



# Piezoelektrische Sensoren: Die beste Wahl für die vorbeugende Instandhaltung

Matthew Negaard, PCB Piezotronics

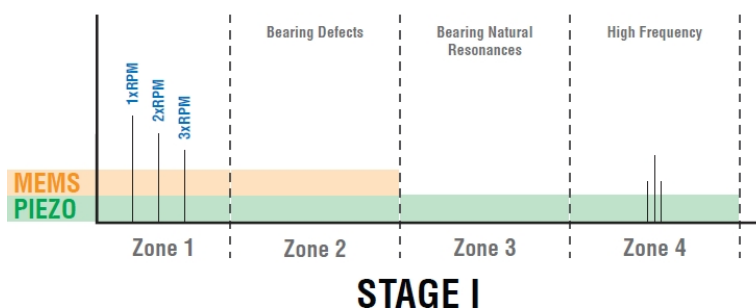
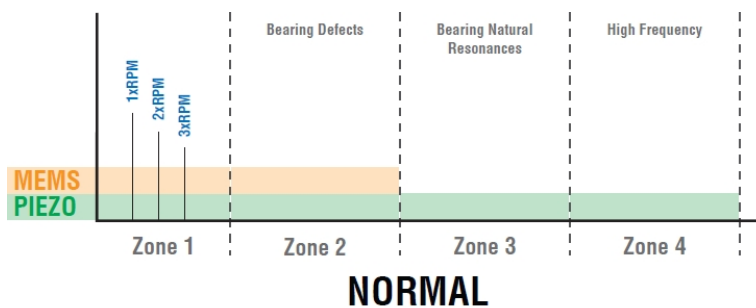
In einer industriellen Ära, die von Interkonnektivität und nahtlosem Datenaustausch zwischen Geräten geprägt ist, geht der Trend im Bereich der vorbeugenden Instandhaltung nun stark in Richtung Beschleunigungssensoren mit Funktionen wie drahtloser Übertragung, digitalen Ausgängen wie IO-Link und Edge Processing von Daten auf Sensorebene. Doch auch wenn sich die Art der Datenausgabe weiterentwickelt, bleiben die bewährten Sensortechnologien für die Überwachung des Maschinenzustands dieselben: piezoelektrische oder kapazitive MEMS (mikroelektromechanische Systeme).

In diesem Beitrag untersuchen wir diese beiden führenden Sensortypen und bewerten ihre Leistungen bei Frequenzen, die mit häufigen Fehlern verbunden sind. Wir stellen fest, dass piezoelektrische Sensoren den MEMS-Beschleunigungssensoren in Bezug auf den Frequenzbereich für die Früherkennung überlegen sind, was sie zur bevorzugten Option für Anwendungen zur Überwachung des Maschinenzustands macht.

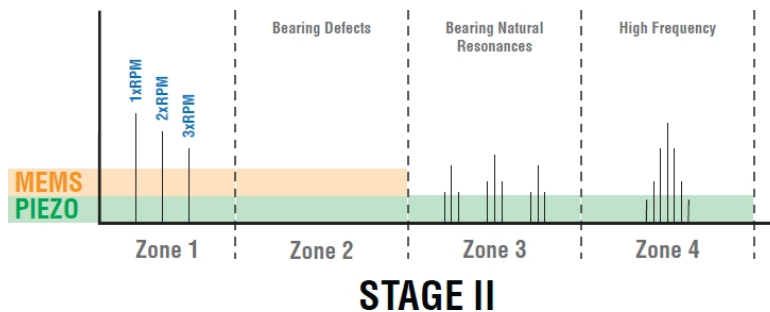
### Warum ist der Frequenzbereich wichtig?

Im Bereich der Unterhaltungselektronik haben sich MEMS-Beschleunigungssensoren aufgrund ihrer niedrigen Produktionskosten und ihrer Fähigkeit, Frequenzen bis hinunter zu 0 Hz zu messen, durchgesetzt. Wenn es jedoch um die Überwachung des Maschinenzustands geht, ändern sich die Anforderungen drastisch. Der mit MEMS-Geräten erfassbare niederfrequente Schwingungsbereich wird typischerweise mit den späten Stadien eines Wälzlagerausfalls in Verbindung gebracht, während die Fähigkeit, einen breiteren Bereich zu erfassen, für das Erkennen früher Fehlerwarnungen entscheidend ist. Würde man sich bei der Überwachung des Maschinenzustands ausschließlich auf MEMS-Beschleunigungssensoren verlassen, könnte dies zu einer verzögerten Erkennung und zu erheblichen Schäden an der Anlage führen. Um eine frühzeitige Erkennung potenzieller Probleme zu gewährleisten und katastrophale Ausfälle zu verhindern, erweisen sich piezoelektrische Sensoren als die bessere Wahl.

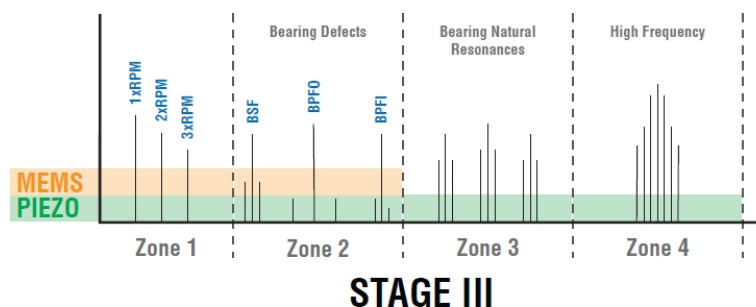
Zur Veranschaulichung der Bedeutung eines breiten Frequenzbereichs betrachten wir die Schwingungsfrequenzen, die mit den vier Phasen eines Lagerschadens verbunden sind:



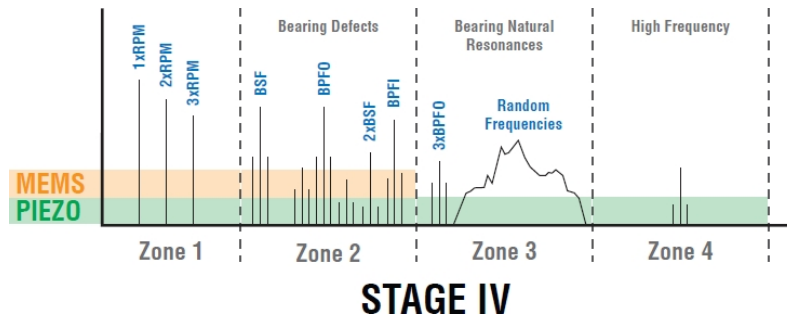
In der Vorphase eines Lagerschadens zeigen sich die ersten Anzeichen einer Verschlechterung. Dieses Stadium ist gekennzeichnet durch Metall-auf-Metall-Stöße, die meist durch mangelnde Schmierung verursacht werden. Die von den Lagern erzeugte Fehlerenergie beginnt in Form von Ultraschallfrequenzen von etwa 1.200 bis 3.600 K CPM (20.000 - 60.000 Hz), die typischerweise nur mit Spikenergie- oder Stoßimpulsinstrumenten festgestellt werden können. Piezobasierte Beschleunigungssensoren beginnen am unteren Ende des Hochfrequenzbereichs mit der Erkennung von mikroskopisch kleinen Rissen oder Pittings. Die Beurteilung der Schmierbedingungen oder der Ausrichtung in dieser frühen Phase kann ein größeres Problem verhindern; ohne Eingreifen schreitet der Schaden jedoch fort und führt zur nächsten Stufe des Versagens.



In der zweiten Stufe des Versagens beginnen sich die Schäden aus der Vorstufe deutlicher zu manifestieren. Kleinere Defekte führen zu einer Resonanzreaktion der Beschleunigungsaufnehmerbaugruppe, die mit einem Spektralanalysator in der Mitte des Spektrums als Frequenzen von etwa 120K-480K CPM (2.000 - 8.000 Hz) erfasst wird. Die Verschlechterung wird auf der Lageroberfläche sichtbar, und der Verschleiß oder die Beschädigung kann sich auf die Gesamtlebensdauer des Lagers auswirken. In diesem Stadium kann sich das Lager durch erhöhte Geräusche, Vibrationen und manchmal auch durch erhöhte Temperaturen bemerkbar machen. Es ist wahrscheinlich, dass das Lager ausgetauscht werden muss, und die damit verbundenen Maschinenstillstandszeiten können zu Produktivitätsverlusten führen. Nichtsdestotrotz ist es von entscheidender Bedeutung, die Probleme in dieser Phase frühzeitig zu erkennen und zu beheben, um eine weitere Verschlechterung und einen möglichen Ausfall der Anlage zu verhindern.



Wenn der Lagerschaden in das dritte Stadium übergeht, werden die Schäden schwerwiegend, und die Leistung des Lagers nimmt deutlich ab. Erhöhte Vibrationen und erhöhte Betriebstemperaturen sind übliche Anzeichen für dieses fortgeschrittene Stadium. Es können auch Seitenbandfrequenzen oberhalb und unterhalb der Fehlerfrequenzen auftreten. Kritische Maschinen sollten einer zusätzlichen Schwingungsanalyse unterzogen werden, um Schäden festzustellen. Wenn das Lager dieses Stadium ohne Eingreifen erreicht, ist das Risiko eines katastrophalen Versagens und eines damit verbundenen Maschinenausfalls erheblich.

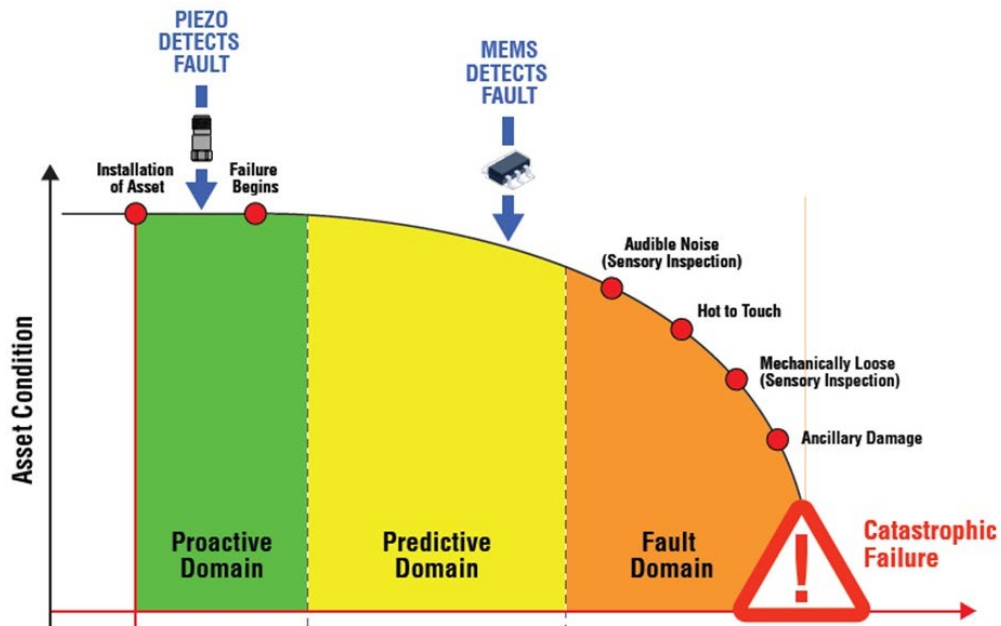


Die katastrophale vierte Phase ist das letzte und schwerste Stadium des Lagerschadens. An diesem Punkt bricht das Lager vollständig zusammen und ist nicht mehr in der Lage, die Last zu tragen oder effektiv zu arbeiten. Die von den Lagerfehlern abgeleiteten Frequenzen sind nun im Niederfrequenzbereich unter 5.000 Hz zu finden. Ein katastrophaler Ausfall kann zu Kollateralschäden an den umliegenden Maschinen, langen Ausfallzeiten und kostspieligen Reparaturen führen. Dieses Stadium ist durch ein vollständiges Festfressen des Lagers, eine Fragmentierung oder einen vollständigen Funktionsverlust gekennzeichnet.

Die Erkennung höherer Frequenzen kann den Unterschied zwischen einer einfachen vorbeugenden Wartung und einer kostspieligen Reparatur ausmachen. Im Gegensatz zu MEMS-Geräten messen piezoelektrische Beschleunigungssensoren Vibrationen über einen breiten Frequenzbereich, einschließlich des Hochfrequenzbereichs, präzise. Diese Fähigkeit ist von unschätzbarem Wert für Anwendungen zur Überwachung des Maschinenzustands, da sie die Erkennung von subtilen Anomalien und Vibrationen in den frühesten Stadien der Geräteverschlechterung ermöglicht.

### **Mitnehmen: Frühzeitige Erkennung verhindert katastrophale Ausfälle**

Die Überwachung des Maschinenzustands zielt darauf ab, potenzielle Probleme und Ausfälle zu erkennen, bevor sie zu katastrophalen Ereignissen eskalieren. Durch den Einsatz piezoelektrischer Sensoren können Ingenieure und Techniker Schwingungen in einem weiten Bereich erkennen und analysieren, der sowohl niedrige als auch hohe Frequenzen umfasst. Diese Vielseitigkeit macht piezoelektrische Sensoren ideal für eine Vielzahl von Anwendungen zur Überwachung des Maschinenzustands, einschließlich rotierender Maschinen, Industrieanlagen und der Überwachung des Strukturzustands. Die Fähigkeit, subtile Vibrationen in einem frühen Stadium zu erkennen, versetzt Wartungsteams in die Lage, umgehend Maßnahmen zu ergreifen, um kostspielige Ausfälle zu verhindern und die Ausfallzeiten zu minimieren.



*Der breite Frequenzbereich piezoelektrischer Sensoren ermöglicht im Vergleich zu MEMS-Sensoren eine frühere Fehlererkennung, so dass Techniker Korrekturmaßnahmen ergreifen können, lange bevor ein Ausfall droht.*

Zusätzlich zu ihrem großen Frequenzbereich bieten piezoelektrische Sensoren eine außergewöhnliche Zuverlässigkeit und Genauigkeit, die einen umfassenden Überblick über den Zustand der Anlage ermöglichen. Mit zuverlässigen und präzisen Daten können Wartungsfachleute fundierte Entscheidungen treffen, Wartungspläne optimieren und kostspielige ungeplante Ausfallzeiten verhindern.