

Piezo Kraftsensoren

Piezelektrische Kraftmessringe für Zug- und Druckkräfte von 20 kN ... 700 kN

Typen 9101C, 9102C, 9103C,
9104C, 9105C, 9106C,
9107C

Piezo Kraftsensoren, resp. piezelektrische Kraftmessringe, zur präzisen Messung von Zug- und Druckkräften bei industriellen Überwachungsaufgaben.

Die Kraftsensoren werden **unkalibriert** geliefert und müssen **nach** dem Einbau vor Ort kalibriert werden.

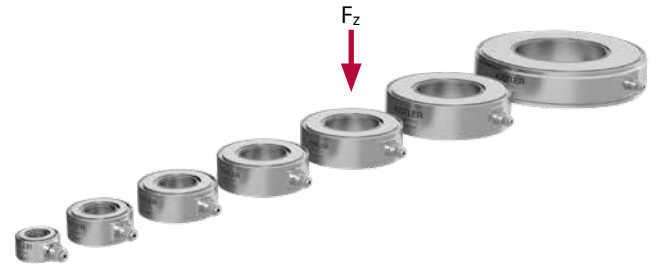
- Unkalibriert
- Linearität einschließlich Hysterese $\leq \pm 1,5\%$
- Extrem hohe Steifigkeit
- Sehr kompakte Bauform
- Tiefe Ansprechschwelle
- Schutzart IP68
- Betriebstemperaturbereich $-40 \dots 120^\circ\text{C}$
- Keine Alterung, unbegrenzte Lebensdauer

Beschreibung

Die 910x Familie ist eine piezelektrische (PE) Sensor-Reihe zur Kraftmessung in z-Richtung, speziell geeignet für industrielle Anwendungen. Die zu messende Kraft wirkt direkt auf den innenliegenden Quarz, welcher bei einer mechanischen Belastung eine proportionale elektrische Ladung abgibt. Eine herausragende Eigenschaft von Quarz ist eine sehr tiefe Ansprechschwelle und damit eine hohe Sensorempfindlichkeit, die über den gesamten Messbereich extrem linear bleibt. Damit ist das Verhalten bei allen PE-Sensoren praktisch identisch, unabhängig von ihrer Baugröße.

Dies hat drei einzigartige Vorteile:

- **Überlastsicherheit:** Auch sehr kleine Kräfte können mit einem Sensor mit großem Messbereich gemessen werden.
- **Hohe Steifigkeit:** Um eine möglichst steife Konstruktion zu erreichen, kann auch ein größerer Sensor benutzt werden, ohne dass Einbußen bei der Qualität des Messsignals in Kauf genommen werden müssen.
- **Gruppierung:** Mehrere Sensoren können einfach summiert werden, indem sie elektrisch parallel an einen einzigen Ladungsverstärker angeschlossen werden. Die Ausgangsspannung ist dann proportional zur Summe aller wirkenden Kräfte.



Typen 9101C ... 9107C

Anwendung

Für Überwachungsaufgaben werden Kraftsensoren gefordert, die sich problemlos in eine Maschinenstruktur einbauen lassen. Robuste Bauart und Zuverlässigkeit im Dauereinsatz sowie gute Wiederholgenauigkeit der Messwerte sind weitere Merkmale dieser Sensoren. Die Wahl einer bestimmten Baugröße hängt einerseits vom Einbauplatzverhältnis, andererseits vom Kraftnebenschlussverhältnis des Einbaus ab.

Anwendungsbeispiele

- Überwachung von Einpresskräften bei der Montage, beim Testen, etc.
- Überwachung von Kräften beim Stanzen und Umformen
- Messen von großen Kräften im Kraftnebenschluss

Sensormontage

Messunterlagsscheiben werden grundsätzlich vorgespannt in einer Einbaustruktur verwendet und müssen vor Ort in der Einbaustruktur kalibriert werden.

Einzelheiten zu piezelektrischen Sensoren und Details zu deren Einbau finden Sie in der zugehörigen Bedienungsanleitung auf unserer Homepage www.kistler.com/force.

Technische Daten

--> zur Gewährleistung der Spezifikationen sind die Sensoren mit 20 % Vorlast zu betreiben und prüfen

| Typ | | 9101C | 9102C | 9103C | 9104C | 9105C | 9106C | 9107C |
|--|-------|-----------------------|-----------|-------|--------|--------|--------|---------|
| Nennkraft | kN | 20 | 50 | 100 | 140 | 190 | 330 | 700 |
| Grenzkraft | kN | 25 | 60 | 120 | 160 | 210 | 360 | 770 |
| Empfindlichkeit | pC/N | -4,4 ±0,3 | -4,4 ±0,3 | | | | | |
| Linearität inkl. Hysterese | %FSO | ±1,5 | | | | | | |
| Repetierbarkeit | % | 0,07 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,02 |
| Reproduzierbarkeit | % | 0,25 | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,04 |
| Axiale Steifigkeit | kN/μm | 1,6 | 3,3 | 5,2 | 7,5 | 9,8 | 15,4 | 27,7 |
| Quersteifigkeit ¹⁾ | kN/μm | 0,31 | 0,74 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,9 | 7,6 |
| Schubsteifigkeit | kN/μm | 0,40 | 0,88 | 1,5 | 2,2 | 2,8 | 4,6 | 9,0 |
| Torsionssteifigkeit | Nm/° | 385 | 1 955 | 4 935 | 10 268 | 18 469 | 47 184 | 190 330 |
| Biegesteifigkeit | Nm/° | 388 | 2 016 | 5 183 | 11 228 | 20 822 | 55 355 | 216 950 |
| Maximales Biegemoment ²⁾ (M _z = 0), calc. | N·m | 22 | 86 | 217 | 379 | 618 | 1 318 | 4 229 |
| Empfindlichkeitsänderung (-40°C ... 120°C, Tref = 25°C) | % | ±1,5 | | | | | | |
| Betriebstemperaturbereich | °C | -40 ... 120 | | | | | | |
| Isolationswiderstand (@23°C) | Ω | ≥5·10 ¹³ | | | | | | |
| Ansprechschwelle | N | <0.01 | | | | | | |
| Kapazität | pF | 17±2 | 33±4 | 52±5 | 70±6 | 93±6 | 149±15 | 303±20 |
| Sesormaterial | | | | | | | | |
| Platten | | 1.4821 | | | | | | |
| Mäntel | | 1.4542 | | | | | | |
| Steckertyp | | KIAG 10-32 neg. | | | | | | |
| Schutzart (IEC 60529) | IP | siehe Tabelle Seite 4 | | | | | | |
| Gewicht | g | 7 | 20 | 36 | 70 | 80 | 157 | 370 |

¹⁾ Widerstand des Sensors gegen Scher- und Biegeverformung. (Theoretische) Annahme: Der Sensor ist an der Unterseite fixiert, die Scherkraft wirkt an der Oberseite, so dass die Hebellänge gleich der gesamten Sensorhöhe ist.

²⁾ Mit einer Vorspannung von 50 % der **Nennkraft**

Abmessungen Typ 9101C ... 9107C

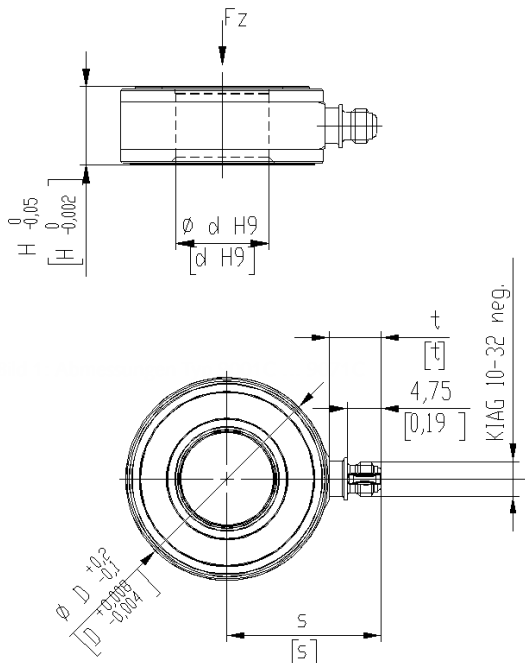


Abb. 1: Abmessungen Typ 9101C ... 9107C

Abmessungen [mm]

| Typ | d | D | H | s | t |
|-------|------|------|----|-------|------|
| 9101C | 6,5 | 14,5 | 8 | 14,85 | 7,25 |
| 9102C | 10,5 | 22,5 | 10 | 18,6 | 7,25 |
| 9103C | 13 | 28,5 | 11 | 21,65 | 7,25 |
| 9104C | 17 | 34,5 | 12 | 24,65 | 7,25 |
| 9105C | 21 | 40,5 | 13 | 27,65 | 7,25 |
| 9106C | 26,5 | 52,5 | 15 | 33,65 | 7,25 |
| 9107C | 40,5 | 77,2 | 17 | 45 | 6,75 |

Vorspannung

Piezoelektrische Kraftsensoren werden immer vorgespannt in einer Einbaustruktur verwendet. Generell wird eine Vorspannkraft von mindestens 20 % der Nennkraft empfohlen. Damit erhält man den empfohlenen, effektiven Messbereich und die konstruktionsbedingten Nichtlinearitäten im untersten Lastbereich werden eliminiert.

Gründe für die Vorspannung:

- Höchstmaß an Linearität und Stabilität des Messsignals
- Messung von Zug- und Druckkräften
- Nutzung der Sensorsteifigkeit für einen großen Frequenzbereich
- Ideale Kraftverteilung

Die Vorspannung muß so gewählt werden, dass die Summe von Vorspannkraft (F_v) und auftretender Prozesskraft ($\pm F_z$) jederzeit innerhalb des Messbereichs des Sensors liegt (s. Grafik). Sofern es prozesstechnisch möglich ist, sollte die durchschnittliche Belastung des Sensors bei 50 % der Nennkraft liegen. An diesem Arbeitspunkt ist die Toleranz gegenüber Biegemomenten am größten.

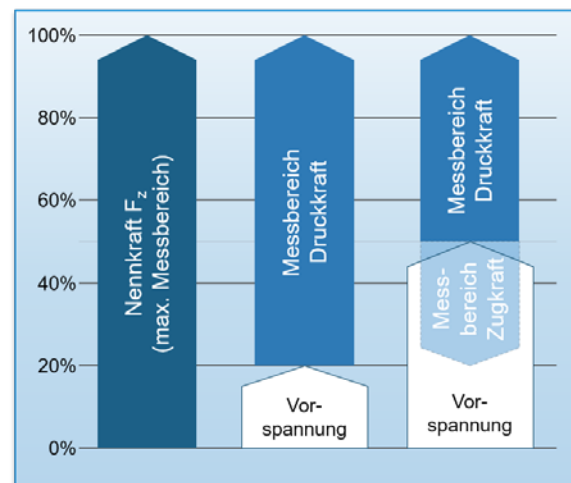


Abb. 2: Nenn- und Messbereiche

Beim Vorspannen muß die Kraft mit dem Sensor selbst gemessen werden. Dabei ist die in den technischen Daten angegebene Empfindlichkeit zu verwenden. Die Montageflächen müssen eben, steif und wenn möglich geschliffen sein.

9101C_003-473d-08.21

Biegemoment

Biegemomente M_B ($M_x + M_y$) erhöhen die Spannung auf einer Seite des Sensors und verringern sie auf der anderen Seite. Dadurch entsteht eine ungleichmässige Verteilung der Axialkraft auf den Sensor, was bei einem übermässigen Biegemoment eine Verfälschung der Messergebnisse zur Folge hat. Im Extremfall kann dies zu einer einseitigen Überbelastung des Sensors oder zum Verlust des Reibschlusses führen, was dessen Zerstörung oder ein Verrutschen der Struktur bedeutet. Letztlich hängt es von der Axialkraft F_z ab, welcher der beiden Fälle bei einer unzulässig hohen Biegung zuerst eintritt.

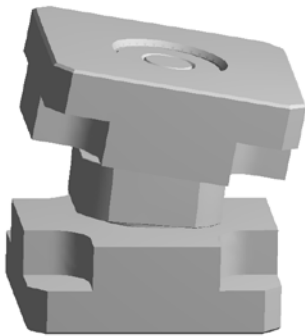


Abb. 3: Biegemoment

Wir verwenden eine normierte Formel zur Berechnung des zulässigen Biegemoments:

$$M_B[\%] \leq 100\% - 2x |50\% - F_z[\%]|$$

F_z ist die gesamte Axialkraft auf den Sensor, also die Summe aus der Vorspannung F_V und der Prozesskraft F_P .

Biegemomentkurve

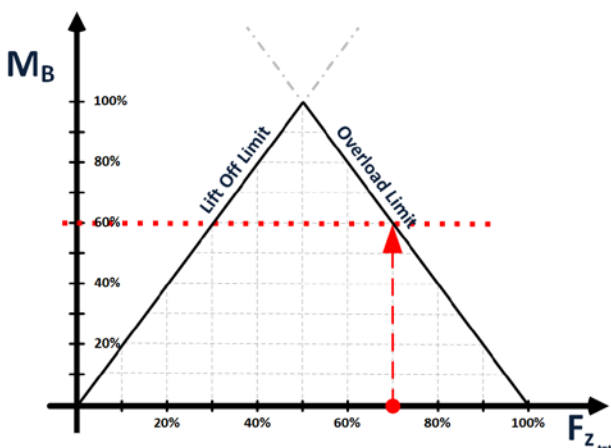


Abb. 4: Biegemoment in Abhängigkeit der Axialkraft F_z

Beispiel

Ein Piezo-Sensor Typ 9103C... wird mit $F_V = 28$ kN vorbelastet. Wie hoch ist das zulässige Biegemoment bei Prozesskräften im Bereich $F_P = 0 \dots 33$ kN?

$$F_V[\%] = \frac{28 \text{ kN}}{100 \text{ kN}} = 28\%$$

$$F_P[\%] = \frac{0 \text{ kN}}{100 \text{ kN}} \dots \frac{33 \text{ kN}}{100 \text{ kN}} = 0 \dots 33\%$$

$$F_z[\%] = F_V[\%] + F_P[\%] = 28 \dots 61\%$$

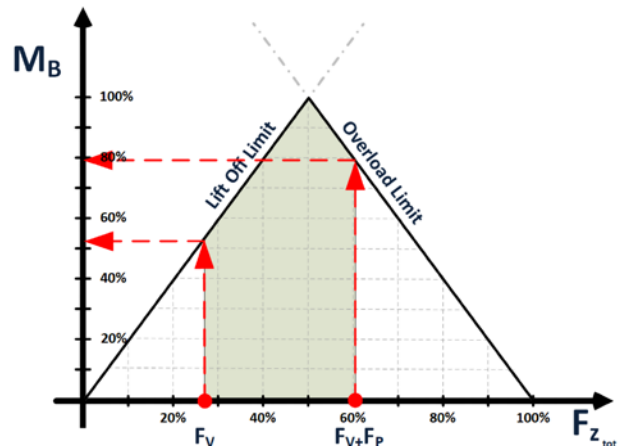


Abb. 5: max. Biegemoment in Abhängigkeit von Vorlast und Prozesskraft

$$M_B[28\%] = 100\% - 2x |50\% - 28\%| = 56\% \\ \hat{=} 122,6 \text{ Nm}$$

$$M_B[61\%] = 100\% - 2x |50\% - 61\%| = 78\% \\ \hat{=} 170,8 \text{ Nm}$$

Das zulässige Biegemoment ist abhängig von der aufgebrachten Gesamtkraft F_z und erreicht sein absolutes Maximum bei 50 kN, der halben axialen Nennkraft. Im vorliegenden Fall wäre das bei einer Prozesskraft von 22 kN der Fall ($28 \text{ kN} + 22 \text{ kN} = 50 \text{ kN}$).

Wenn der Kraftverlauf im Prozess nicht bekannt ist, wird der niedrigste Wert als Referenz definiert: 122,6 Nm.

Achtung

Quer- respektive Scherkräfte $F_{x,y}$ und/oder ein Drehmoment M_z reduzieren den Messbereich zusätzlich. Falls Querlasten oder Drehmomente angenommen werden müssen und die Sicherheitsmargen bezüglich Biegemoment eher gering sind, setzen Sie sich vorgängig mit unserem Vertrieb vor Ort in Verbindung.

Zugkräfte

Zugkräfte sind nur applizierbar, solange die Vorlast höher ist als die negative Kraft: Sie reduzieren die (Vor-)Last auf den Sensor, was piezoelektrisch messbar ist.

9101C_003-473d-08.21

Messkette

Messen

Verbinden

Verstärken



Abb. 6: Messkette

Verbindungskabel

Alle Sensoren des Typs 9101C ... 9107C verfügen über einen KIAG 10-32 neg. Anschluss und sind entsprechend mit allen Kabelsteckern KIAG 10-32 pos. kompatibel. Als Anschlusskabel für piezoelektrische Sensoren dürfen ausschliesslich hochisolierende Koaxialkabel mit geringer Kapazität verwendet werden, die beim Bewegen nur eine sehr geringe Reibungselektrizität erzeugen. Kistler verwendet hier Kabel aus hochwertigem PFA oder öldichtem FPM.

Die IP-Schutzklasse nach EN60529 ist sensorseitig grundsätzlich vom verwendeten Stecker abhängig. Für IP65 wird der normale Kabelstecker 10-32 KIAG mit Rändelmutter verwendet, bei erhöhten Anforderungen in rauer Umgebung kommt die industrietaugliche Version 10-32 KIAG pos. int. zum Einsatz, die bei Bedarf mit dem Sensorgehäuse dicht verschweisst werden kann und IP68 erreicht.

Kompatibilitäten von Kabeln und Ladungsverstärkern

| Kabel | Kabeleigenschaften | Länge [m] | | Temp. Bereich | IEC/EN 60529 | Stecker Sensor | Stecker Verstärker | IEC/EN 60529 | Kanäle | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|-----------|-----|---------------|--------------|----------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------|-------|----------|----------|----------|------------------|----------|----------|----------|----------|------|------|------|------|
| | | min | max | | | | | | Industrie Verstärker | | | | | Labor Verstärker | | | | | DAQ | | | |
| | | | | | | | | | 5030A | 5039A | 5073A... | 5074A... | 5077B... | 5015A... | 5018A... | 5080A... | 5165A... | 5167A... | | 4, 5 | | |
| 1631C... | PFA | 0.1 | 100 | -55...200°C | IP65 | KIAG 10-32 pos. | BNC pos. | IP40 | IP65 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | |
| 1641B... | PFA | 0.1 | 100 | | | KIAG 10-32 pos. 90° | BNC pos. | | IP65 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 |
| 1633C... | PFA | 0.1 | 50 | | | KIAG 10-32 pos. | TNC pos. | | IP65 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 |
| 1635C... | PFA | 0.1 | 15 | | | KIAG 10-32 pos. | KIAG 10-32 pos. | | IP65 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 |
| 1957A... | PFA mit Stahlgeflecht | 0.1 | 10 | -40...200°C | IP67 | KIAG 10-32 pos. | KIAG 10-32 pos. | IP40 | IP65 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | | |
| 1900A23A12.. | PFA hochflexibel, schleppkettentauglich | 0.3 | 20 | | | KIAG 10-32 pos. 6kt | BNC pos. | | IP40 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | |
| 1900A23A11.. | PFA hochflexibel, schleppkettentauglich | 0.3 | 20 | | | KIAG 10-32 pos. 6kt | KIAG 10-32 pos. 6kt | | IP67 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | |
| 1900A21A120x | FPM mit flexiblem Metallschlauch | 0.4 | 20 | | | KIAG 10-32 pos. 6kt | BNC pos. | | IP40 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | |
| 1900A21A110x | FPM mit flexiblem Metallschlauch | 0.4 | 20 | -20...200°C | IP68 | KIAG 10-32 pos. 6kt | KIAG 10-32 pos. 6kt | IP40 | IP65 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | | |
| 1983AD... | FPM | 0.1 | 5 | | | KIAG 10-32 pos. int. | BNC pos. | | IP40 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | |
| 1939A... | PFA | 0.1 | 20 | | | KIAG 10-32 pos. int. | BNC pos. | | IP40 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | |
| 1941A... | PFA | 0.1 | 20 | | | KIAG 10-32 pos. int. | TNC pos. | | IP40 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | |
| 1921... | PFA | 0.1 | 20 | -55...200°C | IP67 | KIAG 10-32 pos. int. | KIAG 10-32 pos. | IP65 | IP65 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | | |
| 1969A... | PFA mit Stahlgeflecht | 0.5 | 10 | | | KIAG 10-32 pos. int. | KIAG 10-32 pos. int. ² | | IP65 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | |
| 1967A... | PFA mit Stahlgeflecht, isoliert | 0.5 | 10 | | | KIAG 10-32 pos. int. | KIAG 10-32 pos. int. ² | | IP65 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | |
| 1983AC... | FPM | 0.1 | 5 | | | KIAG 10-32 pos. int. | KIAG 10-32 pos. int. ² | | IP65 | IP65 | IP66 | IP67 | IP53 | IP20 | IP40 | IP40 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | IP20 | |

¹ geschraubt: IP65

² verschweisst: IP67

9101C_003-473d-08.21

Zubehör (optional)

- Spezi­alschmierfett
- Vorspannschraube für Vorspannungen zur Druckkraftmessung
- Vorspannelement für Vorspannungen zur Druck- und Zugkraftmessung inkl. Einbauszubehör

Typ

1063
9422A11
...
9422A51
9420A11
...
9420A71

Bestellschlüssel

Piezo Kraftsensor

| | |
|----------------------|---|
| Bereich 0 ... 20 kN | 1 |
| Bereich 0 ... 50 kN | 2 |
| Bereich 0 ... 100 kN | 3 |
| Bereich 0 ... 140 kN | 4 |
| Bereich 0 ... 190 kN | 5 |
| Bereich 0 ... 330 kN | 6 |
| Bereich 0 ... 700 kN | 7 |

Typ 910 C



Einbauszubehör für PE Kraftsensor 910xC (optional)

- Druckverteilring 95x5
- Kugelscheibe 95x3
- Isolierscheibe 95x7
- Druckkappe 95x9

Kabel (optional)

- Anschluss- und Verlängerungskabel (Siehe Tabelle auf Seite 4)