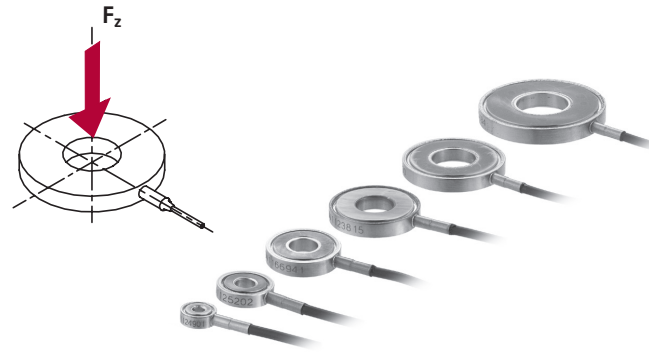


# Piezo Kraftsensoren SlimLine

## 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 Steifigkeit 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. Einbau-Struktur 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 4). 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

zur Gewährleistung der Spezifikationen sind die Sensoren mit 20 % Vorlast zu betreiben und gegenzuprüfen!

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	-3,6 ± 0,3	-3,9 ± 0,3	-4,0 ± 0,3	-4,2 ± 0,3	-4,3 ± 0,3		-4,2 ± 0,3
Empfindlichkeit nom. mit Vorspannsatz (ca. -8 %)	pC/N	-3,3 ± 0,3	-3,6 ± 0,3	-3,7 ± 0,3	-3,9 ± 0,3	-4,0 ± 0,3		-3,9 ± 0,3
Linearität einschliesslich Hysterese <sup>2)</sup>	%FSO	≤ ±1						
Max. Biegemoment MB Mxy 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 DT	°C	-20 ... 120						
Temperaturkoeff. der Empfindlichkeit	%/°C	-0,02						
Steckeranschluss		KIAG 10 – 32 pos. int.						
Schutzart <sup>3)</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> Bei empfohlener Vorspannkraft

<sup>3)</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

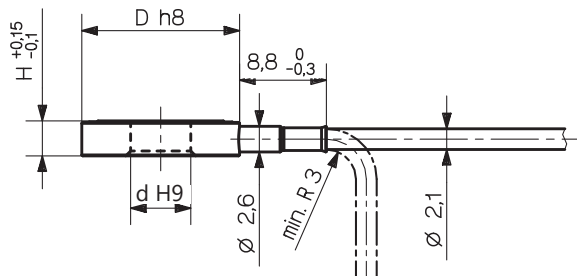


Abb. 1 Abmessungen SlimLine Sensor

### 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.

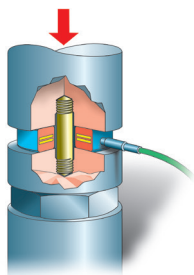


Abb. 2 Direkte Kraftmessung

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		Bohrung d1 [mm]	Plattendicke <sup>1)</sup> A [mm]
	M	Steigung		
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

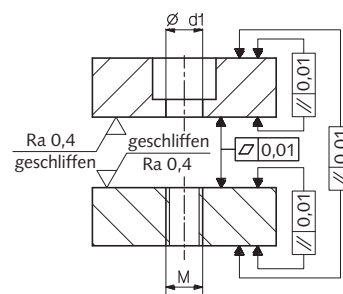
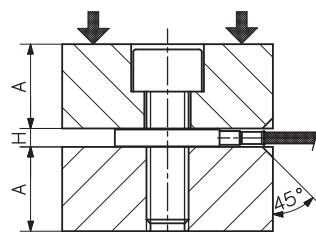


Abb. 3 Einbaumasse bei direkter Kraftmessung

9130C\_003-418d-04.21

### 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.

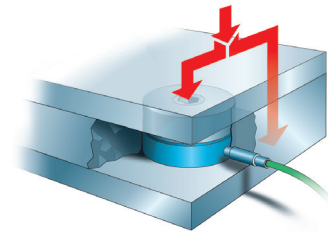


Abb. 4 Kraftnebenschlussmessung

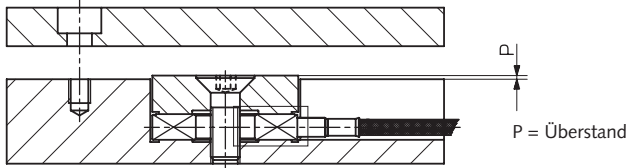


Abb. 5 Montage mit Vorspannscheibe Typ 9410A ...

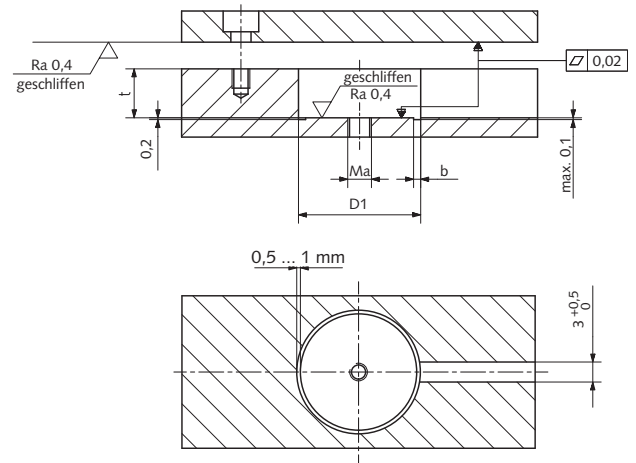


Abb. 6 Einbau im Kraftnebenschluss

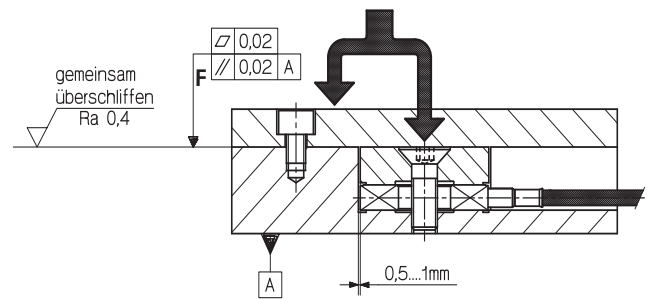


Abb. 7 Zusammenbau mit Vorspannscheibe Typ 9410A...

### 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

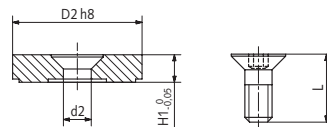


Abb. 8 Vorspannscheibe mit Senkschraube

### 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.

### Maximal mögliches Biegemoment

Typ	max. Axialkraft $F_z$ [kN]	max. Biegemoment $M_B$ [N·m]
9130C...	3,0	1,4
9132C...	7,0	4,9
9133C...	14,0	15,4
9134C...	26,0	35,0
9135C...	36,0	62,2
9136C...	62,0	134,5
9137C...	80,0	195,7

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

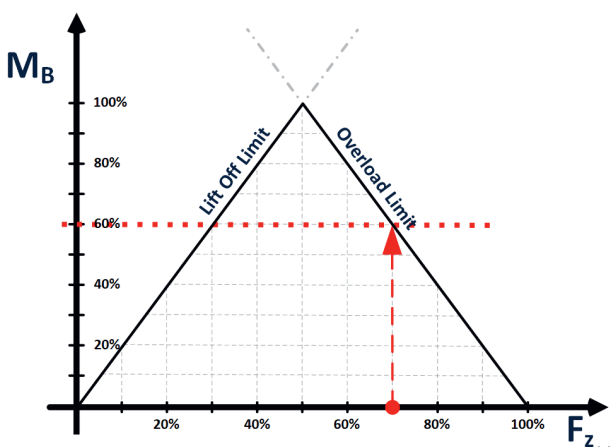


Abb. 9 Biegemoment in Abhängigkeit der Axialkraft  $F_z$

### Beispiel

Ein SlimLine-Sensor Typ 9135C... wird mit  $F_V = 10$  kN vorbelastet. Wie hoch ist das zulässige Biegemoment bei Prozesskräften im Bereich  $F_P = 0 \dots 12$  kN?

$$F_V[\%] = \frac{10 \text{ kN}}{36 \text{ kN}} = 28\%$$

$$F_P[\%] = \frac{0 \text{ kN}}{36 \text{ kN}} \dots \frac{12 \text{ kN}}{36 \text{ kN}} = 0 \dots 33\%$$

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

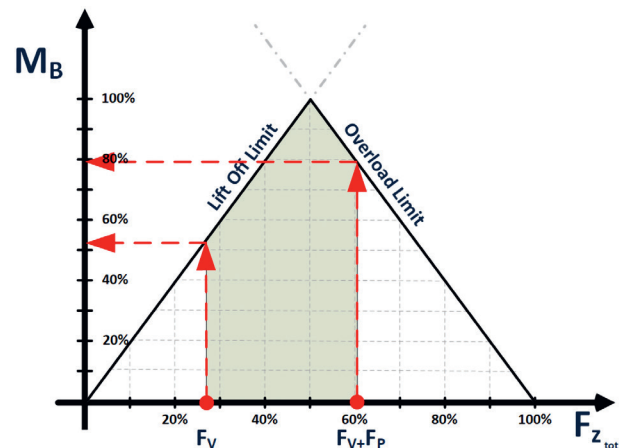


Abb. 10 max. Biegemoment in Abhängigkeit von Vorlast und Prozesskraft

$$M_B[28\%] = 100\% - 2x |50\% - 28\%| = 56\% \\ \triangleq 34,8 \text{ Nm}$$

$$M_B[61\%] = 100\% - 2x |50\% - 61\%| = 78\% \\ \triangleq 48,5 \text{ Nm}$$

Das zulässige Biegemoment ist abhängig von der aufgebrachten Gesamtkraft  $F_z$  und erreicht sein absolutes Maximum bei 18 kN, der halben axialen Nennkraft. Im vorliegenden Fall wäre das bei einer Prozesskraft von 8 kN der Fall ( $10 \text{ kN} + 8 \text{ kN} = 18 \text{ kN}$ ).

Wenn der Kraftverlauf im Prozess nicht bekannt ist, wird der niedrigste Wert als Referenz definiert: 34,8 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.

**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...
913xC...	FPM, integriert	0.1	2	-55...200°C	IP65	-	KIAG 10-32 pos.	IP65	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1637C	Verlängerungskabel, PFA, Ø2mm	0.3	5	-55...200°C	geschraubt IP65	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 pos.	IP65	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1721	Adapter für Kabel mit KIAG 10-32 pos. int.			-55...200°C		KIAG 10-32 neg.	BNC pos.	IP40	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1729A	Durchführung für Kabel mit KIAG 10-32 pos. int.					KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	IP65	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52

**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...
1631C...	PFA	0.1	100	-55...200°C	geschraubt IP65	KIAG 10-32 pos.	BNC pos.	IP40	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1641B...	PFA	0.1	100			KIAG 10-32 pos. 90°	BNC pos.	IP40	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1633C...	PFA	0.1	50			KIAG 10-32 pos.	TNC pos.	IP65	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1635C...	PFA	0.1	15			KIAG 10-32 pos.	KIAG 10-32 pos.	IP65	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1957A...	PFA mit Stahlgeflecht	0.1	10	-40...200°C	geschraubt IP67	KIAG 10-32 pos. 6kt	BNC pos.	IP40	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1900A23A12..	PFA hochflexibel, schleppkettentauglich	0.3	20			KIAG 10-32 pos. 6kt	KIAG 10-32 pos. 6kt	IP67	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1900A21A120x	FPM mit flexiblen Metallschlauch	0.4	20			KIAG 10-32 pos. 6kt	BNC pos.	IP40	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1900A21A110x	FPM mit flexiblen Metallschlauch	0.4	20	-20...200°C	geschraubt IP67	KIAG 10-32 pos. 6kt	KIAG 10-32 pos. 6kt	IP67	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1983AD...	FPM	0.1	5	-20...200°C		IP68	KIAG 10-32 pos. int.	BNC pos.	IP40	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8
1939A...	PFA	0.1	20	-55...200°C	verschweisst <sup>1</sup> IP67	KIAG 10-32 pos. int.	BNC pos.	IP40	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1941A...	PFA	0.1	20			KIAG 10-32 pos. int.	TNC pos.	IP65	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1921...	PFA	0.1	20			KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos.	IP65	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1969A...	PFA mit Stahlgeflecht	0.5	10			KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>	IP65	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1967A...	PFA mit Stahlgeflecht, isoliert	0.5	10	-20...200°C	verschweisst <sup>1</sup> IP68	KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>	IP65	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1979A...	FPM	0.1	20			KIAG 10-32 pos. int.	Fischer 9-pol neg.	IP65	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52
1983AC...	FPM	0.1	5			KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>	IP65	1	1	1-4	1-4	1	1	1-8	1-4	4,8	4, ... 52

<sup>1</sup> geschraubt: IP65

<sup>2</sup> verschweisst: IP67

**Zubehör (optional)**

- |   | <b>Typ</b> |
|---|------------|
| • 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      |

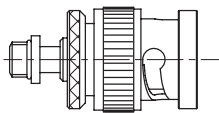


Abb. 11 Kupplung Typ 1721

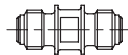


Abb. 12 Kupplung Typ 1729A

**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.

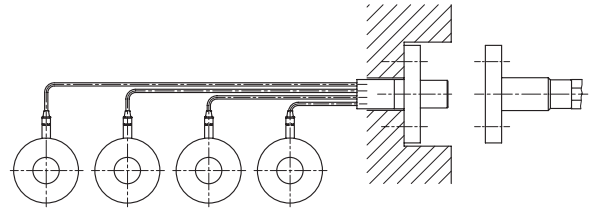


Abb. 14 Piezo Kraftsensor SlimLine Bausatz

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

**Bestellschlüssel**

		Typ 913	C	□	□
<b>Messbereich</b>					
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:**

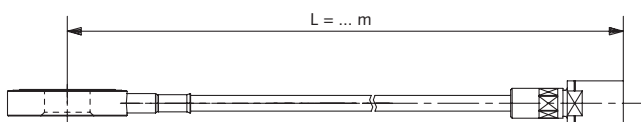


Abb. 13 KIAG 10-32 pos. int.

**Piezo Kraftaufnehmer SlimLine**

Die kalibrierten SlimLine Kraftmessdosens 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).

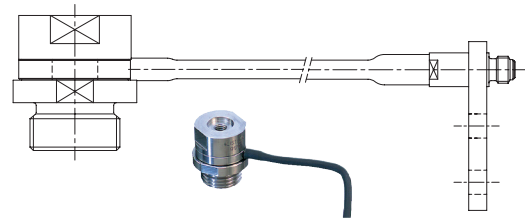


Abb. 15 Piezo Kraftaufnehmer/Kraftmessdose

9130C\_003-418d-04.21