

# Piezo Kraftsensoren SlimLine

## Piezelektrische Kraftmessringe für Zug- und Druckkräfte von 3 kN bis 80 kN

Typen 9130C, 9132C,  
9133C, 9134C, 9135C,  
9136C, 9137C

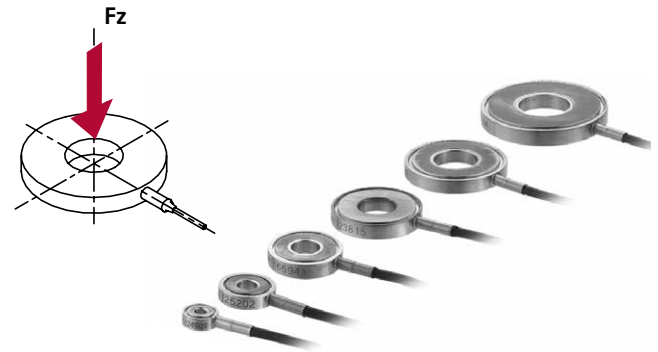
Piezo Kraftsensoren, respektive piezelektrische Kraftaufnehmer, mit extrem flacher Bauform zur präzisen Messung von Druckkräften. Höchstes Auflösungsvermögen, hohe Steifheit und extrem kompakte Abmessungen erlauben einen idealen Einbau in mechanische Strukturen. Das Gehäuse ist hermetisch dicht und hat ein spritzwassergeschütztes integriertes Anschlusskabel mit Stecker.

Die SlimLine Piezo Kraftsensoren werden **unkalibriert** geliefert und müssen für Absolutmessungen im eingebauten Zustand kalibriert werden.

- Extrem kleine Bauform bei grossem Messbereich
- Flexibler Einbau im Kraftnebenschluss
- Vorgespannt auch für Zugkräfte geeignet
- Misst praktisch weglos, verschleiss- und ermüdungsfrei
- Misst auch kleine Kräfte mit hoher Auflösung
- Dichtes Gehäuse (IP65)
- Integriertes, nicht lösbares Kabel mit Fluorelastomer-Mantel

### Beschreibung

Die zu messende Kraft  $F_z$  wirkt über die Vorspann- bzw. Einbaustruktur auf den Sensor und erzeugt eine Ladung, welche direkt proportional zur einwirkenden Kraft ist. Diese wird durch eine Elektrode abgenommen und über das integrierte Kabel zum Ladungsverstärker geführt.



### Anwendung

SlimLine Sensoren eignen sich, dank ihrer ausserordentlichen Steifigkeit, speziell für die Messung von dynamischen Kräften. Doch auch zyklische oder Messungen über mehrere Minuten sind möglich. Der Sensor ist besonders für die Messung von Kräften im Nebenschluss geeignet (Bild 5). Dabei wird der Sensor in einer Struktur eingebettet und vorgespannt, wodurch er nur mit einem Teil der Prozesskraft belastet wird.

Die besonders kleine Bauform ist optimal geeignet für den Einbau in Konstruktionen wie Kraftmessplatten, -leisten und Werkzeugen. Eingesetzt wird der Sensor in industriellen Produktionsprozessen, bei denen Kräfte überwacht oder gemessen werden. In Verbindung mit einem ControlMonitor ist der Sensor ideal für die Qualitätskontrolle und Überwachung.

### Technische Daten

Typ		9130C	9132C	9133C	9134C	9135C	9136C	9137C
Messbereich $F_z$	kN	0 ... 3	0 ... 7	0 ... 14	0 ... 26	0 ... 36	0 ... 62	0 ... 80
Überlast	kN	3,5	8	17	30	42	72	96
Vorspannkraft (empfohlen) <sup>1)</sup>	kN	0,6	1,4	2,8	5,2	7,2	12,4	16
Empfindlichkeit nom.	pC/N	-3,7 ± 0,3	-4,0 ± 0,3			-4,3 ± 0,3		-4,0 ± 0,3
Empfindlichkeit nom. mit Vorspannsatz (ca. -8%)	pC/N	-3,4 ± 0,3	-3,7 ± 0,3			-4,0 ± 0,3		-3,7 ± 0,3
Linearität einschliesslich Hysterese	%FSO	≤±1						
Max. Biegemoment $M_B$ <sup>2)</sup>								
$M_{ky}$ max. (Einzellast), calc.	N·m	1,4	4,9	15,4	35,0	62,2	134,5	195,7
Axiale Steifigkeit (calc.)	kN/μm	1,0	2,3	3,2	5,9	8,2	13,2	19,0
Quersteifigkeit (calc.)	kN/μm	0,2	0,6	1,0	1,8	2,7	4,4	6,2
Schubsteifigkeit (calc.)	kN/μm	0,3	0,8	1,2	2,1	3,0	4,9	6,9
Torsionssteifigkeit (calc.)	N·m/°	52	263	853	2.348	4.812	12.174	23.997
Biegesteifigkeit (calc.)	N·m/°	46	253	754	2.303	4.815	12.753	26.443
Isolationswiderstand	Ω	≥1·10 <sup>13</sup>						
Betriebstemperaturbereich ΔT	°C	-40 ... 120						
Temperaturkoeff. der Empfindlichkeit	%/°C	-0,02						
Steckeranschluss		KIAG 10-32 neg.						
Schutzart <sup>2)</sup>	EN60529	IP65						
Gehäusewerkstoff	DIN	1.4542						
Masse	g	1	2	3	5	7	14	27

<sup>1)</sup> Die Vorspannkraft ist entsprechend dem gewünschten Zug-/Druckkraftbereich anzupassen. Der Messbereich wird dadurch anteilmässig reduziert

<sup>2)</sup> Die IP-Schutzart nach EN60529 wird mit Wasser ermittelt. Öle, Emulsionen, Kühlschmiermittel etc. haben meist ein besseres Benetzungs- und Penetrationsvermögen. Die Schutzart in Kontakt mit solchen Flüssigkeiten ist entsprechend geringer einzustufen.

### Anwendungsbeispiele

- Überwachung von Einpresskräften, Stanzkräften, etc.
- Werkzeugüberwachung
- Messen von grossen Kräften im Kraftnebenschluss
- Einbau in Dynamometer mit kleinen Abmessungen

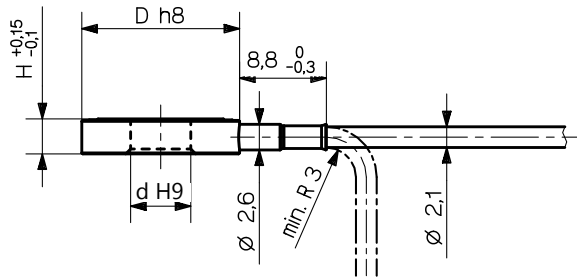


Abb. 1: Abmessungen SlimLine Sensor

### Sensormontage

SlimLine Sensoren sollen grundsätzlich nur vorgespannt in einer Einbaustruktur verwendet werden:

- direkte Messung im Kraftfluss
- Indirekte Messung im Kraftnebenschluss

Während bei direkter Kraftmessung der grösste Teil der Prozesskraft durch den Sensor fliesst, wird er bei Kraftnebenschlussmessungen nur mit einem geringen Teil der Prozessbelastet.

### Direkte Messung im Kraftfluss

Bei direkter Kraftmessung fliesst nahezu die ganze Prozesskraft durch den Sensor. Der Messbereich muss daher so gewählt werden, dass die Summe von Vorspannkraft  $F_v$  und maximal auftretender Prozesskraft  $F_z$  innerhalb des Messbereichs des Sensors liegt. Die Montageflächen müssen eben, steif und geschliffen sein (Bild 3). Der Vorspannbolzen bewirkt einen Kraftnebenschluss von  $\approx 7 \dots 10 \%$  und eine entsprechend reduzierte Empfindlichkeit. Generell wird eine Vorspannkraft von mindestens 20 % des Messbereichs empfohlen, bei Zugkräften entsprechend mehr. Wenn von der Prozesskraft her möglich, soll mit 50 % des Messbereichs vorgespannt werden, da so die Toleranz gegenüber Biegemomenten am grössten ist, siehe Seite 4.

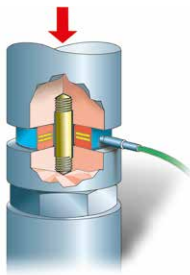


Abb. 2: Direkte Kraftmessung

### Abmessungen

Typ	D [mm]	d [mm]	H [mm]
9130C...	8,0	2,7	3,0
9132C...	12,0	4,1	3,0
9133C...	16,0	6,1	3,5
9134C...	20,0	8,1	3,5
9135C...	24,0	10,1	3,5
9136C...	30,0	12,1	4,0
9137C...	36,0	14,1	5,0

### Einbaumasse

Einbaumasse Typ	Gewinde M	Steigung	Bohrung d1 [mm]	Plattendicke <sup>1)</sup> A [mm]
9130C...	M2,5	0,45	2,9	8,0
9132C...	M4	0,7	4,3	8,0
9133C...	M6	1,0	6,4	12,0
9134C...	M8	1,25	8,4	16,0
9135C...	M10	1,5	10,5	20,0
9136C...	M12	1,75	13,0	24,0
9137C...	M14	2,0	15,0	27,0

<sup>1)</sup> empfohlene Mindest-Plattendicke

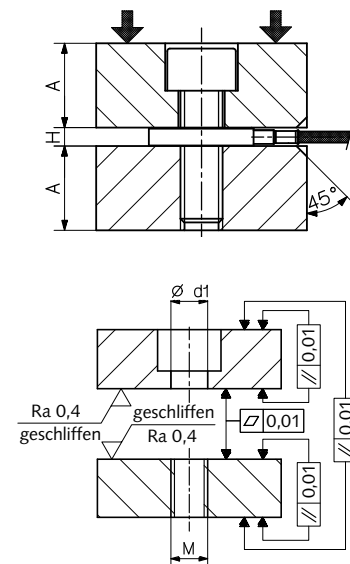


Abb. 3: Einbaumasse bei direkter Kraftmessung

9130C\_003-418d-03.20

### Kraftnebenschlussmessung

Eingebaut im Kraftnebenschluss, können mit dem SlimLine Sensor die vielfältigsten Messaufgaben gelöst werden. Die Montagefläche muss eben und möglichst fein bearbeitet sein. Der SlimLine Kraftmessring wird vorzugsweise mit einer Vorspannscheibe von Kistler (optionales Zubehör) eingebaut und auf ca. 20 % des Messbereichs vorgespannt. Struktur und Vorspannscheibe sind mit dem eingebauten, vorgespannten Sensor gemeinsam zu überschleifen. Der für die Vorspannscheibe empfohlene, geringe Überstand P wird erreicht, indem der Sensor ausgebaut und die Struktur ohne Zustellung erneut überschleift wird. Ein solches Vorgehen gewährleistet einen reproduzierbaren Kraftnebenschluss und gute Linearität.

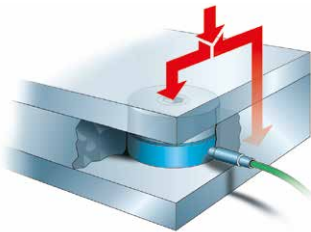


Abb. 5: Kraftnebenschlussmessung

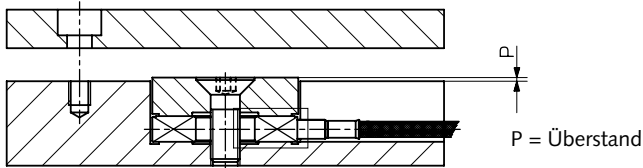


Abb. 6: Montage mit Vorspannscheibe Typ 9410A...

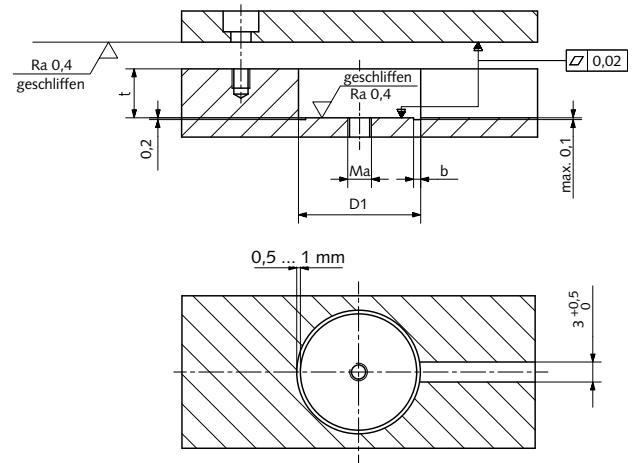


Abb. 7: Einbau im Kraftnebenschluss

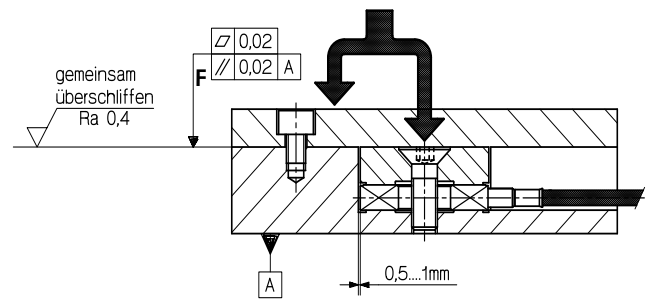


Abb. 8: Zusammenbau mit Vorspannscheibe Typ 9410A...

### Einbaumasse

SlimLine Sensor Typ	Gewinde Ma	Bohrungsdurchmesser D1 [mm]	Bohrungstiefe t [mm]	Freistichbreite b [mm]	Überstand P [µm]
9130C...	M2	8,5	6,5	1,2	0 ... 2
9132C...	M2,5	12,5	6,5	1,2	0 ... 2
9133C...	M3	16,5	7,7	1,2	0 ... 3
9134C...	M4	20,5	7,7	1,2	0 ... 3
9135C...	M5	24,5	7,7	1,5	0 ... 3
9136C...	M6	30,5	9,5	1,5	0 ... 3
9137C...	M8	36,5	12,0	1,5	0 ... 3

### Vorspannscheibe

Typ	zu SlimLine Sensor	Gewinde	D2 [mm]	d2 [mm]	H1 [mm]	L [mm]
9410A0	9130C...	M2	8,0	2,7	3,50	8,0
9410A2	9132C...	M2,5	12,0	2,7	3,50	8,0
9410A3	9133C...	M3	16,0	3,2	4,25	10,0
9410A4	9134C...	M4	20,0	4,3	4,25	10,0
9410A5	9135C...	M5	24,0	5,3	4,25	10,0
9410A6	9136C...	M6	30,0	6,4	5,50	14,0
9410A7	9137C...	M8	36,0	8,4	7,00	16,0

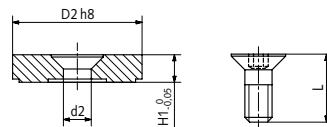


Abb. 9: Vorspannscheibe mit Senkschraube

### Biegemoment

Biegemomente können nicht nur die Messung negativ beeinflussen, sondern im ungünstigsten Fall zur Zerstörung des Sensors führen. Wenn der Sensor in einer Schubstange oder einem Pressenstempel eingebaut ist, sind Biegemomente oft unvermeidbar.

Der zulässige Wert für das Biegemoment  $M_b$  ist abhängig von der Summe aus Vorspannkraft  $F_v$  und aktuell wirkender Prozesskraft  $F_z$ , wobei das maximal mögliche Biegemoment  $M_{b,max}$  bei halbem Bereichsendwert  $B$  erreicht wird (Bild 4).

### Maximal mögliches Biegemoment

Typ	Bereichsendwert B [kN]	max. mögliches Biegemoment $M_{b,max}$ [N·m]
9130C...	3,0	1,50
9132C...	7,0	5,15
9133C...	14,0	15,00
9134C...	26,0	35,00
9135C...	36,0	62,00
9136C...	62,0	134,00
9137C...	80,0	244,00

Mit den Tabellenwerten für  $B$  und  $M_{b,max}$  kann das zulässige, reine Biegemoment in Abhängigkeit der Vorspannkraft  $F_v$  und der Prozesskraft  $F_z$  wie folgt abgeschätzt werden:

$$(1a) \quad M_{b,zul.} \leq \frac{2 \cdot M_{b,max}}{B} \cdot (F_v + F_z) \quad F_v + F_z \leq B/2$$

$$(1b) \quad M_{b,zul.} \leq \frac{2 \cdot M_{b,max}}{B} \cdot (B - F_v - F_z) \quad F_v + F_z \geq B/2$$

Die Gleichungen (1) begrenzen im Biegemoment-Diagramm den Bereich des zulässigen Biegemoments in Abhängigkeit von  $F_v$  und  $F_z$ .

### Biegemoment-Diagramm

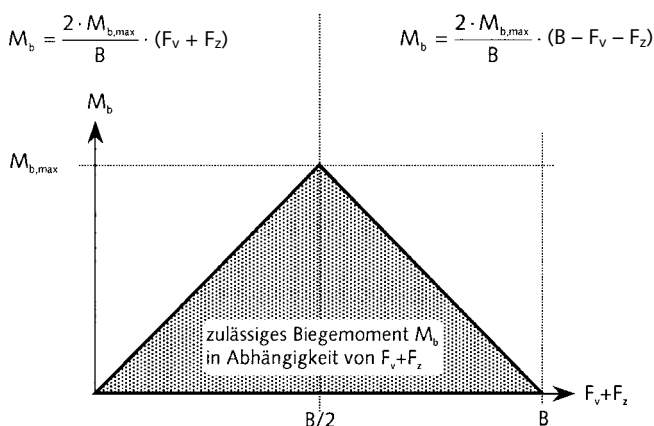


Abb. 4: Biegemoment-Diagramm (reines Biegemoment)

### Achtung

Wird ein Biegemoment  $M_b = F_{x,y} \cdot h$  von einer Querkraft  $F_{x,y}$  im Abstand  $h$  von der Referenzebene erzeugt, so führt dies zu einer Schubkraft  $F_{x,y}$  in der Sensorebene. Das maximal zulässige Biegemoment ist in diesem Fall geringer, als der nach Gleichungen (1) bestimmte, zulässige Wert für ein reines Biegemoment.

### Beispiel 1

Ein SlimLine Sensor Typ 9135C... ist mit  $F_v = 10$  kN vorgespannt. Welches Biegemoment kann für Prozesskräfte im Bereich  $F_z = 0 \dots 12$  kN toleriert werden?

$$F_v + F_{z,min} \leq B/2$$

$$10 \text{ kN} \leq 18 \text{ kN} \rightarrow (1a) \rightarrow M_{b,zul.} = \frac{2 \cdot 62 \text{ N}\cdot\text{m}}{36 \text{ kN}} \cdot 10 \text{ kN} = 34,4 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$F_v + F_{z,max} \geq B/2$$

$$22 \text{ kN} \geq 18 \text{ kN} \rightarrow (1b) \rightarrow M_{b,zul.} = \frac{2 \cdot 62 \text{ N}\cdot\text{m}}{36 \text{ kN}} \cdot 14 \text{ kN} = 48,2 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Um einer Überlastung innerhalb des ganzen Messbereichs vorzubeugen, darf das Biegemoment nicht grösser als 34,4 N·m sein.

### Beispiel 2

Ein SlimLine Sensor Typ 9132C... ist mit 3 kN vorgespannt. Wie gross ist der Messbereich  $B$  bei einem Biegemoment  $M_b$  von 2 N·m? Durch Auflösen von (1) nach  $F_z$  gewinnt man die Gleichungen (2), mit denen der zulässige Messbereich  $B$  für die Prozesskraft  $F_z$  in Abhängigkeit eines Biegemoments  $M_b$  berechnet werden kann.

$$(2a) \quad F_{z,min} \geq \frac{B \cdot M_b}{2 \cdot M_{b,max}} - F_v$$

$$(2b) \quad F_{z,max} \leq B \cdot \left(1 - \frac{M_b}{2 \cdot M_{b,max}}\right) - F_v$$

Einsetzen der Werte für  $B$ ,  $M_{b,max}$  und  $F_v$  ergibt für  $F_z$  den zulässigen Messbereich:

aus (2a) die max. Zugkraft  $F_z = -1,64$  kN und  
aus (2b) die max. Druckkraft  $F_z = 2,64$  kN

### Achtung

Seitenkräfte  $F_{x,y}$  und/oder ein Drehmoment  $M_z$  reduzieren den Messbereich zusätzlich.

Löst man die Gleichungen (2a) und (2b) nach  $F_v$  auf, so kann die minimal notwendige bzw. maximal zulässige Vorspannkraft in Abhängigkeit der anderen Parameter berechnet werden.

**Kompatible Kabel und Ladungsverstärker**

Sensor/ Kabel/ Adapter	Kabeleigenschaften	Länge [m]		Temp. Bereich	IEC/EN 60529	Stecker Sensor	Stecker Verstärker	IEC/EN 60529	Kanäle												
		min	max						Industrie Verstärker					Labor Verstärker							
									5030A	5039A	5073A...	5074A...	5877B...	5015A...	5018A...	5080A...	5165A...	5167A...	KIDAQ		
913xC...	FPM, integriert	0.1	2	-55...200°C	IP65	-	KIAG 10-32 pos.	IP65	IP65	IP65	IP60	IP67	IP53	IP20	IP40	IP40	IP20	IP20	IP20	4, ... 52	
1637C	Verlängerungskabel, PFA, Ø2mm	0.3	5	-55...200°C	geschraubt IP65	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 pos.	IP65	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	
1721	Adapter für Kabel mit KIAG 10-32 pos. int.			-55...200°C		KIAG 10-32 neg.	BNC pos.	IP40	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1729A	Durchführung für Kabel mit KIAG 10-32 pos. int.					KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	IP65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Kabel zu Durchführung Typ 1729A**

Kabel	Kabeleigenschaften	Länge [m]		Temp. Bereich	IEC/EN 60529	Stecker Sensor	Stecker Verstärker	IEC/EN 60529	Kanäle												
		min	max						Industrie Verstärker					Labor Verstärker							
									5030A	5039A	5073A...	5074A...	5877B...	5015A...	5018A...	5080A...	5165A...	5167A...	KIDAQ		
1631C...	PFA	0.1	100	-55...200°C	geschraubt IP65	KIAG 10-32 pos.	BNC pos.	IP40	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1641B...	PFA	0.1	100			KIAG 10-32 pos. 90°	BNC pos.	IP40	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1633C...	PFA	0.1	50			KIAG 10-32 pos.	TNC pos.	IP65	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1635C...	PFA	0.1	15			KIAG 10-32 pos.	KIAG 10-32 pos.	IP65	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1957A...	PFA mit Stahlgeflecht	0.1	10	-40...200°C	geschraubt IP67	KIAG 10-32 pos. 6kt	BNC pos.	IP40	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1900A23A12..	PFA hochflexibel, schleppkettentauglich	0.3	20			KIAG 10-32 pos. 6kt	KIAG 10-32 pos. 6kt	IP67	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1900A21A120x	FPM mit flexiblen Metallschlauch	0.4	20			KIAG 10-32 pos. 6kt	BNC pos.	IP40	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1900A21A110x	FPM mit flexiblen Metallschlauch	0.4	20			KIAG 10-32 pos. 6kt	KIAG 10-32 pos. 6kt	IP67	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1983AD...	FPM	0.1	5	-20...200°C	IP68	KIAG 10-32 pos. int.	BNC pos.	IP40	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1939A...	PFA	0.1	20	-55...200°C	verschweisst <sup>1</sup> IP67	KIAG 10-32 pos. int.	BNC pos.	IP40	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1941A...	PFA	0.1	20			KIAG 10-32 pos. int.	TNC pos.	IP65	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1921...	PFA	0.1	20			KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos.	IP65	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1969A...	PFA mit Stahlgeflecht	0.5	10			KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>	IP65	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1967A...	PFA mit Stahlgeflecht, isoliert	0.5	10	-20...200°C	verschweisst <sup>1</sup> IP68	KIAG 10-32 pos. int.	Fischer 9-pol neg.	IP65	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1979A...	FPM	0.1	20			KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>	IP65	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983AC...	FPM	0.1	5			KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>	IP65	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> geschraubt: IP65

<sup>2</sup> verschweisst: IP67

## Zubehör (optional)

	Typ
• Vorspannscheibe zu SlimLine Sensor Typ 9130C...	9410A0
• Vorspannscheibe zu SlimLine Sensor Typ 9132C...	9410A2
• Vorspannscheibe zu SlimLine Sensor Typ 9133C...	9410A3
• Vorspannscheibe zu SlimLine Sensor Typ 9134C...	9410A4
• Vorspannscheibe zu SlimLine Sensor Typ 9135C...	9410A5
• Vorspannscheibe zu SlimLine Sensor Typ 9136C...	9410A6
• Vorspannscheibe zu SlimLine Sensor Typ 9137C...	9410A7
• Kupplung KIAG 10-32 neg. – BNC pos.	1721
• Kupplung KIAG 10-32 neg. – KIAG 10-32 neg.	1729A

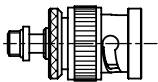


Abb. 10: Kupplung Typ 1721



Abb. 11: Kupplung Typ 1729A

Weiterführende Informationen zu kompatiblen Produkten finden Sie auf unserer Webpage [www.kistler.com/force](http://www.kistler.com/force).

## Weiterführende Informationen

### Piezo Kraftsensor SlimLine Bausatz

Zwei, drei oder vier SlimLine Kraftsensoren sind bei individueller Kabellänge in einer dichten (IP65) Steckerverbindung zusammengefasst. Die Signalerfassung kann als Summensignal (parallel geschaltet) oder als Einzelsignal erfolgen. Weitere Informationen sind unter [www.kistler.com/force](http://www.kistler.com/force) zu finden.

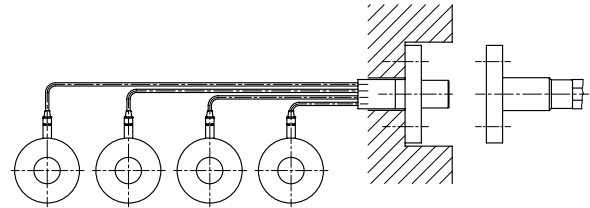


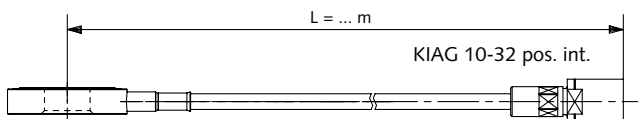
Abb. 12: Piezo Kraftsensor SlimLine Bausatz

## Bestellschlüssel

Messbereich	Typ 913	C	
0 ... 3 kN	0		
0 ... 7 kN	2		
0 ... 14 kN	3		
0 ... 26 kN	4		
0 ... 36 kN	5		
0 ... 62 kN	6		
0 ... 80 kN	7		
Mit KIAG 10-32 pos. integriert		2	
Kabellänge L = 2 m (Standard)			1
Variable Kabellänge 0,1 ... 2 m			9

Die gewünschte Länge muss bei der Bestellung separat angegeben werden.

## Steckeranschluss:



### Piezo Kraftaufnehmer SlimLine

Die kalibrierten SlimLine Kraftmessdosen Typ 9173C... bis 9176C... eignen sich zur Messung von Zug- und Druckkräften. Die SlimLine Sensoren sind masseisoliert in Vorspannelemente eingebaut. Weitere Informationen zu Piezo Kraftaufnehmer SlimLine auf unserer Webpage [www.kistler.com/force](http://www.kistler.com/force).

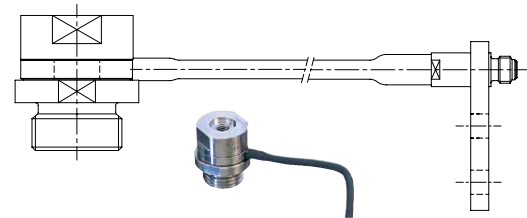


Abb. 13: Piezo Kraftaufnehmer/Kraftmessdose