

## Piezo Kraftaufnehmer

Typ 9301C ... 9371C

### für das Messen dynamischer und quasistatischer Zug- und Druckkräfte

Piezoelektrische Kraftaufnehmer, auch bekannt als Kraftmessdosen oder Kraftsensoren, messen dynamische oder quasistatische Kräfte, sowohl auf Zug als auch auf Druck. Diese Kraftaufnehmer enthalten einen piezoelektrischen Kraftmessring der 90x1C-Familie: vorgespannt und kalibriert, also sofort einsatzbereit.

- Kalibriertes Kraftmesselement
- Einfache Montage
- Zentriersitze für exakten Einbau
- Masseisoliert
- Zubehör für optimale Krafteinleitung

#### Beschreibung

Die 93x1C Kraftmesszellenfamilie ist die einfachste Art, Kräfte ohne aufwändige Installation und Kalibrierung piezoelektrisch zu messen. Die Kraftaufnehmer sind bereits werkseitig kalibriert und vorgespannt, um sowohl Zug- als auch Druckkräfte zu messen. Das bedeutet, dass der Sensor innerhalb weniger Minuten messbereit ist und genaue Daten aus dynamischen oder quasistatischen Prozessen liefert. Darüber hinaus ist der Sensor elektrisch isoliert aufgebaut, so dass Masseschleifen weitgehend eliminiert werden.

#### Anwendung

Quasistatische Messungen sind problemlos möglich, aber der 93x1C wird hauptsächlich dort eingesetzt, wo dynamische Vorgänge exakt erfasst werden müssen. Durch die extrem hohe Steifigkeit des piezoelektrischen Kraftaufnehmers bleibt das elastische Verhalten des Messobjekts praktisch unverändert. Die Kraftmessdose wird kalibriert in 3 verschiedenen Bereichen geliefert und ist sofort einsatzbereit.

#### Einsatzbeispiele

##### Automobilindustrie

- Sicherheitstechnik, Überwachung von Aufprallkräften
- Kraftstöße in Fahrwerken
- Kräfte an Auswuchtmaschinen

##### Materialprüfung

- Schlagprüfung, Wechselfestigkeit

##### Werkzeugmaschinen

- Überwachung an Pressen, Stanz-, Präge- und Schweissmaschinen
- Kraftmessungen an Längsführungen



#### Allgemein Maschinenindustrie

- Überwachung von Abstützkräften (Kraftschwingungen) an Maschinen, welche auf Dämpfungselementen gelagert sind
- Einspannvorgänge, z.B. Kraftsensor kombiniert mit Hydraulikzylinder
- Fügetechnik (Einschieben, Einpressen von Montageteilen)

#### Qualitätskontrolle

- Kraftmessungen an Schaltern
- Überwachung von Montageautomaten

#### Montage und Krafteinleitung

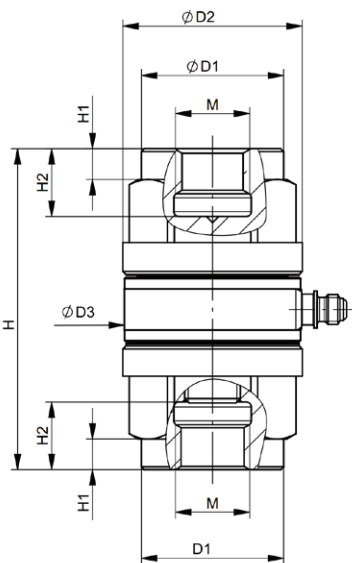
Die Montage dieser Kraftaufnehmer ist recht einfach, sollte aber dennoch sorgfältig und korrekt durchgeführt werden:

- Die Auflageflächen müssen eben, sauber, parallel und möglichst starr sein.
- Die Befestigungsschrauben dürfen den Gewindegewinde nicht berühren.
- Die Befestigungsschraube muss so angezogen werden, dass bei maximaler Zugkraft kein Spalt entsteht.

**Technische Daten**

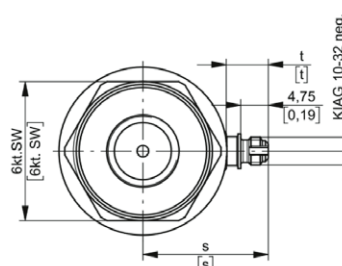
Typ		9301C	9311C	9321C	9331C	9341C	9351C	9361C	9371C	
Nennkraft	kN	±3	±6	±14	±24	±36	±48	±80	±160	
Kalibrierbereich 1	kN	0 ... 3	0 ... 6	0 ... 14	0 ... 24	0 ... 36	0 ... 48	0 ... 80	0 ... 160	
Kalibrierbereich 2	kN	0 ... 0,03	0 ... 0,06	0 ... 0,14	0 ... 0,24	0 ... 0,36	0 ... 0,48	0 ... 0,8	0 ... 1,6	
Kalibrierbereich 3	kN	0 ... -3	0 ... -6	0 ... -14	0 ... -24	0 ... -36	0 ... -48	0 ... -80	0 ... -160	
Grenzkraft	kN	±3,3	±6,6	±15,4	±26,4	±39,6	±52,8	±88	±176	
Empfindlichkeit	pC/N	-3,1 ±0,3	-3,4 ±0,3	-3,7 ±0,3		-3,9 ±0,3		-4,0 ±0,3	-3,9 ±0,3	
Linearität inkl. Hysterese	%FSO					±0,5				±0,7
Eigenfrequenz (frei-frei) f <sub>0fz</sub> calc.	kHz	58,5	50,6	41,2	36,9	29,7	27,9	23,8	19,9	
Axiale Steifigkeit (calc.)	N/µm	245	398	724	1 150	1 510	1 756	2 597	4 794	
Quersteifigkeit (calc.) <sup>1)</sup>	N/µm	6	14	27	48	74	86	136	316	
Schubsteifigkeit (calc.)	N/µm	22	47	76	130	210	229	349	733	
Torsionssteifigkeit (calc.)	Nm/°	15	53	254	633	1 387	2 269	5 540	21 231	
Biegesteifigkeit (calc.)	Nm/°	22	78	355	865	1 926	3 105	7 619	28 411	
Max. Biegemoment F <sub>z</sub> =0 calc.	N·m	4,2	12	49	104	195	312	640	1 955	
Temperaturempfindlichkeit Empfindlichkeitsänderung (-40°C ... 120°C, Tref = 25°C)	%	±2,5		±1,5						
Betriebstemperaturbereich	°C	-40 ... 120								
Isolationswiderstand @23°C	Ω	≥10 <sup>13</sup>								
Masseisolation	Ω	≥10 <sup>8</sup>								
Kapazität Sensor	pF	13,5±1	17±2	33±4	52±5	70±6	93±7	149±10	303±20	
Steckertyp		KIAG 10-32 neg.								
Schutzgrad EN60529	IP	siehe Tabelle auf Seite 5								
Gewicht	g	14	28	90	170	330	480	1 020	2 500	

<sup>1)</sup>Widerstand des Sensors gegen Scher- und Biegeverformung. (Theoretische) Annahme: Der Sensor ist unten fixiert, die Scherkraft wirkt oben, so dass die Hebellänge gleich der gesamten Sensorhöhe ist.



Typ	M	D1	D2	D3	SW	H	H1	H2	s	t
9301C	M5	8,5	11	10,3	9	25	2	5	12,75	7,25
9311C	M6	12,5	15	14,5	13	30	3	5,5	14,85	7,25
9321C	M10	18	23	22,5	19	45	5	10	18,6	7,25
9331C	M12	23	29	28,5	24	52	5	11	21,65	7,25
9341C	M16	31	35	34,5	32	62	6	14,5	24,65	7,25
9351C	M20	35	41	40,5	36	72	7	18	27,65	7,25
9361C	M24	45	53	52,5	46	88	9	22	33,65	7,25
9371C	M30	64	76	77,2	65	108	10	28	45	6,75

Abmessungen der Typen 9301C ... 9371C



9301C\_003-556d-04.25

## Kalibrierung und Messbereiche

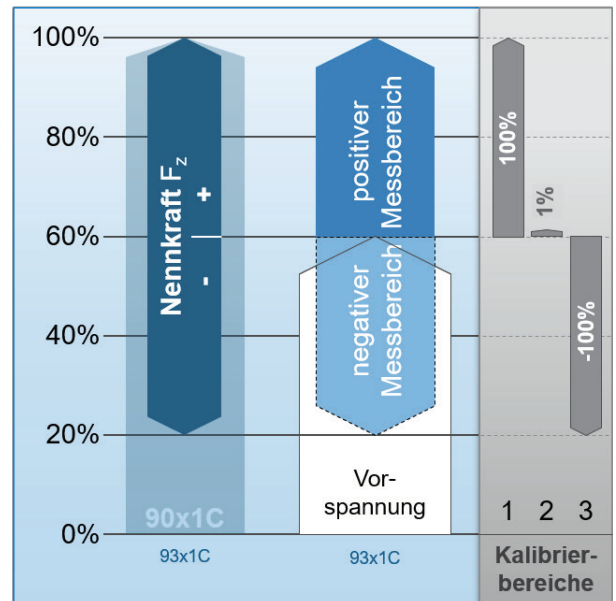
Die zu erwartenden Fehlerabweichungen eines Sensors sind direkt abhängig von der Größe des Messbereichs und der Wahl des Arbeitspunktes. Je kleiner der Messbereich ist, desto besser ist die Linearität und Hysterese.

Die piezoelektrischen Kraftaufnehmer 93x1C sind mit 60% der Nennkraft des eingebauten Sensors 90x1C vorgespannt. Dies ermöglicht die Messung von gleich großen positiven und negativen Kräften.

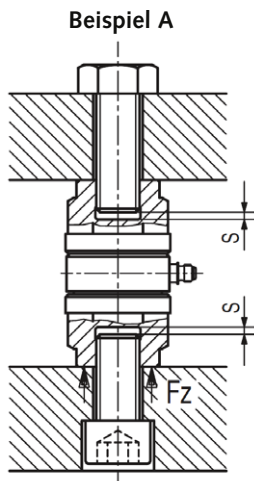
Die untersten 20% des Nennkraftbereichs werden nicht berücksichtigt, da dort die Anfälligkeit für Momente, Scherkräfte und Nichtlinearitäten am größten ist.

Die Kraftmessdosen 93x1C werden in drei verschiedenen Bereichen kalibriert: +100%, -100%, +1%.

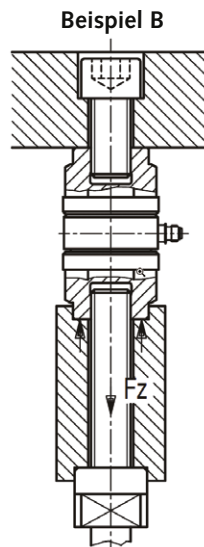
Eine ausführliche Betriebsanleitung mit weiteren Erläuterungen zu Installation, Dimensionierung und Verkabelung finden Sie im Downloadbereich unserer Website [www.kistler.com/force](http://www.kistler.com/force).



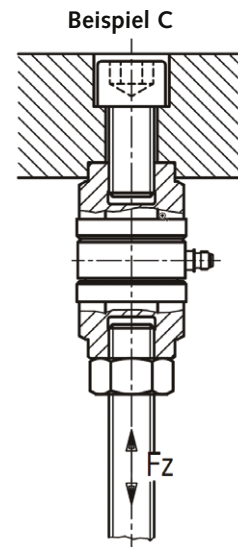
## Montagebeispiele, verschiedene Arten der Kräfteinleitung



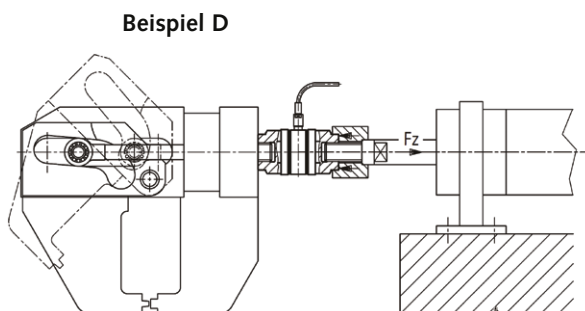
Kräfteinleitung von Druckkräften.



Belastung durch Zug- und Druckkräfte über ein Verlängerungsstück. Die Vorspannkraft auf die Hülse darf beim Wirken von Zugkräften einen Minimalwert nicht unterschreiten.



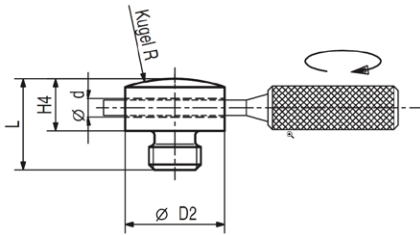
Kräfteinleitung von Zug- und Druckkräften, direkt auf den Gewindeanschluss. In diesem Fall sollte stets eine Gegenmutter verwendet werden.



Einbaubeispiel eines Kraftmesselementes in einer hydraulischen Spannvorrichtung. Überwachung von Zug- und Druckkräften.

### Kraftverteilungskappe

Wenn die Kraftmessdose nicht beidseitig fest in einer Struktur installiert ist, besteht immer die Gefahr, dass die Kraft exzentrisch eingeleitet wird. Die Kraftverteilungskappe hilft, die Präzision und Wiederholbarkeit der Messung mit einem genau definierten Kraftangriffspunkt deutlich zu erhöhen.



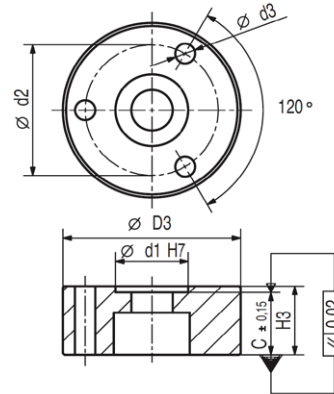
Druckkappe Typ 9500A...

Mit einem zylindrischen Werkzeug kann die Druckkappe eingeschraubt werden.

Typ	Druckkappe	D2	L	H4	R	d
9301C	9500A0	8,5	8	4	R10	2,2
9311C	9500A1	12,5	10	6	R15	3,2
9321C	9500A2	18	17	9	R25	4,3
9331C	9500A3	23	21	12	R35	4,3
9341C	9500A4	31	28	15	R45	6,4
9351C	9500A5	35	33	18	R50	6,4
9361C	9500A6	45	41	22	R65	8,4
9371C	9500A7	64	57	32	R90	8,4

### Flansch

Wenn die Montage mit dem Zentralbolzen nicht direkt möglich ist, wird der Flansch 9501Ax montiert. Das Präzisionsbauteil kann sowohl für Druck- als auch für Zugkräfte verwendet werden, wie in den Abbildungen A...D auf Seite 3 dargestellt.



Flansch Typ 9501A...

Eine Zylinderschraube mit Innensechskant wird mit dem Flansch geliefert.

Typ	Flansch	D3	H3	d1	d2	d3	C	H1 (Abb. 1)	H2 (Abb. 2)
9301C	9501A0	25	9	8,5	18	3,2	8	37	41
9311C	9501A1	34	11	12,5	24	4,3	9	45	48
9321C	9501A2	44	18	18	33	5,3	16	70	77
9331C	9501A3	56	22	23	42	6,4	20	84	92
9341C	9501A4	70	29	31	52	8,4	27	104	116
9351C	9501A5	84	37	35	62	10,5	35	125	142
9361C	9501A6	102	44	45	77	13	42	152	172
9371C	9501A7	136	53	64	106	17	51	191	210

9301C\_003-556d-04.25

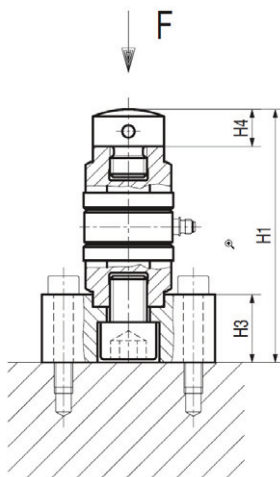


Abb. 1  
Kraftmesselement mit Flansch und Druckkappe. Einsatz für Druckkraftbelastungen

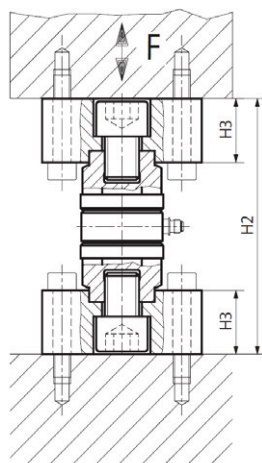


Abb. 2  
Kraftmesselement mit beidseitig montierten Flanschen. Einsatz für Zug- und Druckkraftbelastungen

**Messkette**

Messen

Verbinden

Verstärken

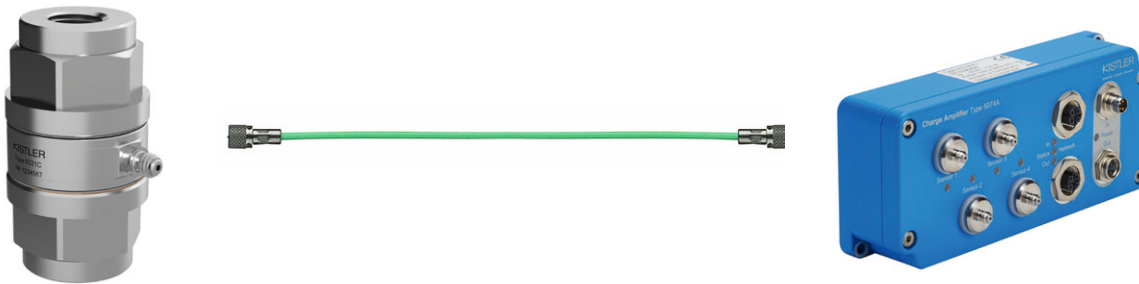


Abb. 3: Messkette

**Verbindungskabel**

Alle Sensoren des Typs 9301C ... 9371C verfügen über einen KIAG 10-32 neg. Anschluß und sind entsprechend mit allen Kabelstecker 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	Industrie Verstärker										Labor Verstärker	DAQ				
		min	max						kanäle															
									5030A	5039A	5073A...	5074A...	5077B...	5015A...	5018A...	5080A...	5165A...	5167A...			4...52			
1631C...	PFA	0,1	100	-55...200°C	IP65	KIAG 10-32 pos.	BNC pos.	IP40	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1641B...	PFA	0,1	100			KIAG 10-32 pos. 90°	BNC pos.		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1945A...	PFA Ø 1mm	0,1	5			KIAG 10-32 pos. int.	Mini-Coax neg.		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1633C...	PFA	0,1	50			KIAG 10-32 pos.	TNC pos.		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1635C...	PFA	0,1	15			KIAG 10-32 pos.	KIAG 10-32 pos.		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1957A...	PFA mit Stahlgeflecht	0,1	10	-40...200°C	IP67	KIAG 10-32 pos.	KIAG 10-32 pos.	IP40	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
1900A23A12..	PFA hochflexibel, schleppkettentauglich	0,3	20			KIAG 10-32 pos. 6kt	BNC pos.		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1900A23A11..						KIAG 10-32 pos. 6kt	KIAG 10-32 pos. 6kt		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1900A21A120x	FPM mit flexiblem Metallschlauch	0,4	20			KIAG 10-32 pos. 6kt	BNC pos.		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1900A21A110x						KIAG 10-32 pos. 6kt	KIAG 10-32 pos. 6kt		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1983AD...	FPM	0,1	20	-20...200°C	IP68	KIAG 10-32 pos. int.	BNC pos.	IP40	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
1939A...	PFA	0,1	20			KIAG 10-32 pos. int.	BNC pos.		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1941A...	PFA	0,1	20			KIAG 10-32 pos. int.	TNC pos.		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1969A...	PFA mit Stahlgeflecht	0,5	10			KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>	KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1967A...	PFA mit Stahlgeflecht, isoliert	0,5	10			KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1979A...	FPM	0,1	20	-20...200°C	IP68	KIAG 10-32 pos. int.	Fischer 103 Triax	IP65	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
1983AC...	FPM	0,1	5			KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>	KIAG 10-32 pos. int. <sup>2</sup>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

<sup>1</sup> geschraubt: IP65

<sup>2</sup> verschweisst: IP67

9301C\_003-556d-04.25



### Ladungsverstärker

Ausschlaggebend für die Wahl des richtigen Ladungsverstärkers zur entsprechenden Applikation sind verschiedene Kriterien. Zu den wichtigsten gehören die Anzahl Kanäle, der Messbereich, die Messart oder der Frequenzbereich. An dieser

Stelle wird lediglich eine tabellarische Zusammenfassung dargestellt um eine Übersicht zu geben. Detailliertere Angaben und Erklärungen stehen im Produktkatalog Kraft oder in den jeweiligen Datenblättern auf [www.kistler.com](http://www.kistler.com) zur Verfügung.

### Digitale Laborverstärker: LabAmp

Neueste Generation universeller Labor-Ladungsverstärker; mit integrierter Datenerfassung für dynamische oder quasi-statische Messungen; Netzwerkfähig mit Web-Interface.



Abb. 4: LabAmp Typ 5165A und Typ 5167A

### Analoge Laborverstärker: Typ 5015A, 5018A und 5080A

Die bewährten analogen Ladungsverstärker für Labor und Forschung. Mit sehr breitem Messbereich und hoher Flexibilität (Type 5080A).



Abb. 5: Labor-Ladungsverstärker Typ 5015A und Typ 5080A

### Industrielle Verstärker

Größen- und Funktionsoptimierte Verstärker für den Dauereinsatz im Alltag. Busfähig und teilweise mit weiteren Funktionen. (Bewertung von Kraftverläufen, etc.)



Abb. 6: Industrier Verstärker Typ 5073A und 5074A (v.l.) Rechts der maXYmos BL Typ 5867B...

### Optionales Zubehör

- Druckkappe
- Flansch
- Kabel gemäss Übersicht auf Seite 5

**Typ**  
9500A...  
9501A...

### Bestellschlüssel

#### Piezo Kraftaufnehmer

Bereich ±3 kN	0
Bereich ±6 kN	1
Bereich ±14 kN	2
Bereich ±24 kN	3
Bereich ±36 kN	4
Bereich ±48 kN	5
Bereich ±80 kN	6
Bereich ±160 kN	7

Typ 93  1C

