

**KISTLER**

measure. analyze. innovate.



**Innovative  
Messtechnologie  
für die Motoren-  
entwicklung**

## **Motorenindizierung**

Mit höchster Präzision zu besseren Motoren



### Absolute Aufmerksamkeit für die Welt von morgen

Kistler entwickelt messtechnische Lösungen, bestehend aus Sensoren, Elektronik, Systemen und Services. Im physikalischen Grenzbereich von Emissionsreduktion, Qualitätskontrolle, Mobilität und Fahrzeugsicherheit erbringen wir Spitzenleistungen für eine zukunftsfähige Welt und schaffen ideale Voraussetzungen für Industrie 4.0. So ermöglichen wir Innovation und Wachstum – für und mit unseren Kunden.



Kistler steht für Fortschritte in der Motorenüberwachung, Fahrzeugsicherheit und Fahrdynamik und liefert wertvolle Daten für die Entwicklung der effizienten Fahrzeuge von morgen.



Kistler Messtechnik sorgt für Höchstleistungen in Sportdiagnostik, Verkehrsdatenerfassung, Zerspankraftanalyse und anderen Anwendungen, wo unter Extrembedingungen absolute Messsicherheit gefragt ist.



Kistler Systeme unterstützen sämtliche Schritte einer vernetzten, digitalisierten Produktion und sorgen für maximale Prozesseffizienz und Wirtschaftlichkeit in den Smart Factories der nächsten Generation.

# Editorial



Mit zunehmender Globalisierung wird klar: Um die Anforderungen einer weltweit vernetzten Wirtschaft mit dem Anspruch auf eine intakte Umwelt in Einklang zu bringen, sind alle Vertreter aus Industrie und Wirtschaft gefordert, bestehende Technologien aktiv weiterzuentwickeln und fachliches Know-how permanent auszubauen. Im Bereich Automotive sind wir stolz darauf, mit immer neuen und effizienten Lösungen auf die Bedürfnisse des Marktes reagieren zu können. Dank zuverlässiger Produkte und unserem Anspruch auf technische Exzellenz setzen wir bis heute Maßstäbe in der Prozesseffizienz und Zukunfts-

sicherheit. Doch unser Engagement geht über die Produktentwicklung hinaus: Als weltweit führender Hersteller von Sensoren und Systemen zur Messung von Druck, Kraft, Drehmoment und Beschleunigung setzen wir uns dafür ein, den Blick auf die kleinsten Details zu richten. So schaffen wir für unsere Kunden die Basis, Großes vollbringen zu können.

**Jürg Stadler**  
**Leiter strategisches Geschäftsfeld**  
**Engine R&D**

## Contents

### Kistler indiziert

Indizieren – der Schlüssel zu besseren Motoren	4
Indizieren mit Kistler: innovativ, präzise, wirtschaftlich	5
Grundlagen der Indizierttechnik	6
Die ganze Welt der Motorenindizierung – für exakt Ihre Anwendungen	8

### Indizier-Messkette

Ein integriertes System für Prüfstand und Fahrzeug	10
--	----

### Messen

Hochpräzise messen mit der optimalen Sensorlösung	12
Maßarbeit für kristallklare Ergebnisse	13

### Verbinden

Die richtige Position – mit und ohne zusätzlicher Bohrung	14
Perfekt verbinden für beste Datenübertragung	15

### Verstärken & Konditionieren

Automatische Sensoridentifikation mit PiezoSmart®	16
Signale für den Prüfstand aufbereiten – mit der SCP	18
Intuitiv bedienen mit der graphischen Benutzeroberfläche	19

### Erfassen/Analysieren

Die KiBox® – zwei Einsatzgebiete, ein zuverlässiges Messergebnis	20
--	----

### Service

Service nach Maß für Ihren Erfolg	22
Weltweit im Einsatz für unsere Kunden	23

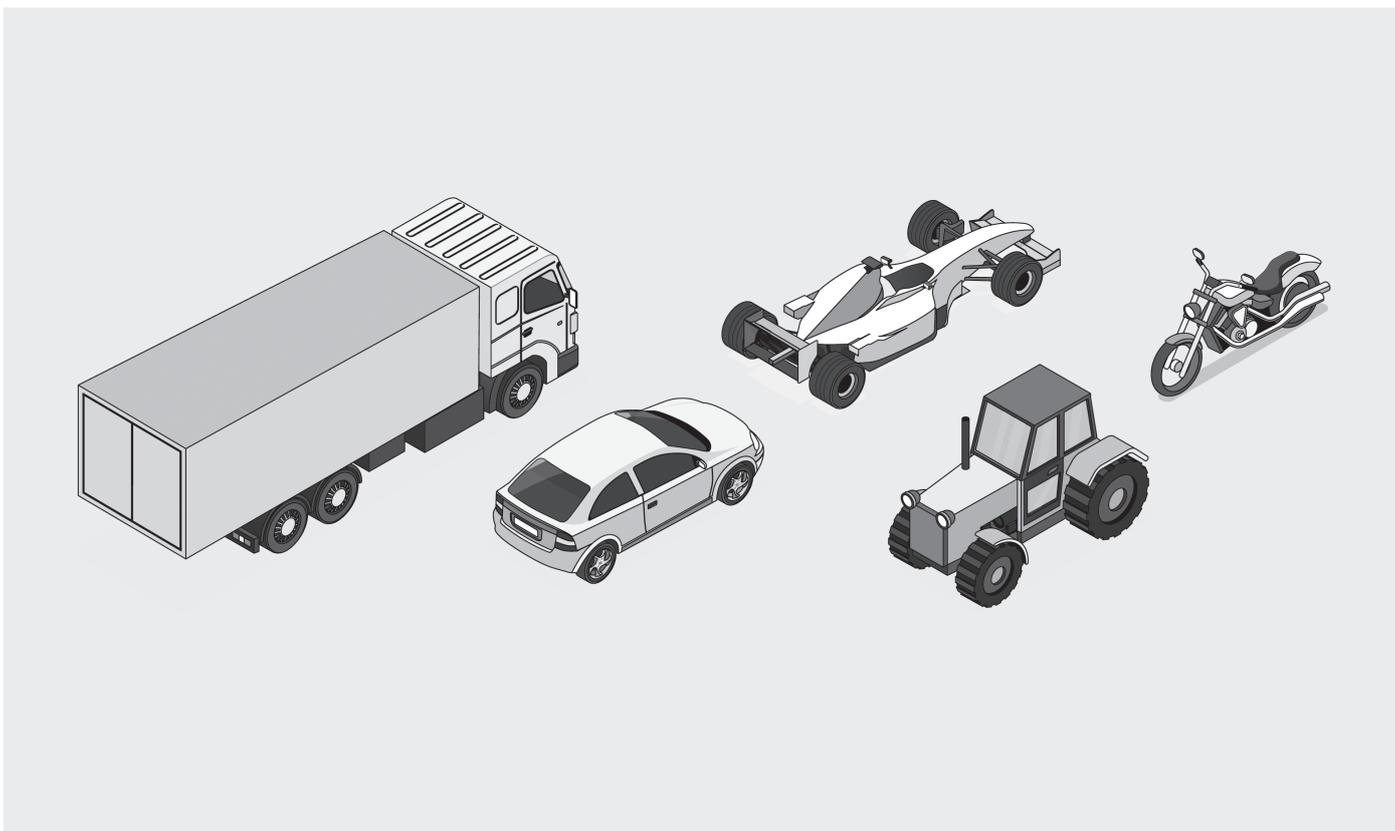


## Indizieren – der Schlüssel zu besseren Motoren

Zukunftsorientierte Lösungen für das Messen von Zylinderdruck und -temperatur sind die Basis für Innovation in der Motorenentwicklung. Erst die Messung und Analyse des Druckverlaufs in den Zylindern, das Indizieren, liefern die erforderlichen Daten, um den Wirkungsgrad, die Leistung, die Emissionen und die Lebensdauer von Motoren zu optimieren. Je besser die Daten, desto wertvoller die daraus abzuleitenden Informationen.

### Die Vorteile des Indizierens:

- Verbesserter Wirkungsgrad
- Erhöhte Motorleistung
- Reduzierte Emissionen
- Längere Motorlebensdauer



Mit dem umfassenden Know-how von Kistler gelingt die Motorenindizierung in jedem Umfeld.

## Indizieren mit Kistler: innovativ, präzise, wirtschaftlich

### Technische Exzellenz, die Ihre Motorenentwicklung voranbringt

Seit mehr als 50 Jahren entwickelt und produziert Kistler piezoelektrische Sensoren. Weil wir die dynamischen Applikationsfelder genau kennen, haben wir für Ihre Anforderungen die passenden Lösungen.

### Zuverlässige Systeme für fehlerfreie Messergebnisse

Valide Messdaten sind die Grundlage für die Steigerung der Motoreffizienz. Kistler Messsysteme sind darauf ausgerichtet, Ihnen ab dem ersten Testversuch fehlerfreie Messergebnisse zu liefern. Die automatische Sensoridentifikation PiezoSmart® spielt dabei eine wichtige Rolle.

### Anwenderfreundliche Lösungen für eine effiziente Testabwicklung

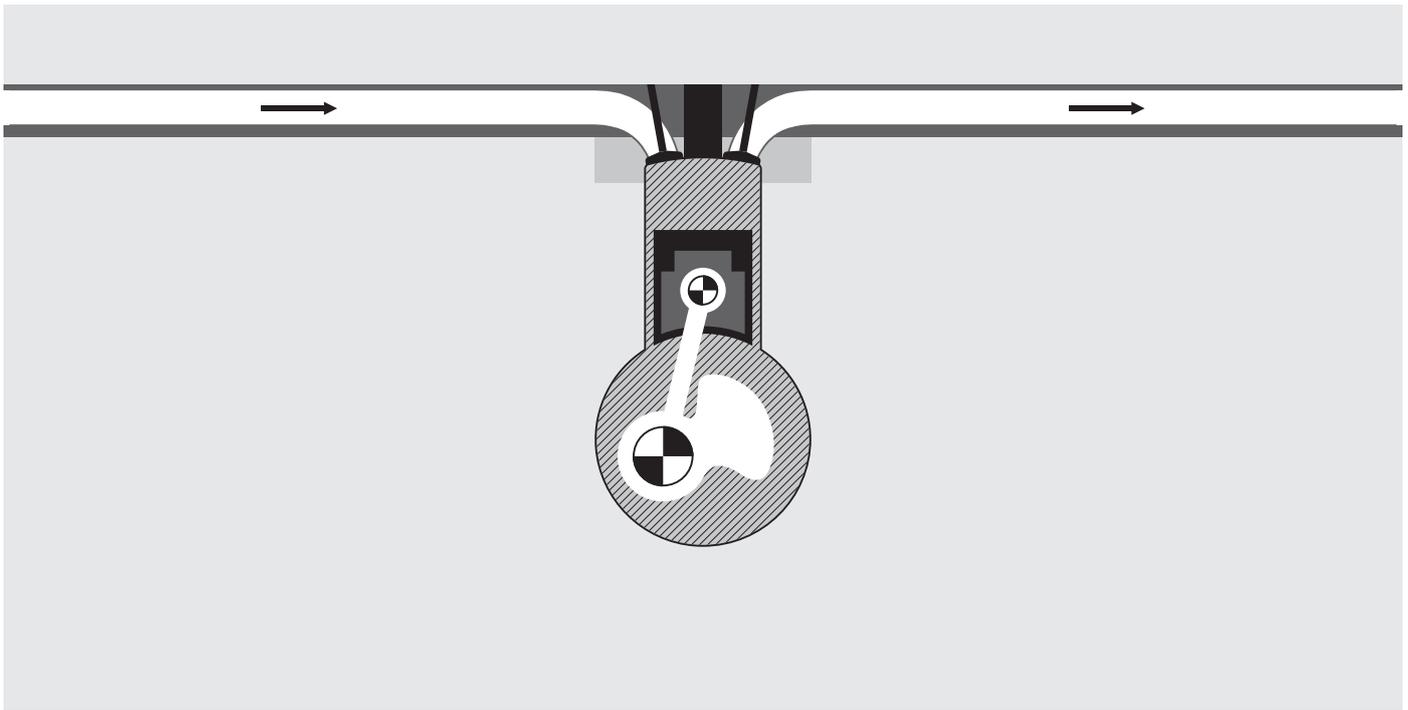
Effiziente und zeitsparende Prozesse sind die Grundlage für Ihren Unternehmenserfolg. Mit Plug-and-Play-Lösungen, intuitiven Bedienungsoberflächen und modularen Sensorsystemen können Sie Ihre Testzyklen deutlich verkürzen.



### Jetzt online erleben: Motorenindizierung mit Kistler

Erleben Sie die innovativen Kistler Lösungen für die Motorenindizierung in Aktion. Unsere Animation zeigt Ihnen den schnellen und effektiven Weg zu einer erfolgreichen Motorenentwicklung.

[www.kistler.com/engine-testbench](http://www.kistler.com/engine-testbench)



Prinzipskizze der Messstellen für eine Ladungswechselanalyse

## Grundlagen der Indizierttechnik

**Die Motorentechnologie hat 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 immer strengere Abgasgesetze einzuhalten und den Wirkungsgrad zu optimieren.**

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.

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

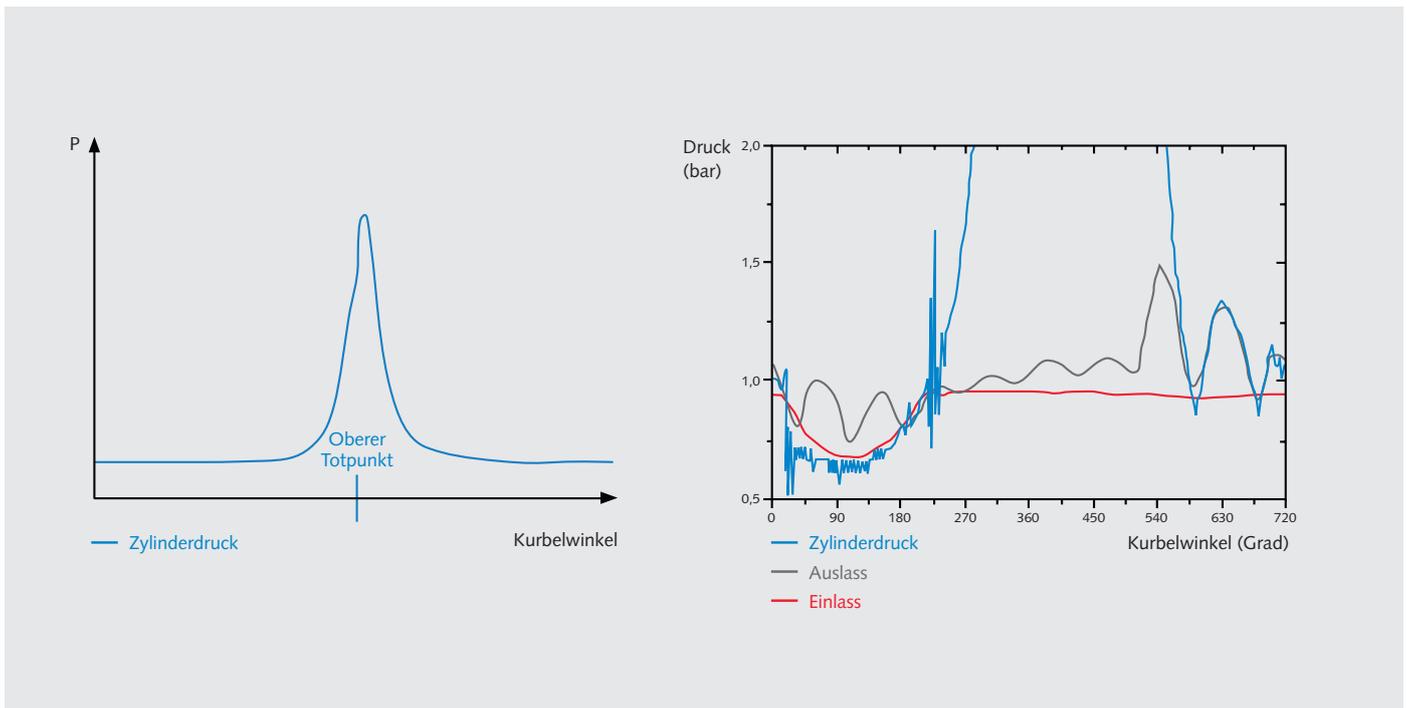
In der heutigen Aufgabenstellung umfasst Indizieren nicht nur die eigentliche Verbrennung, sondern auch Gaswechsel, Einspritzsystem, Zündsystem und mehr.

### Besser so anfangen

Die wichtigste Informationsquelle beim Indizieren ist der Verlauf des Zylinderdrucks. Wesentliche Kenngrößen sind dabei sowohl die Signalthöhe als auch der Verlauf bezogen auf die Position des oberen Totpunkts (OT) – des höchsten Punktes, den der Kolben während seiner Auf- und Abwärtsbewegung im Zylinder durchläuft.

### 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 verbessern. Das ist wichtig, wenn der Motorenentwickler den Gaswechsel mit einem variablen Ventiltrieb flexibel beeinflussen oder den Einlassvorgang mit einem Schaltsaugrohr verändern kann.



Zylinderdruckverlauf innerhalb eines Arbeitsspiels eines 4-Takt-Dieselmotors

Druckverläufe Saugrohr, Zylinder und Auspuffkrümmer

**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, Verbrennungswirkungsgrad, Qualitative Abgaswerte, Qualität des Zündsystems
Gastemperatur	Qualitative Abgaswerte
Niederdruckanteil des indizierten Mitteldrucks, pV-Diagramm	Gaswechselerluste
Brennverlauf	Energiebilanz
Massenstrom	Füllung des Zylinders, Restgasgehalt im Zylinder Rückströmung, Gaswechselerluste
Zündverzug, berechnet aus Zünd- bzw. Einspritzzeitpunkt und Brennbeginn	Gemischbildung, Zündzeitpunkt

# Die ganze Welt der Motorenindizierung – für exakt Ihre Anwendungen

Ob Sie Effizienz und Komfort eines Familienautos erhöhen wollen oder die Leistung und Zuverlässigkeit von Rennfahrzeugen – bei Kistler finden Sie immer die richtige Lösung für Ihre Aufgabenstellung.

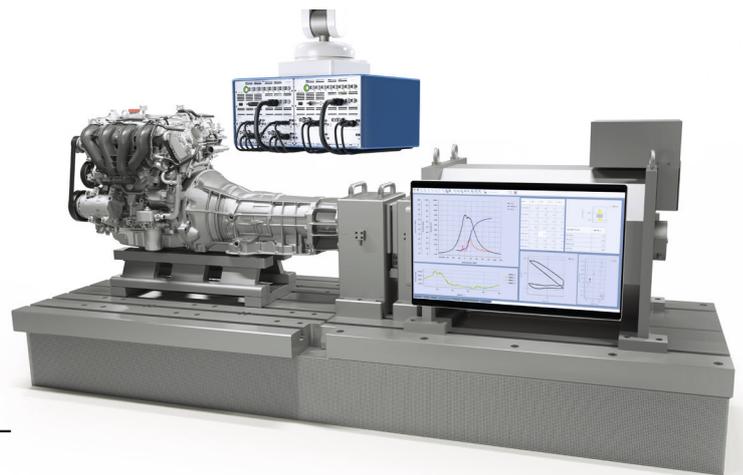
In über 50 Jahren haben wir ein umfassendes Sortiment an Indiziermesstechnik entwickelt, das auf die unterschiedlichsten Anforderungen abgestimmt ist. Damit Sie noch schneller zu aussagekräftigen Messergebnissen kommen, bieten wir Ihnen übergreifende Systeme, mit denen Sie das Indizieren am Prüfstand und auf Testfahrten ganz einfach verbinden können.



## Indizieren am Prüfstand

Bei der Motorenindizierung am Prüfstand gilt es, ein Maximum aussagekräftiger Daten in höchstmöglicher Qualität zu gewinnen – und das mit möglichst geringem Zeit- und Kostenaufwand.

Für die exakte Messung der Zylinderdrücke, des Kurbelwinkels sowie der Ansaug- und Abgasdrücke bietet Ihnen Kistler ein breites Spektrum an Lösungen, z. B. wassergekühlte und ungekühlte piezoelektrische Zylinderdrucksensoren, Messzündkerzen und Glühkerzenadapter mit integrierten Miniatur-Drucksensoren für verschiedene Anwendungen. Piezoresistive Absolutdrucksensoren für den Gaswechsel und die Einspritzdruckmessung mit digitaler Temperaturkompensation sorgen für höchste Genauigkeit. Mit der SCP (Signal Conditioning Platform) von Kistler profitieren Sie von einem leistungsfähigen Signalkonditioniersystem. Dank der Schnittstellenvielfalt lassen sich Messergebnisse einfach an weitere Geräte übertragen.



### Vorteile der Kistler Zylinderdruckindizierung am Prüfstand:

- Hochpräzise Sensorlösungen für verschiedenste Motoranwendungen
- Modulares Signalkonditioniersystem SCP
- Schnelle Messbereitschaft, gebrauchsfertige Lösungen
- Automatische Sensoridentifikation PiezoSmart®



## Mobiles Indizieren

Die wirklichkeitstgetreue Abbildung realer Zustände wird immer wichtiger, wenn es um die Optimierung von innermotorischen Vorgängen geht.

Physikalische Randbedingungen mit Auswirkungen auf die Eigenschaften des Motors lassen sich am Prüfstand nur begrenzt darstellen oder erfordern meist sehr komplexe Algorithmen bei der Auswertung. Entwickler müssen jedoch schnell und flexibel agieren. Nur mit Hilfe eines kompatiblen und mobilen Indiziersystems können sie im Rahmen der Motorabstimmung oder Fehlersuche die Prüfstandsergebnisse unkompliziert durch Testfahrten abgleichen. Für den Einsatz im Fahrzeug fordern Applikationsingenieure ein Werkzeug, das sie vor, während und nach der Messfahrt mit hoher Funktionalität und Rechnerleistung unterstützt.



Die KiBox® ist dafür die passende Lösung. Sie vereint die gesamte Hard- und Software zur Datenerfassung in einem kompakten und leicht zu bedienenden Gerät. Mehr zur KiBox® und ihren Vorteilen erfahren Sie ab Seite 20.



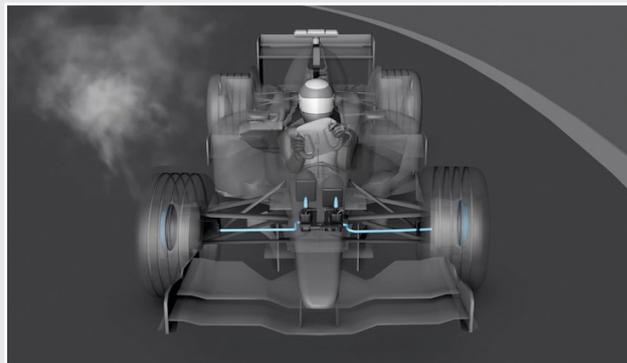
## Onboard-Monitoring im Rennsport

Die Anforderungen an moderne Rennwagen sind enorm und setzen eine Vielzahl von Überwachungs- und Regelsensoren voraus.

Um den permanenten Betrieb am Leistungsmaximum sicherzustellen, müssen alle Systeme perfekt ausgelegt und optimal im Fahrzeug integriert werden. Nur so lässt sich größtmögliche Effizienz erreichen. Kompakte Drucksensoren von Kistler stellen höchste Signalqualität und maximale Zuverlässigkeit bei minimalem Bauraum sicher. Maßgeschneiderte Onboard-Lösungen unterstützen Ingenieure bei der Früherkennung von Problemen, beim Optimieren der Motorenleistung und Überwachen von Systemen jeglicher Art.

### Vorteile der Kistler Onboard-Lösungen:

- Maximale Motorenleistung mit Zylinderdruckmessung
- Echtzeitüberwachung von betriebskritischen Systemen
- Robuste Sensoren für den Langzeiteinsatz
- Optimierte Integration in das Fahrzeug



### Jetzt online erleben: Motorenindizierung mit Kistler

Erleben Sie die innovativen Kistler Lösungen für die Motorenindizierung in Aktion. Unsere Animation zeigt Ihnen den schnellen und effektiven Weg zu einer erfolgreichen Motorenentwicklung.

[www.kistler.com/engine-motorsport](http://www.kistler.com/engine-motorsport)

# Ein integriertes System für Prüfstand und Fahrzeug

Kistler Sensoren, Kabel, Ladungsverstärker und Signalaufbereitung sind Teil eines integrierten Gesamtsystems. Die Elemente lassen sich zu maßgeschneiderten Lösungen für individuelle Indizieraufgaben kombinieren.

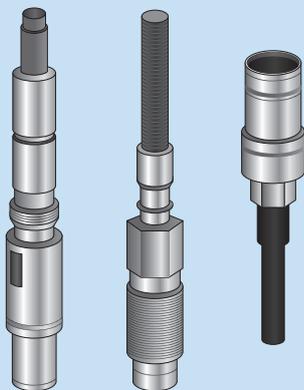
Dank standardisierter Schnittstellen ist die Signalverarbeitung kompatibel zu verschiedensten Versuchsanordnungen. Die automatische Sensoridentifikation PiezoSmart® sichert den durchgängigen Datenaustausch zwischen Sensor und Auswertungs-elektronik. Das schafft die Basis für eine einfache sowie schnelle Analyse und Auswertung Ihrer Messdaten.

## Messen

Exakte und reproduzierbare Messwerte erhalten Sie nur mit zuverlässigen und präzise messenden Sensoren. Kistler Lösungen basieren auf PiezoStar® Kristallen und schaffen damit die Grundlage für optimierte Sensorkonzepte mit höchster Messgenauigkeit und Miniaturisierung.

## Verbinden

Die Verbindung zwischen Sensor und Ladungsverstärker ist entscheidend. Drucksensoren geben eine geringe elektrische Ladung aus. Nur die hohe Qualität der Verbindung, durch hochohmige Messkabel garantiert präzise Messergebnisse.



Sensoren



Verbindungstechnologie



## Verstärken & Konditionieren

Hochwertige Messverstärker wandeln die Druckverläufe in präzise skalierte Spannungssignale um und bilden im bewährten Signalkonditioniersystem SCP die Schnittstelle zwischen Sensorsignal und Messsystem. Die automatische Sensoridentifikation PiezoSmart® erlaubt die automatische Parametrierung der Messkette. Zusätzlich werden die Betriebszeiten des Sensors sowie die Anzahl der Druckzyklen automatisch erfasst. Das garantiert Ihnen eine hohe Flexibilität, Datenqualität und Prozesssicherheit.

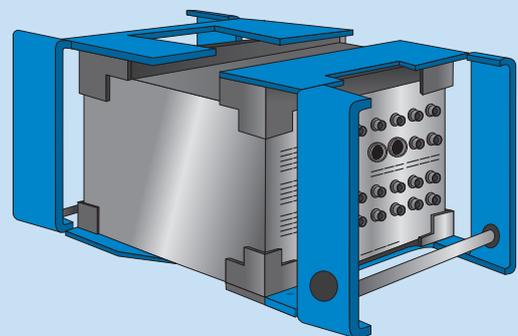


## Erfassen/Analysieren

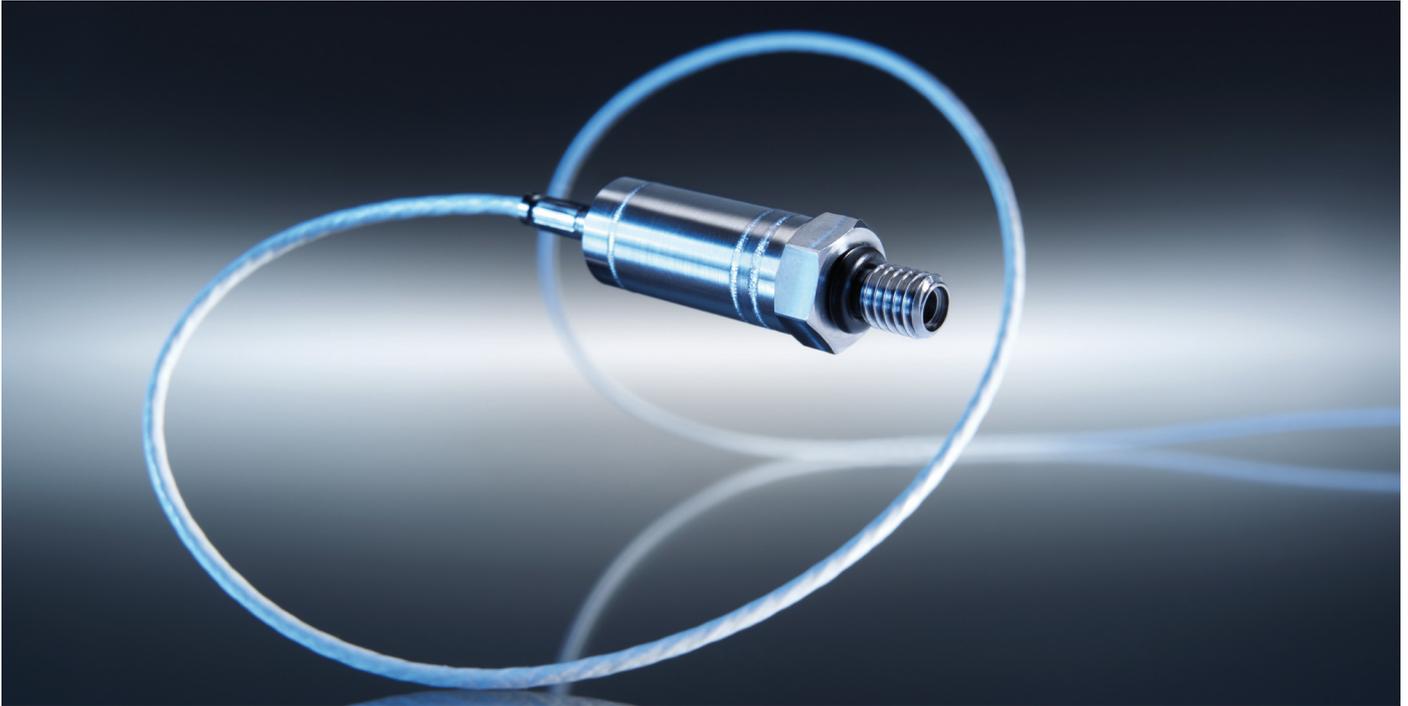
Die KiBox® ist ein vollständiges System zur Verbrennungsanalyse – von der Datenerfassung bis hin zur Auswertung. Sie liefert detaillierte Informationen zur Qualität der Verbrennung in den einzelnen Zylindern und macht alle für die Motorenentwicklung relevanten Kenndaten in Echtzeit verfügbar – synchronisiert mit anderen Messdaten und ECU-Steuergrößen. Die KiBox® richtet sich an Anwender, die Informationen zur Ansteuerung der Einspritzventile, Zündung und Verbrennung benötigen. Sie kann aber auch als autarkes Standardsystem zur Motorenindizierung im Fahrzeug oder am Prüfstand eingesetzt werden.



Signalaufbereitungsplattform



Systeme



Kistler bietet präzise Drucksensoren für jede Applikation.

## Hochpräzise messen mit der optimalen Sensorlösung

**Kistler bietet Ihnen ein umfassendes Programm unterschiedlichster Drucksensoren für die Indizierertechnik. Das garantiert Ihnen optimale Lösungen für Ihre spezifischen Aufgabenstellungen.**

### Die richtige Größe

Das Kistler Drucksensoren-Portfolio reicht von der Einbaugröße M14 bis hin zu Miniaturlösungen in der Größe M5. Die kompakten Sensoren lassen sich auch bei engen Platzverhältnissen ideal positionieren.

### Flexibles Design

Der modulare Sensoraufbau und das vielfältige Angebot verschiedener Adapter-, Kabel- und Steckerkombinationen ermöglicht eine hohe Flexibilität der Systeme.

### Höchste Genauigkeit

Steht die Niederdruckindizierung im Fokus Ihrer Forschung und Entwicklung, ist höchste Genauigkeit gefordert. Diesen Anspruch können Sie bei Kistler Sensoren immer voraussetzen. Durch den Einsatz von Umschaltkühladaptoren können Sie die Genauigkeit sogar noch weiter steigern.

### Kundenspezifische Sonderausführungen

Stellt sich heraus, dass es den besten Sensor für Ihre Messung noch nicht gibt – dann optimieren wir unsere Produkte für Ihre spezifischen Anforderungen oder entwickeln und fertigen eine ganz neue Lösung für Sie.

### Die Vorteile der Kistler Drucksensoren:

- Hochpräzise und zuverlässig
- Lange Lebensdauer
- Flexibel einsetzbar/anpassbar

# Maßarbeit für kristallklare Ergebnisse

Die Herstellung von Kistler Drucksensoren hat viele Gemeinsamkeiten mit der Uhrenfertigung in einer feinmechanischen Manufaktur. Die Herstellung und mikrometeregenaue Montage der nur Millimeter kleinen Einzelteile fordern filigrane Handarbeit. Qualität steht hierbei an erster Stelle.

## PiezoStar®-Kristalle – maßgezüchtet für die Indizierung

Herzstück des Kistler Drucksensors ist ein Messelement aus Quarz oder Kristall. Extreme Umgebungsbedingungen stellen hohe Ansprüche an das Material. Die eigene Kristallzucht ermöglicht es Kistler, Messelemente mit maßgeschneiderten Eigenschaften für die verschiedenen Applikationen herzustellen. Diese als PiezoStar® bezeichneten Kristalle zeichnen sich durch hohe Empfindlichkeit und Temperaturstabilität aus – für hochpräzise Messergebnisse.

## Die Technologien

Kistler setzt bei der Druckmessung auf zwei Technologien: 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 beruht auf der elektrischen Ladung von Oberflächen bestimmter Kristalle (darunter auch Quarz) bei mechanischer Belastung. 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 quasi-statisch, 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  $400 \text{ °C}$  möglichst genau erfasst werden müssen.

## Piezoresistive Drucksensoren

Das piezoresistive Prinzip basiert auf einem Halbleitereffekt: Unter mechanischer Spannung verändern Halbleiter ihren elektrischen Widerstand. Piezoresistive Sensoren von Kistler messen statische Drücke in Gasen und Flüssigkeiten. Die Resultate sind auch unter widrigsten Bedingungen präzise und reproduzierbar.



Das Herzstück der Kistler Sensortechnologie ist der Kristall.



# Die richtige Position – mit und ohne zusätzlicher Bohrung

Die richtige Positionierung des Drucksensors ist entscheidend für die Aussagekraft der Messung und die Lebensdauer. Mit der korrekten Indizierbohrung wird der Thermoschock auf ein Minimum reduziert.

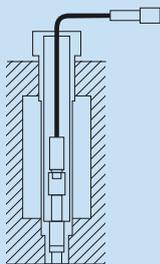
## Die optimale Indizierbohrung

Bei der Installation des Sensors ist es sehr wichtig, dass die Vorschriften für Toleranz und Oberflächengüten der Indizierbohrung sowie für die Anzugsmomente der Sensoren strikt eingehalten werden. Die beim Thermoschock auftretende Verformung der Membran lässt sich so auf ein Minimum reduzieren. Kistler bietet Ihnen ein umfangreiches Sortiment von Werkzeugen, mit dem Sie mit geringem Aufwand eine korrekte Indizierbohrung anfertigen können: von der Bohrung und dem Gewinde über die eigentliche Installation des Sensors bis hin zur Nachbereitung der Dichtflächen.

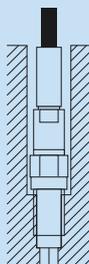
## Kein Platz für eine Bohrung

Ist eine Messung ohne separate Indizierbohrung gewünscht, liefert Ihnen Kistler mit der Messzündkerze die passende Lösung. Diese wird einfach gegen die im Motor installierte Zündkerze ausgetauscht. Die Messzündkerze ist in ihrem Kern mit dem weltweit kleinsten piezoelektrischen Hochtemperatur-Zylinderdrucksensor ausgestattet und liefert präzise Messresultate. Für Dieselmotoren gibt es analog den Glühkerzenadapter.

### Frontdichtung

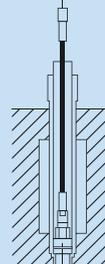


mit Hülse

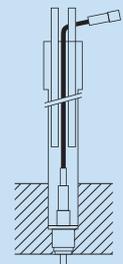


direkt

### Schulterdichtung



mit Hülse



direkt

## Frontdichtender Einbau:

Durch den frontdichtenden Einbau im Zylinderkopf wird die bestmögliche Wärmeabfuhr erreicht

## Schulterdichtender Einbau:

Durch den schulterdichtenden Einbau wird minimaler Stress auf die Membran übertragen. Eine Montage ohne Zugangsbohrung sichert höchste Signalqualität.

## Hülseneinbau:

Der Einbauort im Zylinderkopf des Verbrennungsmotors ist vielfach nur durch einen Öl- oder Kühlwasserkanal zugänglich. Um den Sensor gegen Flüssigkeit abzudichten, muss eine Einbauhülse verwendet werden.

## Direkteinbau:

Der Direkteinbau benötigt den kleinsten Platz. Einige Punkte müssen jedoch beachtet werden, um Beschädigungen am Zylinderkopf zu vermeiden. Durch vielfaches Montieren und Demontieren des Sensors besteht die Gefahr von erhöhtem Verschleiß an Dichtpartie.

# Perfekt verbinden für beste Datenübertragung

**Der Schlüssel für eine reibungslose Datenübertragung ist die Wahl des Verbindungskabels.**

## **Hohe Isolation gegen elektrischen Drift**

Die elektrische Verbindung zwischen piezoelektrischem Sensor und Ladungsverstärker muss besonders hoch isolierend sein (mind.  $10^{13} \Omega$ ). Andernfalls kommt es zu einem elektrischen Drift des Messsignals. Unsere speziell beschichteten Koax- und Triaxkabel besitzen einen Leiter, der mit Teflon® oder Kapton® isoliert ist. Gleiche Anforderungen gelten für unsere Steckverbindungen. In den Kabeln fließen nur sehr kleine Ströme. Damit sie weniger anfällig für elektrische Störungen sind, sollten sie so kurz wie möglich ausgeführt werden.

## **Triboelektrischer Effekt**

Die Bewegung der Kabel erzeugt minimale Ladungen an den Leiteroberflächen (triboelektrischer Effekt), die ebenfalls die Messung verfälschen können. Dies wird mit Hilfe einer speziellen Graphit-Zwischenschicht verhindert. Typische Werte der Triboelektrizität unserer Spezialkabel 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.

**Die folgenden Kabelmaterialien stehen zur Auswahl:**

## **PFA**

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

## **PFA/Metall**

Diese Kabel sind sie mit einem flexiblen Geflecht aus Stahl oder Edelstahl verstärkt, um sie zusätzlich gegen mechanische Beanspruchungen wie vibrationsbedingte Reibung zu schützen. Der sonstige Aufbau entspricht der Ausführung PFA mit einer Ummantelung aus dem chemikalien- und temperaturbeständigen Perfluor-Alkoxyalkan.

## **FPM**

Das Material FPM zeichnet sich durch eine 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.



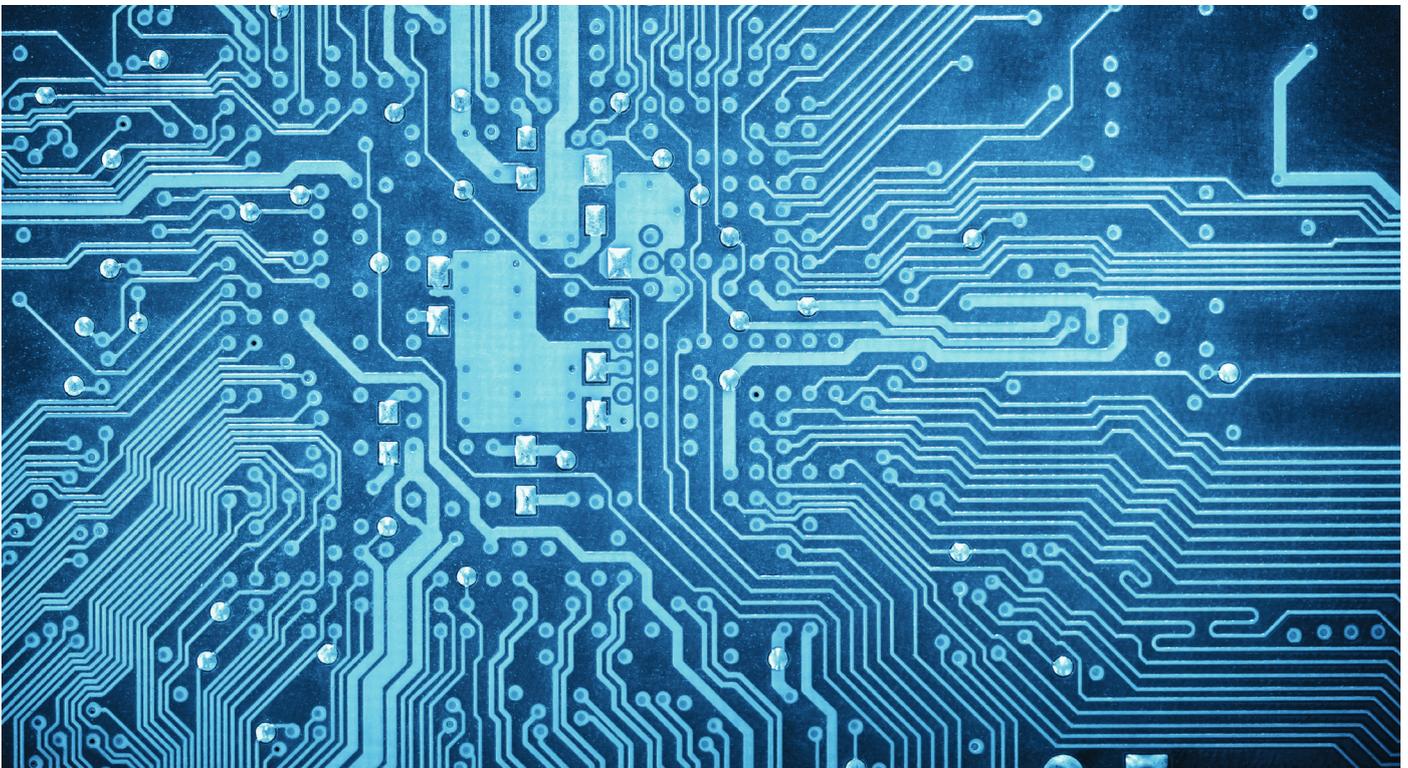
# Automatische Sensor- identifikation mit PiezoSmart®

**Detaillierte Planung, umfangreiche Messketten-Parametrierung und präzise Messstellenzuordnung – bereits die Vorbereitung der Motorenindizierung ist enorm aufwendig. Die Erstellung der benötigten Dokumentation sowie die zugehörigen Prozeduren sind personalintensiv und fehleranfällig.**

Die automatische Sensoridentifikation PiezoSmart® in Verbindung mit der SCP reduziert Ihren Vorbereitungsaufwand, eröffnet Ihnen mehr Flexibilität und erhöht dabei die Prozesssicherheit. PiezoSmart® ist ein aktives System zur automatischen Identifizierung von individuellen Drucksensoren. Die automatische Parametrierung der Messketten nach dem Prinzip „Plug & Measure“ senkt das Fehlerrisiko und die Rüstzeit. Zusätzliche Funktionen garantieren die lückenlose Qualitätssicherung der Indizierdaten.

## Sensordaten eindeutig zugeordnet

Das Kernstück von PiezoSmart® ist ein „elektronisches Datenblatt“, das so genannte Transducer Electronic Data Sheet (TEDS). Dabei handelt es sich um einen Chip im verstärkerseitigen Stecker des Sensorkabels, auf dem die Sensordaten hinterlegt sind. Der Drucksensor und das Anschlusskabel mit TEDS bilden eine physische, einfach zu montierende Einheit. Damit ist im Prüfstandsbetrieb die eindeutige und sichere Zuordnung der Sensordaten gewährleistet.



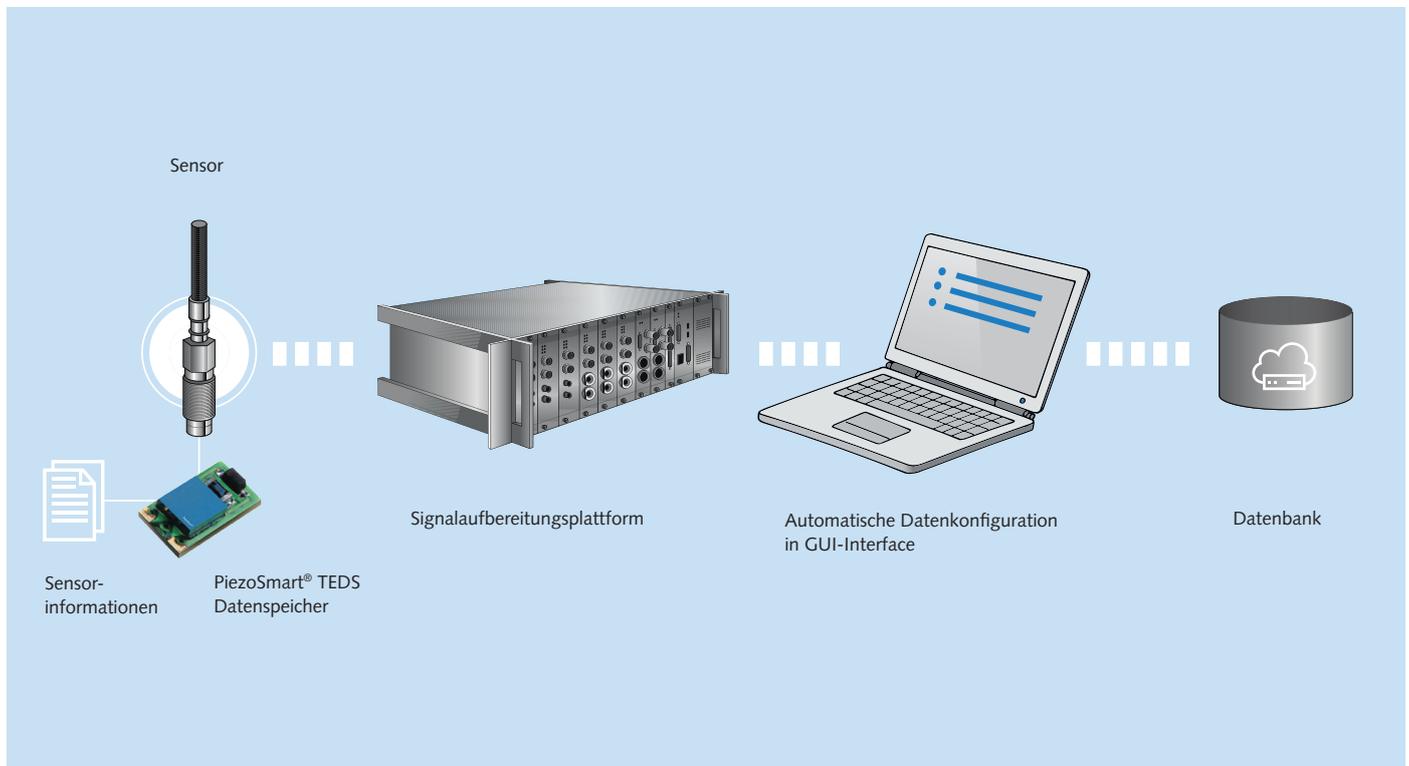
„Plug & Measure“ dank smarterer Chiptechnologie.

### Alle Kalibrierdaten im Griff

Das TEDS enthält die Seriennummer, die Erstkalibrierwerte und die aktuellen Kalibrierwerte des Sensors sowie zusätzliche Hersteller- und Identifizierungsdaten. 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 für Sie als 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.



Funktionsweise von PiezoSmart® Sensoren



## Signale für den Prüfstand aufbereiten – mit der SCP

Die SCP ist das zentrale Bindeglied zwischen Sensor und Prüfstandumgebung. Sie ermöglicht die sensornahe Signalaufbereitung von Indiziermesswerten. Das modulare Signalkonditionierungssystem kann je nach Aufgabe mit applikationsspezifischen Messmodulen bestückt werden.

### Für Sensorik mit und ohne Sensoridentifikation

Die SCP ist in 19"-Bauweise ausgeführt, verfügt über eine integrierte Spannungsversorgung mit hoher Störfestigkeit und ist fernsteuerbar. Sie kann über eine intuitive Benutzeroberfläche bedient werden und erlaubt die simultane Verwendung von Sensorik mit und ohne Sensoridentifikation.

### Steuersignale zur Parametrierung der Messkette

Neben der eigentlichen Signalaufbereitung von piezoelektrischen, piezoresistiven und anderen Messsignalen werden auch die Daten der Sensoridentifikation in den Modulen der SCP aufbereitet und in Steuersignale zur Parametrierung der Messkette umgesetzt.

### Alle Daten störungsfrei verfügbar

Über eine serielle Schnittstelle können die TEDS-Daten der jeweils angeschlossenen Sensoren einem übergeordneten Rechner- oder Automatisierungssystem zur Verfügung gestellt und – je nach Erfordernis und Autorisierung – auch editiert werden. Ein ausgeklügelter Funktionsablauf stellt sicher, dass die eigentlichen Messsignale von den Signalen der Sensoridentifikation nicht gestört oder beeinträchtigt werden.

### Funktionsspezifische Messmodule

In der Grundausführung können bis zu acht funktionsspezifische Messmodule eingesetzt werden. Mit Hilfe einer Erweiterungseinheit stehen Steckplätze für acht zusätzliche Messmodule zur Verfügung. So lässt sich ein SCP-System für die Motorenindizierung mit bis zu 32 Messkanälen bestücken.

### Hohe Signalqualität

Die Messmodule verfügen jeweils über zwei Messkanäle, eine digitale Parametrierung und eine analoge Signalaufbereitung. Damit ist sichergestellt, dass die Einstellung der Parameter und Kennwerte bequem und sicher über eine Benutzeroberfläche stattfinden kann, die Messsignale aber mit hoher Signalqualität an beliebige Datenerfassungsgeräte übertragen werden können.

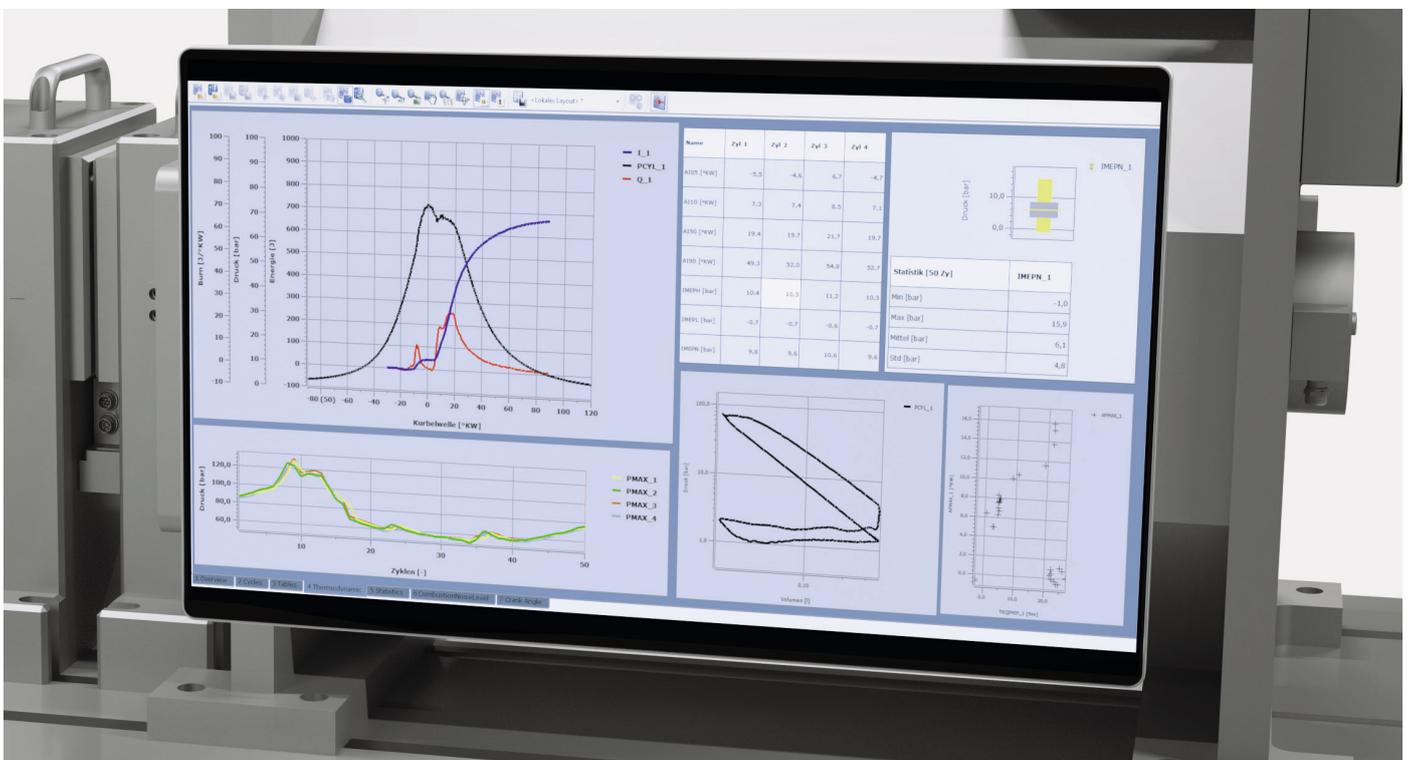
# Intuitiv bedienen mit der graphischen Benutzeroberfläche

Über die graphische Benutzeroberfläche können Sie alle Parameter der SCP sowie der eingesetzten Messmodule intuitiv kontrollieren und parametrieren.

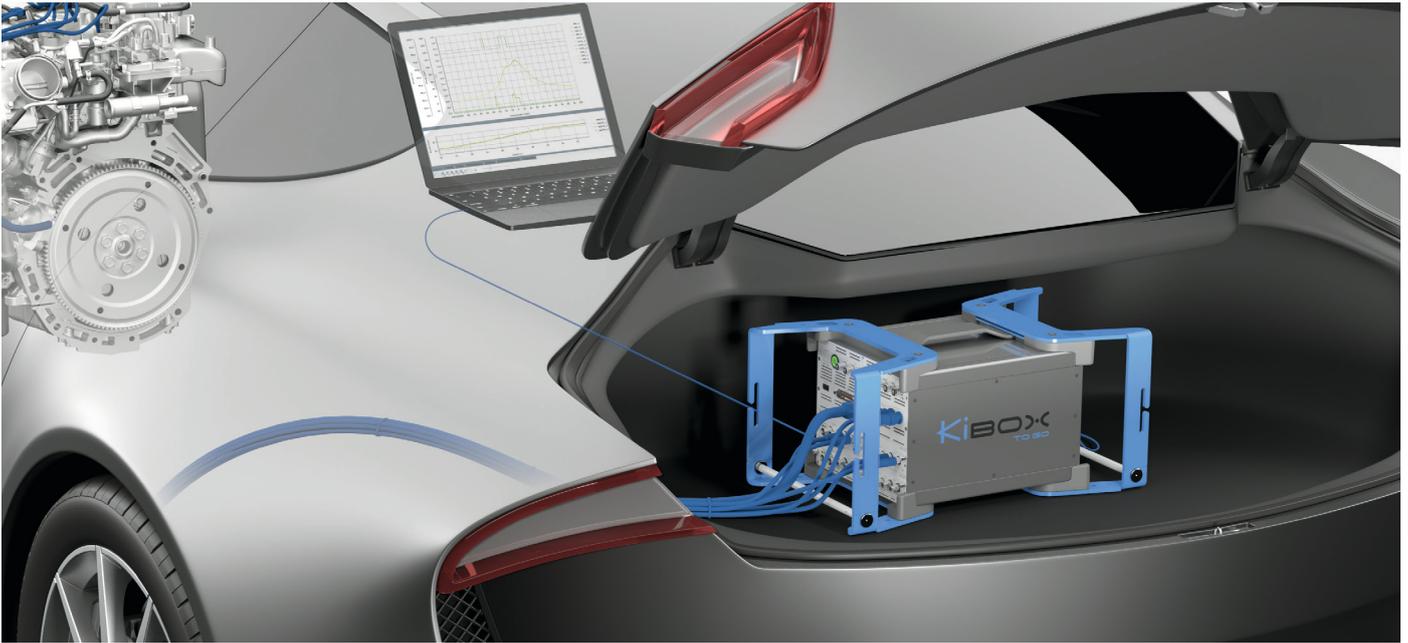
Die Benutzeroberfläche liefert einen Überblick über Schlüsseldaten wie Messmodulkonfigurationen, Sensordaten und Betriebsdauer – für eine einfache und schnelle Datenverarbeitung. Anpassungen lassen sich ganz einfach an einem einzigen Bildschirm ausführen. Eine Exportfunktion wandelt die Daten in unterschiedliche Formate zum Dokumentieren aller Messeinstellungen um. Per Mausklick lassen sich Zylinderspitzenruck-Histogramme für jeden Sensor erstellen, sodass Sie als Anwender sofort die Sensorbelastung sowie etwaige Unregelmässigkeiten erkennen können.

## Sicher vor Manipulationen

Zur Sicherung gegen unbeabsichtigte Manipulation der SCP-Einstellungen stehen zwei SCP-Zustände zur Verfügung. Im Zustand „Operation“ können lediglich die Messzustände der piezoelektrischen Verstärker verändert werden. Alle anderen Parameter werden zwar angezeigt, lassen sich aber nicht verändern. Im Zustand „Konfiguration“ werden alle Parameter der SCP angezeigt und können auch verändert werden.



Mit dem Kistler User Interface können Anwender übersichtlich arbeiten.



## Die KiBox® – zwei Einsatzgebiete, ein zuverlässiges Messergebnis

### Herausforderung Motorenindizierung

Ob auf der Straße oder am Prüfstand – bei der Motorenindizierung brauchen Sie in jedem Bereich hochpräzise Ergebnisse. Entwickler wollen ihre umfangreichen Daten vom Motorenprüfstand schnell und unkompliziert in Testfahrten abgleichen. Gefragt ist ein Werkzeug, das sie in allen Phasen mit hoher Funktionalität und Rechnerleistung unterstützt. Nur mit einer übergreifenden und flexiblen Lösung erhalten Sie immer valide und vergleichbare Resultate.

### Doppelter Vorsprung mit der KiBox®

Die kompakte KiBox® ist ein vollständiges System zur Verbrennungsanalyse – für den mobilen Einsatz und den Prüfstand. Es liefert detaillierte Informationen zur Qualität der Verbrennung in den einzelnen Zylindern und macht alle für die Motorenentwicklung relevanten Kenndaten in Echtzeit verfügbar – synchronisiert mit anderen Messdaten und ECU-Steuergrößen. Standardisierte Schnittstellen, leistungsfähige PC-Technologie und die bewährten SCP-Verstärkermodule machen die KiBox® zu einem zukunftssicheren und einfach bedienbaren Tool, das Ihnen schnell exakte Daten liefert.

#### Vorteile der flexiblen KiBox®:

- Hohe Zuverlässigkeit
- Qualitative Messergebnisse
- Steigerung der Versuchseffizienz
- Förderung und Schutz des individuellen Know-hows



### Jetzt online erleben: Motorenindizierung mit Kistler

Erleben Sie die innovativen Kistler Lösungen für die Motorenindizierung in Aktion. Unsere Animation zeigt Ihnen den schnellen und effektiven Weg zu einer erfolgreichen Motorenentwicklung.

[www.kistler.com/engine-mobile](http://www.kistler.com/engine-mobile)



## Mobiler Einsatz

Indizieren im Fahrzeug

## Stationärer Einsatz

Indizieren am Prüfstand

### Abgestimmte Messkette

Eine praktikable Verbrennungsanalyse darf den Motorbetrieb nicht wesentlich beeinflussen und muss zudem hochwertige Messergebnisse liefern. Hierzu sind alle Komponenten der Messkette sowohl einzeln als auch im Zusammenspiel zu optimieren. Kistler liefert für jedes Glied dieser Kette passende Produkte. Die Kistler KiBox® ist Teil einer optimalen Gesamtsystemlösung.

### Intuitive Bedienbarkeit

Eine einfach und übersichtlich gestaltete Bediensoftware, das „KiBox® Cockpit“, ermöglicht die Organisation, Auswertung und Visualisierung der Messdaten. Das KiBox® Cockpit ist in die gewohnte Arbeitsumgebung eingebunden, z. B. in das Applikationssystem INCA.

### Maximale Datenqualität

Grundlage für eine aussagekräftige Messkampagne beim Indizieren im transienten Motorbetrieb ist eine hohe Datenqualität. Die KiBox® überzeugt mit einer innovativen Signalverarbeitung, die das Auftreten von Aliasing-Effekten vollständig eliminiert.

### Kennwerte\* direkt aus der KiBox®

- Klopfen
- Spitzendruck (mechanische Belastung) und dessen Winkellage
- Indizierter Mitteldruck (Gesamt, Hochdruck-, und Ladungswechselanteil)
- Heizverlauf
- Energieumsatzpunkte und Brenndauer
- Zündzeitpunkt
- Einspritzzeiten
- Drehzahl (gemittelt und hochaufgelöst)
- Maximaler Druckanstieg und dessen Winkellage
- Verbrennungsgeräusch (Frequenzanalyse)
- Statistische Bewertung aller Kennwerte
- Benutzerdefinierte Berechnung (User Formel)

\*Echtzeitberechnung auf der Hardware



Unsere Experten beraten Sie in allen Fragen rund um die Motorenindizierung.

## Service nach Maß für Ihren Erfolg

Zu unserem umfassenden Programm für die Motorenindizierung gehört ein ebenso vielseitiges Service- und Dienstleistungsangebot. Dieses hilft Ihnen dabei, Tag für Tag und Jahr für Jahr effektiver und effizienter mit unseren Lösungen zu arbeiten.

### Anwendungberatung

Die Kistler Anwendungstechnik berät Sie in allen Fragen rund um die Motorenindizierung – für maximale Genauigkeit und eine lange Lebensdauer der Sensoren.

### Kalibrierservice

Unser Kistler Kalibrierservice arbeitet unter strikter Einhaltung aller relevanten Qualitätssicherungs- und Dokumentationsrichtlinien. Auf Wunsch führen wir die Kalibrierung auch zeit- und kosteneffizient vor Ort durch.

### Kundenspezifische Sonderausführungen

Wenn es den optimalen Sensor für Ihre Messung noch nicht gibt, entwickeln wir mit Ihnen eine individuelle Lösung, die dank Modulbauweise in der Regel mit vertretbarem Aufwand herstellbar ist.

### Nachrüstung mit der Sensoridentifikation PiezoSmart®

Der modulare Aufbau unserer Sensoren ermöglicht Ihnen die Nachrüstung der Sensoridentifikation PiezoSmart® in Ihren bestehenden Strukturen – durch uns oder Ihr eigenes Personal.

#### 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



- Sales Center
- ▲ Tech Center
- Production Center

## Weltweit im Einsatz für unsere Kunden

Überall dort, wo Fahrzeug und Motorentests durchgeführt werden, bietet Kistler neben Sensoren und Systemen eine Vielzahl von Dienstleistungen an – von der kompetenten Beratung und Support über die Kalibrierung bis hin zur schnellen, globalen Versorgung von Ersatzteilen. Zur noch besseren technischen Unterstützung baut Kistler weltweit Tech-Center auf, die genau den Service liefern, den die Kunden zur Optimierung ihrer Testdurchführung erwarten.

Find out more about our applications:  
[www.kistler.com/applications](http://www.kistler.com/applications)

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

Kistler Group products are protected by various intellectual property rights. For more details visit [www.kistler.com](http://www.kistler.com). The Kistler Group includes Kistler Holding AG and all its subsidiaries in Europe, Asia, the Americas and Australia.

Find your local contact on  
[www.kistler.com](http://www.kistler.com)

**KISTLER**  
 measure. analyze. innovate.