

## BEDIENUNGSANLEITUNG

# Niederfrequenzfilter VF 30



**VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul**

im VE Kombinat Präcitronic

8122 Radebeul, Wilhelm-Pieck-Straße 58

VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul  
im Kombinat Präcitronic  
Wilhelm-Pieck-Straße 58  
R a d e b e u l  
8 1 2 2

---

N I E D E R F R E Q U E N Z F I L T E R    V F    3 0

---

- B e d i e n u n g s a n l e i t u n g -

Ausgabe 7. 88

<u>I N H A L T</u>	Seite
1. Verzeichnis der Bilder . . . . .	3
2. Bild VF 30 und Bedienelemente. . . . .	4
3. Einleitung . . . . .	6
4. Verwendungszweck . . . . .	7
5. Lieferumfang und Erganzungsgerate. . . . .	8
6. Technische Daten . . . . .	9
7. Wirkungsweise . . . . .	17
8. Betriebsanweisung . . . . .	18
8.1 Inbetriebnahme . . . . .	18
8.2 Oszillatorbetrieb . . . . .	19
8.3. Tief- und Hochpaß . . . . .	19
8.4. Bandpaß . . . . .	19
8.5. Bandsperre . . . . .	20
8.6. Fremdspeisung . . . . .	20
8.7. Digitalausgang der bersteuerungsanzeige . . . . .	21
9. Anwendungsbeispiele . . . . .	21
9.1. Bandbreitenbegrenzung bei verrauschten Signalen . . . . .	21
9.2. 50-Hz-Sperre . . . . .	22
9.3. Einsatz als Terzfilter . . . . .	22
9.4. Aufnahme eines Rauschspektrums . . . . .	23
9.5. Frequenzspektrum mechanischer Schwingungen . . . . .	24
9.6. Frequenzgangmessung an Tonbandgeraten . . . . .	24
9.7. Klirrfaktormessungen . . . . .	27
10. Überprüfung des Gerates . . . . .	28
11. Mechanischer Aufbau . . . . .	31
12. Elektrische Schaltung . . . . .	31
13. Wartung, Schutzleiter- und Hochspannungsprüfung . . . . .	34
14. Reparaturhinweise und Abgleichvorschrift . . . . .	35
15. Lager- und Transportbedingungen . . . . .	37
16. Schaltteilliste . . . . .	38
- Notizen . . . . .	42
17. Schutzgtezeugnis . . . . .	43
19. Stromlaufplan . . . . .	Anlage

<u>1. B i l d e r</u>	Seite
Bild 1	Vorderansicht des VF 30 . . . . . 4
Bild 2	Betriebsart Tiefpaß, Frequenzgang normiert . . . 11
Bild 3	Betriebsart Hochpaß, Frequenzgang normiert . . . 12
Bild 4	Betriebsart Bandpaß, Frequenzgang normiert . . . 14
Bild 5	Betriebsart Bandsperre, Frequenzgang normiert . . . 15
Bild 6	Übersichtsschaltplan . . . . . 17
Bild 7	Frequenzspektrum der Schwingbeschleunigung eines Ventilators . . . . . 25
Bild 8	Frequenzgang eines Kassettenrecorders mit Aussteuerungsautomatik . . . . . 25
Tafel	Individuelle Korrektur . . . . . 30

Aus unserem Fertigungsprogramm

- Wandler und Geräte zum Messen mechanischer Schwingungen
- Meßverstärker für Gleich- und Wechselspannungen
- Ladungs- und Differenzverstärker
- Leistungsverstärker als Antrieb für Schwingtische und für elektroakustische Anlagen
- Voltmeter für Effektiv- und Spitzenwert und deren Speicherung
- Magnetbandmodulator zum Speichern und Auswerten tiefstfrequenter Vorgänge
- Langzeitintegrator, besonders für die Ermittlung von Langzeit-effektivwert und Energiedosis in der Schall- und Schwingungsmeßtechnik
- Wandler und Geräte zur Messung des Sauerstoffdruckes in Flüssigkeiten und Gasen
- Tonfilmverstärker für die Kinotechnik

VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul  
im Kombinat Präcitronic  
Wilhelm-Pieck-Straße 58  
R a d e b e u l  
8 1 2 2

T e l e f o n : Dresden 7 50 88  
Dresden 7 43 71

## 2. Bild VF 30 und Bedienelemente

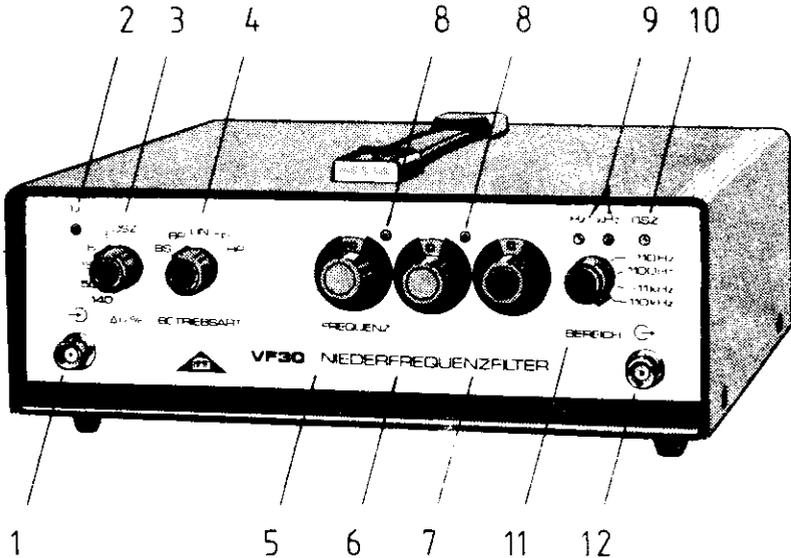


Bild 1: Vorderansicht des VF 30

### Frontplatte

- 1 Eingang  $R_e = 1 \text{ MOhm}$
- 2 Übersteuerungsanzeige  
Sie leuchtet ab einem Spitzenwert von  $\dots \text{ V}$ .
- 3 Bandbreitenschalter ( $S_1$ )  
Er ist nur in den Betriebsarten BS und BP wirksam und gibt die auf die eingestellte Mittenfrequenz bezogene relative Bandbreite in Prozent an. Zugleich ist er der Schalter für Oszillatorbetrieb (Betriebsart BS oder BP!).
- 4 Betriebsartenschalter ( $S_2$ )  
BS Bandsperre  
BP Bandpaß  
LIN Linearbetrieb  
TP Tiefpaß  
HP Hochpaß

Voraussetzung:  
 $S_1$  (Position 3)  
befindet sich nicht  
in der Stellung  
OSZ

- 5 Erste Ziffer der Frequenz, stufig 1 ... 10 (S.)
  - 6 Zweite Ziffer, stufig 0 ... 9 (S.)
  - 7 Dritte Ziffer, stufig 0 ... 9, so daß eine Überlappung der Frequenzbereiche gewährleistet ist (S.)
  - 8 Anzeige des Nennwertes der Frequenzangabe
  - 9 Anzeige der Maßeinheit Hz oder kHz
  - 10 ON
- Anzeige, daß mit dem Bandbreitenschalter der Oszillator betriebsbereit ist. Ein an Eingang liegendes Signal wird angeschaltet. In den Stellungen BS, BP des Betriebsartenschalters wird eine Wechselspannung erzeugt, deren Frequenz durch Frequenz- und Bereichsschalter bestimmt wird (Spannung etwa 0,65 V, sinusförmig).
- 11 Schalter für den Frequenzbereich (S.)  
Die Zahlen geben den jeweiligen Bereichswert an.
  - 12 Ausgang  $R_1 = 300 \text{ Ohm}$

#### R ü c k s e i t e

- Erdungsanschluß  
Telefonbuchse 4 mm, die mit dem Schutzleiter verbunden ist.
- Netzanschluß 220 V  
Kaltgerätestecker mit Schutzkontakt (Die Meßerde und das Gehäuse des VF 30 sind aber entsprechend der Schutzklasse II erdfrei und gegen die Netzanschlüsse schutzisoliert).
- FREMDSPEISUNG  
Steckdose 7-polig (NF-Steckverbinder 7/25, TGL 200-3319)  
als Betriebsspannungsausgang, Eingang für Fremdspeisung des VF 30 und als Ausgang zum Signalisieren einer Übersteuerung.  
Kontakt 1 Masse (links unten)  
Kontakt 2 + 24 V  
Kontakt 5 - 24 V  
Kontakt 7 Übersteuerung (Mitte)

### 3. Einleitung

Filter sind immer dann erforderlich, wenn Anteile eines Frequenzspektrums entweder benötigt werden, oder wenn sie stören. Das NIEDERFREQUENZFILTER VF 30 simuliert ein LC-Glied, das als Hoch- oder Tiefpaß, Sperr- oder Saugkreis (Parallel- oder Reihenschwingkreis) mit frequenzunabhängig konstanter relativer Bandbreite geschaltet werden kann.

Hieraus resultieren folgende Betriebsarten:

- Tiefpaß - der Frequenzbereich oberhalb des eingestellten Wertes wird bedämpft,
- Hochpaß - der Frequenzbereich unterhalb dieses Wertes wird bedämpft,
- Bandpaß - Spannungen mit der gewählten Frequenz werden nicht verändert, außerhalb eines umschaltbaren Bereiches werden sie stark geschwächt,
- Bandsperre - eine Spannung mit der eingestellten Frequenz wird unterdrückt,
- Oszillator - das Resonanzsystem wird zu Schwingungen auf der gewählten Frequenz angeregt.

Die wichtigsten Eigenschaften des NIEDERFREQUENZFILTERS VF 30 sind:

- Durchlaßfrequenzbereich 0 Hz (Gleichspannung) bis 500 kHz.
- Filterfrequenzbereich 10 Hz bis 110 kHz.
- Frequenzeinstellung: direkte Vorwahl von Ziffern und Komma ohne Umrechnung.
- Die Betriebsart OSZILLATOR erlaubt eine sehr genaue Bestimmung der eingestellten Frequenz (typisch  $\pm 0,1$  % bei BP, BS).
- Die relative Bandbreite ist zwischen 3 % und 140 % der gewählten Mittenfrequenz umschaltbar.
- Eine Übersteuerungsanzeige schützt vor Meßfehlern durch zu hohe Signalspitzen.
- Es sind der Betrieb aus dem 220-V-Netz und aus externen Batterien möglich.
- Die Meßerde liegt am Gehäuse und ist gegen das Netz geschützt. Auf diese Weise werden Meßfehler und Brummeinstreuungen durch Erdschleifenbildung vermieden.

#### 4. Verwendungszweck

Entsprechend den genannten Funktionen gibt es für das NIEDERFREQUENZFILTER VF 30 vielfältige Anwendungsmöglichkeiten.

Ein Beispiel ist der Einsatz in der Schwingungsmeßtechnik, der Akustik und akustischen Meßtechnik. Hier stören oft tieffrequente Anteile wie z. B. pyroelektrische Spannungen und das Funkelrauschen. Liegen sie außerhalb des zu messenden Frequenzbereiches, so können sie mit dem VF 30 wirkungsvoll unterdrückt werden. Das gleiche gilt für höherfrequente Störsignale, die von für die jeweilige Messung bedeutungslosen Resonanzen oder vom Verstärkerrauschen hervorgerufen werden.

Auch Amplituden- und Leistungsspektren können mit dem NIEDERFREQUENZFILTER VF 30 leicht aufgenommen werden. Bei der relativen Bandbreite 15 % sind Terzbandmessungen mit meist ausreichender Genauigkeit möglich.

Weitere Einsatzgebiete des VF 30 sind die Rauschmessung an elektronischen Bauelementen und Verstärkern, das Unterdrücken von Störsignalen, die Resonanzstellensuche und Klirrfaktormessungen.

Da das NIEDERFREQUENZFILTER VF 30 Selektivmessungen kleinster Spannungen erlaubt, ist es in Verbindung mit einem Rauschgenerator und den Effektivwertvoltmetern VM 76 oder VM 74 zum Bestimmer des Frequenzganges von Tonbandgeräten und Kassettenrecordern geeignet.

Als Tongenerator mit fester Ausgangsspannung ist das VF 30 ebenfalls vielfältig nutzbar.

Einige Anwendungsbeispiele werden im Abschnitt 9. ab S. 21 beschrieben.

## 5. Lieferumfang und Ergänzungsgeräte

Zum Lieferumfang gehören

- 1 NIEDERFREQUENZFILTER VF 30
- 1 Schutzkontakt-Netzanschlußkabel
- 1 Bedienungsanleitung
- 1 Garantiekunde
- 2 Ersatzsicherungen 35 mA träge

Als ergänzende Zusatzgeräte empfehlen wir für Anwendungen in der Schwingungsmeßtechnik unser Sortiment an piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmern der Typenreihen KB, KÜ und KS, sowie das SCHWINGUNGSMESSGERÄT VM 21 zur elektrischen Messung von Schwingbeschleunigung und -geschwindigkeit bei mechanischen Vibrationen. Das SCHWINGUNGSMESSGERÄT VM 21 besitzt hierzu eine Filterschnittstelle mit umschaltbarer Nachverstärkung, so daß das VF 30 stets in einem optimalen Pegelbereich betrieben werden kann.

Der LADUNGSVERSTÄRKER M 61 LK sollte bei größeren Entfernungen zwischen Beschleunigungsaufnehmer und Meßgeräten ohne Ladungseingangsstufe als Impedanzwandler verwendet werden.

Das EFFEKTIV- UND SPITZENWERTVOLTmeter VM 70 bzw. VM 71 ist für die Messung von Wechselspannungen beliebiger Kurvenform und von Einzelimpulsen vorgesehen. Es enthält ebenfalls eine Anschlußmöglichkeit zum Einschleifen eines Filters.

Bei sehr kleinen Signalpegeln ist oft der Einsatz des WECHSELSPANNUNGSVERSTÄRKERS M 61 WK angebracht. Er verfügt über eine rauscharme Eingangsstufe hoher Impedanz und eine große Bandbreite von 0,1 Hz bis 500 kHz.

Der DIFFERENZVERSTÄRKER M 61 DK gestattet das Erfassen von Gleich- und Wechselspannungen gegen Masse oder zwischen zwei Meßpunkten. Seine Bandbreite beträgt 0 Hz bis 500 kHz bei ebenfalls hoher Eingangsimpedanz. Für den Betrieb von Wandlern steht eine Speisespannung zur Verfügung. Wandlerübertragungsfaktoren können ziffernmäßig einkalibriert werden.

## 6. Technische Daten:

### Definitionen:

- Amplitudenübertragungsmaß  $A$ 
  - linear:  $A_{lin} = \text{Ausgangsspannung } U_a / \text{Eingangsspannung } U_e$
  - logarithmisch in dB:  $A = 20 \lg (U_a / U_e)$
- Grenzfrequenz  $f_g$ : Bei dieser Frequenz hat  $A$  den Wert 0,707 bzw.  $-3$  dB
- Mittenfrequenz  $f_m$ : Bei der Frequenz  $f_m$  hat  $A$  in der Betriebsart BS ein Maximum und in der Betriebsart BS ein Minimum.
- Relative Bandbreite: Differenz der beiden Frequenzen, bei denen  $A$  den Wert 0,707 besitzt, bezogen auf  $f_m$ .

### 6.1. Eingang, Verstärkung, Ausgang

Eingang BNC-Anschluss (HF-Steckdose 12-6, TGI 200-280)

Eingangswiderstand 1 MOhm  $\pm$  0,1 MOhm

Eingangskapazität 30 pF

Aussteuerbarkeit (Signalspitzenwert)  $\pm 10$  V

zulässige Eingangsspannung  $\pm 15$  V

Verstärkung (bzw. Grunddämpfung) 1 (0dB)

Durchlaßfrequenzbereich in den Betriebsarten BS, TP im linearen Teil und bei LIN

Übertragungsmaß	-3 dB	0 Hz bis 500 kHz
	$\pm 0,5$ dB	0 Hz bis 100 kHz
	$\pm 0,2$ dB	0 Hz bis 50 kHz

In der Betriebsart HP gelten diese Werte nur bis  $f_{gr} = 5$  kHz, (siehe 6.4., S. 12).

Ausgang BNC-Anschluß (wie Eingang)

maximal mögliche Ausgangsspannung (Spitzenwert) 3 bis 14 V

Innenwiderstand des Ausgangs

Betriebsarten BS, LIN, TP 300 Ohm  $\pm$  30 Ohm

Betriebsarten BP, HP 300 Ohm in Reihe mit 10 pF

(Ein eventueller Eingangsstrom des

angeschlossenen Gerätes wird über einen Widerstand von 22 k $\Omega$ m gegen Masse abgeleitet.)

Ausgangsoffsetspannung

(Ruhegleichspannung) BETRIEBSART

BP, HP	max. $\pm 0,5$ mV
BS, TP	max. $\pm 5$ mV
LIN	max. $\pm 25$ mV

Temperaturkoeffizient aller

Frequenzangaben

typ.  $-0,1$  %/10 K

max.  $-1$  bis  $+0,5$  %/10 K

## 6.2 Oszillatorbetrieb

Frequenz  $f_{OSZ}$  einstellbar

10 Hz bis 110 kHz

Ausgangsspannung (typischer Wert)

0,65 V sinusförmig

Fehler der Frequenzskala

bis BEREICH 11 kHz

$\pm 2$  %

BEREICH 110 kHz

$\pm 3$  %

## 6.3. Betriebsart Tierpaß (Bild 2, S.11)

Bandbreite

0 Hz bis  $f_g$

obere Grenzfrequenz  $f_g$  ( $-3$  dB) einstellbar

10 Hz bis 110 kHz

BEREICH	bis 11 kHz	110 kHz
Fehler der Frequenzskala	$\pm 3$ %	$\pm 3$ %
Differenz $f_{OSZ} - f_g$	$\pm 1,5$ %	$\pm 3$ %
Übertragungsmaß A		
bis $f = 0,1 f_g$	$-0,1$ bis $+0,2$ dB	$+0,3$ dB
$0,1$ bis $0,5 f_g$	$-0,5$ bis $+0,2$ dB	$-1$ bis $+0,5$ dB
bei $f = 2f_g$	$-12$ dB	$-11$ dB

Flankensteilheit oberhalb  $2f_g$

$-12$  dB/Oktave

Störspannung am Ausgang

typ. 0,15 mV, max. 0,5 mV

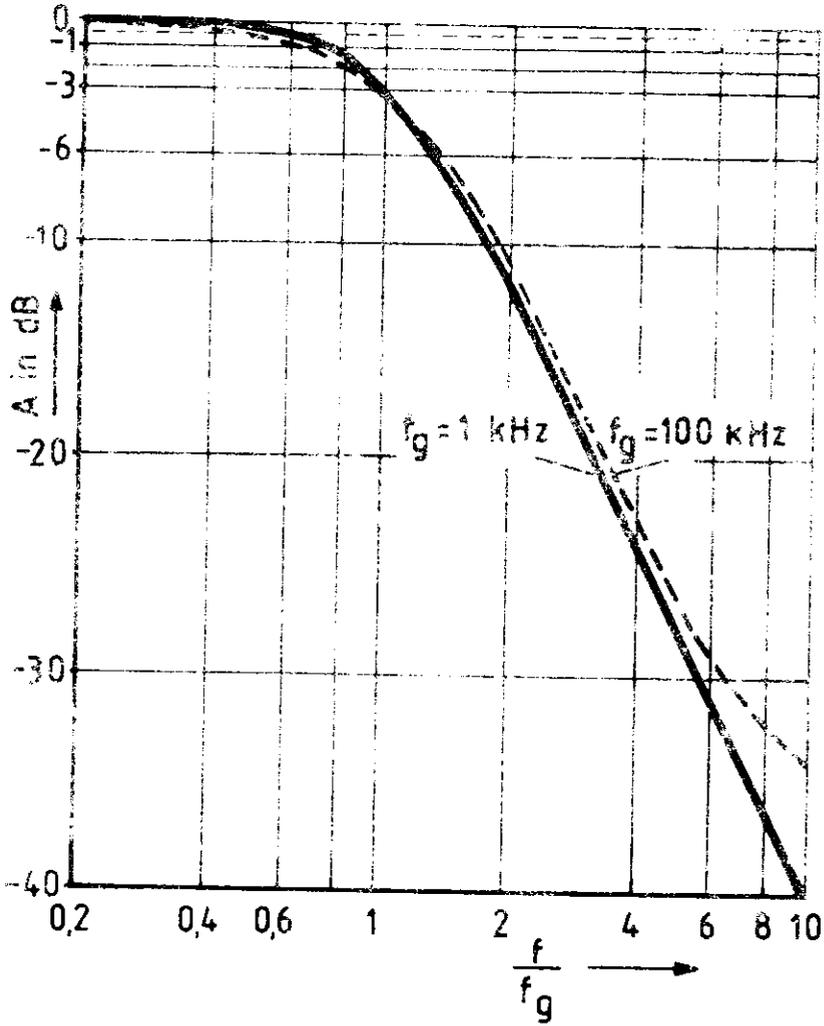


Bild 2: Betriebsart Tiefpaß, Frequenzgang normiert

6.4. Betriebsart Hochpaß (Bild 3)

Bandbreite	$f_g$ bis min. 500 kHz		
untere Grenzfrequenz $f_g$ (-3 dB) einstellbar	10 Hz bis 110 kHz		
<b>BEREICH</b>	110 Hz, 1100 Hz	11 kHz	110 kHz
Fehler der Frequenzskala	$\pm 3 \%$	$\pm 3 \%$	$\pm 5 \%$
Differenz $f_{OSZ} - f_g$	$\pm 1,5 \%$	$\pm 1,5 \%$	$\pm 3 \%$
<u>Übertragungsmaß A oberhalb von</u>			
$f = 10f_g$ bis $f_g = 5$ kHz	$\pm 0,2$ dB	-0,2 bis +0,5 dB	
$f = 2f_g$ bei $f_g = 5$ bis 10 kHz		$\pm 0,5$ dB	$\pm 0,5$ dB
$f = 1,5f_g$ bei $f_g = 10$ bis 30 kHz			-1 bis +2 dB
$f = 1,5f_g$ bei $f_g = 30$ bis 110 kHz			-1 bis +4 dB
Übertragungsmaß bei $f = 0,5 f_g$	-12 dB	-12 dB	-12 dB

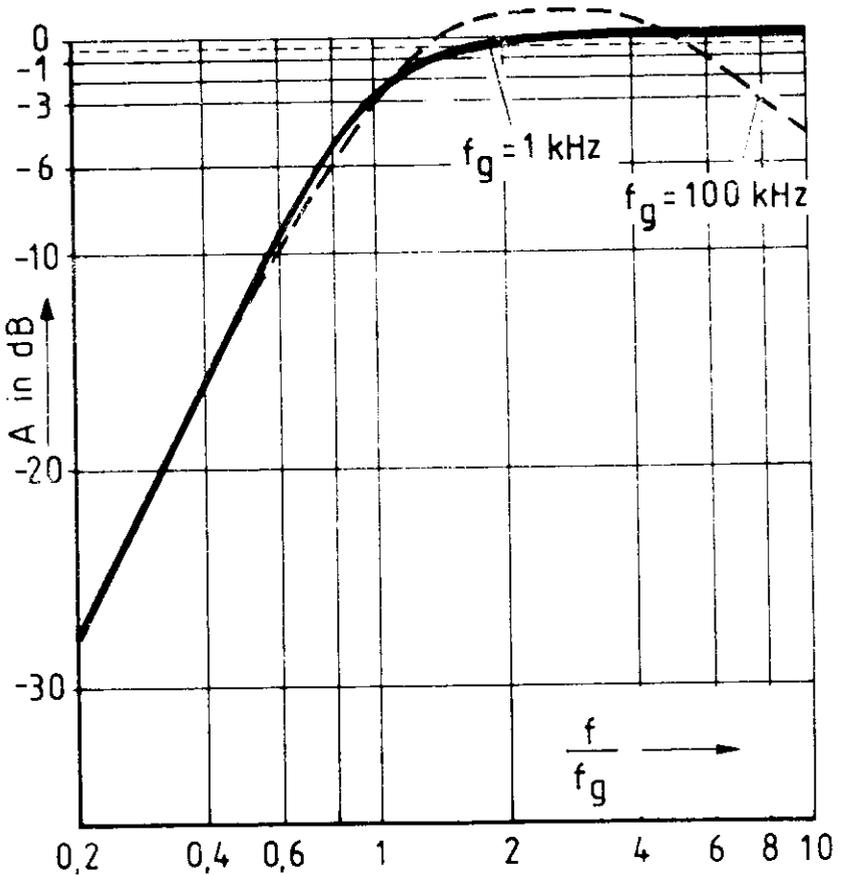


Bild 3: Betriebsart Hochpaß, Frequenzgang normiert

Flankensteilheit unterhalb  $f = 0,5 f_g$  12 dB/Oktave  
 obere Grenzfrequenz siehe 6.1., S. 9  
 Störspannung am Ausgang typ. 0,25 mV, max. 0,7 mV

6.5. Betriebsart Bandpaß (Bild 4, S.14)

Mittenfrequenz  $f_m$  einstellbar 10 Hz bis 110 kHz

BEREICH	110 Hz, 1100 Hz	11 kHz	110 kHz
Fehler der Frequenzskala	$\pm 2 \%$	$\pm 2 \%$	$\pm 3 \%$
Differenz $f_{OSZ} - f_m$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$	$\pm 1 \%$
(Der typische Wert beträgt $\pm 0,1 \%$ .)			
Übertragungsmaß	siehe Bild 4		

Toleranz des Resonanz-  
 Übertragungsfaktors  $A_{max}$

	3 %	$\pm 1$ dB	$\pm 2$ dB	$\pm 6$ dB
relative	6 %	$\pm 0,5$ dB	$\pm 1$ dB	$\pm 3$ dB
	15 %	$\pm 0,3$ dB	$\pm 0,5$ dB	$\pm 1$ dB
Bandbreite	50 %	$\pm 0,3$ dB	$\pm 0,3$ dB	$\pm 0,5$ dB
	140 %	$\pm 0,3$ dB	$\pm 0,3$ dB	$\pm 0,3$ dB

Die typischen Werte sind bedeutend niedriger und betragen bei 3 % Bandbreite im Bereich 110 kHz etwa  $\pm 1,5$  dB.

Für genaue Meßaufgaben kann eine individuelle Korrektur-tabelle aufgenommen werden, siehe Abschnitt 10.4., S. 20.

Bandbreiten- umschaltung	Toleranzbereich bis $f_m = 9,99$ kHz	Äquival. Bandbreite (Abschn. 9.3., S. 22)
	3 %	2,4 bis 3,0 %
relative	6 %	5,4 bis 6,6 %
Band-	15 %	14 bis 16 %
breite	50 %	47 bis 53 %
	140 %	130 bis 150 %

Störspannung am Ausgang typ. 0,2 mV, max. 1,5 mV

Mit geringer werdender Bandbreite steigt die Störspannung an.  
 siehe Abschnitt 8.4., S. 19.

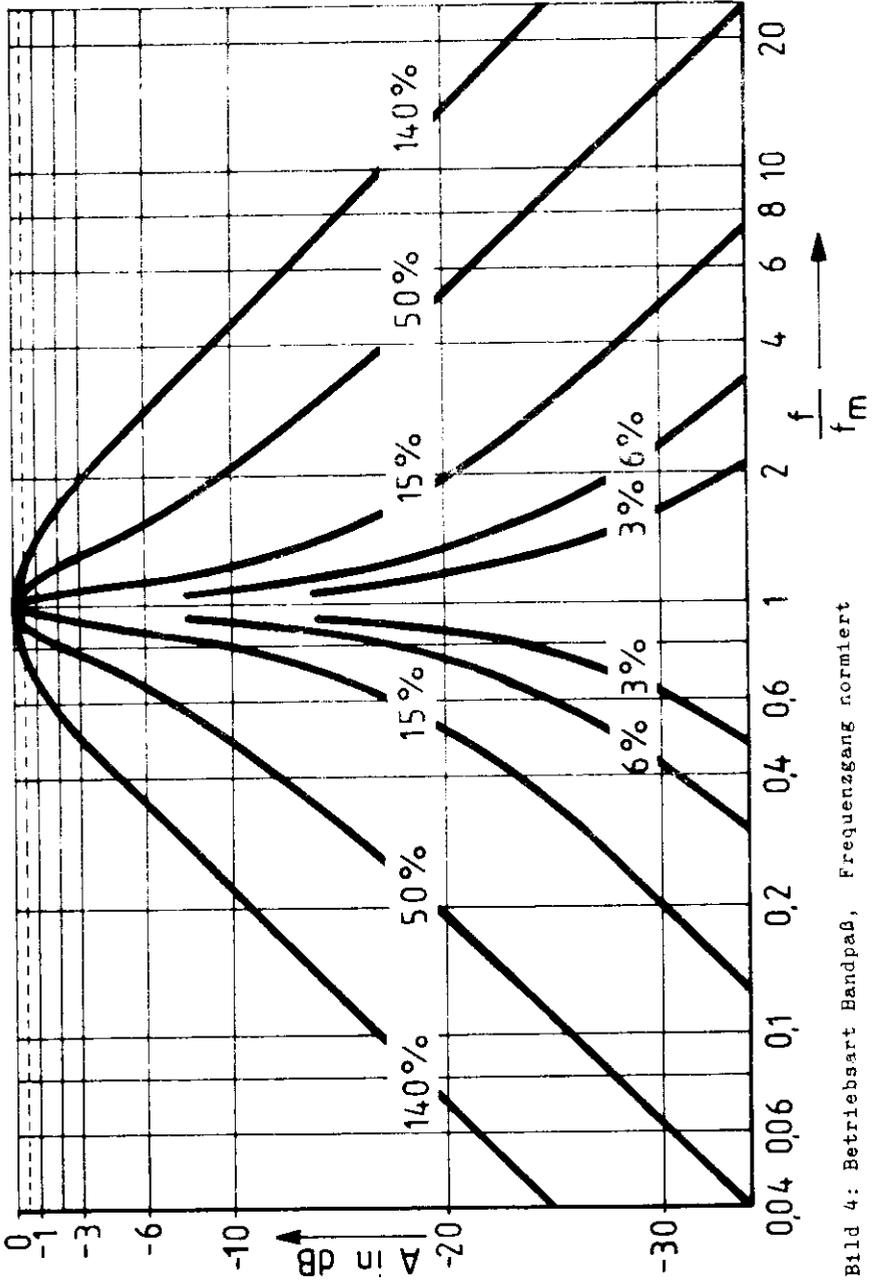


Bild 4: Betriebsart Bandpaß, Frequenzgang normiert

6.6 Betriebsart Bandsperre (Bild 5)

Mittenfrequenz  $f_m$  einstellbar 10 Hz bis 110 kHz  
 Fehler der Frequenzskala wie 6.5.: Bandpaß (S. 13)  
 Differenz  $f_{OSZ} - f_m$  wie 6.5.: Bandpaß (S. 13)  
 Die relative Bandbreite gibt den Bereich an, in dem das Übertragungsmaß  $-3$  dB oder weniger beträgt.

Sperrdämpfung (typische Werte)				
BEREICH		100 Hz, 1100 Hz	11 kHz	110 kHz
	1 %	40 dB	30 dB	15 dB
	5 %	50 dB	40 dB	20 dB
	15 %	60 dB	50 dB	30 dB
	50 %	80 dB	60 dB	40 dB
	140 %	90 dB	70 dB	50 dB
Fehler des Übertragungsmaßes im linearen Bereich		±0,2 dB		
Durchlaßfrequenzbereich		siehe 6.5. (S. 13) und Bild 5		
Spannung		wie 6.5. Bandpaß, S. 13		

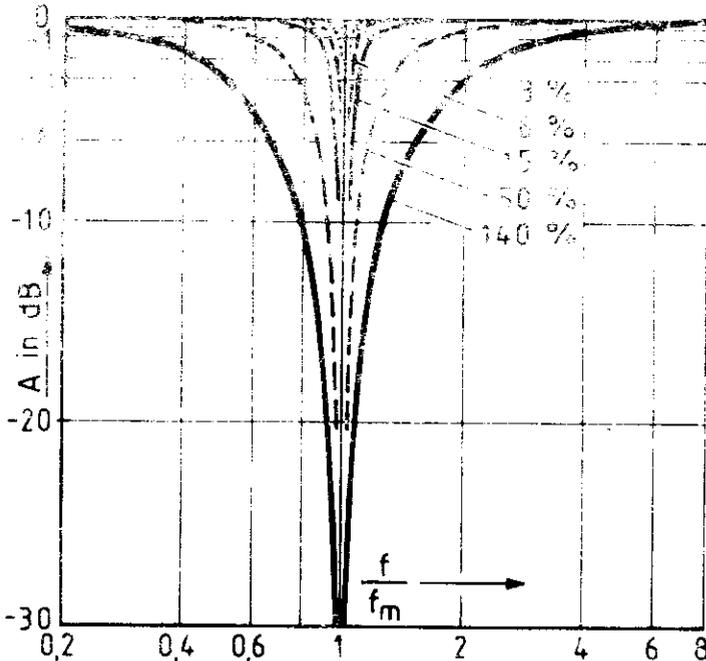


Bild 5: Betriebsart Bandsperre, Frequenzgang normiert

### 6.7. Übersteuerungsanzeige

Ansprechschwelle	$\pm 3$ V
Anzeige	LED
Ausgang	NF-Steckverbinder 7/25 TGL 200-3819
Ausgangssignal	
bei Übersteuerung	L-Pegel (-1,5 bis -2,5 V, $I_{\max} = 2,2$ mA)
ohne Übersteuerung	H-Pegel (+4,5 bis +5,1 V)

### 6.8. Fremdspeisung

Anschluß	NF-Steckverbinder 7/25 TGL 200-3819
Spannung	$\pm 24$ V (2 x 18 bis 35 V)
Verwendung als Eingang	Stromaufnahme des VF 30 2 x 50 mA
Verwendung als Ausgang	Stromabgabe des VF 30 2 x 20 mA

6.9. Einlaufzeit 15 min

6.10. Arbeitsbedingungen nach TGL 14 283 (ST RGW 3206-81)

Stromversorgung Netz	200 bis 240 V / 48 bis 62 Hz / 7 VA
Batterie	extern 2 x 18 bis 35 V / 50 mA
Netzsicherung	35 mA träge auf der Leiterplatte
Klimatische Bedingungen	nach TGL 14 283/05 Einsatzgruppe B
Arbeitsbereich	Temperatur 5 bis 40 °C
	rel. Luftfeuchte max. 80 % bis 25 °C,
	max. 60 % bis 30 °C,
	max. 45 % bis 35 °C.
	max. 34 % bis 40 °C.
Mechanische Bedingungen	nach TGL 200-0057
Einsatzgruppe	G 21
Prüfklasse	Eb 6 - 150 - 12 000/3
Schutzklasse	netzseitig SK I (Schutzleiter für
TGL 14 283/07 und	Schutzschirm, meßseitig SK II (Schutz-
ST RGW 3768-82	isolation für Meßerde = Gehäuse)
Schutzgrad	IP 20 (IGL 15 165, ST RGW 776-77)
Abmessungen B x H x T	245 mm x 90 mm x 235 mm
Masse	2,3 kg

## 7. Wirkungweise

Das NIEDERFREQUENZFILTER VF 30 ist ein aktives RC-Filter, d. h. die Filterfunktionen werden durch Widerstände, Kondensatoren und Verstärker ohne die Verwendung von Spulen realisiert. Seine Funktion wird an Hand des Übersichtsschaltplanes Bild 6 erklärt.

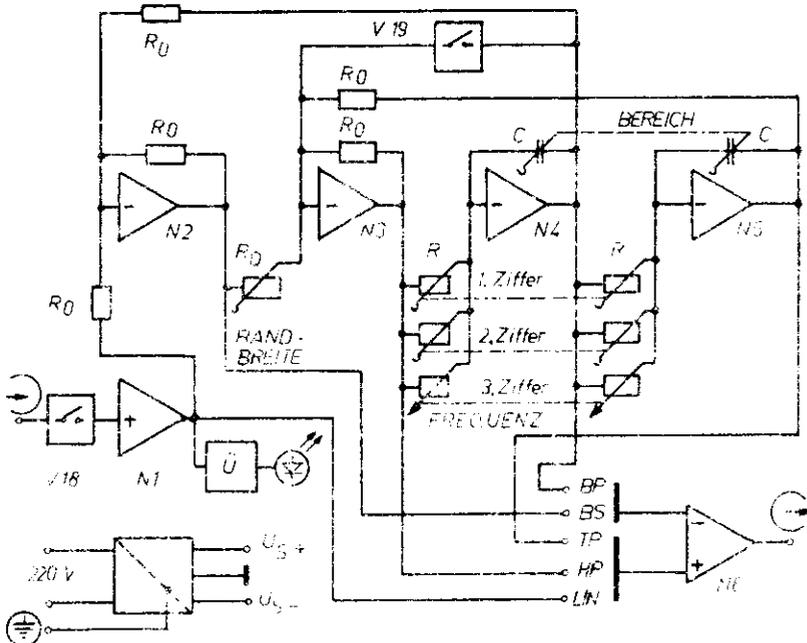


Bild 6: Übersichtsschaltplan des NIEDERFREQUENZFILTERS VF 30

Die Filterstruktur besteht aus zwei Invertiern und zwei Integratoren, die über zwei Rückkopplungsschleifen zusammenschaltet sind. Sie ergeben ein resonanzfähiges System, dessen Güte durch das Verhältnis  $Q = R_0/R$  bestimmt wird. Die Resonanzfrequenz beträgt dabei  $f = 1/(5,26 RC)$ .

Die Frequenzcharakteristik der Verstärkung ist an den einzelnen Ausgängen unterschiedlich, so daß dort gleichzeitig Bandpaß-, Hochpaß-, Bandpaß- und Tiefpaßverhalten vorliegen. Die Wahl der Betriebsart erfolgt beim VF 30 durch Umschalten des Ausgangsverstärkers  $N_6$ .

Bei Oszillatorbetrieb wird der Widerstand  $R_0$  durch ein spannungsfrequenzabhängiges Bauelement gebildet (Si-Dioden  $V_{14}$ ).

Gleichzeitig werden durch zwei Analogschalter ( $V_{18}$  und  $V_{19}$ ) das Eingangssignal aus- und eine Mitkopplung eingeschaltet. Die Regelschleife wird zu Schwingungen auf der Resonanzfrequenz angeregt, die sich so lange "aufschaukeln", bis die Dioden  $V_{14}$  leitend werden und das Resonanzsystem bedämpfen.

Die Polarität der Ausgangssignale der Inverter und Integratoren ist unterschiedlich. Deshalb arbeitet der Verstärker  $N_6$  je nach Betriebsart invertierend oder nichtinvertierend.

Die Offsetspannung der gesamten Schaltung wird in den Betriebsarten BS und TP auf Null abgeglichen, bei BP und HP wird sie durch einen Ausgangskondensator abgetrennt.

Die Übersteuerungsanzeige besteht aus zwei Schwellwertschaltern für die positive und negative Halbwelle und einer monostabilen Kippstufe zum Signalisieren kurzzeitiger Impulse.

Bei Netzbetrieb erfolgt die Stromversorgung über Transformator, Gleichrichter und zwei Stabilisierungsschaltungen für die positive und negative Betriebsspannung. Der Transformator kern und ein Schutzschirm sind über den Schutzleiteranschluß geerdet, das Gehäuse und die mit ihm verbundene Gerätemasse (Meßerde) sind gegen die Netzanschlüsse schutzisoliert.

## 8. Betriebsanweisung

### 8.1. Inbetriebnahme

Das NIEDERFREQUENZFILTER VF 30 wird über das Schutzkontaktkabel mit dem 220-V-Netz verbunden. Es hat keinen Netzschalter und kann ständig mit dem Netz verbunden bleiben. Als Netzkontrolle dienen die grünen Leuchtdioden. Das Gehäuse des VF 30 ist gegen das Netz schutzisoliert und erdfrei, siehe 7.

Dank der Skalenscheiben, Komma- und Bereichsanzeige ist das Ablesen der eingestellten Frequenz sehr einfach.

<u>Beispiele</u>	<u>Einstellung</u>				<u>Frequenz</u>
	9	1	•	3 Hz	91,3 Hz
	9	1	•	• Hz	92 Hz
	10	1	•	3 Hz	101,3 Hz

Je nach Anwendungsfall wird die entsprechende Betriebsart gewählt. Die Stellung LIN dient der Kontrolle des ungefilterten

Signales. Auch hierbei gelten die Technischen Daten gemäß Abschnitt 6.1. (S. 10)

### 8.2. Oszillatorbetrieb

Der Bandbreitenschalter  $S_1$  (Pos. 3) wird auf die Stellung OSZ gebracht, der Schalter BETRIEBSART  $S_2$  (Pos. 4) auf BS oder HF. Die richtige Stellung von  $S_1$  wird durch die gelbe LED "OSZ" signalisiert (Pos. 10).

Das VF 30 erzeugt eine Wechselspannung von etwa 0,65 V mit der eingestellten Frequenz, unabhängig von einem eventuell vorhandenen Eingangssignal.

In dieser Betriebsart ist es als Tongenerator nutzbar. Da die erzeugte Frequenz weitgehend der Mittenfrequenz bei Bandpaß- und Bandsperrenbetrieb entspricht, kann mit einem Zählfrequenzmesser deren genauer Wert bestimmt werden. Der typische Fehler dabei beträgt 0,1 %. Auch in den Betriebsarten Hoch- und Tiefpaß ist auf diese Weise eine Verbesserung der Frequenzgenauigkeit möglich.

### 8.3. Tief- und Hochpaß

Der Bandbreitenschalter  $S_1$  muß sich in einer der Stellungen 3 % bis 140 % befinden. Mit dem Schalter BETRIEBSART wird TP oder HP gewählt. Die gewünschte -3-dB-Grenzfrequenz wird mit den Schaltern FREQUENZ und DEF-IMP eingestellt. In der Stellung OSZ des Bandbreitenschalters wird das Eingangssignal abgeschaltet, die gelbe LED "OSZ" leuchtet.

Bei Hochpaßbetrieb mit einer unteren Grenzfrequenz zwischen 5 und 110 kHz ist mit einer leichten Überhöhung des Frequenzganges im Durchlaßbereich zu rechnen (s. Technische Daten 6.4., S. 12). Typische Werte hierbei sind etwa 0,1 bis 0,5 dB bei  $f_g = 5$  bis 20 kHz, 0,5 bis 1 dB bei 20 bis 60 kHz und 1 bis 2 dB bei Grenzfrequenzen von 60 bis 110 kHz.

### 8.4. Bandpaß

Der Schalter BETRIEBSART wird auf BP gestellt, und mit dem Bandbreitenschalter  $S_1$  wählt man die für die jeweilige Meßaufgabe erforderliche relative Bandbreite. Hierbei sollte im Interesse einer hohen Genauigkeit des Übertragungsmaßes ein möglichst großer Wert verwendet werden. Bei der Bandbreite 15 % sind Frequenzana-

lässt möglich, die denen eines Perzfilters ähneln (9.3., S. 22).

Mit den Schaltern FREQUENZ und BEREICH stellt man die gewünschte Mittelfrequenz des Bandpasses ein. In der Stellung OSZ des Bandbreitenschalters kann diese mit einem digitalen Frequenzmesser bei einem Fehler von typisch 0,1 % sehr genau bestimmt werden.

Die reale Filterdurchlaßkurve weicht vom idealen Rechteckverlauf ab. Deshalb definiert man eine "Äquivalente Bandbreite"  $B_{\text{Äq}}$  des idealen Rechteckfilters. Näheres hierzu ist in Abschnitt 9.5 (Eingang als Teil des Textes) angegeben (S. 21).

Der Appl. fuden. Die mit schmalen digitalen Frequenzanalysen läßt sich diese Artfertigung nur bedingt durch den Kohärenzverlust verringern. Diese Absorption ist zu

Die Anwendungskategorie von ... .. liegt im niedriger Mit-  
teffrequenzbereich. ... .. Die ... .. mit  
sinkender Bandbreite ... ..  
Der ... ..  
Der ... ..  
bei der ... ..  
starke ... ..  
Speisung des ... ..

### 5.7. Bandpass

Die Einstellung der Bandbreite und Frequenz, sowie deren Kontrolle erfolgen wie beim Bandpaßbetrieb (8.4.), aber in der Stellung BS des Schalters BETRIEBSART.

Wird ein möglichst flacher Frequenzgang bis dicht an die Sperrfrequenz (Mittelfrequenz der Bandperre) heran verlangt, so ist mit geringer relativer Bandbreite zu arbeiten. Für eine hohe Sperrdämpfung dagegen ist eine große Bandbreite erforderlich, so daß stets ein Kompromiß gefunden werden muß.

Für die Störspannung und deren Abhängigkeiten gilt das Gleiche, wie in der Betriebsart BP.

### 8.6. Fremdspisung

Der rückseitige Rundsteckverbinder kann als Eingang für eine externe Stromversorgung dienen, aber auch als Ausgang zum Speisen einer Zusatzbaugruppe verwendet werden. Die Steckkontakte sind

Über 10-Ohm-Schutzwiderstände mit der unstabilierten Gleichspannung des Netzteiltes verbunden.

### 8.7. Digitalausgang der Übersteuerungsanzeige

Der Mittelkontakt der rückseitigen Steckbuchse dient als Signalausgang der Übersteuerungsanzeige.

Die auftretenden Spannungen und Ströme sind geeignet und zulässig zur Ansteuerung folgender Bauelemente:

- TTL-Schaltkreise
- CMOS-Schaltkreise bei 5 V Betriebsspannung
- MOS-Schaltkreise mit 5 V Betriebsspannung  
Sicherheitshalber sollte eine Si-Schaltdiode (z. B. 1N4148) parallel zum Schaltkreiseingang mit der Anode am Massepotential angeschlossen werden.
- npn-Transistor als Pegelwandler oder Leistungsverstärker  
Die Basis wird mit dem Übersteuerungsausgang, der Emitter mit Massepotential verbunden. Am Kollektor steht das Signal verstärkt zur Verfügung.

Die L-H-Schaltflanke des Übersteuerungssignales ist sehr flach. Dadurch können bei einem angeschlossenen Logikgatter während des Umschaltens Schwingungen an dessen Ausgang auftreten. Falls dieser Effekt stört, ist die Verwendung eines Schmitt-Trigger-Einganges angebracht.

## 9 Anwendungsbeispiele

Merkt ist beim BF-Betrieb der Toleranzbereich des Übertragungsmaßes geringer, als in den Technischen Daten garantiert wird. Daher kann eine Korrektur nach Abschn. 10.4, S. 29 sinnvoll sein.

### 9.1. Bandbreitenbegrenzung bei verrauschten Signalen

Das NIEDERFREQUENZFILTER VF 30 wird in den Signalweg eingeschleift. Das Voltmeter VM 70 bzw. VM 71 und das Schwingungsmeßgerät VM 21 verfügen über entsprechende Anschlußbuchsen.

Bei Weißem Rauschen, wie es von Ohmschen Widerständen und vielen Halbleiterbauelementen oberhalb des Funkelbereiches erzeugt wird, steigt die Rauschspannung mit der Wurzel aus der Bandbreite an. Hier kann ein Filter zur Bandbreitenbegrenzung eingesetzt werden. Ein

eine wirksame Verminderung erreicht werden. So sinkt die Eingangsausgangsspannung eines mit Operationsverstärkern vom Typ B 080 B aufgebauten Differenzverstärkers von 30  $\mu$ V bei der oberen Grenzfrequenz 500 kHz auf 0,1  $\mu$ V bei einer Bandbegrenzung auf 20 Hz in der Betriebsart Tiefpaß.

Bei Messungen mechanischer Schwingungen mit piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmern treten oft tiefstfrequente Störungen durch pyroelektrische Effekte und das Funkelrauschen der Verstärker auf. Das VF 30 trägt hier in der Betriebsart Hochpaß mit einer unteren Grenzfrequenz von etwa 10 bis 30 Hz eine wirksame Abhilfe.

### 9.2. 50 - Hz - Sperrfilter

Bei elektroakustischen Übertragungen und in der elektronischen Meßtechnik machen sich oft 50-Hz-Einstreuungen sehr unangenehm als "Netzbrummen" bemerkbar.

wird das NIEDERFREQUENZFILTER VF 30 an geeigneter Stelle in den Signalweg eingeschleift, läßt sich bei einer relativen Bandbreite von 50 % eine Dämpfung der Brummspannung um 40 bis 50 dB erreichen. Selbst wenn sich die Netzfrequenz um  $\pm 0,4$  Hz ändert, beträgt die Sperrdämpfung noch 30 dB.

Hierbei sind folgende Punkte zu beachten:

- In der Stellung BS wird bei einer Bandbreite von 6 % im Frequenzbereich 48,5 bis 51,5 Hz das Minimum gesucht. Mitunter ist es einfacher, in der Betriebsart BP das Maximum zu bestimmen. Anschließend wird auf die Bandbreite 50 % umgeschaltet.
- Wegen der Gefahr magnetischer Brummeinstreuungen sollte das VF 30 nicht in unmittelbarer Nähe von Geräten mit starkem Magnetfeld, wie z. B. Leistungsverstärkern, stehen.
- Bei der relativen Bandbreite 50 % beträgt der Durchlaßbereich für 3 dB Abfall 0 bis 39 Hz und 64 Hz bis 500 kHz. Es ist also stets zu prüfen, ob auf die fehlenden Spektralanteile verzichtet werden kann.

### 9.3. Einsatz als Terzfilter

Für viele Anwendungsfälle ist es nicht nötig, ganz bestimmte Frequenzen zu untersuchen, sondern es genügt, Frequenzbänder her-

auszufiltern. Ein hierfür geeignetes Filter sollte eine möglichst rechteckförmige Durchlaßkurve besitzen.

Die reale Filterdurchlaßkurve weicht jedoch vom idealen Rechteckverlauf ab. Deshalb definiert man die "Äquivalente Bandbreite"  $B_{\text{Äq}}$  eines idealen Rechteckfilters. Würde dieses Filter der Bandbreite  $B_{\text{Äq}}$  mit Weißem Rauschen gespeist werden, so lieferte es die gleiche Ausgangsspannung, wie das reale Filter.

Für das VF 30 gilt  $B_{\text{Äq}} = 1,57 \cdot B$  (relative Bandbreite).

In der Praxis werden oft Terzfilter verwendet, die relativ steile Flanken aufweisen. Ihre Mittenfrequenzen sind nach folgender Zahlenreihe gestaffelt:

12,5 - 16 - 20 - 25 - 31,5 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125 usw.

Wenn an die Meßgenauigkeit geringere Anforderungen gestellt werden, kann man das VF 30 in der Betriebsart Bandpaß mit 15 % relativer Bandbreite einsetzen. Hierbei entspricht die äquivalente Bandbreite des VF 30 der eines Terzfilters. Bei Einspeisung eines Signales mit Gauß-Verteilung, wie z. B. Weißes Rauschen es darstellt, liefern beide Filter die gleiche Ausgangsspannung, die auch ein Rechteckfilter mit  $1,57 \cdot 15 \% = 23 \%$  relativer Bandbreite liefern würde.

Im Gegensatz zu vielen handelsüblichen Terzfiltern ist das VF 30 aber bei Fernband-Mittenfrequenzen von 12,5 Hz bis 100 kHz verwendbar. Nachteile sind die größere Welligkeit im Durchlaßbereich und die geringere Dämpfung im Sperrgebiet.

#### 2.4. Aufnahme eines Rauschspektrums

Zur Aufnahme des Rauschspektrums beispielsweise von Operationsverstärkern kann das EFFEKTIV- UND SPATZENWERTVOLTMESSER VM 70 mit eingeschleiftem NIEDERFREQUENZFILTER VF 30 genutzt werden.

Das VF 30 wird in der Stellung EP mit einer relativen Bandbreite von 15 % betrieben. Die Integrationszeit des VM 70 wählt man so, daß eine ruhige Anzeige zustande kommt.

Aus der am VM 70 abgelesenen Rauschspannung  $U_r$  kann dann die spektrale Rauschspannung  $U_r^*$  nach folgender Beziehung errechnet werden:

$$U_r^* = U_r / \sqrt{B_{\text{Äq}}} = U_r / \sqrt{0,25 f_B}$$

$U_r^*$  ist dabei die Rauschspannung pro Hz Bandbreite, sie wird meist in  $nV/\sqrt{Hz}$  angegeben. Im allgemeinen genügt es, die Mittenfrequenzen des Filters im Verhältnis 1:10 umzuschalten. Um Meßfehler durch "Netzbrummen" zu vermeiden, sollten die Frequenz 50 Hz und ihre Vielfachen nicht verwendet werden. Günstig ist die Reihe 10 - 20 - 35 - 70 - 125 - 225 - 420 - 800 - 1000 Hz.

### 9.5 Frequenzspektrum mechanischer Schwingungen

An rotierende Maschinen werden vom Anwender bestimmte Forderungen hinsichtlich der Laufruhe gestellt. Starke Vibrationen können ein Zeichen für verschlissene Lager, Unwuchten oder ausgeprägtes Resonanzverhalten einzelner Konstruktionselemente sein. Sie belasten sowohl den Erreger selber als auch die Umwelt und können zu schnellerem Verschleiß führen.

Das Meßprinzip soll am Beispiel eines Ventilators gezeigt werden, der einen Asynchronmotor mit einer Drehzahl von etwa 1450 U/min enthält.

Die Meßkette besteht aus einem piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmer KE 35 und dem SCHWINGUNGSMESSGERÄT VM 21 mit eingeschleiftem NIEDERFREQUENZFILTER VF 30.

Mit dem VM 21 können sowohl die Schwingbeschleunigung als auch die Schwinggeschwindigkeit gemessen werden.

Bild 7 (S. 25) zeigt das Frequenzspektrum der Schwingbeschleunigung des Tischventilators. Bei breitbandiger Messung beträgt der Effektivwert der Beschleunigung  $\ddot{a} = 0,7 \text{ m.s}^{-2}$ .

Die "Terzanalyse" mit der relativen Bandbreite 15 % (Abschn. 9.3., S. 22) liefert einen groben Überblick über das Resonanzverhalten. Für eine genauere Analyse ist eine geringere Bandbreite zu wählen, mit der auch schmale Resonanzspitzen erfaßt werden können.

### 9.6. Frequenzgangmessung an Tonbandgeräten

Soll der Frequenzgang von Tonbandgeräten oder Kassettenrecordern bestimmt werden, ist es üblich, diskrete Frequenzen mit gleicher Amplitude aufzunehmen und bei der Wiedergabe die einzelnen Spannungswerte zu bestimmen. Dieses Verfahren ist relativ aufwendig. Wenn das zu prüfende Gerät eine Aussteuerungsautomatik besitzt,

(Fortsetzung S. 26)

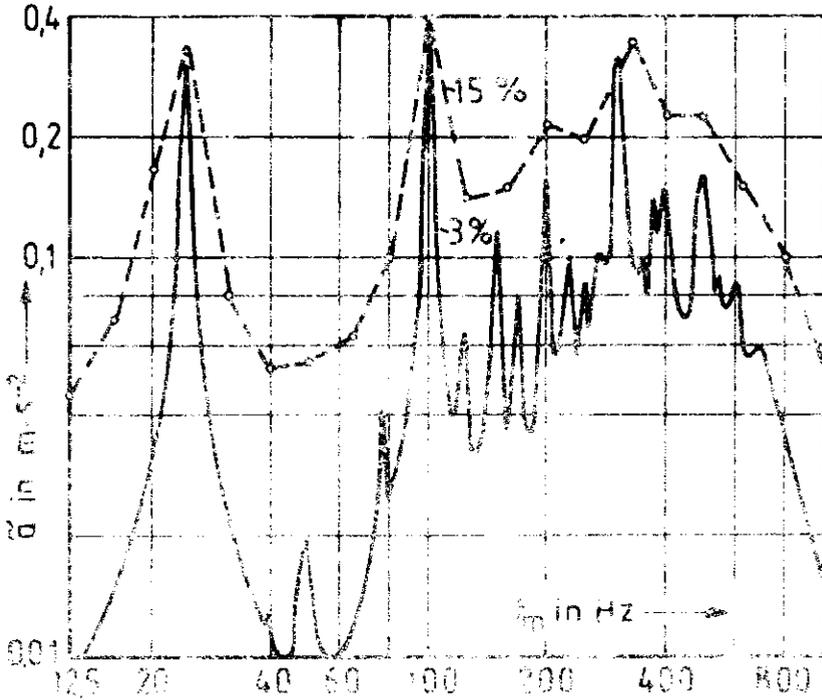


Bild 7: Frequenzspektrum der Schwingbeschleunigung eines Ventilators. Parameter: relative Bandbreite des Filters

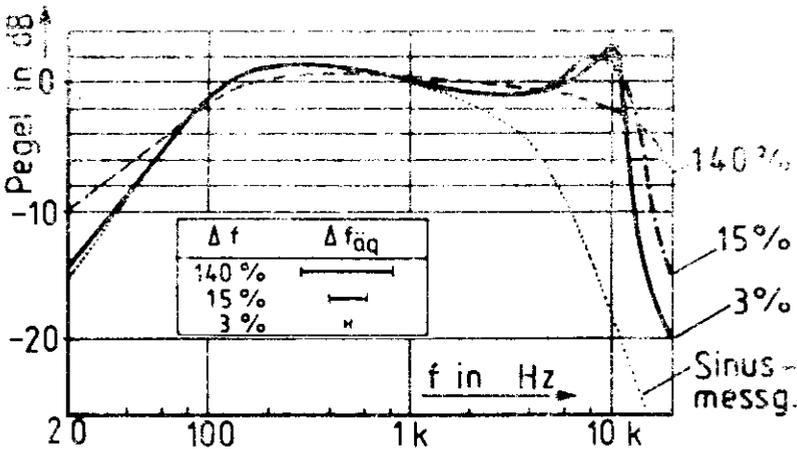


Bild 8: Frequenzgang eines Kassettenrecorders mit Aussteuerungsautomatik. Parameter: relative Bandbreite des Filters

muß diese abgeschaltet werden, anderenfalls können sehr große Meßfehler entstehen (Bild 8, S. 25). Problematisch wird dies besonders bei Geräten, deren Automatik von außen nicht bedienbar ist.

Eine bedeutende Vereinfachung der Messung ist durch eine Rauschanalyse möglich. Hierzu werden ein Rauschgenerator für Rosa Rauschen (z. B. die Typen NRG 201 oder O3 004, Robotron-Meßelektronik Dresden), das EFFEKTIV- UND SPITZENWERT-VOLTMETER VM 70 und das NIEDERFREQUENZFILTER VF 30 benötigt.

Meßablauf:

- Es wird einige Minuten lang Rosa Rauschen aufgenommen. Durch Probeaufzeichnungen wird für den jeweiligen Gerätetyp die Aufnahmespannung ermittelt, bei deren Wiedergabe im Oszillogramm noch keine Begrenzungen erkennbar sind. Sicherheitshalber verringert man für die weiteren Messungen die Spannung um 10 dB.
- Das Filter VF 30 wird in den Signalweg des Voltmeters VM 70 eingeschleift. Mit einer relativen Bandbreite von 15 % wird die Wiedergabespannung des Magnetbandgerätes im mittleren Frequenzbereich bei etwa 500 bis 1000 Hz ermittelt und als "0-dB-Wert" definiert.
- Mit Terzbandabständen wird der interessierende Frequenzbereich durchgemessen (siehe Abschnitt 9.3., S. 22). Überhöhungen bei den Mittenfrequenzen 50, 100 und 160 Hz können ihre Ursache im "Netzbrummen" haben, siehe Abschnitt 9.4., S. 23.
- Zeigen sich im Frequenzgangdiagramm wellige Bereiche, deren breite ungefähr der Filterbandbreite entspricht, wie der Verlauf bei 10 kHz im Bild 8 (S. 25), so wird dieser Frequenzabschnitt ein zweites Mal mit der relativen Bandbreite 3 % ausgemessen. Hierzu wird im mittleren Frequenzbereich bei 3 % Bandbreite wieder ein 0-dB-Wert festgelegt, und anschließend wird der wellige Bereich noch einmal untersucht.

Bild 8 zeigt ein Meßbeispiel für dieses Verfahren. Die Sinusmessung liefert infolge der Aussteuerungsautomatik ein falsches Ergebnis. Mit einer relativen Bandbreite von 140 %, das entspricht einer äquivalenten Rechteckbandbreite  $B_{\text{äq}} = 220 \%$  (Abschnitt 9.3.) erhält man eine schon etwas bessere Kurve, die aber immer noch

nicht dem tatsächlichen Verlauf entspricht. Erst bei Bandbreiten von 15 % und weniger läßt sich der exakte Frequenzgang ermitteln.

Im Bereich bis 20 kHz ist das Übertragungsmaß des VF 30 normalerweise wesentlich konstanter, als es in den technischen Daten garantiert wird. Bei Bedarf kann entsprechend dem Abschnitt Überprüfung (10.4., S. 29) eine Korrekturtabelle angefertigt werden.

### 9.7. Klirrfaktormessung

Mit einem Tongenerator (z. B. RC-GENERATOR GF 21 oder GF 22, VEB Präcitronic Dresden), dem EFFEKTIV- UND SPITZENWERT-VOLTMETER VM 70 und dem NIEDERFREQUENZFILTER VF 30 sind Klirrfaktormessungen ab etwa 0,5 % im Frequenzbereich 10 Hz bis 100 kHz möglich.

Meßablauf:

- Das Filter VF 30 wird in den Signalweg des Voltmeters VM 70 eingeschleift.
- In der Betriebsart LIN wird die Tongeneratorspannung gemessen.
- In der Betriebsart BS wird bei einer relativen Bandbreite von 50 % mit der Frequenzeinstellung des VF 30 das Minimum der Ausgangsspannung abgeglichen.

Der Quotient beider Werte ergibt die untere Meßgrenze für den Klirrfaktor, der mit dieser Anordnung gemessen werden kann.

$$k = (U_{\text{ABS}} / U_{\text{ALIN}}) \cdot 100 \%$$

- Der Prüfling wird zwischen Tongenerator und Voltmeter geschaltet, und die gleiche Messung wird wiederholt. Bei zu geringer Ausgangsspannung des Prüflings, besonders bei der Messung des Oberwellenanteils im Bandsperrebetrieb, kann vor das VM 70 der WECHSELSpannungsVERSTÄRKER M 61 WK (siehe Abschnitt 5.) geschaltet werden, dessen Klirrfaktor unter 0,1 % beträgt.

Bei der relativen Bandbreite von 50 % wird die 1. Oberwelle um etwa 0,5 dB, die 2. Oberwelle um 0,2 dB gedämpft (Bild 5, S. 16).

Um diesen systematischen Fehler zu kompensieren, kann das Meßergebnis mit etwa 1,04 multipliziert werden.

Beispiele:

- Es wird das dreieckförmige Ausgangssignal eines Funktionsgenerators bei 1 kHz gemessen. Die rechnerische Fourieranalyse

ergibt einen Klirrfaktor  $k = 11,7 \%$ . Da aber im Oszillogramm eine leichte Unsymmetrie erkennbar ist, kann der Meßwert etwas größer sein.

Ergebnis:  $U_{LIN} = 1,00 \text{ V}$ ,  $U_{BS} = 123 \text{ mV}$ . Der Klirrfaktor beträgt  $k = (0,123 \text{ V} / 1 \text{ V}) \cdot 100 \% \cdot 1,04 = 12,8 \%$ .

Eine Frequenzanalyse in der Betriebsart BF und geometrische Addition der Oberwellen ergab bei diesem Experiment  $k = 12,9$

- Es soll ein Tongenerator überprüft werden, der die Betriebsarten "Minimale Einschwingzeit" ( $t_{min}$ ) und "Minimaler Klirrfaktor" ( $K_{min}$ ) aufweist.

Ergebnis bei  $U_a = 10 \text{ V}$  und  $f = 10 \text{ Hz}$  in der Betriebsart " $K_{min}$ "

$$U_{LIN} = 9,7 \text{ V}$$

$$U_{BS} = 14 \text{ mV}$$

$$k = (14 / 9700) \cdot 100 \% \cdot 1,04 = 0,15 \%$$

Der Wert 0,15 % bildet die untere Meßgrenze dieser Gerätekombination.

In der Betriebsart " $t_{min}$ " des Generators ergibt sich

$U_{ABS} = 47 \text{ mV}$ . Damit beträgt der Klirrfaktor des Tongenerators in dieser Betriebsart etwa

$$k = (47 / 9700) \cdot 100 \% \cdot 1,04 = 0,5 \%$$

## 10. Überprüfung des Gerätes

Prüfmittel:

- Tongenerator 10 Hz bis 500 kHz,  $U_a = 0,7$  bis 3 V, z. B. GF 21
- Zählfrequenzmesser mit einer Meßzeit von 10 s, z. B. DM 2020, eine Meßzeit von 1 s ist ebenfalls geeignet, z. B. G-2001.500
- Effektiv- und Spitzenwertvoltmeter mit Spitzenwertspeicher und möglichst zwei umschaltbaren Eingängen, Meßbereich 1 V, Frequenzbereich 10 Hz bis 110 kHz, z. B. VM 70 oder VM 71
- Digitalmultimeter, z. B. DM 2020
- Oszillograf (Anschluß an den Wechselspannungsausgang des VM 70)

### 10.1. Frequenz- und Bereichsschalten

Die Schalter für BANDBREITE und BETRIEBSART schaltet man auf OSZ und BF. Der Frequenzzähler und das VM 70 werden an den Ausgang

des VF 30 angeschlossen. Dort muß eine sinusförmige Spannung von etwa 0,65 V vorhanden sein. Ihre Frequenz wird mit den Schaltern FREQUENZ und BEREICH verändert und mit dem Zähler auf Einhaltung der Technischen Daten laut Abschnitt 6.2., S. 10 kontrolliert.

#### 10.2. Hoch- und Tiefpaß

In der Betriebsart OSZ wird die eingestellte Frequenz ermittelt. Der gleiche Wert wird am Tongenerator eingestellt und mit einer Spannung  $U_g = 1,00$  V in das VF 30 eingespeist. Der Bandbreitenschalter wird auf einen Wert zwischen 3 und 140 % g-schaltet. In den Betriebsarten HP und TP muß die Ausgangsspannung 0,707 V betragen bzw. innerhalb des in den Technischen Daten angegebenen Frequenztoleranzbereiches erreichen (Abschnitte 6.3. und 6.4.).

#### 10.3. Bandpaß: relative Bandbreite

Mit dem Zähler und Voltmeter werden die Mittenfrequenz  $f_m$  und die obere und untere 0,707-V-Grenze  $f_o$  und  $f_u$  bei einer Eingangsspannung  $U_g = 1,00$  V ermittelt.

Die relative Bandbreite beträgt  $\sqrt{(f_o - f_u) / f_m} \cdot 100$  % und muß den Werten nach Abschnitt 6.5., S. 13 entsprechen.

#### 10.4. Bandpaß: Resonanzübertragungsmaß A

Es wird ein Sinussignal mit dem Spitzenwert 1,00 V eingespeist. Das VM 70 wird auf die Zeitkonstante S (Speichern) geschaltet, und die Generatorfrequenz wird langsam über den zu prüfenden Frequenzwert hinweggedreht. Das Resonanzmaximum wird dabei vom VM 70 gespeichert und muß den Toleranzbereich gemäß Abschnitt 6.5. (S. 13) einhalten.

Die Toleranzwerte für das Übertragungsmaß sind im allgemeinen wesentlich niedriger, als sie in den Technischen Daten garantiert werden. Wenn genauere Frequenzanalysen erforderlich sind, kann es in den Bereichen 11 kHz und 110 kHz sinnvoll sein, einmalig die Korrekturtabelle auf S. 30 auszufüllen.

Hierzu wird für jede Schalterkombination das Resonanzübertragungsmaß  $A_{lin}$  oder  $A_{log}$  ermittelt.

Der Kehrwert  $K = 1/A_{lin}$  bzw.  $K = -A_{log}$  stellt den Korrekturfaktor dar, der in die Tabelle eingetragen wird.

Tabelle: Korrekturfaktoren in der Betriebsart Bandpaß

Gerät Nr. .... / ... Datum .....

Relative Bandbreite 3%		Bereich 11 kHz									
1. Ziffer	2. Ziffer										
Per	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Relative Bandbreite 6%		Bereich 10 kHz									
1. Ziffer	2. Ziffer										
Per	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Der Korrekturfaktor K ist umgekehrt proportional der Bandbreite. Bei einer relativen Bandbreite von 6 % sind die Abweichungen also nur noch halb so groß, wie bei 3 %.

Beispiel: Bei 21 kHz betrage der Resonanzübertragungsfaktor  $A_{max} = 0,89$  bzw. -1 dB. Das Meßergebnis einer Frequenzanalyse ist bei 21 kHz also mit  $K = 1/0,89 = 1,12$  für 3 % Bandbreite und mit 1,06 für 6 % zu multiplizieren, oder es werden 1 dB bzw. 0,5 dB addiert.

## 11. Mechanischer Aufbau

Das VF 30 besteht aus dem Gehäusemantel, dem Gehäuseboden und dem Gerätekern. Diese Teile sind an der unteren Kante links und rechts durch vier Schrauben miteinander verbunden. Nach Lösen dieser M-4-Senkkopfschrauben kann das Gehäuse entfernt werden.

Die zwei Seitenwände des Gerätekernes tragen die Frontplatte und die Rückwand, sowie die Hauptleiterplatte VF 30/1, auf der auch die Netzsicherung und der Netztransformator montiert sind.

Die Netzspannung führenden Teile der Leiterplatte sind auf der Leiterbildseite mit einer Hartpapierplatte abgedeckt, die nach Reparaturarbeiten unbedingt wieder montiert werden muß!

Zum Ausbau der Hauptleiterplatte müssen die fünf Drehknöpfe der Schalter entfernt und sechs Schrauben M 2 gelöst werden. Dabei sind die Verbindungsdrähte zu den Ein- und Ausgangsbuchsen und zum Potentiometer zu lösen.

Die Leiterplatte VF 30/2 ist als Steckkarte ausgeführt.

## 12. Elektrische Schaltung

Die Funktion der Gesamtschaltung wurde im Abschnitt 7. (S. 16) erläutert.

### 12.1. Eingangsstufe

Das Eingangssignal gelangt über  $R_2$  an die Torstufe  $V_{18}$  und den Impedanzwandler  $N_1$ . Beim Oszillatorbetrieb "OSZ" des VF 30 wird in das Gate von  $V_{18}$  ein Strom eingespeist. Er bewirkt, daß der FET niederohmig wird und das Eingangssignal gegen Masse kurzschließt. Die Gatespannung kann je nach FET von 0,7 V bis zu einigen Volt gegen Masse betragen.

Die Eingangsstufe speist die Übersteuerungsanzeige und in der Betriebsart LIN den Ausgangsverstärker  $N_6$ .

### 12.2. Integratorschleife

Die Widerstände  $R_3$  bis  $R_7$  entsprechen dem Wert  $R_0$  des Übersichtsschaltplanes Bild 6 (S. 17). Die Güte der Resonanzüberhöhung wird in den Betriebsarten HP und TP durch  $R_9$  auf 0,707 festgelegt. Die Verstärkung ist umgekehrt proportional der Güte, sie beträgt

1,41 und wird in der Ausgangsstufe durch  $R_{78}$ ,  $R_{79}$  und  $R_{83}$ ,  $R_{84}$  wieder auf den Wert 1,00 abgesenkt.

Bei Bandpaß- und Bandpassbetrieb entspricht die Bandbreite dem Kehrwert der Güte der Resonanzüberhöhung. Sie wird durch  $R_{10}$  bis  $R_{14}$  bestimmt. Für Prüfw Zwecke kann die Lötbrücke von  $R_{13}$  geöffnet werden, in der Schalterstellung "3 %" steigt die Güte dann auf den Wert 100 an, und die relative Bandbreite beträgt nur 1 %.

Bei Oszillatorbetrieb begrenzen die Dioden  $V_{14a}$  und  $V_{14b}$  die Güte in Abhängigkeit von der Spannung, die Widerstände  $R_9$  bis  $R_{14}$  sind unwirksam.

Der Operationsverstärker  $N_3$  (B 765) hat eine Offen-Kollektor-Endstufe. Deshalb dient  $R_{17}$  als Kollektorwiderstand. Widerstand und Schaltkreis werden mit je 280 mW belastet. Die damit verbundene Eigenerwärmung des Letzteren bewirkt ein Hochlaufen des Resonanzübertragungsmaßes bei hoher Güte (geringer Bandbreite) und hoher Frequenz. Daraus resultiert die Einlaufzeit von 15 min.

Der Frequenzschalter besteht aus 2 x 3 parallel geschalteten Widerstandsgruppen:  $R_{24}$  bis  $R_{45}$  für die erste Ziffer,  $R_{46}$  bis  $R_{66}$  für die zweite Ziffer und dem Potentiometer  $R_{16}$  mit den Widerständen  $R_{18}$  bis  $R_{23}$  für die dritte Ziffer der Frequenz. Je eine dieser beiden Gruppen wird von den Ausgängen der Verstärker  $N_3$  und  $N_4$  gespeist. Die Kondensatoren, die parallel oder gegen Masse liegen, dienen der Frequenzgangkorrektur im Bereich 110 kHz und sind aber auch im 11-kHz-Bereich wirksam. In der Betriebsart beeinflussen sie den Resonanzübertragungsfaktor  $A_{max}$ , bei BS die maximale Sperrdämpfung, besonders bei der Bandbreite 3 %.

Sie wirken in der nächstniedrigeren Stellung des Frequenzschalters  $C_{32}$  beispielsweise bewirkt eine Anhebung von  $A_{max}$  in der Schaltstellung 3 der ersten Ziffer ( $S_3$ ).

Ist  $A_{max}$  größer als 1,00, bedeutet das eine schmalere Resonanzkurve und eine geringere Sperrdämpfung. Unterhalb von 1,00 ist es umgekehrt.

Der Trimmkondensator  $C_8$  bewirkt eine frequenzabhängige Gegenkopplung. Er ist praktisch nur im Bereich 110 kHz wirksam.

Die Widerstände  $R_{67}$  bis  $R_{70}$  dienen einer frequenzunabhängigen Mitkopplung und damit einer Anhebung von  $A_{max}$ . Bei Kurzschluß der Trimmwiderstände  $R_{68}$  bzw.  $R_{69}$  ist die Mitkopplung unwirksam.

Bei Oszillatorbetrieb des Filters bildet  $V_{19}$  eine weitere Torstufe. Wie auch bei  $V_{18}$  (siehe S. 31) wird dann in das Gate von  $V_{19}$  ein Gleichstrom eingespeist. Der FET wird leitend und bewirkt durch das Parallelschalten von  $R_{89}$  zu der Strecke  $R_{67} - R_{70}$  eine zusätzliche Mitkopplung. Da der die Güte bestimmende Widerstand theoretisch unendlich groß ist, stellt die Integratorschleife ein äußerst schmalbandiges Resonanzsystem dar, das sich zu Schwingungen erregt. Bei ausreichender Spannung stabilisieren die Dioden  $V_{14a}$  und  $V_{14b}$  dann die Amplitude der Schwingung.

Im Filterbetrieb sind die Gates der Feldeffekt-Transistoren mit  $-15$  V vorgespannt ( $R_{86}$ ). Beim Oszillatorbetrieb dagegen wird der Verbindungspunkt  $R_{86} - R_{87}$  auf etwa  $+13$  V geschaltet, und beide Widerstände liefern den Betriebsstrom für die LED "OSZ" ( $B_6$ ).

### 12.3. Ausgangsverstärker

Der Operationsverstärker  $N_6$  arbeitet in den Betriebsarten BP und BS als Inverter. Der Frequenzgang wird durch  $C_{20}$  abgesenkt.  $C_{20}$  und  $R_{83}$ ,  $R_{84}$  sind nahezu wirkungslos.

In den Betriebsarten HP, TP und LIN dagegen stellt  $N_6$  einen nichtinvertierenden Verstärker dar, dessen Verstärkung  $1,00$  beträgt. Die Spannungssteilung  $R_{92} - R_{92}$  ruft allerdings bei TP-Betrieb einen Verstärkungsfehler von  $10,7\%$  hervor.

Bei HP- und BP-Betrieb wird die Eingangsspannung dieser Stufe auf das  $0,107$ -fache abgesenkt (s. 12.2., S. 32).

In der Betriebsart LIN senkt das Glied  $R_{83} - C_{20}$  den Frequenzgang ab.

Die Ausgangsoffsetspannung wird in den Stellungen BS, TP auf Null abgeglichen, bei HP- und BP-Betrieb trennt  $C_{22}$  sie vom Ausgang ab, und nur in der Betriebsart LIN ist sie voll wirksam, aber auch am geringsten.

### 12.4. Komma- und Bereichsanzeige

Die logische Verknüpfung wird durch Kurzschließen nicht benötigter Leuchtdioden oder bei Parallelschaltung durch Erhöhen der Flußspannung der auszuschaltenden LED mit Hilfe in Reihe geschalteter Siliziumdioden erreicht.

### 10.5. Übersteuerungsanzeige

Die Eingänge der Übersteuerungsanzeige sind über Dioden entkoppelt. Der Operationsverstärker  $N_{24}$  ist über  $C_{210}$  zu einer monostabilen Kippstufe rückgekoppelt, deren Referenzspannung durch  $R_{201}$  und  $R_{202}$  bestimmt wird.

Übersteigt eine positive Eingangsspannung den Wert von etwa 2 V, so wird am Gitter-Kontakter-Ausgang von  $N_{24}$  leitend und schaltet die rote Leuchte  $B_1$  (8,7 mm) durch eine Gleichspannung. Wirkt  $N_{24}$  als Komparator. Bei einer Spannungsimpuls kommt die Komparatorfunktion des monostabilen Verhaltes heraus, so daß Impulse mit mehr als 0,5  $\mu$ s Dauer zeitlich erkannt werden können.

Für eine negative Eingangsspannung wirkt  $N_{24}$  als Invertor. Übersteigt ihr Betrag 2 V, wird der Ausgang von  $N_{24}$  leitend und schaltet  $B_1$  an und triggert gleichzeitig über  $C_{210}$  das Monostab  $N_{24}$ .

### 12.6. Netzfilter

In Reihe zur Primärwicklung des Netztransformators liegt der Widerstand  $R_{100}$ , der zwei Aufgaben erfüllt: er gewährleistet bei einem Schluß gegen den Netzschonem die zweifache Absicherung, um er begrenzt die von der Ladekondensatoren  $C_{10}$  C<sub>11</sub> C<sub>12</sub> C<sub>13</sub> C<sub>14</sub> C<sub>15</sub> C<sub>16</sub> C<sub>17</sub> C<sub>18</sub> C<sub>19</sub> C<sub>20</sub> C<sub>21</sub> C<sub>22</sub> C<sub>23</sub> C<sub>24</sub> C<sub>25</sub> C<sub>26</sub> C<sub>27</sub> C<sub>28</sub> C<sub>29</sub> C<sub>30</sub> C<sub>31</sub> C<sub>32</sub> C<sub>33</sub> C<sub>34</sub> C<sub>35</sub> C<sub>36</sub> C<sub>37</sub> C<sub>38</sub> C<sub>39</sub> C<sub>40</sub> C<sub>41</sub> C<sub>42</sub> C<sub>43</sub> C<sub>44</sub> C<sub>45</sub> C<sub>46</sub> C<sub>47</sub> C<sub>48</sub> C<sub>49</sub> C<sub>50</sub> C<sub>51</sub> C<sub>52</sub> C<sub>53</sub> C<sub>54</sub> C<sub>55</sub> C<sub>56</sub> C<sub>57</sub> C<sub>58</sub> C<sub>59</sub> C<sub>60</sub> C<sub>61</sub> C<sub>62</sub> C<sub>63</sub> C<sub>64</sub> C<sub>65</sub> C<sub>66</sub> C<sub>67</sub> C<sub>68</sub> C<sub>69</sub> C<sub>70</sub> C<sub>71</sub> C<sub>72</sub> C<sub>73</sub> C<sub>74</sub> C<sub>75</sub> C<sub>76</sub> C<sub>77</sub> C<sub>78</sub> C<sub>79</sub> C<sub>80</sub> C<sub>81</sub> C<sub>82</sub> C<sub>83</sub> C<sub>84</sub> C<sub>85</sub> C<sub>86</sub> C<sub>87</sub> C<sub>88</sub> C<sub>89</sub> C<sub>90</sub> C<sub>91</sub> C<sub>92</sub> C<sub>93</sub> C<sub>94</sub> C<sub>95</sub> C<sub>96</sub> C<sub>97</sub> C<sub>98</sub> C<sub>99</sub> C<sub>100</sub> C<sub>101</sub> C<sub>102</sub> C<sub>103</sub> C<sub>104</sub> C<sub>105</sub> C<sub>106</sub> C<sub>107</sub> C<sub>108</sub> C<sub>109</sub> C<sub>110</sub> C<sub>111</sub> C<sub>112</sub> C<sub>113</sub> C<sub>114</sub> C<sub>115</sub> C<sub>116</sub> C<sub>117</sub> C<sub>118</sub> C<sub>119</sub> C<sub>120</sub> C<sub>121</sub> C<sub>122</sub> C<sub>123</sub> C<sub>124</sub> C<sub>125</sub> C<sub>126</sub> C<sub>127</sub> C<sub>128</sub> C<sub>129</sub> C<sub>130</sub> C<sub>131</sub> C<sub>132</sub> C<sub>133</sub> C<sub>134</sub> C<sub>135</sub> C<sub>136</sub> C<sub>137</sub> C<sub>138</sub> C<sub>139</sub> C<sub>140</sub> C<sub>141</sub> C<sub>142</sub> C<sub>143</sub> C<sub>144</sub> C<sub>145</sub> C<sub>146</sub> C<sub>147</sub> C<sub>148</sub> C<sub>149</sub> C<sub>150</sub> C<sub>151</sub> C<sub>152</sub> C<sub>153</sub> C<sub>154</sub> C<sub>155</sub> C<sub>156</sub> C<sub>157</sub> C<sub>158</sub> C<sub>159</sub> C<sub>160</sub> C<sub>161</sub> C<sub>162</sub> C<sub>163</sub> C<sub>164</sub> C<sub>165</sub> C<sub>166</sub> C<sub>167</sub> C<sub>168</sub> C<sub>169</sub> C<sub>170</sub> C<sub>171</sub> C<sub>172</sub> C<sub>173</sub> C<sub>174</sub> C<sub>175</sub> C<sub>176</sub> C<sub>177</sub> C<sub>178</sub> C<sub>179</sub> C<sub>180</sub> C<sub>181</sub> C<sub>182</sub> C<sub>183</sub> C<sub>184</sub> C<sub>185</sub> C<sub>186</sub> C<sub>187</sub> C<sub>188</sub> C<sub>189</sub> C<sub>190</sub> C<sub>191</sub> C<sub>192</sub> C<sub>193</sub> C<sub>194</sub> C<sub>195</sub> C<sub>196</sub> C<sub>197</sub> C<sub>198</sub> C<sub>199</sub> C<sub>200</sub> C<sub>201</sub> C<sub>202</sub> C<sub>203</sub> C<sub>204</sub> C<sub>205</sub> C<sub>206</sub> C<sub>207</sub> C<sub>208</sub> C<sub>209</sub> C<sub>210</sub> C<sub>211</sub> C<sub>212</sub> C<sub>213</sub> C<sub>214</sub> C<sub>215</sub> C<sub>216</sub> C<sub>217</sub> C<sub>218</sub> C<sub>219</sub> C<sub>220</sub> C<sub>221</sub> C<sub>222</sub> C<sub>223</sub> C<sub>224</sub> C<sub>225</sub> C<sub>226</sub> C<sub>227</sub> C<sub>228</sub> C<sub>229</sub> C<sub>230</sub> C<sub>231</sub> C<sub>232</sub> C<sub>233</sub> C<sub>234</sub> C<sub>235</sub> C<sub>236</sub> C<sub>237</sub> C<sub>238</sub> C<sub>239</sub> C<sub>240</sub> C<sub>241</sub> C<sub>242</sub> C<sub>243</sub> C<sub>244</sub> C<sub>245</sub> C<sub>246</sub> C<sub>247</sub> C<sub>248</sub> C<sub>249</sub> C<sub>250</sub> C<sub>251</sub> C<sub>252</sub> C<sub>253</sub> C<sub>254</sub> C<sub>255</sub> C<sub>256</sub> C<sub>257</sub> C<sub>258</sub> C<sub>259</sub> C<sub>260</sub> C<sub>261</sub> C<sub>262</sub> C<sub>263</sub> C<sub>264</sub> C<sub>265</sub> C<sub>266</sub> C<sub>267</sub> C<sub>268</sub> C<sub>269</sub> C<sub>270</sub> C<sub>271</sub> C<sub>272</sub> C<sub>273</sub> C<sub>274</sub> C<sub>275</sub> C<sub>276</sub> C<sub>277</sub> C<sub>278</sub> C<sub>279</sub> C<sub>280</sub> C<sub>281</sub> C<sub>282</sub> C<sub>283</sub> C<sub>284</sub> C<sub>285</sub> C<sub>286</sub> C<sub>287</sub> C<sub>288</sub> C<sub>289</sub> C<sub>290</sub> C<sub>291</sub> C<sub>292</sub> C<sub>293</sub> C<sub>294</sub> C<sub>295</sub> C<sub>296</sub> C<sub>297</sub> C<sub>298</sub> C<sub>299</sub> C<sub>300</sub> C<sub>301</sub> C<sub>302</sub> C<sub>303</sub> C<sub>304</sub> C<sub>305</sub> C<sub>306</sub> C<sub>307</sub> C<sub>308</sub> C<sub>309</sub> C<sub>310</sub> C<sub>311</sub> C<sub>312</sub> C<sub>313</sub> C<sub>314</sub> C<sub>315</sub> C<sub>316</sub> C<sub>317</sub> C<sub>318</sub> C<sub>319</sub> C<sub>320</sub> C<sub>321</sub> C<sub>322</sub> C<sub>323</sub> C<sub>324</sub> C<sub>325</sub> C<sub>326</sub> C<sub>327</sub> C<sub>328</sub> C<sub>329</sub> C<sub>330</sub> C<sub>331</sub> C<sub>332</sub> C<sub>333</sub> C<sub>334</sub> C<sub>335</sub> C<sub>336</sub> C<sub>337</sub> C<sub>338</sub> C<sub>339</sub> C<sub>340</sub> C<sub>341</sub> C<sub>342</sub> C<sub>343</sub> C<sub>344</sub> C<sub>345</sub> C<sub>346</sub> C<sub>347</sub> C<sub>348</sub> C<sub>349</sub> C<sub>350</sub> C<sub>351</sub> C<sub>352</sub> C<sub>353</sub> C<sub>354</sub> C<sub>355</sub> C<sub>356</sub> C<sub>357</sub> C<sub>358</sub> C<sub>359</sub> C<sub>360</sub> C<sub>361</sub> C<sub>362</sub> C<sub>363</sub> C<sub>364</sub> C<sub>365</sub> C<sub>366</sub> C<sub>367</sub> C<sub>368</sub> C<sub>369</sub> C<sub>370</sub> C<sub>371</sub> C<sub>372</sub> C<sub>373</sub> C<sub>374</sub> C<sub>375</sub> C<sub>376</sub> C<sub>377</sub> C<sub>378</sub> C<sub>379</sub> C<sub>380</sub> C<sub>381</sub> C<sub>382</sub> C<sub>383</sub> C<sub>384</sub> C<sub>385</sub> C<sub>386</sub> C<sub>387</sub> C<sub>388</sub> C<sub>389</sub> C<sub>390</sub> C<sub>391</sub> C<sub>392</sub> C<sub>393</sub> C<sub>394</sub> C<sub>395</sub> C<sub>396</sub> C<sub>397</sub> C<sub>398</sub> C<sub>399</sub> C<sub>400</sub> C<sub>401</sub> C<sub>402</sub> C<sub>403</sub> C<sub>404</sub> C<sub>405</sub> C<sub>406</sub> C<sub>407</sub> C<sub>408</sub> C<sub>409</sub> C<sub>410</sub> C<sub>411</sub> C<sub>412</sub> C<sub>413</sub> C<sub>414</sub> C<sub>415</sub> C<sub>416</sub> C<sub>417</sub> C<sub>418</sub> C<sub>419</sub> C<sub>420</sub> C<sub>421</sub> C<sub>422</sub> C<sub>423</sub> C<sub>424</sub> C<sub>425</sub> C<sub>426</sub> C<sub>427</sub> C<sub>428</sub> C<sub>429</sub> C<sub>430</sub> C<sub>431</sub> C<sub>432</sub> C<sub>433</sub> C<sub>434</sub> C<sub>435</sub> C<sub>436</sub> C<sub>437</sub> C<sub>438</sub> C<sub>439</sub> C<sub>440</sub> C<sub>441</sub> C<sub>442</sub> C<sub>443</sub> C<sub>444</sub> C<sub>445</sub> C<sub>446</sub> C<sub>447</sub> C<sub>448</sub> C<sub>449</sub> C<sub>450</sub> C<sub>451</sub> C<sub>452</sub> C<sub>453</sub> C<sub>454</sub> C<sub>455</sub> C<sub>456</sub> C<sub>457</sub> C<sub>458</sub> C<sub>459</sub> C<sub>460</sub> C<sub>461</sub> C<sub>462</sub> C<sub>463</sub> C<sub>464</sub> C<sub>465</sub> C<sub>466</sub> C<sub>467</sub> C<sub>468</sub> C<sub>469</sub> C<sub>470</sub> C<sub>471</sub> C<sub>472</sub> C<sub>473</sub> C<sub>474</sub> C<sub>475</sub> C<sub>476</sub> C<sub>477</sub> C<sub>478</sub> C<sub>479</sub> C<sub>480</sub> C<sub>481</sub> C<sub>482</sub> C<sub>483</sub> C<sub>484</sub> C<sub>485</sub> C<sub>486</sub> C<sub>487</sub> C<sub>488</sub> C<sub>489</sub> C<sub>490</sub> C<sub>491</sub> C<sub>492</sub> C<sub>493</sub> C<sub>494</sub> C<sub>495</sub> C<sub>496</sub> C<sub>497</sub> C<sub>498</sub> C<sub>499</sub> C<sub>500</sub> C<sub>501</sub> C<sub>502</sub> C<sub>503</sub> C<sub>504</sub> C<sub>505</sub> C<sub>506</sub> C<sub>507</sub> C<sub>508</sub> C<sub>509</sub> C<sub>510</sub> C<sub>511</sub> C<sub>512</sub> C<sub>513</sub> C<sub>514</sub> C<sub>515</sub> C<sub>516</sub> C<sub>517</sub> C<sub>518</sub> C<sub>519</sub> C<sub>520</sub> C<sub>521</sub> C<sub>522</sub> C<sub>523</sub> C<sub>524</sub> C<sub>525</sub> C<sub>526</sub> C<sub>527</sub> C<sub>528</sub> C<sub>529</sub> C<sub>530</sub> C<sub>531</sub> C<sub>532</sub> C<sub>533</sub> C<sub>534</sub> C<sub>535</sub> C<sub>536</sub> C<sub>537</sub> C<sub>538</sub> C<sub>539</sub> C<sub>540</sub> C<sub>541</sub> C<sub>542</sub> C<sub>543</sub> C<sub>544</sub> C<sub>545</sub> C<sub>546</sub> C<sub>547</sub> C<sub>548</sub> C<sub>549</sub> C<sub>550</sub> C<sub>551</sub> C<sub>552</sub> C<sub>553</sub> C<sub>554</sub> C<sub>555</sub> C<sub>556</sub> C<sub>557</sub> C<sub>558</sub> C<sub>559</sub> C<sub>560</sub> C<sub>561</sub> C<sub>562</sub> C<sub>563</sub> C<sub>564</sub> C<sub>565</sub> C<sub>566</sub> C<sub>567</sub> C<sub>568</sub> C<sub>569</sub> C<sub>570</sub> C<sub>571</sub> C<sub>572</sub> C<sub>573</sub> C<sub>574</sub> C<sub>575</sub> C<sub>576</sub> C<sub>577</sub> C<sub>578</sub> C<sub>579</sub> C<sub>580</sub> C<sub>581</sub> C<sub>582</sub> C<sub>583</sub> C<sub>584</sub> C<sub>585</sub> C<sub>586</sub> C<sub>587</sub> C<sub>588</sub> C<sub>589</sub> C<sub>590</sub> C<sub>591</sub> C<sub>592</sub> C<sub>593</sub> C<sub>594</sub> C<sub>595</sub> C<sub>596</sub> C<sub>597</sub> C<sub>598</sub> C<sub>599</sub> C<sub>600</sub> C<sub>601</sub> C<sub>602</sub> C<sub>603</sub> C<sub>604</sub> C<sub>605</sub> C<sub>606</sub> C<sub>607</sub> C<sub>608</sub> C<sub>609</sub> C<sub>610</sub> C<sub>611</sub> C<sub>612</sub> C<sub>613</sub> C<sub>614</sub> C<sub>615</sub> C<sub>616</sub> C<sub>617</sub> C<sub>618</sub> C<sub>619</sub> C<sub>620</sub> C<sub>621</sub> C<sub>622</sub> C<sub>623</sub> C<sub>624</sub> C<sub>625</sub> C<sub>626</sub> C<sub>627</sub> C<sub>628</sub> C<sub>629</sub> C<sub>630</sub> C<sub>631</sub> C<sub>632</sub> C<sub>633</sub> C<sub>634</sub> C<sub>635</sub> C<sub>636</sub> C<sub>637</sub> C<sub>638</sub> C<sub>639</sub> C<sub>640</sub> C<sub>641</sub> C<sub>642</sub> C<sub>643</sub> C<sub>644</sub> C<sub>645</sub> C<sub>646</sub> C<sub>647</sub> C<sub>648</sub> C<sub>649</sub> C<sub>650</sub> C<sub>651</sub> C<sub>652</sub> C<sub>653</sub> C<sub>654</sub> C<sub>655</sub> C<sub>656</sub> C<sub>657</sub> C<sub>658</sub> C<sub>659</sub> C<sub>660</sub> C<sub>661</sub> C<sub>662</sub> C<sub>663</sub> C<sub>664</sub> C<sub>665</sub> C<sub>666</sub> C<sub>667</sub> C<sub>668</sub> C<sub>669</sub> C<sub>670</sub> C<sub>671</sub> C<sub>672</sub> C<sub>673</sub> C<sub>674</sub> C<sub>675</sub> C<sub>676</sub> C<sub>677</sub> C<sub>678</sub> C<sub>679</sub> C<sub>680</sub> C<sub>681</sub> C<sub>682</sub> C<sub>683</sub> C<sub>684</sub> C<sub>685</sub> C<sub>686</sub> C<sub>687</sub> C<sub>688</sub> C<sub>689</sub> C<sub>690</sub> C<sub>691</sub> C<sub>692</sub> C<sub>693</sub> C<sub>694</sub> C<sub>695</sub> C<sub>696</sub> C<sub>697</sub> C<sub>698</sub> C<sub>699</sub> C<sub>700</sub> C<sub>701</sub> C<sub>702</sub> C<sub>703</sub> C<sub>704</sub> C<sub>705</sub> C<sub>706</sub> C<sub>707</sub> C<sub>708</sub> C<sub>709</sub> C<sub>710</sub> C<sub>711</sub> C<sub>712</sub> C<sub>713</sub> C<sub>714</sub> C<sub>715</sub> C<sub>716</sub> C<sub>717</sub> C<sub>718</sub> C<sub>719</sub> C<sub>720</sub> C<sub>721</sub> C<sub>722</sub> C<sub>723</sub> C<sub>724</sub> C<sub>725</sub> C<sub>726</sub> C<sub>727</sub> C<sub>728</sub> C<sub>729</sub> C<sub>730</sub> C<sub>731</sub> C<sub>732</sub> C<sub>733</sub> C<sub>734</sub> C<sub>735</sub> C<sub>736</sub> C<sub>737</sub> C<sub>738</sub> C<sub>739</sub> C<sub>740</sub> C<sub>741</sub> C<sub>742</sub> C<sub>743</sub> C<sub>744</sub> C<sub>745</sub> C<sub>746</sub> C<sub>747</sub> C<sub>748</sub> C<sub>749</sub> C<sub>750</sub> C<sub>751</sub> C<sub>752</sub> C<sub>753</sub> C<sub>754</sub> C<sub>755</sub> C<sub>756</sub> C<sub>757</sub> C<sub>758</sub> C<sub>759</sub> C<sub>760</sub> C<sub>761</sub> C<sub>762</sub> C<sub>763</sub> C<sub>764</sub> C<sub>765</sub> C<sub>766</sub> C<sub>767</sub> C<sub>768</sub> C<sub>769</sub> C<sub>770</sub> C<sub>771</sub> C<sub>772</sub> C<sub>773</sub> C<sub>774</sub> C<sub>775</sub> C<sub>776</sub> C<sub>777</sub> C<sub>778</sub> C<sub>779</sub> C<sub>780</sub> C<sub>781</sub> C<sub>782</sub> C<sub>783</sub> C<sub>784</sub> C<sub>785</sub> C<sub>786</sub> C<sub>787</sub> C<sub>788</sub> C<sub>789</sub> C<sub>790</sub> C<sub>791</sub> C<sub>792</sub> C<sub>793</sub> C<sub>794</sub> C<sub>795</sub> C<sub>796</sub> C<sub>797</sub> C<sub>798</sub> C<sub>799</sub> C<sub>800</sub> C<sub>801</sub> C<sub>802</sub> C<sub>803</sub> C<sub>804</sub> C<sub>805</sub> C<sub>806</sub> C<sub>807</sub> C<sub>808</sub> C<sub>809</sub> C<sub>810</sub> C<sub>811</sub> C<sub>812</sub> C<sub>813</sub> C<sub>814</sub> C<sub>815</sub> C<sub>816</sub> C<sub>817</sub> C<sub>818</sub> C<sub>819</sub> C<sub>820</sub> C<sub>821</sub> C<sub>822</sub> C<sub>823</sub> C<sub>824</sub> C<sub>825</sub> C<sub>826</sub> C<sub>827</sub> C<sub>828</sub> C<sub>829</sub> C<sub>830</sub> C<sub>831</sub> C<sub>832</sub> C<sub>833</sub> C<sub>834</sub> C<sub>835</sub> C<sub>836</sub> C<sub>837</sub> C<sub>838</sub> C<sub>839</sub> C<sub>840</sub> C<sub>841</sub> C<sub>842</sub> C<sub>843</sub> C<sub>844</sub> C<sub>845</sub> C<sub>846</sub> C<sub>847</sub> C<sub>848</sub> C<sub>849</sub> C<sub>850</sub> C<sub>851</sub> C<sub>852</sub> C<sub>853</sub> C<sub>854</sub> C<sub>855</sub> C<sub>856</sub> C<sub>857</sub> C<sub>858</sub> C<sub>859</sub> C<sub>860</sub> C<sub>861</sub> C<sub>862</sub> C<sub>863</sub> C<sub>864</sub> C<sub>865</sub> C<sub>866</sub> C<sub>867</sub> C<sub>868</sub> C<sub>869</sub> C<sub>870</sub> C<sub>871</sub> C<sub>872</sub> C<sub>873</sub> C<sub>874</sub> C<sub>875</sub> C<sub>876</sub> C<sub>877</sub> C<sub>878</sub> C<sub>879</sub> C<sub>880</sub> C<sub>881</sub> C<sub>882</sub> C<sub>883</sub> C<sub>884</sub> C<sub>885</sub> C<sub>886</sub> C<sub>887</sub> C<sub>888</sub> C<sub>889</sub> C<sub>890</sub> C<sub>891</sub> C<sub>892</sub> C<sub>893</sub> C<sub>894</sub> C<sub>895</sub> C<sub>896</sub> C<sub>897</sub> C<sub>898</sub> C<sub>899</sub> C<sub>900</sub> C<sub>901</sub> C<sub>902</sub> C<sub>903</sub> C<sub>904</sub> C<sub>905</sub> C<sub>906</sub> C<sub>907</sub> C<sub>908</sub> C<sub>909</sub> C<sub>910</sub> C<sub>911</sub> C<sub>912</sub> C<sub>913</sub> C<sub>914</sub> C<sub>915</sub> C<sub>916</sub> C<sub>917</sub> C<sub>918</sub> C<sub>919</sub> C<sub>920</sub> C<sub>921</sub> C<sub>922</sub> C<sub>923</sub> C<sub>924</sub> C<sub>925</sub> C<sub>926</sub> C<sub>927</sub> C<sub>928</sub> C<sub>929</sub> C<sub>930</sub> C<sub>931</sub> C<sub>932</sub> C<sub>933</sub> C<sub>934</sub> C<sub>935</sub> C<sub>936</sub> C<sub>937</sub> C<sub>938</sub> C<sub>939</sub> C<sub>940</sub> C<sub>941</sub> C<sub>942</sub> C<sub>943</sub> C<sub>944</sub> C<sub>945</sub> C<sub>946</sub> C<sub>947</sub> C<sub>948</sub> C<sub>949</sub> C<sub>950</sub> C<sub>951</sub> C<sub>952</sub> C<sub>953</sub> C<sub>954</sub> C<sub>955</sub> C<sub>956</sub> C<sub>957</sub> C<sub>958</sub> C<sub>959</sub> C<sub>960</sub> C<sub>961</sub> C<sub>962</sub> C<sub>963</sub> C<sub>964</sub> C<sub>965</sub> C<sub>966</sub> C<sub>967</sub> C<sub>968</sub> C<sub>969</sub> C<sub>970</sub> C<sub>971</sub> C<sub>972</sub> C<sub>973</sub> C<sub>974</sub> C<sub>975</sub> C<sub>976</sub> C<sub>977</sub> C<sub>978</sub> C<sub>979</sub> C<sub>980</sub> C<sub>981</sub> C<sub>982</sub> C<sub>983</sub> C<sub>984</sub> C<sub>985</sub> C<sub>986</sub> C<sub>987</sub> C<sub>988</sub> C<sub>989</sub> C<sub>990</sub> C<sub>991</sub> C<sub>992</sub> C<sub>993</sub> C<sub>994</sub> C<sub>995</sub> C<sub>996</sub> C<sub>997</sub> C<sub>998</sub> C<sub>999</sub> C<sub>1000</sub> C<sub>1001</sub> C<sub>1002</sub> C<sub>1003</sub> C<sub>1004</sub> C<sub>1005</sub> C<sub>1006</sub> C<sub>1007</sub> C<sub>1008</sub> C<sub>1009</sub> C<sub>1010</sub> C<sub>1011</sub> C<sub>1012</sub> C<sub>1013</sub> C<sub>1014</sub> C<sub>1015</sub> C<sub>1016</sub> C<sub>1017</sub> C<sub>1018</sub> C<sub>1019</sub> C<sub>1020</sub> C<sub>1021</sub> C<sub>1022</sub> C<sub>1023</sub> C<sub>1024</sub> C<sub>1025</sub> C<sub>1026</sub> C<sub>1027</sub> C<sub>1028</sub> C<sub>1029</sub> C<sub>1030</sub> C<sub>1031</sub> C<sub>1032</sub> C<sub>1033</sub> C<sub>1034</sub> C<sub>1035</sub> C<sub>1036</sub> C<sub>1037</sub> C<sub>1038</sub> C<sub>1039</sub> C<sub>1040</sub> C<sub>1041</sub> C<sub>1042</sub> C<sub>1043</sub> C<sub>1044</sub> C<sub>1045</sub> C<sub>1046</sub> C<sub>1047</sub> C<sub>1048</sub> C<sub>1049</sub> C<sub>1050</sub> C<sub>1051</sub> C<sub>1052</sub> C<sub>1053</sub> C<sub>1054</sub> C<sub>1055</sub> C<sub>1056</sub> C<sub>1057</sub> C<sub>1058</sub> C<sub>1059</sub> C<sub>1060</sub> C<sub>1061</sub> C<sub>1062</sub> C<sub>1063</sub> C<sub>1064</sub> C<sub>1065</sub> C<sub>1066</sub> C<sub>1067</sub> C<sub>1068</sub> C<sub>1069</sub> C<sub>1070</sub> C<sub>1071</sub> C<sub>1072</sub> C<sub>1073</sub> C<sub>1074</sub> C<sub>1075</sub> C<sub>1076</sub> C<sub>1077</sub> C<sub>1078</sub> C<sub>1079</sub> C<sub>1080</sub> C<sub>1081</sub> C<sub>1082</sub> C<sub>1083</sub> C<sub>1084</sub> C<sub>1085</sub> C<sub>1086</sub> C<sub>1087</sub> C<sub>1088</sub> C<sub>1089</sub> C<sub>1090</sub> C<sub>1091</sub> C<sub>1092</sub> C<sub>1093</sub> C<sub>1094</sub> C<sub>1095</sub> C<sub>1096</sub> C<sub>1097</sub> C<sub>1098</sub> C<sub>1099</sub> C<sub>1100</sub> C<sub>1101</sub> C<sub>1102</sub> C<sub>1103</sub> C<sub>1104</sub> C<sub>1105</sub> C<sub>1106</sub> C<sub>1107</sub> C<sub>1108</sub> C<sub>1109</sub> C<sub>1110</sub> C<sub>1111</sub> C<sub>1112</sub> C<sub>1113</sub> C<sub>1114</sub> C<sub>1115</sub> C<sub>1116</sub> C<sub>1117</sub> C<sub>1118</sub> C<sub>1119</sub> C<sub>1120</sub> C<sub>1121</sub> C<sub>1122</sub> C<sub>1123</sub> C<sub>1124</sub> C<sub>1125</sub> C<sub>1126</sub> C<sub>1127</sub> C<sub>1128</sub> C<sub>1129</sub> C<sub>1130</sub> C<sub>1131</sub> C<sub>1132</sub> C<sub>1133</sub> C<sub>1134</sub> C<sub>1135</sub> C<sub>1136</sub> C<sub>1137</sub> C<sub>1138</sub> C<sub>1139</sub> C<sub>1140</sub> C<sub>1141</sub> C<sub>1142</sub> C<sub>1143</sub> C<sub>1144</sub> C<sub>1145</sub> C<sub>1146</sub> C<sub>1147</sub> C<sub>1148</sub> C<sub>1149</sub> C<sub>1150</sub> C<sub>1151</sub> C<sub>1152</sub> C<sub>1153</sub> C<sub>1154</sub> C<sub>1155</sub> C<sub>1156</sub> C<sub>1157</sub> C<sub>1158</sub> C<sub>1159</sub> C<sub>1160</sub> C<sub>1161</sub> C<sub>1162</sub> C<sub>1163</sub> C<sub>1164</sub> C<sub>1165</sub> C<sub>1166</sub> C<sub>1167</sub> C<sub>1168</sub> C<sub>1169</sub> C<sub>1170</sub> C<sub>1171</sub> C<sub>1172</sub> C<sub>1173</sub> C<sub>1174</sub> C<sub>1175</sub> C<sub>1176</sub> C<sub>1177</sub>

Die Schutzleiterprüfung erfolgt zwischen dem Schutzkontaktstecker und der Schutzleiterbuchse auf der Rückwand, nicht am Gehäuse!

Nach Reparaturen im Netzbereich (Transformator, Sicherungshalter,  $R_{100}$ ) ist eine Hochspannungsprüfung in folgender Reihenfolge durchzuführen:

- Durchgangsprüfung Netzsteckerstifte
- Schutzleiterbuchse mit Gehäusemasse verbinden (z. B. BNC-Außenleiter)
- Netzsteckerstifte gegen Gehäuse mit 3 kV prüfen
- Schutzleiterbuchse vom Gehäuse trennen
- Schutzleiterbuchse gegen Gehäuse mit 500 V prüfen.

#### 14. Reparaturhinweise, Abgleichvorschrift

Leuchtet trotz anliegender Netzspannung keine der grünen LEDs, und ist an den Kontakten 2 und 5 der Rückwandbuchse keine Spannung meßbar, so ist wahrscheinlich die Netzsicherung defekt.

Nach dem Ziehen des Netzsteckers und Lösen der vier Senkkopfschrauben an den Seiten des Gerätes können der Gehäusemantel und das Bodenblech entfernt werden. Die Netzsicherung "35 mA träge" ist dann zugänglich. Der Sicherungshalter befindet sich zwischen Netztransformator und Netzstecker.

#### 14.1. Abgleich der Betriebsspannung

Die Betriebsspannungen werden auf +15 V und -15 V abgeglichen. Nach einem Bauelementewechsel wird vor dem Einschalten die jeweilige Lötbrücke geöffnet: die für  $U_{S+}$  befindet sich auf der Leiterseite links neben den drei Anschlüssen von  $N_3$ , die für  $U_{S-}$  ist links über dem Schriftzug "N 7" (Kennzeichnung durch Dreieck). Bei einer Belastung mit 200 Ohm / 1 W wird ein Betrag von 15,0 V eingestellt, danach ist die Lötbrücke wieder zu schließen.

#### 14.2. Abgleich des Potentiometers

Nach einem Auswechseln oder bei sehr starker Alterung des Potentiometers  $R_{16}$  für die dritte Ziffer der Frequenzeinstellung müssen  $R_{18}$  und  $R_{19}$  neu abgeglichen werden.

Dazu sind zwei Lötbrücken zu öffnen, die für  $R_{16-2}$  liegt rechts des Schriftzuges "R 45", die für  $R_{16-1}$  ist oberhalb des Potentio-

meteranschlußdrähte (Kennzeichnung durch kleines Dreieck im Leiterbild).

Das Potentiometer wird auf den Linksanschlag gestellt (Ziffer 0). Der Widerstand zwischen den Anschlüssen muß mit  $R_{18}$  bzw.  $R_{19}$  auf den Wert 3,60 kOhm abgeglichen werden.

#### 4.3. Abgleich des Resonanzübertragungsmaßes

- Prüfmittel:
- Tongenerator: 100 Hz bis 10 kHz, z. B. GF 21
  - Voltmeter 50 Hz bis 200 kHz mit Eingangsempfindlichkeit für zwei Meßstellen, z. B. VM 70, VM 11
  - Oszilloskop

a) Der Tongenerator wird an den VF-Du-Eingang und den Eingang 2 VM 70 angeschlossen. Der Ausgang des VM 30 verbindet man mit Eingang 2 des VM 70, dessen Hochspannungsausgangssignal oszillografisch kontrolliert wird.

Die Mindesteinstrahlzeit für diesen Abgleich beträgt 10 min.

- b) VF 30: Bandbreite 3 %, BETRIEBSART BR, FREQUENZ 1 9 , . kHz (Potentiometer auf Rechtsanschlag), BEREICH 110 kHz.
- c) 20 kHz, 1,00 V einspeisen, Generatorfrequenz verändern, bis Spannungmaximum am Filterausgang. Dieses mit  $R_{67}$  (unter  $N_3$ ) auf 0,99 V einstellen.
- d) VF 30: FREQUENZ 10 9 , . kHz.  
110 kHz, 1,00 V einspeisen, Generatorfrequenz verändern, bis Maximum am Filterausgang.  
Dieses mit  $C_8$  (rechts neben  $N_3$ ) auf 0,99 V einstellen.
- e) Abgleich c) und d) abwechselnd wiederholen, bis die Ausgangsspannung in beiden Fällen 0,98 bis 1,00 V beträgt.
- f) VF 30: 10 , 9 . kHz, BEREICH 11 kHz.  
11 kHz, 1,00 V einspeisen, Maximum suchen, mit  $R_{68}$  auf 1,00 abgleichen.
- g) VF 30: 10 9 . Hz, BEREICH 1100 Hz.  
1,1 kHz, 1,00 V einspeisen, Maximum suchen, mit  $R_{69}$  auf 1,00 abgleichen.

h) NF 30: 10-9, ... Bereich 100 Hz.

110 Hz: 1,00 V einseitig, max. max. stehen, Kontrolle ob dieses net 0,99 bis 1,01 V liegt. Gegebenenfalls ist die Einstellung von R 29 als zu verändern. Jed. 1. beiden Bereichen der Wert 0,99 bis 1,01 V einseitig wird.

## 15. Lager- und Transportbedingungen

### 15.1. Lagerbedingungen (TGL 14 283/10 bzw. ST RGW 3405-81)

Die Kurzzeitlagerung des Gerätes soll in der Transportverpackung erfolgen. Bei Einhaltung folgender Bedingungen sind dabei maximal sechs Monate zulässig.

<u>Umgebungslufttemperatur</u>	<u>relative Luftfeuchtigkeit</u>
0 bis 35 °C	max. 80 %
40 °C	max. 60 %

Über längere Zeiträume wird das Gerät entsprechend den nachstehenden Bedingungen ohne Verpackung gelagert:

<u>Umgebungslufttemperatur</u>	<u>relative Luftfeuchtigkeit</u>
10 bis 25 °C	max. 80 %
30 °C	max. 60 %
35 °C	max. 45 %

### 15.2. Transportbedingungen (TGL 14 283/05 und /10 bzw. ST RGW 5125-85 und 3405-81)

Beim Transport in der Originalverpackung sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

<u>Umgebungslufttemperatur</u>	<u>relative Luftfeuchtigkeit</u>
-25 bis 25 °C	max. 95 %
30 °C	max. 70 %
35 °C	max. 54 %
40 °C	max. 40 %
45 °C	max. 33 %
50 °C	max. 25 %

Mechanische Einsatzgruppe	T 21 nach TGL 200-0057
Prüfklasse	Eb 6 - 150 - 4000/3 nach TGL 200-0057 und 14 283/10