



# messen prüfen automatisieren

- 64** Optische Messtechnik in der Produktion
- 68** Von der Einzeldistanzmessung bis zu räumlich aufgelösten Informationen
- 69** LED und Laserlicht für kleine Querschnitte
- 70** Temperaturmessung zwischen den Welten
- 72** Schnelle optische Messtechnik
- 74** Produkte, Komponenten, Systeme



## Sonderteil Optische Fertigungsmesstechnik

# Optische Messtechnik in der Produktion

**Optische Messverfahren für die industrielle Qualitätskontrolle sind in vielen Prozessen und Produktionsbereichen unverzichtbar. Dazu gehört auch die in der Automobilproduktion angewendete Oberflächeninspektion mittels Deflektometrie.**

Optische Messmethoden machen Fertigungsprozesse sicherer und zuverlässiger. Die optimierten Abläufe sparen Rohstoffe und Energie, verbessern die Qualität der Produkte und senken Herstellkosten. Sensorik- und Messtechnikspezialist Micro-Epsilon setzt verschiedene optische Messverfahren für Weg, Abstand, Position, Dimension und Oberfläche ein: Vom einfachen Punktlaser-Sensor bis zu komplexen 3D-Messsystemen.

## **Einfach in der Handhabung: Punktlaser-Triangulationssensoren**

Die Punktlaser-Sensoren zählen zu den berührungslosen Standardmessverfahren. Bei der Lasertriangulation kann über die Dreiecksbeziehung »Laserdiode – Messpunkt auf dem Messobjekt – CCD-Zeile« der Abstand zum Messobjekt proportional bestimmt werden. Die Messauflösung reicht bis in den Bruchteil eines Mikrometers. Die Daten werden über den externen oder internen Controller ausgewertet und über verschiedene Schnittstellen ausgegeben. Die Intensität der reflektierten Strahlung ist von der Oberfläche des Messobjektes abhängig. Des-

halb regelt die von Micro-Epsilon entwickelte RTSC-Software (Real Time Surface Compensation) Intensitätsänderungen aus.

Das optische Prinzip erlaubt je nach Bauart Messabstände über 1 m, dabei bleibt der Messpunktdurchmesser relativ klein. Diese Vorteile kommen bei der Vermessung von Aufzugsschienenprofile in der Produktionslinie zur Geltung. Die optischen Sensoren optoNCDT von Micro-Epsilon sind in einem C-förmigen Messbügel auf einem Positionsschlitten befestigt. Bei der Messfahrt wird der Messbügel entlang der Präzisionsschiene erfasst. Das vollautomatische System erfasst die Abweichung von der Gradheit auf  $\pm 0,2$  mm in beiden Achsen, die Profillänge sowie

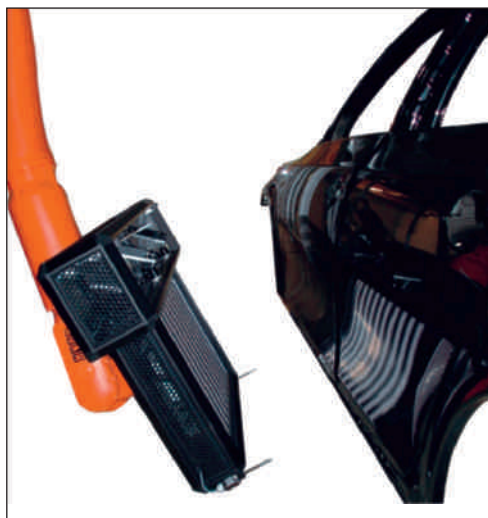


die Dicke des Schienenstegs auf  $\pm 0,02$  mm in zwei Spuren. Hieraus wird ein Maß für die Parallelität der Laufflächen abgeleitet.

Das Messergebnis wird archiviert und auf dem Monitor grafisch dargestellt. Schienen außerhalb der profilspezifischen Toleranzvorgabe werden farbcodiert. Zur Reduzierung von Messfehlern erfolgt kontinuierlich eine automatische Kalibrierung der Messköpfe auf einem Vergleichsnormal.

## **Extrem präzise: konfokalachromatische Messsysteme**

Beim konfokalen Messverfahren wird die Unschärfe des Brennpunkts der verschiedenen Farben des weißen Lichts ausgedehnt und über Sammellinsen entlang einer Fokusslinie senkrecht zum Messobjekt gebündelt, so dass die Entfernung des Messobjektes einer bestimmten Position auf des reflektierten Strahls auf der CCD-Zeile des Sensors entspricht. Die Beschaffenheit der Oberfläche hat keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Messung. Selbst reflektierende oder transparente Oberflächen misst das System präzise. Somit kann mit dem konfokalen Messprinzip auf hoch reflektierenden Materialien (z. B. Metall) genauso zuverlässig gemessen werden, wie auf schwarzem Gummi, Kunststoff, Papier, Vlies und Flüssigkeiten. Der Messfleck ist je nach Typ des Sensors nur wenige Mikrometer groß und bleibt auch bei wechselnden



**Lackinspektionssystem für glänzende Oberflächen reflect-CONTROL revolutioniert die Oberflächeninspektion in der Automobilproduktion.**

### **Der Autor**



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

Messabständen konstant. Dadurch lassen sich sehr hohe Auflösungen in alle Richtungen realisieren.

Ein interessantes Beispiel für den Einsatz konfokaler Sensoren ist die Füllhöhenmessung. In der Produktion von Kondensatoren müssen Rohlinge in eine Wanne mit Lösungsmittel eingetaucht werden. Um die Haltbarkeit und Kurzschlussicherheit der Kondensatoren sicherzustellen, ist es notwendig, die Rohlinge möglichst exakt einzutauchen. Die geforderte Genauigkeit der Füllhöhe beträgt 50 µm. Zum Einsatz kommt ein konfokaler Sensor, der in einem Leerrohr mit einem O-Ring montiert ist. Die Lösungsmitteldämpfe werden durch diese Konstruktion von der Optik abgehalten. Zusätzlich wird das Leerrohr beheizt, wodurch verhindert wird, dass die Lösungsmitteldämpfe an der Optik kondensieren. Der Controller, an dem der Sensor über einen 10 m langen Lichtwellenleiter angebracht ist, befindet sich außerhalb des Ex-Schutzbereiches.

## Für große Abstände: Laser-Distanz-Sensoren

Laser-Distanz-Sensoren der Serie optoNCDT ILR von Micro-Epsilon erfassen Abstände bis zu 150 m



**Punkt-Laser-Sensoren optoNCDT zählen zu den berührungslosen Standardmesssystemen.**

und werden häufig in der Logistik, an Kränen oder zur Durchmessererfassung eingesetzt. Die optoNCDT ILR 118x Sensoren arbeiten nach dem »Phasen-Vergleichsverfahren« und sind daher deutlich genauer als herkömmliche Sensoren, die mit dem »Time-of-Flight Prinzip« arbeiten. Das »Phasen-Vergleichsverfahren« erfasst den Abstand mit hochfrequentem moduliertem Laserlicht der Klasse II. Signale mit geringer Amplitude und konstanter Frequenz werden zum Messobjekt gesendet. Je nach Entfernung des Objekts verändert der Abstand die Phasenbeziehung zwischen gesendeten und empfangenen Signal. Damit können Wiederholgenauigkei-

ten von < 0,5 mm erreicht werden. Wichtig dabei ist, dass die Oberfläche des Messobjekts ausreichend reflektierend ist. Diese Eigenschaft wird in der Praxis bei nicht ausreichender Reflexion durch eine spezielle Reflektortafel unterstützt.

Laser-Distanz-Sensoren eignen sich auch für Anwendungen an glänzenden Messobjekten, z. B. Metallcoils. Herkömmliche optische Sensoren werden durch die glänzende Oberfläche vieler Metallcoils negativ beeinflusst, es entsteht überproportional großes Rauschen. Ein Vorteil des optischen Messverfahrens ist, dass verschiedene Filter vor die Optik gesetzt werden können, um das Signal aufwerten zu können. Durch einen geeigneten Messaufbau kann mit optoNCDT ILR Sensoren auf glänzende Metalle gemessen werden. An der Haspel montiert, messen sie direkt auf die Fläche des Coils. Bereits die geringe Intensität des diffus reflektierten Anteils bei einer Direktreflexion des Laserlichts reicht für eine exakte Distanzbestimmung aus.

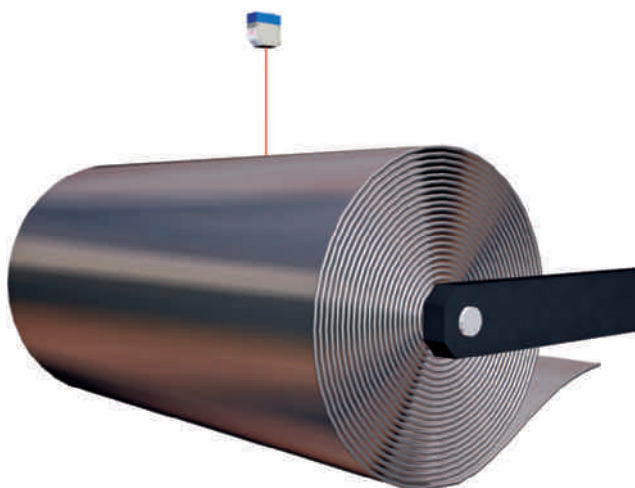
Weitere Anwendung für Laser-Distanz-Sensoren in der Metallverarbeitung ist die Messung des Loops in Kalt- und Warmbandstraßen. Die Loop sind nötig, um Spannungen im Walzgut zu kontrollieren und die Abspul- und Abzugsgeschwindigkeit zu regeln. Die variable Tiefe des Loops wird ebenfalls mit optoNCDT ILR Sensoren erfasst.

## Für 2D-/3D-Profilmessung: Laser-Linien-Triangulationssensoren

Laser-Linien-Triangulationssensoren, auch Laser-Scanner genannt, besitzen eine integrierte, hoch empfindliche CMOS-Matrix. Sie ermöglicht Messungen auf fast allen glänzenden, spiegelnden oder transparenten Oberflächen unabhängig von der Oberflächenreflexion. Die aufwändige Elektronik liefert eine hohe Genauigkeit, Auflösung und Datensicherheit bei einer



**Konfokal-chromatische Sensoren confocalDT zeichnen sich durch die nanometergenaue Auflösung.**



Laser-Distanz-Sensoren weisen entscheidende Vorteile gegenüber den herkömmlichen optischen Sensoren bei der Messung auf Metallcoils.



Laser-Linien-Scanner scanCONTROL werden für die Profil- und Konturmessung im laufenden Fertigungsprozess eingesetzt. Abb.: Micro-Epsilon

hohen Messrate. Eine Laserdiode projiziert über eine spezielle Optik eine Laserlinie auf das Messobjekt. Das von der Oberfläche reflektierte Licht wird durch eine CMOS-Matrix detektiert. Zusammen mit der Information über die Distanz (z-Achse), berechnet der Controller die Position der Messpunkte entlang der Laserlinie (x-Achse) und gibt beide Werte als 2D-Koordinate aus. Ein bewegtes Messobjekt oder ein bewegter Sensor erzeugen ein 3D-Abbild des Objektes.

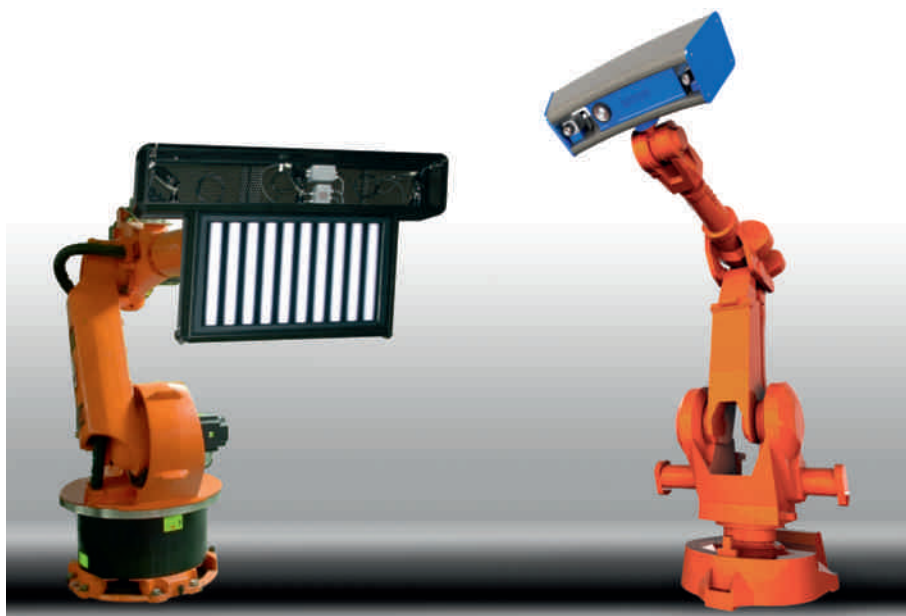
Laser-Scanner werden eingesetzt zur Profil- und Konturmessung im laufenden Fertigungsprozess von endlos produzierten Erzeugnissen (Extrusion, Walzen, Ziehen, etc.) oder von einzelnen Teilen, z. B. am Prüfstand für Reifen. Traditionelle taktile Prüfverfahren können nicht direkt in der Fertigungsstraße eingesetzt werden. Außerdem nutzen sich die Prüfspitzen ab, die Messung kann daher ungenau ausfallen. Im beschriebenen Beispiel werden Laser-Scanner scanCONTROL eingesetzt.

Dabei werden die Reifen automatisch aus der Linie zugeführt, fixiert und in 1 Sekunde um 360° gedreht. In dieser Zeit überprüfen drei Scanner scanCONTROL in Echtzeit alle drei Seiten des Reifens. Der Prüfstand visualisiert die Reifenober-

fläche, blendet die Reifenbeschriftung aus, filtert die Daten, stellt laterale und radiale Unwucht fest, führt eine Schwingungskontrolle durch, überprüft die Reifengröße und vergleicht den Grad eines Defekts mit einer Sollwerttabelle. Das Messsystem besteht aus drei scanCONTROL. Die Messdaten werden vom Controller über eine Firewire-Schnittstelle zur hausintern entwickelten Auswertesoftware übergeben.

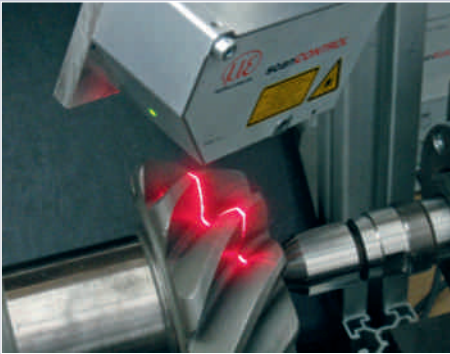
### 3D-Oberflächeninspektionssysteme für die Automobilindustrie

Für die Defekterkennung auf diffus reflektierenden Oberflächen bietet Micro-Epsilon das Messsystem surfaceCONTROL an. Dieses System arbeitet nach dem Verfahren der Streifenlichtprojektion. Damit können lokale Formfehler (Beulen und Dellen), die nur wenige Mikrometer vom Sollmaß abweichen, in Oberflächen erkannt und analysiert



3D-Inspektionssysteme surfaceCONTROL und reflectCONTROL werden für diffus reflektierende oder glänzende Oberflächen eingesetzt.

## Verzahnungen optisch erfassen



Zur objektiven Messung der Rundlaufeigenschaften von Getriebewellen mit Steckverzahnungen, Kegelräder mit Hypoidverzahnungen und ähnliche axiale Bauteile werden Profil-

scanner des Typs scanCONTROL 2800-25 von Micro-Epsilon eingesetzt, welche die 3D-Struktur des Zahnbereichs digitalisieren. Die Zahnräder können sich während der Herstellung verziehen, weshalb eine Prüfung des Rundlaufs nötig ist. Für ein Nachrichten des Werkstücks müssen das Maß der »Unrundheit« und die Richtung, in der nachgerichtet werden soll, ermittelt werden. Spezielle Messgeräte verwenden hochpräzise Laserscanner, die schnell und äußerst präzise ein automatisiertes Richten der Werkstücke ermöglichen.

werden. Auch genarbte Oberflächen (z. B. Interieurteile von Automobilen) werden damit zuverlässig bewertet. surfaceCONTROL bietet verschiedene Messflächen in der Größe von ca. 150 x 100 mm<sup>2</sup> bis ca. 600 x 400 mm<sup>2</sup> und erfasst innerhalb weniger Sekunden die 3D-Daten der Oberfläche. Für die Auswertung stehen je nach Ausprägung der gesuchten Formabweichungen verschiedene Verfahren zur Verfügung. So kann für einen Vergleich aus den 3D-Daten eine fehlerfreie virtuelle Hülle berechnet oder in Analogie zum Abziehstein in Presswerken ein digitaler Abziehstein eingesetzt werden. Diese Verfahren bieten eine reproduzierbare, objektive Bewertung von Abweichungen.

Das Streifenlichtprojektionsverfahren eignet sich für alle Flächen, die mindestens einen Teil des Lichtes diffus reflektieren. Das sind z. B. Stahl, Aluminium, Kunststoffe oder Keramik.

Bei spiegelnden Objekten wird das 3D-Inspektionssystem reflectCONTROL für glänzende Oberflächen eingesetzt. Micro-Epsilon greift dabei auf das Prinzip der Deflektometrie zurück. Eine interessante Anwendung der Technologie ist die exakte 3D-Erfassung der Lackfehler. Damit kann neben der Position auf dem Fahrzeug und der lateralen Ausdehnung eines Defekts, die Höhe oder Tiefe des jeweiligen Merkmals mit einer Auflösung im einstelligen µm-Bereich bestimmt werden.

In einem weiteren Entwicklungsschritt wurde die Markierung, d. h. die visuelle Kennzeichnung der Fehlstelle auf der Karosserie, realisiert.

## KONTAKT

Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co.KG

[www.micro-epsilon.de](http://www.micro-epsilon.de)