

# Bedienungsanleitung

## Universal- Schwingungs- überwachung

**M12**  
Version C



Manfred Weber

Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeul e.K.

Meissner Str. 58 - D-01445 Radebeul

Tel. +49-351 849 21 04 Fax +49-351 849 21 69

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

**Herausgeber:**

Manfred Weber

Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeul e.K.

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)

Hinweis: Die jeweils aktuellste Fassung dieser Anleitung finden Sie als PDF unter <http://www.mmf.de/produktliteratur.htm>

Änderungen vorbehalten.

© 2017 Manfred Weber Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeul e.K.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung.

# Inhalt

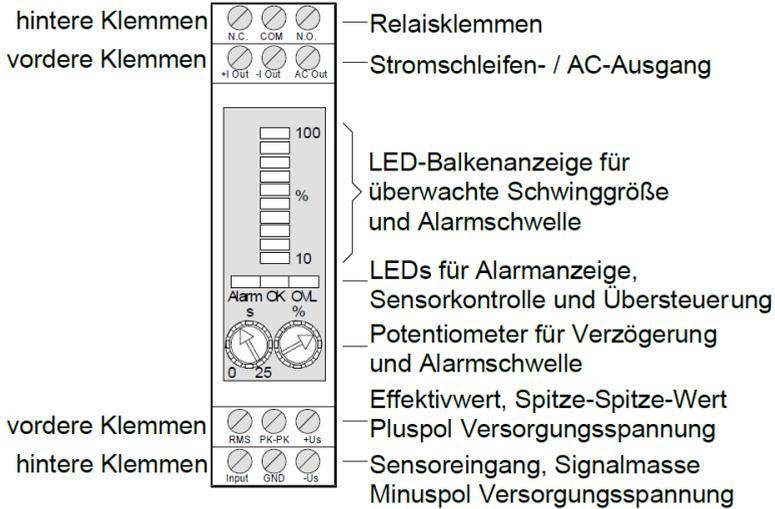
1. Bedien- und Anzeigeelemente im Überblick.....	5
2. Verwendungszweck.....	6
Messgrößen.....	6
Ausgänge.....	6
Filter.....	6
Anzeigen.....	6
3. Funktionsweise.....	7
Sensoreingang.....	7
Verstärker.....	7
Filter.....	8
Integration.....	8
Effektivwertbildung.....	8
Spitzenwertbildung.....	8
Stromschleifenausgang.....	8
Alarmrelais.....	8
Pegelanzeige.....	10
Eigenüberwachungsfunktionen.....	10
AC-Ausgang.....	10
Ansprechzeit.....	10
Übersteuerungsanzeige.....	10
Spannungsversorgung.....	10
Dreifachisolation.....	10
4. Installation.....	11
4.1. Auswahl der Messpunkte.....	11
Sensoranbringung.....	11
DIN/ISO 10816-1.....	12
4.2. Anschluss und Einstellung.....	14
4.2.1. Montage.....	14
Klemmen.....	14
4.2.2. Spannungsversorgung.....	15
Einschalt-Alarmverzögerung.....	15
4.2.3. Sensor.....	15
Sensoreingang.....	15
Empfindlichkeit.....	16
Sensorüberwachung.....	16
Sensoranschluss.....	17
Betrieb von zwei M12-Modulen an einem Sensor.....	17
4.2.4. Messgröße wählen.....	19
Schwinggröße.....	19
Hinweis zum Frequenzgang der Integratoren.....	19
Effektivwert / Spitze-Spitze.....	20
4.2.5. Messbereich wählen.....	21
Übersteuerungsanzeige.....	21
4.2.6. Filtermodule.....	22
Dämpfung.....	22
Werkseinstellung.....	22

Einsetzen der Filtermodule.....	22
4.2.7. Relaisausgang.....	23
Einstellung.....	23
Anschluss.....	24
Eigenüberwachung.....	24
Sensorüberwachung.....	25
Kontaktbeschaltung.....	25
4.2.8. Stromschleifenausgang.....	25
Anschluss.....	26
Isolation.....	26
Verpolschutz.....	26
4.2.9. Gleichspannungsausgänge.....	27
4.2.10. Wechselspannungsausgang.....	27
Filterung und Integration.....	27
Einstellung.....	28
Ausgangspegel.....	29
Bandbreite.....	29
Anschluss.....	29
4.3. Kalibrierung.....	30
Werksabgleich.....	30
Abgleichpunkt.....	30
Schwingungskalibrator.....	30
Elektrische Kalibrierung.....	30
4.4. Schwingpegelanzeige M12DIS.....	31
Anschluss.....	31
Hintergrundbeleuchtung.....	32
Montage.....	32
Kalibrierung.....	33
5. Messverfahren für Maschinenschwingungen.....	34
5.1. Schwingstärkemessung für Unwuchtvibration.....	34
DIN/ISO 10816-1.....	34
Messung mit dem M12.....	35
5.2. Schwingungsmessung an Hubkolbenmaschinen.....	36
DIN/ISO 10816-6.....	36
Messung mit dem M12.....	37
5.3. Wälzlagerüberwachung.....	37
Allgemeines.....	37
Crest-Faktor.....	37
Diagnose-Kennzahl nach Sturm.....	38
Messung mit dem M12.....	38
6. Technische Daten.....	39
Anlagen: Garantie	
CE-Konformitätserklärung	

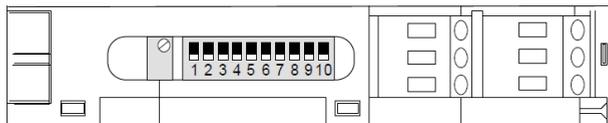
# 1. Bedien- und Anzeigeelemente im Überblick

Frontansicht:

Frontansicht:



Seitenansicht:



Einstellung der Sensorempfindlichkeit

**Funktion der DIP-Schalter in der unteren Stellung des Hebels:**

- 1: Sensorspeisung ein
- 2: Messbereich 10
- 3: Messbereich 50
- 4: Messbereich 250
- 5: Doppelintegration (Weg)
- 6: Einfachintegration (Geschwindigkeit)
- 7: Integration aus (Beschleunigung)
- 8: Effektivwertüberwachung
- 9: Spitze-Spitze-Überwachung
- 10: Alarmhaltezeit kurz

## 2. Verwendungszweck

Das Gerät M12 eignet sich für vielfältige Aufgaben der Schwingungsmessung und -überwachung. Typische Einsatzfälle liegen in der Laufruheüberwachung an rotierenden Maschinen nach DIN/ISO 10816 sowie in der Wälzlagerüberwachung. Dem Wartungstechniker gibt das M12 die Möglichkeit, Verschleißerscheinungen frühzeitig zu erkennen und größeren Folgeschäden vorzubeugen. Somit können Kosten gespart und Produktionsausfälle verhindert werden. Ebenso eignet sich das Gerät für Aufgaben in der Prozesssteuerung und Qualitätssicherung. Durch seine flexiblen Einstellmöglichkeiten lässt es sich optimal an den Einsatzfall anpassen. Das M12 stellt standardisierte Messwerte für die Weiterverarbeitung zur Verfügung. Außerdem ist ein Relaiskontakt vorhanden, mit dem Abschaltvorgänge oder Signale ausgelöst werden können.

### Messgrößen

Das M12 ist für den Betrieb mit einem IEPE-kompatiblen piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmer ausgelegt. Es eignet sich zur Messung und Überwachung folgender Schwinggrößen:

- Schwingbeschleunigung (ohne Integration)
- Schwinggeschwindigkeit (mit Einfachintegration)
- Schwingweg (mit Doppelintegration)

Je Schwinggröße kann zwischen 3 Messbereichen gewählt werden.

### Ausgänge

Das Schwingensignal liegt an folgenden Ausgängen an:

- AC-Breitbandausgang des verstärkten, ungefilterten Sensorsignals
- AC-Ausgang für gefiltertes und bei Bedarf integriertes Signal
- DC-Ausgang für den echten Effektivwert der gewählten Schwinggröße
- DC-Ausgang für den echten Spitze-Spitze-Wert der gewählten Schwinggröße
- 4-20 mA-Stromschleifenausgang für den Effektiv- oder Spitze-Spitze-Wert der gewählten Schwinggröße

### Filter

Besonders vielseitig in seiner Einsetzbarkeit wird das M12 durch die Möglichkeit, Hoch- und Tiefpassfrequenzen individuell auszuwählen. Die Filter sind in Form von Steckmodulen als Zubehör erhältlich.

### Anzeigen

An der Vorderfront hat das M12 folgende Anzeigeelemente:

- Alarm-LED
- Sensorkontroll-LED
- Übersteuerungs-LED
- LED-Balkenanzeige für überwachte Schwinggröße und Alarmschwelle

### 3.Funktionsweise

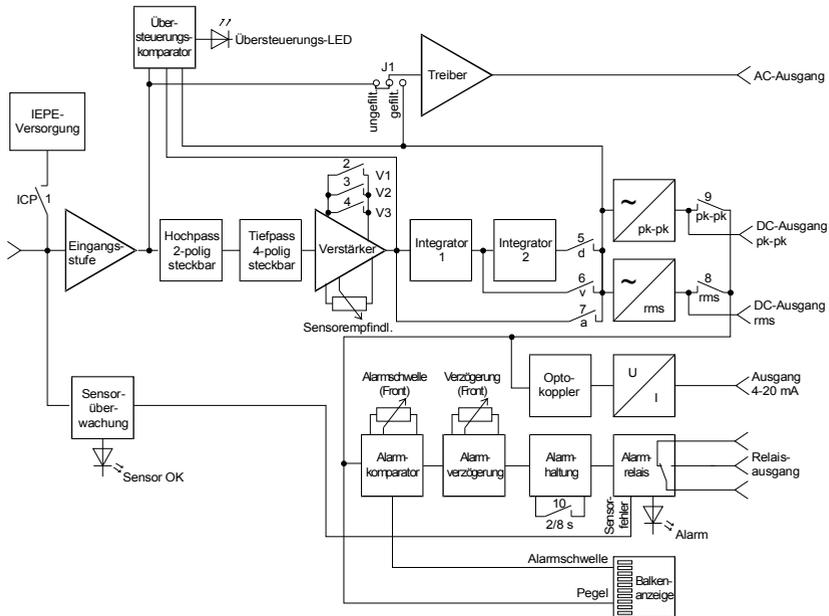


Bild 1: Prinzipschaltung

**Sensoreingang** Das M12 benötigt zum Betrieb einen piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmer mit integriertem Impedanzwandler nach IEPE-Standard. Der serienmäßige Werksabgleich erfolgt für typische Industriesensoren mit einer Empfindlichkeit von 100 mV/g. Wir empfehlen die Industrie-Beschleunigungssensoren KS80 und KS81 aus unserer Produktion mit 100 mV/g Empfindlichkeit, isoliertem Boden und Schutzgrad IP67.

Der Konstantstrom zur Versorgung der Sensorelektronik wird vom M12 bereitgestellt und wird mit dem DIP-Schalter 1 zugeschaltet.

#### Verstärker

Auf den Eingang folgt ein Spannungsverstärker mit variabler Verstärkung und mehr als 50 kHz Bandbreite. Die Sensorempfindlichkeit kann auf der Geräteunterseite mit einem Potentiometer zwischen 10 und 100 mV/g eingestellt werden. Das M12 besitzt 3 Messbereiche, die mit den DIP-Schaltern 2, 3 und 4 an der Geräteunterseite gewählt werden:

	Schwingbeschleunigung	Schwinggeschwindigkeit	Schwingweg
DIP 2	10 m/s <sup>2</sup>	10 mm/s	100 µm
DIP 3	50 m/s <sup>2</sup>	50 mm/s	500 µm
DIP 4	250 m/s <sup>2</sup>	250 mm/s	2500 µm

<b>Filter</b>	Das M12 enthält ein Hochpass- und ein Tiefpassfilter. Diese sind als Steckbausteine ausgeführt und können daher je nach Erfordernis ausgetauscht werden. Das Hochpassfilter ist zweipolig mit einer Dämpfung von ca. 40 dB je Dekade. Das Tiefpassfilter ist vierpolig mit ca. 70 dB/Dekade.
<b>Integration</b>	Zur Messung der Schwingbeschleunigung wird das Sensor-signal ohne Integration verarbeitet. Bei Messung der Schwinggeschwindigkeit erfolgt Einfachintegration, für den Schwingweg Doppelintegration. Die Integratoren werden mit den DIP-Schaltern 5 bis 7 ein- oder ausgeschaltet.
<b>Effektivwert-bildung</b>	Das M12 misst den echten Effektivwert („True RMS“), wodurch eine präzise Effektivwertbildung auch bei nicht sinusförmigen Signalen gewährleistet wird. Das Effektivwertsignal kann als Gleichspannung (0 .. 10 V) an einer Klemme zur externen Weiterverarbeitung abgenommen werden. Die Aktualisierungsrate des Effektivwerts beträgt ca. 1 Wert / Sekunde.
<b>Spitzenwert-bildung</b>	Alternativ zum Effektivwert kann das M12 auch den Spitzenwert bilden. Es handelt sich um den echten Spitze-Spitze-Wert, unabhängig von der Signalform. Dazu werden die Beiträge des größten positiven und des kleinsten negativen Messwerts der letzten 100 ms betragsmäßig addiert. Das Spitzenwertsignal kann als Gleichspannung (0 .. 10 V) ebenfalls an einer Klemme zur externen Weiterverarbeitung abgenommen werden. Die Aktualisierungsrate beträgt ca. 10 Werte / s. Während sowohl der Effektivwert als auch der Spitze-Spitze-Wert gleichzeitig an den Anschlussklemmen zur Verfügung stehen, kann nur eine der beiden Größen den Stromschleifenausgang sowie das Alarmrelais steuern. Mit den DIP-Schaltern 8 (RMS) und 9 (PK-PK) wird die Überwachungsgröße ausgewählt.
<b>Stromschleifen-ausgang</b>	Der Effektiv- oder Spitze-Spitze-Wert der gewählten Schwinggröße steht als standardisiertes Stromschleifensignal (4-20 mA) an den entsprechenden Klemmen zur Verfügung. Damit besteht die Möglichkeit, das vorverarbeitete Messsignal über weite Distanzen zu übertragen. Am Zielort kann es zum Beispiel mit SPS, Anzeige- oder Aufzeichnungsgeräten weiterverarbeitet werden. Probleme entstehen gelegentlich bei der Fernübertragung von Signalen infolge unterschiedlicher Bezugspotenziale. Das M12 bleibt davon unbeeinflusst, da der Stromschleifenausgang über einen Optokoppler galvanisch vom Rest der Schaltung getrennt ist.
<b>Alarmrelais</b>	Neben seinen Funktionen als Messgerät erlaubt das M12 auch die Auslösung von Schaltvorgängen bei Überschreitung eines bestimmten Wertes der gewählten Schwinggröße. Dazu ist ein Relais mit potenzialfreiem Wechslerkontakt vorhanden. Die LED „Alarm“ leuchtet, wenn das Relais anspricht. Die Ansprechschwelle und die Ansprechverzögerung ( $t_v$ ) können stufenlos mit zwei Potentiometern an der Frontseite eingestellt werden. Der Einstellbereich für die Ansprechschwelle liegt zwischen 0 und 25 s. Die Alarmhaltezeit ( $t_h$ ) kann mittels



<b>Pegelanzeige</b>	<p>Die LED-Balkenanzeige hat zwei Funktionen. Sie zeigt einerseits die Aussteuerung der überwachten Schwinggröße zwischen 10 und 100 % des gewählten Messbereiches an. Zusätzlich wird die mit dem Potentiometer eingestellte Alarmschwelle ebenfalls in Prozent vom Messbereich angezeigt. Die Balkenanzeige liefert in Form von zwei leuchtenden Punkten eine übersichtliche Aussage über die Schwinggröße in Relation zur Alarmschwelle.</p> <p>Beachten Sie bitte auch das als Zubehör erhältliche Digitalanzeigemodul M12DIS (Abschnitt 4.4).</p>
<b>Eigenüberwachungsfunktionen</b>	<p>Von einer Schwingungsüberwachungseinrichtung wird eine hohe Zuverlässigkeit erwartet. Es muss verhindert werden, dass überhöhte Schwingpegel im Fehlerfall unerkannt bleiben. Daher verfügt das M12 über eine zweistufige Eigenüberwachung:</p> <p>Die Überwachung des Sensorarbeitspunktes erkennt Defekte im Sensor und der Sensorleitung. Wenn der Sensorstromkreis unterbrochen wird, verlischt die „OK“-LED. Bei Kurzschluss am Sensoreingang blinkt die „OK“-LED. In beiden Fehlerfällen schaltet das Relais auf Alarm um, die LED „Alarm“ leuchtet jedoch nicht.</p> <p>Ein Ausfall der Versorgungsspannung führt gleichfalls zum Auslösen des Alarmrelais.</p>
<b>AC-Ausgang</b>	<p>An den Anschlussklemmen liegt neben den gleichgerichteten Messgrößen auch das Wechselsignal an. Der AC-Ausgang kann mittels Jumper J1 wahlweise an einen Punkt direkt hinter dem Verstärker oder an den Ausgang der Filter bzw. Integratoren geschaltet werden (vgl. Bild 1). Im ersten Fall liefert der AC-Ausgang das Rohsignal des Beschleunigungsaufnehmers mit einer Bandbreite von über 100 kHz, das lediglich vorverstärkt wird. Im zweiten Fall führt der AC-Ausgang das gefilterte und ggf. integrierte Signal entsprechend der gesteckten Filter und der gewählten Schwinggröße.</p>
<b>Ansprechzeit</b>	<p>Aufgrund der kürzeren Aktualisierungsrate an den Analogausgängen und am Relais ist für Überwachungsaufgaben mit kurzer Ansprechzeit der Spitzenwert vorteilhafter.</p>
<b>Übersteuerungsanzeige</b>	<p>An der Frontseite befindet sich eine Leuchtdiode „OVL“, die Übersteuerung nach der Eingangsstufe, nach dem Verstärker sowie nach dem Integrator signalisiert. Wenn diese zu leuchten beginnt, ist das Messsignal noch unverzerrt, hat jedoch einen Spitzenwert von <math>\pm 10</math> V erreicht.</p>
<b>Spannungsversorgung</b>	<p>Das M12 benötigt zum Betrieb eine Gleichspannung zwischen 12 und 28 V. Die Stromaufnahme liegt zwischen 80 und 200 mA. Je niedriger die Versorgungsspannung, desto höher die Stromaufnahme.</p>
<b>Dreifachisolation</b>	<p>Optimaler Schutz vor Erdschleifenproblemen wird durch galvanische Trennung von Versorgungsspannung, Signalweg und Stromschleifenausgang erreicht.</p>

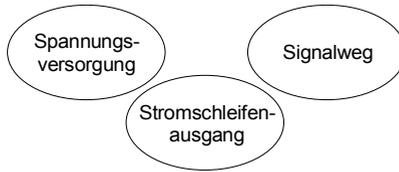


Bild 3: Isolationskonzept

## 4. Installation

### 4.1. Auswahl der Messpunkte

#### Sensoranbringung

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

Die bei Schwingungen auftretenden Kräfte werden normalerweise über Lager und Lagergehäuse auf das Maschinengehäuse übertragen. Deshalb eignen sich Lagergehäuse oder deren unmittelbare Umgebung als bevorzugte Messpunkte. Ungeeignet sind leichte oder mechanisch nachgiebige Maschinenteile.

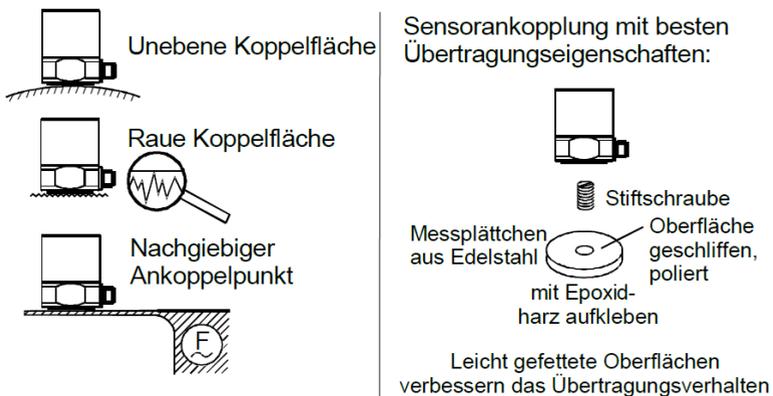


Bild 4: Empfehlungen zur Sensorankopplung



Eine flächige Verbindung zwischen Beschleunigungsaufnehmer und Messobjekt ist unerlässlich für eine exakte Schwingungsübertragung. Unebene, zerkratzte oder zu kleine Koppelflächen verursachen Messfehler, insbesondere im Frequenzbereich über 1 kHz.

Für optimale Übertragungsbedingungen empfehlen wir, ein Stahl-Messplättchen mit einer ebenen Koppelfläche (z.B. Typ 229 von Metra) auf den gewählten Messpunkt aufzukleben oder zu schweißen. Der Durchmesser sollte mindestens dem des Beschleunigungsaufnehmers entsprechen.

Die Befestigung des Aufnehmers erfolgt üblicherweise durch

## DIN/ISO 10816-1

Stiftschrauben. Ein dünner Fettfilm (z.B. Silikonfett) verbessert die Qualität der Koppelverbindung.

Für temporäre Messungen der Schwingstärke eignet sich auch die Ankopplung mittels Haftmagnet.

Die Norm 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.

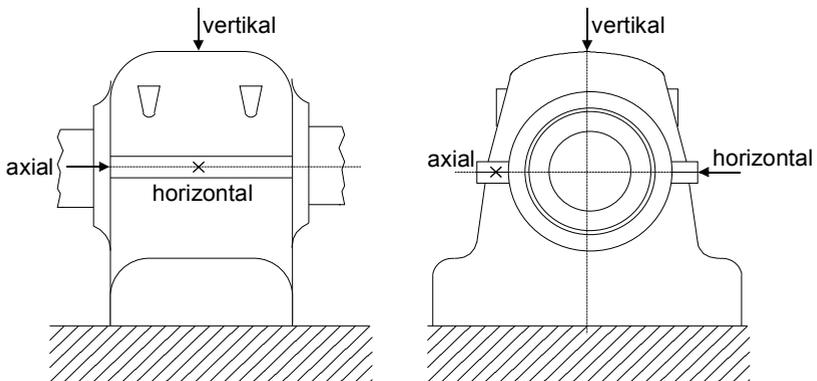


Bild 5: Messorte an Stehlagern

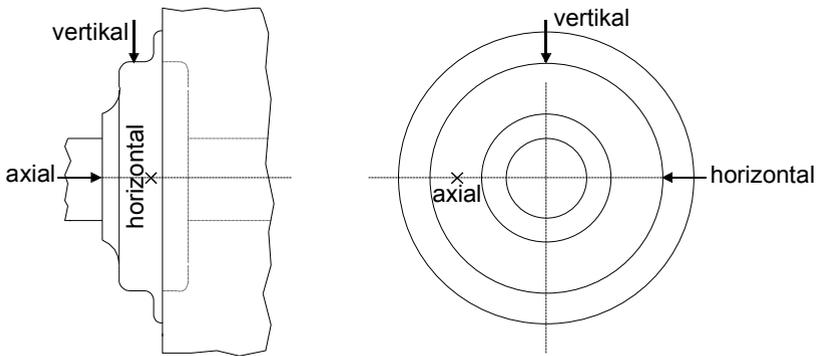


Bild 6: Messorte an Schildlagern

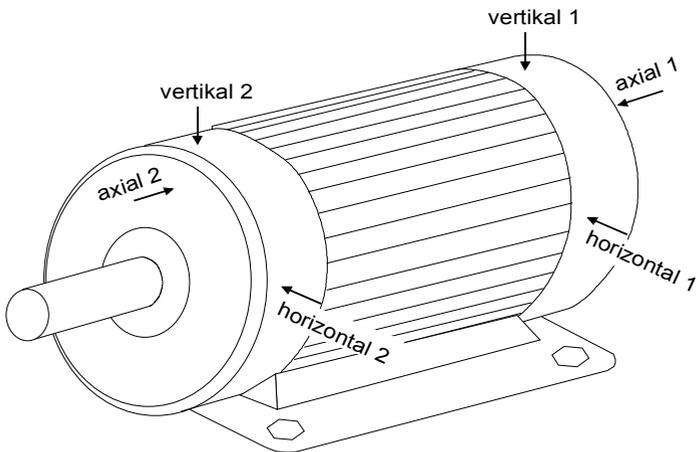


Bild 7: Messorte an Elektromotoren

## 4.2. Anschluss und Einstellung

### 4.2.1. Montage

Das M12 ist für die Befestigung auf 35 mm-DIN-Schienen (Hutschienen) vorgesehen. Diese müssen horizontal angebracht sein. Der Einbau erfolgt in staub- und feuchtigkeitsgeschützter Umgebung, vorzugsweise in Schaltschränken.



In unmittelbarer Nähe des Gerätes sollten sich keine starken elektromagnetischen Störquellen, z.B. getaktete Stromversorgungen oder Frequenzumrichter, befinden. Anderenfalls kann es zu Einstreuungen in den Signalweg des M12 kommen.



Über und unter dem Gehäuse müssen mindestens 4 cm Freiraum bleiben, damit die im Gerät umgesetzte Verlustwärme (ca. 2,5 W) abgeführt wird. Die Temperatur der Umgebungsluft darf 55 °C nicht überschreiten, ggf. ist eine künstliche Belüftung erforderlich.

Zum Befestigen wird mit einem flachen Gegenstand der schwarze Rastschieber an der Oberseite bis zum Anschlag herausgezogen, wo er einrastet. Mit der unteren Kerbe an der Rückwand wird das Modul auf die DIN-Schiene geschoben und, wie in Bild 8 gezeigt, aufgeschnappt. Der schwarze Rastschieber muss dabei zurückspringen. Die Demontage erfolgt durch Herausziehen des Rastschiebers und Abziehen des M12.

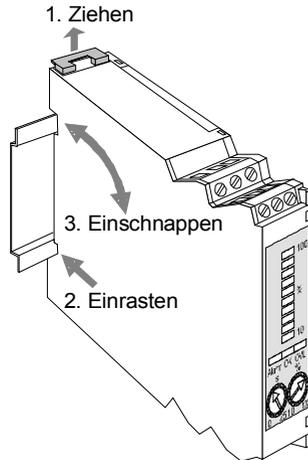


Bild 8: DIN-Schienenmontage

#### Klemmen

Alle Anschlüsse sind als Schraubklemmen ausgeführt. Der Anschlussbereich ist 0,14 bis 4 mm<sup>2</sup> für eindrähtige und 0,14 bis 2,5 mm<sup>2</sup> für feindrähtige Leitungen.



Vor der Befestigung des Gehäuses sollten, falls erforderlich, die Einstellungen im Geräteinneren durchgeführt werden:

Filtereinbau:                   Abschnitt 4.2.6, S.22;

AC-Ausgang einstellen:       Abschnitt 4.2.10, S.27.

## 4.2.2.Spannungsversorgung

Das M12 benötigt zum Betrieb eine Gleichspannung zwischen 12 und 28 V, wie sie üblicherweise in Steuerschränken vorliegt. Gut geeignet sind auch 24 V-Netzgeräte für DIN-Schienenmontage. Die Stromaufnahme liegt, je nach Spannung, bei 80 bis 200 mA. Bild 9 zeigt die Klemmenbelegung. Das M12 ist gegen Falschpolung und gegen kurze Überspannungsimpulse geschützt. Die Versorgungsspannung ist von den Ein- und Ausgängen des M12 isoliert.

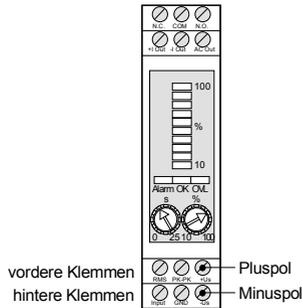


Bild 9: Stromversorgungsklemmen

### Einschalt-Alarm- verzögerung

Nach dem Anlegen der Versorgungsspannung vergehen 5 Sekunden, bis das M12 bereit für Alarmmeldungen ist. Während dieser Zeit wird das Relais im „OK“-Zustand gehalten. Damit werden Fehlalarme durch Einschwingvorgänge vermieden.

## 4.2.3.Sensor

### Sensoreingang

Das M12 ist für den Anschluss aller Beschleunigungsaufnehmer nach IEPE-Standard geeignet. Die eingebaute Konstantstromquelle für die Sensorelektronik liefert ca. 4 mA. Eine Quellenspannung von 24 V gewährleistet volle Aussteuerbarkeit, unabhängig von der Arbeitspunktspannung des gewählten Sensors. Die Konstantstromquelle wird aktiviert, indem der DIP-Schalter 1 „IEPE Supply“ an der Gehäuseseite in die untere Stellung gebracht wird (Bild 10).

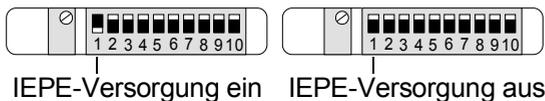


Bild 10: Einschalten der IEPE-Versorgung

## Empfindlichkeit

An das M12 können IEPE-kompatible piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer mit Empfindlichkeiten zwischen 10 und 100 mV/g bzw. 1 bis 10 mV/ms<sup>2</sup> angeschlossen werden. Der Standard-Werksabgleich erfolgt für Sensoren mit 100 mV/g. Bei Sensoren mit anderen Empfindlichkeiten muss nach der Installation eine Kalibrierung erfolgen (vgl. Kapitel 4.3, Seite 30).



Die Konstantstromquelle muss für den Betrieb des Sensors eingeschaltet sein.

Der Eingang des M12 ist gegen Überspannungsimpulse geschützt.



Durch so genannte Erdschleifen können sich über die Sensorleitung Störungen einkoppeln, die unter Umständen das Messergebnis massiv verfälschen. Um dies zu verhindern, sollten vorzugsweise Beschleunigungssensoren mit isoliertem Gehäuse verwendet oder für erdpotenzialfreie Montage auf der Maschine gesorgt werden.

## Sensorüberwachung

Das M12 ist in der Lage, einen defekten Sensor zu erkennen. Dies geschieht über die am Sensor anliegende Arbeitspunktspannung. Die Anzeige des Sensorzustands erfolgt über die Leuchtdiode „OK“ an der Frontseite. Wenn diese leuchtet, arbeitet der Sensor im normalen Bereich. Wird der im M12 vorgegebene Grenzwert von 20 V überschritten, verlischt die LED „OK“. Außerdem spricht das Relais an und meldet Alarm.

Der Grund dafür ist, dass die Konstantstromquelle nicht den erforderlichen Strom durch den Sensor treiben kann. Ursache kann ein gebrochenes Kabel oder ein defekter Sensor sein. Im Extremfall kann auch eine Übersteuerung des Sensorausgangs vorliegen. Bild 11 erläutert die Lage des Sensorarbeitspunktes und die Grenzwerte der Aussteuerbarkeit. Die Vorspannung der Konstantstromquelle ist beim M12 größer 24 V. Bei Kurzschluss blinkt die Leuchtdiode „OK“.

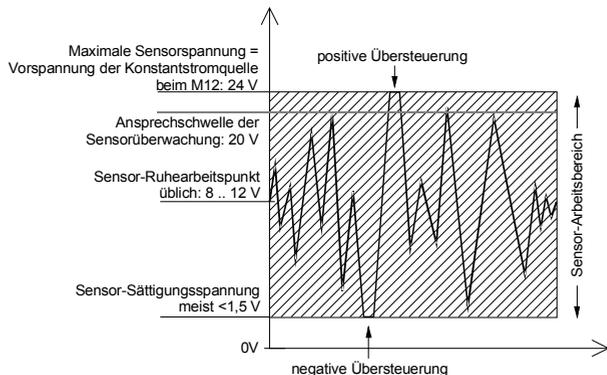


Bild 11: Sensorarbeitspunkt und Aussteuerungen

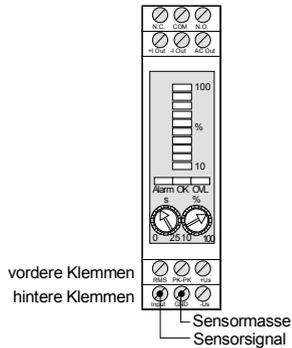


Bild 12: Sensoranschluss

### Sensor-anschluss

Der Anschluss des Schwingungsaufnehmers erfolgt mit Koaxialkabel oder mehradriger geschirmter Leitung. Leitungslängen von 100 m und mehr sind zulässig. Grenzen sind durch die Störfestigkeit und den ohmschen Widerstand gegeben.

Die Enden des Sensorkabels werden verdreht und mit Aderendhülsen versehen bzw. verzinnt. Der Anschluss erfolgt nach Bild 12.



Wichtig: Achten Sie darauf, dass keinesfalls Sensormasse und Sensorsignal beim Anschluss vertauscht werden! Dies führt bei vielen Sensoren zu sofortiger Zerstörung. Wenden Sie sich bitte den Sensorhersteller, falls Sie sich bei der Kabelbelegung nicht sicher sind.

### Betrieb von zwei M12-Modulen an einem Sensor

Das M12 bietet die Möglichkeit, zwei Module an einem gemeinsamen Beschleunigungssensor zu betreiben. Damit eröffnen sich vielfältige Kombinationsmöglichkeiten. Bild 13 zeigt als Beispiel eine Möglichkeit für die Messung bzw. Überwachung von Schwinggeschwindigkeit und Schwingbeschleunigung mit einem gemeinsamen Sensor. Damit lassen sich gleichzeitig Unwucht- und Lagervibrationen erfassen.

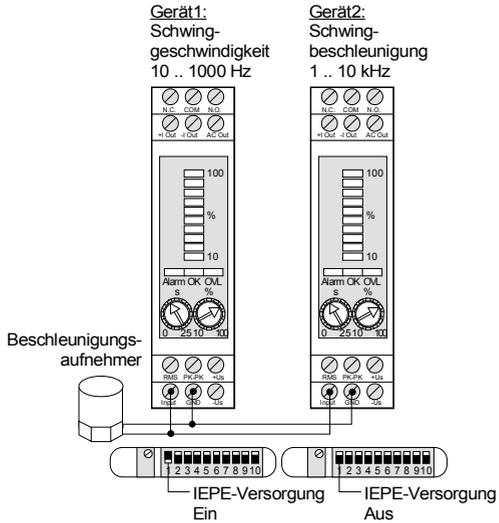


Bild 13: Überwachung von Unwucht und Lagerschwingung mit einem gemeinsamen Sensor

Bild 14 zeigt eine Überwachung für Unwuchtvibrationen nach ISO 10816 mit zwei Alarmstufen. Durch unterschiedliche Einstellung der Alarmschwellen lassen sich Vor- und Hauptalarm realisieren.

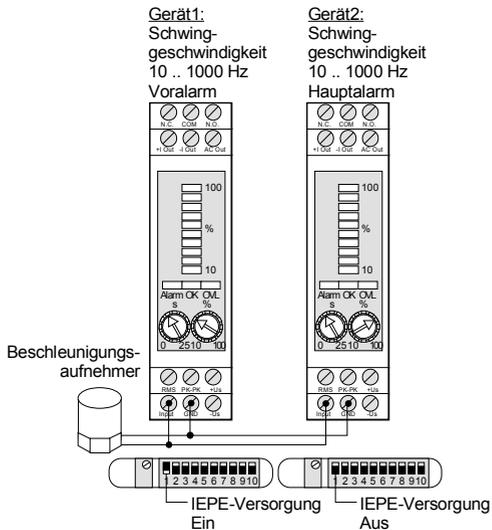


Bild 14: Schwingungsüberwachung mit 2 Alarmstufen



Beim Betrieb von zwei Modulen an einem gemeinsamen Sensor ist zu beachten, dass die Konstantstromquelle nur an ei-nem Modul eingeschaltet wird (vgl. Bild 13 und Bild 14). Die Sensorüberwachung arbeitet normal und liefert im Fehlerfall an beiden Geräten eine Alarmmeldung.

#### 4.2.4. Messgröße wählen

##### Schwinggröße

Das M12 ist in der Lage, die Schwingbeschleunigung, die Schwinggeschwindigkeit oder den Schwingweg zu überwachen, wobei jeweils zwischen Effektivwert oder Spitze-Spitze-Wert gewählt werden kann. Bei der Installation ist die gewünschte Messgröße mit den DIP-Schaltern an der Unterseite auszuwählen. Die nachfolgenden Einstellungen wirken sich sowohl auf den Relaisausgang als auch auf den Stromschleifenausgang aus.

Die Auswahl der Schwinggröße (Integratoren) erfolgt mit den DIP-Schaltern 5 bis 7 gemäß Bild 15. Für die gewünschte Schwinggröße ist der entsprechende Schalthebel nach unten zu drücken.



5: Schwingweg (Doppelintegration)



6: Schwinggeschwindigkeit (Einfachintegration)



7: Schwingbeschleunigung

Bild 15: Auswahl der Schwinggröße

##### Hinweis zum Frequenzgang der Integratoren

Bei höheren Frequenzen liefern Integratoren nur noch kleine Ausgangsspannungen. Im Bereich von einigen hundert Hertz ist die Aussteuerbarkeit beträchtlich reduziert (siehe Bild 16). Dies gilt besonders beim Schwingweg. Bei 160 Hz ist z.B. die Aussteuerbarkeit nur noch 10 %, d.h. 250  $\mu\text{m}$  statt 2500  $\mu\text{m}$ . Die Messung von Schwinggeschwindigkeit und Schwingweg ist daher auf tiefe und mittlere Frequenzen beschränkt.

Bei sehr tiefen Frequenzen bewirken die Integratoren eine starke Pegelanhebung. Diese führt dazu, dass tieffrequentes Rauschen oder Driftvorgänge im Sensor und in der Verstärkerschaltung überbetont werden. Bei Integration ist es daher zweckmäßig, die untere Grenzfrequenz durch Einsatz von Hochpassfiltern auf 3 Hz oder höher festzulegen. Praktisch nutzbare Frequenzbereiche sind:

3 bis 1000 Hz bei Einfachintegration (Schwinggeschwindigkeit),  
3 bis 200 Hz bei Doppelintegration (Schwingweg).

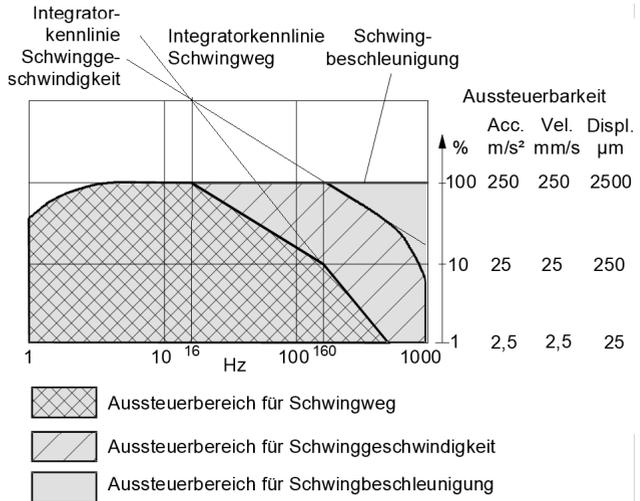


Bild 16: Aussteuerbarkeit der Integratoren als Funktion der Frequenz

**Effektivwert / Spitze-Spitze**

Zwischen Effektivwert und Spitze-Spitze-Wert wird mit den DIP-Schaltern 8 und 9 gewählt.



8: Effektivwert



9: Spitze-Spitze-Wert

Bild 17: Auswahl der Gleichrichtung



Es darf nur einer der beiden Schaltebel nach unten gedrückt werden.

**Ansprechzeit**

Aufgrund der kürzeren Aktualisierungsrate an den Analogausgängen und am Relais ist für Überwachungsaufgaben mit kurzer Ansprechzeit der Spitzenwert vorteilhafter.

#### 4.2.5. Messbereich wählen

Das Gerät verfügt über drei Messbereiche. In Abhängigkeit vom zu erwartenden Schwingpegel erfolgt die Auswahl mit den DIP-Schaltern 2, 3 und 4. Für den gewünschten Messbereich wird der Hebel des DIP-Schalters nach unten gedrückt. Die folgende Tabelle zeigt die Messbereiche je nach gewählter Schwinggröße.

DIP-Schalter	Schwingbeschleunigung (ohne Integrator)	Schwinggeschwindigkeit (Einfachintegr.)	Schwingweg (Doppelintegr.)
2	10 m/s <sup>2</sup>	10 mm/s	100 µm
3	50 m/s <sup>2</sup>	50 mm/s	500 µm
4	250 m/s <sup>2</sup>	250 mm/s	2500 µm



Es darf nur ein Messbereich eingeschaltet sein.

Die Messbereichsendwerte werden sowohl bei Effektivwertmessung als auch bei Spitze-Spitze-Messung erreicht. Voraussetzung für die angegebene Skalierung der Messbereiche ist eine ordnungsgemäße Kalibrierung der Sensorempfindlichkeit (vgl. Kapitel 4.3, Seite 30).

#### Übersteuerungs- anzeige

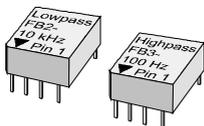
Sollte die Übersteuerungs-LED „OVL“ leuchten, ist der Messbereich zu vergrößern.

Ein Aufleuchten der Übersteuerungsanzeige muss nicht bedeuten, dass am Effektivwertausgang oder Spitze-Spitze-Ausgang ein zu hoher Wert anliegt bzw. das Alarmrelais anspricht. In einigen Fällen kann es vorkommen, dass das Signalgemisch vom Aufnehmer dominante Anteile außerhalb des Filterdurchlassbereiches enthält. Dann wird zwar die Eingangsstufe übersteuert, der hinter dem Filter liegende Gleichrichter- und Relaisansteuerungsteil bleibt davon jedoch unbeeinflusst.

Die Übersteuerungsanzeige des M12 überwacht drei relevante Schaltungspunkte: den Ausgang der Eingangsstufe, den Ausgang des Verstärkers und den Ausgang des Integrators.

## 4.2.6. Filtermodule

Seine Vielseitigkeit verdankt das M12 nicht zuletzt der Möglichkeit, die Filter den Anforderungen entsprechend zu konfigurieren. Dazu hat das Gerät je eine Steckfassung für ein Hochpass- und ein Tiefpassfiltermodul. Die Filtermodule können als Zubehör bestellt werden. Folgende Modelle sind standardmäßig lieferbar:



Tiefpassmodule (Serie FB2): 0,1 kHz; 0,3 kHz; 0,5 kHz;  
1 kHz; 3 kHz; 5 kHz;  
10 kHz; 30 kHz  
Hochpassmodule (Serie FB3): 2 Hz; 3 Hz; 5 Hz; 10 Hz;  
30 Hz; 50 Hz; 100 Hz;  
300 Hz; 500 Hz; 1000 Hz

Filtermodule mit weiteren Frequenzen können kundenspezifisch gefertigt werden.

### Dämpfung

Die Tiefpassfilter (FB2) sind Butterworth-Filter 4. Ordnung mit ca. 70 dB Dämpfung je Dekade. Die Hochpassfilter (FB3) sind 2. Ordnung mit einer Dämpfung von ca. 40 dB je Dekade.

### Werks-einstellung

Das M12 wird ab Werk mit den gewünschten Filtermodulen bestückt. Die Filterfrequenzen finden Sie als Klebeschild auf der Außenseite.

### Einsetzen der Filtermodule

Zum Einsetzen bzw. Wechseln der Filtermodule muss das Gehäuse geöffnet werden. Wie in Bild 18 gezeigt, geschieht dies durch Öffnen der 6 Rastlaschen auf der rechten Gehäuseseite.

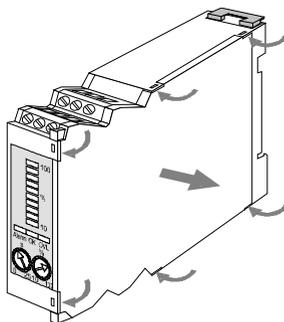


Bild 18: Öffnen des Gehäuses

Nach Abnehmen des Deckels wird die Hauptleiterplatte aus dem Gehäuse gezogen. Die Frontleiterplatte ist mit der Hauptleiterplatte durch ein Flachkabel verbunden. Halten Sie die Frontleiterplatte beim Entnehmen der Hauptleiterplatte fest, damit diese im Gehäuse verbleibt und legen Sie die Hauptleiterplatte mit den Bauteilen nach oben neben das Gehäuse.



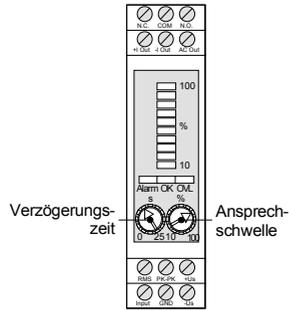


Bild 20: Einstellen von Ansprechschwelle und Verzögerungszeit

Die Alarmhaltezeit kann mit dem DIP-Schalter 10 auf 2 s („Short“) oder 10 s („Long“) gesetzt werden (Bild 21).

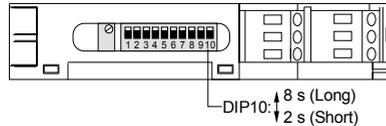


Bild 21: Alarmhaltezeit

**Anschluss**

Bild 22 zeigt die Anschlussklemmen der Relaiskontakte. Das Relais ist als Schalter dargestellt. Im Alarmzustand sind die Kontakte 1 und 2 verbunden. Wenn kein Alarm vorliegt sind die Kontakte 2 und 3 verbunden.

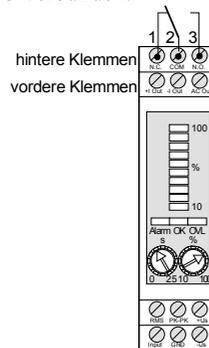


Bild 22: Relaisausgang (im Alarmzustand dargestellt)

**Eigenüberwachung**

Das Relais ist so beschaltet, dass die Spule stromdurchflossen ist, wenn kein Alarm anliegt. Bei Ausfall des Relaisstromes infolge fehlender Versorgungsspannung meldet das Relais daher einen Alarm (1 und 2 verbunden). Somit ist eine Überwachung der Versorgungsspannung realisiert.

## Sensorüberwachung

Bitte beachten Sie, dass eine Fehlermeldung der Sensorüberwachung ebenfalls das Relais umschaltet (vgl. Abschnitt 4.2.3).

## Kontaktbeschaltung

Die Relaiskontakte sind galvanisch von der Schaltung getrennt (potenzialfrei) und sind bis 40 VAC / 2 A belastbar. Die Relaisausgänge verschiedener Module können beliebig durch Reihenschaltung (UND-Verknüpfung) oder Parallelschaltung (ODER-Verknüpfung) kombiniert werden. Damit lassen sich gegebenenfalls Meldeleitungen einsparen.

### 4.2.8. Stromschleifenausgang

Neben dem Relaisausgang verfügt das M12 über einen Analogausgang nach dem 4-20 mA-Stromschleifenprinzip. Der Vorteil dieser Signalform liegt in der störfreien Übertragbarkeit mit preiswerten geschirmten Zweidrahtleitungen über Strecken bis zu einigen Kilometern. Der Stromschleifenausgang führt, ebenso wie der Relaisausgang, das als Überwachungsgröße gewählte Signal. Dies ist je nach Stellung der DIP-Schalter 8 und 9 der Effektivwert oder der Spitze-Spitze-Wert.

Der Minimalstrom von 4 mA entspricht dem Nullpunkt der Schwinggröße. Der Maximalstrom von 20 mA ist das Ende des gewählten Messbereiches (entsprechend 100 % auf der LED-Balkenanzeige). Der zu einem bestimmten Schleifenstrom gehörende Schwingpegel (S) errechnet sich somit nach:

$$S = \frac{MB \cdot (I_{\text{LOOP}} - 4 \text{ mA})}{16 \text{ mA}}$$

wobei MB der gewählte Messbereich ist.

Zum Beispiel errechnet sich die Schwinggeschwindigkeit bei einem Schleifenstrom von  $I_{\text{LOOP}} = 8 \text{ mA}$  und im Messbereich 10 mm/s (Spitze-Spitze) wie folgt:

$$S = \frac{10 \text{ mm/s}_{\text{pk-pk}} \cdot (8 \text{ mA} - 4 \text{ mA})}{16 \text{ mA}} = 2,5 \text{ mm/s}_{\text{pk-pk}}$$

Der Stromschleifenausgang arbeitet als Senke, d.h. im Messkreis ist eine Gleichspannungsquelle erforderlich. Bild 23 zeigt das Prinzip. Die Stromschleifenschaltung des M12 benötigt eine Spannung von mindestens 12 V über den Klemmen +I<sub>OUT</sub> und -I<sub>OUT</sub>. Die Spannungsquelle U<sub>S</sub> ist folglich so auszulegen, dass U<sub>S</sub> > 12 V + U<sub>L</sub> ist. U<sub>L</sub> ist der Spannungsabfall über allen im Stromkreis enthaltenen Messwiderständen bei 20 mA.

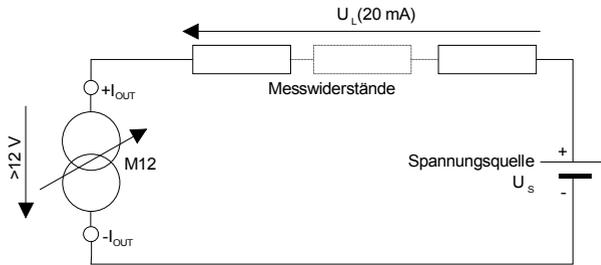


Bild 23: Stromschleife

Die Spannung an den Klemmen  $+I_{OUT}$  und  $-I_{OUT}$  darf 30 V nicht überschreiten.

Bild 24 zeigt die Klemmenbelegung des Stromschleifenausgangs.



### Anschluss

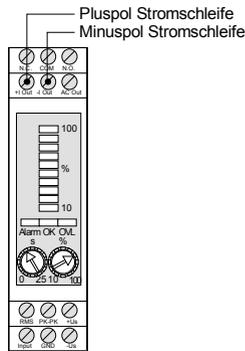


Bild 24: Stromschleifenanschluss

### Isolation

Der Stromschleifenanschluss ist durch einen Optokoppler galvanisch von der übrigen Schaltung und der Versorgungsspannung isoliert. Damit wird verhindert, dass sich Potenzialunterschiede, wie sie bei langen Übertragungsstrecken häufig auftreten, störend auf das M12 auswirken.

### Verpolschutz

Gegen Falschpolung der Schleifen Spannung ist das M12 geschützt.

## 4.2.9. Gleichspannungsausgänge

Das M12 besitzt zwei Gleichspannungsausgänge für den Effektivwert und den Spitze-Spitze-Wert der gewählten Schwinggröße (Bild 25). Beide Ausgangsspannungen sind auf GND bezogen. Die Ausgangsspannung kann 0 bis 10 V betragen.

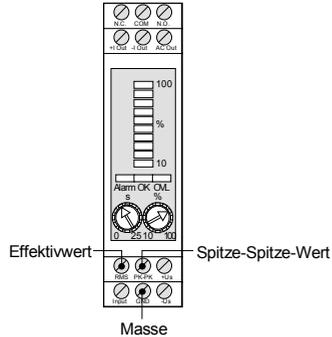


Bild 25: Gleichspannungsausgänge

Der Effektivwertausgang wird einmal je Sekunde aktualisiert, der Spitze-Spitze-Ausgang zehnmal pro Sekunde



Bitte beachten Sie dass der Spitzenwertausgang notwendigerweise bereits übersteuert ist, wenn der Effektivwertausgang mit 10 V ausgesteuert wird.

## 4.2.10. Wechselspannungsausgang

Neben der Messung des Effektiv- oder Spitze-Spitze-Wertes ist es oft wünschenswert, den Momentanwert des ungefilterten Sensorsignals auszuwerten. Mittels Oszilloskopie oder Spektralanalyse lassen sich mit etwas Erfahrung Informationen über die Quelle von Vibrationen gewinnen. Diese Analyse kann direkt am M12 erfolgen, aber auch nach Speicherung des Signalverlaufs mittels Datenlogger an einem anderen Ort. Dazu besitzt das M12 den Breitband-Signalausgang „AC Output“.

### Filterung und Integration

Der Wechselspannungsausgang kann zwei Arten von Signalen liefern:

- Sensor-Rohsignal: In dieser Betriebsart führt der Wechselspannungsausgang das ungefilterte Sensorsignal, das lediglich verstärkt ist.
- Gefiltert / integriert: In dieser Betriebsart ist das Signal des Wechselspannungsausgangs entsprechend der eingestellten Überwachungsgröße vorverarbeitet, d.h. gefiltert und bei Schwinggeschwindigkeit und Schwingweg auch integriert.

### Einstellung

Die Auswahl der Betriebsart erfolgt mit dem Jumper J1. Diesen finden Sie nach Abnehmen des Gehäusedeckels. Wie in Bild 26 gezeigt, geschieht dies durch Öffnen der 6 Rast-

laschen auf der rechten Gehäusesseite.

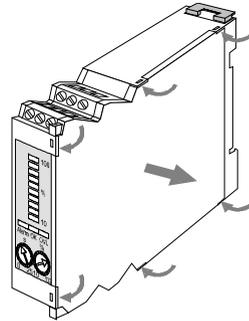


Bild 26: Öffnen des Gehäuses

Nach Abnehmen des Deckels wird die Hauptleiterplatte aus dem Gehäuse gezogen. Sie ist mit der Frontleiterplatte durch ein Flachkabel verbunden. Halten Sie die Frontleiterplatte beim Entnehmen der Hauptleiterplatte fest, damit diese im Gehäuse verbleibt und legen Sie die Hauptleiterplatte mit den Bauteilen nach oben neben das Gehäuse.



Vorsicht: Elektrostatische Entladung kann die Elektronik zerstören. Bitte erden Sie Ihre Hände und das Werkzeug vor der Arbeit.

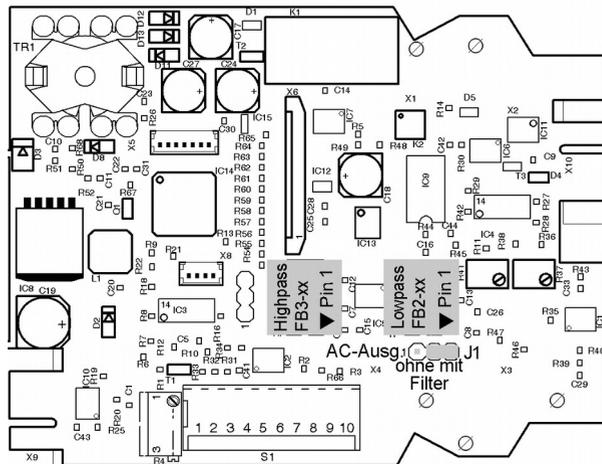


Bild 27: Jumper J1 für den Wechselspannungsausgang

In Bild 27 ist die Lage des Jumpers J1 dargestellt. In der linken Position (1 und 2 verbunden) liefert der Wechselspannungsausgang das unverstärkte und ungefilterte Sensorsignal. In der rechten Position (2 und 3 verbunden) liegt das verstärkte, gefilterte und ggf. integrierte Signal am Ausgang an.

## Ausgangspegel

Die Spannung am Ausgang hängt vom gewählten Messbereich (vgl. Abschnitt 4.2.5, S.21) und der eingestellten Sensorempfindlichkeit ab. Die folgende Tabelle zeigt den Ausgangspegel in Abhängigkeit von der Schwinggröße unter der Voraussetzung, dass der Sensorabgleich ordnungsgemäß erfolgte (vgl. Kapitel 4.3, Seite 30).

Messbereich	Empfindlichkeit
10 m/s <sup>2</sup> (ohne Integrator bzw. ungefiltert)	500 mV/ms <sup>-2</sup>
10 mm/s (Einfachintegration)	500 mV/mms <sup>-1</sup>
100 µm (Doppelintegration)	50 mV/µm
50 m/s <sup>2</sup> (ohne Integrator bzw. ungefiltert)	100 mV/ms <sup>-2</sup>
50 mm/s (Einfachintegration)	100 mV/mms <sup>-1</sup>
500 µm (Doppelintegration)	10 mV/µm
250 m/s <sup>2</sup> (ohne Integrator bzw. ungefiltert)	20 mV/ms <sup>-2</sup>
250 mm/s (Einfachintegration)	20 mV/mms <sup>-1</sup>
2500 µm (Doppelintegration)	2 mV/µm

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Empfindlichkeit des Wechselspannungsausgangs die Hälfte der Empfindlichkeit der Gleichspannungsausgänge (Effektivwert und Spitze-Spitze) beträgt. So entsprechen zum Beispiel 10 VDC am Effektivwertausgang 5 V<sub>eff</sub> am Wechselspannungsausgang oder 10 VDC am Spitze-Spitze-Ausgang 5 V<sub>SS</sub> am Wechselspannungsausgang.

Die Aussteuerbarkeit des Wechselspannungsausgangs ist ±10 V.

## Bandbreite

Der Ausgang ist gleichspannungsgekoppelt mit einem Serienwiderstand von 100 Ω. Bei ungefiltertem Betrieb (J1 in Stellung 1-2) ist die Bandbreite 1 Hz bis > 30 kHz. Es ist zu beachten, dass die meisten Industrie-Beschleunigungsaufnehmer bei 20 bis 30 kHz ihre Eigenresonanz haben.

In der gefilterten Betriebsart (J1 in Stellung 2-3) hängt die Bandbreite von den gesteckten Filtern bzw. von der Dämpfung der Integratoren ab.

## Anschluss

Bild 28 zeigt die Beschaltung des Wechselspannungsausgangs. Als Bezugspotenzial dient GND. Die Leitungslänge an diesem Ausgang sollte 5 bis 10 m nicht überschreiten.

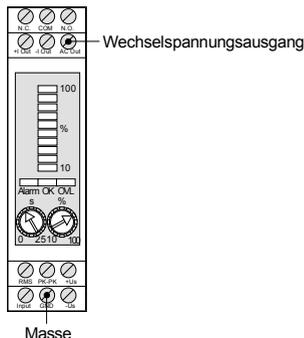


Bild 28: Wechselspannungsausgang

## 4.3. Kalibrierung

### Werksabgleich

Wenn Sie das M12 zusammen mit einem Beschleunigungsaufnehmer von Metra erworben haben, wurde es bereits im Werk mit diesem Sensor kalibriert.

Wenn das M12 ohne Sensor ausgeliefert wird, ist es standardmäßig für Sensoren mit 100 mV/g kalibriert.



Der Werksabgleich gilt nur bei unveränderter Einstellung der Abgleichpunkte.

### Abgleichpunkt

Die Sensorempfindlichkeit kann mit dem Einstellregler hinter der seitlichen Gehäuseöffnung eingestellt werden. Am Linksanschlag beträgt die Sensorempfindlichkeit ca. 100 mV/g bzw. 10 mV/ms<sup>-2</sup>, am rechten Anschlag ca. 10 mV/g bzw. 1 mV/ms<sup>-2</sup>. Der Einstellregler hat 25 Umdrehungen.

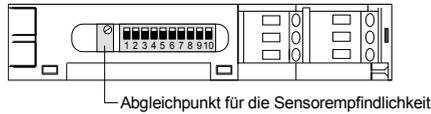


Bild 29: Abgleich der Sensorempfindlichkeit

### Schwingungskalibrator

Wenn das M12 mit Filtern bestückt ist, die bei 160 Hz linear sind, kann die Kalibrierung auf einfache Weise mit einem Schwingungskalibrator der VC-Serie von Metra erfolgen. Damit wird ein definiertes mechanisches Schwingensignal von 10 m/s<sup>2</sup>, 10 mm/s und 10 µm mit einer Frequenz von 160 Hz in den Sensor eingespeist und das M12 auf seinen Sollwert am gewünschten Ausgang abgeglichen.

### Elektrische Kalibrierung

Anderenfalls kann elektrisch kalibriert werden. Dazu wird ein Generatorsignal eingespeist, das sich nach dem verwendeten Beschleunigungsaufnehmer richtet. Hat der eingesetzte Sensor beispielsweise eine im Datenblatt angegebene Empfindlichkeit von 2,53 mV/ms<sup>-2</sup>, werden 253 mV Generatorspannung benötigt, um das M12 auf 100 m/s<sup>2</sup> abzugleichen. Die Kalibrierfrequenz sollte in der Mitte des Filterdurchlassbereiches liegen.

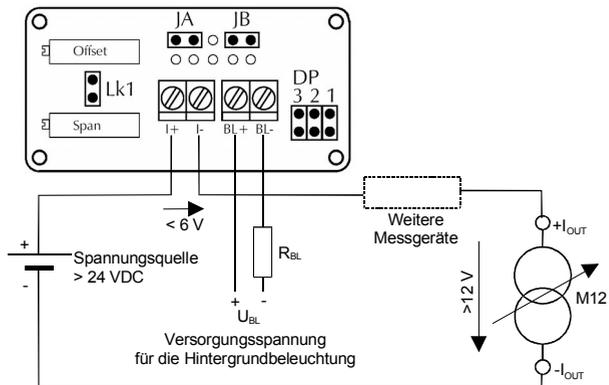
Wird das M12 zur Messung von Schwinggeschwindigkeit oder Schwingweg eingesetzt, kann die Kalibrierung zunächst ohne Integratoren im Beschleunigungsbereich erfolgen und anschließend die Integration eingeschaltet werden.

## 4.4. Schwingpegelanzeige M12DIS

Als optionales Zubehör zum M12 ist die Schwingpegelanzeige M12DIS erhältlich. Diese erlaubt die exakte Anzeige der gemessenen Schwinggröße. Dabei kann es sich je nach Einstellung am M12 um den Effektiv- oder Spitze-Spitze-Wert von Schwingbeschleunigung, Schwinggeschwindigkeit oder Schwingweg handeln. M12DIS ist ein 3 ½-stelliges LCD-Digitalanzeigemodul zum Anschluss an den Stromschleifenausgang des M12. Die Versorgung der Anzeige erfolgt aus der 4-20 mA-Stromschleife. Eine Hintergrundbeleuchtung kann mit separater Versorgungsspannung betrieben werden.

### Anschluss

Der Anschluss erfolgt wie im Abschnitt 4.2.8 beschrieben am Stromschleifenausgang des M12. Am Anzeigemodul werden die Schraubklemmen I+ und I- verwendet. Das Anzeigemodul verursacht in der Stromschleife einen maximalen Spannungsabfall von 6 V. Es können auch weitere Messgeräte in die Stromschleife geschaltet werden, vorausgesetzt die Schleifen-Versorgungsspannung ist groß genug, um über den Klemmen des M12 einen Spannungsabfall von 12 V zu gewährleisten. Als Schleifen-Versorgungsspannung kann auch die 24 V-Versorgungsspannung des M12 genutzt werden.



$$R_{BL} = \frac{U_{BL} - 5V}{30 \text{ mA}}$$

Bild 30: Anschluss der Schwingpegelanzeige

## Hintergrundbeleuchtung

Bei Bedarf kann eine LED-Hintergrundbeleuchtung zugeschaltet werden. Dazu ist eine separate Gleichspannung  $U_{BL}$  erforderlich, die über einen Vorwiderstand  $R_{BL}$  an die Klemmen BL+ und BL- angelegt wird. Der Strombedarf der Hintergrundbeleuchtung beträgt 30 mA.

Der Vorwiderstand errechnet sich wie folgt:

$$R_{BL} = \frac{U_{BL} - 5 \text{ V}}{30 \text{ mA}}$$

Liegt die Versorgungsspannung  $U_{BL}$  bei  $5 \text{ V} \pm 0,25 \text{ V}$ , kann der Vorwiderstand  $R_{BL}$  entfallen.

## Montage

Die Montage kann in Frontplatten, Schalttafeln, Schaltschranktüren o.ä. erfolgen. Dazu wird ein Montagerahmen mitgeliefert. Die folgenden Abbildungen zeigen die Abmessungen der Montageöffnung und den Einbau.

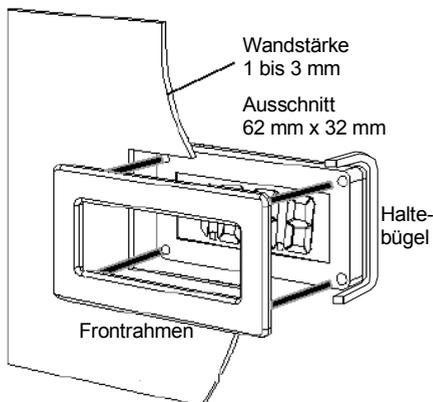


Bild 31: Montageöffnung

1. 2. 3.

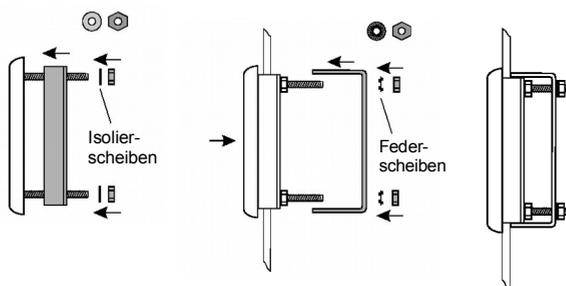


Bild 32: Einbau der Schwingpegelanzeige

## Kalibrierung

Wenn nicht anders bestellt, erfolgt die Werkskalibrierung so, dass die Schwingpegelanzeige „0“ bei 4 mA und „1000“ bei 20 mA anzeigt.

Zur Neukalibrierung dienen die Potentiometer „Span“ (Endwert) und „Offset“ (Nullpunkt).

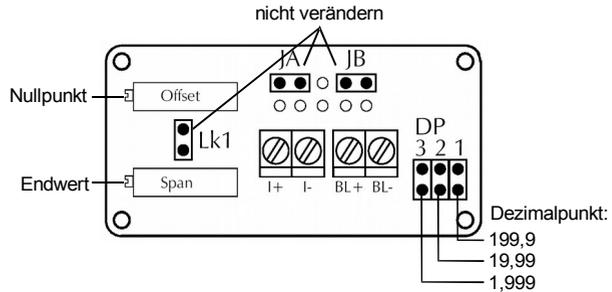


Bild 33: Abgleich- und Einstellpunkte

Die Kalibrierung der Anzeige kann entweder mit einer 4-20 mA-Konstantstromquelle oder in Verbindung mit dem M12 erfolgen. Bei Kalibrierung mit dem M12 geht man wie im Kapitel 4.3 beschrieben vor, indem man ein Referenz-Schwingsignal in den Schwingungssensor einspeist oder die Sensorspannung durch ein Generatorsignal simuliert. Der Abgleich erfolgt vorzugsweise mit einem Schwingungskalibrator. Das M12 sollte bereits kalibriert sein. Der Messbereich am M12 wird so gewählt, dass das Gerät mit dem Kalibriersignal mindestens zu 50 % angesteuert ist, z.B. Messbereich „10“ für 10 mm/s Schwingpegel.

Mit dem Potentiometer „Span“ (Endwert) wird nun die Anzeige auf das Kalibriersignal eingestellt, z.B. „1000“ für 10 mm/s. Nachdem das Kalibriersignal abgeschaltet wurde, erfolgt der Nullpunktgleich mit dem Potentiometer „Offset“. Der Abgleich von Endwert und Nullpunkt wird mehrmals im Wechsel durchgeführt, bis beide Einstellungen stimmen.

Die Position des Dezimalpunktes wird gemäß Bild 31 mit den Jumpers DP1 bis DP3 gewählt.

## 5. Messverfahren für Maschinenschwingungen

Die stationäre Überwachung von Maschinenschwingungen im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung kann einen bedeutenden Beitrag zur Kostensenkung leisten und unerwarteten Ausfällen vorbeugen.

Die Bewertung von Maschinenschwingungen erfordert jedoch ein gewisses Maß an Erfahrung. An dieser Stelle kann die Thematik daher nur schematisch anhand einiger bewährter Messverfahren angeschnitten werden.

### 5.1. Schwingstärkemessung für Unwuchtvibration

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:

Maschinen- typ	Nennleistung oder Achshöhe	Drehzahl  min <sup>-1</sup>	Funda- ment	Dauer- betriebs- grenzwert mm/s
Dampf- turbinen	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, Kompresso- ren	< 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
	> 300 kW		elastisch	11
Pumpen mit getrenntem Antrieb	< 15 kW		starr	4,5
	< 15 kW		elastisch	7,1
	> 15 kW		starr	7,1
	> 15 kW		elastisch	11
Pumpen mit integriertem Antrieb	< 15 kW		starr	2,8
	< 15 kW		elastisch	4,5
	> 15 kW		starr	4,5
	> 15 kW		elastisch	7,1

### Messung mit dem M12

Die Schwingstärke nach DIN/ISO 10816 kann mit dem M12 auf einfache Weise überwacht werden. Dazu sind ein 10 Hz-Hochpassfilter und ein 1 kHz-Tiefpassfilter zu stecken. Mit dem DIP-Schalter 6 wird Schwinggeschwindigkeit gewählt. Effektivwertüberwachung wird mit dem DIP-Schalter 8 eingeschaltet. Mit den DIP-Schaltern 2, 3 und 4 wird der Messbereich je nach Erfordernis gewählt.

## 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.

Anhand der ermittelten Pegel der drei Schwinggrößen lässt sich die Hubkolbenmaschine einer bestimmten Bewertungs-kategorie 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.

Schwingstärkestufe	Maximalwert der Schwingung			Maschinenklasse						
	Schwingweg $\mu\text{m eff.}$	Schwinggeschw. $\text{mm/s eff.}$	Schwingbeschl. $\text{m/s}^2 \text{ eff.}$	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	C	D	D	D	C	D	C
7,1	< 113	< 7,07	< 11,1							
11	< 178	< 11,1	< 17,6							
18	< 283	< 17,8	< 27,9	D	D	D	D	C	D	C
28	< 448	< 28,2	< 44,2							
45	< 710	< 44,6	< 70,1							
71	< 1125	< 70,7	< 111	D	D	D	D	D	D	C
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 möglich

### Messung mit

Die Überwachung von Hubkolbenmaschinen nach DIN/ISO 10816-6 kann mit drei M12-Modulen und einem gemeinsa-

**dem M12** men Sensor erfolgen. Es sind jeweils 2 Hz-Hochpassfilter und 1 kHz-Tiefpassfilter zu stecken. Ein Modul wird auf Schwingbeschleunigung, eines auf Schwinggeschwindigkeit und eines auf Schwingweg eingestellt. Effektivwertüberwachung wird bei allen drei Modulen gewählt. Mit den DIP-Schaltern 2, 3 und 4 wird der Messbereich je nach Erfordernis eingestellt. Die Messwerte können über die Stromschleifen- oder Gleichspannungsausgänge ausgewertet werden.

### 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 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 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 tiefergehende 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 ( $\hat{a}/a_{eff}$ ). 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 34).

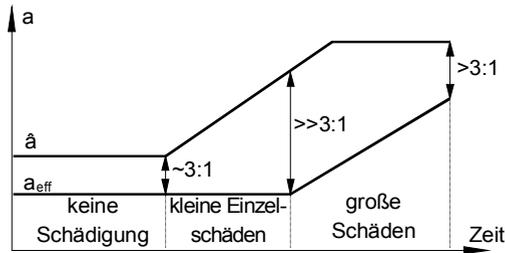


Bild 34: Typischer Schadensverlauf eines Wälzlagers

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	$\sim 3$	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 nach Sturm

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):

$$D_K(t) = \frac{a_{\text{eff}}(0) \cdot \hat{a}(0)}{a_{\text{eff}}(t) \cdot \hat{a}(t)}$$

Nach Sturm gelten folgende Werte:

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

### Messung mit dem M12

Die beiden beschriebenen Verfahren lassen sich mit einem M12-Modul realisieren. Es sind ein 1 kHz-Hochpass und ein 10 kHz-Tiefpass zu stecken. Der 1 kHz-Hochpass lässt nur die höherfrequenten Anteile durch, die von Lagerschwingungen herrühren. Der 10 kHz-Tiefpass ist zu empfehlen, um die Resonanzüberhöhung üblicher Industrie-Beschleunigungsaufnehmer (ca. 25 kHz) auszublenden. Das M12 misst die Schwingbeschleunigung. Der Effektivwert- und der Spitze-Spitze-Ausgang liefern die relevanten Messgrößen.

Die Division bzw. Multiplikation beider Ausgangsspannun-



gen muss extern erfolgen.

Es ist zu beachten, dass das M12 den Spitze-Spitze-Wert ermittelt. Dieser ist durch zwei zu teilen, um den Spitzenwert  $\hat{a}$  zu erhalten.

## 6. Technische Daten

### Messbereiche

Schwingbeschleunigung	10 / 50 / 250 m/s <sup>2</sup>
Schwinggeschwindigkeit	10 / 50 / 250 mm/s
Schwingweg	100 / 500 / 2500 $\mu$ m

### Messfehler (bezogen auf Endwerte)

	Effektivwert	Spitze-Spitze-Wert
Schwingbeschleunigung	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$
Schwinggeschwindigkeit	$\pm 5 \%$	$\pm 8 \%$
Schwingweg	$\pm 8 \%$	$\pm 15 \%$

### Eingang

Spannungseingang,  $R_i = 1 \text{ M}\Omega$ ,  
AC-gekoppelt, IEPE-kompatibel

### Sensorspeisung

3,2 .. 4,8 mA Konstantstrom,  
Quellenspannung  $> 24 \text{ V}$ ,  
abschaltbar mit DIP-Schalter

### Anschließbare Sensoren

IEPE-kompatible Beschleunigungsaufnehmer, Empfindlichkeit: 1 .. 10 mV/ms<sup>-2</sup>

### Frequenzbereich

Breitbandsignal am AC-Ausgang	1 Hz .. $> 50 \text{ kHz}$ (-3 dB) ohne Filter
Schwingbeschleunigung	1 Hz .. 50 kHz (ohne Hochpass/50 kHz Tiefpass)
Schwinggeschwindigkeit	3 Hz .. 1 kHz (mit Hochpass)
Schwingweg	3 Hz .. 200 Hz (mit Hochpass)

### Bandfilter

Hochpasscharakteristik	steckbare Hochpass- und Tiefpassmodule
Tiefpasscharakteristik	Butterworth, 2. Ordnung, 40 dB/Dekade Butterworth, 4. Ordnung, 70 dB/Dekade

### Gleichrichtung

Echter Effektivwert, Messzeit ca. 1 s  
Spitze-Spitze-Wert, Messzeit ca. 0,1 s

### Relaisausgang

Wechslerkontakt, 40 VAC / 2A, potenzialfrei

### Einstellbereich der Relais-Ansprechschwelle

10 .. 100 % des gewählten Messbereiches

### Relais-Ansprechverzögerung

0 .. 25 s  $\pm 20 \%$  einstellbar mit Potentiometer

### Relais-Haltezeit

wählbar über DIP-Schalter  
kurz: ca. 2 s

	lang: ca. 10 s
<b>Stromschleifenausgang</b>	4 .. 20 mA, passiv, optisch isoliert, Klemmenspannung: 12 .. 30 V
<b>Wechselspannungsausgang</b>	Beschleunigungssignal, $\hat{u}_a = \pm 10$ V, 1 Hz .. > 50 kHz, Impedanz 500 $\Omega$
<b>Gleichspannungsausgänge</b>	0 .. 10 V Effektivwert 0 .. 10 V Spitze-Spitze-Wert
<b>Sensorüberwachung</b>	Leuchtdiode („OK“) und Alarmrelais, Anschwelle: <1 V und >20 V Sensor- spannung
<b>Übersteuerungsanzeige</b>	Leuchtdiode („OVL“), bei Aussteuerung von $\pm 10$ V am Filtereingang, am Verstärker- ausgang und am Integratorausgang
<b>Pegelanzeige</b>	10-stufige LED-Balkenanzeige 10 .. 100 % des gewählten Messbereiches und Anzeige der Alarmschwelle
<b>Stromversorgung</b>	12 .. 28 V Gleichspannung / 80 .. 200 mA galvanisch vom Signalweg getrennt Schutz gegen Falschpolung
<b>Arbeitstemperaturbereich</b>	-20 .. 55 °C Luftfeuchte < 95 %, ohne Kondensation
<b>Abmessungen (B x H x T)</b>	22 x 76 x 111 mm <sup>3</sup>
<b>Masse</b>	140 g

## 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 Kauf,  
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 Bedienungs-  
anleitung 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

nach EU-Richtlinie 2014/30/EU

Produkt: Schwingungsüberwachung

Typ: M12 Ver. C

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

DIN EN 61326-1: 2013

DIN EN 61010-1: 2011

DIN 45669-1: 2010

Diese Erklärung wird verantwortlich für den Hersteller  
Manfred Weber Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeul e.K.

Meißner Str. 58, D-01445 Radebeul

abgegeben durch:



Michael Weber, Radebeul, den 9. Mai 2017