PCB PIEZOTRONICS

Applikationsbericht PCB/07

Kraftsensormontage, -vorlast und -kalibrierung

1. Montage und Vorlast

Piezoelektrische Kraftsensoren zeichnen sich durch exzellente Linearität aus (typischer Wert 0,5 % FS). Bedingung hierfür ist allerdings die optimale Sensormontage.

Prinzipiell gibt es zwei Arten des mechanischen Aufbaus von Piezo-Kraftsensoren: vorgespannte Messelemente und Kraftmessringe. Im Gegensatz zu den intern vorgespannten Messelementen benötigen die Messringe zur Erzielung einer hohen Linearität eine Vorspannung in Höhe von ca. 20 % des Messbereiches. Die Vorspannung hat den zusätzlichen Vorteil, ein Verschieben und Verrutschen des Sensors während der Messung zu verhindern.

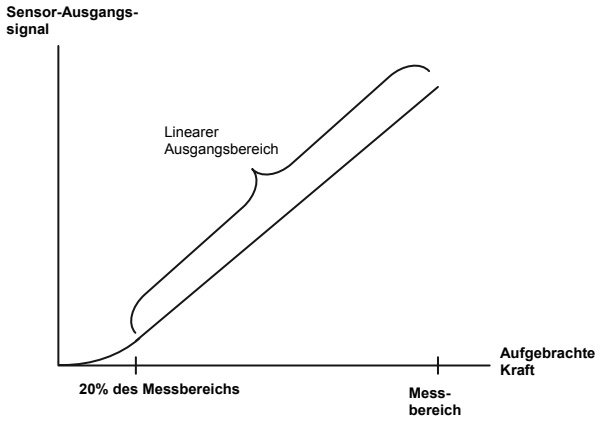


Bild 1: Ausgangssignal ohne Vorspannung

Das Aufbringen einer Vorlast ist ebenfalls beim Einsatz von triaxialen Kraftsensoren erforderlich. Hier wird eine Reibung benötigt, um die Scherkräfte von den Auflageflächen auf den Sensor zu übertragen.

Die erforderliche Vorspannkraft lässt sich errechnen aus:

$F_{Vorlast} = F_{scher} \div \mu$ mit μ als Reibkoeffizient

Ein typischer Wert für μ ist 0,13, d. h. die erforderliche Vorlast ist 7,7 mal größer als die zu messende maximale Scherkraft.

Des weiteren erlaubt die Vorspannung, Zugkräfte mit Sensoren zu messen, die eigentlich für Druckkräfte konzipiert sind. Kraftmesselemente arbeiten ebenfalls auf diese Weise.

Kraftringe, die eine Vorspannung benötigen, werden mit einem Montagebolzen kalibriert und geliefert. Dieser Bolzen ist so hergestellt, dass er einerseits steif genug ist, eine ordentliche Verbindung herzustellen, andererseits ist er elastisch genug, um die Funktion des Kraftmessrings sicherzustellen.

Je steifer der Montagebolzen, desto mehr Kraft wird hierüber aufgenommen und nicht vom Sensor erfasst.

Der Standard Beryllium-Kupfer-Bolzen nimmt etwa 5 % der aufgebrachten Kraft auf, während Bolzen aus Stahl zwischen 20 und 50 % der Kraft aufnehmen. Andere Materialien können verwendet werden. Hier ist aber eine Neukalibrierung unter Verwendung dieser Bolzen notwendig.

Ein ordnungsgemäß montierter und vorgespannter Kraftring ist in Bild 2 dargestellt.

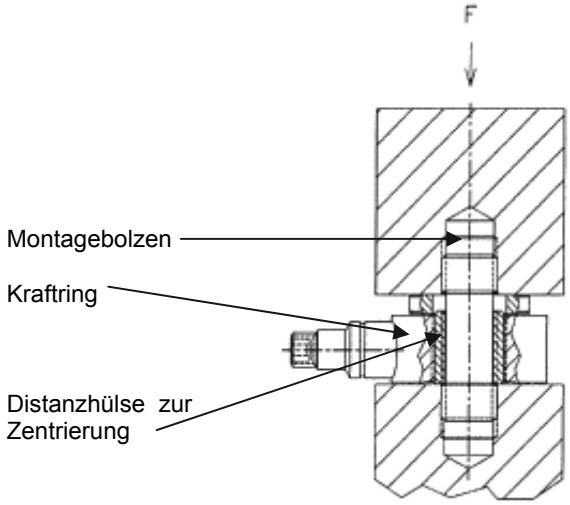


Bild 2: Eingebauter Kraftring

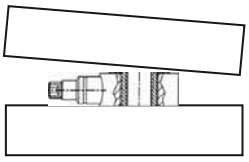
Eine saubere Ausrichtung des Kraftsensors ist für die Langzeitstabilität und die Lebensdauer von entscheidender Bedeutung. Die generelle Richtlinie sagt, dass der Sensor zwischen zwei parallelen, festen Auflageflächen montiert werden sollte. Diese Auflageflächen sollen mindestens die zweifache Stärke des Sensors aufweisen. Hierdurch werden große Belastungen der Kanten und das Aufbringen von Biegemomenten vermieden.

Die Tabelle in Bild 3 enthält die Messbereiche einiger Standardkraftaufnehmer und die dazugehörigen benötigten Vorspannkräfte

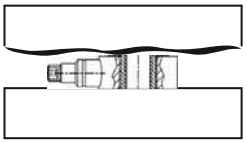
Kraftringmodell	Messbereich	Vorlast
(M)201B01	45 N	270 N
(M)201B02	450 N	450 N
(M)201B03	2200 N	880 N
(M)201B04	4500 N	900 N
(M)201B05	22000 N	4400 N
(M)202B	44000 N	8800 N
(M)203B	89000 N	17800 N
(M)204C	180000 N	36000 N
(M)205C	270000 N	54000 N
(M)206C	360000 N	72000 N
(M)207C	450000 N	90000 N
Triaxkraftsensoren		
(M)260A01	4450/2220 N	22200 N
(M)206A02	4450/4450 N	44500 N
(M)260A03	44500/17700 N	177000 N

Bild 3: Vorspannwerte für Kraftringsensormodelle

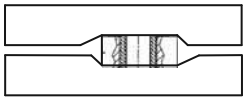
Bild 4 zeigt typische Probleme bei der Sensormontage.



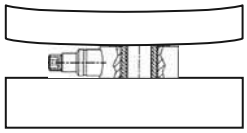
Nicht parallele Oberflächen führen zu punktueller Belastung



Wellige Oberfläche führt zu nicht reproduzierbaren Messungen



Zu weiche Oberfläche verursacht eine Nichtlinearität



Eine zu dünne Auflage führt zu Biegemomenten

Bild 4: Mögliche Montagefehler

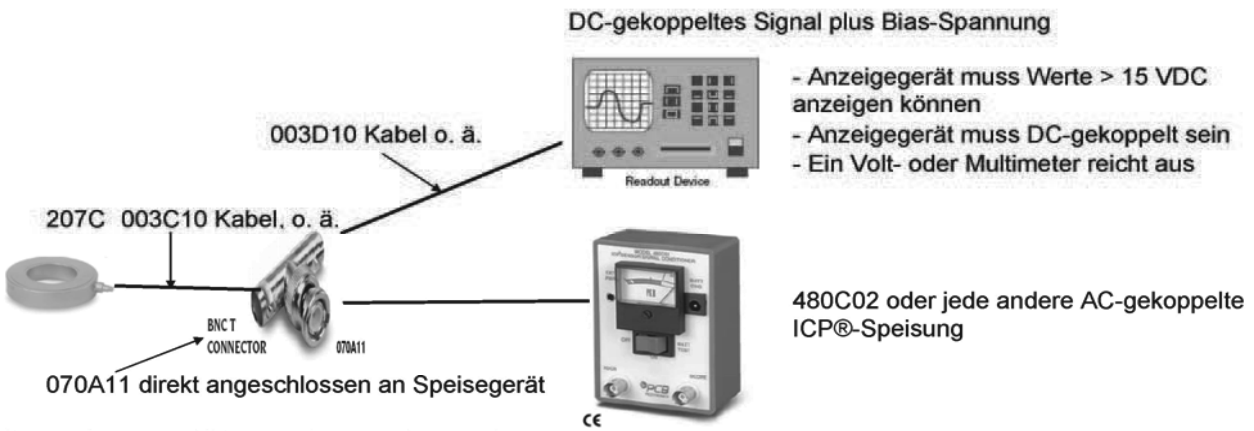
2. Kalibrierung piezoelektrischer Kraftsensoren

Im Gegensatz zur weit verbreiteten Meinung können piezoelektrische Sensoren durchaus statisch kalibriert werden. Dabei müssen drei wichtige Randbedingungen erfüllt sein:

- der Kraftsensor sollte eine Entladezeitkonstante von mindestens 50 s oder Ladungsausgang aufweisen
- bei Sensoren nach dem ICP®-Konzept muss die Sensorspeisung DC-gekoppelt sein. Für AC-gekoppelte Speisungen siehe unten!
- zur Kalibrierung von Ringkraftaufnehmern muss der mitgelieferte Beryllium-Kupfer-Montagebolzen verwendet werden.

Bei Beachtung dieser Bedingungen wird nun ein bekanntes Gewicht auf den Sensor aufgebracht und abgewartet, bis das elektrische Ausgangssignal auf “Null“ zurückgeht. Anschließend wird das Gewicht entfernt und das Signal gemessen. Hierbei handelt es sich um ein negatives Signal, da es sich um einen Entlastungsvorgang handelt.
Dieser Wert, dividiert durch die Gewichtskraft, ergibt die Empfindlichkeit des Sensors in V/N.

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



1) Messaufbau durchführen, wie oben dargestellt
2) Einschwingzeit abwarten
3) BIAS-Spannung an der Anzeige messen, Typischerweise zwischen 8 VDC und 14 VDC für die meisten ICP®-Sensoren.
4) Vorlast aufbringen. Dabei die BIAS-Spannung als neue Nullreferenz verwenden.

Beispiel: Modell (M)207C hat eine empfohlene Vorlast von 150,13 kN. Mit einer Nominalempfindlichkeit von 11,24 mV/kN ergibt sich 1,6875 Volt Vorlast, die aufgebracht werden muss. Bei einer angenommenen BIAS-Spannung von 9,5 Volt muss also Vorlast aufgebracht werden, bis die Anzeige 11,1875 Volt anzeigt (9,5 + 1,6875)

PCB Piezotronics GmbH
Gut Gansbroich 1
41836 Hückelhoven
Tel. +49 (0) 24 33/44 44 40 – 0
E-Mail info.de@pcb.com
www.pcbpiezotronics.de