

Für die Serienfertigung: Highspeed-Messen in der Bewegung

## **Schnell wie der Blitz**

**Im Vergleich zu anderen in der Fertigung relevanten Messverfahren hat die Bildverarbeitung einen grundsätzlichen Vorteil: ihre Geschwindigkeit. Mit zunehmend rasanteren Taktzeiten in heutigen Serienproduktionen hat allerdings selbst dieses Verfahren immer häufiger das Nachsehen. Einen Ausweg verspricht das Messen „On-the-fly“, eine technisch höchst anspruchsvolle Angelegenheit.**

Moderne Fertigungsanlagen arbeiten häufig im sprichwörtlichen Sinne „schneller als man schauen kann“. Eine 100-Prozent-Prüfung der hergestellten Teile, also eine lückenlose Überwachung der Fertigungsqualität, ist unter solchen Umständen meist nicht zu verwirklichen, da für das Messen mehr Zeit benötigt wird als für die einzelnen Fertigungsschritte. Bisher behalf man sich mit unterschiedlichen Notlösungen, die allesamt nicht sonderlich ökonomisch oder gar zu risikobehaftet waren (Verlangsamung der Herstellung, Parallelschaltung mehrerer BV-Messgeräte, die jeweils nur einen bestimmten Anteil Werkstücke inspizieren, Stichproben).

### **Groß ist nicht gut**

Ihren grundsätzlichen verfahrensbedingten Geschwindigkeitsvorsprung spielt die Bildverarbeitung vor allem bei der Prüfung kleinerer Werkstücke aus, die von der Optik auf einen Blick komplett erfasst werden können. Denn so liegen sämtliche Messpunkte im Bildfeld und können in einem Durchgang bearbeitet werden.

Natürlich gibt es auch für große Werkstücke Bildverarbeitungsmessgeräte mit entsprechend sehr großem Sichtfeld, die eine Messung auf einen Blick – in einem Bild – ermöglichen. Wegen der dann aber notwendigen optischen Verkleinerung des Bildes haben diese Systeme allerdings eine recht grobe Auflösung. Kleinere Details am Werkstück können gar nicht erfasst werden und auch die Genauigkeit der Messung ist entsprechend schlechter.

Kein Wunder also, dass in der Serienfertigung schon lange der Wunsch nach einem Verfahren in der Bildverarbeitungsmessung besteht, das erstens die Vorgaben kürzester Taktzeiten erfüllt indem bei größeren Werkstücken nicht an jedem einzelnen Messpunkt angehalten werden muss.

Ideal wäre es stattdessen, wenn die Prüfung sozusagen im „Überfliegen“ der Messpositionen erfolgen könnte. Direkt, ohne Stopp und in rasanter Geschwindigkeit. Dieses Messen „On-the-fly“ ist allerdings weitaus schwieriger zu realisieren, als es zunächst scheint.

Die große Herausforderung liegt dabei in einem leicht nachvollziehbaren Effekt, der jedem aus der Fotografie hinlänglich bekannt ist: Bewegung führt zu Unschärfe. Vor allem bei sehr schnellen Bewegungen von Kamera oder Objekt, zum Beispiel beim Fotografieren von fahrenden Autos oder Zügen, kommt es zu verwischten Bildern.

Insgesamt entsteht Bewegungsunschärfe in der Fotografie durch die Konstellationen der Faktoren Bewegung, Belichtungszeit, Beleuchtung und Lichtempfindlichkeit des Sensors (also des analogen Films oder des digitalen Chips). Diese Zusammenhänge gelten auch bei der Arbeit mit Bildverarbeitungsmessgeräten.

## Überflieger gesucht

Forderung der schnellen Serienfertigung ist es wie gesagt, die Kamera des Messgeräts möglichst schnell über das Werkstück „fliegen“ zu lassen und dabei scharfe Bilder aufzunehmen und auszuwerten. Das bedeutet, dass die Belichtungszeiten umso kürzer werden müssen, je schneller sich die Kamera bewegt. Zusätzlich muss – weil die Lichtempfindlichkeit des Sensors gleich bleibt – die Lichtintensität immer höher werden, je kürzer die Belichtungszeiten ausfallen.

Bei den in Bildverarbeitungsmessgeräten eingesetzten digitalen Videokameras spricht man allerdings nicht von Belichtungszeiten wie in der Fotografie, sondern von Taktraten. Der Sensor wird dabei kontinuierlich belichtet und die ermittelten Helligkeitswerte werden in einem bestimmten Zeitintervall ausgelesen und übermittelt. Die Anzahl der ausgelesenen und übermittelten Bilder pro Sekunde wird als Taktrate bezeichnet. Die Zeit zwischen einem Auslesen der Helligkeitswerte und dem nächsten Auslesen kann man als zur Verfügung stehende Belichtungszeit auffassen.

Logischerweise kann das Auslesen eines neuen Bildes immer erst dann erfolgen, wenn das vorherige Bild vollständig übermittelt wurde. Das heißt aber auch, dass die maximale Taktrate abhängig von der Auslese- und Übertragungsgeschwindigkeit des Sensors ist und deshalb nicht beliebig erhöht werden kann. Da die Belichtungszeit wiederum abhängig von der Taktrate ist, kann auch sie nicht unbegrenzt verkürzt werden.

Ein CCD-Chip liest die Helligkeitswerte jedes Pixels des Chips nacheinander einzeln aus und übermittelt sie an einen so genannten Frame Grabber. Er

wandelt unter anderem zunächst das analoge Spannungssignal in einen digitalen Graustufenwert um, bevor das Bild auf dem Rechnermonitor als Videobild angezeigt werden kann. Das erfolgt relativ langsam, sodass CCD-Kameras keine allzu großen Taktraten aufweisen. Um dennoch den Eindruck eines kontinuierlichen Videobilds zu vermitteln, arbeiten die CCD-Chips mit so genannten Halbbildern. Dabei wird abwechselnd jeweils nur eine Hälfte des CCD-Chips ausgelesen und das Videobild ebenfalls stets nur zur Hälfte aktualisiert.

Wenn nun das Auslesen des Chips mit einer Taktrate von 30 Hertz erfolgt – also dreißigmal pro Sekunde – das Auslesen der einzelnen Hälften des Chips aber zeitversetzt erfolgt, wird das Bild auf dem Monitor sechzigmal pro Sekunde zur Hälfte aktualisiert. Das ergibt eine Bildrate von 60 Hertz.

Die Belichtungszeit beträgt aber immer noch unverändert  $1/30$  Sekunde. Und das ist – selbst für relativ langsame Bewegungen – zu viel, um scharfe Bilder zu erzeugen. Außerdem wären die beiden Hälften des Bildes leicht zueinander versetzt, da sich die Kamera auch während der Zeit zwischen dem Auslesen der ersten und dem Auslesen der zweiten Bildhälfte weiter bewegt.

### **Blitzgeschwindigkeit: progressive Lösung**

Erst neuere Kamertypen, so genannte „progressive Kameras“, verringern die Belichtungszeiten deutlich. Bei diesen Kameras liegt neben jedem aktiven, lichtempfindlichen Pixel ein zweites, lichtabgeschirmtes, inaktives Pixel. Zu einem bestimmten Zeitpunkt wird der Spannungswert aller Pixel auf einen Schlag von dem aktiven auf das inaktive Pixel übergeben. Anschließend werden diese inaktiven Pixel reihenweise ausgelesen und direkt in digitale Signa-

le umgewandelt. Auf diese Weise entstehen Vollbilder in wesentlich kürzerer Zeit als Halbbilder bei konventionellen Kameras.

Dennoch wären auch die sehr viel kürzeren Belichtungszeiten dieser Kameras immer noch zu lang für scharfe Aufnahmen in einer schnellen Bewegung. Deshalb wird zusätzlich ein stroboskopisches Licht eingesetzt.

Ausgehend von dem Gedanken, dass ohne zusätzliches Licht die Empfindlichkeit des Sensors viel zu gering wäre, um überhaupt ein Bild zu erzeugen, wird dieses zusätzliche Licht nur für den Bruchteil einer Sekunde als Lichtblitz zur Verfügung gestellt. Das bedeutet, dass die Belichtung des Chips der Kamera nicht kontinuierlich über die Zeit zwischen einem Auslesen und dem nächsten erfolgt, sondern nur in der sehr viel kürzeren Zeit des Lichtblitzes.

Allerdings gilt es, den Lichtblitz und die Taktrate des Chips genau zu synchronisieren, damit der Lichtblitz exakt innerhalb der Belichtungszeit ausgelöst wird. Zusätzlich müssen Lichtblitz und Bildübernahme an einer klar definierten Position während der Gerätebewegung ausgelöst werden, nämlich an der gewünschten Messposition.

### **Fünffach höherer Teiledurchsatz**

An dieser sehr komplexen Synchronisation von Gerätesteuerung, Beleuchtungssteuerung und Kamerasteuerung scheiterten bislang nahezu alle Versuche, die „On-the-fly“-Technologie in der Bildverarbeitungsmessung im wahren Sinne des Wortes serientauglich zu machen.

Einzig in dieser komplexen Form erfolgreich zur Marktreife gebracht hat bislang der Messmittelhersteller Mitutoyo dieses auch als „Stream-Messung“ bezeichnete Verfahren. Das derzeitige Spitzenmodell Quick Vision Stream Plus realisiert dabei eine Messgeschwindigkeit von 40 mm/s und ermöglicht dadurch einen fünffach höheren Teiledurchsatz im Vergleich zu Normalgeräten. Je nach Teilebeschaffenheit lässt sich der Geschwindigkeitsgewinn sogar noch darüber hinaus steigern.

Damit dürfte nun auch für die schnelle Serienproduktion mit hohem Teiledurchsatz ein neuer Takt in der Qualitätssicherung vorgegeben sein.