

Bedienungsanleitung

Human- Schwingungs- Messgerät

VM30-H

Ab Version 01.01.004.007*

*Versionsnummer Ihres Gerätes: S. 48



Manfred Weber

Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeul e.K.

Meißner Str. 58 - D-01445 Radebeul

Tel. +49-351-836 2191 Fax +49-351-836 2940

Email: Info@MMF.de Internet: www.MMF.de

Die jeweils aktuellste Fassung dieser Bedienungsanleitung finden Sie unter
<http://www.mmf.de/produktliteratur.htm>

© Manfred Weber
Metra Meß- und Frequenztechnik in Radebeul e.K.

Inhalt

1. Verwendungszweck.....	1
2. Das Gerät auf einen Blick.....	1
3. Menüstruktur.....	2
4. Grundlagen der Humanschwingungsmessung.....	4
4.1. Einführung.....	4
4.2. EU-Richtlinie 2002/44/EG.....	4
5. Humanschwingungsmessung mit dem VM30-H.....	7
5.1. Einschalten des Gerätes und Anschluss des Sensors.....	7
5.2. Hand-Arm-Schwingungsmessung mit dem VM30-H.....	7
5.2.1. Messpunkte für Hand-Arm-Schwingungen.....	8
5.2.2. Einstellungen am VM30-H.....	9
5.2.3. Dokumentation der Messergebnisse.....	10
5.3. Ganzkörper-Schwingungsmessung mit dem VM30-H.....	11
5.3.1. Messpunkte für Ganzkörper-Schwingungen.....	11
5.3.2. Einstellungen am VM30-H.....	12
5.3.3. Gesundheitsbewertung.....	14
5.3.4. Komfortbewertung.....	15
5.3.5. Dokumentation der Messergebnisse.....	16
6. Ein- und Ausschalten.....	16
7. Sensoreingang.....	16
8. Anzeige.....	17
9. Messgrößeneinstellungen.....	18
9.1. Schwinggrößen.....	18
9.2. Filter.....	18
9.2.1. Bewertungsfiler.....	18
9.2.1.1. Bewertungsfiler Wb.....	19
9.2.1.2. Bewertungsfiler Wc.....	19
9.2.1.3. Bewertungsfiler Wd.....	20
9.2.1.4. Bewertungsfiler We.....	20
9.2.1.5. Bewertungsfiler Wg.....	21
9.2.1.6. Bewertungsfiler Wh.....	21
9.2.1.7. Bewertungsfiler Wj.....	22
9.2.1.8. Bewertungsfiler Wk.....	22
9.2.1.9. Bewertungsfiler Wm.....	23
9.2.1.10. Kombinierte Bewertungsfiler.....	23
9.2.2. Bandfilter.....	24
9.3. Anzeigearten.....	25
9.3.1. Gleitender Effektivwert RMS.....	25
9.3.2. Höchstwert des gleitenden Effektivwerts MTVV.....	25
9.3.3. Intervall-Effektivwert A(T).....	25

9.3.4. Geschätzter Schwingungsdosiswert eVDV.....	26
9.3.5. Schwingungsgesamtwert Ahv.....	27
9.3.6. Spitzenwert PEAK.....	28
9.3.7. Maximal-Spitzenwert PEAK↑.....	28
9.3.8. Scheitelfaktor CREST.....	28
9.4. Speichern der Messgrößeneinstellungen.....	28
9.5. Abrufen der gespeicherten Messgrößeneinstellungen.....	29
10. Messbereiche und Autoranging.....	29
11. Übersteuerungsanzeige.....	30
12. Messwertspeicherung.....	30
12.1. Manuelle Speicherung auf Tastendruck	31
12.2. Automatische Speicherung im Datenloggermodus.....	31
13. Datenübertragung und Auswertung auf dem PC.....	32
13.1. Vorbereitungen für die Datenübertragung in Excel.....	32
13.2. Übertragung von Messdaten in Excel.....	32
13.3. Berechnung des Tages-Expositionswerts A(8)	35
13.4. Aufbau des Excel-Makros.....	38
13.5. Auslesen mit einem Terminal-Programm.....	38
14. Uhrzeit und Datum.....	40
15. Kalibrierung und Funktionsprüfung.....	40
15.1. Kalibrierung durch Eingabe der Sensorempfindlichkeit.....	40
15.2. Kalibrierung durch Einmessen der Empfindlichkeit.....	41
15.3. Mechanische Kalibrierung von Sensor und Gerät.....	41
15.4. Elektrische Kalibrierung des Gerätes.....	42
15.5. Funktionsprüfung.....	44
16. Sonstige Einstellungen.....	46
16.1. Tastenpiepton ein / aus.....	46
16.2. Selbstabschaltung.....	46
16.3. Batterietyp.....	46
16.4. Werkseinstellungen.....	46
16.5. Baudrate.....	46
17. Serielle Schnittstelle.....	46
18. Signalausgang.....	47
19. Spannungsversorgung.....	47
19.1. Batteriebetrieb.....	47
19.2. Externe Versorgung	48
20. Standardeinstellungen laden.....	49
21. Hardware-Reset.....	49
22. Hardware- und Firmware-Version.....	49
23. Hilfe bei Fragen und Problemen.....	50
24. Technische Daten.....	51

Anhang: Garantie
Konformitätserklärung

1. Verwendungszweck

Vielen Dank, dass Sie sich für ein Schwingungsmessgerät der Firma Metra entschieden haben!

Das Gerät VM30-H wurde zur Messung von Humanschwingungen entwickelt, bietet aber auch Einsatzmöglichkeiten in anderen Bereichen, wie Maschinenüberwachung, Bauwerksschwingungsmessung oder Qualitätskontrolle.

Das VM30-H eignet sich zur triaxialen Messung von Hand-Arm-Schwingungen nach ISO 5349 bzw. EU-Richtlinie 2002/44/EC sowie Ganzkörperschwingungen nach ISO 2631. Es erfüllt die Forderung an Messeinrichtungen für Humanschwingung gemäß der ISO 8041 in ihrer neuesten Fassung.

Besonderer Wert wurde auf einfache Bedienbarkeit, kompakte Bauweise und lange Batteriebetriebsdauer gelegt.

2. Das Gerät auf einen Blick

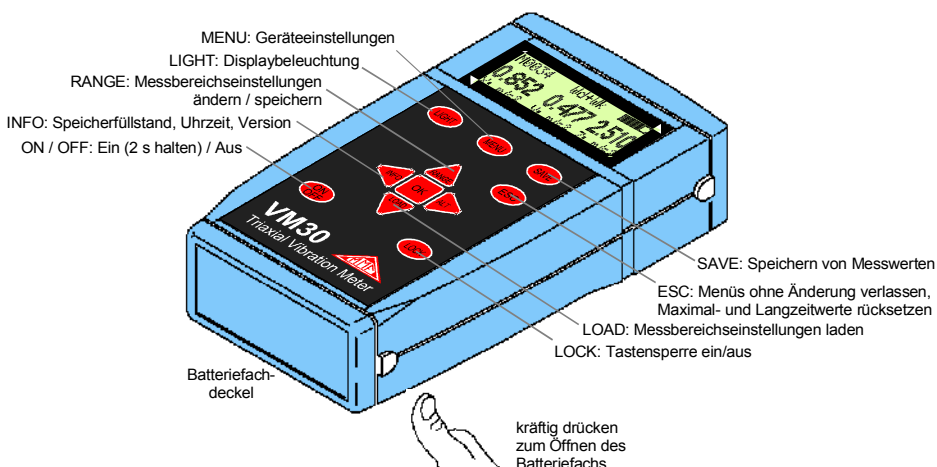


Bild 1: Tastenfunktionen

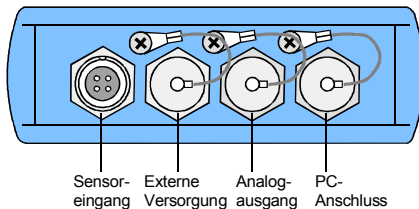
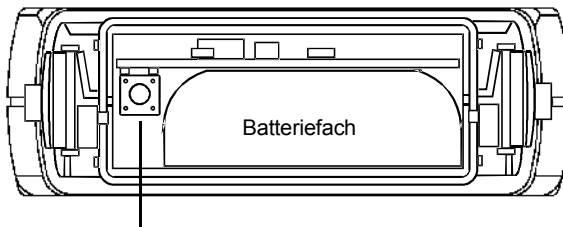


Bild 2: Anschlüsse

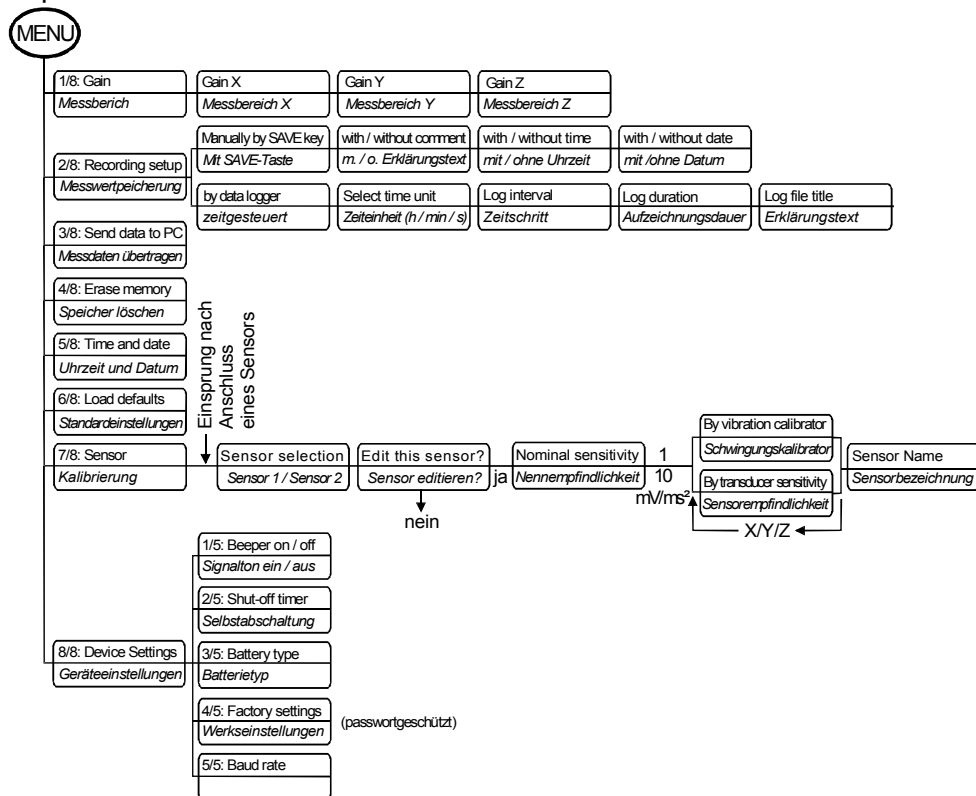


Reset

Bild 3: Batteriefach und RESET-Taste

3. Menüstruktur

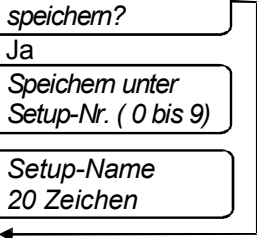
Hauptmenü



Messgrößenmenü



Human Vibration Acceleration Velocity Displacement	<i>Humanschwingung Beschleunigung Geschwindigkeit Weg</i>
Filter	<i>Zur gewählten Schwinggröße passende Band- und Bewertungs- filter</i>
RMS MTVV A(T) eVDV Ahv PEAK PEAK ↑ CREST	<i>gleitender Eff.-wert max. gl. Effektivwert Intervall-Effektivwert geschätzter Dosiswert Schwingungsgesamtw. Spitzenwert Maximal-Spitzenwert Scheitelfaktor</i>
Enter Ahv k factors	<i>Bei Ahv: Eingabe von kx, ky und kz</i>
Save settings?	<i>Einstellungen speichern?</i>
	Ja
Save as: Setup No.	<i>Speichern unter Setup-Nr. (0 bis 9)</i>
Enter setup name	<i>Setup-Name 20 Zeichen</i>

Nein


4. Grundlagen der Humanschwingungsmessung

4.1. Einführung

Unter Humanschwingung versteht man Vibrationen, die auf den menschlichen Körper einwirken. Die Messung dieser Vibrationen dient vorrangig der Vermeidung gesundheitlicher Risiken, kann aber auch zur Beurteilung des Komfortgefühls, z.B. in Fahrzeugen, herangezogen werden.

Man unterscheidet zwei grundlegende Kategorien:

- **Hand-Arm-Schwingungen**, die über die Hand in den Körper eingeleitet werden. Diese können z.B. Durchblutungsstörungen, Knochen- oder Gelenkschäden und Muskelerkrankungen hervorrufen.
- **Ganzkörper-Schwingungen**, die über Gesäß und Rücken des sitzenden Menschen, die Füße des stehenden Menschen sowie Kopf und Rücken des liegenden Menschen einwirken. Diese können z.B. zu Rückenschmerzen und Schädigungen der Wirbelsäule führen.

Beide Arten der Humanschwingungsmessung werden in internationalen Standards beschrieben:

- **ISO 5349** - Messverfahren für Hand-Arm-Schwingungen
- **ISO 2631** - Messverfahren für Ganzkörper-Schwingungen
- **ISO 8041** - Messeinrichtungen für Humanschwingungen
- **ISO 8662** - Messung mechanischer Schwingungen am Handgriff motorbetriebener Maschinen
- **ISO 6954** - Schwingungen auf Schiffen
- **ISO 10056** - Schwingungen auf Schienenfahrzeugen
- **ISO 10326** - Laborverfahren zur Bewertung der Schwingungen von Fahrzeugsitzen

Praxisgerechte Hinweise zur Messung von Hand-Arm- und Ganzkörperschwingungen findet man in der **VDI 2057**.

Besondere Bedeutung hat die Thematik durch Inkrafttreten der EU-Richtlinie **2002/44/EG** erhalten. Diese spezifiziert arbeitsschutzrechtliche Mindestanforderungen.

4.2. EU-Richtlinie 2002/44/EG

Nachfolgend finden Sie eine Zusammenfassung der EU-Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002. Den vollständigen Text erhalten Sie unter <http://eur-lex.europa.eu/>

Die Richtlinie beinhaltet Mindestanforderungen zum Schutz der Gesundheit von Arbeitnehmern vor Gefährdung durch Vibrationen. Die Hersteller von Maschinen und Geräten sowie Arbeitgeber, die diese einsetzen, sind aufgefordert, eine Risikoanalyse hinsichtlich der Schwingungsbelastung des Bedieners durchzuführen. Die Risikoanalyse kann auf Basis von Herstellerangaben zum Ausmaß der Vibration unter Beobachtung spezifischer Arbeitsweisen oder durch Messung, z.B. mit dem Humanschwingungsmesser VM30-H, erfolgen.

Die Richtlinie legt folgende Grenzwerte fest:

	Hand-Arm-Schwingungen	Ganzkörper-Schwingungen
Auslösewert	2,5 m/s ²	0,5 m/s ²
Expositionsgrenzwert	5 m/s ²	1,15 m/s ²

Wird der **Auslösewert** überschritten, sind technische und organisatorische Maßnahmen zur Verringerung der Schwingungsbelastung einzuleiten, die insbesondere Folgendes beinhalten:

- Alternative Arbeitsverfahren, die die Schwingungsbelastung verringern
- Auswahl geeigneter Arbeitsmittel, die die Belastung reduzieren
- Bereitstellung von Schutzvorrichtungen, z.B. schwingungsdämpfende Sitze oder Griffe
- Wartungsprogramme für Arbeitsmittel
- Gestaltung und Auslegung von Arbeitsplätzen
- Schulung der Arbeitnehmer in der korrekten Handhabung der Arbeitsmittel
- Begrenzung der Dauer der Tätigkeiten, bei den Schwingungsbelastungen auftreten
- Arbeitspläne mit Ruhezeiten
- Bereitstellung von Kleidung für gefährdete Arbeitnehmer zum Schutz vor Kälte und Nässe

Der **Expositionsgrenzwert** darf keinesfalls überschritten werden. Sollte dies geschehen sein, sind unverzüglich Maßnahmen zur Senkung der Schwingungsbelastung zu treffen.

Die Schwingungsbelastung kann auf Basis von Stichprobenmessungen ermittelt werden.

Die oben genannten Grenzwerte entsprechen der normierten **Tagesschwingungsbelastung A(8)**, in der VDI 2057 auch Beurteilungsbeschleunigung a_{w0} genannt, die sich auf einen Arbeitszeitraum von 8 Stunden bezieht. Diese Rechengröße dient zum einfachen Vergleich von Schwingungseinwirkungen. Zur Ermittlung von A(8) ist keine achtstündige Messung erforderlich. Man führt lediglich Kurzzeitmessungen während repräsentativer Arbeitsabschnitte durch und normiert die Ergebnisse auf acht Stunden. Die Tagesschwingungsbelastung errechnet sich dann nach:

$$A(8) = a_{we} \sqrt{\frac{T_e}{T_0}} \quad \text{Gleichung 1}$$

Dabei sind:

- a_{we} der energieäquivalente Mittelwert der der frequenzbewerteten Beschleunigung während der Einwirkungsdauer
- T_e die Gesamtdauer der Einwirkung der Schwingung an einem Tag
- T_0 die Bezugsdauer von 8 Stunden

Die Tagesschwingungsbelastung kann sich aus mehreren Belastungsabschnitten mit unterschiedlichen Schwingamplituden zusammensetzen. Dies trifft zu, wenn z.B. längere Unterbrechungen vorliegen, Arbeitsmittel oder deren Einsatzbedingungen wechseln. Ein Belastungsabschnitt zeichnet sich durch annähernd gleichbleibende Schwingungsbelastung mit einem Anteil von Unterbrechungen unter 10 % aus. Die aus mehreren Belastungsabschnitten resultierende Tagesschwingungsbelastung berechnet sich nach:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 T_i}$$

Gleichung 2

Dabei sind:

- a_{wi} der energieäquivalente Mittelwert (a_{we}) der der frequenzbewerteten Beschleunigung während der i-ten Tätigkeit
- n die Zahl der Tätigkeiten
- T_i die Dauer der i-ten Tätigkeit
- T_0 die Bezugsdauer von 8 Stunden

Für **Hand-Arm-Schwingungen** erfolgt die Berechnung des energieäquivalenten Mittelwerts a_{we} nach ISO 5349. Dabei handelt es sich um die Wurzel aus der Summe der Quadrate der Intervall-Effektivwerte a_{wx} , a_{wy} und a_{wz} . Sie wird aus der mit dem Bewertungsfilter W_h gemessenen Beschleunigung in den drei Raumrichtungen gebildet. Diese Vektorsumme wird meist als **Schwingungsgesamtwert** a_{hv} bezeichnet:

$$a_{we} = a_{hv} = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Gleichung 3

An beidhändig gehaltenen Maschinen sind die Messungen für beide Handgriffe auszuführen. Die Exposition wird für den höheren der beiden Werte ermittelt.

Bei **Ganzkörper-Schwingungen** erfolgt die Bewertung auf Basis der Norm ISO 2631-1 separat für die drei Raumrichtungen. Als energieäquivalenter Mittelwert a_{we} wird der höchste gemessene Intervall-Effektivwert eingesetzt. Die Messung wird für sitzende Personen in den drei Raumrichtungen mit folgenden Bewertungsfiltern durchgeführt und mit den angegebenen Bewertungsfaktoren multipliziert:

- | | | |
|-------------|--------------|------------------------------|
| X-Richtung: | Filter W_d | Bewertungsfaktor $k_x = 1,4$ |
| Y-Richtung: | Filter W_d | Bewertungsfaktor $k_y = 1,4$ |
| Z-Richtung: | Filter W_k | Bewertungsfaktor $k_z = 1$ |

Wenn keine dominante Schwingrichtung existiert, kann auch hier der Schwingungsgesamtwert a_{hv} verwendet werden, wobei die Effektivwerte der Raumrichtungen mit Bewertungsfaktoren zu multiplizieren sind:

$$a_{we} = a_{hv} = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2}$$

Gleichung 4

5. Humanschwingungsmessung mit dem VM30-H

5.1. Einschalten des Gerätes und Anschluss des Sensors

Schalten Sie das Gerät ein, indem Sie die ON / OFF - Taste zwei Sekunden lang gedrückt halten (vgl. S. 16).

Schließen Sie das Sensorkabel an bzw. stecken Sie es kurz ab und wieder an. Wählen Sie am Display mit den Tasten ▲▼ den angeschlossenen Sensor aus (Hand-Arm oder Ganzkörper). Wenn das VM30-H bereits mit diesem Sensor kalibriert wurde, verneinen Sie die Frage „Edit this sensor?“. Anderenfalls wählen Sie „Yes“, wählen die Nennempfindlichkeit aus (1 oder 10 mV/m/s²) und tragen im Menü „By transducer sensitivity“ für X, Y und Z die auf dem mitgelieferten Kalibrierschein angegebenen Empfindlichkeiten des Sensors ein. Zur Eingabe nutzen Sie die Tasten ◀▲▼▶ und OK. Verlassen Sie das Menü mit ESC.

Die Empfindlichkeiten des Hand-Arm- und Ganzkörpersensors bleiben im Gerät gespeichert (vgl. S. 39). Bei Wechsel oder erneutem Anschluss des Sensors braucht die Empfindlichkeit nicht wieder eingegeben werden.

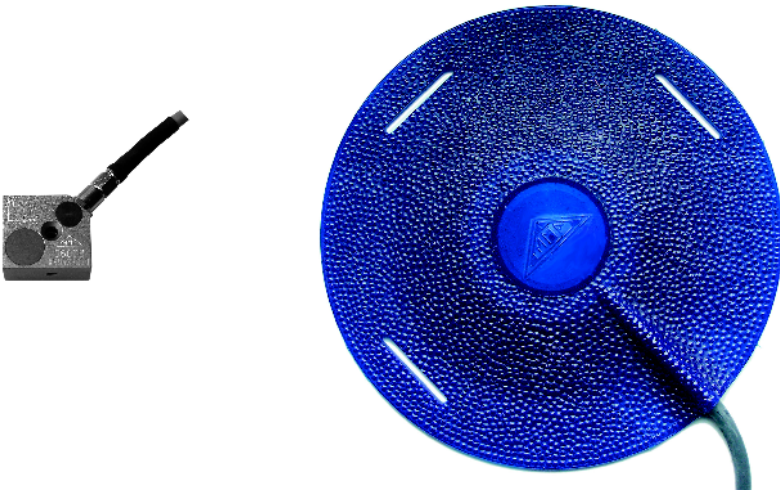


Bild 4: Sensoren für Hand-Arm- und Ganzkörperschwingung

5.2. Hand-Arm-Schwingungsmessung mit dem VM30-H

Der nachfolgende Text gibt grundlegende Anleitungen zur Messung und Bewertung von Hand-Arm-Schwingungen, basierend auf der Norm ISO 5349 und der VDI-Richtlinie VDI 2057, Blatt 2. Detaillierte Ausführungen finden Sie in den Originaldokumenten.

5.2.1. Messpunkte für Hand-Arm-Schwingungen

Wählen Sie einen Messpunkt aus, der sich möglichst dicht an den Greifpunkten der Hand befindet, ohne jedoch den normalen Arbeitsvorgang zu behindern. Die Messung soll unter Anwendung von Kräften erfolgen, die typischen Betriebsbedingungen entsprechen.

Da die Griffe von Arbeitsgeräten meist keine ebenen Flächen zum Ankleben oder Anschrauben des Sensors aufweisen, bietet Metra Ankoppelzubehör für gewölbte Flächen an.



Bild 5: Ankoppelzubehör für Hand-Arm-Messung Typ 140 und 142

Der Adapter Typ 140 wird mit einem Kabelspannband befestigt. Der Adapter Typ 142 wird mit der Hand an den Griff gedrückt.

Wichtig ist eine feste Ankopplung des Sensors. Er darf keine Eigenbewegung aufweisen, da dies die Schwingungsmessung verfälschen könnte.

Bild 6 zeigt die Koordinatenausrichtung, die bei der Montage des Sensors zu beachten ist. Bei zylindrischen Griffen liegt die Y-Achse parallel zur Achse des Griffes. Die Z-Achse liegt etwa in der Verlängerung des dritten Mittelhandknochens.

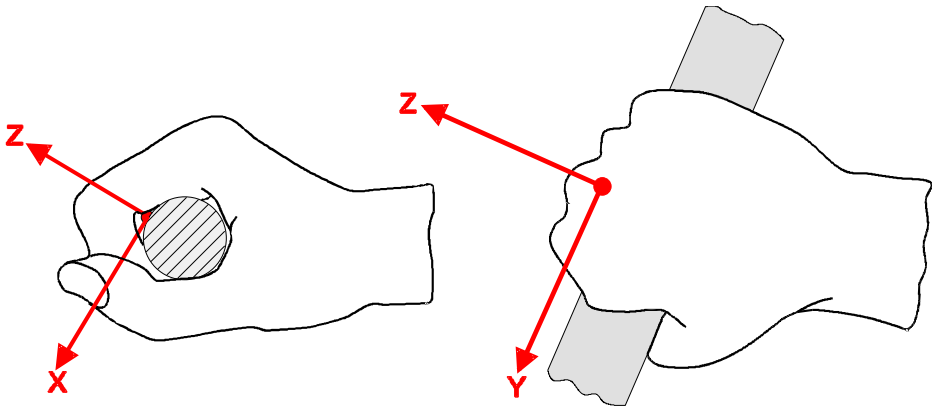


Bild 6: Koordinatensystem der Hand (aus ISO 5349-1)

5.2.2. Einstellungen am VM30-H

Für die Dokumentation von Hand-Arm-Schwingungsmessungen ist es empfehlenswert, sowohl die Intervall-Effektivwerte für die drei Achsen, als auch den Schwingungsgesamtwert A_{hv} anzu-

geben. Daher werden in nachfolgender Anleitung beide Messungen beschrieben. Als Frequenzbewertung kommt das Filter W_b zur Anwendung (vgl. S. 21)

Stellen Sie zunächst die Messbereiche für X, Y und Z ein. Es ist zweckmäßig, die Messung mit dem empfindlichsten Bereich zu beginnen. Drücken Sie dazu die Taste MENU und wählen Sie den Menüpunkt „1/8: Gain“ mit $\blacktriangle \blacktriangledown$ und OK. Nun setzen Sie die Messbereiche für X, Y und Z mit den Tasten $\blacktriangle \blacktriangledown$ auf 12 m/s^2 und bestätigen jeweils mit OK (vgl. S. 29).

Drücken Sie dann die Taste $\blacktriangle$ (Range), wählen Sie mit $\blacktriangle \blacktriangledown$ „human vibration“ und drücken Sie OK. Wählen Sie anschließend mit $\blacktriangle \blacktriangledown$ das Bewertungsfilter „H/A W_h “ und bestätigen Sie mit OK. Näheres zu den Filtern finden Sie ab S. 18.

Wählen Sie im nachfolgenden Menü mit den Tasten $\blacktriangle \blacktriangledown$ die Anzeigart „A(T)“ (Intervall-Effektivwert, vgl. S. 25).

Ignorieren Sie die Abfrage „Save settings?“ durch Drücken der ESC-Taste.

Die Messung wird durch Drücken der Taste ESC gestartet. Dadurch werden die Mittelwerte und der Timer auf Null gesetzt. Der Start der Messung darf erst nach dem Beginn des zu messenden Arbeitsvorgangs erfolgen. Anderenfalls wird der über die gesamte Messdauer gemittelte Intervall-Effektivwert verfälscht. Die Messdauer soll einen repräsentativen Arbeitsvorgang erfassen. In der Regel genügen 10 Sekunden. Die verstrichene Messdauer sehen Sie in der oberen linken Ecke der Anzeige. Eine hinreichend lange Messdauer erkennen Sie daran, dass der Anzeigewert sich nicht mehr nennenswert ändert.

Tritt während der Messung eine Übersteuerung auf, erscheint die Meldung „OVERLOAD“ statt des Messwerts für den betreffenden Kanal (vgl. S. 30). Auch wenn die Übersteuerungsmeldung nur kurzzeitig auftrat, ist die Messung ungültig, da Messwerte für die Mittelwertbildung fehlen. Daher zeigt das Gerät zusätzlich in der oberen Displayzeile die Meldung „Overload“, sobald auf einem der Kanäle eine Übersteuerung vorlag. Diese Meldung erlischt erst beim nächsten Drücken von ESC.

Bei Auftreten einer Übersteuerungsmeldung erhöhen Sie für den betreffenden Kanal den Messbereich, warten, einige Sekunden bis zum Einschwingen des Messgerätes und starten durch Drücken von ESC eine neue Messung. Der Messbereich sollte jedoch nicht höher als nötig gewählt werden, da dies zu Lasten der Messgenauigkeit geht.

Nach Ablauf einer hinreichenden Messdauer speichern Sie das Messergebnis durch Drücken der Taste SAVE. Der Arbeitsvorgang muss im Moment des Speicherns noch andauern. Beachten Sie, dass sich das VM30-H zum Speichern im manuellen Speichermodus befindet. Wählen Sie ggf. im Menü „2/8: Recording setup“ den Modus „manually by SAVE key“. Anderenfalls startet beim Drücken von SAVE der Datenlogger. Sie können wählen, ob ein Kommentartext sowie Datum und Uhrzeit zum Messwert gespeichert werden sollen. Den Text editieren Sie mit den Tasten $\blacktriangle \blacktriangledown$ und OK.

Zur Messung des Schwingungsgesamtwerts A_{hv} drücken Sie erneut die Taste $\blacktriangle$ (Range), wählen wieder „human vibration“ und das Bewertungsfilter „H/A W_h “. Als Messgröße stellen Sie jetzt „ A_{hv} “ ein. Sie werden zur Eingabe der Bewertungsfaktoren k_x , k_y und k_z aufgefordert. Bei Hand-Arm-Schwingungsmessung haben diese den Wert 1,0. Zahleneingaben erfolgen mit den Tasten $\blacktriangle \blacktriangledown$ und OK (vgl. S. 27).

Das Gerät zeigt jetzt nur einen Zahlenwert für die Vektorsumme A_{hv} an. Starten Sie die Messung mit ESC und verwenden Sie etwa die gleiche Messdauer wie beim Intervall-Effektivwert.

Auch beim Schwingungsgesamtwert darf keine Übersteuerung während der Messdauer auftreten. Mit den Messbereichseinstellungen vom Intervall-Effektivwert sollten jedoch keine Probleme auftreten.

Speichern Sie den Schwingungsgesamtwert nach Ablauf der Messdauer mit SAVE.

Sollen mehrere Arbeitsvorgänge gemessen werden, sind mehrere Messungen durchzuführen.

Zur Berechnung der **Tagesschwingungsbelastung A(8)** und zur Dokumentation der Messergebnisse ist ein Excel-File im Lieferumfang enthalten. Bitte lesen Sie ab S. 32, wie das Excel-File installiert und verwendet wird.

Hinweis: Zur einfacheren Einstellung der Messgröße können Sie über die Taste ▼ (LOAD) auch gespeicherte Setups aufrufen. Im Auslieferungszustand des Gerätes finden Sie auf Setup 0 den Intervall-Effektivwert und auf Setup 1 den Schwingungsgesamtwert für Hand-Arm-Messung (vgl. S. 28).

5.2.3. Dokumentation der Messergebnisse

Der Ergebnisbericht soll nach ISO 5349-2 folgende Angaben enthalten:

- Allgemeine Angaben:
 - Auftraggeber
 - Zweck der Messung
 - Datum
 - Name der Bedienperson
 - Name des Auswertenden
- Umgebungsbedingungen:
 - Ort
 - Temperatur
 - Nässe
 - Lärm
- Täglicher Arbeitsablauf bei der untersuchten Tätigkeit:
 - Beschreibung der Tätigkeiten
 - Verwendete Maschinen und Werkzeuge
 - Zeitlicher Ablauf der Schwingungseinwirkung (z.B. Arbeitszeit, Pausen)
 - Verwendete Angaben zur Bestimmung der Einwirkungsdauer je Tag (z.B. Arbeitssoll)
- Einzelheiten zu den Schwingungsquellen:
 - Technische Beschreibung der Maschine
 - Typ und Modell
 - Alter und Wartungszustand
 - Gewicht der handgehaltenen Maschine oder des handgehaltenen Werkstücks
 - Schwingungsmindernde Maßnahmen, falls vorhanden
 - Art des Handgriffs
 - Automatische Steuerungssysteme (z.B. Drehmomentregelung)
 - Leistung der Maschine
 - Drehzahl oder Schlagzahl
 - Modell der eingesetzten Werkzeuge
- Messeinrichtungen:
 - Messgeräte- und Sensortyp sowie Seriennummern
 - Rückführung der Kalibrierung
 - Datum der letzten Überprüfung
 - Ergebnisse der Funktionskontrolle
- Messbedingungen:
 - Messorte und Messrichtungen (Sensorausrichtung) mit Skizze und Bemaßung
 - Ankopplung des Sensors
 - Masse des Sensors

- Betriebsbedingungen
- Armhaltung und Handstellung, Links- / Rechtshänder
- Weitere Angaben (z.B. Greifkräfte)
- Messergebnisse:
 - Frequenzbewertete Intervall-Effektivwerte der Schwingbeschleunigung a_{wx} , a_{wy} und a_{wz} für die drei Koordinatenrichtungen, möglichst für jede Tätigkeit.
 - Jeweilige Messdauer
- Ergebnisse der Ermittlung der Tages-Schwingungsbelastung $A(8)$:
 - Schwingungsgesamtwert für jede Tätigkeit
 - Dauer T_i der Schwingungseinwirkung
 - Teil-Schwingungsbelastung $A_i(8)$, sofern ermittelt
 - Tages-Schwingungsbelastung $A(8)$
 - Bewertung der Unsicherheit der Ergebnisse der Tages-Schwingungsbelastung

5.3. Ganzkörper-Schwingungsmessung mit dem VM30-H

Die nachfolgende Anleitung gibt grundlegende Informationen zur Messung und Bewertung von Ganzkörper-Schwingungen, basierend auf der Norm ISO 2631 und der VDI-Richtlinie VDI 2057, Blatt 1. Detaillierte Ausführungen finden Sie in den Originaldokumenten.

Die beschriebene Methode eignet sich für alle Arten von Schwingungen, die auf den menschlichen Körper einwirken. Eine gesonderte Betrachtung erfordern stark stoßhaltige Vibrationen und Einzelstöße, wie sie z.B. beim Aufprall von Fahrzeugen entstehen. Schwingungen, die über die Hände einwirken, wurden im vorhergehenden Abschnitt behandelt.

5.3.1. Messpunkte für Ganzkörper-Schwingungen

Zur Messung von Ganzkörperschwingungen werden zumeist Sitzkissen-Beschleunigungsaufnehmer eingesetzt. Dies sind in der Regel triaxial messende piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer, die in ein flaches Kissen aus flexiblem Material eingebaut sind. Sie passen sich somit optimal an die Grenzfläche zwischen der Testperson und der Schwingungsquelle an (Bild 12).

Als Messorte kommen in Frage:

- Die Sitzfläche bei sitzender Position
- Die Rückenlehne bei sitzender Position
- Unter den Füßen bei sitzender Position
- Unter den Füßen bei stehender Position
- Unter dem Becken bei liegender Position
- Unter dem Kopf bei liegender Position

Bild 7 zeigt die Anordnung der Koordinatenrichtungen gemäß ISO 2631. Es ist ersichtlich, dass die Z-Achse immer entlang der Wirbelsäule gerichtet ist. Der Schwingungsaufnehmer ist entsprechend auszurichten. Eine Besonderheit ist bei Messungen an der Rückenlehne zu beachten (siehe Hinweis auf S. 23).

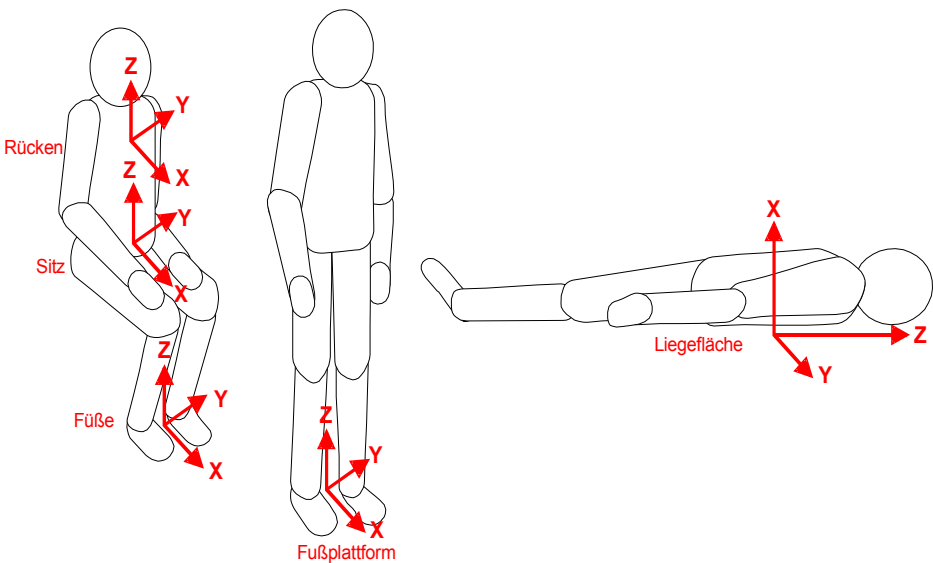


Bild 7: Koordinatensysteme für Ganzkörper-Schwingungen nach ISO 2631

5.3.2. Einstellungen am VM30-H

Bei Ganzkörper-Schwingungen werden die Intervall-Effektivwerte für alle drei Achsen gemessen.

Stellen Sie zunächst die Messbereiche für X, Y und Z ein. Es ist zweckmäßig, die Messung mit dem empfindlichsten Bereich zu beginnen. Drücken Sie dazu die Taste MENU und bestätigen Sie den Menüpunkt „1/8: Gain“ mit OK. Nun setzen Sie die Messbereiche für X, Y und Z mit den Tasten $\blacktriangle$ auf $1,2 \text{ m/s}^2$ und bestätigen jeweils mit OK (vgl. S. 29).

Drücken Sie dann die Taste $\blacktriangle$ (Range), wählen Sie mit $\blacktriangle$ „human vibration“ und drücken Sie OK.

Wählen Sie anschließend mit $\blacktriangle$ das geeignete Bewertungfilter. Der Frequenzabhängigkeit der Schwingungseinwirkung auf den Körper wird durch unterschiedliche Bewertungsfilter Rechnung getragen. Die entsprechenden Bewertungsfilter werden mit W_x gekennzeichnet (Bild 8).

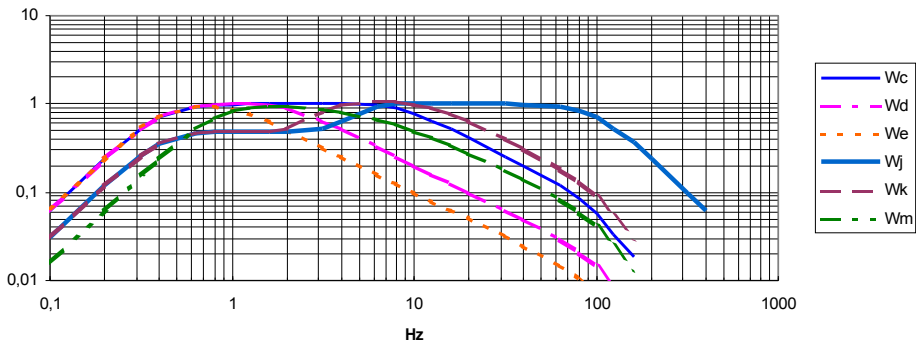


Bild 8: Frequenzbewertungen für Ganzkörper-Schwingung

Bewertung von Gesundheitsrisiken				
<i>Körperhaltung</i>	<i>Messort</i>	<i>Schwingungs- richtung</i>	<i>Frequenz- bewertung</i>	<i>K-Faktor</i>
Sitzend	Sitzfläche	X / Y Z	W _d W _k	1,4 1
Komfortbewertung				
Sitzend	Sitzfläche	X / Y Z	W _d W _k	1 1
	Fußplattform	X / Y Z	W _k	0,25 0,4
	Rückenlehne	X* Y Z*	W _c W _d W _d	0,8 0,5 0,4
Stehend	Fußplattform	X / Y Z	W _d W _k	1 1
Liegend	Unter dem Becken	X (vertikal) Y / Z (horizontal)	W _k W _d	1 1
	Unter dem Kopf	X (vertikal)	W _j	1
Unbestimmt	In Gebäuden	X / Y / Z	W _m	1

Tabelle 1: Anwendung der Bewertungsfilter

* Bitte Hinweis auf S. 23 beachten

Wesentlich für Gesundheitsrisiken sind nur die Filter W_d für die X- und Y-Richtung sowie W_k für die Z-Richtung. Sie finden diese Kombination im Filtermenü unter „Wd+Wk“.

Im Anschluss an die Wahl des Bewertungsfilters wählen Sie mit den Tasten ▲ ▼ die Anzeigart „A(T)“ (Intervall-Effektivwert, vgl. S. 25).

Ignorieren Sie die Abfrage „Save settings?“ durch Drücken der ESC-Taste.

Die Messung wird durch Drücken der Taste ESC gestartet. Dadurch werden die Mittelwerte und der Timer auf Null gesetzt. Der Start der Messung darf erst nach dem Beginn des zu messenden Belastungsabschnitts erfolgen. Anderenfalls wird der über die gesamte Messdauer gemittelte Intervall-Effektivwert verfälscht. Die Dauer der Messung wird durch einen repräsentativen Belastungsabschnitt bestimmt. Sie sollte jedoch mindestens zwei Minuten betragen. Die verstrichene Messdauer sehen Sie in der oberen linken Ecke der Anzeige. Eine hinreichend lange Messdauer erkennen Sie daran, dass der Anzeigewert sich nicht mehr nennenswert ändert.

Tritt während der Messung eine Übersteuerung auf, erscheint die Meldung „OVERLOAD“ statt des Messwerts für den betreffenden Kanal (vgl. S. 30). Auch wenn die Übersteuerungsmeldung nur kurzzeitig auftrat, ist die Messung ungültig, da Messwerte für die Mittelwertbildung fehlen. Daher zeigt das Gerät zusätzlich in der oberen Displayzeile die Meldung „Overload“, sobald auf

einem der Kanäle eine Übersteuerung vorlag. Diese Meldung erlischt erst beim nächsten Drücken von ESC.

Bei Auftreten einer Übersteuerungsmeldung erhöhen Sie für den betreffenden Kanal den Messbereich und starten durch Drücken von ESC eine neue Messung. Der Messbereich sollte jedoch nicht unnötig hoch gewählt werden, da dies zu Lasten der Messgenauigkeit geht.

Nach Ablauf einer hinreichenden Messdauer speichern Sie das Messergebnis durch Drücken der Taste SAVE. Der Belastungsabschnitt muss im Moment des Speicherns noch andauern. Beachten Sie, dass sich das VM30-H zum Speichern im manuellen Speichermodus befindet. Wählen Sie ggf. im Menü „2/8: Recording setup“ den Modus „manually by SAVE key“. Anderenfalls startet beim Drücken von SAVE der Datenlogger. Sie können wählen, ob ein Kommentartext sowie Datum und Uhrzeit zum Messwert gespeichert werden sollen. Den Text editieren Sie mit den Tasten ◀ ▲ ▼ ▶ und OK.

Sollen mehrere Belastungsabschnitte gemessen werden, sind mehrere Messungen durchzuführen.

Hinweis: Zur Einstellung der Messgröße können Sie über die Taste ▼ (LOAD) auch die gespeicherten Setups aufrufen. Im Auslieferungszustand des Gerätes finden Sie auf Setup 2 den Intervall-Effektivwert mit Filter W_d und W_k für die Sitzfläche und auf Setup 5 den Intervall-Effektivwert mit Filter W_d und W_c für die Sitzlehne (vgl. S. 28).

5.3.3. Gesundheitsbewertung

Zur Berechnung der Tagesschwingungsbelastung $A(8)$ wird für jeden Belastungsabschnitt der Intervall-Effektivwert der Achsenrichtung mit der höchsten Amplitude ausgewählt. Der Intervall-Effektivwert ist mit dem K-Faktor aus Tabelle 1 entsprechend der Achsenrichtung und des Bewertungsfilters zu multiplizieren. Bei der Gesundheitsbewertung mit W_d und W_k sind beispielsweise $K_{x,y} = 1,4$ und $K_z = 1$.

Hinweis: Bei Anzeige des Intervall-Effektivwerts multipliziert das VM30-H keine K-Faktoren.

Der ausgewählte, mit dem betreffenden K-Faktor multiplizierte Intervall-Effektivwert wird als a_{we} in Gleichung 1 bzw. bei mehreren Belastungsabschnitten als a_{wi} in Gleichung 2 eingesetzt.

Liegen mindestens in zwei Achsenrichtungen ähnliche Schwingamplituden vor, kann die Berechnung der Tagesschwingungsbelastung $A(8)$ auch auf Basis des Schwingungsgesamtwerts A_{hv} erfolgen. In diesem Fall können die K-Faktoren in das Gerät eingegeben werden (vgl. S. 27).

5.3.4. Komfortbewertung

Die subjektive Wahrnehmung von Schwingungen ist bestimmt durch eine Wahrnehmungsschwelle und eine Schmerzgrenze. Tabelle 2 gibt Anhaltswerte für die subjektive Wahrnehmung in Abhängigkeit vom Effektivwert der Beschleunigung. Die Wahrnehmung von Schwingungen ist jedoch individuell verschieden und hängt neben den Schwingungsparametern auch von anderen Faktoren ab wie z.B. Alter, Geschlecht, Gesundheitszustand, Aufmerksamkeit, Art der Tätigkeit, Temperatur und Lärm.

Effektivwert der frequenzbewerteten Beschleunigung in m/s²	Wahrnehmung
<0,01	Nicht spürbar
0,015	Wahrnehmungsschwelle
0,02	Gerade spürbar
0,08	Gut spürbar
0,315	Stark spürbar
>0,315	Sehr stark spürbar

Tabelle 2: Zusammenhang zwischen dem Effektivwert der frequenzbewerteten Beschleunigung bei sinusförmiger Schwingung und der subjektiven Wahrnehmung nach VDI 2057

Das Wohlbefinden eines Menschen unter Schwingungseinwirkung ist situationsbezogen zu beurteilen. So werden die Schwingungen eines PKW eher als störend wahrgenommen, als die einer Baumaschine. Obwohl keine allgemeingültige Abhängigkeit des Wohlbefindens von der Schwingbeschleunigung festlegbar ist, kann der Intervall-Effektivwert in den drei Raumrichtungen erfasst und zu Vergleichszwecken herangezogen werden. In vielen Fällen, z.B. in der Personenbeförderung, kann der Schwingungsgesamtwert Ahv verwendet werden.

5.3.5. Dokumentation der Messergebnisse

Die Dokumentation sollte folgende Angaben enthalten:

- Auftraggeber
- Zweck der Messung
- Ort, Datum und Uhrzeit
- Name der Testperson
- Name des Auswertenden
- Beschreibung der Tätigkeit
- Beschreibung der Belastungsabschnitte
- Schwingungserzeuger, z.B. Maschinen- oder Fahrzeugtyp
- Einwirkungsrichtungen der Schwingung
- Körperhaltung (stehend, sitzend oder liegend)
- Übertragungselemente zwischen Schwingungserzeuger und Mensch
- Anzahl und Beschreibung der Messorte und Ankopplung der Schwingungsaufnehmer
- Messgeräte (Typ, Seriennummern, Kalibrierung, Messunsicherheit)
- Messergebnisse: Intervall-Effektivwerte a_{wT} der frequenzbewerteten Beschleunigung getrennt nach Richtung und Messorten, Messdauer, Einwirkungsdauer, ggf. unterteilt in Belastungsabschnitte
- Belastungsabschnitte mit hohen Effektivwerten oder stark stoßhaltigen Beschleunigungen stellen ein erhöhtes Gesundheitsrisiko dar. Sie sollten deshalb im Messbericht mit Angabe von Intensität und Dauer gesondert ausgewiesen werden.

6. Ein- und Ausschalten

Zum Einschalten des VM30-H halten Sie die Taste ON/OFF für zwei Sekunden gedrückt. Das Gerät meldet sich mit seiner Versionsnummer und geht danach in den Messbetrieb. Es startet mit den zuletzt verwendeten Messgrößeneinstellungen.

Zum Ausschalten drücken Sie wieder die Taste ON/OFF. Um versehentliches Ausschalten während einer Messung zu vermeiden, können Sie die Tastensperre aktivieren. Dazu drücken Sie die Taste LOCK und bestätigen mit OK. Zum Entriegeln drücken Sie erneut LOCK und OK.

Bitte beachten Sie, dass das Ausschalten nur im Messbetrieb möglich ist. Befindet sich das Gerät im Datenloggermodus (Abschnitt 12.2), muss dieser zunächst beendet werden. Menüs müssen mit ESC verlassen werden, bevor sich das Gerät abschalten lässt.

Ist die automatische Selbstabschaltung aktiviert (MENU → „8/8: Device settings“ → „2/5: Shut-off timer“), schaltet sich das Gerät je nach Einstellung nach 1, 10 oder 30 Minuten ab.

7. Sensoreingang

Das VM30-H eignet sich zum Anschluss aller piezoelektrischen IEPE-Beschleunigungsaufnehmer, die mit einem Konstantstrom von 2 mA arbeiten. Die drei im Gerät enthaltenen Konstantstromquellen haben eine Vorspannung von 20 V.

Die Anschlussbuchse vom Typ *Binder* 711, 4-polig, weiblich befindet sich an der Stirnseite des Gerätes.

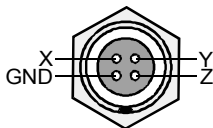


Bild 9: Anschlussbelegung der Sensorbuchse (Blick von außen)

Das VM30-H erkennt den angeschlossenen Sensor anhand seiner Arbeitspunktspannungen. Überschreiten diese einen Grenzwert von 19 V, wird der betreffende Kanal abgemeldet und es werden nur Messwerte für die anderen Kanäle angezeigt. Sind alle drei Sensoreingänge offen, erscheint die Meldung „No sensor connected.“. Wird erneut ein Sensor angeschlossen, erscheint eine Abfrage nach dem Sensortyp (Hand-Arm oder Ganzkörper).

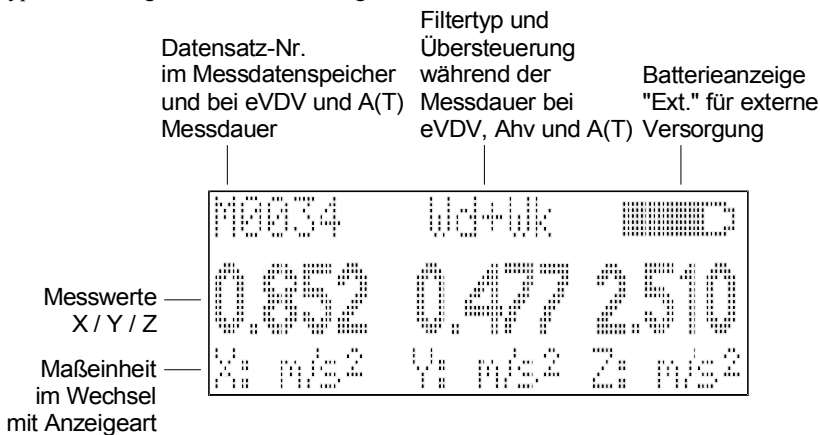
Die Eingangsspannung darf maximal 6 Volt (Spitze-Spitze) betragen. Bei höheren Eingangsspannungen schaltet sich das Gerät ab.

8. Anzeige

Das VM30-H besitzt ein Punktgrafikdisplay mit einer Auflösung von 32 x 120 Bildpunkten. Es erlaubt auf übersichtliche Weise die gleichzeitige Anzeige von drei Messwerten mit Einheiten und Zusatzinformationen.

Durch Drücken der Taste LIGHT wird die Displaybeleuchtung eingeschaltet. Durch nochmaliges Drücken oder automatisch nach 30 s schaltet sich die Beleuchtung ab. Bitte beachten Sie, dass sich die Stromaufnahme bei eingeschalteter Beleuchtung verdoppelt. Im Interesse der Batterielebensdauer sollte die Beleuchtung nur bei Bedarf eingeschaltet werden.

Eine typische Anzeige im Messbetrieb zeigt Bild 10.



Je nach angeschlossenem Sensortyp werden 1, 2 oder 3 Messwerte nebeneinander dargestellt. Darunter finden Sie die Kanalbezeichnung (X / Y / Z) sowie im Wechsel die Maßeinheit und die Anzeigeart.

In der Mitte über den Messwerten sehen das gewählte Filter. Bei den zeitgemittelten Anzeigearten eVDV und A(T) wird im Wechsel mit dem Filtertyp die Meldung **Overload** ausgegeben, falls während der Messdauer eine Übersteuerung auftrat.

Links daneben sehen Sie die Anzahl der bereits gespeicherten Messwerte. Bei automatischer Speicherung im Datenloggermodus erhöht sich diese mit jedem Speichervorgang selbständig. Bei den zeitgemittelten Anzeigearten eVDV und A(T) wird im Wechsel mit der Speichernummer die Messdauer in Stunden, Minuten und Sekunden angezeigt.

In der rechten oberen Ecke befindet sich die Batterieanzeige. Bei entladener Batterie erscheint stattdessen die Meldung **Bat!** und ein akustisches Signal ertönt.

Bei automatischem Messbereichswechsel (Autoranging) wird statt des betreffenden Messwerts **GAIN UP** oder **GAIN DOWN** angezeigt. Bei Übersteuerung erscheint die Anzeige **OVER LOAD**.

9. Messgrößeneinstellungen

9.1. Schwinggrößen

Das Schwinggrößenmenü erreichen Sie über die Taste **▲** (RANGE). Zu Auswahl über die Tasten **▲▼** stehen:

- Humanschwingung (human vibration) mit den zugehörigen Bewertungsfiltern nach ISO 8041
- Schwingbeschleunigung (acceleration)
- Schwinggeschwindigkeit (velocity) - einfach integrierte Schwingbeschleunigung
- Schwingweg (displacement) - zweifach integrierte Schwingbeschleunigung

9.2. Filter

Das Filtermenü folgt im Messgrößenmenü auf die Auswahl der Schwinggröße. Das Gerät VM30-H stellt zu jeder Schwinggröße eine Auswahl von Band- bzw. Bewertungsfiltern bereit. Die Bewertungsfilter für Humanschwingungsmessung entsprechen der ISO 8041 und decken nahezu alle Messaufgaben mit Ausnahme der Kinetose ab.

9.2.1. Bewertungsfilter

Die Bewertungsfilter W_b , W_c , W_d , W_e , W_g , W_h , W_j , W_k und W_m stehen nur für die Schwinggröße Humanschwingung zur Verfügung. Sie sind als IIR-Digitalfilter realisiert, wodurch eine hohe Genauigkeit und Konstanz erreicht wird.

9.2.1.1. Bewertungsfiter W_b

Das Bewertungsfiter W_b , das dem Filter W_k ähnelt, dient zur Messung von Ganzkörperschwingungen in Schienenfahrzeugen für den sitzenden, stehenden oder liegenden Menschen nach ISO 2631-4.

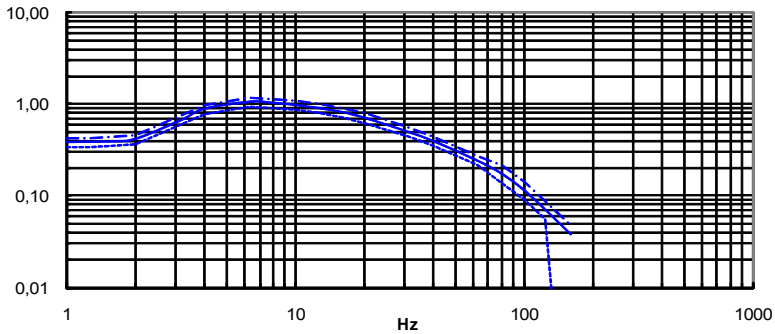


Bild 11: Bewertungskurve W_b

9.2.1.2. Bewertungsfiter W_c

Das Bewertungsfiter W_c dient zur Messung horizontaler Ganzkörperschwingungen senkrecht zum Rücken für die Rückenlehne beim sitzenden Menschen nach ISO 2631-1.

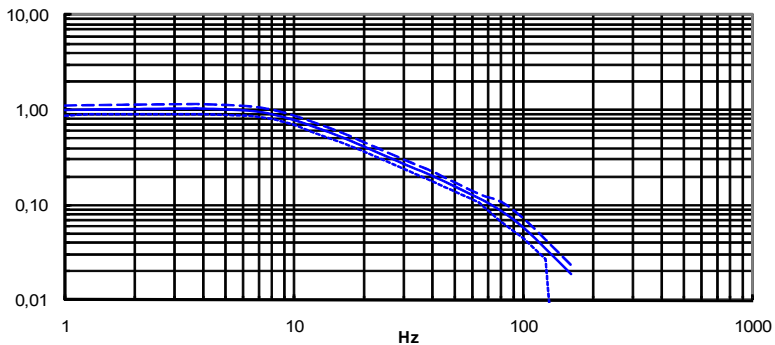


Bild 12: Bewertungskurve W_c

9.2.1.3. BewertungsfILTER W_d

Das BewertungsfILTER W_d dient zur Messung von Ganzkörperschwingungen in beiden zur Wirbelsäule senkrechten Richtungen beim sitzenden, stehenden und liegenden Menschen gemäß ISO 2631-1.

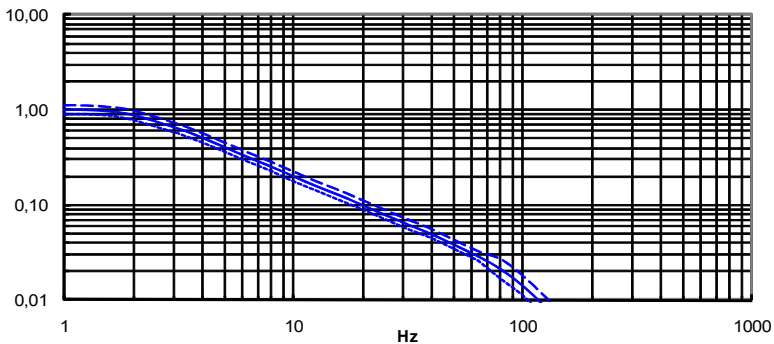


Bild 13: Bewertungskurve W_d

9.2.1.4. BewertungsfILTER W_e

Das BewertungsfILTER W_e dient zur Messung rotatorischer Ganzkörperschwingungen in drei Raumrichtungen nach ISO 2631-1.

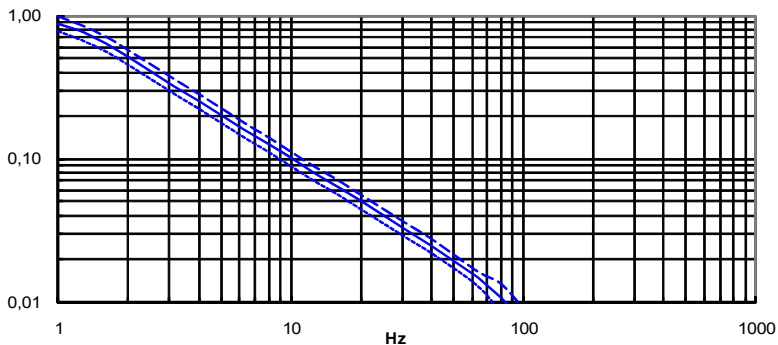


Bild 14: Bewertungskurve W_e

9.2.1.5. Bewertungsfilter W_g

Das Bewertungsfilter W_g nach der Norm BS 6841 dient zur Bewertung von Ganzkörperschwingungen in Richtung der Wirbelsäule im Hinblick auf die Kontrolle der Hände und das Sehvermögen.

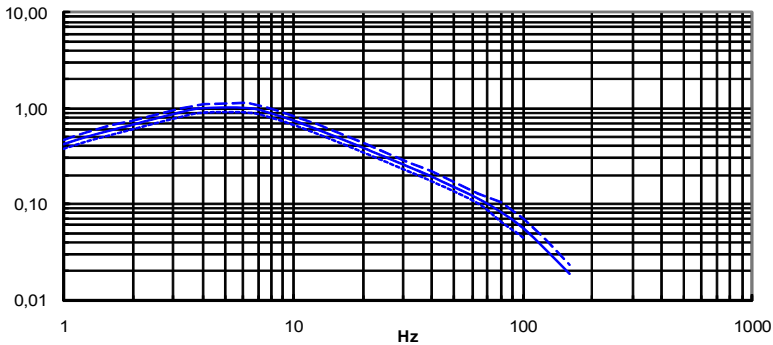


Bild 15: Bewertungskurve W_g

9.2.1.6. Bewertungsfilter W_h

Das Bewertungsfilter W_h dient zur Messung von Schwingungen, die auf das Hand-Arm-System einwirken in allen drei Raumrichtungen gemäß ISO 5349-1.

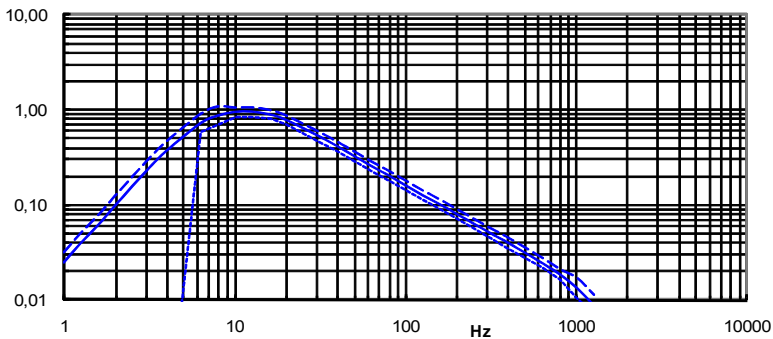


Bild 16: Bewertungskurve W_h

9.2.1.7. Bewertungsfiler W_j

Das Bewertungsfiler W_j dient zur Messung vertikaler Schwingungen, die auf den Kopf des liegenden Menschen senkrecht zur Liegefläche einwirken gemäß ISO 2631-1.

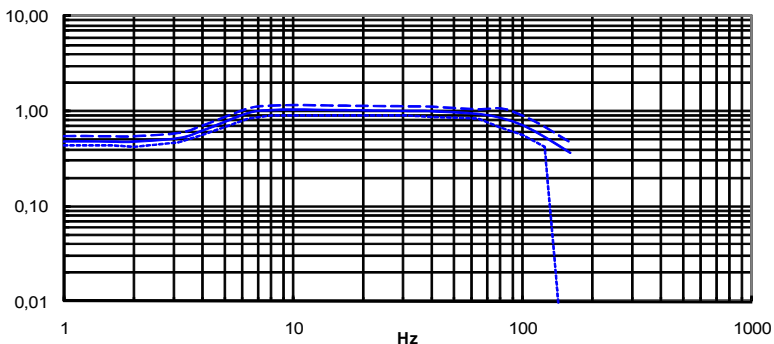


Bild 17: Bewertungskurve W_j

9.2.1.8. Bewertungsfiler W_k

Das Bewertungsfiler W_k dient zur Messung von Ganzkörperschwingungen in Richtung der Wirbelsäule beim sitzenden und stehenden Menschen, für Messungen senkrecht zur Liegefläche beim liegenden Menschen sowie für Schwingungen in allen drei Raumrichtungen, die auf die Füße des sitzenden Menschen einwirken gemäß ISO 2631-1.

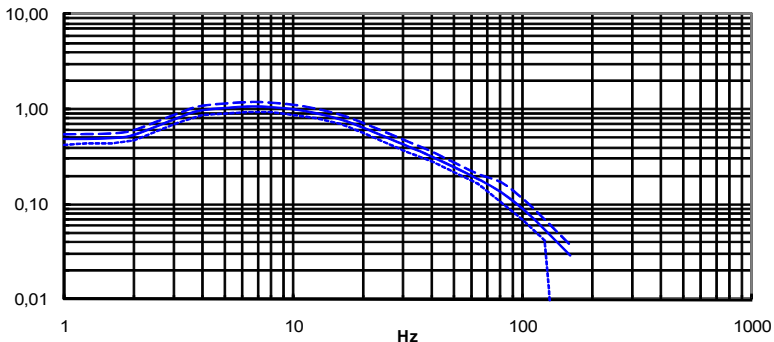


Bild 18: Bewertungskurve W_k

9.2.1.9. Bewertungsfilter W_m

Das Bewertungsfilter W_m dient zur Messung von Schwingungen in Gebäuden, die auf den Menschen einwirken in allen drei Raumrichtung gemäß ISO 2631-2.

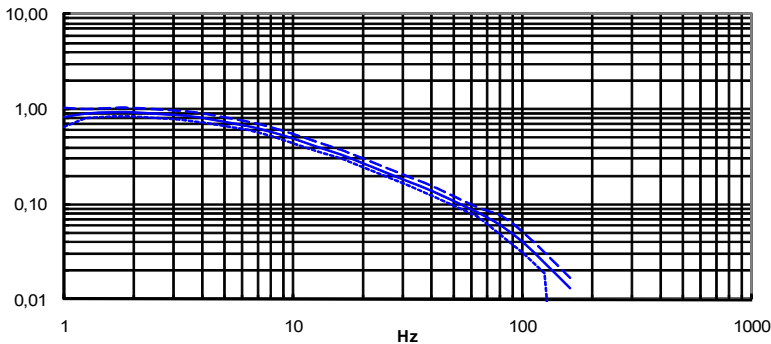


Bild 19: Bewertungskurve W_m

9.2.1.10. Kombinierte Bewertungsfilter

Die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Bewertungsfilter können beim VM30-H auf die drei Kanäle X / Y / Z angewendet werden. Einige Bewertungsfilter sind in Kombinationen vorhanden:

$W_d + W_k$: Die Kombination aus Filter W_d für die X- und Y-Achse mit Filter W_k für die Z-Achse dient zum Messen von Ganzkörper-Humanschwungung in sitzender Position auf der Sitzfläche.

$W_d + W_e$: Die Kombination aus Filter W_d für die X- und Y-Achse mit Filter W_e für die Z-Achse dient zum Messen von Ganzkörper-Humanschwungung in sitzender Position auf der Rückenlehne.

Hinweis: Die Achsenkennzeichnung (X/Y/Z) für Ganzkörpermessungen am VM30-H bezieht sich auf die Beschriftung des Sitzkissen-Beschleunigungsaufnehmers. Bei Messungen an der Rückenlehne und unter dem Rücken eines liegenden Menschen weicht die Achsenzuordnung des Sensors von der in der ISO 2631 verwendeten ab. In der Norm liegt die Z-Achse grundsätzlich entlang der Wirbelsäule (Bild 7 auf S.12)). Befindet sich der Sitzkissen-Beschleunigungsaufnehmer jedoch auf dem Rücken des Probanden, steht die Z-Achse, von der Norm abweichend, senkrecht zur Wirbelsäule. Um die Messergebnisse zu interpretieren, müssen folglich X und Z vertauscht werden.

9.2.2. Bandfilter

Bandfilter unterscheiden sich von den Bewertungsfiltern dadurch, dass sie im Durchlassbereich einen linearen Beschleunigungs-Frequenzgang haben. Sie werden für unterschiedlichste Aufgaben der Schwingungsmessung benötigt, z.B. für die Maschinenüberwachung oder für Bauwerkschwingungen.

Das VM30-H besitzt folgende Bandfilter:

- 0,4 - 100 Hz für die Messung von Bauwerksschwingungen nach DIN 4150
- 2 - 300 Hz für Messungen an langsam laufenden Maschinen nach ISO 10816-6
- 0,4 - 1250 Hz
- 10 - 1250 Hz für die Messung von Maschinenschwingungen nach ISO 10816-1
- 0,4 Hz - 10 kHz maximale Bandbreite
- 1 kHz - 10 kHz für Wälzlagerschwingungen

Diese Bandfilter stehen nur für die Messung der Schwingbeschleunigung zur Verfügung. Bei Schwinggeschwindigkeit stehen aufgrund des eingeschränkten Frequenzgangs des Integrators nur die Filter 2 - 300 Hz und 10 - 1250 Hz zur Auswahl. Der Schwingweg kann nur im Frequenzbereich 6 - 200 Hz gemessen werden.

Das folgende Diagramm zeigt die typischen Frequenzgänge der Bandfilter.

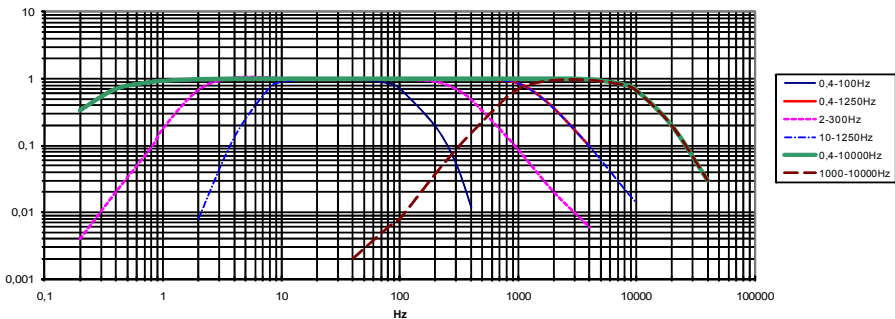


Bild 20: Frequenzgänge der Bandfilter

9.3. Anzeigarten

Das Anzeigartenmenü folgt im Messgrößenmenü auf die Auswahl des Filters. Die folgenden Abschnitte erläutern die verfügbaren Anzeigarten.

9.3.1. Gleitender Effektivwert RMS

Der gleitende Effektivwert mit dem Anzeigekürzel „RMS“ ist definiert als:

$$a_w(t_0) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} a_w^2(t) dt} \quad \text{Gleichung 5}$$

Dabei sind:

$a_w(t)$ die momentane Schwinggröße (Humanschwingung, Beschleunigung, Geschwindigkeit oder Weg) zum Zeitpunkt t

τ die Integrationsdauer, beträgt 1 s beim VM30-H

t_0 der Messzeitpunkt

Tritt während der Messung des gleitenden Effektivwerts eine Übersteuerung auf, wird dies durch die Anzeige von **OVER LOAD** anstelle des betreffenden Messwerts signalisiert, bis wieder zulässige Amplituden vorliegen.

9.3.2. Höchstwert des gleitenden Effektivwerts MTVV

MTVV (maximum transient vibration value) ist der höchste aufgetretene Wert des gleitenden Effektivwerts seit Beginn der Messung. Er hat das Anzeigekürzel „MTVV“.

Eine Messung wird durch Drücken der Taste ESC gestartet. Damit wird der Maximalwertspeicher auf Null gesetzt.

Tritt während der MTVV-Messung eine Übersteuerung auf, wird dies durch die Anzeige von **OVER LOAD** anstelle des betreffenden Messwerts signalisiert. Die Übersteuerungsmeldung bleibt bestehen, auch wenn wieder zulässige Amplitudenwerte gemessen werden, da der bei Übersteuerung gemessene Maximalwert ungültig war. Durch Drücken von ESC wird die Übersteuerungsmeldung gelöscht.

9.3.3. Intervall-Effektivwert A(T)

Der Intervall-Effektivwert mit dem Anzeigekürzel „A(T)“ ist definiert als:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt} \quad \text{Gleichung 6}$$

Dabei sind:

$a_w(t)$ die Schwinggröße (Beschleunigung, Geschwindigkeit oder Weg) als Funktion der momentanen Zeit t

T die Messdauer

Bitte beachten Sie, dass bei Messung des Intervall-Effektivwerts die Autoranging-Funktion deaktiviert ist. Wählen Sie vor Beginn der Messung einen geeigneten Messbereich (Abschnitt 10).

Wurde Autoranging aktiviert, erscheint nach Auswahl des Intervall-Effektivwerts ein Hinweis, dass Autoranging nicht verfügbar ist und die Verstärkung des betreffenden Kanals auf 0,1 ge-

setzt wird, was dem größten Messbereich entspricht. Wird ein anderer Messbereich gewünscht, muss dieser manuell im Messbereichsmenü gewählt werden (vgl. Abschnitt 10).

Eine Messung wird durch Drücken der Taste ESC gestartet. Damit wird A(T) gelöscht und der Zähler für die Messdauer auf Null gesetzt. Die Messdauer in Stunden, Minuten und Sekunden wird im Wechsel mit der Speicherplatznummer in der oberen linken Ecke der Anzeige ausgegeben.

Die maximale Mess- bzw. Mittelungsdauer beträgt 10 Stunden.

Tritt während der Messung des Intervall-Effektivwerts eine Übersteuerung auf, wird dies durch die Anzeige von **OVER LOAD** anstelle des betreffenden Messwerts signalisiert, bis wieder zulässige Amplituden vorliegen. Weiterhin wird in der Mitte über den Messwerten im Wechsel mit dem Filtertyp die Meldung **Overload** angezeigt (Bild 10). Dies dient zur rückwirkenden Kontrolle, ob während der gesamten Messdauer auf einem oder mehreren Kanälen eine Übersteuerung auftrat. Die Übersteuerungsmeldung wird beim Start einer neuen Messung durch Drücken von ESC gelöscht.

Im Gegensatz zum gleitenden Effektivwert reagiert der Intervall-Effektivwert kaum auf kurzzeitige Schwingereignisse. Der Intervall-Effektivwert ist insbesondere in der Humanschwingungsmessung gebräuchlich.

9.3.4. Geschätzter Schwingungsdosiswert eVDV

Der Schwingungsdosiswert VDV ist das Integral über die vierte Potenz der momentanen Schwingbeschleunigung mit der Maßeinheit $\text{m/s}^{1,75}$. Er kommt in der Humanschwingungsmessung zur Anwendung und hat den Vorteil, einzelne Spitzen stärker zu betonen als der Effektivwert.

Beim VM30-H kommt anstelle des VDV der geschätzte Schwingungsdosiswert „eVDV“ zum Einsatz, der im Anhang B.3.1 der ISO 2631-1 für Ganzkörpervibration beschrieben wird. Er berechnet sich nach:

$$eVDV = 1,4 \cdot a_w \cdot \sqrt[4]{T} \quad \text{Gleichung 7}$$

Dabei sind:

a_w der gleitende Effektivwert der Schwingbeschleunigung

T die Messdauer in Sekunden

Die Messung wird durch Drücken der Taste ESC gestartet. Damit wird eVDV gelöscht und der Zähler für die Messdauer auf Null gesetzt. Die Messdauer in Stunden, Minuten und Sekunden wird im Wechsel mit der Speicherplatznummer in der oberen linken Ecke der Anzeige ausgegeben.

Wurde Autoranging aktiviert, erscheint nach Auswahl von eVDV im Messgrößenmenü ein Hinweis, dass Autoranging nicht verfügbar ist und die Verstärkung des betreffenden Kanals auf 0,1 gesetzt wird, was dem größten Messbereich entspricht. Wird ein anderer Messbereich gewünscht, muss dieser manuell im Messbereichsmenü gewählt werden (vgl. Abschnitt 10).

Tritt während der Messung von eVDV eine Übersteuerung auf, wird dies durch die Anzeige von **OVER LOAD** anstelle des betreffenden Messwerts signalisiert, bis wieder zulässige Amplituden vorliegen. Weiterhin wird in der Mitte über den Messwerten im Wechsel mit dem Filtertyp die Meldung **Overload** angezeigt (Bild 10). Dies dient zur rückwirkenden Kontrolle, ob während der gesamten Messdauer auf einem oder mehreren Kanälen eine Übersteuerung auftrat. Die Übersteuerungsmeldung wird beim Start einer neuen Messung durch Drücken von ESC gelöscht.

Die Messung von eVDV ist nur bei Schwingbeschleunigung und Humanschwingung möglich.

9.3.5. Schwingungsgesamtwert A_{hv}

Der Schwingungsgesamtwert mit dem Anzeigekürzel „Ahv“ ist die Summe aus den Quadraten der Intervall-Effektivwerte der drei Messkanäle:

$$A_{hv} = \sqrt{k_x^2 a_{hw x}^2 + k_y^2 a_{hw y}^2 + k_z^2 a_{hw z}^2} \quad \text{Gleichung 8}$$

Nach Auswahl des Schwingungsgesamtwerts erfolgt die Abfrage der Faktoren k_x , k_y und k_z . Sie dienen zur Wichtung der einzelnen Achsen-Effektivwerte und haben einen Wertebereich von 0 bis 2,0.

Die Faktoren können verwendet werden, wenn der triaxiale Schwingungsgesamtwert nur auf Basis einer ein- oder zweiachsigen Messung ermittelt werden soll. Ist ein Messkanal deaktiviert, geht er mit Null in die Berechnung ein. Die Schwingungsamplitude in der Richtung mit der höchsten Amplitude kann dann mit einem Faktor von 1,0 bis 1,7 korrigiert werden (vgl. ISO 5349-1).

Die Faktoren k_x , k_y und k_z werden auch bei der Messung von Ganzkörperschwingungen nach ISO 2631-1 verwendet.

Die Messung wird durch Drücken der Taste ESC gestartet. Damit wird Ahv gelöscht und der Zähler für die Messdauer auf Null gesetzt. Die Messdauer in Stunden, Minuten und Sekunden wird im Wechsel mit der Speicherplatznummer in der oberen linken Ecke der Anzeige ausgegeben.

Bei der Messung des Schwingungsgesamtwerts wählt das VM30-H automatisch für alle drei Kanäle den größten der drei eingegebenen Messbereiche (vgl. Abschnitt 10).

Wurde Autoranging aktiviert, erscheint nach Auswahl des Schwingungsgesamtwerts im Messgrößenmenü ein Hinweis, dass Autoranging nicht verfügbar ist und die Verstärkung aller drei Kanäle auf 0,1 gesetzt wird, was dem größten Messbereich entspricht. Wird ein anderer Messbereich gewünscht, muss dieser manuell im Messbereichsmenü gewählt werden (Abschnitt 10).

Tritt während der Messung des Schwingungsgesamtwerts auf einem der drei Kanäle eine Übersteuerung auf, wird dies durch die Anzeige von **OVER LOAD** anstelle des Messwerts signalisiert, bis wieder zulässige Amplituden vorliegen. Weiterhin wird in der Mitte über dem Messwert im Wechsel mit dem Filtertyp die Meldung **Overload** angezeigt (Bild 10). Dies dient zur rückwirkenden Kontrolle, ob während der gesamten Messdauer auf einem oder mehreren Kanälen eine Übersteuerung auftrat. Die Übersteuerungsmeldung wird beim Start einer neuen Messung durch Drücken von ESC gelöscht.

Der Schwingungsgesamtwert wird insbesondere für die Messung von Humanschwingung benötigt. Beim VM30-H steht er jedoch auch bei der Messung von Schwinggeschwindigkeit und -weg zur Verfügung.

9.3.6. Spitzenwert PEAK

Der Spitzenwert mit dem Anzeigekürzel „PEAK“ ist der Betrag des größten positiven oder negativen Amplitudenwerts der momentanen Schwinggröße (Humanschwingung, Beschleunigung, Geschwindigkeit oder Weg) über eine Messperiode von 1 Sekunde.

Tritt während der Messung des Spitzenwerts eine Übersteuerung auf, wird dies durch die Anzeige von **OVER LOAD** anstelle des betreffenden Messwerts signalisiert, bis wieder zulässige Amplituden vorliegen.

9.3.7. Maximal-Spitzenwert PEAK↑

Der Maximal-Spitzenwert mit dem Anzeigekürzel „PEAK↑“ ist der Betrag des größten positiven oder negativen Amplitudenwerts der momentanen Schwinggröße (Humanschwingung, Beschleunigung, Geschwindigkeit oder Weg) seit Beginn der Messung. Die Messung wird durch Drücken der Taste ESC gestartet. Damit wird PEAK↑ gelöscht.

Tritt während der Maximal-Spitzenwert-Messung eine Übersteuerung auf, wird dies durch die Anzeige von **OVER LOAD** anstelle des betreffenden Messwerts signalisiert. Die Übersteuerungsmeldung bleibt bestehen, auch wenn wieder zulässige Amplitudenwerte gemessen werden, da der bei Übersteuerung gemessene Maximalwert ungültig war. Durch Drücken von ESC wird die Übersteuerungsmeldung gelöscht.

9.3.8. Scheitelfaktor CREST

Der Scheitelfaktor mit dem Anzeigekürzel „CREST“ ist das Verhältnis des Spitzenwerts (PEAK) zum gleitenden Effektivwert (RMS) der Schwinggröße (Humanschwingung, Beschleunigung, Geschwindigkeit oder Weg) über eine Messperiode von 1 Sekunde:

$$CREST = \frac{PEAK}{RMS}$$

Gleichung 9

Der Scheitelfaktor hat keine Einheit. Er ist ein Maß für die Spitzenhaltigkeit eines Schwingsignals. Bei einer reinen Sinusschwingung beträgt er 1,41.

Tritt während der Messung des Scheitelfaktors eine Übersteuerung auf, wird dies durch die Anzeige von **OVER LOAD** anstelle des betreffenden Messwerts signalisiert, bis wieder zulässige Amplituden vorliegen.

9.4. Speichern der Messgrößeneinstellungen

Nachdem Sie Schwinggröße, Filter und Anzeigeart gewählt haben, werden Sie gefragt, ob Sie diese Einstellungen speichern möchten („Save settings?“). Wenn Sie die Taste ESC drücken, verlassen Sie das Messgrößenmenü ohne Speicherung der Einstellungen. Die gemachten Änderungen werden jedoch in den laufenden Messbetrieb übernommen. Mit der OK-Taste können Sie die Einstellungen speichern, um sie später wieder abrufen.

Zum Speichern wählen Sie zunächst mit den Tasten ▲▼ den gewünschten Speicherplatz („Setup no.“). Es stehen die Speicherplätze 0 bis 9 zur Verfügung.

Nach Bestätigung mit OK können Sie mit den Tasten ◀▲▼▶ einen bis zu 20 Zeichen langen Namen für die Einstellung festlegen. Als Vorbelegung erscheint der bisherige Name. Mit OK wird die Speicherung beendet.

Durch Wiederherstellung der Werkseinstellungen (Taste MENU, „6/8: Load defaults“) werden Ihre gespeicherten Messgrößeneinstellungen wieder mit den Standardvorgaben überschrieben. Diese lauten:

Setup 0: „HAND_ARM_RMS_INTERV“	Hand-Arm, W_h , Intervalleffektivwerte
Setup 1: „HAND_ARM_AHV“	Hand-Arm, W_h , Schwingungsgesamtwert A_{lv}
Setup 2: „SEAT_SURFC_RMS_INTV“	Ganzkörper, Sitzfl., $W_d(X/Y) + W_k(Z)$, Interv.-Eff.-werte
Setup 3: „SEAT_SURFC_RMS_RUNG“	Ganzkörper, Sitzfläche, $W_d(X/Y) + W_k(Z)$, glt. Eff.-werte

Setup 4: „SEAT_SURFC_MTVV“	Ganzkörper, Sitzfl., $W_d(X/Y) + W_k(Z)$, Max.-Eff.
Setup 5: „SEAT_BACK_RMS_INTVL“	Ganzkörper, Lehne, $W_d(X/Y) + W_c(Z)$, Interv.-Eff.-werte
Setup 6: „SEAT_BACK_RMS_RUNNG“	Ganzkörper, Lehne, $W_d(X/Y) + W_c(Z)$, glt. Eff.-werte
Setup 7: „SEAT_BACK_MTVV“	Ganzkörper, Lehne, $W_d(X/Y) + W_c(Z)$, Max.-Eff.-werte
Setup 8: „ACC_WHOLEBODY_CREST“	Beschleunigung, 0,4 – 100 Hz, Scheitelfaktoren
Setup 9: „ACC_WIDEBAND_RMS“	Beschleunigung, 0,4 – 10 000 Hz, gleitende Effektivwerte

Bitte beachten Sie, dass die Faktoren k_x , k_y und k_z des Schwingungsgesamtwerts A_{hv} (Abschnitt 9.3.5) nicht mit den Messgrößeneinstellungen gespeichert werden.

9.5. Abrufen der gespeicherten Messgrößeneinstellungen

Zum schnellen Wechsel zwischen verschiedenen Schwinggrößen, Filtern und Anzeigearten können Sie über die Taste LOAD Ihre vorher gespeicherten Messgrößeneinstellungen abrufen. Mit den Tasten $\blacktriangle$ $\blacktriangledown$ wählen Sie die gewünschte Einstellung aus und bestätigen mit OK. Nun misst das Gerät mit den neuen Vorgaben.

10. Messbereiche und Autoranging

Das Gerät bietet vier Messbereiche. Das Messbereichsmenü „1/8: Gain“ erreichen Sie über die Taste MENU. Wählen Sie nacheinander die Messbereiche für X, Y und Z. Angezeigt werden jeweils die Messbereichsendwerte zu der gewählten Schwinggröße.

Wichtig: Die Messbereichsangabe entspricht der Spitzenamplitude vor Integration und Filterung. Die tatsächlich messbaren Werte können größer als der angegebene Messbereichsendwert sein, wenn tiefe Frequenzen mit Integration (Geschwindigkeit bzw. Weg) gemessen werden. Hingegen wird der angegebene Messbereichsendwert nicht erreicht, wenn Frequenzen im Dämpfungsbereich eines Filters oder Integrators gemessen werden.

Die folgende Tabelle zeigt die verfügbaren Messbereiche zu den Schwinggrößen in Abhängigkeit von der Empfindlichkeit des gewählten Sensors.

Interne Verstärkung	Schwingbeschleunigung und Humanschwingung		Schwinggeschwindigkeit		Schwingweg	
	1 mV/ms ⁻²	10 mV/ms ⁻²	1 mV/ms ⁻²	10 mV/ms ⁻²	1 mV/ms ⁻²	10 mV/ms ⁻²
100	12 m/s ² _{peak}	1,2 m/s ² _{peak}	120 mm/s _{peak}	12 mm/s _{peak}	1,2 mm _{peak}	0,120 mm _{peak}
10	120 m/s ² _{peak}	12 m/s ² _{peak}	1,2 m/s _{peak}	0,12 m/s _{peak}	12 mm _{peak}	1,2 mm _{peak}
1	1200 m/s ² _{peak}	120 m/s ² _{peak}	12 m/s _{peak}	1,2 m/s _{peak}	120 mm _{peak}	12 mm _{peak}
0,1	6000 m/s ² _{peak}	600 m/s ² _{peak}	60 m/s _{peak}	6 m/s _{peak}	600 mm _{peak}	60 mm _{peak}

Die Auswahl des Messbereichs erfolgt mit den Tasten $\blacktriangle$ $\blacktriangledown$ und die Bestätigung mit OK.

Für die Anzeigearten Effektivwert (RMS), Maximal-Effektivwert (MTVV), Spitzenwert (PEAK), Maximal-Spitzenwert (PEAK†) und Scheitelfaktor (CREST) steht neben der manuellen Messbereichswahl eine automatische Messbereichsumschaltung (Autoranging) zur Verfügung. Die Umschaltung zum nächsthöheren Messbereich erfolgt bei 95 % der Vollaussteuerung. Die Umschaltung zur nächst niedrigeren Messbereich erfolgt bei 8 % der Vollaussteuerung.

Wenn die Autoranging-Funktion aktiv ist, erscheint während des Einschwingvorgangs nach einer automatischen Messbereichsumschaltung anstelle des Messwerts die Meldung GAIN UP (Messbereich wird verkleinert) oder GAIN DOWN (Messbereich wird vergrößert). Während der danach erforderlichen Einschwingzeit von ca. 5 bis 10 Sekunden erscheint die Anzeige OVER LOAD.

Bei Messung des Schwingungsgesamtwerts A_{hv} wird der Messbereich aller Kanäle immer automatisch auf den größten der drei gewählten Messbereiche zurückgesetzt.

Hinweis zur Autoranging-Funktion: Bei stark variierenden Schwingpegeln kann es zweckmäßig sein, statt mit Autoranging mit einem festen Messbereich zu arbeiten, um ständigen Messbe-

reichswechsel zu vermeiden. Dies trifft auch zu, wenn der Schwingpegel nahe den Umschaltgrenzen von 8 % bzw. 95 % der Vollaussteuerung liegt.

11. Übersteuerungsanzeige

Die Übersteuerungsanzeige VM30-H überwacht folgende Punkte des Signalwegs:

- Übersteuerung oder Sättigung am Sensorausgang bei Sensorsignalen über ± 6 V.
- Überschreitung der zulässigen Eingangs-Spitzenspannung von ± 12 mV, ± 120 mV bzw. ± 1200 mV in Abhängigkeit vom Messbereich. Im größten Messbereich wird die maximale Eingangsspannung von ± 6 V durch die o.g. Übersteuerungsgrenze des Sensors bestimmt.
- Übersteuerung hinter den Integratoren.

Das Gerät hat zwei Arten von Übersteuerungsanzeigen.

Eine gerade auftretende Übersteuerung aufgrund einer der drei o.g. Ursachen wird als **OVER LOAD** anstelle des Messwerts für den betreffenden Kanal angezeigt.

Eine weitere Übersteuerungsmeldung kann bei den mittelwertbildenden Messgrößen eVDV, A(T) oder Ahv anstelle des Filtertyps in der Displayzeile über den Messwerten erscheinen. Diese zeigt an, dass über die gesamte Messsdauer während mindestens eines Messzyklus auf einem oder mehreren Kanälen eine Übersteuerung auftrat. In diesem Fall können die angezeigten Messwerte ungültig sein. Diese Übersteuerungsmeldung verschwindet nach Start einer neuen Messung mit ESC.

12. Messwertspeicherung

Das VM30-H kann in Abhängigkeit von den gewählten Einstellungen 1000 bis 3000 Messwerte speichern. Es stehen zwei Speichermodi zur Verfügung:

- Manuelle Speicherung eines einzelnen Messwerts in X / Y / Z – Richtung durch Drücken der SAVE-Taste. Wahlweise können ein Kommentartext, das Datum und die Uhrzeit mitgespeichert werden.
- Automatische Speicherung im Datenloggermodus in einem vorgegebenen Zeittakt von 1 s bis zu einigen Stunden.

Die Auswahl des Speichermodus erfolgt über die Taste MENU im Untermenü „2/8: Recording setup“. Wählen Sie automatische Speicherung im Zeittakt (by data logger) oder manuelle Speicherung auf Tastendruck (manually by SAVE key).

Die beiden Speichermodi lassen sich nicht kombinieren. Der Speicher kann nur entweder manuell gespeicherte oder Loggerdaten aufnehmen. Falls sich noch Daten des jeweils anderen Typs im Speicher befinden, erscheint vor dem Speichern des ersten Datensatzes ein Hinweis, dass der Speicher gelöscht werden muss.

12.1. Manuelle Speicherung auf Tastendruck

Nach Wahl des manuellen Speichermodus im Untermenü „2/8: Recording setup“ werden Sie gefragt, ob die Speicherung mit oder ohne Kommentartext erfolgen soll. Der bis zu 20-stellige Kommentartext kann zum Beispiel Angaben zur Messstelle enthalten. Durch Weglassen des Kommentars spart man ca. 40 % Speicherplatz.

Danach können Sie entscheiden, ob Sie die Uhrzeit und das Datum mit abspeichern möchten. Diese belegen jeweils etwa 10 % des Speichers.

Die eigentliche Messwertspeicherung erfolgt durch Drücken der SAVE-Taste, während das Gerät Messwerte anzeigt. Falls Kommentaraufzeichnung gewählt wurde, geben Sie zunächst mit Hilfe der Tasten ◀▶▲▼ einen Text ein, der aus bis zu 20 Großbuchstaben und Ziffern bestehen kann.

Danach werden die Messwerte mit kurzer Anzeige von Uhrzeit, Datum und verfügbarem Speicherplatz abgelegt.

Sollte der Speicher noch Daten enthalten, die im Loggermodus gespeichert wurden, erfolgt eine Warnung, dass diese gelöscht werden.

Jeder gespeicherte Datensatz erhält eine fortlaufende Nummer. Diese wird im Messbetrieb als „Mxxxx“ in der oberen linken Ecke des Displays angezeigt (vgl. Bild 10).

Ist der Speicher voll, wird nach Drücken der SAVE-Taste die Meldung "Data memory full." angezeigt.

Den Speicherfüllstand können Sie im Messbetrieb durch Drücken der Taste ◀ (INFO) überprüfen. Er wird als schwarzer Balken dargestellt.

Zum Löschen des Speicherinhalts drücken Sie die Taste MENU. Mit Aufruf des Menüpunkts „4/8: Erase memory“ wird der Speicher gelöscht, was in der Messwertanzeige an der Speicherplatznummer „M0000“ erkennbar ist.

12.2. Automatische Speicherung im Datenloggermodus

Nach Wahl des Datenloggermodus im Untermenü „2/8: Recording setup“ werden Sie aufgefordert, die Zeiteinheit für die Eingabe des Aufzeichnungstaktes zu wählen. Mit den Tasten ▲▼ wechseln Sie zwischen Minuten, Sekunden und Stunden. Nach Drücken von OK geben Sie die Länge des Aufzeichnungstaktes mit den Tasten ◀▲▼▶ als vierstelligen Zahlenwert ein. Anschließend bestimmen Sie die Dauer der Aufzeichnung in der vorher gewählten Zeiteinheit. Ist die eingegebene Dauer kürzer als der Aufzeichnungstakt, erfolgt eine Fehlermeldung. Wenn Sie den voreingestellten Zahlenwert 0000 übernehmen, hat die Logdauer ihren Maximalwert von 10 000 Sekunden, Minuten oder Stunden, je nachdem welche Zeiteinheit gewählt wurde. Zuletzt geben Sie mit Hilfe der Tasten ◀▲▼▶ einen Kommentartext ein, der aus bis zu 20 Großbuchstaben und Ziffern bestehen kann.

Der Datenlogger wird durch Drücken der Taste SAVE gestartet. Vorher werden noch einmal der gewählte Aufzeichnungstakt und der Speicherfüllstand angezeigt. Nach Drücken von OK beginnt die Aufzeichnung. Sollte der Speicher noch Daten enthalten, die im manuellen Modus gespeichert wurden, erfolgt eine Warnung, dass diese gelöscht werden.

Den Datenloggerbetrieb erkennen Sie an der sich erhöhenden Speicherplatznummer „Mxxxx“ in der oberen linken Ecke des Displays. Während die Aufzeichnung läuft, sind die Tasten MENU, RANGE und LOAD gesperrt. Beim Drücken dieser Tasten sowie der Taste ESC erscheint stattdessen die Meldung „Logger halted.“ Der Aufzeichnungsbetrieb wurde angehalten. Durch Drücken von OK können Sie die Aufzeichnung fortsetzen oder sie mit ESC beenden.

Das VM30-H erlaubt auch die Speicherung mehrerer unabhängiger Log-Datensätze. Neue Datensätze werden durch erneutes Drücken von SAVE aufgezeichnet. Dabei können auch unterschiedliche Einstellungen verwendet werden.

Während sich das Gerät im Datenloggerbetrieb befindet, ist es zweckmäßig, die Tasten zu verriegeln, um ein versehentliches Unterbrechen der Aufzeichnung zu verhindern. Dazu drücken Sie nach Start der Aufzeichnung die Taste LOCK und bestätigen mit OK. Die Entriegelung erfolgt durch erneutes Drücken von LOCK und OK.

Zum Löschen der Loggerdaten drücken Sie die Taste MENU. Mit Aufruf des Menüpunkts „4/8: Erase memory“ wird der Speicher gelöscht, was in der Messwertanzeige an der Speicherplatznummer „M0000“ erkennbar ist.

13. Datenübertragung und Auswertung auf dem PC

Eine weit verbreitete Grundlage für die Verarbeitung und Darstellung tabellarischer Daten stellt Microsoft Excel dar. Mit Hilfe von Excel lassen sich auch Daten in andere Formate konvertieren. Aus diesen Gründen baut die Messwertübertragung vom VM30-H in den PC auf Excel auf.

13.1. Vorbereitungen für die Datenübertragung in Excel

Für die Übertragung der gespeicherten Messdaten zum PC wird die serielle Schnittstelle verwendet (Kapitel 17). Alternativ eignet sich ein RS-232 / USB-Adapterkabel.

Zur Aufbereitung, Weiterverarbeitung und Speicherung der Messdaten auf dem PC steht ein Microsoft Excel-File zur Verfügung. Es eignet sich für die Versionen ab Excel 2000 unter Windows 2000, XP, Vista und 7. Das Excel-File enthält ein Visual-Basic-Makro, mit dem Excel die Daten über die serielle Schnittstelle einlesen und in eine Tabelle einordnen kann. Damit das Makro mit der seriellen Schnittstelle kommunizieren kann, muss zuvor das File **VM30.DLL** in das Windows-Systemverzeichnis kopiert werden:

.../WINNT unter Windows 2000 bzw.

.../WINDOWS unter Windows XP etc.

Jetzt kopieren Sie noch das Excel-File **VM30.XLS** in Ihr Arbeitsverzeichnis.

Hinweis: Die aktuelle Version der Dateien VM30.XLS und VM30.DLL können Sie kostenfrei von unserer Internetseite herunterladen: <http://www.mmf.de/software-download.htm>

13.2. Übertragung von Messdaten in Excel

Bevor Sie die Excel-Datei VM30.XLS öffnen können, müssen Sie die Verwendung von Makros freigeben. Dazu öffnen Sie in Excel das Menü Extras / Makro / Sicherheit. Wenn Sie die Sicherheitsstufe „Mittel“ wählen, werden Sie bei jedem Öffnen der Datei VM30.XLS gefragt, ob Sie das Makro aktivieren möchten. In der Sicherheitsstufe „Niedrig“ erfolgt keine Rückfrage. Allerdings birgt diese Einstellung die Gefahr, dass unbemerkt in Excel-Dateien eingebundene Virenmakros geöffnet werden können.

In Excel 2007 finden Sie die Makro-Einstellungen unter Office / Excel-Optionen / Vertrauensstellungscenter / Einstellungen für das Vertrauensstellungscenter.

Nun öffnen Sie die Excel-Datei VM30.XLS. Bitte speichern Sie die Datei zunächst unter einem anderen Namen, um versehentliches Überschreiben zu vermeiden.

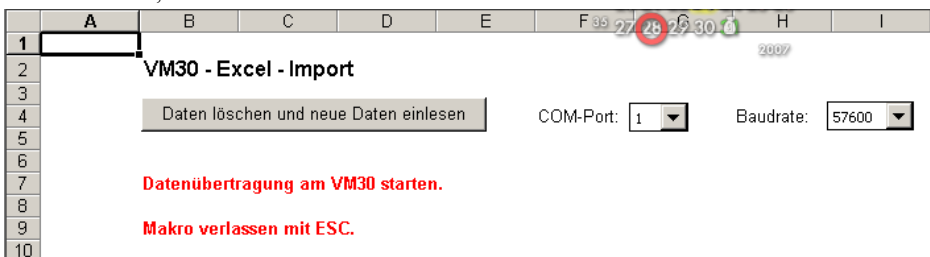


Bild 21: Excel-Datei VM30.XLS

Verbinden Sie das VM30-H über das mitgelieferte RS-232-Schnittstellenkabel VM30-I mit dem PC.

Im Lieferumfang enthalten ist auch ein USB/-RS-232-Adapter. Nach dem ersten Anschluss wird zunächst der Gerätetreiber installiert. Wenn der PC Internetzugang hat, sollte dies von Windows automatisch durchgeführt werden. Alternativ dazu können Sie sich den Treiber zu Ihrer Win-

dows-Version von <http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm> herunterladen und manuell installieren.

Dem USB-Adapter wird vom PC eine serielle Schnittstelle zugeordnet. Die vom PC vergebene COM-Port-Nummer finden Sie unter Systemsteuerung / Geräte-Manager / Anschlüsse.

Stellen Sie im Drop-Down-Menü „COM-Port“ der Excel-Datei die verwendete Schnittstelle ein.

Bevor Messdaten eingelesen werden können, müssen die Baudrate von PC und VM30-H in Übereinstimmung gebracht werden. Wählen Sie die gewünschte Baudrate aus dem Drop-Down-Menü. In der Regel erreicht man mit 57600 Baud eine zuverlässige Übertragung.

Am VM30-H stellen Sie die Baudrate wie folgt ein: Drücken Sie die MENU-Taste. Wählen Sie mit ▲▼ den Menüpunkt „8/8: Device settings“. Wählen Sie den Unterpunkt „5/5: Baud rate“ und stellen Sie mit ▲▼ die gewünschte Baudrate ein.

Klicken Sie auf „Daten löschen und neue Daten einlesen“. Es kann einige Sekunden dauern, bis Excel die Arbeitsblätter zum Datenempfang vorbereitet hat. Wenn der rote Text „Datenübertragung am VM30 starten.“ erscheint, drücken Sie die Taste MENU am VM30-H und wählen den Menüpunkt „3/8: Send data to PC“. Jetzt werden die Daten vom VM30-H zum PC gesendet.

Bei Übertragung größerer Datenmengen sehen Sie eine Balkenanzeige auf dem Display des VM30-H. Ist die Übertragung beendet, erscheint eine Meldung auf dem PC-Bildschirm. Die übertragenen Messdaten finden Sie im Arbeitsblatt „Manuell“, wenn es sich um manuell per Tastendruck gespeicherte Daten handelt, oder in den Arbeitsblättern „Logdaten 1“ bis „Logdaten 5“.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	VM30 - Manuell gespeicherte Datensätze									
2										
3										
4	Nr.:	X		Y		Z		Kommentar	Datum	Zeit
5	0	2,075	m/s ² A(T)	1,714	m/s ² A(T)	6,816	m/s ² A(T)	LINKER GRIFF	01.05.2006	12:35:44
6	1	2,142	m/s ² A(T)	1,598	m/s ² A(T)	7,201	m/s ² A(T)	LINKER GRIFF	01.05.2006	12:35:50
7	2			3,579	m/s ² Ahv			RECHTER GRIFF	01.05.2006	12:36:04

Bild 22: Excel-Import von manuell gespeicherten Daten

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	VM30 - Datenlogger							
2	Datensatz-Nr. 1							
3	Titel: SITZ RECHTS A00426							
4	Datum: 14.01.2006							
5	Startzeit: 14:51:08							
6	Messgröße: RMS of human vibration							
7	Filter: Wd+Wk							
8								
9			X		Y		Z	
10	0 sec	0,3	m/s ²		0,3	m/s ²	3,5	m/s ²
11	1 sec	0,4	m/s ²		0,6	m/s ²	5,7	m/s ²
12	2 sec	0,4	m/s ²		0,6	m/s ²	4,5	m/s ²
13	3 sec	0,4	m/s ²		0,3	m/s ²	6,2	m/s ²
14	4 sec	0,3	m/s ²		0,6	m/s ²	5,6	m/s ²
15	5 sec	0,4	m/s ²		0,4	m/s ²	5,8	m/s ²
16	6 sec	0,3	m/s ²		0,6	m/s ²	5,4	m/s ²
17	7 sec	0,4	m/s ²		0,4	m/s ²	5,6	m/s ²

Bild 23: Excel-Import von Loggerdaten

Sollten die Datenübertragung fehlgeschlagen sein, überprüfen Sie bitte, ob Sie in der Excel-Datei (Bild 21) die richtige serielle Schnittstelle gewählt haben und die eingestellte Baudrate mit der des VM30-H übereinstimmt. Sie können die Datenübertragung am VM30-H erneut starten. Die Messdaten bleiben so lange im Speicher des Gerätes, bis sie gelöscht werden (Taste MENU, „4/8: Erase memory“).

Die in Excel importierten Messdaten können Sie nun nach Belieben weiterverarbeiten. Die Datei VM30.XLS enthält als Beispiel ein Diagrammobjekt in den Arbeitsblättern für Loggerdaten.

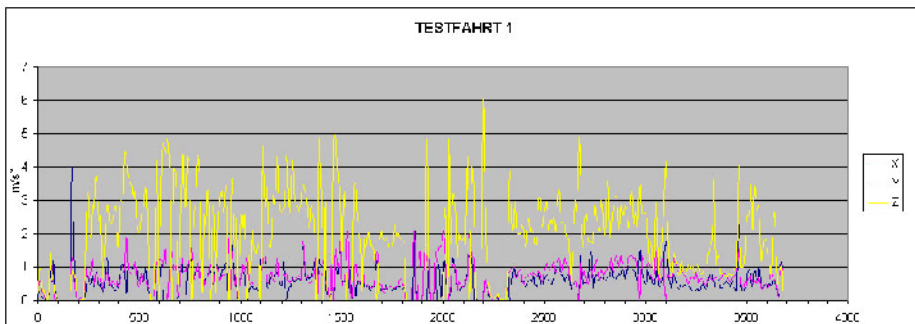


Bild 24: Beispiel für die grafische Darstellung der Messdaten in Excel

Hinweis: Im Datenlogger-Modus aufgezeichnete Messdaten können je nach Amplitude unterschiedliche Einheiten haben, wie z.B. mm/s oder m/s. Beim Import mit dem Excel-Makro werden alle Messwerte in m/s², mm/s oder µm umgerechnet.

13.3. Berechnung des Tages-Expositionswerts A(8)

Zum Vergleich der Schwingungseinwirkungen für unterschiedliche Personen und Tätigkeiten dient der Tages-Expositionswert A(8). Dieser ist auch die Grundlage zur Bestimmung des Expositionsgrenzwerts und Auslösewerts gemäß der EU-Richtlinie 2002/44/EG.

Der Tages-Expositionswert A(8) errechnet sich wie folgt:

$$A(8) = A_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Dabei sind:

- A_{hv} der Schwingungsgesamtwert (vgl. Seite 27)
- T die Gesamtdauer der Einwirkung der Schwingung A_{hv} an einem Tag
- T_0 die Bezugsdauer eines Arbeitstages von 8 Stunden

Gliedert sich die Tätigkeit in mehrere Tätigkeiten unterschiedlicher Schwingungsbelastung, wird der Tages-Expositionswert wie folgt berechnet:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n A_{hvi}^2 T_i}$$

Dabei sind:

- n die Anzahl der Tätigkeiten
- A_{hvi} der Schwingungsgesamtwert des i-ten Tätigkeit
- T_i die Dauer der i-ten Tätigkeit

Das Excel-Makro des VM30-H erlaubt die Berechnung von A(8) für mehrere Tätigkeit und mehrere Bedienpersonen.

Voraussetzung dafür ist die Speicherung von Schwingungsgesamtwerten (A_{hv}) im manuellen Speichermodus (vgl. S. 30). Zu jedem Arbeitsschritt sowie zu jeder Bedienperson wird ein Messwert mit einem Kommentar gespeichert, der die nachträgliche Zuordnung der Messung erlaubt.

Werden die A_{hv} -Messwerte nun in das Excel-Makro eingelesen, erscheinen sie zusätzlich zum Arbeitsblatt „Manuell“ auch unter „A(8)-Berechnung“. Neben einer laufenden Nummer werden

auch der eingegebene Kommentar, das Messdatum und die Uhrzeit dargestellt. Auch Intervalleffektivwerte (A(T)) werden in dieses Arbeitsblatt übernommen.

Nun müssen den a_{hv} -Messwerten zur Berechnung der Tages-Expositionswerte die Tätigkeiten und Bedienpersonen zugeordnet werden. Dazu werden zunächst im oberen Teil des Arbeitsblattes „A(8)-Berechnung“ die Einträge Person 1, Person 2 etc. mit den Namen der Bediener überschrieben. Das gleiche geschieht mit den Tätigkeiten rechts daneben.

Jetzt erfolgt im mittleren Bereich (2.) der Tabelle zeilenweise die Zuordnung der Messwerte zu den Bedienpersonen und Tätigkeiten mittels der Pull-down-Menüs. Zusätzlich ist zu jedem a_{hv} -Messwert die tägliche Einwirkungsdauer (nicht die Messdauer) im Format hh:mm (Stunden : Minuten) einzugeben. Ein Beispiel sehen Sie in Bild 25.

Sind alle Messwerte zugeordnet, klickt man auf „A(8) berechnen“. Im rechten Teil der Tabelle (3.) erscheinen die Tages-Expositionswerte der einzelnen Bedienpersonen.

Im Arbeitsblatt „A(8)-Protokoll“ werden die Ergebnisse protokolliert. Hier erscheinen neben den Schwingungsgesamtwerten und berechneten Tages-Expositionswerten auch die ggf. vom VM30-H übertragenen Intervalleffektivwerte a_{hwix} , a_{hwy} und a_{hwiz} . Weiterhin werden zu jeder Tätigkeit Teil-Expositionswerte $A_i(8)$ berechnet, die es erlauben, den Einfluss der einzelnen Tätigkeiten zu vergleichen. Angaben zu den Messbedingungen, Bedienpersonen und Messobjekten können ergänzt werden. Die vorbereiteten Angaben entsprechen den Forderungen von ISO 5349. Ein Beispielprotokoll befindet sich am Ende des Kapitels.

Bitte vergessen Sie nicht, das Excel-Makro unter einem eigenen Dateinamen zu speichern.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	Schwingungsbelastung A(8)																								
2	Bedienpersonen:					Tätigkeiten:																			
3	(Namen eingeben)					(Bezeichnung eingeben)																			
4	Person 3					Person 4					Beton aufbrechen														
5	Person 4					Person 5					Asphalt aufbrechen														
6	Person 5					Person 6					Eisen lagern														
7	Person 6					Person 7					Asphalt fällen														
8	Person 7					Person 8					Eisen bohren														
9	Person 8					Person 9					Asphalt bohren														
10	Person 9					Person 10					Tätigkeit 7														
11											Tätigkeit 8														
12											Tätigkeit 9														
13											Tätigkeit 10														
14	1. Vom VM30-H importierte a_{hv}-Messwerte:																								
15	Nr.	Gesamtwert	Effektivwerte			Kommentar	Messdatum	Messzeit	2. Zuordnung der a_{hv}-Messwerte:																
16									Bedienperson	Tätigkeit	Jahre je Tag	3. Berechnete A(8)-Werte:													
17									(auswählen)	(auswählen)	(hh:mm eingeben)	Bedienperson	A(8)												
18	1	1,4	m/s²			MEIER 1 BETON M001	18.01.2007	0:18:23	Meier	Beton aufbrechen	01:00	Meier	1,4 m/s²												
19	2	1,2	m/s²			MEIER 1 ASPHALT M001	18.01.2007	0:18:44	Meier	Asphalt aufbrechen	00:30	Müller	3,3 m/s²												
20	3	2,3	m/s²			MEIER 1 BETON M002	18.01.2007	0:19:03	Meier	Beton fällen	01:00														
21	4	2,1	m/s²			MEIER 1 ASPHALT M002	18.01.2007	0:20:11	Meier	Asphalt fällen	00:30														
22	5	7,4	m/s²			MEIER 1 RIFTEN M001	18.01.2007	0:21:21	Meier	Beton bohren	00:45														
23	6	2,7	m/s²			MEIER 1 ASPHALT M003	18.01.2007	0:20:30	Meier	Asphalt bohren	00:15														
24	7	6,2	5,5	11,5	m/s²	MEIER 1 BETON M001	18.01.2007	0:21:07	Meier	Beton aufbrechen	00:00														
25	8	3,2	3,8	0,7	m/s²	MUELLER BETON M001	18.01.2007	0:22:37	Müller	Beton aufbrechen	00:00														
26	9	6,5	m/s²			MUELLER BETON M001	18.01.2007	0:23:05	Müller	Beton aufbrechen	01:00														
27	10	6,1	m/s²			MUELLER ASPHALT M001	18.01.2007	0:23:12	Müller	Asphalt aufbrechen	00:30														
28	11	5,8	m/s²			MUELLER BETON M002	18.01.2007	0:23:13	Müller	Beton fällen	01:00														
29	12	6,5	m/s²			MUELLER ASPHALT M002	18.01.2007	0:24:07	Müller	Asphalt fällen	00:30														
30	13	4,7	m/s²			MUELLER BETON M003	18.01.2007	0:24:14	Müller	Beton bohren	00:45														
31	14	4,8	m/s²			MUELLER ASPHALT M003	18.01.2007	0:24:22	Müller	Asphalt bohren	00:15														
32	15	3,4	1,1	10,1	m/s²	MUELLER ASPHALT M001	18.01.2007	0:24:40	Müller	Asphalt aufbrechen	00:00														

Bild 25: Beispiel für die Berechnung der Tagesexposition A(8)

Auf der folgenden Seite wird ein Beispiel für die Protokollierung der in Bild 25 dargestellten Messdaten gezeigt.

Tages-Schwingungsbelastung **Ergebnisbericht für Hand-Arm-Schwingungen nach ISO 5349-2:2001**

Firma / Auftraggeber: Lehmann Straßenbau
Zweck der Messung: Arbeitsschutzüberwachung
Datum: 15.3.07
Name des Ausführenden: Schulze

Ort der Messung: Döbeln, Krügerstr. 17
Temperatur: Nasse (ja/nein): nein

Maschine:
 1. Aufbruchhammer
 2. Kreissäge
 3. Bohrhämmer

Typ / Modell:
 1. Bosch GSH27
 2. Wacker 3250
 3. Bosch P560

Alter / Zustand:
 1. 2 Jahre
 2. neu
 3. 1 Jahr

Gewicht des handgehaltenen Teils:

Art des Handgriffs:
 1. Kunststoff
 2. Typ B5
 3. Metall / Typ 2645

Leistung:

Drehzahl / Schlagzahl:

Werkzeug:
 1. 426/B60
 2. 45Z/G
 3. 864

Schwingungsmindernde Maßnahmen:

Werkstoff / Werkstück: Beton / Asphalt

Messgerät: Humanschwingungsmesser VM30-H

Sensor: KS943.100

Letzte Kalibrierung am: 1.2.07 **durch:** Metra

Bewertungsfaktoren für Ahv:

$k_x = 1,0$ $k_y = 1,0$ $k_z = 1,0$

Messorte und Messrichtungen:

(Skizze mit Bemaßung)

Ankopplung des Sensors: Handgriffadapter 140

Armhaltung: gerade

Linkshänder (wenn ja, welche Bedienpersonen): nein

Begründung bei ein- oder zweiachsiger Messung:

Weitere Angaben:

Messergebnisse:

Bedienperson	Tätigkeit	Dauer T _i hh:mm	Beschleunigungen			Gesamtwert A _{hvi} m/s ²	Teil-Schw.-bel. A ₍₈₎ m/s ²
			a _{hwz} m/s ²	a _{hwy} m/s ²	a _{hwz} m/s ²		
Meier	Beton aufbrech	01:00				1,4	0,5
Meier	Asphalt aufbre	00:30				1,2	0,3
Meier	Beton fräsen	01:00				2,3	0,8
Meier	Asphalt fräsen	00:30				2,1	0,5
Meier	Beton bohren	00:45				2,4	0,7
Meier	Asphalt bohren	00:15				2,7	0,5
Meier	Beton aufbrech	00:00	6,2	6,5	11,5		0,0
Müller	Beton aufbrech	00:00	3,2	6,8	0,7		0,0
Müller	Beton aufbrech	01:00				6,5	2,3
Müller	Asphalt aufbre	00:30				6,1	1,5
Müller	Beton fräsen	01:00				5,8	2,0
Müller	Asphalt fräsen	00:30				4,5	1,1
Müller	Beton bohren	00:45				4,7	1,4
Müller	Asphalt bohren	00:15				4,9	0,8
Müller	Asphalt aufbre	00:00	3,4	11,1	10,1		0,0

Tages-Schwingungsbelastung A(8):

Meier 1,4 m/s²
 Müller 3,9 m/s²

13.4. Aufbau des Excel-Makros

Excel-Makros werden in Visual Basic erstellt. Über das Menü Extras / Makro / Visual Basic-Editor können Sie sich den Quelltext des Makros der Datei VM30.XLS anschauen und ihn bei Bedarf verändern.

Spezifisch für die Verwendung mit dem VM30-H sind lediglich die im Deklarationsteil angegebenen Zusatzbefehle, die über die Datei VM30.DLL in das Makro eingebunden werden:

```
Declare Sub OPENCOM Lib "VM30.DLL" (ByVal COM_Parameter$)
Declare Sub CLOSECOM Lib "VM30.DLL" ()
Declare Sub TIMEOUT Lib "VM30.DLL" (ByVal ms%)
Declare Sub STRLENGTH Lib "VM30.DLL" (ByVal B%)
Declare Function STRREAD Lib "VM30.DLL" (ByVal D$) As Integer
```

Diese Befehle bewirken folgendes:

OPENCOM (Parameter\$) öffnet die serielle Schnittstelle mit dem übergebenen Parameterstring in der Form „COM1:57600,E,7,1“.

CLOSECOM schließt die geöffnete Schnittstelle.

TIMEOUT (ms) ist die maximale Wartezeit beim Empfang in Millisekunden. Bei Überschreitung wird der Empfang abgebrochen.

STRLENGTH (Länge) legt die Länge der zu empfangenden Zeichenkette fest.

STRREAD (Zeichenkette) empfängt eine Zeichenkette mit der in STRLENGTH angegebenen Länge. Bei Überschreitung der in TIMEOUT angegebenen Wartezeit wird die Zeichenkette „Fehler“ zurückgegeben. Die Zeichenkettenvariable muss vor Empfang mit Leerzeichen gefüllt werden.

Beispiel:

```
STRLENGTH 8
Data$ = "      "
STRREAD (Data$)
```

Der Programmablauf des Makros besteht im Wesentlichen im Empfang von Zeichenketten sowie deren Interpretation und Darstellung in Tabellenfeldern. Sie können das Makro oder das Excel-File nach Belieben an Ihre Erfordernisse anpassen.

13.5. Auslesen mit einem Terminal-Programm

Das VM30-H überträgt die Messdaten als formatierten Text. Somit ist es auch möglich, ein Terminalprogramm zum Empfang zu verwenden. Das folgende Beispiel zeigt den Import mit dem zu Windows gehörenden HyperTerminal.

Zunächst richten Sie unter Datei / Eigenschaften eine neue Verbindung über die ausgewählte Schnittstelle mit der am VM30-H eingestellten Baudrate, 7 Datenbits, gerader Parität, 1 Stopbit und ohne Flusssteuerung ein.

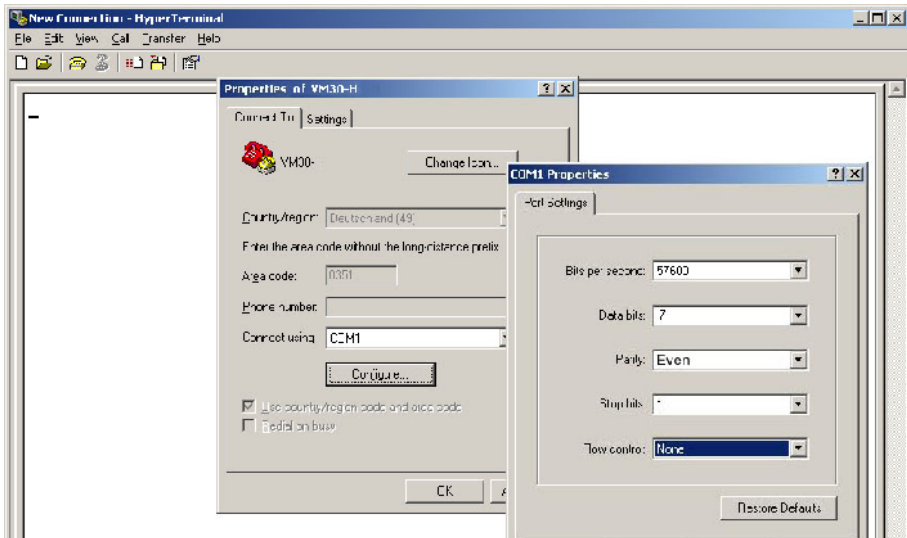


Bild 26: Konfiguration von HyperTerminal für den Datenimport

Öffnen Sie die eingerichtete Verbindung (das HyperTerminal-Fenster zeigt in seiner Fußzeile „Verbunden“). HyperTerminal wartet nun auf Daten und beginnt mit dem Empfang, sobald die Übertragung am VM30-H gestartet wird (Menüpunkt „3/8: Send data to PC“).

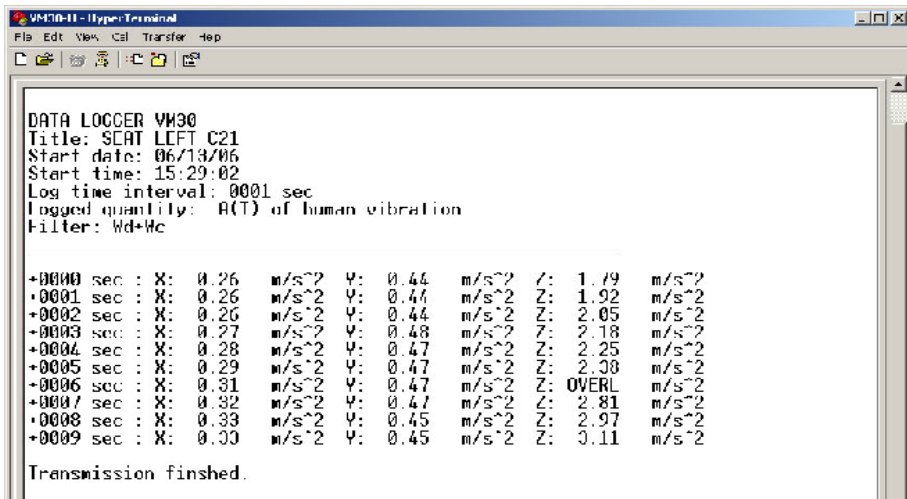


Bild 27: Import von Messdaten in HyperTerminal

14. Uhrzeit und Datum

Das VM30-H stellt Uhrzeit und Datum für die Speicherung von Messdaten zur Verfügung.

Die Einstellung erfolgt über die Taste MENU im Menüpunkt „5/8: Time and Date“. Geben Sie nacheinander über die Tasten ▲▼ Stunden, Minuten, Sekunden, Jahr, Monat und Tag ein. Die Werte werden sofort wirksam, sobald die OK-Taste gedrückt wird. Mit ESC können Sie das Menü ohne Änderung verlassen.

Die gemachten Einstellungen können Sie über die Taste INFO überprüfen.

Die Uhrzeit bleibt auch beim Batteriewechsel erhalten. Erst nach mehrstündiger Lagerung ohne Batterie gehen die Einstellungen verloren.

15. Kalibrierung und Funktionsprüfung

Das VM30-H wird im kalibrierten Zustand ausgeliefert. Das heißt, der angezeigte Schwingpegel entspricht dem tatsächlich gemessenen Wert unter der Voraussetzung, dass die richtige Sensorempfindlichkeit eingestellt wurde. Bei Lieferung mit einem oder zwei Sensoren, sind die Sensorempfindlichkeiten ab Werk im Gerät gespeichert. Die eingegebenen Empfindlichkeiten finden Sie im mitgelieferten Kalibrierschein.

Wie oft das Gerät kalibriert werden muss, hängt von der Intensität des Gebrauchs ab. Metra empfiehlt eine Nachkalibrierung alle 1 bis 2 Jahre. Dazu kann das Gerät an den Hersteller eingeschickt oder ein unabhängiges Kalibrierlabor beauftragt werden.

Neben der Kalibrierung empfehlen die Standards zur Humanschwingungsmessung eine regelmäßige Funktionsprüfung.

Wird der Schwingungsaufnehmer gewechselt, muss dies dem Gerät mitgeteilt werden, damit es mit der Empfindlichkeit des neuen Sensors misst. Nach dem Anschluss eines Sensors gelangen Sie automatisch in das Kalibriermenü. Dort wählen Sie den Sensortyp aus. Es stehen zwei Sensoren zur Auswahl. Dies sind in der Regel ein Hand-Arm- und ein Ganzkörper-Schwingungsaufnehmer. Nach der Auswahl des Sensortyps können Sie entscheiden, ob Sie den Sensor kalibrieren möchten. Wenn Sie verneinen, wird die bereits im Gerät für den gewählten Sensor gespeicherte Empfindlichkeit verwendet.

Die Sensorempfindlichkeit kann auf zwei Arten kalibriert werden:

- Eingabe der Zahlenwerte der Empfindlichkeit in mV/ms^{-2} für die drei Achsen
- Einmessen mit einem Schwingungskalibrator, der einen bekannten Schwingpegel in den Sensor einleitet

15.1. Kalibrierung durch Eingabe der Sensorempfindlichkeit

Das Menü zur Eingabe der Sensorempfindlichkeit erreichen Sie entweder nach Anschluss eines Sensors oder durch Drücken der Taste MENU im Menüpunkt „7/8: Sensor“. Nachdem Sie den zu kalibrierenden Sensor gewählt haben, und auf die Frage „Edit this sensor?“ mit „Yes“ geantwortet haben, geben Sie die Nennempfindlichkeit des Sensors an. Zur Auswahl stehen 1 oder 10 mV/m/s^2 . Nach Drücken der OK-Taste wählen Sie den Kalibriermodus „By transducer sensitivity“. Geben Sie mit den Tasten ◀▲▼▶ nacheinander die Zahlenwerte der Sensorempfindlichkeit für X, Y und Z aus dem Kalibrierschein in mV/ms^{-2} ein. Der zulässige Bereich liegt zwischen $0,8$ und $1,2 \text{ mV/ms}^{-2}$ bzw. 8 und 12 mV/ms^{-2} , je nach eingestellter Nennempfindlichkeit. Bei Überschreitung erfolgt eine Fehlermeldung.

Anschließend geben Sie einen bis zu 20 Zeichen langen Sensornamen mit den Tasten ◀▲▼▶ ein oder übernehmen den bestehenden Namen mit OK.

Die Sensorempfindlichkeit wird für zwei Sensoren im Gerät gespeichert. Sie können die eingestellten Werte jederzeit im Menü „7/8: Sensor“ über „Edit this sensor?“ und „By transducer sensitivity“ einsehen. Wenn Sie die Werte nicht ändern möchten, drücken Sie nur die OK-Taste.

15.2. Kalibrierung durch Einmessen der Empfindlichkeit

Das Menü zum Einmessen der Sensorempfindlichkeit erreichen Sie entweder nach Anschluss eines Sensors oder durch Drücken der Taste MENU im Menüpunkt „7/8: Sensor“. Nachdem Sie den zu kalibrierenden Sensor gewählt haben, und auf die Frage „Edit this sensor?“ mit „Yes“

geantwortet haben, geben Sie die Nennempfindlichkeit des Sensors an. Zur Auswahl stehen 1 oder 10 mV/m/s². Nach Drücken der OK-Taste wählen Sie den Kalibriermodus „By vibration calibrator“.

Die Einmessfunktion basiert auf einem in den Sensor einzuleitenden Referenz-Schwingpegel von 10 m/s² (effektiv) mit einer Frequenz von 159,2 Hz. Eine Reihe von Schwingungskalibratoren mit diesem Referenzsignal ist am Markt erhältlich, beispielsweise die Geräte der Serie VC10 von Metra.

Es erscheint zuerst die Einmessfunktion für die Empfindlichkeit der X-Achse. Montieren Sie den Sensor in der Messrichtung X mit Hilfe eines geeigneten Adapters auf den Schwingungskalibrator und schalten Sie diesen ein. Das VM30-H zeigt den gemessenen Schwingpegel in m/s² an. Mit den Tasten ▲▼ stellen Sie die Anzeige auf den Referenzpegel von 10,0 m/s² ein. Durch Drücken der OK-Taste wird die geänderte Sensorempfindlichkeit gespeichert.

Nachfolgend kalibrieren Sie in gleicher Weise die Kanäle Y und Z.

Mit der ESC-Taste können Sie die Kalibrierung ohne Änderung des aktiven Kanals abbrechen. Bereits kalibrierte Kanäle bleiben erhalten.

Anschließend geben Sie einen bis zu 20 Zeichen langen Sensornamen mit den Tasten ◀▲▼▶ ein oder übernehmen den bestehenden Namen mit OK.

Die eingemessenen Empfindlichkeiten sind nun für den gewählten Sensor gespeichert. Sie können die eingestellten Werte jederzeit im Menü „7/8: Sensor“ über „Edit this sensor?“ und „By transducer sensitivity“ einsehen. Wenn Sie die Werte nicht ändern möchten, drücken Sie nur die OK-Taste.

15.3. Mechanische Kalibrierung von Sensor und Gerät

Mit der mechanischen Kalibrierung wird die Genauigkeit der Messkette aus Sensor und VM30-H überprüft. Voraussetzung dafür ist die korrekte Eingabe der Sensorempfindlichkeit entsprechend der beiden vorangegangenen Abschnitte.

Zur mechanischen Kalibrierung ist der Schwingungsaufnehmer nacheinander in den Messrichtungen X, Y und Z auf einen elektrodynamischen Schwingungserreger (Shaker) zu montieren. Für geeignetes Montagezubehör wenden Sie sich bitte an die Firma Metra. Die Kalibrierung erfolgt vorzugsweise mit einem Referenzsignal von 50 m/s² (eff.) / 80 Hz bei Sensoren für Hand-Arm-Schwingungen und bei 5 m/s² / 16 Hz bei Sensoren für Ganzkörperschwingung. Am VM30-H wird zur Kalibrierung das Bandbegrenzungsfilter 0,4 Hz – 100 Hz bzw. 10 – 1250 Hz verwendet. Die folgende Tabelle zeigt die einzuspeisenden Schwingensignale und die Einstellungen am VM30-H:

Kanäle	Shaker-Schwingsignal		Einstellungen am VM30-H	Anzeige-Sollwerte (m/s²)			Zul. Fehler
	Pegel (Eff.)	Frequenz		X	Y	Z	
Kalibrierung mit Hand-Arm-Beschleunigungsaufnehmer (Nennempfindlichkeit 1 mV/ms ⁻²):							
X	50 m/s²	80 Hz	10-12500 Hz, a, A(T), 120 m/s²	50,0	0	0	4 %
Y	50 m/s²	80 Hz	10-1250 Hz, a, A(T), 120 m/s²	0	50,0	0	4 %
Z	50 m/s²	80 Hz	10-1250 Hz, a, A(T), 120 m/s²	0	0	50,0	4 %
Kalibrierung mit Ganzkörper-Beschleunigungsaufnehmer (Nennempfindlichkeit 10 mV/ms ⁻²):							
X	5 m/s²	16 Hz	0,4-100 Hz, a, A(T), 12 m/s²	5,00	0	0	4 %
Y	5 m/s²	16 Hz	0,4-100 Hz, a, A(T), 12 m/s²	0	5,00	0	4 %
Z	5 m/s²	16 Hz	0,4-100 Hz, a, A(T), 12 m/s²	0	0	5,00	4 %

15.4. Elektrische Kalibrierung des Gerätes

Das VM30-H kann ohne Sensor durch Einspeisung eines Generatorsignals elektrisch kalibriert werden.

Da die Eingänge mit Konstantstromquellen ausgestattet sind, muss der Generator über drei RC-Entkoppelglieder an die Kontakte X, Y und Z der Eingangsbuchse angeschlossen werden. Bild 28 zeigt die Bauteile und die Belegung der Eingangsbuchse.

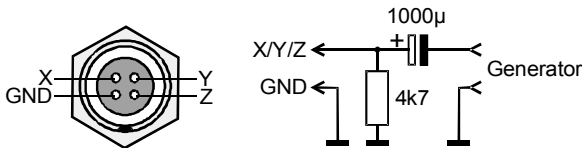


Bild 28: Einspeisung eines Generatorsignals in die Eingänge des VM30-H

Der 4,7 kΩ-Widerstand dient zum Ableiten des Konstantstroms. Über ihm fällt eine Gleichspannung von ca. 10 V ab. Diese Gleichspannung wird vom Generator durch einen 100µF-Elektrolytkondensator ferngehalten. Der Elektrolytkondensator sollte eine Spannungsfestigkeit von mindestens 35 V aufweisen. Bitte stellen Sie sicher, dass der Generatorpegel durch den resultierenden Lastwiderstand von ca. 3 kΩ nicht verfälscht wird.

Die folgende Tabelle zeigt die bei der Werkskalibrierung durchgeführten Prüfungen und die dazu eingespeisten Generatorsignale. Die Generatorpegel und Sollwerte basieren auf einer im VM30-H eingestellten Sensorempfindlichkeit von 10 mV/ms⁻².

Kanäle	Generatorsignal		Einstellungen am VM30-H	Anzeige-Sollwerte (m/s²)			Zul. Fehler
	Pegel (Eff.)	Frequenz		X	Y	Z	
Filter bei Referenzfrequenz:							
XYZ	5 mV	79,58 Hz	Wh, HV, A(T), V=1000	0,101	0,101	0,101	3 %
XYZ	5 mV	15,92 Hz	Wb, HV, A(T), V=1000	0,4063	0,4063	0,4063	3 %
Z	5 mV	15,92 Hz	Wc, HV, A(T), V=1000			0,2573	3 %
XY	5 mV	15,92 Hz	Wd, HV, A(T), V=1000	0,06305	0,06305		5 %
XYZ	5 mV	15,92 Hz	We, HV, A(T), V=1000	0,032	0,032	0,032	7 %
XYZ	5 mV	15,92 Hz	Wg, HV, A(T), V=1000	0,243	0,243	0,243	3 %
XYZ	5 mV	15,92 Hz	Wj HV, A(T), V=1000	0,5095	0,5095	0,5095	3 %
XYZ	5 mV	15,92 Hz	Wk, HV, A(T), V=1000	0,3859	0,3859	0,3859	3 %
XYZ	5 mV	15,92 Hz	Wm, HV, A(T), V=1000	0,1681	0,1681	0,1681	3 %
XYZ	5 mV	ca. 16 Hz	0,4-100 Hz, a, A(T), V=1000	0,500	0,500	0,500	3 %
XYZ	5 mV	ca. 16 Hz	0,4-100 Hz, a, RMS, V=1000	0,500	0,500	0,500	3 %

Kanäle	Generatorsignal		Einstellungen am VM30-H	Anzeige-Sollwerte (m/s²)			Zul. Fehler
	Pegel (Eff.)	Frequenz		X	Y	Z	
Übersprechen zwischen den Kanälen X, Y und Z:							
X	500 mV	ca. 80 Hz	0,4-1250 Hz, a, RMS, V=10	50,0	<0,25	<0,25	
Y	500 mV	ca. 80 Hz	0,4-1250 Hz, a, RMS, V=10	<0,25	50,0	<0,25	
Z	500 mV	ca. 80 Hz	0,4-1250 Hz, a, RMS, V=10	<0,25	<0,25	50	
Amplitudenlinearität:							
XYZ	1000 mV	ca. 80 Hz	0,4-1250 Hz, a, RMS, V=1	100	100	100	3 %
XYZ	316 mV	ca. 80 Hz	0,4-1250 Hz, a, RMS, V=10	31,6	31,6	31,6	3 %
XYZ	100 mV	ca. 80 Hz	0,4-1250 Hz, a, RMS, V=10	10,0	10,0	10,0	3 %
XYZ	31,6 mV	ca. 80 Hz	0,4- 1250 Hz, a, RMS, V=100	3,16	3,16	3,16	3 %
XYZ	10 mV	ca. 80 Hz	0,4- 1250 Hz, a, RMS, V=100	1,00	1,00	1,00	3 %
XYZ	3,16 mV	ca. 80 Hz	0,4- 1250 Hz, a, RMS, V=1000	0,316	0,316	0,316	3 %
XYZ	1 mV	ca. 80 Hz	0,4- 1250 Hz, a, RMS, V=1000	0,100	0,100	0,100	3 %
XYZ	2000 mV	ca. 80 Hz	0,4- 1250 Hz, a, RMS, V=1	200	200	200	3 %
XYZ	632 mV	ca. 80 Hz	0,4- 1250 Hz, a, RMS, V=10	63,2	63,2	63,2	3 %
XYZ	200 mV	ca. 80 Hz	0,4- 1250 Hz, a, RMS, V=10	20,0	20,0	20,0	3 %
XYZ	63,2 mV	ca. 80 Hz	0,4- 1250 Hz, a, RMS, V=100	6,32	6,32	6,32	3 %
XYZ	20 mV	ca. 80 Hz	0,4- 1250 Hz, a, RMS, V=100	2,00	2,00	2,00	3 %
XYZ	6,32 mV	ca. 80 Hz	0,4- 1250 Hz, a, RMS, V=1000	0,632	0,632	0,632	3 %
XYZ	2 mV	ca. 80 Hz	0,4- 1250 Hz, a, RMS, V=1000	0,200	0,200	0,200	3 %
Filterfrequenzgänge bei ausgewählten Frequenzen:							
XYZ	500 mV	1 Hz	Wb, HV, RMS, V=10	19,3	19,3	19,3	11 %
XYZ	500 mV	1 Hz	Wd+Wc, HV, RMS, V=10	50,6	50,6	49,6	21 %
XYZ	500 mV	1 Hz	Wd+Wk, HV, RMS, V=10	50,6	50,6	24,1	21 %
XYZ	500 mV	1 Hz	We, HV, RMS, V=10	44,0	44,0	44,0	11 %
XYZ	500 mV	1 Hz	Wg, HV, RMS, V=10	21,2	21,2	21,2	50 %
XYZ	500 mV	1 Hz	Wh, HV, RMS, V=10	1,3	1,3	1,3	-100 %
XYZ	500 mV	1 Hz	Wj, HV, RMS, V=10	24,2	24,2	24,2	11 %
XYZ	500 mV	1 Hz	Wk, HV, RMS, V=10	24,1	24,1	24,1	21 %
XYZ	500 mV	1 Hz	Wm, HV, RMS, V=10	41,6	41,6	41,6	21 %
XYZ	500 mV	4 Hz	Wb, HV, RMS, V=10	44,3	44,3	44,3	11 %
XYZ	500 mV	4 Hz	Wd+Wc, HV, RMS, V=10	25,7	25,7	51,2	11 %
XYZ	500 mV	4 Hz	Wd+Wk, HV, RMS, V=10	25,7	25,7	48,2	11 %
XYZ	500 mV	4 Hz	We, HV, RMS, V=10	12,7	12,7	12,7	11 %
XYZ	500 mV	4 Hz	Wg, HV, RMS, V=10	50,2	50,2	50,2	11 %
XYZ	500 mV	4 Hz	Wh, HV, RMS, V=10	18,8	18,8	18,8	11 %
XYZ	500 mV	4 Hz	Wj, HV, RMS, V=10	31,3	31,3	31,3	11 %
XYZ	500 mV	4 Hz	Wm, HV, RMS, V=10	40,9	40,9	40,9	11 %
XYZ	500 mV	8 Hz	Wb, HV, RMS, V=10	51,3	51,3	51,3	21 %
XYZ	500 mV	8 Hz	Wd+Wc, HV, RMS, V=10	12,8	12,8	44,7	11 %
XYZ	500 mV	8 Hz	Wd+Wk, HV, RMS, V=10	12,8	12,8	51,9	11 %
XYZ	500 mV	8 Hz	We, HV, RMS, V=10	6,3	6,3	6,3	11 %
XYZ	500 mV	8 Hz	Wg, HV, RMS, V=10	44,5	44,5	44,5	11 %
XYZ	500 mV	8 Hz	Wh, HV, RMS, V=10	43,7	43,7	43,7	11 %
XYZ	500 mV	8 Hz	Wj, HV, RMS, V=10	50,8	50,8	50,8	11 %
XYZ	500 mV	8 Hz	Wm, HV, RMS, V=10	29,1	29,1	29,1	11 %
XYZ	500 mV	40 Hz	Wb, HV, RMS, V=10	19,8	19,8	19,8	11 %
XYZ	500 mV	40 Hz	Wd+Wc, HV, RMS, V=10	2,5	2,5	10,0	11 %
XYZ	500 mV	40 Hz	Wd+Wk, HV, RMS, V=10	2,5	2,5	15,8	11 %
XYZ	500 mV	40 Hz	We, HV, RMS, V=10	12,7	12,7	12,7	11 %
XYZ	500 mV	40 Hz	Wg, HV, RMS, V=10	50,2	50,2	50,2	11 %

Kanäle	Generatorsignal		Einstellungen am VM30-H	Anzeige-Sollwerte (m/s ²)			Zul. Fehler
	Pegel (Eff.)	Frequenz		X	Y	Z	
XYZ	500 mV	40 Hz	Wh, HV, RMS, V=10	20,6	20,6	20,6	11 %
XYZ	500 mV	40 Hz	Wj, HV, RMS, V=10	49,6	49,6	49,6	11 %
XYZ	500 mV	40 Hz	Wm, HV, RMS, V=10	7,0	7,0	7,0	11 %
XYZ	500 mV	80 Hz	Wb, HV, RMS, V=10	8,7	8,7	8,7	21 %
XYZ	500 mV	80 Hz	Wd+Wc, HV, RMS, V=10	1,1	1,1	4,3	21 %
XYZ	500 mV	80 Hz	Wd+Wk, HV, RMS, V=10	1,1	1,1	6,7	21 %
XYZ	500 mV	80 Hz	We, HV, RMS, V=10	0,6	0,6	0,6	50 %
XYZ	500 mV	80 Hz	Wg, HV, RMS, V=10	4,2	4,2	4,2	21 %
XYZ	500 mV	80 Hz	Wh, HV, RMS, V=10	10,1	10,1	10,1	11 %
XYZ	500 mV	80 Hz	Wj, HV, RMS, V=10	42,3	42,3	42,3	21 %
XYZ	500 mV	80 Hz	Wm, HV, RMS, V=10	3,0	3,0	3,0	21 %
XYZ	500 mV	160 Hz	Wb, HV, RMS, V=10	1,9	1,9	1,9	-100 %
XYZ	500 mV	160 Hz	Wd+Wc, HV, RMS, V=10	0,2	0,2	0,9	-100 %
XYZ	500 mV	160 Hz	Wd+Wk, HV, RMS, V=10	0,2	0,2	1,5	-100 %
XYZ	500 mV	160 Hz	We, HV, RMS, V=10	0,1	0,1	0,1	-100 %
XYZ	500 mV	160 Hz	Wg, HV, RMS, V=10	0,9	0,9	0,9	-100 %
XYZ	500 mV	160 Hz	Wh, HV, RMS, V=10	5,0	5,0	5,0	11 %
XYZ	500 mV	160 Hz	Wj, HV, RMS, V=10	18,5	18,5	18,5	-100 %
XYZ	500 mV	160 Hz	Wm, HV, RMS, V=10	0,7	0,7	0,7	-100 %
XYZ	500 mV	400 Hz	Wh, HV, RMS, V=10	2,0	2,0	2,0	21 %
XYZ	500 mV	800 Hz	Wh, HV, RMS, V=10	0,9	0,9	0,9	50 %
XYZ	500 mV	1600 Hz	Wh, HV, RMS, V=10	0,3	0,3	0,3	-100 %
Eigenrauschen:							
-	0		0,4-10 000 Hz, a, A(T), V=1000	<0,005	<0,005	<0,005	

V = 1 / 10 / 100 / 1000 sind die Verstärkungen der Messbereiche
600 / 120 / 12 / 1,2 m/s² für 1 mV/ms⁻² oder 6000 / 1200 / 120 / 12 m/s² für 10 mV/ms⁻²
Sensor-Nennempfindlichkeit.

15.5. Funktionsprüfung

Unabhängig von der Kalibrierung wird in den Standards zur Humanschwingungsmessung empfohlen, die Funktion des Messgeräts regelmäßig zu überprüfen. Dazu eignet sich ein Schwingungskalibrator der Reihe VC10 von Metra. Dieser erzeugt ein Referenzschwingungssignal von 10 m/s² (effektiv) bei 159,2 Hz. Damit lässt sich die Messkette aus Sensor und VM30-H auf einfachste Weise überprüfen.

Wählen Sie am VM30-H Schwingbeschleunigung mit dem Bandfilter 0,4 bis 1250 Hz und Effektivwertanzeige (RMS).

Für Prüfw Zwecke genügt es, den Sensor mit leichter Handkraft in den drei Messrichtungen auf den Schwingbolzen des Kalibrators zu drücken. Vorzuziehen ist die Montage durch Schrauben oder Klebewachs.

Das Sensorelement des Sitzkissen-Beschleunigungsaufnehmers KB103SV ist für die Funktionsprüfung aus dem Sitzkissen auszubauen. Dazu werden die sechs äußeren Kreuzschlitzschrauben in der Bodenplatte gelöst und der Sensor mit dem Kabel aus dem Sitzkissen gezogen.

→ Keinesfalls dürfen andere Schrauben an der Bodenplatte des KB103SV gelöst werden.

Zur Montage des Sitzkissen-Sensorsystems auf einem Schwingungserreger in den drei Achsenrichtungen bietet Metra als optionales Zubehör den Adapter 144 an.

Die optimale Montagerichtung der Sensoren für die Funktionsprüfung in den drei Messachsen entnehmen Sie bitte den Abbildungen 29 und 31.

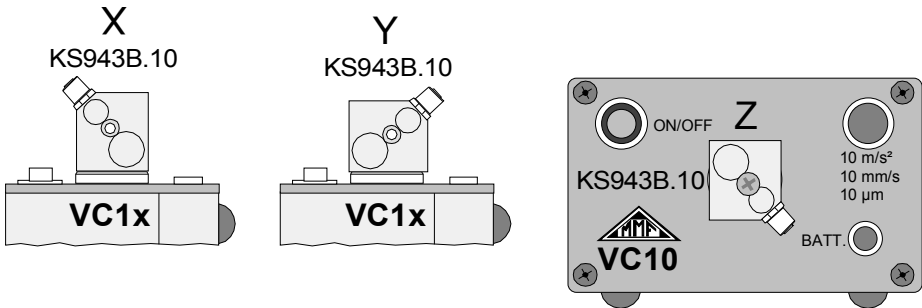


Bild 29: Ankopplung des Hand-Arm-Aufnehmers KS943B.10 an den Schwingungskalibrator

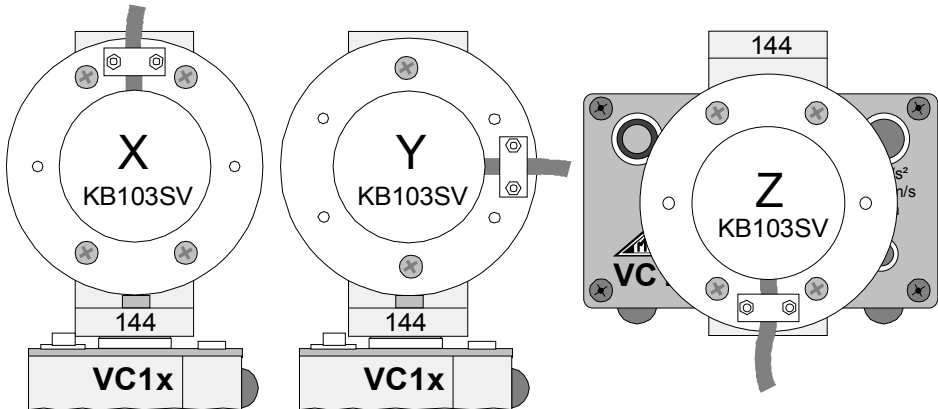


Bild 30: Ankopplung des Sensorsystems des Ganzkörper-Aufnehmers KB103SV-100 mit dem Adapter 144 an den Schwingungskalibrator

Das VM30-H soll in der jeweils geprüften Messrichtung einen Wert von 9,5 bis 10,5 m/s² anzeigen. Die durch Queranregung in den anderen Messrichtungen angezeigten Schwingamplituden sind nicht relevant.

16. Sonstige Einstellungen

16.1. Tastenpiepton ein / aus

Im Menüpunkt „8/8: Device settings“, Unterpunkt „1/5: Beeper on/off“ können Sie den Tastenpiepton ein- oder ausschalten.

16.2. Selbstabschaltung

Im Menüpunkt „8/8: Device settings“, Unterpunkt „2/5: Shut-off timer“ können Sie die Selbstabschaltung aktivieren und eine Abschaltzeit von 1, 10 oder 30 Minuten wählen. Die Zeitmessung beginnt bei jedem Tastendruck neu, d.h. nur wenn das Gerät während der gewählten Zeit nicht bedient wurde, schaltet es sich ab.

Die Selbstabschaltung wird nur im Anzeigebetrieb wirksam. Im Datenloggermodus ist sie nicht aktiv.

Die Standardeinstellung bei Auslieferung ist 10 Minuten.

16.3. Batterietyp

Im Menüpunkt „8/8: Device settings“, Unterpunkt „3/5: Battery type“ lässt sich der eingesetzte Batterietyp zwischen Alkaline und NiMH-Akkus wählen. Diese Einstellung hat lediglich Auswirkungen auf die Batterieanzeige. Dabei wird die unterschiedliche Nennspannung beider Batterietypen für den Maximalwert der Batterieanzeige zugrunde gelegt.

16.4. Werkseinstellungen

Der Menüpunkt „8/8: Device settings“, Unterpunkt „4/5: Factory settings“ ist passwortgeschützt und nur für die Werkskalibrierung vorgesehen.

16.5. Baudrate

Im Menüpunkt „8/8: Device settings“, Unterpunkt „5/5: Baud rate“ wird die Baudrate der seriellen Schnittstelle gewählt. Zur Auswahl stehen 19200, 38400, 57600 und 115200 Bits pro Sekunde. Standardeinstellung ist 57600. Bei fehlerhafter Datenübertragung zum PC, z.B. bei älteren PC-Modellen, kann eine Verringerung der Baudrate nützlich sein.

17. Serielle Schnittstelle

Die Anschlussbuchse der seriellen Schnittstelle (RS-232) vom Typ *Binder* 711 (5-polig, weiblich) befindet sich an der Stirnseite des Gerätes. Zur Verfügung stehen die Leitungen Rx (Empfang), Tx (Senden) und GND (Masse).

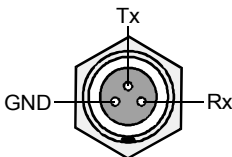


Bild 31: Anschlussbelegung der Schnittstellenbuchse (Blick von außen)

Eine Verschlusskappe dient zur Abdichtung der Buchse bei Nichtbenutzung nach Schutzgrad IP65.

Zur Verbindung mit der Sub-D9-Buchse der seriellen Schnittstelle am PC wird als Zubehör das Schnittstellenkabel VM30-I mitgeliefert. Bei PCs ohne serielle Schnittstelle kann ein handelsüblicher RS-232/USB-Kabeladapter zwischengeschaltet werden, der im PC eine serielle Schnittstelle simuliert.

18. Signalausgang

An einer 4-poligen Anschlussbuchse vom Typ Binder 711, 4-polig, männlich an der Stirnseite des Gerätes liegen die drei Sensorsignale als Wechselspannung an. Die Ausgänge sind ungefiltert und werden über eine Treiberstufe ausgekoppelt. Je nach eingestelltem Messbereich (Menü 1/8: Gain) liegt das Sensorsignal mit -20 dB Dämpfung oder ungedämpft am Signalausgang an:

Schwingbeschleunigung und Humanschwingung		Schwinggeschwindigkeit		Schwingweg		Dämpfung am Ausgang
1 mV/ms ⁻²	10 mV/ms ⁻²	1 mV/ms ⁻²	10 mV/ms ⁻²	1 mV/ms ⁻²	10 mV/ms ⁻²	
12 m/s ² _{peak}	1.2 m/s ² _{peak}	120 mm/s _{peak}	12 mm/s _{peak}	1,2 mm _{peak}	0,12 mm _{peak}	0 dB
120 m/s ² _{peak}	12 m/s ² _{peak}	1,2 m/s _{peak}	0,12 m/s _{peak}	12 mm _{peak}	1,2 mm _{peak}	-20 dB
1200 m/s ² _{peak}	120 m/s ² _{peak}	12 m/s _{peak}	1.2 m/s _{peak}	120 mm _{peak}	12 mm _{peak}	0 dB
6000 m/s ² _{peak}	600 m/s ² _{peak}	60 m/s _{peak}	6 m/s _{peak}	600 mm _{peak}	60 mm _{peak}	-20 dB

Der Quellwiderstand ist ca. 100 Ω. Die Aussteuerbarkeit beträgt ± 2 V, d.h. bei höheren Amplituden des Sensorsignals wird das Signal beschnitten.

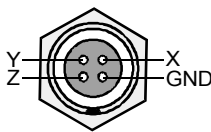


Bild 32: Anschlussbelegung der Signalausgangsbuchse (Blick von außen)

Eine Verschlusskappe dient zur Abdichtung der Buchse bei Nichtbenutzung nach Schutzgrad IP65.

19. Spannungsversorgung

19.1. Batteriebetrieb

Das VM30-H lässt sich aus drei Mignon-Zellen (Größe „AA“) betreiben. Besondere Sorgfalt wurde bei der Entwicklung auf eine lange Batteriebetriebsdauer gelegt.

Es können sowohl Alkaline-Batterien als auch NiMH-Akkumulatoren eingesetzt werden. Zur Batteriekontrolle dient eine 20-stufige Symbolanzeige in der rechten oberen Ecke des Displays. Für eine ordnungsgemäße Kontrolle des Ladezustands muss der Batterietyp eingegeben werden. Dazu drücken Sie die Taste MENU. Im Menüpunkt „8/8: Device settings“ finden Sie den Unterpunkt „3/5: Battery type“. Wählen Sie mit den Tasten ▲ ▼ den eingesetzten Batterietyp aus und bestätigen Sie mit OK.

Unterschreitet die Betriebsspannung den Minimalwert von 3,3 Volt, erscheint statt der Batterieanzeige die Warnung „Bat!“ und ein akustisches Warnsignal ertönt, falls der Signalgeber nicht abgeschaltet war (Unterpunkt „1/5: Beeper on / off“). Fällt die Betriebsspannung weiter unter 3,1 Volt ab, schaltet sich das VM30-H aus.

Wichtig: Zum Batteriewechsel schalten Sie das Gerät zunächst mit der ON/OFF-Taste aus. Anderenfalls können Benutzereinstellungen verloren gehen.

Drücken Sie kräftig auf die beiden grauen Knöpfe an den Seiten des Gehäuses (Bild 1). Entnehmen Sie den Batteriehalter aus dem Gehäuse und ersetzen Sie die Batterien. Schieben Sie den Batteriehalter mit dem Kabel voran wieder in das Gehäuse und rasten Sie den Deckel ein.

Sollte sich das Gerät nach dem Batteriewechsel nicht einschalten lassen, drücken Sie bitte die RESET-Taste, wie in Abschnitt 21 beschrieben.

Wichtig:

- Verwenden Sie immer drei Batterien gleichen Typs und Herstelungsdatums.
- Achten Sie auf richtige Polarität entsprechend der Prägung auf dem Batteriehalter.
- Entfernen Sie alte Batterien aus dem Gerät und entnehmen Sie die Batterien auch bei längerer Nichtbenutzung. Anderenfalls kann auslaufende Batteriesäure schwerwiegende Schäden im Gerät verursachen.



Bitte nutzen Sie Ihr örtliches Sammel- oder Verwertungssystem zur Entsorgung von Batterien. Batterien gehören nicht in den Hausmüll.

19.2. Externe Versorgung

Das VM30-H kann über eine Buchse vom Typ *Binder* 711 (5-polig, weiblich) mit einer extern zugeführten Gleichspannung zwischen 8 und 12 V versorgt werden (Bild 33). Die Stromaufnahme bei eingeschalteter Displaybeleuchtung liegt unter 200 mA. Im Moment des Einschaltens muss ein Impulsstrom von 1 A abgegeben werden. Ein Schutz gegen Falschpolung ist vorhanden.

Bei externer Versorgung erscheint an Stelle der Batterieanzeige die Ausschrift „Ext.“.

Ein Laden der Batterien im Gerät über die externe Versorgungsspannung ist nicht möglich.

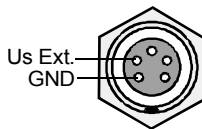


Bild 33: Anschlussbelegung der Versorgungsbuchse (Blick von außen)

Eine Verschlusskappe dient zur Abdichtung der Buchse bei Nichtbenutzung nach Schutzgrad IP65.

20. Standardeinstellungen laden

Das VM30-H lässt sich durch Drücken der Taste MENU und Auswählen des Unterpunkts „6/8: Load defaults“) wieder in den Zustand bei Auslieferung rücksetzen.

Dies bewirkt:

- Rücksetzen der Aufnehmerempfindlichkeit auf 10,00 mV/ms²
- Neuladen der Werkskalibrierwerte.
- Überschreiben der Messgrößeneinstellungen mit den Standardvorgaben (Abschnitt 9.4)
- Rücksetzen von Uhrzeit und Datum
- Rücksetzen sonstiger Einstellungen auf die Standardwerte (Baudrate, Tastenpiepton, Messbereiche, Batterietyp, Selbstabschaltung)
- Löschen des Datenspeichers

21. Hardware-Reset

Sollte sich Ihr VM30-H nach längerer Lagerung ohne Batterien nicht einschalten lassen, kann ein Neustart der Software erforderlich sein. Dies geschieht durch Drücken der RESET-Taste, die sich im Batteriefach befindet (Bild 3). Danach kann es erforderlich sein, die Standardeinstellungen zu laden (Kapitel 20). Bitte überprüfen Sie auch die Einstellungen von Datum und Uhrzeit.

22. Hardware- und Firmware-Version

Die Hardware- und Firmware-Versionen Ihres VM30-H sind wie folgt verschlüsselt:

HH.FF.hhh.fff

HH ist die Hardware-Hauptversion zur Kennzeichnung größerer Änderungen

hhh ist die Hardware-Unterversion zur Kennzeichnung kleinerer Änderungen

FF ist die Firmware-Hauptversion zur Kennzeichnung größerer Änderungen

fff ist die Firmware-Unterversion zur Kennzeichnung kleinerer Änderungen

Die Hardware- und Firmware-Hauptversionen Ihres Gerätes finden Sie nach Drücken der INFO-Taste.

Die komplette Versionsnummer einschließlich Unterversionen sehen Sie im Menü Geräteeinstellungen ("8/8: Device settings").

23. Hilfe bei Fragen und Problemen

Erscheinungsbild	Erklärung und Abhilfe
Es werden nur ein oder zwei Messwerte angezeigt, obwohl ein Triaxialaufnehmer angeschlossen ist.	Das VM30-H erkennt offene Sensoreingänge und blendet den entsprechenden Kanal aus. Überprüfen Sie die Sensorsteckverbindungen und tauschen Sie den Sensor ggf. aus. Beim Schwingungsgesamtwert Ahv wird immer nur ein Messwert ausgegeben.
Das Gerät zeigt keine Messwerte oder ständig Übersteuerung an.	Drücken Sie die Taste MENU und wählen Sie „6/8: Load defaults“, um die Standardeinstellungen zu laden. Danach müssen Sie Uhrzeit und Datum sowie die Aufnehmerempfindlichkeiten aus dem Kalibrierschein neu eingeben. Gespeicherte Daten und benutzerspezifische Signaleinstellungen gehen verloren.
Das Gerät lässt sich nach dem Batteriewechsel nicht einschalten.	Drücken Sie die Taste RESET im Batteriefach. Überprüfen Sie anschließend Uhrzeit und Datum.
Nach längerer Messdauer des Intervall-Effektivwerts A(T) reagiert die Anzeige kaum noch auf Änderungen des Schwingpegels.	Infolge der Mittelung des Intervall-Effektivwerts über die Messdauer gehen kurze Pegeländerungen kaum in das Messergebnis ein.
Das Excel-Makro bricht die Datenübertragung ab oder importiert fehlerhafte Werte.	Verringern Sie die Baudrate im Excel-Arbeitsblatt „Import“ und im Menü „Device Settings“ des VM30-H.
Das Gerät nimmt die eingestellten Messbereiche nicht an oder ändert diese selbständig.	Sie messen den Schwingungsdosiswert (eVDV) oder Intervall-Effektivwert A(T): Diese Anzeigearten erlauben kein Autoranging. Kanäle mit Autoranging werden selbständig auf den größten Messbereich gesetzt. Sie messen den Schwingungsgesamtwert (Ahv): Die Messbereiche aller drei Kanäle werden auf den größten der drei eingestellten Messbereiche gesetzt. Bei Autoranging werden alle drei Kanäle auf den größten Messbereich gesetzt.
Das Excel-Makro zeigt nach dem Start des Datenimports die Fehlermeldung 1004 „Die Methode ‚Columns‘ ... ist fehlgeschlagen“.	Möglicherweise haben Sie auf einem der Arbeitsblätter das Diagramm aktiviert. Klicken Sie in den Bereich der Tabelle, um diese zu aktivieren.
Das Excel-Makro zeigt bei der Datenübernahme vom VM30-H die Meldung "Nicht genügend Arbeitsblätter."	Sie haben versucht, mehr als 5 Logfiles zu importieren. Prüfen Sie zunächst, ob dies beabsichtigt war, oder ob Sie stattdessen Einzelwerte manuell auf Tastendruck speichern wollten. In diesem Fall erscheinen die Daten im Arbeitsblatt „Manuell“ ohne zahlenmäßige Begrenzung. Die Zahl möglicher Logfiles ist durch die Zahl der vorbereiteten Arbeitsblätter begrenzt. Sie können weitere Arbeitsblätter hinzufügen, müssen jedoch dazu im Makro die Anzahl editieren.
Das Gerät zeigt fehlerhafte Angaben für Datum, Uhrzeit und gespeicherte Einstellungen.	Das VM30-H wurde längere Zeit ohne Batterie gelagert. Drücken Sie Reset (Kapitel 21) und Laden Sie die Standardeinstellungen (Kapitel 20).

24. Technische Daten

Messbereiche

mit Sensor 1 mV/ms⁻²

Humanschwingung:

Schwingbeschleunigung:

Schwinggeschwindigkeit:

Schwingweg:

0,10-12,00 / 1,0-120,0* / 10-1200 / 100-6000 m/s²_{peak}

0,10-12,00 / 1,0-120,0* / 10-1200 / 100-6000 m/s²_{peak}

0,001-0,120 / 0,010-1,200 / 0,10-12,00 / 1,00-60,00 m/s_{peak}

0,001-0,120 / 0,010-1,200 / 0,10-12,00 / 1,00-60,00 mm_{peak}

mit Sensor 10 mV/ms⁻²

Humanschwingung:

Schwingbeschleunigung:

Schwinggeschwindigkeit:

Schwingweg:

0,010-1,200 / 0,10-12,00* / 1,0-120,0 / 10-600 m/s²_{peak}

0,010-1,200 / 0,10-12,00* / 1,0-120,0 / 10-600 m/s²_{peak}

0,10-12,00 / 1,0-120,0 / 10-1200 / 100-6000 mm/s_{peak}

0,10-12,00 / 1,0-120,0 / 10-1200 / 100-6000 µm_{peak}

Messbereichsendwerte gelten nur für Frequenzen mit Filter- / Integrator-Dämpfung 0 dB.

* Referenzmessbereich für die Kalibrierung (Kapitel 15.3)

Messgenauigkeit:

< 3 % und ± 2 digits bei Referenzbedingungen

Amplituden-Linearitätsfehler:

< 5% vom Messwert in allen Messbereichen

Anzeigearten:

Gleitender Effektivwert (1 s)

Maximalwert des gleitenden Effektivwerts (MTVV)

Intervall-Effektivwert (bis 10 Stunden)

Geschätzter Schwingungsdosiswert (eVDV)

Schwingungsgesamtwert (A_{hv})

Spitzenwert (1 s)

Maximal-Spitzenwert

Scheitelfaktor

Bewertungsfilter:

W_b, W_c, W_d, W_e, W_{g,s}, W_h, W_j, W_k,

Bandfilter (3 dB-Grenzen):

6 – 200 Hz (Weg)

0,4 – 100 Hz (Beschleunigung und Geschwindigkeit)

2 – 300 Hz (Beschleunigung und Geschwindigkeit)

0,4 – 1250 Hz (Beschleunigung und Geschwindigkeit)

10 – 1250 Hz (Beschleunigung und Geschwindigkeit)

0,4 – 10 000 Hz (nur Beschleunigung)

1000 – 10 000 Hz (nur Beschleunigung)

Die Bandfilter sind Butterworth-Filter 2. Ordnung.

Anzeige:

Grafisches LCD mit 32 x 120 Punkten und Beleuchtung

Anzeige von 3 Messwerten mit Einheit und Anzeigeart

Messeingänge:

3 IEPE-Eingänge

Buchse *Binder* 711, wbl., 4-polig

maximale Eingangsspannung: 6 V (Spitze-Spitze)

IEPE-Versorgung:

3 Konstantstromquellen 2 mA aus 20 V

automatische Sensorerkennung

Sensorempfindlichkeit:

Nennwert 1 mV/ms⁻², einstellbar 0,8 – 1,2 mV/ms⁻²

Nennwert 10 mV/ms⁻², einstellbar 8 – 12 mV/ms⁻²

Empfohlene Sensoren:

KS943B.10 für Hand-Arm-Messungen (1 mV/ms⁻²)

KB103SV-100 für Ganzkörper-Messungen (10 mV/ms⁻²)

Übersprechen zwischen X / Y / Z:

< 0,5 % bei ± 3 V Eingangsspannung, 0,4 – 10 000 Hz

Signalausgang:

3 Wechselspannungssignale, gepuffert und ungefiltert,

Aussteuerbarkeit ± 2 V, Quellwiderstand < 100 Ω

Buchse *Binder* 711, mnl. 4-polig

Voreinstellungen:

10 individuell veränderbare Parametersätze für

	Schwinggröße, Filter und Anzeigeart
Übersteuerungsanzeige:	Je Kanal an den Eingängen und hinter den Integratoren. Ansprechschwellen je nach Messbereich: $\pm 1,2 \text{ mV}$ / $\pm 12 \text{ mV}$ / $\pm 120 \text{ mV}$ / $\pm 6 \text{ V}$
Speicher:	Flash-Speicher für 1000 – 3000 Messwerte, je nach Speichermodus Wahlweise mit Uhrzeit, Datum und Kommentar
Speichermodi:	Manuell auf Tastendruck Zeitgesteuert von 1 Sekunde bis 10 Stunden
Serielle Schnittstelle:	Buchse <i>Binder</i> 711, wbl., 3-polig Baudraten: 19200 / 38400 / 57600 / 115200 Parität: gerade, Datenbits: 7, Stopbits: 1
Batterien:	3 Alkaline-Zellen oder NiMH-Akkus Typ IEC LR6 (Mignon)
Batteriebetriebsdauer:	15 bis 25 Stunden
Batterieanzeige:	20-stufig, auf Batterietyp einstellbar, Warnton bei Erschöpfung
Externe Versorgung:	8 bis 12 V Gleichspannung, < 200 mA Einschaltimpulsstrom: 1 A Buchse <i>Binder</i> 711, wbl., 5-polig
Selbstabschaltung:	Nach 1, 10, 30 Minuten oder aus
Umgebungstemperaturbereich:	-10 bis 50 °C, < 95 % Luftfeuchte ohne Kondensation
Abweichung im Temperatur- und Feuchtebereich:	Gerät: $< \pm 1 \%$ vom Anzeigewert Sensor KS943B.10: $< \pm 2 \%$ vom Anzeigewert Sensor KB103SV-100: $< \pm 3 \%$ vom Anzeigewert
Schutzgrad:	IP65 (gegen Strahlwasser geschützt)
Abmessungen:	165 x 92 x 31 mm ³
Masse mit Batterien:	350 g
Mitgeliefertes Zubehör:	VM30-I: RS-232-Schnittstellenkabel mit USB/RS-232-Adapter
Optionales Zubehör:	034: Signalkabel, 0,5 m, <i>Binder</i> 711 / 3 x BNC KB103SV-100: Triaxial-Sitz-Beschleunigungsaufnehmer KS943B.10: Triaxial-Beschleunigungsaufnehmer für Hand-Arm-Messungen 091: Kabel für KS943B.10, 3 m 140: Adapter für die Befestigung des Aufnehmers KS943B.10 auf gekrümmten Oberflächen 142: Handgehaltener Adapter für den Aufnehmer KS943B.10 auf gekrümmten Oberflächen 144: Kalibrieradapter für den Triaxi- al-Sitz-Beschleunigungsaufnehmer KB103SV-100
VM30-Zubehörsets	VM30-HA: Messkoffer für Hand-Arm-Schwingung VM30-WB: Messkoffer für Ganzkörper-Schwingung VM30HAWB: Messkoffer für Hand-Arm- und Gan- zkörper-Schwingung

Garantie

Metra gewährt auf diese Produkte eine Herstellergarantie von

24 Monaten.

Die Garantiezeit beginnt mit dem Rechnungsdatum.

Die Rechnung ist aufzubewahren und im Garantiefall vorzulegen.

Die Garantiezeit endet nach Ablauf von 24 Monaten nach dem Rechnungsdatum, unabhängig davon, ob bereits Garantieleistungen erbracht wurden.

Durch die Garantie wird gewährleistet, dass das Gerät frei von Fabrikations- und Materialfehlern ist, die die Funktion entsprechend der Bedienungsanleitung beeinträchtigen.

Garantieansprüche entfallen bei unsachgemäßer Behandlung, insbesondere Nichtbeachtung der Bedienungsanleitung, Betrieb außerhalb der Spezifikation und Eingriffen durch nicht autorisierte Personen.

Die Garantie wird geleistet, indem nach Entscheidung durch Metra einzelne Teile oder das Gerät ausgetauscht werden.

Die Kosten für die Versendung des Gerätes an Metra trägt der Erwerber.

Die Kosten für die Rücksendung trägt Metra.



Konformitätserklärung

Produkt: Humanschwingungsmessgerät

Typ: VM30-H

Hiermit wird bestätigt, dass das oben beschriebene Produkt den
folgenden Anforderungen entspricht:

EN 55022: 1998

EN 55024: 1998

Diese Erklärung wird verantwortlich für den Hersteller

Manfred Weber

Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeul e.K

Meißner Str. 58

D-01445 Radebeul

abgegeben durch

Michael Weber

Radebeul, den 4. Mai 2006