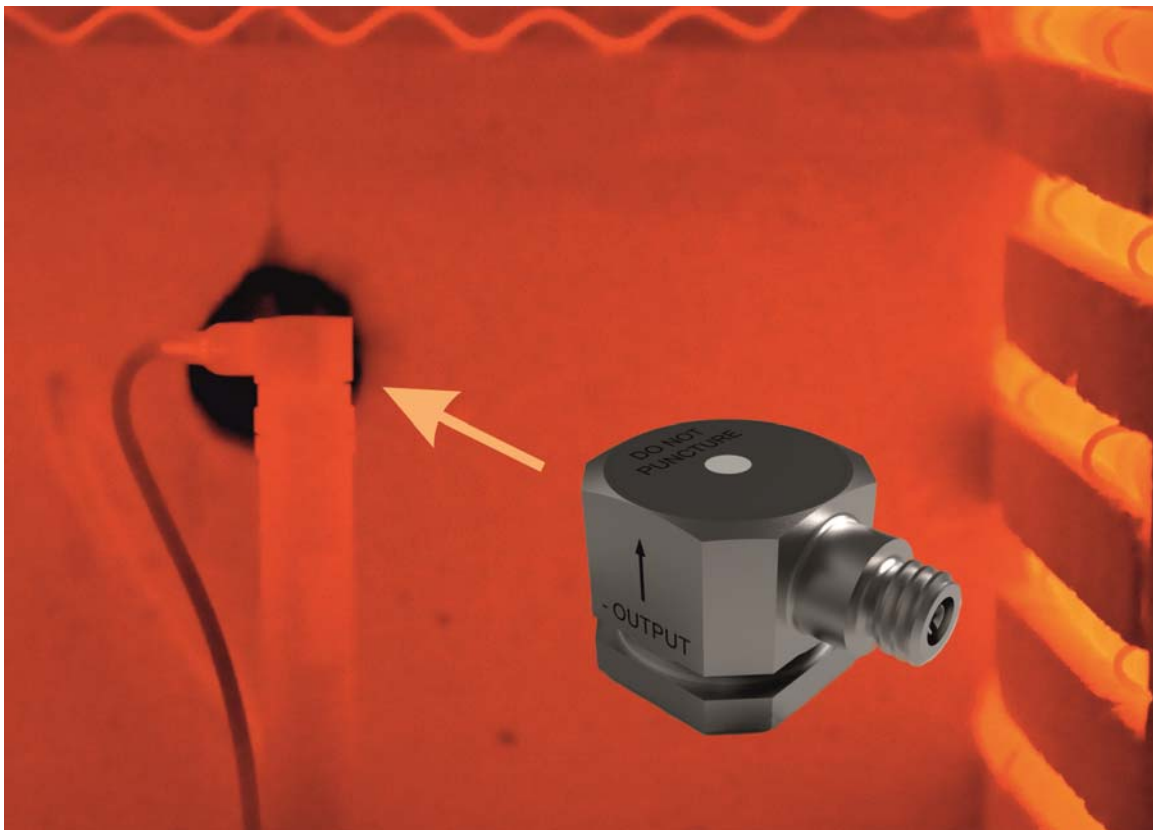


## Hochtemperatur-Sensorsystem

Sensorsysteme für die Schwingungsanalyse im Hochtemperaturbereich so zu gestalten, dass vernünftige Ergebnisse erzielt werden, ist eine Herausforderung für Entwicklungsingenieure. Die bisher erhältlichen Sensorsysteme, die für den Betrieb bis 500°C spezifiziert sind, haben Grenzen; sie sind groß, sperrig und beeinflussen das Verhalten der Systeme, die sie prüfen sollen. Wegen des Einsatzes verschiedener Materialien mit unterschiedlichen Wärmedehnungskoeffizienten erzeugen sie beim Erwärmen und Abkühlen verfälschte Signale und können sogar bei zu schnellen Temperaturänderungen zerstört werden. Der Isolierwiderstand der Sensoren nimmt zudem bei hohen Temperaturen ab und erfordert spezielle Ladungsverstärker, die trotz des deutlich niedrigeren Eingangswiderstands funktionieren.

Der Dytran 3316XX ist hierfür ein besonders geeigneter Sensor; er ist aufgrund seiner patentierten Bauweise der kleinste aber auch robusteste Hochtemperatursensor seiner Art:



Andere Hochtemperatursensoren basieren auf Turmalin-Kristallen, die über einen weiten Temperaturbereich bis 1000°C stabil sind. Turmalin ist jedoch **pyroelektrisch** und die durch die steigende Temperatur erzeugte Ladung führt zu Signalverfälschungen. Diese Naturkristalle haben zudem oft naturbedingte Risse, die zu ungleichmäßiger Ladungserzeugung führen. Diese Eigenschaften verkomplizieren die Messung.

Wieder andere Sensoren basieren auf Piezo-Keramiken (Metalloxyde). Die Sauerstoffverbindungen dieser Keramiken verlieren bei hohen Temperaturen Sauerstoff und verursachen mit steigender Temperatur eine abnehmende elektrische Impedanz. Einige Hersteller kompensieren den Sauerstoffverlust durch größere Piezo-Keramik-Kristalle. Werden aber diese großen Keramiken hohen Temperaturgradienten ausgesetzt, können leicht Risse in der Struktur entstehen. Nicht optimal angeglichenen Wärmedehnungskoeffizienten der internen Komponenten, verstärkt durch Größe und höheres Gewicht, sind eine wesentliche Quelle für das sogenannte 'Spike-Phänomen' im Signalverlauf.

Werden Sensoren mit Piezo-Materialien zu schnell von einer Hochtemperaturumgebung in eine 'normale' Umgebung bewegt, reicht der Temperaturschock, um die Sensoren zu beschädigen oder sogar zu zerstören.

zerstören. Die meisten bisherigen Hochtemperatur-Piezo-Sensoren sind daher nicht sehr robust und müssen vorsichtig behandelt werden, um frühe Ausfälle zu vermeiden.

Sauerstoffverlust bei hohen Temperaturen kann auch minimiert werden, indem man die Sensoren Sauerstoff 'atmen' lässt. Einige Sensoren haben hierzu eine Lüftungsöffnung (in einem noch größeren Gehäuse als für die großen Piezo-Elemente benötigt), aber dies lässt das Eindringen von Schmutz und Fremdkörpern ins Sensorinnere zu und führt zur Verunreinigung der sensitiven Elemente.

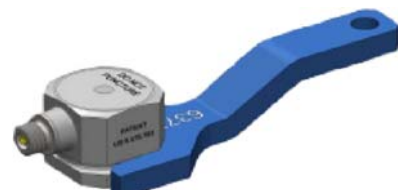
Der spezielle Entwurf des 3316XX, mit mechanisch und thermisch aufeinander abgestimmten einzelnen Komponenten, erlaubt bei kleinen Abmessungen viel höhere Temperaturgradienten, ohne Gefahr der Beschädigung des Sensors. Das 'Atemloch' wird mit einem Silberfenster bedeckt (unter 'DO NOT PUNCTURE' im Bild). Das Fenster schließt bei Raumtemperatur den Sensor hermetisch von der Umgebung ab, ist aber im Hochtemperaturbereich – wo es benötigt wird - durchlässig für Sauerstoff.

Die Bauweise und die verwendeten Materialien des 3316XX machen ihn robuster, kleiner und leichter als bisher für möglich gehalten, gleichzeitig gehören durch interne Temperaturgradienten verfälschte Signale und 'Spikes' der Vergangenheit an.

Um den Sensor richtig betreiben zu können, ist es wichtig, das passende Zubehör zu verwenden. Auf Grund der mit der Temperatur abnehmenden Impedanz müssen die Ladungsverstärker auf die niedrige Impedanz abgestimmt sein – nicht jeder auf dem Markt erhältliche Ladungsverstärker kann verwendet werden. Der Sensor muss aus dem gleichen Grund auch elektrisch isoliert sein, weshalb der Einsatz eines elektrischen Isolier-Adapters zwingend erforderlich ist. Das Hardline-Kabel muss auch mit Bedacht gewählt sein: Bisher wurden Hardline-Kabel mit Isoliermaterial aus Magnesiumoxyd verwendet. Diese sind aber im Raumtemperaturbereich hygroskopisch. Dytran verwendet daher Siliziumoxyd als Isoliermaterial. Die elektrische Isolierung des Sensors nützt aber nichts, wenn ein nicht isoliertes Hardline-Kabel – dessen Metallmantel auch mit dem Sensorgehäuse elektrisch verbunden ist – die Struktur, auf der der Sensor montiert ist, an einem andern Ort berührt und dadurch den Sensor erdet, indem es den Isolier-Adapter kurzschließt. Daher empfiehlt Dytran die isolierte Version des Kabels: Dieses hat eine elektrisch isolierende Fiberglasummantelung, die wiederum mit Metall überflochten ist, um fiberglasbedingte Verletzungen beim Kontakt zu vermeiden.

Hier ist eine Messkette, die wir daher empfehlen:

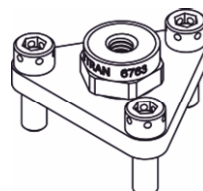
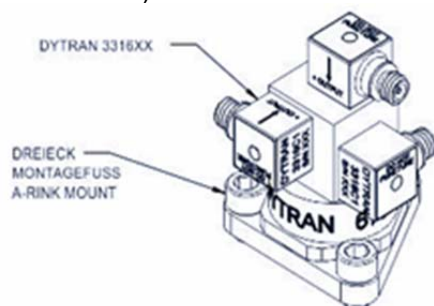
- 3316C2: Hochtemperatursensor (538°C)
- 60016Ax: Hard-Line-Kabel (fiberglasummantelt)
- 4753B: Ladungsverstärker
- 6048Ax: Teflon-Kabel



(De-)montagewerkzeug



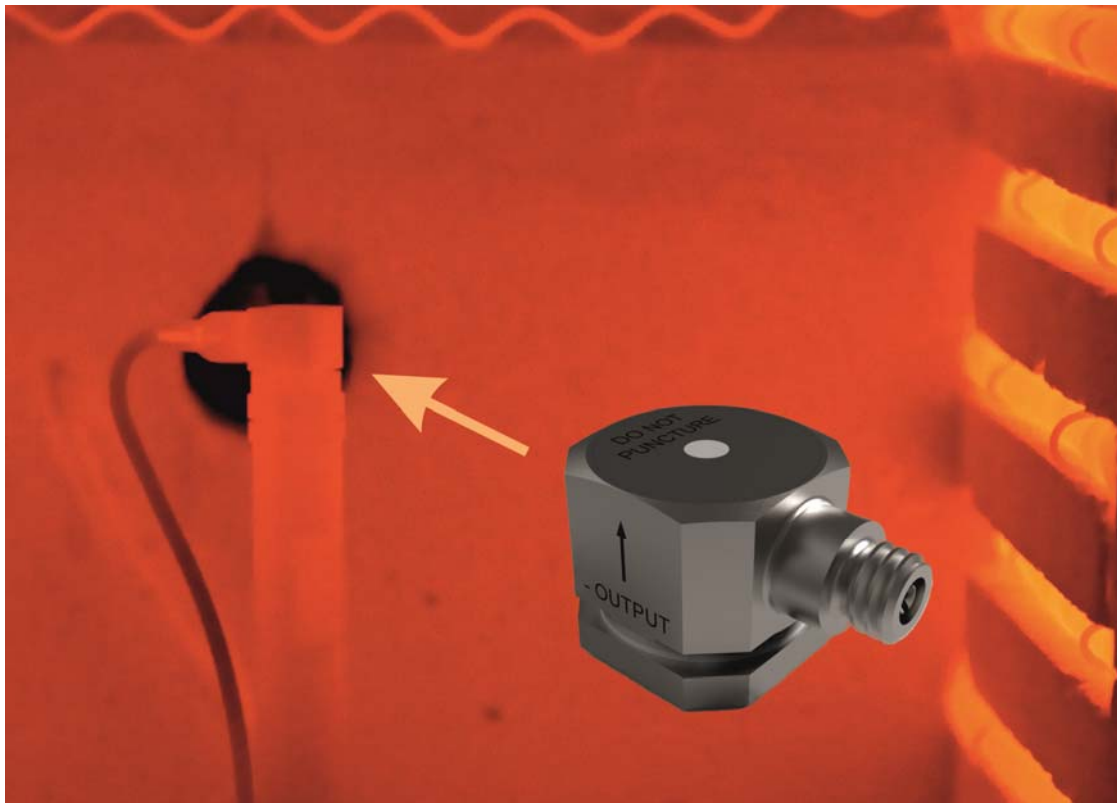
Das fiberglasummantelte Hard-Line-Kabel 60016Ax ist zu empfehlen. Wird ein nichtisoliertes Hard-Line-Kabel verwendet (beispielsweise Typ 6946AXX) sollte darauf geachtet werden, dass das Kabel – wie oben beschrieben – nicht aus Versehen geerdet wird. Bei einer Bestellung muss die Kabellänge angegeben werden, um eine korrekte Kalibrierung sicher zu stellen. Andere Adapter sind auch verfügbar: 6759 (triax. für 3 x 3316) sowie Versionen mit Dreieck-Montage (auch A-rink genannt) sind erhältlich 6762/6763:



## High Temperature Sensor System

Obtaining solid, very high temperature vibration measurements presents challenges to mechanical designers of many different types of products. Traditional sensors specified to operate at temperatures of 500C and above have limitations. They are large and bulky, impacting the performance of the systems that they are trying to test. Because of dissimilar internal materials with different coefficients of expansion, the units produce spurious outputs as they heat up and cool down. The units are very easily damaged or destroyed by rapid heating or cooling. At high temperature, the insulation resistance of all piezoelectric sensors drops. This requires the use of special charge amplifiers that are designed to operate with significantly reduced input impedance.

The Dytran 3316XX is a very special sensor; It is the smallest yet the most robust high-temperature Sensor of its sort due the patented design:



Some sensors are based on Tourmaline crystals which are stable up to 1000°C. However, Tourmaline is very **pyroelectric** material (creating charge due to temperature change) resulting in spurious outputs of the sensor. Also Tourmaline is a natural crystal which has inherent cracks and imperfections, resulting in non-uniform charge outputs. These effects complicate measurements.

Other high temperature sensors are based on piezo-ceramics (metal oxides). The oxide compounds of these ceramics loose Oxygen at high temperatures, thereby resulting in a decrease in electrical impedance with increase in temperature. Producers compensate for this Oxygen loss by using bigger piezo-ceramic crystals. However, larger piezo- ceramics crack easily if exposed to large temperature gradients. A mismatch of coefficients of thermal expansion of internal components, accentuated by the larger size and weight, are a major source of so called 'spiking' phenomena in signals.

If Sensors with cracked piezo-materials are removed from a very hot environment into 'normal' surroundings at room temperature too quickly, the thermal shock is enough to damage or destroy these

units. Thus, most of the existing high-temperature sensors are not very robust, and must be handled carefully to avoid early failures.

Oxygen loss at high temperatures can also be compensated by allowing the sensors to 'breathe' Oxygen. Some sensors have a venting hole (in the even bigger housing than required for the bigger piezo-elements) to enable 'breathing', but this also allows dirt or other foreign contaminants to enter the sensor, polluting the sensitive elements.

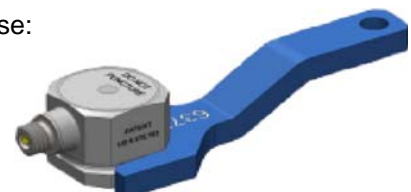
The 3316XX uses a special design, mechanically and thermally tuning the components to allow much higher temperature gradients and smaller size without risking damage. The 'breathing hole' is covered with a patented silver-window (in the drawing under 'DO NOT PUNCTURE'). This window hermetically seals the sensor from the surrounding environment at room temperature, but is permeable to Oxygen at the high temperatures at which this is required.

The design and materials used make the 3316XX accelerometer series smaller, lighter and more robust than ever believed possible before and have made spurious output signals and spikes caused by internal temperature gradients a thing of the past.

In order to use the sensor properly, it is important that the correct accessories are used. Due to the decreasing impedance with temperature, the charge amplifier used must match this low input impedance – not all standard commercial charge amplifiers can be used. For the same reason, the sensor must be electrically isolated from the structure that it is mounted on, so the use of an electrical isolator adaptor is mandatory. Also, the hardline cable used should be chosen carefully. Most companies use insulating material on the hardline cable made with Magnesium oxide, but these are hygroscopic at room temperature. This is why Dytran uses a Silicon Dioxide as insulating material. Also the electrical isolation of the sensor is not of much use, if a non-isolated cable – whose metal jacket is connected to the sensor housing - is used and touches the structure, in which the sensor is mounted on somewhere along the line, grounding the sensor by short-circuiting the isolation adaptor. This is why Dytran recommends using an isolated version of the cable: This has an electrically isolated fiberglass jacket sleeve, which again has an additional metal braiding to prevent fiberglass related injuries when handling the cable.

Here is an example of a High-Temperature system we recommend to use:

3316M3: High Temperature Sensor (538°C)  
60016Ax: Hardline Cable  
4753B: Charge Amplifier  
6048Ax: Teflon Cable



(de-)mounting wrench



We recommend using the 60016Ax Hardline cable with fiberglass sleeve. If a non-isolated hardline cable is used (e.g. 6946AXX), one must make sure that the cable – as described above – is not grounded by mistake. When ordering, make sure that the cable length is mentioned to ensure a proper calibration.

Other adapters are also available (6759 – triax for 3x 3316) and version with a tri-mount base (also called A-rink) (6762/6763):

