

## 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.

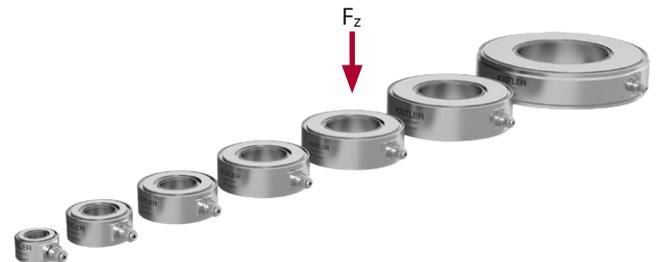
- Unkalibriert
- Linearität einschließlich Hysterese  $\leq \pm 1,5\%$
- Extrem hohe Steifigkeit
- Sehr kompakte Bauform
- Tiefe Ansprechschwelle
- Schutzart IP68
- Betriebstemperaturbereich  $-40 \dots 120^\circ\text{C}$
- Keine Alterung, unbegrenzte Lebensdauer

#### 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](http://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	-4,2 ±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 <sup>1)</sup>	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 <sup>2)</sup> (M <sub>z</sub> = 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 <sup>13</sup>						
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

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Mit einer Vorspannung von 50 % der **Nennkraft**

**Abmessungen Typ 9101C ... 9107C**

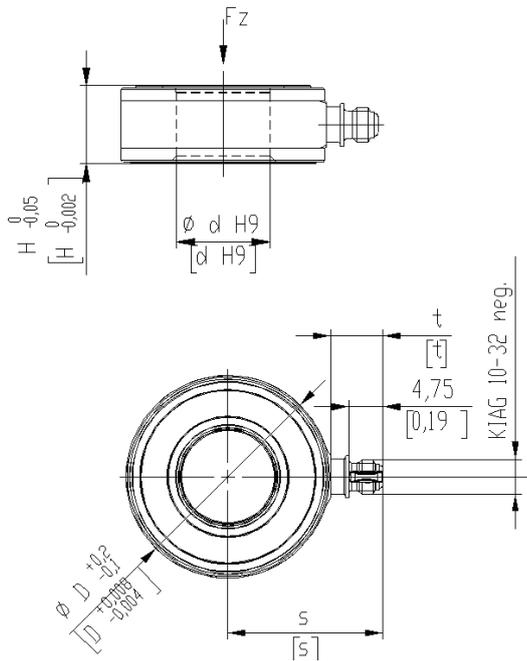


Abb. 1: Abmessungen Typ 9101C ... 9107C

**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

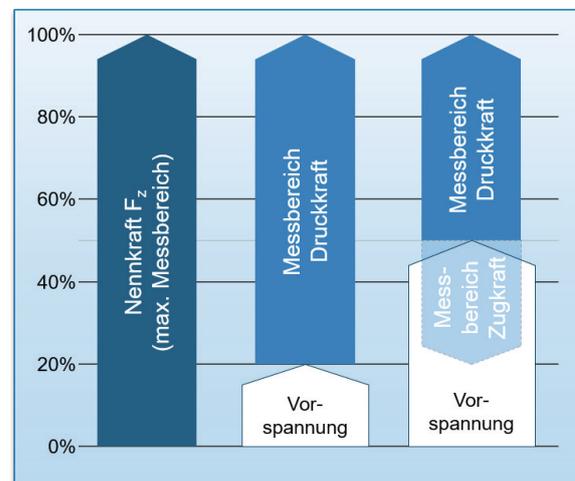


Abb. 2: Nenn- und Messbereiche

Biegemomenten am größten.

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-02.24

### 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.

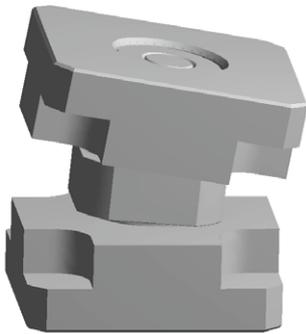


Abb. 3: Biegemoment

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

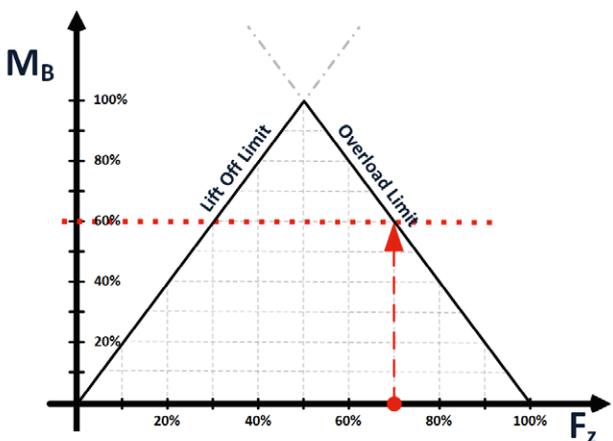


Abb. 4: Biegemoment in Abhängigkeit der Axialkraft  $F_z$

### 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?

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

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

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

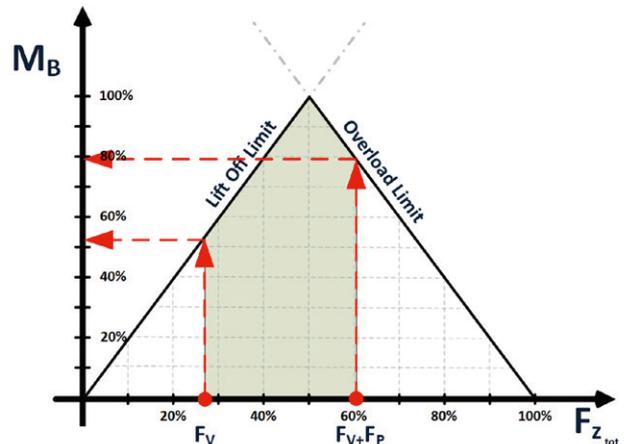


Abb. 5: max. Biegemoment in Abhängigkeit von Vorlast und Prozesskraft

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

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

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.

**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 hoch-isolierende 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 Randmutter 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...	5877B...	5015A...	5018A...	5080A...	5165A...	5167A...		4, 8					
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	4, ... 5			
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	IP20	4, ... 5	
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	IP20	4, ... 5	
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	IP20	4, ... 5	
1957A...	PFA mit Stahlgeflecht	0.1	10	KIAG 10-32 pos.	KIAG 10-32 pos.	IP40	IP40	IP40	IP65	IP66	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	4, ... 5			
1900A23A12..	PFA hochflexibel, schleppkettentauglich	0.3	20	-40...200°C	IP67	KIAG 10-32 pos. 6kt	BNC pos.	IP40	IP65	IP65	IP66	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	4, ... 5			
1900A23A11..						KIAG 10-32 pos. 6kt	KIAG 10-32 pos. 6kt		IP67	IP65	IP66	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	4, ... 5
1900A21A120x						KIAG 10-32 pos. 6kt	BNC pos.		IP40	IP65	IP66	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	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	IP20	4, ... 5			
1983AD...	FPM	0.1	5	-20...200°C		KIAG 10-32 pos. int.	BNC pos.		IP40	IP65	IP65	IP66	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	4, ... 5		
1939A...	PFA	0.1	20	-55...200°C		IP67	KIAG 10-32 pos. int.		BNC pos.	IP40	IP65	IP65	IP66	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	4, ... 5	
1941A...	PFA	0.1	20		KIAG 10-32 pos. int.		TNC pos.	IP65	IP65		IP66	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	4, ... 5	
1921...	PFA	0.1	20		KIAG 10-32 pos. int.		KIAG 10-32 pos.	IP65	IP65		IP66	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	4, ... 5	
1969A...	PFA mit Stahlgeflecht	0.5	10		KIAG 10-32 pos. int.		KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>	IP65	IP65		IP66	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	4, ... 5	
1967A...	PFA mit Stahlgeflecht, isoliert	0.5	10	-20...200°C	IP68	KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>	IP40	IP65	IP65	IP66	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	4, ... 5			
1983AC...	FPM	0.1	5			KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>		IP65	IP65	IP66	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	4, ... 5	

<sup>1</sup> geschraubt: IP65

<sup>2</sup> verschweisst: IP67

9101C\_003-473d-02.24

### Zubehör (optional)

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

### 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



### Einbauzubehör für PE Kraftsensor 910xC (optional)

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

### Kabel (optional)

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