



**Bild 1.** „Im Bild“-Messung. Zur Anpassung an die Messaufgabe sind Objektive mit Sehfeldern von circa 1 mm x 1 mm bis 240 mm x 180 mm und Genauigkeiten von circa 0,3 bis 10 µm verfügbar.

WAS KOORDINATENMESSGERÄTE MIT BILDVERARBEITUNG KÖNNEN

## Messung „im Bild“ und „am Bild“

**Für die Koordinatenmessung mit Bildverarbeitung können unterschiedliche Gerätekonzepte eingesetzt werden. Doch welches Gerät eignet sich für welche Messung? Dies hängt von der Messaufgabe, der Messunsicherheit und der Messgeschwindigkeit ab.**

Geräte mit feststehend zum Messobjekt angeordneter Kamera analog dem klassischen Profilprojektor sind zur Messung kompletter Merkmale im Bereich des Sehfelds des Sensors, also „im Bild“ geeignet. Geräte analog zu klassischen Messmikroskopen können durch Positionieren der Kamera im Messvolumen des Geräts mit mechanischen Achsen (Messtisch) größere Merkmale als das Sensorsehfeld „am Bild“ messen.

### Messung „im Bild“

Im einfachsten Fall wird die Messung „im Bild“ nur mit einer Optik und einer Kamera (z. B. CCD- oder CMOS-Kamera) durchgeführt. Die Genauigkeit innerhalb des feststehenden Sehfelds wird vor allem durch den optischen Abbildungsmaßstab (etwa 0,04-fache bis 10-fache Vergrößerung) der verwendeten Optik und damit durch die Größe des Sehfelds (etwa 200 mm bis 1 mm Seitenlänge) bestimmt. Je größer das Sehfeld, desto geringer sind Auflösung und Genauigkeit.

Ein zu messendes Objekt von beispielsweise 100 mm Seitenlänge wird durch die

Optik auf die verfügbaren Kamerapixel (im besten Fall wenige Tausend Pixel je Zeile) abgebildet. Die hierbei entstehende Auflösung von ca. 100 µm wird für die Messung von Geometrieelementen durch Subpixelverfahren etwa um den Faktor 10 verbessert, sodass Messabweichungen von etwa 10 µm erreicht werden. An etwa 100 mm großen Objekten können mit dieser Technik also Toleranzen im Bereich von 1/10 Millimeter überprüft werden (Verhältnis Messunsicherheit zu Toleranz etwa 1:10).

Die für große Sehfelder notwendigen Objektive geringer Vergrößerung besitzen aus wirtschaftlichen Gründen (begrenzte Baugröße und damit kleine Apertur) große Schärfentiefen. Hierdurch kann nur ungenau fokussiert werden. Dies führt zu Messabweichungen durch Veränderung der Vergrößerung im Schärfentiefebereich „normaler“ Objektive.

Telezentrische Objektive gewährleisten eine konstante Vergrößerung in einem relativ großen Fokussierbereich (Telezentriebereich) und sind deshalb für die oben genannten großen Sehfelder zwingend einzusetzen. Zusätzlich wird durch die Bildverarbeitung Unterstützung beim Scharfstellen gegeben. Einen typischen Vertreter der Geräteklasse der „Im Bild“-Messgeräte zeigt Bild 1. Sind Werkstücktoleranzen im Hundertstelmillimeter-Bereich auch innerhalb größerer Messbereiche zu überprüfen, ist dieses Gerätekonzept nicht mehr ausreichend. Man setzt dann Geräte

ein, mit denen auch die Messung „am Bild“ möglich ist.

**Messung „am Bild“**

Bei Messgeräten für die Messung „am Bild“ wird das Werkstück relativ zur Kamera durch die Messgeräteachsen bewegt, um einzelne Geometrieelemente wie Punkte, Geraden oder Kreise zu erfassen (Bild 2 links). Die benötigte Genauigkeit wird zum einen durch Auswahl einer ausreichend hohen Vergrößerung der Optik sichergestellt. Zum anderen wird die Sensor- bzw. Werkstückposition (Portalgeräte, Kreuztischgeräte) mit präzisen Messgeräteachsen erfasst, wobei Korrekturen von Geometrie- und Temperaturabweichungen berücksichtigt werden.

Damit die Geometrieelemente anschließend zu Merkmalen (Abstände, Winkel) verknüpft werden können, werden die Lage des erfassten Elements innerhalb des Sensors (im Sensorkoordinatensystem) und die jeweilige Position des Sensors im Gerät (im Gerätekoordinatensystem) überlagert. Die Berechnung der Merkmale bzw. der Maße übernimmt die Messsoftware.

Durch den Einsatz einer zusätzlichen vertikalen Messachse wird mit diesen Geräten auch die dreidimensionale Messung von Werkstücken ermöglicht. Die Erfassung der Objektoberfläche in der dritten Achse erfolgt dabei beispielsweise, indem der Bildverarbeitungssensor als Autofokus-sensor eingesetzt wird.

Der Nachteil der „Am Bild“-Messung besteht darin, dass das Werkstück in die

geeigneten Messpositionen bewegt werden muss. Dies führt der Bediener manuell aus, oder er erstellt ein Messprogramm, das die Geräteachsen automatisch verfährt. Im Vergleich zur „Im Bild“-Messung werden jedoch auch für große Messbereiche hohe Genauigkeiten erreicht.

**Rasterscanning – „am Bild“ „im Bild“ messen**

Eine Kombination der Vorteile beider Techniken bietet das Rasterscanning. Um die Messung „im Bild“ für große Messbereiche zu ermöglichen, werden vollautomatisch Bilder des kompletten Messobjekts an den verschiedenen „Am Bild“-Positionen aufgenommen und zu einem Bild zusammengesetzt. Dieses Gesamtbild kann dann benutzerfreundlich „im Bild“ ausgewertet werden (Bild 2 rechts).

Bei einem besonders vorteilhaften Gerätekonzept wird die Kamera in einem gekapselten Gehäuse mit Blickrichtung nach oben angeordnet. Das Werkstück befindet sich darüber auf einer Glasplatte und stets in der Scharfebene der Kamera, wodurch auf das Fokussieren verzichtet werden kann. Für die Messung im Durchlicht wird über dem Werkstück eine Lichtquelle angeordnet. Das spezielle Durchlicht erlaubt dabei die genaue Messung hoher und rotationssymmetrischer Teile durch die an das Objektiv angepasste Beleuchtung (Apertur beider Systeme gleich).

**Genau Messen „im Bild“ und „am Bild“**

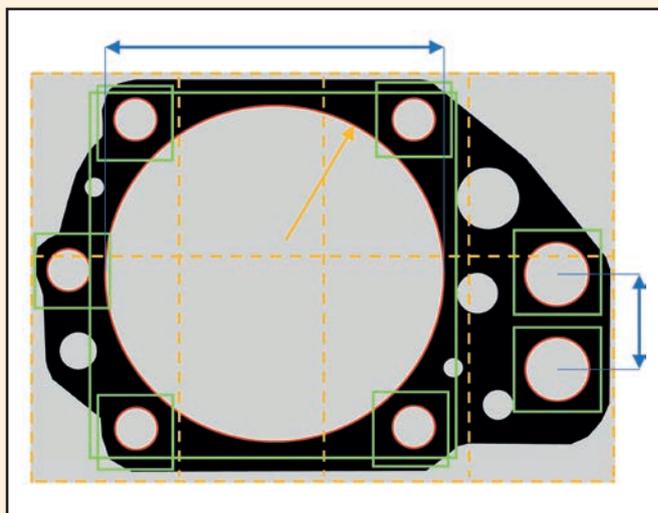
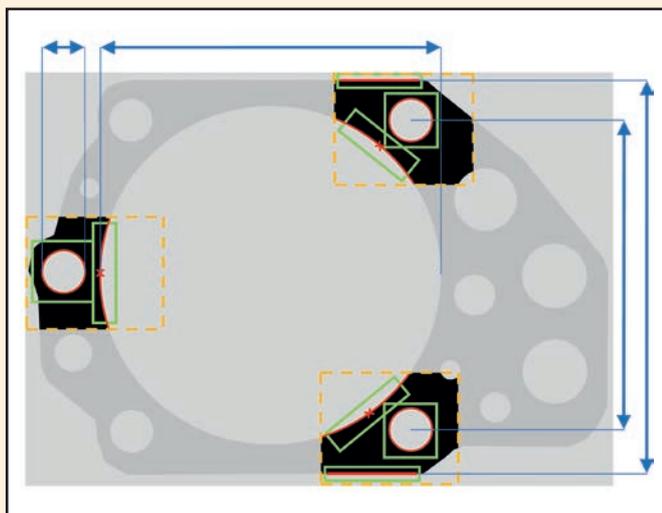
Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von Koordinatenmessgeräten mit Bildverarbei-

tungssensoren reicht es nicht aus, die Reproduzierbarkeit von Messergebnissen zu beurteilen. Die Vergleichbarkeit mit national und international anerkannten Werten muss beispielhaft anhand von Messungen kalibrierter Normale (Kreisdurchmesser und Abstände) nachgewiesen werden (Rückführung). Die hierzu erforderlichen Verfahren zur Prüfung der Antastabweichung und der Längenmessabweichung sind in der internationalen ISO-Norm 10360 Teil 7 und der VDI/VDE-Richtlinie 2617 Blatt 6.1 für die Messung „im Bild“ und „am Bild“ sowie für 2D- und 3D-Messgeräte festgelegt.

Messgeräte mit „Im Bild“-Messung zeichnen sich durch leichte Bedienbarkeit und Ergonomie aus. Sie sind allerdings aufgrund ihres Verhältnisses von Genauigkeit zu Messbereich nur für einen eingeschränkten Teilebereich und nur für 2D-Messaufgaben einsetzbar. Das Verhältnis zwischen zu prüfender Toleranz und vorliegender Bauteilgröße erfordert jedoch für die meisten Messaufgaben den Einsatz von Messgeräten, die eine „Am Bild“-Messung realisieren. □

► **Werth Messtechnik GmbH**  
**Dr.-Ing. Ingomar Schmidt**  
**T 0641 7938-0**  
**mail@werth.de**  
**www.werth.de**

**Alle QZ-Praxistipps**  
**www.qz-online.de/656348**



**Bild 2.** Bei der Messung „am Bild“ (links) werden mehrere beliebig zueinander angeordnete Bildbereiche (drei gelbe Rechtecke) einzeln gemessen. Beim Rasterscanning (rechts) wird das gesamte Objekt durch Zusammenfügen von Bildbereichen (acht gelbe Rechtecke) aufgenommen. Durch Setzen von Fenstern (grüne Rechtecke) werden Konturen und Geometrieelemente ausgewählt und gemessen (blau).