

**KISTLER**

measure. analyze. innovate.

**Motoren entwickeln  
auf Basis  
visueller Daten**



## **Optische Verbrennungsanalyse**

Prozesse im Brennraum genau verstehen und optimieren



### 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

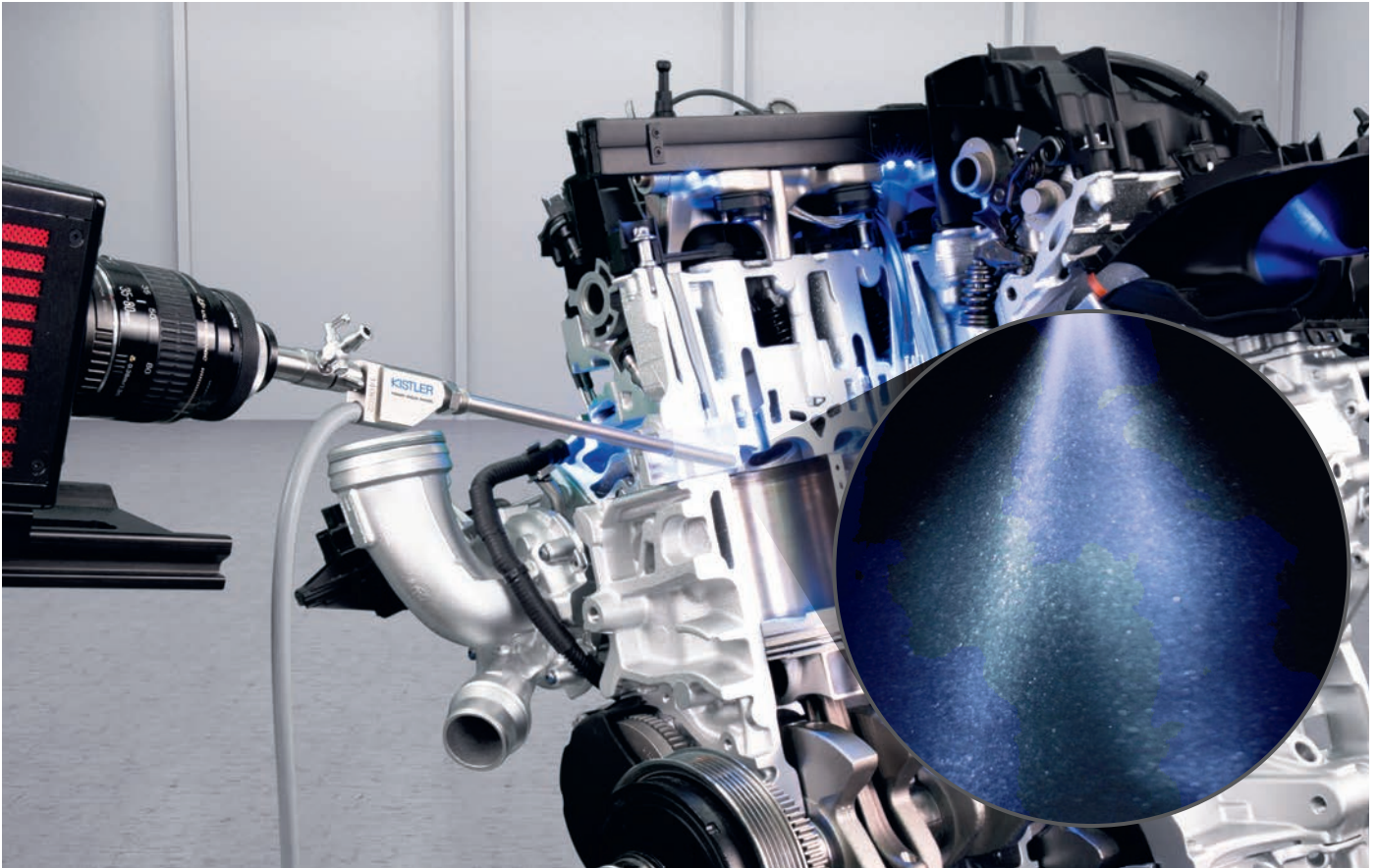
Ungeachtet der großen Aufmerksamkeit für die Elektromobilität geht die Evolution des Verbrennungsmotors stetig weiter: Immer effizientere, leisere und schadstoffärmere Aggregate werden entwickelt und zur Serienreife gebracht. Neben dem seit Jahrzehnten etablierten und perfektionierten Verfahren der Motorindizierung per Zylinderdruckmessung hat sich die Verbrennungsanalyse mit optischen Methoden zur wertvollen Ergänzungstechnologie entwickelt. Nicht zuletzt dank immer leistungsfähiger Optoelektronik lassen sich heute entscheidende Impulse

für die Motorentwicklung gewinnen, um Gemischbildung und Verbrennungsprozess zu perfektionieren. Der folgende Überblick über die Produkte und Lösungen von Kistler zeigt Ihnen auf, was bereits alles möglich ist – Entwickler profitieren heute von visuellen Zusatzinformationen, aus denen sich eine Vielzahl von Erkenntnissen über das Geschehen im Motorinneren ableiten lässt. Die verschiedenen Ansätze und Technologien spiegeln dabei die Vielfalt der Entwicklungsmöglichkeiten in diesem Bereich. Entdecken Sie auf den folgenden Seiten das Potential einer innovativen Messtechnik.

## Inhalt

Genau verstehen, was im Brennraum passiert	4
So flexibel wie Ihre Applikation	5
Innere motorische Prozesse optimieren	6
Mehr Effizienz in der Entwicklung	7
Detaillierter Durchblick dank bildgebender Verfahren	8
Bestens im Bilde in Bruchteilen einer Sekunde	9
Die Augen überall haben	10
Hellsichtige Analysen	11
Sehen und gesehen werden	12
Entwicklungsvorteil in Sicht	13
Feuer und Flamme für Ihr Entwicklungsprojekt	14





Prinzipdarstellung des High-Speed-Kamerasystems für die Visualisierung des Einspritzstrahls am Benzinmotor mit Direkteinspritzung

## Genau verstehen, was im Brennraum passiert

**Ergänzend zur Motorindizierung per Zylinderdruckmessung beherrscht Kistler weitere Messverfahren, die eine Optimierung des Verbrennungsprozesses unterstützen. Mit den Methoden der optischen Verbrennungsanalyse bekommen Entwicklungsingenieure zusätzliche Mittel an die Hand, um die Effizienz eines Motors zu steigern.**

Kistler bietet Kunden eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien, die darauf basieren, den Verbrennungsprozess im Zylinder visuell zu untersuchen. Dabei dient zumeist die Helligkeit des verbrennenden Gases als zentraler Indikator – je nach dessen Zusammensetzung unterscheidet sich die Wellenlänge des emittierten Lichts deutlich.

### **Unerwünschte Effekte erkennen und vermeiden**

Die unterschiedlichen Messverfahren eignen sich sowohl für fremd- als auch selbstzündende Motorkonzepte, wobei je nach Untersuchungsziel verschiedene Kombinationen möglich und sinnvoll sind (siehe hierzu Seite 13 dieser Broschüre). Während beim Dieselmotor die Wellenlängen typischerweise im für das Auge sichtbaren Bereich liegen, erreichen sie beim Ottomotor das ultraviolette Spektrum.

Mittels Visualisierung und optischer Analyse lassen sich die Vorgänge im Brennraum wie etwa die Flammenausbreitung genau nachvollziehen. Unerwünschte Effekte wie Klopfen, Vorentflammung und Rußbildung können sichtbar gemacht und

auf ihre Ursachen zurückgeführt werden. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse lassen sich beispielsweise der Wirkungsgrad erhöhen und Emissionen reduzieren.

### **Alles aus einer Hand**

Kistler liefert die gesamte Messkette – von der Optik über die Datenerfassung bis zur Softwareauswertung – und unterstützt den Kunden zusätzlich mit allen benötigten Engineering-Dienstleistungen im Projektverlauf. Dabei liegt der Fokus auf möglichst geringem Integrationsaufwand und darauf, schnell zu verwertbaren Messergebnissen zu gelangen

### **Vorteile der optischen Verbrennungsanalyse von Kistler**

- Ganzheitliches Abbild der Vorgänge im Brennraum
- Vorgänge wie Einspritzung, Flammenausbreitung, Klopfen, Rußbildung und Vorentflammung werden räumlich und zeitlich sichtbar
- Genaues Verständnis des Verbrennungsprozesses ermöglicht dessen Optimierung
- Messtechnologien flexibel kombinierbar je nach Untersuchungsziel
- Komplette Messkette vom Sensor bis zur Datenanalyse aus einer Hand
- Umfassende Beratung, Vor-Ort-Service sowie flexible Unterstützung von Messkampagnen

# So flexibel wie Ihre Applikation

Im Zuge der Entwicklung von Verbrennungsmotoren werden zunehmend optische Messverfahren eingesetzt, um ein genaueres Bild der Vorgänge im Brennraum zu gewinnen. Kistler bietet Kunden unterschiedliche Technologien, um geeignete Brennverfahren zu entwickeln, den Wirkungsgrad zu erhöhen und Emissionen zu reduzieren.

## Ein Sichtfenster zum Brennraum eröffnen





Mit faseroptischen Messzündkerzen lassen sich praktisch und schnell Einblicke in den Verbrennungsvorgang gewinnen. Dabei dienen Serienzündkerzen als Technologieträger – sie können ohne großen Aufwand mit optischen Sonden bestückt werden. So entsteht ein Fenster zum Brennraum, das genaue Analysen auf Basis einer Visualisierung der Verbrennungsprozesses ermöglicht.

## Zylinderdruckmessung und optische Analyse vereint

Die Kombination aus Zylinderdruckmessung und optischer Analyse bietet schnellen Aufschluss über entscheidende Motor-kennwerte. Die einzigartige Technologie von Kistler erlaubt eine Optimierung des Brennverfahrens mit minimalem Zeit- und Kostenaufwand und liefert ein ganzheitliches Bild der Vorgänge im Brennraum.

## Innermotorische Vorgänge visualisieren

Bildgebende Verfahren liefern zusätzliche Erkenntnisse zur Auslegung von Einspritzverhalten und Flammenausbreitung. Die eingesetzten Kameras machen Phänomene wie Vorentflammung und Rußbildung sichtbar. Dabei stehen Kunden je nach Entwicklungsaufgabe verschiedene Kameratechnologien, Endoskope, optische Sonden sowie Bildverstärker zur Verfügung.

Lösung	Anwendung und Ziele	Vorteile
<b>Optische Messzündkerze</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassen der Verbrennungsstrahlung als Lichtintensität</li> <li>Macht Klopfen, Rußbildung und Vorentflammung räumlich und zeitlich sichtbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bis zu 16 optische Sonden in einer Zündkerze</li> <li>Integrierbar in alle gängigen Serienzündkerzen</li> <li>Blickrichtung frei wählbar</li> </ul>
<b>Multi-Messzündkerze</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kombination von Zylinderdruckmessung und optischer Analyse</li> <li>Macht Klopfen, Rußbildung und Vorentflammung räumlich und zeitlich sichtbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integrierte, kompakte und robuste Ausführung ohne zusätzliche Messbohrung</li> <li>8 optische Sonden in einer Zündkerze</li> <li>Integrierter Miniatur-Zylinderdrucksensor (3 mm)</li> <li>Ganzheitliches Abbild der Vorgänge im Brennraum</li> </ul>
<b>Globale optische Messtechnik</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integration der Gesamtstrahlung durch eine optische Sonde</li> <li>Einsetzbar in Otto- und Dieselmotoren</li> <li>Bestimmung von Rußtemperatur und -intensität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kompakte und robuste Ausführung</li> <li>Reduzierter Messtechnikumfang zur Rußfassung</li> </ul>
<b>High-Speed-Imaging System</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bildgebende Messtechnik zur Darstellung des Verbrennungsprozesses</li> <li>Optische Analyse von Einspritzverhalten, Flammenausbreitung, Vorentflammung und Rußbildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hochgeschwindigkeitskamera mit bis zu 1 µs Expositionszeit</li> <li>Erweiterbar mit LED-Intensivbeleuchtung</li> <li>Erweiterbar mit Lichtverstärker</li> </ul>

# Innermotorische Prozesse optimieren

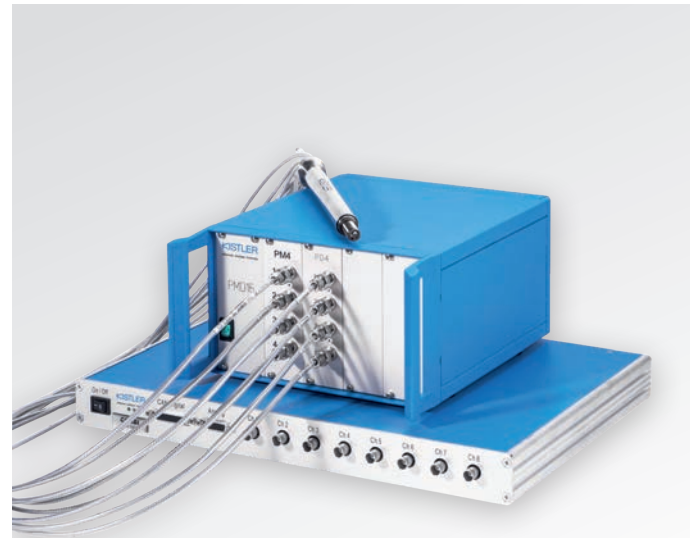
Wie lassen sich die Prozesse im Brennraum mit wenig Zeit- und Kostenaufwand visualisieren, um wertvolle Aussagen zur Optimierung der Verbrennung zu gewinnen? Zum Beispiel mit faseroptischen Zündkerzen von Kistler, die die entstehenden Helligkeitsmuster in nutzbare Daten umwandeln.

Jede gängige Serienzündkerze kann mit bis zu 16 optischen Sonden ausgestattet werden. Diese messen die Lichtintensität auch bei hohen Drücken und Temperaturen auf robuste Weise und sind so konzipiert, dass die thermische Beschaffenheit des Gesamtsystems stabil bleibt. Die Lichtsignale werden über Lichtwellenleiter an optoelektronische Empfänger transferiert und in Spannungssignale umgewandelt.

Die resultierenden Messkurven geben Aufschluss über die Qualität des Verbrennungsprozesses. Frühe Flammenausbreitung und Ladungsbewegung können im Detail nachvollzogen werden, auch im Leerlauf oder beim Kaltstart. Phänomene wie Klopfen, Vorentflammung und rußende Verbrennung lassen sich anhand der Verlaufskurven einfach identifizieren.

## Einsatzgebiete

- Verbrennungsanalyse
- Flammenkernentwicklung
- Klopfkennung
- Erkennung von Vorentflammung
- Erkennen von Rußbildung



## Die Vorteile im Überblick

- Bestückung von Serien-Zündkerzen mit bis zu 16 optischen Sonden
- Blickrichtung frei wählbar
- Sehr hohe Temperatur- und Druckbeständigkeit
- Hohe Messempfindlichkeit und Genauigkeit



Zündkerze mit 8 radialen optischen Fenster



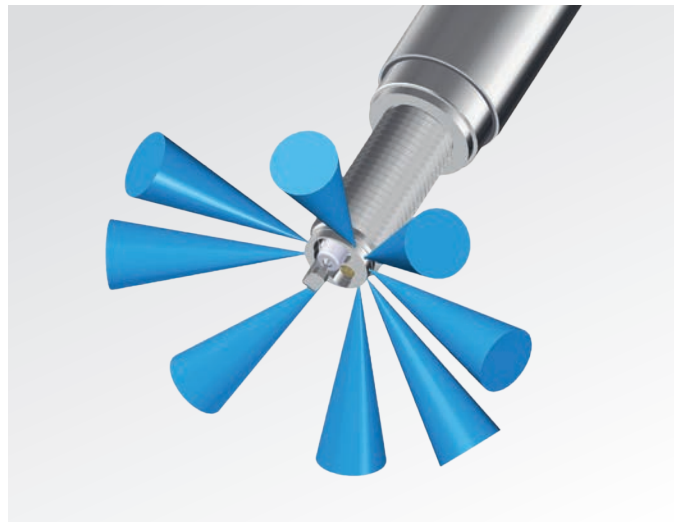
# Mehr Effizienz in der Entwicklung

Mit der neuen Multi-Messzündkerze stellt Kistler seinen Kunden ein sehr effizientes Werkzeug bereit. Die Kombination von Druck- und Lichtmesstechnik in einem kompakten und robusten Produkt senkt den Kosten- und Zeitaufwand bei der Motorentwicklung erheblich. Die neue Messzündkerze liefert ein ganzheitliches Bild der Vorgänge im Brennraum und stellt so auf effiziente Weise das Wissen bereit, um den Verbrennungsvorgang zu optimieren

Die optisch gemessene Flammenstrahlung wird über Lichtverstärker an das Auswertesystem COMBI übertragen. Die integrierte Software zeigt die Qualität der Verbrennung anhand zuvor festgelegter Parameter grafisch auf. Damit erhält der Anwender einen genauen Einblick und kann Phänomene wie Klopfen, rußende Verbrennung oder Vorentflammung sicher detektieren.

## Saphirabdeckung für erhöhte Präzision

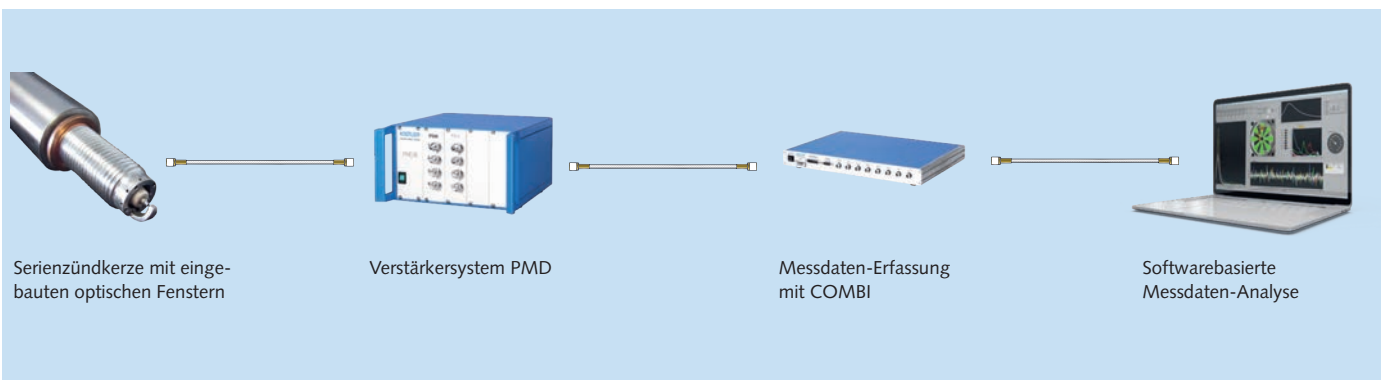
Die Bohrungen für die Optik sind mit speziellen Saphirstäben versehen, deren Geometrie die Blickrichtung und den Öffnungswinkel bestimmt. Die optischen Fenster werden mit einer Abdeckung geschützt. Hierdurch kann die Blickrichtung noch präziser festgelegt werden. Es wird außerdem verhindert, dass Licht unkontrolliert eintritt und „Fehllicht“ die Messung verfälscht.



## Vorteile der Multi-Messzündkerze

- Kombination von Zylinderdruckmessung und optischer Verbrennungsanalyse in einem Produkt
- Integrierte, kompakte und robuste Ausführung ohne zusätzliche Messbohrung
- Acht optische Fenster zum Brennraum (Beobachtungsrichtung radial und/oder axial)
- Integrierter Miniatur-Zylinderdrucksensor (3 mm)
- Verschiedene Gewindegrößen, Wärmewerte, Funkenlagen und Elektrodenabstände möglich

## Faseroptische Zündkerze – FOSP



# Globale optische Messtechnik

Als schnelle und effiziente Messtechnik hat sich die Globale optische Messtechnik (GMT) etabliert. Hier wird in bestehende Motorzugänge, wie zum Beispiel die Glühstiftbohrung beim Dieselmotor, eine optische Sonde installiert.

## Einzelsonden zur Rußbestimmung

Bei Strahlungsuntersuchungen, wo keine räumliche Auflösung benötigt wird, hat sich die Einzelsonde bewährt. Dank eines weiten Beobachtungswinkels wird die Strahlung in großen Bereichen des Brennraums erfasst und individuell ausgewertet. Im Dieselmotor lassen sich so die Rußmassen und -temperaturen durch ein Rechenmodell (2-Farben-Methode) zeitlich aufgelöst bestimmen. Im Ottomotor wird die GMT zur Detektion der unerwünschten Rußpartikel eingesetzt. Wird nur eine optische Sonde eingesetzt, reduziert sich dementsprechend der Aufwand für die Messtechnik.



## Vorteile der Globalen optischen Messtechnik (GMT)

- Großer Beobachtungsbereich innerhalb der Brennkammer
- Einfache Integration (in bestehende Motorzugänge)
- Anwendung in Forschungs- und Serienmotoren
- Einfache Handhabung

# Detaillierter Durchblick dank bildgebender Verfahren

Mit speziellen Kamerasystemen lassen sich sowohl für Otto- als auch Dieselmotoren visuelle Erkenntnisse etwa über Einspritz- und Verbrennungsverhalten gewinnen.

Kistler stellt für tiefer gehende optische Untersuchungen des Verbrennungsprozesses Kameras mit unterschiedlichen Technologien bereit, die präzise Bilder aus dem Brennraum liefern.

## Hohe Auflösung für präzise Bilder

Insbesondere für die Sprayanalyse sind Kameras mit modernster Chip-Technologie unverzichtbar. Mit ihrer hohen Auflösung erfassen sie selbst kleinste Tröpfchen und geben somit detailliert Aufschluss über Form und Ausbreitung des Einspritzvorgangs.

## Plug-and-Measure dank spezieller Software

Sowohl Low-Speed- als auch High-Speed-Kamerasysteme von Kistler werden mit einer auf den Einsatz am Prüfstand spezialisierten Software ausgeliefert. Neben den bildlichen Ergebnissen werden die Daten der Zylinderdruckindizierung simultan erfasst und stehen unmittelbar nach Messende zusammen mit den Brennraumbildern zur Analyse bereit. Hierdurch entfällt eine umständliche Synchronisierung verschiedener Messtechniken. Die flexible Visualisierung und Auswertung sorgt für schnelles Arbeiten.



## Eigenschaften und Vorteile des Systems

- Optisches Verbrennungsanalysesystem mit Hochgeschwindigkeitskamera
- Beleuchtung und Bilderfassung durch denselben Zugang im Zylinderkopf
- Anpassung an jeden Motor mittels Endoskop und optischer Sonde
- 1-Megapixel Bilder bei Bildraten bis zu 12,800 fps
- Minimale Expositionsdauer 1  $\mu$ s
- Erweiterbar mit LED-Beleuchtungssystem sowie Zylinderdruckmessung



# Bestens im Bilde in Bruchteilen einer Sekunde

**Imaging-Systeme von Kistler auf Basis von Hochgeschwindigkeitskameras erfassen Veränderungen in der Brennkammer im zeitlichen Abstand von wenigen Mikrosekunden. Aus den gewonnenen optischen Daten kann zusammen mit den Druckdaten eine Vielzahl von Kennwerten und Parametern abgeleitet werden.**

Dabei wurden sämtliche Komponenten der Messkette für den Einsatz unter extremen Umgebungsbedingungen ausgelegt. Zusätzlich können Endoskope und spezielle optische Sonden eingesetzt werden, um Zugang auch unter schwierigen Bedingungen und zu kompakten Brennkammern zu bekommen (siehe nächste Seite).

## **UV-Spektrum in Messung einbeziehen**

Mit weiteren Komponenten wie einem Lichtverstärker kann zusätzlich UV-Licht in sichtbares Licht umgewandelt und damit in die Messung einbezogen werden – besonders wichtig für fremdgezündete Motoren, deren Verbrennungsprozess sich teilweise im ultravioletten Spektrum vollzieht.

## **Leistungsfähige Auswertelektronik**

Mit COMBI steht Kunden ein performantes System zur Auswertung der Messungen zur Verfügung. Es erlaubt insbesondere die zeitsynchrone Gegenüberstellung von Bilddaten und Zylinderdruckdaten für eine kombinierte Analyse. Während hardwareseitig eine Kompaktversion mit acht sowie eine Vollversion mit 64 Kanälen zur Verfügung stehen, bietet die zugehörige PC-Software ein weites Analysespektrum mit einer Vielzahl von Parametern – und ist dabei flexibel vom Einsteiger- bis zum Expertenlevel nutzbar.

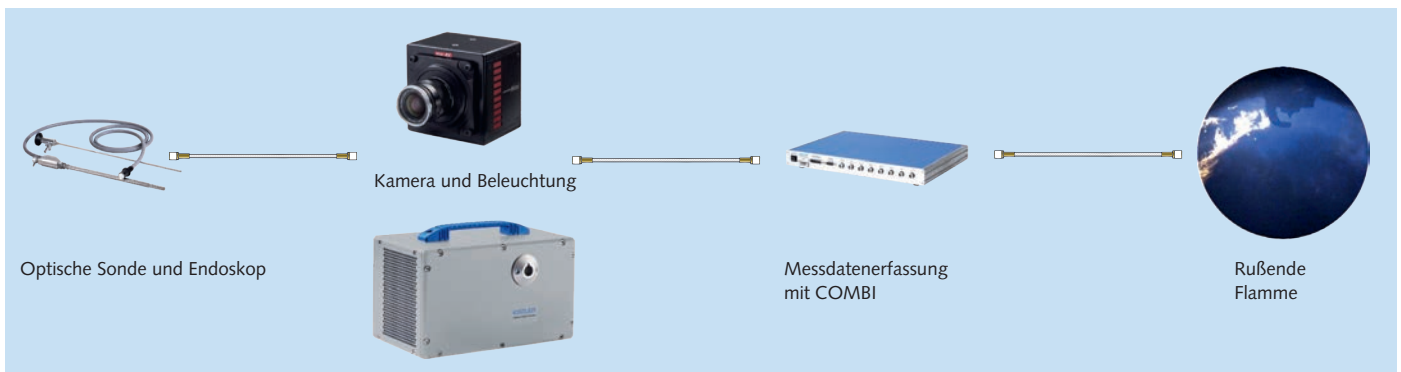
## **Auf die richtige Kamera kommt es an**

Gerade bei den bildgebenden Messtechniken sind Einsatzbereich und Zielsetzung breit gestaffelt. Deshalb bietet Kistler unterschiedliche Kameras an. Es wird zwischen der Art der Kamera bei den Systemen unterschieden. Kameras mit einer Bildrate größer 1 KHz werden als High-Speed-Kameras bezeichnet.

## **HIS – High-speed Imaging System**

Der Einsatz kompakter Hochgeschwindigkeitskameras zusammen mit der minimal invasiven Technologie von Kistler eröffnet noch weitere Möglichkeiten für die innermotorische bildgebende Untersuchung. Durch hohe Bild- und Speicherraten lassen sich eine Vielzahl kompletter Verbrennungszyklen erfassen. Es kann auf stochastische Ereignisse wie Klopfen, Vorentflammung oder unkontrollierten Verbrennungen hin untersucht werden. Neben verbesserter Kameratechnologie wurde auch die Beleuchtung den gestiegenen Ansprüchen angepasst. Hochleistungs-LEDs sorgen jetzt für den perfekten Durchblick.

## **Messkette für Hochgeschwindigkeits-Kamerasystem**





All-in-one Sonde für Beleuchtung und Lichtaufnahme, Front-Durchmesser 8.5 mm

## Die Augen überall haben

**Mit Endoskopen und speziellen optischen Sonden von Kistler lässt sich auch unter erschwerten Bedingungen ein Sichtfenster zum Brennraum eröffnen.**

Jeder Motor ist anders. Kistler stellt deshalb bei Bedarf entsprechendes optisches Zubehör bereit, um tieferen Einblick zu erhalten und auch sehr kompakte Brennkammern in Augenschein nehmen zu können. Die optomechanischen Komponenten von Kistler sind für den minimalinvasiven Gebrauch entwickelt und für hohe Temperaturen und Drücke ausgelegt.

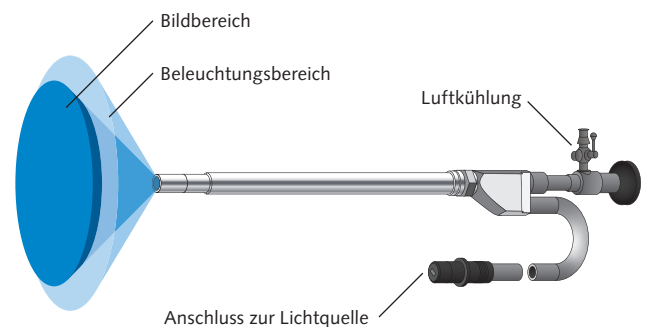
Empfindliche Komponenten wie beispielsweise ein Endoskop werden zusätzlich mit Schutzfenstern gegen Druck- und Temperatureinflüsse geschützt. Diese können flexibel an die jeweilige Anwendung angepasst werden – sowohl für Standard-Endoskope als auch UV-Sonden. Der Integrationsaufwand ist dabei nicht höher als bei einem Zylinderdrucksensor.

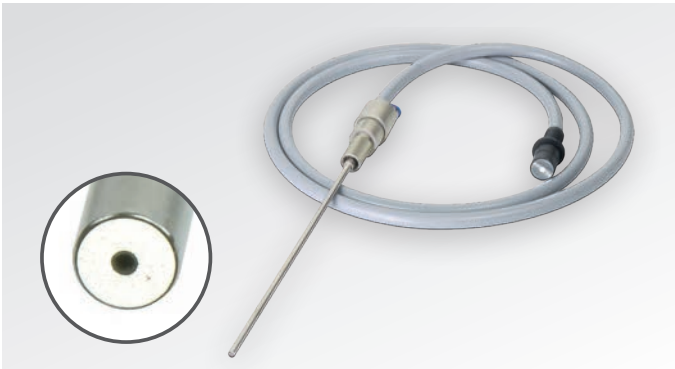
### Spezielle Systeme zur Analyse des Einspritzverhaltens

Wenn neben der Eigenstrahlung der Verbrennung auch der Einspritzstrahl aufgenommen werden soll, benötigt man Beleuchtungssonden, an die wiederum eine leistungsstarke Lichtquelle angeschlossen wird. Größe und Anordnung der Beleuchtungssonde sind entscheidend für die Qualität der Bildaufnahmen. Durch die höhere Temperaturbeständigkeit ist eine Luftkühlung nicht zwingend erforderlich. Liegt die Sonde

jedoch entfernt von den Kühlwasserkanälen des Zylinderkopfs, ist eine Luftkühlung zu empfehlen.

In Abhängigkeit des Zylinderdurchmessers kommen unterschiedliche Ausführungen zum Einsatz. Um ausreichend Licht zur Verfügung zu stellen, wird es über ein, zwei oder vier Koppelstellen eingeleitet.





#### Vorteile der optomechanischen Systeme von Kistler

- Minimalinvasive Technologie
- Sehr kompakte Ausführung
- Hitzebeständig dank temperaturfester Verklebung und Luftkühlung
- Großer Sichtbereich im Brennraum
- Variable Ausführung je nach Applikation (Durchmesser, abgewinkelte Optik etc.)



#### Vorteile des Beleuchtungssystems von Kistler

- Starke Helligkeit bis 72.000 lm
- Komplette Adaption mit Lichtleiter und Saphirfenster
- LED ist sicherheitsunkritischer als Laser
- Langlebig und wartungsarm
- Softwaresteuerungsmodus und Intensitätseinstellungen über Ethernet oder manuell über Tastfeld

## Hellsichtige Analysen

### Direkter Einblick ohne Zusatzaufwand

Die kompakte All-In-One Sonde von Kistler bietet darüber hinaus einen besonderen Vorteil: Dank eines innovativen Beleuchtungskonzepts wird kein zusätzlicher Zugang zur Brennkammer mehr benötigt. Das Komplettsystem vereint Beleuchtung und Bildaufnahme in einem kompakten Aufbau und sorgt so für minimalen Integrationsaufwand. Der Lichtpfad ist dabei vom Bildpfad getrennt. Hierdurch werden Reflektionen am Schutzfenster des Endoskops verhindert. Die Beleuchtung wird über einen Ring am Sondenrand vorgenommen.

### Mehr Licht!

Die Bildaufnahme von hochdynamischen Vorgängen erfordert eine sehr leistungsstarke Beleuchtung. Mit einer speziellen LED-Lichtquelle von Kistler lassen sich die Prozesse in der Brennkammer vollständig ausleuchten – z.B. Einspritzvorgang und Sprayausbreitung innerhalb von wenigen Millisekunden.

Das LED-Beleuchtungssystem in den drei Varianten P40, P80 und P160 ist eine der leistungsstärksten Lichtquellen am Markt für den industriellen Einsatz. Im Gegensatz zu laserbasierten Systemen ist es sicherheitsunkritisch und besonders wartungsarm.

### Dauerlicht- oder Pulsbetrieb im Hochleistungsbereich

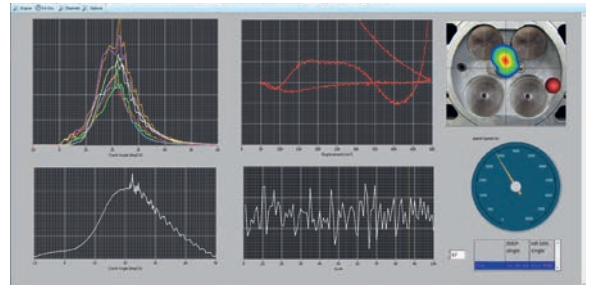
Es wurde für lichtkritische Kameraanwendungen und speziell für Hochgeschwindigkeitsaufnahmen entwickelt. Das System kann als Dauerlichtquelle oder gepulste Lichtquelle verwendet werden. Es bietet in beiden Anwendungen eine hohe Lichtleistung, wobei diese im Pulsmodus nochmals erhöht wird.

# Sehen und gesehen werden

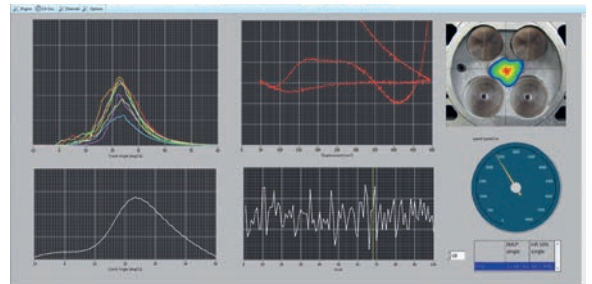
Zusätzlich zur einfachen Adaption der optischen Messzündkerzen bietet die umfangreiche Erfassungssoftware eine Echtzeitdarstellung der Ergebnisse. Veränderungen im Betriebspunkt werden sofort auf dem Bedienbildschirm als Ergebnis der optischen Messung dargestellt. Dies kann für den Einzelzyklus oder auch gemittelt über aufeinanderfolgende Zyklen geschehen. Damit ist kein langwieriges Postprocessing mehr nötig. Der Entwicklungsingenieur kann ohne Unterbrechungen sein Versuchsprogramm durchführen und spart wertvolle Zeit.

## Messergebnisse in Echtzeit verfügbar

Die drei Darstellungen zeigen einen Ausschnitt der kraftvollen Software. Die Ausrichtungen und das jeweilige Beobachtungsvolumen der optischen Sonden werden in die Software eingegeben sowie ein Bild des Brennraums hinterlegt. So können online die Flammenkernbildung, der Ort der Klopfentstehung oder auch die Rußintensität dargestellt werden. Für die Rußbildung im Brennraum wird eine Kennzahl (SRN – Soot Reference Number) je Verbrennungszyklus ermittelt, so dass eine quantitative Beurteilung des Verbrennungsprozesses möglich ist.



Klopfortbestimmung



Flammenkernbildung

## Vorteile der Auswerte-Software

- Bis zu 64 Messkanäle
- Ergebnisdarstellung in Echtzeit
- Ermittlung von Kennzahlen zur Quantifizierung
- Intuitive, menügeführte Oberfläche



Rußbestimmung



# Entwicklungsvorteil in Sicht

Jedes Untersuchungsziel bedarf einer Abwägung der zu wählenden Messtechnik. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Eignung der beschriebenen Methoden. Lassen Sie sich darüber hinaus von erfahrenen Ingenieuren von Kistler beraten, welcher messtechnische Ansatz je nach Untersuchungszweck und Entwicklungsziel am vielversprechendsten ist.

FOSP	MMSP	GMT	HIS
Fiber Optic Spark Plug	Multi Measuring Spark Plug	Global Measuring Technique	High-Speed Imaging System

Zündzeitpunkt	++	++		+
Funkenausbreitung	•			++
Flammenkernbildung	+	+		++
Flammenausbreitung				+
Untersuchung des Einspritzverhaltens				++
Klopferkennung zeitlich	++	++		•
Klopferkennung räumlich	++	++		•
Erkennung Vorentflammung	++	+	+	+
Lokalisierung Vorentflammung	+	+		+
Bestimmung Rußintensität	+	+	++	•
Bestimmung Rußtemperatur			++	•
Lokalisierung Rußbildung	+	+		++

- ++ sehr gute Ergebnisse
- + überdurchschnittliche Ergebnisse
- verwertbare Ergebnisse



Engineering Support und Expertise von Kistler vor Ort

## Feuer und Flamme für Ihr Entwicklungsprojekt

**So flexibel wie unsere Lösungen ist auch unser Service: Von der Beratung über die Einrichtung am Prüfstand bis zur Unterstützung von Messkampagnen mit passendem Equipment sorgen wir dafür, dass Sie das Optimum mit der optischen Verbrennungsanalyse erreichen.**

Die optische Verbrennungsanalyse ist eine innovative und komplexe Messtechnologie, die Fachwissen und Detailkenntnis voraussetzt: Fundierte Beratung durch den technischen Vertrieb in allen Phasen eines Projekts ist daher selbstverständlich. Wir untersuchen gemeinsam mit unseren Kunden, was machbar ist und mit welcher Lösung wir sie bestmöglich unterstützen können.

### **Umfassender Engineering-Support**

Kistler unterstützt seine Kunden auch direkt vor Ort bei der Inbetriebnahme und Optimierung: Dazu gehört vor allem die Anpassung der benötigten Messtechnik an den jeweiligen Motor sowie der fachliche Support bei der Einrichtung am Prüfstand. Außerdem stellen wir für Messkampagnen einzelne Komponenten der Messkette, etwa elektronische Geräte, auf Leihbasis bereit.

### **Messtechnik als Dienstleistung**

Sämtliche hier beschriebenen Leistungen aus dem Bereich der optischen Verbrennungsanalyse können auch als Dienstleistung erbracht werden. Das macht insbesondere dann Sinn, wenn die Umfänge noch gering sind oder nur einzelne Aggregate oder Features geprüft werden sollen. Kistler bietet Ihnen die gewünschte Flexibilität sowie Unterstützung nach Maß für Ihre Entwicklungsaufgabe – sprechen Sie uns an!



## Weltweit im Einsatz für unsere Kunden

Mit einem weltweiten Vertriebs- und Servicenetzwerk ist Kistler überall in der Nähe der Kunden. Rund 2.000 Mitarbeitende an über 60 Standorten widmen sich der Entwicklung neuer Messlösungen und bieten individuelle anwendungsspezifische Unterstützung vor Ort.

Erhöhter Wirtschaftlichkeit durch innovative Systeme

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.

Digitalisieren  
Synchronisieren  
Optimieren

Messen leicht gemacht  
Gesamtheitliche Messungen mit Kistler 5000 Technologie für Schwingungs-, Motor- und Motorleistungsdaten.

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.

R&D mit  
Kistler Lösungen

Motorenindizierung  
Zustandskontrolle für Produktion und Entwicklung

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.

Präzise Motorenindizierung im Fahrzeug und am Prüfstand

Indicating Power  
Kistler® - das Messer Indikationssystem von Kistler

www.kistler.com

www.kistler.com

www.kistler.com

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.kistler.com/de/loesungen](http://www.kistler.com/de/loesungen)

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

Die Produkte der Kistler Gruppe sind durch verschiedene gewerbliche Schutzrechte geschützt. Mehr dazu unter [www.kistler.com](http://www.kistler.com)  
Die Kistler Gruppe umfasst die Kistler Holding AG und alle ihre Tochtergesellschaften in Europa, Asien, Amerika und Australien.

Finden Sie Ihren Kontakt auf  
[www.kistler.com](http://www.kistler.com)

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.