

## Wozu Schwingungssensoren?

In vielen Bereichen unseres Lebens laufen Bewegungen ab:

Das Auto rollt, ein Kompressor arbeitet, eine Werkzeugmaschine schleift, ein Bagger hebt eine Grube aus, Flugzeugtriebwerke drehen sich, Förderbänder und Greifer transportieren Pakete, ich wohne an einer verkehrsreichen Straße.

Alle Bewegungen erzeugen gewollt, als Begleiterscheinung ungewollt oder auch durch Abnutzung Schwingungen und Stöße. Häufig stören sie, wenn sie nur groß genug sind:

Das Auto rumpelt, der Kompressor vibriert, die bearbeiteten Teile werden ungenau und rau, der Baggerfahrer wird durchgerüttelt, ein Triebwerk fällt aus oder sogar ab, Pakete und ihr Inhalt werden beschädigt, beim Vorbeifahren eines Brummis klirren die Gläser im Schrank.

Allen Störungen ist gemeinsam, dass die Ursache Schwingungen und Stöße sind. Werden diese ständig oder im Turnus gemessen, werden falsche Funktion, Abnutzung und Schäden erkannt und können behoben werden.

## Was sind das für Sensoren?

Apparaturen, mit denen man Schwingung misst, lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

- Berührunglose Messverfahren
- Kontaktmessverfahren

Zur ersten Kategorie gehören das Wirbelstromverfahren sowie die laser-optischen Messverfahren. Zur zweiten Kategorie zählen piezoelektrische, piezoresistive und induktive Messverfahren.

Die Beschleunigungsaufnehmer, die Metra seit über 40 Jahren entwickelt und produziert, basieren auf dem piezoelektrischen Wirkprinzip. „Piezo“ kommt aus dem Griechischen und steht für drücken oder pressen. Wird ein piezoelektrisches Material Druck mechanischen Spannungen ausgesetzt, produziert es elektrische Ladung. Wird es mit einer seismischen Masse kombiniert, liefert es ein zur eingeleiteten Schwingbeschleunigung proportionales Ladungssignal.

Das aktive Element von Metra-Beschleunigungsaufnehmern besteht aus einer sorgfältig ausgewählten Piezokeramik mit hervorragenden Eigenschaften. Es handelt sich um Blei-Zirkonium-Titanat (PZT), das für stabile Übertragungseigenschaften gegenüber Umgebungseinflüssen und hohe Langzeitkonstanz optimiert wurde. Hohe Langzeitkonstanz, die die Größenordnung von Quarzsensoren erreicht, wird durch künstliche thermische Alterung während der Produktion erreicht. Ein gravierender Vorteil von Piezokeramik gegenüber Quarz ist die um den Faktor 100 höhere Empfindlichkeit. Das ist insbesondere bei niedrigen Frequenzen und geringen Schwingamplituden vorteilhaft.

Piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer sind heute allgemein als die beste Sensorik für Schwingungen anerkannt. Verglichen zu den anderen Sensorprinzipien bieten sie eine Reihe entscheidender Vorteile:

- Außerordentlich großer Dynamikumfang. Geringstes Rauschen macht piezoelektrische Sensoren gleichermaßen geeignet für die Messung kaum wahrnehmbarer Schwingungen und starker Stöße.
- Hervorragende Linearität über den gesamten Dynamikbereich.
- Weiter Frequenzbereich, auch höchste Frequenzen messbar.
- Hohe Empfindlichkeit bei geringen Abmessungen.
- Keine beweglichen inneren Teile, die beim Gebrauch verschleifen können.
- Selbstgenerierendes Prinzip - keine Hilfsenergie erforderlich.
- Sie sind in vielen Varianten herstellbar, damit gut anzupassen.
- Das Beschleunigungssignal kann einfach oder doppelt integriert werden um Schwinggeschwindigkeit oder Schwingweg zu erhalten.



Die folgende Tabelle stellt die am meisten verbreiteten Sensortypen für Schwingungen den piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmern gegenüber:

| Sensortyp               | Vorteil   | Nachteil  |
|-------------------------|---|---|
| <b>Piezoresistiv</b>    | misst auch statische Beschleunigung   | eingeschränkte Auflösung durch Widerstandsrauschen<br>nur für tiefe und mittlere Frequenzen<br>Versorgungsspannung erforderlich |
| <b>Elektrodynamisch</b> |   | nur für tiefe Frequenzen  |
| <b>Kapazitiv</b>        | misst auch statische Beschleunigung<br>preiswerte Herstellung mit Halbleitertechnologie | geringere Auflösung   |

## Welche Signalverarbeitung?

Der Wandlungsvorgang benötigt keine Hilfsenergie. Die an das nachfolgende Messgerät oder an den integrierten ICP®-Verstärker als Signal abgegebene Energie bezieht der Aufnehmer aus der Beschleunigung beim Messvorgang. Grundsätzlich wird Wechselbeschleunigung gemessen, häufig auch Vibration genannt. Gleichbleibende Beschleunigung, z.B. die Erdbeschleunigung, ist nicht messbar.

Das Signal des Sensors muss verstärkt und ggf. gefiltert oder integriert werden. ICP®-kompatible Aufnehmer benötigen zusätzlich eine Konstantstromversorgung. Hierfür eignen sich z.B. die Messverstärker M28, M32, M68, M108 und M116 von Metra. Für Sensoren ohne Elektronik werden Ladungsverstärker benötigt, z.B. die Typen der Serie M68 oder IEPE100.

Nach der Vorverstärkung werden verschiedene Auswerteverfahren für das Schwingensignal angewandt:

- Bildung von Momentanwert, Spitzenwert und Effektivwert der Schwingbeschleunigung,
- Einfache oder zweifache Integration zur Bestimmung von Schwinggeschwindigkeit oder Schwingweg ,
- Anwendung von Filterung und Frequenzbewertung, FFT und Kreuzkorrelation.

Um die Leistungsfähigkeit moderner Messwertverarbeitungssysteme auszuschöpfen, ist es jedoch unumgänglich, das schwächste Glied der Messkette, den Sensor, genau zu kennen. Dazu soll Ihnen die folgende Abhandlung verhelfen.

## Standards für Schwingungsaufnehmer

Auswahl von Standards mit Bezug zu piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmern:

- **ISO 5348:** Mechanische Schwingungen und Stöße - Mechanische Ankopplung von Beschleunigungsaufnehmern
- **ISO 2041:** Mechanische Schwingungen und Stöße - Begriffserklärung
- **ISO5347:** Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßaufnehmern
- **ISO 8042:** Stoß- und Schwingungsmessung - Technische Daten seismischer Beschleunigungsaufnehmer
- **ISO2954:** Mechanische Schwingungen an rotierenden und Hubkolbenmaschinen - Anforderungen an Schwingstärkemessgeräte