



BESCHLEUNIGUNGS- UND DRUCKSENSOREN FÜR DIE KRYOTECHNIK



bis zu -269 °C

Kryopumpe
Flüssigwasserstoff
Flüssigstickstoff
Flüssiggas
Erdgasverflüssigung
Kryobehälter
Kryotriebwerke
Lebensmittelkühlung
Industrielle Kryotechnik





Die Anwendung von Kryotechnik ist heutzutage in vielen Anwendungen und Bereichen verbreitet. Ob beim Start von Raketen, bei Transport und Lagerung von verflüssigten Gasen, bei der Kühlung in der Lebensmittelindustrie oder der Medizintechnik, überall spielen Prozesse bei extrem niedrigen Temperaturen zwischen -150 und -269 °C eine entscheidende Rolle.

Zur Prozessüberwachung, zur vorbeugenden Instandhaltung und zur Messung bei der Entwicklung kryogener Geräte und Komponenten bietet PCB Piezotronics eine Vielzahl an Beschleunigungs- und Drucksensoren mit einer Dauereinsatztemperatur von bis zu -269 °C an. Die umfangreiche und vielseitige Auswahl, die Sie auf den folgenden Seiten finden, basiert auf jahrzehntelanger Applikationserfahrung und deckt die üblichen Anwendungen der Kryotechnik ab.



EINLEITUNG

Einleitung	3
Kryosensoren für industrielle Anwendungen	4
Spezifikationen Kryo-Sensoren für industrielle Anwendungen	5
Kryogene ICP®-Beschleunigungssensoren	6
Kryogene Beschleunigungssensoren mit Ladungsausgang	6
Kryogene ICP®-Drucksensoren	7
Low Noise Koaxialkabel	7

KRYOSENSOREN FÜR INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN

Zur Früherkennung von Kavitation, Rezirkulation und Resonanz in kryogenen Kreisel- und Kolbenpumpen

Der Bereich der Kryotechnik beginnt typischerweise bei Temperaturen unter -180 °C . Es gibt mehrere gängige Industriegase (Argon, Helium, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff) und Brennstoffe (flüssiges Erdgas und flüssiges Propangas), deren Siedepunkt unterhalb dieser Temperaturgrenze liegt und die daher als Kryogene gelten.

Diese Gase und Brennstoffe werden in einer Vielzahl industrieller Anwendungen als Kältemittel in flüssigem Zustand transportiert und verwendet. Daher ist der Einsatz kryogener Kreisel- und Kolbenpumpen erforderlich, um sie effektiv zwischen Kryotanks und doppelwandigen Behältern mit einem hohen Vakuum zwischen den Wänden zu transportieren, um die Wärmeübertragung in die Flüssigkeit zu reduzieren. Zu diesen Anwendungen gehören:

- Verarbeitung von Flüssigerdgas (LNG)
- Industrielle Gasaufbereitung (Argon, Helium, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff)
- Pharmazeutische Produktion (Statin-Medikamente, Biotech-Produkte wie Impfstoffe)
- Herstellung/Lagerung von Tiefkühlkost

Unabhängig davon, ob die Kryopumpe in die Flüssigkeit eingetaucht oder in einem externen Saugbehälter montiert ist, können bei diesen Pumpen die gleichen Fehler auftreten wie bei ihren nicht kryogenen Äquivalenten, darunter:

- Akustische Resonanzen
- Kavitation
- Exzentrizität und Unwucht des Laufrads
- Laufrad-/Diffusorspiel
- Ölwirbel
- Umwälzung
- Strukturresonanzen
- Verschleißringspiel



bis -196 °C

KRYOGENER ICP®-BESCHLEUNIGUNGSSENSOR FÜR DIE VORBEUGENDE INSTANDHALTUNG MIT KOPFANSCHLUSS

MODELLE 637A06 & EX637A06

- Empfindlichkeit: 25 mV/g
- Frequenzbereich: $4 \dots 1.500\text{ Hz}$
- Dauereinsatztemperaturbereich: $-196 \dots 121\text{ °C}$



bis -196 °C

KRYOGENER ICP®-BESCHLEUNIGUNGSSENSOR FÜR DIE VORBEUGENDE INSTANDHALTUNG MIT SEITLICHEM ANSCHLUSS

MODELLE 638A06 & EX638A06

- Empfindlichkeit: 25 mV/g
- Frequenzbereich: $4 \dots 1.500\text{ Hz}$
- Dauereinsatztemperaturbereich: $-196 \dots 121\text{ °C}$



bis -196 °C

KABEL UND STECKER FÜR KRYOGENE APPLIKATIONEN

MODELLE 048/053 AP/BP/BQ/BR

- Einsatztemperatur bis -196 °C



SPEZIFIKATIONEN Kryo-Sensoren für industrielle Anwendungen

KRYO-SENSOREN FÜR INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN		
MODELL	(EX) 637A06	(EX) 638A06
LEISTUNG		
Empfindlichkeit	25 mV/g	25 mV/g
Messbereich	±200 g pk	±200 g pk
Frequenzbereich (±5 %)	10 ... 400 Hz	10 ... 400 Hz
Frequenzbereich (±3 %)	4 ... 1.500 Hz	4 ... 1.500 Hz
Filtertyp	Tiefpass	Tiefpass
Filtereckfrequenz	1,5 kHz	1,5 kHz
Filtersteilheit	12 dB/Octave	12 dB/Octave
Resonanzfrequenz	≥ 20 kHz	≥ 20 kHz
Breitbandauflösung	1 mg rms	1 mg rms
Nichtlinearität	±1 %	±1 %
Querbeschleunigungs-empfindlichkeit	≤5 %	≤5 %
TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN		
Einschwingzeit	≤ 3 sec	≤ 3 sec
Entladezeitkonstante	0,05 ... 0,5 sec	0,05 ... 0,5 sec
Versorgungsspannung	18 ... 28 VDC	18 ... 28 VDC
Konstantstromversorgung	1,6 ... 20 mA	1,6 ... 20 mA
Ausgangsimpedanz	≤ 100 Ohm	≤ 100 Ohm
Bias-Spannung	7 ... 12 VDC	7 ... 12 VDC
Spektrales Rauschen (1 Hz)	600 µg/√Hz	600 µg/√Hz
Spektrales Rauschen (10 Hz)	120 µg/√Hz	120 µg/√Hz
Spektrales Rauschen (100 Hz)	36 µg/√Hz	36 µg/√Hz
Spektrales Rauschen (1 kHz)	25 µg/√Hz	25 µg/√Hz
Spektrales Rauschen (10 kHz)	6 µg/√Hz	6 µg/√Hz
Elektrische Isolierung	10 ⁸ Ohm	10 ⁸ Ohm
EINSATZBEDINGUNGEN		
Überlastgrenze (Schock)	±1.000 g pk	±1.000 g pk
Temperaturbereich	-196 ... 121 °C	-196 ... 121 °C
Zulassung explosions-gefährdete Bereiche	ATEX, ETL, IECEx	
PHYSISCHE EIGENSCHAFTEN		
Sensorelement	Quarz	Quarz
Geometrie des Sensorelements	Scherprinzip	Scherprinzip
Gehäusematerial	Edelstahl	Edelstahl
Abdichtung	Hermetisch dicht verschweißt	Hermetisch dicht verschweißt
Montagedrehmoment	¼-28 Innengewinde, Bolzen auf M6 x 1,0	¼-28 oder M6 x 1,0 Außengewinde
Drehmoment	2,7 ... 6,8 Nm	2,7 ... 6,8 Nm
Elektrischer Anschluss	2-pin-Buchse MIL-C-5015	2-pin-Buchse MIL-C-5015
Position des elektrischen Steckers	Oben	Seitlich
Abmessung	22,0 x 52,3 mm	57,4 x 25,4 x 25,4 mm
Gewicht	94 gr	181 gr



KRYOGENE ICP®-BESCHLEUNIGUNGSSENSOREN

Kryo-ICP®-Beschleunigungssensoren sind speziell für den Betrieb bei Temperaturen unterhalb der typischen Temperaturgrenze von -54 °C der Standardsensorik konzipiert. Der Einsatz spezieller elektrischer Bauteile und von Quarz als Piezomaterial erlaubt den Einsatz bei anspruchsvollen Temperaturumgebungen wie z. B. bei flüssigem Stickstoff. Jeder Sensor ist hermetisch abgedichtet und einzeln getestet, um den thermischen Empfindlichkeitskoeffizienten

bei -196 °C zu bestimmen, um einen zuverlässigen Betrieb und genaue Messungen zu gewährleisten. Wählen Sie aus einer Vielzahl von Beschleunigungssensoren, von Miniaturmodellen mit geringem Gewicht zur Minimierung von Mass Loading Effekten bis hin zu hochempfindlichen Versionen zur Erfassung kleiner Beschleunigungen.



bis -196 °C



KRYOGENE ICP®-BESCHLEUNIGUNGSSENSOREN

MODELL	PCB 351B03	PCB 351B04	PCB 351B31	PCB 351B41	PCB 351B42
Empfindlichkeit	10 mV/g (1,02 mV/(m/s ²))		50 mV/g (5,10 mV/(m/s ²))	100 mV/g (10,2 mV/(m/s ²))	
Messbereich	±150 g pk (±1472 m/s ² pk)		±30 g pk (±294 m/s ² pk)	±15 g pk (±147 m/s ² pk)	
Frequenzbereich (±5%)	1 ... 6.000 Hz		1 ... 4.000 Hz	1 ... 2.000 Hz	
Optional: Modell mit Masseisolierung	J351B03	J351B04	J351B31	J351B41	J351B42



KRYOGENE ICP®-MINIATUR-BESCHLEUNIGUNGSSENSOREN

MODELL	PCB 351B11	PCB 351B14	PCB 351A15
Empfindlichkeit	5 mV/g (0,51 mV/(m/s ²))		5,5 mV/g (0,56 mV/(m/s ²))
Messbereich	±300 g pk (±2.943 m/s ² pk)		±1.000 g pk (±9.810 m/s ² pk)
Frequenzbereich	1 ... 10.000 Hz	1 ... 8.000 Hz	1,25 ... 6.500 Hz
Optional: Modell mit Masseisolierung	J351B11	J351B14	-
Optional: Modell mit metrischem Außengewinde	M351B11	M351B14	-

KRYOGENE BESCHLEUNIGUNGSSENSOREN MIT LADUNGSAusGANG

Die kryogenen piezoelektrischen Beschleunigungssensoren von Endevco® wurden speziell für die Messung von Vibrationen unter kryogenen Bedingungen bis -269 °C entwickelt. Die Sensoren sind äußerst temperaturstabil: der innere Aufbau ist für eine Vielzahl thermischer Zyklen mit steilen Temperaturgradienten

ausgelegt. Die Beschleunigungssensoren mit Ladungsausgang benötigen zum Betrieb keine externe Speisung und enthalten keine Elektronikbauteile. Dadurch können sie unterhalb der -196 °C Grenze von ICP®-Beschleunigungssensoren bis hin zu -269 °C dauerhaft betrieben werden.



bis -269 °C



KRYOGENE BESCHLEUNIGUNGSSENSOREN MIT LADUNGSAusGANG

MODELL	Endevco 7722	Endevco 7724	Endevco 2271A / 2271AM20
Beschreibung	Immun gegen thermische Transienten, Masse auf Gehäuse	Immun gegen thermische Transienten, Masse getrennt von Gehäuse	Hohe Empfindlichkeit, seitlicher Stecker (2271A) oder Kopfanschluss (2271AM20)
Empfindlichkeit (pC/g)	3,7	3,7	11,5
Messbereich (g)	500	500	1.000
Schocklimit (g)	2.500	2.500	10.000
Frequenzbereich (±1 dB Hz)	1 ... 6.000	1 ... 6.000	1 ... 8.000

IN-LINE-LADUNGSVERSTÄRKER MIT TEDS



MODELL	Endevco 2771C-01	Endevco 2771C-1	Endevco 2771C-5
Umsetzungsfaktor	0,1 mV/pC	1 mV/pC	5 mV/pC
Typ	Single-ended, piezoelektrisch	Single-ended, piezoelektrisch	Single-ended, piezoelektrisch
Kanalzahl	1	1	1

KRYOGENE ICP®-DRUCKSENSOREN

Die ICP®-Drucksensoren der Serie 102B1x sind masseisoliert und für niedrige Betriebstemperaturen geeignet. Sie eignen sich ideal für kryogene Kraftstoffsysteme, für die Messung von Krypumpen und der Verbrennungsinstabilität von Raketenmotoren. Jeder Sensor ist hermetisch abgedichtet und einzeln getestet, um den thermischen Empfindlichkeitskoeffizienten bei -196 °C zu bestimmen und so einen zuverlässigen Betrieb und genaue Messungen zu gewährleisten.



bis -196 °C



KRYOGENE ICP®-DRUCKSENSOREN – SERIE 102B

MODELL	PCB 102B13	PCB 102B14	PCB 102B11	PCB 102B10
Empfindlichkeit	0,073 mV/kPa	0,145 mV/kPa	0,725 mV/kPa	7,25 mV/kPa
Messbereich	68.950 kPa	34.475 kPa	6.895 kPa	690 kPa
Resonanzfrequenz	≥250 kHz	≥250 kHz	≥250 kHz	≥250 kHz
Montagegewinde	3/8-24	3/8-24	3/8-24	3/8-24



KRYOGENE ICP®-DRUCKSENSOREN – SERIE 102M

MODELL	PCB 102M81A	PCB 102M80A	PCB 102M295
Empfindlichkeit	1,45 mV/kPa	7,25 mV/kPa	0,218 mV/kPa
Messbereich	3.447 kPa	690 kPa	24.132 kPa
Resonanzfrequenz	≥250 kHz	≥250 kHz	≥250 kHz
Montagegewinde	7/16-20 UNF - 2A	7/16-20 UNF - 2A	7/16-20 UNF

Der piezoelektrische Drucksensor mit Ladungsausgang Modell 112B05 zeichnet sich durch seine einzigartige Fähigkeit aus, sowohl Kälte als auch hohen Temperaturen von -240 bis 260 °C standzuhalten.



KRYOGENER DRUCKSENSOR MIT LADUNGS-AUSGANG

MODELL	PCB 112B05
Empfindlichkeit	0,16 pC/kPa
Messbereich	34.475 kPa
Resonanzfrequenz	≥200 kHz
Montagegewinde	5/16-24

LOW NOISE KOAXIALKABEL



bis -196 °C



PCB MODELL 003AXX

- Blauer TFE-Teflonmantel
- 10-32-Stecker auf 10-32-Stecker
- Temperaturbereich: -196 ... 260 °C
- Zahlreiche Kabellängen erhältlich



PCB MODELL 003GXX

- Blauer TFE-Teflonmantel
- 5-44-Stecker auf 10-32-Stecker
- Temperaturbereich: -196 ... 260 °C
- Zahlreiche Kabellängen erhältlich



ENDEVCO MODELL 3090C/XX

- Roter PTFE-Teflonmantel
- 10-32-Stecker auf 10-32-Stecker
- Temperaturbereich: -269 ... 260 °C
- Zahlreiche Kabellängen erhältlich

