

## 3-Komponenten-Kraftsensoren

für Druck-, Zug- und Scherkräfte von  
±3kN ... ±150kN

Typ 9017C, 9027C, 9047C,  
9067C, 9077D  
(inkl. Set aus 90x8 und  
90x6)

Hochpräzise 3-Komponenten Kraftmessringe für Messungen in jede Richtung der drei Raumachsen. Der 3-Komponenten Kraftsensor ermöglicht eine einfache und präzise Messung der drei senkrechten Komponenten (x/y/z) jeder beliebig gerichteten, dynamischen oder quasi-statischen Kraft.

- Genaue Messung unabhängig vom Angriffspunkt der Kraft
- Grosser nutzbarer Frequenzbereich
- Kompakte Baugrösse
- Rostfreies und dichtes Sensorgehäuse
- Steckeranschluss über robusten Mehrpolstecker

### Beschreibung

Das Ausgangssignal der piezoelektrischen 3-Komponenten Kraftsensoren ist eine extrem lineare elektrische Ladung über den gesamten Messbereich. Diese Ladung ist direkt proportional zur wirkenden Kraft. Im Sensorgehäuse ist je ein Quarzring pro Kraftkomponente eingebaut, und es kann aufgrund seiner abgeflachten Seiten präzise ausgerichtet und montiert werden. Die einfache sowie vibrationsfeste Konstruktion des Sensors ist extrem steif und ermöglicht aufgrund seiner einzigartig hohen Eigenfrequenz die Messung hochdynamischer Kraftverläufe. Mit zwei Keramikscheiben an den Kontaktflächen wird einerseits ein hoher Reibungskoeffizient gewährleistet und andererseits ist ein masseisolierter Einbau in die Maschinenstruktur ermöglicht. Die Grösse des Messbereichs der Querkräfte in x- und y-Richtung hängt direkt von der Vorspannung in z-Richtung sowie der daraus resultierenden axialen Haftreibung ab. Der Abgriff der Signale erfolgt über den konstruktionsgeschützten, 3-poligen Anschlussstecker V3 neg., der mit einer Positionierhilfe die exakte Zuordnung der Anschlussstifte sicherstellt und gegen Verdrehen schützt.



### Anwendung

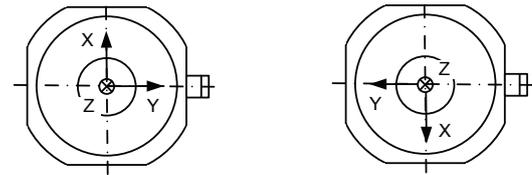
3-Komponenten Kraftsensoren von Kistler finden ihre Anwendung in der Messung von:

- Zerspankräften bei spanabhebenden Prozessen
- Aufprallkräften bei Crashtests
- Rückstosskräften von Raketenmotoren
- Vibrations- und Reibungskräften
- Bodenreaktionskräften in der Biomechanik
- Fahrzeugkräften auf Strasse und Prüfstand
- Kräften an Windkanalwaagen

## Sensor Varianten

### Typen 90x7C/D und 90x8C/D

Die Sensortypen 90x7C/D und 90x8C/D unterscheiden sich nur in der Position des Anschlusssteckers in Bezug auf das Koordinatensystem (siehe Abbildung 1). Die technischen Daten beider Typen sind identisch.



Typ 90x7C

Typ 90x8C

Abb. 1: 3-Komponenten Kraftsensor Typ 90x7C/D und 90x8C/D

## Technische Daten

Typen			9017C 9018C	9027C 9028C	9047C 9048C	9067C 9068C	9077D 9078D
Bereich	$F_x, F_y$ <sup>1)</sup>	kN	-1,5 ... 1,5	-4 ... 4	-15 ... 15	-30 ... 30	-75 ... 75
	$F_z$ <sup>1)</sup>	kN	-3 ... 3	-8 ... 8	-30 ... 30	-60 ... 60	-150 ... 150
	$F_z$	kN	0 ... 12,5	0 ... 28	0 ... 100	0 ... 200	0 ... 500
Standardvorspannung	$F_v$	kN	9,5	20	70	140	350
Überlast	$F_x, F_y$ <sup>1)</sup>	kN	-1,8/1,8	-5/5	-18/18	-35/35	-90/90
	$F_z$ <sup>1)</sup>	kN	-3,6/3,6	-10/10	-35/35	-70/70	-180/180
Kalibrierter Bereich	$F_x$ <sup>1)</sup>	kN	0 ... 1,5	0 ... 4	0 ... 15	0 ... 30	0 ... 75
	$F_y$ <sup>1)</sup>	kN	0 ... 1,5	0 ... 4	0 ... 15	0 ... 30	0 ... 75
	$F_z$ <sup>1)</sup>	kN	0 ... 3	0 ... 8	0 ... 30	0 ... 60	0 ... 150
Zulässige Momentenbelastung	$F_z$	kN	0 ... 12,5	0 ... 28	0 ... 100	0 ... 200	0 ... 500
	$M_x, M_y$ <sup>1)</sup>	N·m	-6,6/6,6	-22/22	-150/150	-500/500	-2 040/2 040
	$M_z$ <sup>1)</sup>	N·m	-6,6/6,6	-23/23	-150/150	-500/500	-2 040/2 040
Ansprechschwelle		N	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Empfindlichkeit	$F_x, F_y$ <sup>1)</sup>	pC/N	≈ -25	≈ -7,8	≈ -8,1	≈ -8,1	≈ -4,2
	$F_z$ <sup>1)</sup>	pC/N	≈ -11	≈ -3,8	≈ -3,7	≈ -3,9	≈ -2
Linearität inkl. Hysterese, typisch <sup>3)</sup>	$F_x, F_y, F_z$ <sup>1)</sup>	%FSO	±0,2	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
Übersprechen	$F_z \rightarrow F_x, F_y$ <sup>1)</sup>	%	±1	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5
	$F_x \leftrightarrow F_y$ <sup>1)</sup>	%	±2,5	±2	±2	±2	±1,5
	$F_x, F_y \rightarrow F_z$ <sup>1)</sup>	%	±2,5	±3	±3	±3	±1,5
Kapazität, je Kanal		pF	35	30	70	100	1,000
Steifigkeit	Axial	N/μm	1 471	2 220	6 207	8 308	27 099
	Transversal <sup>2)</sup>	N/μm	219	414	1 489	1 933	6 792
	Scherung	N/μm	308	606	1 938	2 446	8 449
	Torsion	N·m/°	0,317	0,907	8,35	26,86	250,00
	Biegung	N·m/°	0,352	0,933	7,74	29,19	300,85
Betriebstemperaturbereich		°C	-40 ... 120				-20 ... 80
Isolationswiderstand bei 20 °C		Ω	>10 <sup>13</sup>				
Masseisolation		Ω	>10 <sup>8</sup>				
Anschlussstecker			V3 neg.				
max. Schutzart nach IEC/EN 60529 (abhängig vom Kabel)			IP68				
Gewicht		g	14	30	91	285	1 040
<b>Geeigneter Satz Vorspannelemente</b>			<b>9460</b>	<b>9461</b>	<b>9465</b>	<b>9451A</b>	<b>9455/9455S</b>

<sup>1)</sup> Mit aufgebracht Standardvorspannung  $F_v$ .

<sup>2)</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.

<sup>3)</sup> Effektivwerte sind im Kalibrierzertifikat ersichtlich.

**Abmessungen 3-Komponenten-Kraftsensor Typ 90x7C/D und 90x8C/D**

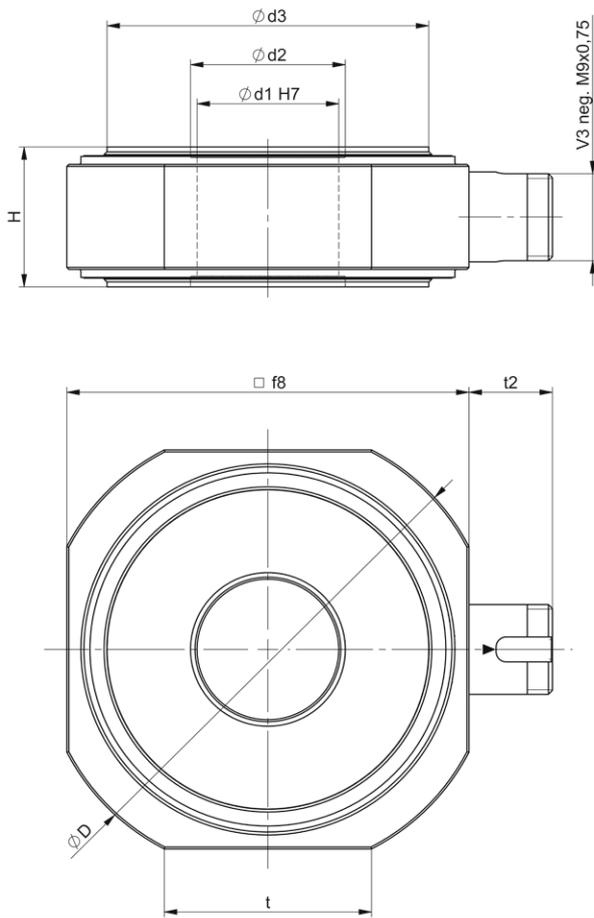


Abb. 2: 3-Komponenten Kraftaufnehmer

**Abmessungen**

Typ	D	d1	d2	d3	H	□	t	t2
9017C, 9018C	19 <sup>0</sup> <sub>-0,2</sub>	6,5	8,2	12,3	10 <sup>0</sup> <sub>-0,02</sub>	16,5	9,4	8,3
9027C, 9028C	28 <sup>0</sup> <sub>-0,2</sub>	8,1	9,6	18	12 <sup>0</sup> <sub>-0,02</sub>	24	14,4	10
9047C, 9048C	45 <sup>0</sup> <sub>-0,2</sub>	14,1	15,4	32	14 <sup>0</sup> <sub>-0,02</sub>	40	20,6	8,3
9067C, 9068C	65 <sup>0</sup> <sub>-0,2</sub>	26,5	30	47,4	21 <sup>0</sup> <sub>-0,02</sub>	60	25	10
9077D, 9078D	105 <sup>0</sup> <sub>-0,2</sub>	40,5	51	86,2	26 <sup>0</sup> <sub>-0,05</sub>	100	32	10

90x7C\_003-525d-02.24

### Typ 90x6C4 und 90x6D4

#### Satz von vier ausgewählten 3-Komponenten Kraftsensoren

Der Satz Typ 90x6C4/D4 besteht aus je zwei ausgewählten Sensoren des Typs 90x7C/D und 90x8C/D. Die gemeinsam auf gleiche Höhe überschlifften Kraftsensoren werden für den Einbau in Mehrkomponenten-Dynamometern und -Messplattformen verwendet. Die Stecker der vier Sensoren sind alle nach innen gerichtet (siehe Bild 7). Die vier Kraftsensoren sind so ausgewählt, dass sie – eingebaut in einem Dynamometer – optimale Eigenschaften hinsichtlich konstanter Empfindlichkeit und minimalem Übersprechen aufweisen.

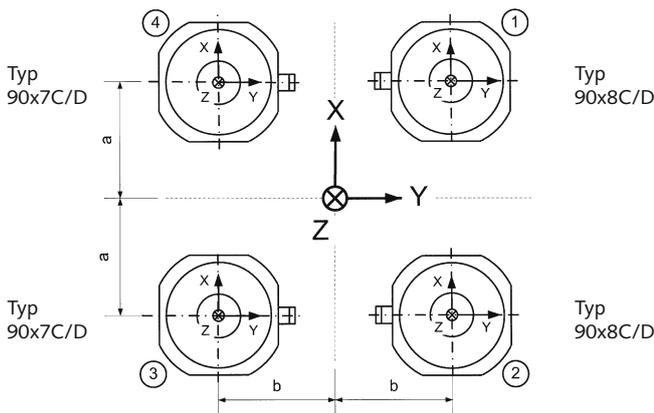


Abb. 7: Satz von vier ausgewählten 3-Komponenten Kraftsensoren  
 Typ 90x6C4 / 90x6D4

### Montage

Der Kraftsensor muss unter Vorspannung eingebaut werden. Die Schubkräfte  $F_x$  und  $F_y$  werden durch Haftreibung von der Grund- und Deckplatte auf die Oberfläche des Sensors übertragen.

Die in den technischen Daten angegebenen Messbereiche gelten für die Standardvorspannung.

Die genaue Empfindlichkeit des vorgespannten Sensors muss durch eine Kalibrierung vor Ort ermittelt werden.

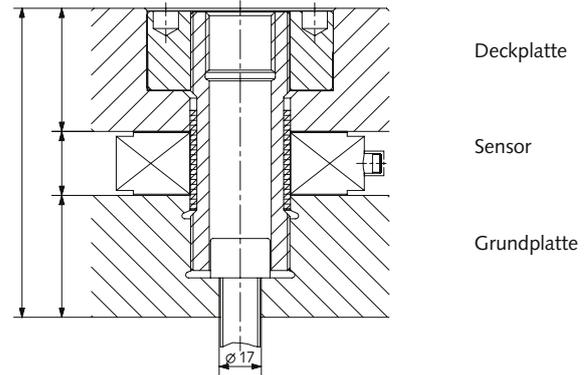


Abb. 8: Allgemeines Beispiel für eine Sensormontage mit Standardvorspannung. Spezifische Werte können der Betriebsanleitung entnommen werden.

### Vorspannelemente

Vorspannelemente sind für alle unsere Sensoren erhältlich. Die geeigneten Typen sind in den technischen Daten oben zu finden. Die entsprechenden Datenblätter mit detaillierten Informationen können auf unserer Homepage heruntergeladen werden.



Abb. 9: Vorspannsätze für triaxiale Sensoren

90x7C\_003-525d-02.24

### Triaxiale Kraftaufnehmer

Alle 3-Komponenten Kraftsensoren sind auch fertig eingebaut als kalibrierte Kraftaufnehmer respektive Kraftmessdosen erhältlich.



Abb. 10: 3-Komponenten Kraftaufnehmer Typ 93x7/93x8...

### Aufbringung von Kraft

Wird nur ein 3-Komponenten Kraftaufnehmer verwendet, dann sollte der resultierende Kraftvektor möglichst durch die Mitte des Sensors verlaufen. Eine exzentrische Krafteinleitung erzeugt eine Momentenbelastung auf den Sensor, welche nur bis zu den angegebenen Werten zulässig ist. Die maximal zulässigen Kraftbereiche müssen entsprechend reduziert werden. Ein ausreichend steif konstruiertes Dynamometer mit vier 3-Komponenten Kraftaufnehmern verhindert weitestgehend Momentenbelastungen auf das einzelne Sensorelement.

### Parallelschaltung

Bei der Bauweise als Dynamometer werden vier Sensoren des Typs 90x6 mechanisch parallel geschaltet. Die jeweiligen Messsignale (elektrische Ladungen) der vier Sensoren können ebenfalls parallel geschaltet (summiert) werden. Die Summierbox Typ 5417 ermöglicht den einfachen und zuverlässigen Anschluss der Messsignale für die gewünschte Art der Mehrkomponenten-Kraftmessung – entweder für eine reine Kraftmessung mit drei Ausgangskanälen (Typ 5417Q01) oder eine vollständige Dynamometer-Konfiguration mit acht Ausgängen, welche die Berechnung von Biege- und Torsionsmomenten ermöglicht (Typ 5417).



Abb. 11: Summierbox Typ 5417

### Messsignalverarbeitung

Für das komplette Messsystem wird noch ein Ladungsverstärker benötigt. Dieser wandelt das Messsignal in eine elektrische Spannung um. Der Messwert ist exakt proportional zur wirkenden Kraft.

Der Mehrkanal-Ladungsverstärker Typ 5167A... wurde speziell für Mehrkomponenten-Kraftmesssysteme gebaut.



Abb. 12: Mehrkanal-Ladungsverstärker Typ 5167A...

### Mitgeliefertes Zubehör

- Keines

### Zubehör (optional)

- Satz Vorspannelemente
- Schlüsseleinsatz
- Anschlusskabel
- Summierbox
- Summierbox
- Summierkabel

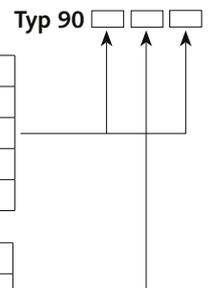
### Typ

- 945x, 946x
- 947x
- 1698A...
- 5417/5417Q01
- 5447Asp
- 1684A

### Bestellschlüssel

-3 ... 3 kN	1_C
-8 ... 8 kN	2_C
-30 ... 30 kN	4_C
-60 ... 60 kN	6_C
-150 ... 150 kN	7_D

Standardmäßige Ausrichtung	7
Umgekehrte Ausrichtung	8
Satz mit 4 Sens. (2x 90x7 and 2x 90x8)	6



### Bestellbeispiel:

#### Typ 9067C

3-Komponenten-Kraftsensor, Bereich:  $-60 \dots 60 \text{ kN}$ ;  
standardmäßige Ausrichtung des Steckers

### Bestellbeispiel:

#### Typ 9078D

3-Komponenten-Kraftsensor, Bereich:  $-150 \dots 150 \text{ kN}$ ,  
umgekehrte Ausrichtung des Steckers

**Messsystem mit 3-Komponenten-Kraftsensor**

3-Komponenten-Kraftsensor



Anschlusskabel



Ladungsverstärker



Ausgangs-signal	Kabel	Kabeleigenschaften	Länge [m]		Temp. Bereich	IEC/EN 60529	Stecker Sensor	Stecker Verstärker	IEC/EN 60529	Kanäle																						
			min	max						Industrie Verstärker			Labor Verstärker			DAQ																
			1	2						5030A	5039A	5073A...	5074A...	5877B...	5015A...	5018A...	5080A...	5165A...	5167A...	K/DAQ	5417											
einzeln	3	1698AA...	PFA mit Kunststoffgeflecht	0.2	20	-40...120°C	IP65	V3 pos.	3x BNC pos. 3x SMC neg.	IP40	(-)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)									
		1698AH...	PFA mit Kunststoffgeflecht	0.5	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)					
		1698AE...	PFA mit Kunststoffgeflecht	0.2	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)				
		1698AV...	PFA, vakuumtauglich	0.2	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)			
		1698AN...	TPC schwarz Ø3.6mm	0.1	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		
		1698AK...	TPC schwarz Ø3.6mm	0.5	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
		1698AF...	TPC schwarz Ø3.6mm	0.5	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
		1698AL...	TPC schwarz Ø3.6mm	0.5	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
		1698AM...	PFA mit Stahlgeflecht	0.3	15						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
		1698AB...	TPC schwarz Ø3.6mm	0.5	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
		1698AI...	PFA mit Stahlgeflecht Ø7.5mm	0.3	15						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
		1698AG... <sup>1)</sup>	PFA mit Stahlgeflecht Ø7.5mm	0.3	15						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
		1698AC... <sup>1)</sup>	PFA mit Stahlgeflecht Ø7.5mm	0.3	15						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

1) passt nicht zu 9306A und vorgespannten Messelementen 93x7C (Aufbau ist nicht mehr schweisbar)

\*Keine Schweißung möglich

(✓) mehrere Verstärker benötigt

**Dynamometer: Messsystem mit vier 3-Komponenten-Kraftsensoren und Summierbox Typ 5417**

4 Stk. 3-Komponenten-Kraft-sensor



Anschlusskabel



Summierbox 5417



Verbindungskabel



Ladungsverstärker



Ausgangs-signal	Kabel	Kabeleigenschaften	Länge [m]		Temp. Bereich	IEC/EN 60529	Fischer Stecker Dynamometer	Stecker Verstärker	IEC/EN 60529	Kanäle																						
			min	max						Industrie Verstärker			Labor Verstärker			DAQ																
			1	2						5030A	5039A	5073A...	5074A...	5877B...	5015A...	5018A...	5080A...	5165A...	5167A...	K/DAQ	5417											
einzeln	8	Z16620sp	PFA	1	20	-5...70°C	IP40	9-pol pos.	8x BNC pos.	IP40	(-)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)										
		1685B...	TPC schwarz Ø5.6mm	1	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)					
		1686A...	TPC schwarz Ø5.6mm	1	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)			
		1681B...	PFA mit flexiblem Stahlschlauch	1	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
		1677AQ01...	TPC schwarz Ø5.6mm	1	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
		1677AQ02...	TPC mit Stahlgeflecht	1	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
		1677A...	PFA mit flexiblem Stahlschlauch	0.5	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
		1679A...	PFA mit flexiblem Stahlschlauch	0.5	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
		1679AQ01...	TPC mit Stahlgeflecht	2	20						(✓)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

(✓) mehrere Verstärker benötigt

Weitere Anschlusskabel zur 3-Komponenten Kraftmessung finden Sie auf unserer Homepage [www.kistler.com/force](http://www.kistler.com/force)