

# KAPAZITIVER SENSOR



## Serie KS

### Key-Features:

- extrem hohe Auflösung im Nanometerbereich
- Messbereiche von 50  $\mu\text{m}$  bis 10 mm
- Messgenauigkeit ist temperaturunabhängig
- Temperaturbereich bis +200 °C
- hochwertige Einkanal- und Mehrkanal- Elektroniken
- preiswertes Einkanal-System
- Analogausgang 0...10 V
- Sensoren Schutzklasse bis zu IP68
- Einsatz auch unter extremen Bedingungen, wie im radioaktiven Bereich, im Hochvakuum, oder nahe 0°K
- kundenspezifische Bauformen

### Inhalt:

<b>Einleitung - Applikationen</b>	<b>....2</b>
<b>Technische Daten Sensoren</b>	<b>....3</b>
<b>Technische Zeichnung</b>	<b>....4</b>
<b>Sensorenkabel</b>	<b>....5</b>
<b>Technische Daten Elektronik</b>	<b>....6</b>
<b>Beschreibung Elektronik</b>	<b>....7</b>
<b>Low Cost System KL</b>	<b>....8</b>
<b>Bestellcode</b>	<b>....9</b>

## EINLEITUNG

### Physikalische Grundlagen

Zwei elektrisch leitende Körper, die voneinander isoliert sind und zwischen denen eine elektrische Spannung herrscht speichern elektrische Ladung. Das Verhältnis zwischen der Ladungsmenge  $Q$  und das Spannung  $U$  bezeichnet man als Kapazität  $C = Q/U$ .

Ein Kondensator macht sich dieses Prinzip zunutze. Zwischen den beiden elektrisch leitenden Elektroden befindet sich ein isolierendes Material, das Dielektrikum. Die Kapazität des Kondensators wird durch die Größe  $A$  der Elektroden, dem Material des Dielektrikums und dem Kehrwert des Abstandes  $d$  der Elektroden zueinander bestimmt:  $C = \epsilon A/d$   $\epsilon$  = Permittivität des Dielektrikums

### Das Messprinzip

Das kapazitive Messprinzip wurde vor über 40 Jahren entwickelt und hat sich seitdem in zahllosen Anwendungen in Forschung und Industrie bewährt. Da sich die Kapazität eines Kondensators mit dem Abstand seiner Elektroden verändert, kann diese messbare Größe zur Distanzmessung eingesetzt werden. Ein kapazitiver Sensor ist mit einem klassischen Plattenkondensator vergleichbar. Dabei bildet der Sensor die eine Platte, das Messobjekt die andere. Die Sensor- und die Messobjektgröße werden als konstant angesehen, ebenso wie das dielektrische Material dazwischen. Daher resultiert jede Änderung der gemessenen Kapazität aus einer Veränderung des Abstands zwischen Sensor und Messobjekt. Wird der Kondensator von einem Wechselstrom mit konstanter Amplitude durchflossen, so herrscht eine Proportionalität zwischen der Amplitude der Wechselspannung am Sensor und dem Abstand der Kondensatorelektroden. Die nachgeschaltete Elektronik ist so kalibriert, dass der ausgegebene Spannungswert einer bestimmten Veränderung der Kapazität entspricht. Die ausgegebenen Spannungswerte sind so skaliert, dass sie bestimmten Veränderungen in der Entfernung entsprechen.

Die technische Größe Empfindlichkeit beschreibt den Zusammenhang zwischen der Veränderung der Spannung bei einer festgelegten Veränderung des Abstands. Eine gängige Einstellung der Empfindlichkeit ist 100  $\mu\text{m}/1\text{ V}$  (abhängig vom Sensortyp).

### Temperatureinfluss

Ist im Wesentlichen gegeben durch die Längendehnung des Sensormaterials, Sonderausführungen aus INVAR sind verfügbar. Die höchste Betriebstemperatur ist begrenzt durch den Schmelzpunkt des Lötmaterials im Stecker. Messungen bei Tieftemperaturen in der Nähe des absoluten Nullpunkts wurden erfolgreich mit unseren Standardsensoren durchgeführt (Fa. Dornier, FZ Karlsruhe, ETH Zürich).

### Messungen in Flüssigkeiten

Messungen in Flüssigkeiten sollten nur in Sonderfällen vorgenommen werden. In einem solchen Fall ist zu berücksichtigen, daß nicht nur Verunreinigungen, sondern auch Gasblasen das Messergebnis verfälschen können. Außerdem entspricht der wirkliche Abstand dem mit der relativen Dielektrizitätskonstanten multiplizierten angezeigten Abstand. Es sei noch darauf hingewiesen, daß die Dielektrizitätskonstanten von Flüssigkeiten im allgemeinen temperaturabhängig sind. Selbstverständlich müssen die als Dielektrikum verwendbaren Flüssigkeiten verlustarm, d. h. elektrisch isolierend sein.

### Magnetische Felder

Sind nur soweit zu beachten, dass keine Kräfte auf den Messaufbau einwirken. Die Sensoren können auch aus unmagnetischem Material gefertigt werden (z.B. Titan).

### Radioaktive Strahlung

Hat keinen Einfluss auf die Messung, geeignete Isolationsmaterialien gewähren auch Langzeitbetrieb ohne Ausfälle.

### Spezifischer Widerstand

Die relativ niedrige Trägerfrequenz des Messsystems erlaubt Messungen an Materialien im Mikroohm- bis Kiloohmbereich ( $\mu\text{Ohm cm}$  bis  $> 1000\text{ Ohm cm}$ ) ohne spezielle Nacheichung. Damit ist auch der gesamte Bereich des Halbleiter-Siliziums abgedeckt. Große Bedeutung hat diese Tatsache auch bei der Messung gegen einsetzgehärtete Wellen im Maschinenbau, da die Gefügestructurschwankungen keine Rolle spielen. Wellenverlagerungsmessungen im Öl eines Gleitlagers sind mit kaum einem anderen Messverfahren möglich.

### Isoliermaterialien

Auch Messungen an nichtleitenden Objekten sind möglich. Besonders einfach sind Dickenmessungen von Kunststoff-Folien, Quarz-, Glas-, oder Keramik-Scheiben.

### Oberflächen-Mittelung

Auch die zunächst negativ erscheinende benötigte Mindestmessfläche hat nicht zu unterschätzende Vorteile: bei rauen Oberflächen wird automatisch der Mittelwert erfasst. Eine polierte Siliziumscheibe der höchsten Qualitätsstufe kann auf der geätzten Rückseite eine Rautiefe von einigen  $\mu\text{m}$  aufweisen, so dass optische Sensoren mit punktförmigem Lichtstrahl nur mit mehreren Messungen und Softwaremittelung einen wiederholbaren Dickenwert ermitteln können.

### Sondersensoren (siehe Abbildung Seite 3 unten)

Mit keinem anderen Messverfahren können so einfach und kostengünstig Sonderbauformen sowohl der Gehäuse als auch der aktiven Fläche hergestellt werden. Der Grund ist der rein mechanische Aufbau aus leitenden Elektroden (alle bearbeitbaren Metalle) und isolierenden Zwischenschichten (Kunststoff, Keramik, Glas).

## BEISPIEL ANWENDUNGEN

- Dynamische Messung an Turbinen, oder Motoren
- Versatz- und Verschleissmessung an Lagern
- Konzentritätsmessung an Achsen, Wellen und Bohrungen
- Messung des Elastizitätsmoduls und thermischer Ausdehnung
- Distanzmessung im Niedrigtemperaturbereich
- Referenzsystem für andere Distanzsensoren
- Toleranzprüfung in der Massenfertigung
- Schwingungsmessungen
- Dehnungsmessungen
- Dickenmessung und -kontrolle von dünnen Metallfolien
- Dickenmessung von Plastikfolien während der Produktion
- Messung der Dicke, Abschrägung und Durchbiegung von Wafern in der Halbleiterproduktion
- und vieles mehr ....



Der kleinste kapazitive Sensor der Welt

## TECHNISCHE DATEN - STANDARD SENSOREN



Sensor	K0005	K0020	K0050	K0100	K0200	K0300	K0500	K1000
Messbereich [mm]	0...0,05	0...0,2	0...0,5	0...1	0...2	0...3	0...5	0...10
Linearität *	±0,2%							
dynamische Auflösung *	0,01%							
Empfindlichkeit [ $\mu\text{m/V}$ ]	5 ±0,2%	20 ±0,2%	50 ±0,2%	100 ±0,2%	200 ±0,2%	300 ±0,2%	500 ±0,2%	1000 ±0,2%
Temperaturfehler Empfindlichkeit	$-3,0 \times 10^{-6}/\text{K}$	$-0,3 \times 10^{-6}/\text{K}$	$-11 \times 10^{-6}/\text{K}$	$-1,1 \times 10^{-6}/\text{K}$	$-3,0 \times 10^{-6}/\text{K}$	$-3,0 \times 10^{-6}/\text{K}$	$-3,0 \times 10^{-6}/\text{K}$	$-3,0 \times 10^{-6}/\text{K}$
Streuung Empfindlichkeit [%] **	±2	±1	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5
Temperaturstabilität [ $\mu\text{m/K}$ ]	0,03	0,03	0,06	0,06	0,17	0,17	0,17	0,17
Temperaturbereich Betrieb [°C]	-50...+200	-50...+200	-50...+200	-50...+200	-50...+200	-50...+200	-50...+200	-50...+200
Durchmesser aktive Messfläche [mm]	1,1	2,3	3,8	5,5	7,9	9,8	12,6	17,7
Minstdurchmesser Messobjekt	3	6	7	9	17	27	37	57
Gewicht [g]	1,7	2,5	5,7	7,1	61	95	120	230
Material Gehäuse (DIN EN 10 027-2)	1.3912	1.3912	1.4104	1.4104	1.4305	1.4305	1.4305	1.4305

Anschlussart

Stecker

\* abhängig von der angeschlossenen Elektronik

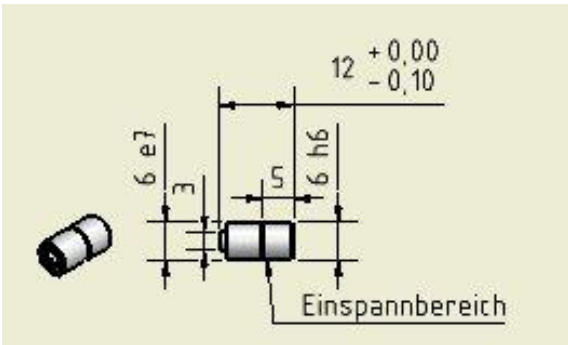
\*\* bei Sensortausch

## BEISPIELE - SONDER SENSOREN

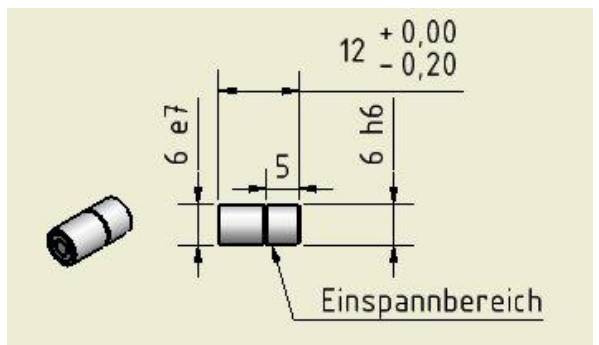


# TECHNISCHE ZEICHNUNGEN

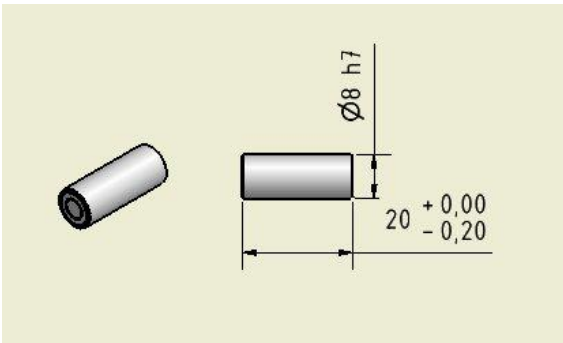
K0005



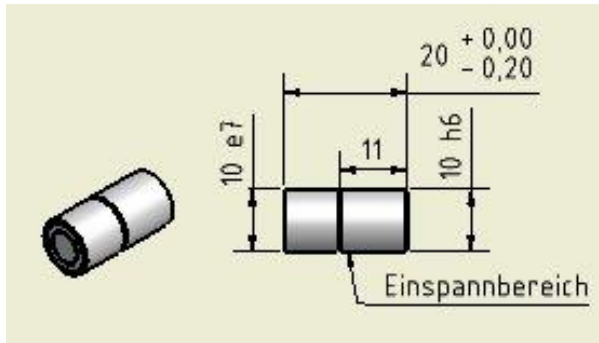
K0020



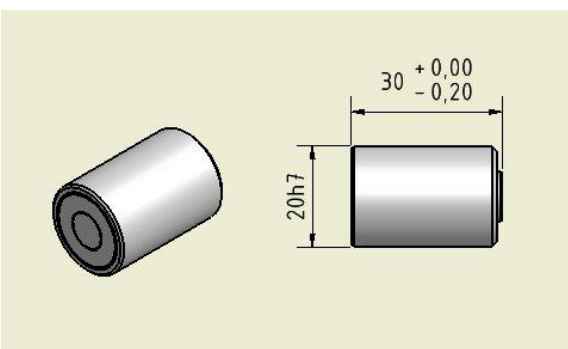
K0050



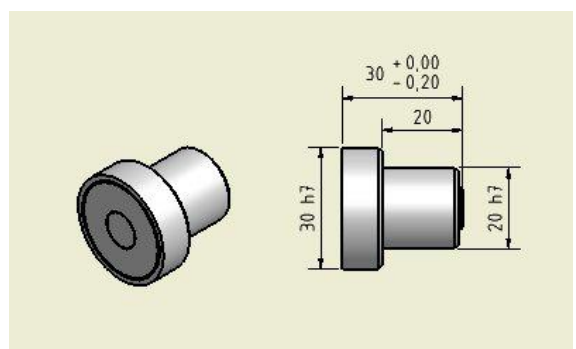
K0100



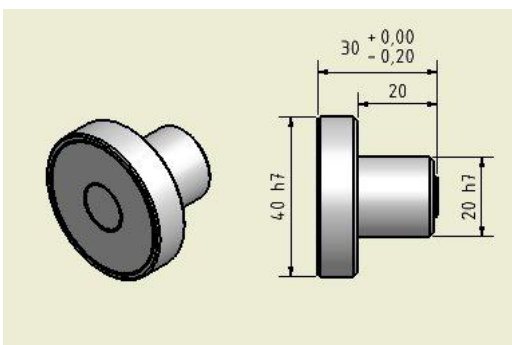
K0200



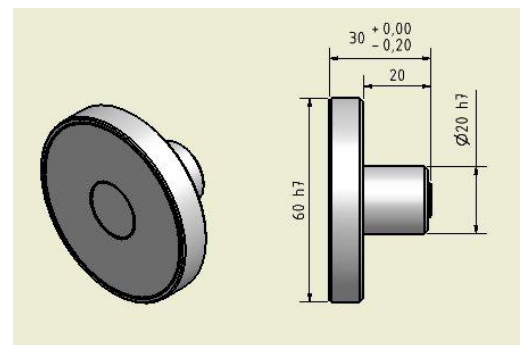
K0300



K0500



K1000



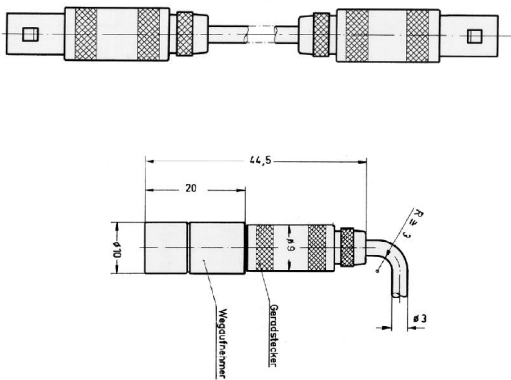
# KABEL



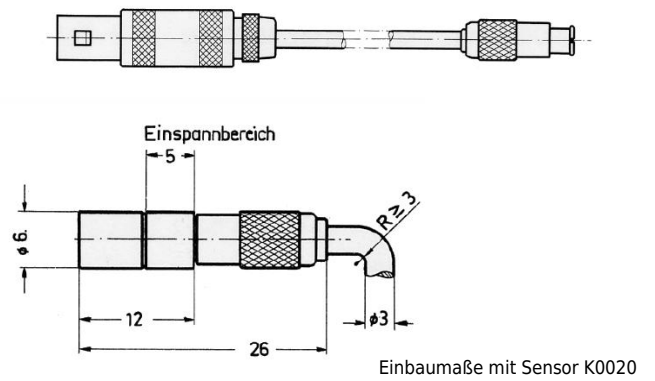
Da die Kabel Bestandteil des Sensors und Teil des Schwingkreises sind, dürfen sie auf keinen Fall gekürzt, geknickt oder sonst wie verändert werden. Es handelt sich um speziell gefertigte Triaxial-Kabel, daher bitte ausschließlich Original-Kabel verwenden.

Kabel	L13-11	L13-12	L13-13	L13-14	L33-11	L33-12	L33-13	L33-14
Länge [m]	1	1	1	1	3	3	3	3
Für Sensorköpfe	K0100	K0005	K0100	K0005	K0100	K0005	K0100	K0005
	K0200	K0020	K0200	K0020	K0200	K0020	K0200	K0020
	K0300	K0050	K0300	K0050	K0300	K0050	K0300	K0050
	K0500		K0500		K0500		K0500	
	K1000		K1000		K1000		K1000	
Kabeldurchmesser [mm]	3							
Betriebstemperatur [°C]	-50...+150 °C							

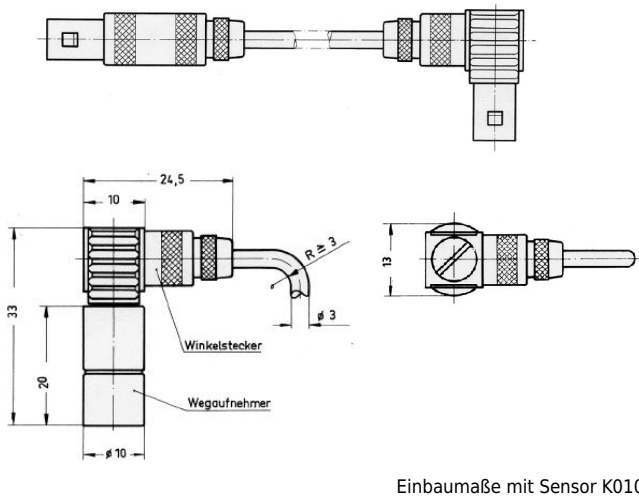
## L13-11 / L33-11



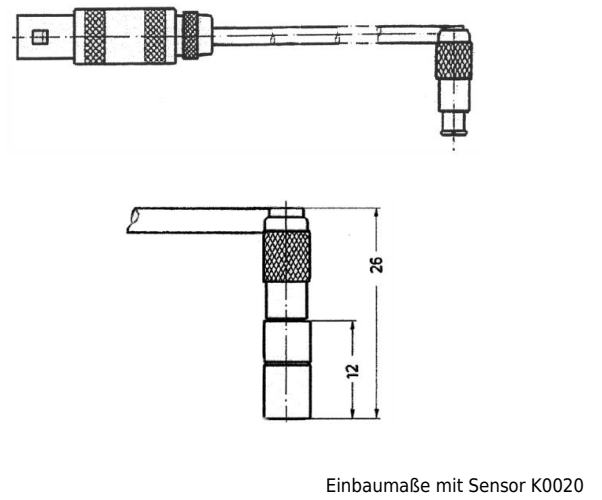
## L13-12 / L33-12



## L13-13 / L33-13



## L13-14 / L33-14





## TECHNISCHE DATEN ELEKTRONIK KS

Das KS Messsystem wurde für eine berührungslose Abstandsmessung zwischen der Stirnfläche des Sensorkopfes und der leitenden Oberfläche eines Messobjektes entwickelt. Die Stirnfläche und das Messobjekt bilden einen Kondensator. Das Dielektrikum dazwischen muss einheitlich und stabil sein. Das Messsystem ist auf Materialien mit einer dielektrischen Konstante  $\epsilon_r = 1$  auf Längeneinheiten kalibriert. Es sind 1 und, auf Anfrage Mehrkanal-Modelle verfügbar, die mit Skalierungspotentiometern ausgestattet sind. Mit Hilfe des eingebauten Displays lassen sich statische Messungen durchführen. Für dynamische Messungen können über das 0 bis 10 V Ausgangsterminal Aufzeichnungsgeräte, wie z.B. Datenlogger angeschlossen werden. Das ZERO Potentiometer ermöglicht die exakte Einstellung des Nullpunkts.



	<b>KS1</b>
Anzahl Kanäle	1
Anschließbare Sensorköpfe	Alle auf Seite 3 aufgeführten Modelle
Genauigkeit (bei 0..40°C, Dielektrikum: Luft)	$\pm 0,1\%$ vom Messbereich
Wiederholgenauigkeit	$\pm 0,05\%$ vom Messbereich
Messrate	4,5 kHz
Anzeige	4,5 stellige Digitalanzeige
Anzeigelampen, Hysterese am Umschaltpunkt	-
Netzspannung	220 V (-20% +10%), 50 Hz
Leistungsaufnahme	6 VA
Betriebstemperatur	0...50 °C
Lagertemperatur	-20...70 °C
Aufwärmzeit	30 s
Gewicht	3,7 kg
Abmessungen	H 210 x B 125 x T 265 mm
Aufbau	Teileinschub 19"/4 in grauem Stahlblechgehäuse
<b>Spannungsausgang „NORM.“</b>	
Empfindlichkeit *	10 V/mm $\pm 0,2\%$
Linearität	$\pm 0,2\%$
Temperaturfehler Empfindlichkeit	$< 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$
Temperaturdrift Nullpunkt	$< \pm 0,3 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$
Langzeitdrift Nullpunkt	$\leq \pm 1 \text{ mV}/\text{Woche}, \leq \pm 10 \text{ mV}/\text{Jahr}$
Max. Ausgangsspannung	$\pm 10 \text{ V}$
Max. Ausgangsstrom	$\pm 5 \text{ mA}$
Frequenzabhängigkeit	0...4 kHz: $\pm 1\%$ , 0...6 kHz: -3 dB
Störspannung	$< 5 \text{ mV}_{\text{ss}}$ , typ. $2 \text{ mV}_{\text{ss}}$

\* Diese Werte beziehen sich auf den Sensorkopf K0100. Bei Verwendung von anderen Sensorköpfen muss der abgelesene Wert mit einem entsprechenden ganzzahligen Faktor umgerechnet werden.



**Ein Mehrkanal-System mit bis zu 8 Kanälen ist auf Anfrage erhältlich.**

## ELEKTRONIK BESCHREIBUNG

### Eigenschaften

Das Gerät misst berührungslos den Abstand zwischen der Stirnseite eines Wegaufnehmers und der elektrisch leitenden Oberfläche des Messobjekts. Wegaufnehmer und Messobjekt bilden zusammen einen elektrischen Kondensator. Das Gerät ist in Längeneinheiten geeicht. Es enthält ein Zeigerinstrument und einen Kompensator mit Ziffernanzeige. Damit sind statische Messungen im Ausschlag- und Kompensationsverfahren möglich. Ein Ausgang für Anzeige- und Registriergeräte liefert eine dem Abstand proportionale Spannung für statische und dynamische Messungen. Mit dem Kompensator kann der Nullpunkt der Ausgangsspannung definiert verschoben werden.

### Wirkungsweise und Aufbau

Der Blindwiderstand eines idealen Plattenkondensators ist dem Plattenabstand proportional. Dieser Zusammenhang liegt dem Messverfahren, das in dem elektronischen Wegmessgerät verwendet wird, zugrunde. Der kapazitive Wegaufnehmer ist als Schutzringkondensator aufgebaut, dessen Schutzring mit dem inneren Schirm des doppelt abgeschirmten Messkabels verbunden ist. Durch einen gegengekoppelten Verstärker wird der Schutzring sehr genau auf dem Potential der Mittelelektrode des Aufnehmers gehalten. Dadurch erreicht man im ganzen Messbereich ein nahezu homogenes elektrisches Feld zwischen den Kondensatorplatten sowie eine weitgehende Unabhängigkeit von Änderungen der Kabelkapazität. Durchfließt ein Wechselstrom konstanter Amplitude und Frequenz den Aufnehmerkondensator, so ist die Amplitude der Wechsellspannung zwischen den Kondensatorelektroden ihrem Abstand proportional. Ein 20 kHz-Oszillator hoher Amplituden- und Frequenzkonstanz liefert sowohl den Strom für den Aufnehmer als auch eine Kompensationsspannung, deren Größe mit einem Präzisionspotentiometer eingestellt werden kann. Die Spannung am Aufnehmer und die Kompensationsspannung werden von je einem Gleichrichter hoher Linearität und Nullpunkt Konstanz gleichgerichtet. Die Differenz dieser Spannungen liegt einerseits an dem eingebauten Anzeigerinstrument und wird andererseits über einen Tiefpass und einen Verstärker der Ausgangsbuchse zugeführt. Der elektronische Teil des Wegmessgeräts besteht aus gedruckten Schaltungen in Steckkartenbauweise und ist ausschließlich mit Bauteilen hoher Zuverlässigkeit bestückt.

### Hinweise und Beispiele für die Anwendung

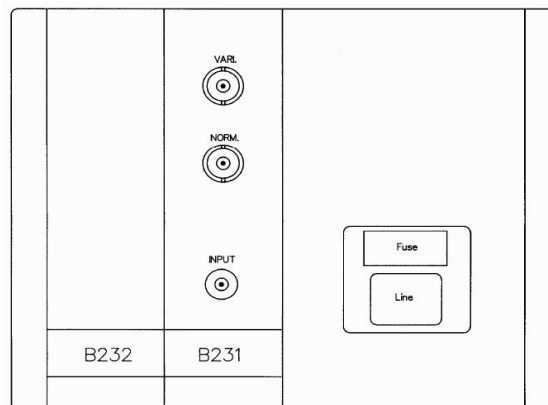
Aus der Wirkungsweise des Messgeräts ist zu ersehen, daß die Eigenschaften des Dielektrikums die Messung beeinflussen. Im allgemeinen wird das Gerät für Messungen in Luft eingesetzt werden. Dabei sollte darauf geachtet werden, daß der Raum zwischen Aufnehmer und Messobjekt frei von Verunreinigungen jeder Art, wie Staub, Öl, Wasser usw. gehalten wird. Gegebenenfalls kann dies durch einen Luftstrahl, der auf den Spalt zwischen Aufnehmer und Messobjekt gerichtet ist, ermöglicht werden.

### Wechsel des Sensorkopfes

Die Empfindlichkeitstoleranzen der Sensorköpfe sind so klein, dass mit beliebigen Exemplaren ohne Neujustierung der Elektronik eine Gesamtgenauigkeit von  $\pm 0,5\%$  erreicht wird.

### Zusatzausgang

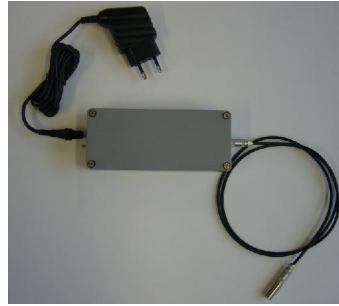
Für spezielle Anwendungen kann die Empfindlichkeit der Ausgangsspannung definiert mit dem Faktor 0...10 gewählt werden (Buchse „VARI.“ + Einstellung „FACTOR“).



Geräterückseite KS1

## TECHNISCHE DATEN ELEKTRONIK KL

Preiswertes Plug+Play System.



	KL
Anzahl Kanäle	1
Anschließbare Sensorköpfe	Alle auf Seite 3 aufgeführten Modelle
Linearität	< $\pm 0,4\%$ vom Messbereich
Auflösung	0,02%
Messrate	500 Hz
Netzspannung	100...240 V, 50 Hz / 60 Hz
Betriebstemperatur Sensor	-50...200 °C
Zulässige Feuchtigkeit Sensor	5...95% (nicht kondensierend)
Betriebstemperatur Elektronik	10...50 °C
Betriebstemperatur Kabel (Länge 1 m)	-50...150 °C
Temperaturstabilität	0,05% / K
Langzeitdrift	0,05% (M/M)
Ausgang	0...10 V
Temperaturfehler Empfindlichkeit	< $10^{-4}$ / °C
Abmessungen Elektronik	H 150 x B 64 x T 39 mm



## BESTELLCODE

K

Sensorkopf Messbereich [mm]	
0...0,05	0005
0...0,2	0020
0...0,5	0050
0...1,0	0100
0...2,0	0200
0...3,0	0300
0...5,0	0500
0...10,0	1000

L

Kabel Ausführung Messbereiche $\leq 0,5$ mm	
2 x gerader Stecker, 1 m Kabel	13-12
1 x gewinkelter, 1 x gerader Stecker, 1 m Kabel	13-14
2 x gerader Stecker, 3 m Kabel	33-12
1 x gewinkelter, 1 x gerader Stecker, 3 m Kabel	33-14
Kabel Ausführung Messbereiche $\geq 1,0$ mm	
2 x gerader Stecker, 1 m Kabel	13-11
1 x gewinkelter, 1 x gerader Stecker, 1 m Kabel	13-13
2 x gerader Stecker, 3 m Kabel	33-11
1 x gewinkelter, 1 x gerader Stecker, 3 m Kabel	33-13

K

Elektronik	
1 Kanal, 0...10 V Ausgang, mit Anzeige	S1
1 Kanal, 0...10 V Ausgang, ohne Anzeige	L

## PREISE

Sensorköpfe		Kabel	
<b>K0005</b>	<b>582 €</b>	<b>L13-11</b>	<b>224 €</b>
<b>K0020</b>	<b>515 €</b>	<b>L13-12</b>	<b>258 €</b>
<b>K0050</b>	<b>493 €</b>	<b>L13-13</b>	<b>246 €</b>
<b>K0100</b>	<b>616 €</b>	<b>L13-14</b>	<b>280 €</b>
<b>K0200</b>	<b>493 €</b>	<b>L33-11</b>	<b>280 €</b>
<b>K0300</b>	<b>504 €</b>	<b>L33-12</b>	<b>314 €</b>
<b>K0500</b>	<b>504 €</b>	<b>L33-13</b>	<b>303 €</b>
<b>K1000</b>	<b>616 €</b>	<b>L33-14</b>	<b>336 €</b>
Elektroniken			
<b>KS1</b>	<b>5.376 €</b>		
<b>KL</b>	<b>1.120 €</b>		

Diese Daten können jederzeit ohne Vorankündigung geändert werden.

### WayCon Positionsmesstechnik GmbH

email: [info@waycon.de](mailto:info@waycon.de)  
internet: [www.waycon.de](http://www.waycon.de)

### Head Office

Mehlbeerstr. 4  
82024 Taufkirchen  
Tel. +49 (0)89 67 97 13-0  
Fax +49 (0)89 67 97 13-250

### Office Köln

Auf der Pehle 1  
50321 Brühl  
Tel. +49 (0)2232 56 79 44  
Fax +49 (0)2232 56 79 45