

# Betriebsanleitung

## Human Schwingungsanalysator PCE-VM 31



**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Sicherheitsinformationen</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Spezifikationen</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Systembeschreibung</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Grundlagen der Humanschwingungsmessung</b> .....	<b>7</b>
5.1	Einführung .....	7
5.2	EU-Richtlinie 2002/44/EG.....	7
<b>6</b>	<b>Humanschwingungsmessung mit dem VM31</b> .....	<b>10</b>
6.1	Batterien .....	10
6.2	Einschalten des Gerätes und Anschluss des Sensors.....	11
6.3	Hand-Arm-Schwingmessungen mit dem VM31 .....	12
6.3.1	Messpunkte für Hand-Arm-Schwingungen .....	12
6.3.2	Einstellungen am VM31 .....	13
6.4	Ganzkörper-Schwingungsmessung mit dem VM31 .....	14
6.4.1	Messpunkte für Ganzkörper-Schwingungen.....	14
6.4.2	Einstellungen am VM31 .....	15
	Ganzkörper-Messung mit Effektivwerten .....	15
<b>7</b>	<b>Allgemeine Schwingungsmessung</b> .....	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>Frequenzanalyse</b> .....	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>Messwertspeicher</b> .....	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>Tastensperre</b> .....	<b>23</b>
<b>11</b>	<b>Geräteeinstellungen</b> .....	<b>24</b>
11.1	Aufnehmerkalibrierung .....	24
11.2	Uhrzeit und Datum.....	24
11.3	Selbstabschaltung .....	25
11.4	Batterietyp.....	25
11.5	Displayhelligkeit .....	25
11.6	Menüsprache .....	26
11.7	Grundeinstellungen .....	26
<b>12</b>	<b>Reset-Taste</b> .....	<b>26</b>
<b>13</b>	<b>Verbindung mit dem PC</b> .....	<b>26</b>
<b>14</b>	<b>Datenübertragung zum PC</b> .....	<b>27</b>
14.1	Öffnen des Excel-Files vm31.xlsm .....	27
14.2	Datenimport .....	27
14.3	Berechnung des Tagesexpositionswertes.....	28
14.4	FFT-Datenimport .....	29
<b>15</b>	<b>Firmwareupdate</b> .....	<b>30</b>
<b>16</b>	<b>Kalibrierung</b> .....	<b>31</b>
<b>17</b>	<b>Entsorgung</b> .....	<b>32</b>

---

**18 Kontakt.....32**

## 1 Einleitung

Vielen Dank, dass Sie sich für den Kauf eines PCE-VM 31 von PCE Instruments entschieden haben. 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.

## 2 Sicherheitsinformationen

- Bitte lesen Sie vor Inbetriebnahme des Gerätes die Bedienungsanleitung sorgsam durch. Schäden, die durch Nichtbeachtung der Hinweise in der Bedienungsanleitung entstehen, entbehren jeder Haftung.
- Wird das Gerät für einen längeren Zeitraum nicht genutzt, entfernen Sie bitte die Batterien.
- Dieses Gerät darf nur in der in dieser Bedienungsanleitung beschriebenen Art und Weise verwendet werden. Wird das Gerät anderweitig eingesetzt, kann es zu gefährlichen Situationen kommen.
- Gerät keinen extremen Temperaturen, direkter Sonneneinstrahlung, extremer Luftfeuchtigkeit oder Nässe aussetzen.
- Benutzen Sie das Gerät nie mit nassen Händen.
- Es dürfen keine technischen Veränderungen am Gerät vorgenommen werden.
- Das Gerät sollte nur mit einem feuchten Tuch gereinigt werden. Keine Scheuermittel oder lösemittelhaltige Reinigungsmittel verwenden.
- Das Gerät darf nur mit dem von PCE Deutschland angebotenen Zubehör oder gleichwertigem Ersatz verwendet werden.
- Vor jedem Einsatz dieses Gerätes, bitte das Gehäuse auf sichtbare Beschädigungen überprüfen. Sollte eine sichtbare Beschädigung auftreten, darf das Gerät nicht eingesetzt werden.
- Das Gerät darf nicht in einer explosionsfähigen Atmosphäre eingesetzt werden.
- Wenn die Sicherheitshinweise nicht beachtet werden, kann es zur Beschädigung des Gerätes und zur Verletzungen des Bedieners kommen

Bitte lesen Sie dieses Benutzer-Handbuch sorgfältig und vollständig, bevor Sie das Gerät zum ersten Mal in Betrieb nehmen. Die Benutzung des Gerätes darf nur durch sorgfältig geschultes Personal erfolgen.

Dieses Benutzer-Handbuch wird von der PCE Deutschland ohne jegliche Gewährleistung veröffentlicht.

Wir weisen ausdrücklich auf unsere allgemeinen Gewährleistungsbedingungen hin, die sich in unseren Allgemeinen Geschäftsbedingungen finden lassen.

Bei Fragen kontaktieren Sie bitte die PCE Deutschland GmbH.

### 3 Spezifikationen

Eingänge	4 Low-Power-IEPE-Eingänge, > 0,7 mA / 17 V, Sensorempfindlichkeit 0,8 bis 120 mV/ms-2 TEDS-Unterstützung für Template 25 nach IEEE 1451.4	
Messbereiche	Sensor mit 1 mV/ms-2	Sensor mit 10 mV/ms-2
Beschleunigung	1100 m/s <sup>2</sup>	110 m/s <sup>2</sup>
Geschwindigkeit	100 - 10 000 mm/s (1 kHz / 1 Hz)	10 - 1000 mm/s (1 kHz / 1 Hz)
Weg (Spitzenwerte)	250 - 15 000 µm (5 Hz / 250 Hz)	25 - 1500 µm (5 Hz / 250 Hz)
Anzeigeauflösung	Sensor mit 1 / 10 mV/ms-2	Sensor mit 100 mV/ms-2
Beschleunigung	0,01 m/s <sup>2</sup>	0,001 m/s <sup>2</sup>
Geschwindigkeit	0,1 mm/s	0,001 mm/s
Weg	1 µm	0,1 µm
Linearitätsbereich	> 75 dB (für < ± 6 % Fehler)	
Rauschen	< 0,003 m/s <sup>2</sup>	
Datenspeicher	Flash; 10 000 Messwertdatensätze; 1000 FFTs	
Display	OLED, farbig, 128 x 160 Punkte	
USB-Schnittstelle	USB 2.0, Full-Speed, CDC-Modus, über Kabel VM2x-USB	
Batterien	3 Zellen Typ AAA; Alkaline (LR03) oder NiMH-Akkus (HR03)	
Betriebsdauer	10 - 14 Stunden, je nach Batteriekapazität	
Betriebstemperatur	- 20 – 60 °C	
Abmessungen	125 mm x 65 mm x 27 mm (ohne Steckverbindungen)	
Masse	140 g (mit Batterien, ohne Sensor)	

**4 Systembeschreibung**



## 5 Grundlagen der Humanschwingungsmessung

### 5.1 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 (auch ASA/ANSI S3.18)
- **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
- **ISO 28927** - Handgehaltene motorbetriebene Maschinen - Messverfahren zur Ermittlung der Schwingungsemission

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

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

### 5.2 EU-Richtlinie 2002/44/EG

Nachfolgend finden Sie eine Kurzzusammenfassung der EU-Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002. 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 VM31, erfolgen. Die Richtlinie legt folgende Grenzwerte fest:

Tabelle 1	Hand-Arm, RMS	Ganzkörper, RMS	Ganzkörper, RMS
<b>Auslösewert</b>	2,5 m/s <sup>2</sup>	0,5 m/s <sup>2</sup>	9,1 m/s <sup>1,75</sup>
<b>Expositionsgrenzwert</b>	5 m/s <sup>2</sup>	1,15 m/s <sup>2</sup>	21 m/s <sup>1,75</sup>

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 dem normierten **Tagesexpositionswert A(8)**, der sich auf einen Arbeitstag 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. Der Tagesexpositionswert errechnet sich dann nach:

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

Dabei sind:

A(8) der Tagesexpositionswert

$a_w$  der energieäquivalente Mittelwert der frequenzbewerteten Beschleunigung während der Einwirkungsdauer, das heißt - bei Hand-Arm-Schwingung die Vektorsumme der mit dem Filter Wh frequenzbewerteten Effektivwerte in den Richtungen X/Y/Z (Gleichung 2)

$$a_w = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2} \quad \text{Gleichung 2}$$

- bei Ganzkörper-Schwingung der größte der drei Effektivwerte  $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$  und  $a_{wz}$ , wobei folgende Frequenzbewertungen erfolgen:

- X und Y mit Bewertungsfiter  $W_d$  und mit Gewichtungsfaktor 1,4

- Z mit Bewertungsfiter  $W_k$  und mit Gewichtungsfaktor 1,0

$T_e$  die Dauer der Schwingungsbelastung pro Arbeitstag

$T_0$  die Bezugsdauer von 8 Stunden

Der Tagesexpositionswert 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. Der aus mehreren Belastungsabschnitten resultierende Tagesexpositionswert berechnet sich nach:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 T_{ei}} \quad \text{Gleichung 3}$$

Dabei sind:

A(8) der Tagesexpositionswert

$a_{wi}$  die energieäquivalenten Mittelwerte bzw. Vektorsummen ( $a_w$ ) der mit dem Filter Wh frequenzbewerteten Beschleunigungen während der i-ten Tätigkeit

$n$  die Anzahl von Tätigkeiten

$T_{ei}$  die Dauer der i-ten Tätigkeit

$T_0$  die Bezugsdauer von 8 Stunden

### Ganzkörper-Schwingung:

Für die Richtungen X/Y/Z werden drei separate Tagesexpositionswerte ermittelt. Der größte der drei Werte wird zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen, d.h. mit Grenzwerten nach Tabelle 1 verglichen.

$$A_x(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wxi}^2 T_{ei}} \quad \text{Gleichung 4}$$

$$A_y(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wyi}^2 T_{ei}} \quad \text{Gleichung 5}$$

$$A_z(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wzi}^2 T_{ei}} \quad \text{Gleichung 6}$$

Dabei sind:

$A_{x/y/z}(8)$  die Tagesexpositionswerte der drei Richtungen X/Y/Z

$A_{wx/y/z}$  die energieäquivalenten Mittelwerte ( $a_w$ ) der der Beschleunigungen der drei Richtungen X/Y/Z während des i-ten Belastungsabschnitts, wobei folgende Bewertungen erfolgen:

- X und Y mit Bewertungsfilter Wd und mit Gewichtungsfaktor 1,4
- Z mit Bewertungsfilter Wk und mit Gewichtungsfaktor 1,0

n die Zahl der Belastungsabschnitte

$T_{ei}$  die Dauer des i-ten Belastungsabschnitts

$T_0$  die Bezugsdauer von 8 Stunden

Die gezeigten Berechnungen des Tagesexpositionswerts basieren auf Effektivwerten (RMS). Alternativ dazu hat sich für Ganzkörper-Schwingung, insbesondere im angelsächsischen Raum, die Berechnung auf Basis von **Schwingungsdosiswerten (VDV)** etabliert. Dabei handelt es sich um die vierte Wurzel aus der Summe der vierten Potenzen mit der Maßeinheit  $m/s^{1,75}$ . Tabelle 1 enthält auch VDV-Grenzwerte.

Die Berechnung des Tagesexpositionswerts VDV(8) erfolgt nach:

$$VDV(8) = VDV * \sqrt[4]{\frac{T_{exp}}{T_{meas}}} \quad \text{Gleichung 7}$$

Dabei sind:

Dabei sind:

VDV(8) der Tagesexpositionswert

VDV der frequenzbewertete Schwingungsdosiswert während der Einwirkungsdauer

$T_{exp}$  die Einwirkungsdauer

$T_{meas}$  die Messdauer

Der Tagesexpositionswert auf Basis von VDV-Werten kann sich wieder aus mehreren Belastungsabschnitten mit unterschiedlichen Schwingungsdosiswerten zusammensetzen. Für die Richtungen X/Y/Z werden drei separate Tagesexpositionswerte ermittelt. Der größte der drei Werte wird zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen, d.h. mit Grenzwerten nach Tabelle 1 verglichen.

$$VDV_x(8) = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^n VDV_{xi}^4 * \frac{T_{iexp}}{T_{imeas}}} \quad \text{Gleichung 8}$$

$$VDV_y(8) = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^n VDV_{yi}^4 * \frac{T_{iexp}}{T_{imeas}}} \quad \text{Gleichung 9}$$

$$VDV_z(8) = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^n VDV_{zi}^4 * \frac{T_{iexp}}{T_{imeas}}} \quad \text{Gleichung 10}$$

Dabei sind:

$VDV_{x/y/z}(8)$  die Tagesexpositionswerte der drei Richtungen X/Y/Z

$VDV_{x/y/zi}$  die frequenzbewerteten Schwingungsdosiswerte der drei Richtungen X/Y/Z während des i-ten Belastungsabschnitts

$T_{exp}$  die Einwirkungsdauer des i-ten Belastungsabschnitts

$T_{meas}$  die Messdauer während des i-ten Belastungsabschnitts

Das VM31 misst Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingung, letztere sowohl auf Basis von Effektivwerten (RMS) als auch von Schwingungsdosiswerten (VDV). Zur Berechnung des Tagesexpositionswerts steht ein Excel-Makrofile zur Verfügung.

## 6 Humanschwingungsmessung mit dem VM31

### 6.1 Batterien

Das VM31 wird aus drei Alkaline-Standardzellen vom Typ AAA (LR03) versorgt. Auch NiMH-Akkus (HR03) sind einsetzbar. Die geringe Mindestversorgungsspannung des VM31 erlaubt eine optimale Ausnutzung der Batterien. Nach dem Batteriewechsel müssen Uhrzeit und Datum neu eingegeben werden. Andere Einstellungen sowie die gespeicherten Messwerte bleiben auch ohne Batterien erhalten. Zum Einlegen der Batterien lösen Sie die beiden Schrauben des Deckels auf der Geräterückseite und öffnen das Batteriefach (Bild). Bitte achten Sie beim Einlegen der Batterien auf die im Gehäuse eingeprägte Polarität.



Wichtig:

- Verwenden Sie immer drei Batterien gleichen Typs und Herstelungsdatums.
- 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.

Das VM31 hat in der linken oberen Ecke des Displays eine feinstufige Batterieanzeige. Ein grün gefülltes Batteriesymbol entspricht der vollen Batteriespannung. Wird das Symbol rot, ist die Batterie zu wechseln. Lesen Sie dazu auch Abschnitt 11.4.

Ist das VM31 mit einem USB-Anschluss verbunden, wird es von der USB-Spannung des PCs versorgt, um die Batterien zu schonen. In diesem Fall wird statt der Batterieanzeige „Extern“ ausgegeben.

## 6.2 Einschalten des Gerätes und Anschluss des Sensors

Schalten Sie das Gerät ein, indem Sie die ON / OFF - Taste drücken. Wenn nicht bereits ein Sensor angeschlossen ist, stecken Sie das Sensorkabel in die rechte Buchse. Das VM31 ist mit einer TEDS-Funktion<sup>1</sup> nach IEEE 1451.4 ausgestattet. Es erkennt einen angeschlossenen Sensor automatisch und liest die Sensorempfindlichkeit ein. Sie brauchen unter der Überschrift „TEDS“ die angezeigten Empfindlichkeiten für X/Y/Z nur mit der OK-Taste bestätigen:



Voraussetzung sind Sensoren mit TEDS-Funktion und Standard-Template Nr. 25.

Sollte ein angeschlossener Sensor nicht TEDS-kompatibel sein, fordert das Gerät unter der Überschrift „Aufnehmer“ zur manuellen Eingabe der Empfindlichkeiten Y/Y/Z auf (vgl. Abschnitt 11.1).

Solange ein Sensor angeschlossen ist, bleiben die Empfindlichkeiten gespeichert. Dies ist auch der Fall, wenn die Batterien entnommen werden. Die TEDS-Sensorerkennung geschieht nur dann, wenn das Gerät vor dem Anschluss des Sensors „SENSOR!“ angezeigt hat.

Einen fehlenden oder defekten Sensor (Kabelbruch, Kurzschluss o.ä.) erkennt man an der Anzeige „SENSOR!“ an Stelle des Messwerts des betreffenden Kanals. Die geschieht mit Hilfe der über dem Sensor anliegenden Arbeitspunktspannung:

Einen fehlenden oder defekten Sensor (Kabelbruch, Kurzschluss o.ä.) erkennt man an der Anzeige „SENSOR!“ an Stelle des Messwerts des betreffenden Kanals. Die geschieht mit Hilfe der über dem Sensor anliegenden Arbeitspunktspannung:

< 0,7 V:	Kurzschluss
0,7 – 14 V:	in Ordnung
>14 V:	Leerlauf, z.B. Kabelbruch

Nach dem Einschalten und dem Wechsel des Sensors benötigt das Gerät etwa eine Minute Einschwingzeit.

Das VM31 eignet sich zum Anschluss aller piezoelektrischen IEPE-Beschleunigungsaufnehmer, die mit einem Konstantstrom von 1 mA betrieben werden können. Die drei im Gerät enthaltenen Konstantstromquellen haben eine Vorspannung von 18 V.

### 6.3 Hand-Arm-Schwingmessungen mit dem VM31

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

#### 6.3.1 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.



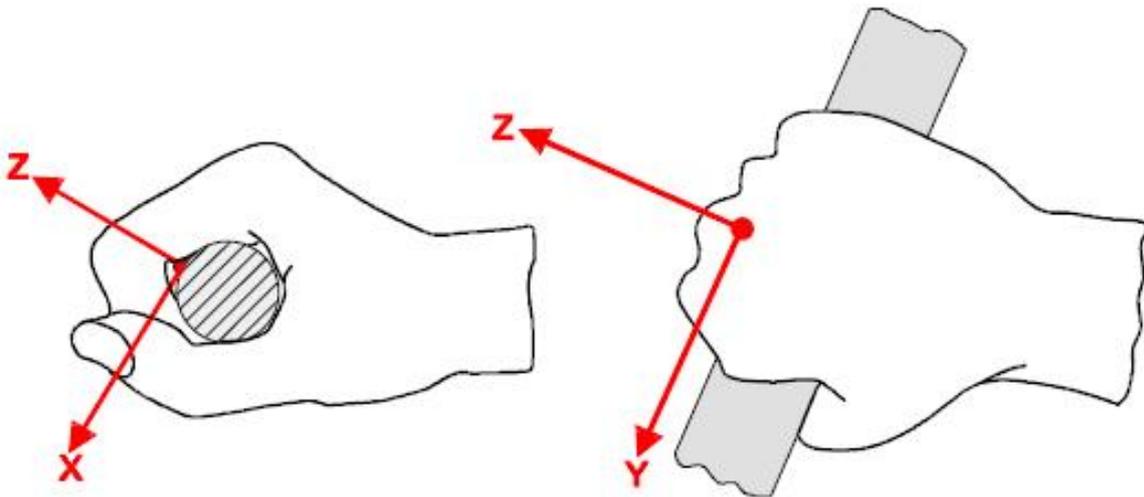
Spannbandadapter 140



Handgehaltener Adapter 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. Folgendes Bild 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.



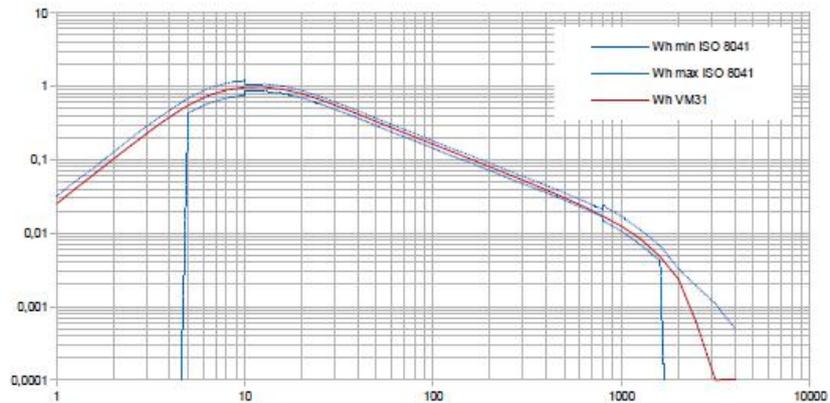
### 6.3.2 Einstellungen am VM31

Für die Dokumentation von Hand-Arm-Schwingungsmessungen ist es empfehlenswert, sowohl die Intervall-Effektivwerte für die drei Achsen, als auch die Vektorsumme  $a_W$  anzugeben. Das VM31 erfasst alle vier Werte gleichzeitig. Weiterhin wird der MTVV (Maximum Transient Vibration Value) angezeigt. Dabei handelt es sich um den höchsten seit Beginn der Messung aufgetretenen Effektivwert mit 1 s Mittelungsdauer, der ein Maß für die Stoßhaltigkeit der Vibration ist.

Als Frequenzbewertung kommt das Filter Wh zur Anwendung. Bild 11 zeigt dessen Frequenzgang beim VM31 und den Toleranzbereich nach ISO 5349.



Hand-Arm-Messung



Hand-Arm-Bewertungsfilter Wh

Öffnen Sie mit F3 das Hauptmenü, wählen Sie „Messmodus“/„Humanschwingung“/ „Hand-Arm ISO 5349“/„Gesundheit“. Danach gelangen Sie wieder zur Messwertanzeige (siehe oben: Hand-Arm-Messung). Mit F1 können Sie die Einstellungen überprüfen. Sind die Messbedingungen stabil, d.h. Sensor und Hände befinden sich am Messobjekt, welches die zu untersuchende Tätigkeit ausführt, kann die Hand-Arm-Schwingungsmessung beginnen. Dazu wird die Taste ► (Reset) gedrückt. Dies bewirkt folgendes:

- Die Intervall-Effektivwerte X/Y/Z, die Vektorsumme  $a_W$  und der MTVV werden auf null gesetzt.
- Der Messdauertimer wird neu gestartet.

Ein Reset ist vor jeder Messung zwingend erforderlich, um definierte Startbedingungen herzustellen. Die Intervall-Effektivwerte X/Y/Z und die Vektorsumme  $a_W$  werden über die Dauer der Messung gemittelt. Dies hat zur Folge, dass die Anzeigewerte immer weniger schwanken, je länger die Messung andauert. Einzelne Stöße beeinflussen das Messergebnis mit zunehmender Messdauer immer weniger. Relevant für die Gesundheitsbewertung sind nur die zuletzt angezeigten Messwerte. Eine Mindestmessdauer von 30s sind für Hand-Arm-Schwingung empfehlenswert. Zur Warnung bleibt die Anzeige des Messdauertimers bis zu diesem Zeitpunkt rot.

Nach Ablauf einer hinreichenden Messdauer speichern Sie das Messergebnis durch Drücken der Taste ▼. Der Arbeitsvorgang sollte im Moment des Speicherns noch andauern oder unmittelbar zurück liegen, andernfalls sinken die Anzeigewerte langsam. Sie werden nun zur Eingabe eines Kommentartexts von 2 Zeilen zu je 10 Zeichen aufgefordert, mit dem die gespeicherten Messwerte später identifiziert werden können. Mit den Tasten ◀▶ wählen Sie zwischen Großbuchstaben und Ziffern bzw. wechseln die Eingabeposition, mit F1 wechseln Sie die Zeile. Vor der Kommentareingabe kann die Messung beendet werden, da die Messwerte bereits beim Drücken der Speichertaste gesichert wurden.

Sollen mehrere Belastungsabschnitte gemessen werden, sind mehrere Messungen durchzuführen (vgl. Kapitel 5.2).

Tritt während der Messung eine Übersteuerung auf, erscheint die Meldung „OVERLOAD“ statt des Messwerts für den betreffenden Kanal. Auch wenn die Übersteuerungsmeldung nur kurzzeitig auftrat, ist die Messung ungültig, da Messwerte für die Mittelwertbildung fehlen. Ein Übersteuerungsereignis während der Mittelungsdauer wird durch die Meldung „OVL!“ hinter dem Datum signalisiert. Durch Drücken der Taste ► (Reset) wird die Meldung gelöscht.

Zur Berechnung der **Tagesexpositionswerts A(8)** und zur Dokumentation der Messergebnisse dient das Excel-Makrofile vm31.xlsm.

Bei der Messung von Hand-Arm-Schwingung wird der vierte Messkanal des VM31 nicht angezeigt.

## 6.4 Ganzkörper-Schwingungsmessung mit dem VM31

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.

### 6.4.1 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.

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

Das folgende Bild zeigt die Anordnung der Koordinatenrichtungen gemäß ISO 2631. Es ist ersichtlich, dass die Z-Achse immer längs der Wirbelsäule ausgerichtet ist. Der Schwingungsaufnehmer ist entsprechend auszurichten. Eine Ausnahme bildet die Sensorausrichtung bei Messungen an der Rückenlehne (vgl. Hinweis unter Tabelle 2).

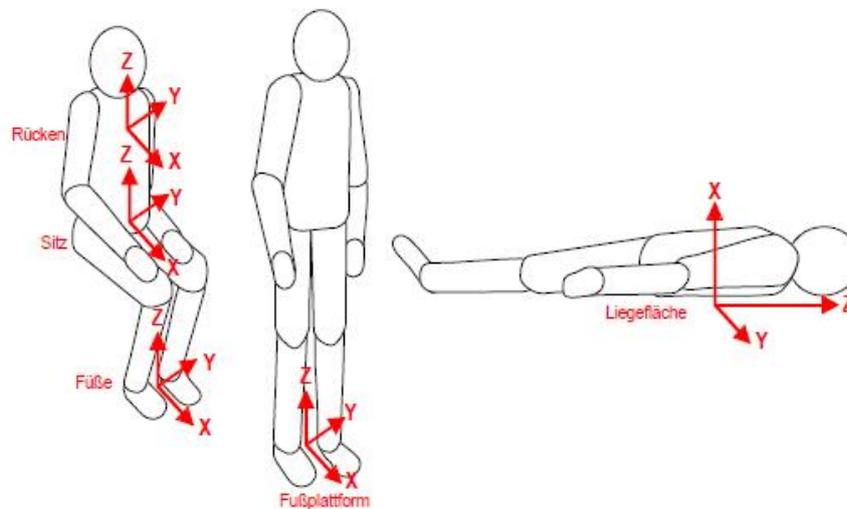


Tabelle 2 Ganzkörper-Gesundheitsbewertung				
Position	Messort	Schwingungsrichtung	Frequenzbewertung	Gewichtungsfaktor
Sitzend	Sitzfläche	X/Y/Z	$W_d; W_k$	1,4; 1
Ganzkörper-Komfortbewegung				
Sitzend	Sitzfläche	X/Y/Z	$W_d; W_k$	1; 1
	Fußplattform	X/Y/Z	$W_k$	0,25; 0,4
	Rückenlehne	X*/Y/Z*	$W_c; W_d; W_d$	0,8; 0,5; 0,4
Stehend	Fußplattform	X/Y/Z	$W_d; W_k$	1; 1
Liegend	Unter dem Becken	X (vertikal)	$W_k$	1
		Y / Z (horizontal)	$W_d$	1
In Eisenbahnen:				
Stehend	Fußplattform	X/Y/Z	$W_b$	1
Sitzend	Sitz/Lehne/Füße			
Liegend	Liegefläche, Becken/Kopf			
In Gebäuden				
Unbestimmt	In Gebäuden	X/Y/Z	$W_m$	1

Tabelle 2: Bewertungsfilter und -faktoren für Ganzkörperschwingung

\* Bei Messungen an der Rückenlehne liegt die Z-Achse, wie bei allen Positionen, in Richtung der Wirbelsäule. Wird ein Sitzkissen-Beschleunigungsaufnehmer zwischen Mensch und Rückenlehne platziert, liegt dessen Z-Achse jedoch senkrecht zur Rückenlehne und damit auch zur Wirbelsäule. Das VM31 vertauscht daher die X- und die Z-Achse. Ein entsprechender Hinweis wird angezeigt.

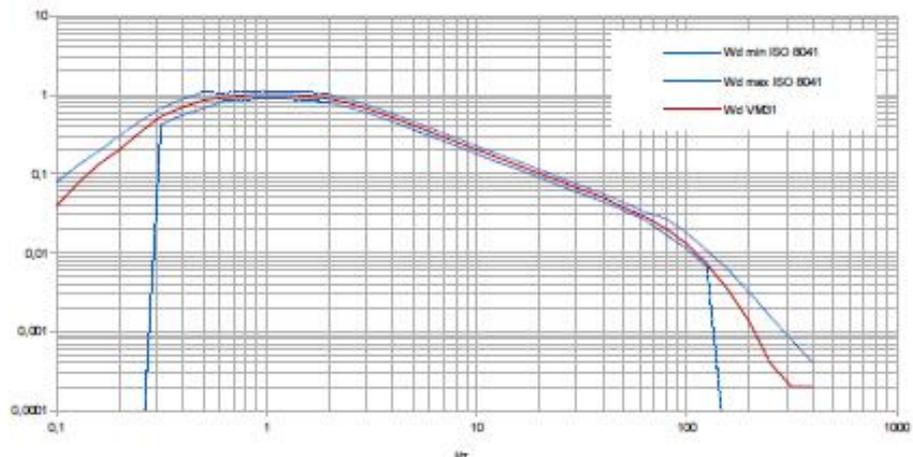
### 6.4.2 Einstellungen am VM31

#### Ganzkörper-Messung mit Effektivwerten

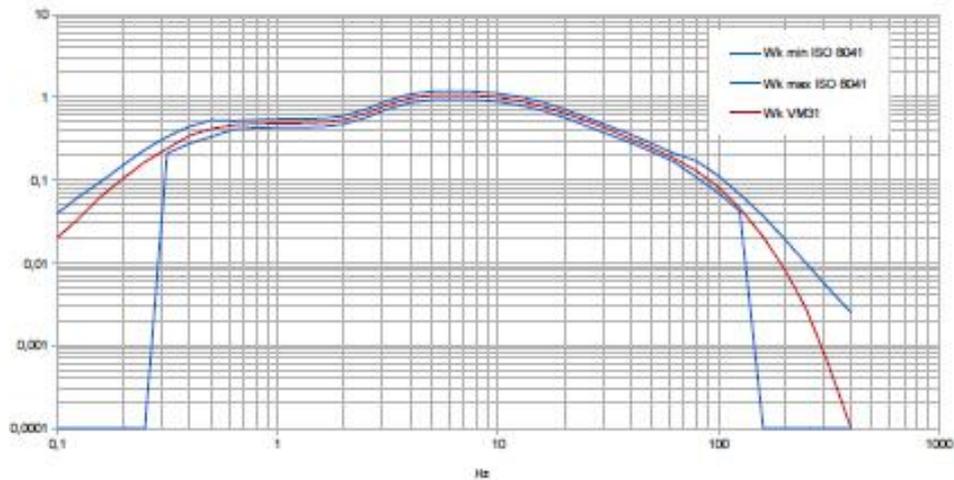
Für die Dokumentation von Ganzkörper-Schwingungsmessungen ist es empfehlenswert, sowohl die Intervall-Effektivwerte für die drei Achsen, als auch die Vektorsumme  $a_W$  anzugeben. Das VM31 erfasst alle vier Werte gleichzeitig. Weiterhin wird der MTVV (Maximum Transient Vibration Value) angezeigt. Dabei handelt es sich um den höchsten aufgetretenen Effektivwert mit 1 s Mittelungsdauer seit Beginn der Messung, der ein Maß für die Stoßhaltigkeit der Vibration ist. Die nachfolgende Beschreibung zeigt die Messung zur Gesundheitsbewertung auf der Sitzfläche mit den Bewertungsfiltern  $W_d$  für X/Y und  $W_k$  für Z sowie den Gewichtungsfaktoren 1,4 für X/Y und 1,0 für Z. In Bild 15 und 16 sehen Sie die Frequenzgänge der Filter  $W_d$  und  $W_k$  im VM31 und die Toleranzbereiche nach ISO 8041.



Ganzkörper-Messung

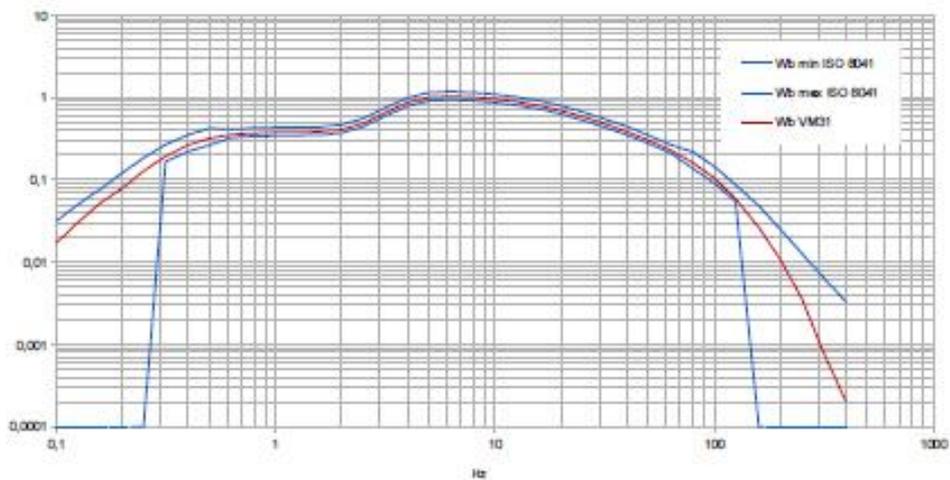


Ganzkörper-Bewertungsfilter Wd

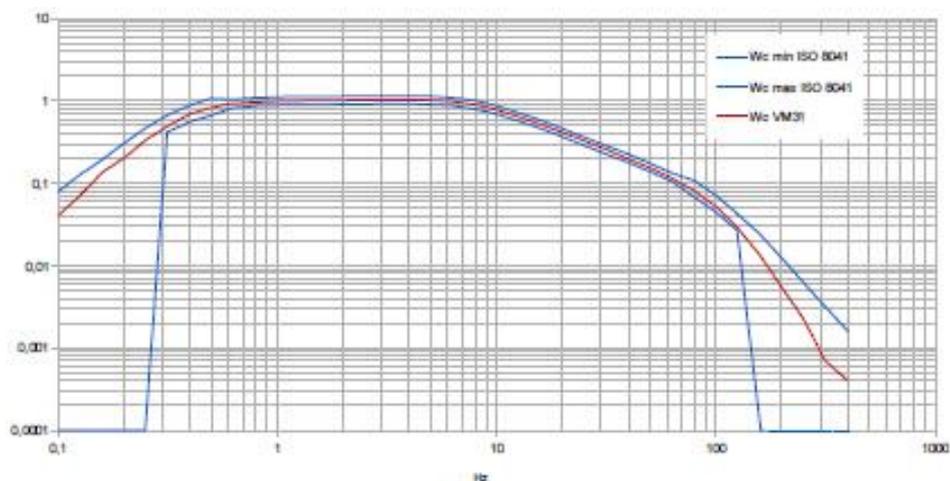


Ganzkörper-Bewertungsfiler Wk

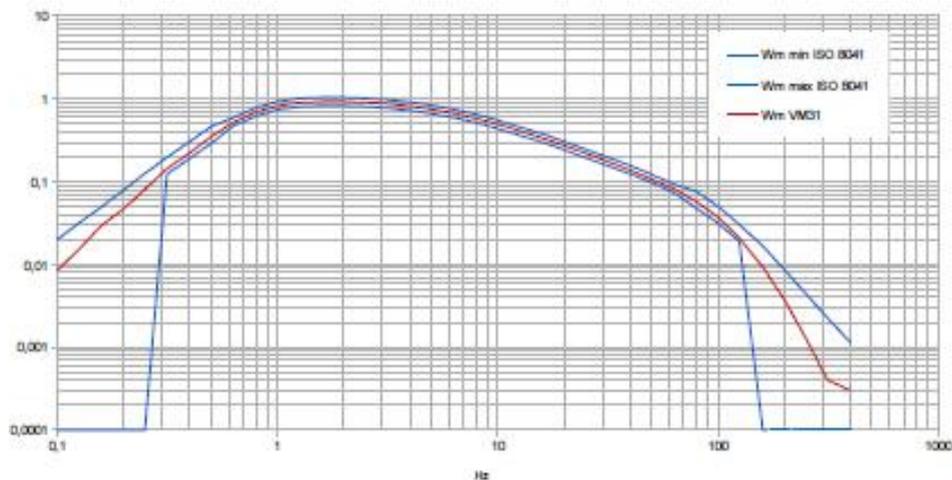
Das VM31 erlaubt neben Messungen zur Gesundheitsbewertung auch solche zur Komfortbewertung in anderen Positionen und mit anderen Bewertungen (vgl. Tabelle 2). Die Vorgehensweise ist dabei identisch. Die passenden Bewertungsfiler werden über das Menü „Komfortbewertung“ bei der Auswahl von Position und Messort zugeordnet. Die Bilder 17 bis 19 zeigen Frequenzgänge der zusätzlich vorhandenen Bewertungsfiler zur Komfortbewertung.



Bewertungsfiler Wb für Ganzkörper-Schwingung in Eisenbahnen



Bewertungsfiler Wc für Ganzkörper-Schwingung an Rückenlehnen



Bewertungsfilter Wm für Ganzkörper-Schwingung in Gebäuden

Zur Messung von Ganzkörper-Schwingung mit Gesundheitsbewertung öffnen Sie mit F3 das Hauptmenü, wählen „Messmodus“/„Humanschwingung“/„Ganzkörper ISO 2631“/„Gesundheit“. Danach gelangen Sie wieder zur Messwertanzeige (Bild: Ganzkörpermessung). Mit F1 können Sie die Einstellungen überprüfen.

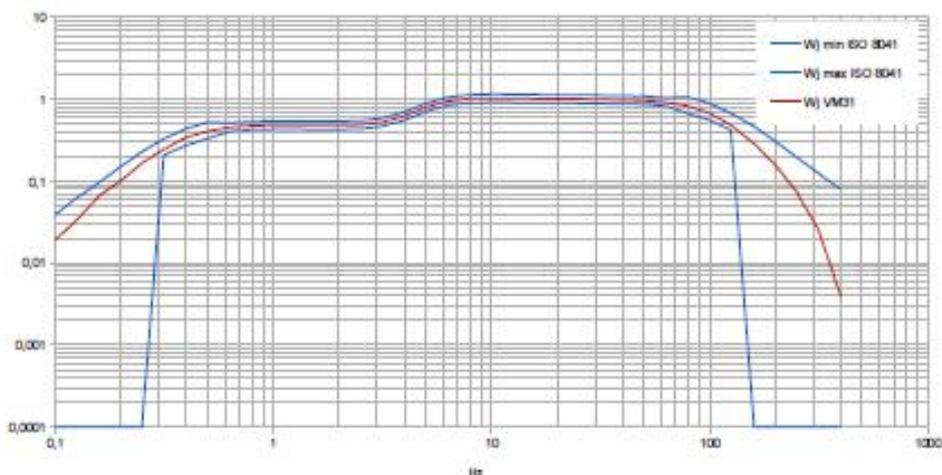
Falls erforderlich, schalten Sie die Messwertanzeige durch Drücken der Taste ◀ von VDV auf Intervall-Effektivwert um.

Sind die Messbedingungen stabil, d.h. Sensor und Testperson befinden sich am vorgesehenen Ort unter den zu untersuchenden Schwingungsbedingungen, kann die Ganzkörper-Schwingungsmessung beginnen. Dazu wird die Taste ▶ (Reset) gedrückt. Dies bewirkt folgendes:

- Die Intervall-Effektivwerte X/Y/Z und die Vektorsumme aW werden auf Null gesetzt.
- Der Messdauertimer wird neu gestartet.

Ein Reset ist vor jeder Messung zwingend erforderlich, um definierte Startbedingungen herzustellen.

Die Intervall-Effektivwerte X/Y/Z und der Schwingungsgesamtwert aW werden über die Dauer der Messung gemittelt. Dies hat zur Folge, dass die Anzeigewerte immer weniger schwanken, je länger die Messung andauert. Einzelne Stöße beeinflussen das Messergebnis immer weniger, je länger die Messung dauert. Relevant für die Bewertung sind nur die zuletzt angezeigten Messwerte. Eine Mindestmessdauer von 2 Minuten ist für Ganzkörper-Schwingung empfehlenswert. Daher bleibt die Anzeige des Messdauertimers bis zu diesem Zeitpunkt rot.



Bewertungsfilter Wj für Ganzkörper-Schwingung am Kopf (liegend)

Die angezeigten Intervall-Effektivwerte X/Y/Z, der Schwingungsgesamtwert aW und der Maximaleffektivwert MTVV enthalten bereits die Gewichtungsfaktoren (k). Nach Ablauf einer hinreichenden Messdauer speichern Sie das Messergebnis durch Drücken der Taste ▼. Der Messvorgang sollte im Moment des Speicherns noch andauern oder unmittelbar zurück liegen, andernfalls sinken die Anzeigewerte langsam. Sie werden nun zur Eingabe eines Kommentartexts von 2 Zeilen zu je 10 Zeichen aufgefordert, mit dem die gespeicherten Messwerte später identifiziert werden können. Mit den Tasten ◀▶ wählen Sie zwischen Großbuchstaben und Ziffern bzw. wechseln die Eingabeposition, mit F1 wechseln Sie die Zeile. Vor der Kommentareingabe kann die Messung beendet werden, da die Messwerte bereits beim Drücken der Speichertaste gesichert wurden. Sollen mehrere Belastungsabschnitte gemessen werden, sind mehrere Messungen durchzuführen (vgl. Kapitel 5.2). Tritt während der Messung eine Übersteuerung auf, erscheint die Meldung „OVERLOAD“ statt des Messwerts für den betreffenden Kanal. Auch wenn die Übersteuerungsmeldung nur kurzzeitig auftrat, ist die Messung ungültig, da Messwerte für die Mittelwertbildung fehlen. Ein Übersteuerungsereignis während der Mittelungsdauer wird durch die Meldung „OVL!“ hinter dem Datum signalisiert. Durch Drücken der Taste ▶ (Reset) wird die Meldung gelöscht. Zur Berechnung der Tagesexpositionswerts A(8) und zur Dokumentation der Messergebnisse dient das Excel-Makrofile vm31.xlsm.

### Ganzkörper-Messung mit Schwingungsdosiswerten (VDV)

Mit dem VM31 können Ganzkörper-Schwingungen auch als Schwingungsdosiswerte (VDV) gemessen werden. Dabei handelt es sich um einen Effektivwert der vierten Potenzen der frequenzbewerteten Beschleunigungen.

$$VDV = \sqrt[4]{\int_0^T a_w^4(t) dt} \quad \text{Gleichung 11}$$

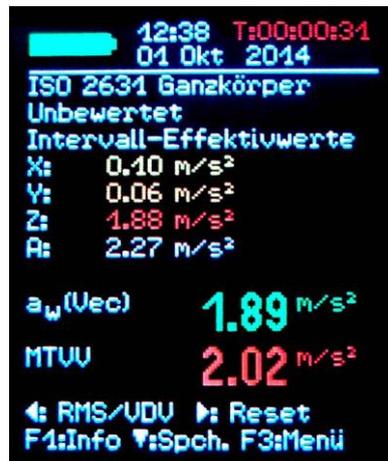
Der VDV reagiert empfindlicher auf Einzelstöße als der quadratische Mittelwert. Seine Maßeinheit ist m/s<sup>1,75</sup>. Er ist vorwiegend im angelsächsischen Raum gebräuchlich. Durch Drücken der Taste ◀ schalten Sie das VM31 vom Intervall-Effektivwert auf VDV-Messung um (folgendes Bild). Es werden die gleichen Bewertungsfilter und –faktoren verwendet, wie bei Messung des quadratisch gemittelten Effektivwerts. Mit der Taste F1 können Sie die Einstellungen überprüfen. Das Gerät zeigt die VDV-Werte der drei Richtungen X/Y/Z an. Außerdem werden der größte der drei Richtungswerte (Max. VDV) und der größte Wert seit Beginn der Messung (Max. abs.) ausgegeben. Die angezeigten Schwingungsdosiswerte enthalten bereits die Gewichtungsfaktoren (k). Auch VDV-Messungen müssen durch Drücken der Taste ▶ (Reset) gestartet werden. Die Speicherung von Messwerten nach Ablauf der Mindestmessdauer erfolgt durch Drücken der Taste ▼. Das Excel-Makrofile vm31.xlsm erlaubt auch die Berechnung des Tagesexpositionswerts auf Basis von VDV-Messungen.



VDV-Messung

### Sitzübertragungsfaktor SEAT

Durch gleichzeitige Messung der Schwingbeschleunigung auf dem Sitz von Arbeitsmaschinen oder Fahrzeugen sowie am Befestigungspunkt des Sitzes kann das Dämpfungsverhalten beurteilt werden. Der Kennwert SEAT (Seat Effective Amplitude Transmissibility) ist der Quotient aus der Beschleunigung auf dem Sitz und der Beschleunigung am Befestigungspunkt des Sitzes. Es werden nur die Werte in Z-Richtung, also senkrecht zur Sitzfläche, berücksichtigt. Der vierte Messkanal des VM31 kann in Verbindung mit einem einachsigen Beschleunigungsaufnehmer für SEAT-Messungen genutzt werden. Gut geeignet ist der TEDS-Beschleunigungsaufnehmer KS78.100. Er wird mit dem Kabel VM31-A an die linke Buchse angeschlossen (vgl. Bild 1). Der vierte Messkanal wird im VM31 mit „A“ bezeichnet. Die Empfindlichkeit wird, sofern es sich um einen TEDS-Sensor handelt, automatisch übernommen. Anderenfalls ist sie manuell einzugeben (vgl. Abschnitt 6.2). Kanal A hat keine Frequenzbewertung. Der lineare (-3 dB) Frequenzbereich ist 0,8 bis 250 Hz. Die Anzeige des Effektiv- oder VDV-Werts von Kanal A erfolgt unter den Werten der Kanäle X/Y/Z (folgendes Bild). Für die Vergleichbarkeit der Messwerte sollte auch auf Kanal X/Y/Z die unbewertete Beschleunigung gemessen werden. Öffnen Sie dazu mit F3 das Hauptmenü, wählen Sie „Messmodus“/„Humanschwingung“/„Ganzkörper ISO 2631“/„Unbewertet“.



SEAT-Messung mit Kanal A

## 7 Allgemeine Schwingungsmessung

Neben den Messbereichen für Humanschwingung misst das VM31 auch folgende Schwinggrößen:

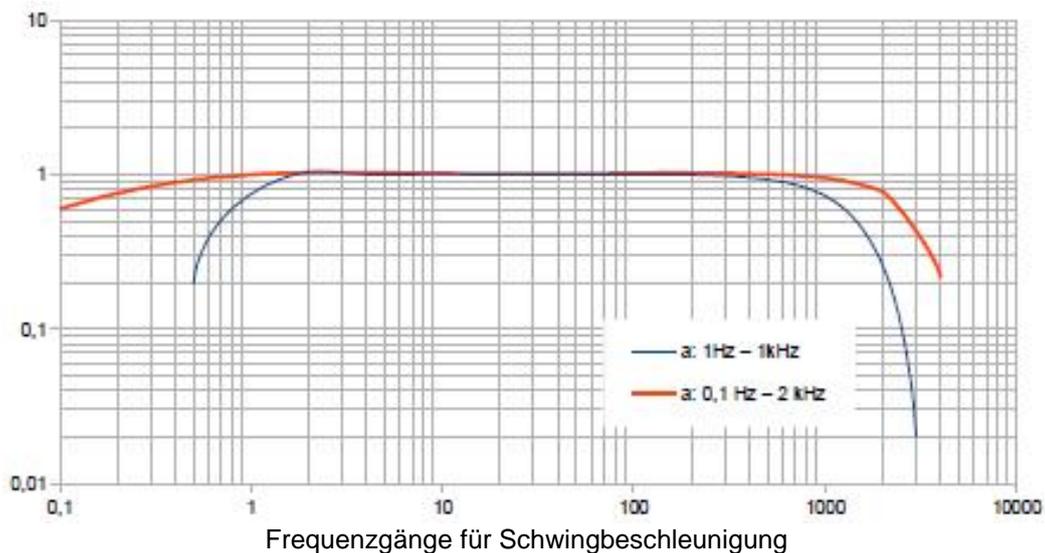
- Schwingbeschleunigung von 0,1 bis 2000 Hz und 1 bis 1000 Hz,
- Schwinggeschwindigkeit von 1 bis 100 Hz, 2 bis 1000 Hz und 10 bis 1000 Hz,
- Schwingweg von 5 bis 200 Hz.

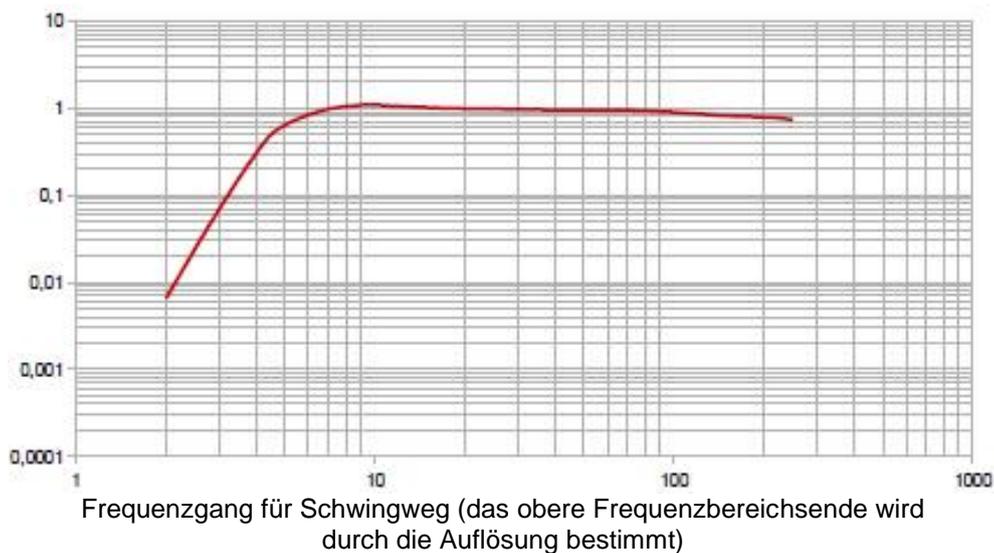
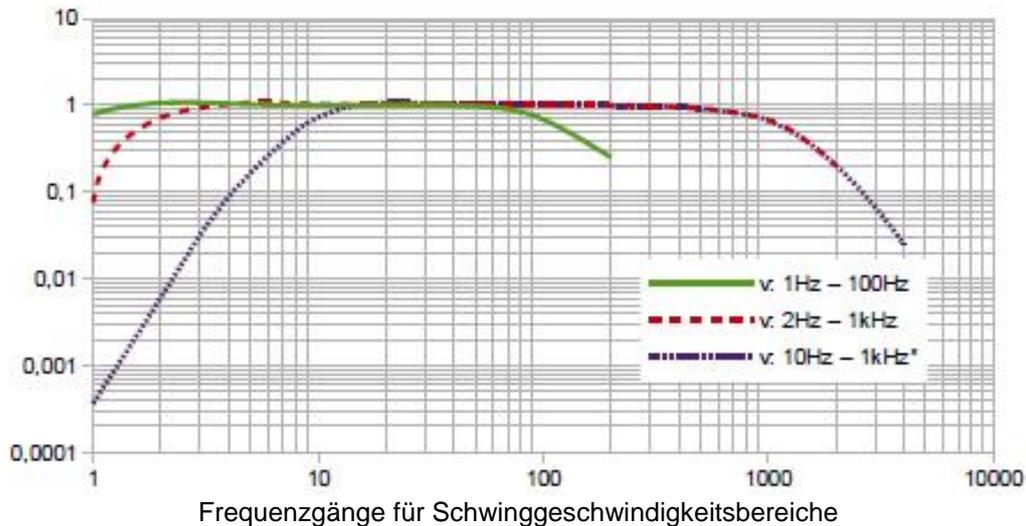
Zur Auswahl drücken Sie F3, öffnen das Menü „Messmodus“ und wählen die gewünschte Betriebsart mit den Tasten ▲▼ und OK. In der Messwertanzeige können Sie durch Drücken der Taste ◀ zwischen Effektivwert- und Spitzenwertanzeige wechseln. Im Unterschied zur Humanschwingungsmessung handelt es sich hier um den gleitenden Effektivwert, der nur über die Dauer einer Messperiode gemittelt wird. Auch der Spitzenwert wird für jede Messperiode neu ermittelt. Eine Messperiode ist die Zeit zwischen zwei Anzeigewerten. Sie liegt, je nach unterer Grenzfrequenz, zwischen 1 und 4 Sekunden. Es werden die drei Effektiv- bzw. Spitzenwerte der Richtungen X/Y/Z angezeigt. Falls ein Sensor am Kanal A angeschlossen ist, zeigt das Gerät auch dessen Messwerte an. Kanal A misst immer die Beschleunigung. Der Frequenzbereich ist abhängig von der auf X/Y/Z angezeigten Messgröße.

Tabelle 3: Frequenzbereiche des Kanals A

Schwinggröße X/Y/Z	Frequenzbereich X/Y/Z	Frequenzbereich A
Schwingbeschleunigung	0,1 bis 2000 Hz	0,1 bis 2000 Hz
Schwingbeschleunigung	1 bis 1000 Hz	3 bis 1000 Hz
Schwinggeschwindigkeit	1 bis 100 Hz	1 bis 250 Hz
Schwinggeschwindigkeit	2 bis 1000 Hz	2,5 bis 750 Hz
Schwinggeschwindigkeit	10 bis 1000 Hz	2,5 bis 750 Hz
Schwingweg	5 bis 200 Hz	1 bis 250 Hz

Die Schwinggeschwindigkeit wird aus der vom Sensor gemessenen Schwingbeschleunigung durch einfache und der Schwingweg durch doppelte Integration gebildet. Die Integration hat eine starke Dämpfung des Sensorsignals im höherfrequenten Bereich zur Folge. Dadurch ist die obere Frequenzgrenze der Schwinggeschwindigkeit und insbesondere des Schwingwegs eingeschränkt. Weiterhin werden bei Integration tieffrequente Signale, also auch tieffrequentes Rauschen, stark angehoben, wodurch auch die untere Grenzfrequenz beschränkt werden muss. Die Frequenzgangdiagramme der drei Schwinggrößen sehen Sie in folgenden Bildern.





Durch Drücken der Taste F1 aus der Messwertanzeige heraus können Sie den gewählten Frequenzbereich anzeigen. Unter den 3 bzw. 4 Einzelmesswerten zeigt das VM31 zwei kombinierte Messwerte an, die aus den Kanälen X/Y/Z ermittelt werden. Die sind

- bei Effektivwertanzeige die Vektorsumme der Kanäle X/Y/Z ( $aw(\text{Vec})$ ) und der größte aufgetretene Effektivwert (Max. abs.) seit dem letzten Drücken der Reset- Taste ►
- bei Spitzenwertanzeige der größte der drei angezeigten Spitzenwerte für X/Y/Z (Max. XYZ) und der größte Spitzenwert (Max. abs.) seit dem letzten Drücken der Reset-Taste ►.

Maximalwerte werden jeweils in der Farbe des Kanals angezeigt, auf dem sie auftraten.

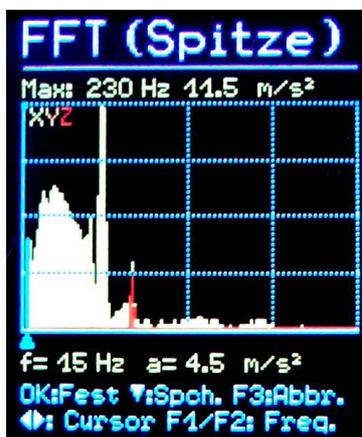
Tritt während der Messung eine Übersteuerung auf, erscheint die Meldung „OVERLOAD“ statt des Messwerts für den betreffenden Kanal. Ein Übersteuerungsereignis während der Messdauer wird durch die Meldung „OVL!“ hinter dem Datum signalisiert. Das Drücken der Reset-Taste ► bewirkt folgendes:

- Löschen aller Maximalwerte,
- Löschen der kanalübergreifenden Übersteuerungsmeldung „OVL!“
- Neustart des Messtimers.

Die Speicherung von Messwerten erfolgt durch Drücken der Taste ▼. Das Excel-Makrofile vm31.xlsm erlaubt die Übertragung der gemessenen Messwerte von X/Y/Z und A sowie der kombinierten Messwerte zum PC.

## 8 Frequenzanalyse

Zum Auffinden von Hauptfrequenzen erlaubt das VM31 die Anzeige des FFT-Spektrums der Spitzenwerte der Schwingbeschleunigung. Dazu drücken Sie die Taste F3 und wählen „Frequenzanalyse“. Sie sehen ein Spektrum mit 126 Linien (Bild 27). Die drei Richtungen X/Y/Z2 werden in den Kanalfarben dargestellt. Über dem Diagramm werden, ebenfalls in der betreffenden Kanalfarbe, Amplitude und Frequenz der größten Spektrallinie ausgegeben. Mit den Tasten ◀▶ bewegen Sie den Cursor. Amplitude und Frequenz an der Cursorposition werden unter dem Diagramm angezeigt. Durch Drücken der Tasten F1 oder F2 kann der Frequenzbereich verkleinert oder vergrößert werden.



Frequenzanalyse

Folgende Frequenzbereiche sind wählbar:

- 3 bis 244 Hz
- 7 bis 488 Hz
- 15 bis 977 Hz
- 30 bis 1954 Hz

Die Speicherung von Spektren erfolgt durch Drücken der Taste ▼. Das VM31 kann 1000 Spektren aufnehmen. Zum Abrufen der gespeicherten FFT-Daten öffnen Sie das Hauptmenü mit F3. Unter „Messwertspeicher“ wählen Sie „FFTs ansehen/löschen“. Mit den Tasten ▲▼ suchen Sie das gewünschte Spektrum. Die Cursorfunktion steht über die Tasten ◀▶ zur Verfügung. Der Inhalt des FFT-Speichers kann über das mitgelieferte USB-Kabel mit dem Excel-Makrofile vm31.xlsm zum PC übertragen und grafisch dargestellt werden.

## 9 Messwertspeicher

Das VM31 verfügt über einen Speicher für 10 000 Messwertdatensätze. Ein Datensatz enthält

- Datum und Uhrzeit
- Kommentartext (20 Zeichen)
- Angaben zum Filter und zur Messgröße
- Messwerte X/Y/Z, ggf. Messwert A und 2 kombinierte Messwerte (z.B. Vektorsummen und Maximalwerte)

Die gespeicherten Datensätze können im Gerät angezeigt werden. Drücken Sie dazu die Taste F3 zum Öffnen des Menüs und wählen sie „Messwertspeicher“ / „Messw. ansehen/löschen“. Mit den Tasten ▲▼ wählen Sie den gewünschten Datensatz aus (Bild). Durch Drücken der Taste ◀ können Sie einzelne Datensätze löschen. Der Datensatz wird damit nicht mehr angezeigt. Sein Speicherplatz wird jedoch erst beim Löschen des gesamten Speichers freigegeben (Menü „Messwertspeicher“ / „Speicher löschen“). Bitte beachten Sie, dass dabei auch die FFT-Daten gelöscht werden. Der Inhalt des Messwertspeichers kann über das mitgelieferte USB-Kabel mit dem Excel-Makrofile vm31.xlsm zum PC übertragen werden.



## 10 Tastensperre

Diese Funktion kann zweckmäßig sein, wenn eine Messung nicht versehentlich unterbrochen werden soll, zum Beispiel, wenn das Gerät während einer Messung in einer Tasche steckt. Zum Aktivieren der Tastensperre öffnen Sie mit F3 das Hauptmenü und wählen „Tastensperre“. Bestätigen Sie den Hinweis mit OK. Danach wird beim Drücken von Tasten „Tastensperre“ angezeigt und keine Funktion ausgeführt. Zum Lösen der Tastensperre müssen Sie die Tasten ◀▲▼▶ gleichzeitig gedrückt halten, bis das Gerät „Tasten entsperrt“ anzeigt.

## 11 Geräteeinstellungen

### 11.1 Aufnehmerkalibrierung

Sollte kein TEDS-Aufnehmer angeschlossen sein, wird die Sensorempfindlichkeit manuell über das Menü „Aufnehmerkalibrierung“ eingetragen. Das Menü öffnet sich automatisch beim Anschluss eines Sensors (vgl. Abschnitt 6.2). Es kann jedoch auch später aus dem Menü „Geräteeinstellungen“ geöffnet werden, um die eingetragenen Empfindlichkeiten zu überprüfen oder zu ändern. Die Eingabe der Empfindlichkeit erfolgt nacheinander für die Kanäle Y/Y/Z und, falls dort ein Sensor angeschlossen ist, für den Kanal A. Die Sensorempfindlichkeit wird 5-stellig in  $\text{mV}/\text{ms}^{-2}$  eingetragen. Die Zahlenwerte finden Sie im Sensorkalibrierschein. Der Dezimalpunkt kann durch Drücken von F1 nach der zweiten oder dritten Stelle gesetzt werden. Der zulässige Wertebereich ist 0,800 bis 12,000  $\text{mV}/\text{ms}^{-2}$  bzw. 8,00 bis 120,00  $\text{mV}/\text{ms}^{-2}$ .



Sensorempfindlichkeit

### 11.2 Uhrzeit und Datum

Für die Messwertspeicherung ist eine Zeitinformation wichtig. Zur Einstellung von Uhrzeit und Datum öffnen Sie das Hauptmenü, indem Sie F3 drücken. Dort wechseln Sie zu „Geräteeinstellungen“ und „Zeit und Datum“. Mit ▲▼ können Sie den gewählten Wert einstellen. Nach dem Maximalwert, z.B. bei der Stunde 23, beginnt die Zählung wieder von vorn. Mit ◀▶ wählen Sie zwischen Stunde, Minute, Monat, Tag und Jahr. Weiterhin besteht die Möglichkeit, einen Gangfehler der Uhr zu korrigieren. Dies geschieht mit dem Einstellwert bei „Cal.“ in ppm (parts per million, bzw. Millionstel). Der Uhrentakt lässt sich mit positiven Werten erhöhen und mit negativen Werten verringern. Der Vorzeichenumschlag erfolgt bei +254 ppm.



Zeit und Datum

### 11.3 Selbstabschaltung

Zur Verlängerung der Batteriebetriebsdauer hat das VM31 eine automatische Abschaltfunktion. Für die Einstellung der Abschaltzeit öffnen Sie das Hauptmenü mit der Taste F3. Wechseln Sie ins Untermenü „Geräteeinstellungen“ und dort zum Menüpunkt „Selbstabschaltung“. Mit ▼▲ können Sie zwischen den Abschaltzeiten 1, 5, 15 und 60 Minuten wählen oder die Selbstabschaltung deaktivieren („keine“). Die Abschaltzeit wird ab dem letzten Tastendruck gemessen. Wird eine Taste gedrückt, verlängert sich die Zeit bis zur Abschaltung wieder um den gewählten Betrag.



### 11.4 Batterietyp

Während nicht aufladbare Batterien eine Zellenspannung von 1,5 V haben, liefern NiMH-Akkumulatoren nur 1,2 V je Zelle. Die Batterieanzeige des VM31 lässt sich auf beide Spannungen einstellen. Öffnen Sie das Hauptmenü, indem Sie F3 drücken, wählen Sie „Geräteeinstellungen“ und dort „Batterietyp“ (Bild). Mit der Taste ▼ wechseln Sie zwischen „Alkaline“ (nicht aufladbar, 1,5 V) oder „NiMH Akku“ (aufladbar, 1,2 V). Bestätigen Sie Ihre Auswahl mit OK. Fällt die Versorgungsspannung unter 3,3 V bei Alkaline-Batterien bzw. unter 3 V bei Akkumulatoren wird die Batterieanzeige rot. Bis zu einer Versorgungsspannung von 2,8 V kann unter Einhaltung der Gerätespezifikation weiter gemessen werden. An diesem Punkt ist die Balkenanzeige völlig leer und das Gerät schaltet sich automatisch ab.



### 11.5 Displayhelligkeit

Im Untermenü „Displayhelligkeit“ können Sie diese mit den Tasten ◀▶ an die Umgebungshelligkeit anpassen. Die Verringerung der Anzegehelligkeit dient der Reduzierung der Stromaufnahme und damit der Verlängerung der Batterielebensdauer. Zwischen Minimum und Maximum ändert sich die Stromaufnahme um etwa 20 %. Bei mehr Displayinhalt kann der Unterschied noch stärker sein.

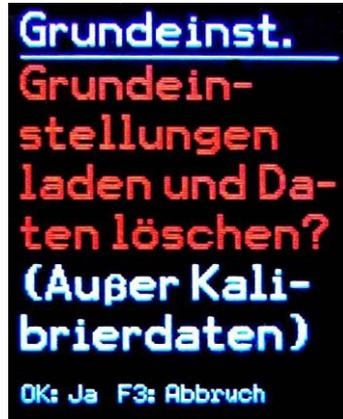


### 11.6 Menüsprache

Im Untermenü „Menüsprache“ stellen Sie die Sprache für die Bedienung des VM31 ein. Die verfügbaren Sprachen sind von der installierten Firmware abhängig.

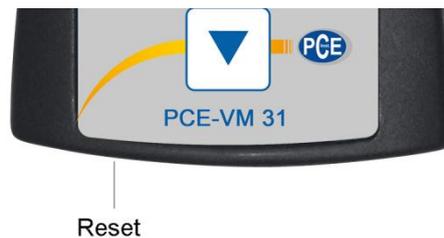
### 11.7 Grundeinstellungen

Wenn Sie im Menü „Grundeinstellungen“ die Sicherheitsabfrage mit OK bestätigen, werden alle Variablen auf Werkseinstellung zurückgesetzt und der Messwert-/FFT-Speicher gelöscht. Nicht verändert werden die Sensorempfindlichkeiten.



## 12 Reset-Taste

Sollte das VM25 einmal nicht auf Tastendruck reagieren, können Sie es durch Drücken der Reset-Taste neu starten. Die Reset-Taste erreichen Sie mit einem dünnen Gegenstand durch eine Öffnung neben dem Typenschild (Bild). Gespeicherte Daten und Einstellungen gehen dabei nicht verloren.



## 13 Verbindung mit dem PC

Das VM31 besitzt eine USB-Schnittstelle. Zum Anschluss an den PC dient das Kabel VM2x-USB (Bild), das in die 8-polige Buchse am VM31 gesteckt wird. Schalten Sie dazu das Gerät zunächst aus.

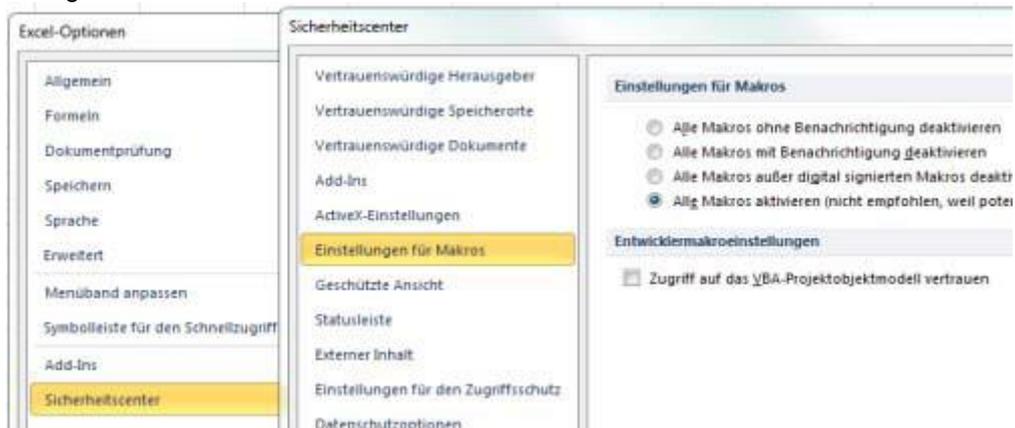


Stecken Sie das andere Ende in einen USB-Port des PCs und schalten Sie das VM31 wieder ein. Wenn es zum ersten Mal mit diesem PC verbunden ist, werden Sie zur Installation des Treibers aufgefordert. Die Treiberdatei finden Sie auf der Internetseite von PCE Instruments. Entpacken und speichern Sie die beiden darin enthaltenen Dateien in einem Verzeichnis Ihres Computers. Wenn Windows zur Angabe der Quelle des Gerätetreibers auffordert, geben Sie dieses Verzeichnis an. Der Gerätetreiber ist signiert und läuft unter Windows XP, Vista, 7 und 8.

## 14 Datenübertragung zum PC

### 14.1 Öffnen des Excel-Files vm31.xlsm

Zur Datenübertragung und Weiterverarbeitung auf einem PC steht das Excel-Makrofile vm31.xlsm zur Verfügung. Sie finden es auf der Internetseite von PCE-Instruments. Das File läuft auf allen Excel-Versionen ab Excel 2007. Es liest den Inhalt des Messwertspeichers eines am PC angeschlossenen VM31 in Tabellen ein. Für die Humanschwingungsmessung erlaubt es die Berechnung des Tagesexpositionswerts sowie das Erstellen von Messprotokollen. Weiterhin liest das Excel-File gespeicherte Frequenzspektren ein und stellt diese grafisch dar. Um das File nutzen zu können, müssen Sie zunächst die Ausführung von Makros erlauben. Dazu klicken Sie auf die Office-Schaltfläche, dann auf Excel-Optionen und Sicherheitscenter bzw. Vertrauensstellungscenter und Einstellungen für Makros. Wählen Sie entweder „Alle Makros mit Benachrichtigung deaktivieren“ oder „Alle Makros aktivieren“ (Bild). Im ersten Fall müssen Sie bei jedem Laden des Files der Makroausführung zustimmen. Im zweiten Fall werden sie nicht wieder gefragt. Es besteht jedoch das Risiko, dass unbemerkt schädlicher Makrocode ausgeführt werden kann.



### 14.2 Datenimport

Zum Datenimport Öffnen Sie das Tabellenblatt „Import“. Sollten sich noch alte VM31-Daten darin befinden, speichern Sie das Excel-File unter einem anderen Filenamen und klicken „Clear tables“. Damit werden die Daten in allen Messwertta - bellen und Protokollen gelöscht. Schließen Sie das VM31 an eine USB-Schnittstelle an, schalten Sie es ein und klicken Sie „Import measurements from VM31“. Das VM31 mit seinem virtuellen COM-Port wird automatisch erkannt. In seltenen Fällen können andere am PC angeschlossene Geräte, die ebenfalls COM-Ports belegen, die Erkennung blockieren. Es kann erforderlich sein, solche Geräte vorübergehend zu entfernen. Unter „Status“ sehen Sie den Übertragungsfortschritt. Je nach Datensatzanzahl kann der Import einige Sekunden bis Minuten dauern. Nach Abschluss des Datenimports werden die Datensätze in die entsprechenden Tabellenspalten des Import- Tabellenblatts eingelesen. Es gibt Spalten für Datensatznummer, Zeit, Datum, Kommentar, Messmodus, Filter sowie die Messwerte X/Y/Z und A. Zusätzlich werden unter B und C die kombinierten Messwerte abgelegt.

Sel.	No.	Date	Time	Comment	Mode	Detection	Filter (weighting factors)	Weighting	Measurements				Combined measurement		Unit
									X	Y	Z	A	B	C	
9	00001	07.09.14	10:09:36	STAPLER HALLE SCHMIDT	W/B	IRMS	Wd (1.40) Wd (1.40) Wk (1.00)	health	0.01	0.28	1.25	1.28	1.32		m/s <sup>2</sup>
10	00002	07.09.14	12:19:51	STAPLER HOF SCHMIDT	W/B	IRMS	Wd (1.40) Wd (1.40) Wk (1.00)	health	0.24	0.39	3.18	3.18	4.78		m/s <sup>2</sup>
11	00003	07.09.14	12:30:01	STAPLER HALLE MEIER	W/B	IRMS	Wd (1.00) Wd (1.00) Wk (1.00)	health	0.50	0.93	1.70	1.71	2.01		m/s <sup>2</sup>
12	00004	07.09.14	13:10:11	STAPLER HOF MEIER	W/B	IRMS	Wd (1.00) Wd (1.00) Wk (1.00)	health	0.54	1.06	2.01	2.93	3.96		m/s <sup>2</sup>

### 14.3 Berechnung des Tagesexpositionswertes

Zur Berechnung des Tagesexpositionswertes eignen sich Hand-Arm-Messwerte (H/A) und Ganzkörper-Messwerte (W/B). Die linke Spalte des Import-Tabellenblatts enthält für jeden Datensatz ein Kontrollkästchen. Mit diesem wählen Sie aus, ob der Datensatz zur Berechnung des Tagesexpositionswertes herangezogen werden soll. Alternativ können Sie auch alle Datensätze mit „Select all“ auswählen. Nach der Auswahl klicken Sie "Transfer selected data to daily exposure worksheets". Damit werden die geeigneten Messwerte in die Tabellenblätter zur Berechnung der Tagesexpositionswerte übertragen. Es existieren Tabellenblätter für Hand-Arm- und Ganzkörper-Tagesexpositionswerte auf Basis von Effektivwerten (RMS) sowie für Tagesexpositionswerte auf Basis von VDV-Messwerten. Ein Hinweisfenster informiert über die Anzahl der übernommenen Datensätze. Je nachdem welche Berechnung erfolgen soll, wechseln Sie nun zum Tabellenblatt „A(8) RMS H-A“, „A(8) RMS W-B“ oder „Daily VDV W-B“.

**1. Calculation of Daily Exposure A(8) for Whole-Body Vibrations (based on RMS input)**

In accordance with: EU Directive 2002/44EC and ISO 2631-1: 1997

Operating person: Person 1  
(overwrite "Person" with names)

Activities: Activity 1  
(overwrite "Activity" with descriptive text)

Exposure limit value: 1,15 m/s<sup>2</sup>  
Exposure action value: 0,5 m/s<sup>2</sup>

**A(8) calculation**

**1. Whole-Body vibration values imported from VM31 in m/s<sup>2</sup> (only interval RMS - no VDV):**

No.	IRMS values X/Y/Z	Vector sum	Max. RMS	Comment	Date	Time	Person	Activity	Duration	Person	A(8)
	$\bar{a}_{wx}$ $\bar{a}_{wy}$ $\bar{a}_{wz}$	$\bar{a}_{w(vecl)}$	MTVV	(as entered in VM31)	dd.mm.yy	hh:mm:ss	(select)	(select)	hrs min		
15	0,01 0,28 1,25	1,32	1,32	STAPLER HALLE	SCHM	07.09.14	Person 1	Activity 1	02 00	Person 1	1,01 m/s <sup>2</sup> Near exposure limit!
16	0,24 0,39 3,18	3,40	4,00	STAPLER HOF	SCHM	07.09.14	Person 1	Activity 2	00 30	Person 2	1,62 m/s <sup>2</sup> Above exposure limit!!
17	0,50 0,93 1,70	2,01	2,01	STAPLER HALLE	MEIEI	07.09.14	Person 2	Activity 1	02 30		
18	0,54 1,06 2,81	3,06	3,06	STAPLER HOF	MEIER	07.09.14	Person 2	Activity 2	01 45		

Die Berechnung des Tagesexpositionswertes kann für mehrere Personen und Tätigkeiten gleichzeitig erfolgen. Hinter jedem Messwert finden Sie zwei Dropdown-Menüs zur Auswahl von Person und Tätigkeit. Die je zehn Textzellen für „Person“ und „Activity“ über der Tabelle können Sie mit eigenen Texten überschreiben. Die Änderungen werden in die Dropdown-Menüs jedoch erst beim nächsten Einlesen von Daten übernommen. Durch Anklicken von „A(8) calculation“ bzw. „Daily exposure calculation“ werden die Tagesexpositionswerte berechnet (Bild oben). Sie werden mit den Grenzwerten aus der EU-Richtlinie 2002/44/EG verglichen und entsprechend farbig gekennzeichnet:

- schwarz: unter dem Auslösewert
- violett: zwischen Auslösewert und Grenzwert
- rot: über dem Grenzwert

Bei der Berechnung der Tagesexpositionswerte wird ein Bericht erstellt. Diesen finden Sie im zur Messgröße gehörenden Tabellenblatt „... Report“. Im Bericht sehen Sie tabellarisch die Einzelmesswerte und die berechneten Teilexpositionswerte zu den Personen und Tätigkeiten. Darunter stehen die resultierenden Tagesexpositionswerte mit Einstufung (Bild unten).

Limit values to EU Directive 2002/44EC:

Exposure action value: 0,5 m/s<sup>2</sup>      Exposure limit value: 1,15 m/s<sup>2</sup>

**Measuring results**

Person	Activity	Comment (from VM31)	Date	Time	Duration	Accelerations				Vect. sum	Max. RMS	Partial exposures		
						$\bar{a}_{wx}$	$\bar{a}_{wy}$	$\bar{a}_{wz}$	$\bar{a}_{w(vecl)}$			MTVV	A(8) <sub>x</sub>	A(8) <sub>y</sub>
			dd.mm.yy	hh:mm:ss	hrs min	m/s <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>	0,0	0,00	m/s <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>	
Person 1	Activity 1	STAPLER HALLE SC	07.09.14	09:09:36	2 0	0,01	0,28	1,25	1,32	1,26	0,01	0,14	0,63	
Person 1	Activity 2	STAPLER HOF SCHM	07.09.14	10:09:51	0 30	0,24	0,39	3,16	3,21	3,18	0,06	0,10	0,79	
Person 2	Activity 1	STAPLER HALLE ME	07.09.14	10:15:01	2 30	0,50	0,93	1,70	2,11	1,92	0,28	0,52	0,95	
Person 2	Activity 2	STAPLER HOF MEIEI	07.09.14	10:30:11	1 45	0,54	1,06	2,81	3,54	2,86	0,25	0,50	1,31	

**Daily Vibration Exposure A(8)**

Person 1	1,01	m/s <sup>2</sup>	Near exposure limit!
Person 2	1,62	m/s <sup>2</sup>	Above exposure limit!!

### 14.4 FFT-Datenimport

Die im VM31 gespeicherten FFT-Spektren können ebenfalls in das Excel-File übertragen werden. Dazu wechseln Sie zum Tabellenblatt „FFT Import“. Sollten sich noch alte VM31-Daten darin befinden, speichern Sie das Excel-File unter einem anderen Filenamen und klicken „Clear FFTs“. Dann klicken Sie „Import FFTs from VM31“.

Die Frequenzschritte und die zugehörigen Amplitudenwerte von X/Y/Z werden in Zeilen eingelesen. Links sehen Sie Datum, Uhrzeit und Kommentar. Mit den Kontrollkästchen in den linken drei Spalten wählen Sie, welche Daten in den drei Diagrammen über der der Tabelle dargestellt werden (Bild).

Select FFTs	No.	Date	Time	Comment	Accelerations X/Y/Z in m/s <sup>2</sup>																					
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	07.09.14	10:31:27	FFT RECORD NO 0010	Hz:	2	4	6	8	10	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	30	32	34	36	38
						X:	28,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
						Y:	55,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
						Z:	55,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	07.09.14	10:32:29	FFT RECORD NO 0011	Hz:	2	4	6	8	10	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	30	32	34	36	38
						X:	12,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
						Y:	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
						Z:	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	07.09.14	10:32:47	FFT RECORD NO 0012	Hz:	2	4	6	8	10	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	30	32	34	36	38
						X:	29,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
						Y:	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
						Z:	24,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## 15 Firmwareupdate

Die Gerätesoftware (Firmware) kann über die USB-Schnittstelle aktualisiert werden. Prüfen Sie zunächst, ob eine aktuellere als die bereits installierte Firmware verfügbar ist. Dazu öffnen Sie bitte unsere Software-Download-Seite. Dort sehen Sie die letzte verfügbare Firmwareversion. Die Versionsnummer besteht aus drei Stellen für die Hardware und drei Stellen für die Software (hhh.sss). Für die Firmware sind nur die letzten drei Stellen relevant. Die in Ihrem Gerät installierte Version wird auf dem Startbildschirm angezeigt.

Ist eine Firmware mit höherer Versionsnummer auf der Webseite verfügbar, gehen Sie wie folgt vor:

1. Laden Sie das Firmwarefile vm31.hex von der Internet-Adresse herunter.
2. Laden Sie auch das Programm „Firmware Updater“ herunter, installieren Sie dieses auf Ihrem PC.
3. Verbinden Sie das VM31 über das USB-Kabel mit dem PC und schalten Sie es ein, so dass der PC es als USB-Gerät erkennt und ihm ein COM-Port zuweist.
4. Starten Sie „Firmware Updater“, wählen Sie den Gerätetyp „VM31“ und stellen Sie das virtuelle COM-Port ein, welches das VM31 mit seiner USB-Schnittstelle belegt. Sollten Sie sich nicht sicher sein, welches der angebotenen COM-Ports das richtige ist, können Sie dies in der Windows-Systemsteuerung im Gerätemanager überprüfen.



5. Klicken Sie auf „Lade“ im „Firmware Updater“ und geben Sie den Pfad zum Download-Ordner an, in dem sich das heruntergeladene Firmwarefile vm31.hex befindet.

6. Wählen Sie am VM31 im Menü „Geräteeinstellungen“ den Punkt „Firmware-Update“ und bestätigen Sie die Warnung und den nachfolgenden Hinweis durch Drücken von OK. Damit ist die alte Firmware gelöscht. Das VM31 zeigt nun an, dass es auf neue Firmwaredateien von der USB-Schnittstelle wartet (Bild).



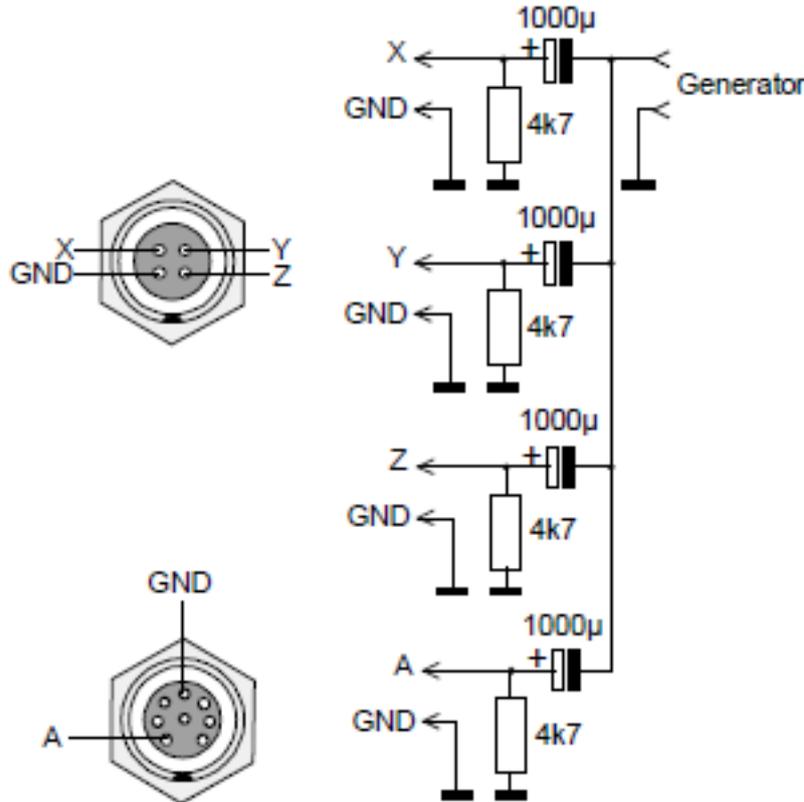
Klicken Sie auf „Sende“ in „Firmware-Updater“. Die Übertragung der Firmwaredateien beginnt. Der Übertragungsfortschritt wird als Zeitbalken am PC und am VM31 angezeigt. Nach Beendigung des Updates startet das VM31 und „Firmware-Updater“ wird geschlossen. Bitte unterbrechen Sie den Updatevorgang nicht. Nach Übertragungsfehlern können Sie das Update bei Punkt 3 erneut starten.

## 16 Kalibrierung

Das VM31 wird mit einer elektrischen Werkskalibrierung ausgeliefert. Damit wird gewährleistet, dass das Gerät in Verbindung mit einem kalibrierten Schwingungsaufnehmer exakt misst, sofern dessen Empfindlichkeit über die TEDS-Funktion eingelesen bzw. im Menü eingetragen wurde (vgl. Abschnitt 11.1). Monat und Jahr der Werkskalibrierung werden nach dem Einschalten angezeigt.

Zur Kalibrierung mit elektrischen und mechanischen Signalen ist die Norm ISO 8041 heranzuziehen.

Das folgende Bild zeigt, wie das VM31 mit Hilfe elektrischer Signale kalibriert werden kann. Der Generator wird über die gezeigte RC-Kombination an die vier Eingänge X/Y/Z und A gelegt. Der 4,7 k $\Omega$ -Widerstand dient zum Ableiten des IEPE-Konstantstroms. Über ihm fällt eine Gleichspannung ab, welche vom Generator durch einen 1000 $\mu$ F Elektrolytkondensator ferngehalten wird. Der Elektrolytkondensator sollte eine Spannungsfestigkeit von mindestens 25 V aufweisen. Bitte stellen Sie sicher, dass der Generatorpegel durch den resultierenden Lastwiderstand von ca. 1 k $\Omega$  nicht verfälscht wird.



Stecker X/Y/Z:

Serie Binder 711, 4-polig, Bestell-Nr. 99-0079-100-04

Stecker A:

Serie Binder 711, 8-polig, Bestell-Nr. 99-0479-100-08

Die maximale Eingangsspannung ohne Ansprechen der Übersteuerungsanzeige beträgt  $\pm 1150$  mV.

## 17 Entsorgung

### HINWEIS nach der Batterieverordnung (BattV)

Batterien dürfen nicht in den Hausmüll gegeben werden: Der Endverbraucher ist zur Rückgabe gesetzlich verpflichtet. Gebrauchte Batterien können unter anderem bei eingerichteten Rücknahmestellen oder bei der PCE Deutschland GmbH zurückgegeben werden.

### Annahmestelle nach BattV:

PCE Deutschland GmbH  
Im Langel 4  
59872 Meschede

Zur Umsetzung der ElektroG (Rücknahme und Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten) nehmen wir unsere Geräte zurück. Sie werden entweder bei uns wiederverwertet oder über ein Recyclingunternehmen nach gesetzlicher Vorgabe entsorgt.

## 18 Kontakt

Bei Fragen zu unserem Produktsortiment oder dem Messgerät kontaktieren Sie bitte die PCE Deutschland GmbH.

### Postalisch:

PCE Deutschland GmbH  
Im Langel 4  
59872 Meschede

### Telefonisch:

Support: 02903 976 99 8901  
Verkauf: 02903 976 99 8303

WEEE-Reg.-Nr.DE69278128



Alle PCE-Produkte sind CE  
und RoHS zugelassen.