

# Messunterlagsscheiben

## für Kräfte von 7,5 ... 1 200 kN

1-Komponenten-Kraftsensor für das Messen dynamischer und quasistatischer Kräfte in z-Richtung.

- Kalibrierte Messbereiche 100 % und 10 %
- Linearität einschliesslich Hysterese  $\leq \pm 0,5$  %
- Extrem hohe Steifigkeit
- Sehr kompakte Bauform
- Ansprechschwelle  $\leq 0,01$  N, unabhängig vom Messbereich
- Schutzart IP67
- Betriebstemperaturbereich  $-196 \dots 200$  °C
- Keine Alterung, unbegrenzte Lebensdauer

### Beschreibung

Die zu messende Kraft wird durch Deckel und Boden des dicht verschweissten Stahlgehäuses auf die Sensorelemente aus Quarz übertragen. Quarz gibt eine der mechanischen Belastung proportionale elektrische Ladung ab.

Die Empfindlichkeit (eine Materialkonstante von Quarz), und damit die Ansprechschwelle, ist bei allen Messunterlagsscheiben praktisch gleich.

Dies hat drei einzigartige Vorteile:

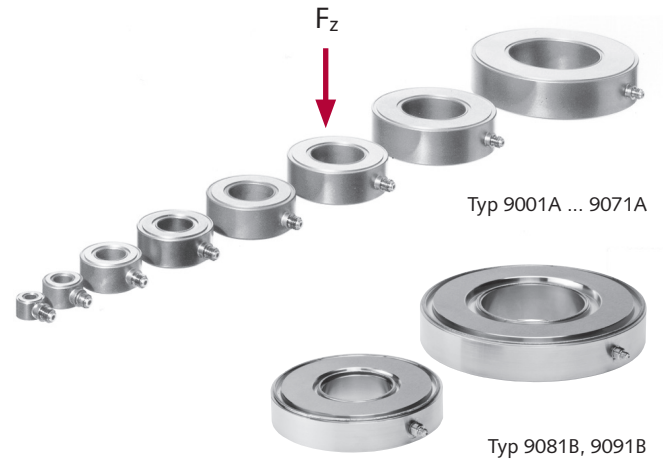
- auch sehr kleine Kräfte können mit einem Sensor mit grossem Messbereich gemessen werden, was eine grosse Übersichtsicherheit ergibt
- ebenso kann ein Sensor mit grossem Messbereich dann gewählt werden, wenn eine möglichst hohe Steifheit (geringste Deformation) verlangt wird
- mehrere Sensoren können elektrisch parallel an einen einzigen Ladungsverstärker angeschlossen werden, das Ausgangssignal ist dann die Summe aller wirkenden Kräfte

### Anwendung

Die Messunterlagsscheiben sind sehr steif und ideal zum Messen von sehr dynamischen Kräften. Ihre extrem hohe Steifheit beeinflusst das dynamische Verhalten des Messobjekts, in das sie eingebaut werden, äusserst wenig.

Je nach Grösse der Kraft kann quasistatisch gut über mehrere Minuten oder sogar Stunden gemessen werden. Die Stabilität des Nullpunkts wird massgebend vom nachgeschalteten Ladungsverstärker bestimmt. Echt statische Messungen über beliebig lange Zeit sind aber nicht möglich.

Typ 9001A ... 9071A  
9081B, 9091B



Hingegen kann ein Sensor, nachdem er belastet wurde (z. B. in eine Schraubverbindung eingebaut) nach einer beliebig langen Pause wieder an einen Ladungsverstärker angeschlossen und eine Änderung der Belastung wieder genau gemessen werden.

Dynamische Messungen (AC-mode, Spitze-zu-Spitze) können hingegen beliebig lange dauern. Die Messunterlagsscheiben haben eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer.

### Anwendungsbeispiele

- Kräfte in der Montagetechnik
- Kräfte beim Punktschweissen
- Kräfte in Pressen
- Kraftänderungen in Schraubverbindungen bei hoher statischer Vorlast
- Schlag- und Wechselfestigkeit
- Schnitt- und Umformkräfte
- Bremskräfte in Schienenfahrzeugen
- Aufprallkräfte

**Technische Daten**

Typ			9001A	9011A	9021A	9031A	9041A	9051A	9061A	9071A
Messbereich	$F_z$ <sup>1)</sup>	kN	0 ... 7,5	0 ... 15	0 ... 35	0 ... 60	0 ... 90	0 ... 120	0 ... 200	0 ... 400
Kalibrierte Bereiche	$F_z$ <sup>2)</sup>	kN	0 ... 6	0 ... 12	0 ... 28	0 ... 48	0 ... 72	0 ... 96	0 ... 160	0 ... 320
		kN	0 ... 0,6	0 ... 1,2	0 ... 2,8	0 ... 4,8	0 ... 7,2	0 ... 9,6	0 ... 16	0 ... 32
Überlast	$F_z$ <sup>1)</sup>	kN	9	18	42	72	108	144	240	480
Max. Biegemoment	$M_{x,y}$ <sup>3)</sup>	N·m	5	15	60	130	240	390	800	2 400
Steifheit	$c_z$	kN/ $\mu$ m	$\approx$ 1,1	$\approx$ 1,6	$\approx$ 3,4	$\approx$ 5,4	$\approx$ 6,9	$\approx$ 9,8	$\approx$ 15	$\approx$ 29
Kapazität	C	pF	$\approx$ 8	$\approx$ 23	$\approx$ 37	$\approx$ 54	$\approx$ 65	$\approx$ 64	$\approx$ 148	$\approx$ 203
Dimensionen										
Innendurchmesser	d	mm	4,1	6,5	10,5	13	17	21	26,5	40,5
Aussendurchmesser	D	mm	10,3	14,5	22,5	28,5	34,5	40,5	52,5	75,5
Höhe	H	mm	6,5	8	10	11	12	13	15	17
Gewicht		g	3	7	20	36	70	80	157	370

**Allgemeine Daten**

Empfindlichkeit <sup>1)</sup>	pC/N	$\approx$ -4	$\approx$ -4,3							
Ansprechschwelle	N		$\leq$ 0,01							
Betriebstemperaturbereich	$^{\circ}$ C		-196 ... 200							
Linearität einschl. Hysterese <sup>2)</sup>	%FSO	$\leq$ $\pm$ 1	$\leq$ $\pm$ 0,5							
Isolationswiderstand	$\Omega$		$\geq$ 1·10 <sup>14</sup>							
Temperaturkoeffizient d. Empfindl.	%/ $^{\circ}$ C		-0,02							
Eigenfrequenz <sup>4)</sup>	kHz	180	150	100	80	65	55	45	30	
Schutzart nach EN60529										
mit angeschlossenem Kabel			IP65							
mit Kabel Typ 1983AD... und angeschweisstem Sensor			IP67							

<sup>1)</sup> ohne Vorspannung

<sup>2)</sup> mit einer Vorlast von 20 % vom Messbereich

<sup>3)</sup>  $F_v$  = Vorspannung = 0,5 · Messbereich;  $F_z$  = 0

<sup>4)</sup> im nicht eingebautem Zustand (nicht vorgespannt), Eigenfrequenz wird durch die Einbauverhältnisse reduziert

9001A\_000-105d-05.18

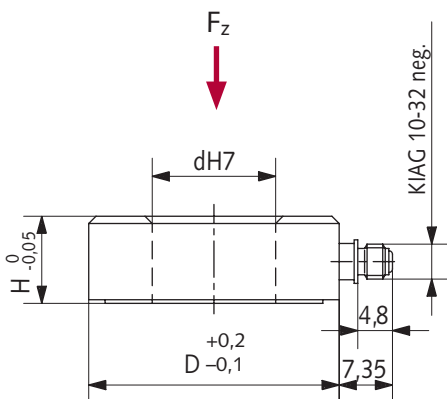


Bild 1: Abmessungen Messunterlagsscheiben, Typ 9001A ... 9031A

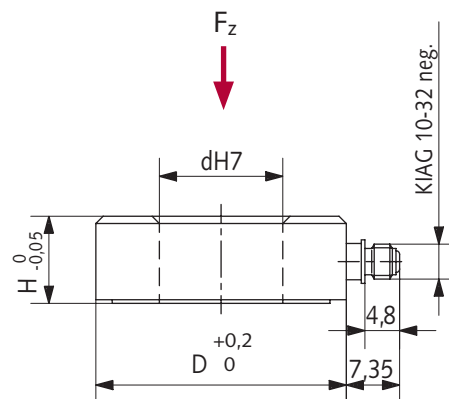


Bild 2: Abmessungen Messunterlagsscheiben, Typ 9041A ... 9071A

Typ		9081B	
Messbereich	$F_z$ <sup>1)</sup>	kN	0 ... 650
Kalibrierte Bereiche	$F_z$		
	100 %	kN	0 ... 650
	10 % <sup>5)</sup>	kN	0 ... 52
Überlast	$F_z$ <sup>1)</sup>	kN	715
Max. Biegemoment	$M_{x,y}$ <sup>2)</sup>	N·m	4 430
Steifheit	$c_z$	kN/μm	30
Kapazität	C	pF	≈750
Dimensionen			
Innendurchmesser	d	mm	40,5
Aussendurchmesser	D	mm	100
Höhe	H	mm	22
Gewicht		g	910

#### Allgemeine Daten

Empfindlichkeit <sup>1)</sup>	pC/N	≈-2,2
Ansprechschwelle	N	≤0,02
Betriebstemperaturbereich	°C	-40 ... 200   -40 ... 120
Linearität einschl. Hysterese <sup>1) 4)</sup>	%FSO	≤±1
Isolationswiderstand	Ω	≥1·10 <sup>13</sup>   ≥1·10 <sup>12</sup>
Temperaturkoeffizient d. Empfindl.	%/°C	-0,02
Eigenfrequenz <sup>3)</sup>	kHz	>18   >11
Schutzart nach EN60529		IP65
mit angeschlossenem Kabel		
mit Kabel Typ 1983AD... und angeschweisstem Sensor		IP67

<sup>1)</sup> ohne Vorspannung

<sup>2)</sup>  $F_v$  = Vorspannung = 0,5 · Messbereich;  $F_z = 0$

<sup>3)</sup> im nicht eingebautem Zustand (nicht vorgespannt),

Eigenfrequenz wird durch die Einbauverhältnisse reduziert

<sup>4)</sup> Typ 9091B (kalibrierter Bereich 100 %): nur Lin. Auswertung

<sup>5)</sup> mit einer Vorlast von 20 % vom Messbereich

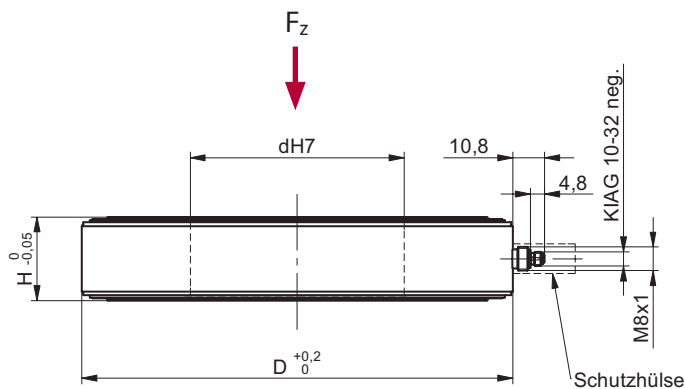


Bild 3: Abmessungen Messunterlagsscheiben, Typ 9081B und 9091B

9001A\_000-105d-05.18

### Einbau

Die Messunterlagsscheiben müssen zwischen zwei planparallelen, steifen und feinbearbeiteten (vorzugsweise geschliffenen) Flächen eingebaut werden. Damit wird einerseits eine gute Kraftverteilung und andererseits nur so ein weiter Frequenzbereich erreicht.

Messunterlagsscheiben werden immer unter Vorspannung eingebaut.

Gründe dafür sind:

- der Sensor wird dadurch fixiert
- man kann Druck- und Zugkräfte messen
- die Kontaktflächen werden zusammengepresst, wodurch die hohe Steifigkeit des Sensors wirklich ausgenutzt werden kann

### Einfacher Einbau mit Montagesatz Typ 9422A... (Mitgeliefertes Zubehör)

Dieser Montagesatz wird jedem Sensor der Typen 9001A ... 9051A beigelegt. Mit der Vorspannschraube kann der Sensor bis zu 30 % seines Bereiches vorgespannt werden. Die Zentrierklammer dient zum Zentrieren des Sensors mit der Schraube (Bild 4 und Tabelle).

Die Vorspannschraube bewirkt einen Kraftnebenschluss. Die Empfindlichkeit ist dann um etwa 7 ... 9 % geringer.

### Wichtig

Beim Vorspannen muss die Kraft mit dem Sensor selbst gemessen werden. Dabei ist die in den technischen Daten angegebene Empfindlichkeit zu verwenden. Da die Vorspannschraube einen Kraftnebenschluss bildet, muss der Sensor nach dem Einbau nochmals kalibriert werden, um die Empfindlichkeit der fertigen Messeinrichtung zu bestimmen.

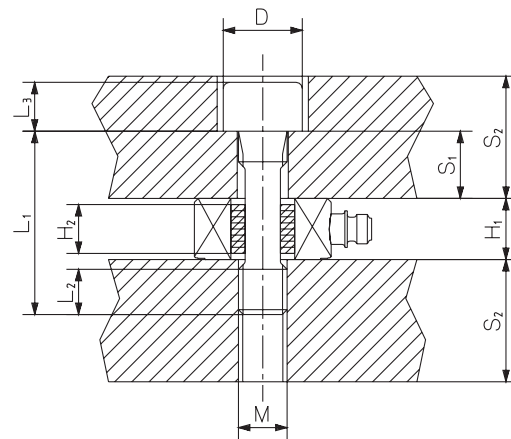


Bild 4: Einbau mit Typ 9422A... (Mitgeliefertes Zubehör)

Sensor Typ	Montagesatz Typ	M	Dimensionen								Vorspannung $F_v$ [kN]	Kraftnebenschluss %
			D	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>		
9001A	9422A01	M3x0,5	5,5	16	4,2	3,5	6,5	6	3,5	7	≤2,5	≈7
9011A	9422A11	M5x0,8	8,5	20	6,5	6	8	6	4	10	≤5	≈8
9021A	9422A21	M8x1,25	13	30	10	9	10	8	7	16	≤10	≈9
9031A	9422A31	M10x1,5	16	35	12	11	11	8	9	20	≤20	≈9
9041A	9422A41	M12x1,75	18	40	14,3	13	12	8	12	25	≤30	≈9
9051A	9422A51	M14x2	21	45	16,6	15	13	9	15	30	≤40	≈9

9001A\_000-105d-05.18

**Einbau mit Vorspannelementen Typ 9420A...**

Für die Sensoren Typen 9001A ... 9071A sind Sätze von besonderen Vorspannelementen erhältlich (Bild 5). Mit diesen Vorspannbolzen aus hochfestem Stahl kann der Sensor bis zu 50 % seines Bereiches vorgespannt werden. Gleichzeitig sichert er eine optimale Krafteinleitung.

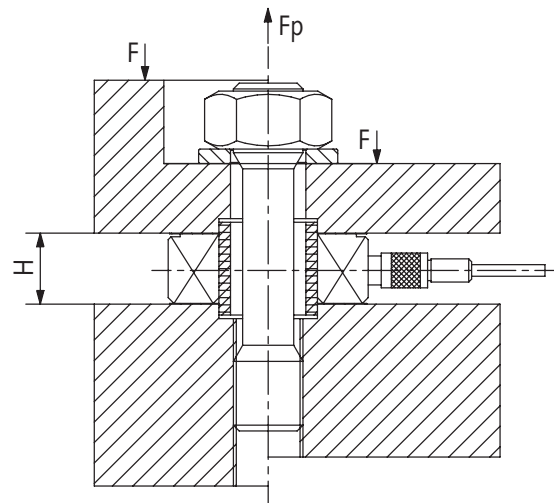


Bild 5: Messunterlagsscheibe vorgespannt mit dem als Zubehör erhältlichen Vorspannsatz Typ 9420A01 ... 9420A71 (siehe Datenblatt Satz Vorspannelemente für Messunterlagsscheiben 9420A\_000-192)

**Einbau mit Vorspannelementen Typ 9455/56**

Mit den optional erhältlichen Vorspannelementen des Typs 9455 und 9456 können die Sensoren Typ 9081B und 9091B bis zu einer Kraft von 400 kN bzw. 600 kN vorgespannt werden. Die hohen Vorspannkräfte können in der Regel nur hydraulisch aufgebracht werden. Das Vorspannen so wie das Kalibrieren des gesamten Vorspannelements kann bei Bedarf als Dienstleistung im Stammwerk Winterthur, Schweiz durchgeführt werden.

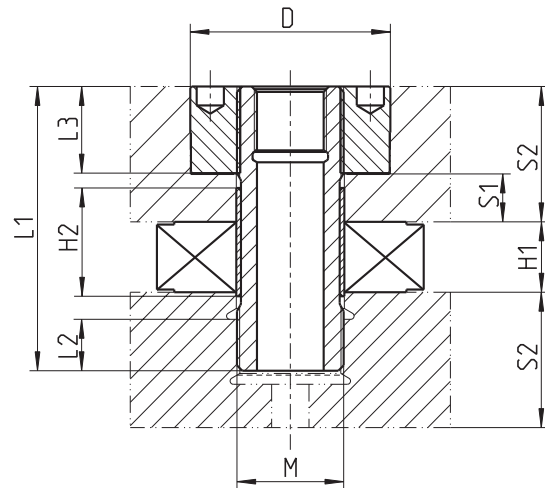


Bild 6: Messunterlagsscheibe vorgespannt mit dem als Zubehör erhältlichen Vorspannsatz Typ 9455/56 (siehe Datenblatt Satz Vorspannelemente für Kraftsensoren 9451A\_000-869)

Sensor Typ	Montagesatz Typ	M	Dimensionen								Vorspannung F <sub>v</sub> [kN]	Kraftnebenschluss %
			D	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>		
9081B	9455	M40x2	75	105	20	33	22	40	19	50	≤250	≈9

9001A\_000-105d-05.18

### Druckverteilringe

Auflageflächen müssen eben und steif sein. Können sie nicht feinbearbeitet werden, müssen punktförmige Überlastungen und Beschädigungen der Sensoroberfläche durch Einsetzen eines Druckverteilrings vermieden werden (Bild 7).

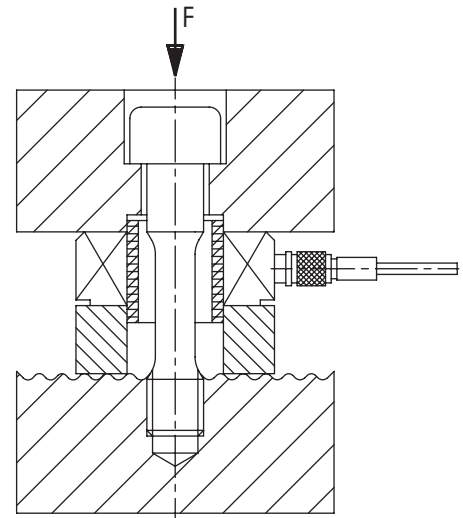


Bild 7: Einbau mit einem Druckverteilring Typ 9505 ... 9575 (siehe Datenblatt Einbauzubehör für Messunterlagsscheiben 9505\_000-193)

### 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, können aber oft Biegemomente nicht ganz vermieden werden.

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  $F_v+F_z = B/2$  erreicht wird.

### Maximal mögliches Biegemoment

Typ	Bereichsendwert B	max. mögliches Biegemoment $M_{b,max}$
	[kN]	[N·m]
9001A	7,5	5
9011A	15	15
9021A	35	60
9031A	60	130
9041A	90	240
9051A	120	390
9061A	200	800
9071A	400	2 400
9081B	650	4 430
9091B	1 200	13 260

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

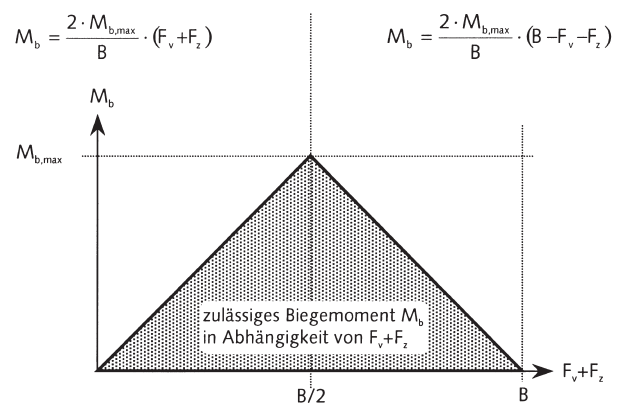


Bild 8: Biegemoment-Diagramm (reines Biegemoment)

### Achtung

Wird ein Biegemoment  $M_b = F_{x,y} \cdot h$  von einer Seitenkraft  $F_{x,y}$  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 9031A ist mit 18 kN vorgespannt. Welches Biegemoment kann für Prozesskräfte im Bereich 0 ... 40 kN toleriert werden?

$$F_v + F_{z,\min} = 18 + 0 = 18 \text{ kN} \leq B/2 \rightarrow (1a) \rightarrow M_b \leq 78 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$F_v + F_{z,\max} = 18 + 40 = 58 \text{ kN} \geq B/2 \rightarrow (1b) \rightarrow M_b \leq 8,67 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Das Biegemoment darf zu keinem Zeitpunkt grösser als 8,67 N·m sein.

### Beispiel 2

Ein SlimLine Sensor Typ 9051A ist mit 30 kN vorgespannt. Wie gross ist der Messbereich bei einem Biegemoment von 35 N·m? Durch Auflösen von (1) nach  $F_z$  gewinnt man die Gleichungen (2), mit denen der zulässige Messbereich für die Prozesskraft  $F_z$  in Abhängigkeit eines Biegemoments 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)  $-24,6 \text{ kN} \leq F_z \leq 84,62 \text{ kN}$  aus (2b).

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.

### Achtung

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

### Einbau als Kraftnebenschlussmessung

Eingebaut im Kraftnebenschluss, können mit der Messunterlagsscheibe die vielfältigsten Messprobleme gelöst werden. Die Montagefläche muss eben und möglichst fein bearbeitet sein. Der Sensor kann sowohl am Innen- als auch am Ausenmantel zentriert werden. Für eine Montage gemäss Bild 9 wird die Messfläche des Sensors mit der Trennfläche der Maschinenstruktur gemeinsam überschleift. Der Sensor darf auf jeder Seite max. je 0,10 mm abgeschliffen werden. Je nach Anwendungen wird der Sensor mit 10 ... 20 % des Messbereichs vorgespannt. Dies geschieht durch Einlegen einer Stahlfolie (wenig  $\mu\text{m}$ ) auf die Messfläche des Sensors (Bild 9) oder durch Vorspannen mit einer Spezialmutter (Bild 10).

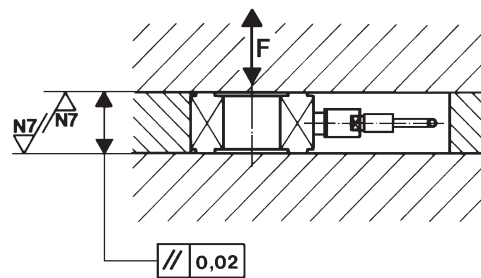


Bild 9: Einbau für Kraftnebenschlussmessung, Einlegen einer Stahlfolie auf die Messfläche des Sensors

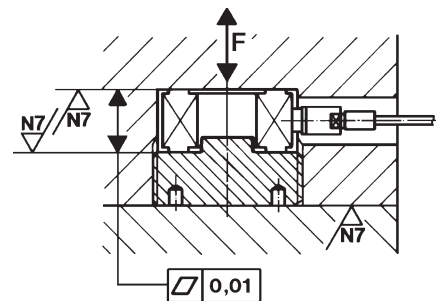


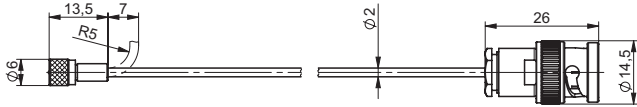
Bild 10: Einbau für Kraftnebenschlussmessung, Vorspannen mit einer Spezialmutter

### Anschluss

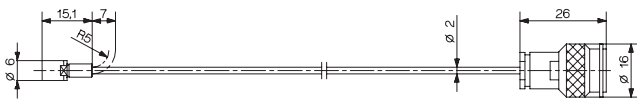
Als Anschlusskabel für piezoelektrische Sensoren dürfen nur hochisolierende Koaxialkabel mit geringer Kapazität verwendet werden, die beim Bewegen nur eine sehr geringe Reibungselektrizität erzeugen. Im industriellen Umfeld empfehlen wir die Verwendung der im Zubehör aufgeführten Typen. Bei erhöhter Anforderungen in rauer Umgebung wird der industrietaugliche integrierte Kabelstecker KIAG 10-32 mit O-Ring eingesetzt. Bei Bedarf kann der Stecker mit dem Sensorgehäuse dicht verschweisst werden.



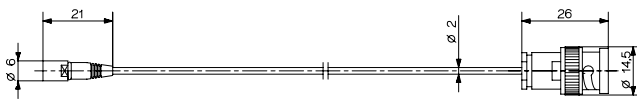
**Anschlusskabel für Sensoren mit KIAG 10-32 neg. Anschluss Typ 1631C...**



**Anschlusskabel für Sensoren mit KIAG 10-32 neg. Anschluss Typ 1941A...**



**Anschlusskabel für Sensoren mit KIAG 10-32 neg. Anschluss Typ 1983AD...**



Weitere Informationen zu den Kabel entnehmen Sie bitte dem Datenblatt 1631C\_000-346.

**Kraftmesselemente**

Die Messunterlagsscheiben Typen 9001A ... 9071A sind auch fertig eingebaut als bereits kalibrierte Kraftmesselemente erhältlich (siehe Datenblatt Kraftmesselemente 9301B\_000-107). Sie sind ideal zum Messen von Druck- und Zugkräften (Bild 11).



Bild 11: Kraftmesselemente Typ 9301B ... 9371B

**Parallelschaltung von Quarzsensoren**

Da alle Messunterlagsscheiben nominell gleich empfindlich sind, können mehrere parallel an einen einzigen Ladungsverstärker angeschlossen werden. Das Ausgangssignal entspricht dann der Summe aller auf die angeschlossenen Sensoren wirkenden Kräfte.

Sensor Typ 90x1A	Anschlusskabel Typ 1631C...	maXYmos TL Typ 5877A...
---------------------	--------------------------------	----------------------------



Sensor Typ 90x1A	Anschlusskabel Typ 1631C...	Ladungsverstärker Typ 5015A...
---------------------	--------------------------------	-----------------------------------



Sensor Typ 90x1A	Anschlusskabel Typ 1983AD	Ladungsverstärker Typ 5073A111
---------------------	------------------------------	-----------------------------------





### Mitgeliefertes Zubehör

- Spezi­alschmierfett  
1063
- Montagesatz  
9422A...  
(Metrisches Gewinde für  
Typen 9001A ... 9051A)
- Steckerschutz (Typ 9081B/9091B) 3.414.366

### Zubehör (optional)

- Satz Vorspannelemente für Messunterlagsscheiben (siehe Datenblatt 9420A\_000-192) und (Datenblatt 9451A\_000-869) 9420A...  
9455...  
9456...

### Einbauzubehör

- Kraftmessung mit Messunterlagsscheiben (siehe Datenblatt 9001A\_000-182)
- Druckverteilring für Messunterlagsscheiben (siehe Datenblatt 9505\_000-193) 95x5
- Kugelscheibe für Messunterlagsscheiben (siehe Datenblatt 9505\_000-193) 95x3
- Isolierscheibe für Messunterlagsscheiben (siehe Datenblatt 9505\_000-193) 95x7
- Druckkappe für Messunterlagsscheiben (siehe Datenblatt 9505\_000-193) 95x9

### Kabel

- Anschluss- und Verlängerungskabel  
Datenblatt Kabel für Kraft- und Drehmomentsensoren (1631C\_000-346)

### Bestellschlüssel

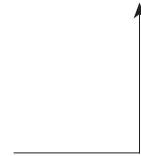
#### Messunterlagsscheibe

Bereich 0 ... 7,5 kN	01
Bereich 0 ... 15 kN	11
Bereich 0 ... 35 kN	21
Bereich 0 ... 60 kN	31
Bereich 0 ... 90 kN	41
Bereich 0 ... 120 kN	51
Bereich 0 ... 200 kN	61
Bereich 0 ... 400 kN	71

#### Messunterlagsscheibe

Bereich 0 ... 650 kN	81
Bereich 0 ... 1 200 kN	91*

Typ 90  A



Typ 90  B



\*vorübergehend nicht verfügbar