

## Schwingungsmeßgerät Modell VI 100



### Gebrauchsanleitung

Bitte vor Inbetriebnahme des Gerätes sorgfältig durchlesen

**Airflow Lufttechnik GmbH, Postfach 1208, D-53349 Rheinbach**

Telefon 0 22 26 / 92 05-0, Telefax 0 22 26 / 92 05-11, eMail: [info@airflow.de](mailto:info@airflow.de), Internet: <http://www.airflow.com>

Airflow Developments Ltd., High Wycombe, England, Phone +44-1494/525252, Fax +44-1494/461073

Airflow Lufttechnik GmbH, o. s. Praha, Česká republika, Phone +420 274 772 230, Fax +420 274 772 370

1. Einführung .....	1
2. Funktionsbeschreibung .....	1
2.1 RMS-Einheiten (RMS UNITS).....	1
2.2 Bereich (RANGE).....	1
2.3 Schiebeschalter RESET/HOLD/RUN .....	1
2.4 Schiebeschalter ON/OFF .....	1
2.5 Übersteuerungsanzeige .....	1
2.6 Batteriewarnanzeige.....	1
2.7 Wechselspannungsausgang (AC).....	1
2.8 Gleichspannungsausgang (DC).....	1
3. Kalibrierung.....	2
4. Grundsätzliches zur Vibrationsmessung .....	2
5. Einheiten.....	2
5.1 Auslenkung .....	2
5.2 Schnelle.....	3
5.3 Beschleunigung.....	3
6. Frequenzabhängigkeit .....	4
7. Montagetechniken.....	4
7.1 Anflanschen .....	4
7.2 Magnetbefestigung.....	4
7.3 Ankleben .....	4
7.4 Wachsbefestigung .....	4
7.5 Handfühler .....	4
8. Kabelführung.....	5
9. Glossar .....	5
10. Berechnungen .....	5
11. Technische Daten.....	6

## 1. Einführung

Das VI-100 ist ein Breitbandvibrationsmeßgerät zur Messung vorhandener Vibrationen in den Dimensionen Auslenkung, Schnelle und Beschleunigung. Solche Breitbandmessungen ermöglichen eine schnelle und einfache Beurteilung eines Maschinenzustandes relativ zu früheren Meßwerten. Eine Zunahme an Vibrationen deutet auf zunehmenden Verschleiß hin.

## 2. Funktionsbeschreibung

### 2.1 RMS-Einheiten (RMS UNITS):

Mit diesem Schalter wird die darzustellende Größe ACCeleration = Beschleunigung, VELOCITY = Schnelle oder DISplacement = Auslenkung gewählt. Die Beschleunigung wird in Vielfachen von  $g$  ( $g=9,81\text{m/s}^2$ ), Schnelle in  $\text{cm/s}$  und Auslenkung in Vielfachen von  $10^{-5}$  m angezeigt.

### 2.2 Bereich (RANGE):

Die möglichen Anzeigebereiche Tief (LOW) und Hoch (HIGH) werden hier geschaltet. In Schalterstellung Hoch wird im Bereich von 0,0 - 199,0 angezeigt, in Stellung Tief von 0,00 - 19,99.

### 2.3 Schiebeschalter RESET/HOLD/RUN:

Während einer normalen Messung sollte der Schalter in RUN (Betrieb)-Position sein. In HOLD (Halte)-Position wird der während einer Meßperiode höchste Meßwert in der Anzeige eingefroren, bis das der nächste, noch höhere Wert gemessen wird. Kurzes Schieben des Schalters in die RESET (Zurücksetzen)-Position löscht diesen Wert, und durch die Federbelastung des Schalters kehrt dieser wieder automatisch in die HOLD-Position zurück.

### 2.4 Schiebeschalter ON/OFF:

Dient zum Ein- bzw. Ausschalten des VI-100. Schalten Sie den VI-100 immer aus, wenn Sie ihn nicht nutzen, das spart Batteriestrom.

### 2.5 Übersteuerungsanzeige:

Rechts neben der Digitalanzeige befindet sich die Übersteuerungsanzeige. Wenn das Eingangssignal für die Elektronik zu hoch ist, leuchtet die rote Übersteuerungsanzeige auf und geht erst dann wieder aus, wenn das Eingangssignal wieder im erlaubten Bereich ist. Falls Sie sich im LOW-Bereich befinden, können Sie auch den Bereich in HIGH umschalten, um das Aufleuchten der roten LED zu beenden.

### 2.6 Batteriewarnanzeige:

Bei einer zu schwachen Batterie leuchtet in der oberen linken Ecke der Anzeige LO BAT auf. Tauschen Sie dann bitte die zwei 9 Volt Blockbatterien gegen entsprechende, neue aus.

### 2.7 Wechselspannungsausgang (AC):

Mit dem Wechselspannungsausgang in Verbindung mit z.B. einem Oszilloskop können Frequenzanteile der Vibrationen aufgespürt werden. Das von VI-100 gepufferte Signal wird an der Ausgangsbuchse bereitgestellt und kommt aus einer Verstärkerschaltung mit nachgeschaltetem Filternetzwerk und zusätzlichen Integrationsbausteinen, wenn z.B. Schnelle oder Auslenkung als Einheit gewählt wurden.

### 2.8 Gleichspannungsausgang (DC):

Das oben beschriebene Wechselspannungssignal wird als Gleichspannungssignal gleichgerichtet und entspricht dann jeweils den Effektivwerten der anliegenden Meßwerte. Dieses Signal kann zur Meßwertspeicherung und/oder für Schreiber genutzt werden.

### 3. Kalibrierung

Das VI-100 muß zum Kalibrieren eingeschickt werden.

Es können verschiedene Beschleunigungsaufnehmer eingemessen werden, deren Empfindlichkeiten im Bereich von 8 - 14 mV pro g [ $\text{m/s}^2$ ] liegen müssen. Bei jedem Austausch des Beschleunigungsaufnehmers ist das VI-100 zu kalibrieren.

### 4. Grundsätzliches zur Vibrationsmessung

Ein einfaches Modell zur leichten Illustration der Grundlagen Schwingungslehre ist eine Schraubenfeder, an der ein Gewicht hängt (siehe Abb. 1).

Im Ruhezustand hängt das Gewicht im Punkt "0". Wird das Gewicht nun bis zu Punkt "A" angehoben und dann losgelassen, wird es bis zu Punkt "B" fallen, um dann die Bewegungsrichtung umzukehren und zu Punkt "A" zurückkehren. In einem idealen, reibungslosen System wird dieser Zyklus unendlich lange weitergehen.

In den Diagrammen unterhalb der Skizze des Feder/Gewicht-Systems wird die Auslenkung, die Schnelle und die Beschleunigung in Ihrer zeitlichen Veränderung entsprechend dem oben beschriebenen System dargestellt (ein kompletter Zyklus). Die Kurven nennt man sinusförmig.

Die Strecke "A" bis "0" nennt man Spitze (Peak), "A" nach "B" Spitze-Spitze (Peak to Peak) und beträgt 2 x Spitze. Der Effektivwert (RMS) ist Spitze x  $0,5 \times \sqrt{2}$ . Das VI-100 zeigt immer Effektivwerte an.

Die Punkte "A", "B" und "0" sind relative Punkte, die keine spezifischen Bezeichnungen haben.

Auslenkung wird als Entfernung des Gewichtes von der Ruhelage definiert, hier der Punkt "0", und in Vielfachen von  $1 \times 10^{-5}$  m effektiv gemessen.

Schnelle ist die Geschwindigkeit, mit der das Gewicht einen bestimmten Punkt passiert. Im Moment des Loslassens am Punkt "A" ist die Schnelle = 0. Die maximale Schelle wird beim Passieren des Punktes "0" erreicht, um dann wieder abnehmen und Punkt "B" wieder = 0 sein. Jetzt wird die Richtung umgekehrt und es geht, wie vorher beschrieben, weiter. Das VI-100 mißt die Schnelle in cm/s effektiv.

Beschleunigung ist das Maß der Änderung der Geschwindigkeit. Nach dem Loslassen des Gewichtes in "A" wird es durch die Erdbeschleunigung schnell abwärts beschleunigt. Beim Passieren des Punktes "0" ist die Schelle konstant, also die Beschleunigung = 0. Bis zum Punkt "B" streckt sich die Feder und der Wert der Änderung der Schnelle ist groß, also die Beschleunigung maximal. Das VI-100 mißt Beschleunigung in g effektiv, wobei g für  $9,81 \text{ m/s}^2$  (Erdbeschleunigung) steht.

### 5. Einheiten

Die Frequenz der zu messenden Vibration gibt die Dimension, in der zu Messen ist vor.

#### 5.1 Auslenkung:

Ein niedriger Vibrationsfrequenzbereich (von 5 Hz bis zu einigen 100 Hz) kann mit Auslenkung gemessen werden. Diese Aussage wird hauptsächlich zur Zustandsprüfung von Teilen genutzt.

## 5.2 Schnelle:

Die Schnelle steht in Beziehung zur Energiemenge, die durch die Vibration verteilt wird und dient daher oft als Parameter zur Bestimmung der Vibration (Kinetische Energie =  $\frac{1}{2} * \text{Masse} * \text{Geschwindigkeit}^2$ ). Der Einsatzbereich geht von ca. 5 Hz bis zu einigen 1000 Hz.

## 5.3 Beschleunigung:

Der Ausgang des Beschleunigungsaufnehmers des VI-100 steht in direkter Beziehung zur Beschleunigung. Die Beschleunigung steht in direkter Beziehung zur Kraft, die durch die Vibration auf die Maschine ausgeübt wird (Kraft = Masse \* Beschleunigung). Da die Beschleunigungsmessung über einen großen Frequenzbereich meßbar ist, kann Sie gerade bei hohen Frequenzen gut gemessen werden.

Abb. 2 zeigt die Frequenzabhängigkeit der drei beschriebenen Dimensionen Auslenkung, Schnelle und Beschleunigung. Bei dieser Grafik wird ein konstantes Eingangssignal von 10 mV (entsp. 1 g) eingespeist.

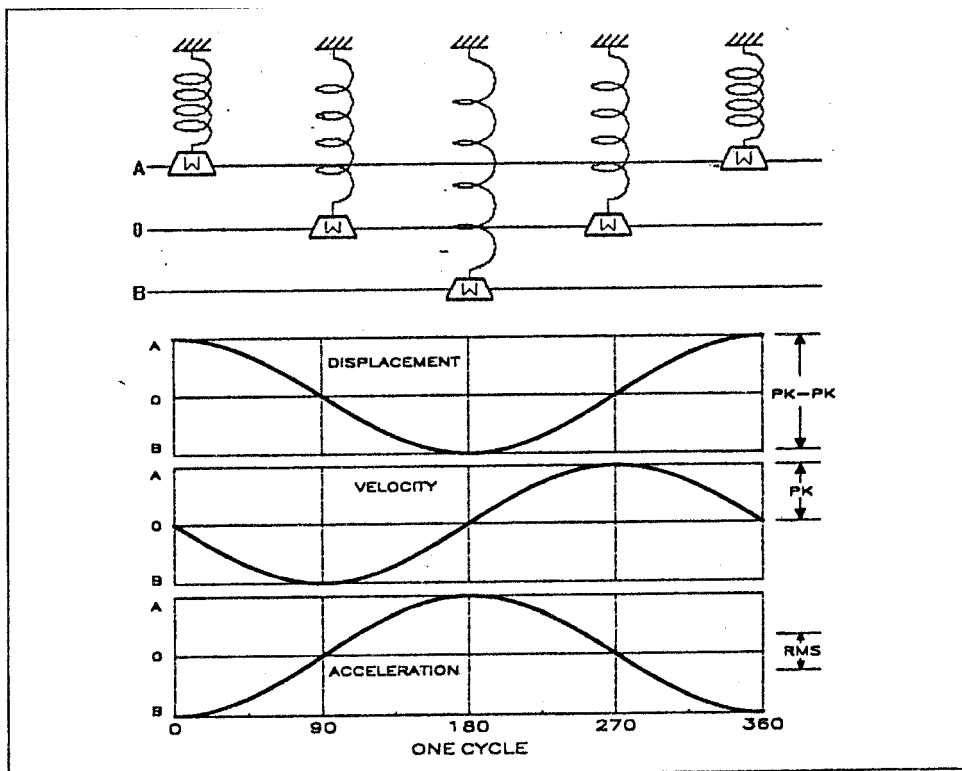


Abb. 1

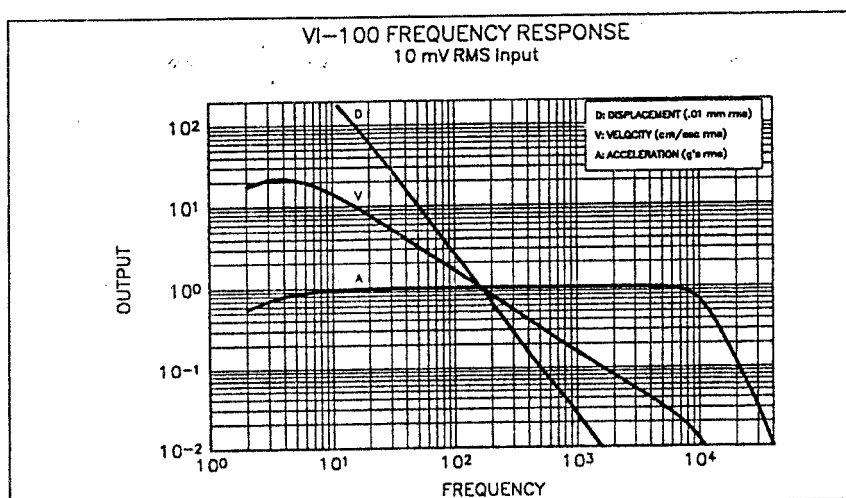


Abb. 2

## 6. Frequenzabhängigkeit

Abb.2 stellt die Frequenzabhängigkeit der einzelnen Maßdimensionen des VI-100 dar: Geschwindigkeit, Schnelle und Auslenkung. Der Eingang wird auf konstant 10mV, was eine Konstante von 1 g Beschleunigung, festgelegt.

## 7. Montagetechniken

Die zur Anbringung vorgesehene Stelle soll glatt und sauber sein, und die Masse des Aufnehmers sollte das zu messende Objekt nicht in seiner freien Bewegung beeinträchtigen. Die genaue Anordnung sowie alle anderen wichtigen Parameter müssen genau notiert werden, um bei wiederholten Messungen immer die gleichen Grundvoraussetzungen vorzufinden, denn kleine Abweichungen im Meßaufbau können große Einflüsse auf das Meßergebnis haben.

Der Beschleunigungsaufnehmer kann an das Meßobjekt Mittels des Handgriffes, mit Magneten, Klebstoffen, Wachs oder mit Schraubbefestigung gebracht werden. Jede dieser Methoden hat ihre eigene Charakteristik, sie muß deshalb sorgfältig ausgewählt werden.

### 7.1 Anflanschen

Die beste Methode zur Montage des Aufnehmers ist die Flanschmethode, sie sollte so oft wie möglich genutzt werden. Stellen Sie sicher, daß der Aufnehmer satt auf der Oberfläche aufliegt, sonst treten Fehlmessungen auf. Mit der Flanschtechnik erhalten Sie reproduzierbare Meßergebnisse über den ganzen Frequenzbereich des VI-100.

### 7.2 Magnetbefestigung

Wenn das zu messende Objekt ferromagnetisch ist und die Masse des Magneten keinen Einfluß auf das Meßergebnis hat, kann man eine Magnetbefestigung vorsehen. Zwar ist diese Methode nicht so effektiv wie die Flanschtechnik, aber über einen gewissen Frequenzbereich bekommt man gute Ergebnisse. Oberhalb 6 KHz sollte besser geflanscht werden.

### 7.3 Ankleben

Klebertechniken sind überall dort vorzusehen, wo die Flanschtechnik aus welchen Gründen auch immer nicht angewendet werden kann. Hauptnachteil dürfte die Problematik sein, den Beschleunigungssensor wieder sauber zu bekommen.

### 7.4 Wachsbehaftigung

Bestimmte Wachssorten (z.B. Bienenwachs) sind als vorübergehende, schnelle und einfache Klebefestigung ganz gut geeignet. Der volle Frequenzbereich des VI-100 kann mit dieser Methode genutzt werden, Beeinträchtigungen liegen in der nicht sicheren Befestigung bei hohen Frequenzen und in der Temperaturanfälligkeit, die das Wachs weich macht und somit die Koppelungseigenschaften verschlechtert.

### 7.5 Handfühler

Der Handfühler muß sicher mit dem Beschleunigungsaufnehmer verbunden sein und die Spitze muß senkrecht zum Meßobjekt plaziert werden. Der Handfühler muß einerseits so fest gehalten werden, daß die Verbindung zum Meßobjekt besteht, andererseits aber nicht so fest, daß er die Vibration beeinflussen könnte.

Obwohl diese Methode schnell und einfach ist, kann man sie nur beschränkt einsetzen. Sie ist nur in niedrigen Meßbereichen - unter einigen hundert Hertz - sinnvoll, da die Hand, bei höheren Frequenzen, die Verbindung zum Meßobjekt nicht halten kann. Die Wiederholgenauigkeit ist bei Handfühlern nicht sehr gut. Die Messung mit Handfühlern sollte möglichst vermieden werden und ist nur für schnelle punktuelle Messungen bei niedrigen Frequenzen zu empfehlen

## 8. Kabelführung

Die Kabelführung kann unter Umständen die Vibrations-Messung beeinflussen. Da das Kabel Masse hat, kann Bewegung, gleichgültig ob durch tatsächliche Bewegung des Beschleunigungsaufnehmers oder durch Hervorrufen einer leichten Spannung der Verbindung, zu fehlerhaften Meßergebnissen führen. Abweichungen in der Meßanzeige sind sehr niedrig.

Um den Einfluß durch das Kabel möglichst gering zu halten, ist es empfehlenswert, das Kabel an dem Objekt, an welchem der Beschleunigungsaufnehmer montiert ist, festzukleben oder zu klemmen. Befestigen Sie das Kabel ca. 5 cm vom Beschleunigungsaufnehmer entfernt.

## 9. Glossar

### Beschleunigung:

Beschleunigung ist die Änderungsrate der Schnelle, in Beziehung zur Zeit. Sie wird normalerweise in G gemessen. 1 g repräsentiert die Fallgeschwindigkeit in Beziehung zur Erdanziehungskraft (9,806 m/s<sup>2</sup>).

### Beschleunigungsaufnehmer:

Er mißt die Geschwindigkeit des Objektes, an welches er montiert ist. Durch Integration des Beschleunigungsaufnehmer-Signals, kann die Schnelle gemessen werden. Durch nochmalige Integration wird die Auslenkung definiert. Der VI-100 Beschleunigungsaufnehmer mißt die Vibration entlang der Achse, der Befestigungsschraube.

### Auslenkung:

Die Auslenkung weist auf die Strecke hin, die sich ein Objekt fortbewegt.

### Spitze(PEAK):

Spitze(PEAK) bezeichnet den maximalen Wert, den man über einen vorgegebenen Zeitraum erhält.

### RMS:

Der RMS-Wert steht in Beziehung zur Vibrations-Energie und ist daher sein Schadenspotential. Für ein echtes sinusförmiges Signal, ist es gleich 0,707 \* Spitze-Wert.

### Schnelle:

Schnelle ist die Änderungsrate der Auslenkung in Beziehung zur Zeit.

## 10. Berechnungen

Vibration kann in den Dimensionen Auslenkung, Schnelle oder Geschwindigkeit gemessen werden. Vorausgesetzt, daß Vibrationen von Natur aus sinusförmig sind, können die meßbaren Größen mit den folgenden Gleichungen dargestellt werden: ( Zeitabhängige Gleichungen - keine RMS- Werte)

Zeitabhängige Gleichungen für sinusförmige Signale	
$D = X \sin wt$	(m)
$V = wX \cos wt$	(m/s)
$A = w^2X \sin wt$	(m/s <sup>2</sup> )
X : Spitzen-Auslenkung	
W : Häufigkeit der Vibrationen (radians/s)	
t : Zeit	
D : unverzügliche Auslenkung	
V : Unverzügliche Schnelle	
A : Unverzügliche Geschwindigkeit	

Wenn die Frequenz (f) bekannt ist, können die gemessenen RMS-Werte mit folgenden Gleichungen in Beziehung zu jedem anderen Wert gesetzt werden:

RMS Werte
V = 6,28 Df
V = 1,56 g/f
g = 4,03 Df <sup>2</sup>
g = 0,641 Vf
D = 0,159 V/f
D = 0,248 g/f <sup>2</sup>
D : Meter RMS
V : m/s
f : Hertz (Hz)
g : 9,806 m/sec <sup>2</sup>

Die folgende Tabelle beinhaltet einige der normalerweise genutzten Vibrations-Umwandlungsfaktoren:

Umzuwandeln	Multiplizieren mit	Zielwert
g	9,806	
Meter/sek <sup>2</sup>		
g	32,17	
feet/sek <sup>2</sup>		
cm/sek	0,0328	
feet/sek		
10 <sup>-5</sup> meter	0,3937	
Milimeter		
RMS-Werte	1,414	
Spitze-Wert		

## 11. Technische Daten

### Meßbereich (Alle Werte in RMS-Einheiten)

Tief (LOW)

Geschwindigkeit	0,01 - 19,99 g
Schnelle	0,01 - 19,99 cm/s
Auslenkung	0,01 - 19,99 m x 10 <sup>-5</sup>

Hoch (HIGH)

Geschwindigkeit	0,1 - 199,9 g
Schnelle	0,1 - 199,9 cm/s
Auslenkung	0,1 - 199,9 m x 10 <sup>-5</sup>

### Frequenzbereich

Geschwindigkeit	5 - 10.000 Hz
Schnelle	7 - 10.000 Hz
Auslenkung	10 - 10.000 Hz

### Kalibrationswert

Kalibriert für 159 Hz und 10 m/s<sup>2</sup> ± 5%

### Beschleunigungsaufnehmer

Empfindlichkeit: 10 mV pro g. (8 - 10 mV Kalibrationsbereich)  
Befestigungs-Gewinde: 10 - 32" Gewinde

### **Überlastungsanzeige**

Die rote LED-Anzeige leuchtet auf, wenn das Eingangssignal  $\pm 5$  V überschreitet. Beim Aufleuchten im niedrigen Meßbereich, auf den hohen Meßbereich umschalten.

### **Wechselspannungsausgang (AC)**

Signal (Steckerspitze) maximal  $\pm 5$  V relativ zur Signalmasse. 10 mV pro Einheitsgröße 1,0 im hohen, 100 mV im niedrigen Bereich.

3,5 mm Klinkenstecker.  
Ausgangsimpedanz: 1.000 Ohm.

### **Gleichspannungsausgang (DC)**

Signal (Steckerspitze) + 2 V relativ zur Signalmasse entspricht der Anzeige im Display. 10 mV pro Einheitsgröße 1,0 im hohen, 100 mV im niedrigen Bereich.

3,5 mm Klinkenstecker.  
Ausgangsimpedanz: 1.000 Ohm.

### **Zulässige Temperatur**

VI-100: 0 - +60°C.  
Beschleunigungsaufnehmer: -50 - +120°C-

### **Relative Feuchte**

0 - 95 % (Kondensation vermeiden!).

### **Versorgungsspannung**

Zwei 9 V Blockbatterien (Art.-Nr. 58001) für ca. 40 Betriebsstunden. Wechseln Sie immer beide Batterien aus, wenn LO BAT aufleuchtet.

### **Stativ-Befestigung**

Ein Gewindeeinsatz auf der Rückseite des Gerätes akzeptiert eine Standard  $\frac{1}{4}$  - 20 Stativ-Befestigungs-Schraube.

### **Maße**

Gerät: HxBxT 216 x 70 x 25 mm.  
Beschleunigungsaufnehmer: 22 x 15 (Durchmesser) mm.  
Kabel: 41 cm aufgerollt, 183 cm ausgezogen.

### **Gewicht**

Gerät: 414g inkl. Batterien.  
Beschleunigungsaufnehmer: 12 g.  
Kabel: 34g.