Visuelle Inspektion in kontinuierlichen Fertigungsprozessen

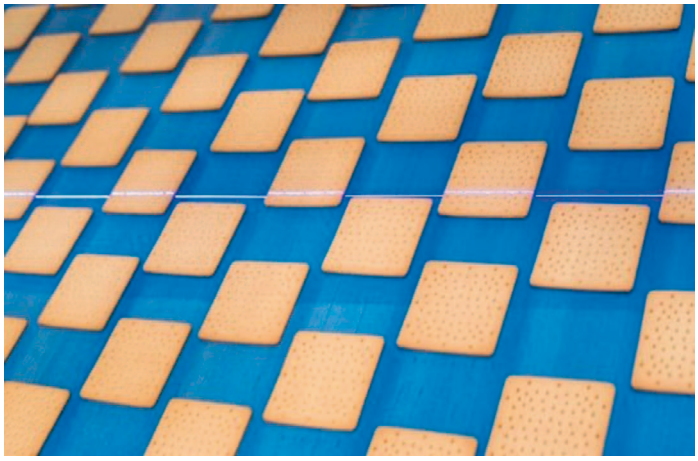

Bild 1: Maßhaltigkeitskontrolle an Butterkeksen auf einem Transportband

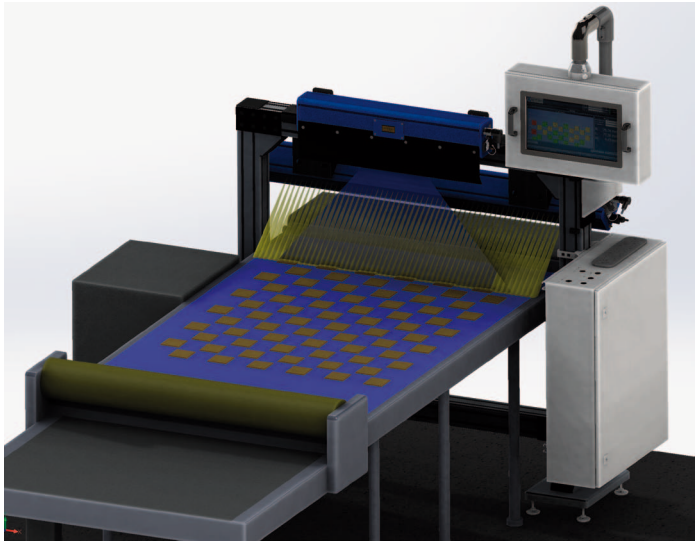

Bild 2: Inspektionssystem für 3D-Maßhaltigkeitskontrollen von Keksen

Autoren:
Marco Brinker, Xaptec GmbH
Lothar Howah, WHs

Xaptec GmbH
www.xaptec.de

Berührungslos und damit verschleißfrei die Länge oder Breite eines Objektes in kontinuierlichen Fertigungsprozessen zu erfassen, gehört heute zum Stand der Technik und speziell zu den Anwendungsgebieten der sogenannten industriellen Bildverarbeitung (IBV). Befindet sich das Objekt auf einem Förderband oder ist selber bandförmig und wird zudem mit einer hohen Geschwindigkeit bewegt, ist die Auswahl am Markt verfügbarer Messsysteme gering. Wenn nun zusätzlich die dritte Dimension ermittelt werden soll, zum Beispiel in Form einer Dickenmessung, und die Messaufgabe auch darin besteht, diese Messgrößen mit einer hohen Messwertauflösung und in einem kleinen Bauraum zu messen, dann führt der Weg zu Spezialisten der IBV. Aufbauend auf einer Technologie, die an der Westfälischen Hochschule entwickelt wurde, fertigt Xaptec Messsysteme zur dreidimensionalen Messung von bandförmigem Material oder Stückgut, das auf Bändern gefördert oder transportiert wird.

Anwendungen

Das messtechnische Prinzip kann auf Textilbänder, Papierbahnen bzw. Pappbahnen oder Kunststoff-Folien ebenso angewendet werden, wie beispielsweise auf Stückgüter, die in der Logistik, der Lebens- mittelproduktion oder Pharmaindustrie typisch sind.

Ein Beispiel aus der Lebensmittelindustrie ist im Folgenden dargestellt. Es zeigt die Qualitätskontrolle der Maßhaltigkeit von Butterkeksen (Bild 1). Diese Butterkekse, aber auch Brote, Kleingebäcke, Pizzen, Waffeln oder Pralinen werden in den jeweiligen Fertigungsprozessen Zehntelmillimeter genau auf ihre zulässigen 3D-Maße überprüft, damit nachfolgende Verpackungsmaschinen die Ware problemlos weiterverarbeiten können. Durch eine Laserlinie und einen linearen Bildsensor-Cluster werden die Ist-Maße nach dem Lasertriangulationsverfahren berührungslos und damit verschleißfrei ermittelt. Jeder Keks wird individuell bei einer Messunsicherheit von 0,1 mm in den drei Geometriedimensionen vermessen. Die Anzahl der Kekse und ihre Anordnung auf dem Förderband ist beliebig. Der Messbereich kann bis zu 4.000 mm und die Bandgeschwindigkeit in dem vorliegenden Anwendungsfall typisch 2.000 mm/min betragen.

Auswertung

Zur Auswertung der 3D-Daten wird auf einem Auswerterechner eine Sollgröße definiert und mit jedem Prüfling verglichen. Die 100-%-Kontrolle wird dokumentiert und auf einem Display (Bild 2) dem Maschinenbediener visualisiert. In anderen Branchen sind es zum Beispiel Betonplatten, Keramikfliesen, Stanzteile oder Wellpappen, die auf die gleiche Weise und auf unterschiedlich breiten Bandanlagen automatisch inspiziert werden.

Anforderungen an Bandinspektionssysteme

Die Wirtschaftlichkeit eines Inspektionssystems wird neben dem Anschaffungspreis, durch viele weitere Parameter bestimmt. Die Dauer einer Installation oder die Instandhaltung und Kalibrierung eines Inspektionssystems ist ein weiterer wichtiger Aspekt und sollte bei der Auswahl aus einer der vielen Systemvarianten frühzeitig beachtet werden. Die Installation von Inspektionssystemen in bestehende Fertigungsanlagen ist oft, ebenso wie in Neuanlagen, durch den verfügbaren Bauraum eingeschränkt. Sowohl über und unter dem Transportband als auch in Bandlaufrichtung, also zwischen den jeweiligen Aggregaten, heißt es zu Recht „Raum ist Geld“. Konventionelle IBV-Technologie stößt je nach grundlegender Sensortechnologie häufig an die Grenzen der wirtschaftlichen oder technischen Akzeptanz auf der Anwenderseite. Die wichtigsten konventionellen am Markt vertretenden Technologien werden kurz vorgestellt.

Stand der Technik

Die Ermittlung von geometrischen Dimensionen mittels industrieller Bildverarbeitung basiert heute vorwiegend auf dem Einsatz von bildgebenden Verfahren, die auf der Verwendung von primären optoelektronischen Sensoren wie Zeilensensoren oder Matrixsensoren beruhen. Laserscanner, TDI-, CIS-, TOF-Sensoren sind ebenfalls am Markt vertreten, werden hier aber nicht näher beschrieben.

Zeilensensor

Zeilensensoren der IBV bestehen aus einer linienförmigen Anordnung von bis zu ca. 8000 photosensitiven Bildpunkten (Pixel). Ergänzt durch ein optisches Abbildungssystem (Objektiv), eine Auswerteelektronik und ein industrietaugliches Gehäuse sind sie als Zeilenkameras mit unterschiedlichen Datenaus-

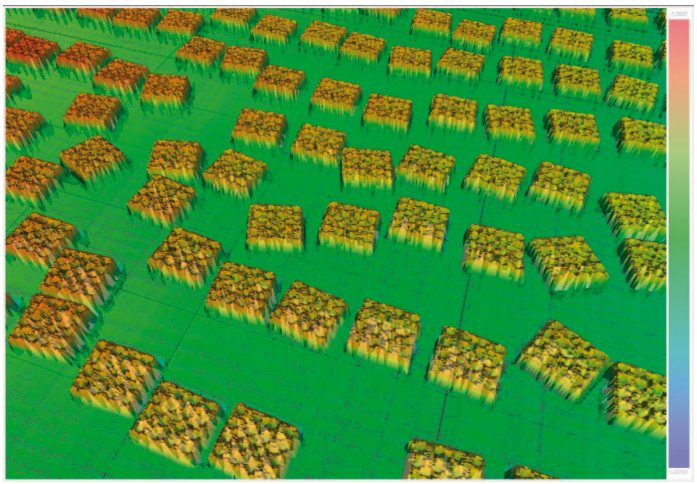

Bild 3: Darstellung von Keksen im 3D-Diagramm

gabeschnittstellen am Markt verfügbar. Je größer die Anzahl der Bildpunkte je Messbereich, umso höher ist zwar die Auflösung der Szene, aber umso größer ist der erforderliche Bauraum über dem Messbereich bzw. Förderband. Eine Reduzierung des Bandabstandes bzw. Bauraumes wird erreicht, indem die zu inspizierende Bandbreite durch mehrere Zeilenkameras mit jeweils geringerer Pixelanzahl je Zeile abgetastet wird. Zudem wird auf diese Weise eine Erhöhung der Systemmessrate bewirkt. Eine Inbetriebnahme oder Justage von Multi-Zeilenkamerasystemen ist oftmals nur durch speziell geschultes Personal möglich.

Auf einem Transportband kann der Zeilensensor eine 2D-Vermessung von Objekten durchführen, solange sich das Band mit definierter Geschwindigkeit bewegt. Bei ruhendem Band ist eine 2D-Kontrolle nicht möglich und erschwert somit die Justage oder Diagnose im Störfall.

Matrixsensor

Matrix-Bildsensoren werden in der IBV als Matrixkamera in gleicher Weise aufgebaut, wie die oben skizzierten Zeilenkameras. Der primäre Sensor hat nun eine Matrix-Anordnung von bis zu 5.000 x 5.000 Bildpunkte. Wobei auch hier zum Aufbau von Bandinspektionsanlagen eher mehrere Matrixkameras geringerer Pixelanzahl zu Gunsten eines geringeren Bauraums und insbesondere einer höheren Abtastrate verwendet werden. Auf einem Transportband kann der Matrixsensor in Verbindung mit strukturiertem Licht (Laserlinie oder Streifenprojektor) eine 3D-Vermessung von Objekten durchführen. Bei ruhendem Band sind eine 3D-Information und ein 2D-Bild verfügbar und liefern einem Anwender wichtige Szeneninformationen, die eine Justage oder Diagnose im Störfall unterstützen.

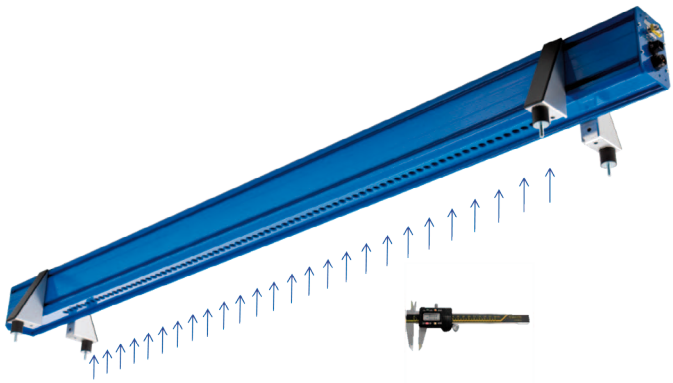

Bild 4: Messbalken mit integriertem Sensor-Cluster bestehend aus 80 Matrix-Bildsensoren

Kamerainspektionssysteme

In kamerabasierten Inspektionssystemen werden heute, je nach Aufgabenstellung, sowohl Zeilenkameras als auch Matrixkameras oder beide Technologien im Mischbetrieb verwendet. Aktuelle Kameras haben serielle Datenschnittstellen (z.B. GigE-Vision) und lassen sich unmittelbar mit einem Auswerterechner über diese standardisierten Schnittstellen anschließen. Bei einer großen Anzahl von Kameras entstehen nicht unerhebliche Aufwendungen auf Seiten der oftmals PC-basierten Auswerterechner, denn eine große Anzahl von Kameraschnittstellen und die damit verbundene hohe Datenrate führt bei konventionellen Systemen schnell zu einem Flaschenhals in der Datenverarbeitung. Ein weiteres Hindernis liegt vor, wenn die Kameras auf individuellen Justiereinheiten montiert sind und bei Austausch einer Kamera eine zeitintensive Neuausrichtung auf die Szene erforderlich ist, was entsprechend geschultes Personal voraussetzt.

Neuer Lösungsweg: Sensorcluster

Ein alternativer Lösungsweg ist in Bild 4 beschrieben. Je Meter Bandbreite sind bis zu 50 Matrixbildsensoren lückenlos aneinandergefügt in einem balkenförmigen Gehäuse verbaut und liefern je Meter Messbereich Bildinformationen mit 15 Gigabit/s aus der Szene. Im industriellen Einsatz sind heute Messbalken von 16 bis 176 Bildsensoren und Material- bzw. Transportbandbreiten von bis zu 4.000 mm. Trotz des weiten Messbereiches ist über dem Band lediglich ein Bauraum von 300 mm erforderlich! Quer zur Bandlaufrichtung werden 1000 Höhenprofile je Sekunde aufgezeichnet und zu einem 3D-Bild zusammengefasst. Die Auflösung in Bandquerrichtung beträgt bis zu 0,02 mm. Die Datenübertragung findet auf einer GigE-Schnittstelle nach dem GeniCam-Standard statt.

Bandinspektion mit 3D-Sensorik

Wird der in Bild 4 dargestellte Messbalken durch einen Linienlaser-Cluster ergänzt, entsteht ein Messbalken gemäß Bild 5, der lückenlos auch breite Transportbänder bzw. das darauf transportierte Stückgut in drei geometrischen Dimensionen vermessen kann. Der Messbalken ist alternativ als 3D-Scanner verwendbar. Die Messwerte werden dem Anwender dann in Form einer Punktewolke zur Verfügung gestellt, so dass durch die standardisierte Datenschnittstelle und die Anwendung von BV-Bibliotheken relativ einfach Volumenmodelle erstellt werden können.

Eigenstabile Balkenkonstruktion

Der in Bild 5 dargestellte 3D-Sensorbalken besteht aus einem Messbalken und einem Laserbalken, die als fertige Baugruppe über ein Transportband montiert werden. Eine aufwendige Unterkonstruktion ist nicht erforderlich, da die eigenstabile Balkenkonstruktion lediglich an den beiden Endpunkten, also oft außerhalb der Bandführung, durch Auflager mit der Produktionsanlage verbunden wird. Eine Justage von Kameras vor Ort entfällt, da der vollständige Sensorbalken bereits ab Werk kalibriert ist und innerhalb von wenigen Minuten als Einzelmodul ein- oder ausgebaut werden kann.

Das Transportband kann nahezu beliebig breit sein. Durch eine Autokalibrierung des Sensorbalkens zur Bandebene erfolgt eine Inbetriebnahme in wenigen Minuten. Das Funktionsprinzip „Sensorcluster“, mit der vermutlich längsten Kamera der Welt, findet zurzeit Einsatz in der Metallindustrie, Kunststoffindustrie, Papierindustrie, Lebensmittelindustrie, Automobilindustrie u.v.m. ◀

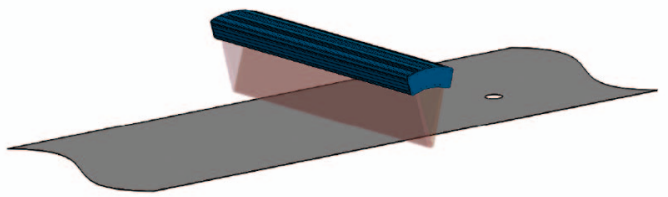

Bild 5: Bandinspektionssystem zur 3D-Qualitätskontrolle