



PCB® KRAFTSENSOREN MESSUNG STATISCHER UND DYNAMISCHER KRÄFTE



Hohe Steifigkeit
Piezoelektrische Dehnungssensoren
Zug- und Druckkräfte
DMS-Kraftmesszellen
ICP®-/IEPE-Kraftsensoren
3-Komponenten-Kraftsensoren
Redundanz





ERFAHREN SIE, WAS DEN PCB-UNTERSCHIED AUSMACHT

PCB Piezotronics, Inc. liefert Kraftsensoren, für sehr präzise Messaufgaben. Die unterschiedlichen Sensoren werden sowohl für Messungen statischer als auch dynamischer Kräfte benutzt, wie zum Beispiel im Bereich der Automobilentwicklung, der Luft- und Raumfahrtindustrie sowie der industriellen Prozesssteuerung.

Quarzsensoren auf piezoelektrischer Basis dienen der Messung dynamischer und quasistatischer Kräfte. Sie sind entweder mit einem Ladungsausgang oder mit einem integrierten ICP®-/IEPE-Verstärker verstärker verfügbar.

DMS-Wägezellen dagegen eignen sich für eine Vielzahl von statischen Kraftmessungen wie Wiegen, Dynamometertests oder den Einsatz in Prüfmaschinen. Neben den Standardsensoren sind auch Modelle mit doppelt ausgeführter Messbrücke verfügbar, die für Langzeituntersuchungen eingesetzt werden können.

Alle Sensoren sind gemäß ISO entwickelt bzw. gefertigt und werden mit einem individuellen, auf NIST rückführbaren Kalibrierzertifikat geliefert.

Ergänzend bietet PCB Piezotronics auch passende Signalaufbereitungsmodule, optional mit einer Anbindungsmöglichkeit an Überwachungs- und Automatisierungssysteme an.

EINLEITUNG

Einleitung	3
Technische Grundlagen	4
Piezoelektrische Kraft- und Dehnungssensoren	12
Piezoelektrische uniaxiale Kraftsensoren	14
Piezoelektrische Allround-Sensoren	17
Allround-Sensoren mit Ladungsausgang	18
Piezoelektrische Miniatur-Kraftsensoren	19
Piezoelektrische Dreikomponenten-Kraftsensoren	20
Piezoelektrische Dehnungssensoren	22
Wägezellen und Kraftmessunterlegscheiben auf DMS-Basis	23
Kalibrierdienstleistungen	26
Kabelaustauschprogramm	27



TECHNISCHE GRUNDLAGEN

Das ICP-Konzept

Die Abkürzung ICP® steht für "Integrated Circuit Piezoelectric". Dieses Kürzel ist ein eingetragenes Warenzeichen der Firma PCB-Piezo-tronics, Inc, die diese Technik bereits vor über 40 Jahren entwickelt hat. Andere Hersteller benennen dieselbe Technik für Ihre eigenen Sensoren auch als IEPE, „Integrated Electronics Piezo-Electric“.

Das ICP-Konzept basiert auf der Kombination des piezoelektrischen Elementes mit einem Halbleiter-Schaltkreis in einem gemeinsamen Gehäuse. Die integrierte Elektronik arbeitet als Verstärker bzw. Impedanzwandler, der die elektrische Ladung hoher Impedanz auf dem piezoelektrischen Element in ein Spannungssignal mit geringer Impedanz umwandelt, das sich störungsempfindlich auch über sehr lange Kabelstrecken übertragen lässt. Über eine einzige Zweidrahtleitung wird das Spannungssignal geleitet und zugleich die Energieversorgung für den Sensor in Form eines Konstantstroms von 2...20 mA gewährleistet. Diese Aufgabe übernimmt eine externe Konstantstromquelle, oder ICP®-Versorgungseinheit, die auch das Messsignal von der Treiberspannung für den Konstantstrom über einen Kondensator auskoppelt. Viele Datenerfassungssysteme besitzen bereits eine solche Konstantstromquelle, so dass ICP®-Aufnehmer direkt angeschlossen werden können.

Top-Features

- Feste Empfindlichkeit, unabhängig von der Kabellänge und Kapazität
- Niederohmiger Ausgang (100 Ω), der den Einsatz auch in feuchten und schmutzigen Umgebungen erlaubt
- Ein 2-Leitersystem, bei dem normales koaxiales Kabel oder sogar normale zweidrahtige Leitung verwendet wird
- Hohe Ausgangsspannung (+/-5V, +/-10V)
- Geringeres Ausgangsrauschen
- Erweiterter Frequenzbereich
- Einfacher Selbsttest der Messkette
- Geringe Kosten pro Kanal
- Einfach zu versorgen (Netz, Akku)
- Reduzierter Kalibrierungsaufwand
- Anschluss über geeignete Versorgungen und /oder über Auswertegeräte (z. B. Computer-Frontends)

Kraftaufnehmer mit integriertem ICP®-Verstärker

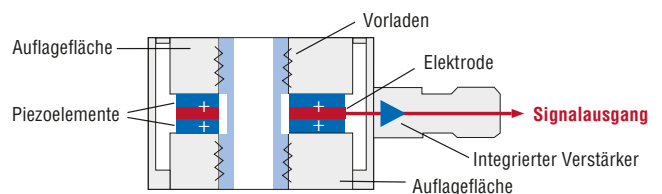
Grundsätzlich besteht ein ICP®-Sensor aus einem piezoelektrischen Element, dem Verstärker und einem P-Channel-MOSFET Spannungsfollower. Eine Änderung der Messgröße generiert im Piezoelement die Ladungsänderung ΔQ . Diese Ladungsänderung ruft eine Änderung der Spannung U hervor.

$$\Delta U = \Delta Q / C$$

Diese Spannungsänderung erscheint unverzögert an der Source des MOSFET's, die im Ruhezustand ein Spannungspotential von 8 ... 11 V aufweist. Die Quellimpedanz am Sourceanschluss ist kleiner als 100Ω . Der ICP®-Verstärker ist ein nicht invertierter Gleichspan-

nungsverstärker mit einer Bandbreite von mehr als 1 MHz bei einer Aussteuerung von +/-5V.

Prinzipieller Aufbau piezoelektrischer Kraftsensoren

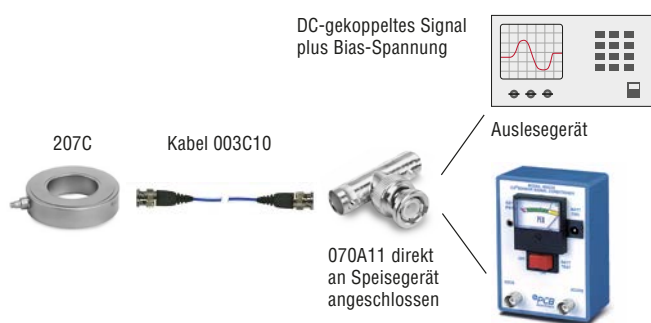




Aufbringen einer Vorlast und Messung des DC-Anteils mit einer Standard-ICP®-/IEPE-Versorgung

Bei nicht vorgespannten uniaxialen und triaxialen Kraftsensoren muss die Vorspannung in der Applikation aufgebracht werden.

Aufbau einer Messkette



Dazu reichen schon wenige Teile/Messmittel:

- Sensor
- Kabel
- BNC T-Stück
- Stromversorgung
- Oszilloskop oder ein Vielfachmessgerät (Multimeter)

Die Anzeige (in diesem Fall ein Oszilloskop) muss Werte > 15 VDC anzeigen können und DC-gekoppelt sein. Steht kein Oszilloskop zur Verfügung, reicht auch ein Volt- oder Multimeter aus.

Als Signal-Konditionierer wird in dem Beispiel eine Batterieversorgung **480C02** verwendet. Geeignet ist auch jede andere AC-gekoppelte ICP®-/IEPE-Speisung.

Die einzelnen Schritte zur Aufbringung der Vorlast

1. Den im Bild dargestellten Messaufbau herstellen
2. Nach dem Einschalten die Einschwingzeit abwarten
3. BIAS-Spannung an der Anzeige messen. Typischerweise liegt diese zwischen 8 ... 14 VDC für die meisten ICP®-IEPE-Sensoren. Der jeweils genaue Wert ist dem mitgelieferten Kalibrierzertifikat zu entnehmen.
4. Die Vorlast in kleinen Schritten aufbringen. Dabei die BIAS-Spannung als neue Nullreferenz verwenden.

Ein Beispiel – PCB Sensormodell 206C:

- Messbereich: 355,86 kN
- Spezifizierte Empfindlichkeit: 13,5 mV/kN
- Empfohlene Vorlast: 71,172 kN
- Spezifizierte BIAS-Spannung: 8 – 14 VDC

Das ergibt sich ein Wert für die Vorlast von:
 $13,5 \text{ mV/kN} \times 71,172 \text{ kN} = 960,82 \text{ mV}$

Bei einer angenommenen BIAS-Spannung von +10 VDC ist die Vorlast bei einer Spannungsanzeige von

BIAS-Spg. 10 VDC + Vorlast-Spg. 0,96082 = 10,96082 erreicht.

Bitte beachten Sie, dass das Aufbringen der Vorlast schrittweise erfolgen muss und nicht schlagartig. Wird die Vorlast schlagartig aufgebracht, kann der Sensor überlastet und zerstört werden! **Das Aufbringen der Vorlast muss so erfolgen, dass am Ausgang des Sensors (bei triaxialen Sensoren am Ausgang der Z-Achse) bei jedem Schritt das Ausgangssignal der Vorlastspannung 10 VDC nicht überschreitet.**



Das Ladungs-Konzept

Historisch gesehen verwendeten fast alle dynamischen Messanwendungen piezoelektrische Sensoren mit einem Ladungsausgang.

Diese Sensoren enthalten nur ein piezoelektrisches Sensorelement (ohne eingebaute Elektronik) und haben ein hochohmiges Ausgangssignal. Der Hauptvorteil von Sensoren mit einem Ladungsausgang ist ihre Fähigkeit, in Umgebungen mit hohen Temperaturen zu arbeiten. Bestimmte Sensoren können Temperaturen von über 600 °C standhalten.

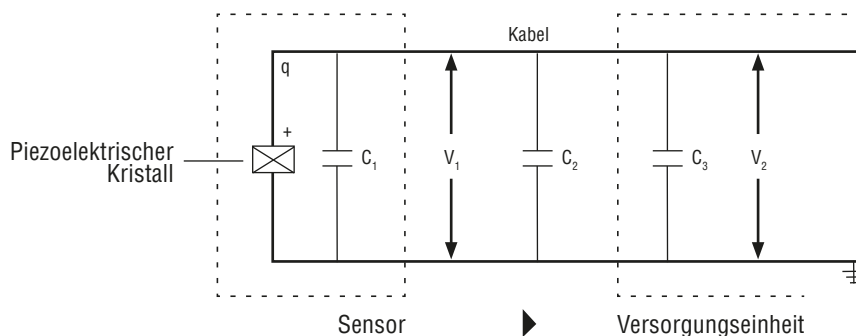
Das von piezoelektrischen Sensorkristallen erzeugte Ausgangssignal ist jedoch extrem empfindlich gegenüber einer Verfälschung durch verschiedene Umweltfaktoren. Es müssen rauscharme Kabel verwendet werden, um Hochfrequenzstörungen und elektromagnetische Störungen zu reduzieren.

Die Verwendung von Kabelbindern oder Klebeband reduzieren mögliche Störungen durch Bewegungen der verwendeten Messleitungen. Ein hoher Isolationswiderstand des Sensors und der Verkabelung sollte beibehalten werden, um Drift zu vermeiden und wiederholbare Ergebnisse sicherzustellen.

Um das Signal von Sensoren mit einem Ladungsausgang richtig zu analysieren, muss der Ausgang mit hoher Impedanz normalerweise in ein Spannungssignal mit niedriger Impedanz umgewandelt werden. Dies geschieht durch im Allgemeinen durch einen Ladungsverstärker oder Inline-Ladungsverstärker.



Prinzipieller Aufbau einer Messkette



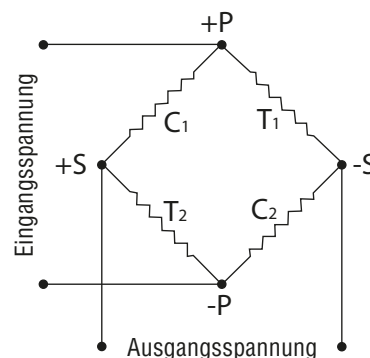
Schematischer Aufbau eines Ladungssensors



Das DMS-Konzept

Diese Abkürzung „DMS“ steht für den Begriff „Dehnungsmessstreifen“ (auch Strain Gauge). Die Dehnungsmessstreifen werden auf oder auch in den Sensorkörper geklebt. Durch die Verformung Messkörpers bei Belastung, ändert sich der elektrische Widerstand in den Dehnungsmessstreifen. Diese Widerstandsänderung ist dann ein Maß für die Kraft, den Druck oder dem Drehmoment die auf den jeweiligen Sensor wirkt. In der Regel werden die DMS in entsprechenden, für die jeweilige Applikation entwickelt Sensoren verbaut. Das Konzept findet in vielen Applikationen seine Anwendung: Haushalts-, LKW- und Kranwaagen sowie in Druck- und Drehmomentsensoren. Daneben können die Dehnungsmessstreifen auch auf jede Fläche verklebt werden, die untersucht werden soll. Dieses Prinzip kommt dort zum Einsatz, wo statische Kräfte, Drücke oder Drehmomente gemessen oder visualisiert werden sollen, aber der Platz für geeignete Sensoren nicht ausreicht.

Der Nachteil dieser Vorgehensweise ist, dass die Dehnungsmessstreifen nicht von der Struktur entfernt werden können, ohne sie zu zerstören. Bei Messungen mit DMS werden Brückenschaltungen (Viertel-, Halb- und Vollbrücke) eingesetzt. Viele DMS-Sensoren nutzen die Vollbrückenschaltung. Nachfolgend das Prinzipbild der Wheatstoneschen Messbrücke.



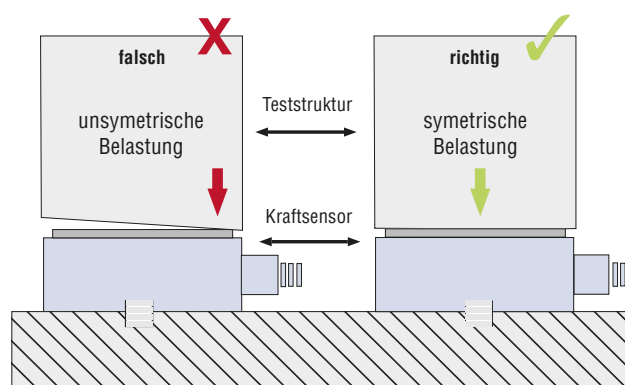
Mechanische Installation der Sensoren – statisch/dynamisch

Eine ordnungsgemäße Installation des Sensors ist eine wesentliche Voraussetzung für genaue dynamische Messungen. Obwohl die robusten Kraftsensoren manchen Fehler bei der Anwendung verzeihen, sind doch gewisse Grundvoraussetzungen einzuhalten.

Die exakte parallele Ausrichtung zwischen den Kontaktflächen von Sensor und Teststruktur minimiert die Biegemomente und Randbelastungen. Ebene Montageflächen beeinflussen ebenfalls die Messqualität. Das Aufbringen einer dünnen Fettschicht auf die Montageflächen sorgt für einen besseren Kontakt zwischen Sensor und Struktur. Die Montageflächen der Kraftsensoren von PCB Piezotronics werden bei der Herstellung geläppt, um zu gewährleisten, dass sie eben, parallel und glatt sind. Die Auslieferung von Ringkraftsensoren erfolgt mit sogenannten Antifriktionsscheiben. Dadurch wird die Scherbelastung der Sensorfläche beim Verdrehen zwischen zwei Flächen möglichst klein gehalten. Die vollständige Belastung der gesamten Messfläche des Kraftsensors spielt für gute Messergebnisse ebenfalls eine wichtige Rolle.

Bei der Montage von Kraftsensoren ist weiter zu überlegen, wie mechanische, hochfrequente Schockbelastung von dem Sensor

ferngehalten werden können. Der hochfrequente Anteil direkter Aufschläge wie zum Beispiel von Metall-auf-Metall kann oft Überlastspitzen mit extrem hohen Werten in den Strukturen und dem Sensor bewirken. Dieses Problem lässt sich mit einer dünnen Schicht eines weicheren Materials zwischen Struktur und Sensor, der dem Aufprall ausgesetzt ist, dämpfen. Allerdings ist zu überlegen, ob die – wenn auch geringe - Dämpfung hochfrequenter Schocks zu Fehlern bei der Kraftmessung führen kann. Die Prallflächen der Kraftsensoren der Serie 200 und die Prallkappen der Kraftaufnehmer der Serie 208 werden mit dünnen Schichten eines Dämpfungsmaterials geliefert.





Messaufgaben – Statisch/Dynamisch

In der Messtechnik werden grundsätzlich zwei Hauptmessarten unterschieden: Die statische und die dynamische Messung.

Bei der statischen Messung liefern die Sensoren kontinuierliche Messwerte. Am besten lässt sich das Prinzip an einer elektronischen Haushaltswaage erklären. Wird in die Waagschale eine Masse gelegt, so zeigt das Display das Gewicht dieser Masse kontinuierlich an.

Diese Technik kommt überall dort zum Einsatz, die vorliegenden Messaufgaben verhältnismäßig „langsam“ ablaufen. Ganz anders sieht es bei einer dynamischen Messung aus.

Ganz gleich ob es sich hier um die Messung von Kräften, Drücken oder Beschleunigungen handelt, die einzelnen Prozesse laufen sehr schnell ab.

Wir reden hier durchaus von Taktrate von mehreren kHz. Eine Messung mit einem (zum Beispiel) Kraftsensor an der Spindel eines Fräskopfes, ist ein sehr dynamischer Prozess. Eine solche Messung wäre mit einem Sensor der für statische Messaufgaben ausgelegt ist, nur begrenzt bis gar nicht möglich.

Dynamische Kraftmessung

So unterschiedlich wie die Messaufgaben sind, so vielfältig sind auch die möglichen Bauformen der jeweiligen Sensoren. In den meisten Fällen haben die Sensoren, mit denen dynamische Messungen durchgeführt werden, geringe Abmessungen.

Grundsätzlich soll die Sensorik für dynamische Messungen möglichst klein sein und kein hohes Gewicht haben. Die von PCB Piezotronics Inc. vertriebenen piezoelektrischen Sensoren sind genau für solche Messaufgaben konzipiert. Diese Sensoren arbeiten nach dem piezoelektrischen Prinzip. Dazu später mehr.

Die Gründe dafür sind unter anderem, dass die Sensorik auf oder an den zu untersuchenden Objekt angebracht werden muss. Wäre die Sensorik zu groß und/oder zu schwer, dann würde das Messergebnis stark beeinflusst. Die Messtechnik soll aber die Messergebnisse nicht beeinflussen. Um ein Beispiel zu geben, der kleinste PCB-Kraft-Sensor für dynamische Kraftmessung, misst gerade einmal 15,5 mm x 9,5 mm.

Gerade für dynamische Messungen, ist es wichtig, dass die Sensoren die auf die Strukturen aufgebracht werden, möglichst wenig bis gar keinen Einfluss auf die Messung haben. Ganz ausschließen kann man den Einfluss der aufgebrachten Sensorik nicht, auch wenn sie noch so klein sind. Aber er kann so gering wie möglich gehalten werden.

Piezoelektrische Kraftsensoren von PCB zeichnen sich durch ihre große Messbandbreite und kurzen Ansprechzeiten zur Messung dynamischer und quasistatischer Kraftverläufe aus. Durch die äußerst steife Konstruktion werden die Sensoren bei Belastung nur minimal ausgelenkt und somit eine sehr gute Linearität und stabile Messergebnisse gewährleistet.

Typische Applikationen für piezoelektrische Kraftsensoren sind in Forschung, Entwicklung und in der Fertigungsprozessüberwachung zu finden.



Statische Kraftmessung

Die Sensoren für statische Messungen werden dort eingesetzt, wo eine kontinuierliche Überwachung einzelner Kraftverläufe erforderlich ist. So wie es zum Beispiel bei Wägeeinrichtungen oder auf Prüfständen der Fall ist. Sensoren für statische Messaufgaben arbeiten auf DMS-Basis. Dazu später mehr.

Dank verschiedener Bauformen und Messbereiche wird eine Vielzahl von Anwendungen optimal abgedeckt. Weitere typische Messaufgaben sind unter anderem Materialprüfungen, Strukturuntersuchungen, Lebensdauertests, Aufschlagtests oder Lastsimulationen in Langzeitprüfungen.

Vielfach ist es so, dass diese Sensoren in der Regel größere Abmessungen und ein höheres Gewicht haben. Zwar werden auf dem Markt mittlerweile recht kleine Sensoren angeboten, diese sind aber meist trotzdem immer noch größer und schwerer als Sensoren für dynamische Messungen.

Dadurch dass diese Sensoren mit DMS-Streifen arbeiten ist hier ein etwas höherer Platzbedarf notwendig. Auch wird solche Sensorik meist dort eingesetzt, wo meist ausreichend Platz zur Verfügung steht.

Indirekte dynamische Kraftmessung

Eine weitere Art der dynamischen Kraftmessung ist das indirekte messen der Kraft mit Hilfe der Dehnung des Materials. Herkömmliche Dehnungssensoren basieren auf der DMS-Technologie. Um die Dehnungswerte in einer Kraft- oder Lastmessanwendung effektiv zu messen, wird eine vollständige DMS-Brückenschaltung mit 4 Elementen verwendet. Die Konfiguration ist als Wheatstone Bridge Circuit bekannt.

Eine Wheatstone-Brücke hat eine sehr lineare Ausgabe in ihrem Mittenbereich. Dies gilt als +100% bis -100% des Bereichs. Die Wheatstone-Brücke weist in den oberen und unteren Extremwerten des Bereichs eine gewisse Nichtlinearität auf. Daher können beim Versuch, bei dem es auf eine hohe Präzision ankommt, Ungenauigkeiten oberhalb der Endpunkte auftreten. Bei einigen F&E- oder Kontrollanwendungen ist es aber besonders wichtig, genaue Messungen durchzuführen.

Um die erwähnten Fehler zu vermeiden, stellt PCB piezoelektrische Quarz-Dehnungssensoren her, die über den gesamten nutzbaren Bereich die gleiche Empfindlichkeit im $mV/\mu\epsilon$ ausgeben.

Bedeutung $mV/\mu\epsilon$ (mV pro Micro Strain):

Die „mV“ stehen für die Empfindlichkeit des Sensors. Bei der Angabe „Micro Strain“ handelt es sich um eine Längenänderung / Meter Länge. Daraus ergibt sich ein dimensionsloser Wert. Im täglichen Sprachgebrauch redet man dann von „Micro Strain“.

Die piezoelektrischen Dehnungssensoren der Serie RHM240 sowie die Modelle der Serie 740 ermöglichen die indirekte Messung einwirkender Kräfte durch Erfassung der Oberflächendehnung und -stauchung. Die Montage der Sensoren erfordert keine konstruktiven Änderungen an der Struktur, da sie kraftschlüssig auf die Strukturoberfläche geklebt (Serie 740) oder geschraubt (Serie RHM240) werden.

Piezoelektrische ICP®-Dehnungssensoren werden in der Fertigung zur Überwachung getakteter Fertigungsprozesse eingesetzt und registrieren dabei jede Änderung. Dadurch können zum Beispiel bei Crimp- oder Fügevorgängen so genannte „Fingerprints“ erstellt und damit Werkzeugverschleiß, Materialänderungen und Fertigungsfehler frühzeitig erkannt werden.



Vorlast und Montagebolzen

Ringkraftsensoren von PCB werden zusammen mit dem zugehörigen Montagebolzen kalibriert und geliefert. Dieser Bolzen ist steif genug, um die Verbindung zu gewährleisten, und zugleich elastisch genug, um die Funktion zu garantieren. Der mitgelieferte Montagebolzen aus Kupfer-Beryllium-Kupfer nimmt etwa 5% der aufgetragenen Kraft auf. Für den Montagebolzen können aber auch andere Materialien verwendet werden. Dann ist jedoch eine erneute Kalibrierung notwendig, denn Stahl-Bolzen nehmen etwa 20-50% der aufgetragenen Kraft auf.

Entladezeitkonstante (DTC)

Die DTC (Discharge-Time-Constant) ist als die Zeit definiert, in der bei einem Sensor oder einem Messsystem das Ausgangssignal als Antwort auf eine Sprungfunktion auf 37% des ursprünglichen Wertes abgeklungen ist. Jeder piezoelektrische Sensor, und zwar unabhängig davon, ob es sich um einen Kraft-, Druck- oder Vibrationsaufnehmer handelt, zeigt ein abfallendes Ausgangssignal auf eine konstante Sprungfunktion. Die DTC eines Systems ist ein direktes

Maß für die Messeigenschaften bei niedrigen Frequenzen und hat besondere Bedeutung für die Ausführung quasistatischer Messungen von Kräften. Der Frequenzgang im unteren Bereich sieht daher bei Quarz-Kraftaufnehmer wie bei einem Hochpassfilter aus. Die DTC ist nicht zu verwechseln mit der Zeitkonstante aus der DMS-Terminologie, welche die Anstiegszeit auf eine Sprungfunktion bestimmt.

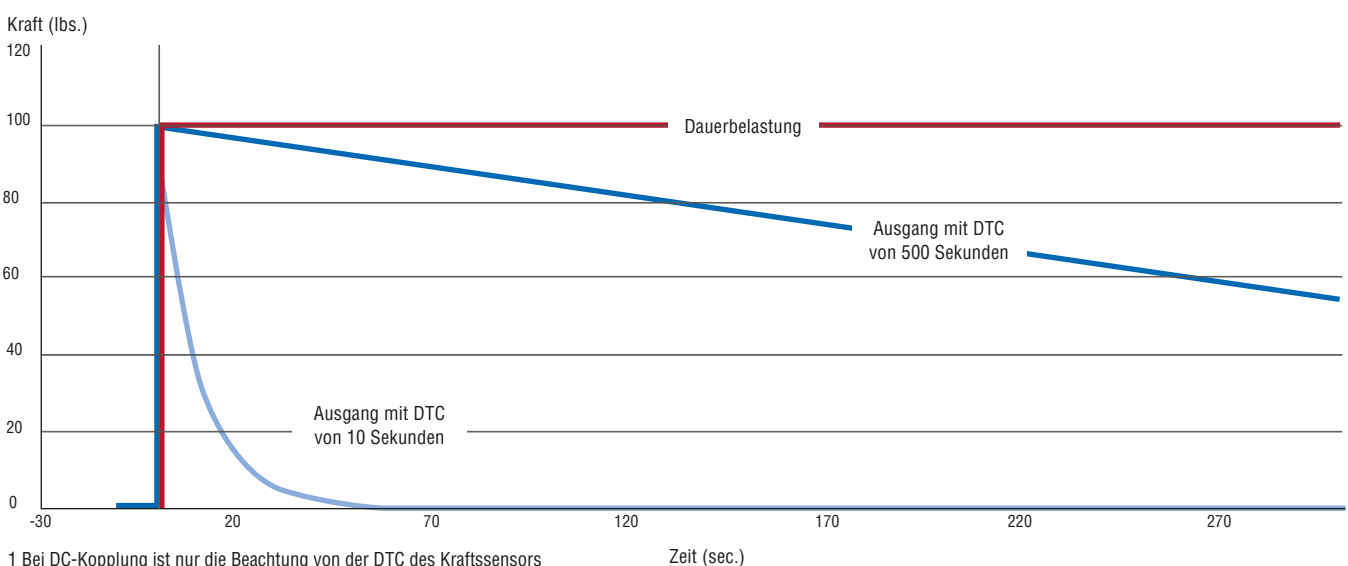
Das Niederfrequenzverhalten ICP®-Sensoren

Zwei Faktoren beeinflussen dieses Verhalten:

- Entladezeitkonstante (Discharge-Time-Constant) des Kraftsensors
- Entladezeitkonstante der AC-Kopplung für den Messverstärker 1

Die statische Grenze wird bei einem ICP-Sensor durch die Entladezeitkonstante (Discharge-Time-Constante) bei Sensoren mit Ladungsausgängen durch die Driftgeschwindigkeit 2 bestimmt.

Quasistatische Messungen können nur mit ausreichenden langer DTC durchgeführt werden. Die Abbildung zeigt bei einer konstanten Last das Messergebnis bei 2 unterschiedlichen DTC's.

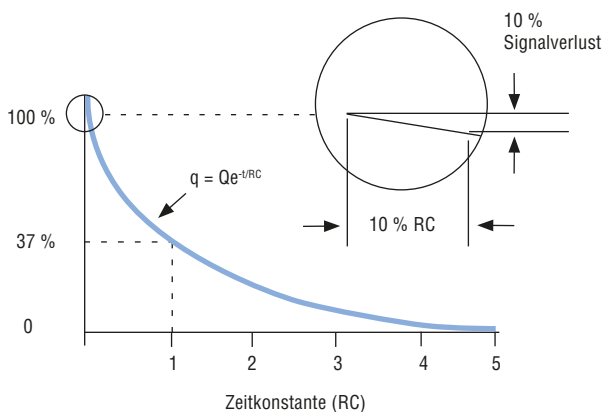


1 Bei DC-Kopplung ist nur die Beachtung von der DTC des Kraftsensors
 2 Dies ist eine Funktion des Leckstromes über den Ladungsverstärker



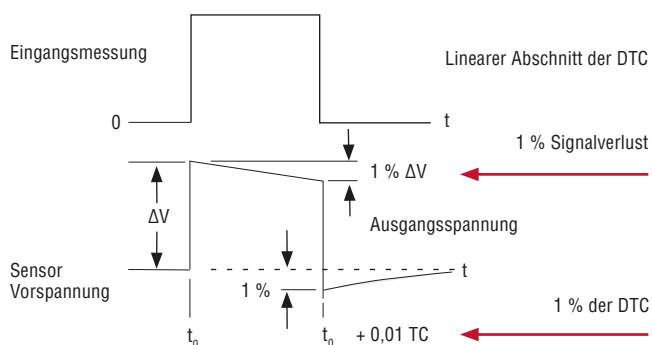
Quasistatische Messung mit ICP®-Sensoren

Hohe Genauigkeit bei statischen Kraftmessungen ist ein Vorteil der DMS-Technik. Mit ICP®-Quarz-Kraftaufnehmern sind „nur“ „quasistatische“ Messungen möglich. Dazu ist aber eine DC-gekoppelte ICP-Versorgung notwendig. Eine **Faustregel** besagt, dass das Ausgangssignal des Sensors während der ersten 10% der Entladezeit linear mit dem Faktor 1 abnimmt. Eine Genauigkeit von 1% bzw. 10% ergibt sich innerhalb der ersten 1% bzw. 10% der Entladungszeitkonstante.



Ein Beispiel:

Wirkt eine statische Last mit 1.000 N auf einen DC-gekoppelten Aufnehmer mit einer DTC von 2.000s ein, fällt das Signal innerhalb den ersten 20 s um 1% ab. Somit ist für eine Genauigkeit von 1% eine Ablesung innerhalb der ersten 20 s notwendig.



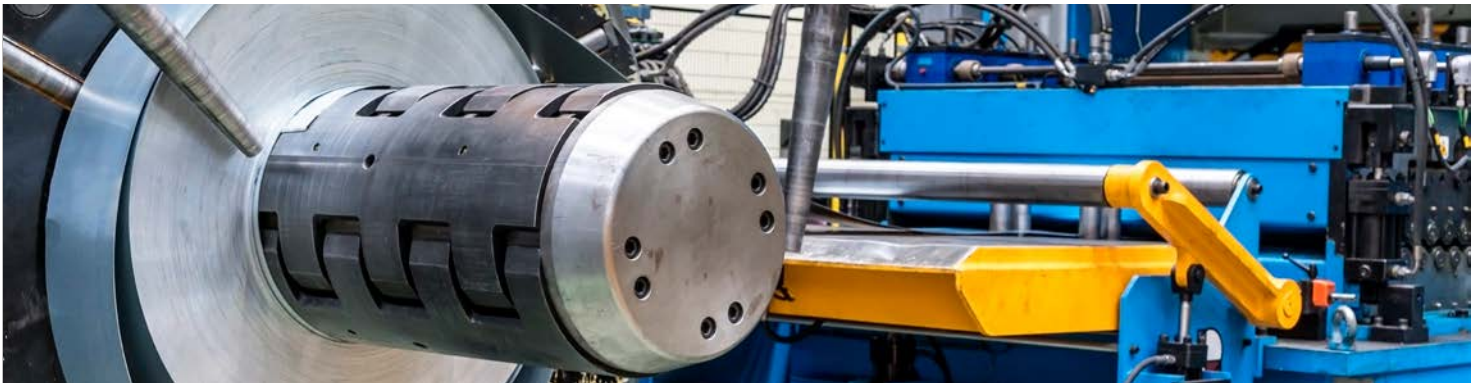
Polarität

Die Polarität des Ausgangssignals eines ICP®-Kraftsensoren ist positiv für Druckkraft- und negativ für Zugkraftmessungen. Die Polarität der Kraftsensoren mit Ladungsausgang ist genau umgekehrt: negativ für Druck und positiv für Zug. Der Grund ist, dass Sensoren mit Ladungsausgang gewöhnlich zusammen mit externen Ladungsverstärkern eingesetzt werden, die eine Phasendrehung verursachen. Somit wird die Polarität des Ausgangssignals eines Systems mit Ladungsverstärker positiv für Druck und negativ für Zug wie bei einer ICP®-Messkette. Aufnehmer mit umgekehrter Polarität des Ausgangssignals sind als Option ebenfalls erhältlich.

Warum kalibrieren?

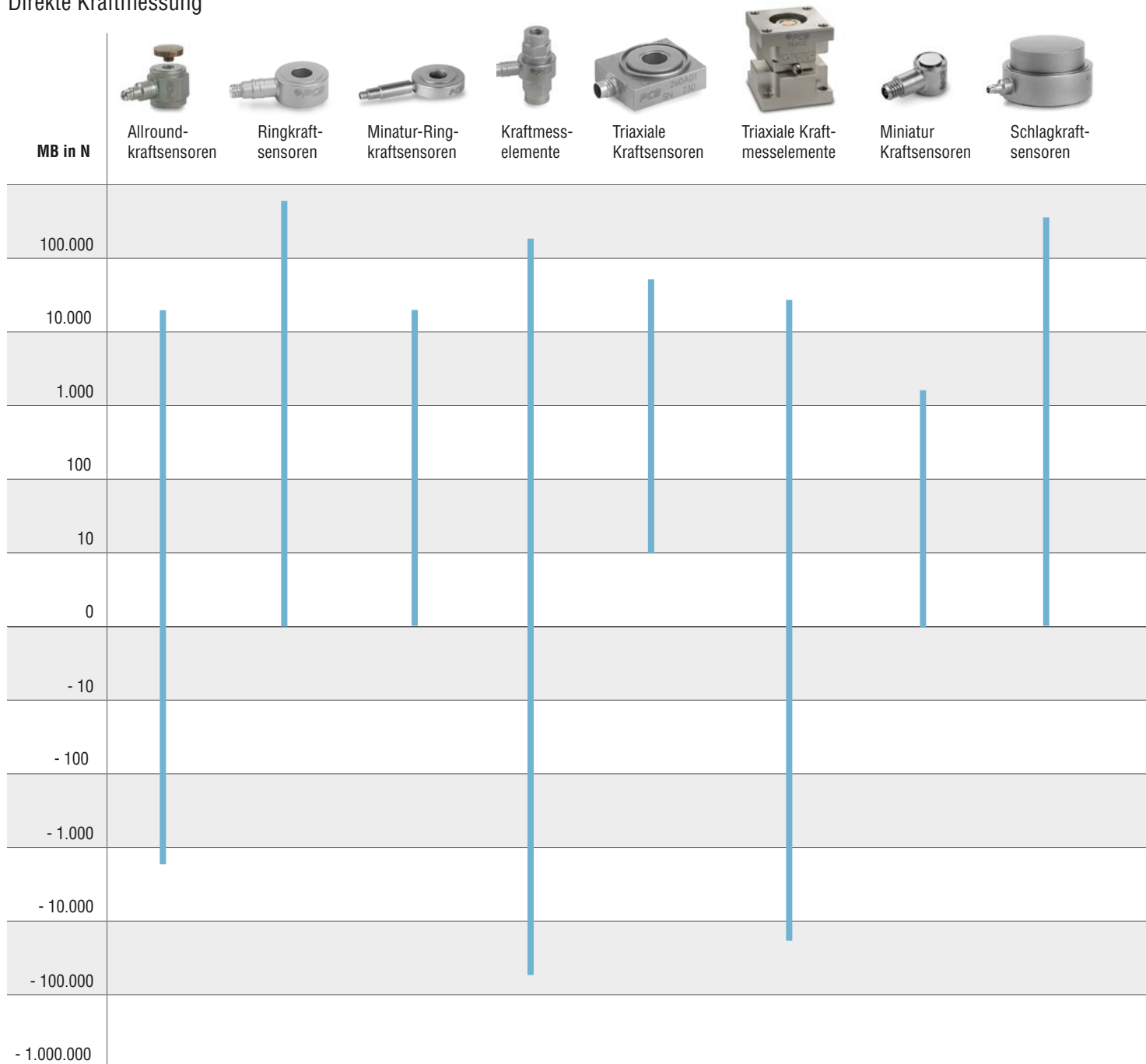
„Kalibrieren ist, wie einen Teenager dazu zu bringen, sich die Zähne zu putzen... Er schaut ständig in den Spiegel und kämmt sich vielleicht hundertmal am Tag die Haare, hat aber morgens nicht die Zeit, sich die Zähne zu putzen.“ Auch im Test- und Messgeschäft entsteht oft der Eindruck, als ob die ganze Aufmerksamkeit dem äußeren Schein gewidmet wird, während bewährte Praktiken wie Kalibrierung, Prüfung und Instandhaltung eher zweitrangig sind ...

Dabei gibt es durchaus gute Gründe Messmittel regelmäßig kalibrieren zu lassen. Nicht nur, dass dadurch die Funktionsfähigkeit der Messmittel gewährleistet wird und fehlerfreie Messungen möglich sind, es können so ganz nebenbei ggf. auch teure wirtschaftliche und eventuelle rechtliche Konsequenzen bei Gewährleistungsfällen vermieden werden. Aus einer regelmäßigen Kalibrierung der Messmittel ergibt sich noch ein weiterer positiver Effekt, nämlich der, dass die ermittelte Messunsicherheit in den Folgeprozessen berücksichtigt werden kann. Diese Kenntnis hat u. U. eine unmittelbare Auswirkung auf die Qualität eines Produktes.



PIEZOELEKTRISCHE KRAFT- UND DEHNUNGSSENSOREN

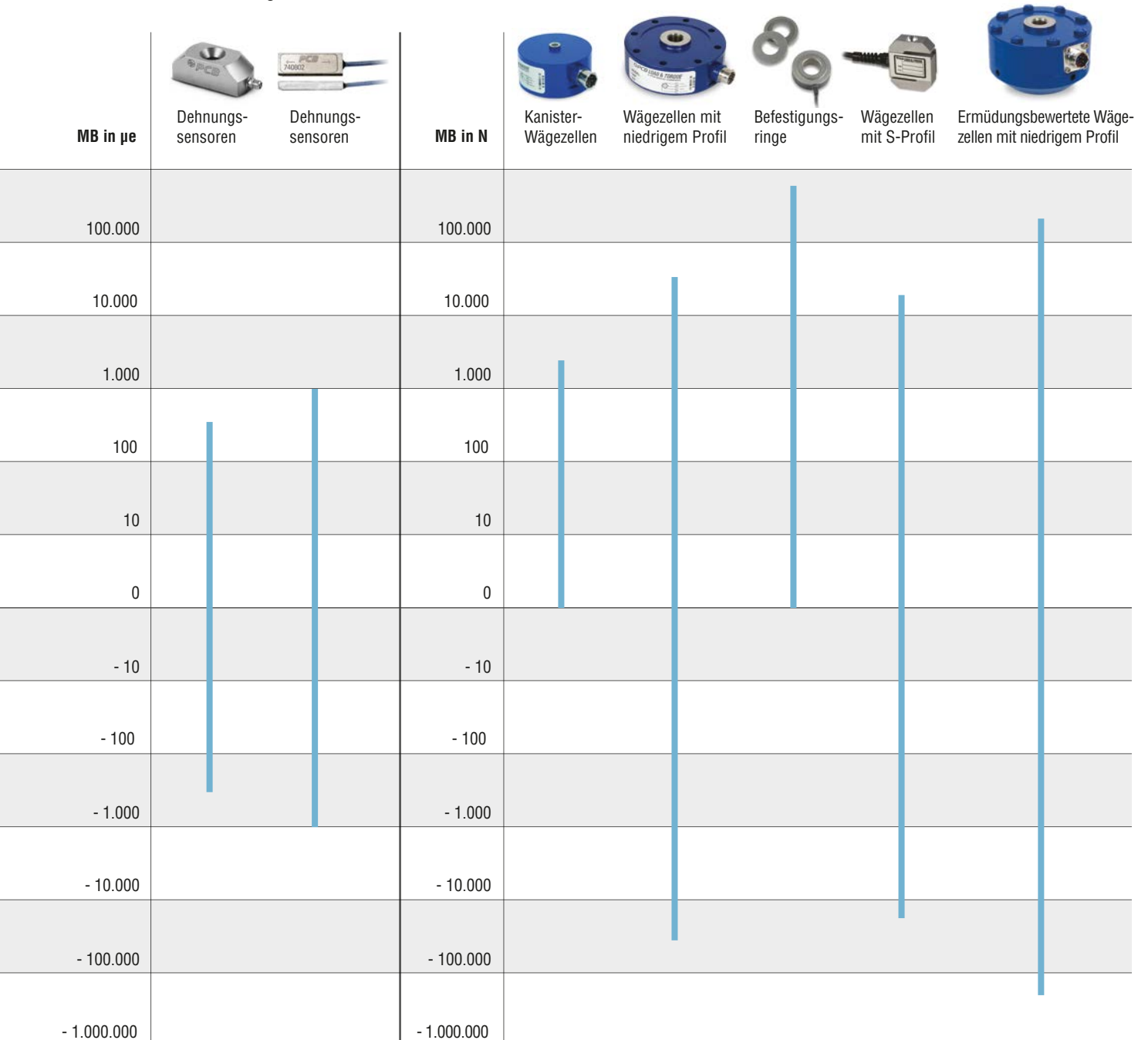
Piezoelektrische Kraftsensoren Direkte Kraftmessung

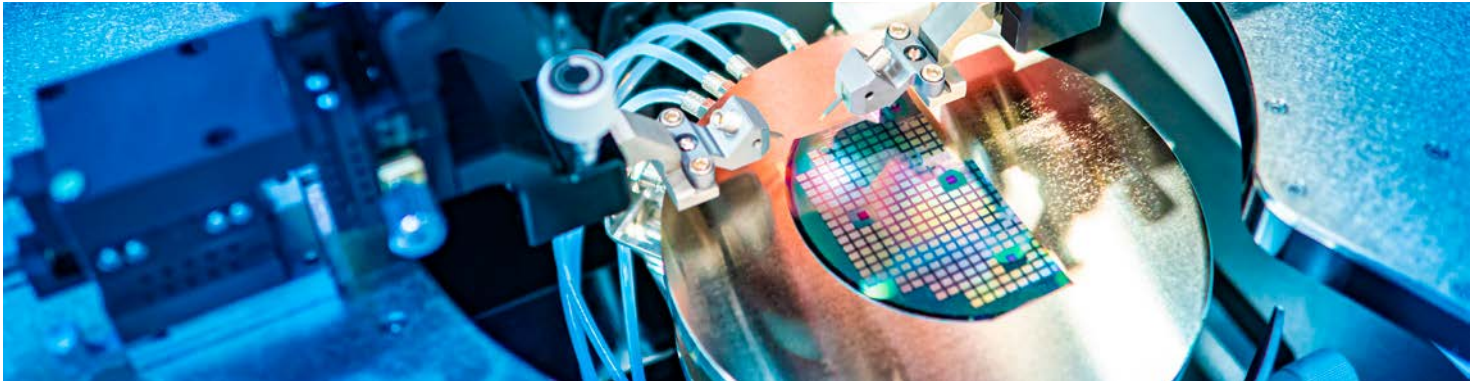




Piezelektrische Dehnungssensoren Indirekte Kraftmessung

DMS Sensoren





PIEZOELEKTRISCHE UNIAXIALE KRAFTSENSOREN

Piezoelektrische Quarz-Kraftmessunterlegscheiben oder Ringkraftsensoren geben in Druckkraftanwendungen mit zyklischer Belastung ein hochgenaues Signal ab. Die Sensoren weisen eine sehr hohe Festigkeit und Steifigkeit auf und eignen sich für die Messung von dynamischen Ereignissen im Mikrosekundenbereich, wie sie bei Umform-, Crimp-, Biege-, Stanz- oder Schneidprozessen vorkommen.

Gerade in den Bereichen der Automobilindustrie und Fertigungstechnik, um nur einige Beispiele zu nennen, werden die Ansprüche an die Qualitätssicherung und damit an das Endprodukt immer höher. Dies macht die Einbindung von geeigneter Sensorik notwendig. Denn damit werden Fehler frühzeitig erkannt und können beseitigt werden.

Piezoelektrische Kraftsensoren werden ebenfalls in der Produktentwicklung oder bei Falltests im Rahmen von Belastungs- und Qualitätsuntersuchungen eingesetzt.

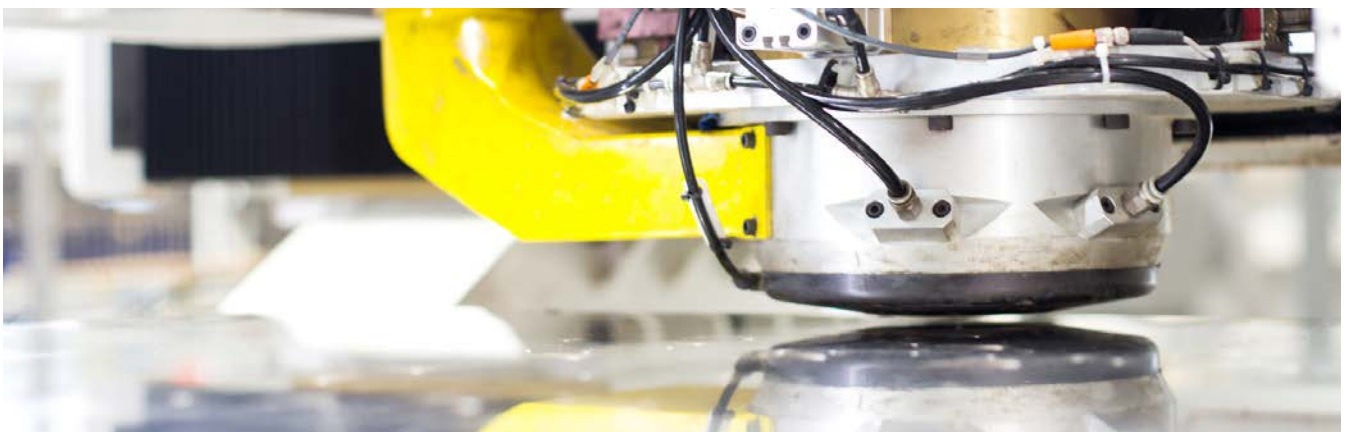
Alle piezoelektrischen Ringkraftsensoren von PCB® enthalten ein Sensorelement aus Quarz. Dieses natürlich gewachsene Kristall besitzt eine zehnfach höhere Steifigkeit als Stahl. Das Quarzelement wird bei der Herstellung im Sensorgehäuse vorgespannt und ermöglicht die Messung kleinster Kraftimpulse, auch bei hohen Frequenzen. Während der Sensormontage werden die Sensorele-

mente präzise ausgerichtet und vorgespannt. Das Sensorgehäuse aus Edelstahl wird lasergeschweißt, somit ist die hermetische Abdichtung gewährleistet. Neben den klassischen Ringkraftsensoren stehen dem Anwender natürlich auch sogenannte Force-Links zur Verfügung. Diese vorgespannten Kraftmesselemente ermöglichen es, direkt Zug- und Druckkräfte zu messen.

Hochempfindliche Miniatur-Kraftsensoren runden diesen Produktbereich ab. Sie finden ihren Einsatz in Applikationen, wo extrem kleine Kräfte gemessen werden müssen.

Top-Features

- Kraftsensoren mit ICP®- /IEPE- und Ladungsausgang
- Messbereiche von 9,8 ... 445.000 N
- Geringe Ansprechzeit im Mikrosekundenbereich
- Metrisches Montagezubehör
- Hochfestes, hermetisch dichtes Edelstahlgehäuse
- Langzeitstabile Quarz-Sensorelemente
- Ermüdungsfrei und langzeitstabil
- Großer Dynamikbereich
- Exzellente Linearität
- Hohe Steifigkeit und Überlastsicherheit
- Kalibrierung rückführbar auf NIST, A2LA akkreditiert





SPEZIFIKATIONEN PIEZOELEKTRISCHE RINGKRAFTSENSOREN

Modelle	201B01	201B02	201B03	201B04	201B05	M202B
Messbereiche						
Empfindlichkeit	112.405 mV/kN	11.240 mV/kN	2.248 mV/kN	1.124 mV/kN	224,8 mV/kN	112,4 mV/kN
Messbereich	0,0445 kN	0,4448 kN	2,224 kN	4,448 kN	22,24 kN	44,48 kN
Technik	ICP®	ICP®	ICP®	ICP®	ICP®	ICP®
Temperatureffekt						
Kompensierter Bereich	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C
Mechanische Daten						
Gehäuse	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl
Durchmesser x Höhe ⁴⁾	16,5 x 7,9 mm	16,5 x 7,9 mm	16,5 x 7,9 mm	16,5 x 7,9 mm	16,5 x 7,9 mm	22,1 x 9,9 mm
Gewicht ⁴⁾	10 Gramm	10 Gramm	10 Gramm	10 Gramm	10 Gramm	19 Gramm
Elektrischer Anschluss	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse
Befestigungsart	Montagebolzen M5 x 1	Montagebolzen M5 x 1	Montagebolzen M5 x 1	Montagebolzen M5 x 1	Montagebolzen M5 x 1	Montagebolzen M8 x 1

Modelle	M203B	M204C	M205C	M206C	M207C	RH201B76
Messbereiche						
Empfindlichkeit	56,2 mV/kN	27,0 mV/kN	18,0 mV/kN	13,5 mV/kN	11,2 mV/kN	224,8 mV/kN
Messbereich	88,96 kN	177,92 kN	266,9 kN	355,86 kN	444,8 kN	22,24 kN
Technik	ICP®	ICP®	ICP®	ICP®	ICP®	ICP®
Temperatureffekt						
Kompensierter Bereich	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C
Mechanische Daten						
Gehäuse	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl
Durchmesser x Höhe ⁴⁾	16,5 x 7,9 mm	16,5 x 7,9 mm	16,5 x 7,9 mm	16,5 x 7,9 mm	16,5 x 7,9 mm	19,05 mm x 5,08 mm
Gewicht ⁴⁾	10 Gramm	10 Gramm	10 Gramm	10 Gramm	10 Gramm	7 Gramm
Elektrischer Anschluss	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	5-44 Buchse
Befestigungsart	Montagebolzen M10 x 1	Montagebolzen M14 x 1,25	Montagebolzen M16 x 1,5	Montagebolzen M22 x 2	Montagebolzen M30 x 2	Montagebolzen M5 x 0,8



SPEZIFIKATIONEN PIEZOELEKTRISCHE, UNIAXIALE KRAFTMESSELEMENTE

Modelle	M221B01	M221B02	M221B03	M221B04
Messbereiche				
Empfindlichkeit	112.404 mV/kN	11.241 mV/kN	2.248,2 mV/kN	1.124,1 mV/kN
Messbereich – Druck	0,04448 kN	0,4448 kN	2,224 kN	4,448 kN
Messbereich – Zug	0,04448 kN	0,4448 kN	2,224 kN	4,448 kN
Technik	ICP® vorgespannt	ICP® vorgespannt	ICP® vorgespannt	ICP® vorgespannt
Temperatureffekt				
Kompensierter Bereich	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C
Mechanische Daten				
Gehäuse	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl
Durchmesser x Höhe⁴⁾	31,75 x 16,51 mm	31,75 x 16,51 mm	31,75 x 16,51 mm	16,51 mm x 31,75 mm
Gewicht⁴⁾	31 Gramm	31 Gramm	31 Gramm	31 Gramm
Elektrischer Anschluss	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse
Befestigungsart	Innengewinde M6 x 0,75	Innengewinde M6 x 0,75	Innengewinde M6 x 0,75	Innengewinde M6 x 0,75

Modelle	M222B	M223B	M224C	M225C	M226C
Messbereiche					
Empfindlichkeit	202,33 mV/kN	94,42 mV/kN	44,96 mV/kN	31,47 mV/kN	24,73 mV/kN
Messbereich – Druck	26,69 kN	53,38 kN	111,2 kN	155,69 kN	200,16 kN
Messbereich – Zug	11,12 kN	17,79 kN	35,59 kN	53,38 kN	88,96 kN
Technik	ICP® vorgespannt	ICP® vorgespannt	ICP® vorgespannt	ICP® vorgespannt	ICP® vorgespannt
Temperatureffekt					
Kompensierter Bereich	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C
Mechanische Daten					
Gehäuse	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl
Durchmesser x Höhe⁴⁾	41,51 x 22,1 mm	50,8 x 27,94 mm	63,5 x 34,04 mm	76,2 x 40,13 mm	88,9 x 52,07 mm
Gewicht⁴⁾	58 Gramm	120 Gramm	246 Gramm	412 Gramm	907 Gramm
Elektrischer Anschluss	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse
Befestigungsart	Innengewinde M10 x 1	Innengewinde M12 x 1,25	Innengewinde M16 x 1,5	Innengewinde M20 x 1,5	Innengewinde



PIEZOELEKTRISCHE ALLROUND-SENSOREN

Die Sensoren der **Serie 208** von PCB sind mit unterschiedlichen Messbereichen verfügbar und messen sowohl Zug- als auch Druckkräfte sowie Aufprallimpulse in statischen und dynamischen Messaufgaben. Verwendet werden diese Sensoren für Belastungs- und Verschleißmessungen sowie in den verschiedensten Bereichen der Forschung und Entwicklung.

Dank des integrierten ICP®-Vorverstärkers liefern sie ein störungsunempfindliches, vorverstärktes Spannungssignal. Bei kleinstem Messbereich sind wegen der hohen Auflösung sogar Messungen im Milli-Newton-Bereich möglich. Bei den größeren Messbereichen hingegen punkten die Sensoren mit ihrer hohen Steifigkeit, die verglichen mit DMS-basierten Sensoren eine wesentlich geringere Beeinflussung der Messgröße gewährleisten.

Top-Features

- Robust und langlebig
- Hohe Steifigkeit
- Großer dynamischer Bereich
- Schnelle Anstiegszeit
- Gute Messwert-Wiederholbarkeit
- Vielseitig Einsatzmöglichkeiten

SPEZIFIKATIONEN

Modelle	208C01	208C02	208C03	208C04	208C05	TLD208C02
Messbereiche						
Empfindlichkeit	112.410 mV/kN	11.241 mV/kN	2.248 mV/kN	1.124 mV/kN	224,82 mV/kN	11.241 mV/kN
Messbereich – Druck	0,04448 kN	0,4448 kN	2,224 kN	4,448 kN	22,24 kN	0,4448 kN
Messbereich – Zug	0,04448 kN	0,4448 kN	2,224 kN	2,224 kN	2,224 kN	0,4448 kN
Technik	ICP® vorgespannt	ICP® vorgespannt	ICP® vorgespannt	ICP® vorgespannt	ICP® vorgespannt	ICP® und TEDS vorgespannt
Niederfrequenzantwort	0,01 Hz	0,001 Hz	0,0003 Hz	0,0003 Hz	0,0003 Hz	0,001 Hz
Temperatureffekt						
Kompensierter Bereich	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C
Mechanische Daten						
Gehäuse	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl
Durchmesser x Höhe⁴⁾	15,88 x 15,88 mm	15,88 x 15,88 mm	15,88 x 15,88 mm	15,88 x 15,88 mm	15,88 x 15,88 mm	15,88 x 15,88 mm
Gewicht⁴⁾	22,7 Gramm	22,7 Gramm	22,7 Gramm	22,7 Gramm	22,7 Gramm	22,7 Gramm
Elektrischer Anschluss	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse
Befestigungsart	Verschraubung M6 x 1	Verschraubung M6 x 1	Verschraubung M6 x 1	Verschraubung M6 x 1	Verschraubung M6 x 1	Verschraubung M6 x 1
Versorgungsspannung	18 ... 30 VDC	20 ... 30 VDC	20 ... 30 VDC	20 ... 30 VDC	20 ... 30 VDC	20 ... 30 VDC



ALLROUND-SENSOREN MIT LADUNGS-AUSGANG

SPEZIFIKATIONEN

Modelle	218A11	218C
Messbereiche		
Empfindlichkeit	4.046 pC/kN	4.047 pC/kN
Messbereich	22,24 kN	22,24 kN
Technik	LADUNG	LADUNG
Temperaturbereich	-184 ... 204 °C	-54 ... 121 °C
Befestigungsart	Verschraubung	Verschraubung
Gewinde	M7 x 0,75	M6 x 1,0
Gehäusematerial	Edelstahl	Edelstahl
Elektrischer Anschluss	10-32 Buchse	10-32 Buchse
Abmessungen	15,88 x 29,72 mm	15,88 x 15,88 mm
Gewicht	20 Gramm	22,4 Gramm

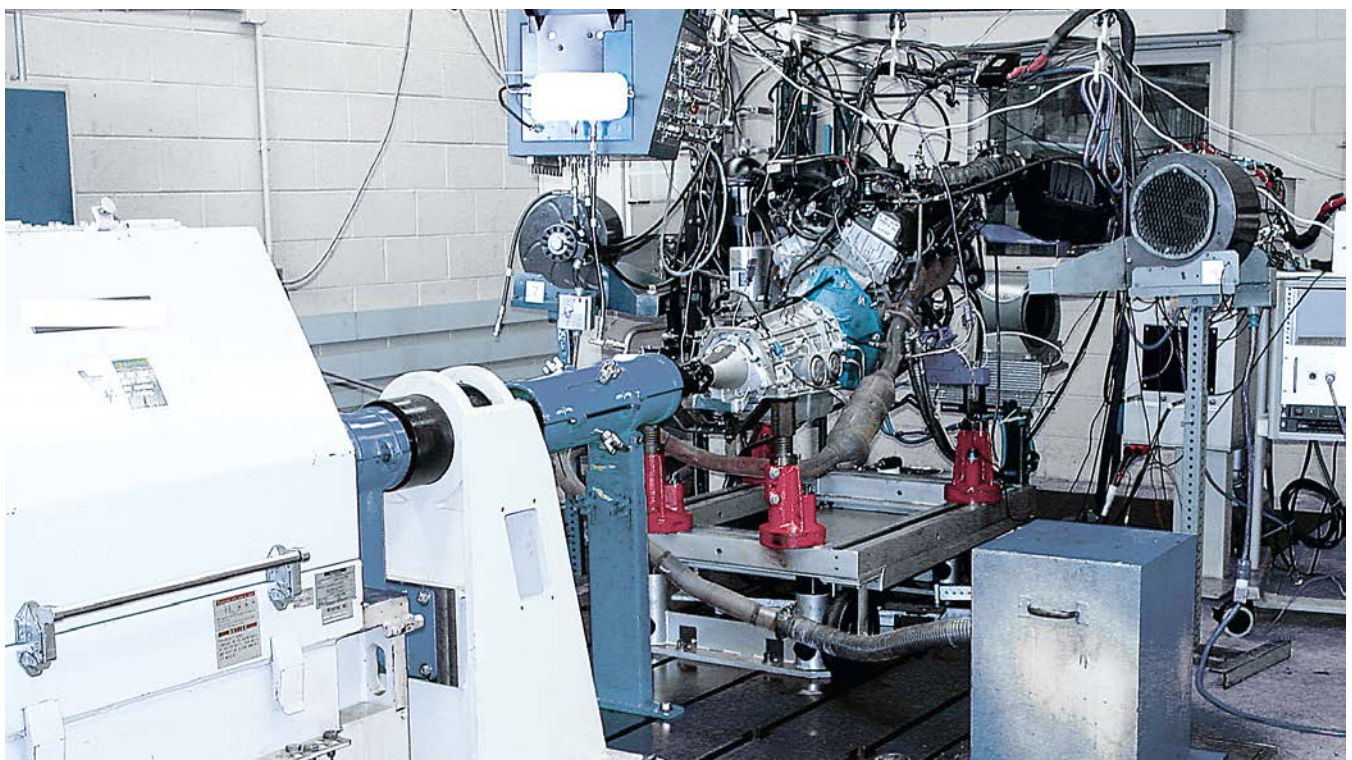




PIEZOELEKTRISCHE MINIATUR-KRAFTSENSOREN

SPEZIFIKATIONEN

Modelle	219A05	M209C01	M209C02	209C11	M209C12
Messbereiche					
Empfindlichkeit	4.497 pC/kN	494.604 mV/kN	494.604 mV/kN	494.604 mV/kN	494.604 mV/kN
Messbereich	2,491 kN	0,00979 kN	0,00979 kN	0,00979 kN	0,00979 kN
Technik	LADUNG	ICP®	ICP®	ICP®	ICP®
Temperaturbereich	-184 ... 204 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C
Befestigungsart	–	Montagebolzen M6 x 0,75	Montagebolzen M6 x 0,75	Montagebolzen M6 x 0,75	Montagebolzen M6 x 0,75
Gehäusematerial	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl
Elektrischer Anschluss	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse
Abmessungen	5,99 x 6,0 mm	15,49 x 9,53 mm	15,49 x 9,53 mm	21,08 x 9,53 mm	21,08 x 9,53 mm
Gewicht	1,2 Gramm	8 Gramm	8 Gramm	8,2 Gramm	8,2 Gramm





PIEZOELEKTRISCHE DREIKOMPONENTEN-KRAFTSENSOREN

Die triaxialen Kraftaufnehmer der Serien 260 und 261 mit ICP®- oder Ladungsausgang messen simultan dynamische oder quasistatische Kräfte in den drei Raumachsen und ergänzen z. B. bei Fahrzeuguntersuchungen die Vibrationsmessungen. Einsatzgebiete sind Modal-, Belastungs- und Komfortuntersuchungen. Sie liefern Informationen über die eingeleiteten Kräfte, die auf das Chassis einwirken. Die Montage kann an verschiedenen Punkten einer Karosserie erfolgen, zum Beispiel zwischen Schockabsorbern, Motoraufhängungen, Federbeinen oder hydraulischen Aktoren.

In der Fertigung ermitteln diese Sensoren Änderungen in den Schnittkräften von Werkzeugmaschinen und ermöglichen dadurch die Erkennung von Werkzeugverschleiß.

Bei der Produktion von Präzisionsteilen werden diese Sensoren auch dazu genutzt, um eventuelle Eigenschwingungen der Fertigungsmaschine bzw. äußere Störkräfte zu ermitteln und zu verhindern.

Beim Einsatz der modernen ICP®-Modelle mit integriertem Vorverstärker wird eine problemlose und sichere Signalübertragung über eine einzelne Messleitung möglich.

Top-Features

- Kraftsensoren mit ICP®- /IEPE- und Ladungsausgang
- Messbereiche von 45 ... 44.800 N
- Geringe Ansprechzeit im Mikrosekundenbereich
- Metrisches Montagezubehör
- Hochfestes, hermetisch dichtes Edelstahlgehäuse
- Ermüdungsfrei und langzeitstabil
- Großer Dynamikbereich
- Exzellente Linearität
- Hohe Steifigkeit und Überlastsicherheit
- Kalibrierung rückführbar auf NIST, A2LA akkreditiert

SPEZIFIKATIONEN

Modelle	260M36	260A01	260A02	260A03
Messbereiche				
Empfindlichkeit Z-Achse	110.000 mV/kN	560 mV/kN	560 mV/kN	60 mV/kN
Empfindlichkeit x-, y-Achse	110.000 mV/kN	22.500 mV/kN	1.120 mV/kN	280 mV/kN
Messbereich Fz	0,045 kN	4,45 kN	4,45 kN	44,48 kN
Messbereich Fx, Fy	0,045 kN	2,22 kN	4,45 kN	17,79 kN
Max. Ausgangssignal Z-Achse	± 2,5 VDC	± 2,5 VDC	± 2,5 VDC	± 2,5 VDC
Max. Ausgangssignal X-, Y-Achse	± 5 VDC	± 5 VDC	± 5 VDC	± 5 VDC
Technik	ICP®	ICP®	ICP®	ICP®
Temperaturbereich	- 54 °C ... 121 °C	- 54 °C ... 121 °C	- 54 °C ... 121 °C	- 54 °C ... 121 °C
Befestigungsart	Montagebolzen M8 x 1,25	Montagebolzen M8 x 1,25	Montagebolzen M12 x 1,25	Montagebolzen M24 x 1,25
Gehäusematerial	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl
Elektrischer Anschluss	4-PIN	4-PIN	4-PIN	4-PIN
Abmessungen	27,3 x 24,1 x 9,9 mm	27,3 x 24,1 x 9,9 mm	34,3 x 31,8 x 9,9 mm	57,1 x 57,1 x 20,07 mm
Gewicht	26,3 Gramm	26,3 Gramm	45 Gramm	271 Gramm



SPEZIFIKATIONEN

Modelle	260A11	260A12	260A13
Messbereiche			
Empfindlichkeit Z-Achse	3,37 pC/N	3,37 pC/N	3,37 pC/N
Empfindlichkeit x-, y-Achse	7,19 pC/N	7,19 pC/N	7,19 pC/N
Messbereich Fz	4,45 kN	4,45 kN	44,48 kN
Messbereich Fx, Fy	2,22 kN	4,45 kN	17,7 kN
Max. Ausgangssignal Z-Achse	-	-	-
Max. Ausgangssignal X-, Y-Achse	-	-	-
Technik	LADUNG	LADUNG	LADUNG
Temperaturbereich	-73 ... 177 °C	-73 ... 177 °C	-73 ... 177 °C
Befestigungsart	Montagebolzen M8 x 1,25	Montagebolzen M12 x 1,25	Montagebolzen M24 x 3,0
Gehäusematerial	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl
Elektrischer Anschluss	3 x 10-32 Buchse	3 x 10-32 Buchse	3 x 10-32 Buchse
Abmessungen	24,1 x 24,1 x 9,9 mm	31,8 x 31,8 x 9,9 mm	57,1 x 57,1 x 20,07 mm
Gewicht	24,6 Gramm	42,5 Gramm	280 Gramm

VORGESPANNTE PIEZOELEKTRISCHE KRAFTMESSELEMENTE

Modelle	M261B01	M261B02	M261B03	M261B11	M261B12	M261B13
Messbereiche						
Empfindlichkeit Z-Achse	0,56 mV/N	0,56 mV/N	0,06 mV/N	3,37 pC/N	3,37 pC/N	3,37 pC/N
Empfindlichkeit x-, y-Achse	2,25 mV/N	1,12 mV/N	0,28 mV/N	7,19 pC/N	7,19 pC/N	7,19 pC/N
Messbereich Fz	4,45 kN	4,45 kN	44,48 kN	4,45 kN	4,45 kN	44,48 kN
Messbereich Fx, Fy	2,22 kN	4,45 kN	17,79 kN	2,22 kN	4,45 kN	17,79 kN
Max. Ausgangssignal Z-Achse	± 2,5 VDC	± 2,5 VDC	± 2,5 VDC	-	-	-
Max. Ausgangssignal X-, Y-Achse	± 5 VDC	± 5 VDC	± 5 VDC	-	-	-
Technik	ICP®	ICP®	ICP®	LADUNG	LADUNG	LADUNG
Temperaturbereich	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-73 ... 177 °C	-73 ... 177 °C	-73 ... 177 °C
Befestigungsart	Innengewinde M6 x 1	Innengewinde M8 x 1,25	Innengewinde M10 x 1,5	Innengewinde M6 x 1	Innengewinde M8 x 1,25	Innengewinde M10 x 1,5
Gehäusematerial	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl
Elektrischer Anschluss	4-PIN	4-PIN	4-PIN	3 x 10-32 Buchse	3 x 10-32 Buchse	3 x 10-32 Buchse
Abmessungen	42,04 x 42,04 x 41,96 mm	54,99 x 54,99 x 59,89 mm	80,0 x 80,0 x 89,9 mm	42,04 x 42,04 x 41,96 mm	54,99 x 54,99 x 59,89 mm	80,0 x 80,0 x 89,9 mm
Gewicht	386 Gramm	975 Gramm	2.994 Gramm	386 g	975 g	2.994 g



PIEZOELEKTRISCHE DEHNUNGSSENSOREN

Die direkte Messung von dynamischen Kräften mit piezoelektrischen Sensoren stellt häufig eine große Herausforderung dar, wenn eine Montage des Sensors im Kraftfluss nicht oder nur mit großem Aufwand möglich ist. Zudem können in den Kraftfluss montierte Sensoren eine Veränderung der Steifigkeit im zu überwachenden System bewirken.

Die piezoelektrischen Dehnungssensoren der **Serie RHM240** sowie die Modelle der **Reihe 740** ermöglichen die indirekte Messung einwirkender Kräfte durch Erfassung der Oberflächendehnung und -stauchung. Dabei ist das E-Modul des Materials und die Geometrie der Struktur von Bedeutung.

Die Montage der Sensoren erfordert keine konstruktiven Änderungen an der Messposition, da sie kraftschlüssig auf die Strukturoberfläche geschraubt oder geklebt werden.

Piezoelektrische ICP®-Dehnungssensoren werden in der Fertigung zur Überwachung getakteter Fertigungsprozesse eingesetzt und registrieren dabei jede Änderung. Dadurch können zum Beispiel bei Crimp-, Press- oder Fügevorgängen so genannte „Fingerprints“

erstellt werden, mit deren Hilfe der Werkzeugverschleiß gesenkt und die Lebensdauer der Maschinen erhöht werden kann. Gleichzeitig besteht mit diesen Sensoren und einer nachgeschalteten Elektronik die Möglichkeit, Materialänderungen und Fertigungsfehler frühzeitig zu erkennen. So wird die fehlerfreie Produktion von hochwertigen Produkten sichergestellt.

Diese Dehnungssensoren eignen sich ebenso gut für eine Vielzahl anderer Überwachungsaufgaben in industriellen Fertigungsprozessen, wie Kunststoffspritzguss, Punktschweißen oder Stanzen, bis hin zu strukturdynamischen Untersuchungen sowie bei Material- und Bauteiltests.

Top-Features

- Indirekte Kraftmessungen abseits des Kraftflusses
- Kein Einfluss auf die Systemsteifigkeit
- Hohe Auflösung
- Für Fertigungszyklen mit hohen Taktraten
- Großer Frequenzbereich
- Industrielle Ausführung erhältlich

SPEZIFIKATIONEN

Modelle	RHM240A01	RHM240A02	RHM240A03	RH240M40	740B02	740M04
Messbereiche						
Empfindlichkeit	100 mV/µε	50 mV/µε	10 mV/µε	10 mV/µε	50 mV/µε	5 mV/µε
Messbereich	± 50 pk µε	± 100 pk µε	± 300 pk µε	± 300 pk µε	± 100 pk µε	± 900 pk µε
Technik	ICP®	ICP®	ICP®	ICP® masseisoliert	ICP®	ICP®
Temperaturbereich	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C	-54 ... 121 °C
Befestigungsart	Verschraubung M6 x 1	Verschraubung M6 x 1	Verschraubung M6 x 1	Verschraubung M6 x 1	Klebefestigung	Klebefestigung
Sensorelement	Quartz	Quartz	Quartz	Quartz	Quartz	Quartz
Gehäusematerial	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Titan	Titan
Elektrischer Anschluss	10-32 Buchse	10-32 Buchse	10-32 Buchse	Integr. Kabel	Integr. Kabel	Integr. Kabel
Abmessungen	17 x 46 x 15,2 mm	17 x 46 x 15,2 mm	17 x 46 x 15,2 mm	17 x 43,8 x 15 mm	5,1 x 15,2 x 1,8 mm	5,1 x 15,2 x 1,8 mm
Gewicht	45 Gramm	45 Gramm	45 Gramm	58 Gramm	0,5 Gramm	0,5 Gramm



WÄGEZELLEN UND KRAFTMESSUNTERLEGSCHLEIBEN AUF DMS-BASIS

DMS-Wägezellen von PCB® sind hochgenau und werden in unterschiedlichen Anwendungen zu statischen Kraftmessungen wie Wiegen, Dynamometertests und in Prüfmaschinen genutzt. Neben den Standardaufnehmern sind auch Modelle mit doppelt ausgeführter Messbrücke für Langzeituntersuchungen verfügbar.

Verschiedene Bauformen und Messbereiche decken eine Vielzahl von Anwendungen optimal ab. Typische Messaufgaben sind unter anderem Materialprüfungen, Strukturuntersuchungen, Lebensdauerests, Aufschlagtests oder Lastsimulationen in Langzeitprüfungen.

Für einige Kraftmesszellen aus den **Serien 1200** und **1400** werden über 100 Mio. Lastwechsel ohne Ermüdungserscheinungen garan-

tiert. Solche Sensoren wurden speziell für zyklische Belastungen entwickelt und sind widerstandsfähig gegen Biege- und Querbelastungen. Messungen zur Lebensdauerermittlung von Bauteilen und Maschinen- und Kraftfahrzeugkomponenten sind geeignete Anwendungsbereiche.

Top-Features

- Geringe Durchbiegung und Auslenkung
- Hohe Genauigkeit
- Temperaturkompensation
- Hohe Steifigkeit und Überlastsicherheit
- Garantie für 100 Mio. Lastwechsel (optional)
- Geringe Querempfindlichkeit





KRAFTMESSUNTERLEGSCHIEBEN

Kraftmessunterlegscheiben von PCB® sind kleine Ringkraftsensoren auf DMS-Basis. Die Miniatur-Wägezellen wurden speziell zur Messung der Spannkraft von Befestigungselementen entwickelt.

Das Design bietet eine hohe Steifigkeit auf kleinstem Raum und macht diese Sensoren ideal für statische und dynamische Messungen an Verbindungselementen oder für strukturelle Testanwendungen, bei denen Platzbeschränkungen bestehen.

Top-Features

- Hohe Steifigkeit bei kleiner Bauform
- Integriertes Kabel
- Gehärtete Unterlegscheiben, um die Auswirkungen der Punktbelastung zu minimieren

SPEZIFIKATIONEN

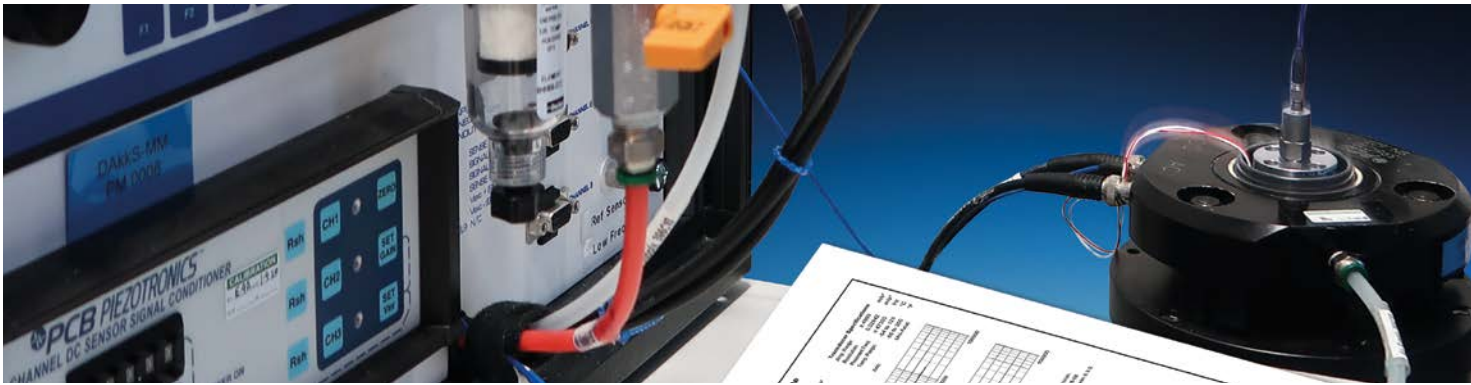
Modelle	054204-01093	054103-01252	054206-01203	054104-01502	054208-01353
Messbereiche					
Empfindlichkeit	1,5 mV/V	1,5 mV/V	1,5 mV/V	1,5 mV/V	1,5 mV/V
Messbereich	9,0 kN	11,1 kN	20,0 kN	22,24 kN	35,0 kN
Technik	DMS	DMS	DMS	DMS	DMS
Linearitätsabweichung	± 5 % FS	± 5 % FS	± 5 % FS	± 5 % FS	± 5 % FS
Resonanz Frequenz	10,0 kHz	10,0 kHz	10,0 kHz	10,0 kHz	10,0 kHz
Temperaturbereich	-18 ... 93 °C	-18 ... 93 °C	-18 ... 93 °C	-18 ... 93 °C	-18 ... 93 °C
Versorgungsspannung	10 VDC	10 VDC	10 VDC	10 VDC	10 VDC
Befestigungsart	Verschraubung	Verschraubung	Verschraubung	Verschraubung	Verschraubung
Sensorelement	DMS	DMS	DMS	DMS	DMS
Abmessungen	15,863 x 6,6 mm	17,3 x 6,47 mm	17,12 x 6,48 mm	16,3 x 6,5 mm	20,52 x 9,85 mm
Elektrischer Anschluss	integr. Kabel	integr. Kabel	integr. Kabel	integr. Kabel	integr. Kabel
Kabellänge	1,5 m auf offene Enden	1,5 m auf offene Enden	1,5 m auf offene Enden	1,5 m auf offene Enden	1,5 m auf offene Enden



SPEZIFIKATIONEN

Modelle	054105-01802	054210-01543	054212-01084	054214-01114	054216-01144
Messbereiche					
Empfindlichkeit	1,5 mV/V	1,5 mV/V	1,5 mV/V	1,5 mV/V	1,5 mV/V
Messbereich	35,6 kN	54 kN	80,0 kN	110 kN	140 kN
Technik	DMS	DMS	DMS	DMS	DMS
Linearitätsabweichung	± 5 % FS	± 5 % FS	± 5 % FS	± 5 % FS	± 5 % FS
Resonanz Frequenz	10,0 kHz	10,0 kHz	10,0 kHz	10,0 kHz	10,0 kHz
Temperaturbereich	-18 ... 93 °C	-18 ... 93 °C	-18 ... 93 °C	-18 ... 93 °C	-18 ... 93 °C
Versorgungsspannung	10 VDC	10 VDC	10 VDC	10 VDC	10 VDC
Befestigungsart	Verschraubung	Verschraubung	Verschraubung	Verschraubung	Verschraubung
Sensorelement	DMS	DMS	DMS	DMS	DMS
Abmessungen	20,5 x 8,05 mm	23,95 x 10,66 mm	28,22 x 11,56 mm	30,81 x 12,57 mm	34,2 x 13,3 mm
Elektrischer Anschluss	integr. Kabel	integr. Kabel	integr. Kabel	integr. Kabel	integr. Kabel
Kabellänge	1,5 m auf offene Enden	1,5 m auf offene Enden	1,5 m auf offene Enden	1,5 m auf offene Enden	1,5 m auf offene Enden

Modelle	054218-01184	054220-01224	054222-01274	054224-01324
Messbereiche				
Empfindlichkeit	1,5 mV/V	1,5 mV/V	1,5 mV/V	1,5 mV/V
Messbereich	180 kN	220 kN	270 kN	320 kN
Technik	DMS	DMS	DMS	DMS
Linearitätsabweichung	± 5 % FS	± 5 % FS	± 5 % FS	± 5 % FS
Resonanz Frequenz	10,0 kHz	10,0 kHz	10,0 kHz	10,0 kHz
Temperaturbereich	-18 ... 93 °C	-18 ... 93 °C	-18 ... 93 °C	-18 ... 93 °C
Versorgungsspannung	10 VDC	10 VDC	10 VDC	10 VDC
Befestigungsart	Verschraubung	Verschraubung	Verschraubung	Verschraubung
Sensorelement	DMS	DMS	DMS	DMS
Abmessungen	41,1 x 15,1 mm	41,1 x 15,1 mm	47,95 x 16,89 mm	54,86 x 18,67 mm
Elektrischer Anschluss	integr. Kabel	integr. Kabel	integr. Kabel	integr. Kabel
Kabellänge	1,5 m auf offene Enden	1,5 m auf offene Enden	1,5 m auf offene Enden	1,5 m auf offene Enden



KALIBRIERDIENSTLEISTUNGEN



Sensorkalibrierung
Drucksensoren
ISO 17025
Impulshämmer
Werkskalibrierung
Beschleunigungssensoren

KALIBRIERUNG NACH ISO 17025

- Kalibrierzertifikat rückführbar auf Standards von Organisationen wie PTB, NIST, DPLA, NPL
- Back-to-Back-Kalibrierung nach ISO 16063-21 mit rückgeführten Messnormalen
- International anerkannte Kalibrierergebnisse
- Akkreditiertes Kalibrierzertifikat mit Frequenzgang sowie Angabe der Messunsicherheiten
- Das Kalibrierlabor ist ISO-zertifiziert, DAkkS akkreditiert und unterliegt der permanenten Kontrolle durch ein externes Qualitätsmanagement-System
- Kurze Bearbeitungszeit

Eine regelmäßige Kalibrierung dient der Qualitätssicherung bezüglich der Einsatzfähigkeit der Messmittel und der Sicherstellung einer umfangreichen Kalibrierhistorie. Somit werden sichere und fehlerfreie Messergebnisse garantiert.

Das **Kalibrierlabor** der **PCB Piezotronics GmbH** aus der PCB® Unternehmensgruppe ist durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) zugelassen und bietet in Übereinstimmung mit DIN EN ISO/IEC 17025:2018 für die Messgröße Beschleunigung im Frequenzbereich von 5 Hz ... 15 kHz die Kalibrierung von Impulshämmern, Beschleunigungs- und Schwinggeschwindigkeitssensoren an.

VORBEUGEN

Zuverlässige Größenmessungen bilden zunehmend die elementare Grundlage unserer hochtechnisierten Welt. Die Voraussetzung für anspruchsvollere Qualitätsstandards liegt in der uneingeschränkten Präzision und Funktionstüchtigkeit der daran beteiligten Messgeräte, was wiederum von einer sorgfältigen Kalibrierung sowie stichhaltigen Prognose von Messunsicherheiten bei Folgeprozessen abhängig ist.

Da sämtliche Sensoren und Messinstrumente einem Alterungsprozess (Drift) unterliegen, gebührt dieser Entwicklung eine erhöhte Aufmerksamkeit. Über regelmäßige Kalibrierungsprozesse nach ISO 16063 und ISO 17025 (Kalibrierung von Beschleunigungssensoren) lässt sich dieser Prozess fortlaufend beobachten, dokumentieren und analysieren.

Sie haben Fragen zur Abwicklung oder benötigen ein Angebot? Nutzen Sie den **Repair Tracking Report (RTR)** für die Anforderung einer Rücksendenummer **Return Material Authorization (RMA)**. Mit Hilfe des RTR und der RMA-Nummer ist eine zeitnahe und komplikationsfreie Bearbeitung der Kalibrierung gewährleistet.

www.pcbpiezotronics.de/Kalibrierdienstleistungen

Telefon: +49 (0) 2433-44 44 40-0

E-Mail: calibration.eu@pcb.com



KABELAUSTAUSCHPROGRAMM

STEIGERN SIE IHRE EFFIZIENZ DURCH NEUE MESSLEITUNGEN

Messleitungen werden mitunter extremen Belastungen – mechanische Beanspruchung durch Biegen oder Knicken, Temperaturwechsel oder Montage und Demontage – ausgesetzt. Auch qualitativ hochwertige Kabel können je nach Belastung verschleifen und beschädigt werden.

PCB® bietet für defekte Messleitungen das **Kabel-Austausch-Programm** an: Bei **Rückgabe** des defekten Kabels erhalten Sie auf den Kaufpreis der neuen Messleitung einen **Rabatt**. Das Austauschprogramm gilt auch für bauartgleiche Kabelmodelle unserer Marktbegleiter.

SO EINFACH FUNKTIONIERT'S

Fordern Sie Ihre Rücksendenummer (RMA) über **calibration.eu@pcb.com** an oder nutzen Sie das Formular auf unserer Webseite unter **www.pcbpiezotronics.de/RMA**.

