

# Vom Asphalt bis zur Milchstrasse

*Kapazitiven Wegsensoren hängt noch immer der Ruf an, vor allem für saubere und trockene Umgebung geeignet zu sein. Doch als industrieoptimierte Ausführungen, wie sie Micro-Epsilon in der «CapaNCDT»-Serie konzipiert hat, bringen kapazitive Sensoren in industriellen Anwendungen wahre Höchstleistungen – aber nicht nur dort.*

Kapazitive Sensoren messen Änderungen in einer elektrischen Eigenschaft, die als Kapazität bezeichnet wird. Dabei handelt es sich um die Fähigkeit eines Körpers oder von Leiteranordnungen, elektrische Ladung zu speichern. Die kapazitiven Sensoren von Micro-Epsilon basieren auf dem Prinzip des idealen Plattenkondensators. Das elektrische Feld befindet sich hier ausschließlich zwischen den beiden leitenden Objekten im aktiven Messbereich, also zwischen dem Sensor und dem leitfähigen Messobjekt. Die Sensorelektrode wird mit einem Wechselstrom konstanter Frequenz und Amplitude gespeist, wodurch die Amplitude der resultierenden Spannung proportional zum Abstand der beiden Objekte ist.

Die kapazitiven Sensoren der Serie CapaNCDT sind in unterschiedlichen Ausführungen verfügbar. Die zylindrische Bauform ist die geläufigste Bauform. Neuartige zylindrische Wegsensoren von Micro-Epsilon sind mit einem Montagegewinde ausgestattet und können einfach eingeschraubt oder mit einer Mutter fixiert werden. Neben der zylindrischen Bauform werden auch Flachsensoren angeboten, die einen wesentlich geringeren Bauraum erfordern. In der Platinenausführung sind kapazitive Sensoren zur Integration in schmale Einbaueinheiten geeignet.

Die kapazitiven Sensoren decken Messbereiche von 50 µm bis zehn Millimeter ab und sind dadurch laut Anga-



**Die kapazitiven Sensoren von Micro-Epsilon messen auch in Industrieumgebungen äusserst präzise mit Submikrometergenauigkeit. Sie sind temperaturstabil, robust und flexibel einsetzbar, auch in Umgebungen mit wechselnden Temperaturen oder mit Magnetfeldern. (Bilder: Micro-Epsilon)**

ben des Herstellers für zahlreiche Messaufgaben geeignet. Die Sensoren sind entweder mit Steckverbindung oder mit integriertem Kabel ausgestattet. Für die Sensorkonstruktion kommen verschiedene Gehäusematerialien und Fertigungstechnologien zum Einsatz. Neben der Standardausführung aus Edelstahl beziehungsweise Invar sind auch Sensoren aus Titan erhältlich, die für Messaufgaben im Vakuum geeignet sind.

In industriellen Umgebungen schwankt die Temperatur häufig sehr stark. Materialien dehnen sich bei hohen Tem-

peraturen aus und ziehen sich bei niedrigen zusammen. Dadurch verändert sich auch der Abstand zwischen Sensor und Messobjekt. In Bereichen mit starken Temperaturschwankungen bieten die kapazitiven Sensoren von Micro-Epsilon bei Werten von -270 bis 200 °C eine äusserst hohe Temperaturstabilität von 5 ppm. Die Langzeitstabilität liegt bei  $\pm 0,002$  % d.M./Monat. Für weitaus höhere Temperaturbereiche sind Sonderbauformen mit Keramik möglich.

Äusserst temperaturstabile und robuste Sensoren werden unter anderem bei der berührungslosen Erfassung der «Disc Thickness Variation» von Bremscheiben gefordert. Nur bei gleichmässiger Scheibendicke kann eine Bremsanlage ihre maximale Effizienz erreichen. Unebenheiten, Schläge oder Abriebe auf der Oberfläche der Scheibe führen zu Kontaktverlust der Bremsbeläge und verringern somit die Bremswirkung. Das System «CapaNCDDT DTV» arbeitet hochauflösend und kann dadurch Abweichungen bis unter einem Mikrometer sowohl bei Raumtemperatur im Prüfstand als auch bei Bremscheiben-Temperaturen von rund 600 °C im Fahrversuch bestimmen. Speziell für die Vermessung von Bremscheiben wurde ein innovativer Vierkanal-Flachsensoren CSH1, 4FL konzipiert. Wegen seines robusten Aufbaus ist er für raue Umgebungsbedingungen von der Produktionsüberwachung und Qualitätsprüfung über den Prüfstand bis hin zum Versuchsfahrzeug geeignet.

Die aussergewöhnliche Temperaturstabilität der Sensoren zeigt sich auch bei Messaufgaben für die Weltraumforschung. In Gebieten, die der Sonne abgewandt sind, herrschen tiefste Temperaturen von bis zu -271 °C, die sich kurz vor dem absoluten Nullpunkt und somit im kryogenen Temperaturbereich befinden. In Flugbahnen, bei welchen die Bauteile der Sonne zugewandt sind, werden diese dagegen sehr heiss, und die Temperaturen steigen dort schnell auf mehr als 200 °C an. Ausserdem herrscht statt der Erdatmosphäre ein Vakuum. Alle Komponenten, die bei Raumfahrtmissionen eingesetzt werden, müssen diesen extremen Bedingungen standhalten. Das Material sollte sich beispielsweise nicht thermisch ausdehnen, möglichst ausgasungsfrei und strahlungsbeständig sein. In Bezug auf Messtechnik sind drei Faktoren entscheidend: Robustheit, Zuverlässig-

keit und eine lange Lebensdauer. Auch im Ultrahochvakuum leisten die CapaNCDDT-Sensoren präzise Arbeit. Zur Weiterentwicklung von Beschleunigertechnologien verfolgt das Helmholtz Zentrum Berlin mit dem Projekt «Berlin Pro» das Ziel, einen «Energy Recovery Linac» (Linearbeschleuniger mit Energierückgewinnung) auf eine neue technologische Basis zu stellen. Dabei setzt das Helmholtz Zentrum auf präzise Messtechnik von Micro-Epsilon. Um die Quelle der zu beschleunigenden Elektronenpakete zu optimieren, wird eine Fotokathode in einer supraleitenden Hochfrequenz-Elektronengun eingesetzt. Die so erzeugten Elektronenpakete bleiben bei weiterer Beschleunigung kompakter als die aus anderen Quellen und können unter anderem zur Gewinnung qualitativ besserer Röntgenstrahlung genutzt werden. Die Ausrichtung der Elektronenquelle in dem Projekt erfolgt mit drei kapazitiven Flachsensoren in Verbindung mit einem DT6220-Controller. Dabei wird die Verkippung sowie die Lageänderung der Halterposition beim Abkühlen von Raumtemperatur auf Temperaturen von zwei Kelvin (-271 °C) erfasst. Die Kombination der hier vorherrschenden Umgebungsbedingungen aus tiefen Temperaturen im Bereich der physikalisch unteren Grenze, Ultrahochvakuum, Röntgenbremsstrahlung und schwacher Hochfrequenz-Störfelder sowie die Anforderungen an Sensorbauform, Temperatur- und Langzeitstabilität führten zur Auswahl des kapazitiven Messsystems DT6220 von Micro-Epsilon. Dank des modularen Aufbaus können alle drei Messstellen mit nur einem Controller erfasst werden.

Kaum ein anderes System kann Linearitätsabweichungen bis 0,005 Prozent besser über den ganzen Messbereich erfassen. Trotz vergleichsweise hoher Leitungskapazitäten bis zu 1 nF ( $1 \times 10^{-9}$  F) lässt sich bei Micro-Epsilon-Sensoren die Messkapazität auf circa 0,25 aF ( $0,25 \times 10^{-18}$  F) auflösen, ein Verhältnis von 1:4.000.000.000. Erreicht wird dies durch Feinheiten in den Komponenten, vom Sensor über das Sensoranschlusskabel bis in den Controller. Jeder kapazitive Sensor kann ganz ohne aufwendige Kalibrierung mit einem beliebigen Controller von Micro-Epsilon verwendet werden. (jvo) ■