

ELF Beschleunigungsaufnehmer (Extended Low Frequency)

Piezelektrische Beschleunigungsaufnehmer sind dynamische Sensoren, deren Frequenzbereich von einigen Hertz bis zur natürlichen Resonanzfrequenz des Sensorelements reicht. Nutzer werden den Bereich des Frequenzspektrums verwenden, in dem das Signal proportional zur Beschleunigung ist. Diese nutzbare Frequenz ist typischerweise von einigen Hertz bis zu ca. 1/3 der natürlichen Frequenz des Sensors – meistens über 10 kHz. Piezelektrische Sensoren können zwar auch für sehr tiefe Frequenzen konstruiert werden - quasi-statisch genannt -, aber der Frequenzgang wird nie wirklich statisch (DC) sein. Dieses dynamische Verhalten der piezelektrischen Sensoren ist gut bekannt und wird durch Nutzer dieser Art von Sensoren toleriert.



Beschleunigungsaufnehmer, die auch statische Signale messen können, nennt man DC-Typen. Diese können vom statischen Bereich (0 Hertz) bis hinauf zu einigen tausend Hertz messen. DC-Typen verwenden verschiedene Technologien in ihren sensitiven Elementen. Einige sind MEMS, mit einem Siliziumelement als Biegebalken und einer seismischen Masse aus dem gleichen Material, meist mit kapazitivem Messprinzip, oder auf DMS basierend (piezo-resistiv), ferner mit Servo-(Kraftausgleich)-Elementen, oder Elementen mit induktivem Messprinzip.

Dytran, Inc. bietet beide Sensortypen - die rein dynamischen piezelektrischen (PE) und die auch statischen DC-MEMS-Beschleunigungsaufnehmer. Für typische Anwendungen ist der Kunde auch nur an einem Teil des Frequenzspektrums interessiert, häufig sogar nur an bestimmten Frequenzen. Manchmal jedoch gibt es Anwendungen, für die beide Signaltypen verwendet werden, da ein durchgehendes Spektrum von 0 Hz bis zu mehreren kHz benötigt wird. Dazu musste man nicht nur zwei Sensoren benutzen - einen DC-Sensor für den unteren Frequenzbereich und einen PE-Sensor für den hohen Frequenzbereich – sondern der DC-Sensor musste einen Tiefpassfilter (0 Hz bis einige hundert Hertz) haben und der PE Sensor einen Hochpassfilter (einige Hundert Hertz bis zum Maximum, normalerweise 10 kHz). Die erfassten Daten beider Sensoren wurden dann verarbeitet, um den gesamten Frequenzbereich der Schwingung für diese Anwendung zu dokumentieren.

Nutzer von Beschleunigungsaufnehmern und Inertialsystemen im unteren Frequenzbereich von DC bis 100 Hz haben zudem festgestellt, dass hochfrequente Vibrationen in den Achsen senkrecht zur Messachse eines DC-Beschleunigungssensor zu einer störenden Auslenkung innerhalb der nutzbaren Bandbreite dieser Messachse führt, die also sein Signal verfälscht [„Sculling-“ oder Ruderbewegung]. Es gibt verschiedene gut bekannte Algorithmen, diese „Sculling-“ und „Pseudosculling-“ Bewegungen zu kompensieren, aber diese erhöhen die Komplexität der Datenerfassung und -analyse. Außerdem wird dafür das zweite Sensorsystem - der PE-Sensor - benötigt, das die Stärke dieser hochfrequenten Vibrationssignale misst, um eine richtige Kompensation oder Korrektur anzuwenden.

Es gibt also Bedarf für eine Sensorausführung, die dies alles in einem Gehäuse vereint, mit dem das gesamte Frequenzspektrum von null Hertz bis 10 kHz abgedeckt werden kann. Dieser Bedarf hat Dytran überzeugt, einen solchen Sensor zu entwickeln. Dies sind die Merkmale und Funktionsprinzipien des ELF (Extended Low Frequency) Beschleunigungsaufnehmers vom Typ 7705.

Das Hauptfunktionsprinzip des Dytran Beschleunigungsaufnehmers 7705A ist ein Instrumentenverstärker am Ausgangspuffer. Auf dessen positiven Eingang wird das Signal des kapazitiven Elements, auf den negativen Eingang das Signal des piezelektrischen Elements gelegt. Beide Elemente – das kapazitive und piezelektrische – werden entsprechend gefiltert (jeweils einpolige Tiefpass- und Hochpassfilter), um die Eckfrequenz der beiden Filter genau aufeinander anzupassen - bei ca. 30 Hz. Beide Signale sind zudem gegenphasig beim Eintritt in den Verstärkerpuffer.

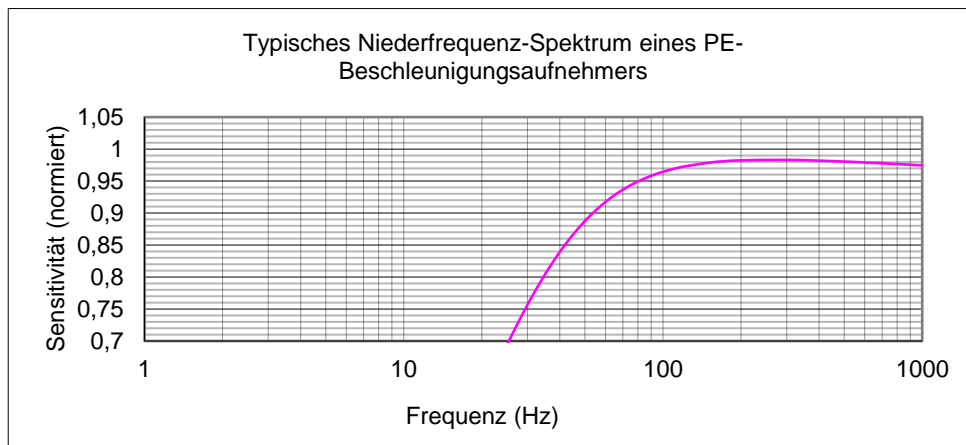


Abb. 1 Typisches Niederfrequenz-Spektrum eines PE-Beschleunigungsaufnehmers

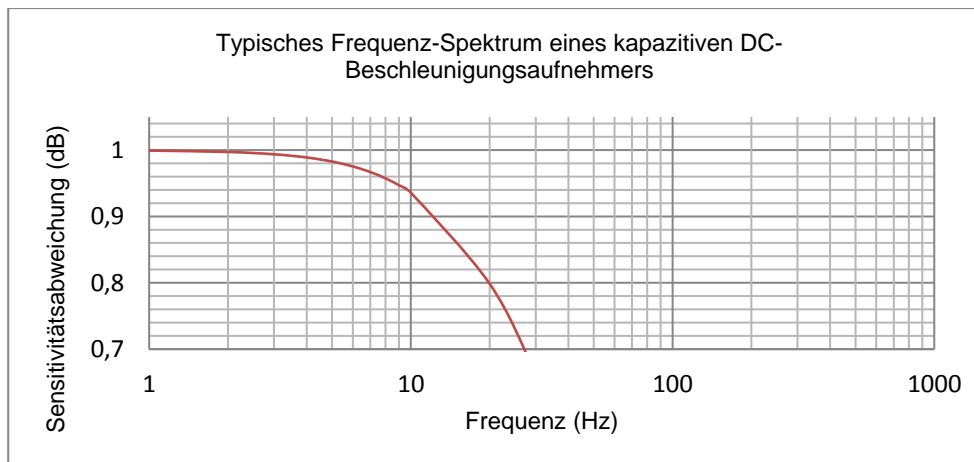


Abb. 2 Typisches Frequenz-Spektrum eines kapazitiven DC-Beschleunigungsaufnehmers

Der Instrumentenverstärker führt eine mathematische Subtraktion der zwei gegenphasigen Eingangssignale durch und erzeugt so ein kontinuierliches Signal am Ausgang:

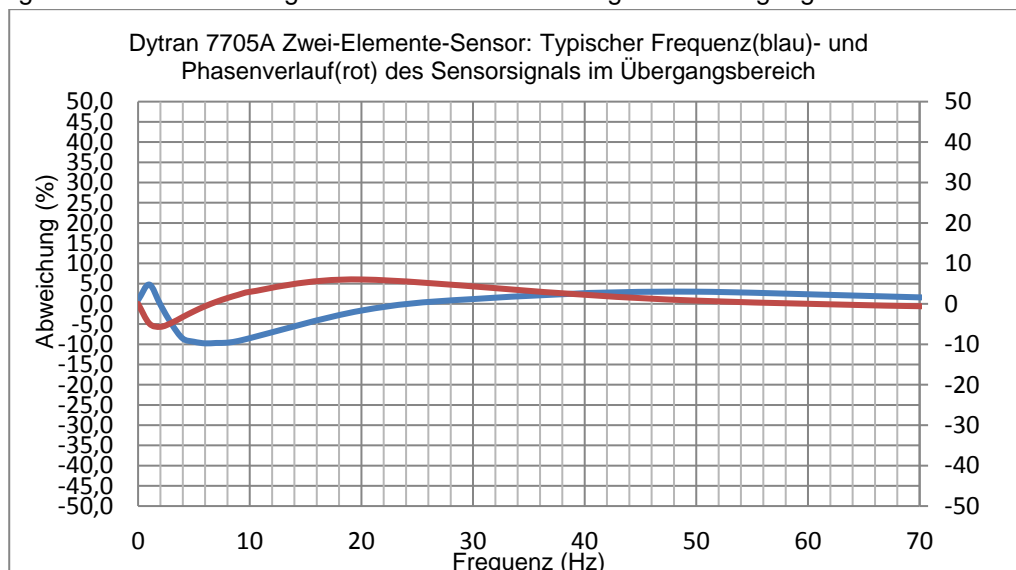


Abb. 3 Dytran 7705A: Typischer Frequenz- und Phasenverlauf des Sensorsignals im Übergangsbereich

Durch geringe Unregelmäßigkeiten der Filtergeometrien und einem kleinen Unterschied der Sensitivitäten von kapazitivem und piezoelektrischem Element ist der Übergangspunkt von einem zum anderen Element im Signalspektrum als kleine Welle sichtbar.

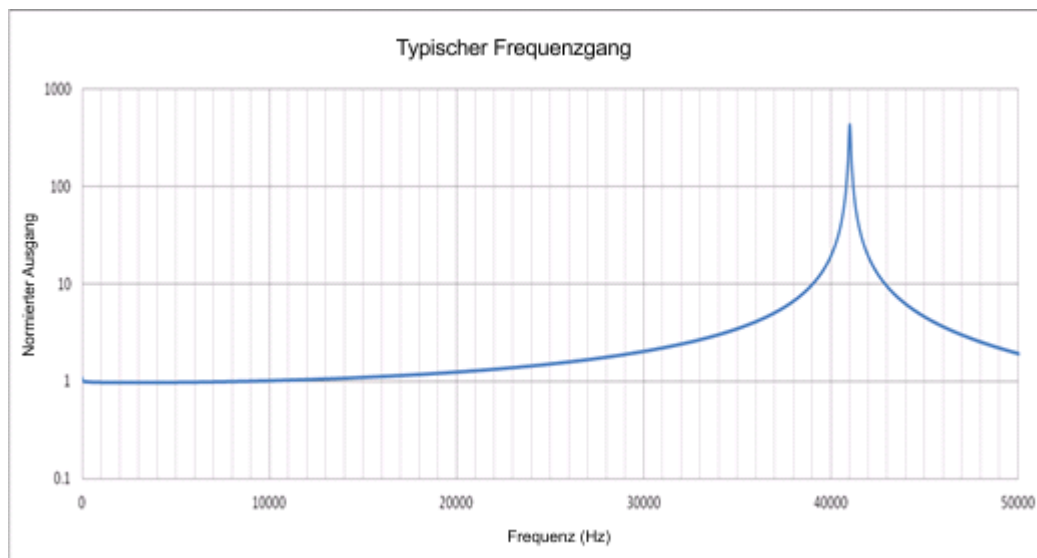


Abb. 4 Frequenzgang des Dytran 7705A

Der Dytran Beschleunigungsaufnehmer vom Typ 7705A wird mit Sensitivitäten von 10, 50, und 100 mV/g angeboten. Das jeweils identische Gehäuse ist hermetisch dicht, mit Abmessungen gemäß Abbildung 5.

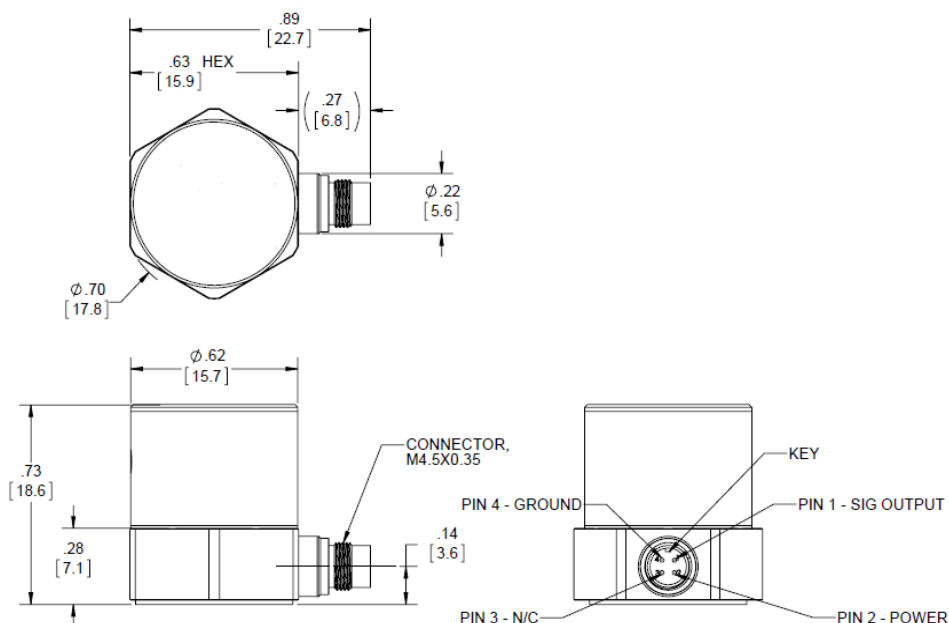


Abb. 5 Maße und Steckeranschluss des 7705A