

Bedienungsanleitung

**Universal-  
Schwingungs-  
Messgerät  
VM15**



Metra Mess- und Frequenztechnik Radebeul

Meissner Str. 58 - D-01445 Radebeul

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

Email: [Info@MMF.de](mailto:Info@MMF.de) Internet: [www.MMF.de](http://www.MMF.de)

**Herausgeber:**

Metra Mess- und Frequenztechnik Radebeul

Meißner Str. 58

D-01445 Radebeul

Tel. 0351-836 2191

Fax 0351-836 2940

Email [Info@MMF.de](mailto:Info@MMF.de)

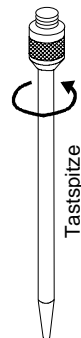
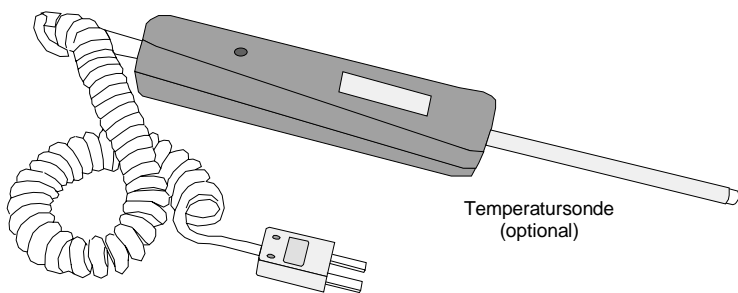
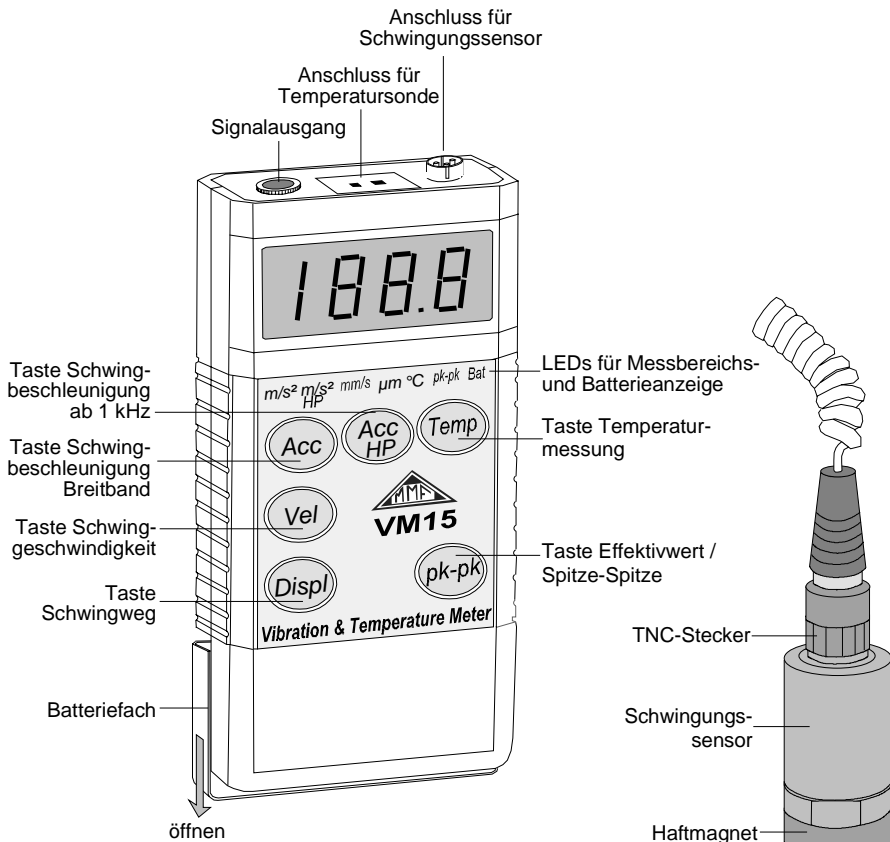
Internet [www.MMF.de](http://www.MMF.de)

© 2002 Metra Mess- und Frequenztechnik Radebeul  
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung.

„ICP“ ist ein Warenzeichen von PCB Piezotronics Inc.

# Inhalt

1. Eigenschaften	2
2. Anwendung	2
3. Funktionsweise	3
4. Bedienung	5
4.1. Auswahl der Messstelle für Schwingungen	5
4.2. Anbringung des Schwingungsaufnehmers	7
4.3. Messung	8
4.4. Signalausgang	10
4.5. Batteriewechsel	11
5. Bewährte Messverfahren für Maschinenschwingungen	11
5.1. Schwingstärkemessung für Unwuchten	11
5.2. Schwingungsmessung an Hubkolbenmaschinen	13
5.3. Wälzlagerüberwachung	14
6. Wartung und Kalibrierung	17
7. Technische Daten	18
Anhang: Garantie	
Konformitätserklärung	



*Sehr geehrter Kunde,*

*wir freuen uns, dass Sie sich für ein Schwingungsmessgerät der Firma Metra entschieden haben und wünschen Ihnen ein angenehmes Arbeiten mit dem VM15!*

## **1. Eigenschaften**

Bei äußerst kompakten Abmessungen bietet das VM15 eine Vielzahl von Anzeigemöglichkeiten:

- Schwingbeschleunigung, Breitband, 3 Hz .. 10 kHz
- Schwingbeschleunigung, 1 kHz .. 10 kHz
- Schwinggeschwindigkeit, 3 Hz .. 1000 Hz
- Schwingweg, 3 Hz .. 200 Hz

Alle Schwinggrößen lassen sich als echter Effektivwert oder echter Spitze-Spitze-Wert anzeigen. Als Schwingungssensor kommt ein piezoelektrischer Beschleunigungsaufnehmer zur Anwendung.

Neben Schwingungen kann das VM15 auch Temperaturen messen. Dazu wird optional eine Temperatursonde mitgeliefert.

Das Gerät ist sehr einfach zu bedienen und kann ohne lange Einarbeitungszeit eingesetzt werden.

## **2. Anwendung**

Das VM15 wurde zur Offline-Zustandsüberwachung von Maschinen entwickelt. Typische Anwendungen liegen in der zyklischen Trendüberwachung von Maschinenschwingungen im Rahmen eines Instandhaltungsplanes. Ein solcher Messzyklus kann je nach Wichtigkeit und Art der Maschine täglich oder im Abstand von einigen Tagen bis Wochen durchgeführt werden.

Durch die Zustandsüberwachung von Maschinen lassen sich unerwartete Ausfallzeiten verringern, indem vorbeugende Wartungsintervalle rechtzeitig eingeschoben werden. Damit können teure Folgeschäden an der Maschine und Produktionsausfälle vermieden werden.

### 3. Funktionsweise

In Bild 1 ist der Signalverlauf des VM15 dargestellt.

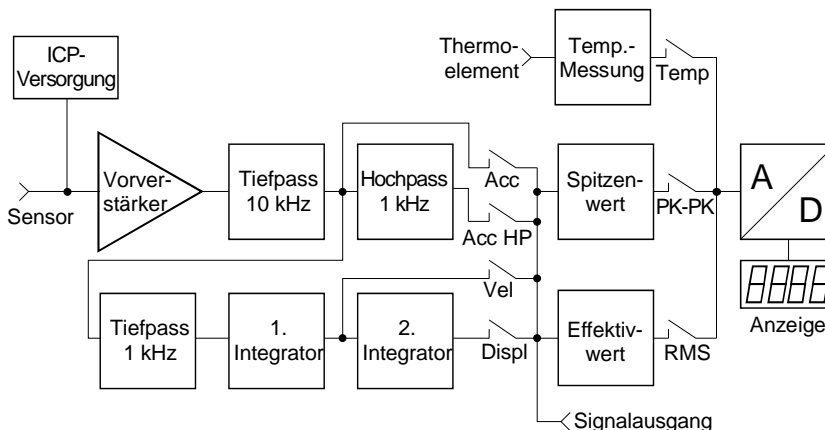


Bild 1: Signalverlauf

**Schwingungs-sensor** Das VM15 arbeitet mit einem piezokeramischen Planar-Scher-Beschleunigungsaufnehmer. Piezoelektrische Schwingungsaufnehmer zeichnen sich durch hohe Präzision und Auflösung bei großer Robustheit aus. Der Beschleunigungsaufnehmer des VM15 ist mit integrierter Elektronik zur Impedanzwandlung nach dem ICP<sup>®</sup>-Standard ausgestattet.

**Eingang** Der Eingang für den piezoelektrischen Schwingungssensor ist mit einer ICP-Konstantstromquelle verbunden, die die Sensorelektronik versorgt. Das Sensorsignal passiert einen Vorverstärker mit anschließendem 10 kHz-Tiefpassfilter. Damit wird die Resonanzüberhöhung des Sensors unterdrückt. Der weitere Signalverlauf hängt vom gewählten Messbereich ab.

**Gleichrichter** Im Breitband-Messbereich „Acc“ für Beschleunigung wird das Signal direkt zum Gleichrichter weitergeleitet. Es steht wahlweise der echte Effektivwert (RMS) oder Spitze-Spitze-Wert (PK-PK) zur Verfügung. Die Schaltung des VM15 liefert den echten Spitze-Spitze-Wert, unabhängig von der Signalform. Dazu werden der positive und der negative Spitzenwert mit einer Zeitkonstante von 1 s gespeichert und betragsmäßig addiert.

**Anzeige** Auf den Gleichrichter folgen der Analog-Digitalwandler und die Messwertanzeige. Das Display zeigt 3 ½ Stellen an, d.h. der höchste Anzeigewert ist 1999. Die Anzeige wird dreimal pro Sekunde aktualisiert. Der Dezimalpunkt verschiebt sich in Abhängigkeit vom Messbereich.

**Filterung und Integration** Im Messbereich „Acc HP“ für hochfrequente Beschleunigung passiert das Signal zusätzlich einen zweipoligen 1 kHz-Hochpass.

Im Messbereich „Vel“ durchläuft das Beschleunigungssignal des Sensors nach der Eingangsstufe einen zweipoligen 1 kHz-Tiefpass und einen Integrator, der die Schwinggeschwindigkeit bildet.

Im Messbereich „Displ“ wird ein weiterer Integrator in den Signalweg geschaltet, um durch Doppelintegration den Schwingweg zu bilden.



Bei höheren Frequenzen liefern Integratoren nur noch kleine Signalamplituden. Im Bereich von einigen hundert Hertz verringert sich daher die Aussteuerbarkeit beträchtlich (siehe Bild 2). Dies gilt besonders beim Schwingweg. Bei 160 Hz ist z.B. die Aussteuerbarkeit nur noch 10 %, d.h. 200 µm.

Die Messung von Schwinggeschwindigkeit und insbesondere Schwingweg ist daher auf tiefe Frequenzen beschränkt.

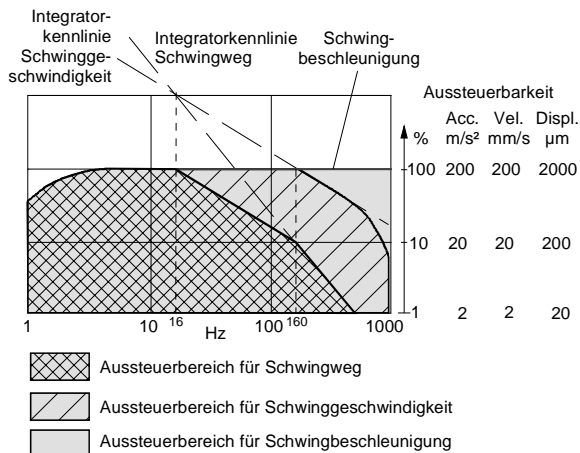


Bild 2: Aussteuerbarkeit der Integratoren als Funktion der Frequenz

<b>Temperaturmessung</b>	Die Temperaturmessung erfolgt mit einer Thermoelement-Sonde.
<b>Signalausgang</b>	Am Signalausgang liegt das Signal des jeweils gewählten Messbereiches vor der Gleichrichtung.

## 4. Bedienung

Die Bedienung des VM15 ist sehr einfach und beschränkt sich auf folgende Schritte:

1. Sensor anbringen
2. Messbereich wählen (Acc / Acc HP / Vel / Displ)
3. Anzeigeart wählen (RMS / PK-PK)
4. Messwert ablesen und notieren

### 4.1. Auswahl der Messstelle für Schwingungen

**Allgemeines** Vor dem Einsatz des Gerätes müssen geeignete Messpunkte an der Maschine gefunden werden. Dazu sollte möglichst Fachpersonal mit Erfahrungen in der Maschinenüberwachung herangezogen werden.

Generell ist es ratsam, Maschinenschwingungen nah an ihrer Quelle zu erfassen, um Verfälschungen des Messsignals durch übertragende Teile gering zu halten. Geeignete Messpunkte sind starre Bauteile, z.B. Lager- oder Getriebegehäuse. Insbesondere bei der Wälzlagerüberwachung ist anzustreben, dass der Abstand zum Lager so kurz wie möglich wird und möglichst wenig Teilfugen dazwischen liegen. So wird ein hoher Nutzsignalpegel mit geringer Verfälschung der Frequenzcharakteristik erzielt.



Ungeeignet für die Schwingungsmessung sind leichte oder mechanisch nachgiebige Maschinenteile, wie Bleche und Verkleidungen.

**Empfehlungen nach DIN/ISO 10816-1** Der Standard DIN/ISO 10816-1 empfiehlt für Maschinenschwingungen Lagergehäuse oder deren unmittelbare Umgebung als bevorzugte Messpunkte.

Für Überwachungszwecke reicht es oft aus, nur in vertikaler oder horizontaler Richtung zu messen. Bei Maschinen mit horizontalen Wellen und starrer Aufstellung treten die größten Schwingamplituden meist horizontal auf. Bei nachgiebiger Aufstellung können auch starke Vertikalkomponenten entstehen.

Für Abnahmeprüfungen sind an allen Lagerstellen in Lagermitte Messwerte in den drei Raumrichtungen (vertikal, horizontal und axial) aufzunehmen.



Die nachfolgenden Abbildungen zeigen einige Beispiele für die Auswahl geeigneter Messstellen.  
 Empfehlungen zu Messpunkten an verschiedenen Maschinentypen gibt auch die Norm ISO 13373-1.

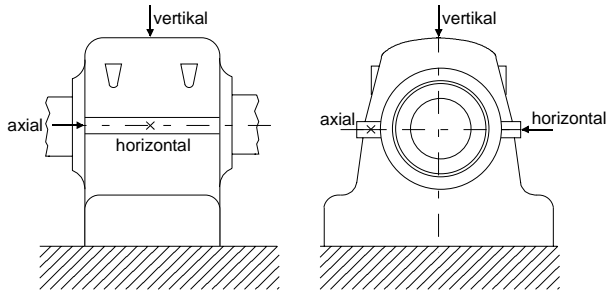


Bild 3: Messorte an Stehlagern

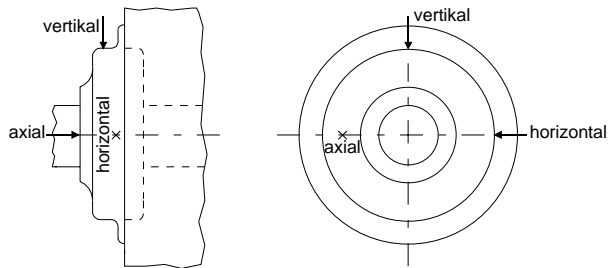


Bild 4: Messorte an Schildlagern

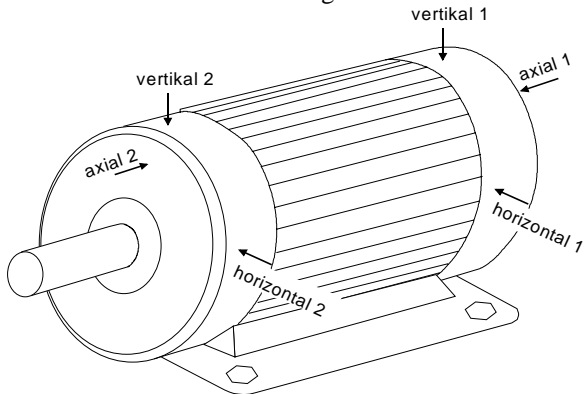


Bild 5: Messorte an Elektromotoren

## 4.2. Anbringung des Schwingungsaufnehmers

**Haftmagnet** Die Ankopplung des Aufnehmers erfolgt am einfachsten mit dem mitgelieferten Haftmagneten. Dieser wird in das M5-Gewinde im Boden des Schwingungsaufnehmers geschraubt. Ein dünner Fettfilm (z.B. Silikonfett) zwischen Aufnehmer und Magnet sowie auf dem Messpunkt verbessert die Qualität der Koppelverbindung.



Der Haftmagnet hat eine sehr hohe Zugkraft und eignet sich daher bestens auch zur Übertragung hoher Schwingfrequenzen und Schwingpegel. Es ist jedoch zu beachten, dass unsachgemäßes Aufsetzen des Magneten auf die Messstelle den Aufnehmer überlasten kann. Lassen Sie den Magneten nie senkrecht aufschnappen. Die dabei entstehenden Stöße können Beschleunigungen von einigen Tausend g verursachen. Setzen Sie daher bitte den Magnet immer wie in Bild 6 gezeigt auf, indem Sie ihn über die Kante abrollen.

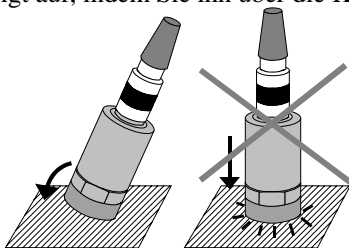


Bild 6: Haftmagnet richtig aufsetzen

**Koppelstelle** Für definierte Ankoppelbedingungen auf dem Messobjekt empfehlen wir ein Stahl-Messplättchen mit einer planen Koppelfläche. Der Durchmesser sollte mindestens dem des Beschleunigungsaufnehmers entsprechen. Geeignet ist zum Beispiel eine Stahlscheibe nach Bild 7, die auf den Messpunkt geklebt oder geschweißt wird.

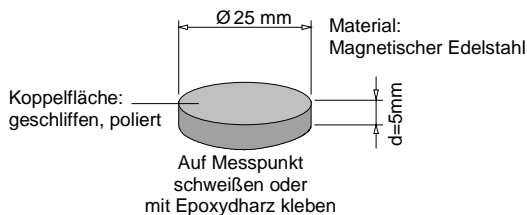


Bild 7: Messplättchen für Schwingungsaufnehmer



**Wichtig:** Eine flächige Verbindung zwischen Beschleunigungsaufnehmer und Messobjekt ist Bedingung für eine exakte Schwingungsübertragung. Unebene, zerkratzte oder zu kleine Koppelflächen verursachen Messfehler, insbesondere im Bereich über 1 kHz. Ungeeignet sind raue Gussoberflächen oder Lackierungen.

**Tastspitze** Für orientierende Messungen der Schwingstärke an schwer zugänglichen Stellen eignet sich auch die mitgelieferte Tastspitze, die sich in das M5-Bodengewinde des Schwingungssensors schrauben lässt. Für reproduzierbare Ergebnisse ist jedoch etwas Übung erforderlich.

Die Tastspitze ist nicht für den Frequenzbereich über 1 kHz geeignet, da es infolge von Koppelresonanzen bei höheren Frequenzen leicht zu gravierenden Messfehlern kommen kann.

**Sensorkabel** Bitte stellen Sie sicher, dass die Steckverbindung am Sensor immer fest angezogen ist.

Die Steckverbindung des Aufnehmerkabels am Messgerät wird durch Ziehen am Stecker gelöst - bitte nicht drehen!

### 4.3. Messung

**Einschalten und Messbereich** Das VM15 wird durch kurzen Druck auf eine der Messbereichstasten „Acc“, „Acc HP“, „Vel“, „Displ“ oder „Temp“ eingeschaltet. Der gewählte Messbereich wird von einer der Leuchtdioden unterhalb des Displays angezeigt. Der Messbereich kann nun beliebig durch nochmaligen Tastendruck gewechselt werden.

**Spitzen- und Effektivwert der Schwingung** In den Schwingungsmessbereichen stehen die Anzeigearten echter Effektivwert oder echter Spitze-Spitze-Wert zur Verfügung. Nach dem Einschalten befindet sich das Gerät immer im Effektivwert-Modus.

Durch Drücken der Taste „pk-pk“ schaltet es auf Spitze-Spitze-Wert um, was durch die Leuchtdiode „pk-pk“ signalisiert wird.



**Hinweise zur Messung des Schwingweges:**

Bitte berücksichtigen Sie, dass die Messgenauigkeit der Schwingweganzeige infolge der Doppelintegration begrenzt ist. Dies gilt insbesondere für den Spitzenwert. Ein Schwanken des Anzeigewertes um  $\pm 10 \mu\text{m}$  ist normal.

Weiterhin ist zu beachten, dass das VM15 und das

Sensorkabel während der Messung nicht bewegt werden dürfen. Schon leichte Bewegung kann zur Kraft-einleitung in den Sensor führen und damit zur Verfälschung der Schwingweganzeige.

## Übersteuerung

Im Falle eines zu hohen Eingangssignals zeigt das VM15 in der ersten Stelle von links eine „1“ an, während die drei Stellen rechts aus bleiben. Dies kann bei Stoßbelastung des Schwingungssensors oder sehr großen Schwingamplituden der Fall sein. Im Temperaturmessbereich wird Übersteuerung auch signalisiert, wenn keine Temperatursonde angeschlossen ist.



Bei Verwendung der Integratoren (Messbereiche „Vel“ und „Displ“) ist zu beachten, dass Übersteuerung nur für das Signal hinter den Integratoren ausgewertet wird. In Extremfällen, z.B. bei Schwingungen mit hoher Frequenz und sehr großer Amplitude, kann es vorkommen, dass die Eingangsstufe des VM15 bereits übersteuert ist, während das Display „normale“ Messwerte anzeigt. Ursache ist die in Bild 2 gezeigte Dämpfung der Integratoren für hohe Frequenzen. Um sicher zu gehen, dass das VM15 ordnungsgemäß ausgesteuert ist, sollte man in den Messbereich „Acc“ umschalten, wobei die Spitze-Spitze-Anzeige („pk-pk“) aktiviert ist. Damit wird das Signal vor den Integratoren angezeigt. Liegt hier keine Übersteuerung vor, kann ordnungsgemäß die Schwinggeschwindigkeit oder der Schwingweg gemessen werden.

## Temperaturmessung

Nach Drücken der Taste „Temp“ kann bei angeschlossener Temperatursonde die Temperatur im Bereich von 2 bis 200 °C gemessen werden.

Die Temperatursonde ist als Zubehör unter der Bezeichnung **VM15-T** erhältlich. Sie zeichnet sich selbst auf rauhen oder lackierten Oberflächen durch eine sehr hohe Messgeschwindigkeit aus.



**Wichtig:** Bitte setzen Sie die Temperatursonde erst auf die Messstelle auf, nachdem Sie den Schwingungssensor entfernt haben, falls beide Messpunkte elektrisch verbunden sind. Bei elektrisch leitender Verbindung zwischen der Spitze der Temperatursonde und dem Gehäuse des Schwingungssensors kann das VM15 nicht ordnungsgemäß messen.



Das offenliegende, federnd gelagerte Thermoelement erreicht bei schonender Behandlung eine lange Lebensdauer. Leichter Andruck auf die Messstelle genügt für

gute Wärmeübertragung. Die Messspitze ist möglichst von Schmutz frei zu halten und bei Bedarf mit Reinigungsbenzin zu spülen. Bei Nichtbenutzung sollte die Schutzkappe aufgesetzt werden.

### **Selbst- abschaltung**

Etwa 1 bis 2 Minuten nach dem letzten Drücken einer der Messbereichstasten schaltet sich das Gerät automatisch ab. Damit wird eine versehentliche Entladung der Batterie vermieden. Die Selbstabschaltung ist deaktiviert, wenn ein Stecker im Signalausgang steckt.

## **4.4. Signalausgang**

An der Stirnseite des VM15 befindet sich der Signalausgang. Hier lässt sich über einen 3,5 mm-Klinkenstecker (Mono) ein externes Gerät anschließen. Das kann zum Beispiel nützlich sein, um Messwerte mit einem Datenlogger aufzuzeichnen oder um das Signalspektrum mit einem FFT-Analysator zu untersuchen.

Der Ausgang führt das Signal des gewählten Messbereiches vor der Gleichrichtung, z.B. das Breitband-Beschleunigungssignal im Bereich „Acc“ oder das einfach integrierte und gefilterte Schwingensignal im Messbereich „Vel“.

Die Aussteuerbarkeit des Ausgangs ist  $\pm 3$  V. Die Skalierung entspricht dem Anzeigewert. Bei einer Anzeige von „200,0“ ist z.B. die Ausgangsspannung 2 V. Dies gilt sowohl für den Effektivwert als auch für den Spitze-Spitze-Wert.

Der Ausgangswiderstand beträgt ca.  $100 \Omega$  über einen Koppelkondensator von  $1 \mu\text{F}$ .

In der Ausgangsbuchse liegt das Signal am Außenring und die Masse am Innenkontakt. Die Beschaltung des entsprechenden Steckers zeigt Bild 8.

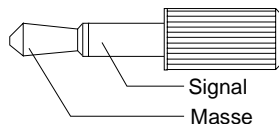


Bild 8: Belegung des Steckers für den Signalausgang

### **Deaktivierung der Selbstab- schaltung**

Wenn ein Stecker im Signalausgang steckt, ist die automatische Selbstabschaltung deaktiviert und das VM15 misst kontinuierlich, auch wenn keine Messbereichstaste gedrückt wird.

**Messkabel** Ein 1,5 m langes Messkabel mit 3,5 mm-Klinkenstecker und BNC-Stecker ist als Zubehör zum VM15 unter der Bezeichnung **VM15-S** lieferbar.



Wenn die Messung beendet ist, entfernen Sie bitte das Messkabel, damit die Batterie durch Dauerbetrieb nicht unnötig entladen wird.

#### 4.5. Batteriewechsel

Das VM15 arbeitet mit einer 9 V-Batterie vom Typ 6F22 bzw. PP3. Das Batteriefach befindet sich im unteren Teil der Geräterückseite. Man öffnet es durch kräftigen Druck auf die fein geriffelte Fläche und schiebt es nach unten.

Die Stromaufnahme des VM15 liegt bei 12 mA. Es sollten Alkaline-Batterien verwendet werden. Die Betriebsdauer beträgt damit etwa 20 Stunden. Akkumulatoren lassen sich ebenfalls einsetzen, wobei mit einer Batterieladung etwa 5 Stunden gearbeitet werden können. Der Ruhestrom im abgeschalteten Zustand liegt bei 4  $\mu$ A und damit in der Größenordnung des Selbstentladestroms üblicher Batterien.

**Batterieanzeige** Die rechte Leuchtdiode („BAT“) beginnt zu leuchten, sobald die Batteriespannung unter 7,5 V abfällt. Bis 7 V arbeitet das Gerät noch einwandfrei.



Bitte entnehmen Sie verbrauchte Batterien sofort aus dem Batteriefach, um ein Auslaufen zu vermeiden. Bei längerer Nichtbenutzung des VM15 sollten die Batterien ebenfalls entfernt werden.

### 5. Bewährte Messverfahren für Maschinenschwingungen

Die Bewertung von Maschinenschwingungen als Bestandteil der vorbeugenden Instandhaltung erfordert ein großes Maß an Erfahrung. An dieser Stelle kann die Thematik daher nur schematisch anhand einiger bewährter Messverfahren angeschnitten werden.

#### 5.1. Schwingstärkemessung für Unwuchten

Die Messung der Schwinggeschwindigkeit, auch Schwingstärke genannt, ist ein verbreitetes Verfahren zur Überwachung von Unwuchten an rotierenden Maschinen. Die Schwingstärke ist ein Maß für den Energiegehalt der auftretenden Vibrationen. Ursachen für

Unwuchten können zum Beispiel lose Schrauben, verbogene Teile, verschlissene Lager mit großem Spiel oder Ablagerungen auf Lüfterflügeln sein. Oft verstärken sich auch mehrere Effekte gegenseitig.

**DIN/ISO 10816-1**

Liegen keine Erfahrungswerte für die Schwingstärke an der betreffenden Maschine vor, kann auf die Basiswerte aus DIN/ISO 10816-1 zurückgegriffen werden. Dort werden Empfehlungen für zulässige Schwingstärkewerte im Dauerbetrieb an unterschiedlichen Maschinentypen gegeben:

Maschinentyp	Nennleistung oder Achshöhe	Drehzahl min <sup>-1</sup>	Fundament	Dauerbetriebsgrenzwert mm/s
Dampfturbinen	300 kW – 50 MW		starr	7,1
	300 kW – 50 MW		elastisch	11
	> 50 MW	< 1500	starr	7,1
	> 50 MW	< 1500	elastisch	11
	> 50 MW	1500 – 1800		8,5
	> 50 MW	3000 – 3600		11,8
	> 50 MW	> 3600	starr	7,1
Elektrische Maschinen	< 160 mm		starr	2,8
	< 160 mm		elastisch	4,5
	160 – 315 mm		starr	4,5
	160 – 315 mm		elastisch	7,1
	> 315 mm	120 – 15000	starr	7,1
	> 315 mm	120 – 15000	elastisch	11
Gasturbinen	< 3 MW		starr	7,1
	< 3 MW		elastisch	11
	> 3 MW	3000 – 20000		14,7
Generatoren	> 50 MW	1500 – 1800		8,5
	> 50 MW	3000 – 3600		11,8
Lüfter, Kompressoren	< 15 kW		starr	2,8
	< 15 kW		elastisch	4,5
	15 – 300 kW		starr	4,5
	15 – 300 kW		elastisch	7,1
	> 300 kW		starr	7,1
Pumpen mit getrenntem Antrieb	> 300 kW		elastisch	11
	< 15 kW		starr	4,5
	< 15 kW		elastisch	7,1
	> 15 kW		starr	7,1
Pumpen mit integriertem Antrieb	> 15 kW		elastisch	11
	< 15 kW		starr	2,8
	< 15 kW		elastisch	4,5
	> 15 kW		starr	4,5
	> 15 kW		elastisch	7,1
	> 15 kW		elastisch	7,1

**Messung mit dem VM15**

Die Schwingstärke kann mit dem VM15 im Messbereich „Vel“ erfasst werden. Das Gerät sollte im Effektivwertmodus arbeiten (LED „pk-pk“ aus).

## 5.2. Schwingungsmessung an Hubkolbenmaschinen

**DIN/ISO 10816-6** Hubkolbenmaschinen, z.B. Verbrennungsmotoren und Kompressoren, sind gekennzeichnet durch hin- und hergehende Massen. Die dabei entstehenden Schwingpegel sind grundsätzlich höher als bei rotierenden Maschinen. Der Standard DIN/ISO 10816-6 (ähnlich VDI 2063) gibt Empfehlungen für die Bewertung von Schwingungen an Hubkolbenmaschinen. Die Messwerte werden dabei am Maschinenblock in den drei Raumrichtungen aufgenommen. Es sind die Effektivwerte von Schwingbeschleunigung, Schwinggeschwindigkeit und Schwingweg zu bestimmen. Der empfohlene Frequenzbereich ist 2 bis 1000 Hz. Damit eignet sich das VM15 gut für Schwingungsmessungen nach DIN/ISO 10816-6.

Anhand der ermittelten Pegel der drei Schwinggrößen lässt sich die Hubkolbenmaschine einer bestimmten Bewertungsklasse zuordnen. Die folgende Tabelle ermöglicht diese Zuordnung. Dabei wird zu jeder der drei Schwinggrößen zunächst die entsprechende Schwingstärkestufe abgelesen. Die höchste der drei gewonnenen Schwingstärkestufen ist die relevante. Im rechten Teil der Tabelle wird unter Berücksichtigung der Maschinenklasse (abhängig von Größe, Aufbau, Aufstellung, Drehzahl) der Bewertungszustand abgelesen.



Schwing- stärke- stufe	Maximalwert der Schwingung			Maschinenklasse						
	Schwing- weg µm eff.	Schwing- geschw. mm/s eff.	Schwing- beschl. m/s² eff.	1	2	3	4	5	6	7
1,1	< 17,8	< 1,12	<1,76	A/B	A/B	A/B	A/B	A/B	A/B	A/B
1,8	< 28,3	< 1,78	< 2,79							
2,8	< 44,8	< 2,82	< 4,42							
4,5	< 71,0	< 4,46	< 7,01							
7,1	< 113	< 7,07	< 11,1	C	D	D	D	D	D	D
11	< 178	< 11,1	< 17,6							
18	< 283	< 17,8	< 27,9							
28	< 448	< 28,2	< 44,2							
45	< 710	< 44,6	< 70,1	D	D	D	D	D	D	D
71	< 1125	< 70,7	< 111							
112	< 1784	< 112	< 176							
180	> 1784	> 112	> 176							

Die Bewertungszonen bedeuten:

- A Neu in Betrieb genommene Maschine
- B Dauerbetrieb ohne Einschränkung möglich
- C Nicht mehr für Dauerbetrieb tauglich,  
bedingt betriebsfähig bis zur nächsten Wartung
- D Zu starke Schwingung,  
Maschinenschäden nicht auszuschließen

### 5.3. Wälzlagerüberwachung

**Allgemeines** Während die beiden oben genannten Verfahren nach DIN/ISO 10816 sich mit Vibrationen beschäftigen, die von Unwuchten hervorgerufen werden, soll in diesem Abschnitt auf die Wälzlagerschwingungen eingegangen werden.

Typische Ursachen von Schäden an Wälzlagern sind Ermüdung, Korrosion, Käfigbeschädigungen, schlechte Schmierung oder Ermüdung durch zu hohe Beanspruchung.

Die Folgen sind Laufbahnschäden (Pittingbildung), erhöhte Temperatur, Geräuschbildung, verstärktes Spiel, unruhiger Lauf bis zum Käfigbruch und damit Totalausfall der Maschine.

Beim Überrollen von Schädigungen entstehen Impulse, die das System zu Schwingungen anregen. Diese Schwingungen kann man z.B. am Lagergehäuse messen.

Die von Wälzlagern erzeugten Schwingungen liegen in der Regel oberhalb von 1 kHz. Erfasst wird üblicherweise die Schwingbeschleunigung.

Wälzlagerschäden lassen sich durch Verfahren im Frequenzbereich oder im Zeitbereich diagnostizieren. Die Diagnose des Frequenzspektrums liefert tiefere Detailinformationen über das untersuchte Lager, erfordert jedoch auch ein hohes Maß an Erfahrung.

Die Verfahren im Zeitbereich (Effektiv- und Spitzenwerte der Beschleunigung) liefern hingegen einfachere Ergebnisse und erfordern weniger Geräteaufwand. In vielen Fällen liefern sie hinreichende Aussagen über den Zustand der Wälzlager einer Maschine.

**Crest-Faktor**

Ein bewährtes Verfahren im Zeitbereich ist die Crest-Faktormessung. Der Crest-Faktor ist der Quotient von Spitzenwert und Effektivwert der Schwingbeschleunigung ( $\hat{a}/a_{\text{eff}}$ ). Das Verfahren basiert auf der Erkenntnis, dass im Frühzustand einer Lagerschädigung nur geringe Änderungen im Effektivwert der Schwingbeschleunigung auftreten. Der Spitzenwert steigt hingegen bereits signifikant an (vgl. Bild 9).

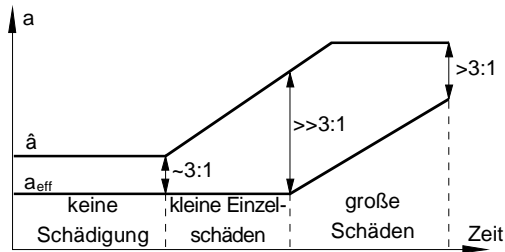


Bild 9: Typischer Schadensverlauf eines Wälzlagers

Die folgende Tabelle zeigt den Crest-Faktor und alternativ das Produkt aus Spitzen- und Effektivwert in Abhängigkeit von der Schädigung eines Wälzlagers.

Zustand	$a_{\text{eff}}$	$\hat{a}$	$\hat{a}/a_{\text{eff}}$	$\hat{a} \cdot a_{\text{eff}}$
keine Schädigung	klein	klein	$\approx 3$	klein
kleiner Einzelschaden	klein	erhöht	$>3$	wenig erhöht
mehrere kleine Einzelschäden	erhöht	erhöht	$>3$	mittel erhöht
großer Einzelschaden	erhöht	groß	$>>3$	erhöht
viele große Einzelschäden	groß	groß	$>3$	groß

**Diagnose-Kennzahl** Eine weitere Methode der Wälzlagerüberwachung im Zeitbereich ist die Diagnosekennzahl  $D_K(t)$  nach Sturm. Diese errechnet sich aus den Effektiv- und Spitzenwerten der Beschleunigung im Gutzustand (0) und im zu beurteilenden Zustand (t):

$D_K(t)$	Wälzlagerzustand
> 1	Verbesserung
1 .. 0,5	Guter Zustand
0,5 .. 0,2	Schädigungsbeschleunigende Einflüsse
0,2 .. 0,02	Fortschreitender Schädigungsprozess
< 0,02	Schädigung

**Messung mit dem VM15** Die beiden beschriebenen Verfahren lassen sich mit dem VM15 realisieren. Gemessen wird im hochpassgefilterten Beschleunigungsbereich „Acc HP“. Damit werden tieffrequente Signalanteile, die nicht von Lagerschwingungen herrühren, unterdrückt. Nach dem Effektivwert wird der Spitzenwert (Taste „pk-pk“) gemessen und notiert.



Dabei ist zu beachten, dass das VM15 den Spitze-Spitze-Wert ermittelt. Dieser ist durch zwei zu teilen, um den Spitzenwert  $\hat{a}$  zu erhalten.

## 6. Wartung und Kalibrierung

Das VM15 muss vor dem Eindringen von Staub und Feuchtigkeit geschützt werden. Der Schwingungssensor sollte nicht hart auf metallische Flächen aufschlagen, da dies die Genauigkeit beeinträchtigen kann.

**Kalibrierung** Die Messgenauigkeit des VM15 lässt sich sehr einfach mit einem Schwingungskalibrator, z.B. **VC10** von Metra, überprüfen. Dieser regt den Aufnehmer bei 159,2 Hz mit einem definierten Schwingpegel wie folgt an:

- Schwingbeschleunigung 10 m/s<sup>2</sup>
- Schwinggeschwindigkeit 10 mm/s
- Schwingweg 10 µm.

Wir empfehlen eine jährliche Überprüfung der Schwingungsmessbereiche.

Metra bietet einen Kalibrierdienst an, wobei Ihr Gerät mit einem PTB-beglaubigten Normal abgeglichen und mit Kalibrierschein versehen wird.



**Wichtig:** Bitte beachten Sie, dass die Kalibrierung nur mit dem zum Gerät gehörenden Schwingungsaufnehmer gilt. Die Seriennummer des VM15 ist auf der Geräterückseite angegeben. Beim Schwingungsaufnehmer ist die Seriennummer eingraviert. Im Falle von Verwechslungen können Sie die zusammengehörigen Seriennummern aus dem Kapitel Technische Daten entnehmen.

## 7. Technische Daten

### Messgerät:

<b>Messbereiche</b>	Schwingbeschleunigung: 3 Hz .. 10 kHz; 199,9 m/s <sup>2</sup> Schwingbeschleunigung: 1 kHz .. 10 kHz; 199,9 m/s <sup>2</sup> Schwinggeschwindigkeit: 3 Hz .. 1000 Hz; 199,9 mm/s Schwingweg: 3 Hz .. 200 Hz; 1999 μm Temperatur: 2 .. 200 °C
<b>Anzeigearten</b>	Echter Effektivwert (nur für Schwinggrößen) Echter Spitze-Spitze-Wert (nur für Schwinggrößen)
<b>Messgenauigkeit</b>	Schwingbeschleunigung: ±5% v. Messber.; ± 2 Digits Schwinggeschwindigkeit: ± 5% v. Messber.; ± 2 Digits Schwingweg: ± 10% v. Messber.; ± 5 Digits Temperatur: ± 3 K; ± 2 Digits
<b>Schwingungseingang</b>	ICP <sup>®</sup> -kompatibel Buchse: Binder Serie 719, dreipolig, männl. Konstantstrom: 1 mA Vorspannung: 10 V
<b>Temperatureingang</b>	Thermoelement Typ K mit kompensierter Übergangsstelle Buchse: Miniatur-Thermoelementbuchse
<b>Anzeige</b>	LCD, 3 ½ -stellig, Ziffernhöhe 8,9 mm Wiederholfrequenz: 3 Hz
<b>Signalausgang</b>	Messbereichsabhängiges AC-Signal Aussteuerbarkeit: ± 3 V (± 2 V bei voller Anzeige) Impedanz: ca. 500 Ω über 1 μF Buchse: 3,5 mm-Klinkenbuchse (mono)
<b>Spannungsversorgung</b>	9 V-Blockbatterie Typ IEC 6F22 / PP3 Stromaufnahme: ca. 12 mA Ruhestromaufnahme: ca. 4 μA Betriebsdauer: ca. 20 Stunden (Alkaline) ca. 5 Stunden (NiMH-Akku) Batteriekontrolle: LED bei U <sub>BATT</sub> < 7,5 V Selbstabschaltung: nach 1.. 2 min
<b>Betriebstemperatur</b>	-20 .. 55 °C Rel. Luftfeuchte 95 %, ohne Kondensation
<b>Abmessungen</b>	125 x 60 x 25 mm <sup>3</sup> (ohne Buchsen)
<b>Masse mit Batterie</b>	ca. 150 g

**Schwingungssensor:**

<b>Typ</b>	piezoelektrischer Beschleunigungsaufnehmer
<b>Empfindlichkeit</b>	ca. 25 mV/g
<b>Ausgang</b>	ICP <sup>®</sup> -kompatibel
<b>Arbeitspunkt</b>	4 .. 5 VDC
<b>Resonanzfrequenz</b>	ca. 28 kHz
<b>Querempfindlichkeit</b>	< 5 %
<b>Befestigung</b>	M5-Gewinde
<b>Anschluss</b>	TNC-Buchse
<b>Kabel</b>	Spiralkabel, gestreckte Länge ca. 1,5 m Stecker: TNC / <i>Binder</i> Serie 719, dreipolig, weiblich
<b>Abmessungen</b>	Höhe 45 mm; Ø 21 mm, SW19
<b>Masse</b>	50 g

**Zubehör:**

<b>Standard</b>	Messgerät Schwingungssensor Kabel für Schwingungssensor Tastspitze für Schwingungssensor Haftmagnet Bedienungsanleitung Kunststoffkoffer
<b>Optional</b>	Temperatursonde      Bestellbezeichnung: VM15-T Gürteltasche          Bestellbezeichnung: VM15-G Signalausgangskabel   Bestellbezeichnung: VM15-S (1,5 m; mit Klinkenstecker 3,5 mm und BNC-Stecker)

**Seriennummern:**

(Vom Hersteller auszufüllen)

**Messgerät**

.....
-------

**Schwingungssensor**

.....
-------

## **Garantie**

Metra gewährt auf dieses Produkt 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 Bedie-  
nungsanleitung beeinträchtigen.

Garantieansprüche entfallen bei unsachgemäßer Behandlung, insbesondere Nichtbe-  
achtung 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: Schwingungsmessgerät

Typ: VM15

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

EN 50081-1

EN 50082-1

Diese Erklärung wird verantwortlich für den Hersteller

Metra Mess- und Frequenztechnik

Meißner Str. 58

D-01445 Radebeul

abgegeben durch

Manfred Weber

Radebeul, 04. Januar 2002