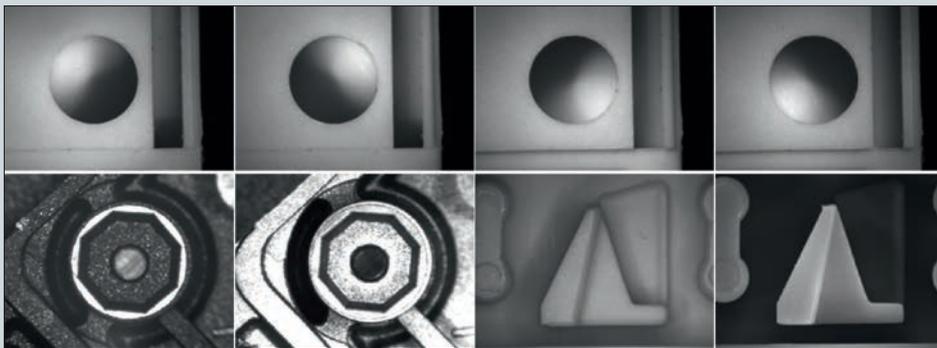




## Licht ins Detail bringen

Bildverarbeitung und Fokusvariation  
auf unterschiedlichen Oberflächen



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.

# Licht ins Detail bringen

## Bildverarbeitung und Fokusvariation auf unterschiedlichen Oberflächen

**PRAXISTIPP** Bei Multisensor-Koordinatenmessgeräten mit Bildverarbeitungs- und Fokusvariationssensor ist der Kontrast der Bilder der Werkstückoberfläche für die Messergebnisse entscheidend. Diese lassen sich mit verschiedenen Funktionen optimieren, sodass auch wenig „kooperative“ Werkstücke gemessen werden können.

Martin Fischer

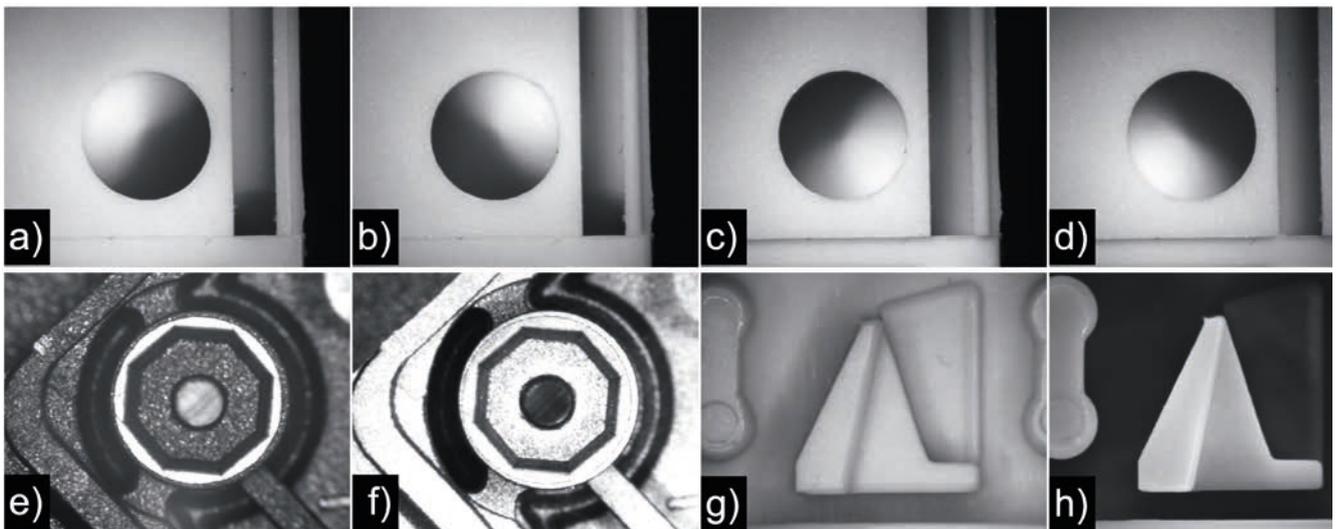


Bild 1. Messobjekt bei verschiedenen Beleuchtungsarten: a bis d) Dunkel-feld-Auflicht aus verschiedenen Richtungen; e, f) Hellfeld- und Dunkel-feld-Auflicht am gleichen Objekt; g, h) Verbesserung bei geringem Kontrast (g) durch flache Beleuchtung mit MultiRing (h) (© Werth)

**SCHNELLE KANTENMESSUNGEN** an Werkstücken wie Profilschnitten, Leiterplatten, Kunststoffteilen oder bedruckten Folien werden häufig mit einem Bildverarbeitungssensor durchgeführt. Mithilfe von Autofokuspunkten sind auch 3D-Messungen möglich, beispielsweise an Steckverbindern, Werkzeugen oder Uhrenkomponenten. Flächenhafte Fokusvariationssensoren wie der Werth 3D-Patch erlauben schnelle Soll-Ist-Vergleiche, maßliche Auswertungen und Koplanaritätsmessungen an Werkstücken wie Sicken, Prägestempeln oder Halbleiterkomponenten. Durch Kombination der Verfahren werden beispielsweise an Stanzbiegeteilen oder Schneidplatten die Bezugsfläche zur Werkstückausrichtung mit Autofokuspunkten, die Außenkonturen mit dem Bildverarbeitungssensor und der höchste Punkt der Erhebungen bzw. die Spanraumgeometrie mit dem 3D-Patch bestimmt.

Der Bildverarbeitungssensor besteht im Wesentlichen aus Beleuchtungssystemen, Abbildungsoptik und Matrixkamera. Die Beleuchtungssysteme werden in Durchlicht, Dunkel-feld-Auflicht und Hellfeld-Auflicht unterschieden. Das Durchlicht wird vor allem zur Messung von Außenkanten oder Durchbrüchen bzw. Bohrungen von Werkstücken eingesetzt. Für die präzise Messung verschiedener Objektklassen, wie flache Strukturen, prismatische Teile und zylindrische Objekte (Wellen), ist eine telezentrische Beleuchtung mit Möglichkeit zur Apertur-Umschaltung sinnvoll. Software-Verfahren zur Korrektur der verbleibenden systematischen Messabweichungen können zur weiteren Genauigkeitssteigerung beitragen.

Das Hellfeld-Auflicht fällt parallel zum Abbildungsstrahlengang auf die Werkstückoberfläche, sodass Metalloberflächen senkrecht zum Strahlengang aufgrund der

direkten Reflexion hell dargestellt werden. Geneigte, spiegelnde Oberflächen reflektieren das Licht am Objektiv vorbei und werden somit dunkel abgebildet. Das Dunkel-feld-Auflicht fällt geneigt zum Abbildungsstrahlengang auf das Messobjekt. Flächen werden je nach Neigung ebenfalls hell oder dunkel dargestellt (Bild 1, e, f).

Durch die Auswahl der Beleuchtungsart kann der Kontrast an den interessierenden Objektstrukturen optimiert werden. Der patentierte Werth MultiRing ermöglicht nicht nur eine Beleuchtung aus verschiedenen Richtungen mithilfe der kreisförmig angeordneten LEDs (Bild 1, a bis d), sondern in Kombination mit dem ebenfalls patentierten Werth Zoom mit seinem variablen Arbeitsabstand auch eine flexible Anpassung des Einfallswinkels in der zweiten Raumachse (Bild 1, g, h).

Für die Auflicht-Messung von Werkstücken gleichen Typs mit unterschiedlichen,

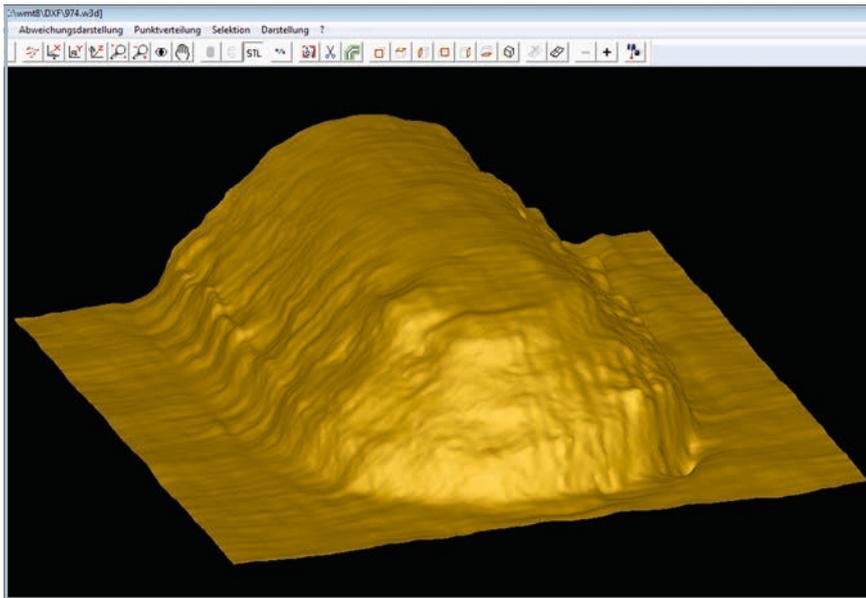


Bild 2. Mit 3D-Patch gemessene Punktwolke einer Rippe auf einem Stanzbiegeteil (Darstellung im STL-Format) © Werth

beispielsweise verschiedenfarbigen Oberflächen, erlaubt eine schnelle Lichtregulierung prozesssichere Messungen. Dabei wird die Lichtintensität so angepasst, dass alle Oberflächen automatisch mit derselben Bildhelligkeit dargestellt werden.

Die Abbildungsoptik kann als Zoomobjektiv und Objektiv mit konstanter Vergrößerung realisiert werden. Zoomobjektive erlauben eine Anpassung der Vergrößerung und damit der Messunsicherheit und des „Im Bild“-Messbereichs an die jeweilige Messaufgabe. Beim Werth Zoom lässt sich zusätzlich der Arbeitsabstand variieren, um z.B. in tiefen Bohrungen zu messen.

Matrixkameras verfügen über eine bis wenige Millionen etwa 5 µm kleine Pixel. Die Strukturauflösung des Bildverarbeitungssensors ist vom Abbildungsmaßstab des verwendeten Objektivs und der Pixelgröße abhängig. Die Ortsauflösung bei der Bestimmung von Messpunkten ist jedoch durch Subpixeling-Verfahren um typischerweise den Faktor 10 besser. Hierbei wird die genaue Lage der Messpunkte aus den Grauwerten der benachbarten Pixel interpoliert.

### **Bild-, Kontur- und Elementfilter**

Die am häufigsten verwendeten Bildverarbeitungsalgorithmen sind Kantenfinder und die Konturbildverarbeitung. Während der Kantenfinder mithilfe von Suchstrahlen einzelne Messpunkte identifiziert, erkennt die Konturbildverarbeitung zusammenhängende Konturen, in denen die Mess-

punkte wie in einer Perlenkette aneinandergereiht sind. Dies ermöglicht automatisches Scanning im Durch- und Aufricht sowie prozesssichere Messabläufe durch Konturanwahl in großen Messfenstern. Außerdem können Konturfilter eingesetzt werden, die Störeinflüsse wie Staub und Spalte erkennen oder nur Konturen ab einer bestimmten Länge herausfiltern.

Bildfilter dagegen wirken auf die Grauwerte der Pixel. So lassen sich dunkle Flecken in einer hellen Fläche entfernen oder umgekehrt die hellen Flecken in dunklen Flächen. Die dritte Gruppe von Bildverarbeitungsfiltern sind die Elementfilter, die bei der Messung von Kreisen oder Geraden Ausreißer herausfiltern.

### **3D-Messungen mit Fokusvariation**

Mit den Komponenten des Bildverarbeitungssensors sind durch Verfahren des Sensors parallel zum Strahlengang auch Autofokus-Messungen möglich. Der Kontrast der dabei entstehenden Bilder gibt Aufschluss über die Bildschärfe. Aus der Sensorposition, in der das Bild fokussiert ist, lassen sich der Abstand der Werkstückoberfläche zum Sensor und damit der Messpunkt ermitteln. Der Bildverarbeitungssensor misst in einer Ebene senkrecht zum Strahlengang, mit Autofokuspunkten erfolgt im Gegensatz hierzu eine Messung in Richtung des Strahlengangs.

Durch Kombination der beiden Sensoren entsteht der einfachste Typ eines

3D-Multisensor-Koordinatenmessgeräts. Die Sensoren unterscheiden sich nur im Wirkprinzip, die Hardware ist dieselbe.

Bei flächenhaften Fokusvariationssensoren wie dem Werth 3D-Patch ist wie beim Autofokus der Kontrast das Optimierungskriterium. Für jeden einzelnen Bildpunkt wird ein Messpunkt ermittelt. Das Ergebnis der Messung ist eine 3D-Punktwolke, die die Oberflächengestalt des Werkstücks mit hoher lateraler Auflösung beschreibt (Bild 2). Bei starken Helligkeitsunterschieden im Bild, wie sie durch variierende Materialien oder Neigungswinkel verursacht werden, erlaubt eine HDR-Funktion die automatische Aufnahme mehrerer Bilderstapel mit unterschiedlichen Belichtungszeiten oder Beleuchtungsintensitäten.

Durch Auswertung der jeweils am besten geeigneten Pixel wird die Bestimmung von Messpunkten auf der gesamten Werkstückoberfläche möglich. Die optimalen Belichtungszeiten ermittelt die Messsoftware WinWerth mithilfe der Autoparametrisierung. Eine Vielzahl an Filtermöglichkeiten sorgt für reproduzierbare und verlässliche Ergebnisse.

Viele Messaufgaben können an einem Koordinatenmessgerät mit nur einem „Smartsensor“ gelöst werden. Autofokusmessungen ermöglichen neben der Abstandsbestimmung parallel zum Strahlengang die Ausrichtung und die Messung mit dem Bildverarbeitungssensor auf unterschiedlichen Ebenen des Werkstücks, während flächenhafte Fokusvariationssensoren die Oberflächentopografie auch kleiner Detailbereiche darstellen. ■

## INFORMATION & SERVICE

### LITERATUR

Christoph, R.; Neumann, H. J.: Multisensor-Koordinatenmesstechnik. Die Bibliothek der Technik, Band 352, Süddeutscher Verlag onpact, München 2013

### KONTAKT

Werth Messtechnik GmbH  
Dr. rer. nat. Martin Fischer  
T 0641 7938-0  
mail@werth.de  
www.werth.de

### QZ-ARCHIV

Diesen Beitrag finden Sie online:  
[www.qz-online.de/5512005](http://www.qz-online.de/5512005)



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)