



Welche faszinierenden Möglichkeiten die voranschreitende Miniaturisierung in der Wegsensorik bietet

Winzlinge mit großer Wirkung

Intelligenz, Integrierbarkeit und Miniaturisierung sind aktuelle Trends in der Wegmesstechnik. Zudem werden immer mehr Messaufgaben, für die früher taktile Weg- und Positionssensoren verwendet wurden, heute berührungslos gelöst. Dass dieser Trend sich auch im Subminiaturbereich fortsetzt, beweisen winzige Wirbelstromsensoren von Micro-Epsilon, die wegen ihrer Abmessungen in völlig neue Anwendungsgebiete, wie Einsatz im Verbrennungsmotor, vordringen. Von Dipl.-Phys. Johann Salzberger

Die Anforderungen an Bauform und Abmessungen der Sensoren haben sich in den vergangenen Jahren wesentlich verschärft. Immer häufiger werden Miniatur- und Subminiatursensoren eingesetzt, die in Genauigkeit und Dynamik den herkömmlichen Sensorgrößen in nichts nachstehen. Nicht jedes physikalische Messverfahren lässt eine Sensorminiaturisierung zu. Besonders geeignet dafür ist das Wirbelstromverfahren. Damit werden heute Sensor-Winzlinge produziert, die nur rund 2 mm Frontdurchmesser haben, 4 mm lang sind und über ein integriertes Koaxialkabel mit 0,5 mm Durchmesser an den Controller angeschlossen werden.

Im Kolben integrierte Wirbelstrom-Miniatursensoren.



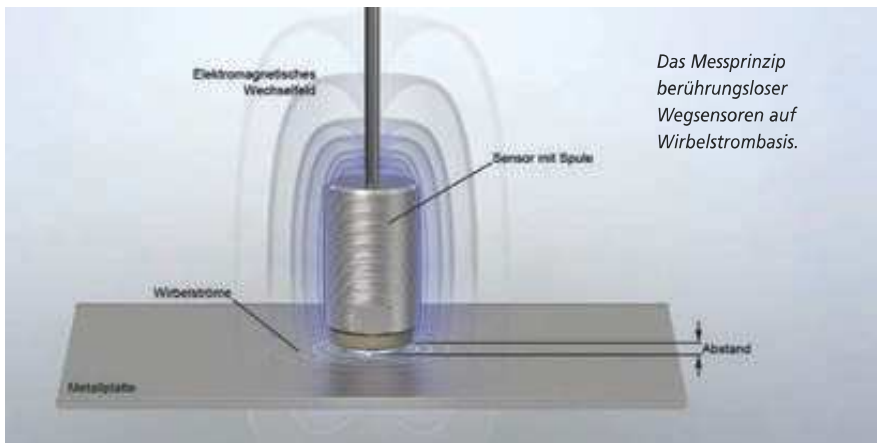
Physikalische Grundlagen des Wirbelstromprinzips

Das Wirbelstrom-Prinzip findet Anwendung bei Messungen an elektrisch leitenden Werkstoffen, die sowohl ferromagnetische als auch nichtferromagnetische Eigenschaften haben können. Eine in ein Sensorgehäuse eingebaute Spule wird von hochfrequentem Wechselstrom durchflossen. Das elektromagnetische Spulenfeld induziert Wirbelströme im leitfähigen Messobjekt, wodurch sich der resultierende Wechselstromwiderstand der Spule ändert. Diese Impedanzänderung bewirkt ein elektrisches Signal, das zum Abstand des Messobjekts zur Sensorspule proportional ist. Wirbelstromsensoren erfassen berührungslos und verschleißfrei Abstände gegen metallische Objekte. Mit der Wirbelstromtechnologie sind sie in der Lage, nanometergenaue Messungen durchzuführen. Die von der Sensorspule ausgehenden hochfrequenten Feldlinien dringen problemlos durch nichtmetallische Stoffe, wodurch Messungen sogar bei starker Verschmutzung, Druck und Öl ermöglicht werden. Diese besondere Eigenschaft ermöglicht darüber hinaus die Messung auf

kalische Messprinzip nichtlinear verläuft. Ein wichtiges Kriterium ist die Temperaturabhängigkeit des Wirbelstromeffekts. Ohne spezielle Temperaturkompensation sind Wirbelstromsensoren bei schwankender Umgebungstemperatur kaum einzusetzen. Durch die jahrelange Erfahrung auf dem Gebiet der Wirbelstrommessung bietet Micro-Epsilon temperaturkompensierte Lösungen.

Miniatur-Wegsensoren im Verbrennungsmotor

Zur konstruktiven Verbesserung von Verbrennungsmotoren, zur Wirkungsgradoptimierung sowie zur Verbrauchs- und Ausstoßreduzierung ebenso wie zur Schadensanalyse ist es notwendig, die thermischen und mechanischen Belastungen im Motor zu messen. Um eine hohe Aussagekraft der Messergebnisse sicherzustellen, müssen die Messungen unter Betriebsbedingungen gewonnen werden. Bei diesem Normalbetrieb des Motors (befeuerter Kolben) oder auch bei Schleppbetrieb werden die Messsysteme schwierigen Belastungen und Umweltbedingungen ausgesetzt, wie: hohe Temperaturen,



metallische Objekte, die mit Kunststoff überzogen sind, wodurch z.B. Schichtdicken erfasst werden können.

Klassische Vertreter des Wirbelstrom-Verlustprinzips sind die berührungslosen Wegsensoren der »eddyNCDT«-Reihe von Micro-Epsilon. Die Messsysteme arbeiten mit ausgefeilter Signalaufbereitungselektronik und elektronischer Linearisierung, die erforderlich ist, da das physi-

Umgebung mit Öl, Kraftstoff-Luft-Gemisch, Verbrennungsgase oder Kühlwasser, Vibrationen und Druck. Für die Messung von Bewegungen, Positionen oder Spaltbreiten bewähren sich berührungslos arbeitende Wegsensoren auf Wirbelstrombasis seit vielen Jahren bestens. Die sehr gute Umweltverträglichkeit des Wirbelstromverfahrens macht den Einsatz dieser Art Wegsensoren in Verbrennungsmotoren unter »



Normalbetrieb möglich. Schmieröl, Kraftstoffe oder Verbrennungsgase im Messspalt oder in der Sensorumgebung beeinflussen die Messergebnisse auch unter schwierigsten Bedingungen nur unwesentlich. Durch die berührunglose Messung der Wege lassen sich auch sehr schnelle Vorgänge ohne Rückwirkung auf das Messobjekt und ohne Verschleiß erfassen.

Einsatz im Verbrennungsmotor

In aktuellen Projekten werden die winzigen Wegsensoren bereits heute eingesetzt, um verlässliche Aussagen über die dynamischen Vorgänge im Verbrennungsmotor treffen zu können:

- Abstand von Zylinderblock zu Zylinderkopf (»Atmen der Kopfdichtung«)
- Abstand des Kolbens oder der Ringe von der Zylinderwand oder Laufbuchse
- Ventilbewegung/Ventilstellung
- Oberer Totpunkt des Kolbens

Im Verbrennungsmotor werden Wirbelstrom-Wegsensoren an verschiedenen Punkten eingebaut. Sensoren in feststehenden Motorteilen lassen sich mit relativ geringem Aufwand montieren. Die Verlegung des Sensorkabels bereitet hier keine großen Probleme. Um einige Grade schwieriger wird der Einbau von Wegsensoren in bewegte Motorteile (Kolben, Pleuel, Kurbelwelle). Hier stellt sich dem Ingenieur das Problem der Übertragung der Signale vom bewegten Teil auf den stationären Motorblock: Übertragung durch Schleifenringe oder Funk scheidet wegen der hohen Anzahl an verschiedenartigen Messkanälen und wegen Dimensionsproblemen aus. Insbesondere bei Wirbelstromsensoren sind Übertrager im Sensorkabel ohne Beeinflussung der Messgenauigkeit und Zuverlässigkeit nicht zu realisieren. Dazu wurden von Anwenderseite sogenannte »Schwingen« konstruiert. Diese tragen die Sensor- und Messkabel der diversen Messkanäle. Die Schwinde ist zum einen am Kolbenbolzen oder am oberen Pleuellauge gelagert und be-

ring von vielen Stunden und ist damit für umfangreiche Versuchsreihen geeignet. Die Installation von miniaturisierten Wirbelstrom-Wegsensoren im Verbrennungsmotor, insbesondere auf bewegten Motorteilen, erfordert Know-how, Geschick und Zeit. Der Aufwand lohnt sich jedoch allemal, da mit diesen Sensoren zuverlässige Messdaten über mechanische Eigenschaften von Motoren gewonnen werden. Diese Daten und Erkenntnisse tragen wesentlich zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Motoren bei.

Fazit und Ausblick

Der technologische Fortschritt und die ständige Suche nach leistungsfähigeren und zuverlässigeren Maschinen und Anlagen schaffen immer wieder neue Messaufgaben und damit neue Anwendungsfelder für Weg-, Abstands- und Positionssensoren. Dies trifft ganz besonders auf die Bereiche Automobil, Maschinenbau und elektrotechnische Industrie zu. Aufgaben, die heute

Exemplarische Darstellung der Konzentritätsmessung der Kurbelwelle.



Messung der Axialbewegung an der Kurbelwelle.



- Düsennadelbewegung in der Einspritzpumpe oder im Injektor
- Wellenbahn und Verlagerung im Kurbelwellenhauptlager
- Verlagerungsbahn des Zapfens im oberen Pleuellager
- Axiale und radiale Bewegung der Pleuelringe in der Pleuellage
- Lage des Pleuels relativ zur Pleuellage während des gesamten Pleuelhubs (Pleuelsekundärbewegung)
- Verlagerungsbahn und Schwingungen im unteren Pleuellager

wegt sich mit diesem auf und ab. Die zweite Lagerung ist ortsfest am Kurbelgehäuse. Von dort ist eine unproblematische Weiterführung zu den Verstärkern möglich. Die kritische Stelle ist für die Kabelführung und -beanspruchung im mittleren Schwinggelenk konzentriert. An den Gelenkpunkten werden die Kabel durch die Mittelachse geführt und damit ausschließlich auf Torsion beansprucht. Zur Verlegung auf der Schwinde werden spezielle teflonisierte Koaxialkabel mit äußerst geringem Außendurchmesser verwendet. Eine derart aufgebaute und sorgfältig installierte Schwinde hat eine Lebensdauer der Kabelfüh-

noch latent und damit nicht aktuell sind, können schon morgen durch schärfere Anforderungen an die Sensorhersteller herangetragen werden. Deshalb sind variable und schnell modifizierbare Sensorprinzipien und -konzepte in Verbindung mit flexiblen mittelständischen Unternehmensstrukturen in der Wegsensorik morgen noch wichtiger als heute. (TR)

Zum Autor: Dipl.-Phys. Johann Salzberger ist Geschäftsführer von Micro-Epsilon Messtechnik.



INFOLINK: www.micro-epsilon.de