

5. Vorbereitung für die Inbetriebnahme

5.1. Batteriebetrieb

Die zwei Rändelschrauben an der Geräterückwand lösen, Rückwand und Plasteeinsatz entfernen. Den Batterie-Anschlagwinkel von Hand nach innen drehen (vgl. Aufdruck in Batteriewanne; kein Lösen der Befestigungsschraube!). 5 Monozellen R 20 oder 5 NK-Sammler 1,2 V; 3 Ah entsprechend dem Symbolaufdruck mit dem positiven Pol zur vollen Kontaktfeder einsetzen (siehe Bild 4). Plasteeinsatz so einlegen, daß im Fenster der Geräterückwand die Beschriftung "5 V bis 7,5 V" erscheint. Die Geräterückwand wieder befestigen.

5.2. Netzbetrieb

Batterieanschlagwinkel von Hand nach außen drehen und das Netzgerät ZE 321 in die Batteriewanne einsetzen. Die Kontaktierung erfolgt über die beiden Büschel-Stecker. Den Plasteeinsatz so mit der Geräterückwand verbinden, daß das Fenster offen bleibt. Die Netzanschlußleitung durch das Fenster hindurchstecken und die Rückwand wieder befestigen.

5.3. Anschluß des Mikrofons

Das Mikrofon ist über das mitgelieferte Kabel ZL 148 mit der 5poligen Eingangsbuchse \rightarrow am Präzisions-Impulsschallpegelmesser OO 017 zu verbinden. Bei dem Meßmikrofonverstärker Typ MV 101 (mit Röhre bestückt) muß der Schalter HEIZUNG auf | gestellt werden. Bei den Meßmikrofonverstärkern Typ MV 102¹⁾ und MV 201 (mit Feldeffekt-Transistor bestückt) steht der Schalter HEIZUNG auf \bigcirc . Er wird nur dann auf | geschaltet, wenn zur Vermeidung von Kondensation bei Temperaturwechsel oder bei Messungen in feuchter Atmosphäre eine Mikrofonheizung erforderlich ist. Die zum Lieferumfang gehörende Meßmikrofonkapsel MK 102 darf nur bei einer relativen Luftfeuchte $\leq 80\%$ und einer Temperatur $\leq 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ gelagert werden. Messungen bei einer relativen Luftfeuchte $\geq 80\%$

1) zum Lieferumfang gehörend

sind möglich, wenn 30 min zuvor die Mikrofonheizung eingeschaltet wird. Je nach Meßaufgabe kann das Mikrofon in der Hand gehalten oder an einem Stativ befestigt werden.

6. Betriebsanweisung

6.1. Funktionszweck der Bedienungselemente und Signal-einrichtungen

Schalter "Frequenzbewertung" besitzt die Stellungen LIN (unbewertet), A-, B-, C-, D-bewertet, OKT FILTER für Messungen mit internem Oktavfilter und EXT FILTER für Messungen mit externen Filtern.

Schalter BEREICH 1 und
BEREICH 2

dienen zum Einstellen des Gesamtmeßbereiches von 120 dB, in Stufen von jeweils 10 dB, oder von 10 μ V bis 10 V für Spannungsmessungen.

Einstellscheibe
"Anzeigebereich"

dient zur Änderung der Meßbereichslage zwischen den Grenzen 10 und 180 dB je nach angeschlossenen Mikrofontyp. Der eingestellte Anzeigebereich wird im Fenster zwischen den Bereichsschaltern abgelesen. Die schwarzen Ziffern beziehen sich auf die dB-Skala und die blauen Ziffern auf die V-Skalen.

Schalter
"Zeitbewertung"

besitzt die Stellungen S (Slow), F (Fast), I (Impuls), I HALTEN

(Impuls halten), SPITZE HALTEN,
-|▼ Batteriespannungskontrolle,
○(Aus).

In der Stellung I HALTEN des Schalters bleibt der Zeiger nach geringem mechanischem Überschwingen, verursacht durch die Trägheit des Meßwerkes, auf dem Maximalwert stehen, der der Zeitbewertung I entspricht.

In der Stellung SPITZE HALTEN zeigt das Instrument nach geringem mechanischem Überschwingen des Zeigers den absolut höchsten Momentanwert einmaliger kurzzeitiger Schalldruckimpulse im Pegelmaß an.

Schalter OKTAVFILTER

dient zum Einstellen der Oktav-Mittenfrequenzen von 31,5 Hz bis 63 kHz. In Stellung ○ ist das Oktavfilter ausgeschaltet.

Bei Messungen ohne Oktavfilter ist der Schalter auf ○ zu stellen, um die Batteriebelastung zu verringern.

Taste LÖSCHEN

Kurzzeitiges Drücken dieser Taste bewirkt: bei I HALTEN oder SPITZE HALTEN das Löschen eines gespeicherten Anzeigewertes, bei der Zeitbewertung I eine Erhöhung der Rücklaufgeschwindigkeit der Anzeige, ein Verkürzen der Zeit bis zur Wiederherstellung der Meßbereitschaft nach starken Übersteuerungen des Gerätes. Nach dem Einschalten des Gerätes kann durch Einschwingvorgänge der Zeiger des Instrumentes auf einem beliebigen Wert stehen. Durch kurzes Drücken der Taste LÖSCHEN wird der Zeiger in die Ausgangslage gebracht.

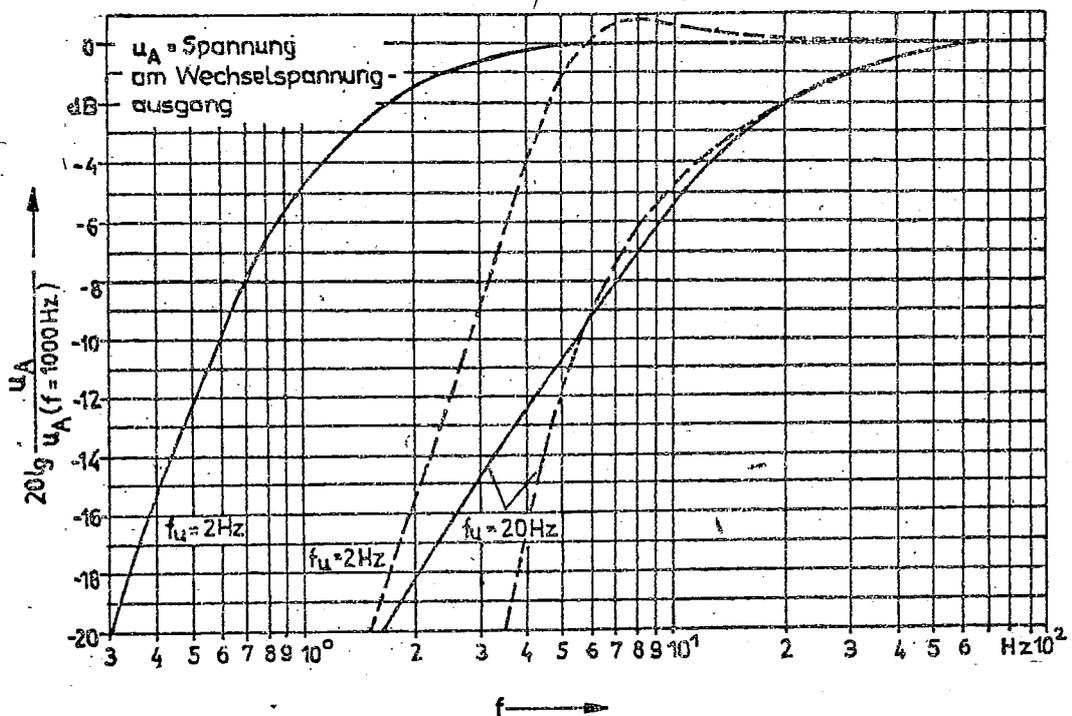
Schalter "untere Grenzfrequenz"	verfügt über die Stellungen 2 Hz und 20 Hz. Unterhalb der eingeschalteten Frequenz fällt die Verstärkung ab, siehe Diagramm 4.
Schalter HEIZUNG	dient zum Ein- und Ausschalten der Mikrofonheizung.
Lampe ÜBERSTEUERT 1	leuchtet bei Überschreiten der maximal zulässigen Signalspannung vor den Filtern.
Lampe ÜBERSTEUERT 2	leuchtet bei Überschreiten der maximal zulässigen Signalspannung vor der Quadrierstufe.
Betriebsanzeigelampe	zeigt durch Blinken den Einschaltzustand des Gerätes an.
Buchse →	dient zum Anschluß des Mikrofonskabels oder des Adapters 04 021 für Spannungsmessungen.
Kalibriereinsteller ▼	dient zum Feineinstellen der Anzeige auf den lt. Kalibriervorschrift (Algorithmen) geforderten Skalenswert.
Buchse ⊖ =	Gleichspannungsausgang zum Anschluß von Registriergeräten, Grenzwertschaltern, digitalen Auswertegeräten usw.
Buchse ⊖ ≈	Wechselspannungsausgang zum Anschluß von Oszilloskopen, Pegelschreibern, Magnetbandgeräten usw.
Buchse ⊖ FILTER EXT	Signalausgang für externe Filter; wird mit dem Eingang des externen Filters verbunden.

Buchse \rightarrow FILTER EXT Signaleingang für externe Filter;
wird mit dem Ausgang des externen
Filters verbunden.

Bei den Symbolen \leftarrow und \rightarrow gibt die Pfeilrichtung den
Signalfluß an.

Rändelschrauben an den
Seitenwänden dienen zum Lösen und Feststellen der
beiden Halte- und Tragebügel.

Rändelschrauben an der
Rückwand dienen zum Befestigen der Rückwand.



Kurven — gemessen mit MV 102 und Beschleunigungsadapter
E 63 oder ohne MV 102 mit Adapter 04 021

Kurven --- gemessen mit MV 102 und Meßkondensator K 63

Diagramm 5

Typischer Verlauf des Frequenzganges bei tiefen
Frequenzen in der Betriebsart LIN

Die durch die Wirkung der Druckausgleichskapillare in der
Meßmikrofonkapsel bedingte akustische untere Grenzfrequenz
(3-dB-Abfall) liegt bei ≤ 10 Hz.

6.2. Vorbereitung für die Messung

6.2.1. Wahl der Zeit- und Frequenzbewertung

Die für Schallpegelmessungen einzuschaltenden Zeit- und Frequenzbewertungen richten sich nach den von der Meßvorschrift bzw. dem entsprechenden Standard geforderten Bewertungen. Die nachfolgenden Zuordnungen gelten deshalb nur als Orientierung.

Zeitbewertung

Impuls	Laut TGL 10688 ist in der DDR für die meisten Meßaufgaben die Bestimmung des A-bewerteten Impulsschallpegels vorgeschrieben.
Impuls halten	für die Messung stark schwankender oder nur kurz andauernder Schallereignisse, bei denen der Maximalwert des Impulsschallpegels interessiert (Verkehrslärm, Kontrolle einzelner Fahrzeuge).
Spitze halten	für die Messung einmaliger impulsförmiger Schallereignisse, bei denen der Spitzenwert interessiert.
Fast	für die Messung gleichförmiger Schallereignisse.
Slow	für die Messung stark schwankender Schallereignisse und Bestimmung von Rauschpegeln. Die Zeitbewertung "Slow" liefert ein dem Effektivwert angenähertes Meßergebnis.

Frequenzbewertung

A	für die meisten Meßaufgaben laut TGL 10688 in der DDR gefordert.
B)	Meßgeräte der Präzisionsklasse müssen laut TGL TGL 200-7755 diese Bewertungsmöglichkeit aufweisen.
C)	
D	zur Fluglärmüberwachung.
LIN	zum Kalibrieren und Messen von Wechselspannungen und Schwingungsgrößen.

Untere Grenzfrequenz

2 Hz	für Spannungs-, Schwingungsmessungen und akustische Messungen bei niedrigen Oktavmittenfrequenzen.
20 Hz	für die meisten akustischen Messungen.

6.2.2. Aufstellen des Gerätes zur Messung

Für viele Meßaufgaben im mobilen Einsatz trägt die Bedienungsperson das Gerät an der Schulter und hält das Mikrofon in der Hand.

Zur Durchführung von Präzisionsmessungen wird das Meßmikrofon mit dem Mikrofonhalter auf einem Stativ befestigt und auf die Schallquelle gerichtet. Auf genügende Entfernung von reflektierenden Wänden und Gegenständen ist zu achten.

Als Mindestabstände gelten:

- 1 m von Wänden oder größeren reflektierenden Flächen und
- 1,5 m vom Fußboden.

Ausführliche Vorschriften zur Schallpegelmessung sind in TGL 10688 "Meßverfahren der Akustik" festgelegt.

Mit zunehmender Länge des Mikrofonkabels und steigender Meßfrequenz nimmt infolge kapazitiver Belastung die Aussteuerungsgrenze des Meßmikrofonverstärkers ab.

Diagramm 6 zeigt die Abnahme der Aussteuerungsgrenze in Abhängigkeit von der Frequenz mit der Kabellänge als Parameter.

Parameter : Kabellänge in m

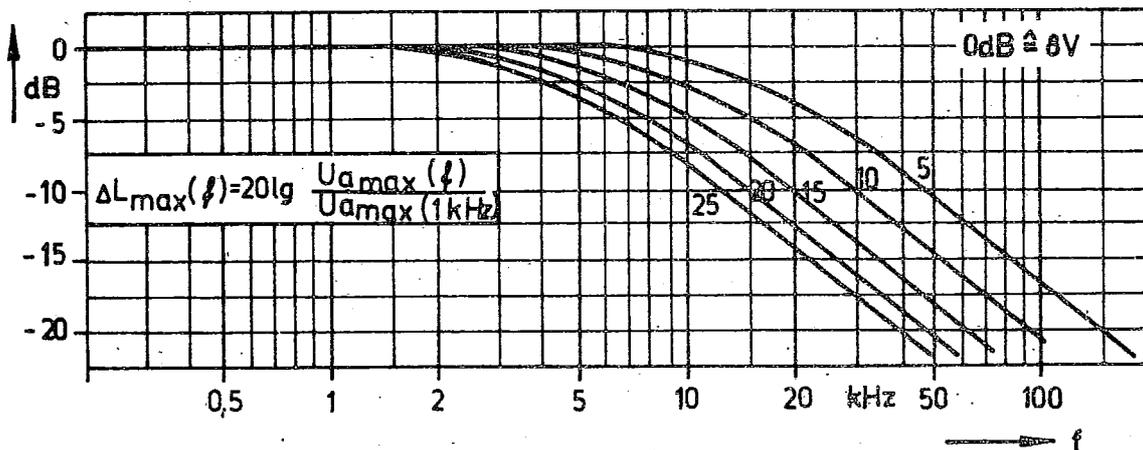
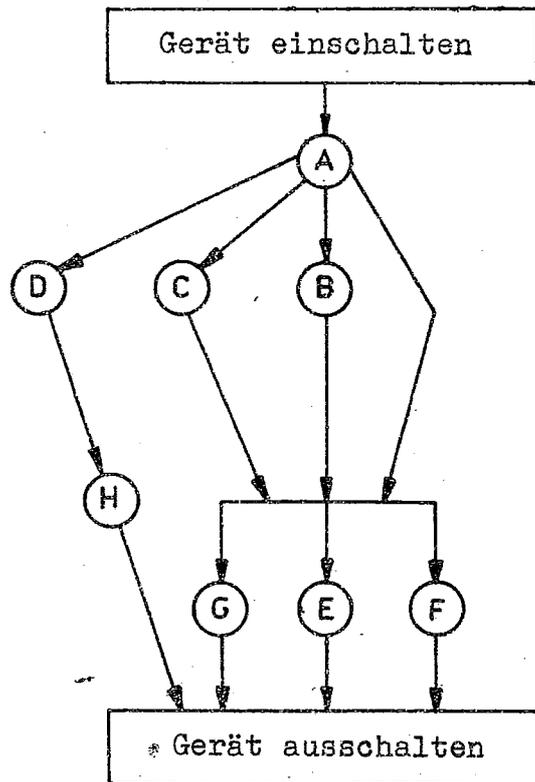


Diagramm 6

Aussteuerungsgrenze (k=3%) in Abhängigkeit von der Frequenz für Meßmikrofonverstärker MV 102

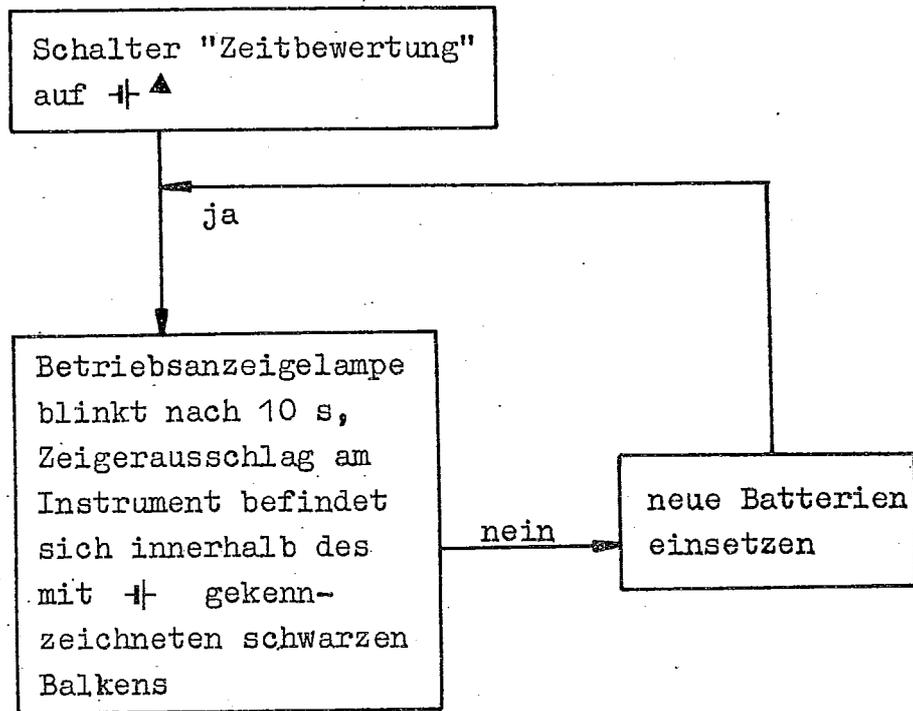
6.3. Durchführen von Messungen

Rahmenalgorithmus

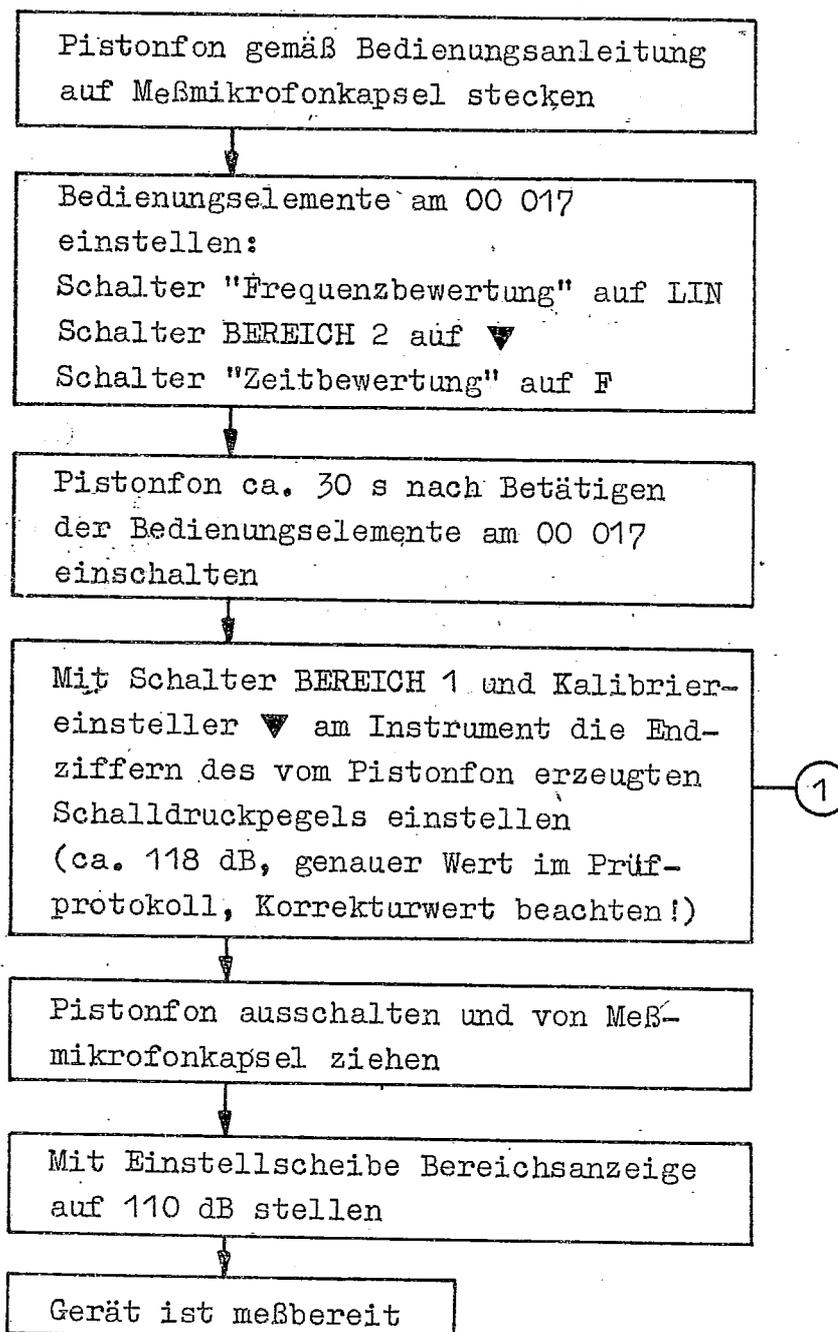


- Ⓐ Kontrolle der Batteriespannung (entfällt bei Messungen mit Netzteil ZE 321)
- Ⓑ Kalibrieren mit dem Pistonfon
- Ⓒ Kalibrieren mit interner Kalibrierspannung vor dem Messen von Schalldruckpegeln
- Ⓓ Kalibrieren mit interner Kalibrierspannung vor dem Messen von Wechselspannungen
- Ⓔ Messen des Schalldruckpegels mit den Frequenzbewertungen A, B, C, D, LIN
- Ⓕ Messen des Schalldruckpegels mit dem Oktavfilter
- Ⓖ Messen des Schalldruckpegels mit externen Filtern
- Ⓗ Messen von Wechselspannungen

Algorithmus (A): Kontrolle der Batteriespannung



Algorithmus **B**: Kalibrieren mit dem Pistonfon



Eine Kalibrierung ist auch mit einem angeschlossenen externen Filter möglich. Die Mittenfrequenz des Filters muß mit der Frequenz des akustischen Kalibrators übereinstimmen.

- ① Da mit dem Kalibriereinsteller ∇ ein Bereich von > 12 dB überstrichen werden kann, läßt sich das Gerät bei bestimmten Mikrofonempfindlichkeiten in zwei verschiedenen Stellungen des Schalters BEREICH 1 kalibrieren. Welche Möglichkeit gewählt wird, richtet sich nach den vom Anwender gewünschten Meßbereichsgrenzen.

Kalibrierbeispiele:

1-Zoll-Mikrofon mit Meßmikrofonverstärker MV 102 und Meßmikrofonkapsel MK 102

Das zur Verfügung stehende Pistonfon PF 101 erzeugt unter Beachtung des Luftdruckes einen Schalldruckpegel von 118,2 dB. Mit Schalter BEREICH 1 und dem Kalibriereinsteller ∇ wird am Instrument des Präzisions-Impulsschallpegelmessers OO 017 der Wert 8,2 dB eingestellt. Mit der Einstellscheibe wird die Bereichsanzeige auf 110 dB gestellt. Der Präzisions-Impulsschallpegelmesser OO 017 zeigt somit den Schalldruckpegel des Pistonfons von 118,2 dB an. Danach können Messungen bei Bereichsanzeigen von 10 bis 130 dB durchgeführt werden.

1/2-Zoll-Mikrofon mit Meßmikrofonverstärker MV 201 und Meßmikrofonkapsel MK 201

Die Kalibrierung ist, wie für das 1-Zoll-Mikrofon beschrieben, vorzunehmen.

Da das 1/2-Zoll-Mikrofon gegenüber dem 1-Zoll-Mikrofon um mehr als 10 dB unempfindlicher ist, muß mit dem Schalter BEREICH 1 die Empfindlichkeit um z.B. 20 dB erhöht werden, um die Anzeige am Instrument auf 8,2 dB einstellen zu können. Mit der Einstellscheibe wird die Bereichsanzeige auf 110 dB gebracht.

Danach können Messungen bei Bereichsanzeigen von 30 bis 150 dB durchgeführt werden.

1/4-Zoll-Mikrofon mit Meßmikrofonverstärker MV 201 und
Meßmikrofonkapsel MK 301

Die Kalibrierung ist, wie für das 1-Zoll-Mikrofon beschrieben, vorzunehmen.

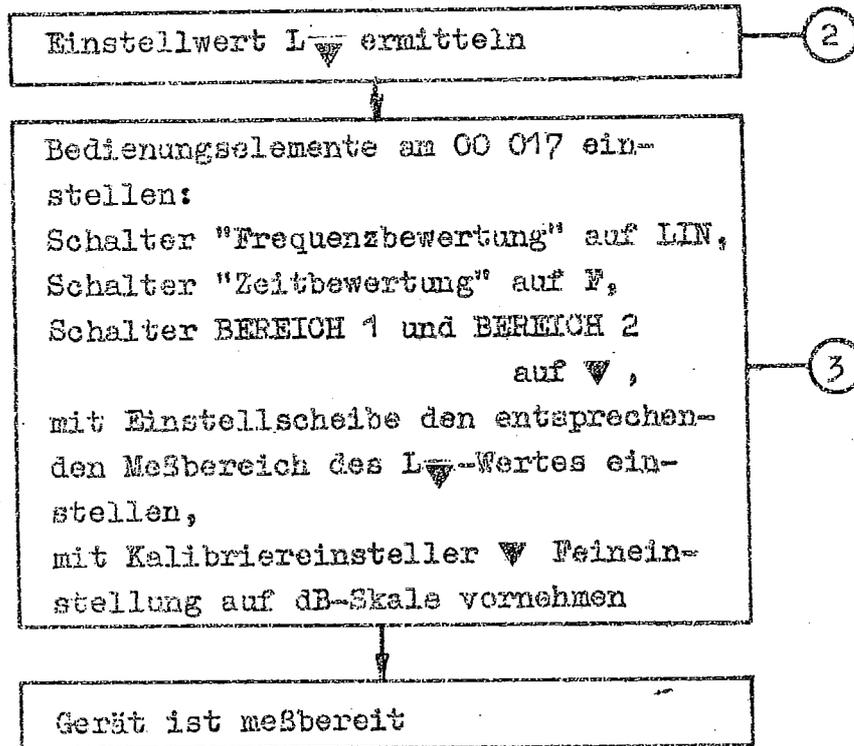
Da das 1/4-Zoll-Mikrofon gegenüber dem 1-Zoll-Mikrofon um mehr als 20 dB unempfindlicher ist, muß mit dem Schalter BEREICH 1 die Empfindlichkeit um z.B. 30 dB erhöht werden, damit die Anzeige am Instrument auf 8,2 dB eingestellt werden kann. Mit der Einstellscheibe wird die Bereichsanzeige auf 110 dB gebracht.

Danach können Messungen bei Bereichsanzeigen von 40 bis 160 dB durchgeführt werden.

Algorithmus ①: Kalibrieren mit interner Kalibrierspannung vor dem Messen von Schalldruckpegeln

Die Kalibriermöglichkeit wird angewendet, wenn

- nicht ständig ein Pistonfon zur Verfügung steht,
- die anzuschließenden Mikrofoneinheiten oft gewechselt werden.



② Ermitteln des L▽-Wertes mit Hilfe der im Kennblatt der Meßmikrofonkapsel angegebenen Werte

Besteht keine Möglichkeit, den Einstellwert L▽ mit einem Pistonfon zu ermitteln, kann er aus dem Nomogramm¹⁾ abgelesen oder mit Hilfe der im Kennblatt angegebenen Werte nach der Formel:

$$L_{\nabla} = 162 \text{ dB} - a_K$$

berechnet werden.

¹⁾ siehe Seite 38

Es bedeuten:

162 dB = Gerätekonstante

$$a_K = 20 \lg \frac{B_K}{B_0}; \quad B_0 = 10 \text{ mV/Pa}^*)$$

Betriebsübertragungsmaß lt. Kennblatt,
angegeben für 1-Zoll-Mikrofone.

Für 1/2-Zoll- und 1/4-Zoll-Mikrofone werden im Kennblatt
der Leerlaufübertragungsfaktor B_L mit dem Leerlaufüber-
tragungsmaß

$$a_L = 20 \lg \frac{B_L}{B_0}; \quad B_0 = 10 \text{ mV/Pa}^*)$$

und im mitgelieferten Meßprotokoll zum Meßmikrofonver-
stärker der Dämpfungswert a_V ¹⁾ angegeben. Somit läßt
sich das Betriebsübertragungsmaß nach der Formel

$$a_K = a_L - a_V$$

errechnen.

Meßtechnische Ermittlung des L_{∇} -Wertes

Kalibrieren mit dem Pistonfon gemäß Algorithmus (B),
Schalter BEREICH1 und BEREICH 2 auf ∇ ,
an Instrument und Anzeigefenster L_{∇} ablesen.

Beispiel 1:

Dem Kennblatt einer 1-Zoll-Mikrofoneinheit MK 102/MV 102
entnimmt man

$$a_K = 13,8 \text{ dB}$$

$$L_{\nabla} = 162 \text{ dB} - 13,8 \text{ dB} = 148,2 \text{ dB}$$

aus dem Nomogramm¹⁾: $L_{\nabla} = 148,2 \text{ dB}$

1) Die Werte im Meßprotokoll zum Meßmikrofonverstärker
MV 201 gelten unter Punkt

2) für Meßmikrofonkapsel MK 102 (1 Zoll)

3) für Meßmikrofonkapsel MK 201 (1/2 Zoll)

4) für Meßmikrofonkapsel MK 301 (1/4 Zoll)

*) 1 Pa (Pascal) = 1 N·m⁻² = 10 µbar

Beispiel 2:

Dem Kennblatt einer 1/2-Zoll-Meßmikrofonkapsel MK 201 entnimmt man

$$a_L = 2,1 \text{ dB}$$

und eines 1/2-Zoll-Meßmikrofonverstärkers MV 201

$$a_V = 0,5 \text{ dB.}$$

Danach errechnet man das Betriebsübertragungsmaß

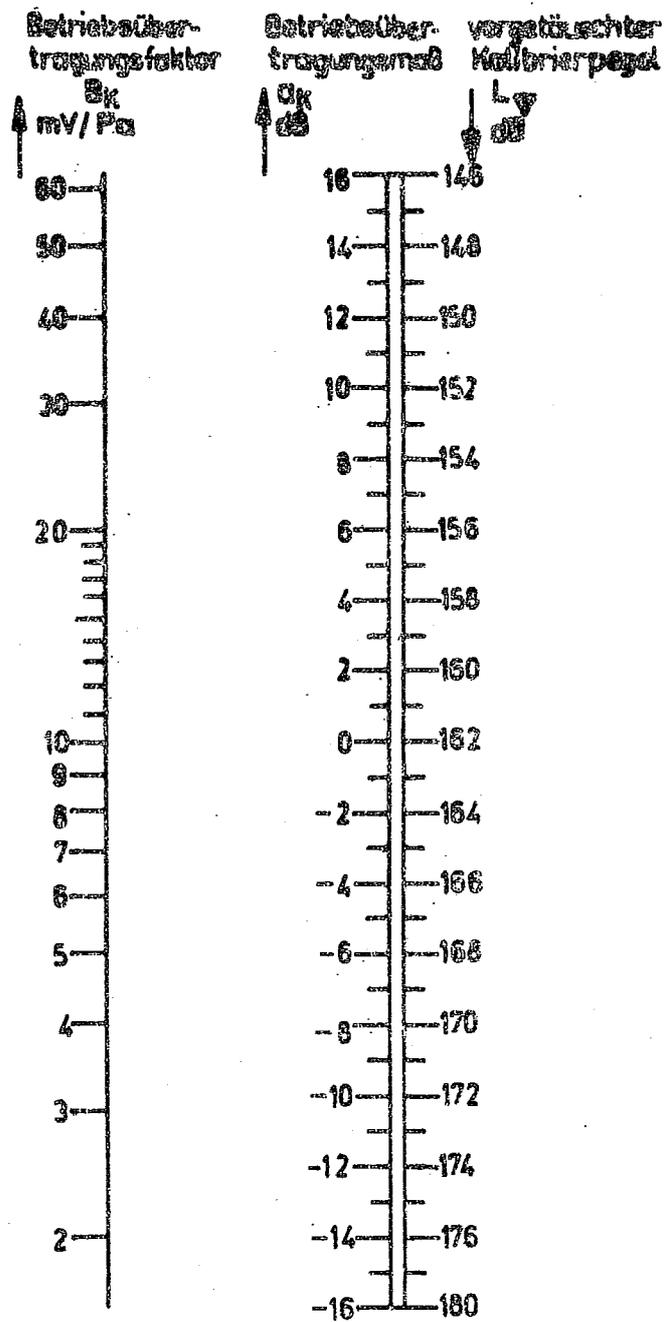
$$a_X = 2,1 \text{ dB} - 0,5 \text{ dB} = 1,6 \text{ dB}$$

$$L_{\nabla} = 162 \text{ dB} - 1,6 \text{ dB} = 160,4 \text{ dB}$$

aus dem Nomogramm 1: $L_{\nabla} = 160,4 \text{ dB}$

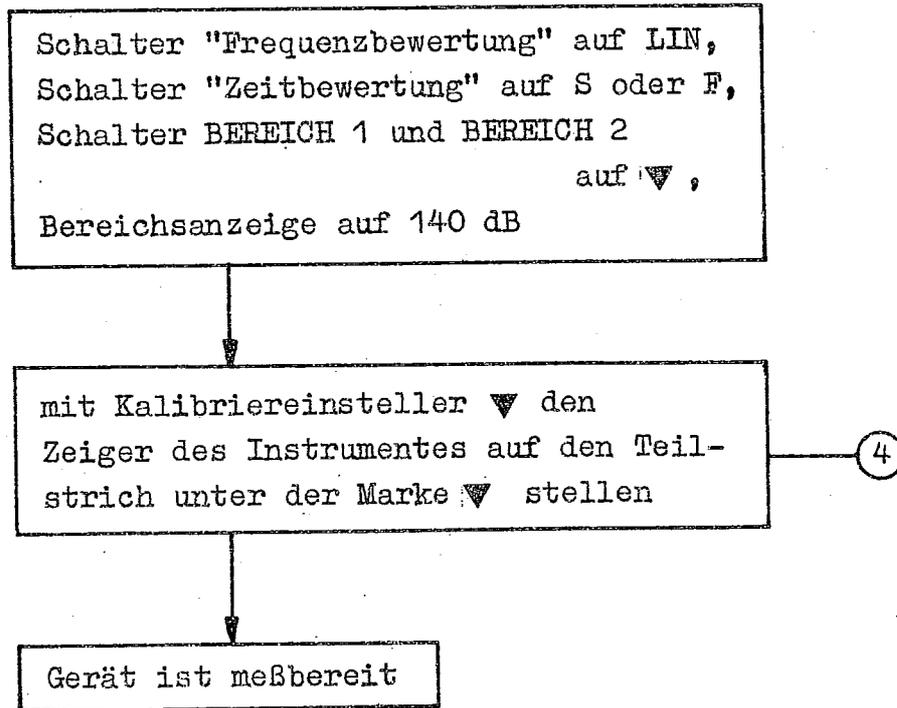
- ③ Der Präzisions-Impulsschallpegelmesser OO 017 liefert eine sinusförmige Kalibrierspannung. Dadurch kann in allen Stellungen des Schalters "Frequenzbewertung" (LIN, A, B, C, D) und in der Stellung "1000 Hz" des Oktavschafters kalibriert werden. Bei Anschluß externer Filter muß bei diesen die Mittenfrequenz 1 kHz eingeschaltet sein.

Nach diesem Verfahren bleiben Änderungen des Übertragungsfaktors der Mikrofoneinheit unberücksichtigt. Nach einem Wechsel von Meßmikrofonkapseln, Adaptern, Meßmikrofonverstärkern oder in Zweifelsfällen, z.B. nach längerer Lagerung, ist deshalb eine Kalibrierung mit dem Pistonfon durchzuführen.



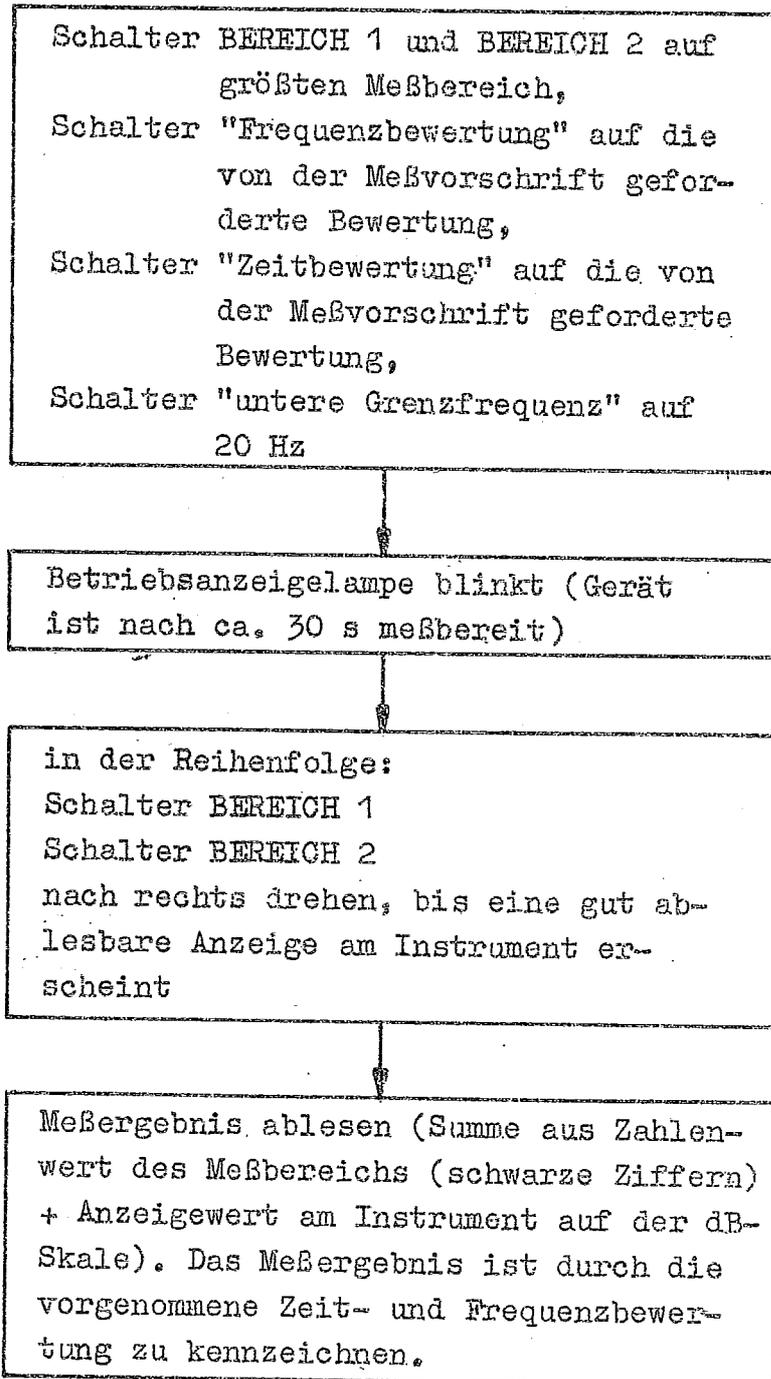
Nomogramm 1 zur Ermittlung von L_p

Algorithmus (D): Kalibrieren mit interner Kalibrierspannung
vor dem Messen von Wechselspannungen



- (4) Vor dem Messen von Wechselspannungen mit dem MV 102/B 63
ist die Einstellung um das Dämpfungsmaß zu korrigieren.
Richtwert: 0,2 dB

Algorithmus (E): Messen des Schalldruckpegels mit den Frequenzbewertungen A, B, C, D, LIN



Bei Batteriebetrieb wird im Interesse der Batterielebensdauer empfohlen, das Gerät unmittelbar nach der Messung auszuschalten!

⑤ Beginnt eine der Lampen ÜBERSTEUERT 1 oder ÜBERSTEUERT 2 zu blinken, deutet das auf die Übersteuerung eines Verstärkers hin. Diese kann bei stark spitzenhaltigen Geräuschen bereits eintreten, bevor der Zeiger auf Vollausschlag steht.

Bei der Zeitbewertung Slow können die Übersteuerungsanzeigen bereits bei kleinen Zeigerausschlägen ansprechen. In diesem Fall ist auf einen höheren Meßbereich zu schalten.

Die Meßbereichseinstellung kann mehrdeutig sein. Es ist immer die Einstellung optimal, bei der Schalter BEREICH 2 so weit wie möglich am Linksanschlag steht. Dann sind größtmögliche Aussteuerreserve und Störabstand vorhanden.

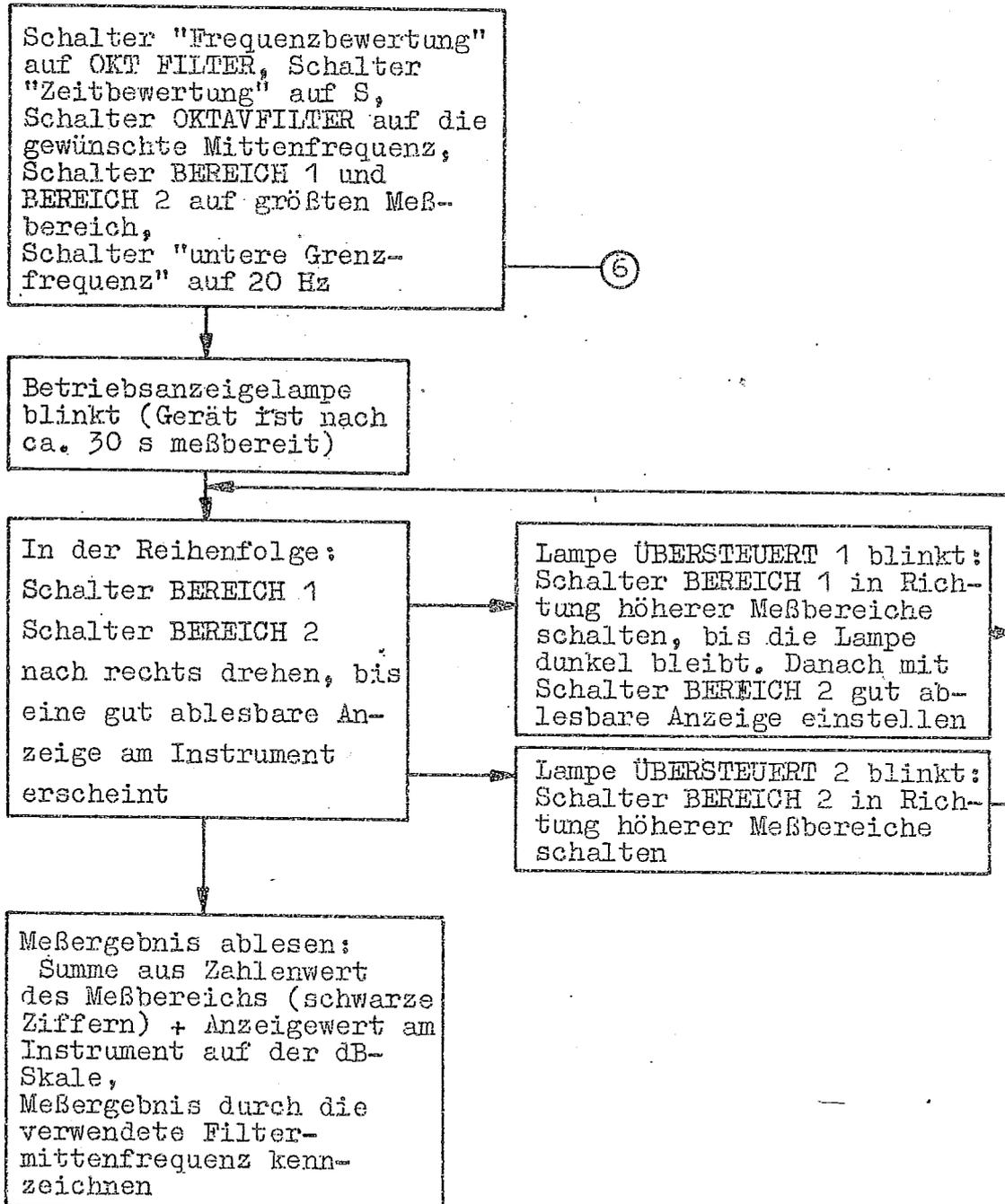
Beispiel:

Bei einer Schallpegelmessung, die mit der Zeitbewertung I und der Frequenzbewertung A durchgeführt wird, stehen die Bereichsschalter auf 80 dB (80 dB erscheinen im Anzeigefenster). Die maximale Anzeige am Instrument beträgt 6 dB. Das Meßergebnis lautet dann:

$$\begin{aligned} L &= 86 \text{ dB (AI) oder} \\ L_{AI} &= 86 \text{ dB.} \end{aligned}$$

Algorithmus (F): Messen des Schalldruckpegels mit dem Oktavfilter

Das eingebaute Oktavfilter ermöglicht Frequenzanalysen des Schalldruckpegels mit Analysiertiefen von über 50 dB. Das bedeutet, es läßt sich bei eingeschaltetem Filter der Pegel einer Signalkomponente messen, der mehr als 50 dB unter dem unbewerteten Gesamtschallpegel liegt.



- ⑥ Bei 31,5 Hz OKT ist die Überlagerung des linearen Frequenzganges an der unteren Frequenzgrenze zu beachten.

Beispiel:

Bei einer Oktavanalyse stehen bei der Oktavmittenfrequenz 500 Hz die Meßbereichsschalter auf 70 dB. Die Anzeige schwankt zwischen 6 und 8 dB.

Das Meßergebnis lautet dann:

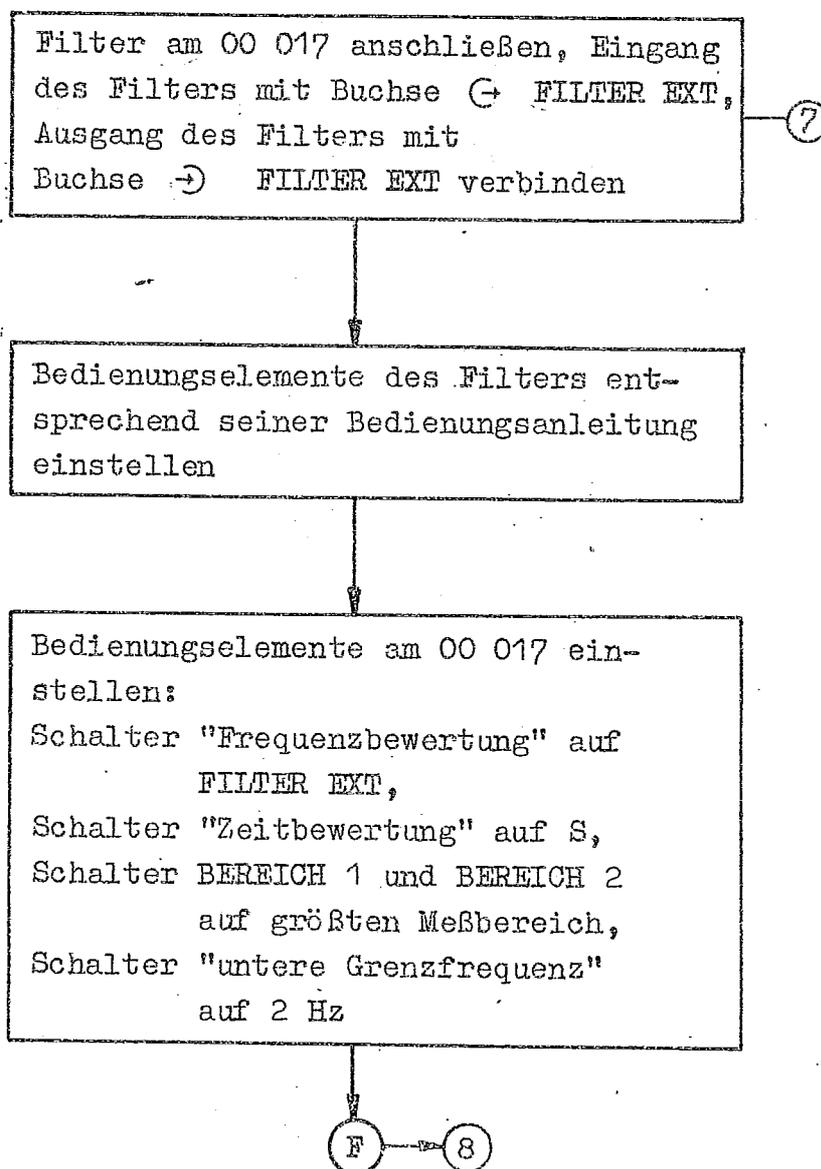
$$\begin{aligned} L_{\text{Okt 500}} &= 77 \text{ dB} \quad \text{oder} \\ L &= 77 \text{ dB (Okt 500)}. \end{aligned}$$

Algorithmus (G): Messen des Schalldruckpegels mit externen Filtern

Filter, die an den Präzisions-Impulsschallpegelmesser 00 017 angeschlossen werden können, müssen folgende technische Eigenschaften aufweisen:

Spitzenwert der Eingangsspannung	3,16 V
Eingangswiderstand	$\geq 100 \text{ k}\Omega$
Ausgangswiderstand	$\leq 1 \text{ k}\Omega$
Dämpfung im Durchlaßbereich	0 dB

Von 0 dB abweichende Dämpfungswerte können mit Hilfe der Einstellscheibe und des Kalibriereinstellers ausgeglichen werden.



- ⑦ Buchse \ominus FILTER EXT und Buchse \ominus FILTER EXT befinden sich auf der Rückseite des Gerätes.
- ⑧ Ab "Betriebsanzeigelampe blinkt..."

Algorithmus (H) : Messen von Wechselspannungen

(H 1) mit Adapter 04 021

(H 2) mit Meßmikrofonverstärker MV 102

Eingangswiderstand = 100 k Ω

Eingangswiderstand \geq 150 M Ω

Eingangskapazität \leq 80 pF

Eingangskapazität \leq 15 pF

Maximal zulässiger Spitzenwert der Eingangsspannung
15 V

Maximal zulässiger Spitzenwert der Eingangsspannung
15 V

Adapter 04 021 an Buchse \rightarrow stecken

Meßmikrofonverstärker MV 102 an Buchse \rightarrow stecken, Beschleunigungsadapter B 63 auf MV 102 schrauben

Bedienungselemente am 00 017 einstellen:
Schalter "Frequenzbewertung" auf LIN oder OKT FILTER,
Schalter OKTAVFILTER auf die gewünschte Oktavmittenfrequenz,
Schalter "Zeitbewertung" auf S oder F,
Schalter "untere Grenzfrequenz" auf 2 Hz,
Schalter BEREICH 2 auf ∇ und BEREICH 1 auf 10 V stellen (es gelten die blauen Ziffern im Anzeigefenster und die V-Skalen am Instrument).

Lampe EIN blinkt, Gerät ist nach ca. 30 s meßbereit

Fortsetzung Seite 47

Fortsetzung von Seite 46

in der Reihenfolge:
Schalter BEREICH 1
Schalter BEREICH 2
nach rechts drehen, bis eine gut ables-
bare Anzeige am Instrument erscheint

Meßergebnis auf der dem Meßbereichsend-
wert zugeordneten V-Skale ablesen (im An-
zeigefenster erscheint Meßbereichsendwert
als blaue Ziffer)

- ⑨ Bei selektiven Spannungsmessungen werden Schalter "Frequenzbewertung" auf OKT FILTER und Schalter OKTAVFILTER auf die gewünschte Oktavmittenfrequenz gestellt.

Beispiel:

Im Bereichsfenster stehen "0,3 V". Es gilt die Skale 0 bis 3.
Der Zeiger steht auf 2,2. Das Meßergebnis lautet dann:

$$u = 220 \text{ mV.}$$

6.4. Weitere Hinweise zur Durchführung von Messungen

6.4.1. Korrektur für diffusen Schalleinfall

Das Übertragungsmaß des Meßmikrofons weicht bei diffusen Schalleinfall (Messung in halligen Räumen außerhalb des Grenzradius) oberhalb 1000 Hz von den Werten für frontalen Einfall ebener Wellenfronten ab. Bei der Ermittlung bewerteter oder unbewerteter Gesamtschalldruckpegel braucht diese Differenz in der Regel nicht berücksichtigt zu werden, da die bestimmenden Anteile im Spektrum meist bei Frequenzen liegen, für die der Unterschied zwischen Freifeld- und Diffusübertragungsmaß im Rahmen der zulässigen Toleranzen bleibt.

Bei der Durchführung von Frequenzanalysen in diffusen Schallfeldern ist in den höherfrequenten Bereichen die veränderte Diffusempfindlichkeit dadurch zu berücksichtigen, daß zu den gemessenen Pegeln Korrekturwerte nach Diagramm 7 zu addieren sind.

Durch Aufschrauben eines Diffusors an Stelle des Schutzgitters der Meßmikrofonkapsel MK 102 entfällt die Addition von Korrekturwerten.

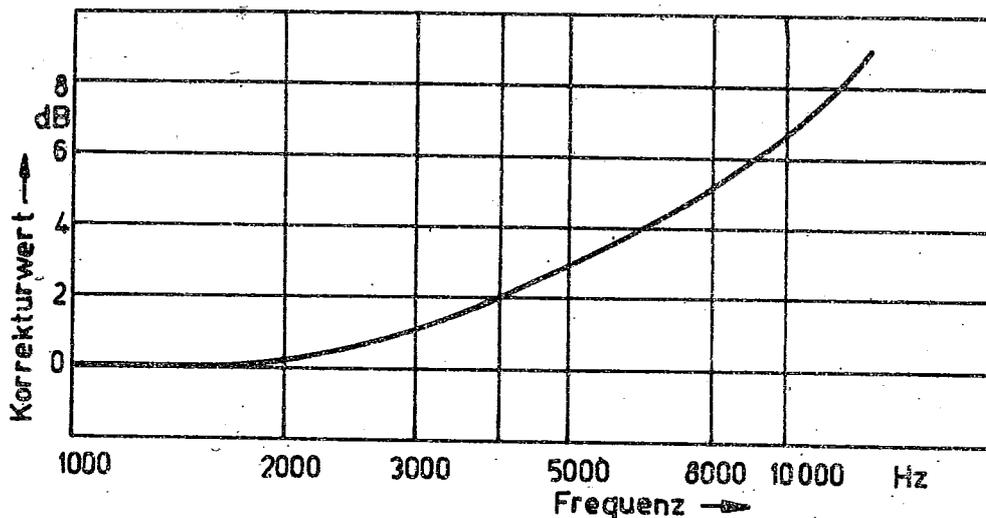


Diagramm 7

Korrektur des Übertragungsmaßes für diffusen Schalleinfall. Bei Messungen im diffusen Schallfeld sind die angegebenen Korrekturwerte vorzeichenbehaftet zu den abgelesenen Pegeln zu addieren.

Achtung!

Freiliegende Membran beim Wechsel von Schutzgitter und Diffusor nicht beschädigen!

In der Mehrzahl der Fälle liegt kein rein ebenes oder diffuses Schallfeld vor. Entsprechende Hinweise, wie in solchen Fällen zu verfahren ist, können den jeweils gültigen Meßvorschriften entnommen werden.

6.4.2. Verwendung der Ausgänge

Der Wechselspannungsausgang \ominus \approx stellt eine zur frequenzbewerteten Schalldruck-Zeitfunktion proportionale Wechselspannung bereit (Kennwerte vgl. Abschnitt 3.).

Die Ausgangs-Störspannungen in Abhängigkeit vom eingestellten Meßbereich enthält Tabelle 1. In den höheren Meßbereichen sind zum Beispiel Signale noch verwertbar, die bei der Bewertung LIN 40 dB unter Vollausschlag liegen.

Tabelle 1 Störspannung in mV am Wechselspannungsausgang, mit Mikrofonverstärker MV 102 und Meßkondensator K 63 gemessen

Bereich/dB	10	20	30	40	50	60-70	80-130
Bewertung							
LIN	-	<1000	<316	<100	<32	<10	<5
A	<500	<150	<50	<15	<10	<5	<5
B	<800	<250	<80	<25	<10	<5	<5
C	-	<500	<150	<50	<15	<10	<5
D	-	<400	<130	<40	<13	<8	<5
Oktavfilter $f_m = 31,5$ Hz	-	<500	<160	<50	<16	<10	<5
Oktavfilter $f_m = 1$ kHz	<300	<100	<30	<12	<8	<5	<5
Oktavfilter $f_m = 16$ kHz	<300	<100	<30	<12	<8	<5	<5
Oktavfilter $f_m = 63$ kHz	<500	<150	<50	<15	<10	<5	<5

Bei den lt. Tabelle 1 angegebenen Meßbereichen steht der Schalter BEREICH 2 so weit wie möglich am Linksanschlag.

An den Wechselspannungsausgang $\ominus \approx$ können Pegelschreiber oder Magnetbandgeräte angeschlossen werden. Bei Kurzschluß dieses Ausganges wird gleichzeitig der geräteinterne Signalweg kurzgeschlossen, und das Instrument zeigt keinen Meßwert an.

Am Gleichspannungsausgang $\ominus \equiv$ wird eine zum Strom durch das Anzeigeinstrument proportionale Signalgleichspannung bereitgestellt (Kennwerte vgl. Abschnitt 3.). Ihr auswertbarer Bereich entspricht dem Anzeigebereich. Die Linearität der Ausgangsspannung ist in Diagramm 8 dargestellt. Der proportionale Bereich der Kurve setzt sich noch um etwa 10 dB über Vollausschlag fort. Der Gleichspannungsausgang eignet sich zum Anschluß von Registriergeräten, Grenzwertschaltern oder digitalen Auswertegeräten. Bei Kurzschluß wird die Anzeige am Instrument nicht beeinflusst.

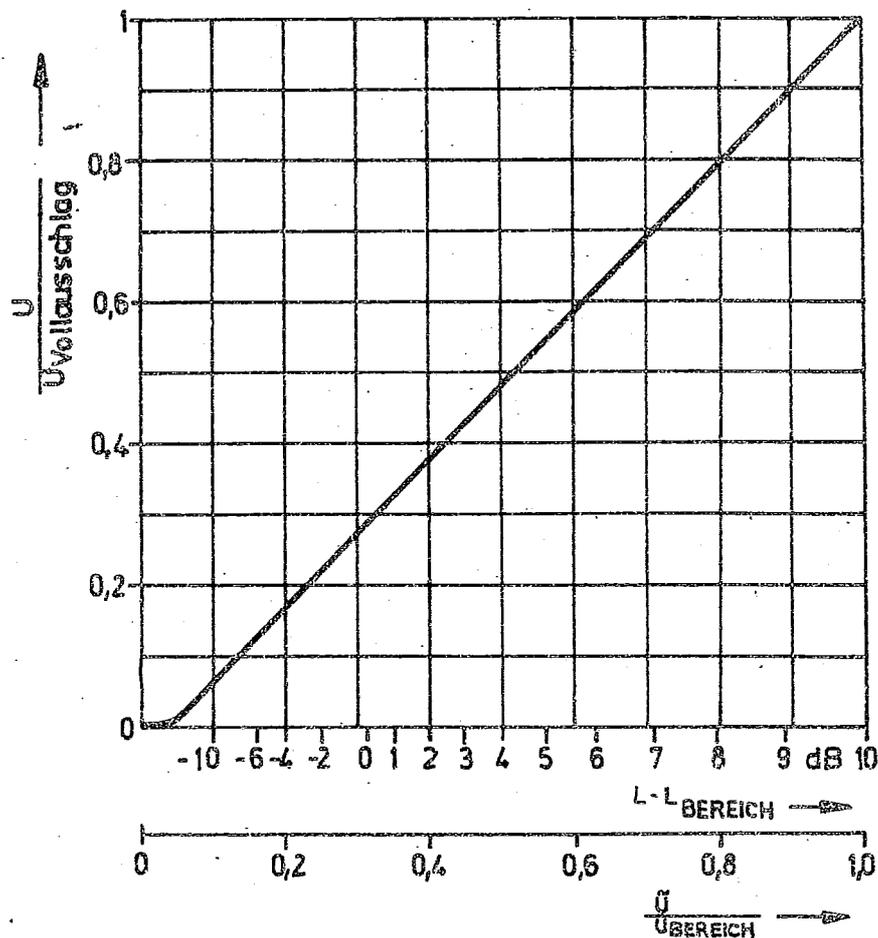


Diagramm 8
Normierte Darstellung der Spannung am Gleichspannungsausgang
in Abhängigkeit von den Eingangsgrößen

6.4.3. Messen von Schwingungsgrößen

6.4.3.1. Schwingbeschleunigung

a) Vorbereitung für die Messung

Am Gerät 00 017 Meßmikrofonverstärker MV 102 anschließen, auf MV 102 Beschleunigungsadapter B 63 aufschrauben, B 63 mit Beschleunigungsaufnehmer, z. B. KD 35, verbinden.

b) Kalibrieren mit Eichtisch

Beschleunigungsaufnehmer auf Eichtisch, z. B. EET 101, Typ 11032 befestigen. Bedienungselemente am Gerät 00 017 wie folgt einstellen:

Schalter "Frequenzbewertung" auf LIN
Schalter BEREICH 2 auf ▼
Schalter "Zeitbewertung" auf F
Schalter "untere Grenzfrequenz" auf 2 Hz.

Eichtisch etwa 30 s nach Betätigen der Bedienungselemente am Gerät 00 017 einschalten. Gemäß Bedienungsanleitung für den Eichtisch die am Beschleunigungsaufnehmer wirksame Schwingbeschleunigung \ddot{x} ermitteln.

Um eine ziffernrichtige Anzeige zu erhalten, wird die Schwingbeschleunigung \ddot{x} nach folgender Beziehung einer Spannungsanzeige zugeordnet:

$$1 \text{ V} \hat{=} 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{bzw.} \quad 1 \text{ mV} \hat{=} 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

Der ermittelte Spannungsmeßwert M ist dann:

$$M/V = 10^{-3} \ddot{x} / \text{m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

Mit Schalter BEREICH 1 und Kalibriereinsteller ∇ am Instrument den Zahlenwert von M und mit der Einstellscheibe den dazugehörigen Meßbereich einstellen. Eich-tisch ausschalten und Beschleunigungsaufnehmer abnehmen. Gerät ist meßbereit.

Beispiel:

Der zur Verfügung stehende elektrodynamische Eich-tisch EET 101 erzeugt unter Beachtung der Aufnehmermasse eine Schwingbeschleunigung $\ddot{a} = 9,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Die Umrechnung in einen Spannungsmeßwert M ergibt

$$M/V = 10^{-3} \cdot 9,1 \quad \text{oder} \quad M = 9,1 \text{ mV.}$$

Mit Schalter BEREICH 1 und dem Kalibriereinsteller ∇ wird am Instrument auf der Spannungsskala 0 bis 10 V der Wert 9,1 eingestellt. Mit der Einstellscheibe wird die Bereichsanzeige auf 10 mV gestellt. Jetzt zeigt das Gerät 00 017 die am Aufnehmer wirksame Schwingbeschleunigung \ddot{a} über die Beziehung $9,1 \text{ mV} \hat{=} 9,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ zahlenwertrichtig an.

c) Kalibrieren mit interner Kalibrierspannung bei bekanntem Übertragungsfaktor des Aufnehmers

Den lt. Kennblatt bekannten Übertragungsfaktor B_a des Beschleunigungsaufnehmers sucht man in Nomogramm 2,1. Spalte auf. In der 2. Spalte liest man den zugeordneten Einstellwert M_{∇}/V ab. Bedienungselemente am Gerät 00 017 einstellen:

Schalter "Frequenzbewertung" auf LIN,
Schalter "Zeitbewertung" auf F,
Schalter "untere Grenzfrequenz" auf 2 Hz,
Schalter BEREICH 1 und BEREICH 2 auf ∇ .

Mit Einstellscheibe und Kalibriereinsteller ∇ Einstellung von M_{∇} vornehmen.

Gerät ist meßbereit.

Zwischen abgelesenem Meßwert M und gesuchter Schwingbeschleunigung \ddot{a} besteht der Zusammenhang

$$\ddot{a}/\text{m}\cdot\text{s}^{-2} = 10^3 M/V.$$

Die beiden letzten Spalten in Nomogramm 2 geben die Grenzen des nach der Kalibrierung mit Hilfe der Bereichsumschaltung erreichbaren Gesamtmeßbereiches an. Dabei ist zu beachten, daß Grenzwerte des Aufnehmers diesen Bereich wesentlich einschränken können.

Anmerkung: Der Einstellwert M_{∇} läßt sich auch ohne Nomogramm durch Berechnung nach der Formel

$$M_{\nabla} / V = \frac{25,3}{Ba / \frac{mV}{m \cdot s^{-2}}}$$

ermitteln.

Beispiel:

Dem Kennblatt eines Beschleunigungsaufnehmers entnimmt man $B_a = 5 \frac{mV}{m \cdot s^{-2}}$. In Nomogramm 2, 2. Spalte liest

man den zugeordneten Einstellwert von

$$M_{\nabla} = 5,1 V \text{ ab.}$$

Mit der Einstellscheibe wird die Bereichsanzeige auf 10 V und mit dem Kalibriereinsteller ∇ auf der Spannungsskala 0 bis 10 V der Wert 5,1 eingestellt.

6.4.3.2. Schwinggeschwindigkeit

a) Vorbereitung für die Messung

Die Messung der Schwinggeschwindigkeit \tilde{v} erfolgt mit Beschleunigungsaufnehmern durch Integration der Signalspannung.

An Gerät 00 017 Meßmikrofonverstärker MV 102 anschließen, auf MV 102 Körperschalladapter 00 009 aufschrauben, Adapter 00 009 mit Beschleunigungsaufnehmer verbinden.

b) Kalibrieren mit Eich Tisch

Beschleunigungsaufnehmer auf Eich Tisch befestigen. Bedienungselemente am Gerät 00 017 einstellen:

Schalter "Frequenzbewertung" auf LIN,

Schalter BEREICH 2 auf ∇ ,

Schalter "Zeitbewertung" auf F,

Schalter "untere Grenzfrequenz" auf 2 Hz.

Eichtisch etwa 30 s nach Betätigen der Bedienungselemente am Gerät 00 017 einschalten. Gemäß Bedienungsanleitung für den Eichtisch die am Aufnehmer wirksame Schwinggeschwindigkeit \tilde{v} ermitteln. Schwinggeschwindigkeit \tilde{v} in einen Spannungsmeßwert umrechnen nach der Beziehung

$$M/V = \tilde{v}/m \cdot s^{-1}$$

Mit Schalter BEREICH 1 und Kalibriereinsteller ∇ am Instrument den Zahlenwert von M und mit Einstellscheibe den dazugehörigen Meßbereich einstellen. Eichtisch ausschalten und Aufnehmer abnehmen. Gerät ist meßbereit.

Beispiel:

Der Schwingtisch erzeugt unter Beachtung der Aufnehmermasse und der Schwingfrequenz eine Schwinggeschwindigkeit von $\tilde{v} = 0,018 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Die Umrechnung in einen Spannungsmeßwert ergibt

$$M/V = 0,018 \text{ oder } M = 18 \text{ mV.}$$

Mit Schalter BEREICH 1 und dem Kalibriereinsteller ∇ wird am Instrument auf der Spannungsskala 0 bis 3 V der Wert 1,8 eingestellt. Mit der Einstellscheibe wird die Bereichsanzeige auf 30 mV gestellt. Jetzt zeigt das Gerät 00 017 die am Aufnehmer wirksame Schwinggeschwindigkeit \tilde{v} über die Beziehung $0,018 \text{ V} \hat{=} 0,018 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ zahlenwertrichtig an.

c) Kalibrieren mit interner Kalibrierspannung bei bekanntem Übertragungsfaktor des Aufnehmers

Den bekannten Beschleunigungsübertragungsfaktor B_a des Aufnehmers sucht man in Nomogramm 3, 1. Spalte auf. In der 2. Spalte liest man den zugeordneten Geschwindigkeitsübertragungsfaktor B_v in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ab, der in Verbindung mit dem Körperschalladapter 00 009 gilt.

Der 3. Spalte entnimmt man den zugeordneten Einstellwert M_{∇} in V.

Bedienungselemente am Gerät 00 017 einstellen:

Schalter "Frequenzbewertung" auf LIN,

Schalter "Zeitbewertung" auf F,

Schalter "untere Grenzfrequenz" auf 2 Hz,

Schalter BEREICH 1 und BEREICH 2 auf ∇ .

Mit Einstellscheibe und Kalibriereinsteller ∇ Einstellung von M_{∇} vornehmen. Gerät ist meßbereit. Zwischen abgelesenen Meßwert M und gesuchter Schwinggeschwindigkeit \tilde{v} besteht der Zusammenhang

$$\tilde{v}/\text{m}\cdot\text{s}^{-1} = M/V.$$

Anmerkung:

Zwischen den ersten drei Spalten von Nomogramm 3 bestehen folgende mathematische Zusammenhänge:

$$M_{\nabla}/V = \frac{390}{B_a/\frac{\text{mV}}{\text{m}\cdot\text{s}^{-2}}} \quad \text{und} \quad B_v/\frac{\text{mV}}{\text{m}\cdot\text{s}^{-1}} = 65 B_a/\frac{\text{mV}}{\text{m}\cdot\text{s}^{-2}}$$

Beispiel:

Den Daten eines Beschleunigungsaufnehmers entnimmt man $B_a = 1,5 \frac{\text{mV}}{\text{m}\cdot\text{s}^{-2}}$. In Nomogramm 3, 2. Spalte liest man

den zugeordneten Geschwindigkeitsübertragungsfaktor

$B_v = 92 \frac{\text{mV}}{\text{m}\cdot\text{s}^{-1}}$ und in der 3. Spalte den zugeordneten

Einstellwert von $M_{\nabla} = 260$ V ab. Da auf der Einstellscheibe

keine entsprechend hohen Spannungsbereiche aufgedruckt

sind, entnimmt man zweckmäßig Nomogramm 3, 4. Spalte den

zugeordneten Pegelwert M_p , in unserem Beispiel $M_p = 168,2$ dB

und stellt ihn mit der Einstellscheibe und dem Kalibriereinsteller ∇ auf der dB-Skala ein. Zum gleichen Ergebnis gelangt

man durch Extrapolieren der blauen Zahlenfolge auf der Ein-

stellscheibe, die man fiktiv auf 300 V (≈ 160 dB) stellt

und mit dem Kalibriereinsteller ∇ auf der Spannungsskala 0

bis 3 V den Wert 2,6 einstellt.

Ergänzungen:

Je nach gewünschter Meßgenauigkeit und verwendetem Vorverstärkertyp ist evtl. eine Korrektur der den Kennblättern für die Aufnehmer entnommenen Übertragungsfaktoren notwendig. Der zum Lieferumfang gehörende Meßmikrofonverstärker MV 102 überträgt die Signalspannung mit einem mittleren Dämpfungsfaktor von 0,97 (= -0,2 bis -0,3 dB). Der dadurch hervorgerufene systematische Meßfehler beträgt 3 %. Um den Fehler auszugleichen, multipliziert man den Übertragungsfaktor aus dem Kennblatt mit dem Dämpfungsfaktor und erhält so den korrigierten Übertragungsfaktor, der zur Kalibrierung mit interner Kalibrierungsspannung benötigt wird.

Der Dämpfungsfaktor des älteren Meßmikrofonverstärkertyps MV 101 beträgt etwa 0,91. Bei Verwendung dieses Typs wird in jedem Falle eine Korrektur des Übertragungsfaktors zur Vermeidung größerer Meßfehler nötig sein.

Der Meßmikrofonverstärker MV 201 (1/2-Zoll) mit einem Dämpfungsfaktor von etwa 0,99 wird für die meisten praktischen Meßaufgaben keine Korrektur verlangen.

Aus Platzgründen und zur Kennzeichnung der oberen Grenze für Wechselspannungsmessungen endet die Folge der Spannungswerte auf der Bereichsscheibe bei 10 V. Sie reichen mitunter für Schwingungsmessungen nicht aus. Zur Umgehung dieser Schwierigkeit können alle Einstellwerte auch im Pegelmaß ausgedrückt und an der dB-Skala abgelesen werden. Dazu dienen in Nomogramm 2 und 3 die Spalten M_p/dB . Den Einstellwerten im Spannungsbereich werden die Einstellwerte im Pegelbereich nach der Gleichung

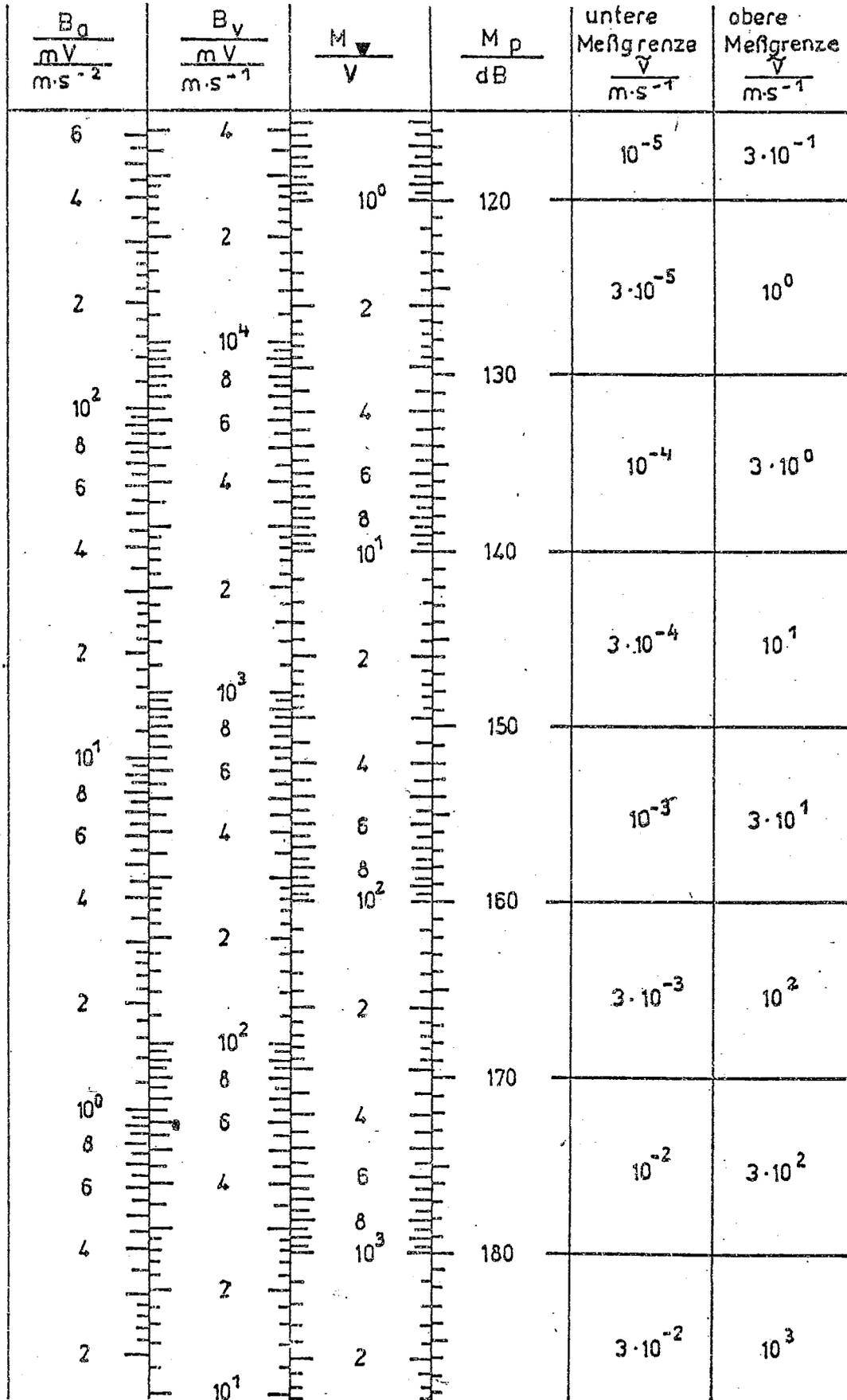
$$M_p/\text{dB} = 20 \lg (10^6 M_v/V) \text{ zugeordnet.}$$

Das bedeutet: $1 \mu\text{V} \hat{=} 0 \text{ dB}$.

Andererseits kann die Folge von Spannungswerten auf der Einstellscheibe bis zum größten Bereichswert (3000 V) formal fortgesetzt werden. Alle Messungen von Schwingungsgrößen lassen sich dann im Spannungsbereich durchführen. Die Wahl zwischen diesen beiden Möglichkeiten bleibt dem Anwender überlassen.

$\frac{B_a}{\frac{mV}{m \cdot s^{-2}}}$	M_{∇} V	M_p dB	untere Messgrenze $\frac{\tilde{a}}{m \cdot s^{-2}}$	obere Messgrenze $\frac{\tilde{a}}{m \cdot s^{-2}}$
6	4		10^{-3}	$3 \cdot 10^1$
4	6			
	8	100		
	10^{-1}			
2	2		$3 \cdot 10^{-3}$	10^2
10^2				
8		110		
6	4			
4	6		10^{-2}	$3 \cdot 10^2$
	8			
	10^0	120		
2				
	2		$3 \cdot 10^{-2}$	10^3
10^1				
8		130		
6	4			
4	6		10^{-1}	$3 \cdot 10^3$
	8			
	10^1	140		
2				
	2		$3 \cdot 10^{-1}$	10^4
10^0				
8		150		
6	4			
4	6		10^0	$3 \cdot 10^4$
	8			
	10^2	160		
2			$3 \cdot 10^0$	10^5

Nomogramm 2
Ermittlung von M_{∇} und M_p



Nomogramm 3
Ermittlung von B_v , M_v und M_p

7. Beschreibung der Schaltung (siehe Stromlaufplan)

7.1. Mikrofonverstärker

Die Schaltung des Mikrofonverstärkers wirkt als Impedanz-Wandler. Als aktives Bauelement dient ein Feldeffekt-Transistor, der in Drain-Basisschaltung arbeitet. Er garantiert den für das Kondensator-Meßmikrofon erforderlichen hohen Eingangswiderstand von $> 200 \text{ M}\Omega$. Die Betriebsspannung von 85 V wird über HU 1/3 zugeführt und durch die Widerstände von 56 k Ω , 390 k Ω und 330 k Ω auf ca. 40 V geteilt. Diese Konzeption gewährleistet die Austauschbarkeit des Mikrofons gegen ältere röhrenbestückte Modelle (z.B. MV 101). Die beiden Elektrolyt-Kondensatoren (20 μF) sieben die geteilte Spannung. Die Gate-Vorspannung wird zwischen den Widerständen von 390 k Ω und 330 k Ω abgegriffen und über den 680-M Ω -Widerstand dem Gate zugeführt. Der Arbeitswiderstand von 22 k Ω befindet sich in der Source-Leitung. Die Polarisationsspannung von 200 V gelangt über HU 1/2 und die Widerstände von 10 M Ω , 200 M Ω und 8,2 k Ω zum Mikrofon. Die Signalspannung vom Mikrofon wird über den 8,2-k Ω -Widerstand und 680-pF-Kondensator dem Gate zugeführt. Die Abnahme des Ausgangssignals erfolgt am Source gegen Masse. Es steht an HU 1/5 mit einem Quellwiderstand von ca. 600 Ω zur Verfügung. Zur Erhöhung des Eingangswiderstandes und Verringerung der Eingangskapazität wird das Ausgangssignal zur Gegenkopplung über einen 10-nF-Kondensator dem Fußpunkt des 200-M Ω -Widerstandes zugeführt (Bootstrap-Effekt). Die Widerstände von 100 Ω (Drain-Leitung) und 8,2 k Ω dienen zum Schutz des Feldeffekt-Transistors.

Der Mikrofonverstärker besitzt einen Heizwiderstand von 57 Ω , der über HU 1/1 und HU 1/4 gespeist werden kann. Die Heizung wird wegen starker Batteriebelastung nur bei Bedarf (z.B. bei Messungen in feuchter Atmosphäre) eingeschaltet. Mit Hilfe einer eingebauten Kontakt-lasche kann man den Heizstromkreis unterbrechen und dadurch ein unbeabsichtigtes Einschalten der Heizung am Präzisions-Impulsschallpegelmessers 00 017 verhindern.

7.2. 1. Spannungsteiler

Vom Mikrofonverstärker gelangt das Signal an den Umschalter für die untere Grenzfrequenz S 1 und je nach Schalterstellung über den Koppelkondensator C 1 ($f_u = 2 \text{ Hz}$) oder C 2 ($f_u = 20 \text{ Hz}$) zum 1. Spannungsteiler W 1/BE 1. Dieser ist als Dünnfilm-Schaltkreis ausgeführt und besitzt einen Gesamtwiderstand von 100 k Ω .

Er teilt das Signal in Stufen von 7 x 10 dB und bildet gleichzeitig den Eingangswiderstand des Verstärkertells. Auf der Leiterplatte des 1. Spannungsteilers befindet sich außerdem die Schalterebene S 1/1/BE 1, die durch den Schalter BEREICH 1 betätigt wird.

Am Anschluß 1/BE 1 liegt die Kalibrierspannung, die durch (W 2, W 3)/BE 1 geteilt zum 1. Kontakt von S 1/1 geleitet wird.

7.3. 1. Verstärker VR 1

Der weitere Signalweg führt vom Schalter S 1/1/BE 1 über eine Abschirmleitung zum Eingang des 1. Verstärkers (Anschluß 2/BE 2). Zur Schaltung von VR 1 gehören die Transistoren TS 1 bis TS 5/BE 1. Sie besitzen im einzelnen folgende Funktionen:

- | | |
|-----------|--|
| TS 1 | Kollektorbasis-Stufe mit Bootstrap-Schaltung zur Impedanzwandlung. Dieser Transistor ist auf geringes Rauschen ausgesucht. |
| TS 2 | Differenzverstärker für das Eingangs- und Gegenkopplungssignal |
| TS 3 | Spannungsverstärker zur Erzielung einer hohen Schleifenverstärkung |
| TS 4/TS 5 | komplementäre Gegentakt-B-Stufe |

Sämtliche Transistoren sind untereinander galvanisch gekoppelt. Für den Gleichstromfall ist die Schaltung hundertprozentig gegengekoppelt und besitzt dadurch stabile Arbeitspunkte.

Zusätzlich stabilisieren die Silizium-Dioden (GR 1, GR 2)/BE 2 den Ruhestrom durch die Gegentakt-B-Stufe gegen den Einfluß von Temperaturänderungen.

Die Spannungsverstärkung bestimmen die Widerstände (W 1, W 5, W 7)/BE 2. Mit W 1 läßt sich die Verstärkung um ca. 12 dB verändern.

(TS 6, C 5, W 10)/BE 2 dienen zur elektronischen Siebung der Betriebsspannung von VR 1.

Das Grundprinzip von VR 1 wiederholt sich bis auf geringe Abweichungen in den übrigen Verstärkereinheiten. Eine Ausnahme bildet der Anzeigeverstärker.

7.4. Bewertungsfilter

Das Signal vom VR 1 wird über eine Abschirmleitung dem Schalter "Frequenzbewertung" S2/1 zugeführt. Die Eingänge der Filter A, B, C und D befinden sich gemeinsam am Anschluß 8/BE 2. Eine getrennte Signaleinspeisung erhalten das Linearglied W 4 und W 5, das Oktavfilter BE 3 und externe Filter über HU 4. Das A-, B- und C-Filter ist mit passiven Bauelementen realisiert. Die Zuordnung der Bauelemente auf BE 2 zu den Filtern zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Zuordnung der Bauelemente auf BE 2 im A-, B- und C-Filter

Filter	C	W
A	8, 9, 13, 15, 19	12, 16, 19, 22, 27, 33
B	8, 11, 12, 17	12, 15, 18, 24, 26, 31
C	8, 11, 12	12, 15, 18, 26, 31

Außerdem beeinflusst der Gesamtwiderstand des 2. Spannungsteilers (W 4/BE 1) sämtliche Filtercharakteristiken.

Das D-Filter besteht aus den Transistoren (TS 7, TS 8, TS 9)/BE 2 und den dazugehörigen passiven Bauelementen. Die Grunddämpfung des D-Filters wird mit W 36/BE 2 eingestellt. Die Widerstände W 4 und W 5, W 2 und W 3, W 6 und W 7 bilden je ein Dämpfungsglied von 10 dB zur Angleichung der Grunddämpfung des Linearbereiches, des Oktavfilters und der externen Filter an das A-, B-, C- und D-Filter.

Die Schaltung des Oktavfilters ist in Abschnitt 7.15. beschrieben. Das frequenzbewertete Signal gelangt über die Schalterebene S 2/2 zum 2. Spannungsteiler.

7.5. 2. Spannungsteiler

Der 2. Spannungsteiler (W 4/BE 1) ist als Dünnschicht-Schaltkreis ausgeführt; sein Gesamtwiderstand beträgt 100 kΩ. Er teilt das Signal in Stufen von 3 x 10 dB. Die dazugehörige Schalterebene S 2/1/BE 1 wird durch den Schalter BEREICH 2 betätigt. Eine Abschirmleitung leitet das Signal zum 2. Verstärker.

7.6. 2. Verstärker VR 2

VR 2 unterscheidet sich vom VR 1 durch die Ausgangsstufe, die hier durch nur einen Transistor (TS 13/BE 2) in Kollektorbasissschaltung gebildet wird. Eine Gegentaktstufe ist wegen der geringen Belastung durch den 3. Spannungsteiler nicht erforderlich. Ein weiterer Unterschied besteht in der frequenzabhängigen Gegenkopplung durch (C 29, W 46, W 48)/BE 2. Mit den Einstellreglern (W 46, W 47)/BE 2 wird der Frequenzgang an der unteren Frequenzgrenze sowie die Verstärkung eingestellt. Die Verstärkung von VR 2 beträgt ca. 40 dB. Der Transistor TS 10/BE 2 ist auf geringes Rauschen ausgesucht. Durch C 31/BE 2 erfolgt die Auskopplung des Signals für den 3. Spannungsteiler.

7.7. 3. Spannungsteiler

Im Unterschied zum 1. und 2. Spannungsteiler besitzt der 3. Spannungsteiler (W 5/BE 1) einen Gesamtwiderstand von 10 k Ω und teilt das Signal in 2 Stufen von je 10 dB. Er ist als Dünnschicht-Schaltkreis ausgeführt. Die dazugehörige Schalterebene S 2/2/BE 1 wird durch den Schalter BEREICH 2 betätigt. Über eine Abschirmleitung gelangt das Signal zum 3. Verstärker.

7.8. 3. Verstärker VR 3

Im Unterschied zu den beiden vorangegangenen Verstärkern muß VR 3 die höchste Signalamplitude ($\hat{u} = 10$ V) abgeben.

Deshalb werden Transistoren mit hoher Spannungsfestigkeit ((TS 16, TS 17, TS 18)/BE 2) eingesetzt, die zu ihrer Speisung ± 15 V benötigen. VR 3 besitzt eine Verstärkung von ca. 30 dB. Sein Ausgangssignal wird dem Verstärker VR 4 über C 13/BE 4 sowie dem Wechselspannungsausgang HU 2 über C 36/BE 2 zugeführt.

7.9. 4. Verstärker VR 4

Aufgabe des 4. Verstärkers ist die Signalaufbereitung für den Effektivwertgleichrichter. Zur Erzielung der dazu erforderlichen hohen Signalamplitude von $\hat{u} = 50$ V benötigt er Betriebsspannungen von +120 V und -13 V. Die Transistoren (TS 7 bis TS 13)/BE 4 bilden eine Verstärkereinheit mit 5facher Spannungsverstärkung und die Transistoren (TS 14 bis TS 19)/BE 4 einen phasendrehenden Eins-Verstärker, angesteuert über C 16/BE 4. Die oberen Zweige der Gegentaktstufen (TS 9, TS 11, TS 15, TS 17)/BE 4 müssen in der Sperrphase der Treibertransistoren ((TS 8, TS 14)/BE 4) leitend werden.

Infolge hochohmiger Ansteuerung über W 38/BE 4 bzw. W 46/BE 4 benötigen sie zur vollen Durchsteuerung eine hohe Stromverstärkung, die durch die Darlington-Stufen erreicht wird. Zu den unteren Zweigen der Gegentaktstufen gehören die Silizium-pnp-Transistoren (TS 10, TS 12, TS 13)/BE 4 und (TS 16, TS 18, TS 19)/BE 4.

Mangels spannungsfester Typen macht sich eine Aufteilung der Spannung auf zwei in Reihe geschaltete Transistoren und zusätzlich ein Ausschauen auf Spannungsfestigkeit erforderlich.

Die Silizium-Dioden (GR 7 bis GR 10)/EE 4 bilden eine nichtlineare, spannungsabhängige Gegenkopplung. Kleine Signalamplituden werden dadurch angehoben. Diese Maßnahme kompensiert teilweise die Nichtlinearität des nachgeschalteten Gleichrichters und verbessert dadurch die Linearität des Effektivwertgleichrichters.

Die Einstellung der Gleichstromarbeitspunkte erfolgt durch (W 34, W 45)/BE 4; die Einstellung der Verstärkung des Eins-Verstärkers durch W 50/BE 4 und der Frequenzabgleich durch C 17/BE 4.

Die gegenphasigen Signale hoher Amplitude werden über C 15/BE 4 und C 19/BE 4 dem Effektivwertgleichrichter zugeführt.

7.10. Effektivwertgleichrichter

Der Effektivwertgleichrichter besteht aus dem Lineargleichrichter (GR 15 bis GR 18)/BE 4 und der Quadrierstufe (TS 20 bis TS 25)/BE 4. Der Lineargleichrichter stellt im Prinzip eine Anordnung aus zwei Doppelweggleichrichtern dar, die die Ausgänge von VR 4 phasensymmetrisch belasten, um Richtspannungen auf den Koppelkondensatoren zu vermeiden. Der signalwirksame Belastungszweig ist die Quadrierstufe, zu der (W 54, W 55)/BE 4 das Gegengewicht bilden. Auf Meßpunkt (9)/BE 4 liegt die lineargleichgerichtete Signalfunktion. Mit W 54/BE 4 wird die Belastungssymmetrie eingestellt.

Nach der Lineargleichrichtung erfolgt die Effektivwertbildung in der Quadrierstufe. Die zur Quadrierung erforderliche Parabel wird durch einen Polygonzug mit 8 Geradenstücken angenähert. Die dazu erforderlichen Schaltfunktionen übernehmen der Lineargleichrichter (1. Strecke), die Siliziumdiode GR 20/BE 4 (2. Strecke) und die Transistoren (TS 20 bis TS 25)/BE 4 (3. bis 8. Strecke). Der Momentanstrom, der durch Summierung der Zweigströme durch W 65 bis W 72)/BE 4 entsteht, verhält sich proportional zum Quadrat der Momentanspannung am Eingang des Lineargleichrichters.

Das RC-Glied, bestehend aus einer Parallelschaltung von (W 73, C 21)/BE 4 und einer weiteren durch (C 23 bis C 26)/BE 4 gebildeten Kapazität, nimmt eine Aufteilung der Stromfunktion vor:

Der Wechselstromanteil fließt durch die Kondensatoren und der Gleichstromanteil durch W 74/BE 4. Der Gleichstromanteil erzeugt einen Spannungsabfall über W 73/BE 4, der dem linearen Mittelwert der Stromfunktion und damit dem Effektivwert der Eingangsspannung proportional ist. Dieser Spannungsabfall bildet das Ausgangssignal und steuert gleichzeitig die Knickspannungen für den Polygonzug. Die Parabelform wird dadurch signalpegelabhängig, wodurch ein linearer Zusammenhang zwischen Signalgleichspannung am Ausgang und Effektivwert der Eingangsspannung entsteht. Bei Vollaussteuerung liegt an W 73/BE 4 eine Signalspannung von ca. 2 V.

Die Zeitkonstante des RC-Gliedes richtet sich nach der Stellung des Schalters "Zeitbewertung" (S 4/1 a). Die Z-Diode GR 21/BE 4 begrenzt zum Schutze des Anzeigeverstärkers die Ausgangsspannung auf maximal 7 V.

Die Diode GR 19/BE 4 kompensiert teilweise den Einfluß der Basis-Emitter-Spannungen von (TS 20 bis TS 25)/BE 4.

Vom Ausgang des Effektivwertgleichrichters gelangt das Signal zum Eingang des Anzeigeverstärkers.

7.11. Anzeigeverstärker

Der Anzeigeverstärker liefert die vom Anzeigeelement (120 μ A bei Vollausschlag) benötigte Meßleistung und bewirkt die Zeitdehnung bei den Zeitbewertungen I, I HALTEN und SPITZE HALTEN. Er enthält den integrierten Schaltkreis VR 1/BE 4 und die Transistoren (TS 26, TS 27, TS 28)/BE 4.

Die Eingangsstufe bildet ein Differenzverstärker mit einem Transistor in Stromquellenschaltung im Emitterzweig. Dem nichtinvertierenden Eingang wird das Eingangssignal und dem invertierenden die Gegenkopplungsspannung zugeführt.

Den Arbeitswiderstand der Differenzstufe bildet die Widerstandskombination (W 75, W 76, W 78)/BE 4. Mit W 76/BE 4 wird der Arbeitspunkt und damit der elektrische Nullpunkt der Schaltung eingestellt. Der Thermistor W 78/BE 4 erhöht die Nullpunktstabilität bei Temperatureinflüssen.

Bei eingeschalteter Zeitbewertung durch S 4/1 b, Stellung 10, wirken (TS 27, GR 22, C 28 und TS 28)/BE 4 als Zeitdehner. C 28/BE 4 wird von TS 27/BE 4 über GR 22/BE 4 aufgeladen. W 84/BE 4 begrenzt den Ladestrom. Der Feldeffekt-Transistor TS 28/BE 4 dient als Impedanzwandler, der eine praktisch leistungslose Steuerung des Instrumentenstromes durch die Kondensatorspannung ermöglicht. Die Rücklaufzeitkonstante wird durch (C 28, W 89)/BE 4 bestimmt. Der Entladevorgang verläuft nicht gegen Massepotential, sondern gegen eine vom Schleifer W 87/BE 4 abgegriffene negative Hilfsspannung. Die Höhe der Hilfsspannung wird auf einen Wert gestellt, der gleich der Gate-Source-Spannung von TS 28/BE 4 für eine Ausgangsspannung von Null ist. In der Stellung I HALTEN oder SPITZE HALTEN von S 4/1 b (Stellung 11 oder 12) wird der Widerstand W 89/BE 4 abgetrennt, so daß die Entladung von C 28/BE 4 nur über den Sperrwiderstand von GR 22/BE 4 und die Isolationswiderstände erfolgt.

Beim Drücken der Taste LÖSCHEN (S 5) wird das Gate von TS 28/BE 4 direkt an den Schleifer von W 87/BE 4 gelegt und damit C 28/BE 4 relativ niederohmig entladen.

Bei eingeschalteter Zeitoewertung F oder S (S 4/1 b steht auf Stellung 9 oder 8) liegt der Widerstand W 86/BE 4 parallel zu GR 22/BE 4. Dadurch wird der Zeitdehner unwirksam.

Die Regler (W 93, W 96, W 97)/BE 4 dienen zum Abgleich des Instrumentenstromes für die verschiedenen Zeitbewertungen. Der Ausgang des Anzeigeverstärkers speist gleichzeitig über den Teiler W 8 und W 9 den Gleichspannungsausgang HU 5.

Die Widerstände (W 99, W 100)/BE 4 sind bei Batteriekontrolle in Stellung 1 von S 4/2 wirksam.

7.12. Übersteuerungsanzeige

Das Gerät enthält zwei Übersteuerungsanzeigeschaltungen, die nach dem gleichen Prinzip arbeiten:

- (TS 3, TS 4)/BE 4 in Verbindung mit GL 1 zur Überwachung des Signalpegels vor den Filtern,
- (TS 5, TS 6)/BE 4 in Verbindung mit GL 2 zur Überwachung des Signalpegels vor der Quadrierstufe.

Die Übersteuerungsanzeigeschaltung enthält im wesentlichen einen monostabilen Multivibrator ((TS 3 und TS 4)/BE 4). Im Ruhezustand ist TS 3/BE 4 gesperrt und TS 4/BE 4 leitend. Das Kollektorpotential von TS 4/BE 4 liegt dann weit unter dem für die Zündung der Glühlampe GL 1 erforderlichen Wert. Trifft an der Basis von TS 3/BE 4 ein positiver Impuls ein, der dessen Emitterpotential sowie die Schleusenspannung der Basis-Emitter-Diode überschreitet, wird dieser Transistor leitend und sperrt TS 4/BE 4. Dessen Kollektorspannung springt auf einen Wert von ca. 100 V und bringt über (W 16, C 10)/BE 4 GL 1 zum Blinken. Über den Mittkoppelzweig (C 9, W 11)/BE 4 verharrt die Schaltung ca. 500 ms in diesem Kippzustand, so daß auch kurzzeitige Übersteuerungen deutlich erkannt werden.

Der Zweig (GR 4, W 13)/BE 4 sorgt nach dem Rückkippvorgang für eine schnelle Umladung von C 9/BE 4, wodurch sich verzögerungsarm die normale Ansprechempfindlichkeit der Schaltung für weitere Signale wieder einstellt.

(TS 2, GR 2, GE 3)/BE 4 bilden einen Doppelweg-Gleichrichter, der die Schaltung sowohl auf positive als auch auf negative Impulse ansprechen läßt. Für den 2. Multivibrator übernimmt diese Funktion der Lineargleichrichter. Mit den Reglern (W 19, W 30)/BE 4 wird die Ansprechschwelle der Schaltungen eingestellt.

7.13. Kalibrierspannungsquelle

Der Sinusgenerator (TS 1, TR 1)/BE 4 erzeugt durch induktive Dreipunktschaltung eine Sinusspannung von 1000 Hz mit konstanter Amplitude. Der Schwingkreis besteht aus der Induktivität des Ferrit-Schalenkern-Transformators TR 1/BE 4 und den Kondensatoren (C 2, C 3)/BE 4. Durch C 3/BE 4 erfolgt der Grobgleich und durch den Kern von TR 1/BE 4 der Feinabgleich der Frequenz. Die Z-Diode GR 1/BE 4 in Verbindung mit C 1/BE 4 begrenzt die Schwingkreisamplitude auf ca. 4 V. Der Kondensator C 29/BE 4 verhindert Schwingungen der Schaltung im HF-Gebiet. Die Abnahme der Kalibrierspannung erfolgt am Emitter von TS 1/BE 4 über C 4/BE 4 und den Spannungsteiler (W 3, W 4)/BE 4. Sie wird mit W 4/BE 4 auf ca. 30 mV eingestellt, anschließend durch eine Abschirmleitung zu BE 1 geführt und dort von (W 3, W 2)/BE 1 auf ihren endgültigen Wert von 2,5 mV geteilt.

In der Stellung ▼ des Schalters BEREICH 1 gelangt die Kalibrierspannung über Kontakt 1 von S 1/1/BE 1 an den Eingang des 1. Verstärkers. In den übrigen Schaltstellungen ist der

Sinusgenerator abgeschaltet, um eine zusätzliche Stromentnahme aus den Batterien und Störeinflüsse in empfindlichen Meßbereichen zu vermeiden. Die Abschaltung erfolgt durch die Schalterebene S 1/2/BE 1, die die negative Betriebsspannung von W 2/BE 4 abtrennt. Dadurch bleibt der Transistor TS 1/BE 4 gesperrt.

7.14. Stromversorgung

Das Gerät benötigt zur Speisung eine Gleichspannung von 5 bis 7,5 V bei einer Stromaufnahme von ca. 200 mA. Die Speisespannung wird durch den Schalter "Zeitbewertung", Ebene S 4/3 a eingeschaltet. Der größte Teil der Schaltung befindet sich auf BE 5 und ist durch eine Blechkappe abgeschirmt. Das Kernstück der Schaltung bildet ein Gegentakt-Transverter, bestehend aus einem Ferrit-Schalenkern-Transformator TR 1/BE 5 und den Transistoren (TS 4, TS 5)/BE 5. Ihr Steuersignal erhalten sie von den Anzapfungen 4 und 5 des Transformators über die RG-Kombinationen in den Basisleitungen. Ihr Arbeitspunkt stellt sich durch die Richtspannungen auf den Kondensatoren (C 4, C 5)/BE 5 ein. Der Transverter schwingt mit ca. 25 kHz. Seine Betriebsspannung erhält er über die Transistoren (TS 8, TS 12, TS 13)/BE 5. Zur Spannungsstabilisierung dient ein Regelverstärker mit den Transistoren (TS 2, TS 3, TS 6, TS 7, TS 8, TS 12, TS 13)/BE 5. Die Differenzstufe (TS 2, TS 3)/BE 5 vergleicht die sekundärseitig erzeugte Betriebsspannung von 13 V über C 13/BE 5 mit der Referenzspannung über der Z-Diode GR 1/BE 5. Die Höhe der Sekundärspannungen wird mit W 5/BE 5 eingestellt. Durch die Diode GR 2/BE 5 erhält die Schaltung eine zum Anlauf erforderliche Anfangsspannung. Nach dem Einschwingvorgang bleibt diese Diode gesperrt. Die Kondensatoren (C 3, C 6, C 23)/BE 5 verhindern Schwingungen im HF-Gebiet.

Die Sekundärwicklung von TR 1/BE 5 liegt mit einem Ende (Anschluß 7) an Masse. Sämtliche Betriebsspannungen werden durch Vervielfachung gewonnen, wodurch eine phasensymmetrische Belastung des Transverters eintritt. Eine Ausnahme bildet die den Transverter nur wenig belastende Hilfsspannung von 30 V zur Speisung von zwei Transistoren in der Quadrierstufe. Sie entsteht durch Einweggleichrichtung mit (GR 3, C 8)/BE 5. Eine Übersicht der erzeugten Spannungen und der zugeordneten hauptsächlichsten Bauelemente gibt Tabelle 3.

Die Polarisationsspannung für das Mikrofon (200 V) wird durch Versechsfachung der Spannung vom Anschluß 2 an TR 1/BE 5 (60 V) erzeugt. Auf C 19/BE 5 entstehen dadurch 360 V. Nach zusätzlicher Stabilisierung durch TS 9/BE 5 liegen an dessen Emitter ca. 220 V an. Mit W 19/BE 5 wird auf C 22/BE 5 eine Spannung von 200 V eingestellt. Die Dioden (GR 14, GR 15)/BE 5 dienen zur Siebung. Zur Erzeugung der Referenzspannung von 220 V sind 10 Z-Dioden SZX 21/22 (GR 16 bis GR 25)/BE 5 in Reihe geschaltet.

Das Siebglied (W 16, C 20)/BE 5 schließt Rauschspannungen kurz, die über den Z-Dioden durch den Betrieb mit geringen Strömen entstehen.

Die Mikrofon-Betriebsspannung (85 V) wird durch zusätzliche Stabilisierung durch (TS 10, TS 11)/BE 5 von 120 V abgeleitet. Ihre Einstellung erfolgt mit dem Regler W 21/BE 5, der im stabilisierten Stromkreis der Polarisationsspannung liegt.

Auf der Leiterplatte BE 6 befinden sich weitere Bauelemente zur Siebung der Betriebsspannungen. Die Bauelemente (W 2, C 5)/BE 6 gehören zur Blinkerschaltung der Betriebsanzeigelampe (GL 3).

Die Mikrofonheizung erfolgt direkt aus der Speisespannung über die Siebschaltung (TS 1, C 1, C 2, W 4)/BE 5. Sie wird bei Bedarf mit dem Schalter S 3 eingeschaltet.

Tabelle 3 Zuordnung der Bauelemente zu den erzeugten Betriebsspannungen

Spannung in V	Anschluß an TR1/BE5	Bauelemente auf BE 5
+13	8	C 10, GR 4, GR 5, C 13, W 13
-13	8	C 12, GR 9, GR 10, C 17, W 14
+30	1	GR 3, C 8, W 12, C 9
+120	2	C 11, GR 6, GR 7, C 15, W 23, C 21
+85	2	C 11, GR 6, GR 7, C 15, TS 10, TS 11, W 24
+200	2	C 11, GR 6, GR 7, C 15, GR 8, C 14, GR 11, C 18, GR 12, C 16, GR 13, C 19, TS 9, W 17 bis W 22, GR 14, C 22, GR 15

7.15. Oktavfilter

Das Oktavfilter ist in aktiver Schaltungstechnik ausgeführt und besitzt keine Grunddämpfung. Die prinzipielle Arbeitsweise ist in Bild 3 dargestellt.

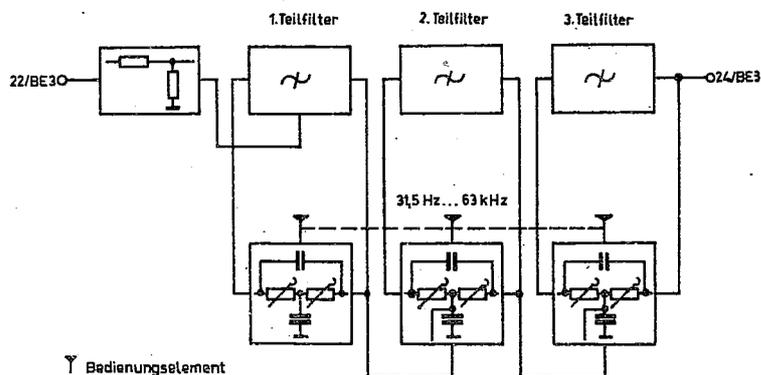


Bild 3
Übersichtsschaltplan des Oktavfilters

Das zu analysierende Signal gelangt vom Anschluß 22/BE 3 über einen Eingangsteiler zur Filtereinheit. Diese besteht aus drei in Kette geschalteten Teilfiltern.

Die Schwingkreischarakteristik jedes Teilfilters wird durch ein umschaltbares RC-Netzwerk mit Bandsperre-Verhalten (überbrücktes T-Glied) im Gegenkoppelzweig erzeugt. Das Produkt der drei Schwingkreis-Übertragungsfaktoren ergibt die gewünschte Oktav-Bandpaß-Charakteristik. Der Signalausgang befindet sich am Anschluß 24/BE 3.

Die Resonanzfrequenz des 1. Teilfilters liegt unterhalb der Filtermittenfrequenz (f_m), des 2. Teilfilters oberhalb von f_m und des 3. Teilfilters bei f_m . Die drei Teilfilter besitzen gleiche Schaltungsstruktur.

Der Verstärker des 1. Teilfilters enthält die Transistoren (TS 1 bis TS 6)/BE 3 mit folgenden Funktionen:

- TS 1/BE 3 Differenzverstärker für das Eingangssignal am Emitter und das Gegenkoppelsignal an der Basis
- TS 2/BE 3 Spannungsverstärker zur Erzielung einer hohen Schleifenverstärkung

TS 3/BE 3 Transistor zur Einstellung des Ruhestromes durch (TS 5 und TS 6)/BE 3 und zur Temperaturkompensation des Verstärkers
TS 4/BE 3 Steuertransistor für TS 5/BE 3
(TS 5, TS 6)/
BE 3 komplementäre Gegentakt-B-Stufe

Der Ruhestrom durch die Gegentakt-B-Stufe (ca. 0,6 mA) wird mit W 11/BE 3 eingestellt. Zum Grobgleich dient der Widerstand W 12/BE 3.

In gleicher Weise erfolgt die Einstellung des Ruhestromes im 2. Teilfilter durch (W 30, W 31)/BE 3 und im 3. Teilfilter durch (W 49, W 50)/BE 3.

Die Transistoren (TS 2, TS 8, TS 14)/BE 3 sind auf eine Mindeststromverstärkung von 40 ausgesuchte Bauelemente.

Resonanzfrequenz und Güte des 1. Teilfilters bestimmen die Kondensatoren (C 2, C 5)/BE 3 sowie die Widerstände (W 3 bis W 7, W 14, W 15, W 17, W 18, W 19)/BE 3. Im 2. und 3. Teilfilter kommen noch die Kondensatoren (C 9, C 17)/BE 3 hinzu. Das Einstellen der Oktäv-Mittelfrequenzen erfolgt durch gleichzeitiges Umschalten der Widerstände (W 7, W 17, W 26, W 36, W 45, W 55)/BE 3, die als Dünnschicht-Schaltkreis ausgeführt sind. Die Elektrolyt-Kondensatoren (C 3, C 4, C 10, C 11, C 18, C 19)/BE 3 blockieren Gleichstromkomponenten in den umschaltbaren Widerstandszweigen, wodurch störende Signalsprünge beim Umschalten weitestgehend vermieden werden.

Zum Abgleich der Grunddämpfung dient W 60/BE 3 und der Filterkurven-Symmetrie C 15/BE 3.

Die Betriebsspannung von +13 V gelangt vom Anschluß 33/BE 3 über Schalterebene S 1/4 und eine Verbindungsleitung vom Anschluß 32/BE 3 zum Anschluß 30/BE 3.