtaktwiderstandes.

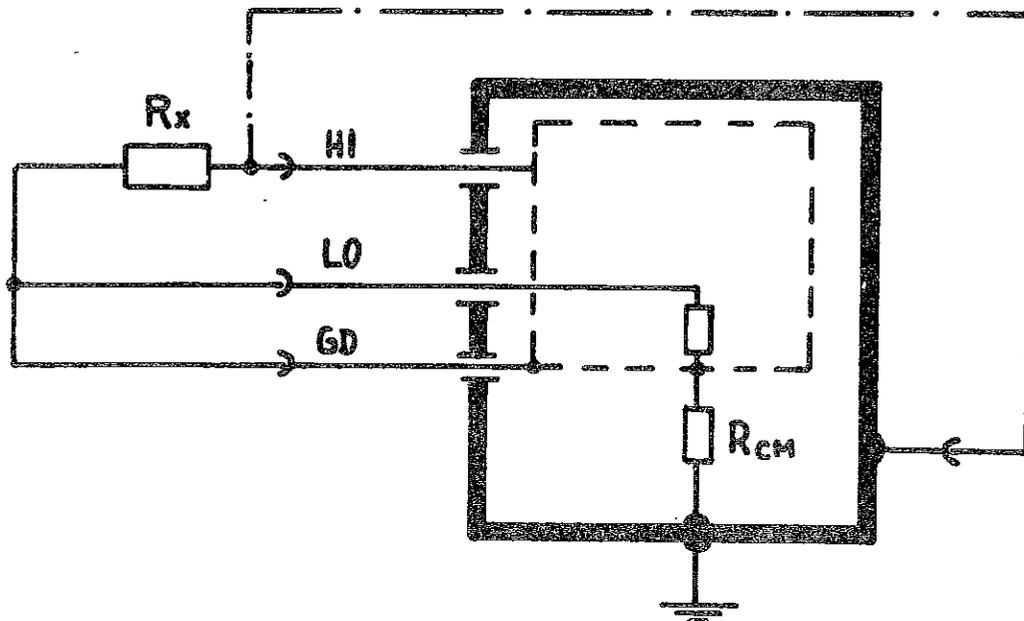


Bild 28: Gleichtaktwiderstand LO/GD - Netzerde

Den Gleichtaktwiderstand R_{CM} kann man bestimmen, indem für R_x ein Widerstand von $> 10 \text{ MOhm}$ im Meßbereich 20 MOhm gemessen und dabei die strich-punktierte Verbindung HI-Netzerde (z.B. Erdbuchse an der Rückwand des Gerätes) hergestellt wird.

Aus der Widerstandsänderung kann der Gleichtaktwiderstand nach folgender Formel berechnet werden:

$$R_{CM} = \frac{R_x^2}{\Delta R} - R_x$$

Es bedeuten:

R_{CM} = Gleichtaktwiderstand zwischen LO/GD und Netzerde

R_x = Widerstandswert des Meßobjektes

ΔR = Änderung des Meßwertes bei Herstellen der Verbindung HI-Netzerde

Tabelle 26: Einfluß von Temperatur und Luftfeuchte auf den Gleichtaktwiderstand

Temperaturbereich	5°C...30°C	5°C...30°C	31°C...40°C
max. rel. Luftfeuchte	60 %	80 %	linear v. 80% auf 45% abfall. x)
Gleichtaktwiderstand	> 2 GΩ	> 0,5 GΩ	> 0,5 GΩ

x) Kurvenverlauf entsprechend Wasserdampfdruck 3333 Pa. Als informatorischer Richtwert kann im angegebenen Temperaturbereich mit einem linear abfallenden Verlauf gerechnet werden.

2.5.3.3. Meßwertkorrektur

Die Eliminierung des Temperaturfehlers der Kalibrierung erfolgt in analoger Weise wie bei der DC-Messung.

Hier wird der Korrekturwert K nur durch die Drift des Vollausschlages zu dem positivem Kalibrierungswert bestimmt.

Der Korrekturwert ergibt sich als

$$K = - K_2$$

K_2 erhält man rechnerisch aus

$$K_2 = \frac{|\nabla+| - 19980}{2} \cdot 10^{-4} \cdot AW \quad [\text{digit}]$$

oder grafisch aus Bild 26 (Pkt. 2.5.2.6.)

für $P = + (|\nabla+| - 19980)$ und $AW = \text{positiv}$

Beispiel: Es liegt der folgende Auszug eines Druckstreifens vor

Meßstelle	Kalibrierungs- bzw. Meßwert
•	
•	
•	
10	$\nabla+ 19972 \text{ V}$
11	10,016 kOhm
•	
•	
•	

Es ist der korrigierte Meßwert für Meßstelle 11 zu ermitteln.

Für K_2 erhält man

$$K_2 = \frac{19972 - 19980}{2} \cdot 10^{-4} - 1,0016 \cdot 10^4$$

$$K_2 \approx -4$$

oder mit $P = |\nabla+| - 19980 = 19972 - 19980 = -8$
 und $AW \approx 10^4$ aus Bild 26 (Pkt. 2.5.2.6.)

$$K_2 \approx -4.$$

Der Korrekturwert wird

$$K = - (-4) = 4.$$

Der korrigierte Meßwert beträgt damit

$$M = AW + K = 10016 + 4 = 10020$$

Meßstelle 11: 10.020 kOhm

2.5.4. Systematische Meßfehler bei AC-Messung

2.5.4.1. Meßfehler durch Störspannungen

2.5.4.1.1. Serientaktfehler

Treten bei der Wechselspannungsmessung Überlagerungen mit Störwechselspannungen auf, so wird in jedem Falle das Meßergebnis verfälscht, weil durch den AC/DC-Umsetzer die Summe aller Eingangswchselspannungen in eine Gleichspannung umgesetzt wird. Abhilfe schafft hierbei nur eine sorgfältige Schirmung des Meßaufbaues und der Zuleitungen zum Gerät. Durch Zuschalten des Filters werden keine Serienstörungen gedämpft (siehe auch Pkt. 2.4.2.4.).

2.5.4.1.2. Gleichtaktfehler

Für die Gleichtaktfehler bei AC-Messung gilt grundsätzlich dasselbe wie für die DC-Messung unter Pkt. 2.5.2.2.2.

Bei der AC-Messung wirken sich jedoch nur Wechselanteile der Gleichtaktspannung aus, wobei zu beachten ist, daß die Gleichtaktunterdrückung durch die komplexen Isolationswiderstände nach höheren Frequenzen hin abnimmt.

2.5.4.1.3. Meßfehler durch den Eingangswiderstand

Auch bei der AC-Messung belastet der Eingangswiderstand ($1 \text{ M}\Omega // 50 \text{ pF}$) das Meßobjekt und ergibt in Abhängigkeit vom Quellwiderstand einen negativen Zusatzfehler, der außerdem durch die Eingangskapazität noch frequenzabhängig ist. Bei längeren abgeschirmten Eingangsleitungen (Schirm an LO oder GD) erhöht sich weiterhin die Eingangskapazität und damit auch der Zusatzfehler.

Der auftretende Meßfehler ergibt sich als Summe eines frequenzunabhängigen und eines frequenzabhängigen Anteils.

Der frequenzunabhängige Anteil ist der Meßfehler, der bei einer Frequenz $f = 0$ auftritt (siehe Pkt. 2.5.2.3.)

$$\epsilon = \epsilon_0 + \epsilon_{AC}$$

Es bedeuten:

- ϵ = zusätzlicher Meßfehler durch den komplexen Eingangswiderstand
- ϵ_0 = zusätzlicher Meßfehler durch den reellen Anteil des komplexen Eingangswiderstandes ($\hat{=}$ DC-Messung Pkt. 2.5.2.3.)
- ϵ_{AC} = zusätzlicher Meßfehler durch den kapazitiven Anteil des komplexen Eingangswiderstandes
- C_{Ein} = Eingangskapazität des Gerätes (max. 50 pF)
- C_L = Leitungskapazität (HI-LO/GD)
- $f_{Meßspg.}$ = Frequenz der Meßspannung

Der frequenzabhängige Fehleranteil ergibt sich aus der Formel

$$\epsilon_{AC} = - \frac{1}{1 + \frac{R_{Quell}}{R_{Ein}}} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + x^2}} \right)$$

mit

$$x = \frac{f_{Meßspg.}/\text{kHz}}{3,18 \text{ kHz}} \cdot \left(1 + \frac{C_L}{C_{Ein}} \right) \cdot |\epsilon_0|$$

Bild 29 zeigt die Funktion $\epsilon_{AC} = f(x)$ im praktisch interessierenden Bereich, wobei für C_{Ein} der Maximalwert von 50 pF angesetzt wurde.

Beispiele zur Fehlerberechnung:

1. Beispiel

Eine Messung wird unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

$$R_{Quell} = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C_L \rightarrow 0$$

$$f_{Meßspg.} = 1 \text{ kHz}$$

Aus Bild 24 Pkt. 2.5.2.3. entnimmt man für

$$\frac{R_{\text{Quell}}}{R_{\text{Ein}}} = \frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ M}\Omega} = 10^{-3} \quad ; \quad \epsilon_0 = -0,1 \%$$

für die Variable x erhält man

$$x = \frac{f_{\text{Meßspg.}}/\text{kHz}}{3,18 \text{ kHz}} \cdot |\epsilon_0| = \frac{1 \text{ kHz}}{3,18 \text{ kHz}} \cdot 10^{-3} = 3,14 \cdot 10^{-4}$$

und aus Bild 29 für $x = 3,14 \cdot 10^{-4}$

$$\epsilon_{\text{AC}} \approx 0 \%$$

Damit ergibt sich ein Fehler von

$$\epsilon = \epsilon_0 + \epsilon_{\text{AC}} = -0,1 \% - 0 = \underline{\underline{-0,1 \%}}$$

2. Beispiel

Unter sonst gleichen Bedingungen wie im Beispiel 1 wird eine Messung bei einer Frequenz der Meßspannung $f_{\text{Meßspg.}} = 100 \text{ kHz}$ durchgeführt.

Man erhält für

$$x = \frac{f_{\text{Meßspg.}}/\text{kHz}}{3,18 \text{ kHz}} \cdot |\epsilon_0| = \frac{100 \text{ kHz}}{3,18 \text{ kHz}} \cdot 10^{-3} = 3,14 \cdot 10^{-2}$$

und damit aus Bild 29

$$\epsilon_{\text{AC}} = -0,048 \%$$

Damit ergibt sich ein Fehler von

$$\epsilon = \epsilon_0 + \epsilon_{\text{AC}} = -0,1 \% - 0,048 \% = \underline{\underline{-0,148 \%}}$$

3. Beispiel

Es wird für den gleichen Quellwiderstand wie in den vorherigen Beispielen bei 100 kHz, jedoch mit einer Leitungskapazität $C_L = 200 \text{ pF}$ eine Messung durchgeführt.

Für x erhält man:

$$x = \frac{f_{\text{Meßspg.}}/\text{kHz}}{3,18 \text{ kHz}} \cdot \left(1 + \frac{C_L}{C_{\text{Ein}}} \right) \cdot |\varepsilon_0| = \frac{100 \text{ kHz}}{3,18 \text{ kHz}} \cdot \left(1 + \frac{200 \text{ pF}}{50 \text{ pF}} \right) \cdot 10^{-3}$$

$$x = 1,572 \cdot 10^{-1}$$

und damit aus Bild 29

$$\varepsilon_{\text{AC}} = -1,15 \%$$

Damit beträgt der Fehler

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_{\text{AC}} = -0,1 \% - 1,15 \% = \underline{\underline{-1,25 \%}}$$

Umgekehrt kann für einen vorgegebenen frequenzabhängigen Zusatzfehler bei einem gegebenen Quellwiderstand die maximal zulässige Leitungskapazität ermittelt werden.

4. Beispiel

Bei einem Quellwiderstand von $1 \text{ k}\Omega$ und einer Frequenz der Meßspannung von 50 kHz soll der zusätzliche frequenzabhängige Fehler $\varepsilon_{\text{AC}} \leq 0,2 \%$ sein. Welche Leitungskapazität darf nicht überschritten werden?

Für ε_0 erhält man aus Bild 24 wieder $-0,1 \%$.

Aus Bild 29 wird für $\varepsilon_{\text{AC}} = -0,2 \%$ ein $x = 6,4 \cdot 10^{-2}$ entnommen. Die zulässige Leitungskapazität zwischen HI-LO/GD ergibt sich als

$$C_L = \left[\left(\frac{x}{|\varepsilon_0|} \cdot \frac{3,18 \text{ kHz}}{f_{\text{Meßspg.}}/\text{kHz}} \right) - 1 \right] \cdot C_{\text{Ein}}$$

$$C_L = \left[\left(\frac{6,4 \cdot 10^{-2}}{10^{-3}} \cdot \frac{3,18 \text{ kHz}}{50 \text{ kHz}} \right) - 1 \right] \cdot 50 \text{ pF}$$

$$C_L \leq \underline{\underline{153 \text{ pF}}}$$

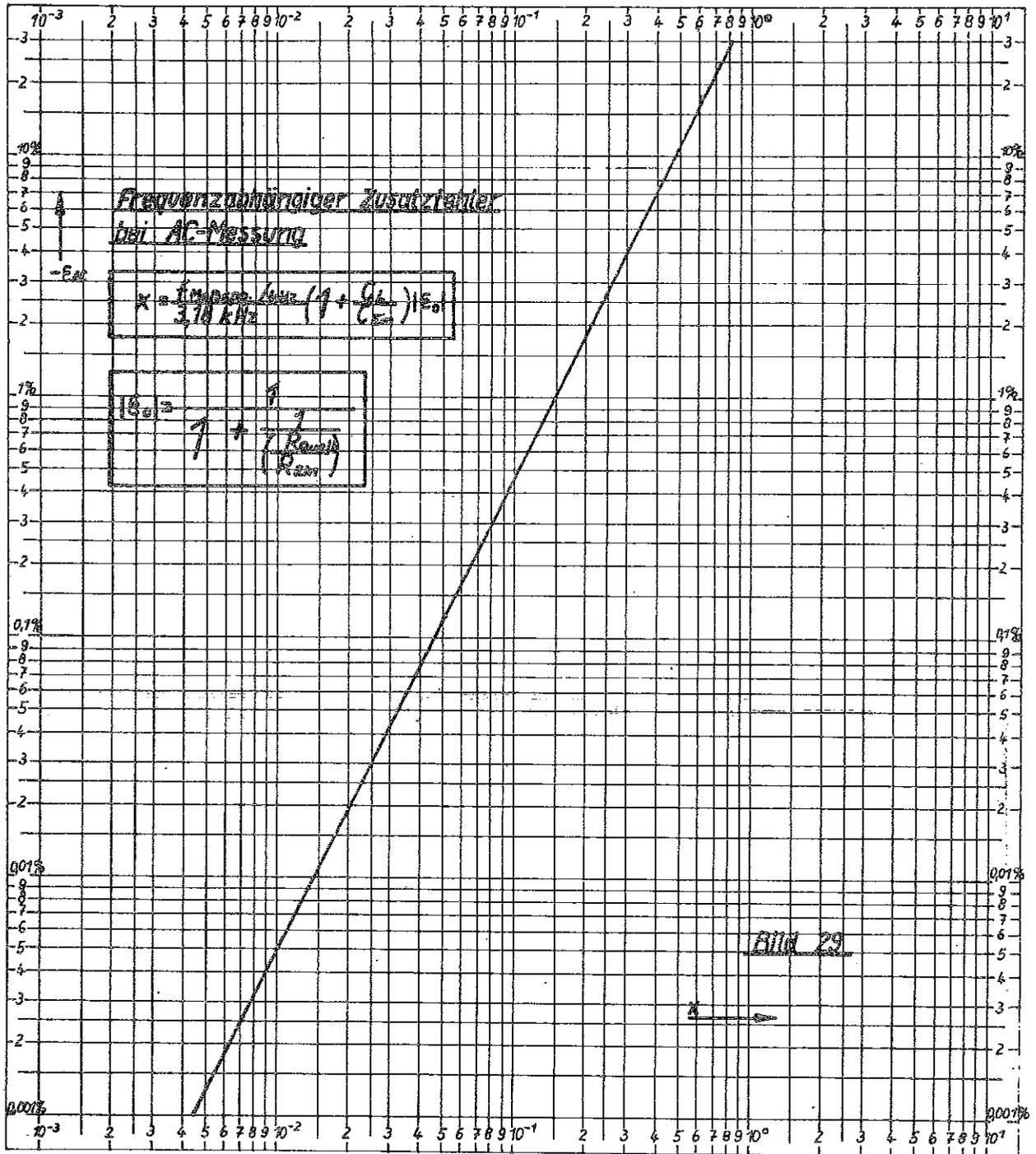


Bild 29

2.5.4.3. Meßwertkorrektur

Der Temperaturfehler der Kalibrierung wird bei AC-Messung von der Drift des negativen Kalibrierungswertes und von der Nullpunktdrift $\Delta \nabla AC$ bestimmt.

Der Fehler durch die Drift des negativen Kalibrierungswertes wird bei der R-Messung unter Pkt. 2.5.3.3. eliminiert.

Der Anteil durch die Nullpunktdrift $\Delta \nabla AC$ kann nicht eliminiert werden, da diese vorzeichenbehaftete Größe ohne + -Vorzeichen angezeigt bzw. ausgegeben wird. Sie ist auch im allgemeinen gegenüber dem Temperaturkoeffizienten im kalibrierten Zustand vernachlässigbar.

3. Reparaturhinweise

Die Funktionseinheiten der 3. Generation des Erzeugnissystems "Digitale Messung und Meßwertausgabe-Grundgeräte," Sortiment 1 ESDM 31 sind insgesamt außerordentlich komplizierte, elektronische Erzeugnisse, zu deren Reparatur im allgemeinen

- ein umfangreicher Meßmittelpark
- die detaillierte Kundendienstdokumentation
- ein versiertes und vom veb mikroelektronik "karl marx" erfurt geschultes Reparaturpersonal
- und gegebenenfalls Hilfsvorrichtungen und Hilfseinrichtungen notwendig sind.

Bei folgenden Fehlererscheinungen kann die Reparatur durch den Anwender jedoch ohne die vorher angegebenen Voraussetzungen selbst vorgenommen werden.

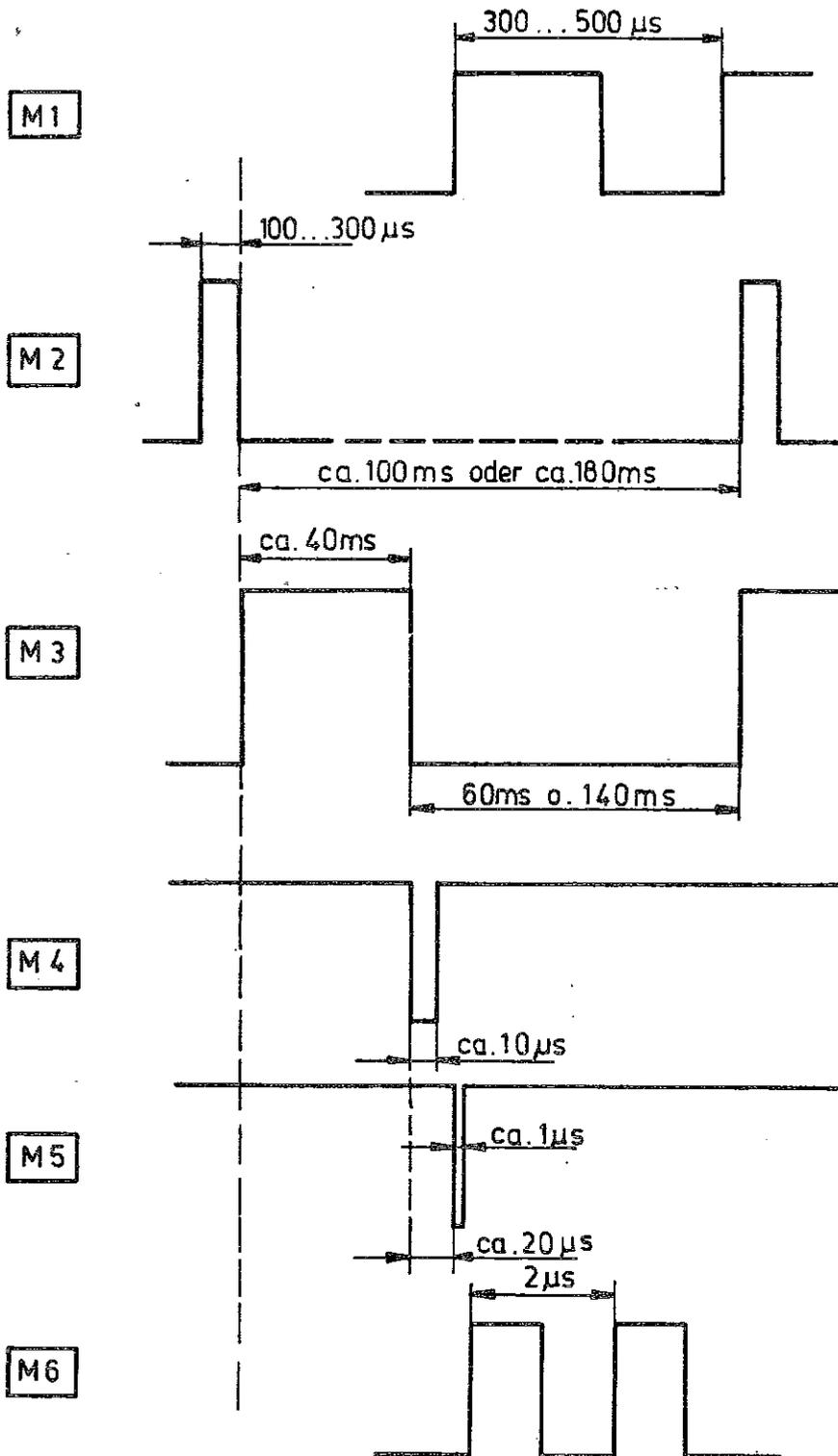
Achtung! Sämtliche Eingriffe in das Erzeugnis dürfen nur bei gezogenem Netzstecker vorgenommen werden.

FehlererscheinungBeseitigung

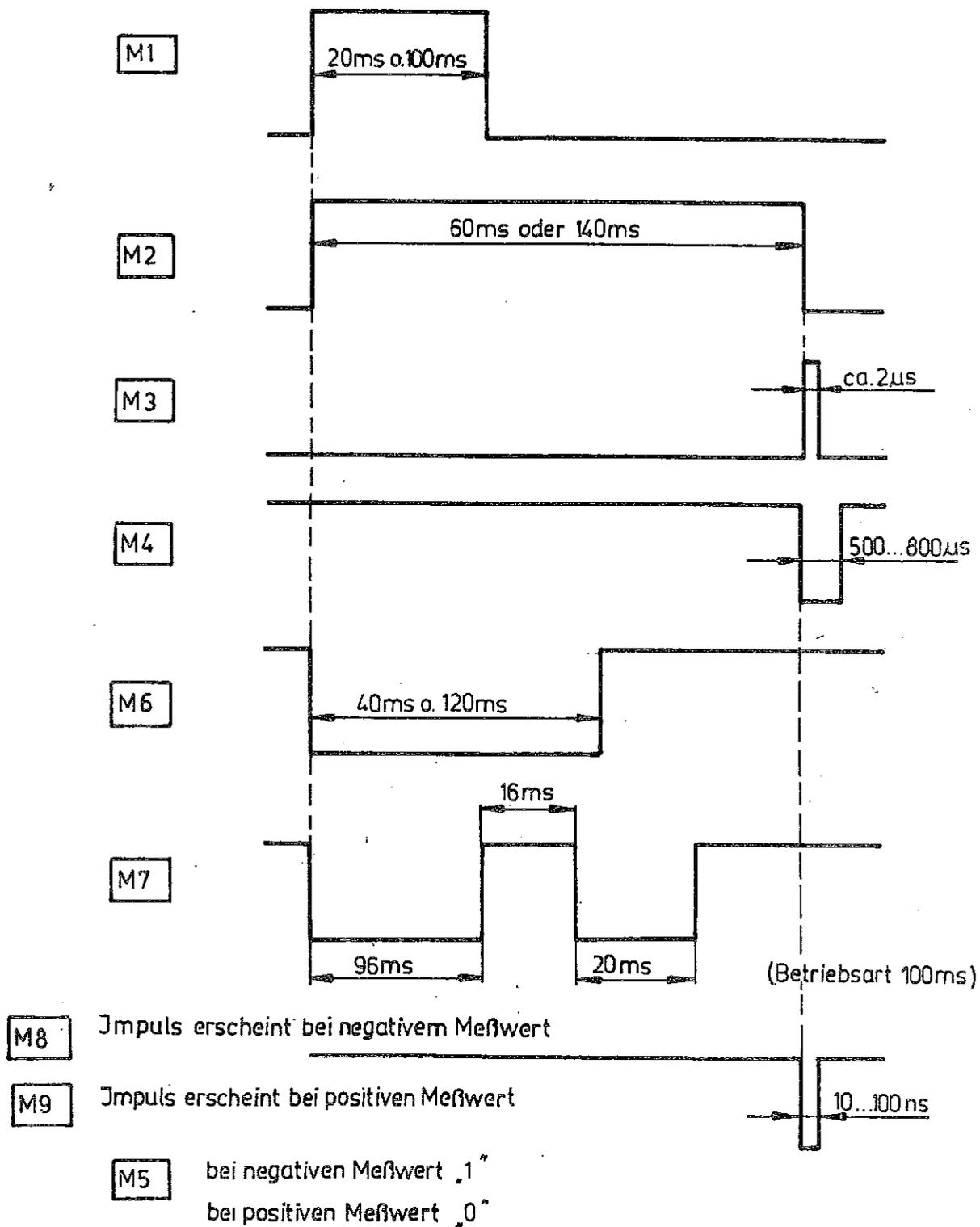
- | | |
|---|--|
| 1. Meßwertanzeige dunkel | Kontrolle der Schmelzeinsätze 211, 212 und 214 |
| 2. Meßwertanzeige diffus | Kontrolle des Schmelzeinsatzes 213 |
| 3. Zeichen ▼ leuchtet nicht | Wechseln der Lampe 283 im Anzeigefeld |
| 4. Relaisschalten ist bei Meßbereichswechsel nicht hörbar | Kontrolle des Schmelzeinsatzes 215 |

Lassen sich aufgetretene Fehler durch diese Maßnahmen nicht beseitigen, so ist das Erzeugnis unbedingt der zuständigen Service-Werkstatt zur Behebung des bzw. der Fehler zuzustellen.

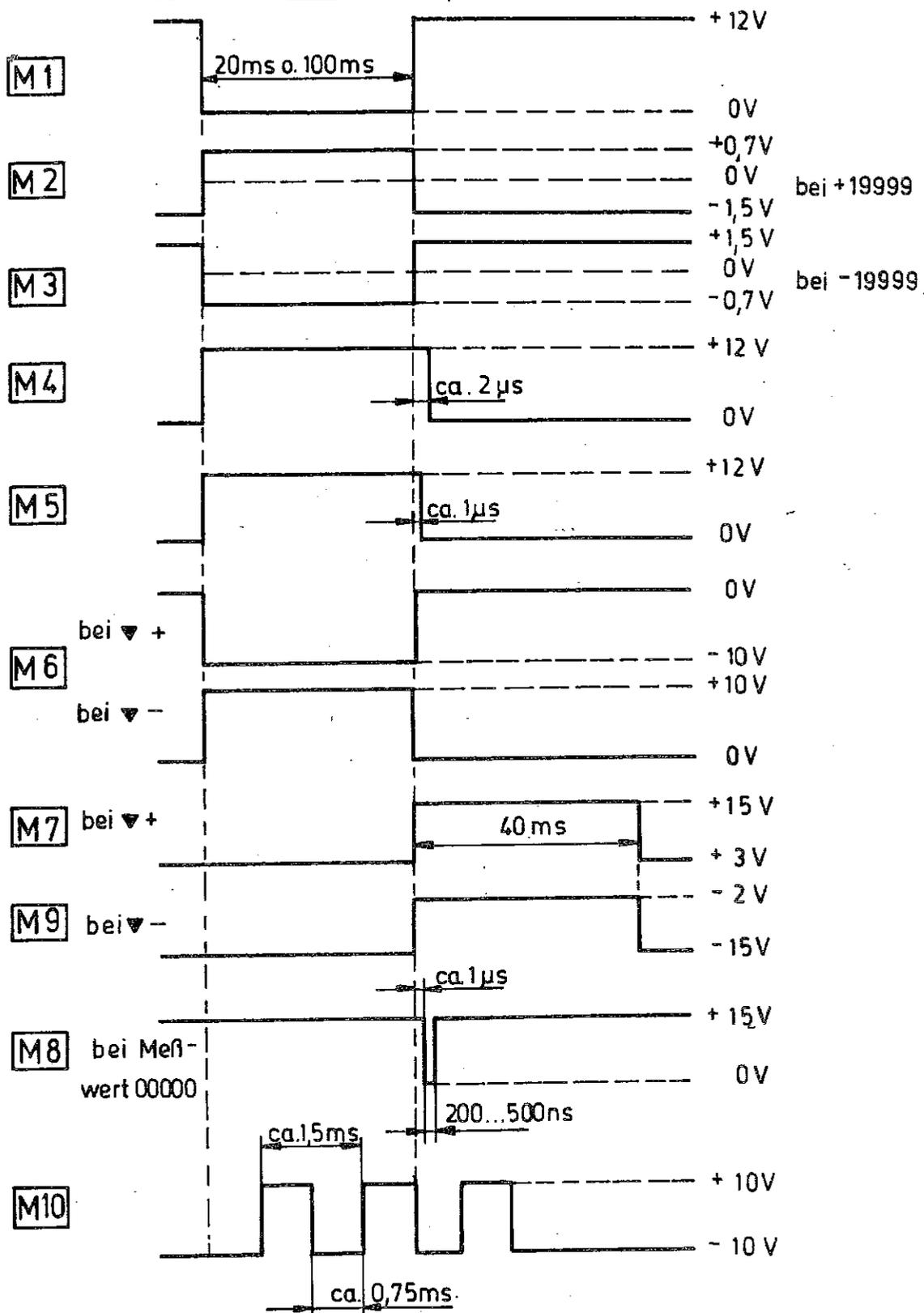
(Triggerpunkt **M2** / 232 , Meßwert = 19999)



Stromlaufplan 232 - Generatoren



(Triggerpunkt **M1** / 243 , Meßwert = 19999)



Stromlaufplan 243 - Analoge Logik

Meßpunkte 246 Rückführteiler 1

M1	Meßspannung 300 V:	ca. 0,3 V
M2	Meßspannung 100 V:	ca. 1 V
M4	Meßspannung 100 mV:	im 200-mV-Meßbereich ca. 5 V im 2- V-Meßbereich ca. 0,5 V im 20- V-Meßbereich ca. 0,1 V
	Meßspannung 100 V:	im 200- V-Meßbereich ca. 5 V im 1-kV-Meßbereich ca. 0,5 V
	Kalibrieren:	▼-00000 ca. 0 V ▼+19980 ca. -10 V ▼-19980 ca. +10 V
M5	Meßspannung 10 V:	im 20- V-Meßbereich ca. 5 V
M3	Meßspannung 10 mV:	im 20-mV-Meßbereich ca. 1 V

Symbol	Bezeichnung			
(AC)	Meßart AC			(S)
(AC ^x)	Meßart AC, getort			(S)
(AC 2 V)	Relaisansteuerung	2- V-Meßbereich	AC	(S)
(AC 20 V)	"	20- V-"	AC	(S)
(AC 200 V)	"	200- V-"	AC	(S)
(AC 0,7 kV)	"	0,7-kV-"	AC	(S)
(\overline{AS})	Abfragesignal für Automatik			
(Au)	Betriebsart Automatik			
(BO)	Befehlssignal (BO)			
(B1)	" (B1)			
(B2)	" (B2)			
(BS ^x)	Bereichsetzen			
(BSI)	Bereichsschaltungsimpuls			
(DC)	Meßart DC			(S)
(DC ^x)	Meßart DC, getort			(S)
(DC 20 mVE)	Relaisansteuerung	20-mV-Meßbereich	DC Eingang	(S)
(DC 20 mVV)	"	20-mV-"	DC Verstärkeran-	(S)
			schaltung	
(DC 200 mV)	"	200-mV-"	DC	(S)
(DC 2 V)	"	2- V-"	DC	(S)
(DC 20 V)	"	20- V-"	DC	(S)
(DC 200 V)	"	200- V-"	DC	(S)
(DC 1 kV)	"	1-kV-"	DC	(S)
(EM)	Ende der Messung			
(ET)	Eingangstoransteuerung digitalseitig			
(ETA)	Eingangstoransteuerung analogseitig			
(E-Tor)	Eingangsspannungstor			
(H)	Signal "Höher" für Meßbereichsumschaltung			
(H ^x)	" " " " " " , getort			
(I-A)	Integratorausgang			
(I1/1)...	Meßwertinformation	Stelle 10 ⁰		
(I1/4)	"	"		
(I1/5)...	"	10 ¹		
(I1/8)	"	"		
(I1/9)...	"	10 ²		
(I1/12)	"	"		
(I1/13)...	"	10 ³		
(I1/16)	"	"		

Symbol	Bezeichnung	
(I2/9)...(I2/22)	Information über Kalibrieren	
(I2/13), (I2/14)	" " Vorzeichen	
(I2/17)...(I2/19)	" " Dezimalpunktlage (Komma)	
(I2/21)...(I2/24)	" " Multiplikationsfaktor	
(I2/25), (I2/26)	" " Maßeinheit	
(IZ)	Integrationszeit	
(k)	Multiplikationsfaktor "k"	(S)
(KA 3)	Kommasansteuerung 199, 99	(S)
(KA 4)	" " 19, 999	(S)
(KA 5)	" " 1, 9999	(S)
(KS 3)	Signal für Kommaspeicher 199, 99	(S)
(KS 4)	" " " 19, 999	(S)
(KS 5)	" " " 1, 9999	(S)
(La ▽)	Aussteuerung Lampe Kalibrieren	(S)
(M1)	Meldesignal (M 1)	(S)
(M2)	Meldesignal (M 2)	
(M)	Multiplikationsfaktor "M"	(S)
(m)	" " "m"	(S)
(MES/25)	Signal Maßeinheitenspeicher für I2/25	(S)
(MES/26)	" " " I2/26	(S)
(NDA)	Nulldetektorausgang	
(NDE)	Nulldetektoreingang	
(NM)	Neue Messung bei Automatik	
(OB)	oberster Bereich eingeschaltet	(S)
(OG)	oberer Grenzwert 19999	
(P1/1)	Fernsteuereingang Meßart DC	(S)
(P1/3)	" " AC	
(P1/4)	" " R	(S)
(P1/10)	" Kalibrieren 20 mV	(S)
(P1/11)	" " Nullpunkt	(S)
(P1/12)	" " positive Polarität	(S)
(P1/13)	" " negative Polarität	(S)
(P1/14)	" " AC	(S)
(P1/19)	" Filter	(S)
(P1/20)	" 100 ms	(S)

Symbol	Bezeichnung	
(P1/21)...(P1/24)	Fernsteuereingänge	Meßbereiche (S)
(PO)	Polarität	
(\overline{PU})	Polaritätsumkehr	(S)
(R)	Meßart R	(S)
(R ^x)	Meßart R, getort	(S)
(RA ∇ 0)	Relaisansteuerung	Kalibrieren Nullpunkt (S)
(RA ∇ +)	"	" positive Polarität (S)
(RA ∇ -)	"	" negative Polarität (S)
(RA ∇ 20 mV)	"	" 20-mV-Meßbereich (S)
(RA ∇ AC)	"	" AC (S)
(RA 100 ms)	"	Betriebsart 100 ms (S)
(RA AC)	"	Meßart AC (S)
(RA F1 AC)	"	Filter AC (S)
(RA F1 DC)	"	Filter DC (S)
(RA NB)	"	niederohmige Beschaltung d. 10- μ V-Verstärkers (S)
(RA R 2)	"	Meßart R (2polige Messung) (S)
(RE 1)	Betriebsart Fernsteuerung	(S)
(RE 2)	Sperre für Betriebsarten bei Fernsteuerung	(S)
(RE 3)	Fernsteuerung der Meßbereiche	(S)
(RI)	Rückstellimpuls	
(\overline{Ri})	Richtige Messung bei Automatik	
(Rs 100 ms)	Ausgangssignal 3:1 Teiler	
(RTA)	Referenztoransteuerung	
(RT +)	Referenztoransteuerung positive Polarität	
(RT -)	Referenztoransteuerung negative Polarität	
(S12)	obere Meßbereichsgrenze	19999
(SO)	Nullstopimpuls	
(S +)	Steppimpuls positive Polarität	"analogseitig"
(S -)	" negative "	" "
(SI)	Startimpuls	
(ST +)	Ausgang Schmitt-Trigger positive Polarität	
(ST -)	" " "	negative "

Symbol	Bezeichnung	
(Stop +)	Stoppimpuls positive Polarität "digitalseitig"	
(Stop -)	" negative "	
(T)	Signal "Tiefer" für Meßbereichsumschaltung	
(T ^x)	" " " " , getort	
(T ▼ 0)	Tastensignal für Kalibrieren Nullpunkt	(S)
(T ▼ +)	" " " positive Polarität	(S)
(T ▼ -)	" " " negative "	(S)
(T ▼ 20 mV)	" " " 20-mV-Meßbereich	(S)
(T ▼ AC)	" " " AC	(S)
(T 100 ms)	" " Betriebsart 100 ms	(S)
(T AC)	" " Meßart AC	(S)
(T DC)	" " " DC	(S)
(TFi)	" " Filter	(S)
(TM)	Torung Meßbereiche	(S)
(TR)	Tastensignal für Meßart R	(S)
(U-AUF)	Aufintegrationsspannung	
(U-AB)	Abintegrationsspannung	
(UB)	unterster Bereich eingeschaltet	(S)
(UG)	unterer Grenzwert 01990	
(UI)	Umspeicherimpuls	
(U-REF)	Referenzspannung	
(Ü)	Meßwertsignal 10 000	
(VAAC)	Vorzeichenabschaltung AC	(S)
(VAC-A)	Ausgang AC-Bereichsverstärker	
(V 1-A)	Ausgang 1-µV-Verstärker	
(V 10-A)	Ausgang 10-µV-Verstärker	
(X 3)	Meßbereichskennung Kodeziffer 3	(S)
(X 4)	" " " 4	(S)
(X 5)	" " " 5	(S)
(X 6)	" " " 6	(S)
(X 7)	" " " 7	(S)
(X 8)	" " " 8	(S)
(X 9)	" " " 9	(S)
(ZA)	Zählerausgang	
(ZE)	Zählereingang	
(10:1 T AC)	Ausgang 10:1-Teiler für AC	
(100 ms)	Sperre für Zählerausgang bei 100 ms	

Symbol	Bezeichnung		
$2^0/1$	Zählerausgang 2^0	der Stelle	10^0
$2^3/1$	"	2^3 " "	10^0
$2^0/2$	"	2^0 " "	10^1
$2^3/2$	"	2^3 " "	10^1
($\nabla 0$)	Signal Kalibrieren	Nullpunkt	(S)
($\nabla +$)	"	positive Polarität	(S)
($\nabla -$)	"	negative Polarität	(S)
($\nabla 20$ mV)	"	20 mV-Meßbereich	(S)
(∇ AC)	"	AC	(S)
(∇)	"	Vorsatz	(S)
(∇^x)	"	Kalibrieren	(S)
(500 kHz)	Zählereingangsfrequenz		
(2k Ω)	Relaisansteuerung	2-kOhm-Meßbereich	(S)
(20 k Ω)	"	20-kOhm-Meßbereich	(S)
(200k Ω)	"	200-kOhm-Meßbereich	(S)
(2 M Ω)	"	2-MOhm-Meßbereich	(S)
(20 M Ω)	"	20-MOhm-Meßbereich	(S)

(S) = Signal wirkt statisch (keine Änderung, wenn die Meldesignale (M1) und (M2) den Ablauf der Messungen signalisieren).

(...) = Signal ergibt Wirkung beim Übergang von "0" auf "1" bzw. für statisch wirkende Signale bei "1".

(...) = Signal ergibt Wirkung beim Übergang von "1" auf "0" bzw. für statisch wirkende Signale bei "0".