

# Winzige Sensoren mit großer Wirkung

**Wirbelstromsensoren im Miniaturformat zur Weg- und Positionsmessung erobern neue Anwendungsbereiche, etwa beim Einsatz in Verbrennungsmotoren.**

Dipl.-Phys. Johann Salzberger\*

Die Anforderungen an Bauform und Abmessungen der Sensoren sind in den vergangenen Jahren gestiegen. Immer häufiger werden Miniatur- und Subminiatur Sensoren eingesetzt, die in ihrer Genauigkeit und Dynamik den herkömmlichen Sensorgrößen in nichts nachstehen. Ein typisches Anwendungsfeld dafür sind Weg- und Positionsmessungen im und um den Verbrennungsmotor.

Für eine Sensorminiaturisierung besonders geeignet ist das Wirbelstromverfahren. Damit werden heute Sensorwinzlinge mit einem Frontdurchmesser von lediglich 2 mm und 4 mm Länge produziert; sie werden über ein integriertes Koaxialkabel mit 0,5 mm Durchmesser an den Controller angeschlossen.

Das Wirbelstrom-Prinzip findet Anwendung bei Messungen an elektrisch leitenden Werkstoffen mit ferromagnetischen oder nicht-ferromagnetischen Eigenschaften. Dabei wird eine Spule im Sensorgehäuse von hochfrequentem Wechselstrom durchflossen. Das elektromagnetische Spulenfeld induziert im leitfähigen Messobjekt Wirbelströme, wodurch sich der Wechselstromwiderstand der Spule ändert. Diese Impedanzänderung bewirkt ein elektrisches Signal, das dem Abstand des Messobjekts zur Sensorspule proportional ist. Wirbelstromsensoren erfassen berührungslos und verschleißfrei

Abstände im Nanometerbereich gegen metallische Objekte.

Die von der Sensorspule ausgehenden hochfrequenten Feldlinien dringen problemlos durch nichtmetallische Stoffe, was Messungen bei starker Verschmutzung, Druck und Öl ermöglicht. Diese besondere Eigenschaft ermöglicht darüber hinaus die Messung von metallischen Objekten, die mit Kunststoff überzogen sind.

Klassische Vertreter des Wirbelstrom-Verlustprinzips sind die berührungslosen Wegsensoren der eddyNCDT-Reihe. Die Messsysteme arbeiten mit ausgefeilter Signalaufbereitungselektronik

und elektronischer Linearisierung, die erforderlich ist, da das physikalische Messprinzip nichtlinear verläuft.

**Hohe Temperaturschwankungen erfordern spezielle Kompensation**

Ein wichtiges Kriterium ist die Temperaturabhängigkeit des Wirbelstromeffekts. Ohne spezielle Temperaturkompensation sind Wirbelstromsensoren bei schwankender Umgebungstemperatur kaum einzusetzen. Dank jahrelanger Erfahrung auf dem Gebiet der Wirbelstrommessung bietet Micro-Epsilon temperaturkompensierte Lösungen. 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 Schlepptreib werden die Messsysteme schwierigen Belastungen und Umweltbedingungen ausgesetzt, wie:

hohe Temperaturen, Umgebung mit Öl, Kraftstoff-Luft-Gemisch, Verbrennungsgasen oder Kühlwasser, Vibrationen und Druck.

Für die Messung

**Wirbelstrom-Miniatursensoren können sogar in die Kolben von Verbrennungsmotoren integriert werden, um etwa dessen Bewegungen oder Positionen zu erfassen.**



\*Dipl.-Phys. Johann Salzberger ist Geschäftsführer Marketing und Vertrieb der Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co. KG in Ortenburg.

von Bewegungen, Positionen oder Spaltbreiten haben sich berührungslos arbeitende Wegsensoren auf Wirbelstrombasis seit vielen Jahren bewährt. 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 berührungslose Messung der Wege lassen sich auch sehr schnelle Vorgänge ohne Rückwirkung auf das Messobjekt verschleißfrei erfassen.

### Verlässliche Aussagen über Vorgänge in einem Verbrennungsmotor

Die winzigen Wegsensoren werden 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
- ▶ Ventiltbewegung / Ventilstellung
- ▶ Oberer Totpunkt des Kolbens
- ▶ 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 Pleuenut
- ▶ Lage des Pleuels relativ zur Pleuelwand während der gesamten Pleuelbewegung (Pleuelsekundärbewegung)
- ▶ Verlagerungsbahn und Schwingungen im unteren Pleuellager.

Im Verbrennungsmotor werden Wirbelstrom-Wegsensoren an verschiedenen Punkten eingebaut. In feststehenden Motorteilen lassen sie sich mit relativ geringem Aufwand montieren. Die Verlegung des Sensorkabels bereitet hier kaum Probleme. Schwieriger wird der Einbau von Wegsensoren in bewegte Motorteile (Kolben, Pleuel, Kurbelwelle). Hier stellt sich das Problem der Signalübertragung vom bewegten Teil

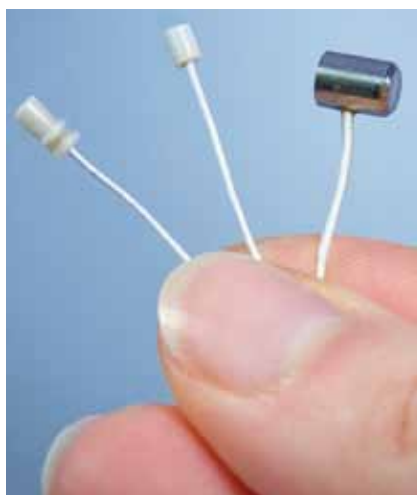


Bild: Micro-Epsilon

Miniatursensoren von Micro-Epsilon gibt's in verschiedenen Varianten.

auf den stationären Motorblock: Übertragung durch Schleifenringe oder Funk scheidet wegen der vielen Messkanäle und wegen Platzproblemen aus. Insbesondere bei Wirbelstromsensoren sind Übertrager im Sensorkabel ohne Beeinflussung der Messgenauigkeit und Zuverlässigkeit nicht zu realisieren. Als Lösung dienen sogenannte Schwingen: Sie tragen die Sensor- und Messkanäle der diversen Messkanäle. Eine solche Schwinge ist zum einen am Pleuelbolzen oder am oberen Pleuellager gelagert und bewegt sich mit. Zum anderen ist sie fest am Pleuelgehäuse angebracht. Von dort ist eine Weiterführung zu den Verstärkern möglich. Zur Verlegung auf der Schwinge werden spezielle teflonisolierte Koaxialkabel mit äußerst geringem Außendurchmesser verwendet. Eine Schwinge hat eine Lebensdauer von vielen Stunden. Die Installation von miniaturisierten Wirbelstrom-Wegsensoren im Verbrennungsmotor, insbesondere auf bewegten Motorteilen, erfordert Know-how, Geschick und Zeit. Der Aufwand lohnt sich jedoch, 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.

Micro-Epsilon (jv) Tel. +49-8542-168-0

### konstruktionspraxis einmalige 4-falt

- ▶ Das Thema Sensortechnik ist wieder ein Schwerpunkt in der Oktoberausgabe der konstruktionspraxis.
- ▶ Den Video-Kanal von Micro-Epsilon auf YouTube erreichen Sie über folgenden Link: [bit.ly/ZwZJoJ](http://bit.ly/ZwZJoJ).
- ▶ Micro-Epsilon auf der Sensor+Test vom 14. bis 16. Mai 2013 in Nürnberg: Halle 12, Stand 337.
- ▶ Weitere Informationen zu den Wirbelstromsensoren von Micro-Epsilon im internet: [bit.ly/14ytj1N](http://bit.ly/14ytj1N)

PRINT

DIGITAL

EVENTS

SERVICES