

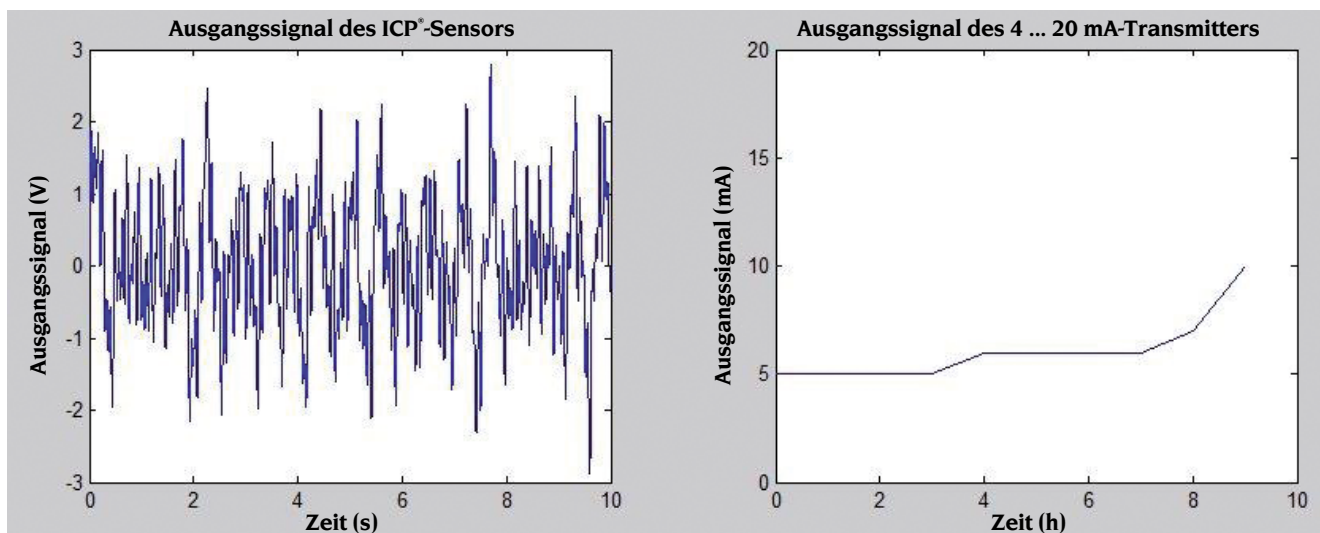
Auswahl industrieller Vibrationssensoren leicht gemacht!

Die Auswahl des besten Beschleunigungsaufnehmers^[1] für eine vorausschauende Wartungsmaßnahme^[2] kann eine komplexe Aufgabe sein – auch für den erfahrenen Profi. Die Web-Seiten der Hersteller sind überfrachtet mit Hunderten, wenn nicht Tausenden ähnlich aussehender, kleiner Blechdosen, angeblich alle geeignet für die Vibrationsüberwachung. Der Auswahlprozess kann normalerweise auf neun spezielle Fragen eingegrenzt werden. Dieser Beitrag wird es Ihnen ermöglichen, die Geheimnisse der Technik für Vibrationsmessungen zu lüften. Mit den Ihre Anwendung betreffenden Antworten auf die folgenden neun Fragen werden Sie in der Lage sein, die beste Lösung für eine Vibrationsüberwachung zu finden.

Frage 1 – Was möchten Sie messen?

Diese Frage erscheint auf den ersten Blick überflüssig, aber Achtung – was wollen Sie wirklich messen? Mit anderen Worten, was sind Ihre Ziele? Wie werden Ihre Daten weiterverarbeitet? Vibrationen können mit Beschleunigungsaufnehmern überwacht werden, welche das Rohsignal der Vibration^[3] liefern, oder mit Transmittern^[4], die den berechneten Gesamt-Effektivwert (RMS)^[5] der Vibration ermitteln. Die Rohsignale sind für eine Analyse nützlich, da sie die Information des Vibrationssignals vollständig enthalten, d. h. die echten Spitzenamplituden und die Frequenzen der Vibration. Der Gesamteffektivwert oder -spitzenwert^[6] ist für die Auswertung mit SPS- oder Automatisierungssystemen nützlich, da ein kontinuierliches Signal von 4 ... 20 mA vorhanden ist. In manchen Fällen benötigen die Anwender beide Signalarten. Wenn Sie festlegen,

welche dieser Signale Sie wirklich benötigen, können Sie Ihre Auswahl beträchtlich einschränken. Überlegen Sie außerdem, ob die Vibration als Beschleunigung, Geschwindigkeit oder Weg gemessen werden soll. Haben Sie beachtet, dass einige der heute aktuellen industriellen Sensoren zugleich mit der Vibration auch die Temperatur ermitteln können? Sowohl ICP® (Integrated Circuit Piezoelectric)-Beschleunigungsaufnehmer^[7] als auch 4 ... 20 mA-Transmitter gibt es mit der Option zur Ausgabe von Temperaturen. Schließlich sei erwähnt, dass es für manche Anwendungen, z. B. Vertikalpumpen, vorteilhaft ist, eine Überwachung in mehr als nur einer Vibrationsachse vorzusehen. Wird bei Ihrer Anwendung eine uniaxiale, biaxiale oder triaxiale Messung verlangt?



Vergleich der Ausgangssignale eines ICP®-Sensors und eines 4 ... 20 mA-Transmitters

Frage 2 – Wie hoch ist die Amplitude der Vibration?

Die maximale Amplitude oder der Bereich der zu messenden Vibration bestimmt den Messbereich des zu verwendenden Sensors. Typische Empfindlichkeiten^[8] für ICP®-Beschleunigungsaufnehmer sind 100 mV/g für Standard-Anwendungen (50 g-Messbereich) und 500 mV/g für eine

Anwendung mit niedrigen Amplituden (10 g-Messbereich). Bei allgemeinen industriellen Anwendungen mit 4 ... 20 mA-Transmittern werden meist Messbereiche von 25 mm/s oder 50 mm/s gewählt.



Frage 3 – Wie groß ist der Frequenzbereich?

Physikalische Strukturen und dynamische Systeme reagieren unterschiedlich auf veränderliche Erregerfrequenzen – bei einem Vibrations-sensor ist das nicht anders. Sensoren, die sich wie ein Dynamiksystem mit einem einzigen Freiheitsgrad verhalten, besitzen bestimmte Eigenfrequenzen. Bei der Eigenfrequenz^[10] erscheint das Signal übermäßig verstärkt, wodurch eine deutliche Empfindlichkeitsänderung und möglicher-

weise eine Sättigung^[11] auftreten. Zur Unterdrückung der Sättigung, die durch Resonanzen des Sensors entstehen, besitzen manche industrielle Beschleunigungsaufnehmer ein- oder zweipolige RC-Filter^[9]. Es ist kaum möglich, einen Sensor mit einem nutzbaren Frequenzbereich zu wählen, der alle möglichen zu messenden Vibrationsfrequenzen abdeckt.

Frage 4 – Wie hoch ist die Umgebungstemperatur?

Anwendungen mit extrem hohen Temperaturen können eine Gefahr für die in ICP®-Beschleunigungsaufnehmern und in 4 ... 20 mA-Transmittern integrierte Elektronik darstellen. IMI Sensors bietet „HT“- oder Hochtemperatur-Versionen für beide Sensortypen, ICP®-Sensoren und 4 ... 20 mA-Transmitter an. Für Anwendungen bei sehr hohen Temperaturen sind Beschleunigungsaufnehmer mit Ladungsausgang^[12] erhältlich. Diese Sensoren besitzen keine interne Elektronik wie ICP®-Sensoren, sondern benötigen separate Ladungsverstärker. Für Anwendungen mit Temperaturen über 260 °C, z. B. bei der Überwachung von Gasturbinen, stehen Ladungssensoren mit integriertem „Hardline“-Kabel zur Verfügung.

Temperatur	Sensortyp	Integrierte Elektronik
85 °C	4 ... 20 mA Transmitter	JA
121 °C	ICP®-Beschleunigungsaufnehmer	JA
125 °C	„HT“ 4 ... 20 mA Transmitter	JA
163 °C	„HT“ ICP®-Beschleunigungsaufnehmer	JA
260 °C	Beschleunigungssensor mit Ladungsausgang	NEIN
482 °C	Beschleunigungssensor mit Ladungsausgang und integriertem „Hard Line“-Kabel	NEIN
690 °C	Beschleunigungssensor mit Ladungsausgang und integriertem „Hard Line“-Kabel	NEIN

Frage 5 – Eintauchen in Flüssigkeiten?

Industrielle Beschleunigungsaufnehmer von IMI mit integriertem Kabel lassen sich permanent voll eingetaucht in Flüssigkeiten installieren, und zwar in Tiefen bis zu einem 51 bar entsprechenden Druck. Bei Anwendungen mit vollständigem Eintauchen ist ein integriertes Kabel erforderlich.

Auch bei nicht vollständigem Eintauchen, sondern lediglich einer Benetzung mit Schneidflüssigkeit an maschinellen Schneidwerkzeugen, empfiehlt sich ein integriertes Kabel unbedingt.

Frage 6 – Kommt der Sensor mit möglicherweise schädlichen Chemikalien oder Fremdkörpern in Berührung?



IMI 607A61 mit Swiveler®-Design und Kabel mit Schutzmantel eingetaucht in Schneidöl.

Die Gehäuse der industriellen Beschleunigungsaufnehmer von IMI bestehen aus Edelstahl und sind beständig gegen Korrosion und Chemikalien. Treten bei Ihrer Anwendung schädliche Chemikalien auf, so ziehen Sie den Einsatz von PTFE-Kabeln mit korrosionsfesten Schutzmanschetten am Steckverbinder in Betracht. Wir empfehlen dringend, für alle verdächtigen Chemikalien eine Verträglichkeitsliste zu Rate zu ziehen. Für Kabel, die mit Bohrspänen oder Schneidwerkzeugen in Berührung kommen können, bietet eine metallene Armierung hervorragende Sicherheit.

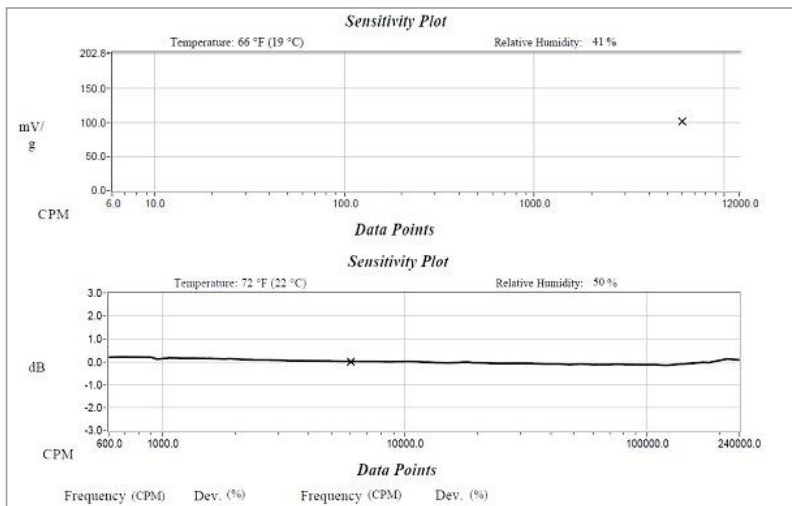


Frage 7 – Bevorzugen Sie einen Abgang nach oben, zur Seite oder ein flaches Swiveler®-Design?

Letztendlich muss der ausgewählte Sensor in Ihrer Applikation in dem verfügbaren Raum installiert werden. Die Sensoren sind mit Steckverbindungen nach oben und zur Seite und mit integriertem Kabel erhältlich. Die Geometrie des Sensors hat nur wenig Einfluss auf seine Leistung, dagegen wohl auf seine räumliche Umgebung. Auch die Zugänglichkeit für den Wartungstechniker sollte im Auge behalten werden. Das patentierte Swiveler®-Design von IMI verkörpert eines der flachsten Einbauhöhen bei einem industriellen Beschleunigungssensor; die Kontermutter-Konstruktion erlaubt bereits vor der Installation eine Ausrichtung des Sensors in beliebiger Richtung – ein besonderer Vorteil bei Einsatz eines Sensors mit integriertem Kabel.



Frage 8 – Sollten Sie einen Präzisions- oder LowCost-Sensor einsetzen?



Vergleich der Kalibrierwerte eines LowCost- und eines Präzisions-Beschleunigungssensors (oberes bzw. unteres Diagram)

sions-Beschleunigungssensor eine Nennempfindlichkeit von 100 mV/g $\pm 5\%$ (95-105 mV/g) haben, während ein LowCost-Beschleunigungssensor eine Empfindlichkeit von 100 mV/g $\pm 20\%$ (80-120 mV/g) aufweisen kann. Anwender mit Datenerfassungssystemen normieren oft die Eingänge bezogen auf den tatsächlichen Kalibrierwert der Empfindlichkeit. Das ermöglicht einer Gruppe von LowCost-Beschleunigungsaufnehmern die Abgabe sehr genauer, reproduzierbarer Meßsignale. Bezüglich der Frequenz werden für einen Präzisions-Beschleunigungssensor normalerweise Frequenzbereiche mit einer maximalen Abweichung von 5 % angegeben, während für LowCost-Sensoren nur ein 3 dB-Frequenzband spezifiziert wird. Bedenken Sie jedoch, dass ein LowCost-Sensor, auch wenn nicht veröffentlicht, ebenfalls einen hervorragenden Frequenzgang aufweisen kann.

Zwischen LowCost- und Präzisions-Beschleunigungsaufnehmern gibt es zwei wichtige Unterschiede. Zum einen werden Präzisions-Beschleunigungsaufnehmer voll kalibriert; d. h. die Empfindlichkeit wird über dem nutzbaren Frequenzbereich aufgetragen. LowCost-Beschleunigungsaufnehmer erhalten eine Einpunktkalibrierung; die Empfindlichkeit wird nur für diese eine Frequenz angegeben. Zum anderen gelten für Präzisions-Beschleunigungsaufnehmer bei gewissen Parametern wie Empfindlichkeit und Frequenzbereich engere Toleranzen. So kann ein Präzi-

son-Beschleunigungssensor eine Nennempfindlichkeit von 100 mV/g $\pm 5\%$ (95-105 mV/g) haben, während ein LowCost-Beschleunigungssensor eine Empfindlichkeit von 100 mV/g $\pm 20\%$ (80-120 mV/g) aufweisen kann. Anwender mit Datenerfassungssystemen normieren oft die Eingänge bezogen auf den tatsächlichen Kalibrierwert der Empfindlichkeit. Das ermöglicht einer Gruppe von LowCost-Beschleunigungsaufnehmern die Abgabe sehr genauer, reproduzierbarer Meßsignale. Bezüglich der Frequenz werden für einen Präzisions-Beschleunigungssensor normalerweise Frequenzbereiche mit einer maximalen Abweichung von 5 % angegeben, während für LowCost-Sensoren nur ein 3 dB-Frequenzband spezifiziert wird. Bedenken Sie jedoch, dass ein LowCost-Sensor, auch wenn nicht veröffentlicht, ebenfalls einen hervorragenden Frequenzgang aufweisen kann.

Frage 9 – Benötigen Sie besondere Zulassungen für explosionsgeschützte Bereiche?

Sowohl ICP®-Beschleunigungsaufnehmer als auch 4 ... 20 mA-Transmitter stehen mit zahlreichen Zulassungen für den Einsatz in Gefahrenbereichen zur Verfügung, z. B. ATEX (für Europa), CSA (für Canada und USA), GOST und RTN (für Russland), etc.. Auch Sensoren mit Zulassungen für den Einsatz unter Tage sind erhältlich. Die Art der benötigten Zulassung



muss mit den veröffentlichten Zulassungen für den jeweiligen Sensor verglichen werden, damit die gewünschten Anforderungen erfüllt werden können.

Zusammenfassung

Durch Beantwortung der neun obigen Fragen lässt sich Ihre Suche nach dem besten Sensor für Ihre Anwendung deutlich einengen. Beachten Sie, dass manche Kombination aus Antworten sich gegenseitig ausschließt, d. h. nicht für alle Kriterien ist eine Lösung vorhanden. Z. B. besitzt ein

bestimmtes Modell möglicherweise nicht die geeignete ATEX-Zulassung für den Einsatz in Ihrem Gefahrenbereich. Zögern Sie bei Fragen zu Ihrer Anwendung bitte nicht, die Synotech-Applikationsingenieure zu kontaktieren.



¹ **Beschleunigungsaufnehmer** sind Vibrationsaufnehmer zur Messung von Beschleunigungen. Dabei handelt es sich meistens um piezoelektrische Sensoren, die ein dynamisches Vibrationssignal liefern. Zur Weiterverarbeitung des Messsignals sind Sensorspeisungen und Datenerfassungssysteme notwendig.

² Die **vorausschauende Wartung** versucht im Gegensatz zur geplanten vorbeugenden Wartung den Maschinenzustand zu bestimmen und zu quantifizieren, sodass Wartungsmaßnahmen effizienter durchgeführt werden können.

³ **Rohdaten der Vibration**, auch als Zeitsignal bezeichnet, verkörpern den kompletten zeitlichen Signalverlauf der Vibration. Diese Daten lassen sich nicht ohne ein Datenerfassungssystem analysieren.

⁴ **Vibrationstransmitter** sind im Gegensatz zu ICP®-Beschleunigungsaufnehmer über eine Stromschleife versorgte Sensoren mit einem 4 ... 20 mA-Ausgang. Der häufigste Einsatzbereich ist die Vibrationsüberwachung mit einer SPS, da das 4 ... 20 mA-Signal wenig Verarbeitungsaufwand verlangt. Die Ausgangssignale von 4 ... 20 mA-Transmittern betreffen üblicherweise den Effektiv (RMS)- oder den errechneten Spitzenwert (Calculated Peak) des Vibrationssignals.

⁵ **Root Mean Square, RMS (Effektivwert)** wird in der Elektrotechnik zur Bestimmung der Durchschnittsleistung benutzt. In der Vibrationsanalyse gibt der Effektivwert des Rohsignals der Vibration den Durchschnittspiegel der Vibration an und dient meist zur Trendbildung über der Zeit.

⁶ **True Peak (Echter Spitzenwert)** ist im Gegensatz zum Spitzenwert oder errechneten Spitzenwert der tatsächliche Maximalwert der Vibration, der in einem Datenpaket aufgetreten ist. Nicht zu verwechseln mit Calculated Peak (errechneter Spitzenwert), der sich aus Effektivwert x 1,414 bestimmt.

⁷ **ICP® (Integrated Circuit Piezoelectric)**-Sensoren, auch unter IEPE (Integrated Electronics Piezoelectric) bekannt, besitzen integrierte Ladungsverstärker. Im Gegensatz zu Beschleunigungsaufnehmern, die Ladungsverstärker benötigen und hochohmige Ausgänge haben und damit anfällig für Störsignale sind, liefern ICP-Beschleunigungssensoren niederohmige, störteste Signale, die lange Kabel zulassen.

⁸ Die **Empfindlichkeit** eines Sensors ist das Verhältnis von elektrischem Ausgangssignal zu mechanischer Eingangsgröße. Die Empfindlichkeit von Vibrationssensoren wird typisch in mV/g bei Beschleunigungsmessung und in mV/m/s bei der Messung der Schwinggeschwindigkeit angegeben.

⁹ **Filter** dienen zur Signalabschwächung oberhalb oder unterhalb einer gewissen Frequenz. Hochpassfilter lassen höhere Frequenzen durch und schwächen niedrigere Frequenzen ab. Tiefpassfilter, die normalerweise zur Sättigungsunterdrückung bei Resonanzen dienen, lassen tiefere Frequenzen durch und schwächen höhere ab.

¹⁰ Die **Eigenfrequenz** oder Resonanzfrequenz ist die Frequenz, bei der ein dynamisches System von Natur aus schwingt, wenn es in Bewegung gesetzt wird. Die Eigenfrequenz ist eine Funktion der Masse und der Steifigkeit des Systems. Die Eigenfrequenz vergrößert sich mit zunehmender Steifigkeit und verkleinert sich mit zunehmender Masse. Bei der Vibrationsüberwachung beeinflusst die Eigenfrequenz den nutzbaren Bereich des Sensors.

¹¹ Die **Sättigung** ist ein Zustand, in dem der Sensor überlastet und das Ausgangssignal übersteuert ist. Die Sättigung wird durch Verwendung eines zu empfindlichen Sensors oder durch die Energie hoher Frequenzen (HFE) verursacht.

¹² **Beschleunigungsaufnehmer mit Ladungsausgang** benötigen, anders als ICP®-Sensoren, externe Ladungsverstärker. Obwohl sie empfindlicher für Störsignale sind, finden solche Beschleunigungsaufnehmer Verwendung bei hohen Einsatztemperaturen, da sonst die interne Elektronik zerstört würde.