



# ÜBERWACHUNG VON KOLBENMASCHINEN UND VERDICHTERN



Condition Monitoring  
Schwingungssensoren  
Maschinenschwingung  
Drucksensoren  
Differenzdruck  
Prozessüberwachung  
Kompressorkennfeld





Schwingungs- und Druckmessung sind typische Instrumente zur Maschinenüberwachung von Verdichtern und Kompressoren. Durch die Überwachung dieser Parameter lässt sich eine erhöhte Maschinenverfügbarkeit erreichen und Stillstandzeiten vermeiden. Auf diese Weise erhöhen sich zudem die Anlageneffizienz und die Betriebssicherheit, was zu einer Kostensenkung bei der Instandhaltung führt.

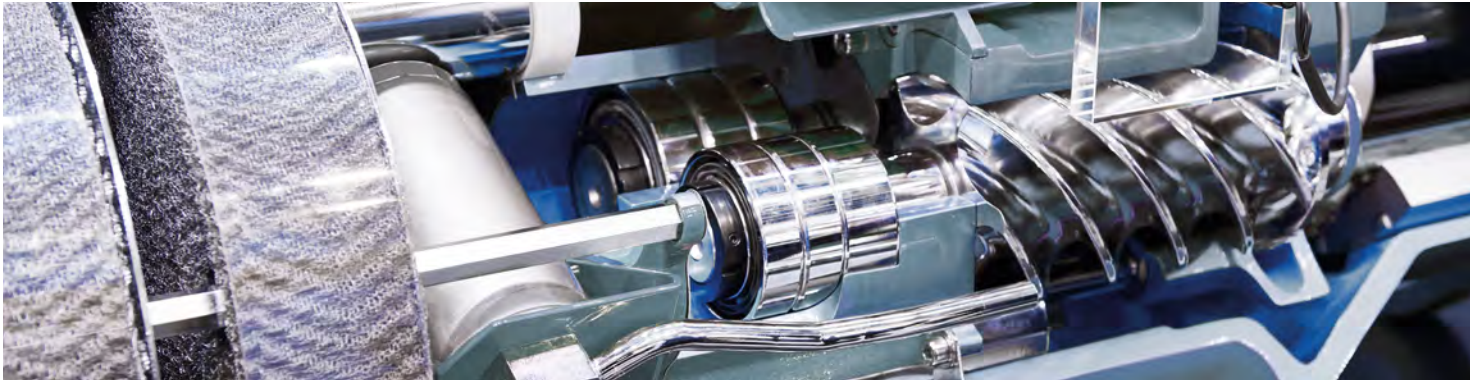
Die PCB Piezotronics GmbH (ehemals PCB Synotech GmbH) beschäftigt sich seit 1992 mit dem Thema Maschinenzustandsüberwachung und in Verbindung mit den Komponenten aus dem Hause PCB Piezotronics, Inc. stehen eine Vielzahl an Sensoren für unterschiedlichste Herausforderungen zur Verfügung.

Die Schwingungssensoren von PCB Piezotronics, Inc. und Drucksensoren von Setra Systems, Inc. werden seit vielen Jahren weltweit erfolgreich in den Bereichen der vorbeugenden Instandhaltung und Maschinenüberwachung eingesetzt. Dabei ist die Zuverlässigkeit der Sensoren unter widrigsten Bedingungen entscheidend.

Die vorliegende Broschüre beschäftigt sich mit der Schwingungs- und Druckmessung an Kolbenkompressoren und Schraubenverdichtern. Sie gibt einen kurzen Überblick über die Bauformen und Kennlinien der Maschinen und beschreibt die Notwendigkeit des optimalen Betriebspunktes. Darüber hinaus zeigt sie im Ansatz die typischen Maschinenfehler anhand von Fehlerbildern. Abschließend werden geeignete Schwingungs- und Drucksensoren für den industriellen Einsatz vorgestellt und in ihrer Funktionsweise beschrieben.

## EINLEITUNG

Einleitung	3
Funktionsweise Kolben- und Schraubenverdichter	4
Standardmesstechnik	6
Schwingungsmessung	7
Erkennung von Maschinenfehlern	8
Auswahl relevanter Kennwerte	9
Lagerschadendetektion	10
Spezielle Messungen für Hubkolbenverdichterüberwachung	11
Schwingungstransmitter	12
Piezoelektrische ICP®-/IEPE-Schwingungssensoren	13
SMART SYSTEM – Externe Signalwandler	15
Druckmessung	16
Überprüfung von Beschleunigungssensoren und Messketten	18
Kabel und Montagezubehör	19



## FUNKTIONSWEISE KOLBEN- UND SCHRAUBENVERDICHTER

Kolbenverdichter, oder auch Kompressoren, sind Arbeitsmaschinen, die den Druck eines gasförmigen Förderstoffs nach dem volumetrischen Prinzip erhöhen und gehören zu den Fluidenergie-maschinen.

Mit der Druckerhöhung von Gasen steigen Temperatur und Dichte, daher spricht man bei Verdichtern auch von thermischen Maschinen. Ihren Einsatz finden sie in Bereichen der Gasversorgung (Druckluft, Sauerstoff und andere Gase), des Gastransports oder in der Fertigungs- und Produktionsindustrie. Die elektrischen Leistungen der Verdichter reicht von wenigen Kilowatt bis in den Megawattbereich hinein.

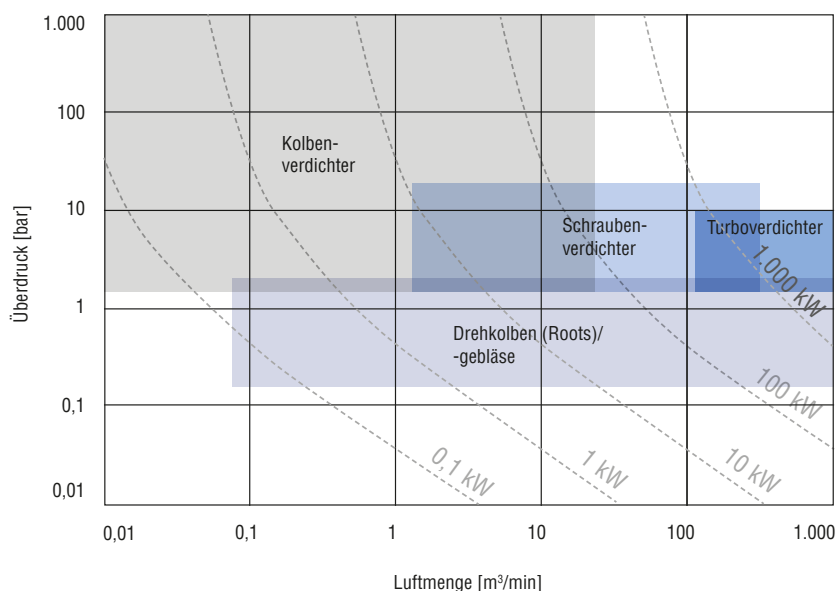
### GRUNDLAGEN VERDICHTER

Die Verringerung des Volumens eines gasförmigen Mediums wird i.d.R. als Verdichtung oder Komprimierung bezeichnet, woraus sich auch die typischen Bezeichnungen, wie Verdichter, bzw. Kompressor ableiten. Während des Verdichtungsprozesses wird das gasförmige Medium angesaugt und verdichtet. Dabei erfährt das

Medium eine Druckerhöhung bei gleichzeitiger Volumenverringereung. Ein weiterer Nebeneffekt ist die Erwärmung des Gases.

Die Leistungsfähigkeit eines Verdichters wird durch seine Förderparameter bzw. typischen Kennwerte wie Ansaugvolumen, das Austrittsvolumen in Bezug auf den Ausgangsdruck, oder auch dem Normvolumenstrom gekennzeichnet. Werden höhere Leistungen benötigt, so können und werden zur Erhöhung des Förderstroms mehrere Verdichter parallel und zur Erhöhung des Drucks mehrere Verdichter hintereinander geschaltet werden.

Ein Verdichter-Aggregat besteht aus einer Vielzahl an Einzelkomponenten, wozu zum einen der Verdichter selbst und zum anderen die Antriebseinheit, i.d.R. ein Elektromotor, gehört. Aufgestellt werden beiden Komponenten nebst der zugehörigen Verrohrung, Kühlung und Steuerung auf einem gemeinsamen Fundament. Hier sind in Bezug auf die dynamischen Vorgänge besonders die Drehzahlschwankungen, Fundamentbelastung und das Schwingungsverhalten zu beachten.





## BAUFORMEN

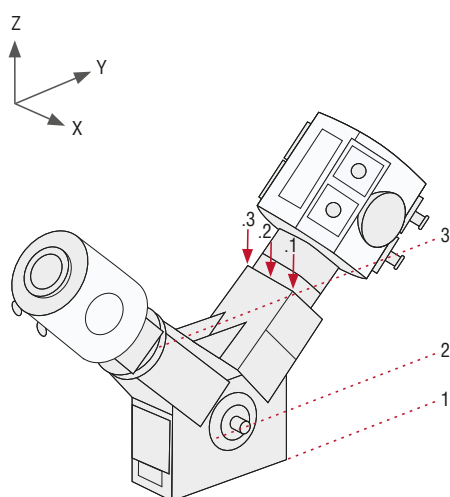
Man unterscheidet Hubkolbenverdichter und Drehkolbenverdichter.

In **Hubkolbenverdichtern** bewegen sich die Kolben, angetrieben über eine Kurbelwelle, geradlinig zwischen zwei Endlagen, wodurch das Medium in den Arbeitsraum angesaugt, verdichtet und mit einem höheren Druck ausgestoßen wird. Die Bauform liefert i.d.R. geringe Volumenströme und hohe Enddrücke.

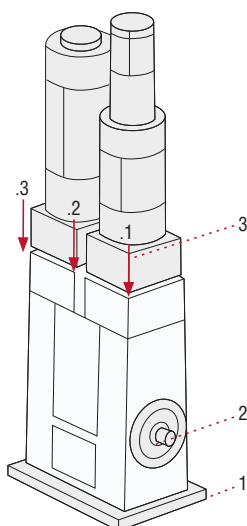
Bei **Drehkolbenverdichtern** bewegen sich die Rotoren (Verdränger) um eine feste Achse. Diese Maschinen werden auch als Rotationsverdichter bezeichnet. Als weitere Bauarten sind hier beispielsweise Roots-Gebläse, Flügelzellenverdichter und Schraubenverdichter zu nennen.

Ihnen ist gemeinsam, dass der Arbeitsraum zwischen dem Gehäuse und einem oder mehreren Verdrängern (Drehkolben) gebildet wird, die sich drehen oder auf eine Kreisbahn bewegen.

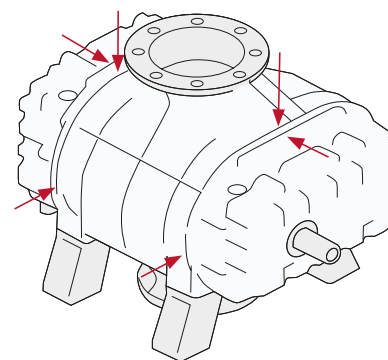
Angesaugt und ausgestoßen wird das Gas durch Schlitze, die der Kolben bei seiner Bewegung freigibt und verschließt. Die Bauformen an Verdichtern weisen i.d.R. eine gleichmäßige und pulsationsfreie Förderung auf.



Kolbenverdichter mit Zylindern in V-Anordnung



Vertikal angeordneter Kolbenverdichter



Schraubenverdichter, Rootsgebläse



## STANDARDEMESSTECHNIK

Verdichter werden entsprechend der geplanten Applikation als hochentwickelte Fluidenergiemaschinen oder als Low Cost Varianten entworfen und projiziert.

Die Auswahl des richtigen Aggregats hängt von den Faktoren Ansaugvolumen, Austrittsvolumen in Bezug auf den Ausgangsdruck, oder auch dem Normvolumenstrom ab.

Mit Hilfe der Verdichter-Kennlinie kann der Leistungsbedarf der Maschine ermittelt werden.

Hinzu kommen zur Bestimmung des Wirkungsgradverlaufs weitere Parameter, wie etwa die Eigenschaften der Maschinenbauart, der Einfluss der Zu- und Abströmbedingung, der Temperaturkompensation sowie das Regeln der Volumenströme in der Gesamtanlage.

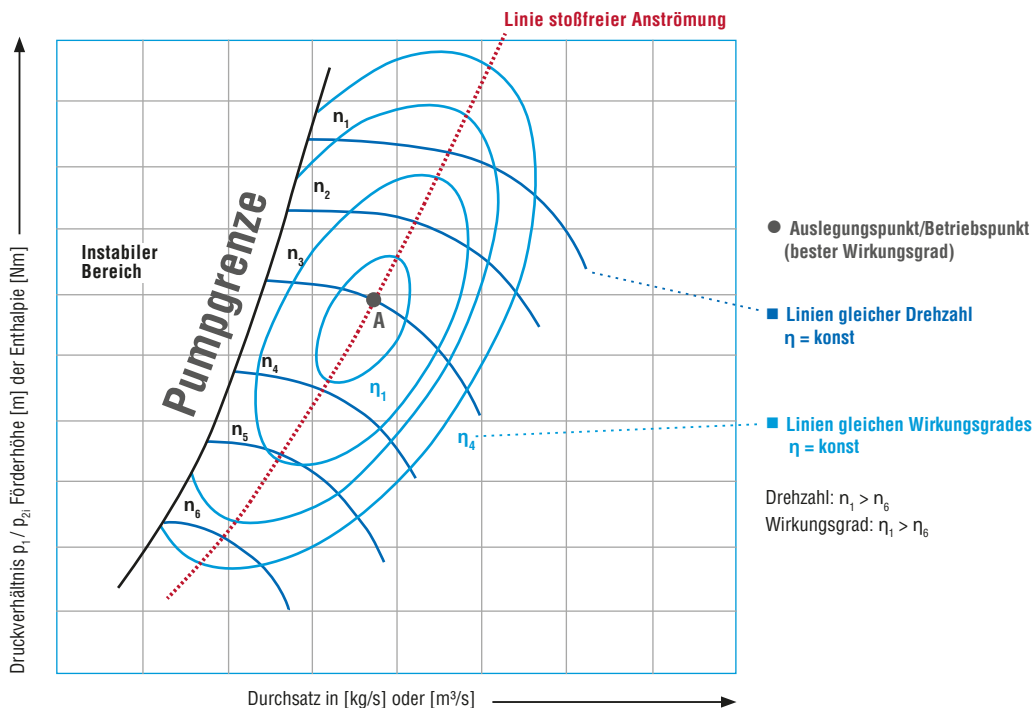
Die Schnittpunkte der Verdichter-Kennlinie mit der Betriebssituation zeigt einerseits deutlich wie effizient ein Aggregat betrieben wird und zum anderen zeigt es Schwachstellen, die zu Schäden am Aggregat führen können.

Der optimale Betriebspunkt und damit auch die Verdichter-Effizienz lässt sich durch die Messung nachfolgend aufgelisteter Parameter bestimmen. Einige dieser Messgrößen stehen in vielen Anlagen bereits als Messsignal zur Verfügung.

**Drehzahl • Elektrische Energie • Temperatur  
Volumenstrom • Differenzdruck • Mechanische Schwingungen**

Zur Erfassung der letzten beiden Größen werden Druck- und Schwingungssensoren eingesetzt

### KENNFELD EINES VERDICHTERS



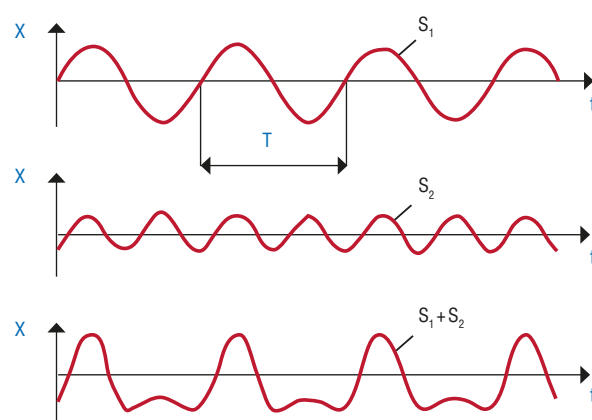


## SCHWINGUNGSMESSUNG

Schwingungen und Vibrationen werden in drei mechanischen Größen beschrieben: Beschleunigung, Geschwindigkeit und Weg. Die drei Größen lassen sich durch Differentiation und Integration ineinander umrechnen. In der Praxis ist die Konvertierung der Größen problembehaftet und teilweise unmöglich, da Messfehler wie Rauschen bei der Umrechnung zu starken Verfälschungen führen.

In Maschinen werden Vibrationen überwiegend unmittelbar und mittelbar durch rotierende Teile verursacht. Bei der Betrachtung von Maschinenschwingungen fällt auf, dass ein eindeutiges Sinussignal, das als Resultat einer Drehbewegung grundsätzlich zu erwarten wäre, nicht immer erkennbar ist. Vielmehr überlagern sich häufig mehrere Schwingungen aus unterschiedlichen Quellen. So verursachen neben der Motorwelle z. B. die Zahnräder eines verbundenen Getriebes, die mit anderen Geschwindigkeiten rotieren als die Welle, Schwingungen mit anderen Frequenzen.

Die Erfassung der mechanischen Schwingungen, welche durch das Aggregat erzeugt werden, ermöglichen Rückschlüsse auf das Laufverhalten und ermöglichen eine Schadensvorhersage. Eine Beurteilung der gemessenen Vibrationen geschieht in Anlehnung an die entsprechenden Normen und dazugehörigen Fehlerbilder. (Siehe auch Broschüre Schwingungsmessung an rotierenden Maschinen)





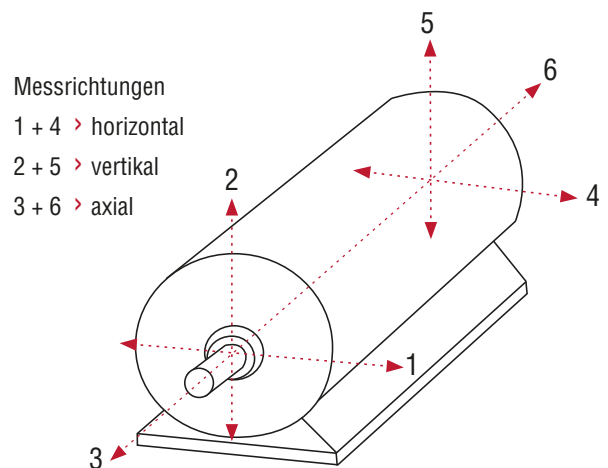
## ERKENNUNG VON MASCHINENFEHLERN

Schwingungen werden meist mit Hilfe von piezoelektrischen Beschleunigungssensoren gemessen, die später noch genauer beschrieben werden. Sie werden an stationären Bauteilen der zu überwachenden Maschine befestigt. An den Lagergehäusen oder Lagerschildern platzierte Sensoren liefern Informationen über Anregungen durch den Läufer, die Lager oder die Antriebsmaschine. Die Erfassung der Schwingungen an den Ständergehäusen, die vorwiegend durch elektromagnetische Anregungen im Luftspalt verursacht werden, erfordert aufgrund der mechanischen Kopplung mit dem Maschinengehäuse meist keine zusätzlichen Messstellen.

Die Messung von Schwingungen erfolgt in horizontaler, vertikaler und axialer Richtung, wie in der nachstehenden Maschinenskizze beispielhaft gezeigt.

Bei permanenter Maschinenzustandsüberwachung wird mitunter nur horizontal gemessen, um Kosten zu sparen. Oft enthalten die gemessenen Schwingungen Anteile, die von benachbarten Maschinen oder Anlagenteilen ausgehen.

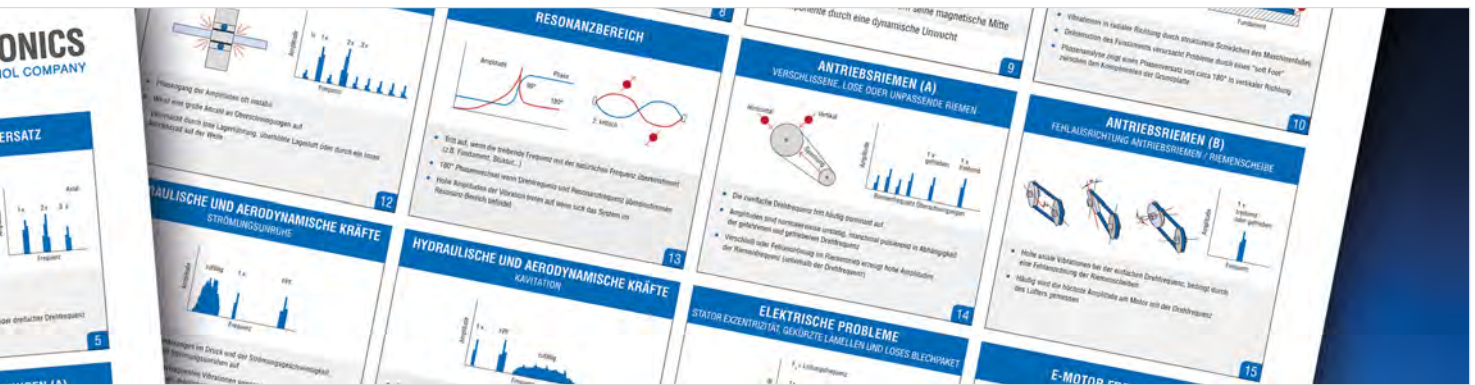
Die Beurteilung der gemessenen Schwingungen geschieht in Anlehnung an die anzuwendenden Normen (DIN ISO 10816/20816, VDI 3839, VDI 3841, etc.). Auf die Maschine einwirkende äußere Einflüsse wie Gebäudevibrationen sind dabei zu berücksichtigen. Die Überwachung des Maschinenzustands zur Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit und -sicherheit wird auch als Condition Monitoring bezeichnet.



**A** Neu aufgestellte Maschine    **B** Dauerbetrieb geeignet    **C** Kurzzeitbetrieb zulässig    **D** Nicht zulässig

A		B		C		D		Schwinggeschwindigkeit (RMS-Wert) ( 10 - 1000 Hz, $r < 600 \text{ min}^{-1}$ ) ( 2 - 1000 Hz, $r < 120 \text{ min}^{-1}$ )	
starr		weich		starr		weich			
									11,0 mm/s
									7,1 mm/s
									4,5 mm/s
									3,5 mm/s
									2,8 mm/s
									2,3 mm/s
								1,4 mm/s	
								0,71 mm/s	
								<b>Fundament</b>	
mittelgroße Maschinen 15 kW < P < 300 kW				große Maschinen 300 kW < P < 50 MW				<b>Maschinentyp</b>	
Motoren: 160 mm < H < 315 mm				Motoren: 315 mm < H					
Gruppe 2				Gruppe 1				<b>Gruppe</b>	

Auszug aus der DIN ISO 20816-Teil 3: Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht rotierenden Teilen



## AUSWAHL RELEVANTER KENNWERTE

Viele Lagerprobleme werden von kurzzeitigen Energiefehlern begleitet (im Allgemeinen als Stresswellen kategorisiert), die von einem in der Nähe des Fehlers befindlichen Beschleunigungssensors erkannt werden können. Die Aktivität von Stresswellen geht mit Fehlern wie Stößen, Ermüdung und Reibung einher, die bei Frequenzen über 1.000 Hz auftreten.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Amplitude (gemessen mit einem Beschleunigungssensor) der Stresswellen ein zuverlässiger Indikator für die Schwere des Fehlers ist. Eine zuverlässige Indikation wird durch die kontinuierliche Überwachung der Stresswellen, für die z.B. der Bearing Fault Detector (kurz: BFD) ausgelegt ist, weiter erhöht. Der BFD beobachtet und erfasst diese Stresswellen über einen Zeitraum von mindestens sechs Umdrehungen der zu überwachenden Rotationsachse. Für den Spitzenpegel wird eine lineare Skala verwendet, um einen ausreichenden Dynamikbereich für die Pegeländerung von einer ruhig laufenden Maschine bis zu einer Maschine mit schweren Fehlern zu erhalten. Das Trending der Spitzenbeschleunigung (PeakVue™) kann einen Hinweis auf ein Problem liefern, das mithilfe von Spektralmessungen weiter diagnostiziert werden kann.

### Effektivwert

Der Effektivwert ist der quadratische Mittelwert, Root Mean Square (RMS), und repräsentiert die tatsächlich auftretenden effektiven Schwingwerte.

RMS – Quadratwurzel des Mittelwertes des Quadrats der Augenblicksamplitude (steigt an bei Lagerschäden oder Mangel-schmierung).

### Spitzenwert (Peak)

Der Spitzenwert oder Maximalwert gibt den Wert eines Signals vom Nullpunkt bis zum Amplitudenmaximum an bzw. kennzeichnet den maximalen Betrag einzelner Stöße, welche aus dem Grundrauschen herausragen. Bereits gering geschädigte Wälzlager weisen erhöhte Spitzenwerte auf (Pitting).

### Scheitelfaktor (Crestfaktor)

Das Verhältnis zwischen dem Effektivwert und dem Spitzenwert wird durch den Crestfaktor, auch Scheitelfaktor, bestimmt. Er hat bei einem reinen Sinussignal den Wert aus  $\sqrt{2}$ . Er definiert zudem das Maß für den Stoßgehalt des Schwingungssignals.

Auf Grund der Vielzahl an Lösungen sollen hier nur folgende Kennwerte betrachtet werden:

- Crestfaktor
- Crestfaktor+
- PeakVue™

Berechnet und als Signal ausgegeben werden diese Kennwerte u.a. durch die Produkte **649A03** und **682C05** (siehe Seite 10).

## WÄZLAGERDIAGNOSE

Zur Diagnose eines Wälzlagerzustandes ist es erforderlich, das Schwingungssignal breitbandig mittels Kennwerten zu messen und zu überwachen. Das Signal der Schwingbeschleunigung wird dazu in unterschiedlichste Kennwerte umgerechnet, welche wiederum einen aussagekräftigen Wert über den aktuellen Zustand des Wälzlagers liefern. Es ist zu beachten, dass der einmalig gemessene Wert keine direkte Aussage zulässt, da dieser ein nur relatives Ergebnis zum aktuellen Zustand darstellt (Lastzustand der Maschine, Schmierzustand, etc.). Aus diesem Grunde ist es erforderlich, Trendmessungen zur Kennwertüberwachung durchzuführen. In der Praxis bedeutet das, direkt nach der Inbetriebnahme der Maschine und im Anschluss in regelmäßigen Abständen Messungen durchzuführen. Ein sich langsam erhöhender Kennwert kann somit als beginnender Lagerschadens gedeutet werden.

Bei der Kennwertdiagnose wird für gewöhnlich über den gesamten linearen Frequenzbereich des Beschleunigungssensors gemessen. Bei der weiteren Analyse und Berechnung kommen Hochpass- und Tiefpass-Filter zum Einsatz.

# LAGERSCHADENDETEKTION

## PCB-649A03

Der Bearing Fault Detector PLUS (kurz BFD+) **Modell 649A03** ist ein Vibrationstransmitter, der neben der Messung des Schwingpegels auch hochfrequente Signalanteile im Schwingpegel erkennen und auswerten kann.

### Crest Factor Plus

Ist ähnlich dem Crestfaktor, wobei das Ausgangssignal so angepasst wurde, dass der Wert weiter ansteigt, wenn sich der Lagerzustand verschlechtert. Der Crestfaktor Plus bildet die Summe aus dem Crestfaktor, Effektivwert- und dem Spitzenwert der Beschleunigung. Die einzelnen Werte werden unterschiedlich gewichtet, so dass die Summe der drei immer steigt, wenn sich der Lagerzustand verschlechtert, auch wenn ein Wert sinkt. Dies korrigiert in erster Linie die Tatsache, dass der Crestfaktor abnimmt, wenn der Fehler sehr schwerwiegend ist. Durch Nutzung des Effektivwertes der Beschleunigung in der Berechnung wird der abnehmende Crestfaktor durch die zunehmende RMS-Beschleunigung bei sehr schlechtem Lagerzustand ausgeglichen. Der Ausgang ist eine einheitenlose Schweregradskala von 1 bis 16. Die für dieses Ausgangssignal verwendeten Beschleunigungssignale sind bei 250 Hz hochpassgefiltert.

Der Crestfaktor Plus eignet sich ideal für Maschinen, welche mit variabler Drehzahl betrieben werden. Der Wert erhöht sich immer

über die gesamte Lebensdauer des Lagers, wenn sich sein Zustand verschlechtert. Dadurch kann der Anwender vereinfacht einen Alarmwert für die Schweregradskala einstellen und kann somit die historische Daten der Trendüberwachung berücksichtigen.

### Skalierter Ausgang (1-16) Lagerzustand\*

1 bis 5 Gut
6 bis 11 Zufriedenstellend
12 bis 15 Unbefriedigend
Über 15 Inakzeptabel

\*Lagerzustand für kompensierte Spitzenbeschleunigung, Scheitelfaktor und Scheitelfaktor Plus



Modell 649A03

## PCB-682C05

Lagerschadendetektor **Modell 682C05** ist eine ICP®-/IEPE-Versorgungseinheit für die Hutschienenmontage und gibt gleichzeitig drei Signale aus:

- Stromausgang proportional zur Gesamtschwingung
- Spannungssignal des vom Sensor gemessenen Beschleunigungssignals (Schwingungssignal)
- Stromausgang proportional zur echten Spitzenbeschleunigung (PeakVue™)

Die Signalquelle ist ein 100 mV/g VAC-Signal ICP®-/IEPE-Beschleunigungssensor. Der Signalkonditionierer dient als Versorgungseinheit für ICP®-/IEPE-Beschleunigungssensoren. Neben dem Schwingungssignal, welches beispielsweise einem Datensammler oder Schwingungsanalysegerät zugeführt werden kann, werden zwei 4-20 mA-Ausgangssignale nach Industriestandard zur Verfügung gestellt. Das erste Stromsignal ist ein linearer Indikator für den Gesamtschwingungspegel, skaliert als Schwingbeschleunigung oder alternativ Schwinggeschwindigkeit. Der Gesamtschwingungspegel wird über eine Bandbreite von 10 ... 1.000 Hz erfasst. In diesem Frequenzbereich werden Maschinenfehler wie Unwucht, Ausrichtungsfehler und andere erkannt, die sich bei niedrigeren Frequenzen um

die Betriebsdrehzahl und deren Oberwellen manifestieren. Der zweite Stromsignalausgang gibt den Spitzenbeschleunigungspegel im hochfrequenten Bereich über 1.000 Hz aus. Dabei ist die PeakVue™-Datenanalyse eine bewährte Technik zur frühzeitigen Erkennung von hochfrequenten, stoßbedingten Ausfällen, wie z. B. Lager- oder Getriebefekte aufgrund von Verschleiß, Schmiermittelverlust und Verschmutzung.



Modell 682C05



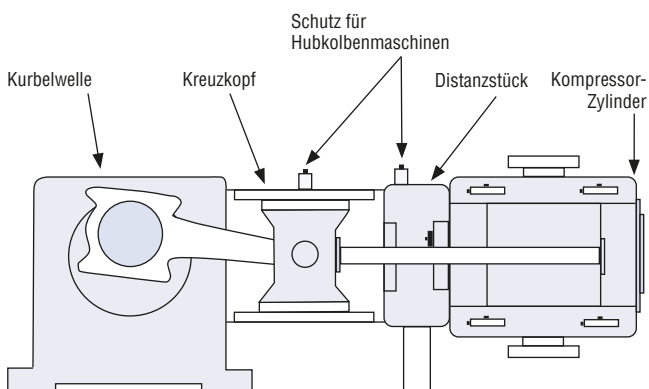
## SPEZIELLE MESSUNGEN ZUR HUBKOLBENVERDICHTERÜBERWACHUNG

### PCB-649A01

Obwohl die Messung des Gesamtschwingungspegels und die Erstellung von Trends ein hervorragendes Werkzeug für die Überwachung des Zustands von rotierenden Maschinen ist, ist sie im Allgemeinen nicht effektiv für die Überwachung von Kolbenmaschinen.

Da Stöße im Allgemeinen wenig Einfluss auf den Gesamtschwingungspegel haben, werden häufige Fehler nicht frühzeitig erkannt. Infolgedessen werden Anomalien erst diagnostiziert, wenn bereits Schäden aufgetreten sind und es zu spät ist, einfache Korrekturmaßnahmen zu ergreifen. Es gibt mehrere Fehler an Kolbenmaschinen, die den Gesamtschwingungspegel einer Maschine erst dann signifikant erhöhen, wenn der Schaden ein schweres Ausmaß erreicht hat.

- I. Lose oder gebrochene Bolzen
- II. Übermäßiges Spiel in Verbindungsbolzen
- III. Lose oder gerissene Stangenmuttern
- IV. Flüssigkeit oder Schmutz im Zylinder
- V. Gerissene Verbindungs- oder Kolbenstange
- VI. Riefen im Zylinder
- VII. Übermäßiges Kreuzkopf-/Gleiterspiel
- VIII. andere gebrochene Teile



Hubkolbenmaschine mit Schutzvorrichtung am Kreuzkopf

Der Sensor **Modell 649A01** oder **RMP – Reciprocating Machinery Protector** – verwendet verbesserte Stoßüberwachungsmethoden, die besonders für die effektive Schwingungsüberwachung von Hubkolbenmaschinen und die Fehlerdiagnose im Anfangsstadium geeignet sind. Es ist zu beobachten, dass die Implementierung dieser Methode bei industriellen Anwendungen zunimmt.



Modell 649A01

Bei dem Modell oder RMP handelt sich um einen stromschleifengepeisten Sensor mit integrierter Elektronik, welcher mechanische Schockereignisse erkennt, die in oder in der Nähe der Zylinderbaugruppe der Maschine auftreten. Dabei reagiert der **649A01** sehr empfindlich auf Maschinenfehler im frühen Stadium. Der Sensor wird auf dem Kreuzkopfgleitstück, dem Distanzstück oder dem Zylinderkopf senkrecht zur Bewegung des Kolbens montiert. Pro Zylinder wird ein Sensor benötigt.

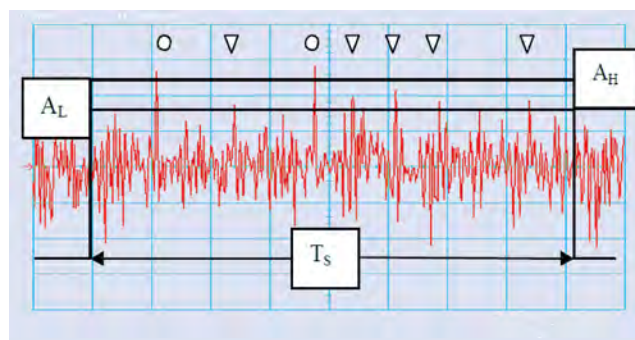


Diagramm zeigt signifikante Grenzwertüberschreitungen im definierten Zeitfenster



## SCHWINGUNGSTRANSMITTER

Stromschleifengespeiste Vibrationstransmitter ermöglichen eine kostengünstige und permanente Überwachung von Maschinenschwingungen. Sie liefern ein genormtes 4 ... 20 mA-Ausgangssignal, welches proportional zum RMS- oder Spitzenwert der gemessenen Vibrationsamplitude ist. Angeschlossen werden die

Transmitter an vorhandene, freie Eingänge einer SPS oder eines Prozessleitsystems. Diese geben dann bei Überschreitung eines voreingestellten Schwingungspegel eine Warnmeldung aus oder schalten im Notfall die Maschine ab.

### VIBRATIONSTRANSMITTER DER SERIE 64X

Bei Verwendung von Vibrationstransmittern werden die Schwingungsauswertung und die Fehlerabschaltung ausgelagert, d. h. das Parametrieren der Alarmschwellen erfolgt in einer separaten Auswerteeinheit oder in einer SPS, die die Trendentwicklung mit-schreiben kann. Transmitter werden stromschleifengespeist betrieben und geben ein normiertes Stromsignal entsprechend der Schwingung aus, welches dann in der Anlagensteuerung skaliert wird.

Die Vibrationstransmitter der **Serie 64x** gibt es mit unterschiedlichen, auf den jeweiligen Anwendungsfall bezogenen Messbereichen und -größen (Schwinggeschwindigkeit u. a. gemäß der ISO 10816, Schwingbeschleunigung und Schwingweg). Mit dem **Modell 649A04** steht darüber hinaus ein programmierbarer Vibrationstransmitter zur Verfügung.

#### Top-Features

- Schwinggeschwindigkeit oder -beschleunigung RMS oder Peak
- 4...20 mA-Ausgang
- ATEX-Zulassung (Option)
- Arbeitstemperaturbereich bis 85 °C (optional bis 125 °C)
- Rohsignalausgang (Option)
- Temperatursignalausgang (Option)



**Funktionale Sicherheit**  
**Integritätslevel 2**  
**Zuverlässigkeit**  
**IEC 61508**  
**Safety Manual**



## PIEZOELEKTRISCHE ICP®-/IEPE-SCHWINGUNGSSENSOREN

Die Schwingungssensoren von IMI Sensors zeichnen sich durch ein doppelwandiges, hermetisch dicht verschweißtes Edelstahlgehäuse aus, das sowohl als mechanischer Schutz gegen Umgebungseinflüsse und Verschmutzungen als auch als faradayscher Käfig wirkt, der elektrische Einstrahlungen verhindert. Die galvanische Trennung des Sensorelementes und der nachfolgenden Messkette vom Sensorgehäuse verhindert Erdschleifen und Rauschen.







Die piezoelektrischen Schwingungssensoren in ICP®-Technik haben den entscheidenden Vorteil, dass das Messsignal als stör-

unempfindliche Spannung mit niedriger Quellimpedanz übertragen wird. Der Störeinfluss durch elektrische und magnetische Felder benachbarter Aggregate ist dadurch minimiert.

Die Sensoren der **Serien PCB-M60x** und **PCB-M62x** von IMI Sensors sind in unterschiedlichen Ausführungen und Bauformen erhältlich und lassen sich daher in fast allen Bereichen einsetzen, auch im Hochtemperaturbereich oder in EX-Zonen.



### SCHWINGUNGSSENSOREN

Modell M603C01	
 	<p><b>Preisgünstige ICP®-/IEPE-Schwingungssensoren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Empfindlichkeit 100 oder 10 mV/g</li> <li>▪ Stecker bzw. Kabelabgang oben</li> <li>▪ Frequenzbereich 0,5 ... 10.000 Hz</li> <li>▪ ATEX-Zulassung (Option)</li> </ul>
Modell M607A11	
 	<p><b>ICP®-/IEPE-Schwingungssensoren mit Swivel-Montage</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Empfindlichkeit 100 mV/g</li> <li>▪ Stecker bzw. Kabelabgang seitlich</li> <li>▪ Frequenzbereich 0,5 ... 10.000 Hz</li> <li>▪ ATEX-Zulassung (Option)</li> </ul>
Modell M602D01	
 	<p><b>ICP®-/IEPE-Schwingungssensoren mit Durchgangsbohrung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Empfindlichkeit 100 mV/g</li> <li>▪ Stecker bzw. Kabelabgang seitlich</li> <li>▪ Frequenzbereich 0,8 ... 8.000 Hz</li> <li>▪ Hochtemperaturelektronik bis 162 °C (Option HT)</li> </ul>



## PIEZOELEKTRISCHE ICP®-/IEPE-SCHWINGUNGSSENSOREN

### KOMPAKTER UND ROBUSTER TRIAX-BESCHLEUNIGUNGSSENSOR

Das **Modell 639A91** ist ein kompakter, dreiachsig messender Beschleunigungssensor. Auf einer Grundfläche von 24 x 24 mm sind drei Sensorelemente in einem masseisolierten und hermetisch dicht verschweißten Gehäuse aus Edelstahl 316L untergebracht. Jede Achse misst im Frequenzbereich von 0,5 ... 13.000 Hz. Mit einer Empfindlichkeit von 100 mV/g und einem Einsatztemperaturbereich von -54 ... 121 °C eignet sich der Sensor für die meisten Aufgaben in der Maschinenüberwachung. Der Kabelanschluss erfolgt über einen robusten 4-poligen M12-Stecker, optional ist der Sensor auch mit einer Zulassung für den explosionsgefährdeten Bereich erhältlich.



Modell 639A91

### HOCHTEMPERATURSENSOREN

Sensoren mit integrierter ICP®-Elektronik sind meist bis 121 °C einsetzbar. Mittels einer speziellen Hochtemperatur-Elektronik bei Sensoren mit Präfix „HT“, wie z. B. **Modell HT602D01**, wird der Einsatztemperaturbereich bis 163 °C erweitert. Für noch höhere Umgebungstemperaturen werden Modelle mit ausgelagerter Verstärkerschaltung (Ladungssensor) eingesetzt. Solche Modelle sind dauerhaft bis zu 649 °C und kurzfristig darüber hinaus belastbar.



Modell M612A01



Modell HTM602D01

### EIGENSICHERE SENSOREN

Häufig müssen Maschinen im EX-Bereich überwacht werden. Als EX-Bereich (oder explosionsfähiger Bereich, explosionsfähige Atmosphäre) werden Bereiche bezeichnet, in denen die Umgebungsluft mit brennbaren Gasen, Dämpfen oder Stäuben gemischt ist. Durch Einsatz ungeeigneter Anlagen oder Betriebsmittel in einem solchen Bereich kann eine Verbrennungsreaktion angestoßen werden, die sich selbstständig fortsetzt.

Die ATEX-Produkttrichtlinie 2014/34/EU legt die Anforderungen an Geräte (Maschinen und Betriebsmittel) für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen fest.





## SMART SYSTEM – EXTERNER SIGNALWANDLER MODELL 682C03

Vorhandene konstantstromgespeiste ICP®-Beschleunigungssensoren können mit dem Signalumsetzer **Modell 682C03** an 4 ... 20 mA-Signalkreise angeschlossen werden. Der Signalwandler liefert einen Ausgangsstrom proportional zum RMS- oder Spitzenwert der Schwingbeschleunigung, Schwinggeschwindigkeit oder des Schwingweges.

### Top-Features

- ICP®-Sensorversorgung
- Hoch-/Tiefpassfilterung
- Schwingbeschleunigung, -geschwindigkeit oder -weg
- RMS oder Peak
- Temperatureingang  
(bei Anschluss eines ICP®-Sensors mit Temperaturfühler)
- Rohsignalausgang



**Modell 607A11** (Beispiel) ICP® Beschleunigungssensor



**Modell 682C03** Signalwandler



## DRUCKMESSUNG

Durch die permanente Überwachung der Druckverhältnisse und Volumenströme in den Prozessstufen eines Verdichters kann der optimale Betriebspunkt laut Anlagenkennfeld hinsichtlich Wirkungsgrad und Effizienz überwacht, auftretende Störungen schnell und zuverlässig indiziert und behoben und somit Stillstände und Produktionsausfälle vermieden werden.

Die wichtigen zu messenden Parameter sind der Eintritts- und Austrittsdruck der einzelnen Verdichterstufen, das Gesamtdruckverhältnis, der Druck im Arbeitsraum und die Volumenströme an

Saug- und Druckseite, die z.B. mittels einer Differenzdruckmessung mit Messblende (DIN EN ISO 5167) ermittelt werden können. Für eine präzise und zuverlässige Druckmessung, auch unter rauen Umgebungsbedingungen, bietet SETRA Systems hochqualitative Drucksensoren für industrielle Anwendungen an. Die nach dem kapazitiven Messprinzip arbeitenden Drucksensoren besitzen eine hohe Messgenauigkeit und Langzeitstabilität, und widerstehen zuverlässig aggressiven Medien, Vibrationen, Temperaturwechseln sowie elektrischen Störfeldern. Dadurch eignen sich die Druckmessumformer hervorragend für den Einsatz an Kompressoren.

## MODELL AXD – DER INDUSTRIE-DRUCKSENSOR AUF HÖCHSTEM NIVEAU

Der universelle **SETRA AXD** für Industrie-Anwendungen besticht durch hohe Leistung, Zuverlässigkeit und Robustheit bei hervorragenden Genauigkeits- und Stabilitätswerten. Das kompakte, lasergeschweißte Gehäuse (IP67) hält anspruchsvollen Anwendungen stand und ist in Vielzahligen Varianten und Optionen konfigurierbar.

### Top-Features

- Messbereiche von 4 kPa bis 70 MPa für Über- und Relativdruck sowie Vakuum
- Ausgangssignal 0 ... 5/10 VDC oder 4 ... 20 mA
- Hohe Genauigkeit:  $\pm 0.25\%$  vom Endwert
- Weiter Temperaturbereich:  $-40^\circ$  bis  $125^\circ$
- Patentierte Überdrucksicherheit bis zum 10-fachen des Messbereichs
- Robuste, kompakte Baugröße: nur  $\varnothing 25,4$  mm
- Korrosionsbeständig und als Wasserstoff-feste Variante mit medienberührenden Teilen aus 316L-Edelstahl erhältlich



Modell AXD



Patentiertes Design zum Überlastschutz



## MODELL 230 – ECHTE DIFFERENZDRUCKMESSUNG MIT NUR EINER MESSZELLE

Um Differenzdrücke zu messen, werden oftmals 2 einzelne Sensoren benutzt, dessen Messwerte miteinander verglichen werden. Dadurch können Ungenauigkeiten und technische Probleme entstehen. Das **Modell SETRA 230** misst „echten“ Differenzdruck zuverlässig und genau mit einer einzigen kapazitiven Sensorzelle.

### Top-Features

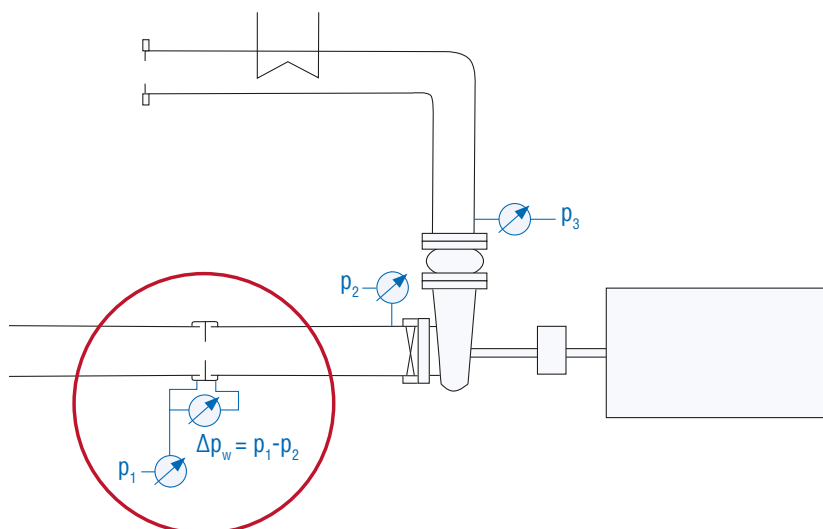
- Differenzdruckmessumformer für Gase und flüssige Medien
- Messbereich von  $\pm 3,5$  kPa bis 700 kPa
- Ausgangssignal 0 ... 5/10 VDC oder 4 ... 20 mA
- Hohe Genauigkeit:  $\pm 0,25\%$  vom Endwert
- Sehr robustes Aluminiumgehäuse
- Medienberührende Teile aus 17-4 PH Edelstahl
- Erhältlich mit Ventil-/Verteilerblock für hohe Systemdrücke



Verteilerblock



Modell SETRA 230



Messblende zur Massenstrommessung nach DIN EN ISO 5167



## ÜBERPRÜFUNG VON BESCHLEUNIGUNGSSENSOREN UND MESSKETTE

### MODELL 9110D

Für die Überprüfung von Sensoren mit auswählbarer Frequenz und Amplitude wird das **Modell 9110D** angeboten.

Es ermöglicht eine sogenannte Frequenzgangkalibrierung, bei der ein Sensor nacheinander mit Schwingungen verschiedener Frequenzen angeregt wird. Als Resultat erhält der Anwender eine Frequenzgangkurve, welche die Abhängigkeit der Sensorempfindlichkeit von der Frequenz visualisiert.

Dank der Akkuspeisung kann der portable Shaker am Einsatzort der Sensoren betrieben werden.



Modell 9110D

### MODELL SPARTAN™ 730

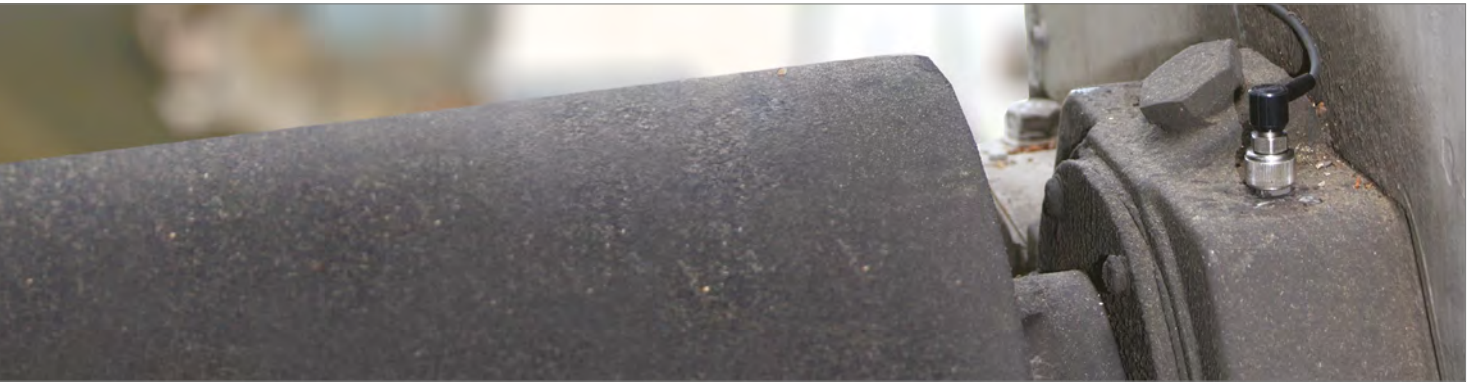
Das Lärmdosimeter **Modell Spartan™ 730** dient zur einfachen und schnellen Messung der Lärmdosis am Arbeitsplatz. Sämtliche Geräteeinstellungen und die Messdatenerfassung lassen sich mit Hilfe der App Atlas™ über ein Smartphone oder Tablet (iOS™ und Android™) steuern.

Für eine Messkampagne wird das Dosimeter an der Kleidung, in Schulterhöhe des Mitarbeiters, befestigt. Die Kommunikation erfolgt per Bluetooth. Das Aufladen des integrierten Akkus lässt sich drahtlos durchführen.

Typische Anwendungen sind die Überprüfung der Einhaltung der ISO 9612 sowie der EU-Richtlinie 2003/10/EC.



Modell Spartan™ 730



## KABEL UND MONTAGEZUBEHÖR

### KABEL FÜR DEN EX-BEREICH

Für eigensichere Stromkreise ist der Einsatz von Kabeln mit hellblauer Kennzeichnung vorgeschrieben. Schwingungs- und Drucksensoren mit der Zündschutzart Eigensicherheit sollten daher mit den **Kabeltypen 003 und 505** mit entsprechender Mantelfarbe kombiniert werden.



Kabeltypen 003 und 505

### MONTAGEPLÄTTCHEN

Bei direkter Schraubmontage von Schwingungssensoren wird eine optimale mechanische Kopplung erreicht. Je nach Sensormodell kommen Montagebolzen oder Durchgangsschrauben zum Einsatz.

Wenn an einer Maschine keine Bohrungen für Sensorgewinde vorgenommen werden dürfen, sind Montagemagnete eine gute Alternative. Zur Auswahl stehen Magnete in verschiedenen Größen für glatte und gewölbte Oberflächen.

Montageplättchen werden auf die Maschine geklebt oder geschweißt. Auch sie sind in verschiedenen Größen erhältlich.

Für die Montage zwischen den Kühlrippen des Motors werden Adapter in verschiedenen Größen angeboten, die wahlweise geschweißt oder geklebt werden.

Für schnelle Vibrationstests ohne Montage der Sensoren können Tastspitzen verwendet werden, die mechanische Schwingungen von der Maschine auf den Sensor übertragen. Haupteinsatzgebiet ist das routenbasierte Condition Monitoring.



