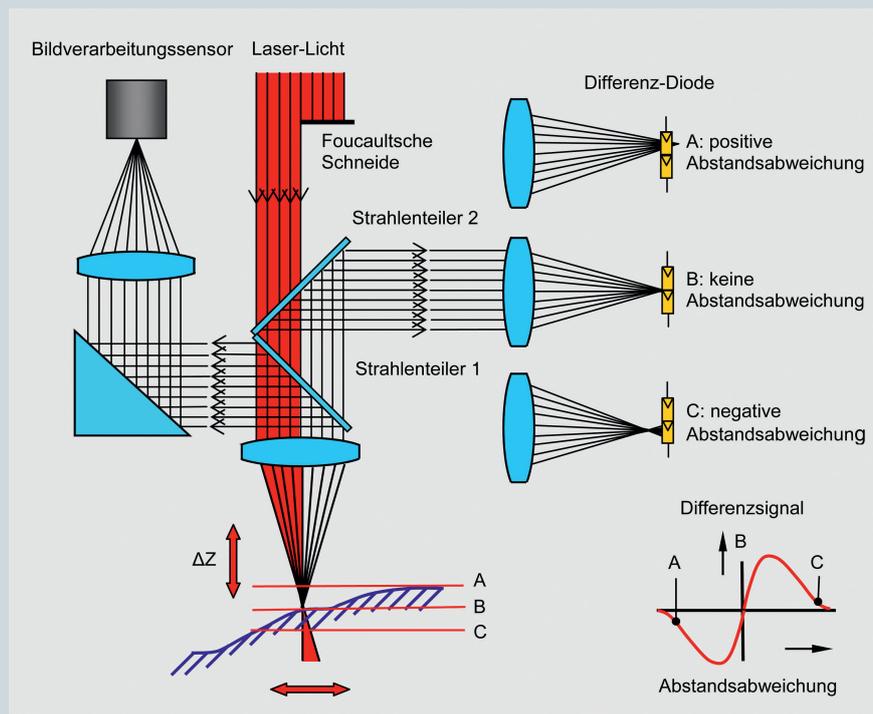




# Berührungslos und schnell

Optische Sensorik in der Koordinatenmesstechnik



Sonderdruck

**Impressum**

Verlag: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, Kolbergerstr. 22, 81679 München; Druck: alpha-teamDRUCK GmbH, Haager Str. 9, 81671 München. © Carl Hanser Verlag, München. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen und der elektronischen Wiedergabe sowie der Übersetzung dieses Sonderdrucks behält sich der Verlag vor.

© Carl Hanser Verlag, München. Vervielfältigungen, auch auszugsweise, sind ohne Lizenzierung durch den Verlag nicht gestattet.

# Berührungslos und schnell

## Optische Sensorik in der Koordinatenmesstechnik

**GRUNDLAGEN Teil 1** In der Koordinatenmesstechnik kommen überwiegend taktile und optische Sensoren und die Röntgen-Computertomografie zum Einsatz. Optische Sensoren unterscheiden sich in Funktionsprinzip und Aufbau aus Mechanik, Optik, Elektronik und Software und somit in ihren Eigenschaften, deren prinzipielles Verständnis für den optimalen Einsatz hilfreich ist. Es können auch empfindliche Werkstücke und solche mit kleinen Merkmalen berührungslos gemessen werden.

Ralf Christoph, Hans Joachim Neumann, Schirin Heidari Bateni

**E**in wesentliches Unterscheidungskriterium bei den Sensoren ist das physikalische Prinzip der Übertragung des primären Signals. In der Beitragsreihe „Sensorik in der Koordinatenmesstechnik“ werden zunächst optische, dann taktile Sensoren und schließlich die Röntgen-Computertomografie mit ihren jeweiligen Einsatzbereichen vorgestellt.

Optische Sensoren wirken wie das Auge beim Messmikroskop entweder senkrecht zur optischen Achse in der Objektebene (laterale Sensoren – Bildverarbeitung) oder entlang der optischen Achse beim Fokussieren (axiale Sensoren – Abstandssensoren). Um mit optischen Sensoren eine 3D-Messung von Werkstücken ausführen zu können, benötigt man eine Kombination beider Sensortypen. Mit optischen Sensoren werden viele Messpunkte sehr schnell oder sogar gleichzeitig erfasst. Im Vergleich zu anderen Sensoren führt ihr Einsatz deshalb meist zu wesentlich kürzeren Messzeiten. Sie werden aus diesem Grund für verschiedenste Werkstücke in der Fertigungskontrolle eingesetzt.

### Flexible Einsatzmöglichkeiten für die Bildverarbeitung

Der Bildverarbeitungssensor bildet das Messobjekt durch ein Objektiv auf eine Matrixkamera ab. Die Kameraelektronik wandelt die optischen Signale in ein digitales Bild um, das zur Berechnung der Messpunkte in einem Auswerterechner mit ent-

sprechender Bildverarbeitungssoftware herangezogen wird.

Bei der Konturbildverarbeitung werden durch geeignete mathematische Algorithmen Konturen extrahiert. Dies ermöglicht es, Störeinflüsse beim Messen zu erkennen und herauszufiltern (Konturfilter). Durch Kombination mit Fokusvariationsverfahren über dieselbe Sensorhardware lassen sich viele dreidimensionale Messaufgaben lösen. Die Bestimmung der Funktionsmaße

von Kunststoffteilen sowie der Geometrie von Dichtnuten und Steckerrastern ist ein Hauptanwendungsgebiet.

### Schnelle Laserabstandssensoren

Bei Foucault-Lasersensoren wie dem Werth Laser Probe wird ein Laserstrahl durch eine im Strahlengang befindliche Foucault'sche Schneide »abgeschnitten« und unter dem durch die Objektivapertur bestimmten Triangulationswinkel auf das Objekt abgebil-

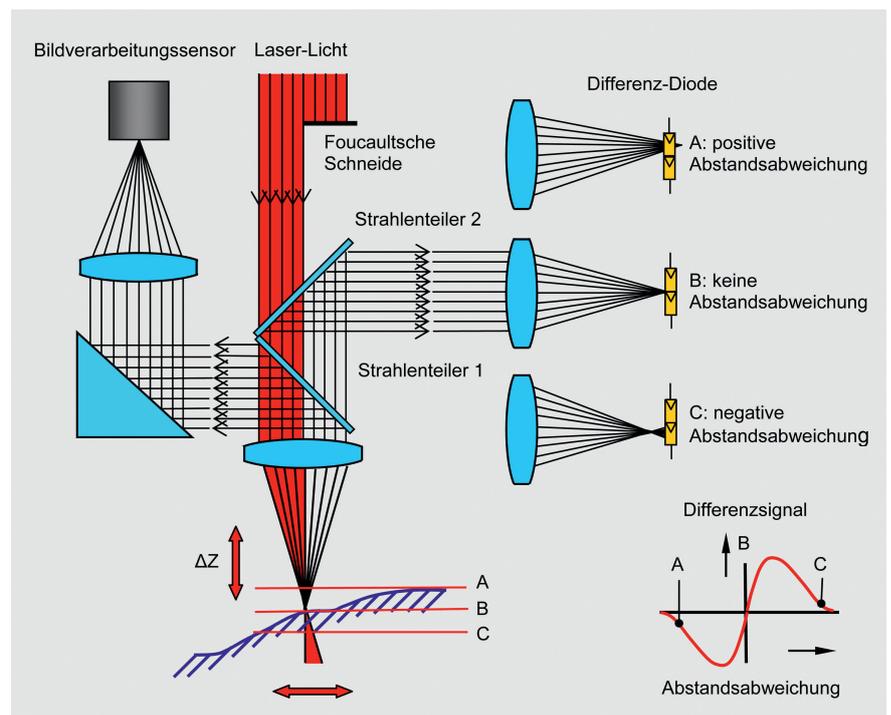
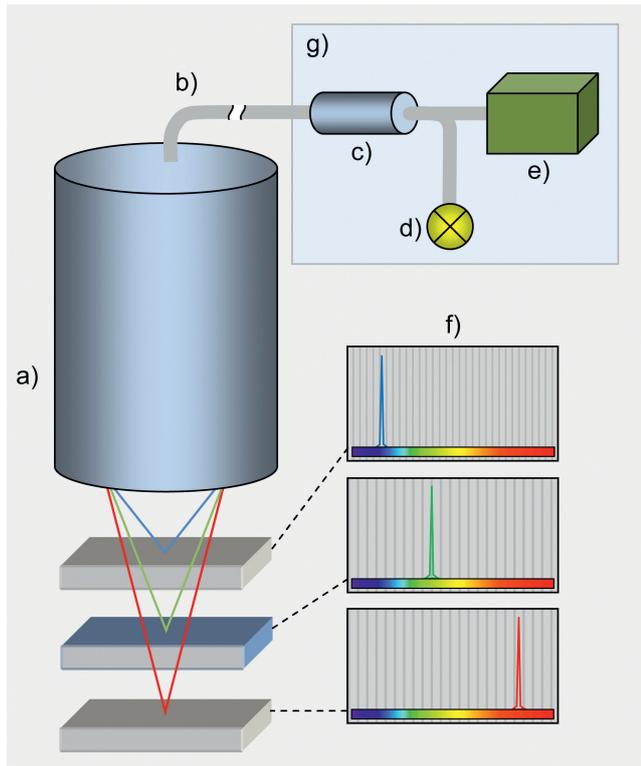


Bild 1. Lasersensor nach dem Foucault-Prinzip mit einem Bildverarbeitungssensor kombiniert (Beleuchtung nicht dargestellt) © Werth

**Bild 2. Chromatischer Fokussensor:** Der Messkopf (a) ist über eine lange Lichtleitfaser (b) mit der Auswertbox (g) verbunden (Reduzierung des Wärmeeintrags). Hier werden über einen Faserkoppler (c) die breitbandige Weißlichtquelle (d) und das Spektrometer (e) angeschlossen. Die Spektren (f) stellen den Abstand des Objekts zum Messkopf dar.

(© Werth)



**Hochgenaue konfokale Flächensensoren**

Ein konfokaler Flächensensor, zum Beispiel der Werth Nano Focus Probe, projiziert Licht beispielsweise über ein Abbildungssystem mit Lochblende auf das Objekt. Defokussiert man die Lichtpunkte durch eine Bewegung des Sensorkopfs, werden die abgeblendeten Lichtpunkte auf dem Objekt dunkler. Beim Bewegen des Messkopfs gegenüber dem Objekt entsteht deshalb ein Intensitätsverlauf. Das Maximum des Intensitätsverlaufs repräsentiert den Ort der Objektoberfläche.

Durch die Intensitätsauswertung können konfokale Flächensensoren im Unterschied zu Fokusvariationssensoren unabhängig vom Kontrast der Werkstückoberflächen zum Beispiel auch spiegelnde Oberflächen messen. Anwendungen sind etwa das Messen von Stanzbiegewerkzeugen oder von Münzprägestempeln. ■

det. Die Signalauswertung erfolgt zum Beispiel über Differenzfotodioden (Bild 1). Im praktischen Einsatz wird ein solcher Foucault-Lasersensor vorzugsweise in den Strahlengang eines Bildverarbeitungssensors integriert. Somit kann ohne mechanische Bewegung zwischen beiden Sensoren umgeschaltet werden.

Pro Sekunde können einige hundert bis tausend Punkte gemessen werden. Dieser Sensor wird dementsprechend zur Konturmessung auf Werkstückoberflächen oder zum Beispiel auch zur Ebenheitsprüfung angewendet.

**Chromatische Fokussensoren für unterschiedliche Oberflächen**

Die Optiken chromatischer Fokussensoren (Punktsensor Chromatic Focus Point und Liniensensor Chromatic Focus Line) werden so ausgelegt, dass die unterschiedlichen Arbeitsabstände für verschiedene Farben des Lichts (Farblängsfehler) besonders ausgeprägt sind. Die am besten fokussierte Lichtfarbe verfügt im Messpunkt über die stärkste Intensität. Diese wird mit einem integrierten Spektrometer ermittelt und der erkannten Farbe der entsprechende Abstandswert zugeordnet (Bild 2). Die Anwendungsmöglichkeiten für chromatische Sensoren entsprechen prinzipiell denen des

Foucault-Sensors. Die Messung der Oberflächen ist jedoch sowohl bei diffus reflektierendem als auch bei spiegelndem Verhalten möglich, da eine direkte Reflexion nicht stört.

Die Anordnung einer Reihe von Lichtleitfasern ermöglicht die Realisierung des gleichen Prinzips als Liniensensor. Diese Sensoren kombinieren eine hohe Messgeschwindigkeit mit geringer Messunsicherheit.

**Mit Fokusvariation Oberflächentopografien messen**

Fokusvariationssensoren nutzen die gleiche Hardware wie die Bildverarbeitung. Beim Verfahren des Sensors entlang der optischen Achse wird für einen Bildausschnitt nur in einer Position eine scharfe Abbildung erzeugt. Als Kenngröße für den Schärfestand eines Bildes wird der Kontrast verwendet. Hieraus wird die Sensorposition und somit die Lage des Punkts auf der Oberfläche bestimmt.

Wird das Verfahren für jeden Bildpunkt der Kamera gleichzeitig durchgeführt, erhält man innerhalb weniger Sekunden eine Vielzahl von Messpunkten als Punktwolke. Dieses Verfahren (z.B. Werth 3D-Patch) ermöglicht eine besonders einfache und schnelle dreidimensionale Erfassung von Oberflächentopografien an Werkstücken aus den verschiedensten Materialien.

Information & Service

**BEITRAGSREIHE**

Auszug aus dem Fachbuch „Multisensor-Koordinatenmesstechnik“, weiterführende Informationen finden Sie dort (siehe Literatur). Der nächste Beitrag zu taktil-elektrischen und taktil-optischen Sensoren erscheint in QZ 12/2019.

**LITERATUR**

- 1 Christoph, R.; Neumann, H. J.: Multisensor-Koordinatenmesstechnik. Die Bibliothek der Technik, Band 352, 2. überarbeitete Auflage, SZ Scala GmbH, München 2019

**AUTOREN**

**Dr.-Ing. habil. Ralf Christoph** ist Inhaber und Geschäftsführer der Werth Messtechnik GmbH, Gießen, und Leiter der Entwicklung.

**Dipl.-Ing. (FH) Hans Joachim Neumann** hat bei Zeiss die Anfänge der Koordinatenmesstechnik mitgestaltet und war über Jahrzehnte aktiv in der Normungsarbeit. Er ist Ehrenmitglied des VDI.

**Dr.-Ing. Schirin Heidari Batani** ist verantwortlich für die Technische Redaktion bei der Werth Messtechnik GmbH, Gießen.

**KONTAKT**

Werth Messtechnik GmbH  
T 0641 7938-0  
marketing@werth.de  
www.werth.de



Werth Messtechnik GmbH  
Siemensstraße 19  
35394 Gießen  
Telefon: +49 641 7938-0  
Fax: +49 641 7938-719  
Internet: [www.werth.de](http://www.werth.de)  
E-Mail: [mail@werth.de](mailto:mail@werth.de)