

GERÄTE DER ELEKTRONISCHEN MESSTECHNIK

BEDIENUNGSANLEITUNG

VM 21

SCHWINGUNGSMESSGERÄT



VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul

im VE Kombinat Präcitronic

8122 Radebeul, Wilhelm-Pieck-Straße 58

VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul
8122 Radebeul, Wilhelm-Pieck-Str.58

Technische Beschreibung und
Bedienungsanleitung

Schwingungsmeßgerät VM 21

Ausgabe 12.89

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Verwendungszweck	4
2. Lieferumfang und Ergänzungsgeräte	4
2.1. Lieferumfang	4
2.2. Ergänzungsgeräte und -teile	5
3. Technische Daten	5
3.1. Meßgrößen	5
3.2. Meßbereichsgrenzen	6
3.3. Meßparameter	7
3.4. Meßfehler und Störgrößen	8
3.5. Ein- und Ausgänge	9
3.6. Stromversorgung	10
3.7. Schutzgrad	10
3.8. Schutzklasse	10
3.9. Klimatische Bedingungen	11
3.10. Mechanische Festigkeit	11
3.11. Masse und Abmessungen	11
3.12. Schutzgüte	11
4. Wirkungsweise	12
5. Betriebsanweisung	15
5.1. Bedienungselemente	15
5.2. Vorbereitung der Messung	19
5.2.1. Ankopplung des Aufnehmers an das Meßobjekt	19
5.2.2. Anschluß des Aufnehmers an das Gerät	19
5.2.3. Anschluß externer Geräte	20
5.2.4. Einschalten des Gerätes	21
5.3. Kalibrierung der Meßkette	21
5.3.1. Mechanische Kalibrierung	21
5.3.2. Elektrische Kalibrierung	22

	Seite
5.4. Durchführung der Messungen	25
5.4.1. Messen der Beschleunigung (Effektivwert)	25
5.4.2. Messen der Geschwindigkeit (Effektivwert)	25
5.4.3. Zeitwertbewertung und eingebaute Filter	26
5.4.4. Messen des Spitzenwertes periodischer Schwingungen	26
5.4.5. Messen von Stößen	27
5.4.6. Messen mit externem Filter	28
5.4.7. Übersteuerungsmeldung	28
5.4.8. Störeinflüsse	28
6. Weitere Anwendungsmöglichkeiten	29
6.1. Verwendung des Gerätes als Digitalvoltmeter	29
6.2. Netzunabhängiger Betrieb	30
6.3. Anschluß der Kabelverstärker M 62 und M 64 zur festen Installation in Überwachungsanlagen	30
7. Überprüfung des Gerätes	32
8. Mechanischer Aufbau, Demontage und Montage des Gerätes	38
9. Elektrische Schaltung	40
9.1. Gesamtschaltung	40
9.2. Eingangsverstärker und Kalibrator	41
9.3. Filter, Integrator und Nachverstärker	42
9.4. Meßbereichsanzeige	42
9.5. Effektivwertbildner	43
9.6. Spitzenwertbildner	44
9.7. Meßwertanzeige	45
9.8. Übersteuerungsanzeige	45
9.9. Stromversorgung	45
10. Pflege und Wartung	45
11. Reparaturhinweise und Abgleichvorschrift	46
12. Lager- und Transportbedingungen	50
13. Anhang (Stückliste, Schutzgütenachweis und Schaltbilder)	51

1. Verwendungszweck

Das VM 21 ist ein einfaches, universelles Laborgerät zur Messung von Schwingungen und Stößen, das sich durch hohen Bedienkomfort auszeichnet.

In Verbindung mit piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmern aus unserem Sortiment können wahlweise Effektivwert, positiver oder negativer Spitzenwert oder Betrag des Spitzenwertes der Schwingbeschleunigung oder der Schwinggeschwindigkeit gemessen werden.

In der Betriebsart Effektivwert können Signale mit hohem Impulsgehalt (bis Scheitelfaktor $S = 10$) verarbeitet werden, in den Betriebsarten Spitzenwert ist auch die Erfassung von einmaligen Vorgängen (Stößen) möglich.

Zwei eingebaute Filter ermöglichen die Abtrennung von tief- oder hochfrequenten Störsignalen, durch Anschluß externer Filter kann eine Frequenzanalyse durchgeführt werden.

Das VM 21 besitzt sowohl eine dreistellige Digitalanzeige als auch eine analoge Leuchtpunktskala zur Trendanzeige des Meßsignals. Außerdem werden Meßbereich und Maßeinheit in allen Betriebsarten angezeigt. Zur Weiterverarbeitung des Signals stehen ein Wechsel- und ein Gleichspannungsausgang zur Verfügung. Das Gerät ist für Netzbetrieb ausgelegt.

Weiterhin kann das VM 21 auch als Digitalvoltmeter mit Effektiv- und Spitzenwertanzeige sowie als Anzeigegerät in Überwachungsanlagen in Verbindung mit den Kabelverstärkern M 62 und M 64 (Hersteller: VEB Metra Radebeul) verwendet werden.

2. Lieferumfang und Ergänzungsgeräte

2.1. Lieferumfang

- 1 Schwingungsmeßgerät VM 21
- 1 Netzkabel
- 1 Satz Ersatzsicherungen
- 1 Bedienungsanleitung
- 1 Garantiekunde

2.2. Ergänzungsgeräte und -teile

- Beschleunigungsaufnehmer mit piezokeramischen Wandlerelementen:
Es sind alle Typen aus dem Sortiment von VEB Metra Radebeul einsetzbar. Geeignet sind z.B. für
 - . universelle Messungen KD 35, KS 52
 - . hohe Beschleunigungen und Stöße KD 34
 - . leichte Meßobjekte KD 93
 - . niedrige Beschleunigungen KD 41, KB 11
 - . sehr empfindliche Messungen KB 12
 - . große Temperaturunterschiede KS 50, 51, 52
 - Kabelverstärker M 62 oder M 64 mit Beschleunigungsaufnehmer KS 60 für industriellen Einsatz (Festinstallation)
 - NF-Filter VF 30
 - Langzeitintegrator LI 60
 - Oktavfilter 01016
 - Terz-Oktavfilter 01017
 - Schmalbandfilter 01025
 - Elektrodynamischer Eich Tisch 11031
- } Hersteller:
VEB Robotron-Meßelektronik
"Otto Schön" Dresden

3. Technische Daten

3.1. Meßgrößen

- Schwingungsbeschleunigung Effektivwert $\tilde{a}$
Spitzenwert $\hat{a}$
- Schwingungsgeschwindigkeit Effektivwert $\tilde{v}$
Spitzenwert $\hat{v}$

3.2. Meßbereichsgrenzen

- für Aufnehmer-Übertragungsfaktoren

0,08 bis 0,8 mV/(m.s⁻²)

$\tilde{a} = 0,3$ bis 10 000 m.s⁻²
 $\hat{a} = 1$ bis 100 000 m.s⁻²
 $\tilde{v} = 3$ bis 100 000 mm.s⁻¹
 $\hat{v} = 10$ mm.s⁻¹ bis 1 000 m.s⁻¹

- für Aufnehmer-Übertragungsfaktoren

0,8 bis 8 mV/(m.s⁻²)

$\tilde{a} = 0,03$ bis 1 000 m.s⁻²
 $\hat{a} = 0,1$ bis 10 000 m.s⁻²
 $\tilde{v} = 0,3$ bis 10 000 mm.s⁻¹
 $\hat{v} = 1$ bis 100 000 mm.s⁻¹

- für Aufnehmer-Übertragungsfaktoren

8 bis 80 mV/(m.s⁻²)

$\tilde{a} = 0,003$ bis 100 m.s⁻²
 $\hat{a} = 0,01$ bis 1 000 m.s⁻²
 $\tilde{v} = 0,03$ bis 1 000 mm.s⁻¹
 $\hat{v} = 0,1$ bis 10 000 mm.s⁻¹

- für Aufnehmer-Übertragungsfaktoren

80 bis 800 mV/(m.s⁻²)

$\tilde{a} = 0,001$ bis 10 m.s⁻²
 $\hat{a} = 0,001$ bis 100 m.s⁻²
 $\tilde{v} = 0,003$ bis 100 mm.s⁻¹
 $\hat{v} = 0,1$ bis 1 000 mm.s⁻¹

Geräteseitig erfolgt eine Aufteilung in 5 dekadisch gestufte Meßbereiche, die unteren Grenzen gelten für einen Störabstand von typisch 10 dB (mind. 5 dB).

3.3. Meßparameter

- Amplitudenfrequenzgang für Beschleunigungsmessung

ohne Bandbegrenzung	0,3 Hz bis 15 kHz	$+1$ dB -3 dB
	1 Hz bis 10 kHz	± 1 dB
	8 Hz bis 5 kHz	$\pm 0,5$ dB
mit Hochpaß 10 Hz	10 Hz etwa	-0,5 dB
	kleiner 3 Hz Abfall	12 dB/Oktave
mit Tiefpaß 1 kHz	1 kHz etwa	-0,5 dB
	größer 3 kHz Abfall	12 dB/Oktave

- Amplitudenfrequenzgang für Geschwindigkeitsmessung

ohne Bandbegrenzung und	10 Hz bis 3 kHz	± 1 dB
mit Hochpaß 10 Hz		
mit Tiefpaß 1 kHz	1 kHz	± 1 dB
	größer 3 kHz Abfall	12 dB/Oktave

- Anzeigen

- . Digitalanzeige für Effektivwert oder Spitzenwert mit Anzeige des Meßbereiches und der Maßeinheit
- . logarithmisch geteilte Trendanzeige für Effektivwert
- . Übersteuerungsanzeige
- . Kontrollanzeige für eingeschaltetes externes Filter

- Elektrische Kalibrierung

mit internem Sinusgenerator bei angeschlossenem Aufnehmer	
Spannung	$(80 \pm 0,8)$ mV
Frequenz	(125 ± 5) Hz
Kalibriereinstellbereich	größer 20 dB

3.4. Meßfehler und Störgrößen

- Grundfehler

der Digitalanzeige
(Effektivwert und Spitzenwert) max. 1 dB

der logarithmischen Trendanzeige max. 2 dB

des Wechselspannungsausgangs max. 1 dB

des Gleichspannungsausgangs max. 1 dB

Diese Angaben gelten nach der elektrischen Kalibrierung mit
Bandbegrenzung 10 Hz bei

- . Referenzbedingungen (siehe Abschnitt 3.9.),
- . 125 Hz Signalfrequenz,
- . Meßbereichsumschaltung in allen Bereichen.

- Fehler der Effektivwertanzeige bei Rechteckimpulsen

- . Tastverhältnis max. 25 (Scheitelfaktor 5) max. 0,5 dB
- . Tastverhältnis max. 100 (Scheitelfaktor 10) max. 1 dB

- Fehler der Spitzenwertanzeige bei Rechteckimpulsen

Impulsdauer gleich bzw. größer 25 μ s max. 0,5 dB

- Fehler im Arbeitstemperaturbereich 5 bis 40 °C max. 0,5 dB

- Fehler bei feuchter Atmosphäre und 1 Hz Signalfrequenz

(26 °C, 80 % relative Feuchte) max. 1 dB

- Störeinfluß eines magnetischen Wechselfeldes

bei $B_a = 1 \text{ mV}/(\text{m.s}^{-2})$, $H = 100 \text{ A/m}$

und $f = 50 \text{ Hz}$

$\tilde{a}_{\text{Stör}}$ etwa $0,1 \text{ m.s}^{-2}$

- Ausgangsstörspannung am Wechselspannungsausgang im empfindlichsten Meßbereich bei Bandbegrenzung 10 Hz, Gerät kalibriert auf $1 \text{ mV}/(\text{m.s}^{-2})$, gemessen mit 1 nF Aufnehmerersatzkapazität etwa 70 mV

3.5. Ein- und Ausgänge

- Aufnehmereingang X1
Eingangsimpedanz 345 pF parallel 400 MOhm
- Ausgang für externes Filter X2
kurzschlußfest
 . Innenwiderstand 0 Ohm
 . zulässiger Lastwiderstand min. 2,5 kOhm parallel
max. 200 pF
 . Nennausgangsspannung 100 mV
 . maximaler Spitzenwert min. 10 V
- Eingang für externes Filter X3
Nenneingangsspannung 100 mV
maximaler Spitzenwert min. 1 V
Eingangswiderstand 1 MOhm
- Wechselspannungsausgang v₁
Innenwiderstand 500 Ohm
Ausgangsspannung am Meßbereichsende 1 V
maximaler Spitzenwert min. 10 V
- Gleichspannungsausgang v₅
Innenwiderstand 1 kOhm
Ausgangsspannung am Meßbereichsende 1 V

- Fremdspeisebuchse X7

Anschluß 1	Masse
Anschluß 2	+24 V
als Eingang:	+18 bis 30 V ca. 45 mA
als Ausgang:	+27 V max. 30 mA
Anschluß 3	+12 V
als Eingang:	+9 bis 15 V ca. 270 mA
als Ausgang:	+11 V max. 10 mA
Anschluß 5	-24 V
als Eingang:	-18 bis -30 V ca. 18 mA
als Ausgang:	-28 V max. 30 mA
Anschluß 6	Eingang wie X3
Mittelkontakt	Übersteuerungsmeldung

3.6. Stromversorgung

- Netzspannung	198 bis 242 V
	50 Hz $\pm 0,5$ Hz
Sicherungen primär	50 mA T
- Fremdspeisung	über X7, s. Abschnitt 3.5

3.7. Schutzgrad

nach ST RGW 778-77	IP 20
--------------------	-------

3.8. Schutzklasse

nach TGL 21 366	Netzkreis SK I
	Meßkreis SK II

3.9. Klimatische Bedingungen

Referenzbedingungen:

- Umgebungstemperatur $23^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$
- relative Luftfeuchte 40 bis 60 %
- Netzspannung $(220 \pm 5)\text{V}$

Arbeitsbedingungen:

Einsatzgruppe nach TGL 14283/05

B

- Arbeitstemperaturbereich 5 bis 40°C
- relative Luftfeuchte bei 25°C max. 80 %
- höchster Wasserdampfdruck max. 2,5 kPa

3.10. Mechanische Festigkeit

Beanspruchungsgruppen nach TGL 200-0057

(Stoßfestigkeitsprüfklassen)

G 21 und T 21

- Meßgerät unverpackt Eb 6 - 150 - 12000/3
- Meßgerät in der Transportverpackung Eb 6 - 15 - 3000/3

3.11. Masse und Abmessungen

Masse

3,5 kg

B x H x T

250 mm x 155 mm x 240 mm

Länge des Netzkabels

2 m oder 1,5 m

3.12. Schutzgüte

Die Schutzgüte ist gewährleistet, es gibt keine verbleibenden Gefährdungen oder Erschwernisse. Der Schutzgütenachweis ist am Schluß der Bedienungsanleitung abgedruckt.

4. Wirkungsweise (siehe Bild 1)

Das vom Aufnehmer gelieferte Meßsignal gelangt über den kapazitiven Meßbereichsteiler zum Eingangsverstärker V1, dessen Verstärkung in Abhängigkeit vom Meßbereich 0 dB oder 20 dB beträgt.

In Schalterstellung Kalibrieren wird auf die Eingangsmasse ein sinusähnliches Signal von 80 mV, $f = 125$ Hz geschaltet.

Der Verstärker V2 besitzt in Abhängigkeit vom Meßbereich 0 dB oder 20 dB Verstärkung. Der Verstärker V3 kann mit dem Kalibriereinsteller stufenlos über einen Bereich von größer 20 dB in seiner Verstärkung verändert werden. Er hat eine minimale Verstärkung von ca. 4 dB zum Ausgleich der Spannungsteilung zwischen Aufnehmer- und Eingangskapazität.

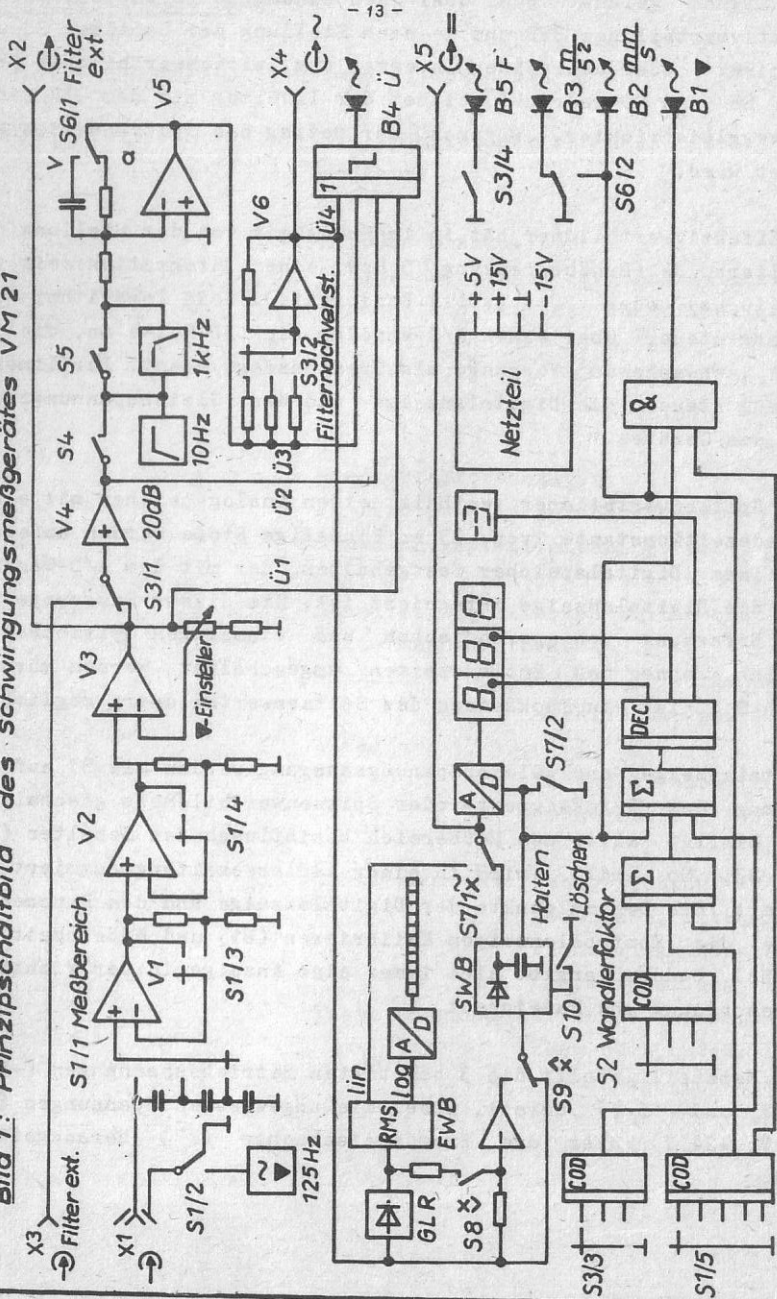
In entsprechender Stellung des an der Rückwand angebrachten Schalters S3 kann zwischen den Verstärkern V3 und V4 ein externes Filter eingeschleift werden; die Filter-LED B5 zeigt diese Signalwegumschaltung an.

Der Verstärker V4 mit einer Verstärkung von 20 dB vergrößert das Signal auf den Nennpegel 1 V, danach folgen die abschaltbaren zweipoligen Filter für 10 Hz und 1 kHz Bandbegrenzung.

Der Verstärker V5 hat bei Beschleunigungsmessungen eine Verstärkung von 0 dB, bei Geschwindigkeitsmessungen dient er als Integrator mit einer Schnittfrequenz (0 dB Verstärkung) von 16 Hz.

Der Filternachverstärker V6 kann mit dem Schalter S3 auf 0; 20 oder 40 dB Verstärkung geschaltet werden. Sein Ausgang ist gleichzeitig der auf 1-V-Nennpegel kalibrierte Wechselspannungsausgang des Gerätes. Durch die Übersteuerungsanzeige wird das Signal an den Punkten Ü1 bis Ü4 überwacht.

Bild 1: Prinzipschaltbild des Schwingungsmeßgerätes VM 21



Das Signal gelangt nun über den Einweggleichrichter GLR zum Effektivwertbildner EWB und je nach Stellung der Schalter S8 und S9 direkt oder über einen Inverter zum Spitzenwertbildner SWB. Sind S8 und S9 gedrückt, bildet der Inverter mit dem GLR einen Zweiweggleichrichter, wodurch der Betrag des Spitzenwertes gebildet wird.

Der Effektivwertbildner hat in Abhängigkeit von der Stellung des Schalters S4 (Bandbegrenzung 10 Hz) eine Integrationszeit von 2 s (10 Hz) oder 20 s (volle Bandbreite). Sein logarithmischer Ausgang steuert über einen A/D-Wandler die LED-Kette an, die für stark schwankende Vorgänge als Trendanzeige dient. Der lineare Ausgang steuert die Digitalanzeige und den Gleichspannungsausgang des Gerätes.

Der Spitzenwertbildner enthält einen Analogspeicher mit einer Entladezeitkonstante von 33 s. Einmalige Stöße werden außerdem in einem Digitalspeicher festgehalten, der mit dem A/D-Wandler für die Digitalanzeige integriert ist. Mit dieser Baugruppe ist die Erfassung von periodischen und einmaligen Spitzenwerten möglich, ohne daß Entladezeiten umgeschaltet werden müssen. Durch S 10 ist ein Rücksetzen des Spitzenwertbildners möglich.

Digitalanzeige und Gleichspannungsausgang werden mit S7 auf den Ausgang des Effektivwert- oder Spitzenwertbildners geschaltet. Der Einfluß aller den Meßbereich beeinflussenden Schalter (S1, S2, S3, S6 und S7) wird in einer Addierschaltung summiert und steuert die Dezimalpunkte der Digitalanzeige und den Exponenten sowie die Kontrollanzeigen Kalibrieren (B1) und Maßeinheit (B2 und B3). Dadurch ergibt sich immer eine Anzeige in der richtigen Größenordnung und Maßeinheit.

Das Netzteil stellt die 3 benötigten Betriebsspannungen (+5 V; +15 V und -15 V) bereit, wobei die ungesiebten Spannungen (ca. +12 V; +24 V) über die Fremdspeisebuchse (X7) herausgeführt sind.

5. Betriebsanweisung

5.1. Bedienungselemente (siehe Bilder 2 und 3)

- ▼ - Einsteller Stellmöglichkeit zum Kalibrieren der Meßkette
- S1 Meßbereichsschalter:
- Linksanschlag = Stellung Kalibrieren
- nächste Stellung = unempfindlichster Bereich
- Rechtsanschlag = empfindlichster Bereich
- S2 Wandlerfaktorschalter:
Es wird jeweils der Bereich von 0,8 bis 8 mal eingestellte Zahl erfaßt.
- S3 (Rückwand) Schalter für externes Filter und Filternachverstärkung:
-Stellung AUS: X2 und X3 verbunden, Nachverstärkung 1
-Stellung 1, 10, 100:
X2 und X3 aufgetrennt, Nachverst. 1, 10, 100.
- S4 Taste gedrückt: Bandbegrenzung 10 Hz (Hochpaß), Integrationszeitkonstante 2 s (Normalstellung)
Taste ausgerastet: keine Bandbegrenzung nach unten, Integrationszeitkonstante 20 s (nur für tief-frequente Vorgänge)

S5	Taste gedrückt: Bandbegrenzung 1 kHz (Tiefpaß) Taste ausgerastet: keine Bandbegrenzung nach oben
S6	Meßgrößenschalter: - Stellung a: Meßgröße Beschleunigung und Kalibrieren - Stellung v: Meßgröße Geschwindigkeit
S7	Taste gedrückt: Effektivwert der Meßgröße
S8 oder S9	Taste gedrückt: positiver oder negativer Spitzenwert der Meßgröße
S8 und S9	Tasten gedrückt: Der jeweils größere Spitzenwert wird ausgewählt (Betragsbildung)
S10	Taste drücken: Löschen des Spitzenwertspeichers
S11	Netzschalter (ist bei Fremdspeisung über X7 unwirksam)
X1	Geräteeingang zum Anschluß des Meßwertaufnehmers
X2 (Rückwand)	Ausgang für externes Filter
X3 (Rückwand)	Eingang für externes Filter
X4	Wechselspannungsausgang

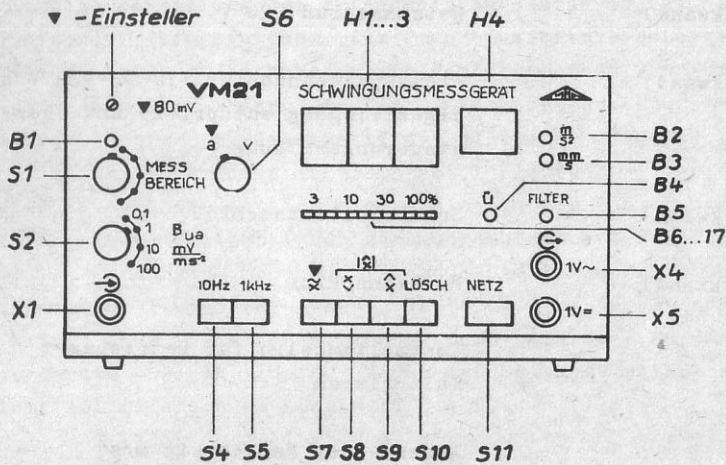


Bild 2: Frontplattenansicht des VM21

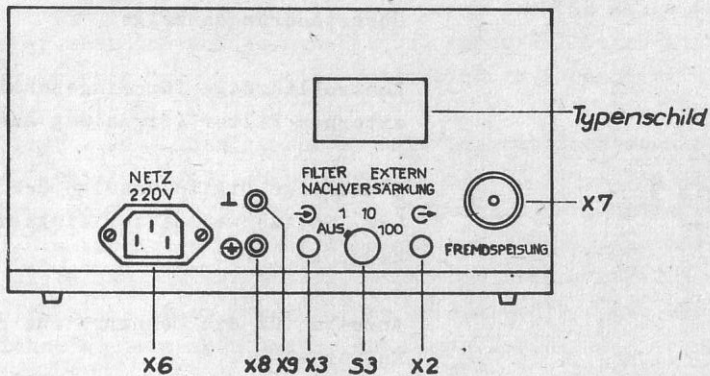


Bild 3: Rückwandansicht des VM21

X5	Gleichspannungsausgang (linear vom Effektiv- bzw. Spitzenwert der eingestellten Meßgröße abhängig)
X6 (Rückwand)	Netzanschluß 220 v
X7 (Rückwand)	Fremdspeiseanschluß +12 V, +24 V sowie Signaleingang entspr. X3 und Über- steuerungsmeldung
X8 (Rückwand)	Schutzleiteranschluß
X9 (Rückwand)	Masseanschluß
B1	Kontrollanzeige für Betriebsart Kalibrieren
B2	Anzeige der Maßeinheit m/s^2
B3	Anzeige der Maßeinheit mm/s
B4	Übersteuerungsanzeige
B5	Kontrollanzeige für eingeschaltetes externes Filter (Signalweg aufgetrennt)
H1 bis 3	3-stellige Digitalanzeige des Effektiv- bzw. Spitzenwertes der eingestellten Meßgröße
H4	Anzeige für die Zehnerpotenz des Meßwertes
B6 bis 17	logarithmische Trendanzeige des <u>Effektivwertes</u> der Meßgröße

5.2. Vorbereitung der Messung

5.2.1. Ankopplung des Aufnehmers an das Meßobjekt

Die richtige Ankopplung des Aufnehmers an das Meßobjekt ist eine entscheidende Voraussetzung für reproduzierbare Meßergebnisse und die Einhaltung der angegebenen Fehlergrenzen. Grundsätzlich ist der Aufnehmer starr an das Meßobjekt anzukoppeln, eine Schraubverbindung (M5-Gewindestift, glatte Oberfläche) ist an anderen Übertragungsmedien (Haftmagnet, Klebewachs, Tastspitze) vorzuziehen. Nähere Angaben hierzu sind in der Bedienungsanleitung "Piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer" des VEB Metra Radebeul, Abschnitt 5.3 zu finden. Die Anwendung eines Isolierflansches (Aufnehmer-Zubehör Nr. 006) wird nur dann notwendig sein, wenn externe Geräte der Schutzklasse I an das VM 21 angeschlossen werden, da der Meßkreis des VM 21 selbst schutzisoliert ist (siehe auch Abschnitt 5.4.8).

5.2.2. Anschluß des Aufnehmers an das Gerät

Der Eingang des VM 21 ist als BNC-Anschluß ausgeführt. Der Anschluß eines Aufnehmers aus dem Sortiment des VEB Metra Radebeul erfolgt über das Aufnehmerkabel und einen BNC-Mikro-Adapter (Aufnehmer-Zubehör Nr. 17). Beide Teile sind im Aufnehmerlieferungsumfang 01 enthalten.

Zunächst ist dieser Adapter an das Aufnehmerkabel anzuschließen und die Verbindung ggf. zu sichern, dann sind die Vorteile des BNC-Anschlusses (schnell lösbar, schwingungssicher, universell) nutzbar. Das Kabel ist bei möglicher mechanischer Belastung der Verbindungsstellen mit einer Kabelabfangvorrichtung (Nr.004 bzw. 020) festzulegen. Eine Bewegung des Kabels während der Messung ist möglichst zu vermeiden (siehe Abschnitt 5.4.8.).

5.2.3. Anschluß externer Geräte

- Anschluß für externes Filter (X2, X3):

Durch Einschleifen eines externen Filters (Terz-, Oktav-, Schmalband- oder Universalfilter) kann mit dem VM 21 eine Frequenzanalyse des Meßsignales durchgeführt werden. Bei der größten mit Schalter S3 wählbaren Nachverstärkung von 100 ist vor dem Filter eine Aussteuerreserve von 60 dB vorhanden (siehe auch Abschnitt 5.4.6.). Die Benutzung eines externen Filters ist unabhängig von den intern einschaltbaren Bandbegrenzungen. An den Ausgang für das externe Filter kann außerdem ein Oszilloskop zur Kontrolle des ungefilterten Meßsignals angeschlossen werden.

- Wechselspannungsausgang (X4):

Dieser Ausgang ist zum Anschluß eines Oszilloskops zur Kontrolle des gefilterten Meßsignals vorgesehen. Da dieser Ausgang kalibriert ist, eignet er sich aber auch zum Anschluß anderer Auswertegeräte, z.B. Pegelschreiber bei tieffrequenten Vorgängen, Magnetbandgerät usw.

- Gleichspannungsausgang (X5):

Der Gleichspannungsausgang ist kalibriert; es besteht ein linearer Zusammenhang zur Meßgröße. Er eignet sich zum Beispiel für den Anschluß eines Langzeitintegrators LI 60 zur Bestimmung des Langzeiteffektivwertes, eines Analog/ Digital-Wandlers für eine Rechnerschnittstelle oder anderer Registriergeräte.

- Fremdspeisebuchse (X7):

Dieser Anschluß wurde für den Kabelverstärker M 62 ausgelegt (siehe Abschnitt 6.3.).

Darüber hinaus ist es über diesen Anschluß möglich, kleine Verbraucher (z.B. einfache externe Filter) zu versorgen oder umgekehrt das VM 21 aus externen Batterien zu betreiben (siehe Abschnitt 6.2.).

Über den Mittelkontakt der Fremdspeisebuchse ist die Übersteuerungsmeldung (TTL-Pegel, LOW-aktiv) herausgeführt.

5.2.4. Einschalten des Gerätes

Bei Netzbetrieb wird das VM 21 mit dem Netzschalter S 11 eingeschaltet, bei gedrückter 10 Hz - Taste ist es nach etwa 30 Sekunden betriebsbereit (ohne Bandbegrenzung 10 Hz etwa 2 Minuten). Wird das Gerät über die Fremdspeisebuchse versorgt, ist der Netzschalter unwirksam. Die Reihenfolge des Anlegens der Betriebsspannungen ist dabei gleichgültig.

5.3. Kalibrierung der Meßkette

Durch die Kalibrierung der Meßkette ist es möglich, die mechanische Größe am Gerät direkt abzulesen. Dabei wird die Empfindlichkeit des Gerätes mit dem ▼-Einsteller (Bild 2) dem Aufnehmerübertragungsfaktor einschließlich eines evtl. angeschlossenen Verlängerungskabels angepaßt.

5.3.1. Mechanische Kalibrierung

Bei der mechanischen Kalibrierung wird ein Zusatzgerät benötigt, mit dem eine definierte Schwingungsgröße erzeugt werden kann, z.B. der Elektrodynamische Eichstisch 11032 (Hersteller: VEB Robotron-Meßelektronik "Otto Schön" Dresden). Dabei muß der Aufnehmerübertragungsfaktor nicht bekannt sein. Der Kalibrierfehler der mechanischen Kalibrierung setzt sich zusammen aus

- dem Fehlerbeitrag der Beschleunigungsdarstellung mittels Schwingungserreger
- dem Fehlerbeitrag der Ankopplung des Aufnehmers an den Schwingungserreger.

Arbeitsschritte:

- Der Aufnehmer wird starr mit dem Schwingungserreger verbunden (M5-Gewindestift oder Haftmagnet) und über sein Kabel an den Eingang X1 des VM 21 angeschlossen.
- Einstellungen am Gerät:
 - S2 Wahl der Größenordnung des Wandlerübertragungsfaktors (0,8 bis 8 x Schalterwert)
 - S3 Schaltstellung AUS
 - S4 Taste drücken (10 Hz)
 - S6 Schaltstellung a
 - S7 Taste drücken (X)
 - S1 Meßbereich so wählen, daß eine Anzeige in der Nähe des Meßbereichsendwertes entsteht (Trendanzeige im grünen Bereich).
- Die Frequenz der Anregung kann 60 bis 200 Hz betragen. Ist sie variabel, wird sie auf 125 Hz eingestellt.
- Mit dem ▼ - Einsteller wird ein Anzeigewert eingestellt, der der erzeugten Beschleunigungsgröße entspricht.

Die mechanische Kalibrierung sollte in monatlichen Abständen durchgeführt und mit dem Ergebnis der elektrischen Kalibrierung verglichen werden. Sind die Abweichungen größer als der Grundfehler, muß das Gerät entsprechend Abschnitt 7 überprüft werden. Wird der Fehler dort nicht bestätigt, dann arbeitet der Eich-tisch fehlerhaft.

5.3.2. Elektrische Kalibrierung

Zur elektrischen Kalibrierung werden außer dem Aufnehmer mit seinem Anschlußkabel und evtl. für die Messung vorgesehene Verlängerungskabel keine Hilfsmittel benötigt. Bei elektrischer Kalibrierung wird der Grundfehler garantiert (siehe Abschnitt 3.4.).

Arbeitsschritte

- Der Aufnehmer wird über sein Anschlußkabel und für die Messung notwendige Verlängerungskabel an den Eingang X1 des VM 21 angeschlossen. Während des Kalibriervorganges darf keine Schwingungserregung erfolgen, und außerdem ist der Aufnehmer elektrisch isoliert zu lagern.
- Einstellung am Gerät:
 - S1 Schaltstellung Kalibrieren (Drehknopf zeigt zur LED)
 - S2 Wahl der Größenordnung des Wandlerübertragungsfaktors (0,8 bis 8 x Schalterwert)
 - S3 Schaltstellung AUS
 - S4 Taste drücken (10 Hz)
 - S6 Schaltstellung a
 - S7 Taste drücken (X).
- Zur Kontrolle der richtigen Stellung von S1, S6 und S7 leuchtet B1.
- Berechnung des Einstellwertes E:
Aus dem Eingangersatzschaltbild (Bild 4) ergibt sich für $B_{ua} \cdot a = 0$ (Kalibrierung)

$$U_e = U_{Kal} \cdot \frac{C_i + C_K + C_v}{C_i + C_K + C_v + C_E}$$

und für $U_{Kal} = 0$ (Messung)

$$U_e' = B_{ua} \cdot a \cdot \frac{C_i + C_K}{C_i + C_K + C_v + C_E}$$

Setzt man $U_e = U_e'$ und $a = E$, so erhält man für die durch U_{Kal} simulierte Beschleunigung (Einstellwert)

5.4. Durchführung der Messungen

5.4.1. Messen der Beschleunigung (Effektivwert)

Nach der Kalibrierung der Meßkette wird der Aufnehmer an die Meßstelle angekoppelt (siehe 5.2.1.).

Der Meßbereichsschalter S1 wird nun so eingestellt, daß sich die logarithmische Trendanzeige im grünen Bereich einpegelt. Nach Stillstand bzw. geringen Änderungen im letzten Digit der Digitalanzeige kann der Meßwert direkt abgelesen werden. Erforderliche Zehnerpotenzen werden von der hochgestellten kleineren Anzeige dargestellt. Bei tieffrequenten Meßsignalen muß die 10-Hz-Bandbegrenzung (S4) ausgerastet werden, man erhält dann durch die größere Integrationszeit auch eine ruhigere Anzeige. (siehe Abschnitt 5.4.3.).

5.4.2. Messen der Geschwindigkeit (Effektivwert)

Nach erfolgter Kalibrierung wird der Aufnehmer an die Meßstelle angekoppelt (siehe 5.2.1.). Der Meßgrößenschalter S6 wird auf v geschaltet und der Meßbereichsschalter S1 so eingestellt, daß sich die logarithmische Trendanzeige im grünen Bereich einpegelt.

Bei höherfrequenten Meßsignalen (bei Sinus oberhalb von etwa 1 kHz, bei höheren Scheitelfaktoren entsprechend darunter) spricht die Übersteuerungsanzeige an, obwohl die Meßwertanzeige nur noch zu weniger als 10 % ausgesteuert ist (gelber Bereich der Trendanzeige). Dann ist eine genauere Messung (bzw. eine Messung überhaupt) erst möglich, indem man die externen Filteranschlüsse mit einem BNC-Kabel verbindet und die Filternachverstärkung nutzt. Dazu stellt man S3 zunächst auf 1 und schaltet S1 auf einen Meßbereich, in dem die Übersteuerungsanzeige gerade noch nicht anspricht. Anschließend erhöht man die Filternachverstärkung mit S3, bis sich die Trendanzeige im grünen Bereich einpegelt. Bei stark schwankenden Meßsignalen kann die 10-Hz-Taste (S4) ausgerastet werden (siehe 5.4.3.).

Die Anzeige wird direkt in mm.s^{-1} abgelesen, die hochgestellte kleinere Anzeige stellt erforderliche Zehnerpotenzen dar.

5.4.3. Zeitbewertung und eingebaute Filter

Die Zeitbewertung für die Effektivwertmessung ist mit der unteren Grenzfrequenz des Gerätes gekoppelt. Messungen oberhalb von etwa 10 bis 20 Hz sind bei gedrückter Taste S4 durchzuführen. Dabei ist ein Hochpaß wirksam, der das Signal bei 10 Hz um etwa 0,5 dB und unterhalb von 3 Hz um 12 dB/Oktave dämpft. Die Zeitkonstante der Effektivwertbildung beträgt dabei 2 s.

Für niedrigere Frequenzen muß S4 ausgerastet werden. Man erhält dabei die volle Bandbreite und eine Mittelungszeitkonstante von 20 s. Durch Drücken von S5 kann die Bandbreite nach oben begrenzt werden. Es wird ein Tiefpaß eingeschaltet, der das Signal bei 1 kHz um etwa 0,5 dB oberhalb von 3 kHz um 12 dB/Oktave dämpft.

5.4.4. Messen des Spitzenwertes periodischer Schwingungen

Das VM 21 gestattet die getrennte Messung des positiven, negativen oder betragsmäßigen Spitzenwertes (Tasten S8, S9). Durch einen digitalen Spitzenwertspeicher, der durch das periodische Signal ständig aktualisiert wird, entfällt das Umschalten von Entladezeitkonstanten für tiefe Frequenzen. Das gilt aber nur für die Digitalanzeige, am Gleichspannungsausgang ist eine Entladezeitkonstante von 30 s wirksam.

Die logarithmische Trendanzeige zeigt immer den Effektivwert an. Sie liefert aber bei unbekannter Frequenz des Meßsignals einen Hinweis, ob die Bandbegrenzung 10 Hz ausgeschaltet werden muß (schwankende Anzeige!).

Bei Spitzenwertmessung sollte das Meßsignal immer mit einem Oszilloskop am Wechselspannungsausgang X4 kontrolliert werden, da besonders hochfrequente Störungen das Meßergebnis stark verfälschen können (ggf. Bandbegrenzung 1 kHz einschalten).

Nach Übersteuerungen oder Meßbereichumschaltung kann der Spitzenwertspeicher mit der Lösch taste (S10) rückgesetzt werden.

5.4.5. Messen von Stößen

Für das Messen von Stößen gilt sinngemäß das gleiche wie für das Messen von Spitzenwerten periodischer Schwingungen. Die Kontrolle mittels Oszilloskop ist unbedingt notwendig.

Für standardisierte Stoßmessungen muß zwischen die ext. Filteranschlüsse X2 und X3 ein Stoßfilter eingeschleift werden (siehe Abschnitt 5.4.6.), für orientierende Messungen genügt das Einschalten beider Bandbegrenzungen (Tasten S4 und S5 drücken). Stöße werden nur von der Digitalanzeige erfaßt, eine Auswertung über die Trendanzeige oder den Gleichspannungsausgang ist nicht möglich.

Das Halten und Löschen von nichtperiodischen Stoßimpulsen geschieht automatisch:

- Folgt auf einen Stoß ein größerer, springt die Anzeige auf den größeren Wert.
- Folgt auf einen Stoß ein kleinerer, wird dieser ausgewertet, wenn er den momentanen Entladezustand des analogen Spitzenwertspeichers übersteigt (siehe Bild 5).
- Folgt kein weiterer Stoß, setzt der digitale Spitzenwertspeicher nach 2 bis 4 min. selbsttätig zurück.
- Wird von Hand (Taste S10) rückgesetzt, kann jeder folgende Stoß ausgewertet werden.

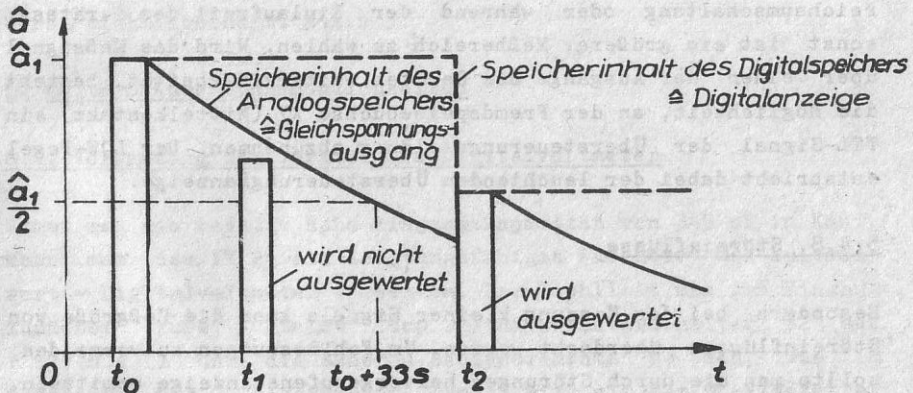


Bild 5: Zur Arbeitsweise des Spitzenwertspeichers

5.4.6. Messen mit externem Filter

An die Anschlüsse für externes Filter X2 und X3 (Rückwand) können alle Filter mit 0 dB Nenndämpfung angeschlossen werden, die den Anschlußbedingungen im Abschnitt 3.5. genügen. Hat das Filter eine andere Nenndämpfung, wird das bei der automatischen Meßbereichsanzeige nicht berücksichtigt, und der Meßwert muß umgerechnet werden.

Der Filter-extern-Schalter S3 an der Rückwand wird zunächst auf Nachverstärkung 1 geschaltet. Wenn trotz Übersteuerung zu kleine Anzeigen entstehen (gelber Bereich der Trendanzeige), ist der Meßbereich zu wählen, in dem die Übersteuerungsanzeige gerade noch nicht anspricht. Anschließend ist die Nachverstärkung mit Schalter S3 zu erhöhen, bis sich die Trendanzeige im grünen Bereich einpegelt.

5.4.7. Übersteuerungsmeldung

Wird an irgendeiner Stelle des Signalweges im Gerät der zulässige Aussteuerbereich überschritten, leuchtet die Übersteuerungsanzeige B4 auf, und das Meßergebnis ist nicht mehr auswertbar. Handelt es sich um eine vorübergehende Übersteuerung, muß das Verlöschen von B4 abgewartet werden (z.B. nach Meßbereichsumschaltung oder während der Einlaufzeit des Gerätes), sonst ist ein größerer Meßbereich zu wählen. Wird das Meßsignal über einen der Ausgänge des Gerätes weiterverarbeitet, besteht die Möglichkeit, an der Fremdspeisebuchse X7 (Mittelkontakt) ein TTL-Signal der Übersteuerungsmeldung abzunehmen. Der LOW-Pegel entspricht dabei der leuchtenden Übersteuerungsanzeige.

5.4.8. Störeinflüsse

Besonders bei der Messung kleiner Signale kann die Meßgröße von Störeinflüssen überdeckt werden. Um Fehlmessungen zu vermeiden, sollte man die durch Störungen hervorgerufene Anzeige ermitteln, bevor der Aufnehmer an das Meßobjekt angekoppelt wurde, oder, wenn möglich, indem die Erregung abgeschaltet wird.

Ist die Ursache der Störung bekannt (z.B. Erdschleifen), kann diese durch eine gezielte Veränderung des Meßaufbaus oftmals verringert werden.

Liegt der Störeinfluß in der gleichen Größenordnung wie das Meßsignal, kann eine orientierende Messung durch Korrektur des Meßwertes durchgeführt werden:

$$M_K = \sqrt{M^2 - S^2} \quad \text{mit}$$

M_K = korrigiertes Meßergebnis,

M = Meßergebnis Meßgröße und Störgröße,

S = Meßergebnis Störgröße allein.

Dabei dürfen Meß- und Störgröße nicht miteinander korrelieren, was aber in der Regel auch nicht der Fall ist.

Erdschleifen entstehen u.a. durch den Anschluß schutzgeerdeter externer Geräte, wenn das Meßobjekt ebenfalls mit dem Schutzleiter elektrisch verbunden ist. Der von dem Ausgleichsstrom im Aufnehmeranschlußkabel hervorgerufene Spannungsabfall überlagert sich dem Nutzsignal. Abhilfe bringt hier die Speisung des externen Gerätes über einen Trenntrafo oder die isolierte Montage des Aufnehmers über Isolierflansch (Nr. 006 des Aufnehmerzubehörs, siehe Abschnitt 5.2.1.).

6. Weitere Anwendungsmöglichkeiten

6.1. Verwendung des Gerätes als Digitalvoltmeter

Nimmt man die relativ hohe Eingangskapazität von 345 pF in Kauf, kann man das VM 21 als leistungsfähiges Effektiv- und Spitzenwert - Digitalvoltmeter verwenden. Dazu schließt man den Eingang zunächst kurz, stellt den Wandlerfaktorschalter S2 auf $1 \text{ mV}/(\text{m.s}^{-2})$ und die anderen Bedienelemente so ein, wie im Abschnitt 5.3.2. beschrieben. Danach wird mit dem ∇ -Einsteller die Anzeige auf $80,0 \text{ m/s}^2$ gebracht.

Nach Lösen des Kurzschlusses am Eingang ergeben sich in der Betriebsart a (Schalter S6) folgende Meßbereiche:

- Effektivwertmessung: 1 V, 100 mV, 10 mV, 1 mV, 0,1 mV
- Spitzenwertmessung: 10 V, 1 V, 100 mV, 10 mV, 1 mV.

Die Meßbereichsanzeige (Komma und Zehnerpotenz) ist für die Maßeinheit mV richtig.

6.2. Netzunabhängiger Betrieb

Das VM 21 kann über die Fremdspeisebuchse X7 auch aus zwei 24 V- und einer 12 V- Gleichspannungsquelle betrieben werden. Diese Spannungen müssen nicht gesiebt oder stabilisiert sein, siehe auch Abschnitt 3.5.

6.3. Anschluß der Kabelverstärker M 62 und M 64 zur festen Installation in Überwachungsanlagen

Die Kabelverstärker M 62 und M 64 können über die Fremdspeisebuchse X7 vom VM 21 aus versorgt werden. Die Kontaktbelegung von X7 ist so ausgelegt, daß der Signalausgang des M 62 geräteintern an den Eingang für externes Filter X3 angeschlossen wird (siehe Abschnitt 3.5.), der M 64 muß nach der Projektierungsunterlage entsprechend angeschlossen werden.

Die komplette Meßkette Aufnehmer - Kabelverstärker - VM 21 kann nur nach der mechanischen Methode entsprechend Abschnitt 5.3.1. kalibriert werden. Da der VM 21 - Steller in diesem Fall wirkungslos ist, erfolgt die Kalibrierung mit Hilfe des Kalibrierstellers im Kabelverstärker.

Für den Anschluß an Kabelverstärker ist der Aufnehmer KS 60 vorgesehen. Der Anschluß anderer Aufnehmer erfordert die Verwendung eines Adapters zur Anpassung der Steckverbinder sowie bei Abweichung des Wandlerübertragungsfaktors einen Eingriff in den Kabelverstärker. Der Übertragungsfaktor des Kabelverstärkers wird intern mittels Lötbrücke festgelegt. Er muß für den Anschluß an das VM 21 $100 \text{ mV}/(\text{m.s}^{-2})$ betragen.

Soll der geschwindigkeitsproportionale Ausgang des M 64 (mit Maschinenfilter) benutzt werden, so ist ein Übertragungsfaktor von $100 \text{ mV}/(\text{mm.s}^{-1})$ am M 64 zu programmieren. Da das VM 21 auf Beschleunigungsmessung geschaltet werden muß, wird dort die Maßeinheit m.s^{-2} angezeigt.

Der Meßbereichsschalter S1 wird auf den 2. Bereich nach der Schaltstellung Kalibrieren geschaltet, d.h. auf die 3. Schaltstellung von links. Der Wandlerfaktorschalter S2 wird auf $100 \text{ mV}/(\text{m.s}^{-2})$ gestellt. In Abhängigkeit vom Meßgrößenschalter S6 und vom Filterschalter S3 ergeben sich dann folgende Meßbereiche:

Ausgang M 62/64	Schalter S6	Schalter S3	Meßbereich
proportional a	a	1	1 m.s^{-2}
		10	0,1 m.s^{-2}
		100	0,01 m.s^{-2}
proportional a	v	1	10 mm.s^{-1}
		10	1 mm.s^{-1}
		100	0,1 mm.s^{-1}
proportional v	a	1	1 mm.s^{-1}
		10	0,1 mm.s^{-1}
		100	0,01 mm.s^{-1}

Die Tabelle gilt für Effektivwertmessung, für Spitzenwertmessung gelten die 10-fachen Meßbereichsendwerte. Der Meßwert wird in jedem Fall in der richtigen Größenordnung angezeigt.

Tritt im Kabelverstärker eine Übersteuerung auf, so wird das durch die Übersteuerungsanzeige des VM 21 signalisiert, da direkt der Eingang X3, der dem Ausgang des M 62 bzw. M 64 entspricht, kontrolliert wird. Damit steht auch das Übersteuerungsmeldesignal für die gesamte Meßkette am Mittelkontakt der Fremdspeisebuchse X7 zur Verfügung.

7. Überprüfung des Gerätes

Die Überprüfung des VM 21 ist entsprechend dieser Methodik jährlich und nach jeder Reparatur durchzuführen.

Die Überprüfung erfolgt nach dem sowjetischen Standard GOST 8.246 - 77.

7.1. Prüfgänge

Abschnitt in der Methodik	Abschnitt nach GOST	Bezeichnung des Prüfganges	Prüfmittel nach Abschnitt 7.2.
7.4.1.	3.1.	Sichtprüfung	keine
7.4.2.	3.2.	Erprobung	(3)
7.4.3.	3.3.	Isolationsprüfung	(4), (5)
7.4.4.	3.4.	Bestimmung des Grundfehlers	(6), (7)
7.4.5.	3.5.	Bestimmung des Ampli- tudenfrequenzganges	(6)
7.4.6.	3.6.	Überprüfung der ein- gebauten Filter	(1), (3)
7.4.7.	3.7.	Bestimmung des Meß- fehlers durch Änderung der Versorgungsspannung	(1), (2), (3)

Die Prüfgänge 3.8. bis 3.13. nach GOST 8.246-77 entfallen für das VM 21.

7.2. Prüfmittel

Lfd.Nr.	Prüfmittel	Hauptparameter	z.B. Typ	Hersteller
(1)	Sinusgenerator(SG)	0 bis 10 V, 2 Hz bis 5 kHz Amplitudensta- bilität kleiner 2 %	TR 0465	VR Ungarn
(2)	Stelltrafo (ST)	150 bis 250 V	TST 280/1	VEB Techn. Physikal. Werkstätten Thalheim
(3)	Geschirmte Reihenkapazität	1 nF, 1 %	TGL 38158	Eigenbau
(4)	Gleichspannungs- quelle	500 V	Schutz- leiter- prüfge- rät SP9P	VEB Elektromeß
(5)	Strommesser	100 µA	UNI 11e	VEB Meß- technik Mellenbach
(6)	Normalschwingungs- meßmittel	Referenznormal 2.Ordnung nach TGL 31543/23	-	-
(7)	Digitalvoltmeter	4stellig, AC/DC	V 531	VR Polen

7.3. Durchführung der Überprüfung

7.3.1. Sichtprüfung

Das Gerät wird auf Unversehrtheit, Sauberkeit und festen Sitz aller Verbindungen kontrolliert. Wesentliche Punkte sind dabei die Steckverbinder, besonders der Geräteeingang, und das Netzkabel. Die Beschriftung der Front- und Rückplatte muß lesbar sein.

7.3.2 Erprobung

Die Funktion des VM 21 kann mit der eingebauten Kalibrierspannungsquelle überprüft werden. Dazu wird der Eingang mit einem Aufnehmer oder mit 1 nF abgeschlossen (Prüfmittel 3).

Grundeinstellung am VM 21:

Meßbereichsschalter	S1 Kalibrieren
Wandlerfaktorschalter	S2 1 mV/(m.s ⁻²)
Filterschalter	S3 AUS
Taste 10 Hz	S4 gedrückt
Taste 1 kHz	S5 gedrückt
Meßgrößenschalter	S6 a
Taste X	S7 gedrückt
▼ - Einsteller	Anzeige 80,0 m.s ⁻²

Anschließend werden folgend Schalter betätigt und die Anzeige abgelesen:

Meßgröße	Schalter	Anzeige
a	Tasten S8 und S9 drücken	108 bis 118 m.s ⁻²
v	Schalter S6 auf v Taste S7 drücken	92 bis 112 mm.s ⁻¹

Anschließend wird das Gerät mit einem Aufnehmer nach Abschnitt 5.3.2. elektrisch kalibriert.

7.3.3. Isolationsprüfung

Zwischen die zu verbindenden Netzanschlüsse und die zu verbindenden Buchsen X8 ($\frac{1}{2}$) und X9 (1) wird über einen Strommesser (5) eine Gleichspannungsquelle (4) angeschlossen und der Strom I gemessen. Vorher ist die Netztaste S1 des VM 21 zu drücken. Der Isolationswiderstand

$$R_{is} = \frac{500 \text{ V}}{I}$$

darf 7 MOhm nicht unterschreiten.

7.3.4. Bestimmung des Grundfehlers bei 125 Hz

Prüfplatz: Normalschwingungsmeßmittel (6)

Die Grundeinstellung des Gerätes entspricht der in Abschnitt 7.4.2., nur der Meßbereichsschalter S1 wird betätigt. Der Grundfehler der Anzeige wird an folgenden Meßpunkten bestimmt:

Meßbereich	Beschleunigung in m.s^{-2}					Grundfehler
0,1 m.s^{-2}	0,04 0,08					
1 m.s^{-2}	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	
10 m.s^{-2}	0,5	1	2	4	8	$\pm 12 \%$
100 m.s^{-2}	5	10	20	40	80	
1000 m.s^{-2}	50	100				

Die Ausgänge werden im Bereich 100 m.s^{-2} kontrolliert, dazu ist ein Digitalvoltmeter (7) an den jeweiligen Ausgang (X4 bzw. X5) anzuschließen:

Beschleunigung	Ausgangsspannung			
5 m.s ⁻²	44	bis	56	mV
10 m.s ⁻²	88	bis	112	mV
20 m.s ⁻²	176	bis	224	mV
40 m.s ⁻²	352	bis	448	mV
80 m.s ⁻²	710	bis	890	mV

7.3.5. Bestimmung des Amplitudenfrequenzganges

Prüfplatz: Normalschwingungsmeßmittel (6)

- Beschleunigungsmessung:

Im Frequenzbereich 1 Hz bis 16 Hz wird ein konstanter Wert der Beschleunigung von 0,8 m.s⁻² (Meßbereich 1 m.s⁻²) und oberhalb 16 Hz ein konstanter Wert der Beschleunigung von 8 m.s⁻² (Meßbereich 10 m.s⁻²) verwendet. Bei der Bezugsfrequenz 125 Hz wird eine Meßwertgrenze von 8,00 m.s⁻² eingestellt.

Die zulässige Abweichung beträgt bei den folgenden Frequenzen:

f/Hz	1 2 4	8 16 31,5 63	125	250 500 1 k 2,5 k 5k	10 k
Toleranz/%	±12	±6	0	±6	±12

Taste S5 drücken (1 kHz)

Taste S4 drücken (10 Hz)

- Geschwindigkeitsmessung:

Es wird ein konstanter Wert der Anregung von 8 m.s⁻² verwendet. Veränderungen am VM 21:

Schalter S6 auf v schalten, Taste S4 (10 Hz) drücken, Taste S5 (1 kHz) lösen, externe Filteranschlüsse (X2 und X3) mit BNC-Kabel verbinden.

Die zulässige Meßwertanzeige beträgt bei folgenden Frequenzen:

f in Hz	Meßbereich in mm/s	Schalter S3	Anzeige in mm/s
10	1000	1	112 bis 142
20	100	1	56,1 bis 71,3
40			28,0 bis 35,6
80			14,0 bis 17,8
160	10	10	7,00 bis 8,91
400			2,80 bis 3,56
800			1,40 bis 1,78
1600	1	100	0,700 bis 0,891
3150			0,356 bis 0,452

7.3.6. Überprüfung der eingebauten Filter

Der Prüfplatz ist entsprechend Bild 6 aufzubauen. Die in Klammern gesetzten Zahlen beziehen sich auf Abschnitt 7.2.

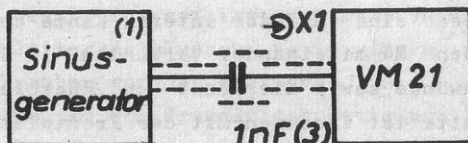


Bild 6: Meßaufbau zur Überprüfung der eingebauten Filter

Grundeinstellung am VM 21:

Meßbereichsschalter S1 auf die 3. Schaltstellung von links, sonst entsprechend Abschnitt 7.2.

Bei der Bezugsfrequenz 125 Hz wird eine Meßwertanzeige von $80,0 \text{ m.s}^{-2}$ eingestellt. Die Funktion der Bandbegrenzungen wird an folgenden Punkten überprüft:

Frequenz in Hz	2	10	125	1 k	5 k
Anzeige in m.s^{-2}	33 bis 40	72,0 bis 80,0	80,0	72,0 bis 80,0	32,4 bis 39,6

7.3.7. Bestimmung des Meßfehlers durch Änderung der Versorgungsspannung

Für diesen Prüfungsgang wird der gleiche Meßaufbau wie im Abschnitt 7.4.6. verwendet, das VM 21 wird über einen Stelltrafo (2) betrieben. Bei einer Frequenz von 125 Hz wird eine Anzeige von $80,0 \text{ m/s}^2$ eingestellt, diese darf sich bei einer Netzspannung zwischen 200 und 240 V um $\pm 0,5 \%$ ändern.

8. Mechanischer Aufbau, Demontage und Montage des Gerätes

Das VM 21 besteht aus der Gehäuseschale, dem Gehäuseboden und dem Gerätekern, diese sind an der unteren Kante des Gerätes durch 4 Senkschrauben M4 miteinander verbunden. Im Gerätekern bilden die 2 Seitenwände sowie die Front- und Rückplatte einen Rahmen. Die Deckplatte ist zusammen mit der Frontplatte an den Seitenwänden angeschraubt.

Der Rahmen trägt den Netztrafo, den Schalter S6 sowie alle nach außen gehenden Steckverbinder.

Die Grundleiterplatte ist über Zwischenwinkel an den Seitenwänden befestigt, sie bildet den Boden des Gerätekerns. Alle übrigen Leiterplatten sind über Steckverbinder mit der Grundleiterplatte verbunden und zusätzlich an einer Seitenwand oder der Frontplatte befestigt.

Bei der Demontage der Eingangsleiterplatte VM 21/1 müssen zunächst die Bedienknöpfe für S1 und S2 und die Befestigungsschrauben am oberen Rand der Leiterplatte entfernt werden. Jetzt wird die Platine hinten ein Stück nach oben gezogen, dabei wird die Steckverbindung gelöst. Nun kann die Lötverbindung zum Eingang aufgetrennt und die Platine aus dem Gerät entnommen werden.

Die Leiterplatte VM 21/2 (Netzteil) kann nach Lösen der Befestigungsschraube am oberen Rand gezogen werden.

Die Anzeigeleiterplatte VM 21/4 wird ausgebaut, indem die beiden Steckverbinder gezogen und die 4 Befestigungsmuttern gelöst werden.

Zum Ausbau des Schalters S6 muß die Deckplatte abgenommen werden. Dazu sind alle Drehknöpfe abzuschrauben. Beim Lösen der 4 Befestigungsschrauben ist darauf zu achten, daß die Verbindungen zu den BNC-Buchsen nicht abreißen, da die Frontplatte mit gelöst wird.

Ist ein Ausbau der Grundleiterplatte notwendig, muß vorher die Rückwand abgeschraubt werden. Außerdem sind alle Lötverbindungen zu X2 bis X9 aufzutrennen und die Steckverbindungen zum Trafo und zur Anzeigeleiterplatte zu lösen.

Dann können die 4 Befestigungsschrauben der Grundleiterplatte gelöst und letztere aus dem Gerät entnommen werden.

Der Ausbau des Trafos erfolgt nach Ablöten der Netzleitungen und des Schutzleiteranschlusses sowie Lösen der Steckverbindung durch Abschrauben von der Rückwand.

Bei der Montage von Grundleiterplatte und Trafo ist zur Erhaltung der Schutzgüte zu beachten, daß Schutzleiter- und Netzanschlüsse wieder durch Lötösen gesteckt, umgebogen und sauber verlötet werden. Die Kabel müssen wieder wie im Originalzustand abgebunden werden. Werden auf der Netzleiterplatine Ladeelkos gewechselt (C 221 bis C 223), so sind diese wieder anzukleben. Die Montage des Gerätes erfolgt in umgekehrter Reihenfolge der Demontage.

9. Elektrische Schaltung

Die Schaltung des VM 21 wird anhand der Stromlaufpläne im Anhang der Bedienungsanleitung erläutert. Dieser Abschnitt bildet auch die Grundlage für Reparaturen am Gerät, die aber von Fachkräften ausgeführt werden müssen.

9.1. Gesamtschaltung

Die elektrische Schaltung des VM 21 ist auf die 4 Leiterplatten

- Eingangsleiterplatte VM 21/1
- Netzteilleiterplatte M 61K/2
- Grundleiterplatte VM 21/3
- Anzeigeleiterplatte VM 21/4

aufgeteilt. Der Netztrafo, alle nach außen führenden Steckverbinder und der Schalter S6 sind direkt an Rück- und Frontplatte montiert. Die Baugruppen des Gerätes (siehe auch Abschnitt 4 und Bild 1) sind wie folgt auf die Leiterplatten verteilt:

Eingangsleiterplatte VM 21/1 (Schaltbild VM 21-4.01):

- Kalibrator
- Eingangsverstärker (V1 bis V3 im Bild 1)
- Meßbereichsanzeige 1. Teil (Kodierung der Schalterstellung S1, S2 und S6 und Summierung der kodierten Signale)
- Kalibratoranzeige B1

Netzteilleiterplatte M 61K/2 (Schaltbild VM 21-4.02):

- Netzteil
- Übersteuerungsanzeige
- Wechselspannungsausgang

Grundleiterplatte VM 21/3 (Schaltbild VM 21-4.03):

- Filter 10 Hz und 1 kHz
- Integrator (V5 im Bild 1)
- Nachverstärker (V4 und V6 im Bild 1)
- Gleichrichter
- Effektivwertbildner
- Spitzenwertbildner
- Meßbereichsanzeige 2.Teil (Kodierung der Schalterstellung S3, S7 und Summierung der kodierten Signale mit dem Ergebnis des 1.Teils)

Anzeigeleiterplatte VM 21/4 (Schaltbild VM 21-4.02):

- A/D-Wandler für die Digitalanzeige
- Digitalanzeige H1 bis H3
- A/D-Wandler für die LED-Kette
- LED-Kette B6 bis B17
- Anzeige für die Zehnerpotenz H4
- Kontrollanzeigen B2 bis B5

9.2. Eingangsverstärker und Kalibrator

Das vom Aufnehmer kommende Signal gelangt zunächst auf den kapazitiven Eingangsteiler C 101 bis C 103, der es um 0; 20 oder 40 dB herunterteilt. Die Spannungsteilung mit der Aufnehmerkapazität verursacht eine zusätzliche Dämpfung von ca. 3 dB.

Der Impedanzwandler V 151 arbeitet als Sourcefolger, wobei dessen Eingangswiderstand R 108 durch eine Bootstrapschaltung ca. um den Faktor 30 erhöht wird. N 11 und N 12/1 verstärken das Signal je nach Meßbereich um jeweils 0 oder 20 dB. N 12/2 kann mit R 123 (▼ - Einsteller) auf eine Verstärkung zwischen 3,3 dB und 27,6 dB eingestellt werden, das Ausgangssignal der Eingangsleiterplatte hat somit den Nennwert von 100 mV.

Der Kalibrator ist ein Doppel-T-Oszillator (N 13/1), dessen Ausgangsspannung durch einen Komparator (N 13/2) mit einer Referenzspannung (N 14) verglichen und über das Stellglied V 153 konstant gehalten wird. Diese Art der Spannungsregelung bewirkt eine Verfälschung der Sinusform (Klirrfaktor 10 %), das hat aber keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit.

9.3. Filter, Integrator und Nachverstärker

Mit N 301 wird das Signal auf 1-V-Nennpegel angehoben. Wird zwischen X2 und X3 ein externes Filter eingeschleift, kann mit N 304 eine zusätzliche Nachverstärkung von 20 oder 40 dB eingeschaltet werden, sonst arbeitet N 304 als Inverter und gleicht damit die Phasendrehung des Integrators N 303 wieder aus.

N 302/1 bildet einen aktiven Hochpaß 2. Ordnung mit Bessel-Charakteristik, N 302/2 einen gleichartigen Tiefpaß. Beide Filter arbeiten im ausgeschalteten Zustand (Relais K 31 und K 32 angezogen) als Eins-Verstärker.

N 303 arbeitet bei Beschleunigungsmessung als Inverter und bei Geschwindigkeitsmessung als Integrator mit einer 0 dB-Frequenz von 16 Hz (entspricht einer Kreisfrequenz von 100 s^{-1}). Das Ausgangssignal von N 304 wird über C 213 (Netzteilleiterplatte) ausgekoppelt und zum Wechselspannungsausgang geführt.

9.4. Meßbereichsanzeige

Die Schaltung addiert die binär kodierten Schaltstellungen des Meßbereichsschalters S 1/5 ($000 \triangleq$ unempfindlichster Bereich, $100 \triangleq$ empfindlichster Bereich), des Wandlerfaktorschalters S2 ($00 \triangleq 0,1 \text{ mV}/(\text{m.s}^{-2})$ bis $11 \triangleq 100 \text{ mV}/(\text{m.s}^{-2})$), der a/v-Umschaltung S6/2 ($a \triangleq 1, v \triangleq 0$), der Filternachverstärkung S3/3 ($AUS \triangleq 00$ bis $100 \triangleq 10$) und der $\tilde{x}/\hat{x}$ - Umschaltung S7/2 ($\tilde{x} \triangleq 1, \hat{x} \triangleq 0$).

Dabei erfolgt auf der Leiterplatte VM 21/1 die Addition der Komponenten S1, S2 und S6 durch D 11, und auf der Grundleiterplatte VM 21/3 die Addition des Zwischenergebnisses mit den Komponenten S3 und S7 durch D 31. Das Ausgangssignal von D 31 wird in D 32 in 9 mögliche Zustände der Meßbereichsanzeige dekodiert:

Ausgang Q0 von D32 = 1 entspricht Anzeige XXX (. 10)³
 bis Ausgang Q8 von D32 = 1 entspricht Anzeige X,XX(. 10)⁻³.
 Bei physikalisch unsinnigen Meßbereichen (kleiner 10 . 10⁻³m.s⁻²
 bzw. kleiner 10 . 10⁻³mm.s⁻¹) sind alle Ausgänge von D32 gleich
 Null und XXX (. 10)⁻ wird angezeigt.
 D 33 dient als Treiber für die anzusteuern den LED's bzw. Segmen-
 te. Zur Ansteuerung der Kalibratoranzeige B1 dient D12 (auf Lei-
 terplatte VM 21/1) als UND-Verknüpfung der entsprechenden
 Schaltstellungen von S1, S6 und S7.

9.5. Effektivwertbildner

In N 305 wird das vom Ausgang des Nachverstärkers kommende Sig-
 nal zunächst (einweg-)gleichgerichtet.
 Der eigentliche Effektivwertbildner hat 2 Eingänge (N 306 Pin 9
 und Pin 13), an denen durch Addition des gleichgerichteten und
 des nicht gleichgerichteten Signals jeweils ein Strom auftritt,
 der dem Betrag der Wechselspannung proportional ist (Zweiweg-
 gleichrichtung). N 306/1 und /3 bilden einen Logarithmierver-
 stärker, dessen Ausgangssignal vom Pin 8 des N 306 abgegriffen
 wird:

$$I_{\log} = -(U_T/R) \cdot \ln(I_e/I_a) \quad (1)$$

mit U_T = Temperaturspannung;

R = R 326, R 338, R 325, R 337;

I_e = U_e/R und

I_a = U_a/R (U_a = Ausgangsspannung des EWB).

Dieser Strom $I_{\log}$ wird in den Eingang des von N 306/2 u. N 306/4
 gebildeten Exponentialverstärkers eingespeist, der die Funktion

$$I_a = I_e \cdot \exp\left(-\frac{I_{\log} \cdot R}{U_T}\right) \text{ realisiert.} \quad (2)$$

Durch C 325 bzw. C 326 erfolgt eine Integration:

$$I_a = \frac{1}{R \cdot C} \int I_e \exp \left(- \frac{I_{\log} \cdot R}{U_T} \right) dt. \quad (3)$$

Durch Einsetzen von (3) in (1) erhält man

$$U_a = \frac{1}{R \cdot C} \int \frac{U_e^2}{U_a} dt \quad (4)$$

und für $U_a = \text{konst.}$ ($R \cdot C$ ausreichend groß) die Definition des Effektivwertes

$$U_a = \sqrt{\frac{1}{R \cdot C} \int U_e^2 dt}. \quad (5)$$

Die logarithmische Ausgangsspannung des Effektivwertbildners wird an einer Basis-Emitterstrecke im Logarithmierverstärker abgegriffen, mit V 351 temperaturkompensiert und mit N 308 verstärkt.

9.6. Spitzenwertbildner

Durch entsprechende Zuschaltung des Inverters N 309/1 und des Gleichrichters N 305 wird der positive, negative oder betragsmäßige Spitzenwert ausgewählt.

N 309/2 und /3 bilden einen analogen Spitzenwertspeicher, wobei N 309/2 als Komparator arbeitet und die Eingangsspannung mit der durch N 309/3 gepufferten Kondensatorspannung über C 327 vergleicht. Ist u_e größer als u_c , wird V 309 leitend und C 327 nachgeladen; ist u_e kleiner als u_c , sperrt V 309, und C 327 wird über R 366 entladen. Das Ausgangssignal des Komparators wird zusätzlich zur Ansteuerung des im A/D-Wandlerschaltkreis (N 41, Anzeigeplatine) integrierten Digitalspeichers benutzt. Bei u_e größer als u_c wird die Ausgangsspannung in den Speicher übernommen und bei u_e kleiner als u_c festgehalten. N 309/4 bildet ein Monoflop zur Verlängerung der vom Komparator abgegebenen Impulse zur Übernahme des Meßwertes. Die Wirkungsweise der Schaltung bei verschiedenen Eingangssignalen ist in den Abschnitten 5.4.4. und 5.4.5. beschrieben.

9.7. Meßwertanzeige

Die Digitalanzeige besteht aus dem AD-Wandlerschaltkreis N 41, dem Dekoderschaltkreis D 41 und den Anzeigen H1 bis H3. Die von N 41 erzeugten Multiplexsignale schalten über V 451 bis V 453 jeweils eine Dezimalstelle an die Betriebsspannung.

N 41 arbeitet bei Effektivwertmessung im langsamen Modus (ca. 5 Messungen pro Sekunde), bei Spitzenwertmessung wird er zwischen dem langsamen Modus und dem Halten des Meßwerks umgeschaltet (siehe Abschnitt 9.6.). Die logarithmische Trendanzeige besteht aus dem LED-Ansteuerschaltkreis N 42, der die LED-Kette B 6 bis B 17 antreibt.

9.8. Übersteuerungsanzeige

V 301 bis 303 und V 27, 28 bilden eine ODER-Verknüpfung für die 4 Kontrollpunkte im Signalweg. N 24 und N 25 vergleichen den größten der kontrollierten Pegel mit einer Referenzspannung und bringen bei Überschreitung B 4 zum Leuchten. Dabei reagiert N 24 auf eine positive und N 25 auf eine negative Übersteuerung. Durch C 210 hat die Schaltung Monoflop-Verhalten und verlängert sonst nicht sichtbare kurze Übersteuerungssignale.

9.9. Stromversorgung

Die Sekundärspannungen des Netztrafos T1 werden in V 23 und V 24 gleichgerichtet und in N 21 bis N 23 auf +5 V und ± 15 V stabilisiert. Externe Versorgungsspannungen können über die Fremdspeisebuchse X7 an die Ladeelkos C 221 bis C 223 gelegt werden. Bei evtl. Falschpolung werden R 381 bis R 383 zerstört, sie schützen damit die übrige Schaltung.

10. Pflege und Wartung

Das Schwingungsmeßgerät VM 21 arbeitet wartungsfrei, unnötige Einwirkungen von Schmutz und Feuchtigkeit sind jedoch zu vermeiden.

Steckverbinder können ggf. mit reinem Alkohol gereinigt werden. Die Schalter des Gerätes besitzen selbstreinigende Kontakte. Kontaktunsicherheiten nach längeren Betriebspausen können durch mehrmalige Betätigung aller Schalter behoben werden.

11. Reparaturhinweise und Abgleichvorschrift

Treten Störungen auf, die vom Anwender nicht selbst behoben werden können oder werden Grenzwerte bei einer Überprüfung nach Abschnitt 7 überschritten, ist das Gerät zur Überprüfung und evtl. Reparatur an das Herstellerwerk einzusenden. Ausländische Kunden werden durch den zentralen Auslandsservice des VEB Robotron-Meßelektronik "Otto Schön" Dresden betreut. Eigene Reparaturen nach dieser Anleitung sollten nur von Fachkräften durchgeführt werden, ausgenommen Sicherungswechsel.

Die Demontage und Montage des Gerätes ist in Abschnitt 8 beschrieben. Vor Öffnen des Gerätes Netzstecker ziehen ! Bild 7 zeigt die Lage der Sicherungen und Abgleichelemente auf der Grundleiterplatte. Für selbst ausgeführte Reparaturen bilden der Abschnitt 9 und die Stromlaufpläne im Anhang die Grundlage. Nach der Reparatur einer Baugruppe sind folgende Abgleicharbeiten notwendig:

reparierte Baugruppen	Abgleicharbeiten
Eingangsverstärker	keine
Kalibrator	Kalibrierspannung
Filter, Nachverstärker, Integrator	keine
Meßbereichsanzeige	keine
Effektivwertbildner	Nullpunkt des Gleichrichters Zweipunktabgleich "linear" Zweipunktabgleich "logarithmisch"

Fortsetzung der Tabelle zu den Abgleicharbeiten:

reparierte Baugruppe	Abgleicharbeiten
Spitzwertbildner	Nullpunkteinstellung
Digitalanzeige	Zweipunktabgleich
Trendanzeige	Zweipunktabgleich "logarithmisch" des Effektivbildners
Übersteuerungsanzeige	keine
Stromversorgung	Einstellung der betreffenden Versorgungsspannung

Die Abgleicharbeiten werden im folgenden in der Reihenfolge beschrieben, wie sie bei einem kompletten Neuabgleich des Gerätes durchgeführt werden müssen.

11.1. Versorgungsspannungen

Meßpunkt	Einsteller	Einstellwert
+15 V	R 225	15,0 V
-15 V	R 222	-15,0 V

11.2. Anzeige

Die Einsteller sind durch einen Ausbruch in der rechten Seitenwand zugänglich (oben R 404, unten R 401). Die Leitung Lin ist aufzutrennen (X 32, Pin 9) und eine Spannung von 0,5 mV bzw. 900 mV gegen Analogmasse (X33, Pin 2) einzuspeisen.

Eingangsspannung Lin	Einsteller	Anzeige
0,5 mV	R 401	000 / 001
900 mV	R 404	900

Der Abgleich ist wechselweise durchzuführen, bis keine Abweichung mehr auftritt.

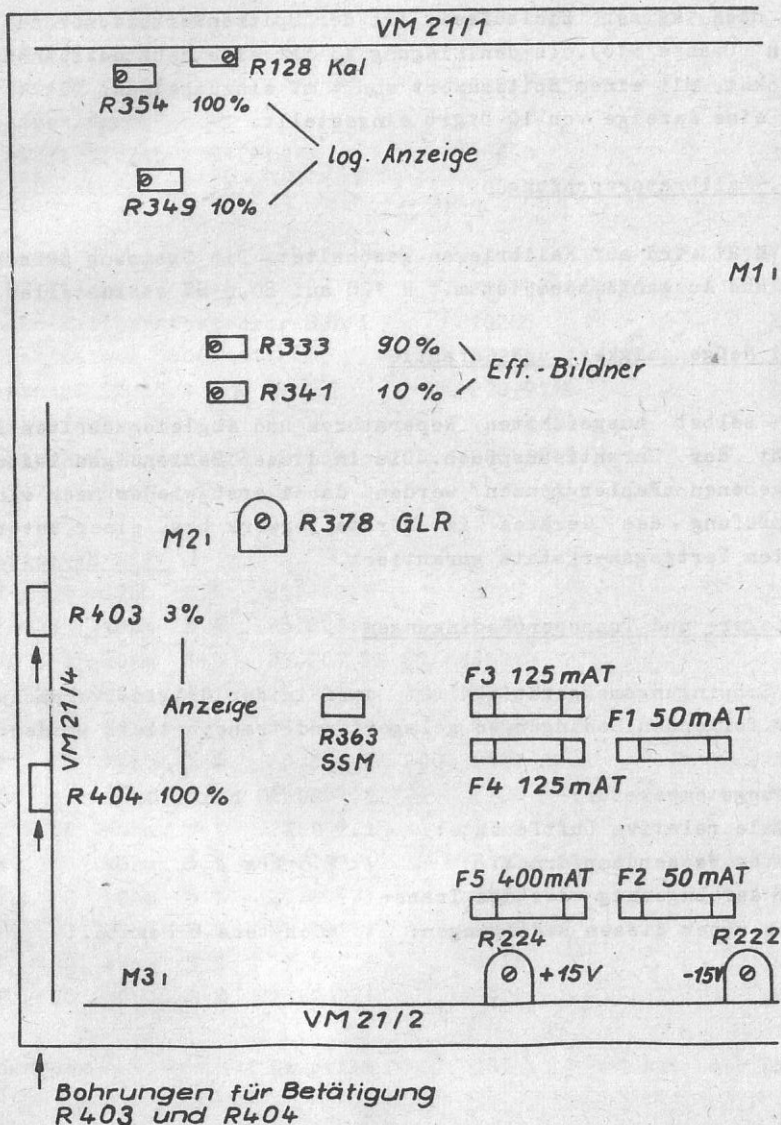
11.3. Effektivwertbildner

Der Filterschalter S3 wird auf 1 gestellt und in den Eingang für externes Filter X3 eine sinusförmige Spannung mit $f = 125 \text{ Hz}$ eingespeist. Die Tasten S4 (10 Hz) und S7 (X) werden gedrückt, der Schalter S6 wird auf a gestellt.

	Eingangsspannung an X3	Einsteller	MP1	Anzeige
Gleich- richter	1 mV	R 378	einwegglei- gerichtetes Signal mit gleichen Sig- nal- und Pausenzeiten	-
linear	10 mV	R 341)*)	-	100
	90 mV	R 333	-	900
logarith- misch	10 mV	R 349)*)	-	grün/gelb
	100 mV	R 354)	-	grün/rot (die beiden LED's leuch- ten, gleich hell)

*) wechselweiser Abgleich, bis keine Abweichung mehr auftritt.

Bild 7: Lage der Abgleichelemente und Sicherungen



11.4. Spitzenwertbildner

Die Einstellungen am VM 21 entsprechen denen im Abschnitt 11.3., aber statt Taste S7 sind die Tasten S8 und S9 ($\hat{x}$) zu drücken, und nach kurzer Einlaufzeit ist der Spitzenwertbildner zu löschen (Taste S10). In den Eingang X3 ist eine Rechteckspannung, $f = 1$ kHz, mit einem Spitzenwert von 1 mV einzuspeisen. Mit R 363 wird eine Anzeige von 10 Digit eingestellt.

11.5. Kalibratorspannung

Das VM 21 wird auf Kalibrieren geschaltet. Die Spannung zwischen Ein- und Ausgangsmasse ist mit R 128 auf 80,0 mV einzustellen.

11.6. Meßgenauigkeit und Garantie

Nach selbst ausgeführten Reparaturen und Abgleicharbeiten erlischt der Garantieanspruch. Die in dieser Bedienungsanleitung angegebenen Fehlergrenzen werden dabei erst wieder nach einer Überprüfung des Gerätes im Herstellerwerk bzw. einer autorisierten Vertragswerkstatt garantiert.

12. Lager- und Transportbedingungen

Das Schwingungsmeßgerät VM 21 darf in der Originalverpackung unter folgenden Bedingungen gelagert und transportiert werden:

Umgebungstemperatur:	-20 °C bis +50 °C
maximale relative Luftfeuchte:	90 %
höchster Wasserdampfdruck:	2,5 kPa
Dauer der Lagerung oder des Transportes unter diesen Bedingungen:	höchstens 6 Monate.

Anhang 1: Stückliste der elektrischen Bauelemente

Frontplatte

HF-Steckdose 22-6	200-3800)BNC (mit	X1
2x HF-Steckdose 22-6	200-3800)Isolierung)	X4,5
Drehknopf DZ 15/4	200-7115	S1
Drehknopf DZ 15/4	200-7115	S2
Drehschalter		
DS 8A2/1-3/6/A6-20MKFP1	38670	S6
dazu Drehknopf DZ 15/6	200-7115	

Rückwand

2x HF-Steckdose 22-6	200-3800 BNC	X2,3
Schuko-Kaltgerätestecker 83E/L	10267	X6
Buchsenleiste 5406-101	37203	X34
Drehknopf DZ 15/4	200-7115	S3
Netztrafo Bv 2		T1
NF-Steckverbinder 7/25 Steckdose D	200-3819	X7
2x Telefonbuchse 13 mm	m. Isol.	X8,9

Platine VM 21/1

SWF	1	G0hm	5 %	25.412.1	8728	R 101
SWF	33	k0hm	5 %	25.207.1	8728	R 102
SWF	1	k0hm	1 %	23.207 TK 50	36521	R 103
SWF	43	M0hm	5 %	25.207.1	8728	R 104
SWF	510	M0hm	5 %	25.412.1	8728	R 105
SWF	10	k0hm	5 %	23.207 TK 200	36521	R 106
SWF	47	k0hm	5 %	25.207.1	8728	R 107
SWF	82	M0hm	5 %	25.207.1	8728	R 108
SWF	360	k0hm	5 %	25.207.1	8728	R 109
SWF	2	k0hm	5 %	25.207.1	8728	R 110
SWF	3,3k0hm	5 %	25.207.1	8728		R 111
SWF	100	k0hm	5 %	25.207.1	8728	R 112
SWF	100	k0hm	5 %	25.207.1	8728	R 113

Benennung

Baureihe

TGL

BE-Nr.

SWF	1	MOhm	5 %	25.207.1	8728		R 114
SWF	10	kOhm	0,5 %	23.207 TK 100	36571		R 115
SWF	1,1	kOhm	0,5 %	23.207 TK 100	36571		R 116
SWF	11	Ohm	2 %	23.207 TK 200	36571		R 117
SWF	10	kOhm	0,5 %	23.207 TK 100	36571		R 118
SWF	1,1	kOhm	0,5 %	23.207 TK 100	36571		R 119
SWF	11	Ohm	2 %	23.207 TK 200	36571		R 120
SWF	1	MOhm	5 %	25.207.1	8728		R 121
SWF	4,87	kOhm	2 %	23.207 TK 100	36521		R 122
DWV	10-1-490.1238				26906	Wendelpoti	R 123
						W8 10 kOhm	
SWF	649	Ohm	2 %	23.207 TK 100	36521		R 124
SWF	2,15	kOhm	2 %	23.207 TK 100	36521		R 125
SWF	42,2	kOhm	1 %	23.207 TK 100	36521		R 126
SWF	42,2	kOhm	1 %	23.207 TK 100	36521		R 127
SWV	2,2	kOhm	10 %	513.1010	27423		R 128
SWF	10,5	kOhm	2 %	23.207 TK 100	36521		R 129
SWF	27	kOhm	5 %	25.207.1	8728		R 130
SWF	22	kOhm	5 %	25.207.1	8728		R 131
SWF	330	Ohm	5 %	25.207.1	8728		R 132
KS-Kond.	383/1/25			38158	(383 pF)		C 101
KS-Kond.	3830/1/25			38158	(3,83 nF)		C 102
KS-Kond.	34400/1/25			38158	(34,4 nF)		C 103
KT-Kond.	4700/10/160			38159	(4,7 nF)		C 104
Elko	100/25			38908			C 105
Scheibenkond.	EDVU-Z-33/80-63			35781	(33 nF)		C 106
Scheibenkond.	EDVU-N150-15/5-63			35780	(15 pF)		C 107
Scheibenkond.	EDVU-Z-100/80-63			35781	(0,1 µF)		C 108
Scheibenkond.	EDVU-Z-100/80-63			35781	(0,1 µF)		C 109
Elko	2,2/25			7198			C 110
KT-Kond.	0,1/5/160			39013	(0,1 µF)		C 111
KT-Kond.	0,1/5/160			39013	(0,1 µF)		C 112
KT-Kond.	0,033/5/160			38159	(33 nF)		C 113

Benennung

TGL

BE-Nr.

Scheibenkond. EDVU-Z-100/80-63	35781	(0,1 μ F)	C 114
Elko 10/25	7198		C 115

Diode	SA 418		V 101
Diode	SA 418		V 102
Diode	SAL 41K		V 103
Diode	SAM 65		V 104
Diode	SAM 64		V 105
Diode	SAM 63		V 106
Diode	SAM 62		V 107
Diode	SAM 62		V 108

Transistor	KP 303 A		V 151
Transistor	SC 238 d		V 152
Transistor	KP 303 A		V 153

Leuchtdiode	VQA 23		B 1
-------------	--------	--	-----

Schaltkreis	B 177 D		N 11
Schaltkreis	B 082 Dm		N 12
Schaltkreis	B 062 D		N 13
Schaltkreis	B 589 Nm		N 14

Schaltkreis	DL 083 D	(Ersatz: K155 IM3)	D 11
Schaltkreis	DL 020 D		D 12

MDS 1/01-06//10/10/1/1/1/10/1/10/10/1//13/13	TGL 32422-2	S 1
MDS 1/01-04//1//6/6	TGL 32422-2	S 2
EFS-SL ELN 1377 33247 1036 700 29331/04	(Steckerl. 13 pol.)	X 11

Platine M61K/2 (Netzteil)

SWF 14,7 kOhm 1 %	23.207 TK200	36521	R 201
SWF 3,32 kOhm 1 %	23.207 TK200	36521	R 202

Benennung	TGL	BE-Nr.
-----------	-----	--------

SWF	1	M0hm	5 %	25.207.1	8728	R 203
SWF	620	0hm	5 %	25.207.1	8728	R 204
SWF	33	0hm	5 %	25.207.1	8728	R 205
SWF	14,7	k0hm	1 %	23.207 TK200	36521	R 206
SWF	1	M0hm	5 %	25.207.1	8728	R 207
SWF	3,32	k0hm	1 %	23.207 TK200	36521	R 208
SWF	13,3	k0hm	1 %	23.207 TK200	36521	R 209
SWF	33,2	k0hm	1 %	23.207 TK200	36521	R 210
SWF	100	k0hm	5 %	25.207.1	8728	R 211
SWF	620	0hm	5 %	25.207.1	8728	R 212
SWF	442	0hm	2 %	23.207 TK100	36521	R 221
SWV	100	0hm	20 %	583.1012	34064	R 222
SWF	5,11	k0hm	2 %	23.207 TK100	36521	R 223
SWV	100	0hm	20 %	583.1012	34064	R 224
SWF	442	0hm	2 %	23.207 TK100	36521	R 225
SWF	5,11	k0hm	2 %	23.207 TK100	36521	R 226
SWF	147	0hm	1 %	23.207 TK100		R 227
SWF	442	0hm	1 %	23.207 TK100	36521	R 228

8x Elko	4,7/63	38928	C 201 bis C 208
Elko	100/25	38908	C 210
Elko	100/25	38908	C 212
Elko	1000/25	38908	C 213
Elko	2200/25	7198	C 221
Elko	470/40	7198	C 222
Elko	470/40	7198	C 223

Diode	SY 360/05	V 21
Diode	SY 360/05	V 22
Graetzgleichrichter	1 PM 05	Rumän./GWS V 23
Graetzgleichrichter	1 PM 05	Rumän./GWS V 24
Diode	SAY 17 B	V 27
Diode	SAY 17 B	V 28

Benennung

TGL

BE-Nr.

Schaltkreis	B 3370 V	N 21
Schaltkreis	B 3170 V	N 22
Schaltkreis	B 3170 V	N 23
Schaltkreis	B 621 D	N 24
Schaltkreis	B 621 D	N 25

EFS-SL ELN 1377 33247 1034020 29331/03 Steckerl.
29 pol.

X 21

Platine VM 21/3

SWF	1	M0hm	5 %	25.207.1	8728	R 301
SWF	33,2	k0hm	1 %	23.207 TK200	36521	R 302
SWF	11	0hm	2 %	23.207 TK200	36521	R 303
SWF	1,1	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 304
SWF	13,3	k0hm	1 %	23.207 TK200	36521	R 305
SWF	10	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 306
SWF	33,2	k0hm	1 %	23.207 TK200	36521	R 307
SWF	13,3	k0hm	1 %	23.207 TK200	36521	R 308
SWF	1,62	M0hm	2 %	23.207 TK200	36521	R 309
SWF	1,62	M0hm	2 %	23.207 TK200	36521	R 310
SWF	1	k0hm	5 %	23.207 TK200	36521	R 311
SWF	34,8	k0hm	2 %	23.207 TK200	36521	R 312
SWF	34,8	k0hm	2 %	23.207 TK200	36521	R 313
SWF	215	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 314
SWF	215	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 315
SWF	3,3	M0hm	5 %	23.207 TK200	36521	R 316
SWF	1	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 317
SWF	10	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 318
SWF	100	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 319
SWF	100	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 320
SWF	3,2	k0hm	1 %	23.207 TK200	36521	R 321
SWF	13,3	k0hm	1 %	23.207 Tk200	36521	R 322
SWF	4,02	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 323
SWF	3,01	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 324
SWF	51,1	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 325
SWF	51,1	k0hm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 326

Benennung	Baureihe	TGL	BE-Nr.
-----------	----------	-----	--------

4xSWF	38,3	kOhm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 327 bis R 330
SWF	1,2	MOhm	5 %	25.207.1	8728	R 331
SWF	1	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 332
SWV	100	kOhm20	%	513.610	27423	R 333
SWF	10	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 334
SWF	3,3	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 335
SWF	3,3	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 336
SWF	51,1	kOhm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 337
SWF	51,1	kOhm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 338
SWF	1	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 340
SWV	100	kOhm20	%	513.610	27423	R 341
SWF	300	Ohm	5 %	25.207.1	8728	R 342
SWF	100	kOhm	2 %	23.207 TK200	36521	R 343
SWF	100	kOhm	2 %	23.207 TK200	36521	R 344
SWF	22	kOhm	5 %	23.207 TK200	36521	R 345
SWF	1	kOhm	2 %	23.207 TK200	36521	R 346
SWF	511	Ohm	2 %	23.207 TK200	36521	R 347
SWF	10	kOhm	2 %	23.207 TK200	36521	R 348
SWV	220	Ohm	10 %	513.610	27423	R 349
SWF	430	Ohm	5 %	23.207 TK200	36521	R 350
SWF	100	kOhm	2 %	23.207 TK200	36521	R 351
SWF	100	kOhm	2 %	23.207 TK200	36521	R 352
SWF	56	kOhm	5 %	23.207 TK200	36521	R 353
SWV	10	kOhm20	%	513.610	27423	R 354
SWF	2,7	kOhm	5 %	23.207 TK200	36521	R 355
SWF	38,3	kOhm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 356
SWF	38,3	kOhm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 357
SWF	51,1	kOhm	0,5%	23.207 TK100	36521	R 358
SWF	100	kOhm0,5%	23.207 TK100	36521		R 360
SWF	1	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 361
SWF	470	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 362
SWV	100	kOhm20	%	513.610	27423	R 363
SWF	10	kOhm0,5%	23.207 TK100	36521		R 364
SWF	22	Ohm	5 %	25.207.1	8728	R 365

Benennung

Baureihe

TGL

BE-Nr.

SWF	150	MOhm	5 %	25.412.1	8728	R 366
SWF	220	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 367
SWF	220	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 368
SWF	330	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 369
SWF	10	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 370
SWF	330	Ohm	5 %	25.207.1	8728	R 371
SWF	10	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 372
SWF	10	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 373
4xSWF	100	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 374 bis R 377
SWV	2,2	MOhm	20 %	593.1012	34064	R 378
SWF	4,7	MOhm	5 %	25.207.1	8728	R 379
SWF	3,3	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 380
3xSWF	10	Ohm	5 %	25.207.1	8728	R 381 bis R 383
SWF	1,2	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 384
SWF	1	MOhm	5 %	25.207.1	8728	R 385

Elko	2,2/25			7198		C 301
Scheibenkond.	EDVU-Z-100/80-63			35781	(0,1 µF)	C 303
Scheibenkond.	EDVU-Z-100/80-63			35781	(0,1 µF)	C 304
Scheibenkond.	EDVU-Z-100/80-63			35781	(0,1 µF)	C 305
KS-Kondens.		47000/2/25		38158	(47 nF)	C 307
KS-Kondens.		47000/2/25		38158	(47 nF)	C 308
KS-Kondens.		1000/2,5/25		5155	(1 nF)	C 309
KS-kondens.		1000/2,5/25		5155	(1 nF)	C 310
Elko	10/40			38928		C 311
KS-Kondens.		46400/1/25		38158	(46,4nF)	C 312
Scheibenkond.	EDVU-Z-100/80-63			35781	(0,1 µF)	C 313
Scheibenkond.	EDVU-Z-100/80-63			35781	(0,1 µF)	C 314
Scheibenkond.	EDVU-N150-18/5-63			35780	(18 pF)	C 315
Scheibenkond.	EDVU-N150-12/5-63			35780	(12 pF)	C 316
Elko	470/25			38928		C 317
Scheibenkond.	EDVU-N150-15/5-63			35780	(15 pF)	C 318
Scheibenkond.	EDVU-N150-6,8/0,5-63			35780	(6,8 pF)	C 319
Scheibenkond.	EDVU-N150-47/5-63			35780	(47 pF)	C 320

Benennung

TGL

BE-Nr.

Scheibenkond.	EDVU-Z-100/80-63	35781	(0,1 μ F)	C 321
Scheibenkond.	EDVU-Z-100/80-63	35781	(0,1 μ F)	C 322
Scheibenkond.	EDVU-N750-150/5-63	35780	(150 pF)	C 323
Scheibenkond.	EDVU-N150-39/5-63	35780	(39 pF)	C 324
Elko	47/25	38928		C 325
Elko	470/16	38928		C 326
MKT3-Kond.	0,22/20/100	38675	(0,22 μ F)	C 327
Scheibenkond.	EDVU-Z-100/80-63	35781		C 328
Scheibenkond.	EDVU-Z-100/80-63	35781		C 329
MKT3-Kond.	0,47/20/100	38675	(0,47 μ F)	C 330
Elko	1/40	7198		C 331
MKT3-Kond.	0,1/20/250	38675	(0,1 μ F)	C 332

3xDiode	SAL 41 B	V 301 bis V 303
3xDiode	SAY 20L2/4	V 304 bis V 306
Diode	SZX 21/12	V 307
Diode	SAY 20L2/4	V 308
Diode	SA 403	V 309
Diode	SAY 20L2/4	V 310
Diode	SAY 20 B	V 311
Diode	SAM 62	V 312
Diode	SAM 62	V 313
3xDiode	SAM 43	V 314 bis V 316
Diode	SAM 44	V 317
Diode	SAM 44	V 318

Transistor	SC 238 e	V 351
Transistor	SC 236 d	V 352

Schaltkrei3	B 081 D	N 301
Schaltkreis	B 062 D	N 302
Schaltkreis	B 061 Dm	N 303
Schaltkreis	B 080 Dm	N 304
Schaltkreis	B 080 Dp	N 305
Schaltkreis	B 064 Dm	N 306

Benennung

TGL

BE-Nr.

Schaltkreis	B 340 d	Ersatz: B340c, e	N 307
Schaltkreis	B 061 D		N 308
Schaltkreis	B 064 Dm		N 309

Schaltkreis	DL 083 D	Ers.: K155IM3	D 31
Schaltkreis	V 4028 D		D 32
Schaltkreis	V40098 D		D 33

DIL-Relais	RGT 13/1-03/006/01	42699	K 31
DIL-Relais	RGT 13/1-03/006/01	42699	K 32

MDS 1//03-06//3/12/3/12/3/12/12//13/13	TGL 32422-2	S 3
Schiebetastenschalter	Bv0642.220-60102-99549.1	S 4 und S 5
Schiebetastenschalter	Bv0642.220-60104-96168	S 7 bis S 10
Schiebetastenschalter	Bv NU1/0642.220-50101-99868	S 11
EFS-BL ELN 1377 33246 2136000	TGL 29331/04 Buchsenl.13pol.	X 11
EFS-BL ELN 1377 33247 2134000	TGL 29331/03 Buchsenl.29pol.	X 21
10xStift	5001-100	37203
		X 32
7xStift	5001-100	37203
		X 33
7xStift	5001-100	37203
		X 34

2xG-Schmelzeinsatz	50 mA	F 1 und F 2
2xG-Schmelzeinsatz	125 mA	F 3 und F 4
1xG-Schmelzeinsatz	400 mA	F 5

dazu

10xKontaktfeder	B 1	200-3623
-----------------	-----	----------

2xKontaktbrücke	Form A	ZfK Rossendorf
-----------------	--------	----------------

Platine VM21/4

SWF	10	k0hm	20 %	513.1010	27423	R 401
SWF	22	k0hm	5 %	23.207 TK200	36521	R 402
SWF	22	k0hm	5 %	23.207 TK200	36521	R 403
SWV	22	k0hm	20 %	513.1010	27423	R 404

Benennung	Baureihe	TGL	BE-Nr.
-----------	----------	-----	--------

4xSWF	10	kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 405 bis R 408
SWF	4,	7kOhm	5 %	25.207.1	8728	R 409
3xSWF	330	Ohm	5 %	25.207.1	8728	R 410 bis R 412
SWF	100	Ohm	5 %	25.207.1	8728	R 413
SWF	100	Ohm	5 %	25.207.1	8728	R 414
SWF	68	Ohm	5 %	25.207.1	8728	R 415
SWF	330	Ohm.	5 %	25.207.1	8728	R 416
SWF	26,1	kOhm	1 %	23.207 TK200	36521	R 417
SWF	3,83	kOhm	1 %	23.207 TK200	36521	R 418
SWF	681	Ohm	1 %	23.207 TK200	36521	R 419
MKT1-Kond.				0,33/20/100	43199	C 41
Elko	10/10				7198	C 42
Leuchtdiode				VQA 23		B 2
Leuchtdiode				VQA 23		B 3
Leuchtdiode				VQA 13		B 4
Leuchtdiode				VQA 33		B 5
4xLeuchtdiode				VQA 34		B 6 bis B 9
6xLeuchtdiode				VQA 24		B 10 bis B 15
Leuchtdiode				VQA 14		B 16
Leuchtdiode				VQA 14		B 17
Transistor				SF 816 D		V 41 bis V 43
Schaltkreis				D 348 D		D 41
Schaltkreis				C 520 D		N 41
Schaltkreis				A 277 D		N 42
3xAnzeige				VQB 28		H 1 bis H 3
Anzeige				VQE 22		H 4
Buchsenleiste				5109-101	37203	X 32
Buchsenleiste				5406-101	37203	X 33
Geräteanschlußleitung				L 2 m	34542	
Benennung					TGL	BE-Nr.

Anhang 2: Schutzgütenachweis

1. Elektrische Eigenschaften

- Schutzklassen: Netzkreis Schutzklasse I mit Schutzkontakt
 nach TGL 14283/07
 Meßkreis Schutzklasse II (Schutzisolation)
 nach TGL 14283/07
- Schutzgrad: IP 20 nach ST RGW 778 - 77
- Berührungsschutz gegen zu hohe Spannung wird gewährleistet
 durch folgende konstruktive Merkmale:
 - . Netzanschluß mit Schuko- Kaltgerätestecker 83 E/L TGL 10267
 - . Sicherungshalter nur nach Öffnen des Gerätes zugänglich
 - . Schutzleiterverbindungen im Gerät: umgebogen in Lötöse,
 gelötet
 - . kurze Abbindung aller Kabelverbindungen in der Nähe des
 Netzkreises
 - . mit dem Schutzleiter elektrisch verbundener Leiterzug um-
 schließt die Anschlüsse des Netzschalters
 - . an allen von außen zugänglichen Teilen können auch im
 gestörten Betriebsfall Spannungen größer 40 V gegenüber
 Schutzleiter nicht auftreten.
- Isolation: Alle Kriech- und Luftstrecken erfüllen die in
 TGL 14283/07 bzw. TGL 16559 vorgeschriebenen Mindestwerte.

- Verwendung der Fremdspeisebuchse X 7:

Bei Verwendung der Fremdspeisebuchse als Ein- oder Ausgang entsprechend der Bedienungsanleitung VM 21 - 8.01 ist zu beachten, daß zwischen den Kontakten 2 und 5 eine gefährliche Berührungsspannung im Sinne der TGL 14283/07 auftreten kann (max. 65 V). Die offene Buchse sowie der geschlossene Steckverbinder bieten ausreichenden Berührungsschutz.

2. Mechanische Eigenschaften

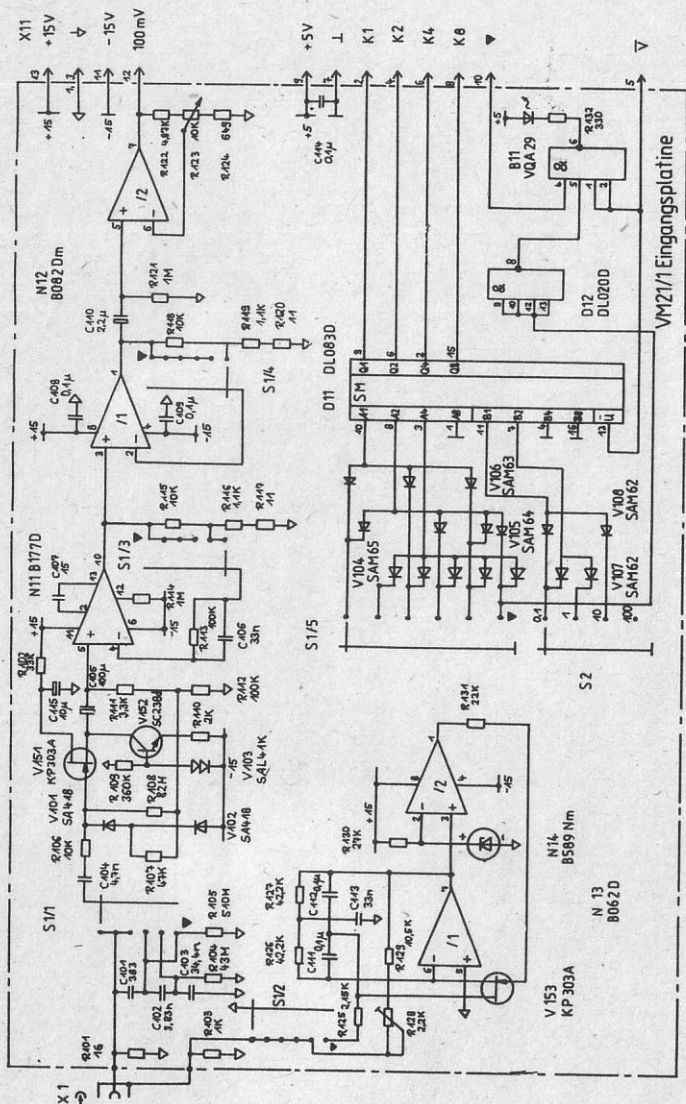
Aufgrund fehlender bewegter Teile und der geringen Masse von etwa 3 kg sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

3. Brandschutz

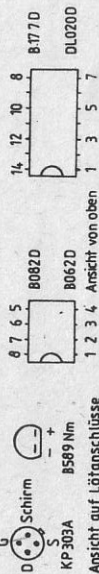
- Kurzschlüsse zwischen den Betriebsspannungen und einer Betriebsspannung gegen Masse führen zum schnellen Abschmelzen der entsprechenden Sekundärsicherung.
- Alle anderen Störungen führen nicht zu unzulässigen Erwärmungen.
- Betrieb mit externer Versorgungsspannung:
Kurzschlüsse zwischen den Versorgungsspannungen oder nach Masse führen zum Durchbrennen des entsprechenden Vorwiderstandes R 381 bis R 383, wodurch eine Gefährdung ausgeschlossen wird.

4. Zusammenfassung

Es treten keine Gefährdungen beim bestimmungsgemäßen Gebrauch des Schwingungsmeßgerätes VM 21 auf.



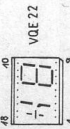
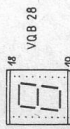
Bezeichnung				Menge	Merkmal
Art	Typ	Norm	Einheit		
8082Dm	8082Dm	8082Dm	Stück	1	
8177D	8177D	8177D	Stück	1	
8062D	8062D	8062D	Stück	1	
8589Nm	8589Nm	8589Nm	Stück	1	
8062D	8062D	8062D	Stück	1	
Haupt- Freigezeigtechnik				Menge	
Stückzahl				Menge	



Schirm
 B589Nm
 KP303A
 Ansicht auf Lötanschlüsse



VQB 28



				Schaltbild	
17.89	Kabel	Baum	Jahres	VM 21 - 4, 02	
HKS	No.	1628-2	2		
Gesamt	Netzt	cabacac		Netzteil und Anzeige	
V&B Meira					
M-B u Frequenztechnik					
Radebeul					