

KISTLER

measure. analyze. innovate.



Test & Measurement Druck

Messausrüstung für anspruchsvolle T&M-Anwendungen



Über Kistler

Innovationskultur mit Geschichte

Bei der Gründung der Kistler Instrumente AG im Jahr 1959 standen Neugierde und Begeisterung für Technologie Pate. Mit der bahnbrechenden Erfindung des Ladungsverstärkers und der Serienproduktion der ersten Quarz-Drucksensoren verhalfen Walter P. Kistler und Hans Conrad Sonderegger der piezoelektrischen Messtechnik weltweit zum Durchbruch. Der Siegeszug der piezoelektrischen Technologie und der Aufstieg des Familienunternehmens mit Wurzeln in der Schweiz und in den USA sind untrennbar miteinander verbunden.

Die Leidenschaft der beiden Kistler Pioniere hat die DNA des Unternehmens bis heute geprägt. Eine einzigartige Innovationskultur schafft Raum für Ideen und ist wesentliche Grundlage für echte Erfolge. Eine eigene Kristallzüchtung nach geheimer Rezeptur sorgt für Kristalle, die mit ihrer höheren Empfindlichkeit und Temperaturstabilität auch in anspruchsvollen Anwendungen zuverlässige Resultate liefern.

Heute ist Kistler längst nicht mehr nur Synonym für die dynamische Messtechnik, sondern hat sich auch mit piezoresistiver, optischer und DMS-Messtechnologie einen Namen gemacht. So kommt immer genau die Technologie zum Einsatz, die dem Kunden den grössten Nutzen bringt.

Nebst Produkten für allgemeine Messungen bietet Kistler komplette Lösungen für spezifische Anwendungen an, z.B. für die Motorenentwicklung, Kunststoffverarbeitung oder Montagetechnik.

Kistler ist ein Messtechnik-Pionier geblieben. Die Physiker und Ingenieure von Kistler teilen auch heute noch eine persönliche Leidenschaft für Technologie. Langjährige Kundenbeziehungen sind ein Leistungsausweis, auf den man bei Kistler stolz ist – zu Recht.

Zahlen und Fakten zu Kistler: www.kistler.com/facts

Inhalt

Test & Measurement	4
In fünf Schritten zur eigenen Messkette	5
Druckmesstechnik im Fokus	7
Piezoelektrische Drucksensoren	13
PE vs. IEPE Drucksensoren	14
Messketten	16
Produktübersicht	18
Produktdetails	20
Montage & Zubehör	22
Kabel	24
Signalaufbereitung für piezoelektrische Sensoren	31
Einführung	32
Produktübersicht	40
Produktdetails	42
Piezoresistive Drucksensoren	45
Sensorlösungen für Hochtemperatur, Hochdruck und Stossdruckwellen	51
Sensorlösungen für Hochtemperaturumgebungen	52
Sensorlösungen für höchste Drücke & Stossdruckwellen ..	53
KiDAQ – Datenerfassung	55
Service	59
Informationsübersicht	62



Test & Measurement

Messausrüstung für anspruchsvolle T&M-Anwendungen

Vertrauen Sie auf die langjährige Erfahrung von Kistler mit Druck-, Beschleunigungs-, Kraft-, Dehnungs- oder Drehmomentensensoren und entsprechenden Signalaufbereitungslösungen für den T&M-Markt. Kistler bietet Ingenieuren, Forschern, Messtechnikern und Studierenden aus diversen Branchen zuverlässige und qualitativ hochstehende Sensoren an.

Kistler ist Weltmarktführer und größter Anbieter von piezoelektrischer Messtechnik. Doch auch die hochwertigen piezoresistiven, kapazitiven und DMS-Sensoren von Kistler kommen bei anspruchsvollen Anwendungen in Mess-, Test-, Forschungs- und Entwicklungslabors weltweit zum Einsatz. Entdecken Sie auf den nächsten Seiten das vielseitige Kistler Angebot rund um Test & Measurement für die Druckmessung. Dieser Katalog unterstützt Sie dabei, die geeignete Druckmesskette für Ihre Anwendung auszuwählen. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Produkten finden Sie in den Datenblättern, die Sie von unserer Website herunterladen können. Unser T&M-Sales-Team mit lokalen Ansprechpartnern freut sich auf Ihre Kontaktaufnahme.

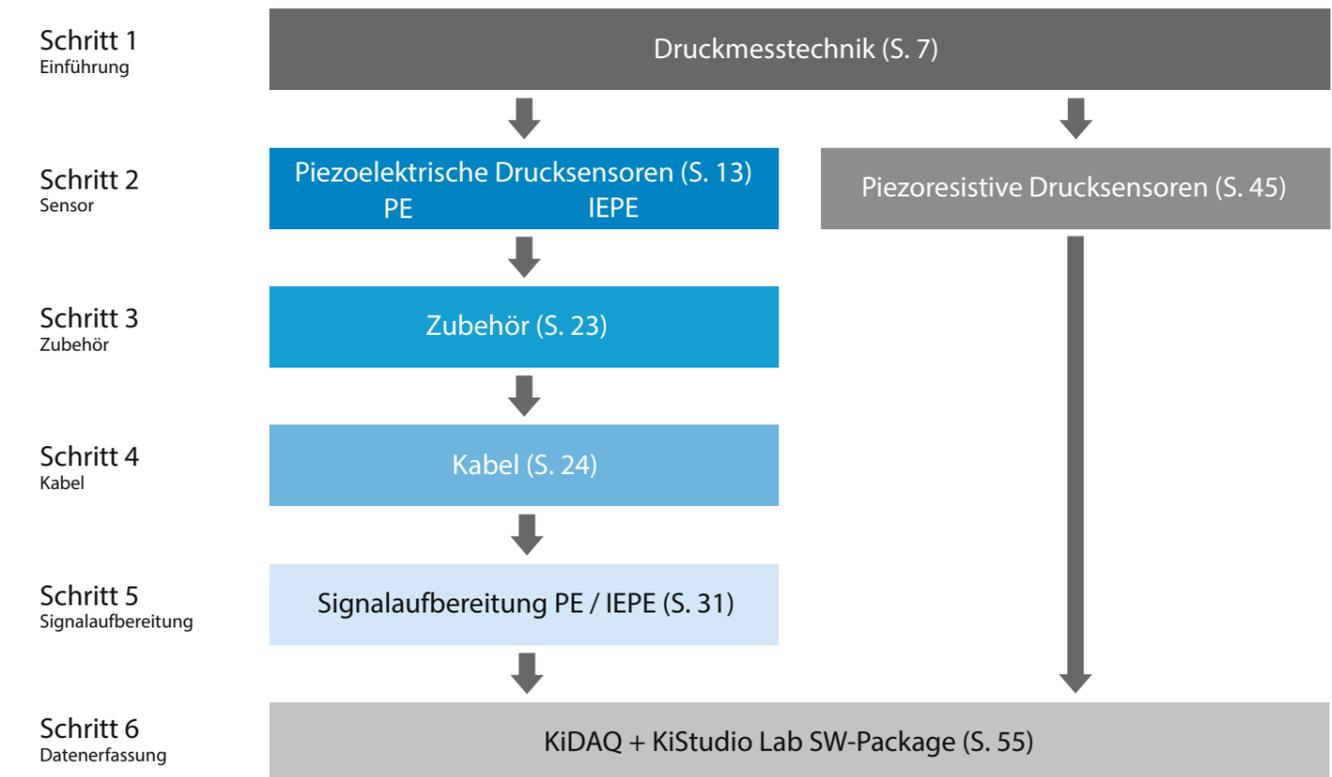
Branchenübersicht

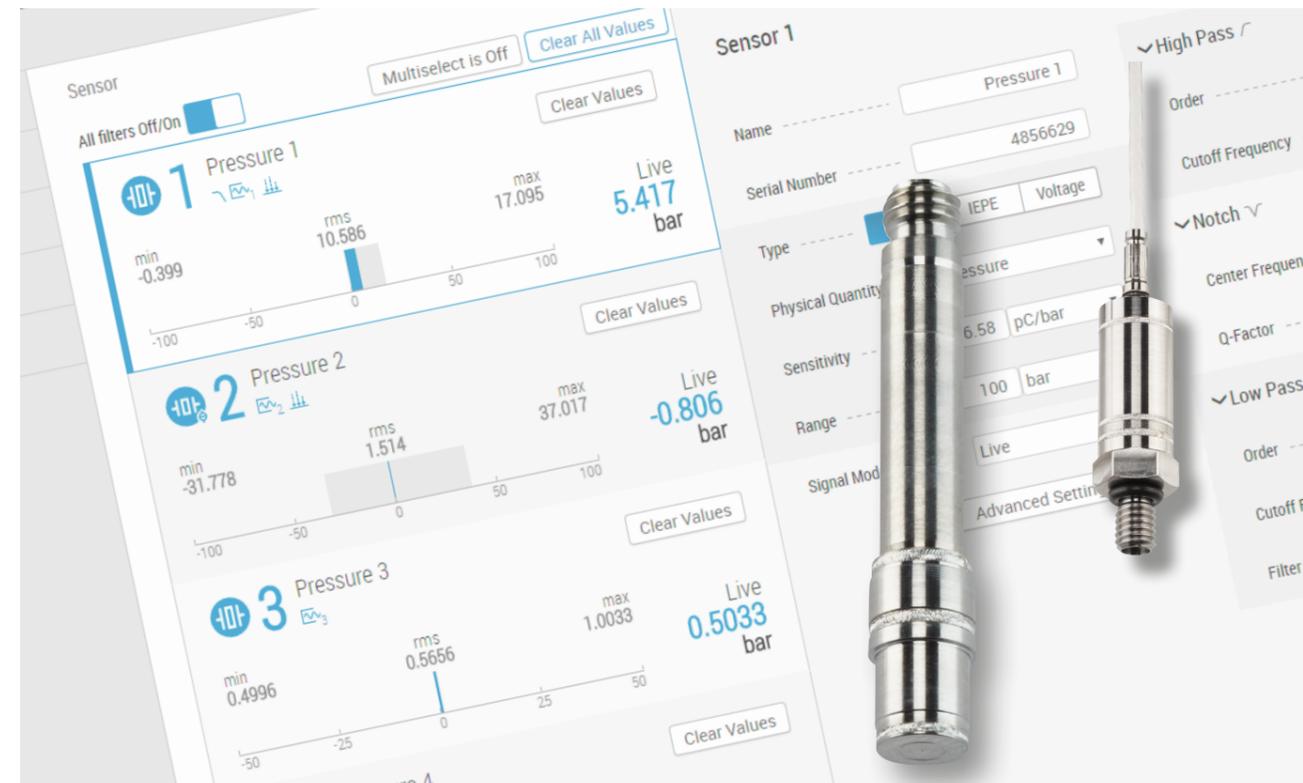
- Luft- und Raumfahrttechnik
- Transport- und Verkehrswesen
- Automobiltechnik
- Schiffsbau und maritime Industrie
- Energie- und Umwelttechnik
- Öl und Gas
- Chemische Industrie
- Pharmaindustrie
- Halbleiter- und Elektronikindustrie
- Papier- und Zellstoffindustrie
- Nahrungs- und Getränkeindustrie
- Bauwesen und Bergbau
- Medizintechnik
- Maschinenbau
- Universitäre Forschung

In fünf Schritten zur eigenen Messkette

Dieser Katalog ist so aufgebaut, dass er die komplette Messkette vom Sensor bis zur Signalaufbereitung abbildet. Nutzen Sie die folgende Übersicht, um in fünf Schritten eine für Ihre Applikation geeignete Druckmesskette zusammenzustellen.

Am schnellsten kommen Sie ans Ziel, wenn Sie mit der Einführung in die Druckmesstechnik beginnen. Wählen Sie dann anhand der Auswahlkriterien für Drucksensoren die für Ihre Applikation geeignete Sensorkategorie aus und arbeiten Sie sich innerhalb der gewählten Kategorie über den Sensor, Zubehör und das Kabel bis zur Signalaufbereitung vor.





Druckmesstechnik im Fokus

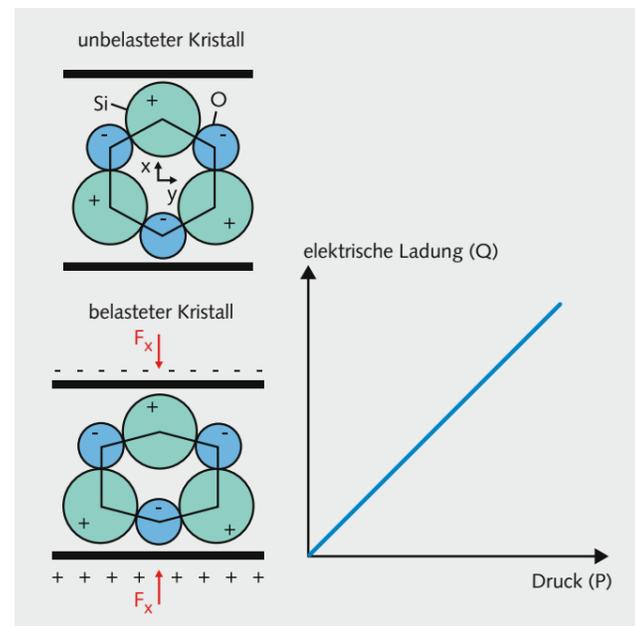
In der Druckmesstechnik kommen verschiedene Messprinzipien zum Einsatz. Zwei in der Praxis weitverbreitete Prinzipien sind die piezoelektrischen und piezoresistiven Drucksensoren. Dieser Katalog umfasst Drucksensoren für T&M-Anwendungen basierend auf beiden Prinzipien und nennt jeweils die wichtigsten Vorteile.

Bei den piezoelektrischen Drucksensoren basiert das Messelement auf einem Kristall, der unter Belastung eine zum Druck proportionale elektrische Ladung abgibt. Das Messelement bei den piezoresistiven Drucksensoren besteht aus einer Silizium basierten Wheatstone-Brücke, welche unter Druckeinwirkung minimal gedehnt wird und so den elektrischen Widerstand ändert.

Grundlagen der piezoelektrischen Messtechnik

Der piezoelektrische Effekt

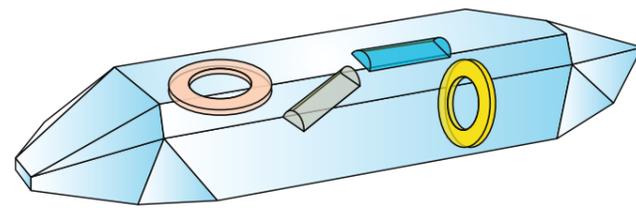
Der piezoelektrische Effekt äußert sich, indem piezoelektrische Materialien (z.B. Quarz) bei mechanischer Belastung auf den Außenflächen positive bzw. negative elektrische Ladungen erzeugen. Die Ladung wird dadurch generiert, dass sich die positiven und negativen Kristallgitterbausteine gegeneinander verschieben, wodurch ein elektrischer Dipol entsteht. Die Ladung, welche dabei generiert wird, ist proportional zur Kraft bzw. Druck, die auf den Kristall einwirkt.



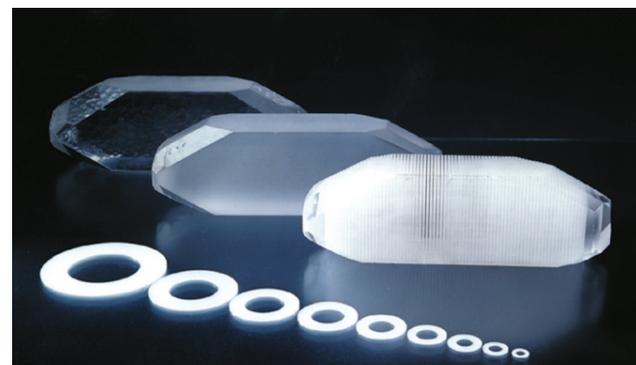
Die mechanische Belastung eines Kristalls erzeugt eine elektrische Ladung. Die elektrische Ladung (Q) ist proportional zum Druck (P)

Kristalle als Messelement

Je nach gewünschter Eigenschaft des piezoelektrischen Drucksensors werden die Messelemente mittels unterschiedlicher Schnitte aus dem Kristall geschnitten.



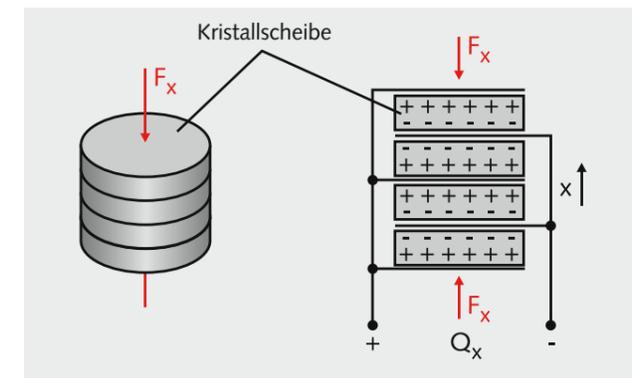
Mögliche Schnitte im Kristall



Kristallscheiben als Messelement

Piezoelektrische Kristalle – PiezoStar versus Quarz

Die elektrische Ladung, die eine einzelne Kristallscheibe generiert, ist nur vom piezoelektrischen Material abhängig, nicht jedoch von dessen geometrischen Abmessungen. Um Sensoren mit einer höheren Empfindlichkeit herzustellen, können mehrere Kristallscheiben aufeinander gestapelt und elektrisch parallel geschaltet werden. Alternativ kann ein piezoelektrisches Material mit höherer Empfindlichkeit eingesetzt werden (z.B. PiezoStar Kristalle).



Möglichkeit zur Erhöhung der Ladungsausbeute

Kistler züchtet eigene PiezoStar Kristalle, welche sich gegenüber Quarz durch höhere Empfindlichkeiten, höhere Temperaturen und besseren Temperaturstabilitäten auszeichnen. PiezoStar Kristalle werden typischerweise in Sensoren zur Messung kleinster Drücke oder erhöhtem Temperatureinsatz verbaut und erweitern somit den Einsatzbereich von gängigen Drucksensoren basierend auf Quarz. Kistler bietet sowohl piezoelektrische Drucksensoren auf Basis von Quarz wie auch von PiezoStar an.



PiezoStar Kristalle

Piezoelektrische Messkette

Eine piezoelektrische Messkette besteht aus dem Sensor und einem externen (PE) oder im Drucksensor verbauten (IEPE) Ladungsverstärker zur Wandlung des Ladungs- in ein Spannungssignal.

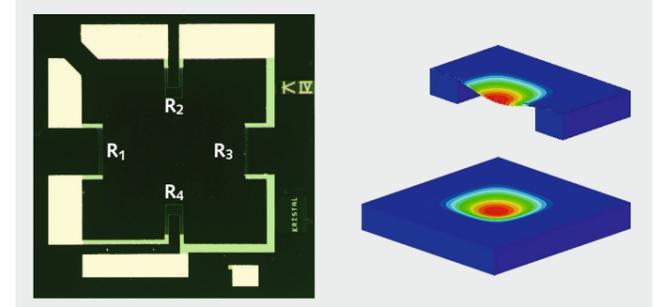
Grundlagen der piezoresistiven Messtechnik

Der piezoresistive Effekt

Der piezoresistive Effekt äußert sich, indem der elektrische Widerstand eines Materials (z.B. Halbleiter, Metall) bei mechanischer Belastung verändert wird. Die elektrische Widerstandsänderung ist auf zwei Ursachen zurückzuführen; Änderung der Leitergeometrie und Änderung der Leitfähigkeit des Materials. Die Widerstandsänderung ist bei Halbleitermaterialien sehr viel ausgeprägter als bei Metallen.

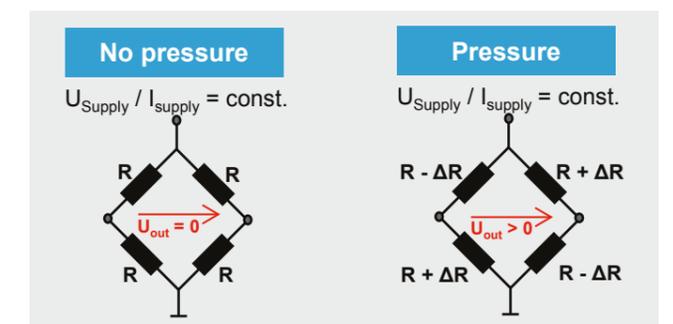
Halbleiter als Messelement

Kistler bietet ausschließlich piezoresistive Drucksensoren basierend auf Silizium Halbleitern an. Hierzu werden vier Si-Widerstände in eine Halbleiter-Membrane diffundiert und in einer Wheatstone-Brücke zusammengeschaltet. Unter dem Einfluss des Drucks verformt sich die Membrane und mit ihr der elektrische Widerstand der vier Si-Widerstände. Die Widerstandsänderung ist proportional zum Druck.



Si-Halbleiter Chip mit 4 Widerständen und Druckverteilung auf Halbleiter

Hiermit ist auch die Differenzspannung über der Wheatstone-Brücke proportional zum applizierten Druck. Die sich ergebende Differenzspannung kann abgegriffen und an eine Auswerteinheit weitergeleitet werden.



Piezoresistive Wheatstone-Brücke ohne Druck bzw. unter Druck

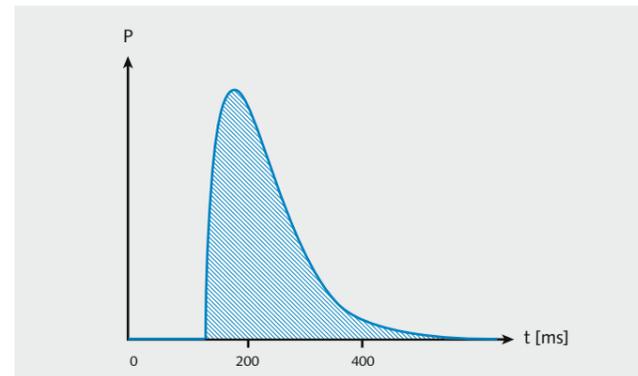
Piezelektrische vs. piezoresistive Drucksensoren

Je nach Anwendung ist der Einsatz eines piezelektrischen oder piezoresistiven Drucksensors zu bevorzugen. Folgende Abschnitte zeigen die wichtigsten Unterschiede beider Technologien auf und sollen Ihnen die Entscheidungsfindung vereinfachen.

Piezelektrische Drucksensoren

Dynamische Druckmessung

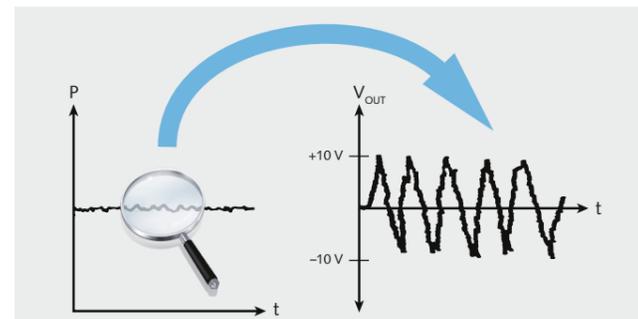
Piezelektrische Drucksensoren weisen hohe Eigenfrequenz von über 500 kHz auf und eignen sich somit hervorragend für Anwendungen bei denen schnelle Druckanstiegszeiten bis zu 1 μ s gemessen werden müssen.



Messung von schnellen Druckanstiegszeiten

Messung von Druckpulsationen

Für die Messung kleinster Druckänderungen (Druckpulsationen) bei hohen statischen Druckpegeln sind piezelektrische Drucksensoren die erste Wahl. Diese ermöglichen die Langzeitmessung kleinster Druckpulsationen mit hohen Auflösungen und hervorragendem Signal-Rausch-Verhältnis bis in einen Frequenzbereich von über 100 kHz.

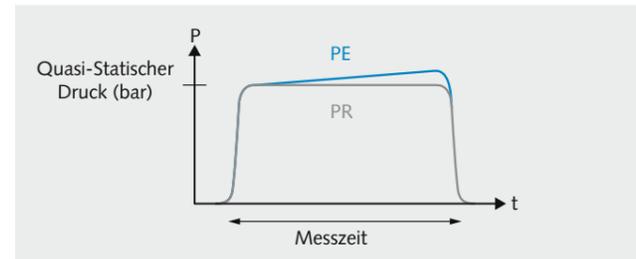


Langzeitmessung kleinster Druckpulsationen mit hervorragendem Signal-Rausch-Verhältnis

Falls bei Druckpulsationsmessung auch der statische Druckanteil von Interesse ist, so empfiehlt sich hierzu zusätzlich noch der Einsatz eines piezoresistiven Drucksensors.

Quasi-Statistische Messung

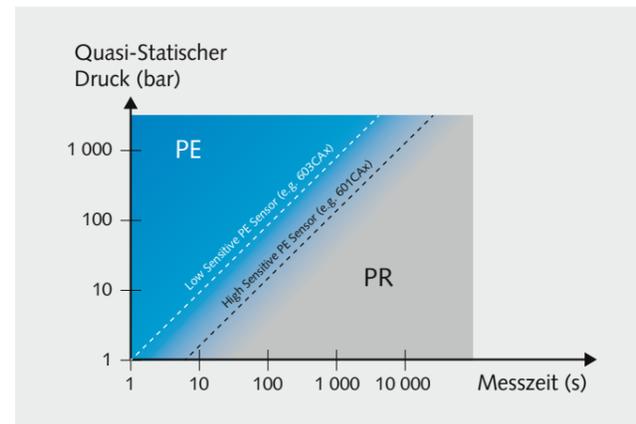
Piezelektrische Drucksensoren mit Ladungsausgang (PE) weisen bei statischer Belastung prinzipbedingt eine kleine Drift auf. Piezoresistive Drucksensoren hingegen arbeiten weitestgehend drifffrei.



Drift bei statischer Druckmessung mittels piezelektrischen Drucksensoren mit Ladungsausgang (PE).

Da bei piezelektrischen Drucksensoren der Driftwert bei statischer Belastung unabhängig vom gemessenen Druck immer gleich bleibt, ist der relative Messfehler, der durch die Drift verursacht wird, immer dann besonders ungünstig, wenn kleine statische Drücke über einen langen Zeitraum gemessen werden sollen. Die Messung eines großen statischen Drucks über eine längere Messzeit ist jedoch kein Problem. Bei piezelektrischen Drucksensoren hängt die Messzeit somit von den Anforderungen an die Genauigkeit und des zu messenden Drucks ab.

Folgende Grafik soll Ihnen als Entscheidungshilfe dienen und aufzeigen, ob für Ihre statische Messung ein piezelektrischer Drucksensor eingesetzt werden kann oder nur der Einsatz eines Piezoresistiven Drucksensors Sinn macht. Die Grafik zeigt sehr deutlich, dass bei genügend großen Drücken auch mit piezelektrischen Drucksensoren lange Messzeiten kein Problem sind. Für langfristige Monitoring-Aufgaben sind Piezoresistive Drucksensoren jedoch klar vorzuziehen.



Messzeit und Druckbereich: piezelektrisch (PE) vs. piezoresistive (PR) (Basis: Drift ± 0.05 pC/s und Messfehler von 1%)

Piezoresistive Drucksensoren

Statische Druckmessung

Piezoresistive Drucksensoren arbeiten weitestgehend drifffrei und eignen sich deswegen Bestens für statische Langzeit-Monitoring-Aufgaben.

Nullpunkt

Piezoresistive Drucksensoren messen den Druck je nach Sensortyp gegenüber unterschiedlichen Nullpunkten (absolut zum Vakuum, relativ zum Umgebungsdruck und differentiell zu einem Vergleichsdruck).

Dahingegen ist der Nullpunkt bei piezelektrischen Drucksensoren durch den anliegenden Druck bei Messbeginn gegeben.

Übersicht

Neben dem wichtigsten Kriterium, ob ein statischer, quasi-statischer, dynamischer Druck oder eine Druckpulsation zu messen ist, gibt es noch weitere Aspekte, welche bei der Wahl des Messprinzips zu beachten sind. Die folgende Übersichtstabelle zeigt verschiedene Kriterien, bei denen eine Messtechnologie der anderen vorzuziehen ist, und dient so als weitere Entscheidungshilfe.

Kriterium	Piezo-elektrische Technologie	PR-Technologie
Statische Messung		
Quasi-Statistische Messung		
Dynamische Messung		
Druckpulsationen		
Kleine Sensorabmessungen		
Weiter Temperaturbereich		
Geringer Temperatureinfluss		

Sollten Sie sich nicht sicher sein, ob sich die piezelektrische oder piezoresistive Messtechnik für Ihre Anwendung eignet, nehmen wir uns gerne Zeit für eine neutrale und unverbindliche Beratung.

Unser T&M Sales-Team freut sich auf Ihre Kontaktaufnahme.



**Piezelektrische
Drucksensoren**

Piezelektrische Drucksensoren

Eines der wichtigsten Selektionskriterien bei Piezelektrischen Drucksensoren ist das Ausgangssignal. Kistler bietet piezelektrische Drucksensoren sowohl mit Ladungs- (PE) als auch Spannungs- ausgang (IEPE) an.

Piezelektrischen Drucksensoren wird eine Elektronik nachgeschaltet, welche die vom Sensor erzeugte Ladung in eine proportionale Spannung umwandelt. Ist diese Elektronik bereits in das Sensorgehäuse integriert, spricht man von Sensoren mit Spannungs- ausgang bzw. IEPE oder Piezotron Sensoren. Erfolgt die Signalaufbereitung durch ein externes Gerät (Ladungsverstärker), handelt es sich um Sensoren mit Ladungsausgang (werden auch als PE Sensoren bezeichnet).

Je nach Anwendung eignet sich piezelektrische Drucksensoren mit Ladungs- oder Spannungs- ausgang besser. Die folgende Tabelle zeigt mögliche Vorteile und Einschränkungen auf:

Piezelektrische Drucksensoren	
Ladungsausgang (PE)	Spannungsausgang (IEPE, Piezotron)
 <p>Piezelektrischer Drucksensor Keine eingebaute Elektronik Ladungsausgang</p>	 <p>Piezelektrischer Drucksensor Eingebaute Elektronik (Integrated Electronics) Spannungsausgang</p>
<ul style="list-style-type: none"> + Quasi-statische Druckmessung + Dynamische Druckmessung + Druckpulsationen + Sehr weiter Temperaturbereich + Einstellbarer Messbereich 	<ul style="list-style-type: none"> + Dynamische Druckmessung + Druckpulsationen + Standard Kabel (Handling) + Anschluß direkt an IEPE-DAQ möglich
<ul style="list-style-type: none"> - Spezielle hochisolierende Kabel (Handling) - Externer Ladungsverstärker 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine quasi-statische Druckmessung - Limitierter Temperaturbereich - Fixer Messbereich

Detaillierte Erläuterungen zu den zwei Ausführungen sind in den folgenden Abschnitten aufgeführt.

PE Drucksensoren

PE Drucksensoren liefern ein Ladungssignal; daher wird die Empfindlichkeit in Pico-Coulomb pro Druckeinheit (z.B. pC/bar oder pC/psi) angegeben. Der an einen PE Drucksensor angelegte Druck erzeugt ein negatives Ladungssignal (aus diesem Grund haben PE Drucksensoren negative Empfindlichkeiten), welches dann durch den externen Ladungsverstärker in ein positives Spannungssignal umgewandelt wird.

Im Gegensatz zu IEPE Drucksensoren müssen PE Drucksensoren nicht mit Strom versorgt werden, da der piezelektrische Kristall bei Applizierung eines Drucks ein Ladungssignal generiert. Um die unglaublich kleinen Ladungen zu transportieren ist allerdings ein spezielles hochisolierendes Kabel erforderlich. Auch muß bei der Arbeit mit PE Messketten darauf geachtet werden, dass alle Stecker und Buchsen stets sauber sind.

PE Drucksensoren müssen an einen externen Ladungsverstärker angeschlossen werden. Dieser wandelt das Ladungs- in ein Spannungssignal um. Kistler bietet Ladungsverstärker mit analogen Ausgängen (welche dann an ein DAQ angeschlossen werden können) als auch digitale Ladungsverstärker mit integriertem DAQ an.

Die Messung von dynamische Druckverläufen und Druckpulsationen ist sowohl mit PE als auch IEPE Drucksensoren möglich. PE Messketten kommen insbesondere dann zum Einsatz wenn einer der folgenden Fälle vorliegt:

- Messung von quasi-statischen Druckverläufen
- Messung von extrem tiefen oder sehr hohen Temperaturen (keine Elektronik im Sensor).
- Abdeckung weiter Messbereiche mit nur einem Drucksensor (Messbereich im Ladungsverstärker einstellbar)

IEPE Drucksensoren (Piezotron)

Die Abkürzung IEPE steht für „Integrated Electronics Piezo Electric“ und bezieht sich auf einen Industriestandard für piezelektrische Sensoren mit integriertem Schaltkreis, der ein Ladungssignal in ein Spannungssignal umwandelt. Piezotron ist die eingetragene Marke von Kistler für IEPE Sensoren.

IEPE Drucksensoren liefern ein Spannungssignal; daher wird die Empfindlichkeit in mV pro Druckeinheit (z.B. mV/bar oder mV/psi) angegeben. Der an einen IEPE Drucksensor angelegte Druck erzeugt ein positives Spannungssignal (aus diesem Grund haben IEPE Drucksensoren positive Empfindlichkeiten).

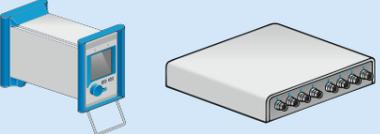
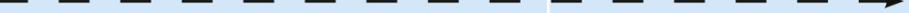
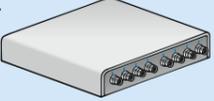
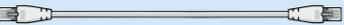
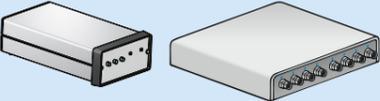
Im Gegensatz zu PE Drucksensoren müssen IEPE Drucksensoren wegen der integrierten Elektronik mit Strom versorgt werden. Allerdings reicht hierfür ein gewöhnliches und preiswertes 2-Leiterkabel, da Versorgungsstrom und Spannungssignal über das gleiche Kabel übertragen werden. Zudem sind die 2-Leiterkabel gegenüber Verschmutzungen am Stecker bzw. Buchsen und Störungen bei langen Kabellängen viel weniger empfindlich.

IEPE Drucksensoren müssen an ein IEPE-Kuppler angeschlossen werden. Dieser versorgt den IEPE Sensor mit einem konstanten Strom und entkoppelt das Spannungssignal vom Stromversorgungssignal. IEPE Drucksensoren können mit einem externen IEPE-Koppler an ein DAQ oder direkt an IEPE-DAQ angeschlossen werden. Kistler bietet sowohl externe IEPE-Koppler als auch digitale IEPE-Kuppler mit integriertem DAQ an.

In all den Fällen in denen nur dynamische Druckverläufe oder Druckpulsationen, bei moderaten Temperaturen und fixem Messbereich, gemessen werden, sind IEPE Drucksensoren eine optimale und preiswerte Lösung.

Piezelektrische Drucksensoren

Messketten

	Messen	Verbinden	Verstärken	Erfassen	Analysieren
PE Drucksensoren	601CAA 601B1 603CAA 	1631C... 1641B... 1939A... 1983AD... etc. 		DAQ (mit integriertem Ladungsverstärker 5165A... 5167A...  KiDAQ 	Kabel für Verbindung zum Laptop  Laptop (kundenseitig) 
			Ladungsverstärker mit analogen Ausgängen 5015A... 5018A... 5080A... 5165A... 5167A... 	Kabel für Verbindung zum DAQ 	KiDAQ oder DAQ von Drittanbieter 
IEPE Drucksensoren (Piezotron)	601CBA... 211B... 603CBA... 	1761B... 1761C... 		DAQ (mit integriertem IEPE Kuppler) 5165A... 	 Laptop (kundenseitig) 
			IEPE Kuppler mit analogen Ausgängen 5108A 5118B2 5148 5165A... 	Kabel für Verbindung zum DAQ 	DAQ ohne integriertem IEPE Kuppler (kundenseitig) 

Details ab Seite 18

Details ab Seite 24

Details ab Seite 31

Piezelektrische Drucksensoren

Produktübersicht

Je nach Test & Measurement Anwendung ergeben sich andere Erfordernisse an den einzusetzenden piezelektrischen Drucksensor. Bei einigen Applikationen steht eine hohe Empfindlichkeit im Vordergrund, bei anderen hingegen eine sehr hohe Eigenfrequenz bzw. schnelle Anstiegszeit, etc. Untenstehende Übersicht gibt einen groben Überblick über die verschiedenen Drucksensor-Serien und deren wichtigsten Parametern.

601C Serie

- PiezoStar Kristall
- Druckbereich bis 250 bar (3 636 psi)
- Sehr weiter Temperaturbereich bis 350°C (662°F)
- Sehr hohe Empfindlichkeit bzw. niedriges Rauschen
- Hohe Eigenfrequenz bzw. schnelle Anstiegszeiten
- Thermoshock optimiertes Sensordesign
- Sensorgehäuse hermetisch dicht verschweißt
- Kleine Sensorabmessung
- PE und IEPE Versionen

601B1/211B Serie

- Quarz Kristall
- Druckbereich bis 250 bar (3 636 psi)
- Standard Temperaturbereich bis 200°C (392°F)
- Mittlere Empfindlichkeit
- Hohe Eigenfrequenz bzw. schnelle Anstiegszeiten
- Beschleunigungskompensiertes Sensordesign
- Sensorgehäuse verklebt bzw. nicht hermetisch dicht
- Kleine Sensorabmessung
- PE und IEPE Versionen

603C Serie

- Quarz Kristall
- Druckbereich bis 1 000 bar (15 000 psi)
- Standard Temperaturbereich bis 200°C (392°F)
- Kleine Empfindlichkeit
- Sehr hohe Eigenfrequenz bzw. sehr schnelle Anstiegszeiten
- Beschleunigungskompensiertes Sensordesign
- Sensorgehäuse hermetisch dicht verschweißt
- Kleine Sensorabmessung
- PE und IEPE Versionen



PE Drucksensoren

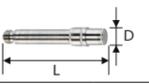
Produktdetails

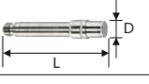
Technische Daten	Typ	601CAA	601B1	603CAA
Messbereich	bar psi	0 ... 250 0 ... 3 626	0 ... 250 0 ... 3 626	0 ... 1 000 0 ... 15 000
Empfindlichkeit (typ.)	pC/bar pC/psi	-37.0 -2.6	-14.5 -1.0	-5.0 -0.35
Linearität (typ.)	% FSO	≤±0.1	≤±1.0	≤±0.4
Betriebstemperaturbereich	°C °F	-196 ... 350 -321 ... 662	-196 ... 200 -321 ... 392	-196 ... 200 -321 ... 392
Anstiegszeit (10 ... 90 %)	µs	<1.4	<1.2	<0.4
Eigenfrequenz	kHz	>215	>250	>500
Beschleunigungsempfindlichkeit	bar/g psi/g	0.0020 0.0290	0.0001 0.0020	0.00014 0.00200
Abmessungen (L x D)	mm	37.7 x 5.55	33.0 x 5.55	37.8 x 5.55
	inch	1.48 x 0.22	1.30 x 0.22	1.49 x 0.22
Gewicht	Gramm	4.5	3.9	4.8
	Oz	0.16	0.14	0.17
Sensorgehäuse hermetisch dicht	-	Ja (Verschweißt)	Nein (Epoxy)	Ja (Verschweißt)
Material (Gehäuse & Membrane)	-	17-4 PH S.S.	17-4 PH & 316L S.S.	17-4 PH S.S.
Stecker	-	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.

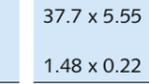


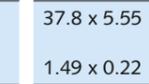
IEPE Drucksensoren

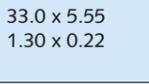
Produktdetails

Technische Daten	Typ	601C Serie			
		601CBA00001.5	601CBA00003.5	601CBA00007.0	601CBA000014.0
Messbereich	bar psi	1.5 22	3.5 50	7.0 100	14.0 200
Empfindlichkeit (typ.)	mV/bar mV/psi	3 333 230	1 429 100	714 50	357 25
Linearität (typ.)	% FSO	≤±1.0	≤±1.0	≤±1.0	≤±1.0
Betriebstemperaturbereich	°C °F	-55 ... 120 -67 ... 248			
Anstiegszeit (10 ... 90 %)	µs	<1.4	<1.4	<1.4	<1.4
Eigenfrequenz	kHz	>215	>215	>215	>215
Zeitkonstante	s	2	3	3	3
Untere Grenzfrequenz	-3 dB -5 %	Hz Hz	0.080 0.243	0.053 0.161	0.053 0.161
Beschleunigungsempfindlichkeit	bar/g psi/g	0.0020 0.0290	0.0020 0.0290	0.0020 0.0290	0.0020 0.0290
Abmessungen (L x D)		mm	37.7 x 5.55	37.7 x 5.55	37.7 x 5.55
		inch	1.48 x 0.22	1.48 x 0.22	1.48 x 0.22
Gewicht	Gramm Oz	3.7 0.13	3.7 0.13	3.7 0.13	3.7 0.13
Sensorgehäuse hermetisch dicht	-	Ja (Verschweißt)	Ja (Verschweißt)	Ja (Verschweißt)	Ja (Verschweißt)
Material	-	17-4 PH S.S.	17-4 PH S.S.	17-4 PH S.S.	17-4 PH S.S.
Stecker	-	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.

Technische Daten	Typ	603C Serie			
		603CBA00014.0	603CBA00035.0	603CBA00070.0	603CBA00350.0
Messbereich	bar psi	14.0 200	35.0 500	70.0 1 000	350 5 000
Empfindlichkeit (typ.)	mV/bar mV/psi	357 25	143 10	71 5	14 1
Linearität (typ.)	% FSO	≤±1.0	≤±1.0	≤±1.0	≤±1.0
Betriebstemperaturbereich	°C °F	-55 ... 120 -67 ... 248			
Anstiegszeit (10 ... 90 %)	µs	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
Eigenfrequenz	kHz	>500	>500	>500	>500
Zeitkonstante	s	2	3	3	3
Untere Grenzfrequenz	-3 dB -5 %	Hz Hz	0.080 0.242	0.053 0.161	0.053 0.161
Beschleunigungsempfindlichkeit	bar/g psi/g	0.00001 0.00015	0.00001 0.00015	0.00001 0.00015	0.00001 0.00015
Abmessungen (L x D)		mm	37.8 x 5.55	37.8 x 5.55	37.8 x 5.55
		inch	1.49 x 0.22	1.49 x 0.22	1.49 x 0.22
Gewicht	Gramm Oz	4.1 0.14	4.1 0.14	4.1 0.14	4.1 0.14
Sensorgehäuse hermetisch dicht	-	Ja (Verschweißt)	Ja (Verschweißt)	Ja (Verschweißt)	Ja (Verschweißt)
Material	-	17-4 PH S.S.	17-4 PH S.S.	17-4 PH S.S.	17-4 PH S.S.
Stecker	-	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.

Technische Daten	Typ	601C Serie		
		601CBA00035.0	601CBA00070.0	601CBA00250.0
Messbereich	bar psi	35.0 500	70 1 000	250 3 626
Empfindlichkeit (typ.)	mV/bar mV/psi	143 10	71 5	20 1.4
Linearität (typ.)	% FSO	≤±1.0	≤±1.0	≤±1.0
Betriebstemperaturbereich	°C °F	-55 ... 120 -67 ... 248	-55 ... 120 -67 ... 248	-55 ... 120 -67 ... 248
Anstiegszeit (10 ... 90 %)	µs	<1.4	<1.4	<1.4
Eigenfrequenz	kHz	>215	>215	>215
Zeitkonstante	s	3	3	3
Untere Grenzfrequenz	-3 dB -5 %	Hz Hz	0.053 0.161	0.053 0.161
Beschleunigungsempfindlichkeit	bar/g psi/g	0.0020 0.0290	0.0020 0.0290	0.0020 0.0290
Abmessungen (L x D)		mm	37.7 x 5.55	37.7 x 5.55
		inch	1.48 x 0.22	1.48 x 0.22
Gewicht	Gramm Oz	3.7 0.13	3.7 0.13	3.7 0.13
Sensorgehäuse hermetisch dicht	-	Ja (Verschweißt)	Ja (Verschweißt)	Ja (Verschweißt)
Material	-	17-4 PH S.S.	17-4 PH S.S.	17-4 PH S.S.
Stecker	-	10-32 neg.	10-32 neg.	10-32 neg.

Technische Daten	Typ	603C Serie	
		603CBA00690.0	603CBA01000.0
Messbereich	bar psi	690 10 000	1 000 15 000
Empfindlichkeit (typ.)	mV/bar mV/psi	7 0.5	5 0.3
Linearität (typ.)	% FSO	≤±1.0	≤±1.0
Betriebstemperaturbereich	°C °F	-55 ... 120 -67 ... 248	-55 ... 120 -67 ... 248
Anstiegszeit (10 ... 90 %)	µs	<0.4	<0.4
Eigenfrequenz	kHz	>500	>500
Zeitkonstante	s	3	3
Untere Grenzfrequenz	-3 dB -5 %	Hz Hz	0.053 0.161
Beschleunigungsempfindlichkeit	bar/g psi/g	0.00001 0.00015	0.00001 0.00015
Abmessungen (L x D)		mm	37.8 x 5.55
		inch	1.49 x 0.22
Gewicht	Gramm Oz	4.1 0.14	4.1 0.14
Sensorgehäuse hermetisch dicht	-	Ja (Verschweißt)	Ja (Verschweißt)
Material	-	17-4 PH S.S.	17-4 PH S.S.
Stecker	-	10-32 neg.	10-32 neg.

Technische Daten	Typ	211B Serie	
		211B6	211B5
Messbereich	bar psi	3.5 50	7.0 100
Empfindlichkeit (typ.)	mV/bar mV/psi	1 450 100	725 50
Linearität (typ.)	% FSO	≤±1.0	≤±1.0
Betriebstemperaturbereich	°C °F	-55 ... 120 -67 ... 248	-55 ... 120 -67 ... 248
Anstiegszeit (10 ... 90 %)	µs	<1.2	<1.2
Eigenfrequenz	kHz	>250	>250
Zeitkonstante	s	20	30
Untere Grenzfrequenz	-3 dB -5 %	Hz Hz	0.008 0.024
Beschleunigungsempfindlichkeit	bar/g psi/g	0.0002 0.0020	0.0002 0.0020
Abmessungen (L x D)		mm	33.0 x 5.55 1.30 x 0.22
		inch	1.30 x 0.22
Gewicht	Gramm Oz	3.9 0.14	3.9 0.14
Sensorgehäuse hermetisch dicht	-	Nein (Epoxy)	Nein (Epoxy)
Material	-	17-4 PH & 316L S.S.	17-4 PH & 316L S.S.
Stecker	-	10-32 neg.	10-32 neg.

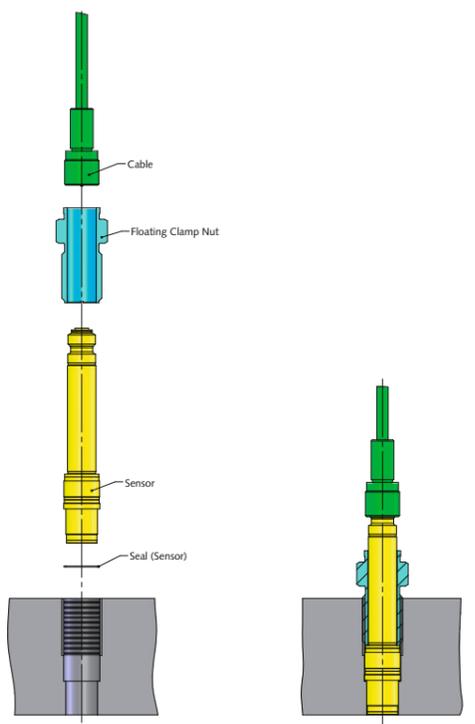
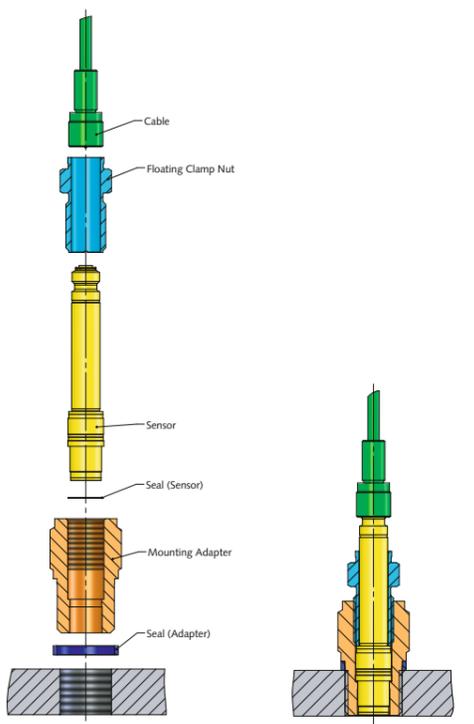
Piezelektrische Drucksensoren

Montage

Bei der Montage von piezelektrischen Drucksensoren wird zwischen folgenden zwei Montagearten unterschieden:

- Direkteinbau
- Adaptereinbau

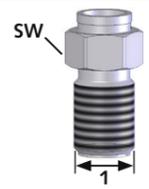
Je nach Anwendung eignet sich die eine oder andere Montageart besser. Die folgende Tabelle zeigt mögliche Vorteile und Einschränkungen auf:

Montageart	
Direkteinbau	Adaptereinbau
	
<ul style="list-style-type: none"> + Bevorzugte Montageart bei kleinen Platzverhältnissen + Ideal bei enger Matrixanordnung von Sensoren 	<ul style="list-style-type: none"> + Bevorzugte Montageart wenn genügend Platz vorhanden ist + Einfache Gewindebohrung + Minimierung struktureller Einflüsse auf Druckmessung (mechanische Entkopplung)
<ul style="list-style-type: none"> - Aufwändige Bohrung mit Spezialwerkzeug - Minimierung struktureller Einflüsse auf Druckmessung (mechanische Entkopplung) 	<ul style="list-style-type: none"> - Platzbedarf

Piezelektrische Drucksensoren

Zubehör

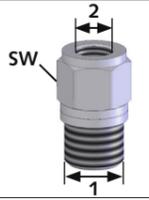
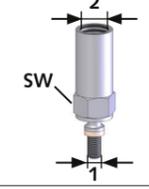
Montagehülse

Typ	Gewinde (1)	SW
 6423B00	M7 x 0.75	8
6423B11	5/16-24 UNF	9/32"

Sensor Dummy

Typ	Bemerkungen
 6487AA	Sensor Dummy (Solid)

Adapter

Typ	Gewinde		SW
	Aussen (1)	Aussen (2)	
 6503C0A	M10x1	M7x0.75	11
6503C1A	3/8-24 UNF	5/16-24 UNF	7/16"
 6507B0A	M3x0.5	M7x0.75	8
6507B1A	5-40 UNC	5/16-24 UNF	11/32"

Dichtung

Typ	Material	Dichtung für
1131 1131A	Kupfer Nickel	Sensor
1113C0B 1113C0C	Rostfreier Stahl 1-4301 / 304 Kupfer	6503C0A
1113C1B 1113C1C	Rostfreier Stahl 1-4301 / 304 Kupfer	6503C1A
1117B0C	Kupfer	6507B0A 6507B1A

*) Alle Adapter werden mit je 1 Stk. aller passenden Adaptertypdichtungen und 1 Stück Schmierfett Typ 1063 geliefert. Alle Drucksensoren werden mit 5 Stk. Sensordichtung Typ 1131 geliefert.

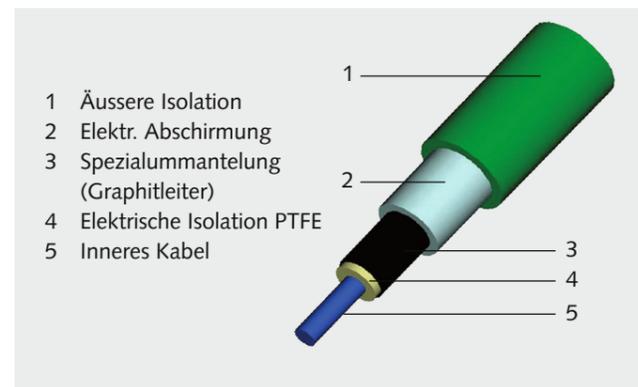
Piezelektrische Drucksensoren

Kabel

PE Kabel

PE Drucksensoren und Ladungsverstärker müssen zwingend mit einem hochisolierenden Kabel verbunden werden (Isolationswiderstand $>10^{13} \Omega$).

Im Gegensatz zu Standard-Koaxialkabeln wird bei hochisolierenden Kabeln der innerste Leiter mit PTFE isoliert. Dadurch wird der Drifffeffekt auf ein absolutes Minimum reduziert. Zusätzlich minimiert eine Spezialummantelung aus Graphit den triboelektrischen Effekt. Beim äussersten Isolationsmantel gibt es verschiedene Ausführungen mit entsprechenden Eigenschaften (siehe Kabelauführungen).



Aufbau eines hochisolierenden Kistler Kabels

Die in den folgenden beiden Abschnitten dargelegten Punkte sind besonders bei der Messung von sehr kleinen Drücken wichtig.

Nebst dem Einsatz von hochisolierenden Kabeln sollte bei der Arbeit mit piezelektrischen Messketten auch darauf geachtet werden, dass alle Stecker und Buchsen stets sauber sind. Es wird empfohlen, die Schutzkappen auf den Buchsen der Drucksensoren bzw. Ladungsverstärker zu belassen, bis diese angeschlossen werden. Beim Trennen bzw. Aufbewahren der Komponenten sollten die Schutzkappen wieder montiert werden. Bei einer allfälligen Verschmutzung können die Stecker mit dem Kistler Reinigungsspray Typ 1003 gereinigt werden.

Das Phänomen des triboelektrischen Effekts beschreibt, wie durch das Bewegen eines Kabels minimale Ladungen an der Leiteroberfläche entstehen. Dank der Spezialummantelung aus Graphit ist der Einfluss des triboelektrischen Effekts bei hochisolierenden Kabeln von Kistler allerdings sehr gering ($<1 \text{ pC}$ bei hohen Vibrationen). Nichtsdestotrotz empfiehlt es sich, bei der Verlegung der Kabel stets darauf zu achten, dass diese möglichst wenig Vibrationen und Bewegungen ausgesetzt sind.

IEPE Kabel

IEPE Drucksensoren und IEPE-Kuppler können mit einem preiswerten standard Zwei-Leiterkabel oder einem hochisolierendem PE-Kabel miteinander verbunden werden.

Kabelauführungen

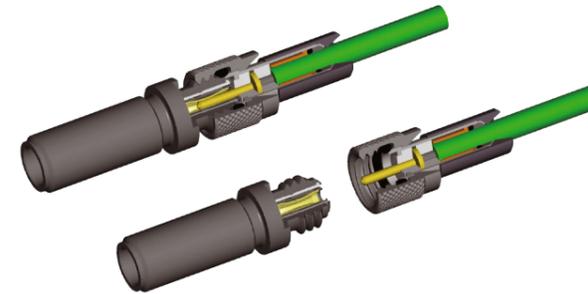


Kabelanschlüsse

Kabelstecker sensorseitig

Für den Anschluß der Kabel an den Sensor stehen grundsätzlich zwei Kabelstecker zur Verfügung.

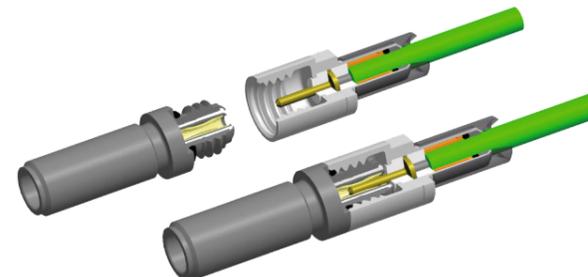
Kabel mit einem **KIAG 10-32 pos.** Stecker können dank der drehbaren Überwurfmutter schnell und ohne Mitdrehen des gesamten Kabels an- und abgeschraubt werden. Dies ist besonders bei Anwendungen von Vorteil, bei denen das Kabel öfters entfernt bzw. wieder angebracht werden muß.



KIAG 10-32 pos. – Stecker mit drehbarer Überwurfmutter

Der **KIAG 10-32 pos. int.** Kabelstecker verfügt über ein integriertes Gewinde, wodurch sich das Kabel beim An- und Abschrauben auch gleich mitdreht. Dieser Anschluß ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der Kabelstecker an den Sensor verschweißt werden muß. Bei PFA-Kabeln bietet die Verschweissung des Kabelsteckers mit dem Sensor einen guten Schutz vor einem Loslösen des Kabels, wenn die Messkette starken Vibrationen ausgesetzt ist. Wenn eine hohe Dichtigkeit (IP68) gefordert wird, so ist das FKM-Kabel vorzuziehen.

Wenn Sie eine Verschweissung des Steckers mit dem Sensor wünschen, geben Sie dies bitte bei der Bestellung an.



KIAG 10-32 pos. int. – Stecker mit integriertem Gewinde

Kabelstecker signalaufbereitungsseitig

Für den direkten Anschluß des Kabels an den Signal Conditioner oder Kuppler wird zwingend ein **BNC pos.** Kabelstecker benötigt. Die meisten Kabel sind in dieser Ausführung erhältlich. Für Anwendungen, bei denen das Kabel durch kleine Öffnungen verlegt werden muß, sind diese Kabel jedoch nicht geeignet.

Hierfür sind Kabel mit einem KIAG 10-32 pos. Kabelstecker beidseitig besser geeignet. Bedingt durch den kleineren Durchmesser von KIAG 10-32 Steckern ($\varnothing 6 \text{ mm}$) im Vergleich zu BNC-Steckern ($\varnothing 15 \text{ mm}$) lassen sich diese durch kleinere Öffnungen verlegen. Anschließend kann der KIAG 10-32 pos. (int.) Kabelstecker mit einer Kupplung Typ 1721 an die BNC-Buchse des Ladungsverstärkers angeschlossen werden.



Kabel mit Anschluß KIAG 10-32 pos. beidseitig



Kupplung Typ 1721 (KIAG 10-32 neg. zu BNC pos.)

Piezelektrische Drucksensoren

Kabelübersicht

Sensorfamilie	Kabel														
	Technische Daten	Typ	Anschluss		Länge Standard [m]	Länge kundenspezifisch [m]		Material Kabelummantelung	Betriebstemperaturbereich [°C]		Kabel an Sensor schweisssbar		Schutzart nach IEC/EN 60529		Bemerkungen
			links	rechts		min.	max.		min.	max.	ja	nein	links	rechts	
601CAA 601B1 603CAA		1631C...	KIAG 10-32 pos.	BNC pos.	0.5 / 1 / 2 / 3 / 5 / 10 / 20	0.1	100	PFA	-55	200		•	IP65	IP40	Standardkabel für die meisten Anwendungen
		1641B...	KIAG 10-32 pos. 90°	BNC pos.	0.5 / 1 / 2 / 5	0.1	100	PFA	-55	200		•	IP40	IP40	
		1939A...	KIAG 10-32 pos. int.	BNC pos.	1 / 2 / 3	0.1	100	PFA	-55	200	•		IP65 -> Anschluss verschraubt IP67 -> Anschluß verschweißt	IP40	
		1635C...	KIAG 10-32 pos.	KIAG 10-32 pos.	0.5 / 1 / 2 / 3 / 5 / 10	0.1	100	PFA	-55	200		•	IP65	IP65	
		1957A...	KIAG 10-32 pos.	KIAG 10-32 pos.	1	0.1	10	PFA mit rostfreiem Stahlgeflecht	-55	200		•	IP65	IP65	
		1969A...	KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int.	1	0.1	10	PFA mit rostfreiem Stahlgeflecht	-55	200	•		IP65 -> Anschluss verschraubt IP67 -> Anschluss verschweißt	IP65	
		1967A...	KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int.	0.5 / 1 / 2 / 3	0.1	10	PFA mit rostfreiem Stahlgeflecht masseisoliert	-55	200	•		IP65 -> Anschluss verschraubt IP67 -> Anschluss verschweißt	IP65	
		1983AD...	KIAG 10-32 pos. int.	BNC pos.	2 / 5 6.6 / 16.4	0.1 0.3	20	FKM	-20	200	•		IP65 -> Anschluss verschraubt IP68 -> Anschluss verschweißt	IP40	
	1983AC...	KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 pos. int.	0.5 / 1 / 1.5 / 2 / 3 / 5 1.6 / 3.3 / 4.9 / 6.6 / 9.8 / 16.4	0.1 0.3	20	FKM	-20	200	•		IP65 -> Anschluss verschraubt IP68 -> Anschluss verschweißt	IP65		
601CBA ... 211B... 603CBA...		1761B...	KIAG 10-32 pos.	BNC pos.	1 / 2 / 3 / 5	0.1	200	PTFE	-196	200		•	IP65	IP40	Standardkabel für die meisten IEPE Anwendungen
		1762B...	KIAG 10-32 pos.	KIAG 10-32 pos.	1 / 2 / 3 / 5	0.1	200	PTFE	-196	200		•	IP65	IP65	

Piezelektrische Drucksensoren

Kabel Zubehör

Kupplungen

Typ	Anschluß	links		rechts	
		links	rechts	links	rechts
1701		BNC neg.	BNC neg.	BNC neg.	BNC neg.
1705		BNC pos.	M4x0.35 neg.	BNC pos.	M4x0.35 neg.
1721		BNC pos.	KIAG 10-32 neg.	BNC pos.	KIAG 10-32 neg.
1729A		KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 neg.
1733		BNC pos.	Bananen-Buchsen	BNC pos.	Bananen-Buchsen

Typ	Anschluß	links		rechts	
		links	rechts	links	rechts
1743		BNC pos.	2 x BNC neg.	BNC pos.	2 x BNC neg.
1749		KIAG 10-32 pos.	2 x KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 pos.	2 x KIAG 10-32 neg.
1700A29		KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 pos. int.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 pos. int.
1703		BNC neg.	BNC neg.	BNC neg.	BNC neg.

Kunststoffschutzkappen

Typ	Zur Verwendung für
1851	 BNC neg.
1861A	 BNC pos.
1891	 KIAG 10-32 neg.

Zubehör für PE Messketten

Typ	Zur Verwendung für
5493	 Isolations-Prüfgerät für die Isolationskontrolle von PE Messketten. Misst die Isolation von Sensoren, Kabeln und Ladungsverstärkern.
1003A	 Reinigungs- und Isolationsspray für PE Messketten

Die Kunststoffschutzkappen schützen die Stecker und Buchsen zuverlässig vor Verschmutzung. Es wird empfohlen bei Nichtgebrauch bzw. Aufbewahrung der Sensoren und Ladungsverstärker die Anschlüsse stets mit Schutzkappen zu schützen.

BNC-Kabel hochisolierend

Typ	Stecker		Länge standard [m]	Länge kundenspezifisch [m]		Material Kabelummantelung	Betriebstemperaturbereich [°C]		Schutzart nach IEC/EN 60529	
	links	rechts		min.	max.		min.	max.	links	rechts
1601B... 	BNC pos.	BNC pos.	0.5 / 1 / 2 / 5 / 10 / 20	0.1	50	PVC	-25	70	IP40	IP40



Signalaufbereitung für piezoelektrische Sensoren

Signalaufbereitung für piezoelektrische Sensoren

Um verwertbare Messresultate zu erhalten, gilt es, die Signale von PE und IEPE Sensoren rauscharm und präzise aufzubereiten. Kistler bietet ein umfangreiches Produktportfolio für die Signalaufbereitung und anschließende Digitalisierung der Daten.

Die Signalaufbereitung ist abhängig vom Sensortyp (PE oder IEPE) wie folgt zu wählen:

- Ladungsverstärker für PE Sensoren
- IEPE (Piezotron) Kuppler für IEPE Sensoren

Neben reinen Ladungsverstärkern und IEPE Kupplern bietet Kistler auch sogenannte Dual-Mode Geräte an welche beide Funktionalitäten in einem Gerät vereinen.

Bei den IEPE Kupplern ist zu beachten dass es neben reinen Kupplern auch Datenerfassungssysteme mit IEPE Eingängen gibt. Der IEPE Kuppler ist bei solchen Geräten integriert und IEPE Sensoren können direkt an das Datenerfassungssystem angeschlossen werden.

Ladungsverstärker	IEPE (Piezotron) Kuppler
<p>Ein Ladungsverstärker ist die geeignete Signalaufbereitungslösung für PE Sensoren. Der Verstärker wandelt das Ladungssignal des Sensors in ein proportionales Spannungssignal und macht das Messsignal somit für die Weiterverarbeitung zugänglich.</p> <p>Kistler bietet sowohl Ladungsverstärker mit analogen Ausgängen als auch digitale Ladungsverstärker mit integrierter Datenerfassung (DAQ) an.</p> <p>Weiterführende Informationen zu den Ladungsverstärkern finden Sie ab Seite 33.</p>	<p>Ein IEPE Kuppler ist für die Signalaufbereitung von Messsignalen von IEPE Sensoren zu verwenden. Der Kuppler versorgt den im Sensor integrierten Schaltkreis mit einem konstanten Strom und entkoppelt das Messsignal vom Stromversorgungssignal.</p> <p>Das Kistler Portfolio umfasst sowohl IEPE Kuppler mit analogen Ausgängen als auch digitale IEPE Kuppler mit integrierter Datenerfassung (DAQ).</p> <p>Weiterführende Informationen zu den IEPE Kupplern finden Sie ab Seite 38.</p>
<p>Ladungsverstärker mit integriertem DAQ</p>	<p>Ladungsverstärker ohne DAQ</p>
<p>IEPE Kuppler mit integriertem DAQ</p>	<p>IEPE Kuppler ohne DAQ</p>

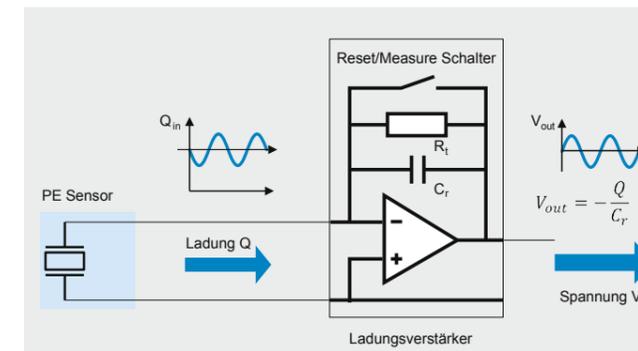
Ladungsverstärker

Die von einem piezoelektrischen Sensor erzeugte Ladung ist eine der Messung nur schwer zugängliche Größe. Dem Sensor wird deshalb eine Elektronik nachgeschaltet, die das Ladungssignal in ein Spannungssignal wandelt.

Ein sogenannter Ladungsverstärker wandelt die negative Ladung, die der piezoelektrische Sensor unter Belastung eines Drucks abgibt, in eine positive Spannung proportional zur Ladung bzw. wirkenden Druck. Drucksensoren haben prinzipbedingt eine negative Empfindlichkeit und geben unter Belastung eine negative Ladung ab.

Die folgende Abbildung zeigt das Schaltbild eines Ladungsverstärkers mit seinen drei wesentlichen Bestandteilen:

- Bereichskondensator C_r
- Zeitkonstantenwiderstand R_t
- Reset-/Measure-Schalter



Schaltbild Ladungsverstärker

Mit dem **Bereichskondensator C_r** wird der Messbereich des Ladungsverstärkers eingestellt, indem zwischen unterschiedlichen Bereichskondensatoren umgeschaltet wird. Das Umschalten der Messbereiche ermöglicht das Messen über mehrere Dekaden mit hervorragendem Signal-Rausch-Verhältnis. So ist es zum Beispiel möglich, mit demselben Drucksensor sowohl Drücke im Bereich von mehreren 100 bar als auch im Bereich von einigen mbar nur durch Umschaltung des Messbereichs zu messen. Das Signal-Rausch-Verhältnis ist dabei in beiden Bereichen ausgezeichnet.

Der **Zeitkonstantenwiderstand R_t** definiert die Zeitkonstante des Ladungsverstärkers. Im Frequenzbereich betrachtet bestimmt die Zeitkonstante die Grenzfrequenz der Hochpass-Charakteristik des Ladungsverstärkers. Durch Umschalten zwischen unterschiedlichen Zeitkonstantenwiderständen kann die Hochpass-Charakteristik verändert werden.

Mit dem **Reset-/Measure-Schalter** wird der Start der Messung gesteuert bzw. der Nullpunkt gesetzt.

Selektionskriterien für Ladungsverstärker

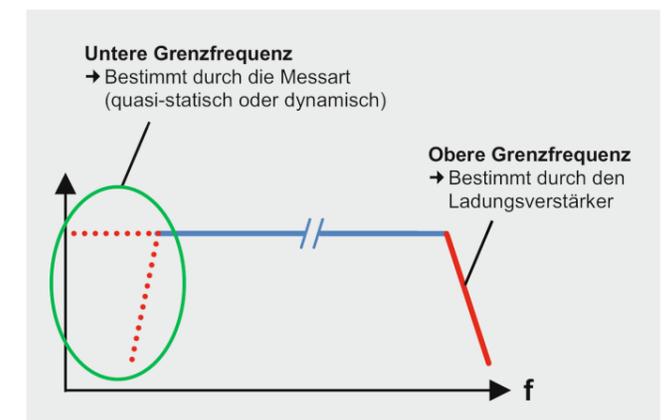
Über die Wahl eines für die Applikation passenden Ladungsverstärkers entscheiden diverse Kriterien. Die Produktübersicht auf Seite 40 zeigt eine Auswahl an geeigneten Ladungsverstärkern mit allen Kriterien. Die wichtigsten Selektionskriterien für die Wahl eines geeigneten Ladungsverstärkers sind die Folgenden:

- Anzahl Kanäle
- Messbereich
- Messart
- Frequenzbereich
- Datennutzung

In den nachfolgenden Abschnitten werden die zwei Selektionskriterien "Frequenzbereich" und "Messart" genauer erläutert.

Frequenzbereich

Der Frequenzbereich eines Ladungsverstärkers wird definiert durch die untere und obere Grenzfrequenz. Dabei wird die untere Grenzfrequenz durch die Messart (quasi-statisch oder dynamisch) festgelegt, welche die Hochpass-Charakteristik bestimmt. Die obere Grenzfrequenz wird durch die Tiefpass-Charakteristik festgelegt, welche jeder Ladungsverstärker systembedingt aufweist. Damit ist die obere Grenzfrequenz nur abhängig vom Ladungsverstärkerdesign, nicht aber von der Messart.



Frequenzbereich Ladungsverstärker

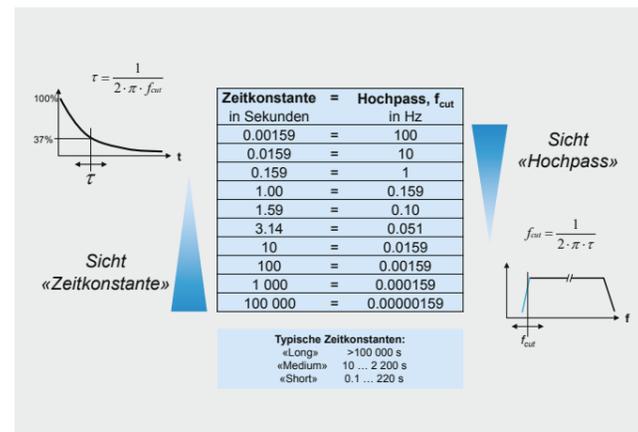
Messart – Quasi-statische versus dynamische Messung

In der piezoelektrischen Messtechnik wird zwischen quasi-statischer und dynamischer Messung unterschieden. Die meisten Ladungsverstärker unterstützen beide Messarten, es gibt jedoch Verstärker, welche nur eine der zwei Messarten zulassen. Aus diesem Grund ist es entscheidend, sich im Klaren darüber zu sein, welche Messart für die spezifische Messaufgabe anzuwenden ist.

Die Messart bestimmt das Verhalten des Ladungsverstärkers im unteren Frequenzbereich und wird durch einen wesentlichen Bestandteil des Ladungsverstärkers beeinflusst – den Zeitkonstantenwiderstand bzw. die Zeitkonstante.

Zeitkonstante versus Hochpass

Die Zeitkonstante bestimmt die Grenzfrequenz der Hochpass-Charakteristik des Ladungsverstärkers. Die nachfolgende Darstellung zeigt den Zusammenhang zwischen der Zeitkonstante (τ) und der Grenzfrequenz (f_{cut}) der Hochpass-Charakteristik. Je nachdem ob der Zeitbereich oder der Frequenzbereich von Interesse ist eignet sich die eine oder andere Sichtweise besser.



Zeitkonstante vs. Hochpass

Folgende Tabelle zeigt den Einfluß der Messart bzw. der Zeitkonstante auf das Verhalten des Ladungsverstärkers im Frequenz- und Zeitbereich.

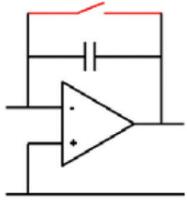
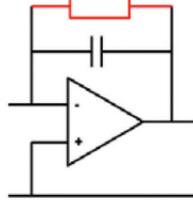
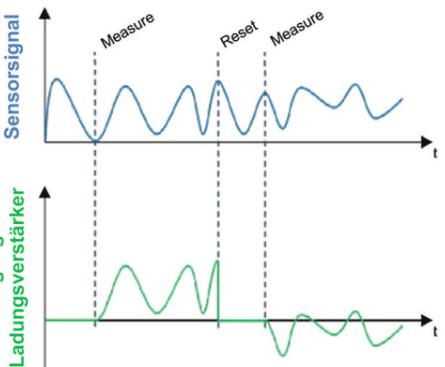
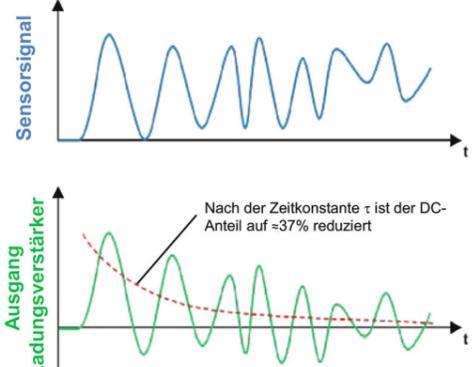
Quasi-statische Messung	Dynamische Messung
<ul style="list-style-type: none"> • Zeitkonstante "Long" (kein Zeitkonstantenwiderstand) • Verhalten ist vergleichbar mit dem DC-Modus beim KO 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitkonstante "Short" (mit Zeitkonstantenwiderstand) • Verhalten ist vergleichbar mit dem AC-Modus beim KO
<ul style="list-style-type: none"> • Verhalten im Frequenzbereich: 	<ul style="list-style-type: none"> • Verhalten im Frequenzbereich:
<ul style="list-style-type: none"> • Verhalten im Zeitbereich: 	<ul style="list-style-type: none"> • Verhalten im Zeitbereich:
<p>→ Prinzipbedingte Drift wird bei längerer Messzeit sichtbar</p>	<p>→ keine Drift wegen Zeitkonstante</p>

Für Applikationen, in denen ein statischer Druck über eine längere Zeit gemessen werden muß, wird somit ein Ladungsverstärker benötigt, welcher die quasi-statische Messung (Zeitkonstante "Long") unterstützt.

Reset/Measure

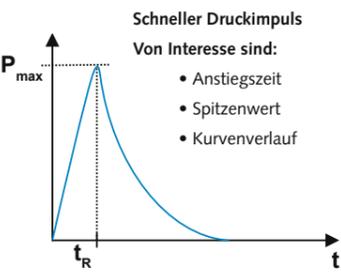
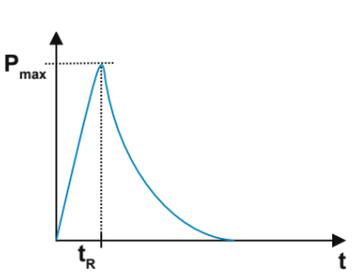
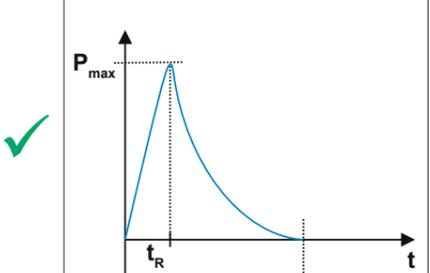
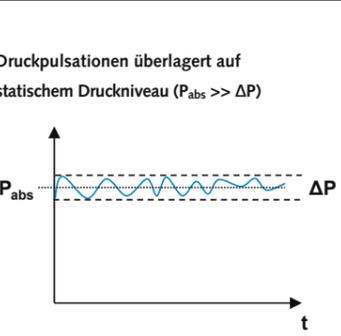
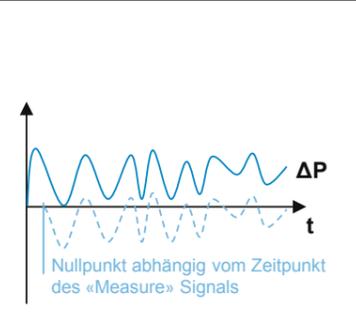
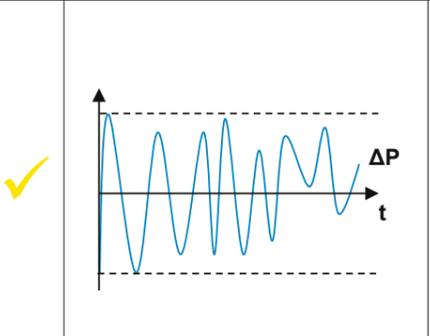
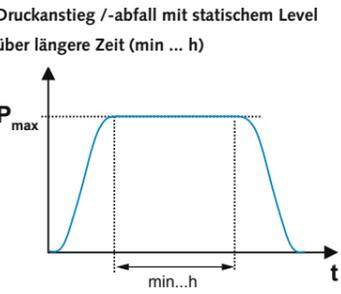
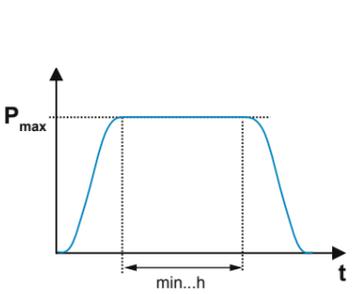
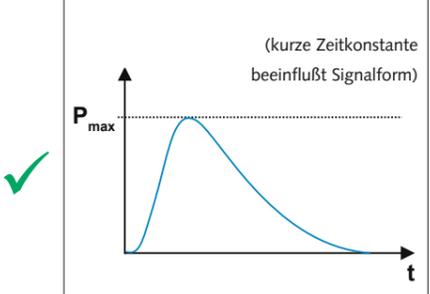
Mit der piezoelektrischen Messtechnik ist die Messung mit absolutem Nullpunktbezug prinzipbedingt nicht möglich. Der Nullpunkt wird bei der quasi-statischen Messung mit dem Start der Messung festgelegt, wobei der Start durch den Reset/Measure-Schalter gesteuert wird. Bei der dynamischen Messung hingegen kann kein Nullpunkt gesetzt werden, da bedingt durch die Zeitkonstante ohne Nullpunktbezug gemessen wird.

Die nachfolgende Tabelle zeigt das Verhalten des Ladungsverstärkers bezüglich Reset/Measure-Schalter für die zwei Messarten.

Quasi-statische Messung	Dynamische Messung
	
<ul style="list-style-type: none"> • Nullpunkt wird beim Start der Messung gesetzt • Start der Messung wird durch Reset-/Measure-Schalter gesteuert 	<ul style="list-style-type: none"> • Messung ohne Nullpunktbezug, bedingt durch die Zeitkonstante • Kein Reset-/Measure-Signal notwendig bzw. der Ladungsverstärker wird immer im Measure-Modus betrieben
<ul style="list-style-type: none"> • Verhalten im Zeitbereich: 	<ul style="list-style-type: none"> • Verhalten im Zeitbereich:  <p>Nach der Zeitkonstante τ ist der DC-Anteil auf $\approx 37\%$ reduziert</p>

Messsignale und geeignete Messart

Die nachfolgende Tabelle zeigt für einige typische Beispiele von Messsignalen aus der Druckmesstechnik das Verhalten des Ladungsverstärkers für die quasi-statische und dynamische Messung. Die Beispiele dienen als Unterstützung, um für die spezifische Messaufgabe die geeignete Messart zu wählen.

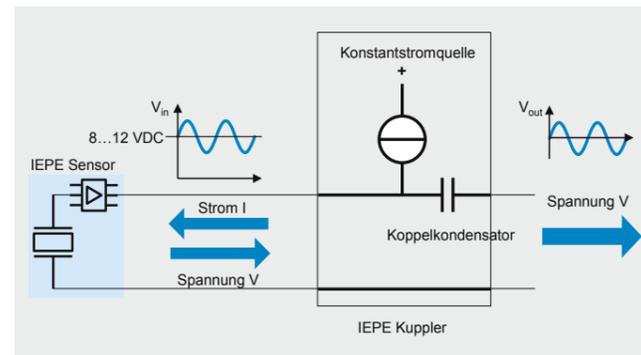
Physikalisches Drucksignal	Ausgang Ladungsverstärker	
	Quasi-statische Messung → Zeitkonstante "Long"	Dynamische Messung → Zeitkonstante "Short"
Dynamische Druckmessung  <p>Schneller Druckimpuls Von Interesse sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anstiegszeit • Spitzenwert • Kurvenverlauf 		 <p>max. 20 ms</p>
Messung von Druckpulsationen  <p>Druckpulsationen überlagert auf statischem Druckniveau ($P_{abs} \gg \Delta P$)</p>	 <p>Nullpunkt abhängig vom Zeitpunkt des «Measure» Signals</p>	
Quasi-statische Druckmessung  <p>Druckanstieg /-abfall mit statischem Level über längere Zeit (min ... h)</p>	 <p>→ Siehe Abschnitt „Quasi-statische Messung“ auf Seite 10</p>	 <p>(kurze Zeitkonstante beeinflusst Signalform)</p>

IEPE (Piezotron) Kuppler

Für die Signalaufbereitung des Messsignals eines IEPE Sensors wird ein IEPE Kuppler benötigt. Der IEPE Kuppler versorgt den im Sensor integrierten Schaltkreis mit Strom und entkoppelt das dynamische Messsignal vom Stromversorgungssignal.

Die nachfolgende Abbildung zeigt das Schaltbild eines IEPE Kupplers mit seinen zwei wesentlichen Bestandteilen:

- Konstantstromquelle
- Koppelkondensator



Schaltbild IEPE Kuppler

Der IEPE Sensor wird über ein 2-Leiterkabel an den IEPE Kuppler angeschlossen. Dabei versorgt der IEPE Kuppler mit der **Konstantstromquelle** den im IEPE Sensor integrierten Schaltkreis mit Strom. Durch die Stromversorgung stellt sich eine sogenannte Bias-Spannung im Bereich von 8 bis 12 V (abhängig vom IEPE Sensor) ein. Das dynamische Messsignal wird überlagert auf der statischen Bias-Spannung vom IEPE Sensor zum IEPE Kuppler übertragen. Der IEPE Kuppler entkoppelt das Messsignal mit dem **Koppelkondensator** von der Bias-Spannung, womit am Ausgang des Kupplers das rein dynamische Messsignal ohne Bias-Spannung zur Verfügung steht.

Selektionskriterien für IEPE Kuppler

Über die Wahl eines für die Applikation passenden IEPE Kupplers entscheiden diverse Kriterien. Die Produktübersicht auf Seite 40 zeigt eine Auswahl an geeigneten IEPE Kupplern mit allen Kriterien. Die wichtigsten Selektionskriterien für die Wahl eines geeigneten IEPE Kupplers sind die Folgenden:

- Anzahl Kanäle
- Messbereich
- Messart
- Frequenzbereich
- Datennutzung

In den nachfolgenden Abschnitten werden die zwei Selektionskriterien "Frequenzbereich" und "Messart" genauer erläutert.

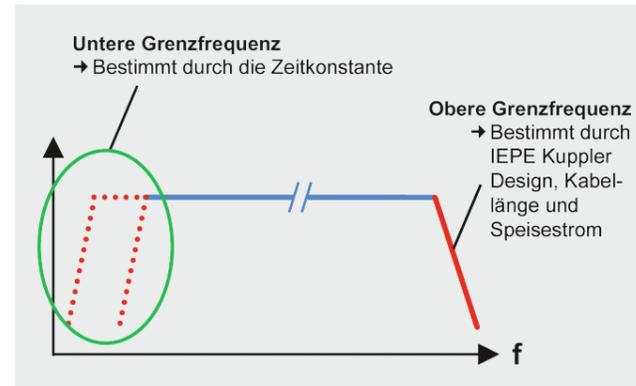
Frequenzbereich

Der Frequenzbereich eines IEPE Kupplers wird durch die untere und obere Grenzfrequenz definiert.

Dabei wird die untere Grenzfrequenz durch die Zeitkonstante festgelegt, welche die Hochpass-Charakteristik bestimmt. Die obere Grenzfrequenz wird durch die Tiefpass-Charakteristik festgelegt, welcher jeder IEPE Kuppler systembedingt aufweist.

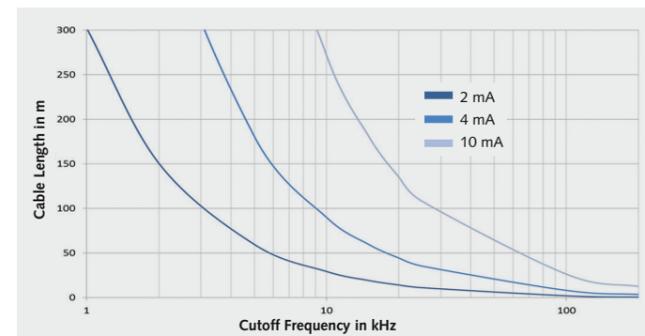
Neben der systembedingten Tiefpass-Charakteristik des IEPE Kupplers haben die folgenden Parameter einen erheblichen Einfluss auf die obere Grenzfrequenz:

- Kabellänge zwischen Sensor und Kuppler
- Speisestrom für Sensor



Frequenzbereich IEPE Kuppler

Das nachfolgende Diagramm zeigt den Einfluss der Kabellänge und des Speisestroms auf die obere Grenzfrequenz eines typischen IEPE Kupplers, wobei das Design der Eingangsschaltung des Kupplers das Verhalten beeinflussen kann.



Obere Grenzfrequenz (-3 dB, ±5V Signal): Einfluss von Kabellänge und Speisestrom

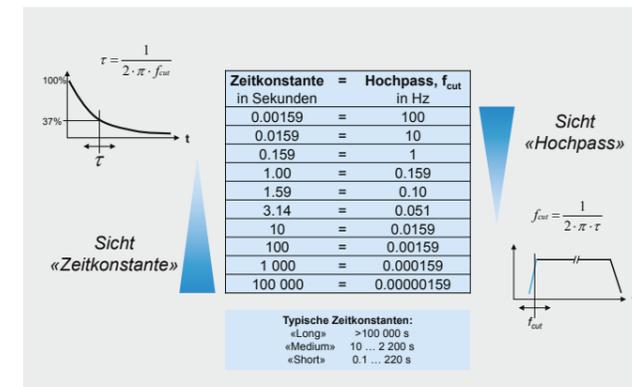
Messart – Nur dynamische Messung

Die Messart bestimmt das Verhalten im unteren Frequenzbereich und wird durch die Zeitkonstante des IEPE Kupplers beeinflusst.

Mit einem IEPE Kuppler sind im Gegensatz zu einigen Ladungsverstärkern nur dynamische nicht aber quasi-statische Messungen (siehe Kapitel „Messart – Quasi-statische versus dynamische Messung“ auf Seite 34) möglich. Der Grund dafür liegt im Aufbau des IEPE Kupplers mit dem Koppelkondensator, welcher statische Signalanteile filtert und somit eine Hochpass-Charakteristik aufweist.

Zeitkonstante versus Hochpass

Die Zeitkonstante bestimmt die Grenzfrequenz der Hochpass-Charakteristik des IEPE Kupplers. Die nachfolgende Darstellung zeigt den Zusammenhang zwischen der Zeitkonstante (τ) und der Grenzfrequenz (f_{cut}) der Hochpass-Charakteristik. Je nachdem ob der Zeitbereich oder der Frequenzbereich von Interesse ist eignet sich die eine oder andere Sichtweise besser.



Zeitkonstante vs. Hochpass

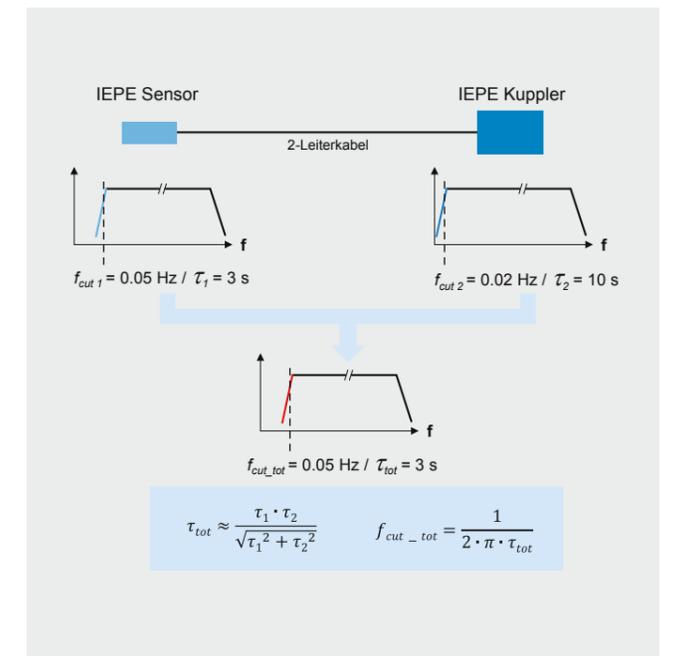
Ein IEPE Kuppler hat typischerweise eine Zeitkonstante kleiner 10 s, wobei es auch Kuppler mit einstellbaren Zeitkonstanten gibt.

IEPE Messkette und Zeitkonstanten

Bei der IEPE Messkette, bestehend aus dem IEPE Sensor und dem IEPE Kuppler, ist zu beachten dass nebst dem Kuppler auch der Sensor eine Zeitkonstante aufweist.

Die Zeitkonstante der gesamten Messkette wird durch die Zeitkonstante des Sensors als auch diejenige des Kupplers beeinflusst. Bei der Betrachtung des Gesamtsystems sind deshalb beide Zeitkonstanten von Interesse wobei die kleinere Zeitkonstante dominiert.

Das nachfolgende Beispiel zeigt wie die Zeitkonstante der gesamten Messkette (τ_{tot}) basierend auf den Zeitkonstanten der Einzelkomponenten ermittelt werden kann. Aus der Zeitkonstante des Gesamtsystems lässt sich dann auch wieder die Grenzfrequenz (f_{cut_tot}) der Hochpass-Charakteristik der gesamten Messkette ableiten.



IEPE Messkette - Zeitkonstante und Grenzfrequenz

Ladungsverstärker & IEPE Kuppler

Produktübersicht

Typ	Anwendungsfälle			Geeignet für		Anzahl Kanäle	Messbereich			Messart ¹⁾		Frequenzbereich ²⁾				Bedienung				Datennutzung		Zusatzinformationen
	Dynamische Druckmessung	Messung von Druckpulsationen	Quasi-statische Druckmessung	PE Sensoren	IEPE Sensoren		1 mbar	1 bar	1 kbar	Quasi-statisch	Dynamisch	≈0 Hz (quasi-statisch)	0.1 Hz	10 kHz	100 kHz	Display und Drehknopf	LED's und Schalter	PC	LabVIEW™ (Virtual Instrument-Treiber)	Analogausgang	Integrierte Datenerfassung	
5165A...		■	■	■	■	1 / 4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> • Konfiguration und Steuerung mittels Standard-Webbrowser • Flexible Filtermöglichkeiten • Flexible 2-Punkt-Skalierung für Analogausgänge • Zwei Ethernet-Schnittstellen mit integrierter Switch-Funktionalität • Für Mehrkanalanwendungen können mehrere Geräte (Typ 5165A... als auch Typ 5167Ax0) synchronisiert Daten erfassen 	
5167Ax0...		■	■	■	■	4 / 8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> • Konfiguration und Steuerung über KiStudio Lab Software • Flexible Filtermöglichkeiten • Leistungsstarke Nachbearbeitungsanalyse mit jBEAM • Kombinierbar mit anderen Messgrößen und Sensoren von Drittanbietern 	
KiDAQ		■	■	■	■	n x 4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Statistikfunktionen (Anzeige auf Display) 	
5015A...		■	■	■	■	1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr rauscharm 	
5018A...		■	■	■	■	1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr rauscharm 	
5080A...		■	■	■	■	1 ... 8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> • Fixe Zeitkonstante (8 s) und Verstärkung (1) • Betrieb ab Labor-Netzteil 	
5108A		■	■	■	■	1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> • Verstärkung einstellbar (1x, 10x, 100x) • Zeitkonstante einstellbar (5 s, 25 s) • Netz- und Batteriebetrieb möglich 	
5118B2		■	■	■	■	1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> • Fixe Zeitkonstante (10 s) und Verstärkung (1) 	
5148		■	■	■	■	16	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	<ul style="list-style-type: none"> • Fixe Zeitkonstante (10 s) und Verstärkung (1) 	

¹⁾ Für Ladungsverstärker: siehe Kapitel "Messart – Quasi-statische vs. dynamische Messung" auf Seite 34
 Für IEPE Kuppler: siehe Kapitel "Messart – Nur dynamische Messung" auf Seite 39
²⁾ Für Ladungsverstärker: siehe Kapitel "Frequenzbereich" auf Seite 33
 Für IEPE Kuppler: siehe Kapitel "Frequenzbereich" auf Seite 38

■ Trifft voll zu
 ■ Trifft teilweise zu

Ladungsverstärker & IEPE Kuppler

Produktdetails

Technische Daten		Typ	5165A...	5167Ax0...	KiDAQ
					
Anzahl Kanäle			1 / 4	4 / 8	2 / nx4
Ladungseingang	Messbereiche	pC	±100 ... 1 000 000	±100 ... 1 000 000	±1 000 ... 1 000 000
	Frequenzbereich (-3 dB)	Hz	0.1 ... 100 000	≈0 ... >45 000 (FS-Bereich ≤ 195 000 pC) ≈0 ... >15 000 (FS-Bereich > 195 000 pC)	≈0 ... 20 000 (FS-Bereich ≤ 10 000 pC) ≈0 ... 2 000 (FS-Bereich > 10 000 pC)
	Zeitkonstanten	s	Short: 1.6	Medium: abhängig vom Ladungsbereich Long: >100 000	Short / Long
	Steckertyp		BNC neg.	BNC neg.	BNC neg.
Piezotron-Eingang (IEPE)	Sensor-Versorgungsspannung	V	22		24
	Sensor-Versorgungsstrom	mA	4 / 10		4
	Verstärkung		1 / 10		
	Frequenzbereich (-3 dB)	Hz	0.1 ... 100 000		≈0 ... 20 000
	Zeitkonstanten	s	Short: 1.6		Short / Long
	TEDS-Unterstützung				
	Steckertyp		BNC neg.		BNC neg. / Term. Strip
Spannungseingang	Messbereiche	V	±1 ... 10		±0.1 ... 10
	Frequenzbereich (-3 dB)	Hz	0 ... 100 000		≈0 ... 20 000
	Steckertyp		BNC neg.		BNC neg. / Term. Strip
Analogausgang	Ausgangsbereich	V	±10 (flexible 2-Punkt-Skalierung)	±10 (flexible 2-Punkt-Skalierung)	
	Steckertyp		BNC neg.	BNC neg.	
Bedienung	Display und Drehknopf LED's und Schalter PC		• (GUI via Standard-Web-browser)	• (GUI via Standard-Web-browser)	• (KiStudio Lab)
	LabVIEW™ (Virtual Instrument Treiber)		•	•	
Schnittstellen	RS-232C				
	IEEE-488				
	USB 2.0				
	Ethernet		• (2x RJ45 mit integr. Switch-Funktionalität)	• (2x RJ45 mit integr. Switch-Funktionalität)	• (USB to Eth. Adapter)
Integrierte Datenerfassung	Abtastrate		≤200 kSps pro Kanal, einstellbar	≤100 kSps pro Kanal, einstellbar	≤100 kSps pro Kanal, einstellbar
Gehäuse/Einbau	Tischgerät		•	•	• (verschiedene Gehäusetypen)
	19"-Rack-Einschub		o (Trägerplatte f. Montage in 19"-Rack erhältlich)	o (Trägerplatte f. Montage in 19"-Rack erhältlich)	
Spannungsversorgung	Netzspannung (115 / 230 VAC)		o (Steckernetzteil erhältl.)	o (Steckernetzteil erhältl.)	•
	DC Spannung		•	•	•
	Spannungsbereich	VDC	18 ... 30	18 ... 30	10 ... 30
Betriebstemperaturbereich		°C	0 ... 60	0 ... 60	-40 ... 60
Schutzart (IEC/EN 60529)			IP20	IP20	IP20
Außenabmessungen	BxHxT	mm	218x50x223	218x50x223 ¹⁾ 218x93x223 ²⁾	(je nach Gehäusotyp ⁶⁾)

Legende: • = Standard ¹⁾ Typ 5167A40 (4-Kanal)
o = Option/wählbar ²⁾ Typ 5167A80 (8-Kanal)

³⁾ abhängig vom Spannungsbereich
⁴⁾ werkseitig einstellbar auf 2 ... 18 mA
⁵⁾ werkseitig einstellbar auf 2 ... 4 mA

www.kistler.com

5015A...	5018A...	5080A...	5108A	5118B2	5148
					
1	1	1 ... 8	1	1	16
• ±2 ... 2 200 000 ≈0 ... 200 000	• ±2 ... 2 200 000 ≈0 ... 200 000	• ±2 ... 2 200 000 ≈0 ... 200 000			
Short / Medium / Long: abhängig vom Ladungsbereich BNC neg.	Short / Medium / Long: abhängig vom Ladungsbereich BNC neg.	Short / Medium / Long: abhängig vom Ladungsbereich BNC neg.			
o 20 4	o 30 1 ... 15	o 30 1 ... 15	• 20 4 1	• 26 2 ⁴⁾ 1 / 10 / 100	• 24 2 ⁵⁾ 1
≈0 ... 200 000 Short / Medium / Long ³⁾	≈0 ... 200 000 Short / Medium / Long ³⁾	≈0 ... 200 000 Short / Medium / Long ³⁾	0.02 ... 87 000 Short: 8	0.006 ... 100 000 Short: 5 / Medium: 25	0.02 ... 150 000 Short: 10
BNC neg.					
o ±0.002 ... 20 ≈0 ... 200 000 BNC neg.	o ±0.002 ... 30 ≈0 ... 200 000 BNC neg.	o ±0.002 ... 30 ≈0 ... 200 000 BNC neg.			
• ±2 / ±2.5 / ±5 / ±10	• ±10 / ±10 mit Offset -8	• ±10 / ±10 mit Offset -8	• ±10	• ±10	• ±10
BNC neg.	BNC neg.	BNC neg. & D-Sub 15-pol. neg	BNC pos.	BNC neg.	BNC neg.
•	•	• (PC-Software)		•	•
•	•				
o	•	•			
o o	o o	o o	•	•	•
•	•	o o 11 ... 36	• 22 ... 30	o (externes Netzteil) • 6 ... 28 oder 4x 1.5V AA Batterie	• (externes Netzteil) • 8 ... 20
0 ... 50	0 ... 50	0 ... 50	0 ... 50	-20 ... 50	0 ... 50
IP40	IP40	IP40			
105x142x253	105x142x253	497x141x300	97x42x29	96x48x165	480x46x220

⁶⁾ Abmessungen der verschiedenen Gehäusetypen siehe KiDAQ-System Datenblatt Dok. Nr. 003-335.

www.kistler.com



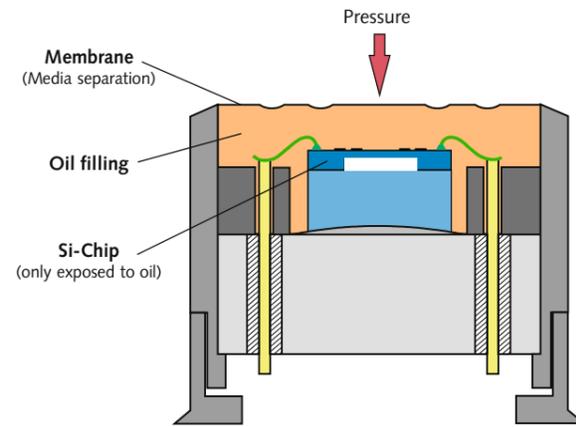
Piezoresistive Drucksensoren

Piezoresistive Drucksensoren

Nebst dem passenden Druckbereich muss bei der Selektion des richtigen piezoresistiven Drucksensors auch die physikalische Messmethode beachtet werden. Piezoresistive Drucksensoren messen den aktuellen Druck im Vergleich zu einem Referenzdruck und lassen sich in Absolut-, Relativ- und Differenzdrucksensoren unterteilen.

Bei piezoresistiven Drucksensoren wird der zu messende Druck über eine Membrane und ein inkompressibles Silikonöl an den Silizium Chip weitergegeben. Über eine isolierende Glass-Durchführung und Bonddrähte wird der Chip mit Energie gespeist und das Drucksignal in mV herausgeführt. Das Drucksignal wird dann über eine Elektronik auf thermische Effekte kompensiert und auf ein entsprechendes V oder mA Ausgangssignal verstärkt.

Je nach Anwendung eignen sich Absolut-, Relativ- oder Differenzdrucksensoren besser. Die folgende Tabelle zeigt den unterschiedlichen Aufbau der entsprechenden Druckaufnehmerart an.



Piezoresistive Drucksensoren		
Absolutdrucksensor	Relativdrucksensor	Differenzdrucksensor
Absolutdrucksensoren messen den Druck im Vergleich zu einem im Sensorelement eingeschlossenen Vakuum.	Relativdrucksensoren messen den Druck in Bezug zum Luftdruck der Umgebung.	Differenzdrucksensoren messen den Druckunterschied zwischen zwei beliebigen Drücken. Differenzdrucksensoren besitzen daher zwei separate Druckanschlüsse (z.B. Schlauch- oder Gewindeanschluss).

Piezoresistive Drucksensoren

Produktdetails

426xA

Die piezoresistiven Drucktransmitter der 426xA-Serie eignen sich für anspruchsvolle Test & Measurement Applikationen und sind in diversen Absolut-, Relativ- und Differenzdruck Ausführungen zur Messung statischer und dynamischer Drücke bis 2kHz erhältlich. Optional gibt es den Transmitter auch als ATEX Version.

Die modular aufgebauten Drucktransmitter zeichnen sich, selbst in rauen Umgebungen mit hohen Temperaturextremen, hohen Vibrations- und Shock-Belastungen, durch eine hohe Genauigkeit und ausgezeichnete Langzeitstabilität aus.

Stellen Sie sich den für Ihre Applikation passenden Drucktransmitter über den online Konfigurator zusammen:

www.kistler.com/prt



Technische Daten	Typ	4260A	4262A	4264A
Messart		absolut	relativ	differenziell
Messbereich (siehe online Konfigurator für einzelne Druckbereiche)	bar psi	1 / ... / 350 15 / ... / 5 000	-1 / ... / 350 -15 / ... / 5 000	-1 / ... / 10 -15 / ... / 150
Überlastdruck	-	3 x Messbereich	3 x Messbereich	3 x Messbereich
Genauigkeit ¹⁾	±%	0.2 (≤1 bar / 15 psi) 0.1 (>1bar / 15 psi)	0.2 (≤1 bar / 15 psi) 0.1 (>1bar / 15 psi)	0.2 (≤1 bar / 15 psi) 0.1 (>1bar / 15 psi)
Betriebstemperaturbereich	°C °F	-55 ... 120 -40 ... 250	-55 ... 120 -40 ... 250	-55 ... 120 -40 ... 250
Ausgangssignal	-	mV, V oder mA	mV, V oder mA	mV, V oder mA
Abmessung (L x D)	mm inch	ca. 78.0 x 24.9 ca. 3.07 x 0.98	ca. 78.0 x 24.9 ca. 3.07 x 0.98	ca. 97.0 x 24.9 ca. 3.82 x 0.98
Gewicht	Gramm Oz	<225 <8	<225 <8	<225 <8
Material in Medienkontakt	-	Rostfreier Stahl 316L	Rostfreier Stahl 316L	Rostfreier Stahl 316L
Druckanschluss	-			
Steckeranschluss	-			
Anschlussverdrahtung	-			
Zertifizierungen (Details finden Sie im Datenblatt)	-	CE, RoHS 2, PED, Hazardous (Classified) Area		

¹⁾ Genauigkeit umfasst Nichtlinearität, Hysterese, Repetierbarkeit bei Raumtemperatur

Piezoresistive Drucksensoren

Produktdetails

4080B(T)

Die piezoresistiven Drucktransmitter der 4080B-Serie zeichnen sich durch eine extrem kompakte und leichte Bauweise aus. Das vollständig mediengetrennte Messelement ermöglicht selbst in rauen Umgebungen zuverlässige und genaue Druckmessungen. Aufgrund seiner Robustheit eignet sich die 4080B(T) Serie für verschiedenste anspruchsvolle Test & Measurement Applikationen bei welchen statische oder dynamische Drücke bis 5kHz gemessen werden.

Der zusätzlich, zum Druckmodul, integrierte PT1000 Fühler erlaubt bei der 4080BT Serie dynamische Temperaturmessungen in Flüssigkeiten bis zu 200°C.



Technische Daten	Typ	4080B	4080BT
Messart		absolut	absolut
Messbereich	bar psi	5 / 10 / 20 / 130 / 250 73 / 145 / 290 / 1 885 / 3 626	5 / 10 / 20 73 / 145 / 290
Überlastdruck	bar psi	10 / 20 / 30 / 200 / 300 145 / 290 / 435 / 2 900 / 4 351	10 / 20 / 30 145 / 290 / 435
Total Error Band ¹⁾	±%FSO	<±2 %	<±2 %
Betriebstemperaturbereich	°C °F	-40 ... 150 -40 ... 302	-30 ... 150 -22 ... 302
Kompensierter Temperaturbereich	°C °F	25 ... 150 77 ... 302	25 ... 150 77 ... 302
Ausgangssignal (Drucksignal)	-	0.2 ... 4.2 V	0.2 ... 4.2 V
Ausgangssignal (Temperatursignal)	-	2.4 ... 4.2 V	0.5 ... 4.5 V
Druckanschluss	-	M6 x 1	M6 x 1
Steckeranschluss	-	Integriertes Kabel	Integriertes Kabel
Schutzart	-	IP65	IP65
Abmessung (L x D)	mm inch	48.7 x 11 1.92 x 0.43	42.6 x 11 1.68 x 0.43
Gewicht (ohne Kabel)	Gramm Oz	<13.5 <0.48	<12 <0.42
Material in Medienkontakt	-	Rostfreier Stahl 316L	Rostfreier Stahl 316L

¹⁾ Das Gesamtfehlerband (TEB) umfasst Nichtlinearität, Hysterese, thermische FSO-Verschiebung und thermische ZMO-Verschiebung über den ganzen kompensierten Temperaturbereich.



Sensorlösungen für Hochtemperatur, Hochdruck und Stossdruckwellen

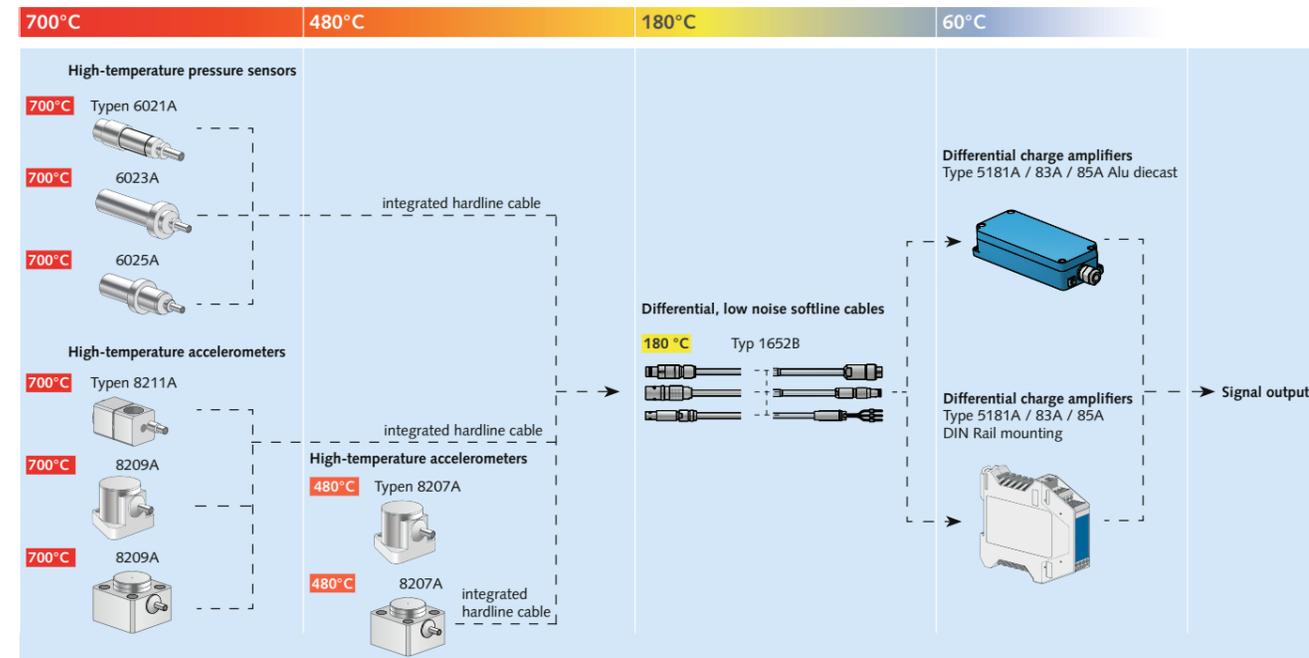
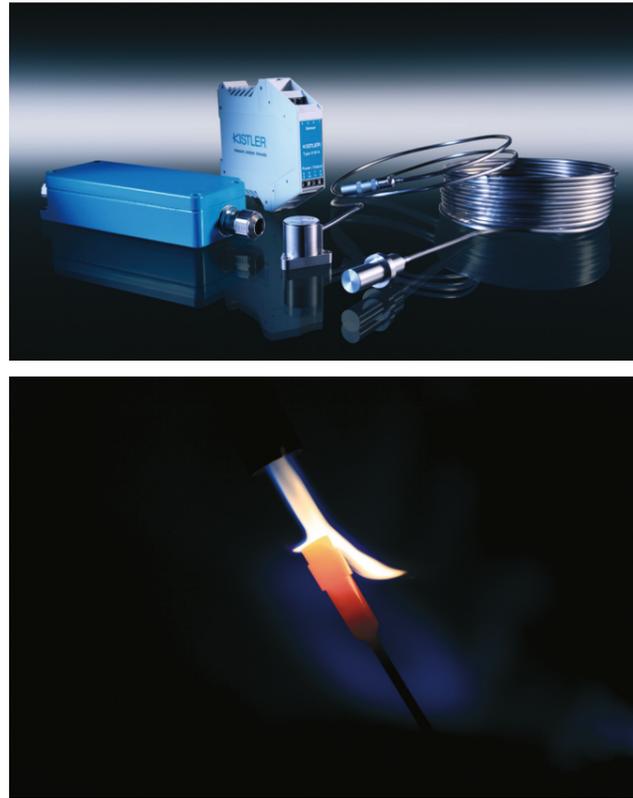
Sensorlösungen für
Hochtemperatur, Hochdruck
und Stossdruckwellen

Sensorlösungen für Hochtemperaturumgebungen

Piezoelektrische Hochtemperatur-Druck- und Beschleunigungsmessketten von Kistler wurden speziell für die Erfassung von Druckpulsationen und Vibrationen im Bereich der Thermoakustik in rauen Umgebungen und bei extremen Temperaturen bis 700°C (1 300°F) konzipiert. Kurzfristig können Messungen bei deutlich höheren Temperaturen durchgeführt werden.

Ausgelegt für Gasturbinen-Monitoring eignen sich die Druck- und Beschleunigungsmessketten allgemein zur Überwachung von Turbomaschinen, Raketenmotoren und im Forschungs- und Entwicklungsbereich von extremen Applikationen wie kontinuierlichen Detonationsmotoren, Druckschwingungen in Leitungen und akustischer Thermometrie. Um die geforderte Zuverlässigkeit für dauerhafte Einsatztemperaturen bis 700°C zu gewährleisten, kommen die proprietäre Kristalltechnologie PiezoStar sowie besonders robuste Sensoren zum Einsatz. Für zeitlich limitierte Anwendungen kann die Sensorik sogar bis 1 000°C (1 830°F) eingesetzt werden.

Vollständig differenzielle Messketten erlauben höchste Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen. In Kombination mit hoher Empfindlichkeit und rauscharmer Elektronik wird die akkurate Erfassung sehr niedriger Signale in schwierigen EMV-Umgebungen ermöglicht. Das modulare Portfolio von Kistler erlaubt individuelle Messkettenkonfigurationen für verschiedenste Anwendungen in Bereichen wo höchste Ansprüche an die Temperaturbeständigkeit herrschen. Alle Komponenten sind aufeinander abgestimmt für Ex-Installationen (Ex-nA, Ex-ia) erhältlich.



Sensorlösungen für höchste Drücke & Stosdruckwellen

Hochdruck

Das Portfolio umfasst applikationsspezifische Lösungen bestehend aus Sensorik und Datenerfassung für Hochdruckanwendungen wie Innendruckmessungen, Mündungsdruckmessungen, Druckbehältermessungen, Igniter- und Inflator-Tests, und weiteren industriellen Anwendungen.

Die breite Palette an Hochdrucksensoren zwischen 1 500 bar (22 kpsi) und 10 000 bar (145 kpsi) mit schulterdichtendem oder frontdichtendem Sensordesign bieten eine grosse Diversität für eine Vielzahl von Applikationen. Ergänzend zum Sensorportfolio bietet Kistler messtechnisch relevantes Zubehör, wie Membranschutz- oder Thermoschutzelemente, diverse Dicht- und Distanzringe, Adapter und mechanische Mess- und Positionshilfen an.

Der Transientenrekorder Typ 2519A bietet die integrierte Datenerfassung von Druck, Geschwindigkeit (Typ 2521A) und Präzision (Typ 2523A), sowie deren effiziente Auswertung mittels Software. Mit bis zu 10 MS/s ist das System ideal dafür geeignet, verschiedene dynamische Ladungs- und Spannungssignale zu erfassen.

Vorteile der Hochdruck-Systemlösungen von Kistler:

- Lange Lebensdauer und somit tiefe Kosten pro Messzyklus
- EPVAT Verfahren (Electronic Pressure, Velocity and Action Time) und Messungen nach verschiedenen Standards möglich
- Automatische Signalauswertung und Erstellung von Testberichten für eine effiziente und automatische Auswertung nach dem Messen
- Impulsgenerator (Typ 6909) ermöglicht Verifikation der gesamten Messkette vor dem Messeinsatz

6239A	6217A	6215	6213B
1 500 bar	2 000 bar	6 000 bar	10 000 bar
21 756 psi	29 008 psi	87 023 psi	145 038 psi

Portfolioübersicht Piezoelektrische Hochdrucksensoren

Stosdruckwellen

Die Erfassung von hochdynamischen Schockwellen liefert wichtige Erkenntnisse für die Parametrierung von energetischen Materialien in Freifeldmessungen, der Entwicklung von Schutzbauten, Schutzkleidung und Schutzmaterialien.

Die Drucksignale sind in diesem Messumfeld hochdynamisch und dürfen durch lange Übertragungskabel nicht verfälscht werden. Für die Erfassung von Stosdruckwellen bietet Kistler die robusten Pencil Probe Typ 6233A an. Aus diesem Grund verfügen diese über einen IEPE Ausgang, welcher bereits ein umgewandeltes Spannungssignal zur Verfügung stellt. Dies ermöglicht störungsfreie Signalübertragungen über grössere Distanzen.

Kistler bietet ausgeklügelte und hochdynamische Messsysteme an mit mindestens 10 MS/s Abtastrate, wählbarer Anzahl Kanäle (4 bis 64 Kanäle oder mehr) und einer Vielzahl an Möglichkeiten für Stosdruckwellenmessungen. Diverse Messfenster, Triggermöglichkeiten pro Kanal, FFT und einer Vielzahl an mathematischen Funktionen stehen ebenfalls zur Verfügung.

Vorteile der dynamischen Stosdruckwellenmessung mit Kistler:

- Pencil Probes mit abgestuften Messbereichen von 1.7 bis 70 bar (25 bis 1 000 psi)
- Pencil Probes mit multiplen Sensoren zur Messung des Druckabfalls und Stoswellengeschwindigkeit (optional)
- Smartes Zubehör (z.B. Rohradapter, Stativadapter, etc.) ermöglicht effiziente Feldmessungen.
- Für die Zeitsynchronisation und ein globales Nullpunktsignal sorgt eine Trigger-Box, welche die Auslösung des Ereignisses signalisiert
- IEPE Sensorik ermöglicht Kabellängen von mehr als 100 m



Pencil Probe Typ 6233A



KiDAQ – Datenerfassung

KiDAQ: Modular im Aufbau, präzise im Ergebnis

In der Forschung und Entwicklung beginnt jede Messaufgabe meist mit einem aufwendigen und langwierigen Testaufbau. Der Grund: Der Messtechniker oder Messingenieur muss vorab die Komponenten der Messkette unterschiedlicher Hersteller miteinander verbinden und im System kombinieren. Mit KiDAQ präsentiert Kistler ein innovatives und ganzheitliches Datenerfassungssystem. Damit bieten die Messtechnikexperten alle Komponenten einer Messaufgabe aus einer Hand an.

KiDAQ ist ein modulares Baukastensystem, das sich jederzeit flexibel mit weiteren Messmodulen und Messeinheiten erweitern lässt. Das hat den Vorteil, dass das Messsetup einfach und schnell aufgebaut werden kann und sich der Anwender voll und ganz auf seine Messung und die anschließende Analyse der erhobenen Daten konzentrieren kann.

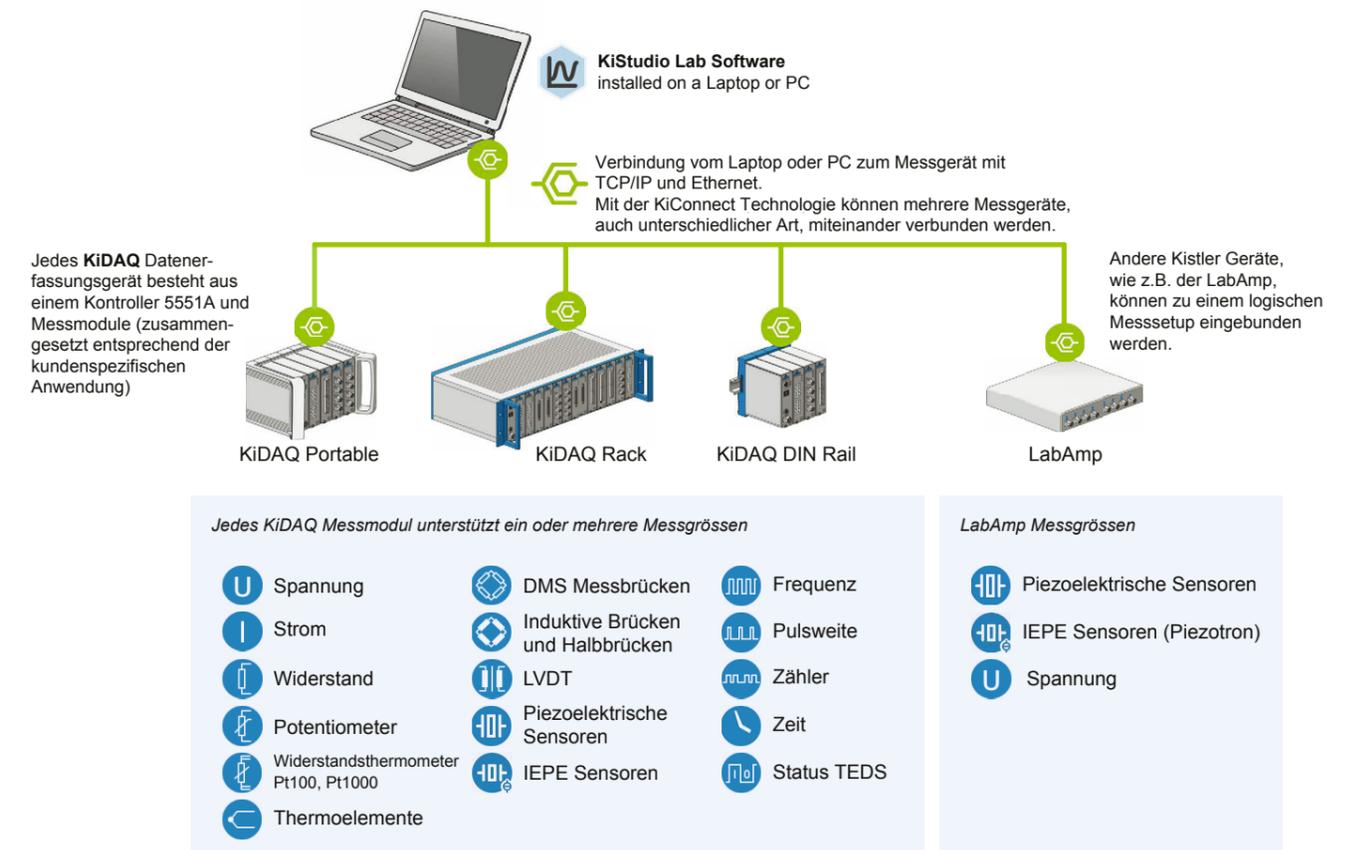
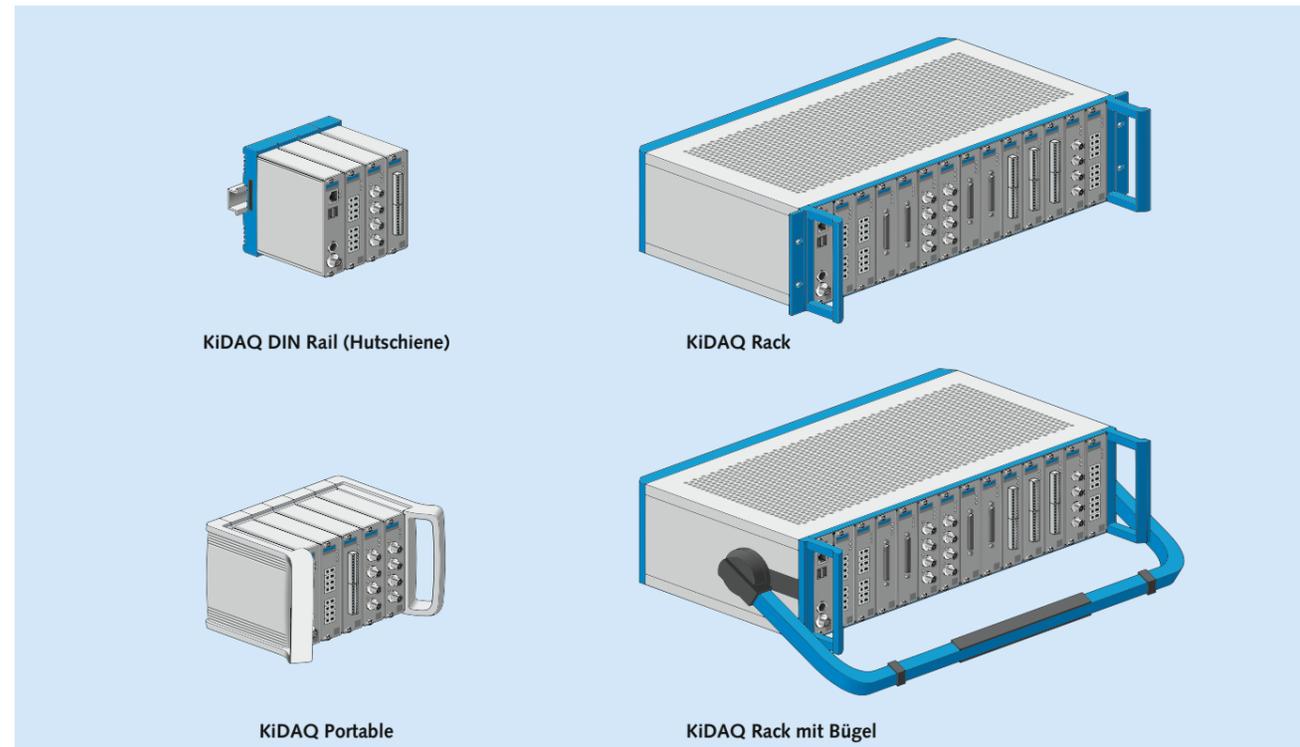
Zuverlässige Aussagen zur Messunsicherheit

Ein wesentlicher Vorteil des neuen KiDAQ Datenerfassungssystems ist die KiXact-Technologie zur automatischen Berechnung der Messunsicherheit. Dank dem Know-how über die gesamte Messkette kombiniert mit dem breiten Applikationswissen von Kistler können wir mit dieser Technologie verlässliche Aussagen zur Messunsicherheit treffen. Das erspart Ihnen die mühsame und zeitintensive manuelle Berechnung der Messunsicherheit und hilft Ihnen ausserdem, Messunsicherheitsanteile Ihrer Messkette signifikant zu verringern.

Vorteile des KiDAQ Messsystems

- Modulare und flexible Konfiguration
- Schnelle und sichere Konfiguration mit der intuitiven Software KiStudio Lab
- Umfangreiche Datenanalyse mit jBEAM
- Erhöhte Messsicherheit dank KiXact Technologie
- Präzise Zeitsynchronisation über alle Messeinheiten
- Cloudbasierte Plattform ermöglicht zukünftige Erweiterungen auch durch Partnerfirmen

Dank der modularen Bauweise und den verschiedenen Gehäuseformen lässt sich KiDAQ in den unterschiedlichsten Applikationen einsetzen. Je nach Anwendungsbereich stehen dem Messtechniker und -ingenieur vielseitige Ausführungen für Laboranwendungen, fixe Installationen und den mobilen Einsatz zur Auswahl. Wählen Sie aus der Hardware, Software und den Sensoren exakt die Komponenten aus, die Sie für Ihr Messprojekt benötigen – so erhalten Sie das optimale Datenerfassungssystem für Ihre spezifische Anwendung.



Einheitliches logisches Messsystem

Mit dem KiDAQ Datenerfassungssystem bietet Kistler Ingenieuren, Forschern, Messtechnikern und Studenten die Möglichkeit, alles, was sie für ihre Messaufgabe benötigen, in einem Setup zu kombinieren. Verschiedene Messgrößen und Sensoren können mit unterschiedlicher Datenerfassungshardware verwendet und zu einem einheitlichen logischen Messsystem kombiniert werden – ganz nach den Anforderungen der Anwendung.

Sensoren

Ob bei dynamischen Hochdruckmessungen, präzisen Kraftmessungen oder anderen anspruchsvollen Test & Measurement-Anwendungen: Mit dem umfassenden Portfolio von Kistler an Druck-, Kraft-, Drehmoment- und Beschleunigungssensoren erhalten Sie verlässliche und präzise Werte. Diese und Sensoren anderer Hersteller können über gängige Anschlüsse mit der KiDAQ Hardware verbunden werden. Durch Kistler qualifizierte Drittsensoren führen zu verlässlichen Resultaten.

Hardware

Mit dem KiDAQ Datenerfassungssystem bietet Kistler eine große Auswahl von Modulen für verschiedene Eingangsgößen und Sensoren – von einfachen Spannungssignalen über Messbrücken und IEPE-Sensoren bis hin zu Ladungssignalen piezelektrischer Sensoren. Die Bauformen Portable, Rack und DIN Rail (Hutschiene) sind so konzipiert, dass sie in verschiedenen Anwendungen optimal eingesetzt werden können. Zusammen mit weiteren hochwertigen Signalaufbereitungs- und Datenerfassungslösungen von

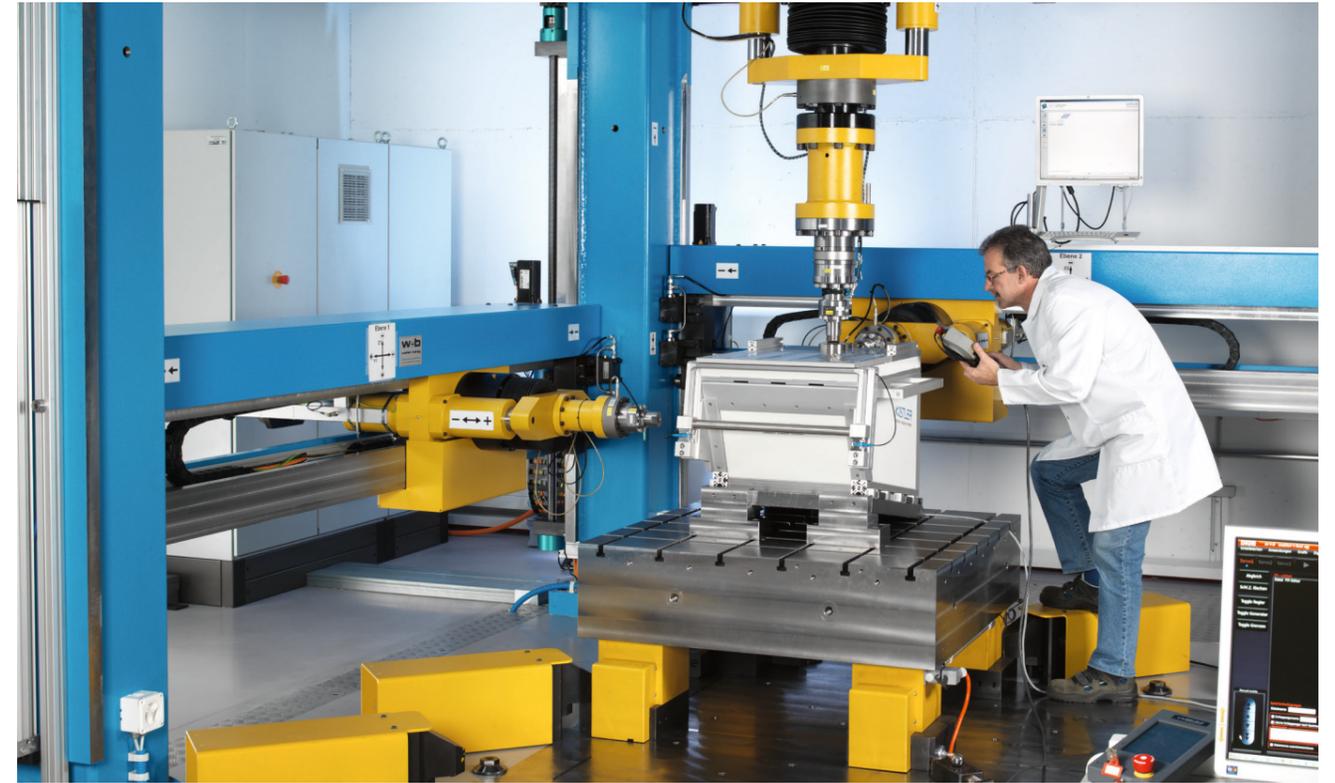
Kistler sowie ausgewählten Geräten von Drittherstellern kann der Messaufbau bei Bedarf erweitert werden.

Konnektivität mit KiConnect

KiConnect ist das Bindeglied im KiDAQ Datenerfassungssystem. Die intelligente Technologie erlaubt dem Anwender, Kistler Produkte und ausgewählte Drittgeräte flexibel und einfach zu einem logischen Messsetup zusammenzuschließen und präzise, zeitsynchronisierte Messungen dank Precision Time Protocol (PTP) durchzuführen.

KiStudio Lab Softwarepaket

Die Konfiguration der Messgeräte erfolgt einfach mit der intuitiven Software KiStudio Lab, die einen Überblick über den gesamten Messaufbau gibt und eine schnelle Navigation ermöglicht. Die erfassten Daten können einfach zur Analyse mit jBEAM exportiert werden. Diese Nachbearbeitungssoftware bietet sowohl eine umfassende Toolbox für Standardanalysen als auch kundenspezifische Berechnungen.



Service

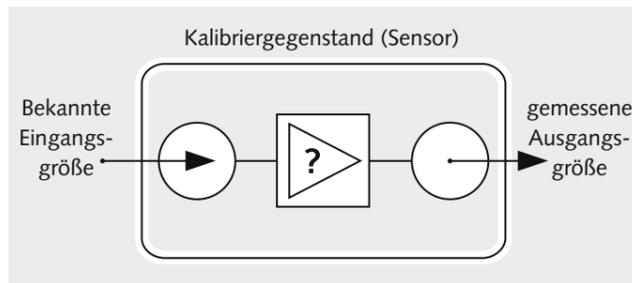
Kalibrierung

Sensoren und Messgeräte müssen regelmäßig kalibriert werden, da sich deren Eigenschaften und damit die Messunsicherheiten durch Gebrauch, Alterung und Umwelteinflüsse mit der Zeit verändern können. Massgeschneiderte Kalibrierservices von Kistler sorgen für präzise Messungen.

Drucksensoren von Kistler werden bereits während der Endabnahme im Werk kalibriert. Dabei sind die bei Kistler zum Kalibrieren eingesetzten Messmittel rückführbar auf nationale Normale und unterliegen einer international einheitlichen Qualitätssicherung. Kalibrierzertifikate dokumentieren die bei der Kalibrierung gemessenen Werte und die Kalibrierbedingungen.

Grundlagen der Kalibrierung

Bei der Kalibrierung wird der Zusammenhang zwischen einer bekannten Eingangsgröße (z.B. bar) und einer gemessenen Ausgangsgröße (z.B. pC, V) bestimmt. Dabei ist das Verfahren (z.B. kontinuierlich oder stufenweise) genau definiert und die Bedingungen, unter welchen die Kalibrierung durchgeführt wird, sind vorgegeben (z.B. Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit). Dadurch ist gewährleistet, dass die Kalibrierung reproduzierbar die gleichen Ergebnisse liefert.

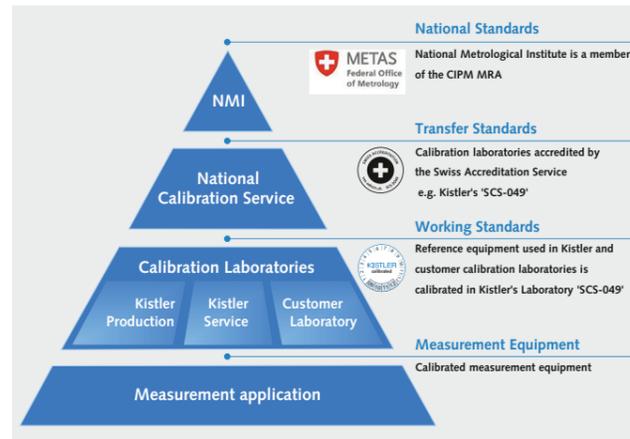


Kalibrierung – Bestimmung des Zusammenhangs zwischen bekannter Eingangsgröße und gemessener Ausgangsgröße

Verlässliche Messungen durch Rückführbarkeit

Damit international nach den gleichen Qualitätsmassstäben gearbeitet werden kann, ist es notwendig, dass die dabei verwendeten Messmittel einer einheitlichen Qualitätssicherung unterliegen. Dies erfordert die Rückführbarkeit aller eingesetzten Messeinrichtungen auf nationale Messnormale.

Das bedeutet, dass bei der Kalibrierung eines Messgerätes oder -systems dessen Messergebnisse mit dem Messergebnis eines höherrangigen Messnormals verglichen werden. So entsteht eine Kalibrierhierarchie mit dem nationalen Messnormal an der Spitze, welches sich bei dem Nationalen Metrologie Institut (NMI) befindet. Alle bei Kistler zur Kalibrierung eingesetzten Messmittel sind rückführbar auf nationale Normale.



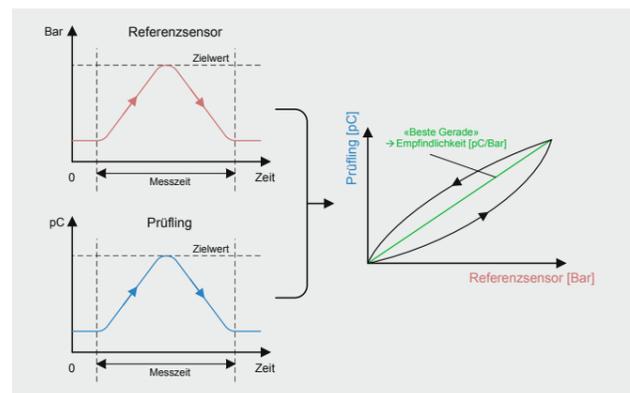
Kalibrierhierarchie

Kalibrierverfahren

Der zu kalibrierende Sensor (Prüfling) wird durch den Vergleich seines Ausgangssignals mit dem Signal eines Referenzsensors kalibriert. Die Empfindlichkeit des Referenzsensors ist genau bekannt und gemäß der Kalibrierhierarchie rückverfolgbar bis zum nationalen Normal.

Kistler wendet für die Kalibrierung von Drucksensoren das kontinuierliche Verfahren an. Dabei wird die Belastung in einem definierten Zeitraum kontinuierlich auf den gewünschten Wert erhöht und anschließend in der gleichen Zeit wieder auf Null reduziert.

Die resultierende, nie exakt lineare Kennlinie wird durch eine sogenannte „Beste Gerade“, verlaufend durch den Nullpunkt, angenähert. Die Steigung der Gerade entspricht der Empfindlichkeit des Sensors im kalibrierten Messbereich.



Kontinuierliche Kalibrierung mittels Referenzsensor

Kalibrierservice von Kistler

Kistler bietet seinen Kunden einen umfassenden, weltweiten Kalibrierservice an. Dieser stellt sicher, dass Kistler Sensoren und Systeme ein ganzes Geräteleben lang vollständig funktionsfähig sind und bleiben – die Grundlage für präzise und zuverlässige Messergebnisse.

Der Kalibrierservice von Kistler umfasst die folgenden Kalibrierungen.

EOL-Kalibrierung

Die EOL-Kalibrierung (End-of-Line) wird im Kistler Production Center als Standard-Kalibrierung bei der Endabnahme vor der Auslieferung mit jedem Sensor durchgeführt. Dabei werden die Ergebnisse der Kalibrierung für jeden Sensor abgelegt und bei der Auslieferung ein Kalibrierschein beigelegt.

Akkreditierte Kalibrierung

Die akkreditierte Kalibrierung nach ISO/IEC 17025 wird weltweit in ausgewählten Kistler Tech Centers und Tech Offices angeboten. Die Kalibrierprozesse sind nach international anerkannten Richtlinien ausgelegt und auditiert durch eine Akkreditierungsstelle. Die akkreditierte Kalibrierung wird typischerweise für Transfer- und Gebrauchsnormale angewendet.

Wird eine akkreditierte Kalibrierung gewünscht, so muß dies bei der Bestellung des Sensors explizit angegeben werden. Die akkreditierte Kalibrierung wird nicht für alle Sensoren angeboten und zudem sind die kalibrierbaren Messbereiche gegenüber der Standard-Kalibrierung eingeschränkt.

Wenn Sie für ihren Sensor eine akkreditierte Kalibrierung wünschen, kontaktieren Sie bitte Ihren lokalen Kistler Vertrieb.

Nachkalibrierung

Um die Messgenauigkeit der Kistler Sensoren und Geräte über die gesamte Lebensdauer zu garantieren und höchste Qualitätssicherungskriterien zu erfüllen, wird eine regelmäßige Nachkalibrierung empfohlen. Für die Nachkalibrierung stehen die folgenden zwei Optionen zur Wahl:

- Standard-Kalibrierung, basierend auf der EOL-Kalibrierung
- Akkreditierte Kalibrierung

Kistler bietet in seinen Tech Centers und Tech Offices weltweit für die meisten Sensoren eine Nachkalibrierung an. Unser Vertrieb berät Sie gerne in Sachen Nachkalibrierung und gibt Auskunft über die Kalibrierdienstleistungen in Ihrer Nähe.

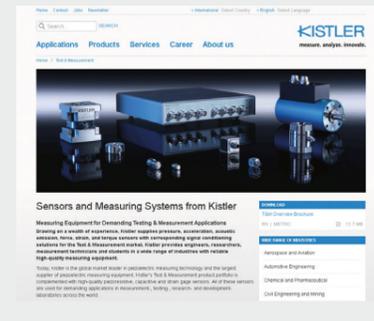
Informationsübersicht

Test & Measurement – auch online

Auf unserer Website finden Sie neben weiterführenden Informationen zu den Drucksensoren auch das gesamte Kistler Test & Measurement Angebot. Dazu gehören verschiedene Messgrößen, Sensortechnologien und Signalaufbereitungslösungen für allgemeine Messungen in Forschung & Entwicklung oder Testlabors.

Weitere Messgrößen: Kraft, Dehnung, Beschleunigung & Schallemission (Acoustic Emission, AE), Drehmoment

www.kistler.com/t&m



Datenblätter und Betriebsanleitungen

Detaillierte Angaben zu den einzelnen Produkten finden Sie in unseren Datenblättern und Betriebsanleitungen, die Sie kostenlos von unserer Website herunterladen können.



Ansprechpartner

Ganz gleich, ob Sie eine Beratung wünschen oder Support bei der Montage benötigen – auf unserer Webseite finden Sie bei der gewünschten Messgröße schnell und unkompliziert einen persönlichen Ansprechpartner in Ihrer Nähe.

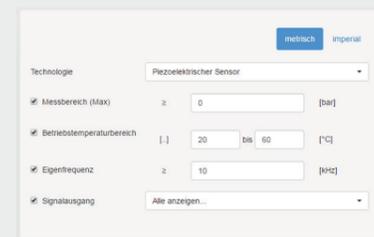
www.kistler.com/t&m/pressure



Komponentenfinder

Unser interaktiver Online-Komponentenfinder mit diversen Filtermöglichkeiten erleichtert Ihnen die Suche nach generischen Sensoren und Signalaufbereitungslösungen.

www.kistler.com/t&m/componentfinder



CAD-Daten

Damit Sie unsere Produkte direkt in Ihre CAD-Konstruktionen integrieren können, stehen Ihnen diverse Kistler 3D CAD-Modelle kostenlos zur Verfügung. Auf unserer Website können Sie für jedes CAD-System das passende Dateiformat herunterladen.

www.kistler.com/cad-catalog





Find out more about our applications:
www.kistler.com/applications

Kistler Group
 Eulachstrasse 22
 8408 Winterthur
 Switzerland
 Tel. +41 52 224 11 11

Kistler Group products are protected by several intellectual property rights. For more details see www.kistler.com. Kistler Group includes the Kistler Holding AG and all its subsidiaries in Europe, Asia, Americas and Australia.

Find your local contact on
www.kistler.com

KISTLER
 measure. analyze. innovate.