KISTLER

measure. analyze. innovate.

Beschleunigung

Bewegungsdaten schnell, genau und zuverlässig erfassen

Kistler hat ein breites Angebot an Beschleunigungssensoren

Der vorliegende Katalog informiert Sie umfassend über alle Kistler Produkte für die Messgrössen:

- Beschleunigung
- Schock
- Winkelgeschwindigkeit
- Körperschall
- Dynamische Kraft für Modal-Untersuchungen

Nach der Produktübersicht und der ausführlichen Beschreibung unserer Beschleunigungssensoren, finden Sie in geraffter Form auch Informationen über weitere Angebote von Kistler sowie eine Darstellung des Gesamtunternehmens.

Weitere Produktinformationen zu Beschleunigungssensoren für bestimmte Anwendungen, wie Luft- und Raumfahrt, Automobilbau sind verfügbar.

Kistler Messgeräte werden in den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten eingesetzt. Über folgende Bereiche sind Broschüren erhältlich:

- Motoren
- Fahrzeuge
- Fertigung
- Kunststoffverarbeitung
- Biomechanik

Das Ziel dieser Schriftenreihe ist, Ihnen die Wahl aus unserem breiten Produktspektrum zu erleichtern und Ihnen Wege zur Optimierung Ihrer Applikation aufzuzeigen.

Für weitere Informationen, Produktkataloge, Applikationsbroschüren, Datenblätter oder für ein Gespräch mit einem lokalen Kistler Vertreter nehmen Sie mit uns über info@kistler.com Kontakt auf.

Wir wünschen Ihnen erfolgreiches Messen mit Kistler Instrumenten und bedanken uns für Ihr Vertrauen und Ihr Interesse.

K-Beam®, K-Shear®, PiezoBeam®, PiezoStar® und Piezotron® sind eingetragene Warenzeichen der Kistler Holding AG.
Ceramic Shear und Picotron sind Produkte der Kistler Holding AG.

Inhalt

Produktübersicht **10**

Statische und niederfrequente Vibration

K-Beam® MEMS kapazitive, niederfrequente Beschleunigungssensoren – einachsig **20**

Typ

8315A... 20
8330B... 20

K-Beam® MEMS kapazitive, niederfrequente Beschleunigungssensoren – dreiachsig **21**

Typ

8395A... 21

Vibration

Ladungs-Beschleunigungssensoren – einachsig **22**

Typ

8044 22
8202A... 22
8203A... 22
8274A... 22
8276A... 22
8278A... 22

Ladungs-Beschleunigungssensoren – dreiachsig **23**

Typ

8290A... 23

IEPE Beschleunigungssensoren – einachsig **24**

Typ

8640A... 24
8702B... 25
8703A... 25
8704B... 26
8705A... 26
8714B... 27
8715A... 27
8728A... 27
8730A... 27
8774A... 28
8776A... 28
8778A... 29
8784A... 29
8786A... 29

IEPE Beschleunigungssensoren – dreiachsig **30**

Typ

8688A... 30
8762A... 30
8763B... 31
8764B... 31
8765A... 32
8766A... 32
8792A... 33
8793A... 34
8794A... 34

Schock-Sensoren

IEPE Beschleunigungssensoren – einachsig **35**

Typ

8742A... 35
8743A... 35

Modalanalyse – Kraft

Impedanzköpfe und Ladungs-Kraftsensoren **36**

Typ

8770A... 36
9212 36

IEPE Kraftsensoren **37**

Typ

9712B... 37

IEPE Impulshammer **38**

Typ

9722A... 38
9724A... 38
9726A... 38
9728A... 38

Winkel-Beschleunigungssensoren

Winkel-Beschleunigungssensoren **39**

Typ

8838 39
8840 39

Körperschall

Körperschallsensoren/Konditionierung **40**

Typ

8152C... 40
5125C... 40

Elektronik

Messverstärker für IEPE Sensoren **41**

Typ

5108A 41
5110 41
5114 41
5118B2 41
5134B... 42
5148 42
5127 42

Messverstärker für MEMS Sensoren **43**

Typ

5210 43
5146A15 43

Dual-Mode Ladungs-/IEPE-Verstärker **44**

Typ

5015A / 5018A... 44
5165A 44

In-line IEPE Signalkonditionierung **45**

Typ

5050B... 45
557 45
558 45

Kalibrierung und Testgeräte

Sensoren und Signalkonditionierung **46**

Typ

8802A1 46
8804A1 46
8002K 46
8076K 46
8080A050... 46

Referenzschwingerreger, Isolations-prüfgerät und HSU-Nielsen Test Set **47**

Typ

8921B01 47
8921B02 47
5493 47
KIG-4930A 47

Zubehör

Montage **48**

Kabel **52**

Piezoelektrische Theorie **55**

Theorie der kapazitiven Beschleunigungssensoren **59**

Messketten **60**

Glossar **62**

Beschleunigung messen mit Kistler

Im Umfeld von dynamischen Prüfungen werden überall Beschleunigungssensoren verwendet. Kistler hat dazu Produktfamilien entwickelt, die den ausgedehnten Anwendungsbereich abdecken. Vom Messen der äusserst geringen Bewegungen bei der Waferherstellung bis zur Rekonstruktion von Schockspektren bei pyrotechnischen Trennvorgängen gibt es eine optimale Sensorlösung. Statische Ereignisse werden mit K-Beam®-Sensoren erfasst, welche echt statisch (bis 0 Hz) und tiefe Frequenzen messen. Sehr hochfrequente Vorgänge werden routinemässig mit einem der zahlreichen ein- oder dreiachsig messenden piezoelektrischen Miniaturbeschleunigungssensoren erfasst. Zahlreiche Messmethoden einschliesslich Piezokeramik, Quarz und kapazitive Sensoren wurden umfassend erforscht und dienen dazu, die Ansprüche der jeweiligen Anwendung zu erfüllen.

Nachfolgend einige Anwendungen:

Untersuchen von Strukturen

Um die dynamische Antwort von mechanischen Geräten, Baugruppen und Konstruktionen jeglicher Art bei bekannter Anregung zu messen, werden Beschleunigungssensoren eingesetzt. Aus den gemessenen Daten können die Deformationsmuster berechnet werden, die den untersuchten Gegenstand in Resonanz darstellen.

In diesem als experimentelle Modalanalyse (EMA) bekannten Forschungsgebiet werden oft Sensoren aus der PiezoBeam®- oder Ceramic Shear-Familie eingesetzt. Ihre Spezifikationen erfüllen die meisten Anforderungen, die bei solchen Prüfungen üblicherweise gestellt werden. Hervorragende Eigenschaften dieser Sensoren sind die hohe Empfindlichkeit bei geringem Gewicht, Masseisolation und preiswerte Konfektionierung, was bei Anwendungen mit sehr vielen Messkanälen zu kostengünstigen Lösungen führt.

Luft- und Raumfahrt; Militär

In der Militär-, Luft- und Raumfahrtindustrie werden sehr anspruchsvolle Anwendungen angetroffen, bei denen der kleinste Fehler zu lebensbedrohenden Situationen führen kann. In diesem riesigen Anwendungsbereich wurden praktisch alle bisher erhältlichen Beschleunigungssensoren eingesetzt, um wichtige Untersuchungen durchzuführen.
Beispiele dazu sind: Flatteranalyse, dynamisches Verhalten von Raketenstartrampen, experimentelle Modalanalysen an Flugzeugen, Untersuchungen an Munition, Rotorreaktionen an Helikoptern usw.

Fahrzeugtechnik/ Transportwesen

Seit einigen Jahren wird dem Fahrkomfort sehr grosse Aufmerksamkeit geschenkt. Neue Fahrzeuge setzen die Passagiere viel weniger Lärm aus. Selbst anspruchslose Kunden verlangen heutzutage, dass der Fahrkomfort nicht durch Reifengeräusche, Holpern und Knarren eingeschränkt wird. Mit der K-Beam-Familie wird der untere bis mittlere, mit piezoelektrischen Sensoren der obere Frequenzbereich vieler entsprechender Untersuchungen abgedeckt.

Bauingenieurwesen

Beim Untersuchen sehr grosser Strukturen wie Brücken, Gebäude oder Dämmen sind sehr tiefe Frequenzen von Interesse. Dazu benötigt man Beschleunigungssensoren, die echt statisch messen können. Normalerweise verwendet man dazu Sensoren aus der K-Beam-Produktfamilie, um Vibration und Beschleunigung im Bereich einiger weniger Hertz zu messen.

Umweltbelastungsprüfung

Computerkomponenten, Fahrzeugelektronik und kleinere Baugruppen werden häufig einer harten Lebensdauerprüfung oder einem Funktionstest unter extremen Umgebungsbedingungen unterworfen. Das können beispielsweise Mehrfach-Falltests oder Kälte-/Wärmeprüfungen mit extremen Grenztemperaturen sein. Viele Spezifikationen der K-Shear®-Beschleunigungssensoren wurden so ausgelegt, um auch unter sehr rauen Bedingungen genaue Messungen zu ermöglichen. So eignen sich die M5- und M8-Versionen für den Einsatz bei sehr hohen bzw. sehr tiefen Temperaturen, und die Schocksensoren Typ 8742 und 8743 sind speziell zum Erfassen sehr hoher Beschleunigungen ausgelegt.

Kistler misst Beschleunigung

Aussergewöhnlich hohe Lebensdauer unter allen Bedingungen

Präzises Messen sehr tiefer Frequenzen einfach durchgeführt mit K-Beam®-Sensoren

Modalanalysen mit vielen Messkanälen leicht durchgeführt mit preiswerten Beschleunigungssensoren

Neigung und Komfort mit K-Beam®-Sensoren geregelt

Erstklassige Messungen im Weltraum sind normal

Exakte Messungen in der Flugsicherheit mit K-Beam®-Sensoren

Raue Umgebung hat vernachlässigbaren Einfluss auf die Messung, wenn K-Shear®-Beschleunigungssensoren verwendet werden

Vor-Ort- oder Werkskalibrierung verfügbar

Piezoelektrische Sensortechnik-Lösungen von Kistler

Die meisten Kistler-Sensoren beruhen auf einem Kraftmesselement, bestehend aus dünnen Platten, Scheiben oder Stäben aus Quarz. Der Sensor wird an einem elektronischen Gerät angeschlossen und formt das Ladungssignal in ein Spannungssignal proportional zur mechanischen Kraft um. Die Umformung erfolgt durch einen separaten Ladungsverstärker oder einen Impedanzwandler mit Koppler, die normalerweise in den Sensor integriert sind. Kistler vertraut zur Messung der dynamischen Kräfte in derMontage und bei Versuchen im Wesentlichen auf die "Piezoelektrische Theorie" (siehe Definition auf den Seiten 55 ... 58).

Kistler bietet eine Vielfalt an Sensortechnologie: Kapazitiv-, Ladungs- und Spannungs-(IEPE) Sensoren. Weiter unten folgen einige Beispiele für diese Sensortypen. Die verschiedenen Sensoren sind für spezielle Anwendungen und somit für Ihre spezifischen Bedürfnisse geeignet. Eine detaillierte Beschreibung dieser Kistler-Sensortypen finden Sie auf den Seiten 55 ... 59.

MEMS Kapazitive Sensorlösungen

Typ 8315A, einachsig, MEMS kapazitiver Beschleunigungssensor

Typ 8395A, dreiachsig, MEMS kapazitiver Beschleunigungssensor

Vorteile:
- DC-Messungen (statisch)
- Integrierte Tiefpassfilter
- Reproduzierbare Messungen

Anwendungen:
- Niederfrequente Schwingungen
- Fahrkomfort von Fahrzeugen
- Strukturelle Analysen in der Luft- und Raumfahrt
- Orientierung zur Gravitation

Sensorlösungen mit Ladungsausgang

Typen 8202/8203, einachsig, Beschleunigungssensoren mit Ladungsausgang

Typ 8290, dreiachsig, Beschleunigungssensoren mit Ladungsausgang

Vorteile:
- Einstellbare Zeitkonstante
- Einstellbarer Messbereich
- Filteranwendung mit Ladungsverstärkung ist möglich
- Grosser Temperaturbereich

Anwendungen:
- Schocks
- Schwingungen mit hohen Amplituden
- Fahrzeug- od. Umweltsimulationstests
- Hohe Temperaturen

Sensorlösungen mit Spannungsausgang (IEPE)

Typ 8704, einachsig, Spannungsmodus-Beschleunigungssensor (IEPE)

Typ 8763, dreiachsig, Spannungsmodus-Beschleunigungssensor (IEPE)

Vorteile:
- Integrierter Ladung- zu Spannungswandler
- Ideal für dynamische Messungen
- Keine rauscharmen Kabel erforderlich
- Lange Kabel
- TEDS Option verfügbar

Anwendungen:
- Schwingungen
- Fahrzeug- oder Umweltsimulationstests
- Modalanalysen

Kistler Kalibrierung

Die Beschleunigungssensoren von Kistler sind werkskalibriert und werden mit einem Kalibrierzertifikat ausgeliefert. Die Referenzsensoren sind rückführbar auf nationale Normale kalibriert. Für die Messgrössen Kraft, Druck, Beschleunigung, Messverstärker und elektrische Ladung betreibt Kistler akkreditierte Kalibrierlaboratorien in verschiedenen Ländern, die auf nationale Normale rückführbare Kalibrierungen anbieten, wie in den USA auf NIST, in der Schweiz mit den Kalibrierlaboratorium Nr. SCS 049 des Swiss Calibration Service und der Nr. D-K-15127-01-00 im deutschen DAkkS. Kistler und einige der Gruppengesellschaften bieten einen Nachkalibrierservice an. Alle an einem Sensor durchgeführten Kalibrierungen werden aufgezeichnet und archiviert.

Kistler bietet einen Vor-Ort-Kalibrierservice für eingebaute Sensoren an, wodurch die Stillstandszeiten auf ein Minimum reduziert werden. Ausserdem hat Kistler ein umfassendes Angebot an Messgeräten für Kalibrierlaboratorien.

Unser Kalibrierdienst erhält Bestnoten. Ihr Sensor – ob von Kistler oder einem anderen Hersteller – wird mit grösster Sorgfalt und Genauigkeit kalibriert. Unsere prompte Standardleistung ist aussergewöhnlich. Das Kistler Kalibrierlabor ist nach ISO/IEC/EN/DIN 17025 akkreditiert.

Kistler Kalibrierservice-Beschreibung pro Typennnummer

Typ	Kalibrierservice-Beschreibung
9953AnM	Nachkalibrierung: Beschleunigungssensoren n-Achsen, Sinus-Erregung, Kalibrierung bei mittleren Frequenzen
9950AnM	Akkreditierte Kalibrierung: Beschleunigungssensoren n-Achsen, Sinus-Erregung, Kalibrierung bei mittleren Frequenzen, Kalibrierzertifikat entspricht ISO 17025
9953AnL	Nachkalibrierung: Beschleunigungssensoren n-Achsen, Sinus-Erregung, Kalibrierung bei niedrigen Frequenzen
9950AnL	Akkreditierte Kalibrierung: Beschleunigungssensoren n-Achsen, Sinus-Erregung, Kalibrierung bei niedrigen Frequenzen, Kalibrierzertifikat entspricht ISO 17025
9953AnX	Nachkalibrierung: Beschleunigungssensoren n-Achsen, Kalibrierung mit Stossanregung (Halbsinus)
9953Ex	Rekalibrierung eines Ein- oder Mehrkanalverstärkers / Ladungsverstärkers dynamisch; Bestimmung der Transferfunktion von Verstärkungskoeff. und Phase
9950ExH	Akkreditierte Kalibrierung eines Ein- oder Mehrkanalverstärkers / Ladungsverstärkers dynamisch; Bestimmung der Transferfunktion von Verstärkungskoeff. und Phase
9953W	Rekalibrierung Winkelbeschleunigung bei einem Frequenzpunkt
9953A1F-91	Rekalibrierung Schwingungskalibrator bei festen Frequenzen mit sinusförmiger Anregung
9950A1F-91	Akkreditierte Kalibrierung Schwingungskalibrator bei festen Frequenzen mit sinusförmiger Anregung
9953FZ-40	Rekalibrierung von Impulshämmern für die Modalanalyse

Kalibrierung

Rückverfolgbare Vor-Ort-Kalibriersysteme

Es stehen auf nationale Normale rückverfolgbare Kalibrierdienste zur Verfügung

PiezoStar® IEPE Beschleunigungssensoren

Eine neue Dimension in der Sensortechnik

Miniaturisierung und Temperaturstabilität
Seit mehr als 40 Jahren entwickelt und fertigt Kistler piezoelektrische Sensoren, die zur Messung von Druck, Kraft und Beschleunigung unter extremen Bedingungen eingesetzt werden. Heute werden die Sensorelemente mehr und mehr aus neuen Kristallarten gefertigt.

Die Markttendenzen zur Miniaturisierung und Stabilität bei höheren Betriebstemperaturen haben zu diesem Bedarf an neuen Kristallarten geführt. Um diesem Bedarf gerecht zu werden, wurden über 10 Jahre lang Studien in Zusammenarbeit mit Universitäten und Instituten auf der ganzen Welt zur Erforschung neuer Kristallverbindungen und Entwicklung von Wachstumsprozessen durchgeführt. Das Ergebnis ist die PiezoStar-Kristallfamilie mit ihren einzigartigen Leistungseigenschaften zur Verbesserung der Datenqualität bei physikalischen Messungen. Ein Kennzeichen für die 10-jährige Kristallzüchtungstradition im eigenen Unternehmen ist die dritte Vergrösserung der Kristallzüchtungskapazität. Dieser Werkstoff ist der Schlüssel für verbesserte Sensorelemente für Druck-, Kraft- und Beschleunigungssensoren mit höchster Präzision und besserer Empfindlichkeit bei höheren Betriebstemperaturen.
Kistler hat die PiezoStar-Kristallelemente für die Verwendung in piezoelektrischen Sensoren und IEPE-Sensoren (Integrated Electronics Piezoelectric) optimiert, und somit seine Spitzentechnologie in der Sensortechnik gestärkt. Die PiezoStar-Kristalle werden gegenwärtig in vielen Sensoren von Kistler eingesetzt. Die PiezoStar-Beschleunigungssensoren (IEPE) von Kistler verwenden besondere seismische Scherkraftelemente in Verbindung mit internen Impedanzwandlern der Hybrid-Mikroelektronik für hohe Temperaturen, um eine in der Industrie führende Stabilität auf Temperatur zu bieten. Die Beschleunigungssensoren PiezoStar IEPE erzeugen eine bis zu 3 Mal grössere Spannungsempfindlichkeit im Vergleich zu Quarz – was ideal für die Miniaturisierung ist.

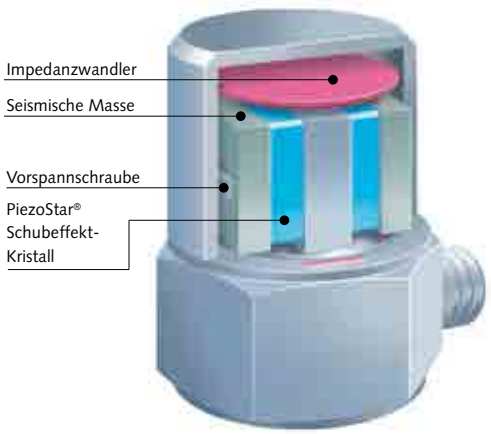
PiezoStar® IEPE-Beschleunigungssensoren

Schwingungsprüfungen für Anwendungen mit veränderlichen Temperaturanforderungen
Die PiezoStar-Beschleunigungssensoren bieten hochstabile Messungen bei veränderlichen Temperaturen. Diese "einsatzbereite" Lösung erfordert keine zusätzlichen Installationen im Vergleich zu anderen Beschleunigungssensoren. Der externe Temperaturausgleich ist ein zeitaufwändiger Prozess, der Temperatur- und Empfindlichkeitsmessungen erfordert, um die temperaturabhängigen Schwankungen bestimmen zu können. Bei den allgemein üblichen Ausgleichsmethoden wird eine Nachschlagtabelle oder eine Korrektur auf Polynom-Basis verwendet. Die PiezoStar-Beschleunigungssensoren erfordern keine zusätzlichen Messungen oder Berechnungen, da die Schwingungsmessung eine inhärente Empfindlichkeitsstabilität auf Temperatur aufweist.
Die Konstruktion des PiezoStar-Elements von Kistler bietet einen breiten Betriebsfrequenzbereich in Verbindung mit einer äusserst geringen Empfindlichkeit gegenüber Temperaturveränderungen. Diese Technologie ermöglicht den Einsatz der Beschleunigungssensoren in einem Temperaturbereich von –55 … 165 °C mit Stabilität besonders bei veränderlichen Betriebstemperaturen. Die PiezoStar-Kristalle von Kistler mit einer integrierten, hochverstärkenden Hybrid-Mikroelektronik bieten eine sehr geringe Empfindlichkeitsabweichung über den Betriebstemperaturbereich im Vergleich zu IEPE-Beschleunigungssensoren aus anderen Werkstoffen, wie z. B. Quarz und Keramik. Wie Bild 1 zeigt, führt die temperaturbasierte Empfindlichkeitsabweichung des Beschleunigungssensors PiezoStar IEPE im Vergleich zu normalen IEPE-Beschleunigungssensoren zu 10 Mal geringeren Abweichungen.

Kristallherstellung im eigenen Unternehmen

Eigenschaften der PiezoStar® IEPE-Beschleunigungssensoren

- Hohe Spannungsempfindlichkeit (bis zum 3-fachen von Quarz) mit den abgeleiteten Vorteilen für die Miniaturisierung
- Geringe Temperaturabhängigkeit Eliminierung von Fehlern, die durch Temperaturempfindlichkeit verursacht werden, weshalb genauere Messungen möglich sind
- PiezoStar ist ein starrer Werkstoff mit hoher Steifigkeit zur Optimierung der Resonanzfrequenzen des seismischen Elements des Beschleunigungssensors und ermöglicht breite Nutzfrequenzbereiche
- Grosser Betriebstemperaturbereich, Betrieb im Spannungsmodus (IEPE) von –55 … 165 °C; Spezialprodukte ermöglichen den kryogenen Einsatz bis –196 °C
- Der PiezoStar-Prozess ist auf industrieller Ebene reproduzierbar
- Geprüft und erfolgreich getestet in anspruchsvollen Anwendungen zur Messung von Beschleunigung, Druck und Kraft



PiezoStar® IEPE Scherkraft-Beschleunigungssensoren

PiezoStar® IEPE-Beschleunigungssensoren

PiezoStar® Anwendungen für IEPE-Beschleunigungssensoren

Zu den Anwendungen zählen Messungen am Motor oder dem Antriebsstrang von Fahrzeugen in der Automobilindustrie, Anwendungen in Luft- und Raumfahrt und Umweltsimulations- bzw. Produktprüfungen, wo Temperaturprüfungen erforderlich sind. Die PiezoStar-Beschleunigungssensoren werden mit einer hermetischen Titan-Konstruktion und einer Vielzahl an Optionen für die Montage, Ausrichtung der elektrischen Anschlüsse und Masseisolierungen gefertigt.

Diese Beschleunigungssensoren erfordern eine IEPE-kompatible Verstärker-Konstantstromversorgung der Sensoren. Diese sogenannten Kuppler sind separat als eigenständige Geräte lieferbar, wie beispielsweise die Typen 5134B und 5118B2 von Kistler, oder sie können auch in moderne Datenerfassungsgeräte integriert sein.

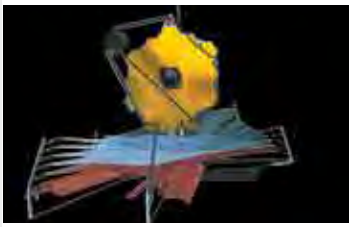
Anwendungen

Fahrzeug Forschung & Entwicklung
Fahrzeug-NVH (als Geräusch hörbare oder als Vibration spürbare Schwingungen) erfordert die Montage von Beschleunigungssensoren am Motor, Antriebsstrang, Fahrgestell, Unterboden und an den Lagerungen. Die Fahrzeuge, Untersysteme und Komponenten werden zur Konstruktionsüberprüfung einer Vielzahl von Umgebungen ausgesetzt. Beispiele sind hier Prüfstandversuche, Probefahrten auf Strecken mit kaltem und heissem Klima, und Dauerfestigkeitsversuche. Bei solchen Versuchen werden die Zuverlässigkeit und das strukturelle Verhalten innerhalb der Einsatzumgebung überprüft.

Umweltsimulationss- u. Produktprüfungen
Bei den Umweltsimulations- und Produktprüfungen werden die Prüflinge zahlreichen Bedingungen ausgesetzt, darunter Temperatur, Schwingungen/Stosslasten und Feuchtigkeit, um ihre Zuverlässigkeit während der Entwicklung/Produktion zu überprüfen. Die Beschleunigungssensoren und die Prüflinge werden bei diesen Tests den typischen Bedingungen in ihrem Lebenszyklus unterzogen. Die PiezoStar-Beschleunigungssensoren minimieren Temperaturfehler und ergeben genaue Schwingungsmessungen für die Auswertung und Steuerung..

Forschung & Entwicklung in der Luft- und Raumfahrt und Testflüge
Die Testflüge umfassen Anforderungen in breiten Temperaturbereichen vom Wüstenklima bis hin zu grossen Höhen. Bei diesen Versuchen werden die Zuverlässigkeit und das Strukturverhalten im betrieblichen Rahmen überprüft. Die PiezoStar-Beschleunigungssensoren minimieren temperaturbedingte Messfehler bei den Tests auf System-, Untersystem- und Komponentenebene.

Sonderanwendungen:
Kryogene Strukturprüfungen
Die PiezoStar IEPE Standard-Beschleunigungssensoren sind für ihren Einsatz im einem Bereich von –55 … 165 °C bekannt. Ein spezielles Modell mit 50 g, 100 mV/g (Typ 8703A50M8) ermöglicht den Einsatz bei bis zu –196 °C. Die Prüfung von raumbasierten Strukturen nutzt niedrige Erregungen und erfordert einen hochdynamischen Messbereich. Der Typ 8703A50M8 hat ein Gewicht von 8,8 Gramm und einen dynamischen Bereich von über 90 dB, was präzise Messungen ermöglicht.



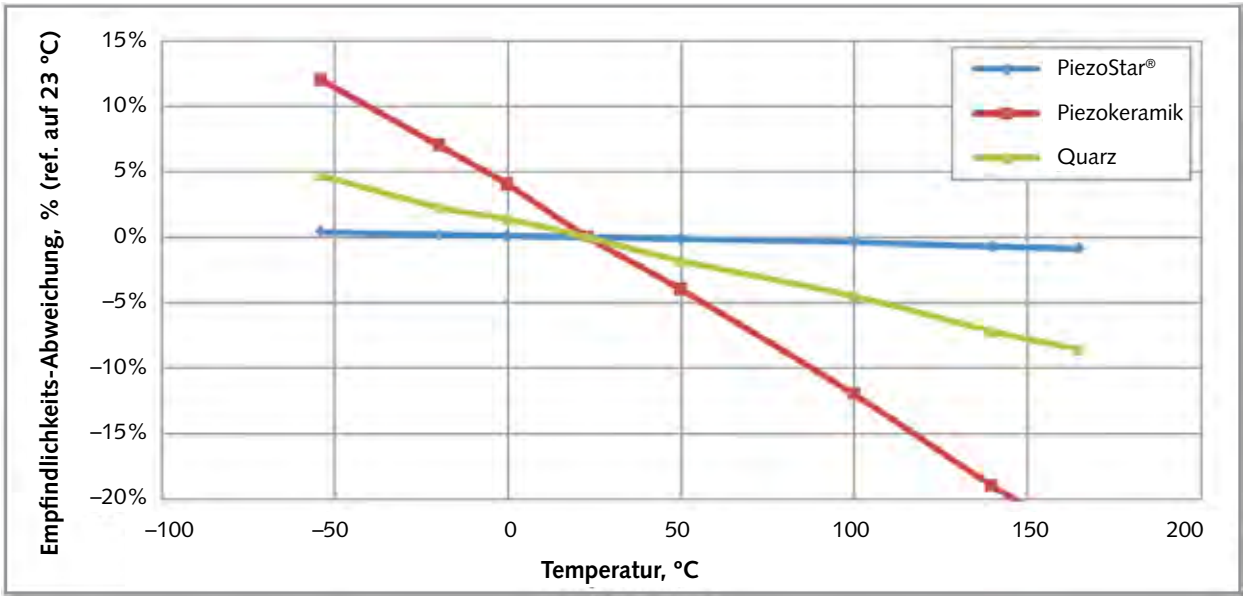


Bild 1: Typische Empfindlichkeits-Abweichung mit Temperatur in Grad Celsius (PiezoStar®, Quarz, Piezokeramik)

Produktübersicht – Beschleunigungssensoren

	Typ	Sensorfamilie		Messtechnologie: K-Beam® kapazitiv	Messtechnologie: PiezoStar®	Messtechnologie: Keramik	Messtechnologie: Quarz	Messbereich (g): 2	3	5	10	25	50	100	250	500	1 000	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000
MEMS kapazitiv	8315A...	einachsig kapazitiv statisch und dynamisch		■																		
	8330B...	einachsig Servo-kapazitiv statisch und dynamisch Mikrovibration		■																		
	8395A...	dreiachsig kapazitiv statisch und dynamisch		■																		
Ladungsausgang piezoelektrisch	8044A	einachsig piezoelektrisch Schock Cryo bis Hochtemp.					■	–0,3 pC/g														
	8202A...	einachsig piezoelektrisch Hochtemperatur				■		–10 pC/g														
	8203A...	einachsig piezoelektrisch Hochtemperatur				■		–50 pC/g														
	8274A/ 8276A...	einachsig piezoelektrisch Hoch-temperatur				■		–5,5 pC/g														
	8278A...	einachsig piezoelektrisch Miniatur Hochtemperatur				■		–1,3 pC/g														
	8290A...	dreiachsig piezoelektrisch Hoch-temperatur				■		–25 pC/g														

Frequenzbereich Hz (±5 %)										Betriebstemperaturbereich (°C)											Gewichte (Gramm)	Montage					TEDS	Masseisolation	Seite
0	0,5	1	5	500	1 000	5 000	8 000	10 000	12 000	–196	–75	–55	–40	0	65	80	125	165	200	250		Gewindeloch	Bolzen	Kleben	Clip	Magnet			
																					15	■		■		■		■	20
																					95	■		■				■	20
																					30		■	■		■			21
																					7		■	■		■			22
																					14,5		■	■		■			22
																					44		■	■		■			22
																					4		■	■		■			22
																					0,7			■				■	22
																					53		■			■			23

Produktübersicht – Beschleunigungssensoren

	Typ	Sensorfamilie		Messtechnologie				Messbereich (g)														
				K-Beam® kapazitiv	PiezoStar®	Keramik	Quarz	2	3	5	10	25	50	100	250	500	1 000	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000
Einachsig Piezotron®/IEPE	8080A	einachsig PiezoStar® Shear Back-to-Back Referenzsensor			■								■									
	8640A...	einachsig PiezoBeam® Modalanalyse hohe Empfindlichkeit, klein				■				■	■	■	■									
	8702B/ 8704B...	einachsig Quarz Shear Cryo bis Hochtemp. oder allg. Vibration					■					■	■	■	■	■	■	■	■			
	8703A/ 8705A...	einachsig PiezoStar® Cryo bis Hochtemp. und hohe thermische Stabilität			■								■	■	■							
	8714B...	einachsig ringförmiges Ceramic Shear Gewindeloch Hochtemperatur				■								■	■	■						
	8715A...	einachsig PiezoStar® Miniatur Gewindeloch Hochtemperatur/ hohe thermische Stabilität			■										■	■	■	■	■			
	8728A...	einachsig Quarz Shear Miniatur					■									■						
	8730A...	einachsig Quarz Shear Miniatur Cryo Temp.					■									■						

Frequenzbereich Hz (±5 %)										Betriebstemperaturbereich (°C)											Gewichte (Gramm)	Montage					TEDS	Masseisolation	Seite
0	0,5	1	5	500	1 000	5 000	8 000	10 000	12 000	–196	–75	–55	–40	0	65	80	125	165	200	250		Gewindeloch	Bolzen	Kleben	Clip	Magnet			
		■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■				175		■					■	46
	■	■	■	■	■	■							■	■	■						3,5		■	■	■	■		■	24
	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■			8		■	■		■	■	■	25, 26
	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■			8		■	■		■		■	25, 26
		■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■			5	■		■			■	■	27
		■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■			2	■		■			■	■	27
		■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■				1,6			■					27
		■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■				2		■	■		■		■	27

Produktübersicht – Beschleunigungssensoren

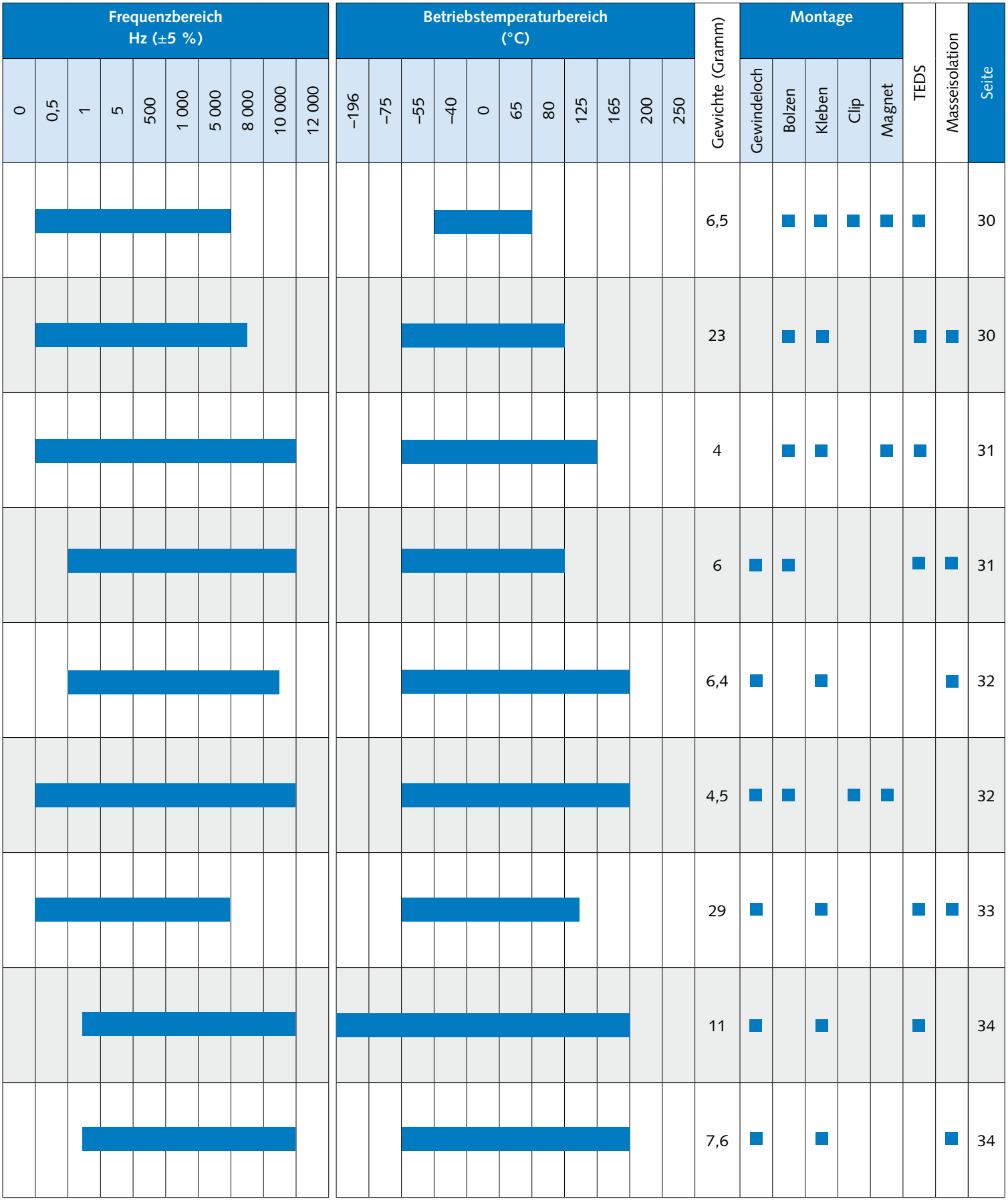
	Sensorfamilie		Messtechnologie				Messbereich (g)														
	Typ		K-Beam® kapazitiv	PiezoStar®	Keramik	Quarz	2	3	5	10	25	50	100	250	500	1 000	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000
Einachsig Piezotron®/IEPE	8742A/ 8743A	einachsig Quarz Shear Schock				■												*			
	8774A/ 8776A...	einachsig Ceramic Shear Modalanalyse allg. Vibration			■							■									
	8778A...	einachsig Ceramic Shear Miniatur Tropfenform			■										■						
	8784A/ 8786A...	einachsig Ceramic Shear hohe Empfindl. kleine Schwingungspegel			■				■												

* Für höhere Messbereiche (g) kontaktieren Sie bitte Ihren lokalen Kistler Vertreter.

Frequenzbereich Hz (±5 %)										Betriebstemperaturbereich (°C)											Gewichte (Gramm)	Montage					TEDS	Masseisolation	Seite
0	0,5	1	5	500	1 000	5 000	8 000	10 000	12 000	–196	–75	–55	–40	0	65	80	125	165	200	250		Gewindeloch	Bolzen	Kleben	Clip	Magnet			
	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■				4,5		■						35
	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■				4		■	■		■		■	28
		■	■	■	■	■	■					■	■	■	■	■	■				0,4			■				■	29
		■	■	■	■	■	■					■	■	■	■	■					21		■	■		■			29

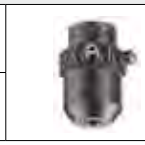
Produktübersicht – Beschleunigungssensoren

	Typ	Sensorfamilie		Messtechnologie				Messbereich (g)													
				K-Beam® kapazitiv	PiezoStar®	Keramik	Quarz	2	3	5	10	25	50	100	250	500	1 000	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000
Dreiachsig Piezotron®/IEPE	8688A...	dreiachsig PiezoBeam® Miniatur Modal, hohe Empfindlichkeit				■				■	■	■	■								
	8762A...	dreiachsig ringförmiges Ceramic Shear Modal robust				■				■	■	■	■								
	8763B...	dreiachsig Ceramic Shear Miniatur				■							■	■	■	■	■	■				
	8764B...	dreiachsig Ceramic Shear, Gewindeloch, Masseisoliert											■	■								
	8765A...	dreiachsig PiezoStar® Gewindeloch Hochtemperatur thermische Stabilität			■										■							
	8766A...	dreiachsig PiezoStar® Miniatur Hochtemperatur thermische Stabilität			■									■	■	■	■					
	8792A...	dreiachsig Quartz Shear Gewindeloch allg. Vibration					■					■	■	■	■	■						
	8793A...	dreiachsig Quartz Shear Gewindeloch sehr niedr. Bauhöhe kryo/Hochtemp.					■									■						
	8794A...	Triaxial Quartz Shear Gewindeloch sehr niedr. Bauhöhe Hochtemperatur					■									■						


Frequenzbereich Hz (±5 %)
0
0,5
1
5
500
1 000
5 000
8 000
10 000
12 000
Betriebstemperaturbereich (°C)
–196
–75
–55
–40
0
65
80
125
165
200
250
Gewichte (Gramm)
Montage
Gewindeloch
Bolzen
Kleben
Clip
Magnet
TEDS
Masseisolation
Seite
6,5
30
23
30
4
31
6
31
6,4
32
4,5
32
29
33
11
34
7,6
34

Produktübersicht – andere Messgrössen

IEPE Impedanzköpfe

Typ		Bereich Vibration	Empfindlichkeit	Kraftbereich	Empfindlichkeit	Betriebstemperaturbereich	Gewicht	Montage					Seite
		g	mV/g	N	mV/N	°C	Gramm	Bolzen	Kleben	Clip	Magnet	Schraube	
8770A5		±5	1 000	±22	227	–55 … 80	34	x			x	x	36
8770A50		±50	100	±222	23	–55 … 120	34	x			x	x	36

IEPE Impulshammer

Typ		Bereich	Empfindlichkeit	Frequenzbereich	Betriebstemperaturbereich	Gewicht	Seite
		N	mV/N	Hz	°C	Gramm	
9722A500		500	10	8 200	–20 … 70	100	38
9722A2000		2 000	2	9 300	–20 … 70	100	38
9724A2000		2 000	2	6 600	–20 … 70	250	38
9724A5000		5 000	1	6 900	–20 … 70	250	38
9726A5000		5 000	1	5 000	–20 … 70	500	38
9726A20000		20 000	0,2	5 400	–20 … 70	500	38
9728A20000		20 000	0,2	1 000	–20 … 70	1 500	38

Kraftsensoren mit Ladungsausgang

Typ		Bereich Kompression	Bereich Spannung	Empfindlichkeit	Betriebstemperaturbereich	Gewicht	Montage					Seite
		N	N	pC/N	°C	Gramm	Bolzen	Kleben	Clip	Magnet	Schraube	
9212		22 000	–2 200	–11	–240 … 150	18	x					36

IEPE Kraftsensoren

Typ		Bereich Kompression	Bereich Spannung	Empfindlichkeit	Betriebstemperaturbereich	Gewicht	Montage					Seite
		N	N	mV/N	°C	Gramm	Bolzen	Kleben	Clip	Magnet	Schraube	
9712B5		+22	–22	180	–50 … 120	19	x					37
9712B50		+220	–220	22	–50 … 120	19	x					37
9712B250		+1 100	–1 100	4,5	–50 … 120	19	x					37
9712B500		+2 200	–2 200	2,25	–50 … 120	19	x					37
9712B5000		+22 000	–22 000	0,225	–50 … 120	19	x					37

Produktübersicht – andere Messgrössen

Sensoren für Winkelbeschleunigung

Typ		Bereich	Empfindlichkeit	Frequenzbereich	Betriebstemperaturbereich	Ansprechschwelle	Gewicht	Gewichtsisolation	Stecker	Montage					Seite
		krads/s²	µV/rad/s²	Hz	°C	rads/s²	Gramm		Position	Bolzen	Kleben	Clip	Magnet	Schraube	
8838		±150	34	1 … 2 000	–55 … 120	4	18,5	ja	4-pol. pos. I seitlich					x	39
8840		±150	34	1 … 2 000	–55 … 120	4	18,5	ja	4-pol. pos. I seitlich					x	39

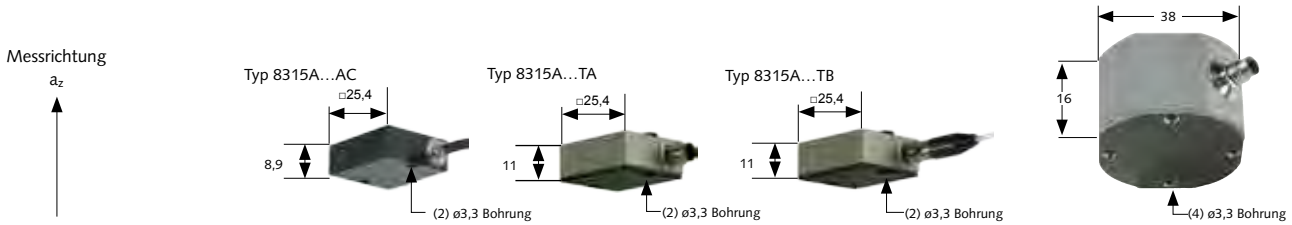
Körperschallsensoren

Typ		Empfindlichkeit	Frequenzbereich	Betriebstemperaturbereich	Gewicht	Gewichtsisolation	Stecker	Montage					Seite
		dBref 1V/(m/s)	Hz (±10 dB)	°C	Gramm		Position	Bolzen	Kleben	Clip	Magnet	Schraube	
8152C0...		57	50 000 … 400 000	–55 … 165	29	ja	integr. Kabel Lötanschlüsse I seitlich				x	x	40
8152C1...		48	100 000 … 900 000	–55 … 165	29	ja	integr. Kabel Lötanschlüsse I seitlich				x	x	40

Siehe Seiten 40 ... 45 für Montagezubehör, Kabel und Elektronik.

Statische und niederfrequente Vibration

K-Beam® MEMS kapazitive, niederfrequente Beschleunigungssensoren – einachsig

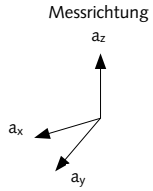


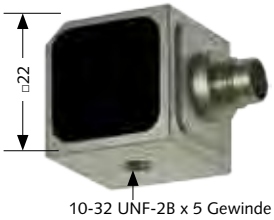
		Typ 8315...						Typ 8330...
Technische Daten	**Typ**	**...A2D0...**	**...A010...**	**...A030...**	**...A050...**	**...A100...**	**...A200...**	**...B3**
Bereich	g	±2	±10	±30	±50	±100	±200	±3
Empfindlichkeit, ±5 % (±4 V FSO Version) (2,5 ±2 V FSO Version) (±8 V FSO Differential Vers.)	mV/g mV/g mV/g mV/g	 2 000 1 000 4 000	 400 200 800	 133,3 66,6 266,6	 80 40 160	 40 20 80	 20 10 40	1 200 (±10 %)
Ruhespannung bei 0 g (±4 V FSO Version) (2,5 ±2 V FSO Version) (±8 V FSO Differential Vers.)	mV mV mV mV	0 ±60 2 500 ±60 0 ±120						0 ±260
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	0 ... 250	0 ... 1 000					0 ... 500
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>1,3	>2	>4	>5,1	>7,2	>11	>6,6
Linearitätsfehler	%FSO	±1						±0,25
Auflösung/Ansprechschwelle	mg_{rms}	0,35	0,175	3,95	8,75	17,5	35	0,0018
Seitenempfindlichkeit	%	1						1
Schock, Halbsinus	g_{pk}	6 000 (200 µs)						1 500 (500 µS)
Temp. Koeff. d. Ruhesp.	mg/°C	±0,1	±0,5	±1,5	±2,5	±5	±10	±0,325
Temp. Koeff. d. Empfindl.	ppm/°C	±100						±250
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 ... 125 (TA oder TB)						–40 ... 85
Phasenverschiebung max., @ 100 Hz	°	20	10					–0,25
Strom nom.	mA	1,6						12
Spannung	VDC	6 ... 50*						±6 ... ±12
Stecker	Typ	4-pol. pos.						4-pol. pos.
Gehäuse/Basis	Material	Titan (TA, TB Gehäuse), Aluminium (AC Gehäuse)						Alu hart eloxiert
Dichtung	Typ	umfeldabhängig (AC Gehäuse), hermetisch (TA, TB Gehäuse)						hermetisch
Gewicht	Gramm	15						95
Masseisolation		ja						ja
Datenblatt		8315A_000-859						8330B3_000-897

Eigenschaften	Kleines, leichtes, variables kapazitives Messelement, integriertes Kabel und Steckervarianten, CE-konform	Servo-variabler kapazitiver Beschleunigungssensor, sehr geringes Rauschen
Anwendung	Messen niederfrequenter Vibration bei Fahrversuchen in der Kfz.-Branche und für Strukturuntersuchungen in der Raumfahrt	Untergrundvibrationen, Mikrovibration, Seismik
Zubehör	Speisegerät: 1-Kanal, Typ 5210 ; 15-Kanal, Typ 5146A15 Montagewürfel: Typ 8516	Kabel: Typen 1592M1, 1788A
Versionen	…A0: 0±4 V FSO …AT: 0±4 V FSO, mit Temp.-Ausgang …B0: 2,5±2 V FSO …BT: 2,5±2 V FSO, mit Temp.-Ausgang …C0: 0±4 V FSO Differential …D0: 0±8 V FSO Differential …AC: Alu Gehäuse, mit integriertem Kabel …TA: Titangehäuse mit 4-pol. Stecker …TB: Titangehäuse mit integriertem Kabel * +5 VDC Versorgungsoptionen – Kistler kontaktieren	

Statische und niederfrequente Vibration

K-Beam® MEMS kapazitive, niederfrequente Beschleunigungssensoren – dreiachsig



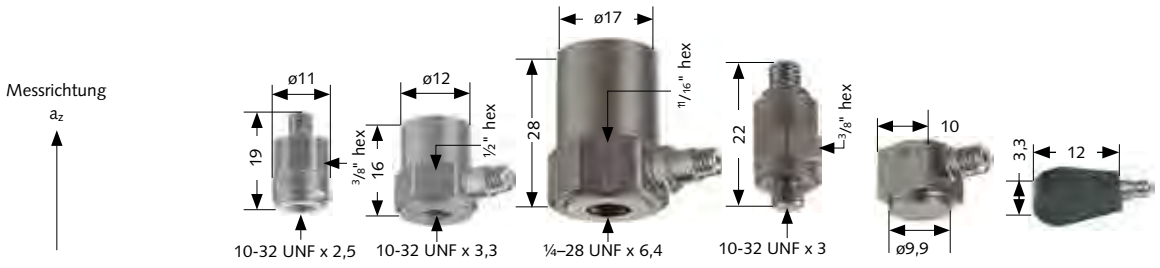


		Typ 8395...					
Technische Daten	**Typ**	**...A2D0...**	**...A010...**	**...A030...**	**..A050...**	**..A100...**	**..A200...**
Bereich	g	±2	±10	±30	±50	±100	±200
Empfindlichkeit, ±5 % [1]	mV/g	2 000	400	133,3	80	40	20
Ruhespannung bei 0 g [1]	mV	±60					
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	0 ... 250	0 ... 1 000				
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>1,3	>2	>4	>5,1	>7,2	>11
Linearitätsfehler	%FSO	±1					
Auflösung/Ansprechschwelle	mg_{rms}	0,35	1,8	3,9	8,8	18	35
Seitenempfindlichkeit	%	1					
Schock, Halbsinus	g_{pk}	6 000 (200 µs)					
Temp. Koeff. d. Ruhesp.	mg/°C	±0,1	±0,5	±1,5	±2,5	±5	±10
Temp. Koeff. d. Empfindl.	ppm/°C	±100					
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 ... 125					
Phasenverschiebung max., @ 100 Hz	°	20	10				
Strom nom.	mA	4,2					
Spannung	VDC	6 ... 50 [2]					
Stecker	Typ	9-pol. pos. kreisförmig					
Gehäuse/Basis	Material	Titan					
Dichtung	Typ	hermetisch					
Gewicht	Gramm	30					
Masseisolation		ja					
Datenblatt		8395A_000-860					

Eigenschaften	Bipolarer Ausgang; 0 ±4 V FS, Nulllage bei 0 g; masseisoliert; rauscharm; erfordert lediglich Spannungsversorgung zum Betrieb; CE konform
Anwendung	Triaxialer Beschleunigungssensor für die Messtechnik; geeignet für Automobil-, Luft-und Raumfahrt, Bauwesen, R&D, OEM- und Strukturanalyse
Zubehör	Kabel: Typen 1792A…K00, 1792A…K01 Montage: Klebeadapter Typ 8466K01 Montage: Montagebolzen Typ 8466K02 Montage: magnetischer Montageadapter Typ 8466K03 Speisung: 15 Kanäle, Typ 5146A15
Versionen	…AT: 0 ±4 V FSO, mit Temp.-Ausgang ...BT: 2,5 ±2 V FSO, mit Temp.-Ausgang ...CT: 0 ±4 V FSO, Differential-Ausgang, mit Temp.-Ausgang ...DT: 0 ±8 V FSO, Differential-Ausgang, mit Temp.-Ausgang …TA: Titan, hermetisch, 9-pol. pos. kreisförmig ...TB: Titan, integr. Kabel, Lötanschlüsse, Schirmgeflecht ...TC: Titan, integr. Kabel, 9-pol. D-Sub, Schirmgeflecht [1] Gültig für die Ausführung ..AT. Für die unipolare und differentielle Ausgangskonfigurationen BT, CT und DT gelten andere Spezifikationen, siehe Datenblatt [2] +5 VDC Versorgungsoptionen – Kistler kontaktieren

Vibration

Ladungs-Beschleunigungssensoren – einachsig

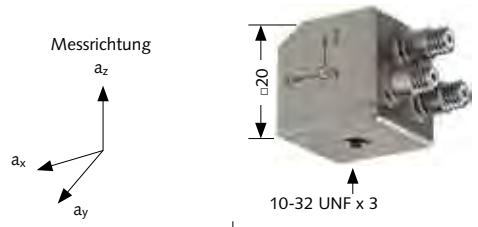


		Typ 8044	Typ 8202...	Typ 8203...	Typ 8274...	Typ 8276...	Typ 8278...
Technische Daten	**Typ**		**...A10...**	**...A50...**	**...A5...**	**...A5...**	**...A500...**
Bereich	g	–20 000 … 30 000	±2 000	±1 000	±2 000	±2 000	±500
Empfindlichkeit, ±5 %	pC/g	–0,3	–10 (±15 %)	–50 (±15 %)	–5,5	–5,5	–1,3
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	fast 0 Hz … 8 000	5 … 10 000	5 … 4 000	1 … 12 000 (7 %)	1 … 7 000	1 … 10 000
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	≥90	≥45	≥24	≥50	≥40	≥40
Ansprechschwelle	mg_{rms}	abhängig von den Einstellungen des Ladungsverstärkers					
Seitenempfindlichkeit	%	≤5	1,5	1,5	1,5	1,5	3
Linearitätsfehler	%FSO	±1	±1	±1	±1	±1	±1
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	–0,02	0,13	0,13	0,11	0,11	0,18
Betriebstemperaturbereich	°C	–195 … 200	–70 … 250	–70 … 250	–55 … 165	–55 … 165	–75 … 180
Stecker	Typ	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.
Gehäuse/Basis	Material	17-4 PH St. Stl.	17-4 PH St. Stl.	rostfreier Stahl	rostfreier Stahl	rostfreier Stahl	Titan
Dichtung	Typ	Epoxid	hermetisch/ keramisch	hermetisch/ keramisch	hermetisch	hermetisch	hermetisch
Gewicht	Gramm	7	14,5	44,5	4	4	0,7
Masseisolation		nein	mit Pad	mit Pad	mit Pad	nein	nein
Datenblatt		8044_000-209	8202A_000-212		8276A_000-213		8278A_000-611

Eigenschaften	Grosser Messbereich, stabiles Quarzelement, leicht, kleine Bauform	Hochtemperatur (250 °C); keramisches Schub-Messelement, geringe Seitenempfindlichkeit	Keramisches Schub-Messelement, weiter Frequenzbereich; geringe Seitenempfindlichkeit; leicht, robuster Stecker; ideal für OEM Anwendungen	Sehr niedrige Basisdehnungsempfindlichkeit; weiter Frequenzbereich; masseisoliert, integr. Kabel; Hochtemperatur
Anwendung	Messen und Analysieren von Schock sowie Vibration mit sehr hoher Beschleunigungsamplitude	Automobil- und Raumfahrttechnik sowie Umweltprüfungen, wo Sensoren mit Spannungsausgang wegen der hohen Temperatur nicht eingesetzt werden können	Messen von Stössen und Vibrationen, wie z.B. das Überwachen von Maschinen oder Anwendungen in der Fahrzeugtechnik	Präzises Messen von Vibration; Modalanalyse
Zubehör	Kabel: Typ 1631C Ladungsverst.: Typ 5000 series	Kabel: Typ 1631C Klebendes Klebeadapter: Typ 8436 Montagemagnet: Typ 845x dreiachsige Montage Ladungswandler: Typ 5050B +Ladungsverst. : Typ 50xx Serie Kuppler: Typ 5100 Serie	Kabel: Typ 1631C Klebendes Klebeadapter: Typ 8436 Montagemagnet: Typ 8452A Montagewürfel: Typ 8524/26 Ladungswandler: Typ 5050B +Kuppler: Typ 5100 Serie Ladungsverst.: Typ 50xx Serie	Kabel: Typ 1631C Ladungswandler: Typ 5050B +Kuppler: Typ 5100 Serie Ladungsverst.: Typ 50xx Serie

Vibration

Ladungs-Beschleunigungssensoren – dreiachsig

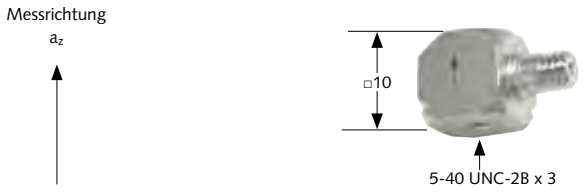


		Typ 8290…
Technische Daten		**…A25M5**
Bereich	g	±1 000
Empfindlichkeit, ±15 %	pC/g	–25
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	5 … 4 000 (10 %)
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>20
Ansprechschwelle	mg_{rms}	1
Seitenempfindlichkeit	%	1,5
Linearitätsfehler	%FSO	±1
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	0,13
Betriebstemperaturbereich	°C	–70 … 250
Stecker	Typ	10-32 neg.
Gehäuse/Basis	Material	rostfreier Stahl
Dichtung	Typ	hermetisch/keramisch
Gewicht	Gramm	53
Masseisolation		nein
Datenblatt		8290A_000-215

Eigenschaften	Keramisches Schub-Mess-element; geringe Seiten-empfindlichkeit; weiter Temperaturbereich
Anwendung	Allgemeine Vibrations-messung unter verschie-denen Testkonditionen, in der Fahrzeugtechnik, für NVH-Untersuchungen und allgemeine Laborprü-fungen wie auch für ESS
Zubehör	Kabel: Typ 1631C Ladungswandler: Typ 5050 Kuppler: Typ 5100 Serie Ladungsverstärker: Typ 50xx Serie Montagebolzen: Typen 8402, 8411

Vibration

IEPE Beschleunigungssensoren – einachsig

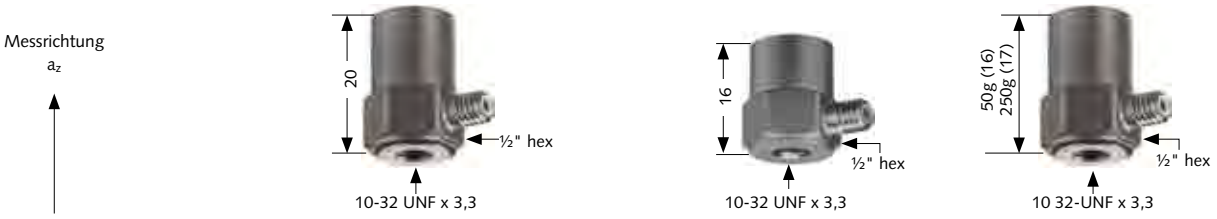


Typ 8640…				
Technische Daten	**Typ**	**…A5**	**…A10**	**…A50**
Bereich	g	±5	±10	±50
Empfindlichkeit, ±5 %	mV/g	1 000	500	100
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	0,5 … 3 000		0,5 … 5 000
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	≥17		≥25
Ansprechschwelle	mg_{rm}	0,14	0,16	0,36
Seitenempfindlichkeit	%	1,5		
Linearitätsfehler	%FSO	±1		
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	7 000		10 000
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	0,13	0,16	
Betriebstemperaturbereich	°C	–40 … 55	–40 … 65	
Speisung Strom	mA	2 … 20		
Speisung Spannung	VDC	22 … 30		
Stecker	Typ	10-32 neg.		
Gehäuse/Basis	Material	Titan		
Dichtung	Typ	hermetisch		
Gewicht	Gramm	3,5		
Masseisolation		mit Pad		
Datenblatt		8640A_000-842		

Eigenschaften	Hohe Empfindlichkeit, leicht, geringes Rauschen, geringe Seitenempfindlichkeit und masseisoliert, CE-konform
Anwendung	Modalanalyse, Untersuchen von Strukturen
Zubehör	Kabel: Typ 1768A…K01 Kuppler: Typ 5100 Serie Montageclip, masseisoliert: Typ 800M156 Montageadapter, masseisoliert: Typ 800M158 Magnetischer Montageadapter: Typ 800M160
Versionen	…T: TEDS Option (siehe Seite 63)

Vibration

IEPE Beschleunigungssensoren – einachsig

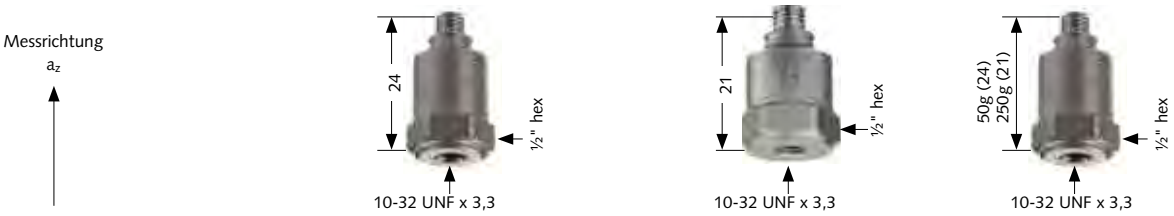


		Typ 8702…				Typ 8703…	
Technische Daten	**Typ**	**…B25**	**…B50**	**…B100**	**…B500**	**…A50**	**…A250**
Bereich	g	±25	±50	±100	±500	±50	±250
Empfindlichkeit, ±5 %	mV/g	200	100	50	10	100	20
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	1 … 8 000	0,5 … 10 000		1 … 10 000	0,5 … 10 000	
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>54				>40	>50 >70 (M5)
Ansprechschwelle	g_{rms}	0,002	0,004	0,006	0,01	0,0012	0,006
Seitenempfindlichkeit	%	1,5				3	
Linearitätsfehler	%FSO	±1				±1	
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	2 000			5 000	2 000	
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	–0,06				0,004	
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 100			–55 … 120	–55 … 165	
Speisung Strom	mA	4				4	
Speisung Spannung	VDC	20 … 30				20 … 36	
Stecker	Typ	10-32 neg.				10-32 neg.	
Gehäuse/Basis	Material	Titan/rostfreier Stahl				Titan	
Dichtung	Typ	hermetisch				hermetisch	
Gewicht	Gramm	8,7			8,2	10	8,1
Masseisolation		mit Pad/M1				ja	
Datenblatt		8702B_000-239			8702B_000-238	8703A_000-557	

Eigenschaften	Äusserst geringe Empfindlichkeit auf Basisdehnung, sehr geringe Empfindlichkeit auf thermische Transienten, Schubquarz-Messelement, CE-konform		Niedriger Impedanz Spannungsausgang; sehr geringe Basisdehnungsempfindlichkeit, äusserst geringe Temperaturempfindlichkeit mit PiezoStar, CE-konform
Anwendung	Messen kleiner Stösse und Vibrationen bei der Maschinenüberwachung und in der Fahrzeugprüfung, Umweltsimulation (ESS) und Modalanalyse		Ausgelegt für sich schnell ändernde Temperaturen. Allgemeine Vibrationsmessungen, Fahrzeug- oder Umweltprüfungen, Umweltsimulation (ESS) u. Modalanalyse
Zubehör	Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie Klebeadapter: Typ 8436 Montagemagnet: Typ 8452A Dreiachsiger Montagewürfel: Typ 8502		Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie Klebeadapter: Typ 8436 Montagemagnet: Typ 8452A Dreiachsiger Montagewürfel: Typ 8502
Versionen	…T: TEDS Option (siehe Seite 63) …M1: masseisoliert	…M1: masseisoliert …M5: Hochtemp. (165 °C) …M8: kryo Temp. (–196 °C) …T: TEDS Option (siehe Seite 63)	…M1: masseisoliert …M5: Hochtemp. (165 °C) …M8: kryo Temp. (–196 °C)

Vibration

IEPE Beschleunigungssensoren – einachsig

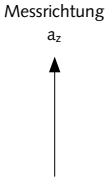


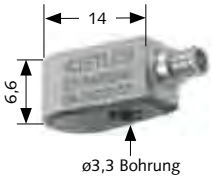
		Typ 8704…					Typ 8705…	
Technische Daten	**Typ**	**…B25**	**…B50**	**…B100**	**…B500**	**…B5000**	**…A50**	**…A250**
Bereich	g	±25	±50	±100	±500	±5 000	±50	±250
Empfindlichkeit, ±5 %	mV/g	200	100	50	10	1	100	20
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	1 … 8 000	0,5 … 10 000		1 … 10 000		0,5 … 10 000	
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>54					>40	>50 >70 (M5)
Ansprechschwelle	mg_{rms}	2	4	6	10	130	1.2	6
Seitenempfindlichkeit	%	1,5					3	
Linearitätsfehler	%FSO	±1					±1	
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	2 000			5 000	10 000	2 000	
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	–0,06					0,0036	
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 100			–55 … 120		–55 … 165	
Speisung Strom	mA	2 ... 20					2 ... 20	
Speisung Spannung	VDC	20 … 30					20 … 30	
Stecker	Typ	10-32 neg.					10-32 neg.	
Gehäuse/Basis	Material	Titan/rostfreier Stahl					Titan	
Dichtung	Typ	hermetisch					hermetisch	
Gewicht	Gramm	7,5			7,1		7,6	6,7
Masseisolation		mit Pad/M1					mit Pad/M1	
Datenblatt		8704B_000-239			8704B_ 000-238	8704B_ 000-240	8705A_000-557	

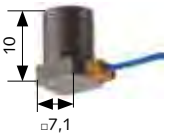
Eigenschaften	Äusserst geringe Empfindlichkeit auf Basisdehnung, sehr geringe Empfindlichkeit auf thermische Transienten, Schubquarz-Messelement, CE-konform		Niedriger Impedanz Spannungsausgang; sehr geringe Basisdehnungsempfindlichkeit, äusserst geringe Temperaturempfindlichkeit mit PiezoStar, CE-konform
Anwendung	Allgemeine Vibrationsmessungen, Tests in der Fahrzeugtechnik, Umweltsimulation (ESS) und Modalanalyse, Schockmessungen		Ausgelegt für sich schnell ändernde Temperaturen. Allgemeine Vibrationsmessungen, Fahrzeug- oder Umweltprüfungen, Umweltsimulation (ESS) u. Modalanalyse
Zubehör	Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie Klebeadapter: Typ 8436 Montagemagnet: Typ 8452A Dreiachsiger Montagewürfel: Typ 8502		Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie Klebeadapter: Typ 8436 Montagemagnet: Typ 8452A Dreiachsiger Montagewürfel: Typ 8502
Versionen	…T: TEDS Option (siehe Seite 63) …M1: masseisoliert	…M1: masseisoliert ... M5: Hochtemp. (165 °C) ... M8: kryo Temp. (–195 °C) …T: TEDS Option (siehe Seite 63)	…M1: masseisoliert …M5: Hochtemp. (165 °C)

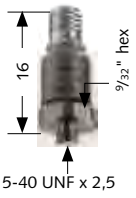
Vibration

IEPE Beschleunigungssensoren – einachsig







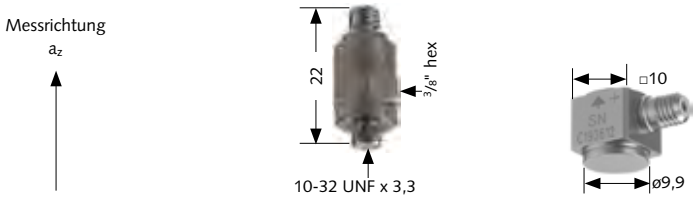


		Typ 8714…		Typ 8715…	Typ 8728…	Typ 8730…
Technische Daten	**Typ**	**…B100M5**	**…B500M5**	**…A5000M5***	**…A500**	**…A500**
Bereich	g	±100	±500	±5 000	±500	
Empfindlichkeit, ±5 %	mV/g	50	10	1	10	10 (±10 %)
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	1 … 10 000		2 … 10 000	2 … 10 000	
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>36	>43	>70	>76	
Ansprechschwelle	mg_{rms}	2	3	40	20	
Seitenempfindlichkeit	%	3		3	1,5	
Linearitätsfehler	%FSO	±1		±1	±1	
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	5 000		8 000	5 000	
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	–0,14	–0,16	–0,01	–0,06	
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 165		–55 … 165	–55 … 120	
Speisung Strom	mA	2 … 18		2 … 18	2 … 20	2 … 18
Speisung Spannung	VDC	20 … 30		20 … 30	20 … 30	
Stecker	Typ	10-32 neg.		5-44 neg.	10-32 neg.	
Gehäuse/Basis	Material	Titan/Aluminium		Titan	Titan	
Dichtung	Typ	hermetisch		hermetisch	geschweisst/Epoxid	hermetisch
Gewicht	Gramm	5	4,2	2,1	1,6	1,9
Masseisolation		ja		ja	nein	ja
Datenblatt		8714B_000-602		8715A_000-603	8728A_000-247	8730A_000-248

Eigenschaften	Niedrige Bauhöhe, Ceramic Shear Beschleunigungssensor, Hochtemperatur, CE-konform	Einzigartiges PiezoStar-Messelement, äusserst geringe Temperaturempfindlichkeit, masseisoliert, leicht, hermetisch dicht, CE-konform	Klein, leicht, integriertes Kabel (2 m), Schubquarz-Stabilität und -Präzision, CE-konform	Schubquarz-Messelement, geringer Ausgangswiderstand, äusserst geringe Empfindlichkeit auf Basisdehnung, CE-konform
Anwendung	Ermöglicht Lösungen beim Messen an schwer zugänglichen Stellen, wenn der Kabelabgang ausschlaggebend oder die Einbauhöhe beschränkt ist	Für das Messen von Schock und Vibration unter sich schnell ändernden Temperaturbedingungen. Zu den häufigsten Anwendungen gehören Umweltsimulation (ESS), Abnahmeprüfungen von Produkten und Prüfungen in der Luftfahrt.	Genaues Messen an kleinen, dünnwandigen Strukturen oder bei begrenzten Platzverhältnissen. Sehr gut geeignet zum Messen hoch frequenter Vibrationen	Genaues Messen an kleinen, dünnwandigen Strukturen und für Umwelttests
Zubehör	Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie	Kabel: Typen 1766A, 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie	Verlängerungskabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie	Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie Klebeadapter: Typen 8434, 8436M02
Versionen	…T: TEDS Option (siehe Seite 63)	…T: TEDS Option (siehe Seite 63) * Zusätzlicher Bereich von 250 g erhältlich auf Anfrage; Kistler kontaktieren		…AE: metrisches Gewinde (M3 x 0,5) 8 mm hex …M1: masseisoliert …M8: kryo Temp. (–195 °C)

Vibration

IEPE Beschleunigungssensoren – einachsig

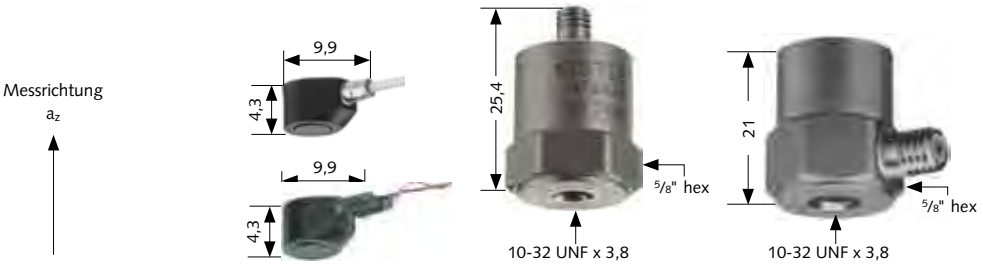


		Typ 8774…	Typ 8776…
Technische Daten	**Typ**	**…A50**	**…A50**
Bereich	g	±50	±50
Empfindlichkeit, ±5 %	mV/g	100	100
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	1 … 10 000	1 … 7 000
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>44	>40 >38 (M3)
Ansprechschwelle	mg_{rms}	3	3
Seitenempfindlichkeit	%	1,5	1,5
Linearitätsfehler	%FSO	±0,5	±1
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	5 000	5 000
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	–0,14	–0,14
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 120	–55 … 120
Speisung Strom	mA	2 … 20	2 … 20
Speisung Spannung	VDC	18 … 30	18 … 30
Stecker	Typ	10-32 neg.	10-32 neg.
Gehäuse/Basis	Material	Titan	Titan
Dichtung	Typ	hermetisch	hermetisch
Gewicht	Gramm	4	4
Masseisolation		mit Pad	mit M1 oder M3 Option
Datenblatt		8774A_000-255	8774A_000-255

Eigenschaften	Hohe Empfindlichkeit, keramisches Schub-Messelement mit hoher Auflösung, CE-konform	
Anwendung	Allgemeine Vibrations-messungen	Modalanalyse, Untersuchen von Strukturen
Zubehör	Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie Klebeadapter: Typ 8436 Montagewürfel: Typ 8524 Montagemagnet: Typ 8452	Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie Montagewürfel: Typ 8526
Versionen		M1: masseisoliert M3: erweiterte niedrige Frequenz und masse-isoliert M6: integrierter Montage-bolzen

Vibration

IEPE Beschleunigungssensoren – einachsig

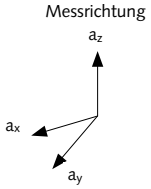


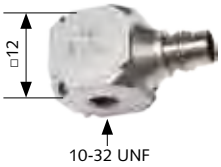
		Typ 8778…	Typ 8784…	Typ 8786…
Technische Daten	**Typ**	**…A500**	**…A5**	**…A5**
Bereich	g	±500	±5	±5
Empfindlichkeit, ±5 %	mV/g	10	1 000 (±10 %)	1 000 (±10 %)
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	2 … 9 000	1 … 6 000	1 … 6 000
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>70	>27	>27
Ansprechschwelle	mg_{rms}	10	0,4	0,4
Seitenempfindlichkeit	%	3	1,5	1,5
Linearitätsfehler	%FSO	±1	±1	±1
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	5 000	2 500	2 500
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	–0,14	–0,05	–0,05
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 120	–55 … 80	–55 … 80
Speisung Strom	mA	2 … 20	2 … 20	2 … 20
Speisung Spannung	VDC	18 … 30	18 … 30	18 … 30
Stecker	Typ	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.
Gehäuse/Basis	Material	Aluminium/Titan	Titan	Titan
Dichtung	Typ	Epoxid	hermetisch	hermetisch
Gewicht	Gramm	0,4	21	21
Masseisolation		ja	mit Pad	mit Pad
Datenblatt		8778A_000-256	8784A_000-257	8784A_000-257

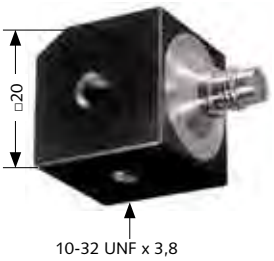
Eigenschaften	Äusserst geringe Empfindlichkeit auf Basisdehnung, leicht, masseisoliert, CE-konform, integriertes Kabel (benutzerspezifische Länge)	Schubkeramik-Messelement, niederohmig, Spannungsmodus, hohe Empfindlichkeit, hohe Auflösung, CE-konform
Anwendung	Umwelttests/Abnahmeprüfungen von Produkten an kleinen, dünnwandigen Strukturen oder bei eingeschränkten Platzverhältnissen und wenn der Massezuladungseffekt massgebend ist	Messen kleiner Stösse und Vibrationen bei der Maschinenüberwachung und in der Fahrzeugprüfung
Zubehör	Verlängerungskabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie Montagehilfe: Typ 1378	Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie Klebeadapter: Typ 8436 Montagemagnet: Typ 8452
Versionen	M14: verdrillte Leitung	

Vibration

IEPE Beschleunigungssensoren – dreiachsig





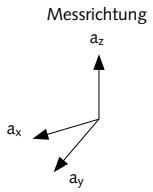


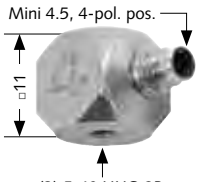
		Typ 8688…			Typ 8762…		
Technische Daten	**Typ**	**…A5**	**…A10**	**…A50**	**…A5**	**…A10**	**…A50**
Bereich	g	±5	±10	±50	±5	±10	±50
Empfindlichkeit, ±5 %	mV/g	1 000	500	100	1 000	500	100
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	0,5 … 3 000		0,5 … 5 000	0,5 … 6 000		
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>15		>25	>30		
Ansprechschwelle	mg_{rms}	0,14	0,16	0,36	0,3	0,35	1,2
Seitenempfindlichkeit	%	1,5			<5		
Linearitätsfehler	%FSO	±1			±1		
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	7 000		10 000	5 000	7 000	
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	0,17	0,23		–0,06	–0,02	
Betriebstemperaturbereich	°C	–40 … 55	–40 … 65		–55 … 80		
Speisung Strom	mA	2 … 20			2 … 18		
Speisung Spannung	VDC	22 … 30			20 … 30		
Stecker	Typ	4-pol. pos.			4-pol. pos.		
Gehäuse/Basis	Material	Titan			Aluminium hart eloxiert		
Dichtung	Typ	hermetisch			geschweisst/Epoxid		
Gewicht	Gramm	6,7		6,5	23		
Masseisolation		mit Pad			ja		
Datenblatt		8688A_000-843			8762A_000-456		

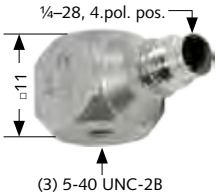
Eigenschaften	Hoch empfindlicher Miniatursensor, geringes Gewicht, geringe Seitenempfindlichkeit und masseisoliert, CE-konform	Hohe Empfindlichkeit, geringes Rauschen, dreiachsig, würfelförmig, masseisoliert, (3) 10-32 Montagegewindelöcher
Anwendung	Modalanalyse, Untersuchen von Strukturen	Modalanalysen an Fahrzeugkarosserien und Flugzeugen sowie allgemeines Messen von Vibration
Zubehör	Kabel: Typen 1734A...K00, 1734A...K03 Kuppler: Typ 5100 Serie Masseisolierter Montageclip: Typ 800M155… Masseisolierter Klebeadapter: Typ 800M157 Masseisoliertes Montagemagnet: Typ 800M159	Kabel: Typen 1756C, 1734A...K03 Verlängerungskabel: Typ 1578A Isolierter Montagebolzen: Typ 8400K07 Kuppler: Typ 5100 Serie
Versionen	...T: TEDS Option (siehe Seite 63)	...T: TEDS Option (siehe Seite 63)

Vibration

IEPE Beschleunigungssensoren – dreiachsig





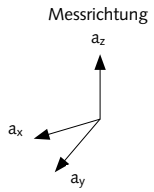


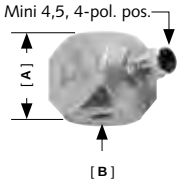
		Typ 8763…						Typ 8764…	
Technische Daten	**Typ**	**…B050**	**…B100**	**…B250**	**…B500**	**…B1K0A…**	**…B2K0A…**	**…B50**	**…B100**
Bereich	g	±50	±100	±250	±500	±1 000	±2 000	±50	±100
Empfindlichkeit, ±15 %	mV/g	100	50	20	10	5	2,5	100	50
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	0,5 … 7 000		1 … 10 000				0,5 … 10 000	
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>35		>55				>50	
Ansprechschwelle	mg_{rms}	0,4	0,6	1	2	3	4,5	<0,4	<0,6
Seitenempfindlichkeit	%	2,5						2,5	
Linearitätsfehler	%FSO	±1						±1	
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	5 000						5 000	
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	0,01		–0,04		0,02		0,01	
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 100		–55 … 120				–55 … 100	
Speisung Strom	mA	2 ... 18						2 … 18	
Speisung Spannung	VDC	22 … 30						22 … 30	
Stecker	Typ	Mini 4,5, 4-pol. pos. (Typ 8763B…A), ¼–28, 4-pol. pos. (Typ 8763B…B)						Mini 4,5, 4-pol. pos. (8764BxAx) ¼–28, 4-pol. pos. (8764BxBx)	
Gehäuse/Basis	Material	Titan						Titan	
Dichtung	Typ	hermetisch						hermetisch	
Gewicht	Gramm	4,5 (Typ 8763B…A) 5 (Typ 8763B…B)		3,6 (Typ 8763B…A) 4,1 (Typ 8763B…B)		3,6		6 (8764BxAx) 6,2 (8764BxBx)	
Masseisolation		mit Pad						ja	
Datenblatt		8763B_000-928						8764B_003-201	

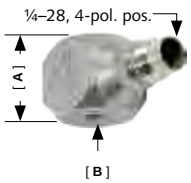
Eigenschaften	Miniaturwürfel, (3) 5-40 Bohrungen, geringes Gewicht, 4-pol. Stecker, keramisches Element, CE-konform	Geringes Gewicht, Orientierung frei wählbar, M4,5 oder ¼–28 Steckeroptionen, hermetisch dichte Titankonstruktion, geringe Basis-dehnempfindllichkeit, masseisoliert, TEDS Option, CE-konform
Anwendung	Dynamische Vibrationen, Stossmessungen, leichte Strukturen für Anwendungen im Automobilbau und der Luft- und Raumfahrtforschung und -entwicklung	Einsatz bei engen Platzverhältnissen, gut geeignet für viele Anwendungen in der Autoindustrie wie NVH und Lebensdauertests, Luft- und Raumfahrt, und Vibrationstests an Komponenten
Zubehör	Kabel: Typen 1784B…K03, 1756C…K03, 1734A Kuppler: Typ 5100 Serie Klebeadapter: Typ 8434, masseisoliert Montagebolzen: Typ 8400K04, masseisoliert 5-40 Bolzen zu M6 Bolzen Montagebolzen: Typ 8400K06, masseisoliert 5-40 Bolzen zu 10-32 Bolzen Montagebolzen: Typ 8440K01, klebemontiert, masseisoliert, 5-40 Bolzen Magnetischer Montageadapter: Typ 8480	Klebeadapter: Typen 8462K01, 8462K02 Kabel: Typen 1784B…K03, 1756C…K03, 1734A Kuppler: Typ 5100 Serie
Versionen	…T: TEDS Option (siehe Seite 63) …BxAx: M4,5, 4-pol. pos. …BxBx: ¼–28, 4-pol. pos. ...CBSP: Integriertes Kabel IP68 (wasserdicht)	…T: TEDS Option (siehe Seite 63) …B…A…: M4,5, 4-pol. pos. …B…B…: ¼–28, 4-pol. pos.

Vibration

IEPE Beschleunigungssensoren – dreiachsig





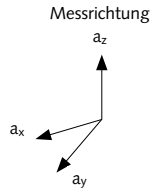


		Typ 8765…	Typ 8766…				
Technische Daten	**Typ**	**…A250M5**	**…A050**	**…A100**	**…A250**	**…A500**	**…A1K0A…**
Bereich	g	±250	±50	±100	±250	±500	±1 000
Empfindlichkeit, ±5 %	mV/g	20	100	50	20	10	5
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	1 … 9 000	1 … 6 000	1 … 10 000	0,5 … 10 000		1 … 12 000
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>50	>20	>30	>55		
Ansprechschwelle	mg_{rms}	2	2	4	6	10	20
Seitenempfindlichkeit	%	2,5	1,5	1,5	1,5		
Linearitätsfehler	%FSO	±1	±1	±1	±1		
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	5 000	5 000	5 000	5 000		
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	–0,004	–0,006	0,002	–0,005	–0,004	–0,01
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 165	–55 … 165 (H)	–55 … 165 (H)	–55 … 165 (H)		
Speisung Strom	mA	2 … 20	2 … 20	2 … 20	2 … 18		
Speisung Spannung	VDC	18 … 30	18 … 30	18 … 30	20 … 30		
Stecker	Typ	M4,5, 4-pol. pos.	Mini 4,5, 4-pol. pos. (Typ 8766A…A), ¼–28, 4-pol. pos. (Typ 8766A…B)				Mini 4,5, 4-pol. pos.
Gehäuse/Basis	Material	Titan	Titan				
Dichtung	Typ	hermetisch	hermetisch				
Gewicht	Gramm	6,4	7	7	4	4	4
Abmessungen [A] [B]	 mm Typ		12,5 (3) 6-32 UNC-2B x 3		10,9 (3) 5-40 UNC-2B x 3		
Masseisolation		ja	mit Pad				
Datenblatt		8765A_000-472	8766A_000-607				

Eigenschaften	PiezoStar®, sehr geringe Empfindlichkeitsänderung, hermetisch, masseisoliert, 4-poliger Miniaturstecker, CE-konform	PiezoStar®-Messelement, Hochtemperatur (165 °C), TEDS Option, hermetisch dichte Titankonstruktion, geringe Temperatur- und Basisdehnungsempfindlichkeit, Niederimpedanz-Spannungsausgang, CE-konform
Anwendung	Modalanalyse, bei erhöhter Umgebungstemperatur an Motoren und Getrieben von Fahrzeugen sowie der Luft- und Raumfahrt	Anwendungen unter der Motorhaube im Automobilbau sowie für Vibrationsprüfungen an Teilsystemen in der Luft- und Raumfahrt
Zubehör	Klebeadapter: Typen 8462K01, 8462K02 Kabel: Typ 1784BK03 Kuppler: Typ 5100 Serie	Kabel: Typen 1734A, 1756C, 1784B...K03 Kuppler: Typ 5134B Serie, 5100 Serie Montagebolzen: Typ 8400K02, masseisoliert, 6-32 Bolzen zu 10-32 Bolzen; Typ 8400K04, masseisoliert, 5-40 Bolzen zu M6 Bolzen; Typ 8400K05, masseisoliert, 6-32 Bolzen zu M6 Bolzen; Typ 8400K06, masseisoliert, 5-40 Bolzen zu 10-32 Bolzen; Typ 8440K01, selbstklebend, masseisoliert, 5-40 Bolzen (Typen 8766A250/500/1K0); Typ 8440K02, selbstklebend, masseisoliert, 6-32 Bolzen (Typ 8766A50); Typ 8452; magnetischer Montageadapter, 10-32 Gewinde; Typ 8440K04, selbstklebend, masseisoliert, 6-32 Bolzen (Typen 8766A050/100)
Versionen		...AxAx: M4,5, 4-pol. pos. …AxBx: ¼–28, 4-pol. pos. …H: Hochtemp. (165 °C) …T: TEDS Option (siehe Seite 63) ...CBSP : Integriertes Kabel IP68 (wasserdicht)

Vibration

IEPE Beschleunigungssensoren – dreiachsig

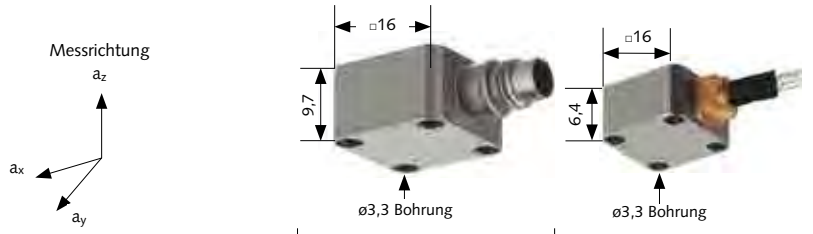


		Typ 8792…			
Technische Daten	**Typ**	**…A25**	**…A50**	**…A100**	**…A500**
Bereich	g	±25	±50	±100	±500
Empfindlichkeit, ±5 %	mV/g	200	100	50	10
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	1 … 5 000	0,5 … 5 000		1 … 5 000
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>54			
Ansprechschwelle	mg_{rms}	2	4	6	10
Seitenempfindlichkeit	%	1,5			
Linearitätsfehler	%FSO	±1			
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	2 000			5 000
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	–0,06			
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 100			–55 … 120
Speisung Strom	mA	2 … 20			
Speisung Spannung	VDC	20 … 30			
Stecker	Typ	4-pol. pos.			
Gehäuse/Basis	Material	rostfreier Stahl			
Dichtung	Typ	hermetisch			
Gewicht	Gramm	29			27
Masseisolation		ja			
Datenblatt		8792A_000-260			

Eigenschaften	Zentrale Montagebohrung, Quarzmesselement für den Schubeffekt, triaxial, geringe Basisdehnungsempfindlichkeit, weiter Frequenzbereich, masseisoliert, niedrige Bauart, CE-konform
Anwendung	Dank der zentralen Montagebohrung lassen sich die Sensoren einfach montieren und die X- und Y-Achsen bequem ausrichten. Geringe Bauhöhe für eingeschränkte Einbaubedingungen
Zubehör	Zylinderkopfschraube: 10-32x0,75, M5x20 mm Kabel: Typen 1578A, 1756C Kuppler: Typ 5100 Serie
Versionen	…T: TEDS Option (siehe Seite 63)

Vibration

IEPE Beschleunigungssensoren – dreiachsig

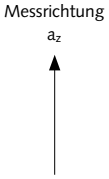


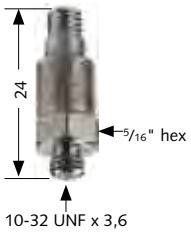
		Typ 8793…	Typ 8794…
Technische Daten	**Typ**	**…A500**	**…A500**
Bereich	g	±500	±500
Empfindlichkeit, ±5 %	mV/g	10	10
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	2,5 … 10 000	2,5 … 10 000
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>80	>80
Ansprechschwelle	mg_{rms}	2	2
Seitenempfindlichkeit	%	1,5	1,5
Linearitätsfehler	%FSO	±1	±1
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	5 000	5 000
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	–0,03	–0,03
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 120	–75 … 165
Speisung Strom	mA	2 … 18	2 … 18
Speisung Spannung	VDC	20 … 30	20 … 30
Stecker	Typ	4-pol. pos.	4-pol. pos.
Gehäuse/Basis	Material	rostfreier Stahl	rostfreier Stahl
Dichtung	Typ	hermetisch	geschweisst/Epoxid
Gewicht	Gramm	11	7,6
Masseisolation		mit Pad	ja
Datenblatt		8793A_000-261	8794A_000-263

Eigenschaften	Geringe Bauhöhe, stabile Quarzmesselemente für den Schubeffekt, hermetisch dicht, CE-konform	Geringe Bauhöhe, stabile Quarzmesselemente für den Schubeffekt, 2 m integr. Kabel, CE-konform
Anwendung	Besonders gut geeignet zum Messen von Vibration und Schock an kleinen und leichten Strukturen, bei extremen Temperaturen anwendbar	Die geringe Bauhöhe ist ein aerodynamischer Vorteil bei Flattertests während dem Flug wie auch bei allgemeinen Schock- und Vibrationsmessungen
Zubehör	Kopfschraube 4-40 x ½, M2,5x12 mm Kabel: Typen 1756C, 1734A Kuppler: Typ 5100 Serie Klebeadapter: Typ 800M144	Kabel: Typen 1756C, 1734A Verlängerungskabel: Typ 1578A Kupler: Typ 5100 Serie Montageschrauben: 4-40 x 3/8" and M2,5x10 mm Klebeadapter: Typ 800M144
Versionen	…T: TEDS Option (siehe Seite 63) …M5: Hochtemp. (165 °C) …M8: kryo Temp. (–195 °C)	…M5: Hochtemp. (165 °C)

Schocksensoren

IEPE Beschleunigungssensoren – einachsig





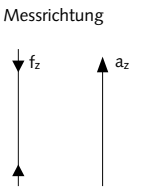
		Typ 8742…				Typ 8743…			
Technische Daten	**Typ**	**…A5**	**…A10**	**…A20**	**…A50**	**…A5**	**…A10**	**…A20**	**…A50**
Bereich	g	±5 000	±10 000	±20 000	±50 000	±5 000	±10 000	±20 000	±50 000
Empfindlichkeit, ±5 %	mV/g	1	0,5	0,25	0,1	1	0,5	0,25	0,1
Frequenzbereich	Hz	1 … 10 000 (±7 %)				1 … 10 000 (±7 %)			
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>100				>100			
Ansprechschwelle	mg_{rms}	130	250	500	1 300	130	250	500	1 300
Seitenempfindlichkeit	%	1,5				1,5			
Linearitätsfehler	%FSO	±1				±1			
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	50 000	50 000	50 000	100 000	50 000			100 000
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	–0,06				–0,06			
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 120				–55 … 120			
Speisung Strom	mA	2 … 20				2 … 20			
Speisung Spannung	VDC	18 … 30				18 … 30			
Stecker	Typ	10-32 neg.				10-32 neg.			
Gehäuse/Basis	Material	Titan/rostfreier Stahl				rostfreier Stahl			
Dichtung	Typ	hermetisch				hermetisch			
Gewicht	Gramm	4,5				4,5			
Masseisolation		mit Pad				mit Pad			
Datenblatt		8742A_000-250				8743A_000-564			

Anmerkung: Für die Option mit höherem g-Bereich kontaktieren Sie Kistler.

Eigenschaften	Einzigartiges Schubquarz-Messelement, geringe Seitenempfindlichkeit, grosse Bandbreite, weiter nutzbarer Frequenzbereich, CE-konform
Anwendung	Messen von Schock, Stoss und Vibration, Fahrzeugtechnik
Zubehör	Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie

Modalanalyse – Kraft

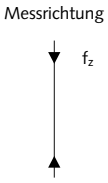
Impedanzkopf und Ladungskraftsensoren

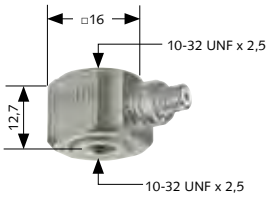


Typ 8770…

Technische Daten	Typ	…A5	…A50
Beschleunigung			
Bereich	g	±5	±50
Empfindlichkeit, ±10 %	mV/g	1 000	100
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	1 … 4 000	
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>16	
Ansprechschwelle	mg_{rms}	0,4	1
Seitenempfindlichkeit, typ.	%	1,5	1,5
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	0,14	
Kraft			
Bereich	N	±22	±222
Empfindlichkeit, ±10 %	mV/N	227	23
Ansprechschwelle	N	0,6	6
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	0,05	
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 80	–55 … 120
Spannungsversorgung	mA	2 … 20	
	VDC	20 … 30	
Stecker	Typ	10-32 neg.	
Gehäuse/Basis	Typ	Titan	
Dichtung	Typ	hermetisch	
Gewicht	Gramm	34	
Datenblatt		8770A_000-252	

Eigenschaften	Spannungsausgang, Empfindlichkeit unbeeinflusst vom Anzugsdrehmoment, weiter Frequenzbereich, CE-konform
Anwendung	Modalanalyse, typischerweise für die Einleitungen von Vibrationen im Kraftschluss über einen Schwingerreger in die Struktur. Misst die eingeleitete Kraft und Beschleunigung gleichzeitig
Zubehör	Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie





Typ 9212

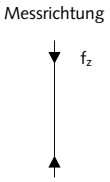
Technische Daten		
Druckbereich	N	22 000
Spannungsbereich	N	–2 200
Ansprechschwelle	N	*
Empfindlichkeit	pC/N	–11
Linearitätsfehler	%FSO	±1
Steifigkeit	kN/µm	>0,88
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	0,018
Betriebstemperaturbereich	°C	–240 … 150
Isolationswiderstand	Ω	10^{13}
Kapazität	pF	58
Gehäuse/Basis	Material	rostfr. Stahl
Dichtung	Typ	geschweisst/ Epoxid
Gewicht	Gramm	18
Datenblatt		9212_ 000-418

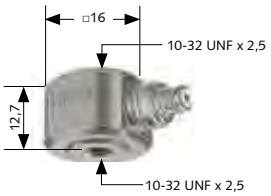
Eigenschaften	Hochohmig, Ladungsausgang, robuster Quarzsensor, weite Messbereiche für Druck und Spannung, quasistatisch
Anwendung	Kraftanwendungen wie Einpresskräfte, Crimpen und Schlagkrafttests; kann mit einem Schwingerreger verwendet werden für Modalanalyse, Werkzeugmaschinen-Messungen sowie bei Fahrzeugen, in der Luft- und Raumfahrt und Robotik
Zubehör	Kabel: Typ 1631C Ladungsverstärker: Typ 5000 Serie Stosszwischenlage: Typ 900A1

* Die Ansprechschwelle ist abhängig von den Ladungsverstärker-Einstellungen

Modalanalyse – Kraft

IEPE Kraftsensoren





		Typ 9712…				
Technische Daten	**Typ**	**…B5**	**…B50**	**…B250**	**…B500**	**…B5000**
Druckbereich	N	22	220	1 100	2 200	22 000
Spannungsbereich	N	–22	–220	–1 100	–2 200	–22 000
Ansprechschwelle	mN	0,4	4	20	40	400
Empfindlichkeit	mV/N	180	22	4,5	2,25	0,225
Linearitätsfehler	%FSO	±1				
Steifigkeit	kN/µm	>0,88				
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	0,036				
Betriebstemperaturbereich	°C	–50 … 120				
Speisung Strom	mA	4				
Speisung Spannung	VDC	20 … 32				
Stecker	Typ	10-32 neg.				
Gehäuse/Basis	Material	rostfreier Stahl				
Dichtung	Typ	hermetisch				
Gewicht	Gramm	19				
Datenblatt		9712_000-417				

Eigenschaften	Niederimpedanz Spannungsmodus, robuster Quarzsensor, weiter Messbereich, verwendet niederimpedante Standardkabel, CE-konform
Anwendung	Kraftanwendungen bei denen hohe Empfindlichkeit, hohe Steifigkeit und schnelle Reflexe gefordert sind
Zubehör	Kabel: Typen 1761B, 1761C Kuppler: Typ 5100 Serie Stosszwischenlage: Typ 900A1

Modalanalyse

IEPE Impulshammer

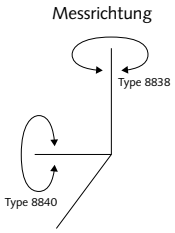
		Typ 9722…		Typ 9724…		Typ 9726…		Typ 9728…
Technische Daten	**Typ**	**…A500**	**…A2000**	**…A2000**	**…A5000**	**…A5000**	**…A20000**	**…A20000**
Kraftbereich	N	0 … 500	0 … 2 000	0 … 2 000	0 … 5 000	0 … 5 000	0 … 20 000	0 … 20 000
Frequenzbereich, –10 dB	Hz	8 200*	9 300*	6 600*	6 900*	5 000*	5 400*	1 000
Resonanzfrequenz	kHz	27		27		27		20
Empfindlichkeit	mV/N	10	2	2	1	1	0,2	0,2
Steifigkeit	kN/µm	0,8		0,8		0,8		2,56
Zeitkonstante	s	500		500		500		500
Betriebstemperaturbereich	°C	–20 … 70		–20 … 70		–20 … 70		–20 … 70
Speisung Strom	mA	2 … 20		2 … 20		2 … 20		2 … 20
Speisung Spannung	VDC	20 … 30		20 … 30		20 … 30		20 … 30
Stecker	Typ	BNC neg.		BNC neg.		BNC neg.		BNC neg.
Länge des Hammerstiels	mm	188		231		236		343
Hammerkopf: Durchmesser	mm	17,5		23		32		51
Hammerkopf: Länge	mm	61		89		94		154
Gewicht	Gramm	100		250		500		1 500
Datenblatt		9722A_000-272		9724A_000-273		9726A_000-274		9728A_ 000-275

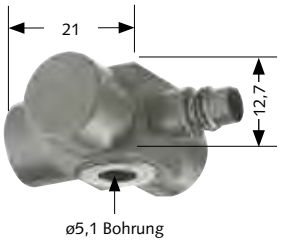
Eigenschaften	Niederimpedanz-Spannungsausgang, Quarz-Kraftmesselement im Hammerkopf integriert, CE-konform
Anwendung	Modalanalyse
Zubehör	Kabel: Typ 1601B… Kuppler: Typ 5100 Serie

* Die untere Grenzfrequenz hängt von der Zeitkonstanten und die obere Grenzfrequenz von der verwendeten Schlagspitze ab; klären Sie Details mit Kistler

Sensoren für Winkel-Beschleunigung

Winkel-Beschleunigungssensoren



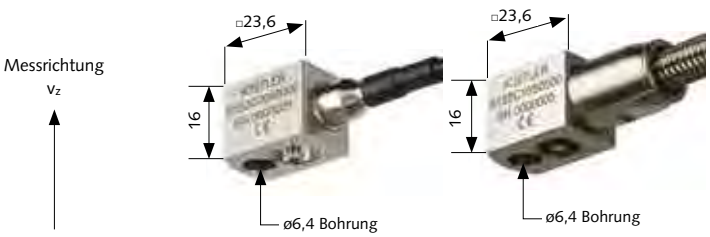


		Typ 8838	Typ 8840
Technische Daten			
Bereich	krads/s²	±150	±150
Empfindlichkeit, ±10 %	µV/rad/s²	35	35
Frequenzbereich, ±5 %	Hz	1 … 2 000	1 … 2 000
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>23	>23
Ansprechschwelle	rad/s²	4	4
Seitenempfindlichkeit	%	1,5	1,5
Linearitätsfehler	%FSO	±1	±1
Schock (1 ms Puls)	g_{pk}	5 000	5 000
Temp. Koeff. d. Empfindl.	%/°C	0,06	0,06
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 120	–55 … 120
Speisung Strom	mA	4	4
Speisung Spannung	VDC	20 … 30	20 … 30
Stecker	Typ	4-pol. pos.	4-pol. pos.
Gehäuse/Basis	Material	Titan	Titan
Dichtung	Typ	hermetisch	hermetisch
Gewicht	Gramm	18,5	18,5
Masseisolation		ja	ja
Datenblatt		8838_000-271	8838_000-271

Eigenschaften	Piezoelektrisches Schubquarz-Messprinzip, Messen axialer oder seitlicher Drehschwingungen, hermetisch dicht, leicht; praktische, durchgehende Montagebohrung, CE-konform	
Anwendung	Messen axialer oder seitlicher Drehbeschleunigungen an schwingenden, aber nicht rotierenden Strukturen	Messen seitlicher Drehbeschleunigungen an schwingenden, aber nicht rotierenden Strukturen
Zubehör	Kabel: Typen 1592M1, 1578A, 1786C	

Körperschall

Körperschallsensoren/Konditionierung



Typ 8152...			
Technische Daten	**Typ**	**...C0...**	**...C1...**
Frequenzbereich	kHz	50 ... 400	100 ... 900
Empfindlichkeit, nom.	$dB_{ref\ 1\ V\ (m/s)}$	57	48
Schock (0,5 ms Puls)	g	2 000	
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 ... 165	
Seitenempfindlichkeit	%	1,5	1,5
Speisung Strom	mA	3 ... 6	
Spannung (Kuppler)	VDC	5 ... 36	
Ausgangsspannung (FSO)	V	±2	
Ruhespannung	VDC	2,2	
Gewicht	Gramm	29	
Gehäuse	Material	rostfreier Stahl	
Dichtung	Typ	hermetisch	
Masseisolation		ja	
Datenblatt		8152C_003-120	

Typ 5125C...		
Technische Daten		
Sensorspeisung Strom	mA (±10 %)	±4,3
Frequenzbereich	kHz	Default: 50 … 1 000
Ausgang 1 Ausgang 2 Ausgang 3 Ausgang 4	mA VDC RMS VAC, Roh-AE Signal	4 ... 20 0 ... 10 Alarmschalter 0 ±5
Verstärkung		Default: 10 (einstellbar durch Benutzer = 1 o. 100)
Spannung	VDC	18 ... 35
Betriebstemperaturbereich	°C	–40 … 80
Abmessungen (BxHxT)	mm	133x86x105
Stecker	Typ	Kabeldurchführung (Lötanschlüsse) oder Kabelkanaladapter
Gewicht	Gramm	1 100
Datenblatt		5125C_003-119 5125C_003-121

Eigenschaften	Hohe Empfindlichkeit und weiter Frequenzbereich, inhärente Hochpass-Charakteristik, robust, industrietauglich (Hochtemperatur, hermetisch dicht, IS/ATEX Optionen erhältlich), masseisoliert, integriertes Kabel umflochten oder nicht umflochten erhältlich, CE-konform	
Anwendung	Messung von Oberflächenschwingungen mit hoher Energie über 50 kHz in der Oberfläche von Komponenten, Strukturen oder Systemen aus Metall. Erfassung von Durchflussstörungen, Leckagen, plastischen Materialverformungen, Rissbildung, Bruch, Reibung und Materialermüdung. Zerstörungsfreie Prüfungen sowie die ständige Online-Überwachung von kontinuierlichen Prozessen für die zustandsabhängige und vorbeugende Wartung. Die Option mit ATEX-Zertifizierung ermöglicht den Einsatz in gefährlichen Umgebungen, wie beispielsweise Anwendungen in der verarbeitenden Industrie, wo explosive Gase und Staub immer vorhanden sind	
Zubehör	Magnet: Typ 8443B	
Versionen	Typ 8152Cxyy00... : PFA Kabel (yy = Länge in m) Typ 8152Cxyyyy... : Umflochtenes Kabel (yy = Länge in m) Typ 8152C.....0: nicht eigensicher Typ 8152C.....1: Zertifizierung Zone 0 in Europa & N.A. Typ 8152C.....2: Zertifizierung Zone 2 in Europa & N.A.	Typ 5125C0 / 1: nicht eigensicher Typ 5125C0x0x: Zertifizierung Zone 0 in Eurpa & N.A. Typ 5125C0x2x: Zertifizierung Zone 2 in Eurpa & N.A.

Elektronik

Messverstärker für IEPE Sensoren

		Typ 5108A	Typ 5110	Typ 5114	Typ 5118B2
Technische Daten	**Typ**	**IEPE**	**IEPE**	**IEPE**	**IEPE**
Kanäle	Anzahl	1	1	1	1
Sensorspeisespannung	VDC	20	20	20	24
Sensorspeisung Strom	mA	4	2	2	2
Frequenzbereich	Hz	0,02 … 87 000	0,07 … 60 000	0,07 … 60 000	0,02 … 40 000
Ausgangssignal Spannung	V	±10	±9	±10	±10
Verstärkung		1	1	1	1, 10, 100
Speisespannung		Bananenstecker (22 ... 30 VDC)	Batterie: 9 V alkalisch (IEC 6LR61)	Batterie: 9 V alkalisch (IEC 6LR61)	4x1,5 V AA, alkalisch
Betriebstemperaturbereich	°C	0 … 50	–10 … 55	–10 … 55	–20 … 50
Abmessungen (BxHxT)	mm	96x43x28	109x61x25	81x150x36	97x48x180
Stecker	Typ	Eingang: BNC neg. Ausgang: BNC pos. Speisung: Bananenstecker, Polarität (+ rot, – schwarz)	Eingang/Ausgang: BNC neg.	Eingang/Ausgang: BNC neg.	Eingang/Ausgang: BNC neg.
Gewicht	kg	0,064	0,15	0,25	0,5
Datenblatt		5108A_000-328	5110_000-329	5114_000-330	5118B_000-331
Eigenschaften		Einfache Bedienung, AC-gekoppelt, Verpolschutz. Wird zum Betreiben von Piezotron-Sensoren mit eingebauter Elektronik verwendet. CE-konform	Wandelt ein Digitalmultimeter in ein tragbares Schwingungsmessgerät, zur Überprüfung von IEPE-Sensoren, batteriebetrieben	Konstantstromspeisung, Zustandsüberwachung von Sensor und Kabel, 3,5" LCD, AC-DC oder Batteriespeisung, CE-konform	Wählbare Verstärkung und steckbare Tiefpassfilter, zwei Hochpassfilter, frontseitig wählbar, exklusive "Rapid Zero" Schaltung, Betrieb mit eingebauten Batterien, Netzgerät oder beliebiger DC-Quelle, CE-konform
Anwendung		Bietet eine DC-Stromversorgung für den Sensor mit IEPE-Elektronik und kuppelt das Messsignal für die Messung aus	Verwandelt ein gewöhnliches Digitalmultimeter in eine einfaches Werkzeug zur Beschleunigungsmessung, ideal für Prüfungen unter rauhen Umgebungsbedingungen und zur Fehlersuche an IEPE-Sensoren	Stromversorgung und Monitor für Piezotron (IEPE)-Sensoren	Speisen von Sensoren mit Spannungsausgang, wenn die Prüfbedingungen flexible Signalaufbereitung erfordern
Zubehör		Kabel: Typen 1761B, 1761C		AC-DC Netzgerät: Typ 5752	AC-DC Netzgerät: Typ 5752 Einbausatz für Schalttafeleinbau: Typ 5702 steckbare Tiefpassfilter: Typen 5326A…, 5327A…
Versionen			Typ 5110S1 Set: mit Tragetasche, Klebewachs und 9 V Batterie	Typ 5114: 9 V alkalische Batterie Typ 5114S1: 9 V alkalische Batterie, 115 VAC Netzgerät und Tragetasche Typ 5114S1(E): wie S1 mit 230 VAC Netzgerät	

Elektronik

Messverstärker für IEPE Sensoren

		Typ 5134B…	Typ 5148	Typ 5127B…
Technische Daten	**Typ**	**IEPE**	**IEPE**	**IEPE**
Kanäle	Anzahl	4	16	1
Sensorspeisespannung	VDC	24	24	24
Sensorspeisung Strom	mA	0 … 15	0 ... 750	0,1 ... 30 000
Frequenzbereich	Hz	0,1 … 68 000	0,05 … 50 000	0,1 … 30 000
Ausgangssignal Spannung	V	±5/±10 einstellbar	±10	±10
Verstärkung		0,5 … 150	1	1, 10
Speisespannung	Typ	115/230 VAC	115/230 VAC	22 ... 30 V
Betriebstemperaturbereich	°C	0 … 60	0 … 50	0 … 60
Abmessungen (BxHxT)	mm	94x150x195	425x45x221	115x64x35
Stecker	Typ	Eingang/Ausgang: 4 BNC neg.	Eingang/Ausgang: 16 BNC neg.	Eingang: BNC neg. oder Stopfbuchse Ausgang: 8-pol. Rundstecker DIN 45326
Gewicht	kg	1,8	2,5	0,27
Datenblatt		5134B_000-605	5148_000-333	5127B_000-323
Eigenschaften		USB 2.0 Schnittstelle für Fernsteuerung und Überwachung. LEDs auf der Frontplatte zur Fehlerdiagnose jedes Kanals, nichtflüchtiger Speicher für Einstellparameter, feineinstellbare Verstärkung und wählbare 4-pol. Tiefpassfilter, TEDS-kompatibel, CE-konform	Konstantstromspeisung für Piezotron und piezoelektrische Sensoren mit Spannungsausgang, Messkettenüberwachung mit LEDs, praktische BNC-Stecker auf Front- und Rückseite, montierbar in Standardrack, CE-konform	Eingebauter RMS-Konverter und Grenzwertschalter, steckbare Filter, robustes Gehäuse und vibrationsfester Aufbau, CE-konform
Anwendung		Allgemeiner Laborbetrieb von ein- oder dreiachsig messenden Beschleunigungssensoren	Preiswertes Speisen von Sensoren mit Spannungsausgang bei Vielkanal-Anwendungen	Vibrations- und Körperschallsensoren
Zubehör			Netzgerät: Typ 5754 (115 V) Typ 5764 (230 V)	Einschub, Tief-/Hochpassfilter und RMS Zeitkonstante: Typ 53xx 8-pol. Rundstecker: Typ 1500A57 Strom- und Signalkabel: Typ 1500A31
Versionen		mit Gehäuse: Typ 5134B1 ohne Gehäuse: Typ 5134B0		*Verlangen Sie das Datenblatt für die vollständige Bestellbezeichnung

Elektronik

Messverstärker für MEMS Sensoren

		Typ 5210	Typ 5146A15
Technische Daten	**Typ**	**MEMS kapazitiv**	**MEMS kapazitiv**
Kanäle	Anzahl	1	15
Kompatible Sensoren			
Sensorspeisespannung	VDC	9	12 ±1
Sensorspeisung Strom	mA	25	25
Ausgangssignal Spannung	V	±8	±8
Verstärkung		1, 2, 10, 20	1
Speisespannung	Typ	9 V Batterie	100 ... 240 VAC 50 ... 60 Hz oder +12 VDC
Betriebstemperaturbereich	°C	–10 … 55	0 … 40
Abmessungen (BxHxT)	mm	147x91x33	425x88x305
Stecker	Typ	Sensor: 4-pol., Microtech pos. Ausgangssignal: BNC neg. Externe DC Speisung: 2,1 mm Buchse (tip +)	Sensorausgang: 30 BNC oder 37-pol. D-Sub Sensoreingang (Typ 8315A...): 15 x 4-pol. male ¼–28 Sensoreingang (Typ 8395A...): 5 x DB9 female
Gewicht	kg	0,26	3,55
Datenblatt		5210_000-334	5146A15_003-113

Eigenschaften	Einstellbarer Nullpunkt für das Messen mit höherer Auflösung, Speisung mit eingebauter Batterie oder externer Spannungsquelle, einstellbare Verstärkung und steckbare Tiefpassfilter, Anzeige bei schwacher Batterie, als vollständiges Set in Tragetasche erhältlich, CE-konform	Bieten eine Schnittstelle zwischen kapazitiven Beschleunigungssensoren mit einpoligem, differentiellem, einachsigem oder dreiachsigem Ausgang und den Messgeräten; das 15-Kanal-Gerät wird mit einer Eingangsspannung von 100 ... 240 VAC oder einem anderen Netzteil mit +12 VDC, wie z. B. in einem Fahrzeug betrieben
Anwendung	Speisen aller einachsig messenden K-Beam Beschleunigungssensoren. Für einfaches Überprüfen bis zum eingehenden Untersuchen geeignet	Liefert den Erregungsstrom und dient als Anschlussgehäuse für die kapazitive Beschleunigungssensor-Familie vom Typ 8315A... und 8395A...; ein robustes und universell einsetzbares Gerät, das einem Schwingungsmesssystem sowohl bei Labor- als auch Feldanwendungen eine ausgezeichnete Tragbarkeit verschafft
Zubehör	Netzgerät: Typ 5752	Netzgerät: Typ 8752 DC Versorgungskabel auf Kabelschwanz endend: Typ 704-2068001
Versionen	Typ 5210: 9 V Batterie Typ 5210S1: 9 V Batterie, 115 V Netzgerät, Typ 5752 und Tragetasche Typ 5210S1(E): wie S1 mit 230 V Netzgerät Typ 5757	

Elektronik

Dual-Mode Ladungs-/IEPE-Verstärker

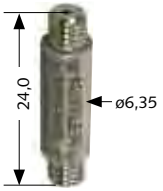
		Typ 5015A/5018A	Typ 5165A... *
Technische Daten	**Typ**	**Ladungsverstärker mit IEPE-Option**	**Dual Mode Ladung/IEPE**
Messbereich	pC	±2 … 2 200 000	±100 ... 1 000 000
Kanäle	Anzahl	1	1/4
Frequenzbereich (Standardfilter)	Hz	0 ... 200 000	0,1 ... 100 000
Spannungsausgang	V	±2 … ±10	0 ... ±10
Stromausgang	mA	2	2
Genauigkeit	%	<±0,5 ... <±3	<±0,5 ... <±1
Integrierte Datenerfassung	kSps/Ch	nein	bis zu 200
Speisung		115/230 VAC	18 ... 30 VDC
Betriebstemperaturbereich	°C	0 … 50	0 ... 60
Fernbedienung	Typ	6-pol.; DIN 45322 RS-232C: 9-pol. D-Sub	Ethernet (RJ45 Stecker)
Abmessungen (LxBxH)	mm	250x105x142 (mit Gehäuse)	223x218x51
Stecker	Typ	Eingang/Ausgang: BNC neg.	Eingang/Ausgang: BNC neg.
Gewicht	kg	≈2,3	≈1,2
Datenblatt		5015A_000-297; 5018A_000-719	5165A_003-146

Eigenschaften	Einkanal-Ladungsverstärker, LCD Menü, Echtzeitanzeige der Messwerte, Piezotron-Eingang optional, CE-konform	Für Hoch- und Niederimpedanzsensoren; Kommunikation über Ethernet; Konfiguration über Web-Interface; integrierte Datenerfassung; Vorderseite LEDs für Statusanzeige für jeden Eingang und Ausgang; digitaler Hochpass-, Tiefpass- und Kerb-Filter; TEDS kompatibel; CE-konform
Anwendung		Allgemeine Vibrationsmessungen in Forschung, Entwicklung und Labor, verwendet mit ein- oder dreiachsigen Beschleunigungssensoren, misst dynamisch Druck, Kraft, Dehnung und Beschleunigung von piezoelektrischen Sensoren
Zubehör		Netzteil: Typ 5779A2 Trägerplatte für Montage in 19"-Rack: Typ 5748A1
Versionen	Typ 5015A1...: mit Gehäuse Typ 5015Ax1: mit IEEE Schnittstelle Typ 5015Axxx1: mit Piezotron (IEPE) Typ 5018A1...: mit Gehäuse Typ 5018Axxx2: mit Piezotron (IEPE)	1-Kanal: Typ 5165A1 4-Kanäle: Typ 5165A4

* Typ 5165A... ist erhältlich ab dem 2. Quartal 2015

Elektronik

In-line IEPE Signalkonditionierung

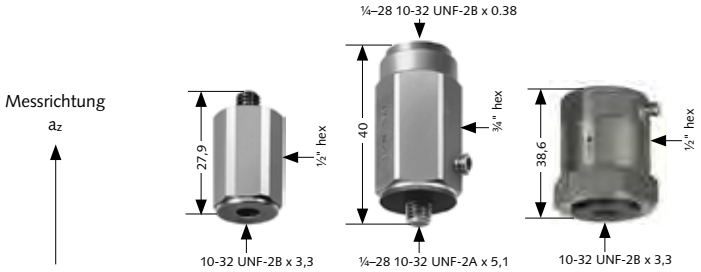


		Typ 5050B…					Typ 557	Typ 558
Technische Daten	**Typ**	**…B0,1/0,1T**	**…B0,5/0,5T**	**…B1/1T**	**…B10/10T**	**…B25/25T**		
Ausgangssignal Spannung	Vpp	10				10	10	10
Verstärkung	mV/pC	0,1	0,5	1	10	25	0,97	0,97
Rauschen (breitbandig 1 … 10 kHz)	μV_{rms}	5	5	5	15	35	25	25
Eingangswiderstand min.	kΩ	100					$5x10^8$	$5x10^8$
Eingangskapazität	pF	30 000					3	3
Frequenzbereich, –5 %	Hz	0,5 … 50 000	0,5 … 50 000	0,5 … 50 000	2 … 50 000	5 … 50 000	0,1 … 100 000	0,1 … 100 000
Konstantstrom	mA	2 … 18					4	4
Versorgungsspannung	VDC	20 … 30					20 … 30	20 … 30
Betriebstemperaturbereich	°C	–55 … 65					–55 … 120	–55 … 120
Signalpolarität		vertauscht						
Dichtung	Typ	geschweisst/Epoxid					geschweisst/Epoxid	
Gehäuse/Basis	Material	rostfreier Stahl					304 rostfreier Stahl	304 rostfreier Stahl
Montage	Typ	in-line					am Sensor	in-line
Eingangsstecker	Typ	10-32 neg.					10-32 pos.	10-32 neg.
Ausgangsstecker	Typ	BNC neg.					10-32 neg.	10-32 neg.
Abmessungen (BxD)	mm	71x16					20x6,4	24x6,4
Gewicht	Gramm	28					2,1/2,6	2,6
Datenblatt		5050B_003-073					557_000-388	557_000-388

Eigenschaften	Zwei-Leiter, "Single-ended" Fernladungswandler, robustes Edelstahlgehäuse, weiter Frequenzbereich, drei verfügbare Verstärkungsfaktoren, gut geeignet für piezokeramische Sensoren mit Ladungsausgang, TEDS Variante erhältlich, CE-konform	Kompatibel zu hochimpedanten Quarz-Sensoren mit zusätzlichen Bereichskondensatoren (Typ 571A) zur Anpassung des Ausgangssignals. Benötigt für den Betrieb eine Konstantstromquelle. Ideal für Quarz-Sensoren
Anwendung	In-line Fernladungswandler für hoch-impedante Beschleunigungssensoren mit Ladungsausgang, geeignet für die separate Signalkonditionierung von Hochtemperatursensoren bei Schwingungsmessungen	Umwandlung der Ladungssignale piezoelektrischer Sensoren mit Ladungsausgang in proportionale Spannungssignale. Ideal für ferngesteuerte Signalaufbereitung bei Hochtemperatur-Messungen mit hochohmigen Sensoren
Zubehör	Kabel: Typ 1635C… (Eingang), Typ 1511B (Ausgang) Kuppler: Typ 5100 Serie	Bereichskondensator: Typ 571A…
Versionen	TEDS: Typ 5050B…T (siehe Seite 63)	

Kalibrierung und Testgeräte

Sensoren und Signalkonditionierung



		Typ 8802A1	Typ 8804A1
Technische Daten			
Beschleunigungsbereich	g	±250	±250
Zulässige Beschleunigung	g	±1 000	±1 000
Ansprechschwelle	mg_{rms}	20	10
Systemempfindlichkeit (@ 100 Hz, 24 °C ±10 g)	mV/g	10 ±0,01	10 ±0,01
Frequenzbereich	Hz	10 … 10 000	10 … 10 000
Seitenempfindlichkeit, @ 100 Hz	%	2	2
Zeitkonstante	s	1	1
Linearitätsfehler	%	±0,5	±0,5
Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit	%/°C	–0,036	–0,036
Betriebstemperaturbereich	°C	4 ... 40	4 ... 40
Ausgangssignal Spannung, FSO	V	±2,5	±2,5
Ausgangswiderstand	Ω	<15	<15
Speisung Spannung	VAC	115/230	115/230
Stecker	Typ	10-32 neg. BNC neg.	10-32 neg. BNC neg.
Gewicht (Sensor)	Gramm	20	80
Masseisolation		nein	ja
Datenblatt		8802_ 000-520	8804_ 000-521
Eigenschaften		Dieses Kalibriersystem zeichnet sich durch eine einzigartige Stabilität, Linearität und Wiederholpräzision aus. Typ 8802 besteht aus Typ 8002K und einem Ladungsverstärker Typ 5022, kalibriert als ein System, CE-konform	
Anwendung		Kalibrieren von Gebrauchsnormalen	

		Typ 8002K	Typ 8076K	Typ 8080A050...
Technische Daten		**Ladungsmodus**	**Ladungsmodus**	**IEPE/ Spannungsmodus**
Bereich	g	±1 000	±1 000	50
Empfindlichkeit, ±0,1	pC/g mV/g	–1	1	100
Frequenzbereich	Hz	≈0 … 6 000 (–1, ±5 %)	0,5 … 5 000 (±4 %)	0,5 … 10 000 (±5 %)
Resonanznennfrequenz (nom.)	kHz	>40	>33	>20
Ansprechschwelle	mg_{rms}	20	10	5
Seitenempfindlichkeit	%	≤2	≤2	≤3
Linearitätsfehler	%FSO	±0,5	±0,5	≤1
Temp. Koeff. d. Empf.	%/°C	–0,03	0,01	–0,05
Betriebstemp.-bereich	°C	–70 ... 120	–20 ... 65	–55 ... 100
Stecker	Typ	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.
Gehäuse/Basis	Material	rostfreier Stahl	rostfreier Stahl	rostfreier Stahl
Dichtung	Typ	Epoxid	Epoxid	hermetisch
Gewicht	Gramm	20	80	175
Messelement	Typ	Quarz	Quarz	PiezoStar®
Datenblatt		8002_000-205	8076K_000-210	8080A050_ 003-171
Eigenschaften		Ladungsausgang, stabiles Quarzmesselement mit hoher Wiederholgenauigkeit, weiter Betriebstemperaturbereich, CE-konform	Ladungsausgang, Quarzmesselement mit hoher Genauigkeit und Stabilität, robust, geringe Empfindlichkeit auf Basisdehnung, masseisoliert, CE-konform	Hohe thermische Stabilität, geringe Basisdehnung, Langzeitstabilität, hoher Frequenzgang, minimale Empfindlichkeit auf Schaukelbewegung, masseisoliert, CE-konform
Anwendung		Bildet zusammen mit Typ 5022 eine vollständige Transfernormal-Messkette	Bildet zusammen mit Typ 5022 eine vollständige Gebrauchsnormal-Messkette für das Back-to-Back-Verfahren	Übertragungsstandard für Back-to-Back-Kalibrierung von Beschleunigungssensoren, ideal auch für Vor-Ort Kalibrierungen
Zubehör		Montagebolzen: Typ 8402 Kabel: Typ 1631C Ladungsverstärker: Typ 5022	Montagebolzen: Typ 8410 Kabel: Typ 1631C Ladungsverstärker: Typ 5022	Montagebolzen: Typen 8412, 8421, 8410, 8414, 8406 Kabel: Typ 1761B... Kuppler: Typ 51... Serie
Versionen				...A: ¼–28 UUT Gewinde ...B: 10-32 UUT Gewinde

Kalibrierung und Testgeräte

Referenzschwingerreger, Isolationsprüfgerät und HSU-Nielsen Test Set

Typ 8921B...

Technische Daten	Typ	8921B01	8921B02
Referenzfrequenz	Hz	159,2	einstellbar: 15,92 ... 1 280
Amplitude Beschleunig. $_{rms}$, ±3 %	g	1	einstellbar: 0,102 ... 2,039
Geschwindigk. $_{rms}$, ±3 %	mm/s	10	1 ... 20
Weg $_{rms}$, ±3 %	µm	10	1 ... 200
Max. zul. Masse d. Prüflings	Gramm	600	500
Betriebstemperaturbereich	°C	–10 ... 55	–10 ... 55
Betriebsdauer	h	5	5
Speisung		eingeb. Batterie, wiederaufladbar	eingeb. Batterie, wiederaufladbar
Batterieladegerät Eingangsspannung	VAC Hz	100 ... 240 50/60	100 ... 240 50/60
Ausgangsspannung	VDC	11 ... 18	11 ... 18
Ausgangsstrom	A	<1	<1
Abmessungen (HxBxD)	mm	100x100x120	100x100x120
Datenblatt		8921B_003-090	8921B_003-090

Eigenschaften	Testmessung Systemintegrität, praktisch, unabhängig und tragbar, aufladbarer Akku, testet Sensoren bis zu 500 g, CE-konform, Typ 8921B02 hat wählbare Referenzfrequenz und Amplituden
Anwendung	Referenzschwingerreger Typ 8921B... zur Überprüfung von Beschleunigungs-, Geschwindigkeits- und Wegsensoren
Zubehör	Bolzen 10-32 auf M5, Typ 8451 Bolzen ¼–28 auf M5, Typ 8453
Versionen	mit Steckernetzteil 110 ... 230 VAC

Typ 5493

Technische Daten		
Anzahl der Kanäle		1
Messbereiche FS	Ω	10^{11} ... $4x10^{13}$
Messspannung	V	5
Max. kapaz. Last (Kabellänge)	nF nF	10 100
Messanzeige		logarithmisch
Batteriespeisespannung	VDC	9
Eingangssignal	Typ/ Stecker	BNC neg.
Abmessungen (LxBxH)	mm	36x81x150
Stecker	Typ	Lötanschlüsse
Gewicht	kg	0,29
Schutzart nach IEC/EN 60529		IP50
Datenblatt		5493_000-354

Eigenschaften	Klein, robust, zur Messung hoher Isolationswiderstände vor Ort; niedrige Messspannung von 5 V, logarithmische Anzeige macht Bereichsumschaltung unnötig, automatische Abschaltung, CE-konform
Anwendung	Batteriebetriebener Tester ideal für Routine- und Feldprüfung von piezoelektrischen Sensoren, Ladungsverstärkern und Kabeln

Typ KIG-4930A

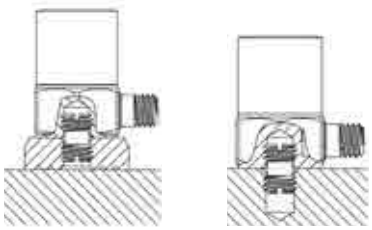
Technische Daten	
Enthält:	2 Bleistifte mit 0,35 mm und 0,5 mm; 2 H Minen sowie mit speziellem Kunststoffspitzen-Adapter

Anwendung	HSU-Nielson-Test nach ASTM Std. E976: Generiert einen scharfen Impuls mit niedriger Amplitude, ermöglicht die Kalibrierung von Körperschallsensoren (AE-Sensoren) oder die Resonanzfrequenzbestimmung eines montierten Beschleunigungssensors

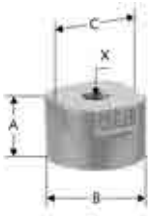
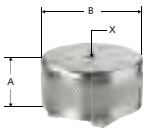
Zubehör

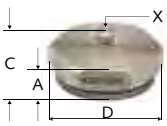
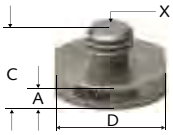
Montage

Das Zubehör erhöht oft die Flexibilität von Beschleunigungssensoren, die manchmal nicht unter optimalen Bedingungen montiert werden können. Klebeadapter gewährleisten beispielsweise Masseisolation und ermöglichen zudem das Montieren an Stellen, an denen kein Montagesackloch gebohrt werden kann. An eisenhaltigen Strukturen ermöglichen magnetische Montageadapter alternative Befestigungslösungen. In diesem Kapitel werden auch verschiedene Übergangsmontagestutzen vorgestellt, die das Montieren eines Beschleunigungssensors mit einem anderen als dem vorhandenen Montagegewinde erlauben. Montagewürfel ermöglichen genaues, orthogonales Messen zu einem erschwinglichen Preis.



Magnetische Montage – siehe Datenblatt 8400_000-281 für weitere Informationen

Technische Daten	Typ	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Gewinde X	Haltekraft (N)	Gewicht (Gramm)	Max. Temp. (°C)	Material	Empfohlene Sensortypen
	8450A	7,6	12,7	11,2	5-40	26,7	1,25	170	17-4 PH rostfreier Stahl	8763, 8730
	8452A	11,2	17,8	15,9	10-32	55	19	260	17-4 PH rostfreier Stahl	8274, 8702, 8703, 8704, 8705, 8774, 8784, 8763, 8202, 8786, 8290, 8766A50/050/100/250/500
	KIG4662B-4	10,9	18,0	12,7	10-32	55	17	80	rostfreier Stahl	
	KIG4662B-1	10,9	18,0	12,7	6-32	55	17	80	rostfreier Stahl	8714B
	KIG4662B-5	9,9	11,9	9,9	M2,5	55	8	80	rostfreier Stahl	8765, 8705
	KIG4662B-6	5,8	9,4	7,1	5-40	20	8	80	rostfreier Stahl	8730, 8640
	8456	11,2	24,9	–	¼-28	135	57	170	17-4 PH rostfreier Stahl	8203
	KIG4662B-3	14,0	18,0	–	10-32	50	16	80	rostfreier Stahl	8702, 8705
	KIG4662B-2	14,0	18,0	–	¼-28	50	16	80	rostfreier Stahl	8752
	8458	26,9	47,2	–	¼-28	180	102	–	17-4 PH rostfreier Stahl	8203, 8712

Technische Daten	Typ	A (mm)	C (mm)	D (mm)	Gewinde X	Haltekraft (N)	Material	Empfohlene Sensortypen
	8466K03	6,4	8,9	24,6 Hex	10-32	100	303 rostfreier Stahl	8395A
	800M159	2,5	6,3	11,1	10-32	40	17-4 PH rostfreier Stahl	8688A
	800M160	2,5	5,1	9,4	5-40	30	17-4 PH rostfreier Stahl	8315A

Zubehör

Montage

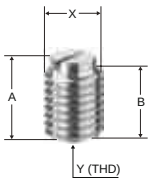
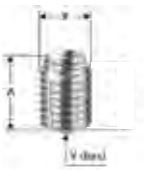
Magnetische Montage – siehe Datenblatt 8400_000-281 für weitere Informationen

Technische Daten	Typ	A (Dicke)	B (mm)	C (mm)	Gewinde X	Haltekraft (N)	Material	Empfohlene Sensortypen
	8464K03	7,6	21,6	25,4	4-40	100	17-4 PH rostfreier Stahl	8315A

Montagebolzen – siehe Datenblatt 8400_000-281 für weitere Informationen

Technische Daten	Typ	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Gewinde X	Gewinde Y	Material	Empfohlene Sensortypen
	8402	7,1	2,5	2,5	10-32	10-32	BeCu	8290, 8795, 8002K, 8202, 8702, 8704, 8703, 8705, 8784, 8786, 8395, 8762, 8770
	8404	7,1	2,5	2,5	10-32	10-32	17-4 PH rostfreier Stahl	8044
	8406	5,8	2,0	2,0	10-32	10-32	BeCu	8076K
	8410	6,4	3,3	2,0	¼-28	10-32	BeCu	8076K, 8203, 8712A, 8784, 8786
	8411	10,4	6,6	2,8	M6	10-32	BeCu	8290, 8795, 8202, 8702, 8704, 8703, 8705, 8784, 8786, 8762, 8770, 8002K
	8416	6,6	3,3	2,3	10-32	5-40	316 rostfreier Stahl	8763, 8766A250/500/1K0
	8418	7,1	3,8	2,3	M6	5-40	316 rostfreier Stahl	8763, 8766A250/500/1K0
	8421	12,2	7,5	3,0	M8	¼-28	BeCu	8203A, 8712A
	8430K03	6,9	3,6	2,3	10-32	6-32	BeCu	8766A50, 8766A050/100
	8451	8,8	5,1	2,8	M5	10-32	BeCu	8688, 8290, 8795, 8202, 8702, 8704, 8703, 8705, 8762, 8784, 8786, 8770, 8002K
	8453	9,8	3,8	5,1	¼-28	M5	BeCu	8712

Bolzen-Umwandler – siehe Datenblatt 8400_000-281 für weitere Informationen

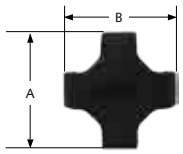
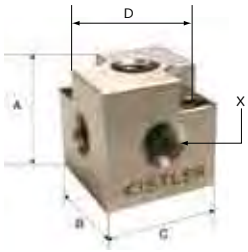
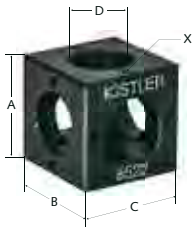
Technische Daten	Typ	A (mm)	B (mm)	Gewinde X	Gewinde Y	Material	Empfohlene Sensortypen
	8414	9,5	8,1	¼-28	10-32	17-4 PH rostfreier Stahl	8076K, 8484
	8414E	9,5	8,1	¼-28	M5	17-4 PH rostfreier Stahl	
	8484	5,5	3,4	10-32	5-40	17-4 PH rostfreier Stahl	
	8486	5,5	3,4	10-32	M3	17-4 PH rostfreier Stahl	
	8412	9,5	–	¼-28	Hex	18-8 rostfreier Stahl	8712A, 8076K
	8420	9,5	–	5-40	Hex	18-8 rostfreier Stahl	8763
	8414M03	8,9	–	¼-28	4-40	VascoMax® C-300	

VascoMax® ist ein eingetragenes Warenzeichen von Teledyne Vasco.

Zubehör

Montage

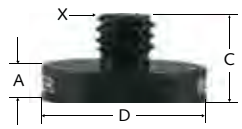
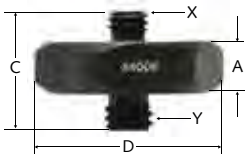
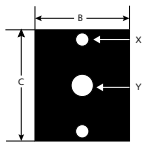
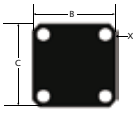
Dreiachsige Montagewürfel und klebende Montage-Clips – siehe Datenblatt 8400_000-281 für weitere Informationen

	Technische Daten	Typ	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	Gewinde X	Gewicht (Gramm)	Material	Empfohlene Sensortypen
Montage-Clips		8474	19,6	17,8	18,5	–	–	–	thermoplastischer Kunststoff	8772A
		800M156	16,5	16,5	–	–	–	–	Polykarbonat	8640A
		800M155	20,1	20,1	–	–	–	–	Polykarbonat	8688A
Dreiachsige Montagewürfel		8502	25,4	25,4	25,4	25,4	10-32	117	303 rostfr. Stahl	8202, 8702, 8703, 8704, 8705, 8002K
		8504	14,5	14,5	14,5	14,0	10-32	20	303 rostfr. Stahl	8044, 8742A, 8743A
		8506	28,7	28,7	28,7	29,2	¼-28	158	303 rostfr. Stahl	8203
		8510	14,5	14,5	14,5	14,2	5-40	19	316 rostfr. Stahl	8730
		8514	17,3	17,3	17,3	18,3	10-32	35	303 rostfr. Stahl	8202, 8702, 8704, 8774
		8524	11,2	11,2	11,2	–	10-32	2,8	hartanod. Alu	8774A, 8274
		8526	11,2	11,2	11,2	–	–	2,8	hartanod. Alu	8776A, 8276
		8522	26,9	26,9	26,9	15,0	4-40	28	hartanod. Alu	8315A
		8530K01	39,6	39,6	39,6	25,4	4-40	74	hartanod. Alu	8330B

Zubehör

Montage

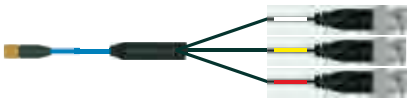
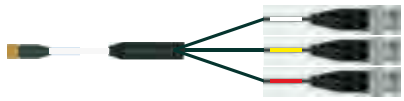
Isolierte Montagepads – siehe Datenblatt 8400_000-281 für weitere Informationen

Technische Daten	Typ	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	Gewinde X	Gewinde Y	Material	Empfohlene Sensortypen
	8434	4,8	12,4	11,2	–	5-40	–	hartanod. Alu	8730, 8763
	8436	4,8	15,7	14,2	–	10-32	–	hartanod. Alu	8202, 8203, 8274, 8702, 8703, 8704, 8705, 8774, 8784, 8786, 8766A50, 8795, 8766A250/500/050/100/1K0
	8438	7,9	21,1	19,1	–	¼-28	–	hartanod. Alu	8076K
	800M157	2,5	–	6,4	11,1	10-32	–	hartanod. Alu	8688A
	800M158	2,5	–	5,1	9,4	5-40	–	hartanod. Alu	8640A
	8440K01	5,2	–	8,0	12,7 Hex	5-40	–	hartanod. Alu	8763A, 8766A250/500/1K0
	8440K02	5,7	–	9,0	19,1 Hex	6-32	–	hartanod. Alu	8766A50
	8440K03	5,0	–	8,3	14,3 Hex	10-32	–	hartanod. Alu	8702, 8703, 8704, 8705
	8440K04	5,0	–	8,3	15,7 Hex	6-32	–	hartanod. Alu	8766A050/100
	8466K01	6,4	–	10,2	22,2 Hex	10-32	–	hartanod. Alu	8395A
	8400K01	3,4	–	11,6	12,7 Hex	10-32	10-32	hartanod. Alu	8702, 8703, 8704, 8705, 8784, 8786, 8795
	8400K02	6,0	–	12,4	19,1 Hex	10-32	6-32	hartanod. Alu	8766A50
	8400K03	5,5	–	12,8	19,1 Hex	10-32	M6	hartanod. Alu	8688, 8702, 8703, 8704, 8705, 8784, 8786, 8795
	8400K04	5,2	–	12,3	12,7 Hex	5-40	M6	hartanod. Alu	8766A250/500/1K0
	8400K05	5,9	–	13,3	19,1 Hex	6-32	M6	hartanod. Alu	8766A50
	8400K06	5,3	–	11,4	12,7 Hex	10-32	5-40	hartanod. Alu	8766A250/500/1K0
	8466K02	6,4	–	8,9	22,2 Hex	10-32	10-32	hartanod. Alu	8395
	8464K01	7,6	21,6	25,4	–	4-40	–	hartanod. Alu	8315A
	8464K02	7,6	21,6	25,4	–	4-40	10-32	hartanod. Alu	8315A
	800M144	4,8	15,9	15,9	–	4-40	–	hartanod. Alu	8793A, 8794A

Zubehör

Kabel

Kabel – siehe Datenblatt 1511_000-471 für weitere Informationen

Technische Daten	Typen	Anschluss A	Anschluss B	Länge (m)	Durchm. (mm)	Verwendung/Material
	1511	BNC pos.	BNC pos.	1/sp	3,05	für Ausgangssignale von Ladungsverstärkern und Kupplern
	1534A…K00	¼-28, 4-pol. neg.	Löt-anschlüsse	2/5/10/sp	2,54	Flexibel, Silikon ummantelt
	1578A…	¼-28, 4-pol. neg.	¼-28, 4-pol. pos.	2/sp	2,54	Verlängerungskabel, Fluorpolymer ummantelt
	1592A	¼-28, 4-pol. neg.	¼-28, 4-pol. neg.	2/4/sp	2,54	Mehrzweck-Verlängerungskabel, Fluorpolymer ummantelt
	1592M1	¼-28, 4-pol. neg.	Löt-anschlüsse	2/sp	2,54	Fluorpolymer ummantelt
	1601B	BNC pos.	BNC pos.	sp	3,05	Hochimpedanzkabel mit Ladungsausgang, gewöhnlich als Verlängerungskabel
	1603B	BNC neg.	BNC pos.	sp	3,05	Hochimpedanzkabel mit Ladungsausgang, gewöhnlich als Verlängerungskabel
	1631A	10-32 pos.	BNC pos.	sp	2,03	Hochimpedanzkabel mit Ladungsausgang, Fluorpolymer ummantelt
	1631C	10-32 pos.	BNC pos.	1/2/3/5/8/sp	2,03	Hochimpedanzkabel mit Ladungsausgang, Fluorpolymer ummantelt
	1635A	10-32 pos.	10-32 pos.	1/2/3/5/sp	2,03	Hochimpedanzkabel mit Ladungsausgang, Fluorpolymer ummantelt
	1635C	10-32 pos.	10-32 pos.	1/2/3/5/8/sp	2,03	Hochimpedanzkabel mit Ladungsausgang, Fluorpolymer ummantelt
	1641	10-32 pos.	BNC pos.	sp	2,03	Hochimpedanzkabel mit Ladungsausgang, Fluorpolymer ummantelt
	1734A…K03	¼-28, 4-pol. neg.	(3x) BNC pos.	1/3/5/10	1,78	Ultraflexibles, dreiachsiges Hochtemperatur IEPE-Kabel mit Silikonmantel
	1756C…K03/ K04	¼-28, 4-pol. neg.	(3x) BNC pos.	0,5/3/10/sp	2,54	Dreiachsiges Hochtemperaturkabel für Beschleunigungssensoren, Fluorpolymer ummantelt
	1756C…K05	¼-28, 4-pol. neg.	(3x) 10-32 pos.	0,5/3/10/sp	2,54	Dreiachsiges Hochtemperaturkabel für Beschleunigungssensoren, Fluorpolymer ummantelt
	1761B, 1761C	10-32 pos.	BNC pos.	1/2/3/5/sp	2,03	Spannungsausgangs-Kabel, Fluorpolymer ummantelt
	1762B	10-32 pos.	10-32 pos.	1/2/5/sp	2,03	Spannungsausgangs-Kabel, Fluorpolymer ummantelt
	1766AK01	5-44 pos.	10-32 neg.	sp	1,52	Typ 8715A… Kabelstrang
	1768A…K01	10-32 pos.	BNC pos.	1/2/3/5/sp	2,03	Flexibel, PVC ummantelt
	1768A…K02	10-32 pos.	10-32 pos.	1/2/3/5/sp	2,03	Flexibel, PVC ummantelt
	1756B…Q1	¼-28, 4-pol. neg., IP68	(3x) BNC pos.	3/5/7/10/sp	2,54	Dreiachsiges Hochtemperaturkabel für Beschleunigungssensoren, Fluorpolymer ummantelt mit wasserdichtem Stecker (IP68)

Zubehör

Kabel

Kabel – siehe Datenblatt 1511_000-471 für weitere Informationen

Technische Daten	Typen	Anschluss A	Anschluss B	Länge (m)	Durchm. (mm)	Verwendung/Material
	1784AK02	M4.5, 4-pol. neg.	¼-28, 4-pol. pos.	0,50/sp	1,52	Sensoren mit Kistler M4,5 4-pol. Stecker (Typen 8763, 8765, 8766)
	1784B…K03	M4.5, 4-pol. neg.	(3x) BNC pos.	1/3/5/10	1,52	Sensoren mit Kistler M4,5 4-pol. Stecker (Typen 8763, 8765, 8766), in dreiachsigen Anwendungen, Fluorpolymer ummantelt
	1786C	¼-28, 4-pol. neg.	(2x) Bananenkupplung für Speisung, (1x) BNC pos. Signalausgang	2/5/10	2,54	Breakout Stromversorgungskabel, Fluorpolymer ummantelt
	1788A	¼-28, 4-pol. neg.	(3x) Bananenkupplung für Speisung, (1x) BNC pos. Signalausgang	2/5/10	2,54	Breakout Stromversorgungskabel, Fluorpolymer ummantelt
	1792A…K01 1792A…KB01	9-pol. kreisförmig	9-pol. D-Sub	2/5/10/sp	4,57	Kabelstrang: Typ 8395A
	1792A…K00 1792A…KB00	9-pol. kreisförmig neg.	Lötanschlüsse	2/5/10/sp	4,57	Kabelstrang: Typ 8395A
	1794A	9-pol. D-Sub neg.	(2x) Bananenkupplung für Speisung, (3x) BNC pos. Signalausgang	2/5/10/sp	2,54	Breakout Stromversorgungskabel, Fluorpolymer ummantelt

Zubehör

Steckeradapter

Steckeradapter

Technische Daten	Typen	Anschluss A	Anschluss B	Anschluss C
	1701	BNC neg.	BNC neg.	–
	1702	Lötanschluss	10-32 UNF pos.	–
	1721	10-32 UNF neg.	BNC pos.	–
	1723	10-32 UNF neg.	TNC pos.	–
	1725	10-32 UNF neg.	BNC neg.	–
	1729	10-32 UNF neg.	10-32 UNF neg.	–
	1743	BNC neg.	BNC neg.	BNC pos.

Piezoelektrische Theorie

Piezoelektrischer Effekt

Die piezoelektrischen Effekte wurden 1880 durch Pierre und Jacques Curie entdeckt und stellten bis in die Vierzigerjahre des letzten Jahrhunderts eine blosse Kuriosität dar. Die Eigenschaft gewisser Kristalle, bei mechanischer Belastung elektrische Ladung abzugeben, war ohne jede praktische Bedeutung. Erst Verstärker mit sehr hohem Eingangswiderstand ermöglichten das Verstärken der Signale. In den Fünfzigerjahren des letzten Jahrhunderts kamen genügend gute Elektrometerröhren auf den Markt und der piezoelektrische Effekt wurde kommerzialisiert.

Walter P. Kistler patentierte 1950 den Ladungsverstärker. Praktische Bedeutung erlangte er in den Sechzigerjahren des letzten Jahrhunderts. Die Einführung hoch isolierender Materialien wie Fluorpolymer und Duroplast verbesserte die Leistung markant und führte dazu, dass piezoelektrische Sensoren in praktisch allen Gebieten der modernen Technik und Industrie eingesetzt werden.

Piezoelektrische Messsysteme sind aktive elektrische Systeme. Das piezoelektrische Material erzeugt nur dann ein elektrisches Ausgangssignal, wenn es eine Änderung seiner mechanischen Belastung erfährt. Deshalb ist echt statisches Messen nicht möglich. Es ist jedoch ein Irrtum anzunehmen, piezoelektrische Sensoren eigneten sich nur zum dynamischen Messen. Zusammen mit geeigneten Signalaufbereitungsgeräten weisen piezoelektrische Sensoren hervorragende quasistatische Messeigenschaften auf. Unzählige Anwendungsbeispiele belegen, dass man mit piezoelektrischen Sensoren auf Quarzbasis während Minuten und sogar Stunden genau und zuverlässig quasistatisch messen kann.

Anwendung piezoelektrischer Messgeräte

Piezoelektrische Messgeräte werden heute häufig im Labor und in der Fertigung und als OEM-Ausrüstung verwendet. Sie werden in praktisch allen denkbaren Anwendungen eingesetzt, bei denen es auf genaues Messen und Aufzeichnen dynamischer Änderungen von mechanischen Grössen wie Druck, Kraft und Beschleunigung ankommt.
Die Liste der Anwendungen wächst ständig und umfasst heute:

- **Raumfahrt:** Modalanalyse, Windkanal, Stosswellenrohr, Hydraulik der Landetriebwerke, Raketentechnik, Strukturen, Schleudersitze, Schnittkraftforschung
- **Ballistik:** Verbrennung, Explosion, Detonation, Schalldruckverteilung
- **Biomechanik:** Mehrkomponenten-Kraftmessung bei Ganganalyse und Posturographie, Sport, Ergonomie, Neurologie, Kardiologie, Rehabilitation
- **Motorenforschung:** Verbrennung, Gaswechsel und Einspritzung, Indizierdiagramme, dynamische Beanspruchung
- **Engineering:** Werkstoffkunde, Regeln und Steuern, Reaktoren, Bau, Schiffsbau, Modalanalyse an Automobilfahrwerken, Schock- und Schwingungsisolation, Strukturdynamik
- **Industrie/Fertigungstechnik:** Maschinensysteme, spanende Bearbeitung, Press- und Krimpkräfte, Automatisieren kraftbasierter Montagevorgänge, Zustandsüberwachung an Maschinen
- **OEM:** Transportsysteme, Spritzgiessformen, Raketen, Werkzeugmaschinen, Kompressoren, Maschinen, Überwachen grosser Strukturen, Bohren nach Öl und Gas, Prüfgeräte für Schock und Vibration

Piezoelektrische Sensoren (auf Quarzbasis)

In den meisten Sensoren von Kistler wird für das Messelement Quarz verwendet. Wie bereits an anderer Stelle in diesem Katalog dargelegt, stellt Kistler auch Sensoren her, bei denen für das Messelement Piezokeramik oder mikromechanisch gefertigte Strukturen verwendet werden. Die nachfolgende Diskussion beschränkt sich auf Anwendungen mit Quarz.

Das Messelement piezoelektrischer Sensoren auf Quarzbasis besteht im Wesentlichen aus dünnen Quarzplatten oder -scheiben, welche je nach Anwendung entlang der entsprechenden Achse mit hoher Präzision aus dem Kristall geschnitten werden. In den meisten Sensoren von Kistler werden Quarzmesselemente verwendet, die entweder auf Druck- oder Schubbelastung empfindlich sind. Der auf Schub (oder Scherung) empfindliche Quarzschnitt wird in den patentierten Mehrkomponenten-Kraftsensoren und in Beschleunigungssensoren eingesetzt. Daneben gibt es spezielle Schnitte wie den Transversalschnitt für bestimmte Drucksensoren und den Polystable-Schnitt für Hochtemperatur-Drucksensoren. Die verschiedenen Quarzschnitte und piezoelektrischen Effekte sind in Bild 1 und 2 dargestellt.

Die nachfolgende Diskussion behandelt vor allem Anwendungen von Beschleunigungssensoren. Es sei jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass Kraft- und Drucksensoren grundsätzlich das gleiche dynamische Verhalten wie Beschleunigungssensoren aufweisen. Viele Kraftanwendungen hängen stark mit der Beschleunigung zusammen, wogegen bei Drucksensoren der Einfluss der Beschleunigung durch direktes oder indirektes Kompensieren minimiert oder eliminiert wird. Rufen Sie für nähere Information zu diesem Thema Kistler an.

Piezoelektrische Theorie

Die geläppten Quarze werden entweder einzeln oder zu einem Stapel zusammengefügt und vorgespannt. Im Quarzpaket wird ein zur wirkenden Kraft direkt proportionales Ladungssignal erzeut, welches in pico Coulomb gemessen wird. In jedem Sensortyp wird eine optimierte Quarzkonfiguration eingesetzt, welche zuletzt entsprechend der vorgesehenen Anwendung (Kraft, Druck, Beschleunigung oder Dehnung) kalibriert wird. Bitte beachten Sie die entsprechenden wichtigen anwendungsabhängigen Hinweise.

Quarzsensoren weisen bemerkenswerte Eigenschaften auf, die ihre weit reichende Verwendung in Forschung, Entwicklung, Produktion und Prüfung rechtfertigen. Sie sind ausserordentlich stabil, robust und kompakt. Unter den zahlreichen heute erhältlichen piezoelektrischen Materialien wird Quarz wegen der folgenden hervor-ragenden Eigenschaften bevorzugt in Sensoren eingesetzt:

- Hohe zulässige Flächenpressung von etwa 150 N/mm^2
- Temperaturbeständigkeit bis 500 °C
- Sehr hohe Steifigkeit, hohe Linearität und vernachlässigbare Hysterese
- Annähernd gleich bleibende Empfindlichkeit über einen weiten Temperaturbereich
- Messen tiefer Frequenzen (<1 Hz) dank extrem hohem Isolationswiderstand (10^{14} Ω)

Ladungs- und Spannungsausgang
Kistler bietet zwei Arten piezoelektrischer Sensoren an: solche mit Ladungs- und solche mit Spannungsausgang. Sensoren mit Ladungsausgang (etwa auch als "hochimpedante" Sensoren bezeichnet) benötigen zum Umwandeln des Ladungs- in ein Spannungssignal einen Ladungsverstärker oder einen externen Impedanzwandler. Sensoren mit Spannungsausgang (manchmal als "niederimpedante" Sensoren bezeichnet) benötigen ein externes Speisegerät (Kuppler), welches einerseits die im Sensor eingebaute Elektronik speist und andererseits das Nutzsignal von der so genannten Ausgangsruhespannung entkoppelt.

Dynamisches Verhalten von Sensoren

Piezoelektrische Sensoren zum Messen von Druck, Kraft und Beschleunigung können als schwach gedämpfte Feder-Gewichte-Systeme mit einem Freiheitsgrad betrachtet werden. Sie werden durch die bekannte Differentialgleichung zweiter Ordnung mit folgender Lösung beschrieben:

$$\frac{a_o}{a_b} \cong \frac{1}{\sqrt{\left[1-\left(\frac{f}{f_n}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{1}{Q^2}\right)\left(\frac{f}{f_n}\right)^2}}$$

wobei:

f_n ungedämpfte Resonanzfrequenz [Hz]
f Anregungsfrequenz [Hz]
a_o vom Sensor abgegebenes Beschleunigungssignal
a_b Beschleunigung, die auf die Montagefläche des Sensors wirkt
Q Amplitudenüberhöhung (Q-Faktor) bei Resonanz ($f = f_n$)

Quarzsensoren haben einen Q-Faktor von etwa 10 bis 40. Die Phasenverschiebung beträgt:

$$\Delta\pi \cong \frac{60}{Q}\left(\frac{f}{f_n}\right) \text{ für } \frac{f}{f_n} \leq \frac{2}{5}$$

Bild 3 zeigt einen typischen Frequenzgang. Bei etwa 1/5 der Resonanzfrequenz f_n beträgt die Amplitudenüberhöhung etwa 5 %. Mit einem geeigneten Tiefpassfilter kann diese Amplitudenüberhöhung abgeschwächt werden. Deshalb sind die meisten Signalaufbereitungsgeräte von Kistler (Ladungsverstärker und Kuppler) mit steckbaren oder zuschaltbaren Tiefpassfiltern versehen.

Theorie der piezoelektrischen Messtechnik

Bild 1: Quarzbarren

1 = Schnitt für den Longitudinaleffekt
2 = Polystable® Schnitt
3 = transversaler Schnitt
4 = Schnitt für den Schubeffekt

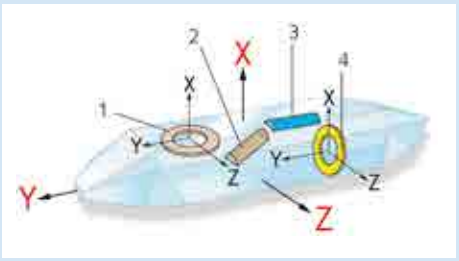


Bild 2: Piezoelektrischer Effekt

1 = Longitudinaleffekt
2 = Transversaleffekt
3 = Schubeffekt

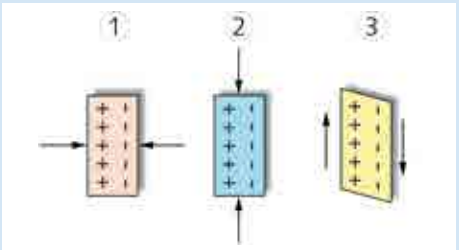
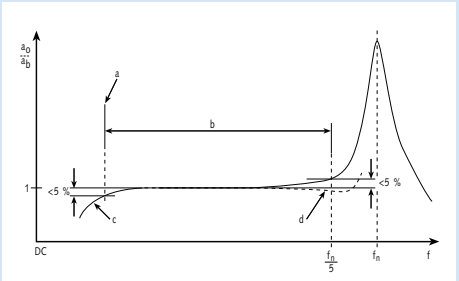


Bild 3: Typischer Frequenzgang

a = untere Grenzfrequenz, bestimmt durch die Zeitkonstante $\tau = RC$
b = nutzbarer Frequenzbereich
c = Hochpassfilter
d = Tiefpassfilter



Piezoelektrische Theorie

Ladungsverstärker

Der Ladungsverstärker besteht im Wesentlichen aus einem invertierenden Spannungsverstärker mit hoher innerer Verstärkung und kapazitiver Gegenkopplung. Der Eingang ist mit einem MOSFET oder JFET bestückt, um den notwendigen hohen Isolationswiderstand und geringsten Leckstrom sicherzustellen. In Bild 4 ist die vereinfachte Schaltung des Ladungsverstärkers dargestellt.

Der Einfluss von R_t und R_i wird weiter unten besprochen. Ohne Berücksichtigung von R_t und R_i ergibt sich für die Ausgangsspannung:

$$V_o = \frac{-q}{C_r} \times \frac{1}{1+\frac{1}{AC_r}(C_t + C_r + C_c)}$$

Bei genügend hoher innerer Verstärkung A wird der Quotient $1/AC \approx 0$, d.h. die Kabel- und die Sensorkapazität verlieren ihren Einfluss und die Ausgangsspannung hängt nur von der Ladung am Eingang und dem Bereichskondensator ab, gemäss:

$$V_o = \frac{-q}{C_r}$$

Der Verstärker, welcher als Stromintegrator wirkt, kompensiert ständig die vom Sensor abgegebene elektrische Ladung mit einer entgegengesetzt gleichen Ladung, wobei die über dem Bereichskondensator entstehende Spannung proportional zur vom Sensor abgegebenen Ladung und damit proportional zur wirkenden Messgrösse ist. Vereinfacht ausgedrückt wandelt der Ladungsverstärker eine elektrische Ladung q am Eingang in eine dazu proportionale Spannung V_0 am Ausgang um, welche dann leicht weiterverarbeitet werden kann.

Zeitkonstante und Drift
Zwei für die Praxis wichtige Eigenschaften des Ladungsverstärkers sind die Zeitkonstante und die Drift. Die Zeitkonstante ist definiert als Schnittpunkt der Anfangstangente der Entladekurve eines Kondensators mit der Zeitachse. Die Zeitkonstante τ eines Ladungsverstärkers wird durch das Produkt der Kapazität C_r des Bereichskondensators und des Zeitkonstantenwiderstands R_t bestimmt, gemäss: $\tau = R_t \cdot C_r$:

$$TC = R_tC_r$$

Als Drift bezeichnet man eine unerwünschte Änderung im Ausgangssignal über längere Zeit, wobei diese Änderung keine Funktion der Messgrösse ist. Auch die besten MOSFET und JFET weisen Leckströme auf (MOSFET: <10 fA, JFET: <100 fA), welche hauptsächlich für die Drift verantwortlich sind. Zu geringer Isolationswiderstand R_i am Eingang kann zusätzlich Drift verursachen. Solange der Isolationswiderstand im Gegenkopplungskreis genügend hoch ist (>10^{13} Ω) und kein zusätzlicher Zeitkonstantenwiderstand parallel geschaltet ist (entspricht der Stellung "Long" bei Kistler Ladungsverstärkern), driftet der Ladungsverstärker langsam in die positive oder negative Begrenzung (MOSFET: <±0,03 pC/s, JFET: <±0,3 pC/s). Diese Drift bestimmt auch die mögliche Dauer von quasistatischen Messungen (near DC-Mode) und sie ist unabhängig vom gewählten Messbereich.

Bei vielen Ladungsverstärkern kann ausser der Zeitkonstanten "Long" (lang), welche für quasistatisches Messen (near DC) benutzt wird, auch "Medium" (mittel) oder "Short" (kurz) durch Zuschalten entsprechender Zeitkonstantenwiderstände R_t eingestellt werden. "Medium" und "Short" ergeben eine AC-Kopplung (AC-Mode), d.h. der Verstärker wirkt als Hochpassfilter und eliminiert damit den Einfluss der normalen Drift auf die Messung. Die Ist-Werte sind in der entsprechenden Betriebsanleitung dokumentiert, welche mit dem Ladungsverstärker mitgeliefert wird. Kistler Ladungsverstärker ohne Wahlmöglichkeit der Zeitkonstanten arbeiten mit der Zeitkonstanten "Long". Einige dieser Verstärker können zum Eliminieren des Einflusses der Drift mit einer kürzeren Zeitkonstanten versehen werden.

Frequenz- und Zeitbereich
Die Zeitkonstante beeinflusst neben dem Zeit- auch den Frequenzbereich. Je länger die Zeitkonstante ist, umso tiefer wird die untere Grenzfrequenz und umso länger wird die ausnutzbare Messzeit. Beim Messen von Vibration wirkt sich die Zeitkonstante im Frequenzbereich wie ein einpoliges Hochpassfilter mit folgendem Amplituden- und Phasenverhalten aus:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{2\pi f\,(TC)}{\sqrt{1+(2\pi f\tau)^2}}$$

$$\Delta\pi = \arctan\frac{1}{2\pi f\tau} \cong 80\sqrt{\frac{V_{in}-V_o}{V_{in}}}$$

Die Amplitude eines sinusförmigen Signals sinkt beispielsweise um 5 %, wenn $f\tau = 0{,}5$. Die Phasenverschiebung beträgt dann 18°. Beim Messen von grossen Pulsbreiten (oder mehreren Pulsen) sollte die Zeitkonstante mindestens 100 Mal länger als die Messung sein, weil sonst der DC-Anteil des Ausgangssignals vor der Beendigung der Messung zu stark gegen Null abfällt.

Weitere Eigenschaften
An Kistler Ladungsverstärkern können die Sensorempfindlichkeit und der gewünschte Messbereich eingestellt werden, wodurch das Ausgangssignal in einem ganzzahligen Verhältnis zur Messgrösse steht.
Mit Tiefpassfiltern können störende Schwingungen abgeschwächt werden, und die elektrische Isolation minimiert den Einfluss von Erdschleifen. Die Parameter wie Empfindlichkeit, Bereich, Zeitkonstante und Filter können über eine Schnittstelle eingegeben werden.

Niederimpedante Sensoren mit integrierter Ladungswandlung

Piezoelektrische Sensoren mit integriertem Ladungswandler werden in diesem Katalog als niederimped. Sensoren bezeichnet. Diese Sensoren verwenden piezoelektrische Sensorelemente, wie ihre hochimp. Kounterparts. Piezotron, ... sind alles Bezeichnungen für niederimp. Sensoren von Kistler.

Piezoelektrische Theorie

Kistler brachte 1966 den ersten piezoelektrischen Sensor mit eingebauter Elektronik auf den Markt, bekannt als Piezotron. Bild 5 zeigt die Prinzipschaltung des Piezotron-Systems. Die Schaltung hat einen MOSFET mit hohem Isolationswiderstand (>10^{14} Ω) und geringem Leckstrom (<100 fA) am Eingang und einen bipolaren Transistor (Verstärkung = 1) mit kleinem Ausgangswiderstand (100 Ω). Sie funktioniert als Elektrometerverstärker. Die Schaltung wird mit einem konstanten Strom gespeist, und bei Messgrösse Null entsteht über dem Sensorausgang die so genannte Ruhespannung. Wirkt eine Messgrösse auf den Sensor, lädt die vom Messelement abgegebene elektrische Ladung die Kapazität im Eingangskreis auf eine Spannung auf, die in eine dazu proportionale Widerstandsänderung im Ausgang umgewandelt wird. Da der Speisestrom konstant bleibt, ändert sich die Spannung proportional zur Messgrösse. Der Kuppler enthält eine Stromdiode, welche den Speisestrom konstant hält (im Bereich 2 ... 18 mA, je nach Sensortyp), und einen Kondensator, der die Ruhespannung vom Messsignal entkoppelt. Eine zusätzliche Diode schützt die Sensorschaltung vor falscher Polarität der Versorgungsspannung (20 ... 30 VDC) des Kupplers. Zwischen Sensor und Kuppler genügt ein gewöhnliches zweiadriges Kabel, das praktisch beliebig lang sein kann. Der Widerstand in diesem Kreis ist sehr tief (100 Ω), weshalb solche Sensoren auch als "niederimpedant" bezeichnet werden (Bild 5). Dieses System ist praktisch unempfindlich auf elektrische und magnetische Störfelder. Wir empfehlen, Kistler Kuppler für Sensoren mit Spannungsausgang zu verwenden. Kuppler von anderen Herstellern können durch extreme Werte des Speisestroms (z.B. 20 mA) und zu tiefe Speisespannung der Stromdiode (z.B. 18 VDC) den nutzbaren Betriebstemperaturbereich oder Messbereich einschränken. Kistler berät Sie gerne, um Schäden an den Sensoren oder Fehlmessungen zu vermeiden.

Die Ausgangsruhespannung ist das Produkt aus dem konstanten Speisestrom und dem inneren Widerstand der Piezotron-Schaltung, einschliesslich der Kabelkapazität. Die Spannungsempfindlichkeit eines Piezotron-Sensors beträgt näherungsweise:

$$V_o \cong \frac{q}{C_q + C_r + C_G}$$

Der Bereichskondensator C_r wird so gewählt, dass man die gewünschte Spannungsempfindlichkeit [mV/g] erhält. Der Zeitkonstantenwiderstand R_t bestimmt, zusammen mit der gesamten Kapazität am Eingang, die untere Grenzfrequenz, während die obere Grenzfrequenz von der Resonanzfrequenz des Sensors abhängt.

Zeitkonstante

Bei einem Piezotron- oder Picotron-Sensor beträgt die Zeitkonstante:

$$\tau = R_t (C_q + C_r + C_G)$$

Im PiezoBeam-Sensor wird die Zeitkonstante und damit die untere Grenzfrequenz durch das Produkt Bereichskondensator mal Widerstand der Zeitkonstanten des hybriden Ladungsverstärkers bestimmt. Der Einfluss der Zeitkonstante bei Sensoren mit Spannungsausgang ist der gleiche wie bei den Ladungsverstärkern, d.h. sie wirken als einpolige Hochpassfilter.

Piezoelektrische Theorie

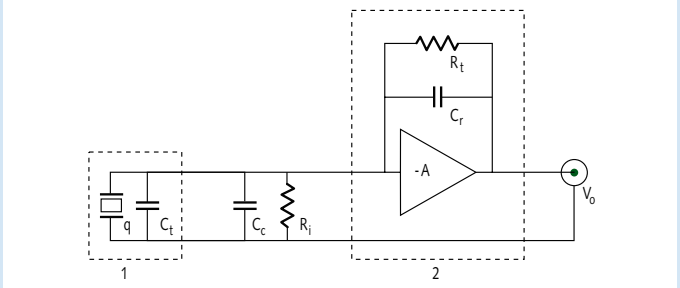


Bild 4
Prinzipschaltbild des Ladungsverstärkers

1 = piezoelektrischer Sensor
2 = Ladungsverstärker
V_o = Ausgangsspannung
A = Verstärkungsfaktor
C_t = Kapazität des Sensors
C_c = Kapazität
C_r = Bereichs- oder Gegenkopplungskondens.
R_i = Isolationswiderstand im Eingang (Kabel und Sensor)
q = vom piezoel. Element abgegebene elektrische Ladung

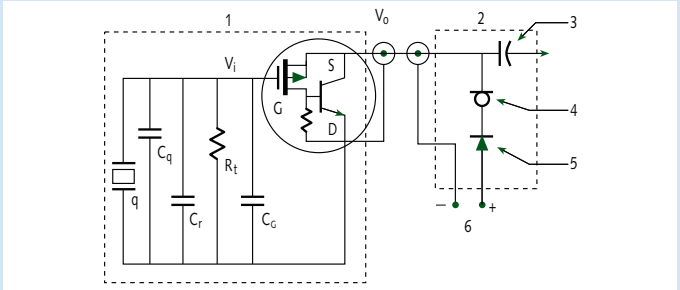


Bild 5
Piezotron® Schaltung mit Kuppler

1 = Beschleunigungssensor
2 = Kuppler
3 = Entkopplungskondensator
4 = Stromdiode
5 = Verpolschutzdiode
6 = Gleichspannungsquelle
q = vom piezoel. Element abgegebene elektrische Ladung
V_i = Eingangssignal am MOSFET
V_o = Ausgangssignal (normalerweise DC-entkoppelt)
C_q = Kapazität des Beschleunigungssensors
C_r = Bereichskondensator
C_G = Eingangskapazität des MOSFET
R_t = Zeitkonstantenwiderstand

Theorie der kapazitiven Beschleunigungssensoren

Das grundlegende Funktionsprinzip eines kapazitiven Beschleunigungssensors besteht darin, dass durch eine auf das Messelement wirkende Beschleunigung dessen Kapazität verändert wird.

Die Beschleunigung erzeugt an einer biegsam befestigten Gewichte m bekannter Grösse eine Kraft F. Die Auslenkung der Gewichte wird durch die Steifigkeit k der flexiblen Aufhängung bestimmt. Zwischen der Gewichte und den beiden Elektroden befindet sich wie auf Bild 1 gezeigt ein gasgefüllter Spalt. Die massenträgheitsbedingte Kraft beträgt gemäss dem zweiten Newtonschen Gesetz:

$$F = ma \qquad [Gl.\ 1]$$

Bei bekannter Kraft kann die Auslenkung durch die einfache Federbeziehung abgeschätzt werden:

$$x = F/k \qquad [Gl.\ 2]$$

Um die schwierigen Federbauformen zu modellieren, verwendet man jedoch in der Praxis die Finite-Elemente-Methode (FEM). Die Auslenkung verändert die Spalten auf beiden Seiten der Gewichte in entgegengesetzt gleich grossem Verhältnis. Der Abstand zwischen der Gewichte und den Elektroden l setzt sich somit aus der Ruhelage d (bei 0 g) und der Auslenkung x zusammen, gemäss

$$l_1 = d + x \;\;\&\;\; l_2 = d - x \qquad [Gl.\ 3]$$

Kennt man die Elektrodenfläche A und die Dielektrizitätskonstante ε des Gases, betragen die durch die Spalten bestimmten Kapazitäten

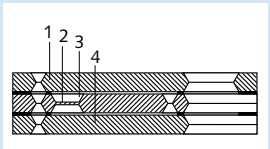
$$C_1 = A\,\varepsilon/l_1 \;\;\&\;\; C_2 = A\,\varepsilon/l_2 \qquad [Gl.\ 4]$$

Dieser Kapazitätsunterschied verstimmt eine Brückenschaltung, was von der eingebauten Elektronik in ein der wirkenden Beschleunigung proportionales analoges Spannungssignal umgewandelt wird. Die Elektronik beinhaltet zudem eine AC-Speisung und einen Synchrondemodulator. Das hauptsächliche Funktionsprinzip des Blockschemas auf Bild 2 besteht darin, dass die wirkende Beschleunigung ein kapazitives Messelement aus dem Gleichgewicht bringt. Die Elektronik funktioniert zusammengefasst wie folgt:

- Ein Spannungsregler stabilisiert die Empfindlichkeit des Beschleunigungssensors und stellt sicher, dass die Funktionen unabhängig von der Speisespannung konstant bleiben
- Ein Rechteckgenerator speist die Halbbrückenschaltung
- Eine kapazitive Halbbrücke erzeugt zwei Signale, welche der wirkenden Beschleunigung entsprechen
- Dioden richten diese Signale gleich und erzeugen zwei entgegengesetzte Gleichspannungssignale
- Die Summe der beiden entgegengesetzten Gleichspannungssignale stellt das Ausgangssignal dar
- Das Ausgangssignal wird in einem Vorverstärker verstärkt
- Ein eingebauter Tiefpassfilter schwächt unerwünschte Signalanteile oberhalb des Betriebsfrequenzbereichs ab

Das kapazitive Messelement der K-Beam-Beschleunigungssensoren wird mikromechanisch aus Silizium gefertigt. Es besteht aus einer sehr kleinen seismischen Gewichte, die aus einem einzigen Stück Silizium herausgeätzt wird und sich biegsam befestigt zwischen zwei Elektroden befindet. Beim Beschleunigen wird sie aus der Ruhelage ausgelenkt und verstimmt eine kapazitive Halbbrücke. Bei sehr hohen Beschleunigungen oder Schocks begrenzen die Elektroden das Auslenken der Gewichte und verhindern so die Beschädigung des Messelements. Ein typischer Aufbau ist auf Bild 3 gezeigt.
Das Messelement ist gasgedämpft und hat dadurch über einen weiten Temperaturbereich einen sehr guten Frequenzgang. Dank der Symmetrie dieser Bauart ist der Sensor unempfindlich auf thermische Transienten. Auf Bild 4a wird der Einfluss der Dämpfung dargestellt. Ein gezielt abgestimmtes Feder-Gewichte-System mit entsprechender Dämpfung weist wie auf Bild 4b gezeigt einen optimalen Frequenzgang auf.

Theorie der kapazitiven Beschleunigungssensoren



1 = obere Elektrode
2 = Feder
3 = Masse
4 = untere Elektrode

Bild 1: Typischer Aufbau eines kapazitiven Beschl.sensors

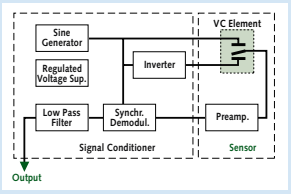


Bild 2: Blockschema

1 = obere Elektrode
2 = Rahmen
3 = Feder
4 = Masse
5 = untere Elektrode
6 = Glasschicht

Bild 3: Kapazitiver MEMS-Beschleunigungssensor

Dämpfung

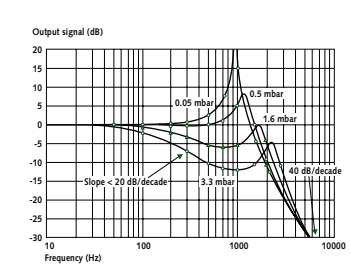


Bild 4a Einfluss der Dämpfung

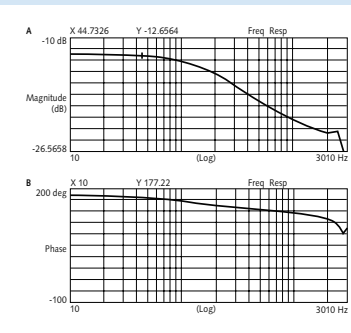
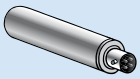


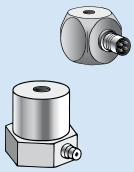
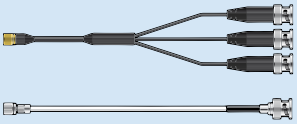
Bild 4b Abgestimmtes System

Messketten

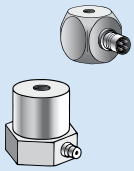
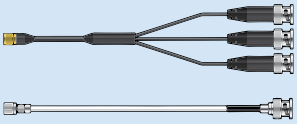
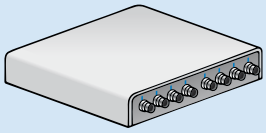
Beschleunigungssensoren mit Ladungsausgang und IEPE Konverter

	Messen	Verbinden	Verstärken	
Sensoren mit Ladungsausgang	Typ 82...	Typ 1635C...	Typ 5050B... 	Typ 1511

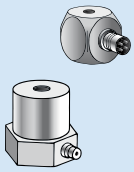
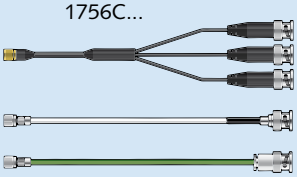
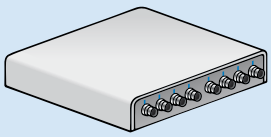
IEPE Sensoren und IEPE kompatible Messsysteme

IEPE Sensoren	Typen 86... 87... 	Typen 1761B... 1734A... 1756C... 1784B... 

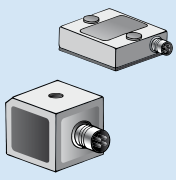
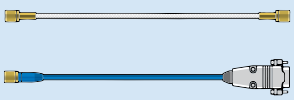
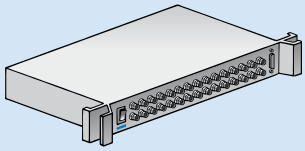
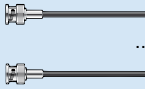
IEPE Sensoren und nicht kompatible IEPE-Messsysteme

IEPE Sensoren	Typen 86... 87... 	Typen 1761B... 1736A... 1756C... 1784B... 	Typ 51... IEPE Kuppler bzw. Verstärker mit Konstantstromversorgung 	Typ 1511

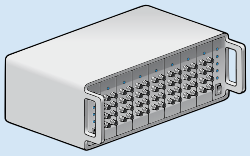
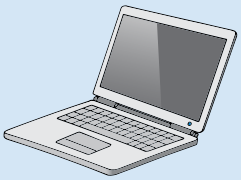
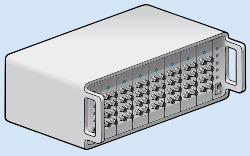
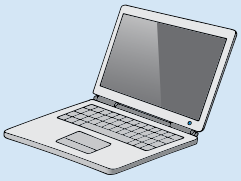
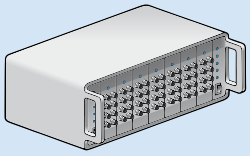
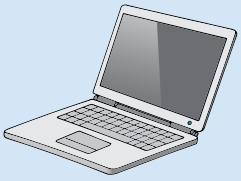
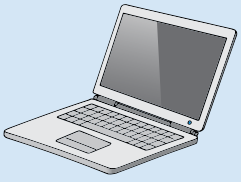
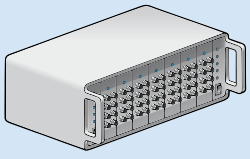
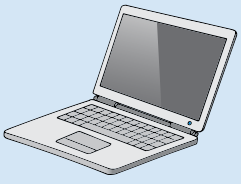
Ladungsausgangs- oder IEPE-Sensor und Kistler LabAmp

Ladungsausgangs-/ IEPE Sensoren	Typen 86... 87... 	Typen 1631C... 1761B... 1756C... 	Typ 5165A * Konditionierung und Datenerfassung 

Kapazitive Lösungen

Kapazitive Sensoren	Typen 86... 87... 		Typ 5146A15 Konditionierung 	Typ 1511 (oder kundenseitig) 

* erhältlich ab dem 2. Quartal 2015

Akquirieren		Analysieren
IEPE kompatibles Datenerfassungsgerät (kundenseitig) 		Laptop (kundenseitig) 
IEPE kompatibles Datenerfassungsgerät (kundenseitig) 		Laptop (kundenseitig) 
Nicht-IEPE kompatibles Datenerfassungsgerät (kundenseitig) 		Laptop (kundenseitig) 
Typ 5165A * Konditionierung und Datenerfassung	Ethernetkabel	Laptop mit LabAmp Graphical User Interface (GUI) 
Datenerfassungsgerät (kundenseitig) 		Laptop (kundenseitig) 

* erhältlich ab dem 2. Quartal 2015

Glossar

Ansprechschwelle
Grösste Änderung der Messgrösse, die eine wahrnehmbare Änderung der Anzeigegrösse bewirkt, wobei die Änderung der Messgrösse langsam und in eine Richtung erfolgt. Bemerkung: In der Praxis gilt die Faustregel, dass die Ansprechschwelle 2 bis 3 mal grösser als das Rauschen des elektrischen Gerätes ist. Allerdings kann dieser Wert nur bei dynamischen Messungen erreicht werden, während bei quasi-statischen Messungen die Drift und die Umgebungseinflüsse die begrenzenden Faktoren sind.

Anstiegszeit
Die Zeit, welche das Ausgangssignal eines Sensors benötigt, um als Folge einer sprunghaften Änderung der Messgrösse von 10 % auf 90 % seines Endwerts anzusteigen.

Ausgangsruhespannung
DC-Ausgangsspannung eines Sensors mit Spannungsausgang, welche mit Konstantstrom gespeist wird, bei Messgrösse Null.

Ceramic Shear
Piezoelektrische Beschleunigungssensoren von Kistler mit Keramikmesselementen für den Schubeffekt.

Drift
Unerwünschte stetige Änderung der Anzeigegrösse in Funktion der Zeit unabhängig von der Messgrösse.

Dual-Mode-Ladungsverstärker
Ladungsverstärker mit zusätzlichem Eingang für Sensoren mit Spannungsausgang.

Eigenfrequenz
Frequenz der freien Schwingung (nicht erzwungene) des gesamten Sensors infolge einer spontanen Anregung. Bei der Anwendung ist die (typisch kleinste) Eigenfrequenz des montierten Systems für das Frequenzverhalten relevant.

Empfindlichkeit
Wert der Änderung der Anzeigegrösse eines piezoresistiven Sensors dividiert durch die zugehörige Änderung der wirkenden Messgrösse und den Referenzstrom.

Hochimpedant
Manchmal verwendete Bezeichnung für Sensoren mit Ladungsausgang, die damit die hohen Isolationswiderstände charakterisiert.

Hysterese
auch Umkehrspanne: Maximale Differenz der Anzeigewerte an korrespondierender Position der Messgrösse innerhalb des Messbereiches, die zunächst im Belastungsfall (stetig zunehmende Messgrösse) und anschliessend im Entlastungsfall (stetig abnehmende Messgrösse) erzielt werden (Quelle: ANSI/ISA-S37.1).

IEPE
Integrated Electronic Piezo Electric (siehe Piezotron).

Impedanzkopf
Sensor, der gleichzeitig die Kraft und die Beschleunigung bei einer Modalanalyse am Einleitungspunkt der Kraft misst.

Impedanzwandler
Eine Miniaturelektronik mit einem MOSFET-Eingang und einem bipolaren Ausgangssignal zur Umwandlung der hochimpedanten Ausgangsladung von einem Sensor in ein niederimpedantes Spannungssignal. Impedanzwandler können in Sensoren integriert werden (siehe niederimpedant) oder können für spezielle Anwendungen auch extern zugeschaltet werden.

Isolationswiderstand
Der gemessene elektrische Widerstand eines Sensors, eines Kabels oder der Eingang eines Ladungsverstärkers zwischen den signalführenden Leitungen für alle Arten von Sensoren (piezoelektrisch, Dehnungsmessstreifen, piezoresisitiv).

K-Beam®
Festkörper MEMS-Sensoren mit variabler Kapazität von Kistler, die niederfrequente und statische Signaländerungen messen können.

K-Shear®
Piezoelektrische Beschleunigungssensoren von Kistler mit Quarz-Messelementen für den Schubeffekt und Spannungsausgang.

Konstantstromversorgung
Verfahren zur Speisung eines niederimpedanten IEPE-Sensors mit einem Konstantstrom, um minimale Empfindlichkeitsabweichungen über einen grossen Versorgungsspannungsbereich zu erzielen. Ein Piezotron Kuppler oder jeder andere IEPE-Konstantstromversorgung kann für diesen Zweck verwendet werden.

Kuppler
Gerät, welches einen Sensor mit Spanungsausgang mit einem konstanten Strom speist und das Messsignal von der Ausgangsruhespannung entkoppelt.

Ladungsausgang
Anzeigegrösse (in Picocoulomb [pC]) eines piezoelektrischen Sensors, der nicht über einen integrierten Ladungs-/Spannungswandler verfügt.

Ladungsverstärker
Teil einer piezoelektrischen Messkette, der die Ladung eines Sensors in ein proportionales Spannungssignal oder Stromsignal wandelt.

Linearität
Linearität ist definiert als Mass der Übereinstimmung einer Kalibrierkurve mit einer spezifizierten Geraden (Quelle: ANSI/ISA-S37.1).
Die Linearität beschreibt die maximale Abweichung zwischen einem idealen und tatsächlichen Anzeigewert in Funktion der Messgrösse in einem spezifischen Messbereich. Sie wird in Prozent des Anzeigebereichendwertes (Full Scale Output) angegeben.
Bemerkung: Quarzkristalle erzeugen eine elektrische Ladung, die exakt proportional zur Belastung ist. Allerdings werden unvermeidliche Abweichungen von der linearen Charakteristik aufgrund von mechanischen Bauelementen am Sensor beobachtet.

Masseisolation
Hoher elektrischer Widerstand zwischen einer der Signalleitungen und der Gehäusemasse bei einem Sensor oder zwischen Signalmasse (Steckerschirm) und Schutzerde bei einem Verstärker.

Glossar

Messgrösse
Physikalische Grösse, der die Messung gilt, z.B. Druck, Kraft, Drehmoment, Beschleunigung oder Ladung.

Niederimpedant
Manchmal verwendete, aber falsche Bezeichnung für Sensoren mit Spannungsausgang.

Newton (N)
Metrische Einheit der Kraft. 1 N entspricht 0,305 N·m.

pico Coulomb (pC)
Einheit für elektrische Ladung
(1 pC = 10^{-12} As).

Picotron
Miniatur-Beschleunigungssensor mit eingebauter Piezotron-Schaltung.

PiezoBeam®
Beschleunigungssensor mit Spannungsaus-gang. Keramisches, bimorphes Messelement gibt eine elektrische Ladung bei mechanischer Belastung ab.

Piezoelektrischer Sensor
Sensor mit einem Messelement aus piezoelektrischem Material, das bei mechanischer Belastung eine elektrische Ladung abgibt.

Piezotron®
Piezoelektrische Sensoren von Kistler mit eingebautem, miniaturisiertem Impedanzwandler.

Polystable®
Spezieller Quarzschnitt von Kistler. Eignet sich besonders für Drucksensoren, die ungekühlt betrieben werden können.

PiezoStar®
Synthetische Kristalle, die von Kistler entwickelt und gezüchtet werden und für spezielle Anwendungen in Sensoren eingesetzt werden.

Quasi-statisch
Beschreibt die Fähigkeit von Kistler Sensoren, Ladungsverstärkern und elektrischer Geräte, zeitveränderliche und nahezu zeitunveränderliche Messgrössen (z.B. Langzeitmessungen oder Messungen im DC-Modus) messen zu können.

Resonanzfrequenz
Diejenige Frequenz der Messgrösse, bei welcher der Sensor das Ausgangssignal mit der grössten Amplitude abgibt.

Schutzart
Die Schutzart nach EN60529 ist IP66 (häufig als "Epoxy"-Abdichtung bezeichnet), IP67 ("Epoxy/geschweisst") und IP68 ("hermetisch").

Sensor-Zustandsüberwachung
Zeigt an, ob eine Messkette mit einem Sensor mit Spannungsausgang (IEPE bzw. Piezotron) die vorgeschriebene Ausgangsruhespannung aufweist. Anzeige meist mit Mehrfarben-LCDs bei Kupplern und Dual-Mode-Ladungsverstärkern.

Seitenempfindlichkeit
Die Empfindlichkeit eines Beschleunigungssensors auf Beschleunigung normal zu seiner empfindlichen Achse. Bei mehrachsigen Sensoren ist der Begriff "Übersprechen" zweckmässiger.

Spannungsausgang
Ausgangssignal (elektrische Spannung) eines piezoelektrischen Sensors mit eingebautem Impedanzwandler oder Ladungsverstärker (siehe auch Niederimpedanz).

TEDS
Transducer Electronic Data Sheet (elektronisches Datenblatt). Charakteristische Daten werden im Sensor digital gespeichert, IEEE 1451.4 konform.

TEDS Versionen

T	Default, IEEE 1451.4 V0.9 Template 0 (UTID 1)
T01	IEEE 1451.4 V0.9 Template 24 (UTID 116225)
T02	LMS Template 117, Free format Point ID
T03	LMS Template 118, Automotive Format (Field 14 Geometry = 0)
T04	LMS Template 118, Aerospace Format (Field 14 Geometry =1)
T05	P1451.4 v1.0 template 25 - Transfer Function Disabled
T06	P1451.4 v1.0 template 25 - Transfer Function Enabled

Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit
Änderung der Empfindlichkeit, d.h. der Steigung einer Ausgleichsgeraden, in Abhängigkeit der Temperatur. Die Temperaturverteilung im Sensor wird dabei als homogen und im thermischen Gleichgewicht mit der Umgebung vorausgesetzt. Der Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit von PiezoStar Sensoren beträgt typischerweise nur ca. 0,02 %/K und ist damit im Verhältnis zu anderen Einflussgrössen meist vernachlässigbar klein.

Tiefpassfilter
Spezielle Art eines Filters, das die hohen Frequenzanteile eines Messsignals (elektronisch, mechanisch, digital) ausblendet.

Übersprechen
Signal am Ausgang des Sensors, das durch eine wirkende Messgrösse hervorgerufen wird, die nicht diesem Ausgangskanal zugeordnet ist. Zum Beispiel kann die Belastung eines Mehrkomponenten-Kraftsensors in F_y-Richtung eine Anzeigegrösse in F_z-Richtung erzeugen.
Für elektrische Gerätes bezieht sich die Angabe auf die Signalbeeinflussung von einem Kanal auf die benachbarten Kanäle.

Zeitkonstante
Die Zeitkonstante beschreibt das Verhalten eines Hochpassfilters und entspricht dem Zeitintervall, in dem das Anzeigesignal auf den Wert 1/e gefallen ist.
Bemerkung: Die Zeitkonstante erlaubt die Abschätzung des Fehlers in Abhängigkeit der Messzeit. In der Betriebsanleitung zum Ladungsverstärker sind weitere Details und Informationen über Zeitkonstanten und Empfindlichkeitsbereiche zu finden.
Beispiel: Die Zeitkonstante hängt vom eingestellten Messbereich am Ladungsverstärker ab. Mögliche Werte variieren zwischen 0,01 s im empfindlichsten Bereich bis zu 100 000 s im unempfindlichsten Bereich. Die grösste Zeitkonstante muss für quasistatische Messungen eingestellt werden.

900-380d-08.15 ©2015, Kistler Group

Kistler Group
Eulachstrasse 22
8408 Winterthur
Switzerland
Tel. +41 52 224 11 11

Kistler Group includes the Kistler Holding AG and
all its subsidiaries in Europe, Asia, Americas and Australia.

Find your local contact on
www.kistler.com

KISTLER
measure. analyze. innovate.