Reflexsystem bietet tiefe Einblicke

3D-Oberflächenmessung von Kunststoffformen bis in die Alveolen

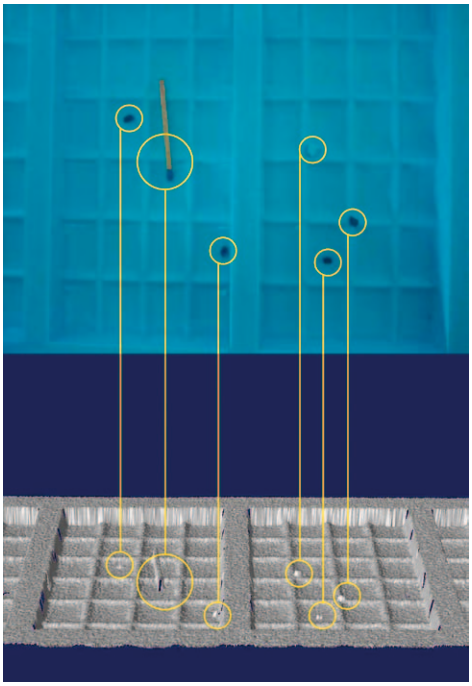

Bild 1: Eine wichtige Aufgabe in der Lebensmittelindustrie ist die sichere Überwachung von Kunststoffgießformen auf Bruchstücke, die in das Produkt kontaminieren könnten. Hier testweise ein Streichholz, vier schwarze und ein blaues Plastikteilchen in der Form und im 3D-Scan

Kunststoffgießformen, z.B. für Schokolade, unterliegen, aufgrund thermischer und mechanischer Belastungen starker Abnutzung. Um zu verhindern, dass Abplatzungen in die Produktmasse gelangen, ist es extrem wichtig die Formen ständig auf Defekte zu überwachen. Bislang können dreidimensionale Oberflächenmessungen mit hoher Geschwindigkeit nur die stark bruchanfälligen Stege an den Unterseiten auf Abplatzungen untersuchen, nicht aber tieferliegende Bereiche, wie die Alveolen an der Oberseite. Abhilfe bringt ein neues Verfahren – der 3D-Profilscan mit Reflexoptik.

Alle Arten von Kunststoffteilen unterliegen Ermüdungserscheinungen, die sie spröde und anfällig für Defekte machen. Im Falle der Lebensmittelindustrie ist dies ein besonders kritischer Faktor, da Bruchstücke das Produkt verunreinigen können. Sie müssen rechtzeitig entdeckt und die betroffenen Formen ausgesteuert werden, um die Produktqualität sicherzustellen. Da ein 2D-Kamerasystem die häufig auftretenden Verschmutzungen durch das Produkt nicht von echten Absplitterungen unterscheiden kann, verwendet man eine dreidimensionale Aufnahme, mit der sich zuverlässig Erhöhungen durch Produktreste auf der untersuchten Fläche von Defekten unterscheiden lassen. Zwar brechen bei Kunststoffgießformen am häufigsten die Stege, jedoch kann auch die Oberseite der Formen brechen und dem Produkt gefährlich werden. Daher ist es wünschenswert, die bisherigen 3D-Scansysteme, die nur die Stege untersuchen, zu erweitern. Mit den gängigen Verfahren werden aber solche innenliegenden Bereiche durch Abschattung nicht erfasst. Im Folgenden soll eine Lösung genannt werden, die es ermöglicht auch die Vertiefungen hochfrequent sauber zu vermessen und so sicherzustellen, dass die gesamte Form zerstörungs- und fremdkörperfrei sind.

Bisherige dreidimensionale Oberflächenmessung

Marktübliche Verfahren, die ausschließlich die Stege kontrollieren, basieren auf einer Kamera, die unter einem verkippten Winkel einen Linienlaser beobachtet. Bewegt sich der Prüfkörper unter dem Sensor hindurch, strahlt der Laser senkrecht auf die Form. Die Kamera sieht nun aufgrund der Verkippung die Deformierung der Laserlinie und das von ihr erfasste Profil stellt ein X-Z-2D Profil der Körperoberfläche dar. In Verbindung mit einem Encoder, welcher mechanisch die Bandgeschwindigkeit abgreift, kann anschließend die dritte Dimension, die Y-Koordinate ermittelt werden. Unter realen Bedingungen lassen sich so mit einem Sensor rund 2500 Hz Linienprofile zusammenfügen und die resultierende 3D-Oberfläche in Form eines maskierten Grauwertbildes an einen PC weitergeben. Die Maske weist hierbei jedem Koordinatenpunkt der X-Y-Ebene eine Z-Komponente zu. Darüber hinaus kann der Sensor den Grauwert des untersuchten Objekts erfassen und als weitere Maskierung der Bildinformation anhängen. Die Auswertung erfolgt z.B. über ein PC-System. Zunächst werden in der X-Y-Ebene Referenzpunkte und Kanten gesucht, um die Position der zu prüfenden Objekte zu ermitteln. Ist die Lage bekannt, so können Höhenprofile und andere Parameter untersucht werden. Anschließend wird die Grafik des Objekts mit Markierungen von Toleranzüberschreitungen und essentiellen Eckdaten als Dokumentation abgelegt.

Einschränkungen der bisherigen Methodik

Die Genauigkeit der Sensoren wird bei dieser Methodik allerdings durch die Streuung der Kunststoffoberflächen stark geschmälert. Um das Signal-Rausch-Verhältnis der Bildaufnahme für Anwendungen im

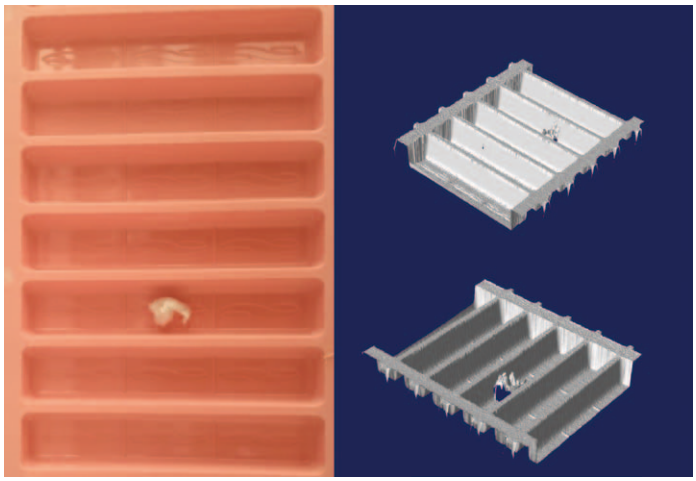

Bild 2: Durch Abschattung sind Verunreinigungen in tieferliegenden Bereichen wie den Alveolen für bisher übliche 3D-Oberflächenmessungen kaum zu überwachen

Autoren:

Sascha Kühl, Ronald Krzywinksi von Bi-Ber Bilderkennungssysteme

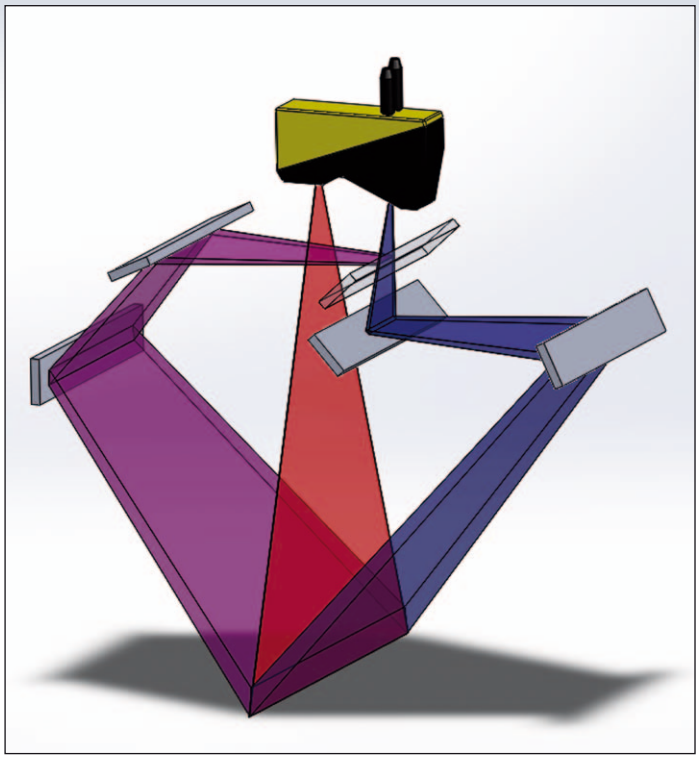

Bild 3: Strahlengang eines Reflexsystems (Laser rot, Kamera blau)

Lebensmittelbereich signifikant zu verbessern, müssen in den Strahlengang der Sensorkamera zwei Spiegel eingebracht werden, die den Blickwinkel auf die Form deutlich weiter verkippen.

Durch das Umlenken mit Hilfe der Spiegelgruppe liegt zwischen dem untersten und damit breitesten Abschnitt des Messbereichs und dem Laser statt einem 5,5° ein 45°-Winkel. Die gemessene Formhöhe in Z-Richtung wird damit bei gleichbleibendem Rauschen ebenfalls deutlich erhöht. Somit verbessert sich die Genauigkeit erheblich. Die Systemgröße kann für die Integration in bestehende Anlagen so beliebig bemessen und die Breite des Beobachtungsbereichs bis zu 10% aufgeweitet werden. Neben einigen Nachteilen wie dem Verlust der Werkskalibrierung und einem verkleinerten Beobachtungsbereich besteht der größte relevante Nachteil dieses Verfahrens in der sehr großen Abschattung hinter erhabenen Objekten. Einerseits können diese Sektoren nicht direkt geprüft werden und andererseits können ungewollte Transmissionen des Lasers durch dünne Stege oder Reflexionen an Stegen und Verrundungen Pseudopixel verursachen, die die Prüfung sichtbarerer Bereiche erschweren. Möchte man erreichen, dass die Laserlinie selbst dann zu sehen ist, wenn sie von einem Steg oder einem anderen hohen Objekt verdeckt wird, ist deshalb eine andere Lösung gefragt.

Die Lösung: Das Reflexsystem

Eine Lösung mit einer zweiten Kamera, die von der anderen Seite zusätzlich die gleiche Laserlinie beobachtet, ist bei gleichbleibender Genauigkeit aus diversen Gründen ungeeignet, das System wäre erheblich kostspieliger, durch die Kommunikation der Kameras untereinander zu langsam und konstruktiv selten umsetzbar. Es existiert jedoch eine Lösung, die sich in erweiterten 3D-Oberflächenvermessungsystemen wie z.B. dem von Bi-Ber Bilderkennungssysteme als geeignet erwiesen hat.

Bei dem sogenannten Reflexverfahren wird in den Strahlengang ein halbdurchlässiger Spiegel eingebracht, der diesen in zwei separate Gänge teilt, die sich aus Sicht der Kamera überlagern. Der erste Strahlengang tritt durch den halbdurchlässigen Spiegel hindurch. Wie bei der bisher gängigen Methodik wird er zur Erhöhung der Genauigkeit bei Streuung an zwei optischen Spiegeln reflektiert, bis er anschließend unter 45° auf die Form blickt. Der zweite ergänzende Strahlengang wird dagegen an dem halbdurchlässigen Spiegel reflektiert und auf die andere Seite des Lasers gelenkt. Nach dieser ersten Reflexion erfolgen noch zwei weitere an optischen Spiegeln. Da der zweite Strahlengang eine Reflexion mehr durchläuft und von der entgegengesetzten Seite unter 45° auf die Laserlinie blickt, sind Orientierung und Skalierung beider Strahlengänge identisch. Darüber hinaus sind auch die Längen beider Perspektiven exakt gleich. Dadurch sieht die Kamera die Linie überlagert aus zwei verschiedenen Richtungen. Wird dabei eine verdeckt, so wirkt die Laserlinie lediglich dunkler. Eine HDR-Aufnahme würde das Problem mit den Intensitäten zwar beheben, die Zeit genügt für eine Doppelaufnahme jedoch nicht. Des Weiteren ist eine zwangsläufige Überstrahlung der Linie insofern unproblematisch, als die Ermittlung der Mitte der Laserlinie nicht nachweisbar beeinflusst wird. Sofern die Aushöhlungen mindestens doppelt so breit wie tief sind, liegt der Vorteil gegenüber der bisherigen Methodik mit zwei Spiegeln darin, dass nur noch in Sonderfällen Abschattungen auftreten. Darüber hinaus bietet die hier beschriebene pseudopixelfreie Reflexmethode bei der Anpassung der Belichtungszeit und anderer Einstellungen an die Formfarbe deutlich mehr Spielraum. Als zusätzlicher Nebeneffekt nimmt das Rauschen ebenfalls leicht ab, da durch eine ungünstig liegende Oberfläche zwar Totalreflexion eines Pixels in Richtung Kamera auftreten kann, dieser jedoch seine Intensität auf dem anderen Strahlengang im gleichen Maß verliert und somit in der Summe nicht die Datenermittlung behindert.

Anwendungsbereiche des Reflexsystems

Ein wie hier beschriebenes Reflexsystem hat im Durchschnitt unter Realbedingungen eine Aufnahmegeschwindigkeit von 2,5 Millionen Bildpunkten pro Sekunde. Es eignet sich somit hervorragend für schnelle Produktionsabläufe. Mithilfe einer Spiegelerweiterung und eines erhöhten Blickwinkels wird die Einbauhöhe eines solchen Systems geringer und die geometrischen Außenmaße sind variierbar, was eine Nachrüstung an einer bereits bestehenden Anlage erheblich vereinfacht. Weil ein Reflexsystem außerdem signifikant die Genauigkeit erhöht, sind hochfrequente, nahezu abschattungsfreie und gleichzeitig genaue 3D-Aufnahmen von Untersuchungskörpern anspruchsvoller Geometrie möglich. Zudem macht die Reflexaufnahme solche Systeme unempfindlicher bei Überstrahlung, was bei hellen reflektierenden Oberflächen mit dunkler Verschmutzung nicht mehr zu fehlenden oder Pseudopixeln führt. Zu den prüfbaren Parametern zählen alle geometrischen Größen wie z.B. Volumen, Rundheit, Geradlinigkeit, Abstände und Winkel zwischen Flächen, Kanten oder Punkten. Da sich so große Oberflächen von Prüfkörpern sowie breite Produktionsbänder mit vielen kleinen Endprodukten überwachen lassen, sind die Anwendungsbereiche sehr vielfältig. In Fällen eines stillstehenden Objekts ist auch ein Verfahren kein Problem. Einfache Geometrien können mit Hilfe von Profiluntersuchungen betrachtet, komplexe Formen dank der Vermeidung von Abschattungen durch den ICP-Algorithmus mit einem vorab eingelernten 3D-Objekt abglichen werden.

■ *Bi-Ber GmbH & Co. KG*
info@bilderkennung.de
www.bilderkennung.de

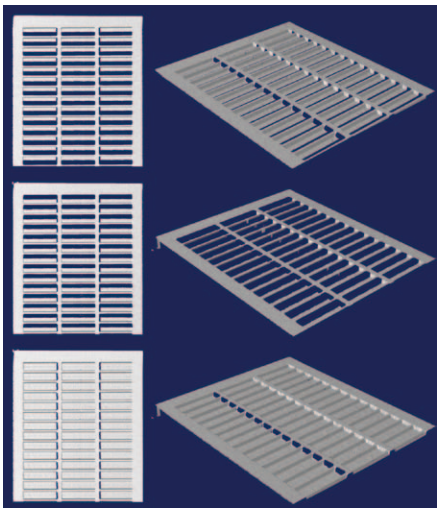

Bild 4: Teilbilder der Form (oben) und Gesamtbild (unten) ohne Abschattungen