

## Motoren- indizierung

Druckmesstechnik  
für Forschung  
und Entwicklung

# Kistler – Ihr Partner für Spitzenleistung in der Motorenentwicklung

Sensoren und Systeme zur Messung des Zylinderdrucks, des Einspritzdrucks und zur Dokumentation der Daten spielen bei der Entwicklung von Verbrennungsmotoren eine Schlüsselrolle. Dies ist eine der Branchen für die Kistler Instrumente AG tätig ist. Als Schweizer Unternehmen bieten wir mit speziellen Sensoren und Überwachungssystemen ebenso Lösungen für die Motorenüberwachung, Automobiltechnik, mechanische Fertigung, Kunststoffverarbeitung und Biomechanik.

Kernkompetenzen von Kistler sind Entwicklung, Produktion und Einsatz von Sensoren zur Messung von Druck, Kraft, Drehmoment und Beschleunigung. Elektronische Systeme und Know-how von Kistler helfen Messsignale aufzubereiten und physikalische Vorgänge zu analysieren, Prozesse zu regeln und zu optimieren und die Produktqualität zu steigern.

Kistler investiert Jahr für Jahr 10 % seines Umsatzes in Forschung und Entwicklung – für technisch innovative und wirtschaftliche Lösungen auf dem neuesten Stand der Erkenntnisse.

Mit rund 1 000 Mitarbeitern ist die Kistler Gruppe Weltmarktführer in der dynamischen Messtechnik. Weltweit 25 Gruppengesellschaften und 30 Vertretungen sichern einen engen Kontakt zum Kunden, eine individuelle anwendungs-technische Unterstützung und kurze Lieferzeiten.

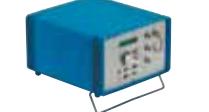


*PiezoStar® – seit mehr als zehn Jahren züchtet  
Kistler eigene Kristalle mit hoher  
Empfindlichkeit und Temperaturstabilität*

# Inhalt

<b>In 200 Schritten vom Kristall zum Sensor</b>	<b>4</b>
<b>Drucksensoren von Kistler – immer die optimale Lösung</b>	<b>6</b>
<b>PiezoSmart® – Sensoren automatisch identifizieren</b>	<b>8</b>
<b>Von Anfang an führend und in allen Motoren zuhause</b>	<b>10</b>
<b>Grundlagen der Indiziertechnik</b>	<b>12</b>
<b>Systeme für die Indizierung – KiBox® für Fahrzeuganwendungen</b>	<b>14</b>
<b>Systemintegration auf dem Prüfstand</b>	<b>16</b>
<b>Service nach Mass – individuell und kundenorientiert</b>	<b>18</b>

## Produktdetails/Produktangebot

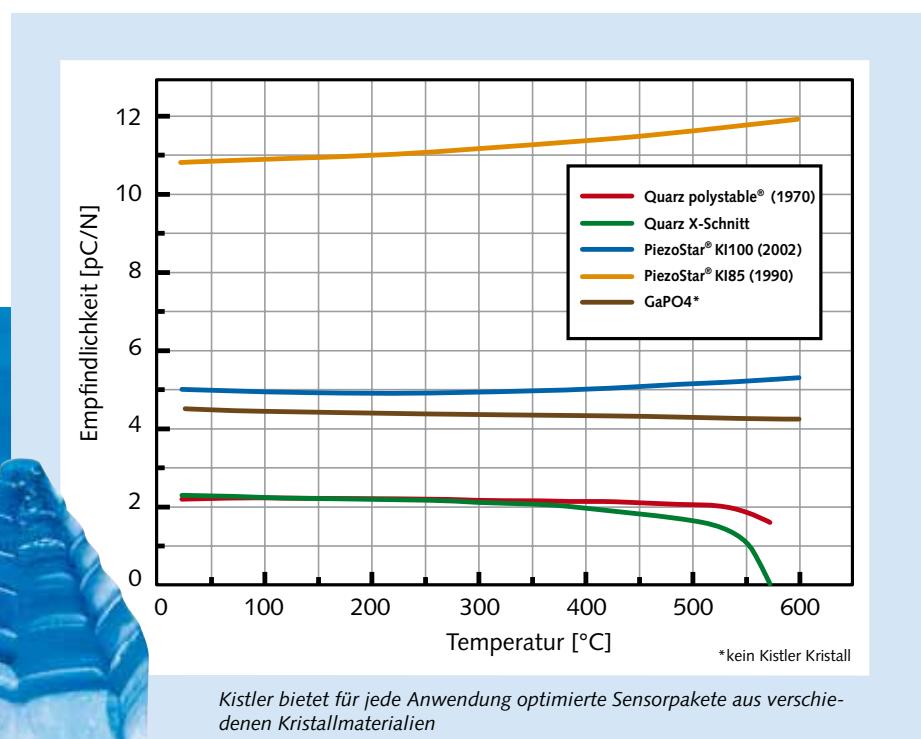
Messketten	20	
Messen	24	
Verbinden	43	
Elektronik & Software	46	
Zubehör	55	
Kalibrieren	58	
Technische Literatur	61	
Glossar	62	
Produktübersicht nach Typennummern	64	

# In 200 Schritten...

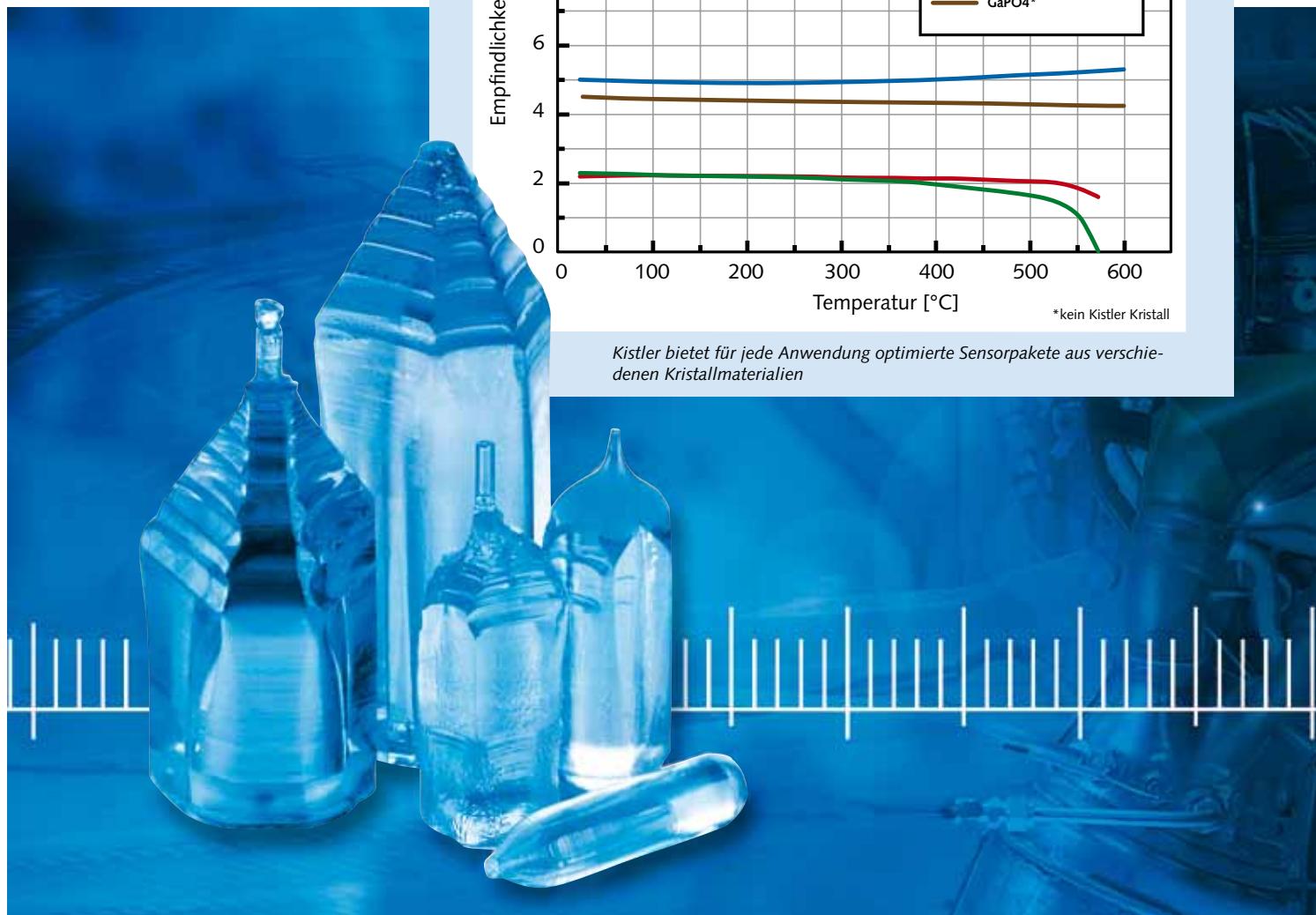
Die Herstellung von piezoelektrischen Sensoren hat viele Gemeinsamkeiten mit der Uhrenfertigung in einer feinmechanischen Manufaktur. Um die meist nur wenige Millimeter kleinen Einzelteile herzustellen und mikrometergenau zu montieren, sind bis zu 200 einzelne Schritte nötig – filigrane Handarbeit für Präzisionsmessgeräte, die bei Kistler gleich mehrfach einer 100 %-igen Qualitätskontrolle unterliegen. Schliesslich sollen die Sensoren über lange Zeit zuverlässig präzise Messwerte liefern.

Herzstück eines piezoelektrischen Sensors ist ein Messelement aus Kristall. Ist dieser Kristall einer mechanischen Kraft ausgesetzt, entsteht an den Oberflächen eine proportionale elektrische Ladung, die sich als Messsignal nutzen lässt. Piezoelektrische Sensoren eignen sich besonders für präzise Messungen schneller Vorgänge die über weite Messbereiche und bei hohen Temperaturen stattfinden.

**PiezoStar®-Kristalle – massgezüchtet für die Indizierung**  
Kistler verwendet überwiegend Quarz (Siliziumdioxid,  $\text{SiO}_2$ ) als Kristallmaterial. Extreme Umgebungsbedingungen, z.B. bei der Motorenindizierung, stellen jedoch hohe Ansprüche an das Material. Deshalb züchtet Kistler seit 10 Jahren eigene Kristalle. Aus diesen PiezoStar-Kristallen werden Messelemente mit massgeschneiderten Eigenschaften hergestellt.



Kistler bietet für jede Anwendung optimierte Sensorpakete aus verschiedenen Kristallmaterialien



# ...vom Kristall zum Sensor

Daher kann Kistler für die verschiedensten Anwendungen speziell optimierte Sensor-pakete mit höchster Messgenauigkeit und Leistungsfähigkeit anbieten.

## Alles beginnt mit der Durchleuchtung

Ausschlaggebend für die Eigenschaften eines Messelements ist die Ausrichtung des Kristallgitters zu den Elementoberflächen. Um die individuellen Kristallachsen und damit die Schnittebenen für die Messelemente zu bestimmen, wird jeder Kristallbarren vor der Verarbeitung geröntgt. Erst dann werden die Kristallbarren in dünne Scheiben, so genannte Wafer, geschnitten. Allein dieser erste Arbeitsgang dauert 24 Stunden.

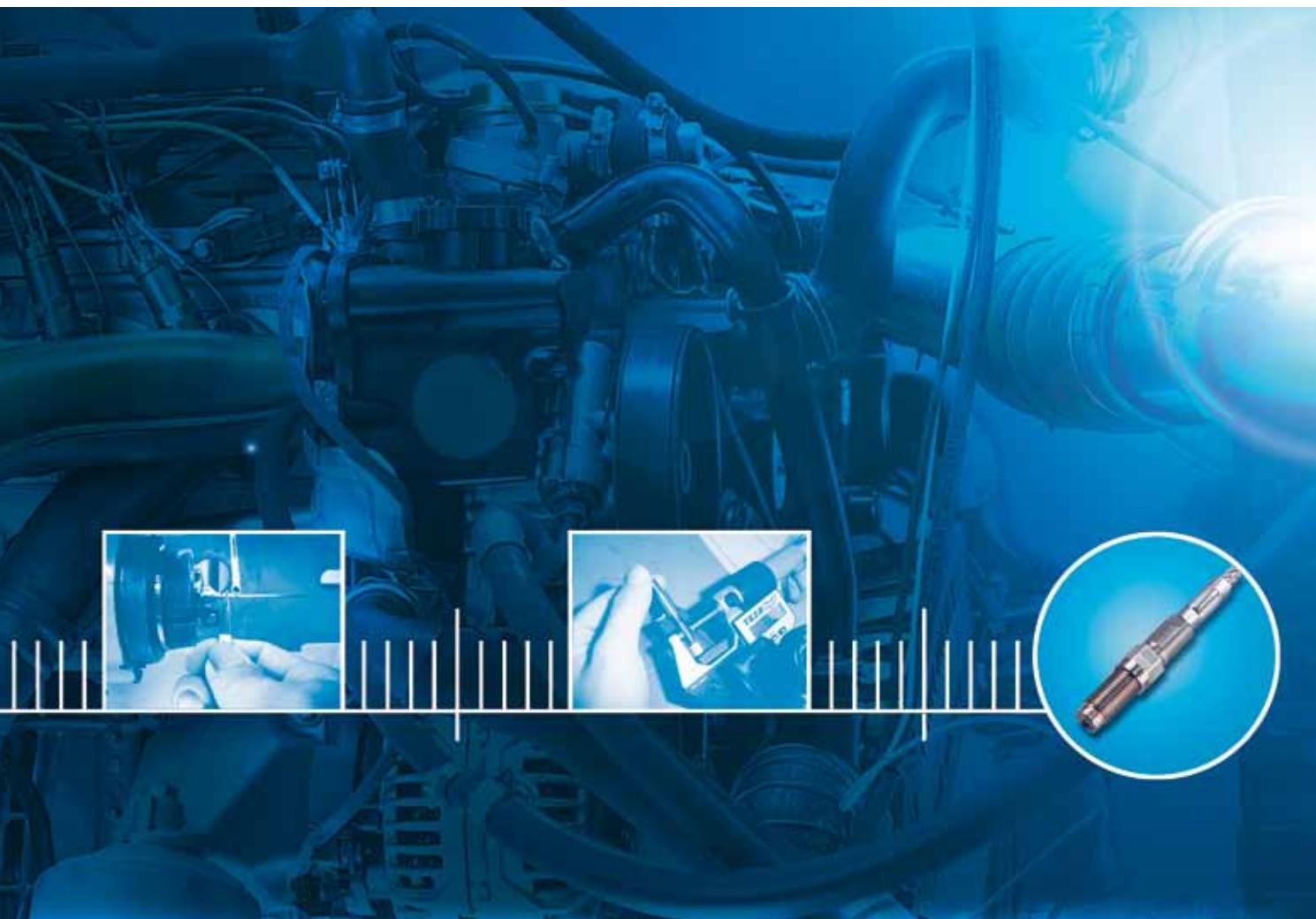
## 100 % Kontrolle – für jeden Schritt

Aus den Wafern entstehen in vielen, überwiegend manuellen Zwischenschritten die kleinen Messelemente für die Sensoren – in den verschiedensten Formen und mit unterschiedlichsten Geometrien. Mikrometrisch genau werden die Kristallplättchen geschnitten, geläppt, beschichtet, erneut geläppt und gefasst. Kistler überlässt dabei nichts dem Zufall.

Nach jedem Bearbeitungsschritt werden die späteren Messelemente gereinigt und erneut auf Masshaltigkeit und Oberflächengüte kontrolliert. Gleiches gilt selbstverständlich auch für alle anderen Einzelteile wie Gehäuse, Membran, Isolator, Kontaktfeder, Stecker und viele mehr.

## Montage unter Reinraumbedingungen

Die Montage der Sensoren ist schliesslich Feinstwerktechnik. Sie findet in einer Reinraumumgebung der Klasse 5 unter dem Mikroskop statt. Auch hier ist Präzision das höchste Gebot und eine ruhige Hand Bedingung. Der kleinste Fehler macht einen Sensor untauglich. Deshalb ist jeder einzelne Schritt in einer Montageanweisung beschrieben, die strikt zu befolgen ist. Ist ein Sensor komplettiert, erhält er durch individuelle Laserbeschriftung das markentypische "K", die Typenbezeichnung und die Seriennummer. Anschliessend finden Prüfung und Kalibrierung statt. Es folgt die Schlusskontrolle, bevor alle Daten des Sensors unter der Seriennummer in einer Datenbank gespeichert werden.



# Drucksensoren von Kistler...

So vielseitig wie die Motorenentwicklung ist auch das Angebot an Kistler-Sensoren. Piezoelektrische Miniatur-Drucksensoren messen Zylinderdrücke mit höchster Präzision. Dies ist die Basis zur thermodynamischen Beurteilung des Verbrennungsprozesses. Ebenso einzigartig sind piezoresistive Drucksensoren zur präzisen Druckmessung im Einlass- und Auslasskanal.

## Piezoelektrische Drucksensoren

Der piezoelektrische Effekt – "piezein" stammt aus dem Griechischen und bedeutet "drücken" – wurde 1880 von den Brüdern Curie entdeckt. Sie stellten fest, dass sich die Oberflächen bestimmter Kristalle – darunter auch Quarz – elektrisch aufladen, wenn der Kristall mechanisch belastet wird. Diese elektrische Ladung ist exakt proportional zu der auf den Kristall wirkenden Kraft. Gemessen wird sie in Picocoulomb ( $1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ Coulomb}$ ).

Piezoelektrische Sensoren sind aktive Sensoren. Deshalb können sie nur quasistatisch, nicht aber echt statisch messen. Sie eignen sich hervorragend für die dynamische Messtechnik. Piezoelektrische Drucksensoren kommen überall dort zum Einsatz, wo schnell ändernde Drücke bei Temperaturen bis  $400^\circ\text{C}$  möglichst genau erfasst und registriert werden müssen.

Neben Quarz werden vor allem bei ungekühlten Sensoren auch Kristalle eingesetzt, die von Kistler entwickelt und gezüchtet werden. Diese als PiezoStar® bezeichneten Kristalle zeichnen sich durch hohe Empfindlichkeit und hohe Temperaturstabilität aus.

## Piezoresistive Drucksensoren

Das piezoresistive Prinzip beruht auf einem 1954 erstmals beschriebenen Halbleitereffekt: Unter mechanischer Spannung verändern Halbleiter ihren elektrischen Widerstand. Dies eröffnete gegenüber der damals üblichen Messtechnik mit Dehnungsmessstreifen völlig neue Anwendungsmöglichkeiten. In der Zwischenzeit sind weitere ähnliche Techniken hinzugekommen, zum Beispiel die Dünnschichttechnik auf Metall und die Dickschichttechnik auf Keramik.

Piezoresistive Sensoren von Kistler messen statische Drücke in Gasen und Flüssigkeiten. Die Resultate sind auch unter widrigsten Bedingungen präzis und reproduzierbar.

### Anwendungsmöglichkeiten auf einen Blick

1. Präzisions-Zylinderdruckmessung mit gekühltem PiezoStar®-Zylinderdrucksensor für Brennverlaufsrechnung, Ladungswechselanalysen und Verbrennungsentwicklung
2. Zylinderdruckmessung ohne zusätzliche Montagebohrung zur Sensorapplikation.  
**Messzündkerzen:** Zur Klopfanalyse, beim Einsatz im Fahrzeug  
**Glühkerzenadapter:** Zur brennungsnahen Messung bei DI-Dieselmotoren. Auch als Messglühkerze für Kaltstartmessungen erhältlich
3. Indizierung mit ungekühlten piezoelektrischen PiezoStar®-Sensoren für thermodynamische Berechnungen und zur Motorkalibrierung
4. Niederdruckindizierung im Ein- und Auslass mit piezoresistiven Drucksensoren. Im Auslass werden die Sensoren mit Kühladapter oder Schaltadapter eingesetzt.  
Zur Analyse und Optimierung des Ladungswechsels



Piezoelektrischer Drucksensor M8 gekühlt,  
Typ 6041B...



Piezoelektrischer Drucksensor M5 ungekühlt,  
Typ 6052C...



Piezoresistiver Drucksensor absolut M5,  
Typ 4005B...

→ Lesen Sie mehr zu ungekühlten Sensoren ab Seite 24.

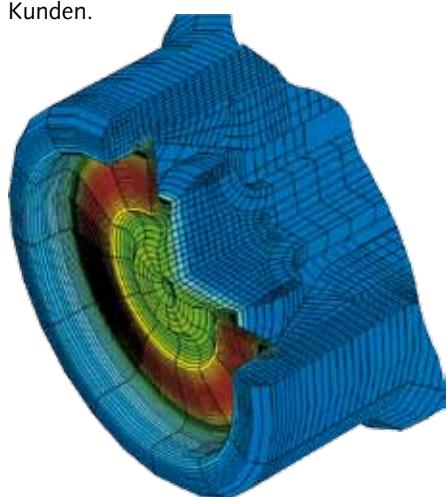
→ Lesen Sie mehr zu gekühlten Sensoren ab Seite 30.

# ...immer die optimale Lösung

Innovationskraft, der enge Kontakt zu führenden Motorenherstellern in aller Welt und das Verständnis für die Anwendungen sind der Schlüssel dafür, dass Kistler heute als Schrittmacher in der Motorenmesstechnik gilt. Kistler bietet immer die optimale Lösung zur exakten Druckmessung in den verschiedensten Bereichen: sei es für die absolute Präzision in der Forschung oder für den harten Einsatz im Rennsport.

## Verlässlicher Entwicklungspartner für Forschung und Industrie

Dafür steht eine breite Palette von Produkten zur Verfügung, die nicht nur piezoelektrische und piezoresistive Sensoren, sondern auch die zugehörige Signalkonditionierung sowie ein vielfältiges Zubehörangebot umfasst. Damit ist sichergestellt, dass für jede indiziertechnische Aufgabenstellung immer das perfekte Sensorpaket mit der idealen Signalkonditionierung eingesetzt werden kann und damit ein Höchstmaß an Genauigkeit erzielt wird. Dank des modularen Aufbaus unserer Sensoren können auch kundenspezifische Sensorversionen mit geringem Aufwand hergestellt werden. So werden auch bei speziellen Sensoranwendungen und Einsatzbedingungen immer exakte Messwerte gewonnen – ein weiterer Vorteil für unsere Kunden.

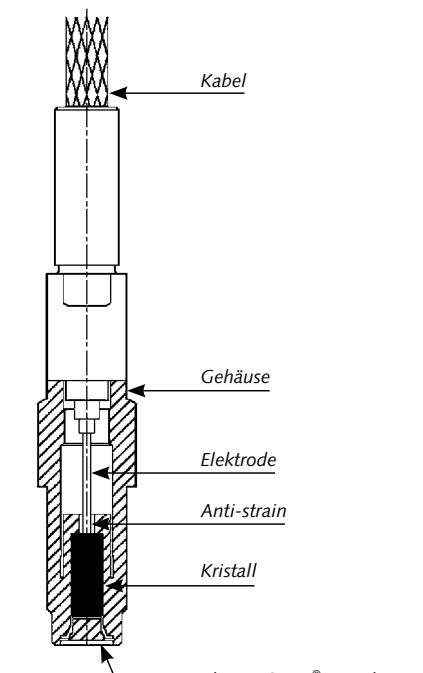
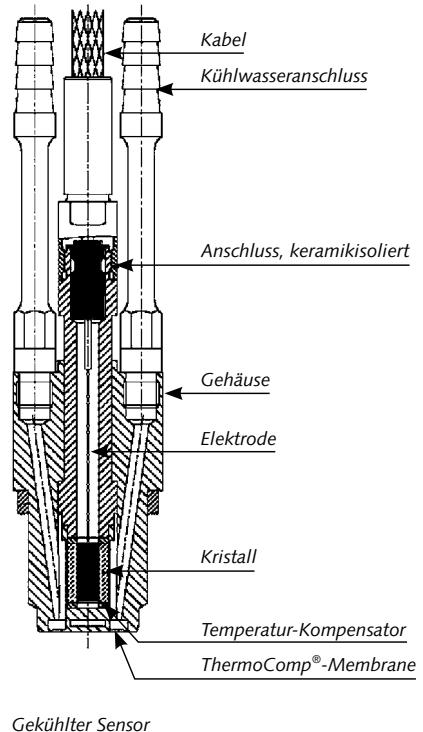


FEM-Modell eines frontdichtenden Sensors

## Simulation und Berechnung

Der weite Messbereich, die hohe Temperaturbeständigkeit und die hohe Eigenfrequenz stellen die natürlichen Vorteile der piezoelektrischen Messtechnik für die Messung des Verbrennungsdrucks in Motoren dar. Trotz dieser grundsätzlichen Eignung sind die Sensoren im Betrieb aber thermischen und mechanischen Störeinflüssen ausgesetzt und Massnahmen zur Minimierung dieser Störeinflüsse stehen aber oftmals im komplexen Zielkonflikt zueinander.

Eine effiziente Möglichkeit zur Lösung dieser Zielkonflikte und zur Bewältigung der Komplexität bieten Simulations- und Berechnungswerzeuge. Ausgehend von einem Modell, das die geometrischen, mechanischen und thermischen Sensoreigenschaften abbildet, können die Auswirkungen vielfältiger Einflüsse auf das Messergebnis schnell und zeiteffizient berechnet und dargestellt werden.



Ungekühlter Sensor

**PiezoSmart®...**

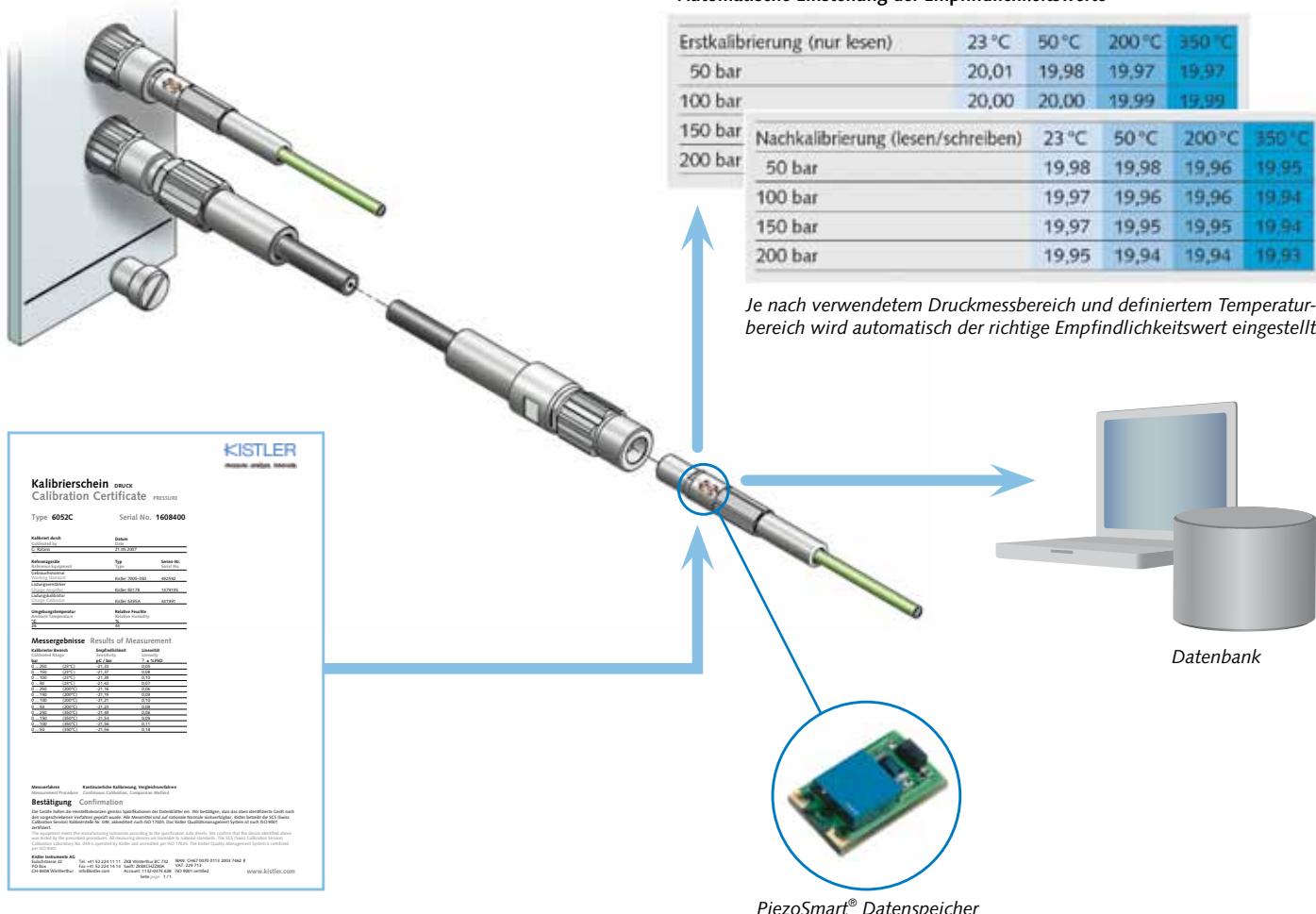
Detaillierte Planung, umfangreiche Messketten-Parametrierung und präzise Messstellenzuordnung – bereits die Vorbereitungen der Motorenindizierung sind enorm aufwändig. Die Erstellung der benötigten Dokumentation sowie die zugehörigen Prozeduren sind personalintensiv und fehleranfällig. Die automatische Sensoridentifikation PiezoSmart bietet den Prüfstandbetreibern in Verbindung mit der Signal Conditioning Platform (SCP) erhöhte Prozesssicherheit, weitreichende Flexibilität und eine verbesserte Datenqualität bei geringerem Vorbereitungsaufwand.

PiezoSmart ist ein aktives System zur automatischen Identifizierung von individuellen Drucksensoren. "Plug & Measure": Die automatische Parametrisierung der Messketten reduziert das Fehlerrisiko und die Rüstzeit. Zusätzliche Funktionen garantieren die lückenlose Qualitätssicherung der Indizierdaten. Und für Praktiker besonders wichtig:

- PiezoSmart eignet sich grundsätzlich für alle Drucksensoren für die Motorenindizierung sowie für alle derzeit verfügbaren Kabel- und Steckerkombinationen
  - Der modulare Sensoraufbau gestattet auch die Nachrüstung bereits vorhandener oder gebrauchter Sensoren mit der Sensoridentifikation

**Sensordaten eindeutig zugeordnet**

Kernstück von PiezoSmart ist ein "elektronisches Datenblatt", das so genannte Transducer Electronic Data Sheet (TEDS). Es handelt sich hierbei um einen Chip im verstärkerseitigen Stecker des Sensorkabels, auf dem die Sensordaten hinterlegt sind. Stecker und Drucksensor bilden eine physische, einfach zu montierende Einheit. Damit ist im Prüfstandbetrieb die eindeutige und sichere Zuordnung der Sensordaten gewährleistet. Zusätzlichen Schutz gegen unbeabsichtigtes Vertauschen bieten eine Plombe oder Klebemarkierungen. Das TEDS enthält die Seriennummer, die Erstkalibrierwerte und die aktuellen Kalibrierwerte des Sensors sowie zusätzliche Hersteller- und Identifizierungsdaten.



# ...Sensoren automatisch identifizieren

Die Überwachung der sensorindividuellen Erst- und Nachkalibrierwerte erlaubt das frühzeitige Erkennen von Sensoranomalien. Dies wiederum hilft, Prüfstandsausfälle und Datenverluste zu vermeiden. Die Daten im TEDS haben passwortgeschützte Zugriffs- und Schreibrechte für verschiedene Hierarchieebenen. Damit sind eventuell erforderliche Nachkalibrierungen des Sensors oder der Austausch von defekten Sensoren und Kabeln auch beim Anwender möglich.

## Autonomer Betrieb

Weil die Sensordaten dezentral abgelegt sind, erlaubt PiezoSmart den autonomen Betrieb von Sensor und Messkette. Das System ist jederzeit einsatzbereit, denn eine rückwärtige Datenbank ist nicht erforderlich.

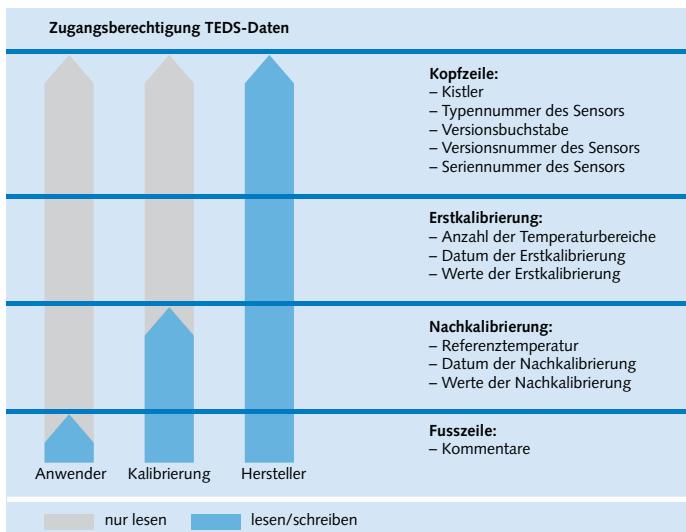
## Schnittstelle Sensor – Prüfstand

Bindeglied zwischen Sensor und Prüfstand ist die Signal Conditioning Platform (SCP), ein integrierter Geräteträger mit funktionsspezifischen Messmodulen zur Signalaufbereitung.

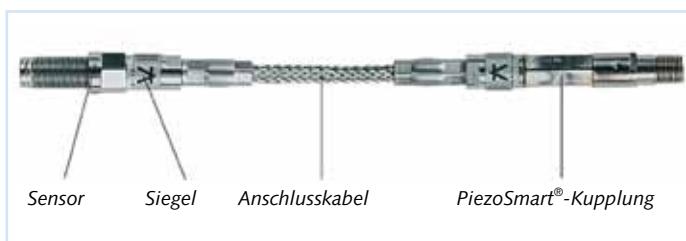
## Eindeutige Zuordnung von Daten und Sensor

Sensor und Anschlusskabel mit TEDS bilden eine physikalische Einheit, d.h. sie sind fest miteinander verbunden und brauchen auch zur Sensormontage nicht getrennt zu werden.

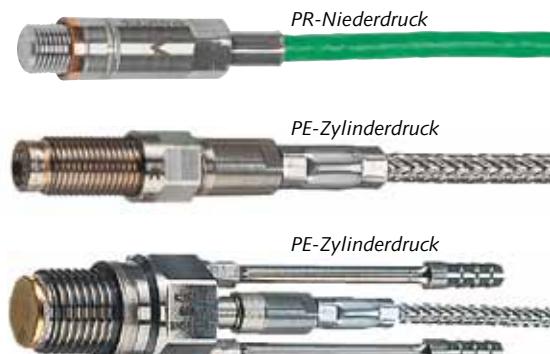
Ab Werk werden die einzelnen Teile miteinander punktverschweisst geliefert. Wenn eine Nachrüstung beim Anwender vorgenommen wird, visualisiert ein Aufkleber mit "Kistler-K" und einer Bruchlinie die Unversehrtheit der Verbindung.



Abgestufte Zugangs- und Schreibrechte



Einheit mit Sensor, Anschlusskabel und TEDS



Beispiele von Sensoren mit PiezoSmart®

## + Vorteile auf einen Blick

- Automatische Parametrierung der Ladungs- und Spannungsverstärker
- Genaue Indizierdaten bei vereinfachtem Messbetrieb
- Einfache Rüstprozesse und schnelle Messbereitschaft auf dem Prüfstand
- Einfache Auswertung und Dokumentation von Messwerten durch automatischen Datenaustausch mit Auswertesystemen
- Hohe Verfügbarkeit der Indiziersensorik durch mehrkanalige Kalibriersysteme

→ Lesen Sie mehr zum Thema  
Nachrüstung auf Seite 18.

# Von Anfang an führend...

**Vom Pionier zum Technologieführer – seit den 50er Jahren befasst sich Kistler mit der Entwicklung, Produktion und dem Einsatz piezoelektrischer Sensoren. Und ebenso lange spielen Kistler-Sensoren eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung von Verbrennungsmotoren. Denn erst der "Blick in die Brennräume" liefert die erforderlichen Informationen, um die Verbrennung so zu optimieren, dass sich der Wirkungsgrad verbessert und der Schadstoffausstoss minimiert.**

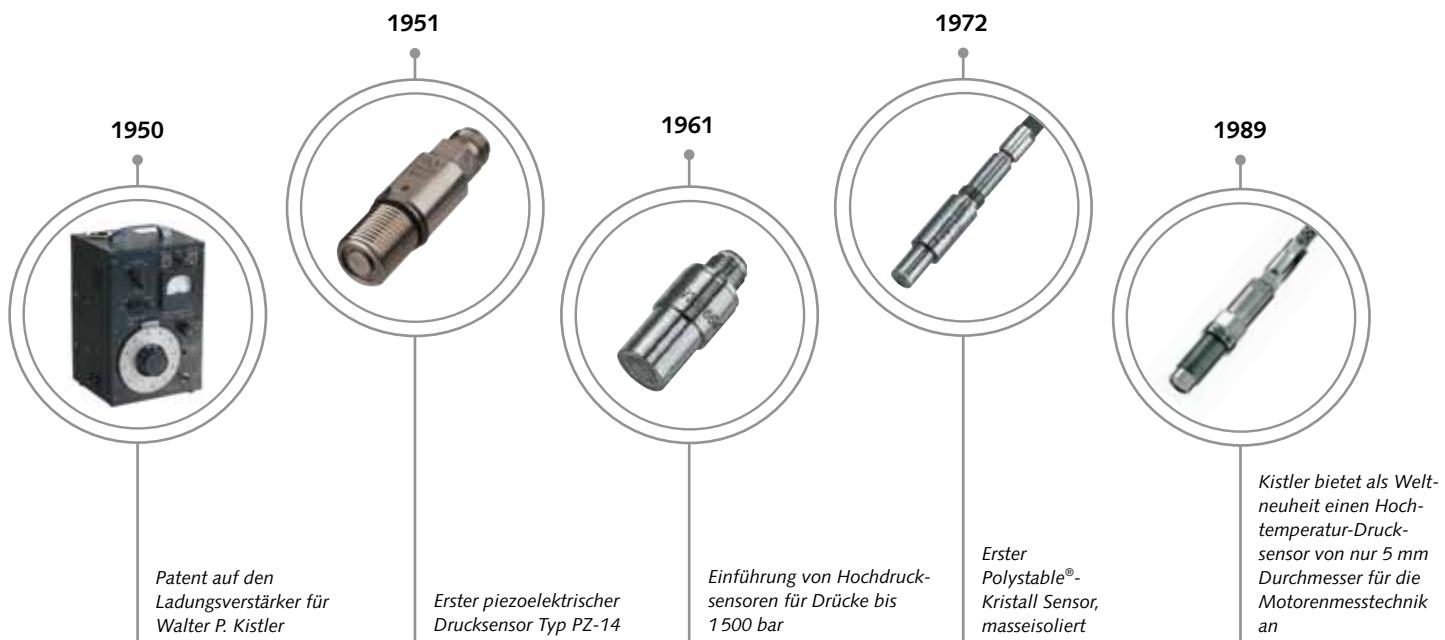
Die Entwicklung der Messtechnik für die Motorenentwicklung ist eng mit der Geschichte des Unternehmens Kistler verbunden. Sie beginnt 1944, als sich die beiden späteren Gründer der heutigen Kistler Instrumente AG, Hans-Conrad Sonderegger und Walter P. Kistler, bei der SLM (Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik) in Winterthur kennengelernten: Sonderegger sollte einen neuen luftgekühlten Dieselmotor entwickeln, Kistler moderne Messmethoden für die Motorenentwicklung.

Mit der Patentvergabe auf Ladungsverstärker – jene Geräte, die das Signal der piezoelektrischen Sensoren in eine nutzbare Spannung verwandeln – an Walter P. Kistler gelang 1950 der Durchbruch. Nur wenige Monate später war der piezoelektrische Druckaufnehmer PZ-14 entwickelt, die Keimzelle vieler nachfolgender Sensoren.

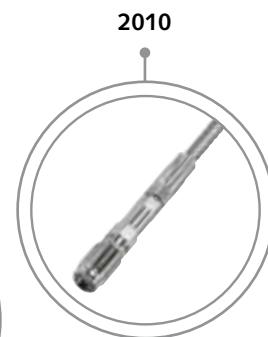
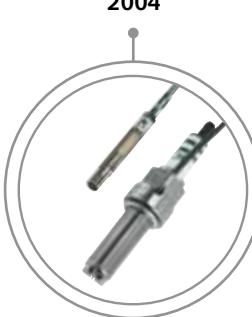
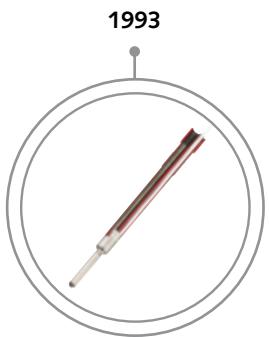
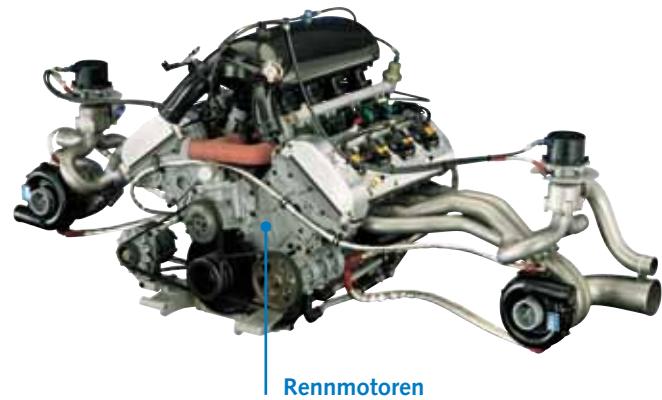
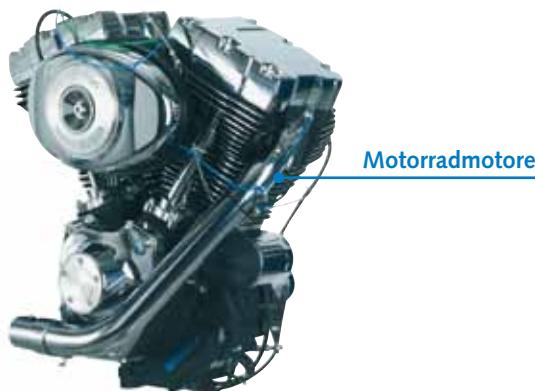
Seit 1959 entwickelt und produziert Kistler piezoelektrische Sensoren für die Druckmessung. Sie bewähren sich heute auch unter extremsten Bedingungen und liefern zuverlässige Resultate. Als Sensorelemente werden neben Quarzen vermehrt auch selbst gezüchtete Kristalle eingesetzt.



Schiffsmotoren



# ...und in allen Motoren zu Hause



Erster wassergekühlter ThermoComp®-Sensor

Erste Messglühkerze zur Druckmessung in Dieselmotoren

Erster Einsatz von PiezoSmart®-Sensoren in der Motorenmesstechnik und der M10-Messzündkerzen für den Rennsport

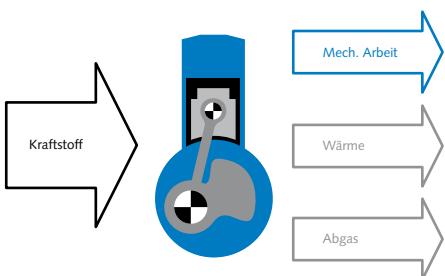
Piezoelektrischer Hochtemperatursensor

Kleinster PE-Sensor Typ 6054AR...

# Grundlagen der Indiziertechnik

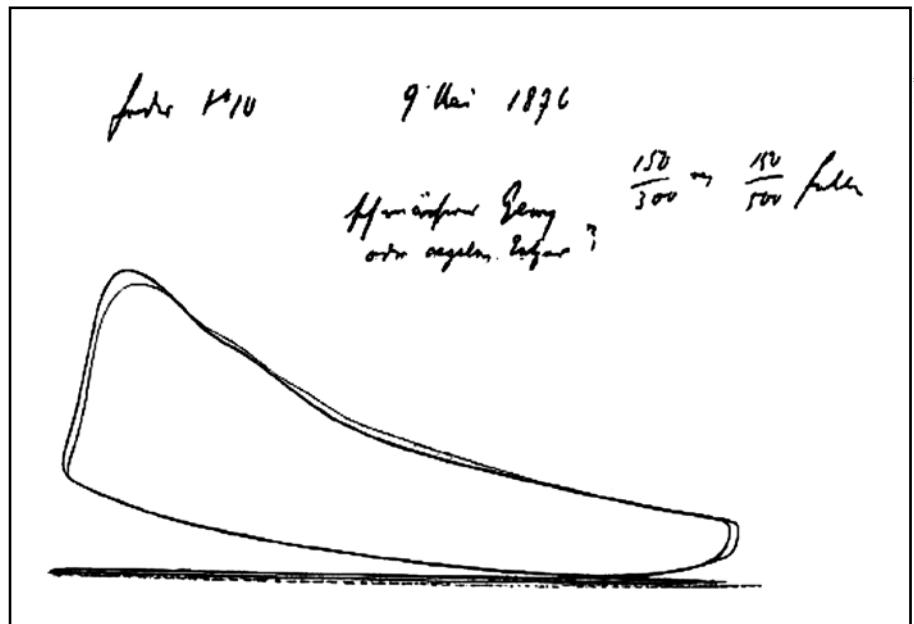
Entwicklung und Optimierung moderner Verbrennungsmotoren sind ohne Kenntnis der Vorgänge im Zylindern undenkbar. Erst die Messung und Analyse des Druckverlaufs in den Zylindern – das Indizieren – liefert die erforderlichen Daten, um den Wirkungsgrad, die Motorleistung, die Emissionen und nicht zuletzt die Lebensdauer von Motoren zu optimieren. Je besser die Daten – desto wertvoller die daraus abzuleitenden Informationen.

Hubkolben-Verbrennungsmotoren sind vom Grundsatz her Wärmekraftmaschinen: Sie wandeln die im Kraftstoff-Luft-Gemisch gebundene, chemische Energie durch Verbrennung im Wesentlichen in mechanische Arbeit und Wärme um.



Umformung der im Kraftstoff gebundenen chemischen Energie in mechanische Arbeit und Wärme

Ziel der Entwickler ist es, einen möglichst hohen Anteil an mechanischer Arbeit aus dem Umwandlungsprozess zu erhalten, also einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erreichen. Von signifikanter Bedeutung sind dabei die Höhe und der zeitliche Verlauf des auf den Kolben einwirkenden Zylinderdrucks. Dieser Druckverlauf ist repräsentativ für die Verbrennung und damit die Art und Weise, wie die Energieumwandlung im Motor stattfindet. Folglich ergibt sich die gesamte während eines Arbeitsspiels oder TAKTES summierte mechanische Arbeit am Kolben aus dem Druck und der zugehörigen Volumenänderung des Brennraums.



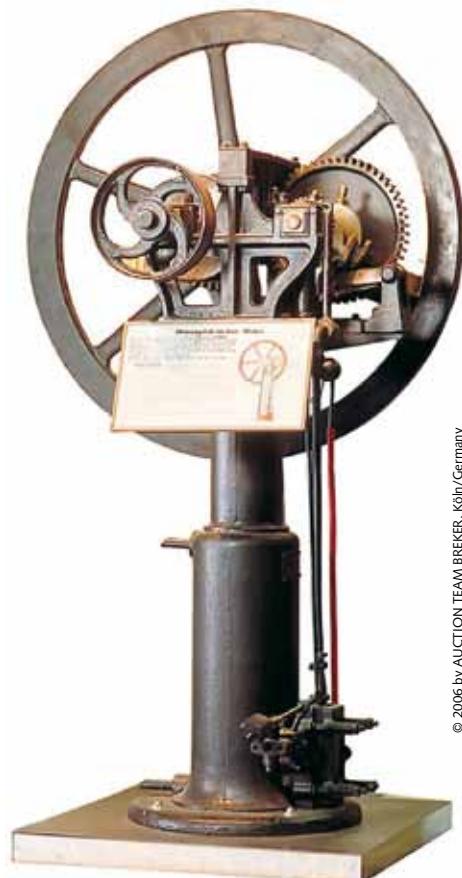
Indikatordiagramm (pV-Diagramm), aufgenommen von Nikolaus Otto im Jahr 1876

Basierend auf diesem Wissen, setzten bereits Nikolaus Otto und Rudolf Diesel sogenannte Indikator-Apparate (Zeiger-Apparate) ein, um den Brennraumdruck und die Kolbenposition simultan aufzuzeichnen.

Im deutschsprachigen Raum bezeichnet "Indizieren" heute alle Arbeiten im Zusammenhang mit einer Druckverlafsanalyse in Verbrennungsmotoren. Je nach Aufgabenstellung umfasst Indizieren jedoch nicht nur die eigentliche Verbrennung sondern auch Gaswechsel, Einspritzsystem, Zündsystem und mehr. Im englischsprachigen Raum wird überwiegend von Verbrennungsanalyse (Combustion Analysis) gesprochen.

Das Indizieren gilt als Basiswerkzeug für die Motorenentwicklung und ist der Schlüssel, um

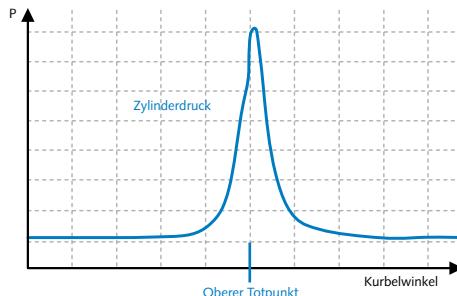
- den Wirkungsgrad zu verbessern
- die Motorleistung zu steigern
- Emissionen zu reduzieren und
- die Lebensdauer von Motoren zu verlängern



Otto-Motor von 1870

## Zylinderdruckanalyse

Für die meisten Anwendungen werden Indizierdaten bezogen auf den oberen Totpunkt (OT) des Arbeitstaktes dargestellt bzw. einem bestimmten Verbrennungszyklus zugeordnet. Die wichtigste Informationsquelle beim Indizieren ist der Verlauf des Zylinderdrucks. Wesentliche Kenngrößen sind dabei sowohl die Signalhöhe als auch der Verlauf bezogen auf die Position des OT.

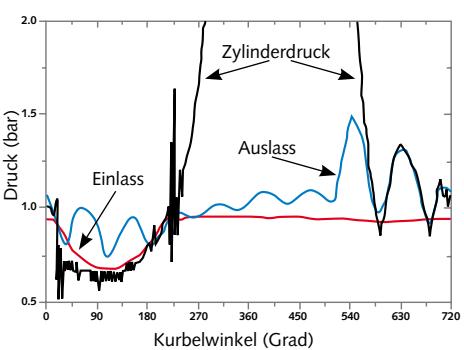
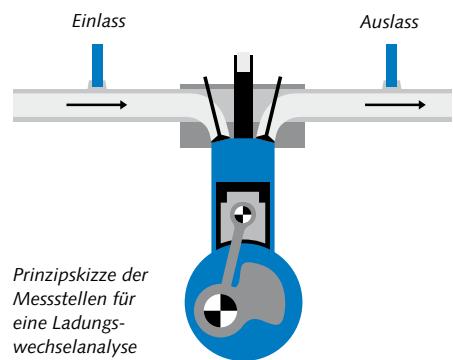


Zylinderdruckverlauf innerhalb eines Arbeitsspiels eines 4-Takt-Dieselmotors

## Ladungswechselanalyse

Mit einer Ladungswechselanalyse wird die Füllung des einzelnen Zylinders bewertet und optimiert: Je besser die Füllung, desto höher ist die erreichbare Zylinderleistung. Aber auch der Kraftstoffverbrauch und das Emissionsverhalten lassen sich mit Hilfe der Ladungswechselanalyse optimieren. Das ist etwa dann wichtig, wenn der Motorenentwickler den Gaswechsel mit einem variablen Ventiltrieb flexibel beeinflussen oder den Einlassvorgang mit einem Schaltsaugrohr verändern kann.

Motor- und Verbrennungssysteme haben in allen Anwendungsbereichen eine Komplexität erreicht, die ohne Indiziermessungen nicht zu beherrschen ist. Für die Forschung, Entwicklung und Abstimmung von Motoren schafft erst das Indizieren die Grundlagen, um Abgasgesetze einzuhalten und um Leistungs- und Verbrauchserswartungen zu erfüllen.



Druckverläufe in Saugrohr, Zylinder und Auspuffkrümmer. Zur besseren Darstellung der Messkurven wurden der Kompressions- und der Verbrennungsdruck bei 2 bar abgeschnitten

### Kistler Know-how

Aus Zylinderdrucksignalen werden u.a. folgende Daten berechnet und folgende Informationen abgeleitet:

Abgeleitete Daten	Informationsgehalt
Spitzendruck	Mechanische Triebwerksbelastung
Indizierter Mitteldruck, gesamter 4-Takt-Zyklus oder nur Hochdruckanteil	Zylinderleistung Verbrennungsstabilität (zyklische Schwankungen) Verbrennungsaussetzer Ansprechverhalten Reibungsverluste
Hochfrequenter Schwingungsanteil	Klopfen
Druckgradient	Verbrennungsgeräusch
Kurbelwinkellage des Spitzendrucks Heizverlauf, Energieumsatzpunkte	Gesamtwirkungsgrad Verbrennungswirkungsrad Qualitative Abgaswerte Qualität des Zündsystems
Gastemperatur	Qualitative Abgaswerte
Niederdruckanteil des indizierten Mitteldrucks, pV-Diagramm	Gaswechselverluste
Brennverlauf	Energiebilanz
Massenstrom	Füllung des Zylinders Restgasgehalt im Zylinder Rückströmung Gaswechselverluste
Zündverzug, berechnet aus Zünd- bzw. Einspritzzeitpunkt und Brennbeginn	Gemischbildung, Zündzeitpunkt

# Systeme für die Indizierung...

## Messen



Kistler PiezoStar® Kristalle bilden die Grundlage für optimierte Sensorkonzepte mit höchster Messgenauigkeit und Miniaturisierung. In Verbindung mit motor-spezifischen Adapters und abgestimmtem

Zubehör werden bestmögliche Messergebnisse erzielt. Für die Analyse des Gaswechsels bietet Kistler Absolutdrucksensoren – basierend auf dem piezoresistiven Messprinzip – an.



## Verstärken

Hochwertige Messverstärker wandeln die Druckverläufe in präzise skalierte Spannungssignale und bilden im bewährten Signalkonditionersystem SCP die Schnittstelle zwischen Sensorsignal und Messsystem.

Die automatische Sensoridentifikation "PiezoSmart®" auf Basis des TEDS Protokolls (Transducer Electronic Data Sheet) ermöglicht das automatische Parametrieren aller Zylinder- und Niederdrucksignale, sowie die automatische Betriebszeit erfassung. Damit ist eine hohe Flexibilität, Datenqualität und Prozesssicherheit bei geringem Aufwand garantiert.

# ...KiBox® für Fahrzeuganwendungen

Die Entwicklung, Produktion und Anwendungspraxis piezoelektrischer Sensoren und Verstärker ist seit den 50er Jahren das Kerngeschäft von Kistler. Schon damals wurde unsere Technologie u. a. in der Automobilindustrie zur Erforschung und Entwicklung von Verbrennungsmotoren eingesetzt.

Insbesondere die Möglichkeit, hoch-dynamische Druckverhältnisse in den Zylindern präzise zu messen und aufzuzeichnen, führte zu den hohen Wirkungsgraden und reduzierten Emissionswerten heutiger Motoren. Seit über 10 Jahren züchten wir speziell für die Motorenindizierung eigene piezoelektrische Kristalle.

Die Genauigkeit der Ergebnisse wird aber nicht allein durch die Sensoreigenschaften definiert, sondern gleichrangig durch eine anwendungsspezifische Messkette mit Anschlusskabeln, Verstärkern und das Auswertesystem. Dieses Leistungsspektrum im Bereich der Motorenindiziertechnik resultiert aus einer jahrzehntelangen intensiven Zusammenarbeit mit unseren Kunden.



## Analysieren

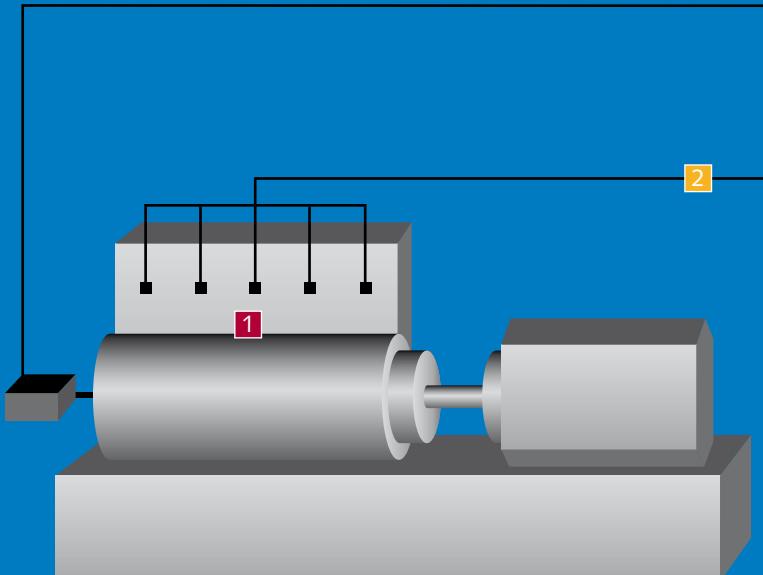
In Zusammenarbeit mit den Anwendern hat Kistler einen weiteren Schritt getan. Ausgangspunkt war das Bewusstsein, dass erst die Analyse der gemessenen Signale und der daraus resultierenden Indizierkenngrößen dem Motoringenieur die notwendige

Informationen für seine tägliche Arbeit liefern. Mit der KiBox ergänzt Kistler sein Produktspektrum nun mit einem Indiziersystem speziell für den mobilen Einsatz. Standardisierte Schnittstellen, eine leistungsfähige PC-Technologie und die

Einsatzmöglichkeit der bewährten SCP Verstärkermodule gewährleisten einen hohen Investitionsschutz und bieten dem Anwender ein einfach bedienbares Tool, das bei kürzester Vorbereitungszeit hochpräzise Ergebnisse liefert.

# Systemintegration auf dem Prüfstand

Sensoren, Kabel, Ladungsverstärker und die Signalaufbereitung von Kistler integrieren sich problemlos in unterschiedliche Indizieraufgaben. Dank standardisierter Schnittstellen ist die Signalverarbeitung kompatibel zu verschiedensten Versuchsanordnungen und Prüfstandsumgebungen. Die automatische Sensoridentifikation PiezoSmart® sichert den durchgängigen Datenaustausch zwischen Sensor und Auswertungselektronik. Dies erfüllt die wesentliche Voraussetzung für eine einfache und schnelle Auswertung und Analyse der Messdaten.



Zubehör

1 Messen

2 Verbinden



Kurbelwinkelgeber



Verbrennungsdruck



Niederohmige Kabel



OT-Sonde



Einlass



Hochohmige Kabel



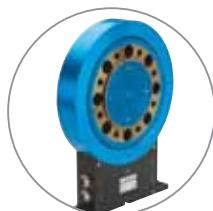
Kühlgerät



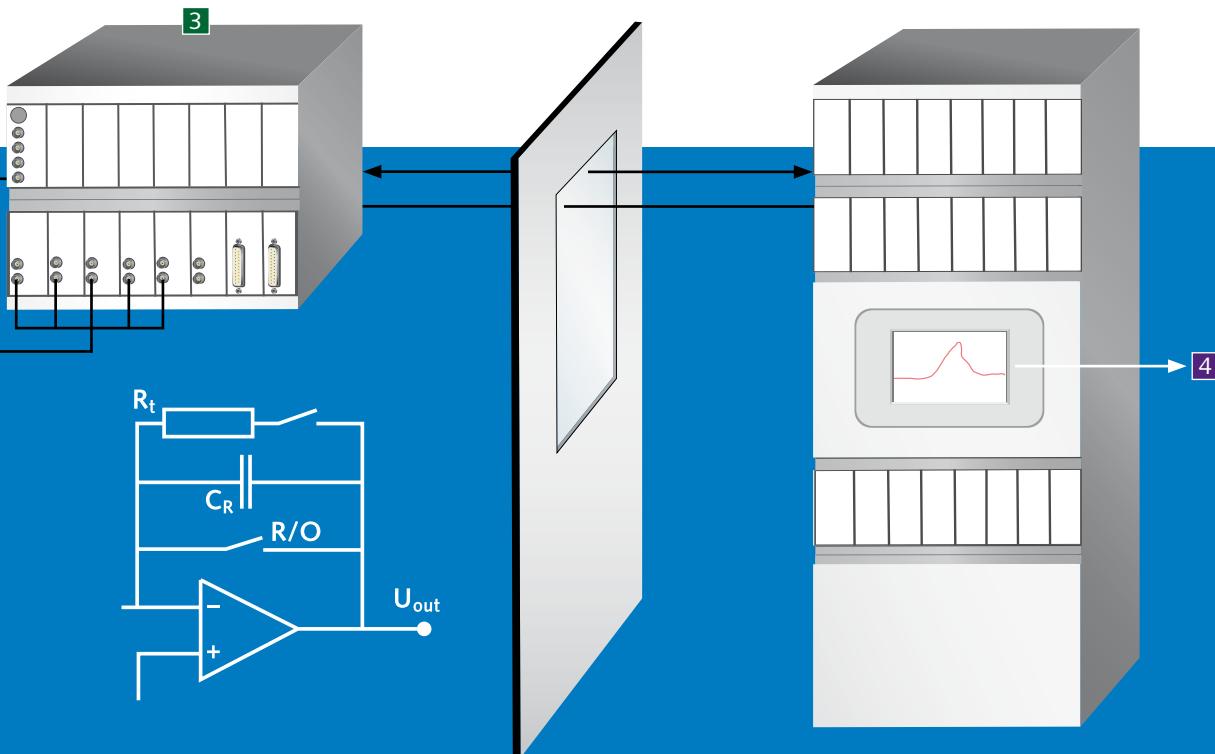
Einspritzdruck



Öldichte Kabel

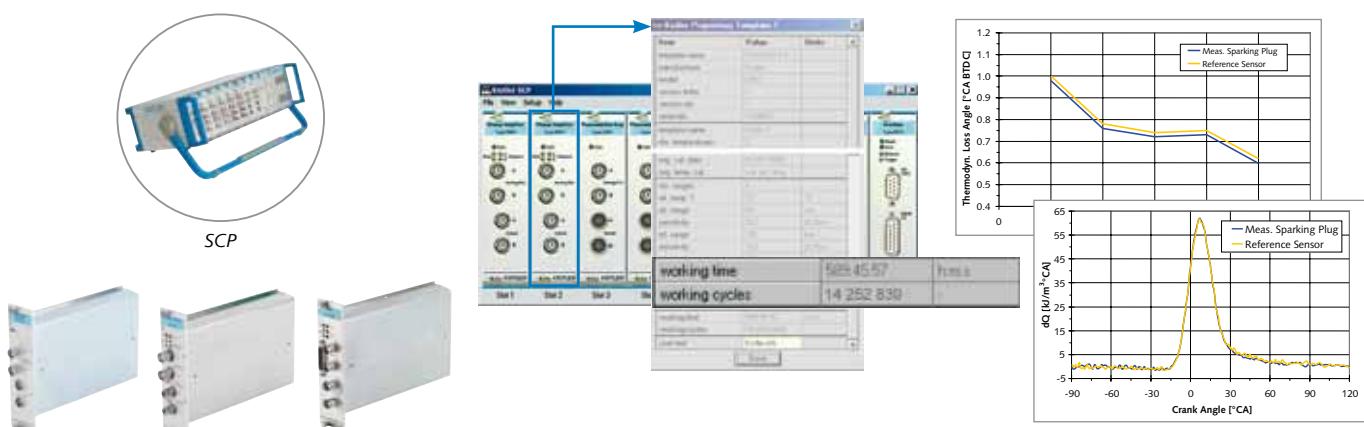


Drehmoment



3 Verstärken/Konditionieren

4 Erfassen/Analysieren



Signalaufbereitung in der Signal Conditioning Platform (SCP), einem integrierten Geräteträger mit funktionsspezifischen Messmodulen.

PiezoSmart erlaubt die automatische Parametrierung der Messkette und erhöht somit die Prozesssicherheit. Zusätzlich werden die Betriebszeiten des Sensors sowie die Anzahl der Druckzyklen automatisch erfasst.

Für die Analyse macht hochpräzise Sensorik in Verbindung mit genauer Signalaufbereitung selbst kleinste Druckveränderungen sichtbar.



# Service nach Mass...

**Optimale Betreuung für eine perfekte Technik: Das umfassende Service- und Dienstleistungsangebot von Kistler reicht von der anwendungstechnischen Unterstützung über den Kalibrierservice vor Ort bis zur Entwicklung spezifischer Sensorausführungen. Abgerundet wird das Programm durch Seminare und ein umfangreiches Angebot an Aus- und Nachrüstprodukten.**

Ob bei der Wahl des richtigen Sensors oder bei der korrekten Installation, auf Wunsch berät und unterstützt die Kistler-Anwendungstechnik Kunden bei allen Fragen rund um die Motorenindizierung. Ziel ist, die indiziertechnischen Messaufgaben immer mit der optimalen Messtechnik und dem höchsten Nutzen durchzuführen. Und selbstverständlich soll ein Sensor über eine lange Lebensdauer mit maximaler Genauigkeit betrieben werden.

## Nachrüstung mit Sensoridentifikation PiezoSmart®

Der modulare Aufbau der Sensoren bietet sich auch zur Nachrüstung mit der Sensoridentifikation PiezoSmart an – wahlweise im Werk oder vom Kunden selbst. Je nach gewünschter Konfiguration kann dabei nur der eigentliche Datenträger mit dem Triax-Stecker oder das gesamte Kabel gewechselt werden. So ist beim Anwender immer gewährleistet, dass auch bereits bestehende Sensoren in neue Prüfstands- und Qualitätssicherungsprozeduren integriert werden können.

→ Lesen Sie mehr zum Thema PiezoSmart®, ab Seite 8 oder in der PiezoSmart® Systembeschreibung Dok. Nr. 100-421.

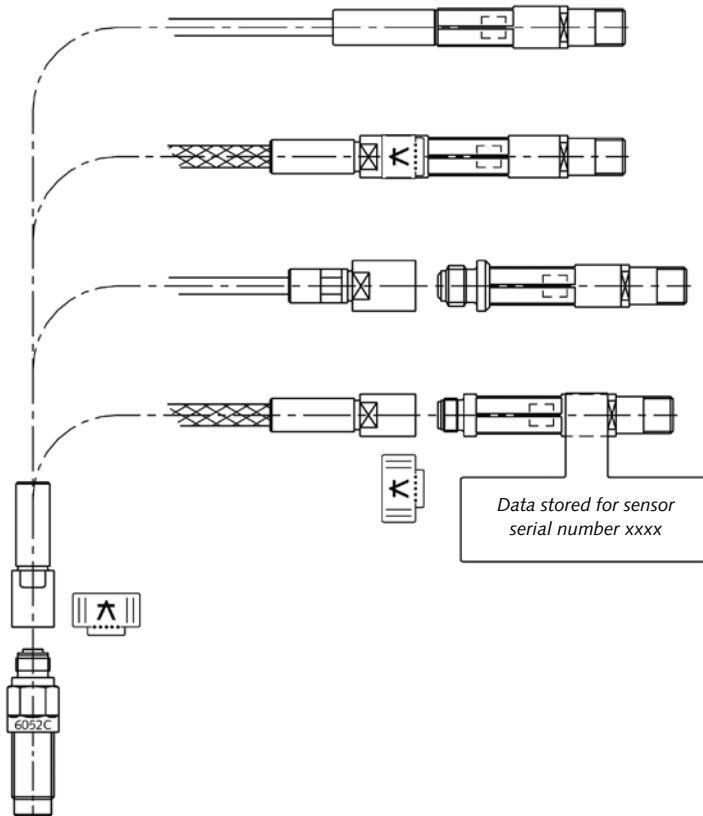
## Weiterbildung und Information

Fachwissen vermitteln und Know-how zur Verfügung stellen: Abgerundet wird das Serviceangebot durch Präsentationen auf Ausstellungen und Fachmessen sowie durch Beiträge auf Konferenzen und Symposien. Regelmäßige Kundenseminare zur Aus- und Weiterbildung behandeln Themen rund um Messtechnik und Kalibrierung.

Zum Serviceangebot gehört ferner ein umfangreicher Informationsdienst in gedruckter und elektronischer Form mit Datenblättern, Broschüren, Sonderdrucken, Betriebsanleitungen und Anwendungsbeschreibungen.

## Kistler Serviceleistungen auf einen Blick

- Kundenspezifische Sensorausführungen
- Nachrüstung mit PiezoSmart Sensoridentifikation
- Kalibrierservice im Werk oder beim Kunden
- Produkte zur Kalibrierung von Sensoren
- Kundenseminare zur Aus- und Weiterbildung
- Installations- und Prozessanweisungen für Sensoren
- Literatur und Informationsbroschüren für spezifische Anwendungen



# ...individuell und kundenorientiert

## Kalibrierservice

Grundsätzlich arbeitet der Kistler-Kalibrierservice unter strikter Einhaltung aller relevanten Qualitätssicherungs- und Dokumentationsrichtlinien. Dazu gehört selbstverständlich die lückenlose Dokumentation und Archivierung, so dass immer nachvollziehbar ist, welcher Sensor wann kalibriert wurde.

Auf Wunsch und abhängig von Bedarf und Umfang steht ein Kalibrierservice zur Verfügung. Falls die Messeinrichtung nicht transportiert werden kann oder wenn es sich um eine grössere Anzahl von Sensoren handelt, kann die Kalibrierung mit halb- und vollautomatischen Kalibriereinrichtungen zeit- und kosteneffizient vor Ort durchgeführt werden.



Für die Kalibrierung der Sensoren und Ladungsverstärker stehen verschiedene Druckgeneratoren, Referenzsensoren und Ladungskalibratoren zur Verfügung

## Kundenspezifische Sonderausführungen

Weit über 1000 Drucksensoren unterschiedlicher Ausführungen für die Indiziertechnik enthält das Kistler-Sortiment. Somit steht für nahezu jede Aufgabe ein geeignetes Sensorpaket zur Verfügung.

Dennoch kommt es vor, dass für besondere Messungen ein speziell optimierter Sensor besser wäre – oder erst ein eigens hergestellter Sensor die Analyse ermöglicht. Dann entwickelt Kistler mit dem Kunden eine individuelle Ausführung, die dank der Modulbauweise der Sensoren und dem vielfältigen Angebot verschiedener Adapter-, Kabel- und Steckerkombinationen, in der Regel mit vernünftigem Aufwand herzustellen ist.



Messzündkerze



Glühkerzenadapter für die Indizierung an Dieselmotoren



Öldichte Stecker und Kabelanschlüsse zur Kabelführung im Zylinderkopf

# Messen

## Hochdrucksensoren Zylinderdruckmessung

Typ	Einbau-gewinde	Einbau-durchmesser	Ausführung				Druck-bereich	Temp.-bereich min./max.			
Sensor			Sensor	Sonde	Messzündkerze	Sensorentifikation PiezoSmart® erhältlich	gekühlt	ungekühlt			
6052C...	M5x0,5	4,4 mm	✓	(*)✓		✓	0 ... 250/... 300 bar*	-20 ... 350 °C			
6053CC...	M5x0,5	4,4 mm		✓	(*)✓	✓	0 ... 250/... 300 bar*	-20 ... 350 °C			
6054AR...	M5x0,5	4,4 mm	✓		(*)✓	✓	0 ... 300 bar	-20 ... 350 °C			
6055C...	M5x0,5	4,4 mm		✓	(*)✓	✓	0 ... 250/... 300 bar*	-20 ... 350 °C			
6056A...	M5x0,5	4,4 mm		✓	(*)✓	✓	0 ... 250/... 300 bar*	-20 ... 350 °C			
6058A	M5x0,5	4,0 mm		✓	(*)✓	✓	0 ... 250 bar	-20 ... 350 °C			
6041B	M8x0,75	11,5 mm	✓		(*)✓	✓	0 ... 250 bar	-20 ... 350 °C			
6043A...	M8x0,75	9,8 mm		✓	(*)✓	✓	0 ... 250/... 300 bar*	-20 ... 350 °C			
6061B...	M10x1	13,5 mm	✓		(*)✓	✓	0 ... 250/... 300 bar*	-20 ... 350 °C			
6067C...	Einbau mit Montagehülse	9,9/ 12,6 mm	✓		(*)✓	✓	0 ... 250/... 300 bar*	-20 ... 350 °C			●
7061B...	M14x1,25	16 mm	✓		(*)✓	✓	0 ... 250 bar	-20 ... 350 °C			
6045A...	M8x0,75	9,8 mm	✓		(*)✓	✓	0 ... 250/... 300 bar*	-20 ... 350 °C			
6081A...	M5x0,5	4,0 mm		✓	(*)✓	✓	0 ... 250 bar	-20 ... 200 °C			
6125C...	M10x1, 3/8" x24 UNF	6,2/8,5 mm	✓		(*)✓	✓	0 ... 300 bar*	-20 ... 350 °C		●	●
6113B...	M10x1				✓	(*)✓	✓	0 ... 200 bar	-20 ... 200 °C		
6115B...	M12x1,25				✓	(*)✓	✓	0 ... 200 bar	-20 ... 200 °C		
6117B...	M14x1,25				✓	(*)✓	✓	0 ... 200 bar	-20 ... 200 °C		
6118B...	M14x1,25				✓	(*)✓	✓	0 ... 200 bar	-20 ... 200 °C		

\*...U20-Version (mit verstärkter Membran) \*\* Auswahl der gebräuchlichsten Adapter, Anschlusskabel und Kupplungen

Mechanische Adapter**	Anschlusskabel**	Kupplung**	Verstärker	Weit. Infos
6525Asp... Montagehilfe				
6542Q... Glühkerzenadapter				
6544Q... Glühkerzenadapter				
6442 Blindsensor für Typ 6061	1631C... (KIAG 10-32 pos. – BNC pos.)	5018A...	5064B21	Seite 24
6444 Blindsensor für Typ 6067	1635C... (KIAG 10-32 pos. – KIAG 10-32 pos.)		5064B22	Seite 24
6445 Blindsensor für Typ 6052	1919A1 (M4 pos. int. – KIAG 10-32 pos.)			Seite 24
6469 Blindsensor für Typ 6125	1927A1 (M4 pos. int. – KIAG 10-32 pos. int.)			Seite 24
6475 Blindsensor für Typ 6041	1929A1 (M4 pos. int. – M4 pos. int.)			Seite 24
6477 Blindsensor für Typ 6045	1987A1 (KIAG 10-32 pos. – KIAG 10-32 pos.)			Seite 26
	1988AC1 (KIAG 10-32 pos. int. – KIAG 10-32 pos. int.)			Seite 30
	1989A... (M3 pos. – ...) mit Sensor/Sonde int.	1705 (M4 neg. – BNC pos.)		Seite 30
	1989A415U43 (M3 pos. – KIAG 10-32 pos. int.) mit Sensor/Sonde integriert	1706 (M3 neg. – BNC pos.)		Seite 32
		1721 (KIAG 10-32 neg. – BNC pos.)		Seite 32
				Seite 28
				Seite 28
				Seite 34

 für PiezoSmart®-Sensoren

# Messen

## Niederdrucksensoren Einlass-/Auslassmessung

Typ	Einbau-gewinde	Messbereich (absolut)	Temperaturbereich min./max.	Sensorversion	Mechan. Adapter	Kühl-
Sensor		In der gedruckten Version wurden der Messbereich (absolut) vom Typ 4005B... und Typ 4007B... vertauscht. In diesem PDF sind die Werte korrekt dargestellt.		Standard	PiezoSmart	
4005B...	M5x0,5	0 ... 2 / ... 5 / ... 10 / ... 20 / ... 50 / ... 100 / ... 200 / ... 400 bar	-40 ... 125 °C	4005BA... 4005B...V200S	6596 Adapter M14x1.25 6598 Adapter M12x1	
4007B...	M5x0,5	0 ... 5 / ... 250 bar	-40 ... 200 °C	4007BA... 4007B...S	7501 Adapter M14x1.25 7503 Adapter M5	
4043A...	M14x1,25	0 ... 1 / ... 500 bar	-40 ... 70 °C	4043A... 4043A...V200S	7533 Adapter M14x1.25 7525A... M14x1.25	
4045A...	M14x1,25	0 ... 1 / ... 500 bar	0 ... 140 °C	4045A... 4045A...V200S	7525A... Umschaltadapter M14x1.25 7525A... M14x1.25	
4073A...	M12x1	0 ... 10 / ... 500 bar	-40 ... 70 °C	4073A... 4073A...V200S	7525A... M14x1.25	
4075A...	M12x1	0 ... 10 / ... 500 bar	0 ... 140 °C	4075A... 4075A...V200S	7525A... M14x1.25	
4049A...	M14x1,25	0 ... 5 / ... 10 bar	0 ... 1100 °C (bei Wasserkühlung)	4049A...S		

## Hochdrucksensoren Einspritzung

Typ		Einbau-gewinde	Ausfüh- rung	Messbereich (absolut)	Temp.-bereich min./max.	Sensorversion	Bridenadapter
Sensor		Sensor Messkette		piezoelektrisch piezoresistiv		Standard	PiezoSmart
4065A...	✓	M7x0,75	✓	0 ... 200 / ... 1000 bar	0 ... 120 °C	4065A... 4065A...S	6533A21 (Kabel 6 mm) 6533A22 (Kabel 1/4") 6533A28 (Kabel 8 mm)
4067...	✓	M10x1	✓	0 ... 1000 / ... 5 000 bar	0 ... 120 °C	4067... 4067...S	6533A28 (Kabel 8 ... 13 mm) 6533A11 (Kabel 6 mm) 6533A12 (Kabel 1/4") 6533A18 (Kabel 6 ... 8 mm)
6229A...	✓	M10x1	✓	0 ... 5 000 bar kalibrierter Teilbereich 0 ... 500 bar	-20 ... 200 °C	6229A...	

adapter	Anschlusskabel	Verläng.-kabel	Verstärker	Weitere Infos
7511 M14x1.25				
7507 M14x1.25				
7505 M18x1.5	Kabel am Sensor mit 2 m Länge Kabel am Sensor mit 0,5 m Länge 4751A... <70 °C 4753A... <70 °C 4761B... <200 °C 4757A...		4618A... Analoger Verstärker  4603B... Laborverstärker  4665 SCP piezoresistiver Verstärker	
6919 Adapter für Druckgen. 6906				Seite 36
6925 Adapter für Druckgen. 6906				Seite 36
4155 Adapter M14x1.25				Seite 38
6533A19 (Kabel 8 ... 13 mm)				Seite 38
6533A10 (Kabel 13 ... 20 mm)				Seite 38
6919 Adapter für Druckgen. 6906				Seite 38
6449 Blindsight				Seite 38
6503 Adapter M10x1				Seite 38
6447 Blindsight				Seite 38
6449 Blindsight				Seite 38
4155 Adapter M14x1.25				Seite 38

Mech. Adapter	Anschlusskabel	Verläng.-kabel	Piezoresistive Verstärker	Piezoelektrische Verstärker	Weitere Infos
6533A19 (Kabel 8 ... 13 mm)					
6533A10 (Kabel 13 ... 20 mm)					
6919 Adapter für Druckgen. 6906					
6925 Adapter für Druckgen. 6906					
4155 Adapter M14x1.25					
6503 Adapter M10x1	Kabel am Sensor mit 2 m Länge Kabel am Sensor mit 0,5 m Länge 4751A... <70 °C 4761B... <200 °C 1631C... <200 °C (KLAQ 10-32 pos.-BNC pos., <200 °C)	1603B... (BNC neg.-BNC pos.) 4757A...	4618A... Analoger Verstärker  1603B... SCP piezoresistiver Verstärker	4665 SCP piezoresistiver Verstärker  5018A... Labor Ladungsverstärker  5064B21 SCP Ladungsverstärker	
6447 Blindsight					Seite 40
6449 Blindsight					Seite 40
6503 Adapter M10x1					Seite 40

● ● für  
PiezoSmart®-  
Sensoren

# Messen

## Piezoelektrische Sensoren

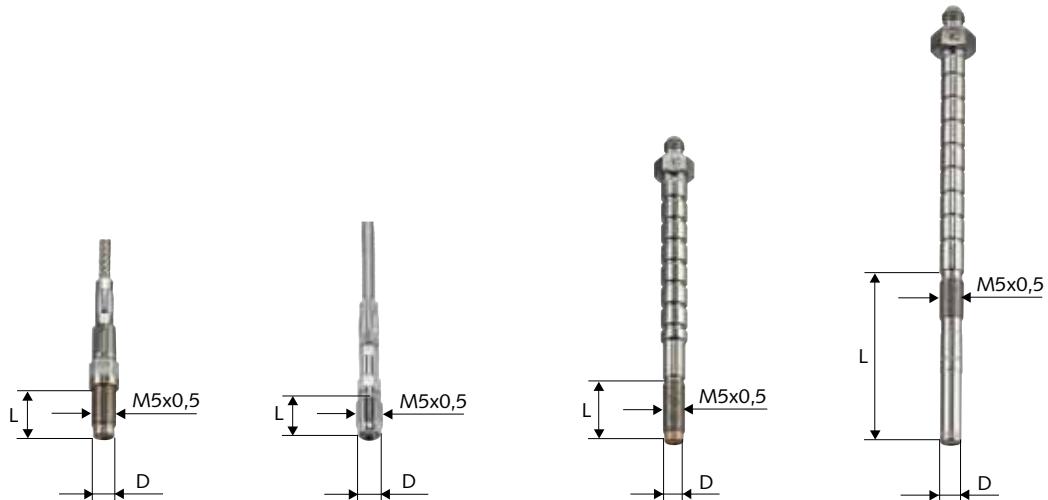
### PiezoStar Miniatursensoren und Messsonden

M5-Sensor

M5-Sensor

M5-Messsonde

4,4 mm-Messsonde  
M5-Gewinde zurückversetzt



Technische Daten		Typ 6052C...	Typ 6054AR...	Typ 6053CC...	Typ 6055C...
Messbereich	bar	0 ... 250/... 300*	0 ... 300	0 ... 250/... 300*	0 ... 250/... 300*
Empfindlichkeit	pC/bar	$\approx -20 / \approx -19^*$	-14	-20	-20
Eigenfrequenz	kHz	$\approx 160$	$\approx 160$	$\approx 160$	$\approx 160$
Linearität	%FSO	$\leq \pm 0,3 / \leq \pm 0,5^*$	$\leq \pm 0,3$	$\leq \pm 0,4$	$\leq \pm 0,4$
Temperaturbereich	°C	-20 ... 350	-20 ... 350	-20 ... 350	-20 ... 350
<b>Empfindlichkeitsänderung</b>					
200 °C ±50 °C	%	$\leq \pm 0,5$	$\leq \pm 0,5$	$\leq \pm 0,5$	$\leq \pm 0,5$
23 ... 350 °C	%	$\leq \pm 2 / \leq \pm 3^*$	$\leq \pm 2$	$\leq \pm 2$	$\leq \pm 2$
<b>Thermoschockfehler</b>					
bei 9 bar $p_{mi}$ (1 500 1/min)					
$\Delta p$ (Kurzzeit)	bar	$\leq \pm 0,5 / \leq \pm 0,7^*$	$\leq \pm 0,5$	$\leq \pm 0,5$	$\leq \pm 0,5$
$\Delta p_{mi}$	%	$\leq \pm 2 / \leq \pm 3^*$	$\leq \pm 2$	$\leq \pm 2$	$\leq \pm 2$
$\Delta p_{max}$	%	$\leq \pm 1 / \leq \pm 1,5^*$	$\leq \pm 1$	$\leq \pm 1$	$\leq \pm 1$
<b>Abmessungen</b>		D mm	4,4	4,4	4,4
		L mm	10	14,5	35
<b>Eigenschaften</b>		Gute Temperaturstabilität der Empfindlichkeit, geringer Thermoschockfehler und hohe Lebensdauer dank Frontdichtung, beschleunigungskompensiert, sehr hohe Empfindlichkeit. Sehr kleine Abmessungen mit M5x0,5 Gewinde.	Wie für Typ 6052C.... Sensor mit reduzierter Bohrungsgröße für den Direkteinbau in 5,7 mm Einbaubohrung.	Wie Typ 6052C.... Sonde für Direkteinbau in Einbaubohrung mit 6,0 mm Durchmesser.	Wie Typ 6052C.... Sonde mit zurückversetztem Gewinde. Benötigt nur 4,5 mm Bohrung bis zum M5x0,5 Gewinde und einen Durchmesser 5,1 mm für die Zugangsbohrung.
<b>Datenblatt</b>		6052C_000-552	6054AR_000-844	6053CC_000-571	6055C_000-572
<b>Einbaubohrung</b>					

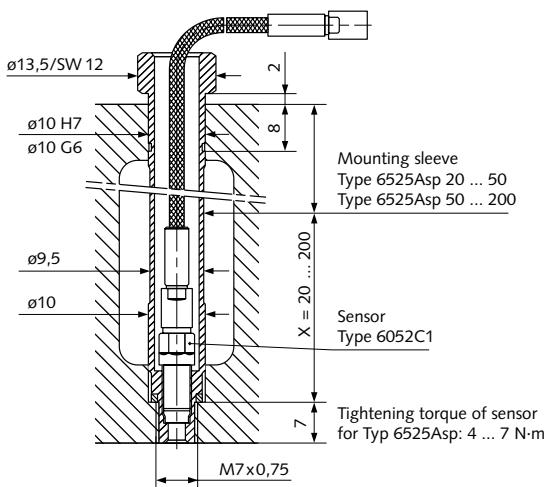
\*...U20-Version, mit verstärkter Membran

# Messen

## Piezoelektrische Sensoren

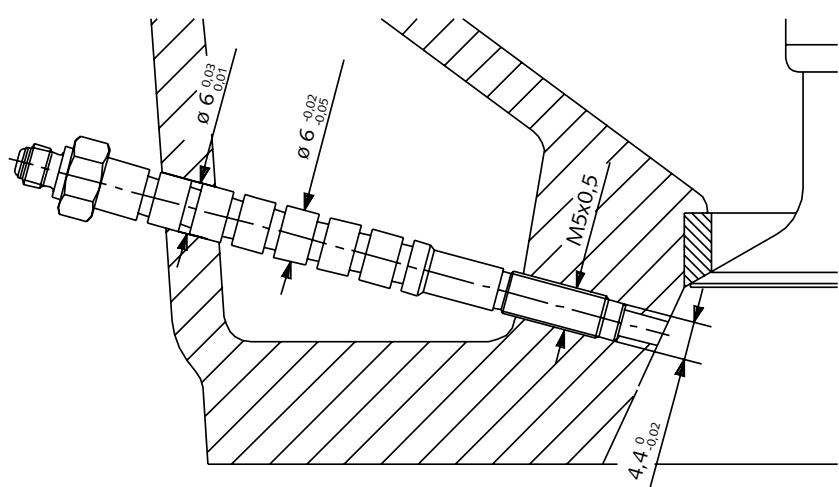
### Hülseneinbau

Typ 6052C...

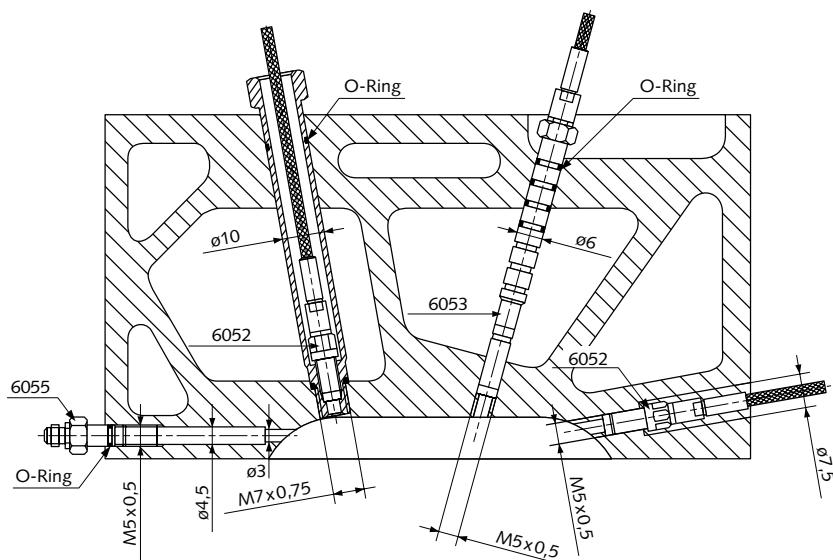


### Direkteinbau

Typ 6053CC...



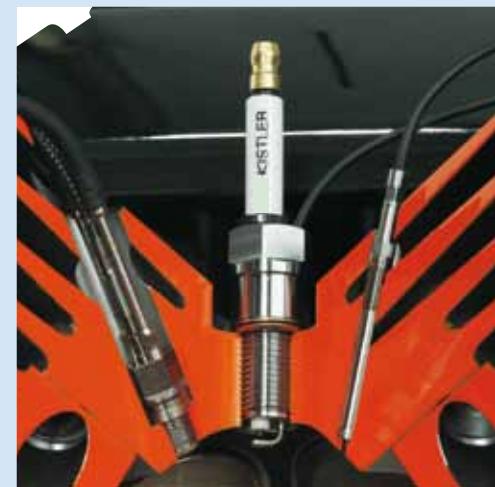
### Einbaubeispiele



### Einsatzmöglichkeiten von M5-Sensoren

Ungekühlte Miniatursensoren mit M5-Montagegewinde sind ideal für Motoren mit Mehrventiltechnik und kleinen Brennräumen. Durch frontdichtenden Einbau, entweder mit einer Montagehülse oder direkt im Zylinderkopf, wird die bestmögliche Wärmeabfuhr erreicht.

Die Typen 6053CC... und 6055C... können auch ohne zusätzliche Montagehülse in wassergekühlten Motoren eingesetzt werden. Für hohe Drehzahlen eignet sich Typ 6054AR... besonders, da er weniger vibrationsempfindlich ist.

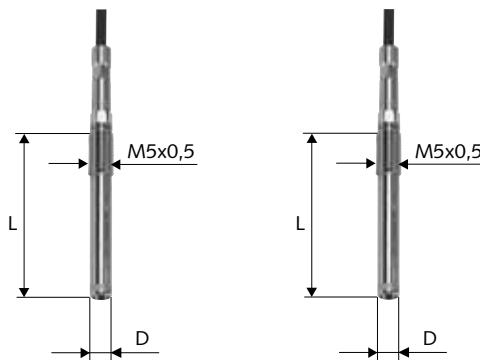


# Messen

## Piezoelektrische Sensoren

### Miniatursensoren und Miniatur-Messsonden

4,4 mm-Messsonde PiezoStar®  
Ausführung in Standardlänge  
4-mm-Messsonde  
PiezoStar®



Technische Daten	Typ 6056A...	Typ 6058A...
Messbereich bar	0 ... 250 / ... 300*	0 ... 250
Empfindlichkeit pC/bar	-20	-17
Eigenfrequenz kHz	≈160	≈160
Linearität %FSO	≤±0,3	≤±0,3
Temperaturbereich °C	-20 ... 350	-20 ... 350
Empfindlichkeitsänderung 200 °C ±50 °C %	≤±0,5	≤±0,5
23 ... 350 °C %	≤±2	≤±2
Thermoschockfehler bei 9 bar $p_{mi}$ (1500 1/min)		
Δ p (Kurzzeit) bar	≤±0,5	≤±0,5
Δ $p_{mi}$ %	≤±2	≤±2
Δ $p_{max}$ %	≤±1	≤±1
Abmessungen D mm	4,4	4
L mm	33,5	33,5
Eigenschaften	Wie Typ 6052C... . Zurück-versetztes Gewinde, mit M3-Kabelanschluss. Benötigt nur 4,5 mm Einbaubohrung. Für Messungen mit Glühkerzenadapter Typ 6542Q... ab 5 mm Durchmesser geeignet. Direkteinbau bei begrenzten Platzverhältnissen.	Sonde mit zurückversetztem Gewinde, mit M3-Kabelanschluss. Benötigt nur 4,1 mm Einbaubohrung. Für Messungen mit Glühkerzenadapter Typ 6544Q... ab 4,5 mm Durchmesser geeignet. Direkteinbau bei begrenzten Platzverhältnissen.
Datenblatt	6056A_000-529	6058A_000-573
Einbaubohrung		

\*...U20-Version, mit verstärkter Membran

# Messen

## Einbau in Glühkerzenadapter

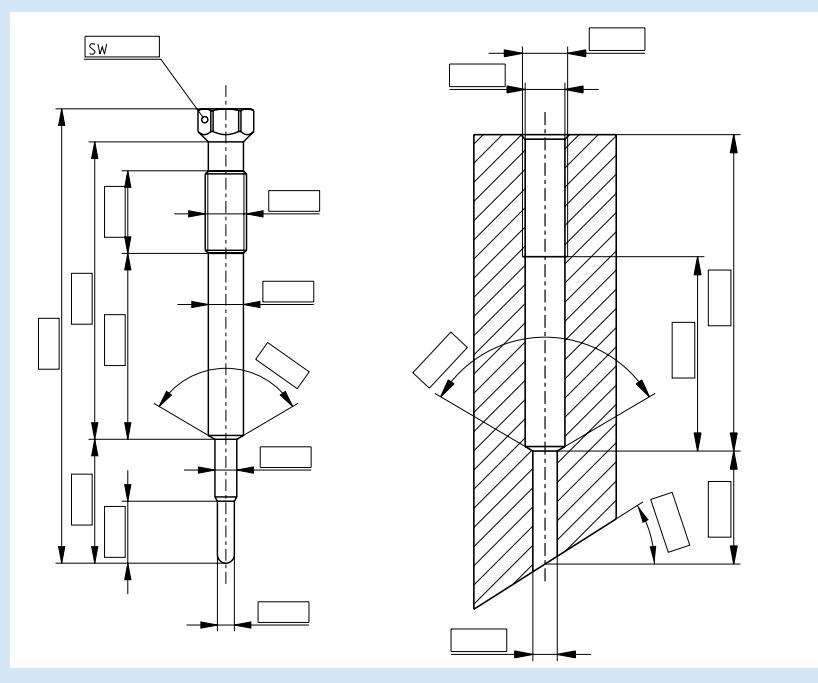
Typ 6056A...  
in Adapter Typ 6542Q...

Typ 6058A...  
in Adapter Typ 6544Q...

Typ 6056A...  
in Adapter Typ 6542Q...



## Abmessung der Glühkerze für Adapterkonstruktion



Der Glühkerzenadapter ermöglicht eine Zylinderdruckmessung ohne aufwendige separate Messbohrung.

- Einfachste Montage ohne zusätzliche Indizierbohrung
- Design entsprechend vorgegebener Glühkerzenbohrung
- Hohe Signalqualität durch verbrennungsnahe Messung bei DI-Dieselmotoren
- Standardsensor für verschiedene Glühkerzenadapter
- Keine Nachbearbeit der Glühkerzenbohrung notwendig

Da der Spalt zwischen Adapter und Einbaubohrung die messtechnische Leistungsfähigkeit maßgeblich beeinflusst, sind für die Bestellung neben den Massen der Glühkerze auch die Masse der Einbaubohrung notwendig.

Hinweis: Ohne exakte Vermessung der **Einbaubohrung** kann Kistler keine Garantie für Signalqualität und Lebensdauer übernehmen.

# Messen

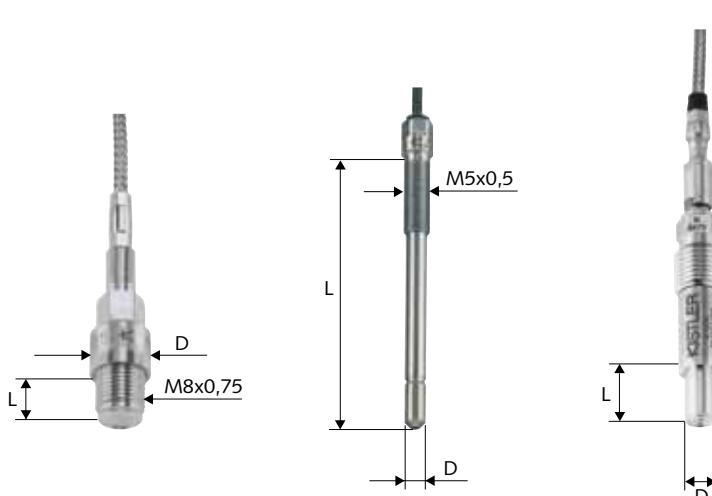
## Piezoelektrische Sensoren

### Miniatursensoren

M8-Sensor PiezoStar®

4 mm-Messsonde

PiezoStar®, masseisoliert



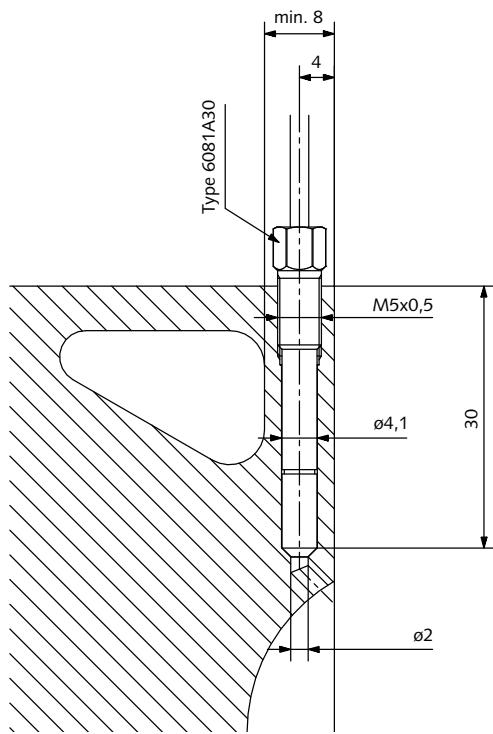
Technische Daten		Type 6045A...	Type 6081A...	Type 6125C...
Messbereich	bar	0 ... 250/300*	0 ... 250	0 ... 300*
Empfindlichkeit	pC/bar	-45	-9,5	-37
Eigenfrequenz	kHz	≈80	≈120	≈75
Linearität	%FSO	≤±0,4	≤±0,5	≤±0,4
Temperaturbereich	°C	-20 ... 350	-20 ... 200	-20 ... 350
<b>Empfindlichkeitsänderung</b>				
250 °C ±100 °C	%	≤±0,7	≤±1 (200 ±50 °C)	≤±1
23 ... 350 °C	%	≤±2	≤±2 (23 ... 200 °C)	≤±2
<b>Thermoschockfehler</b>				
bei 9 bar p <sub>mi</sub> (1500 1/min)				
Δ p (Kurzzeit)	bar	≤±0,3	≤±0,8	≤±0,3
Δ p <sub>mi</sub>	%	≤±1,5	≤±4	≤±1,5
Δ p <sub>max</sub>	%	≤±1	≤±2	≤±1
<b>Abmessungen</b>		D mm 9,8	4	6,2
		L mm 7,9	30 ... 80 (verfügbar)	10
<b>Eigenschaften</b>		Hochtemperatur-Drucksensor, schulterdichtend, Einbau in M8×0,75 Bohrung, Einbaumasse kompatibel mit Typ 6041B..., lange Lebensdauer, sehr geringer Thermoschockfehler für präzise Messresultate.	Miniatursensor für Indiziermessungen, einfach zu handhaben und robust, in verschiedenen Längen verfügbar, einbauunempfindlich durch 90°-Konus.	Hochtemperatursensor für Steckmontage. Masseisolation ermöglicht auch bei Potentialunterschieden eine störungsfreie Messung. Gute Temperaturstabilität der Empfindlichkeit. Sehr geringer Thermoschockfehler bei hoher Empfindlichkeit.
<b>Datenblatt</b>		6045A_000-618	6081A_000-494	6125C_000-695
<b>Einbaubohrung</b>				

\*...U20-Version, mit verstärkter Membrane

# Messen

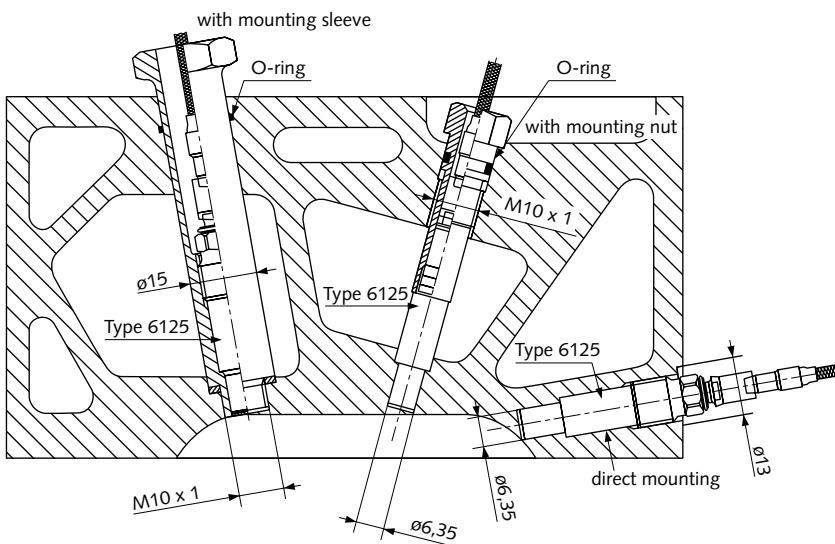
## Einbaubeispiel

Typ 6081A...



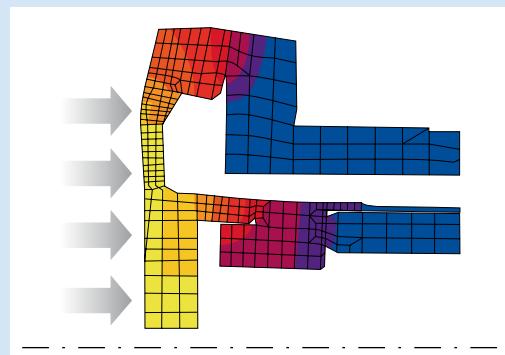
## Einbaubeispiel

Typ 6125C...



## Thermoschock

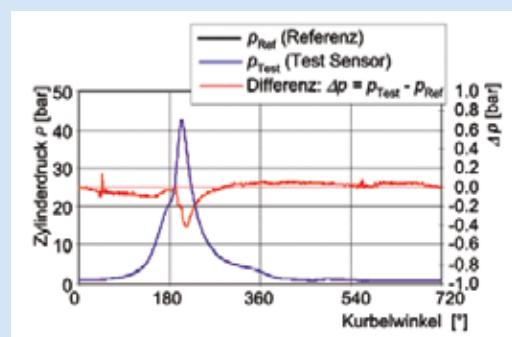
Der Thermoschock (auch Kurzzeitdrift genannt) ist ein kurzzeitiger Messfehler, der periodisch bei jedem Verbrennungstakt auftritt. Er entsteht durch zeitabhängige thermische Spannungen in der Sensormembran infolge des Wärmestroms der heißen Verbrennungsgase, die während weniger Millisekunden jeweils über 2 000 °C erreichen können.



Eine FEM-Simulation zeigt in stark vergrößerter Darstellung die Verformung einer Membrane (links im Bild) unter dem Einfluss eines Wärmestroms

Die Verformungen der Membran täuschen eine Druckänderung vor. Wie stark das Messresultat verfälscht wird, hängt vom Sensor, vom Einbau des Sensors und vom Betriebspunkt des Motors ab. So ist der Fehler im gleichen Motor abhängig von Einspritz-/Zündzeitpunkt, Drehzahl, Last usw.

Die Grösse des Thermoschocks wird relativ zu einem wassergekühlten Referenz-Drucksensor gemessen, der dank geringen Temperaturfehlers für thermodynamische Präzisionsmessungen bestens geeignet ist. Der Thermoschock entspricht der maximalen Abweichung zwischen Prüfling und Referenzsensor. Die Angaben beziehen sich auf Messungen in einem Prüfmotor bei 1 500 1/min und 9 bar  $P_{mi}$ .



Kurzzeitdrift eines Miniatusensors gemessen an einem Kistler-Prüfmotor

# Messen

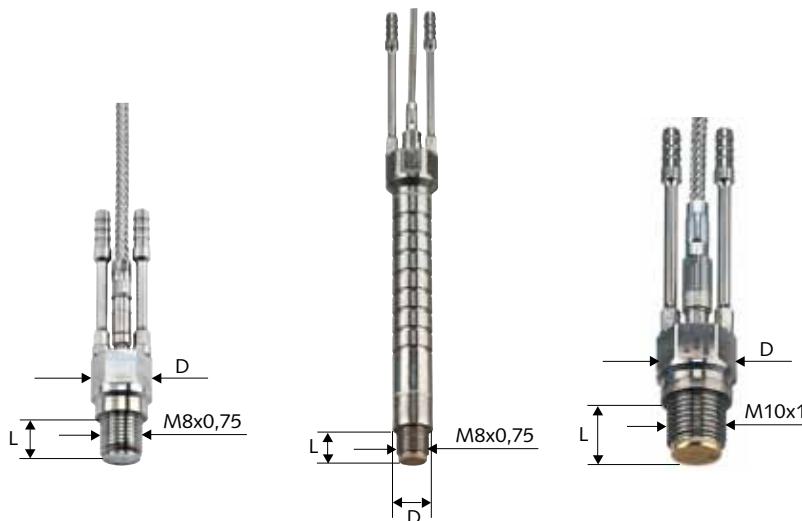
## Piezoelektrische Sensoren

### Sensoren und Sonden, wassergekühlt

M8-Sensor  
ThermoComp®

M8-Sonde  
ThermoComp®

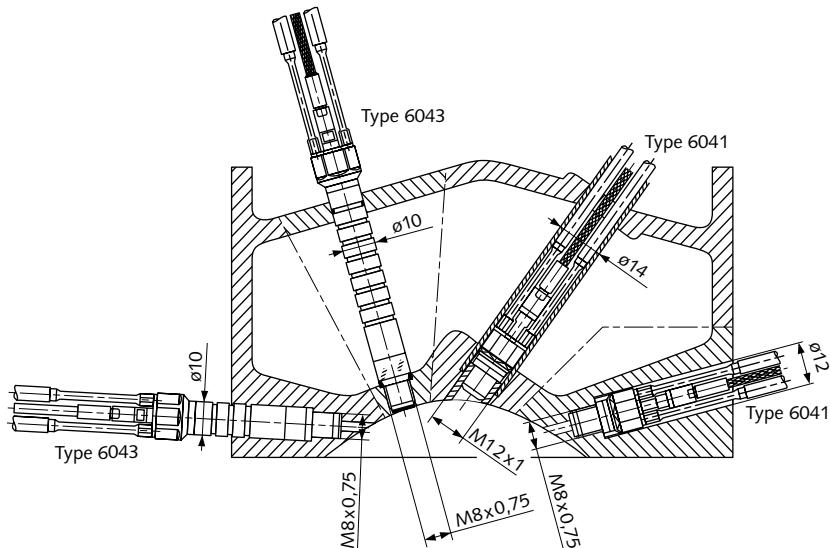
M10 ThermoComp®  
Quarz-Drucksensor



Technische Daten		Type 6041B...	Type 6043A...	Type 6061B...
Messbereich	bar	0 ... 250	0 ... 250 / ... 300*	0 ... 250 / ... 300*
Empfindlichkeit	pC/bar	-40	-20	-25
Eigenfrequenz	kHz	≈70	≈70	≈90
Linearität	%FSO	≤±0,3	≤±0,5	≤±0,5
Temperaturbereich	°C	-20 ... 350	-20 ... 350	-20 ... 350
<b>Empfindlichkeitsänderung</b>				
50 °C ±35 °C (gekühlt) %		≤±0,5	≤±0,5	≤±0,5
23 ... 350 °C (ungek.) %		≤±2	≤±2	≤±2,5
<b>Thermoschockfehler</b>				
bei 9 bar p <sub>mi</sub> (1500 1/min)				
Δ p (Kurzzeit)	bar	≤±0,2	≤±0,25	≤±0,2
Δ p <sub>mi</sub>	%	≤±1	≤±2	≤±1
Δ p <sub>max</sub>	%	≤±1	≤±1	≤±1
<b>Abmessungen</b>		D mm 11,5	9,8	13,5
		L mm 7,9	8	10
<b>Eigenschaften</b>		Kleinster wassergekühlter Sensor mit M8-Gewinde, ausgezeichnete Empfindlichkeitsstabilität dank Wasserkühlung. Thermoschock-optimierte Membrane, hohe Lebensdauer. Mit Metallgeflechtkabel.	Sonde für Direkteinbau in 10,0 mm Einbaubohrung. Ausgezeichnete Empfindlichkeitsstabilität dank Wasserkühlung. Thermoschock-optimierte Membrane, hohe Lebensdauer dank TiN-Beschichtung. Mit Metallgeflechtkabel.	Wassergekühlter Sensor mit M10-Gewinde, ausgezeichnete Empfindlichkeitsstabilität dank Wasserkühlung. Thermoschockoptimierte Membrane, hohe Lebensdauer dank TiN-Beschichtung. Mit Metallgeflechtkabel.
<b>Datenblatt</b>		6041B_000-516	6043A_000-014	6061B_000-020
<b>Einbaubohrung</b>				

\*...U20-Version, mit verstärkter Membrane

## Einbaubeispiele



### Pflegetipps für Zylinderdrucksensoren

Quarz-Zylinderdrucksensoren müssen – je nach Einsatzart, Betriebsdauer und verwendetem Brennstoff – regelmässig gereinigt werden. Die Verschmutzungen lassen sich gemäss der folgenden Anleitung entfernen.

**Achtung: Das Kabel muss bei der Reinigung am Sensor belassen oder der Sensorstecker mit der Schutzkappe Typ 1895... verschlossen werden.**

#### 1. Grobreinigung

Die auf der Membran abgelagerte Schmutzschicht, bestehend aus Brennstoffrückständen, Russ und Schmieröl, mit einem leicht abrasiven Mittel entfernen (z.B. Kistler Poliergummi, Korn 240, Art. Nr. 6.970.010).

**Achtung: Die Sensorfront niemals mit metallischen Mitteln wie Bürsten, Schleifern, Schabern oder durch Sandstrahlen reinigen, da dabei die Membran und somit der Sensor zerstört werden kann.**

#### 2. Feinreinigung

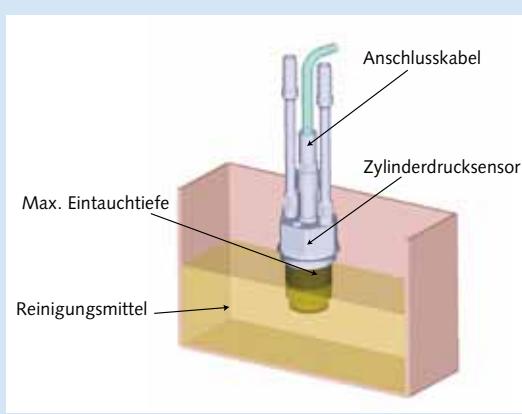
Wir empfehlen, den Sensor in ein Reinigungsmittel auf Mineralölbasis (z.B. Petrol) einzutauchen, mit einem Pinsel zu reinigen und danach mit Druckluft abzublasen. Geeignet für die Feinreinigung ist das Kistler-Reinigungsspray Typ 1003.

#### 3. Feinreinigung im Ultraschallbad

Sofern nötig, kann eine Feinreinigung der Sensoren in einem Ultraschallbad durchgeführt werden. Dabei sind folgende Punkte dringend zu beachten:

- Das Anschlusskabel muss aufgeschraubt sein.
- Der Sensor darf maximal bis zum Dichtring in das Reinigungsmittel eingetaucht werden.
- Reinigungszeit nach Verschmutzung, jedoch max. 2 Minuten.

**Achtung: Zu lange Reinigungszeiten und Ultraschallbäder mit zu hoher Ausgangsleistung können den Sensor zerstören.**



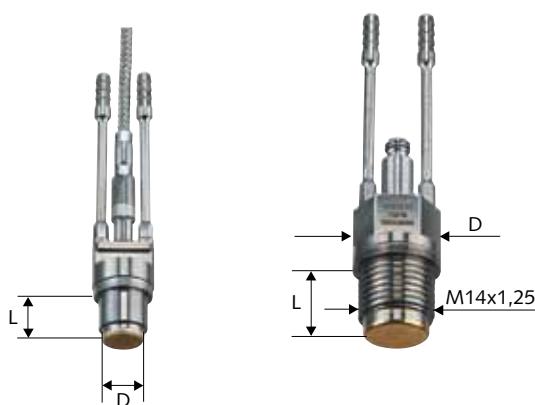
# Messen

## Piezoelektrische Sensoren

### Sensoren, wassergekühlt

**ø10 mm ThermoComp®**  
Stecksensor

**M14 ThermoComp®**  
Quarz Drucksensor

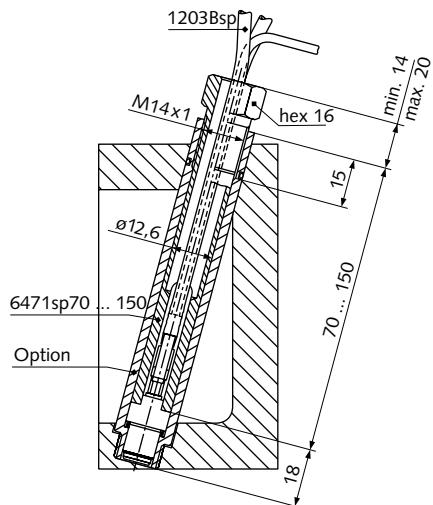


Technische Daten		Type 6067C...	Type 7061B...
Messbereich	bar	0 ... 250/... 300*	0 ... 250
Empfindlichkeit	pC/bar	-25	-80
Eigenfrequenz	kHz	≈90	≈45
Linearität	%FSO	≤±0,3	≤±0,5
Temperaturbereich	°C	-20 ... 350	-20 ... 350
<b>Empfindlichkeitsänderung</b>			
50 °C ±35 °C (gekühlt) %		≤±0,5	≤±0,5
23 ... 350 °C (ungek.) %		≤±2	≤±2
<b>Thermoschockfehler</b>			
bei 9 bar p <sub>mi</sub> (1500 1/min)			
Δ p (Kurzzeit)	bar	≤±0,2	≤±0,1
Δ p <sub>mi</sub>	%	≤±1	≤±0,5
Δ p <sub>max</sub>	%	≤±1	≤±0,5
<b>Abmessungen</b>		D mm	16
		L mm	13
<b>Eigenschaften</b>		Wie Typ 6061B... . Steckmontage für spannungs-freien Einbau und einfachen Ein- und Ausbau.	Wassergekühlter Sensor mit M14-Gewinde, höchste Empfindlichkeit, ausgezeich-nete Empfindlichkeitsstabilität dank Wasserkühlung. Ther-moschockoptimierte Mem-brane, hohe Lebensdauer dank TiN-Beschichtung. Mit Metallgeflechtkabel. Refe-renzsensor.
<b>Datenblatt</b>		6067C_000-021	7061B_000-052
<b>Einbaubohrung</b>			

\*...U20-Version, mit verstärkter Membrane

## Hülse

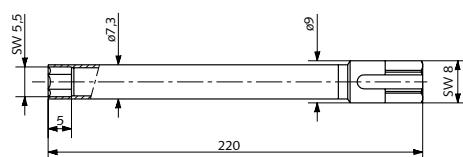
Typ 6067C...



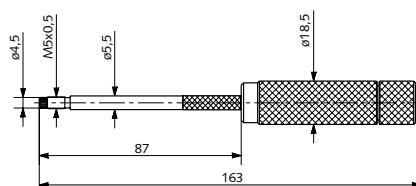
## Zubehör für die Sensorinstallation

Die Art und Weise der Installation des Sensors hat grossen Einfluss auf die Qualität der Messung und die Lebensdauer des Sensors. Deshalb ist es sehr wichtig, dass die jeweiligen Vorschriften für Toleranzen und Oberflächengüten der Indizierbohrungen sowie für Anzugsmomente der Sensoren strikt eingehalten werden. Zur Anfertigung der

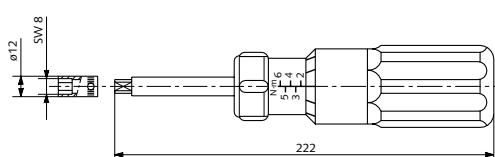
Bohrungen und Gewinde, zur eigentlichen Installation des Sensors sowie zur Nachbereitung der Dichtflächen bietet Kistler ein umfangreiches Sortiment von Werkzeugen an. Damit ist sicher gestellt, dass mit geringem Aufwand immer die korrekte Indizierbohrungen angefertigt werden sowie der Sensor immer richtig installiert wird.



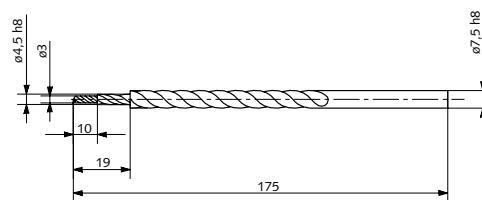
Montageschlüssel SW 5,5 Typ 1300A9



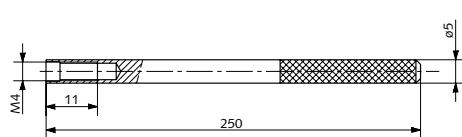
Reibwerkzeug Typ 1300A79 für Bohrung



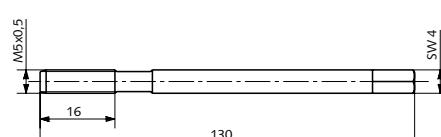
Drehmomentschlüssel 1 ... 6 N·m Typ 1300A17



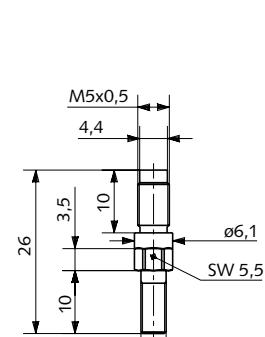
Stufenbohrer Typ 1300A51



Ausziehwerkzeug Typ 1319 für Blindsight Typ 1319



Spezialgewindebohrer M5x0,5 Typ 1357A



Blindsight Typ 6445  
(für Typ 6052...)

## Messzündkerzen

M10x1 mit integriertem Zylinderdrucksensor      M12x1,25 mit integriertem Zylinderdrucksensor      M14x1,25 mit integriertem Zylinderdrucksensor      M14x1,25 mit integriertem Zylinderdrucksensor



Technische Daten		Typ 6113B...	Typ 6115B...	Typ 6117B...	Typ 6118B...
Messbereich	bar	0 ... 200	0 ... 200	0 ... 200	0 ... 200
Empfindlichkeit	pC/bar	-10	-10	-15	-10
Eigenfrequenz	kHz	≈130	≈130	≈130	≈130
Linearität	%FSO	≤±0,5	≤±0,5	≤±0,5	≤±0,5
Temp.-bereich (Sensor) °C		-20 ... 200	-20 ... 200	-20 ... 200	-20 ... 200
Empfindlichkeitsänderung 200 °C ±50 °C	%	≤±0,5	≤±0,5	≤±0,5	≤±0,5
<b>Thermoschockfehler</b> <b>bei 9 bar p<sub>mi</sub> (1 500 1/min)</b>					
Δ p (Kurzzeit)	bar	≤±0,6	≤±0,6	≤±0,6	≤±0,6
Δ p <sub>mi</sub>	%	≤±3	≤±3	≤±3	≤±3
Δ p <sub>max</sub>	%	≤±1,5	≤±1,5	≤±1,5	≤±1,5
<b>Abmessungen</b>	Dichtung				
flach	L mm	19/22/26,5	19/26,5	19/22/26,5 17,5/23,5/25,4	19/26,5
Dichtung konisch	L mm	-	-	-	-
<b>Eigenschaften</b>		M10-Messzündkerze mit integriertem Sensor. Hohe Eigenfrequenz, Sensor frontbündig, auswechselbare Keramik, mit Platinelektroden. Exzentrizität der Mittelelektrode von 1,6 mm.	M12 Messzündkerze mit integriertem Sensor. Hohe Eigenfrequenz, Sensor frontbündig, viele Wärmewerte und Funkenlagen verfügbar, auswechselbare Keramik. Auswechselbare Kabel. Reduzierte Exzentrizität von 1,7 mm.	M14 Messzündkerze mit integriertem Sensor. Hohe Eigenfrequenz, Sensor frontbündig, praktisch zentrische, auswechselbare Keramik, mit Platinelektroden. Auswechselbares Kabel. Exzentrizität der Mittelelektrode 0,6 mm.	M14-Messzündkerze mit integriertem Sensor. Hohe Eigenfrequenz, Sensor frontbündig, praktisch zentrische, auswechselbare Keramik, mit Platinelektroden. Auswechselbares Kabel. Exzentrizität der Mittelelektrode 0,6 mm.
<b>Datenblatt</b>		6113B_000-732	6115B_000-697	6117B_000-022	6118B_000-699
<b>Einbaubohrung</b>					

## Messzündkerzen

Messzündkerzen erlauben eine Zylinderdruckmessung ohne separate Indizierbohrung. In der Zündkerze ist der kleinste weltweit verfügbare piezoelektrische Hochtemperatur-Zylinderdrucksensor integriert.

Der Sensor ist nahe am Brennraum positioniert. Daraus ergibt sich eine Eigenfrequenz von mehr als 50 kHz. Die Messzündkerze ist also ideal für Indiziermessungen am schnelllaufenden Verbrennungsmotor geeignet.

Der Wärmewert definiert den Einsatzbereich der Zündkerze. Heisse Kerzen (10, 8) werden in Serienmotoren verwendet, die oft im Teillastbereich arbeiten. Kalte Kerzen (3, 07) werden für Hochleistungsmotoren mit hoher Beanspruchung eingesetzt.

Die Kistler-Messzündkerzen sind nach dem BERU/BOSCH-Wärmewert klassifiziert:

<b>Neu</b>	10	9	8	7	6	5	4	3	09	08	07
				<b>Heiss</b>				<b>Mittel</b>			<b>Kalt</b>

Die Definition der Wärmewerte ist je nach Hersteller verschieden. Daher muss eine Vergleichstabelle verwendet werden, um die entsprechenden Wärmewerte festzulegen.

Sofern möglich soll der original Wärmewert Verwendung finden. Eine Zündkerze kann durch eine Kerze mit kälterem Wärmewert ersetzt werden, aber nicht durch eine mit heißerem.

Eine Zündkerze mit einem Wärmewert von 6 kann durch eine Kerze mit dem Wärmewert 5 ersetzt werden, aber nicht umgekehrt.

## Übersicht Wärmewerte

DENSO	NGK	Champion	BOSCH
9	2	18	10
14	4	16, 14	9
16	5	12, 11	8
20	6	10, 9	7,6
22	7	8,7	5
24	8	6, 61, 63	4
27	9	4, 59	3
29	9,5	57	
31	10	55	2
32	10,5	53	
34	11		09
35	11,5		07

Werden Zündkerzen mit falschem Wärmewert, Gewindelänge oder Dichtsitz eingebaut, hat dies meist schwerwiegende Folgen für den Motor, dessen Betriebsverhalten und die Zündkerzen selbst.

Vergleichstabelle der Wärmewerte verschiedener Zündkerzenhersteller.

## Montage der Zündkerzen

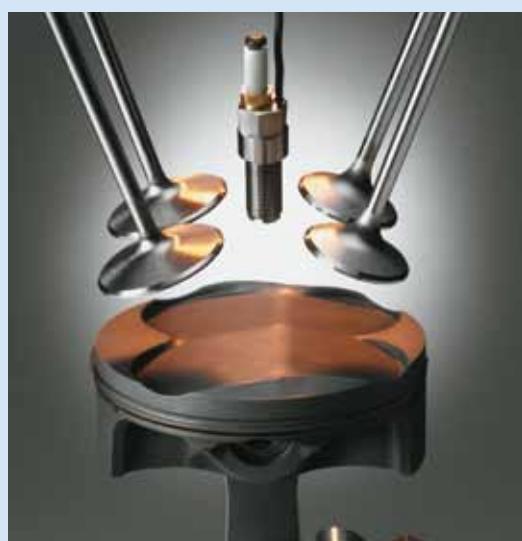
Gewinde	Drehmoment in N·m Zylinderkopf	
<b>Flachdichtung</b>	<b>Gusseisen</b>	<b>Leichtmetall</b>
M12x1,25	15 ... 25	12 ... 20
M14x1,25	20 ... 35	15 ... 30
M18x1,5	30 ... 45	20 ... 35

### Konische Dichtung

M14x1,25	15 ... 25	12 ... 20
M18x1,5	15 ... 30	15 ... 25

Montage ohne Drehmomentschlüssel:

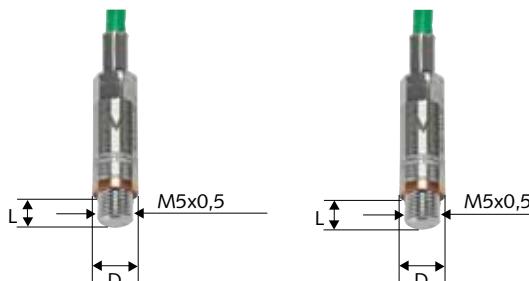
- Flachdichtung: maximal 90° drehen zum Anziehen
- Konische Dichtung: ungefähr 15° anziehen



# Messen

## Piezoresistive Sensoren

M5-Miniatur-Absolutdrucksensor/Messkette	
M5-Sensor	M5-Sensor mit Temperaturbereich bis 200 °C



Technische Daten	Typ 4005B...	Typ 4007BA...F S
Messbereich bar	0 ... 5/... 10/... 20/... 50/... 100/... 250	0 ... 5/... 20
Ausgangssignal (Verst.) V	0 ... 10	0 ... 10
Linearität u. Hysteresis (BSL) %FSO	<±0,2	<±0,2
Min./max. Temperatur °C	-40/125	-40/200
Kompensierter Temperaturbereich °C	0 ... 125	0 ... 180
Eigenfrequenz kHz	>100	>100
Material	17-4PH St. Stl.	17-4PH St. Stl.
Abmessungen D mm (Sensor)	6,2	6,2
L mm	4	4
Eigenschaften	Miniatur-Drucksensor ideal geeignet für Einlassdruckmessungen. Durch sehr kompakte Abmessungen vielseitig einsetzbar, hohe Eigenfrequenz. Erhältlich als PiezoSmart-Sensor oder als Messkette mit Verstärker Typ 4618A... .	Miniatur-Drucksensor ideal geeignet für Einlassdruckmessungen. Durch sehr kompakte Abmessungen vielseitig einsetzbar, hohe Eigenfrequenz. Erhältlich als PiezoSmart-Sensor oder als Messkette mit Verstärker Typ 4618A... .
Datenblatt	4005B_000-594	4007B_000-614
Einbaubohrung		

## Piezoresistive Sensoren

### Niederdruckindizierung im Verbrennungsmotor

An moderne Verbrennungsmotoren werden immer höhere Anforderungen an Leistung, Wirkungsgrad, sowie geringem Ausstoss von Schadstoffen gestellt. Der Optimierung des Ladungswechsels kommt dabei eine immer grössere Bedeutung zu. Eine wichtige Entwicklungsmethode ist dabei die Ladungswechselanalyse, deren Basis Niederdruckmessungen im Ein- und Auslass sind. Die piezoresistive Messtechnologie bietet sich für diese Aufgabe an, da damit hochpräzise Absolutdruckmessungen möglich sind.

Anforderungen an piezoresistive Drucksensoren:

- Hochpräzise Absolutdruckmessung
- Miniaturisierung und dadurch grosse Einbau-Flexibilität
- Robuste Bauweise und hohe Lebensdauer

Neben geeigneter Sensorik, sind weitere Faktoren wie Adaption und Einbau von wesentlicher Bedeutung und müssen auf die individuelle Anwendung abgestimmt werden.



Piezoresistiver Absolutdrucksensor Typ 4005B... eingebaut im Saugrohr in günstiger Position nahe dem Ventilsitz

Die Einlassdruckmessung kann in der Regel mit direkt eingebauten und nicht aktiv gekühlten Sensoren realisiert werden.

Auslassseitig erfordern hohe Abgastemperaturen ( $>1000^{\circ}\text{C}$ ) immer eine Kühlung der Sensoren. Eine optimale Konditionierung der wassergekühlten Sensoren oder Adapter wird mit dem Kistler Temperier-gerät Typ 2621E... erreicht.

Die Wahl eines geeigneten Systems zur Niederdruckindizierung ist vorwiegend von den folgenden Kriterien abhängig:

- Verfügbarer Platz
- Geforderte Genauigkeit
- Belastungen im Betrieb (Hitze, Vibration, Russ)

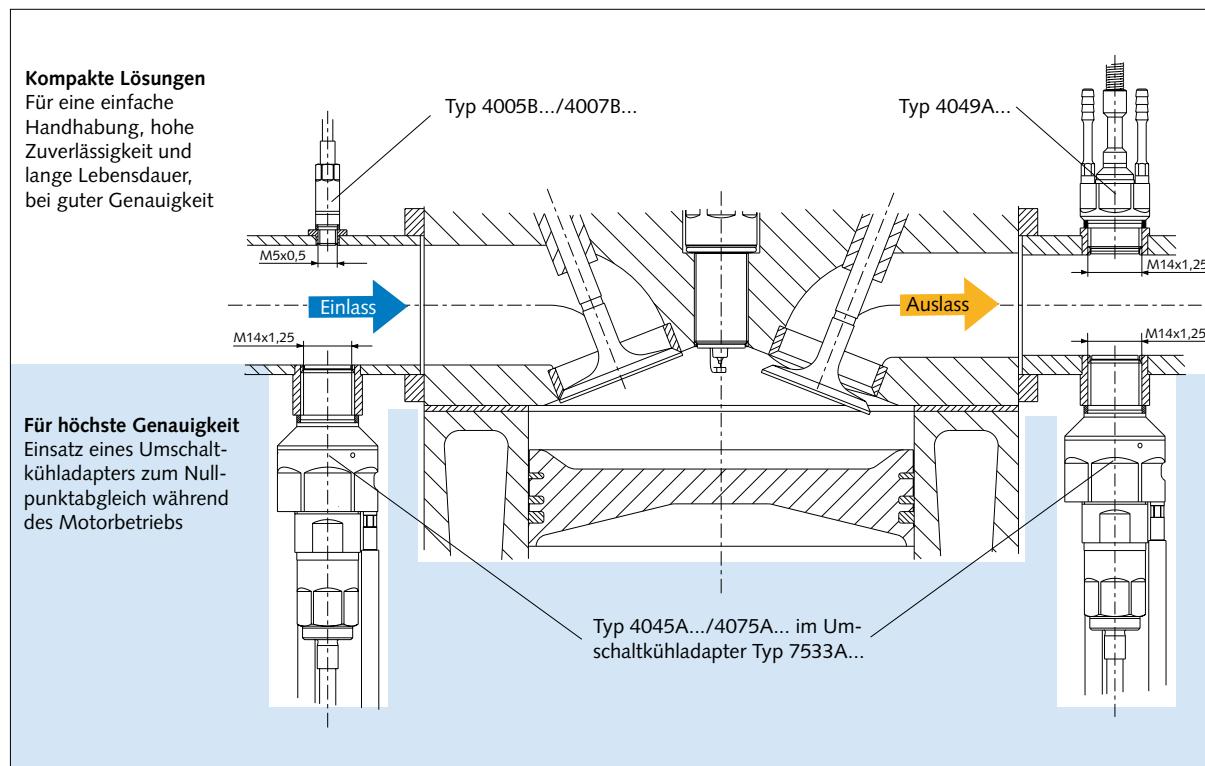
Eine grundsätzliche Unterscheidung von zwei Anwendungsfällen kann gemacht werden.

### Kompakte Lösungen

Kompakte Sensoren können auch bei knappen Platzverhältnissen ideal positioniert werden. Diese Sensoren werden direkt oder über kompakte Kühladapter in die Messbohrung eingeschraubt. Die einfache Handhabung wird durch weitere Eigenschaften wie Zuverlässigkeit, lange Lebensdauer und gute Genauigkeit ergänzt.

### Höchste Genauigkeit

Steht die Niederdruckindizierung im Fokus der Forschung und Entwicklung, ist oft höchste Genauigkeit gefordert. Diese Zielanforderung kann durch den Einsatz von Umschaltkühladaptoren erfüllt werden.



# Messen

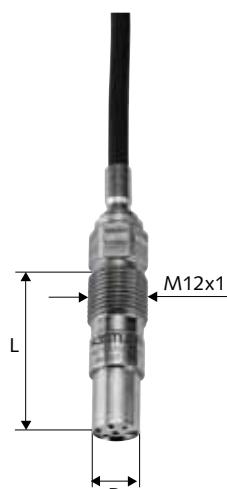
## Piezoresistive Sensoren

### Absolutdrucksensoren

M14-Sensor  
mit PiezoSmart®



M12-Sensor  
mit PiezoSmart®



M14-Sensor, wassergekühlt,  
mit PiezoSmart®



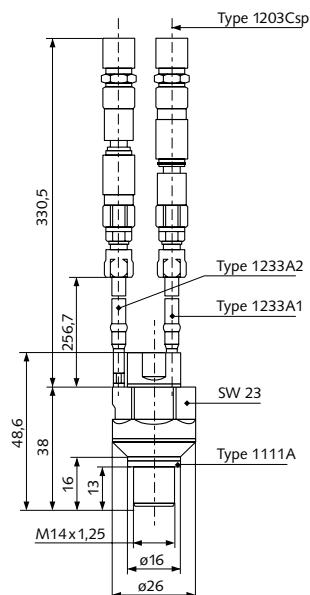
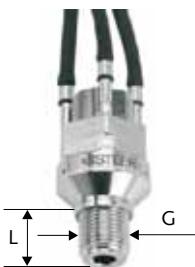
Technische Daten	Typ 4043/45A...V200S	Typ 4073/75A...V200S	Typ 4049A...S
Messbereich bar (abs.)	0 ... 1 / ... 2 / ... 5 / ... 10 / ... 20 / ... 50 / ... 100 / ... 200 / ... 500	0 ... 10 / ... 20 / ... 50 / ... 100 / ... 200 / ... 500	0 ... 5 / ... 10
Linearität u. Hysteresis (BSL) %FSO	<±0,3	<±0,3	<±0,1
Min./max. Temperatur °C	-40/70, 0/140	-40/70, 0/140	0/120 (...>1100 °C Gastemperatur)
Kompensierter Temperaturbereich °C	20 ... 120 -20 ... 50 (Typ 4043A...)	20 ... 120 -20 ... 50 (Typ 4073A...)	0 ... 80
Eigenfrequenz* kHz	>14 ... 200	>125 ... 200	>60
<b>Abmessungen</b>	D mm L mm	12 14	9,5 35
<b>Eigenschaften</b>	Eingebaute Temperaturkompen-sation, hohe Eigen-frequenz, gute Linearität. PiezoSmart Version mit Sensorerkennung in Betrieb mit SCP-Verstärker Typ 4665. Auch als Messkette mit Typ 4618 erhältlich.	Eingebaute Temperaturkompen-sation, hohe Eigen-frequenz, gute Linearität. PiezoSmart Version mit Sensorerkennung in Betrieb mit SCP-Verstärker Typ 4665. Auch als Messkette mit Typ 4618 erhältlich.	Kompakter Drucksensor mit integrierter Wasserkühlung. Ölgefülltes Messelement mit Stahlmembrane zur Medienvor-trennung. Erhältlich als PiezoSmart Sensor oder als Messkette mit Verstärker Typ 4622A... .
<b>Datenblatt</b>	4043A_000-003	4043A_000-003	4049A_000-727
<b>Einbaubohrung</b>			

\* In Abhängigkeit vom Messbereich

## Piezoresistive Sensoren

### Schaltadapter

Technische Daten		Typ 7533A...
Messbereich	bar	<15
Steuerluftdruck	bar	2 ... 6
Schaltverzögerung	ms	<200
Kühlwasserdurchfluss	l/min	mind. 0,3
Abmessungen	D mm	M14x1,25
	L mm	13
Gewicht	Gramm	185
<b>Eigenschaften</b>		Zweiweg-Umschaltadapter mit Wasserkühlung zur Kühlung von piezoresistiven Drucksensoren. Verwendbare Sensoren: A11 Typ 4045 M14y1,25 A12 Typ 4075A... M12x1
Datenblatt	7533A_000-606	



### Auslassdruckmessung mit einem Schaltadapter



Beispiel einer Niederdruckmessstelle am Abgaskrümmer. Der Sensor ist in einem Umschaltadapter eingebaut

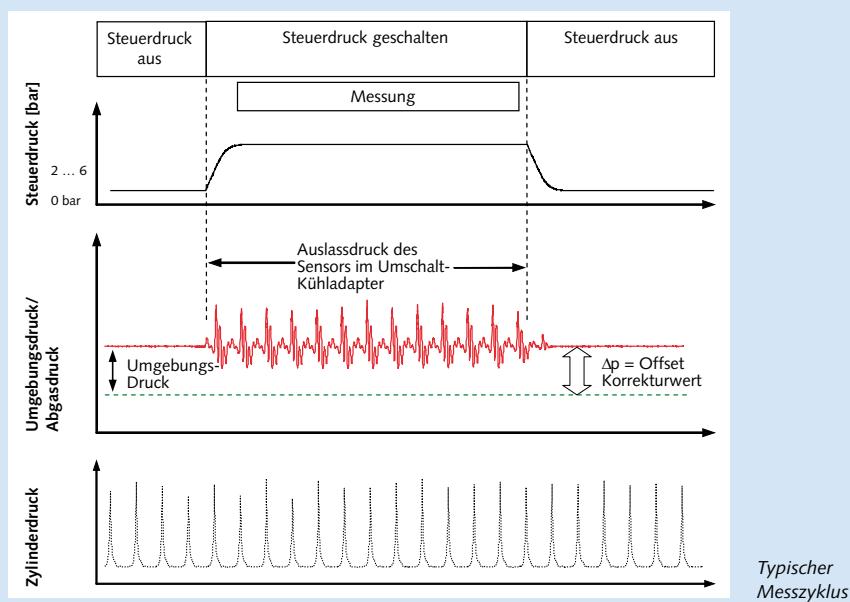
Aufgrund der hohen Abgastemperaturen müssen die Sensoren im Auslass aktiv gekühlt werden. Der Umschaltkühladapter Typ 7533A... ermöglicht eine perfekte Konditionierung der Gasauslass-Anwendung und gewährleistet die höchstmögliche Präzision der Auslassdruckmessung bei gleichzeitig hoher Lebensdauer des Sensors. Die Anwendung des Umschaltkühladapters erlaubt weiter einen einfachen Abgleich des Sensorsignals bei laufendem Motor. Für Auslassdruckmessungen wird

der Sensor Typ 4045A... oder 4075A... im Umschaltkühladapter Typ 7533A... empfohlen.

#### Funktionsprinzip:

Der Drucksensor wird nur während dem Zeitraum der Messung (z.B. 100 Arbeitsspiele) mit dem heißen Abgas beaufschlagt. Ein pneumatisches Ventil steuert die Beaufschlagung des Sensors durch Abgasdruck oder durch Umgebungsdruck. Dies ermög-

licht ein effizientes Abgleichen des Sensor-Nullpunkts bei laufendem Motor. Der Abgleich kann somit unmittelbar vor der Messung und unter den gleichen thermischen Bedingungen erfolgen (Warmabgleich). Durch das nur sporadische Beaufschlagen des Sensors mit heißem Abgas, kann eine lange Lebensdauer des Sensors bei gleichzeitig höchstmöglicher Messgenauigkeit gewährleistet werden.



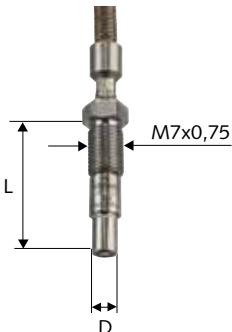
## Messen

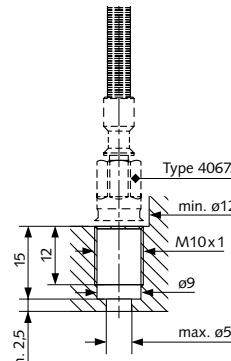
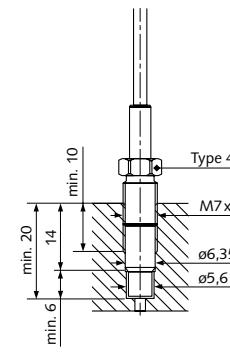
# Piezoresistive Sensoren

## Hochdrucksensoren/Messketten

M10-Sensor  
bis 5 000 bar  
mit PiezoSmart®

M7-Sensor  
mit Verstärker (Messkette)  
bis 1 000 bar

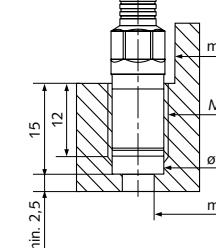


Technische Daten		Type 4067...	Type 4065A...
Messbereich (abs.)	bar (abs.)	0 ... 1 000 / ... 2 000 / ... 3 000 / ... 5 000	0 ... 200 / ... 500
Ausgangssignal (Verstärker)	V	0 ... 10	0 ... 10 (oder 4 ... 20 mA)
Linearität u. Hysteresis (BSL) %FSO		<±0,5	<±0,5
Min./max. Temperatur	°C	0/120	20/120
Kompensierter Temperaturbereich		20 ... 120	20 ... 120
Eigenfrequenz*	kHz	>100 ... 200	>40 ... 100
<b>Abmessungen</b> (Sensor)	D mm	8,5	5
	L mm	18,6	25,3
<b>Eigenschaften</b>		Hochdrucksensor mit robuster Membrane und Frontdichtung für Messungen in Hydrauliksystemen. Erhältlich als PiezoSmart-Sensor mit digitaler Kompensation oder als Messkette mit Verstärker Typ 4618A... .	Hochdrucksensor mit robuster Membrane und Frontdichtung für Messungen in Hydrauliksystemen. Erhältlich als PiezoSmart-Sensor mit digitaler Kompensation oder als Messkette mit Verstärker Typ 4618A... .
<b>Datenblatt</b>		4067_000-006 4067C_000-708	4065A_000-005
<b>Einbaubohrung</b>			
* In Abhängigkeit vom Messbereich			

## Piezoelektrische Sensoren

## Hochdrucksensoren

M10-Sensor  
bis 5 000 bar

Technische Daten		Typ 6229A...
Messbereich	bar	5 000
Überlast	bar	6 000
Eigenfrequenz	kHz	~200
Linearität	%FSO	<±1
Empfindlichkeit	pC/bar	-2,5
Kalibrierung		Kistler Werkskalibrierung
<b>Abmessungen</b> (Sensor)	D mm L mm	8,5 4,1
<b>Eigenschaften</b>	Frontdichtender Hochdrucksensor für Druckmessungen bis 5 000 bar. Aufgrund seiner hervorragenden Messeigenschaften besonders geeignet für Einsatz in Hydrauliksystemen (z.B. Einspritzdruck).	
<b>Datenblatt</b>	6229A_000-044	
<b>Einbaubohrung</b>		

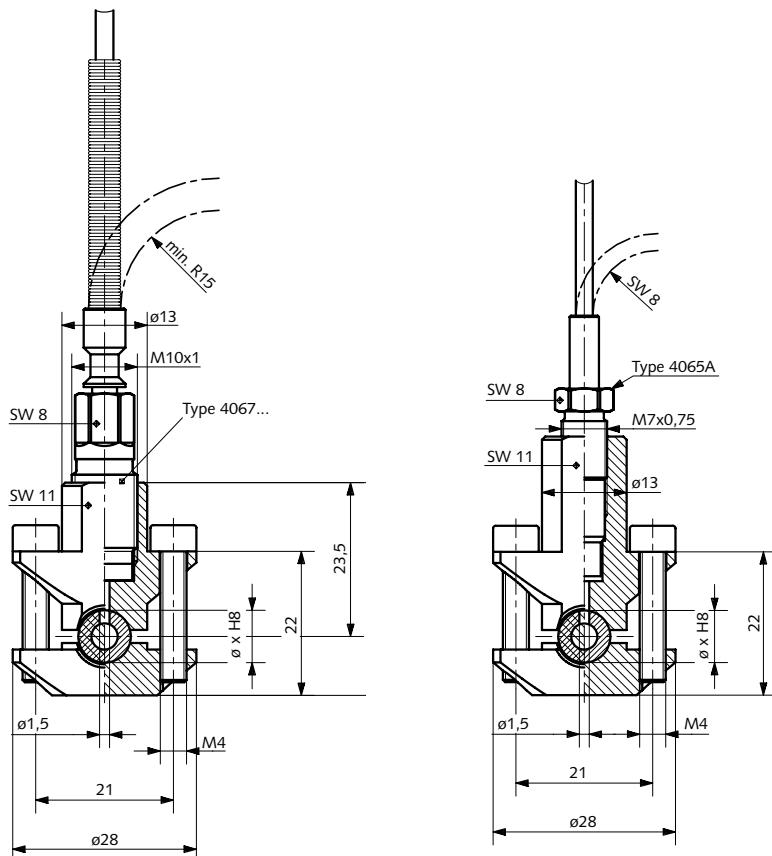
# Messen

## Piezoresistive Sensoren

### Klemmadapter

Typ 6533A1...

Typ 6533A2...



### Einsatz und Montage eines Klemmadapters

Der Klemmadapter Typ 6533A... wird idealerweise auf einem geraden Stück der Einspritzleitung montiert.

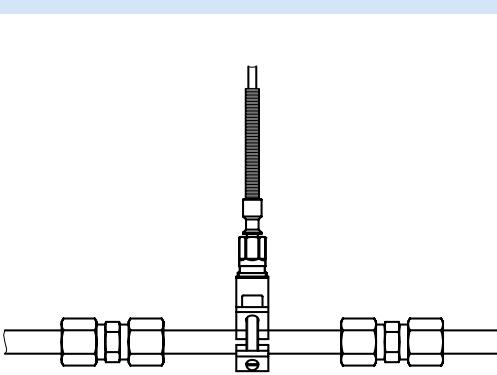
Ein Stück separate Leitung erlaubt eine leichte Montage und den Ersatz des Adapters durch ein gerades Stück Leitung, wenn der Adapter nicht benötigt wird (vgl. Bild rechts).

Die Bohrung in die Kraftstoffleitung erfolgt durch den montierten Adapter. Verwenden Sie hierzu einen Bohrer von 1,5 mm Durchmesser.

Die Bohrung muss mit hoher Drehzahl erfolgen, um möglichst kleine Späne zu erhalten. Die gegenüberliegende Wand der Kraftstoffleitung darf nicht beschädigt werden!

Der Adapter muss auf der Kraftstoffleitung bleiben und kann nicht entfernt und wieder montiert

werden. Um die Bohrspäne restlos zu entfernen, ist es unbedingt notwendig, die Leitung nach dem Bohren zu spülen.



### Sensor vs. Adapter

6533A... Adapter	Sensor Typ
1	4045A...
2	• 4065A...
4	• 4067A.../6229A...
5	4005B...
7	6052C...

Die Tabelle zeigt welcher Adapter für welchen Sensor geeignet ist. Z.B. der Sensor Typ 4067A... mit dem Adapter Typ 6533A1... .

## Piezoresistive Drucktransmitter

### Piezoresistive Drucktransmitter für anspruchsvolle Anwendungen

Robuster Absolutdrucktransmitter, kundenspezifische Ausführungen möglich

Relativer Drucktransmitter mit grossem Temperaturbereich mit integr. Verstärker

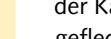
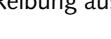
Kompakter Differentialdrucktransmitter



Technische Daten	Typ 4260A...	Typ 4262A...	Typ 4264A...
Messbereich bar	1 ... 350 Absolutdruck $>3 \times FS$	0,1 ... 350 rel., virt. Atmosphärendruck $>3 \times FS$	0,1 ... 10 differential $>3 \times FS$
Überdruck	mV, V or mA	mV, V or mA	mV, V or mA
Ausgangssignal	0,1 (0,05 verfügbar) (Linearität, Hysterese und Wiederholbarkeit)	0,2 ( $\leq 1$ bar) 0,1 ( $>1$ bar) (0,05 verfügbar)	0,2 ( $\leq 1$ bar) 0,1 ( $>1$ bar) (0,05 verfügbar)
Min./max. Temperatur °C	-55/125 (mV, V) -55/80 (mA)	-55/125 (mV, V) -55/80 (mA)	-55/125 (mV, V) -55/100 (mA)
Temperaturbereich °C	-40/125 (mV, V) -40/80 (mA)	-40/125 (mV, V) -40/80 (mA)	-40/125 (mV, V) -40/80 (mA)
<b>Thermische Effekte</b>			
-5 ... 50 °C %FS	1	1	1
-40 ... 125 °C %FS	1,5	1,5	1,5 (für Bereiche unter 1 bar)
Anschluss Druck	kundenspezifisch	kundenspezifisch	kundenspezifisch
Anschluss elektrisch	kundenspezifisch	kundenspezifisch	kundenspezifisch
Abmessungen	D mm L mm	25 63	25 100
<b>Eigenschaften</b>			
Universeller Drucktransmitter mit höchster Performance über den sehr weiten Temperaturbereich von -40 ... 125 °C. Der Drucktransmitter ist als Absolut- und Relativdruckausführung erhältlich. Maximale Flexibilität bezüglich Bauform, Signalausgang sowie elektrischem Anschluss ist über maximale Produktmodularität realisiert.			
Die patentierte metallische Dichtmethode erlaubt auf O-Ringe zu verzichten und schafft dadurch eine maximale Medienkompatibilität für unterschiedlichste Gase und Flüssigkeiten (Bremsflüssigkeit, Benzin, Getriebeöle, ....).			
All diese Features zeichnen das Produkt gerade für Anwendungen rund um den Motorenprüfstand aus. Prädestiniert ist die Produktfamilie ebenfalls für Komponententests und Anwendungen bei welchen Zuverlässigkeit auszuweisen sind und Zertifizierung unabdingbar ist.			
Datenblatt	4260A_000-685	4260A_000-685	4264A_000-714
<b>Informationen zur CE-Konformität</b>			
EMV-konform zu EN61326-1:2001/A1/A2, mit Druckgeräterichtlinie (PED) 97/23/EG, druckhaltendes Ausrüstungsteil der Kategorie 1			
<b>Eigensicher (optional erhältlich)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊗ II 1G ia</li> <li>⊗ II 3G nL</li> <li>⊗ Class I Div I Groups A, B, C, D</li> </ul>			

# Verbinden

Kabelmaterial PFA/Green, hoch isolierend, triboelektrisch optimiert, Temperaturbereich –55 ... 200 °C

Anschlusskabel				Verlängerungskabel		
						
1651C...		1631C...	1601B...	1603B...		
					1699A0,5	
1655C...	1921	1635C...			1637C...	
			1673A...			
1985A1S1 ... **)	1985A2S1 ... **)					

\*\*) siehe PiezoSmart Kabel Seite 45

## Materiakunde

### PFA/grün

Merkmale der Kabelummantelungen aus Perfluor-Alkoxyalkan (PFA) sind ihre gute Festigkeit auch bei sehr hohen Temperaturen, eine ausgezeichnete thermische Stabilität sowie die hervorragende Chemikalienbeständigkeit. Beim Einsatz der Kabel ohne Schutzmantel aus Metallgeflecht ist darauf zu achten, dass sie keiner mechanischen Beanspruchung etwa durch Reibung ausgesetzt sind.

Kabel PFA/grün

Kabelmaterial PFA/Metall, hoch isolierend, triboelektrisch optimiert, Temperaturbereich –55 ... 200 °C

## Materiakunde

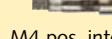
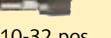
### PFA/Metall

Um die Kabel zusätzlich gegen mechanische Beanspruchungen wie vibrationsbedingte Reibung zu schützen, sind sie mit einem flexiblen Geflecht aus Stahl oder Edelstahl ummantelt. Der übrige Aufbau der Kabel entspricht der Ausführung PFA/grün mit einer Ummantelung aus dem chemikalien- und temperaturbeständigen Perfluor-Alkoxyalkan.



Kabel PFA/Metall

→ Bitte beachten: Die ausgewählte Kabelkombination muss zum jeweiligen Sensor passen! Weitere Informationen dazu finden Sie auf Seite 45.

Anschlusskabel		
		
1929A...*)		
		M4 pos. integriert
		KIAG 10-32 pos. integriert
1919 *) 1975A... *)	1957A... *)	
		KIAG 10-32 pos.
1985A1S3... **)	1985A2S3... **)	
		10-32 Triax M4 Triax

\*) mit Edelstahlgeflecht, \*\*) siehe PiezoSmart Kabel Seite 45,  
\*\*\*) isoliertes Edelstahlgeflecht

# Verbinden

Kabelmaterial Viton®/schwarz, hoch isolierend, triboelektrisch optimiert, Temperaturbereich –55 ... 200 °C

Anschlusskabel			
M3 pos. integriert	M4 pos. integriert	KIAG 10-32 pos. integriert	
	1983AA... öldicht		M4 pos. integriert
1989A...	1927A... <sup>*)</sup>	1983AC...	KIAG 10-32 pos. integriert
	1983AB...		KIAG 10-32 pos.
1989A...			M3 pos. integriert
1985A8S4 ... <sup>**)</sup>	1985A1S7 ... <sup>**)</sup>	1985A2S7 ... <sup>**)</sup>	Triax

\*\*) siehe PiezoSmart Kabel Seite 45

## Kupplungen hochisolierend (ohne PiezoSmart®-Funktion)

TRIAZ neg.	BNC pos.	KIAG 10-32 neg.	KIAG 10-32 pos.	M4 neg.	
1704A1					BNC neg.
1704A2	1721	1729A			KIAG 10-32 neg.
1704A3	1705	1700A13	1700A31	1700A23	M4 neg.
1704A5	1706	1700A35			M3 neg.
	1704A4				TRIAZ pos.

## Material

### Viton®/schwarz

Viton® ist ein Warenzeichen für die Fluorelastomere von DuPont Performance Elastomers. Das Material zeichnet sich durch seine hohe thermische und chemische Beständigkeit aus, insbesondere gegen Kohlenwasserstoffe. Die mit einem flüssigkeitsdichten Stecker ausgerüsteten Kabel sind deshalb äußerst robust und halten dem Einfluss von Ölen und Treibstoffen stand.



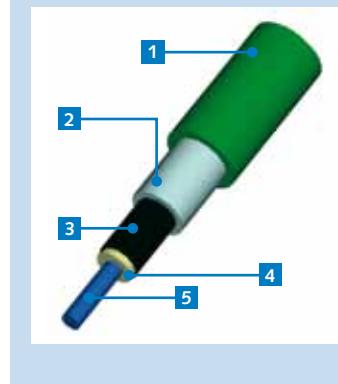
Viton®/schwarz

## Auswahlkriterien für das richtige Kabel

Die elektrische Verbindung zwischen piezoelektrischem Sensor und Ladungsverstärker muss besonders hoch isoliert sein (ca.  $10^{13} \Omega$ ), sonst tritt eine elektrische Drift des Messsignals auf. Spezielle Koaxialkabel besitzen einen Leiter, der mit Teflon® oder Kapton® isoliert ist. Gleiche Anforderungen gelten auch für die Steckverbindungen. Da in den Kabeln nur sehr kleine Ströme fliessen, sind sie besonders anfällig gegen elektrische Störungen und sollten deshalb möglichst kurz ausgeführt werden.

## Triboelektrischer Effekt

Die Bewegung der Kabel erzeugt minimale Ladungen an den Leiteroberflächen (triboelektrischer Effekt), die ebenfalls die Messung verfälschen. Dies verhindert man durch speziell mit Graphit beschichtete Zwischenschichten. Typische Werte der Triboelektrizität von Spezialkabeln bei hohen Vibrationen liegen bei weniger als 1 pC. Die Kabel sollten aber trotzdem vibrationsfrei verlegt werden. Dies ist besonders beim Verbrennungsmotor wichtig, der bei weicher Aufhängung schütteln kann.



- 1 Äussere Isolation
- 2 Elektr. Abschirmung
- 3 Spezialummantelung (Graphitleiter)
- 4 Elektrische Isolation Teflon® PTFE
- 5 Inneres Kabel

# Verbinden

## Kabelübersicht

### Piezoelektrische Kabel

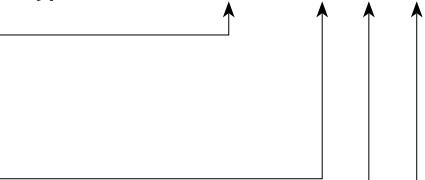
Typ	Verwendung für Sensoren	Anschluss	Abbildung	Anschluss
1603B...	-	BNC neg.		BNC pos.
1631C...	6053, 6055, 6125	KIAG 10-32 pos.		BNC pos.
1635C...	6053, 6055, 6125	KIAG 10-32 pos.		KIAG 10-32 pos.
1637C5	6053, 6055, 6125	KIAG 10-32 pos.		KIAG 10-32 neg.
1651C...	-	M4 pos.		BNC pos.
1655C...	-	M4 pos.		KIAG 10-32 pos.
1699A	6125, 7061	KIAG 10-32 pos. Int.		KIAG 10-32 neg.
1919	6041A, 6043, 6045, 6061, 6067	M4 pos. Int.		KIAG 10-32 pos.
1921	6041A, 6043, 6045, 6061, 6067	M4 pos. Int.		KIAG 10-32 pos.
1929A...	6041A, 6043, 6045, 6052, 6061, 6067	M4 pos. Int.		M4 pos. Int.
1957A...	6053, 6055	KIAG 10-32 pos.		KIAG 10-32 pos.
1967A...	6125	KIAG 10-32 pos. Int.		KIAG 10-32 pos. Int.
1969A...	7061	KIAG 10-32 pos. Int.		KIAG 10-32 pos. Int.
1975A...	-	M4 pos.		KIAG 10-32 pos. Int.
1989A4	6041B, 6054, 6056, 6058	M3 pos. Int.		M3 pos. Int.

### PiezoSmart®-Kabel

#### Steckeranschluss

M4 (pos.)	1
KIAG 10-32 (pos.)	2
M3 (pos.)	8

Typ 1985A □ □ S □ □ □



#### Kabelausführung

PFA Stahlgeflecht mit PiezoSmart-Kupplung	3
Viton® mit PiezoSmart-Kupplung	4
PFA mit PiezoSmart-Kupplung	6
Viton® öldicht mit PiezoSmart-Kupplung	7

#### Kabellänge

1 m	1
2 m	2
sp.	9



#### TEDS-Daten

Ohne Werkskalibrierdaten	0
Gemäß Sensor Seriennummer, mit eingetragenen Werkskalibrierdaten	1

Weitere Informationen zu PiezoSmart finden Sie in der Anwendungsbrochüre Dok.-Nr. 100-421

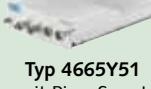
### Piezoresistive Kabel

Typ	Verwendung für Sensoren	Anschluss	Abbildung	Anschluss
4751A...	4043, 4045, 4053	Fischer SE		für Typ 4603
4753A...	4073, 4075	Fischer SE		für Typ 4603
4757A...	4065, 4067, 4005BA..., 4007BA...	Verlängerung für Typ 4065, 4067		für Typ 4618
4761B...	4043, 4045, 4053, 4007B...S, 4049A...S	Fischer SE		für Typ 4603, 4665
4763B...	4073, 4075, 4005B...V2005	Fischer SE		für Typ 4603, 4665
4765A...	4043, 4045, 4053	Fischer SE		für Typ 4618
4767A...	4073, 4075	Fischer SE		für Typ 4618

# Elektronik & Software

## Mehrkanal-Verstärkersysteme

### SCP/SCP Compact/SCP Slim

Plattform \ Modul	Ladungsverstärker	Piezoresistive Verstärker	pMax Modul	Brücken-Verstärker	Verstärker-interface	Spannungsverstärker	Nadel-Hub-Verstärker
Tischversion 							
Typ 2853A120							
Rackversion 							
Typ 2853A110							
Rackversion 							
Typ 2854A111							
Compact 							
Typ 2854A131							
Slim 							
Typ 2852A...							
							
	Typ 5064B11	Typ 4665Y51 mit PiezoSmart Sensor-Identifikation	Typ 5269Y51	Typ 5271Y51			
							
	Typ 5064B12 mit PiezoSmart Sensor-Identifikation						

## Einkanal-Verstärkersysteme

Ladungsverstärker	Piezoresistive Verstärker	
Labor-Ladungsverstärker	Laborverstärker	Analoger Verstärker
		
Typ 5018A... mit Driftkompensation, Piezotron®-Eingang und PiezoSmart	Typ 4603B...	Typ 4618A...

# Elektronik & Software

## Mehrkanal-Verstärkersysteme

### SCP/Signal Conditioning Platform



#### Anschluss

Analog-Ausgang Karte Typ 5225A1:  
D-Sub 37-pol. neg.

CPU-Ausgang Karte Typ 5615  
RS-232C: D-Sub 9-pol. neg.  
Digitale Ausgänge: D-Sub 15-pol. neg.

Interner CAN bus: D-Sub 9-pol. pos.

Technische Daten		Typ 2853A...	Typ 2853A...Y48
Anzahl Slots (mit Erweiterung)		8 (16)	8 (16)
Max. Anzahl Kanäle (mit Erweiterung)		16 (32)	16 (32)
Spannungsversorgung	VAC/VDC	100 ... 240 ( $\pm 10\%$ )	11 ... 36
Max. Leistungsaufnahme	W	95	80
Schutzzart nach EN60529		IP40	IP40
Betriebstemperaturbereich	°C	0 ... 60	0 ... 50
Gewicht (ohne Messmodule)	kg	5,6	5,6
<b>Abmessungen</b>	Höhe	3	3
	Breite	84 (19")	84 (19")
	Tiefe	mm min. 400	mm min. 400

#### Eigenschaften

Modulare Messplattform (SCP) für  
sensornähe Signalaufbereitung. Sie  
steht als Tisch-/Rackversion  
Typ 2853A110/A120 zur Verfügung  
und kann um eine zusätzliche  
Einheit Typ 2853A010/A020 er-  
weitert werden.

#### Anwendung

Mit den anwendungsspezifischen  
Messmodulen können Messaufga-  
ben im Bereich Hoch- und Nieder-  
druckindizierung sowie Einspritz-  
druck- und Allgemeindruckmessung  
präzis und effizient ausgeführt  
werden.

#### Zubehör

SCP-Software Art. Nr. 7.643.014  
Serielles Schnittstellenkabel  
Typ 1200A27  
Blindfrontplatten Typ 5700A09  
USB/RS-232C-Adapter Typ 2867

**Datenblatt** 2854A\_000-409

### SCP Compact/Signal Conditioning Platform



#### Anschluss

Analog-Ausgang:  
D-Sub 37-pol. neg.

CPU-Ausgang RS-232C:  
D-Sub 9-pol. neg.  
Digitale Ausgänge:  
D-Sub 15-pol. neg.

Interner CAN bus: D-Sub 9-pol. pos.

Technische Daten		Typ 2854A...
Anzahl Slots		4/6
Max. Anzahl Kanäle		8/12
Spannungsversorgung	VDC	10 ... 36
Max. Leistungsaufnahme	W	70
Schutzzart nach EN60529		IP40
Betriebstemperaturbereich	°C	0 ... 50
Gewicht (ohne Messmodule)	kg	3,5
<b>Abmessungen</b>	Höhe	2
	Breite	84 (19")
	Tiefe	mm min. 400

#### Eigenschaften

Die Signal Conditioning Platform  
SCP Compact Typ 2854A... ist ein  
modulares System zur Aufbereitung  
verschiedenster Messsignale, speziell  
geeignet für die Motorenindizierung  
auf Prüfständen sowie im Fahrzeug.

#### Anwendung

Mit den anwendungsspezifischen  
Messmodulen können Messaufga-  
ben im Bereich Hoch- und Nieder-  
druckindizierung sowie Einspritz-  
druck- und Allgemeindruckmessung  
präzis und effizient ausgeführt  
werden.

#### Zubehör

SCP-Software Art. Nr. 7.643.014  
Serielles Schnittstellenkabel  
Typ 1200A27  
Blindfrontplatten Typ 5700A09  
USB/RS-232C-Adapter Typ 2867

**Datenblatt** 2854A\_000-409

# Elektronik & Software

## Mehrkanal-Verstärkersysteme

### SCP Slim



Technische Daten		Typ 2852A...	
Anzahl Slots (mit Erweiterung)		2 (8)	
Max. Anzahl Kanäle		4 (16)	
Spannungsversorgung	VDC	10 ... 36	
Max. Leistungsaufnahme	W	20	
Schutztart nach EN60529		IP40	
Betriebstemperaturbereich	°C	0 ... 50	
Gewicht (ohne Messmodule)	kg	1,6	
<b>Abmessungen</b>		Höhe	1
		Breite	220
		Tiefe	230

#### Anschluss

Analog-Ausgang: D-Sub 37-pol. neg.  
CPU-Ausgang RS-232C:  
D-Sub 9-pol. neg.  
Digitale Ausgänge: D-Sub 15-pol. neg.  
Interner CAN bus: HD68 (SCSI-3)

#### Eigenschaften

Die Signal Conditioning Platform SCP Slim Typ 2852A... wurde speziell für Anwendungen im Fahrzeug entwickelt. Durch die Kaskadierung kann die SCP Slim auf max. 16 Kanäle erweitert werden.

#### Anwendung

Mit den anwendungsspezifischen Messmodulen können Messaufgaben im Bereich Hoch- und Niederdruckindizierung sowie Einspritzdruck- und Allgemeindruckmessung präzis und effizient ausgeführt werden.

#### Zubehör

SCP-Software Art. Nr. 7.643.014  
Serielles Schnittstellenkabel  
Typ 1200A27  
Blindfrontplatten Typ 5700A19  
USB/RS-232C-Adapter Typ 2867  
[Datenblatt 2852A\\_000-608](#)

### SCP/Ladungsverstärker



#### Anschluss

Signaleingang: BNC neg.  
Signalausgang: BNC neg.

Ansteuerung, Speisung und Signalübertragung 64-pol. DIN 41612

Technische Daten		Typ 5064B21	Typ 5064B11
Anzahl Kanäle		2	2
Messbereich	pC	±100 ... 100 000	±100 ... 100 000
Ausgangsspannung	V	0 ... ±10	0 ... ±10
Frequenzbereich	kHz	≈0 ... >200	0 ... >200
Fehler (0 ... 60 °C)	%	<±0,5	<±0,5
Drift (bei 25 °C, DrCo aus)	pC/s	<±0,05	<±0,05
Gruppenlaufzeit	µs	<3	<3
Passend für		SCP/SCP Compact	SCP Slim

#### Eigenschaften

Mikroprozessorgesteuerter Ladungsverstärker mit digitaler Parametrierung und analoger Signalaufbereitung für die SCP.

#### Anwendung

Signalaufbereitung mit hoher Bandbreite für piezoelektrische Sensoren, für die Druckindizierung an Verbrennungsmotoren.

#### Zubehör

Adapter Triax – BNC pos.  
Typ 1704A4  
[Datenblatt 2854A\\_000-409](#)  
[Datenblatt 2852A\\_000-608](#)

### SCP/Ladungsverstärker mit Sensoridentifikation PiezoSmart®



#### Anschluss

Signaleingang: Triax  
Signalausgang: BNC neg.

Ansteuerung, Speisung und Signalübertragung 64-pol. DIN 41612

Technische Daten		Typ 5064B22	Typ 5064B12
Anzahl Kanäle		2	2
Messbereich	pC	±100 ... 100 000	±100 ... 100 000
Ausgangsspannung	V	0 ... ±10	0 ... ±10
Frequenzbereich	kHz	≈0 ... >200	0 ... >200
Fehler (0 ... 60 °C)	%	<±0,5	<±0,5
Drift (bei 25 °C, DrCo aus)	pC/s	<±0,05	<±0,05
Gruppenlaufzeit	µs	<3	<3
Passend für		SCP/SCP Compact	SCP Slim

#### Eigenschaften

Mikroprozessorgesteuerter 2-Kanal-Ladungsverstärker mit digitaler Parametrierung und analoger Signalaufbereitung für die SCP. Mit Sensoridentifikation PiezoSmart.

#### Anwendung

Signalaufbereitung mit hoher Bandbreite für piezoelektrische Sensoren, für die Druckindizierung an Verbrennungsmotoren.

#### Zubehör

Adapter  
BNC neg. – Triax Typ 1704A1  
KIAG 10-32 – Triax Typ 1704A2  
M4x0,35 – Triax Typ 1704A3  
M3x0,35 – Triax Typ 1704A5  
[Datenblatt 2854A\\_000-409](#)  
[Datenblatt 2852A\\_000-608](#)

# Elektronik & Software

## Mehrkanal-Verstärkersysteme

### SCP/Piezoresistiver Verstärker mit Sensoridentifikation PiezoSmart®



#### Anschluss

Signaleingang: Fischer 5-pol.  
Signalausgang: BNC neg.

Ansteuerung, Speisung und Signalübertragung 64-pol. DIN 41612

Technische Daten	Typ 4665	Typ 4665Y51
Anzahl Kanäle	2	2
Verstärkung	10 ... 270	10 ... 270
Zusätzliche Verstärkung	1 ... 10	1 ... 10
Ausgangsspannung	V	0 ... ±10
Frequenzbereich	kHz	≈0 ... >90
Fehler (0 ... 60 °C)	%	<±0,3
Sensorspeisung	mA	1 or 4
Passend für	SCP/SCP Compact	SCP Slim

#### Eigenschaften

Das Messmodul ist ein mikroprozessorgesteuerter 2-Kanal-Verstärker für piezoresistive Sensoren mit analoger Signalaufbereitung, automatischer Sensoridentifikation PiezoSmart, einstellbarem Wert und Nullpunkt.

#### Anwendung

Dieses Modul dient der Signalverstärkung von piezoresistiven Drucksensoren und wird typischerweise für die Messung des Einspritzdrucks sowie der Drücke im Einlass-/Auslasstrakt von Verbrennungsmotoren eingesetzt.

#### Zubehör

Keines

[Datenblatt 2854A\\_000-409](#)

[Datenblatt 2852A\\_000-608](#)

### SCP/pMax Modul



#### Anschluss

Signaleingänge und -ausgänge (Ladedruck, Notstopp, etc)  
Typ D-Sub 15-pol. neg.

Signaleingang (Eingang Zylinder A & B)  
Typ BNC neg.

Signalausgang Typ BNC neg.

Ansteuerung, Speisung und Signalübertragung 64-pol. DIN 41612

Technische Daten	Typ 5269	Typ 5269Y51
Anzahl Zylinderdruck-Kanäle (Eingang für p Zylinder A & B)	2	2
Eingang für Ladedruck (pInlet)	1	1
Analoge Eingangsspannung (p Zylinder A, p Zylinder B, pInlet)	V	1 ... ±10
Drehzahlbereich	1/min	100 ... >6 000
Frequenzbereich mit TP-Filter "aus"	kHz	0 ... ≈17
Auflösung	bit	12
Grenzwert für (th_pmax, th_pmin, th_pstop), pro Kanal		3
Digitale Warnausgänge	4 (2/Kanal)	4 (2/Kanal)
Digitale Stoppausgänge	1/Modul	1/Modul
Passend für	SCP/SCP Compact	SCP Slim

#### Eigenschaften

Zur kontinuierlichen Überwachung und Messung des Zylinderspitzendrucks pmax an Diesel- und Ottomotoren bietet das neue zweikanalige pMax Modul Typ 5269 eine ideale Erweiterung für die universelle Signal Conditioning Platform (SCP). Die SCP-Ladungsverstärker Typ 5064B... liefern dem pMax Modul eine dem Zylinderdruck proportionale Spannung.

#### Anwendung

Beim Erreichen eines definierten Schwellwertes wird eine Warnung bzw. ein digitales Notstopp-Signal generiert. Gleichzeitig liefert das Gerät eine Ausgangsspannung die dem maximalen Zylinderdruck des letzten Arbeitsspiels proportional ist. Dadurch eignet sich das pMax Modul hervorragend zur Überwachung und Messung von Dauerläufen.

#### Zubehör

Keines

[Datenblatt 2854A\\_000-409](#)

[Datenblatt 2852A\\_000-608](#)

# Elektronik & Software

## SCP/Brückenverstärker



Technische Daten	Typ 5271	Typ 5271Y51
Anzahl Kanäle	2	2
Eingangsspannungsber. (differentiell) V	0 ... ±10	0 ... ±10
Verstärkung	0,5 ... 5 000	0,5 ... 5 000
Tiefpassfilter (2. Ordnung, zuschaltbar/Butterworth)	Hz kHz	10/30/100/300 1/3/10/30/100
Sensor Speisesspannung (Brückenspannung)		
Sensor Speisesspannung	V	1 ... 12
Spannungsfehler (>2,5 V)	%	<±0,1
Ausgangsstrom	mA	<50
Brückenergänzung (integr. Verstärker)		
Halbbrücke (zuschaltbar)	Ω	10 000
Viertelbrücke (zuschaltbar)	Ω	120/350/1 000
Ausgangsspannung	V	0 ... ±10
Passend für	SCP/SCP Compact	SCP Slim

### Anschluss

Signaleingang: D-Sub 9-pol. neg.  
Signalausgang: BNC neg.

Ansteuerung, Speisung und Signalübertragung 64-pol. DIN 41612

### Eigenschaften

Der Verstärker verfügt über eine stabilisierte und einstellbare Spannungsversorgung für die Sensoren. Ergänzend durch den hohen Frequenzbereich und den wählbaren Tiefpassfiltereinstellungen wird damit ein sehr breites Anwendungsgebiet abgedeckt.

### Anwendung

Der universelle Zweikanal SCP Brückenverstärker Typ 5271 dient zum Anschluss von DMS-Sensoren sowie für piezoresistive Sensoren bzw. zur allgemeinen Spannungsverstärkung.

### Zubehör

D-Sub-Stecker 9-pol. pos. mit Schraubverbindung  
Art. Nr. 5.510.422

**Datenblatt 2854A\_000-409**  
**Datenblatt 2852A\_000-608**

## SCP/Verstärker-Schnittstelle



### Anschluss

Signaleingang: D-Sub 9-pol. neg.  
Signalausgang: BNC neg.

Ansteuerung, Speisung und Signalübertragung 64-pol. DIN 41612

### Technische Daten

Anzahl Kanäle	Typ 5613A1Q01
Messbereich	V ±10
Verstärkung	1
Frequenzbereich	kHz 0 ... >50
Fehler (0 ... 60 °C)	% <±0,1
Eingangswiderstand	kΩ >300
Ausgangsspannung	V 0 ... ±10
Spannungsversorgung für ext. Verst.	V 24

### Eigenschaften

Mikroprozessorgesteuerter Verstärker mit digitaler Parametrierung und analoger Signalaufbereitung für die SCP. Er verfügt über eine Spannungsversorgung für externe Verstärker und ist fernsteuerbar.

### Anwendung

Signalaufbereitung für 0 ... 10 V Spannungssignale von externen Verstärkern, z.B. für Verstärker Typ 4618A... .

### Zubehör

Keines  
**Datenblatt 2854A\_000-409**

# Elektronik & Software

## SCP/Spannungsverstärker



### Anschluss

Signaleingang: BNC neg.  
Signalausgang: BNC neg.

Ansteuerung, Speisung und Signalübertragung 64-pol. DIN 41612

Technische Daten		Typ 5227A1Q01
Anzahl Kanäle		2
Eingangsspannungsbereich	V	0 ... ±10
Verstärkung (einstellbar)		1/2/5/10
Frequenzbereich	kHz	0 ... >50
Fehler (0 ... 60 °C)	%	<±0,5
Eingangswiderstand	MΩ	10
Ausgangsspannung	V	0 ... ±10

### Eigenschaften

Mikroprozessorgesteuerter Verstärker mit digitaler Parametrierung und analoger Signalaufbereitung für die SCP. Er verfügt über Differenzeingänge mit gemeinsamer Masse.

### Anwendung

Zur Verstärkung von beliebigen Spannungssignalen.

### Zubehör

Keines

**Datenblatt** 2854A\_000-409

## SCP/Nadelhubverstärker



### Anschluss

Signaleingang: Binder Serie 711  
Signalausgang: BNC neg.

Ansteuerung, Speisung und Signalübertragung 64-pol. DIN 41612

Technische Daten		Typ 5247
Anzahl Kanäle		2
Eingangsspannungsbereich (Diff.)	V	0 ... ±10
Verstärkung		0,8 ... 75
Frequenzbereich	Hz	0 ... 90 000
Sensorspeisung	VDC	12
Max. current	mA	15
Ausgangsspannung	V	0 ... ±10
Output impedance	Ω	10
Passend für		SCP/SCP Compact

### Eigenschaften

Der Mikroprozessor gesteuerte 2-Kanal Nadelhubverstärker verfügt über Differenzeingänge sowie eine Speisung für Hallsensoren. Eine zuschaltbare automatische Nullpunkt-korrektur kompensiert den temperaturabhängigen Nullpunkt des Hallsensors. Ebenso erleichtert eine Autorange die Einstellung des Verstärkers. Die Störunterdrückung ist durch eine Differenz-Eingangsstufe gewährleistet.

### Anwendung

Die Nadelhubmessung dient der Ermittlung des Einspritzzeitpunktes (Beginn, Dauer, Ende) bei Dieselmotoren. Um den Nadelhub in Einspritzdüsen messen zu können, muss der Nadelträger in der Einspritzdüse mit einem Hallsensor ausgerüstet sein. Über die Spannungsänderung der Hallsensoren können dann Aussagen über die Bewegung der Einspritznadel gemacht werden. Die Funktion Nadelhub ist eine Standardmessgröße für die Dieselmotoren bzw. Einspritzsystementwicklung.

### Zubehör

Binder-Stecker 4-pol.  
Serie 711 Art. Nr. 5.510.419

**Datenblatt** 2854A\_000-409

# Elektronik & Software

## Labor-Spannungsverstärker

### Piezoelektrischer Verstärker



#### Anschluss

Signaleingang: BNC neg. oder Triax  
Signalausgang: BNC neg.

Technische Daten		Typ 5018A...
Messbereich	pC	±2 ... 2 200 000
Frequenzbereich	kHz	≈0 ... 200
Ausgangsspannung	V	0 ... ±10
Fehler (bereichsabhängig)	%	<±0,5 (@ 10 pC <±3)
Spannungsversorgung wählbar	VAC	115/230
Temperaturbereich	°C	0 ... 50
Gewicht	kg	2
Abmessungen BxHxT	mm	105x142x253

#### Eigenschaften

Dieser universelle Labor-Ladungsverstärker eignet sich für die Signalaufbereitung für alle piezoelektrischen Drucksensoren. Driftkomensation für den Einsatz in der Motorenmesstechnik, grosser Messbereich, direkte Signalauswertung, Flüssigkristallanzeige und menügeführte Bedienung.

#### Anwendung

Der Ladungsverstärker wurde gezielt für Messaufgaben mit höchst genauen Anforderungen entwickelt. Typische Anwendungen sind in der Motorenmesstechnik und allgemeine Anwendungen in der Forschung und Entwicklung.

#### Zubehör

Stecker für Fernbedienungsanschluss Typ 1564  
RS-232C-Kabel Typ 1475A3  
RS-232C-Adapter Typ 1469

**Datenblatt** 5018A\_000-719

### Piezoresistiver Verstärker



#### Anschluss

Signaleingang: Fischer D103  
Phoenix 5-pol.

Spannungsausgang: BNC neg.

Stromausgang:  
Bananan-Buchsen

Technische Daten		Typ 4603B...
Eingangssignale	mV	±100 ... 1 000
Sensorspeisung	mA/V	4/24
Ausgangsspannung	V	±0 ... 1/2/5/10
Ausgangstrom	mA	0/4 ... 20
Frequenzbereich	kHz	0 ... >150
Fehler (0 ... 50 °C)	%	<±0,4
Speisespannung	VAC	230/115
Temperaturbereich	°C	0 ... 50
Abmessungen BxHxT	mm	94x151x195
Gewicht	kg	≈2

#### Eigenschaften

Skalierbarer Spannungsausgang, paralleler Stromausgang. Der Spannungsausgang ist 1 ... 10 Volt skalierbar, entsprechend dem jeweiligen Aufnehmer-Messbereich. Zudem steht parallel ein Ausgang mit eingraviertem Strom 0/4 ... 20 mA zur Verfügung.

#### Anwendung

Alle Verstärkerfunktionen können im Dialog über die zweizeilige LCD-Hochkontrast-Anzeige mit vier Tasten menügeführt eingestellt werden: Art der Speisung, Kalibrierstrom (für stromgespeiste Sensoren), Druckmessbereich, Sensorempfindlichkeit, Nullpunktabelle, Nullpunktverschiebung, Einheit der Druckanzeige (bar, Pa, psi), Tiefpass-Filter, Ausgangsspannung und -strom.

#### Zubehör

Kalibrierstecker Typ 4901B...  
Nachrüst-Schnittstelle IEEE-488  
Kistler Typ 5605A...  
Nachrüst-Schnittstelle RS-232C  
Kistler Typ 5611A...

**Datenblatt** 4603B\_000-291

# Elektronik & Software

## Einkanal-Verstärkersysteme

### Piezoresistiver Verstärker für Messketten



Technische Daten		Typ 4618A0	Typ 4618A2	Typ 4618A4
Eingangssignale	mV	±50 ... 1000	±50 ... 1000	±50 ... 1000
Sensorspeisung	mA	1,5	1,5	1,5
Ausgangsspannung	V	0 ... ±10	0 ... ±10	-
Ausgangstrom	mA	4 ... 20	-	4 ... 20
Frequenzbereich	kHz	0 ... >40	0 ... >40	0 ... >40
Fehler (0 ... 60°)	% FSO	±<0,2	±<0,2	±<0,2
Speisespannung	VDC	18 ... 30	18 ... 30	18 ... 30
Temperaturbereich	°C	0 ... 60	0 ... 60	0 ... 60
Abmessungen BxHxT	mm	98x34x64	98x34x64	98x34x64
Gewicht	kg	0,25	0,25	0,25
Temperaturausgang	mV/K	-	10	10

Anschluss  
Binder-Stecker

**Eigenschaften**  
Analoger Verstärker für piezo-resistive Sensoren mit zwei Grenzwertschaltern (Optokoppler) und Nullpunktabgleich.

**Anwendung**  
Universeller Messverstärker für piezoresistive Sensoren mit Konstantstromspeisung. Ermöglicht gleichzeitiges Messen von Druck und Temperatur mit den Standard-Drucksensoren. Montiert in robustem Aluminiumgehäuse, geeignet für industrielle Anwendungen und Vor-Ort-Betrieb.

**Zubehör**  
Netzteil Typ 5779A1  
**Datenblatt** 4618A\_000-293

# Elektronik & Software

## Systeme zur Indizierung KiBox® für Fahrzeuganwendungen

### KiBox® To Go



Technische Daten		Type 2893AK1
Analogeingänge für beliebige Spannungssignale	Kanäle	8
Eingangsspannungsbereich	V	-10 ... 10
ADC-Auflösung	Bit	16
ADC-Abtastrate (pro Kanal)	MHz (MS/s)	1,25
Bandbreite	kHz	100
Tiefpassfilter	kHz	5/10/20/30
Temperaturbereich	°C	-30 ... 50
Gewicht	kg	8 (inkl. Verstärkereinschübe)
Abmessungen BxHxT	mm	265,5x212x440

#### Anschlüsse

Signaleingänge:  
8x BNC neg. für analoge Eingangsspannung  
2x BNC neg. zum Anschluss für Stromzange  
1x Binder neg. zum Anschluss für Kurbelwinkelgeber  
1x Binder neg. zum Anschluss für Kurbelwinkeladapter  
  
Ethernet- Schnittstelle  
2x D-Sub 9 male CAN-Schnittstelle

#### Eigenschaften

Die KiBox ist ein komplettes Indiziersystem für den mobilen Einsatz auf der Strasse und unter extremen Umgebungsbedingungen.

Mit der KiBox von Kistler machen Sie die Qualität der Verbrennung in den einzelnen Zylindern sichtbar. Die Verbrennungsparameter sind über eine PC Softwareschnittstelle komfortabel im Applikationssystem integriert und mit anderen Messdaten und ECU Steuergrößen synchronisiert. Diese Softwareschnittstelle steht als erstes zu der weit verbreiteten Applikationssoftware INCA (Fa. ETAS) zur Verfügung.

#### Besondere Vorteile der KiBox To Go

- Echtzeitberechnung von Indizierungswerten
- Kein optischer Kurbelwinkelgeber erforderlich
- Messungen und Auswertungen sind auf die einfachste mögliche Art konfigurierbar. Eventuelle Fehler werden klar verständlich angezeigt
- Die Messdaten werden in der KiBox ausgewertet, daher wird zum Indizieren kein eigener PC/Laptop benötigt. Die KiBox ist direkt an den Applikations-PC angeschlossen

#### Anwendung

Die zusätzliche Information über Ansteuerung der Einspritzventile, Zündung und Verbrennung nutzen sie für die Kennfeldoptimierung mit dem Applikationssystem. Oder Sie verwenden die KiBox als autarkes System zum Indizieren im Fahrzeug. Durch Verbrennungsdiagnose analysieren und lösen Sie ein Problem, das im realen Fahrzeug auf der Strasse auftritt.

#### Zubehör

**Ladungsverstärker**  
2-Kanal Ladungsverstärker Typ 5064B11  
2-Kanal PiezoSmart®-Ladungsverstärker Typ 5064B12

**Kurbelwinkel-Adapter Set**  
Typ 2619A11

**AC/DC Stromzange**  
Typ 2103A11

**PiezoSmart Verlängerungskabel**  
Typ 1987BN0,5/1987BN7  
Triax neg. – Triax pos.

**Verlängerungskabel**  
Typ 1603BN0,5/1603BN7  
BNC neg. – BNC pos.

**Datenblatt 2893A\_000-724**

# Elektronik & Software

## Prüfgeräte

### Isolations-Prüfgerät



#### Anschluss

Eingang: BNC neg.

Technische Daten		Typ 5493
Messbereich	Ω	$10^{11} \dots 4 \cdot 10^{13}$
Messspannung	VDC	5
Max. zulässige Spannung	V	700
Max. Kabellänge	m	100
Spannungsversorgung (Batterie)	VDC	9
Gewicht	kg	0,3
Abmessungen BxHxT	mm	80x172x35

#### Eigenschaften

Portables Gerät zum Messen des Isolationswiderstandes. Logarithmische Anzeige, einfachste Bedienung, automatische Abschaltung bei Nichtgebrauch.

#### Anwendung

Geräte, für deren Funktion hohe Isolationswiderstände wichtig sind, werden periodisch oder vor Gebrauch kontrolliert. Dafür wurde das Isolations-Prüfgerät Typ 5493 entwickelt. Es ist als Servicegerät mit Batteriespeisung konzipiert und eignet sich daher besonders zur routinemässigen und auch zur feldmässigen Nachkontrolle an piezoelektrischen Sensoren, Ladungsverstärkern und Kabeln.

#### Zubehör

Keines

**Datenblatt 5493\_000-354**

### Ladungskalibrator



#### Anschluss

Ladungsausgang:  
Version 1: Typ: BNC neg.  
Versionen 2 ... 5: Fischer 5-pol.

Technische Daten		Typ 5357B...
Ladungsbereich (6 Bereiche)	pC	$\pm 10 \dots 999\,000$
Fehler (15 ... 35 °C)	%	<±0,5
Fehler (0 ... 50 °C)	%	<±0,8
Spannungsversorgung (umschaltbar)	VAC	230/115 (48 ... 62 Hz)
Gewicht	kg	≈2
Abmessungen BxHxT	mm	94x151x195

#### Eigenschaften

Mit dem Ladungskalibrator können piezoelektrische Messanlagen kontrolliert und kalibriert werden. Der Ladungskalibrator wird anstelle des Sensors oder parallel zu diesem in die Messkette eingeschaltet. Es können bis zu fünf Ladungsverstärker angeschlossen werden. Die Bedienung erfolgt über die Tastatur oder über optionale Schnittstellen. Die eingestellten Parameter erscheinen auf dem LCD.

#### Anwendung

Eine typische Anwendung ist die Kombination eines Ladungskalibrators mit 1 ... 5 Ladungsverstärkern. Die Vorteile der Ladungskalibrierung werden um so grösser, je komplexer die Messanlage ist. Man erreicht zweierlei: eine grössere Messgenauigkeit (es gilt die Genauigkeit des Kalibrators und nicht die Summe der Genauigkeiten aller Geräte der Messkette) und eine Kontrolle, ob nicht ungewollt ein Instrument der Messkette seit der letzten Überprüfung verstellt wurde.

#### Zubehör

Anschlusskabel für weitere 4 Ladungsverstärker Typ 1629, Fischer 5-pol. pos. – 4 x BNC pos.

**Datenblatt 5357B\_000-335**

# Zubehör

## Kurbelwinkelgeber

### Kurbelwinkelgeber



Technische Daten		Typ 2614B...
Kurbelwinkelsignal Auflösung	CA	720x0,5° (optional bis 3 600x0,1°)
Dyn. Genauigkeit bei 10 000 1/min Signalverzögerung	CA	0,02
Drehzahlbereich	1/min	0 ... 20 000
Betriebstemperaturbereich Elektronik	°C	-20 ... 70
Kurbelwinkelgeber	°C	-30 ... 100
Speisung		von Indiziergerät
Gewicht (Sensor)	g	460
Gewicht (Verstärker)	g	300
Abmessungen (Verstärker) BxHxT	mm	98x64x37

#### Eigenschaften

Der Kurbelwinkelgeber Typ 2614B... ist die Basis für alle kurbelwinkelbezogenen Messungen. Der Kurbelwinkelgeber kann zusammen mit den meisten Motor-Indiziergeräten eingesetzt werden. Drehzahlbereich 1 ... 20 000 1/min. Er ist sehr robust und mechanisch hoch beanspruchbar.

#### Anwendung

Der Kurbelwinkelsensor wird überall dort verwendet, wo die Winkelinformation zum Berechnen des  $p_{mi}$  und des Brennverlaufs benötigt wird. Passend für Kaltstartmessungen.

#### Zubehör

Adapterflansch für Typ 2613B  
Impulsvervielfacher Typ 2614B4  
(optional)

**Datenblatt** 2614B\_000-900

## Temperiergerät

### Gerät zum Kühlern und Heizen von Sensoren



Technische Daten		Typ 2621E...
Kühlwasserreservoir	l	≈6
Durchflussmenge/Sensor	l/min	0,25 ... 0,5
Wasserdruck	bar	1,7 ±0,2
Thermostat-Regelbereich	°C	50 ±3
Heizleistung	W	800
Kühlleistung (bei 35 °C Temp.)	W	>2 200
Sensoranschlüsse		10
Spannung	VAC	230/115
Leistungsaufnahme	VA	<1 100
Abmessungen BxHxT	mm	200x759x696
Gewicht total (ohne Kühlwasser)	kg	≈50

#### Eigenschaften

Temperiergerät mit geschlossenem Kreislauf für bis zu 10 wassergekühlte Sensoren und Adapter. Die Kühlflüssigkeit wird auf 50 °C stabilisiert. Die Spezialpumpe setzt das Kühlwasser pulsfrei um. Damit sind stabile, präzise und zuverlässige Messungen auch über längere Zeiträume sichergestellt.

#### Anwendung

Für wassergekühlte Zylinderdrucksensoren und Auslassdrucksensoren sowie Kühladapter.

#### Zubehör

Kühlschlauch Typ 1203Csp  
Flow Guard Typ 2625A...

**Datenblatt** 2621E\_000-540

# Zubehör

## OT-Sensor-System

### OT-Sensor mit integriertem Verstärker und Stromversorgung



Technische Daten		Typ 2629B...
<b>OT-Sensor</b>		
Prinzip		Kapazität
Adapter		M10x1, M14x1,25
Verstellbereich in Längsrichtung	mm	≈80
Anschluss		Netzstecker, 4-pol. Buchse für OT-Verstärker, BNC-Buchse für OT-Signalaußengang
Abmessungen (LxBxH)	mm	125x80x57
Gewicht	kg	0,5
<b>Verstärker</b>		
Prinzip		Kapazität Spannungskonverter
Empfindlichkeit	V/pF	4
Ausgang		0 ... 10, kurzschlussicher, umschaltbar auf Ladungsaußengang
Max. Kabell. zur OT-Stromversorgung	m	10

#### Eigenschaften

Das OT-System besteht aus Sensor mit eingebautem Verstärker und der Stromversorgung. Das OT-System dient der dynamischen Bestimmung des oberen Totpunktes (OT) an Kolbenmaschinen.  
Das OT-System besteht aus:

- OT-Sensor
- OT-Verstärker
- Stromversorgung
- Netzkabel

#### Anwendung

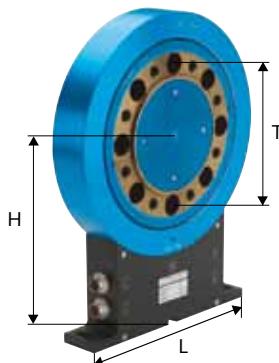
Der OT-Sensor Typ 2629B... dient zur dynamischen OT-Bestimmung im ungefeuerten, geschleppten Zustand des Motors. Die Montage erfolgt in der Düsenhalter- oder Zündkerzenbohrung des Motors. Die genaue Bestimmung des OT ist wesentliche Grundlage für die präzise Druckindizierung an Verbrennungsmotoren.

#### Zubehör

Adapter  
Typ 6592A1 M10x1,  
Typ 6592A2 M14x1,25,  
Typ 6592A3 M14x1,25 konisch

**Datenblatt** 2629B\_000-541

### Drehmoment-Messflansch



Technische Daten		Typ 4504B...
Messbereich (Nenndrehmoment)	N·m	50/100/200/500/1 000/2 000/3 000/5 000
Überlast		<2 x Nenndrehmoment
Grenzdrehmoment		<1 x Nenndrehmoment
Wechseldrehmoment		
Genaugkeitsklasse	%	0,1
Ausgangssignal	V kHz	±0 ... ±10 10 ±5, 60 ±20, 100 ±40 (je nach Ausführung) digital mit RS-232C
Drehzahlerfassung	Imp./U	max. 3 600
Nenndrehzahl	1/min.	<15 000
Wuchtgüte	Q	6,3
Nenntemperaturbereich	°C	10 ... 60
Gehäusematerial		Aluminium, harteloxiert
Abmessungen	T (mm) L (mm) H (mm)	105 ... 206 190 167,5 ... 226,5
Elektrische Anschlüsse		Binder-Stecker (7,8 und 12-pol.)

#### Eigenschaften

Drehmoment-Messflansch nach dem DMS-Prinzip. Die integrierte, digitale Messwertvorbearbeitung erzeugt analoge oder digitale Ausgangssignale, die berührungslos übertragen werden. Der Rotor läuft lagerlos, somit verschleissfrei, im Statorring.

#### Anwendung

Der Drehmoment-Messflansch Typ 4504B... eignet sich durch seine extrem kurze Bauweise hervorragend für die Prüfstandstechnik und findet z.B. Verwendung in Verbrennungsmotoren-, Getriebe-, Rollen-, Radlast-, Elektromotoren- und Pumpenprüfständen.

**Datenblatt** 4504B\_000-805

# Kalibrieren

## Kalibrierung von piezoelektrischen Sensoren (kontinuierlich) bis 250 bar

### Systemkonfiguration

Zu prüfender Sensor	Adapter und Steckernippel
Typ	Typ
601A	6501
6001	6501
6005	6501
6013C...	6583
6031	6501
6041A...	6589
6043A...	6589
6045A...	6589
6052C...	6585A
6053CC...	6585A
6054A...	6585A
6055C...	6591
6056A...	6591
6058A...	6591
6061B...	6583
6067C...	6586
6115BC...	6578
6115BF...	6593
6117BC...	6588A
6117BF...	6587A
6118BC...	6588A
6118BF...	6587A
6125C1	6583
6125C2	6584
701A	7501
7005	7501
7013C...	6594 oder ohne Adapter
7031	7501
7061B...	6594 oder ohne Adapter

Druckgenerator

Referenzsensor

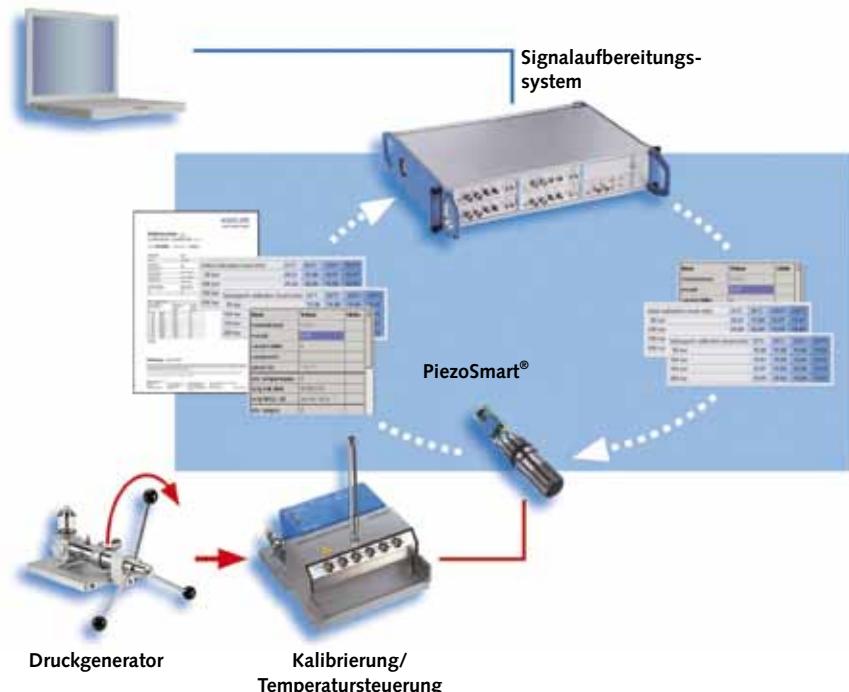
Kalibriergerät



Software  
Typ 4795B...

### oder Kalibriersystem mit Calibrate™ Software

Kalibrier-PC



# Kalibrieren

## Ladungskalibratoren

### Präzisions-Ladungskalibrator



Technische Daten		Typ 5395A...
Spannung (2 Bereiche)	V	±1, ±10
Fehler (Spannungsbereich)	%rdg + %FSO	<± (0,015 + 0,005)
Ladungsbereich (6 Bereiche)	pC	±100 ... 2 000 000
Fehler (Spannungsbereich)	%rdg + %FSO	<± (0,04 + 0,005)
Eingangsspannungsbereich (Monitor) V	0 ... ±11,5	
Schnittstelle	IEEE-488	
Spannungsversorgung (umschaltbar) VAC	230/115 (48 ... 62 Hz)	
Gewicht	kg	4
Abmessungen BxHxT	mm	236x151x255

#### Anschluss

Spannungsausgang: BNC neg.  
Ladungsausgang: BNC neg.  
Monitoreingang: BNC neg.  
Monitorausgang: BNC neg.

#### Eigenschaften

Das Gerät enthält eine einstellbare Präzisions-Spannungsquelle mit nachgeschalteten Referenzkondensatoren sowie einen Monitor zur Messung der Ausgangsspannung des Prüflings. Es kann zwischen einem kontinuierlichen Signal oder Ladungsimpulsen gewählt werden. Das optimierte Tastverhältnis der Ladungsimpulse reduziert die unvermeidbaren Fehler (di-elektrische Nachwirkung, LV-Drift) auf ein Minimum.

#### Anwendung

Der Präzisions-Ladungskalibrator Typ 5395A... dient der Kalibrierung von Ladungsverstärkern.

#### Zubehör

PC-Software Typ 2835A1-3 für die Kalibrierung von Ladungsverstärkern und -Monitoren mit dem Präzisions-Ladungskalibrator Typ 5395A...  
Koaxialkabel BNC-2 Typ 1700A57 für Anschluss von Typ 5857 (>V3.3) oder Typ 5859 an Typ 5395A...  
Adapter Typ 1700A58 für Sensor-eingang von Typ 5852 (ab >V3.3) or Typ 5859 mit Typ 5395A...

**Datenblatt** 5395A\_000-337

## Kalibriersystem

### 6-Kanal Kalibrierblock



Technische Daten		Typ 6935A...	Typ 6935A0
Anzahl Sensoren		6	6
Druckbereich	bar	0 ... 250	0 ... 250
Kalibermethode		kontinuierlich	kontinuierlich
Temperaturbereich	°C	20 ... 250	Raumtemperatur
Spannungsversorgung	VAC	230/115	-
Gewicht	kg	12	8
Abmessungen BxHxT	mm	280x350x330	280x350x180

#### Anschluss

Sensoranschluss: M14x1,25

#### Eigenschaften

Mehrere Kalibrieranschlüsse ermöglichen die gleichzeitige Kalibrierung von bis zu sechs Drucksensoren. Beheizbare Kalibrierblock-Versionen sind mit elektrischen Hochleistungs-heizpatronen ausgestattet. Die genaue Temperaturregelung ermöglicht in Verbindung mit minimalem Totvolumen eine schnelle und effektive Kalibrierung mehrerer Hochtemperaturdrucksensoren.

#### Anwendung

Besonders geeignet für die Kalibrieranforderungen von F&E-Labors in der Entwicklung von Verbrennungsmotoren. Mit dem Kalibrierblock kann der Anwender Drucksensoren bei typischen Betriebstemperaturen kalibrieren.

#### Zubehör

Kalibrierflüssigkeit Typ 1055  
Verschlussstopfen Typ Z18553-20  
Cu-Be Dichtung Typ Z18553-30  
Drehmomentschlüssel Typ 1300A11

**Datenblatt** 6935A\_000-517

# Kalibrieren

## Druckgeneratoren

### Druckgenerator für kontinuierliche und dynamische Druckmessung



#### Anschluss

Einbaugewinde: M14x1,25

Technische Daten		Type 6904A1
Druckerzeugung	bar	kontinuierlich
Druckbereich (kontinuierlich)	bar	0 ... 300
Einbaugewinde	mm	3xM14x1,25
Gewicht	kg	11
Abmessungen BxHxT	mm	280x200x500

#### Eigenschaften

Kontinuierlicher Druckaufbau bis 300 bar.

#### Anwendung

Kontinuierliche Druckerzeugung für die periodische Kalibrierung von Verbrennungsdrucksensoren im Rahmen der Qualitätssicherung. Dynamische Vergleichsmessungen zum Überprüfen des dynamischen Verhaltens von Quarz- und Silizium-Drucksensoren.

#### Zubehör

Referenzsensor Typ 6961A250  
Kalibriergerät Typ 6907B...  
Präzisions-Ladungskalibrator Typ 5395A...

**Datenblatt** 6904\_000-359

### Druckgenerator für hydraulischen Hochdruck <10 000 bar



#### Anschluss

Einbaugewinde: M10 konisch

Technische Daten		Type 6906
Druckerzeugung	bar	kontinuierlich
Druckbereich	bar	0 ... 10 000
Einbaugewinde	mm	2xM10 Konus
Gewicht	kg	15
Abmessungen BxHxT	mm	280x250x500

#### Eigenschaften

Kontinuierlicher Druckaufbau bis 10 000 bar, mit schwenkbarer Schutzhülle.

#### Anwendung

Kontinuierliche Druckerzeugung zur Prüfung oder Vergleichskalibrierung von Hochdrucksensoren im Rahmen der Qualitätssicherung.

#### Zubehör

Referenzsensor Typ 7061BK, 6961A250, 6961A500  
Kalibriergerät Typ 6907B...  
Präzisions-Ladungskalibrator Typ 5395A...

**Datenblatt** 6906\_000-360

# Technische Literatur

## Sonderdrucke und Anwendungsbrochüren

### Sensoranwendung

Ladungswechseloptimierung  
durch die geeignete Kombination  
von Indiziermesstechnik,  
Analyse und Simulation      920-246

Druckindizierung mit Messzünd-  
kerzen an einem DI-Ottomotor –  
Stand der Technik      920-333

Druckindizierung bei  
klopfender Verbrennung      920-349

Optische Indizierung an  
Verbrennungsmotoren  
mit kleinsten Sensoren      920-350

An improved model for deter-  
mination of acoustic resonan-  
ces in indicator passages\*      920-352

Neue Möglichkeiten der Nieder-  
druckindizierung mit piezo-  
resistiven Hochtemperatur-  
Absolutdrucksensoren      920-366

### PiezoSmart®

PiezoSmart® – Aktives System  
zur automatischen Identifi-  
zierung von Drucksensoren      100-421

### Grundlagen

Motorenmesstechnik  
(Buch; Vogel Buchverlag,  
ISBN 3-8023-1553-7)      900-334

Messen mit Kristallen (Buch;  
Verlag Moderne Industrie,  
ISBN 3-478-93269-6)      900-335

PiezoStar®-Kristalle –  
Eine neue Dimension  
in der Sensortechnik      920-240

\* nur in englisch erhältlich



# Glossar

## Betriebstemperaturbereich

Bereich der Umgebungstemperatur, in dem der Sensor oder das elektrische Gerät betrieben wird. Die temperaturabhängigen Toleranzen werden in diesem Bereich eingehalten.

## Coulomb

Abkürzung: "C". Einheit der elektrischen Ladung. 1 Coulomb entspricht 1 Ampere-Sekunde ( $1\text{ C} = 1\text{ As}$ ).

## Drift

Unerwünschte Änderung der Anzeigegröße in Funktion der Zeit unabhängig von der Messgröße.

## Eigenfrequenz

Frequenz der freien Schwingung (nicht erzwungene) des gesamten Sensors infolge einer spontanen Anregung. Bei der Anwendung ist die (typisch kleinste) Eigenfrequenz der montierten Struktur für das Frequenzverhalten relevant.

## Empfindlichkeit

Wert der Änderung der Anzeigegröße eines Sensors oder einer Messkette dividiert durch die zugehörige Änderung der wirkenden Messgröße.

Bemerkung: Empfindlichkeit der piezo-resistiven und DMS-Sensoren ist zudem abhängig von der Speisespannung oder dem Speisestrom.

## Frontdichtung

Die Dichtfläche zwischen Sensor und Einbaustelle liegt im Frontbereich des Sensors nahe der Membran. Durch diese Anordnung der Dichtung wird eine gute Wärmeabfuhr vom Sensor in die Einbauumgebung sichergestellt. Damit wird eine hohe Messgenauigkeit und eine lange Lebensdauer des Sensors erreicht.

## Glühkerzenadapter

Der Glühkerzenadapter hat die konstruktive Aussendimension einer Glühkerze, allerdings keinen elektrischen Anschluss und keinen Glühstift für die lokale Aufheizung des Brennraums. Im Zentrum des Glühkerzadapters ist ein piezoelektrischer Miniaturdrucksensor integriert. Der Glühkerzenadapter wird in die Montagebohrung der Glühkerze am Zylinderkopf des Verbrennungsmotors (Dieselmotor) eingebracht und ermöglicht die Zylinderdruckindizierung im Brennraum.

## Hysterese

auch Umkehrspanne: Maximale Differenz der Anzeigewerte an korrespondierender Position der Messgröße innerhalb des Messbereiches, die zunächst im Belastungsfall (stetig zunehmende Messgröße) und anschliessend im Entlastungsfall (stetig abnehmende Messgröße) erzielt werden (Quelle: ANSI/ISA-S37.1).

Bemerkung: Quarzkristalle selbst haben kaum eine messbare Hysterese, allerdings kann die mechanische Konstruktion des Sensors eine Hysterese erzeugen. Sobald eine Hysterese über den spezifizierten Werten (in %FSO) liegt, ist der Sensor fehlerhaft oder wurde nicht korrekt montiert.

## Isolationswiderstand

Elektrischer Widerstand eines Sensors, eines Kabels Ladungsverstärkereingangs oder elektrischen Gerätes gemessen zwischen den Signalleitern und der Anschlussmasse/der Sensormasse, wobei die Prüfspannung entsprechend dokumentiert wird. Der Isolationswiderstand ist relevant für piezoelektrische Sensoren, für DMS-Sensoren und Halbleitersensoren.

## Ladungsausgang

Anzeigegröße (in Picocoulomb (pC)) eines piezoelektrischen Sensors, der nicht über einen integrierten Ladungs-/Spannungswandler verfügt.

## Ladungsverstärker

Teil einer piezoelektrischen Messkette, der die Ladung eines Sensors in ein proportionales Spannungssignal oder Stromsignal wandelt.

Bemerkung: Die Linearität von Ladungsverstärkern ist typisch im Bereich von  $\pm 0,01\%$  des gewählten Messbereiches. Hinsichtlich der Messgenauigkeit sind diese Unsicherheitbeiträge im Vergleich zu anderen Einflussgrößen vernachlässigbar.

## Linearität

Linearität ist definiert als Mass der Übereinstimmung einer Kalibrierkurve mit einer spezifizierten Geraden (Quelle: ANSI/ISA-S37.1).

Die Linearität beschreibt die maximale Abweichung zwischen einem idealen und tatsächlichen Anzeigewert in Funktion der Messgröße in einem spezifischen Messbereich. Sie wird in Prozent des Anzeigebereichendwertes (Full Scale Output) angegeben.

Bemerkung: Quarzkristalle erzeugen eine elektrische Ladung, die exakt proportional zur Belastung ist. Allerdings werden unvermeidliche Abweichungen von der linearen Charakteristik aufgrund von mechanischen Bauelementen am Sensor beobachtet.

## Masseisolation

Elektrischer Isolationswiderstand eines Sensors zwischen dem Signalleiter und dem Masseleiter bzw. der Masse, oder eines elektrischen Gerätes zwischen dem Anschluss/der Abschirmung und der Masse oder dem Gehäuse.

Bemerkung: Die Begriffe "Masseisolation" und "Grundisolation" sind gleichwertig.

## Messbereich

Bereich der Messgröße, in dem die Qualität der Messung innerhalb der ausgewiesenen Toleranzen garantiert wird. Der Bereich gilt als verbindlicher Maximalbereich.

### **Messglühkerze**

Die Messglühkerze stellt eine spezielle Bauart einer Glühkerze für Brennkraftmaschinen (Dieselmotor) dar, die mit einem piezoelektrischen Zylinderdrucksensor instrumentiert ist. Die Kombination aus Glühkerze und piezoelektrischem Sensor erlaubt den Einbau der Messglühkerze in die standardmässige Montagebohrung der Glühkerze am Zylinderkopf des Verbrennungsmotors. Sie wird insbesondere für die Untersuchung des Kaltstartverhaltens von Dieselmotoren eingesetzt.

### **Messkette**

Folge von mehreren individuellen Messsystemen, um die Messaufgabe zu erfüllen. Messketten bestehen typisch aus einem Sensor und einem Verstärker in Verbindung mit einer Datenerfassung, einem Monitor, einer Auswertung und/oder einem Ausgabegerät (z.B. Drucker, PC).

### **Messzündkerze**

Die Messzündkerze ist eine spezielle Konstruktion einer Zündkerze für Brennkraftmaschinen (Ottomotor), bei der ein piezoelektrischer Zylinderdrucksensor integriert wird. Die grundlegende Funktion der Messzündkerze, die Erzeugung eines Zündfunks im Brennraum, und die Dimensionen zur Montage im Zylinderkopf entsprechen den handelsüblichen Originalzündkerzen. Die Messzündkerze wird in die standardmässige Montagebohrung der Zündkerze am Zylinderkopf des Verbrennungsmotors eingebaut und für die Druckindizierung im Brennraum eingesetzt.

### **pC (Picocoulomb)**

1 Picocoulomb =  $10^{-12}$  Coulomb.  
Siehe "Coulomb".

### **Piezoelektrischer Sensor**

Sensor mit einem Messelement aus piezoelektrischem Material, der bei mechanischer Belastung eine Ladung abgibt.

### **Piezoresistiver Sensor**

Sensor mit dotierten Silizium-Widerständen als Sensorelement, der bei mechanischer Belastung eine proportionale Widerstandsänderung zeigt.

### **PiezoSmart®**

Aktives System zur Identifikation von individuellen Sensoren, basierend auf IEEE 1451.4. PiezoSmart Sensoren sind fest mit ihrem elektronischen Datenblatt verbunden und ermöglichen die automatische Parametrierung der Messkette und die automatische Betriebsstundenerfassung.

### **PiezoStar®**

Synthetische Kristalle die von Kistler entwickelt und gezüchtet werden und für spezifische Anwendungen in Sensoren eingesetzt werden.

### **Pmi**

Der indizierte Mitteldruck ist eine Kenngröße (in bar) für die pro Arbeitsspiel am Kolben geleistete Arbeit (Pmi).

### **Schulterdichtung**

Die Dichtfläche zwischen Sensor und Einbaustelle liegt im hinteren Bereich des Sensors. Die Schulterdichtung ermöglicht den brennraumbündigen Einbau von Sensoren. Pfeifenschwingungen werden dadurch komplett vermieden.

### **Synthetische Kristalle**

Neben Quarz kommen verstärkt synthetische Kristalle zum Einsatz. Diese werden von Kistler entwickelt und gezüchtet. Diese als PiezoStar bezeichneten Kristalle zeichnen sich durch hohe Empfindlichkeit und hohe Temperaturstabilität aus.

### **Thermoschock**

Der Thermoschock, auch Kurzzeitdrift genannt, ist ein kurzzeitiger, periodisch bei jedem Verbrennungstakt auftretender Messfehler. Er entsteht durch mechanische Spannungen in der Sensormembran die durch den transienten Wärmeeintrag in den Sensor während der Verbrennung verursacht wird.

### **Triboelektrischer Effekt**

Bildung von Ladung infolge von Kabelbewegung oder Reibung im Kabel.

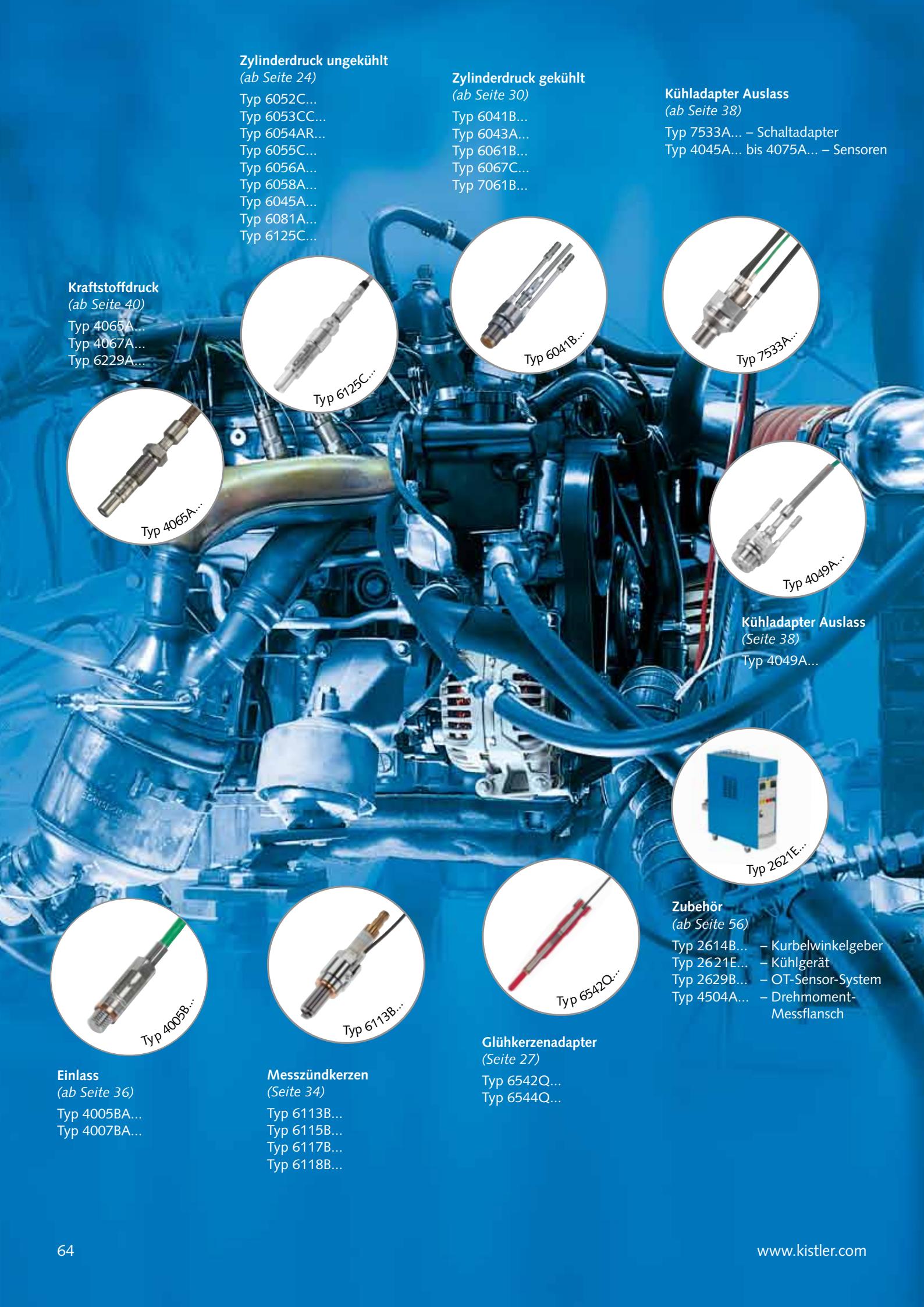
### **Überlast**

Maximaler Wert der Messgrösse, mit der der Sensor ohne bleibende Schäden belastet werden kann. Sie stellt einen Sicherheitsbereich dar und bedeutet nicht eine Erweiterung des Messbereiches. Die Kennwerte des Sensors werden nach einer Überlast nicht mehr garantiert, obwohl erfahrungsgemäss Messungen nach einer Überlast in den meisten Fällen weiterhin gebrauchsfähige Ergebnisse lieferten.

### **Vollbereichsignal (FSO)**

Bereich der Anzeigegrösse, der zum Bereich der Messgrösse gehört. Der Bereich entspricht der algebraischen Differenz von oberem und unterem Grenzwert des Anzeigebereiches bzw. Anzeigebereichsendwert.





### Zylinderdruck ungekühlt (ab Seite 24)

Typ 6052C...  
Typ 6053CC...  
Typ 6054AR...  
Typ 6055C...  
Typ 6056A...  
Typ 6058A...  
Typ 6045A...  
Typ 6081A...  
Typ 6125C...

### Kraftstoffdruck (ab Seite 40)

Typ 4065A...  
Typ 4067A...  
Typ 6229A...

### Zylinderdruck gekühlt (ab Seite 30)

Typ 6041B...  
Typ 6043A...  
Typ 6061B...  
Typ 6067C...  
Typ 7061B...

### Kühladapter Auslass (ab Seite 38)

Typ 7533A... – Schaltadapter  
Typ 4045A... bis 4075A... – Sensoren

Typ 4065A...

Typ 6125C...

Typ 6041B...

Typ 7533A...

Typ 4049A...

### Kühladapter Auslass (Seite 38)

Typ 4049A...

Typ 2621E...

Typ 4005B...

Typ 6113B...

Typ 6542Q...

### Einlass (ab Seite 36)

Typ 4005BA...  
Typ 4007BA...

### Messzündkerzen (Seite 34)

Typ 6113B...  
Typ 6115B...  
Typ 6117B...  
Typ 6118B...

### Glühkerzenadapter (Seite 27)

Typ 6542Q...  
Typ 6544Q...

### Zubehör (ab Seite 56)

Typ 2614B... – Kurbelwinkelgeber  
Typ 2621E... – Kühlgerät  
Typ 2629B... – OT-Sensor-System  
Typ 4504A... – Drehmoment-Messflansch

# Produktübersicht nach Typennummern

Typ	Seite	Typ	Seite	Typ	Seite
1300A9	33	4065A...	40	6061B...	30
1300A17	33	4067A...	40	6067C...	32
1300A51	33	4067C3000...	40	6081A...	28
1300A79	33	4073A...	38	6113B...	34
1319	33	4075A...	38	6115B...	34
1357A	33	4155	23	6117B...	34
1603B...	45	4260A...	42	6118B...	34
1631C...	45	4262A...	42	6125C...	28
1635C...	45	4264A...	42	6229A...	40
1637C5	45	4504A...	57	6442	21
1651C...	45	4603B...	52	6444	21
1655C...	45	4618A...	53	6445	21
1673A...	43	4665	49	6447	23
1700A...	44	4751A...	45	6449	23
1704A...	44	4753A...	45	6469	21
1705	21	4757A...	45	6472A...	20
1706	21	4761B...	45	6473A...	20
1721	21	4763B...	45	6474A...	20
1919A...	45	4765A...	45	6475	21
1921	45	4767A...	45	6477	21
1927A...	21	5018A...	52	6503	23
1929A...	45	5064B...	48	6525A...	21
1957A...	45	5227...	51	6533A...	41
1967A...	45	5247	51	6542Q...	21
1969A...	45	5269	49	6544Q...	21
1975A...	45	5271	50	6596	22
1983A...	44	5357B...	55	6598	22
1985A...	43	5395A...	59	6904A1	60
1989A...	45	5493	55	6906	60
2614A...	56	5613...	50	6919	23
2621E...	56	5700	47	6925	23
2629B...	57	6041B...	30	6935A...	59
2852A...	48	6043A...	30	7061B...	32
2853A...	47	6045A...	28	7441	21
2854A...	47	6052C...	24	7501	22
2893AK1	54	6053CC...	24	7503	22
4005B...	36	6054AR...	24	7505	23
4007B...	36	6055C...	24	7507	23
4043A...	38	6056A...	26	7511	23
4045A...	38	6058A...	26	7525	22
4049A...	38			7533A...	39

PiezoSmart®, PiezoStar®, Piezotron®, Polystable® und ThermoComp® sind eingetragene Warenzeichen der Kistler Holding AG.  
Microsoft® ist ein eingetragenes Warenzeichen von Microsoft Corporation.

Teflon® und Kapton® sind eingetragene Warenzeichen von DuPont.

Viton® ist ein eingetragenes Warenzeichen von DuPont Performance Elastomers.

# Kistler weltweit

## Europa

### Deutschland

Kistler Instrumente GmbH  
Daimlerstrasse 6  
73760 Ostfildern  
Tel. +49 711 34 07 0  
info.de@kistler.com

### Dänemark

Kistler Nordic DK  
Grønlandsvej 4  
4681 Herfølge  
Tel. +45 70 20 85 66  
info.dk@kistler.com

### Finnland

Kistler Nordic AB  
Särkiniermetie 3  
00210 Helsinki  
Tel. +358 9 612 15 66  
info.fi@kistler.com

### Frankreich

Kistler France  
ZA de Courtabœuf 1  
15, avenue du Hoggar  
91953 Les Ulis cedex  
Tel. +33 1 69 18 81 81  
info.fr@kistler.com

### Grossbritannien

Kistler Instruments Ltd.  
13 Murrell Green Business Park  
Hook, Hampshire RG27 9GR  
Tel. +44 1256 74 15 50  
sales.uk@kistler.com

### Italien

Kistler Italia s.r.l.  
Via Ruggero di Lauria, 12/B  
20149 Milano  
Tel. +39 02 481 27 51  
sales.it@kistler.com

### Niederlande

Kistler B.V. Nederland  
Leeghwaterstraat 25  
2811 DT Reeuwijk  
Tel. +31 182 304 444  
sales.nl@kistler.com

### Österreich

Kistler GmbH  
Lemböckgasse 49f  
1230 Wien  
Tel. +43 1 867 48 67 0  
sales.at@kistler.com

### Schweden/Norwegen

Kistler Nordic AB  
Aminogatan 34  
431 53 Mölndal  
Tel. +46 31 871 566  
info.se@kistler.com

### Schweiz/Liechtenstein

Kistler Instrumente AG  
Eulachstrasse 22  
8408 Winterthur  
Tel. +41 52 224 12 32  
sales.ch@kistler.com

### Spanien

Kistler Ibérica S.L, Unipersonal  
C/Pallars, 6 Planta 2  
08402 Granollers  
Barcelona  
Tel. +34 93 860 33 24  
info.es@kistler.com

### Tschechische Republik/Slowakei

Kistler, s.r.o.  
Zelený pruh 99/1560  
140 00 Praha 4  
Tel. +420 296 374 878  
sales.cz@kistler.com

## Asien

### Volksrepublik China

Kistler China Ltd.  
Unit D, 24/F Seabright Plaza  
9-23 Shell Street North Point  
Hong Kong  
Tel. +852 25 915 930  
sales.cn@kistler.com

### Indien

Kistler Instruments (India) Pvt .Ltd.  
TA-3,3<sup>rd</sup> floor, Crown Plaza,  
Sector-15 A, Faridabad - 121 007  
Haryana/India  
Tel. +91 129 4113 555  
e-mail: sales.in@kistler.com

### Japan

Kistler Japan Co., Ltd.  
23<sup>rd</sup> floor, New Pier Takeshiba North Tower  
1-11-1, Kaigan, Minato-ku  
Tokyo 105-0022  
Tel. +81 3 3578 0271  
sales.jp@kistler.com

### Republik Korea

Kistler Korea Co., Ltd.  
Gyeonggi Venture Anyang  
Technical College Center 801  
572-5, Anyang-Dong, Manan-Gu,  
Anyang-City, Gyeonggi-Do 430-731  
Tel. +82 31 465 6013  
sales.kr@kistler.com

### Singapur

Kistler Instruments (Pte) Ltd.  
50 Bukit Batok Street 23  
#04-06 Midview Building  
Singapore 659578  
Tel. +65 6316 7331  
sales.sg@kistler.com

### Taiwan

Kistler Branch Office in Taiwan  
5F-17, No. 6, Lane 180  
Sec. 6, Mincyuan E. Road  
Taipei 114  
Tel. +886 2 7721 2121  
sales.tw@kistler.com

### Thailand

Kistler Instrument (Thailand) Co., Ltd.  
26/56 TPI Tower, 20th Floor  
Nanglingee Rd., (Chan Tat Mai Rd.)  
Thungmahamek, Sathorn  
Bangkok 10120  
Tel. +66 2678 6779-80  
sales.thai@kistler.com

## Amerika

### USA/Kanada/Mexiko

Kistler Instrument Corp.  
75 John Glenn Drive  
Amherst, NY 14228-2171  
Tel. +1 716 691 5100  
sales.us@kistler.com

## Australien

### Australien

Kistler Instruments Australia Pty Ltd  
G21 / 202 Jells Rd.  
WHEELERS HILL, VICTORIA 3150  
Tel. +61 3 9560 5055  
sales.au@kistler.com

## Andere Länder

### Kontakt

Kistler Instrumente AG  
Export Sales  
Eulachstrasse 22, 8408 Winterthur  
Schweiz  
Tel. +41 52 224 11 11  
sales.export@kistler.com

[www.kistler.com](http://www.kistler.com)

**KISTLER**

measure. analyze. innovate.

## Hauptsitz

### Schweiz

Kistler Gruppe  
Eulachstrasse 22, 8408 Winterthur  
Tel. +41 52 224 11 11  
Fax +41 52 224 14 14  
info@kistler.com