

► Exakte Volumenmessung mit Hilfe von 3D-Bildverarbeitung

Die exakte Volumenmessung von unregelmäßig geformten Objekten lässt sich mit Hilfe von 3D-Bildverarbeitung und mehreren Kameras realisieren. Die britische Niederlassung von STEMMER IMAGING hat dies mit einem System zur Vermessung von Würsten unter Beweis gestellt.

Im Prinzip ist die Messmethode zur Volumenbestimmung eines Körpers einfach: Seine Querschnittsfläche wird vermessen, während er von einem Förderband bewegt wird. Durch die fortlaufende Multiplikation der Querschnittsfläche mit dem Vortrieb des Objekts lässt sich das Volumen des Körpers aufintegrieren (Bild 1).

Nach Erreichen des gewünschten Gewichts kann dann eine Schneidemaschine die Würste den Anforderungen entsprechend schneiden. Da eine Wurst nie durchgängig zylindrisch ist, wird die Volumenberechnung zunehmend akkurater, je mehr Querschnittsflächen vermessen werden. Da zudem nur das Oberflächenprofil an jeder Stelle der Wurst zu sehen ist, muss die Querschnittsfläche anhand mehrerer Höhenprofile errechnet werden.

Die 3D-Bildverarbeitung ist eine etablierte Technik zur Volumenmessung, um sicher zu stellen, dass Portionsvorgaben exakt eingehalten werden können. Dabei wird das Prinzip der Laserlichtschnittmessung zusammen mit einer CCD-Kamera angewendet (Bild 2). Wenn sich das Objekt auf dem Förderband an der Kamera vorbeibewegt, steht die Form- und Positionsänderung der Laserlinie in direkter Beziehung zum Schnittbereich des Objekts. Durch das Aufsummieren sämtlicher Schnittdaten, können die 3D-Daten berechnet werden. Der Genauigkeit dieser Technik liegen drei Kriterien zugrunde:

- Die Häufigkeit der Schnittdatenerhebung
- Die Auflösung des Profils
- Die Anzahl der eingesetzten Kameras

Probleme ergeben sich, wenn man nur eine Kamera einsetzt, da Kanten oder Unterschneidungen des zu messenden Objekts übersehen werden können. Beim Einsatz eines Zwei-Kamera-Laser-Systems, das an jeder Seite des Profilbereichs positioniert wird, können diese Unterschneidungen erfasst werden. Allerdings müssen nun zwei Profile kombiniert werden und Fehler, die aufgrund der ungewöhnlichen Geometrie entstehen, müssen korrigiert werden. Für unregelmäßig geformte Objekte wie z.B. Würste stellt ein System mit drei Kameras die perfekte Lösung dar (Bild 3).

Die Kameras nehmen die mit Laserlinien beleuchteten Würste aus verschiedenen Ansichten auf, während sie sich zwischen zwei Förderbändern befinden. Hier findet die komplette Vermessung statt.

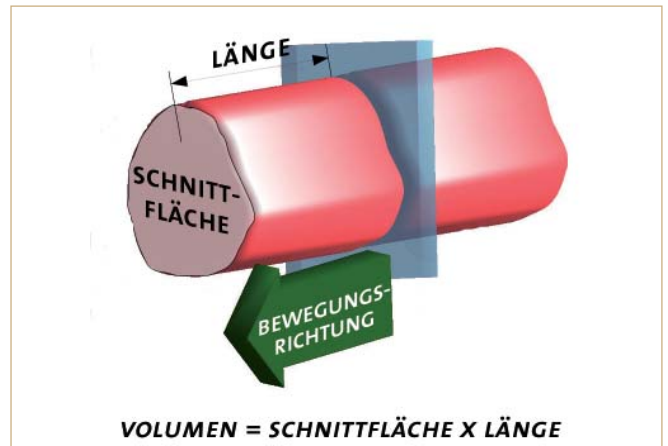


Bild 1: Prinzip der Volumenmessung

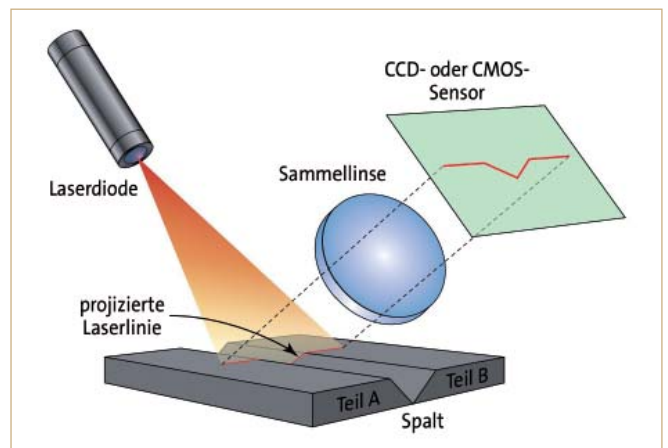


Bild 2: Prinzip der Laserlichtschnittmessung

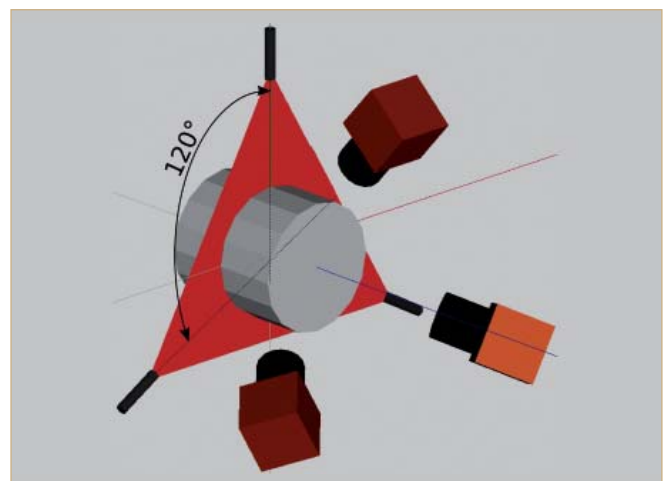


Bild 3: Kamera-Anordnung für die 3D-Volumenmessung

► Die Vermessung

Eine Vermessungs-Methode wird in Bild 4 gezeigt. Der Umfang der Wurst wird aus den 3D-Messwerten rekonstruiert. Die Querschnittsfläche, die sich daraus ergibt, wird in eine Reihe von Dreiecken unterteilt, deren Flächen berechnet und anschließend aufsummiert werden. So erhält man die Gesamtfläche der Wurstscheibe ($A = \sum A_i$). Da die Wurst aber während der Messung weitertransportiert wird, wird diese Strecke (dM) mit Hilfe eines Inkrementalgebers am Förderband gemessen. Die Volumendifferenz dV kann dann ganz einfach berechnet werden mit $A \cdot dM$. Das Gesamtvolumen V ergibt sich aus der Summe der Volumendifferenzen, $V = \sum dV$.

Diese Methode scheint im Prinzip zwar einfach zu sein. Aber die große Herausforderung besteht nun darin, alle Teilscheiben in das gleiche Referenz-Koordinatensystem zu übertragen, um eine runde Scheibe zu erhalten. Eine weitere Herausforderung ist die Frage, wie man die Überlappungen von Messbereichen der drei Kameras und somit die Verfälschung der Ergebnisse vermeidet (Bild 5). Hier ermöglicht ein spezieller präzisionsgefertigter Kalibrier-Körper aus Edelstahl die unabhängige Kalibrierung der drei Kamera/Laser-Kombinationen. Damit kann sichergestellt werden, dass der Messbereich jedes einzelnen Segments exakt definiert ist und keine mehrfache Erfassung erfolgt.

► Die Realisierung

Um derartige Berechnungen in Echtzeit im industriellen Umfeld durchführen zu können, ist eine leistungsfähige Software notwendig. Im Falle der Wurstvermessung kam unsere Hardware-unabhängige Programmierbibliothek Common Vision Blox (CVB) zum Einsatz. Sie beinhaltet 3D-Algorithmen, die sich einfach in ein bestehendes Bildverarbeitungs-System integrieren lassen. Das geschilderte Projekt wurde zusammen mit unserem spanischen Partner Aqsense realisiert, der vorab eingehende Simulationen zur Vorhersage der Genauigkeit erstellte.

Common Vision Blox stellt leistungsfähige Werkzeuge für die exakte Inspektion und Vermessung von komplexen 3D-Freiformflächen zur Verfügung. Die 3D-Tools in CVB arbeiten auf Basis von echten 3D-Punktwolken, was im Gegensatz zu gängigen 2,5D-Bildern den automatischen Ausgleich von Positions- und Rotationsabweichungen in allen sechs Freiheitsgraden erlaubt. Somit ist es nicht notwendig, die Prüfobjekte hochgenau mechanisch auszurichten oder zuzuführen. Diese Vorgehensweise reduziert den mechanischen Aufwand zur lagegenauen Zuführung deutlich und garantiert einen hohen Durchsatz bei einer 100%igen Überprüfung aller Objekte.

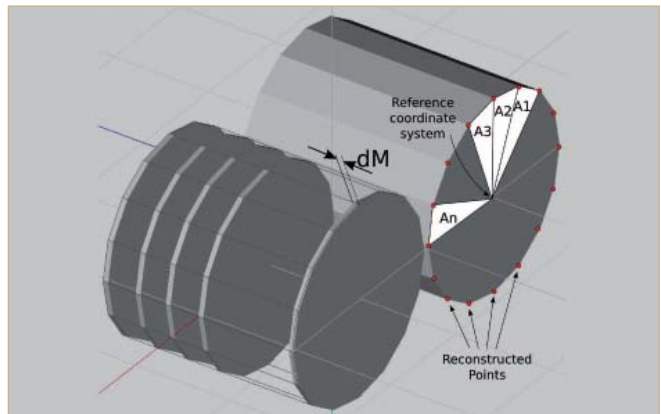


Bild 4: 3D-Rekonstruktion und Vermessungsprozess

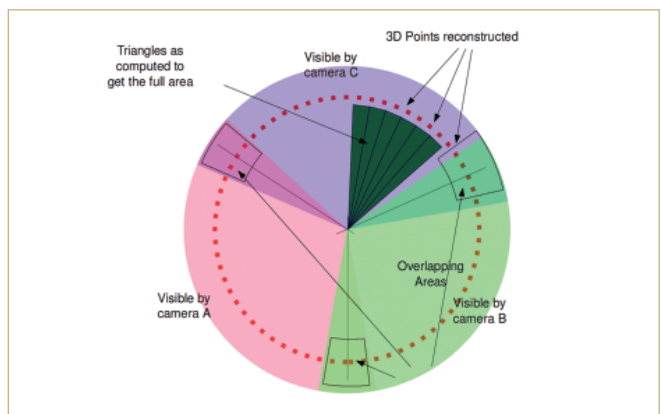


Bild 5: Auflösung der überlappten Bereiche (Quelle Bilder 1-5: Aqsense)

Die Erkennung von 3D-Abweichungen mit Hilfe von CVB wird nach einer Kalibrierung über das Tool CVB Match 3D realisiert. Dieses CVB-Tool errechnet zunächst die räumliche Abweichung des Prüfobjekts und vergleicht das Ergebnis dann mit dem perfekten 3D-Abbild eines Gutteils, des so genannten Golden Templates. Bereits geringfügige Maßabweichungen lassen sich so in Echtzeit erkennen und erlauben eine schnelle Gut-/Schlecht-Entscheidung über das geprüfte Objekt.

Das 3D-Lieferprogramm von STEMMER IMAGING umfasst neben diesem Software-Angebot auch die benötigte Hardware wie z.B. geeignete, schnelle 3D-Kameras, Laser-Beleuchtungen, Optiken, Bildfassungs-Karten, Befestigungen, Kabel usw. Natürlich bieten wir unseren Kunden auch die entsprechenden Dienstleistungen wie z.B. eine detaillierte Beratung, Machbarkeitsstudien und Schulungen an, um ihnen so den Weg zur erfolgreichen 3D-Applikation zu ebnet.