



# Motoren auf dem Prüfstand

Druckmessung unter anspruchsvollen Einsatzbedingungen

Die FPT Motorenforschung AG in Arbon (Schweiz) entwickelt Motoren für die Fahrzeuge und Maschinen des Powertrain Segments von CNH Industrial. Rund 220 Mitarbeiter realisieren vor Ort die zukünftigen Produkte der FPT für Nutzfahrzeuge, Bau- und Landwirtschaftsmaschinen sowie für den Einsatz in Industrie und Marine. An insgesamt 30 Prüfständen werden die Motoren eingehend untersucht. Für die Messung ihrer Effizienz setzt die FPT Motorenforschung unter anderem auf die Drucktransmitter der Serie M5 der KELLER AG – der Schweizer Spezialist für Drucksensorik.

« Die Motoren, die wir in unserem Werk entwickeln und prüfen, erfüllen höchste Qualitätsanforderungen hinsichtlich Material, Emissionen und Effizienz. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, müssen wir auf unseren Prüfständen die Motoren auf alle Variablen testen, die Einfluss auf die Funktionsfähigkeit haben. Dafür brauchen wir genaue Messgeräte, die auch unter den speziellen, teilweise stark wechselnden und rauen Bedingungen innerhalb des Motors exakte und zuverlässige Ergebnisse liefern. »

Rainer Linsenmeyer, Leiter des Bereichs Test Engineering /  
Electronic Measurement bei der FPT Motorenforschung AG

## Technische Forschungsanforderungen in der M5-Bauform berücksichtigt

Die FPT Motorenforschung legt die Schwerpunkte der Entwicklung auf die Reduktion der Abgasemissionen, die hohe Leistungsdichte, die tiefen Kraftstoffverbräuche, die lange Lebensdauer sowie die maximale Zuverlässigkeit. Die Effizienz eines Motors hängt stark davon ab, wie drosselfrei die Luft in den Verbrennungsraum hinein- und die Abgase wieder herausströmen können. Der Druckbereich liegt dabei unter 10 bar. Wichtig ist vor allem eine hohe Genauigkeit und Dynamik der Messung, die mit absoluten Sensoren durchgeführt wird. Um diese be-

sonderen Anforderungen der Motorenprüfung zu erfüllen, hat KELLER AG die Serie M5 entwickelt. Diese sind an verschiedenen Stellen des Motors bei der Prüfung im Einsatz. Für eine gute Analyse der Druckverhältnisse bzw. Druckverluste ist es wichtig, an der Einlassseite so nah wie möglich an den einzelnen Zylindern zu messen. Eine zusätzliche Herausforderung ergibt sich durch die unterschiedliche Geometrie des Ansaugkollektors, weil dadurch die Zylinder unterschiedlich mit Luft versorgt werden. Dies gilt es soweit wie möglich zu vermeiden. Auch an der Auslassseite kann es durch die Verbrennungsgase der einzelnen Zylinder zu einer unerwünschten Wechselwirkung von Druckstößen bzw. Pulsationen kommen. Die Drucksensoren messen diese Vorgänge an Einlass- und Auslassseite ortsnah und phasentreu.

Im Bereich der Motorenprüfung ist es wichtig, dass die Sensoren unempfindlich gegen Körperschall sind, da die Geräusche bzw. Vibrationen des Motors nicht

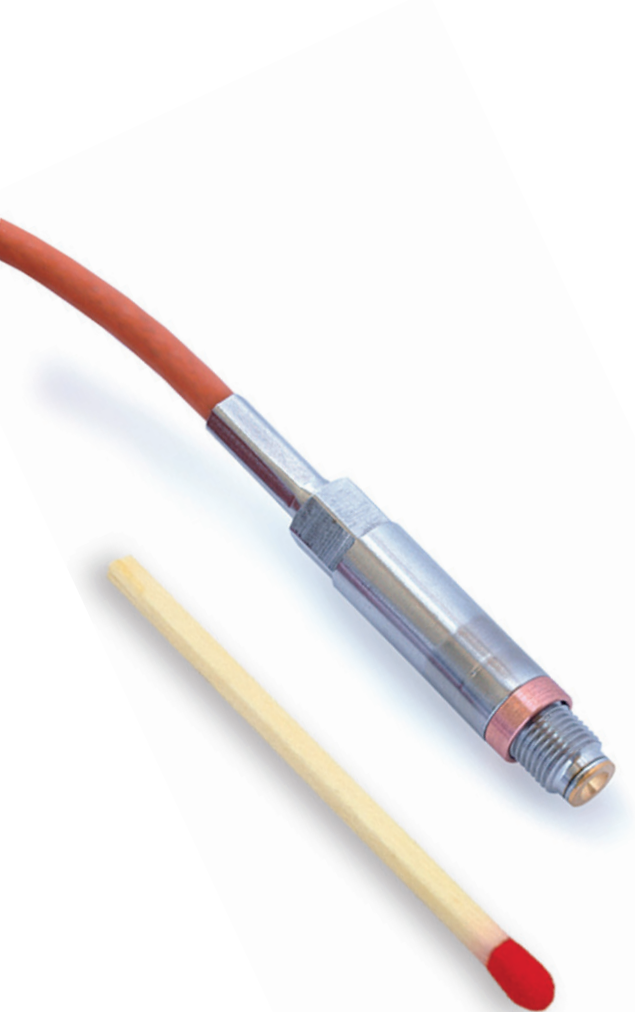
mitgemessen werden sollen. Der Messzugang sollte nach der Messung mit einem Verschlussstopfen verschlossen werden können und möglichst geringe Strömungseinflüsse aufweisen. Zudem können bei dieser Applikation Ausgleichsströme durch die Motorbatterie von bis zu 40 A erreicht werden, die den Sensor nicht beeinflussen dürfen. Bei der Entwicklung des M5-Sensors wurden diese Anforderungen konsequent umgesetzt. Darüber hinaus verfügt der Drucktransmitter über weitere Eigenschaften, die in diesem speziellen Einsatzgebiet von Vorteil sind:

Im Medienbereich sind keine Bonddrähte notwendig. Zwischen Sensor und Elektronik gibt es keine Stecker. So werden zusätzliche Übergangswiderstände und Fehlerquellen ausgeschlossen. Die Kabeleinführung ist hermetisch dicht (IP67), um äussere Einflüsse auf das Kabel zu minimieren. Allgemein ist die Elektronik extern angebracht und kann daher in einem beruhigten Bereich platziert werden.

### **Serie M5 – Ultraschnelle Miniatur-Druckaufnehmer**

Die Drucksensoren der Serie M5 HB zeichnen sich durch besonders schnelle und präzise Messungen mit einer Genauigkeit von 0,1 %FS bis 180 °C aus. Der Druckanschluss mit dem M5-Feingewinde ist für statische sowie dynamische Messungen, beispielsweise von Druckpulsationen, ausgelegt. Aufgrund der Miniatur-Bauform eignen sich diese Sensoren ideal für ortsnahe Messungen.

Wichtige Eigenschaften des Sensors sind das sehr geringe Totvolumen sowie ein gutes Entlüftungsverhalten. Die angewendete Rückseitentechnologie ohne Übertragungsmedium wird zudem verwendet, um die Dämpfung des Mess-Signals zu minimieren. Dabei wurde auf Dicht- und Klebstoffe, als auch auf Kapillarleitungen vollständig verzichtet.





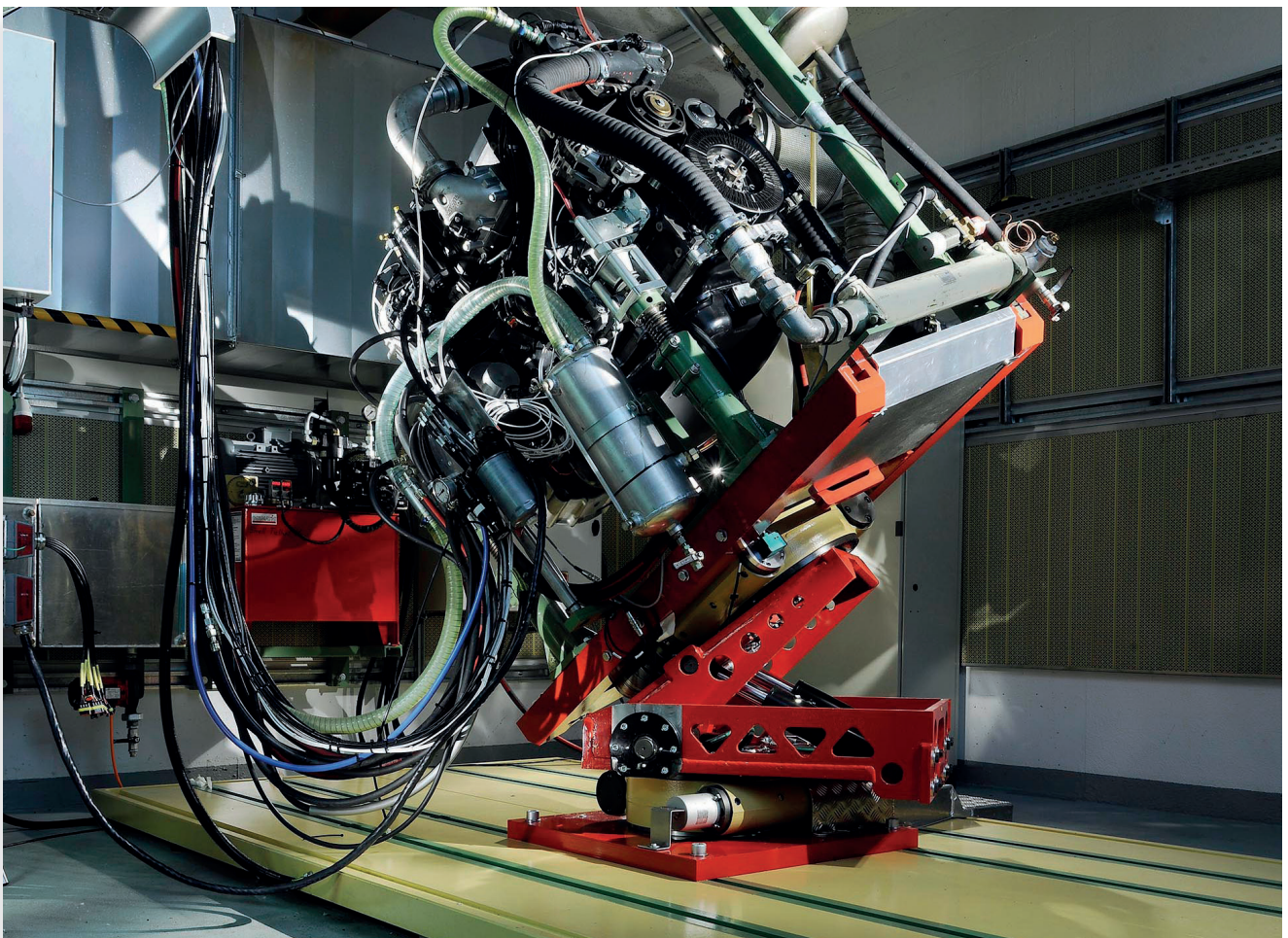
Damit die Strömungsverhältnisse nicht unnötig beeinflusst werden, sollte der Prozessanschluss so klein wie möglich sein und auch von der Handhabung her problemlos in Leitungen mit geringem Durchmesser eingebaut werden können. Dementsprechend ist auch die Masse des Sensors sehr gering und verträgt grosse Beschleunigungswerte.

Die Serie M5 ist mit und ohne Elektronik erhältlich. Bei der Entwicklung der Elektronik legte das Team der KELLER AG höchsten Wert auf die Signaltreue bis zur Grenzfrequenz von 50 kHz. Die Drucktransmitter M5 HB (d.h. mit Elektronik) wurden gemäss den technischen Spezifikationen der FPT Motorenforschung AG optimiert und sind nun seit über zwei Jahren im Einsatz.

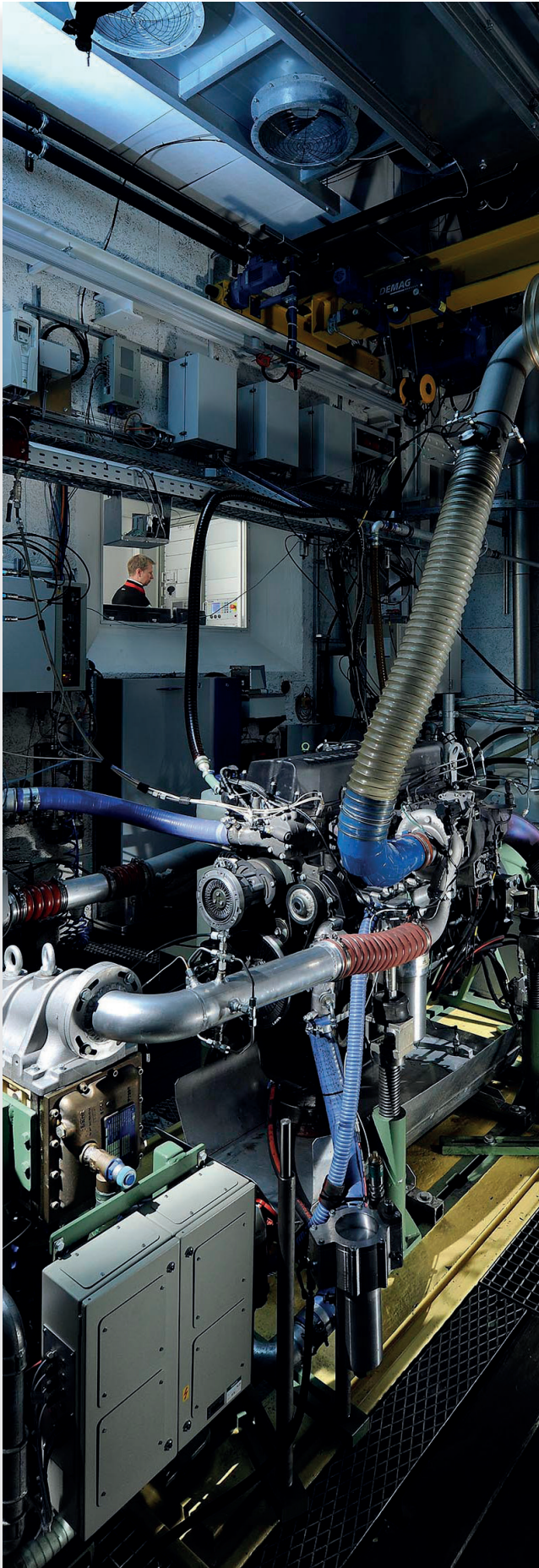
## **Vielfältige Verwendungsmöglichkeiten in der Motorenforschung**

Bei der FPT Motorenforschung werden die M5-Sensoren mit Elektronik flächendeckend an den Motorenprüfständen genutzt. FPT misst beispielsweise in Öl-, Kraftstoff- und Wasserpumpen, Injektoren-Leitungen, Ladeluftkühlern, Wärmetauschern sowie in Ansaug- und Auslasskanälen. Aus der Erfassung der Druckverhältnisse lassen sich Druckschwankungen, Druckspitzen oder allgemein ungewöhnliche Druckverhältnisse erkennen. Aufgrund dieser Werte können die Ingenieure noch einmal in das Design eingreifen. Die Bauteile und Parameter der ECU (Steuergerät) können dabei weiter optimiert werden.

Die gewonnenen Daten vereinfachen die Extrapolation der dynamischen Verhältnisse innerhalb der Motoren. Ein Pascal Druckverlust bei einem Volumenstrom von einem  $\text{m}^3/\text{s}$  – in diesem Bereich bewegen sich die Ansaugluft-







mengen von grossen Lastwagenmotoren – ergibt beispielsweise 1 Watt Verlustleistung. Dies bedeutet in der Praxis, dass ein Druckverlust von 50 Millibar allein 5 kW an Strömungsverlust verursacht. Um die Effizienz des Motors zu steigern, muss dieser Wert folglich so gering wie möglich gehalten werden.

Ein weiterer Einsatzbereich sind die Rücklaufleitungen der Injektoren. Aufgrund ihrer Bauart verursachen Injektoren durch Leckage und Kühlung einen Rückfluss. Die Druckverhältnisse in dieser Leitung werden ebenfalls gemessen und optimiert. Der Druckbereich liegt bei 1 bis 5 bar. Auch der Öldruck ist für die Effizienz der Motoren entscheidend. Bei niedrigen Drehzahlen ist dieser in Motoren in der Regel zu niedrig, bei hohen Drehzahlen hingegen eher zu hoch.

« Für die Messung des Öldrucks war es besonders wichtig, einen Sensor mit kleiner Bauform zu finden. Denn je kleiner dieser ist, desto geringer ist auch der Einfluss auf die wahren Strömungsverhältnisse. Ausserdem ist der Einbauort bei dieser Applikation oft sehr eng, ein Standard-Sensor kam da gar nicht in Frage. Der M5-Sensor erfüllt die Bedingungen bestens. Ein besonderer Vorteil ist, dass sich die Öffnungen für die Sensoren nach dem Test durch einen einfachen M5-Stopfen wieder sehr nahe am Originalzustand verschliessen lassen. Somit werden die Resultate anderer Prüfungen nicht durch eine Veränderung des Systems verfälscht. Wir freuen uns, mit dem M5-Sensor ein zuverlässiges Messinstrument für verschiedene Einsatzszenarien auf unseren Prüfständen gefunden zu haben. Mit KELLER AG verbindet uns bereits eine lange Partnerschaft und konstruktive Zusammenarbeit. Neben dem guten Preis-Leistungs-Verhältnis können wir uns darauf verlassen, dass wir bei technischen Problemen einen kompetenten Ansprechpartner haben. Da KELLER in der Schweiz produziert, ist die Qualität erwartungsgemäss hoch und wir haben kurze Lieferzeiten. »

Rainer Linsenmeyer, Leiter des Bereichs Test Engineering /  
Electronic Measurement bei der FPT Motorenforschung AG





**Die FPT Motorenforschung AG** ist eines von sieben Forschungs- und Entwicklungszentren der FPT Industrial, eine Tochtergesellschaft der CNH Industrial Gruppe, welche sich der Entwicklung, der Produktion und dem Verkauf von Antriebssystemen für Industriefahrzeuge widmet. Die FPT Motorenforschung AG nimmt dabei eine führende Rolle unter den Forschungs- und Entwicklungszentren des Powertrain Segments ein, was Innovationen und die Entwicklung neuer Technologien anbelangt. Die FPT Motorenforschung produziert und entwickelt seit 1982 in Arbon mit höchsten Qualitätsstandards. Dabei geht es nicht nur um Motoren, auch die Prüftechnik wird im Haus entwickelt. Bei der Auswahl einer Lösung für die Druckmessung berücksichtigte FPT neben technischen Spezifikationen und hoher Produktqualität auch kurze Lieferwege und guten Service. Mit der KELLER AG hatte das Unternehmen bereits langjährige, gute Erfahrungen gesammelt und einen Partner gefunden, dessen Produkte ebenfalls «Made in Switzerland» sind: «Wir haben schon seit einigen Jahren die X-Serie von KELLER für statische und dynamische Messungen im Einsatz. In der erfolgreichen Zusammenarbeit zeigen sich die Vorteile der räumlichen Nähe zwischen Anwender und Entwickler und die grosse Zuverlässigkeit, mit der sowohl die Experten als auch die Produkte von KELLER arbeiten,» führt Linsenmeyer aus.

**Die KELLER AG** verfügt über 40 Jahre Erfahrung in der Herstellung piezoresistiver Messtechnik und entwickelt seit den Anfängen kundenspezifische Drucksensoren für unterschiedlichste Applikationen. Ein wichtiger Pluspunkt ist zudem die grosse Flexibilität des Unternehmens, die es ermöglicht, Kundenwünsche entsprechend umzusetzen. «Die enge Zusammenarbeit mit unseren Kunden ist uns sehr wichtig. Von ihnen bekommen wir fruchtbare Anregungen für Weiterentwicklungen und wertvolle Erfahrungen aus den Anwendungsfällen. Besonders schön ist es natürlich, wenn die Wege so kurz sind wie bei der FPT Motorenforschung. Da können sich unsere Experten direkt vor Ort ein Bild machen und bei eventuellen technischen Problemen selbst Hand anlegen», erläutert Bernhard Vetterli, Entwicklungsleiter bei der KELLER AG für Druckmesstechnik.

