

Objektvermessung, Anwesenheits- und Positionsprüfung

3D-Objekterfassung

3D-Sensorik im Produktionsprozess

Von Laserscannern bis Stereokameras existiert eine stetig zunehmende Fülle entfernungsmessender optronischer Sensoren und Sensorkonzepte mit sehr unterschiedlichen (physikalischen) Eigenschaften. Sie erlauben die berührungslose Erfassung und Vermessung der dreidimensionalen Form, Größe und Lage von Objekten. Für entsprechend vielfältige Aufgaben lassen sich solche Sensoren zur Prozessüberwachung oder Prüfung von Werkstücken in Produktionsketten integrieren. Denkbar sind u.a. folgende Anwendungen, grob aufsteigend nach ihrer Anforderung an Präzision und Auflösung sortiert:

- Anwesenheitsprüfung für Werkstücke
- Objekt-Positionsbestimmung auf einem Transportsystem
- Vollständigkeitsprüfung zusammengesetzter Objekte oder komplexerer Geometrien
- 3D-Modellbasis für die Visualisierung weiterer Messdaten
- Kontrolle von Form und Maßhaltigkeit

Fast Facts

1. Die bedarfsangepasste Integration unterschiedlicher 3D-Messverfahren in eine Produktionskette löst von kostengünstig bis hochaufgelöst unterschiedliche Fragestellungen
2. Ein skalierbares System aus 3D-Kameras dient z.B. der groben Anwesenheits- und Vollständigkeitsprüfung oder zur Objekt-Positionsvermessung auf einem Trägersystem (FTS)
3. Mit millimetergenauer Auflösung lässt die Vermessung per Laserlinien triangulation im Durchlauf auch kleine Abweichungen von der Soll-Form eines Objektes erkennen

1. Stationäre 3D-Objekterfassung

Robuste Technik

Eine stationäre 3D-Erfassung, bei der weder Sensor noch Objekt in einem Scanvorgang bewegt werden müssen, bietet einige konzeptionelle Vorteile:

- Ohne bewegliche, motorisierte Komponenten ist sie kostengünstiger ...
- und ausfallsicherer.
- Sie kommt ohne eine notwendige unabhängige Verfolgung der Relativposition von Objekt und Sensor aus, die einen zusätzlichen Messunsicherheitsfaktor darstellt.
- Mit geeigneten Sensoren kann die Erfassung »in einem Schuss« zeitsparend erfolgen.

Multi-3D-Kamera-System

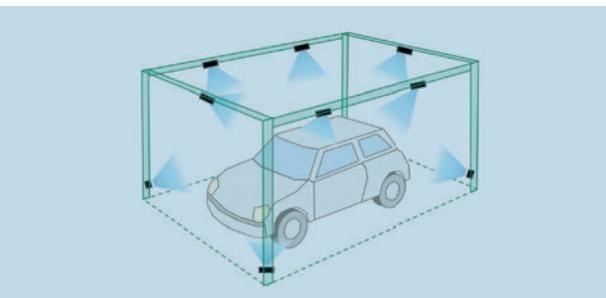
In den Technologiedemonstrator AutoInspect ist ein System aus aktuell zehn 3D-Kameras zur stationären räumlichen Objekterfassung eingebunden. Die verwendeten Kameras basieren auf dem Prinzip der Lichtmustertriangulation. Im Gegensatz zu Phasenlaufzeitverfahren verzerren hier keine Licht-Mehrwegeeffekte aus der Szenenbeleuchtung die absoluten Entfernungsmesswerte. Anhand der Ground-Truth einer Referenzszenen lässt sich jede Kamera im Koordinatensystem des Arbeitsraums einmessen und für das Gesamtsystem kalibrieren. Eine nahezu beliebige Anzahl 3D-Kameras kann so zu einem Gesamtsensor verschmelzen, der das Objekt von allen Seiten in seiner dreidimensionalen Struktur erfasst. Damit ist das System leicht und kostengünstig skalierbar und an verschiedene Messobjekte und Rahmenbedingungen anpassbar.

Nachteilig an der Nutzung der 3D-Kameras ist deren verhältnismäßig grobe Auflösung sowohl hinsichtlich der Punktdichte

als auch des Entfernungswertes. Die Messunsicherheit liegt in der Größenordnung einiger Prozent der Messdistanz. Daneben reicht die Empfindlichkeit nicht für alle unkooperativen Oberflächen wie z. B. schwarzen, glänzenden Lack aus. Aber selbst auf derartigen Objekten steht noch eine ausreichende Zahl Messpunkte zur Verfügung, die z. B. eine Anwesenheits- oder Vollständigkeitsprüfung erlaubt, oder auch die Ermittlung der absoluten Positionierung des Objektes im Raum oder auf einem Transportsystem.



Eine von insgesamt 10 zu einem Gesamtsensor vernetzten 3D-Kameras.



Schematische Anordnung der 10 vernetzten 3D-Kameras zur allseitigen Objekterfassung.

2. Dynamische 3D-Objekterfassung

Scanvorgang im Durchlauf

Zeilen Sensoren können bei gleicher Hardwareperformance (z. B. Datenrate) eine wesentlich höhere Auflösung entlang ihrer einen Dimension erreichen als Flächensensoren. Auch zeichnen sich die hierin realisierbaren Messprinzipien vielfach durch eine geringere Messunsicherheit aus. Für die vollständige dreidimensionale Erfassung eines Objekts erkaufte man dies durch den notwendigen Scanvorgang. Entweder Sensor oder Objekt müssen bewegt und die Geometrie dieser Relativbewegung für die Modellrekonstruktion exakt registriert werden. Löst man diese

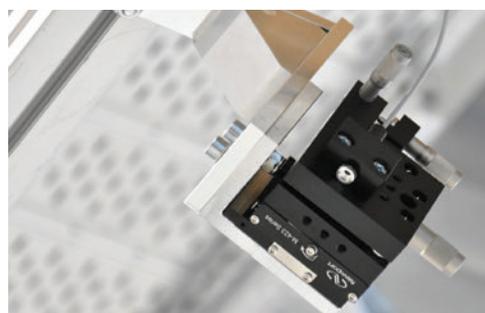
Anforderung, können z. B. Werkstücke, die sich produktionsbedingt bereits auf einem Transportsystem befinden, im Durchlauf vermessen werden.

Laserlinientriangulation an unkooperativen Oberflächen

Die Methode der Laserlinientriangulation erzielt in kooperativen Umgebungen mit die beste mögliche Auflösung und Messunsicherheit. Daher wurde ein solches Verfahren in den Technologiedemonstrator AutoInspect integriert. Vier Linienlaser formen eine gemeinsame Lichtebene. Aus vier unterschiedlichen Perspektiven rund um den Bewegungspfad des zu vermessenden Objektes betrachten Kameras die Projektion der Lichtebene auf die Objektoberfläche.

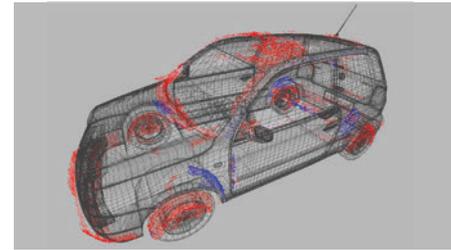
Aus der in den Kamerabildern detektierten Lichtschnittlinie berechnet die Software Objektprofile und setzt diese über den Bewegungsverlauf zu einer vollständigen 3D-Oberflächenrepräsentation zusammen. Dafür nutzt sie die zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt der Kameraframes korrespondierende Information über die Objektposition aus dem in AutoInspect integrierten Trackingsystem.

Ein wichtiges Augenmerk bei der Entwicklung dieser Laserlinientriangulationssensorik lag auf einer größtmöglichen Detektionsempfindlichkeit für unkooperative Oberflächen. So kommen u. a. blaue Laser zum Einsatz, deren Licht auch auf reflektierenden Oberflächen noch einem Rest diffuser Streuung unterliegt. Schmalbandige Spektralfilter vor den Kameraoptiken unterdrücken einen wesentlichen Teil des störenden Umgebungslichts.



Blaues Linienlaser-Modul mit Justierplattform zur exakten Abstimmung der Ausrichtung der Lichtebene mit weiteren Laserquellen.

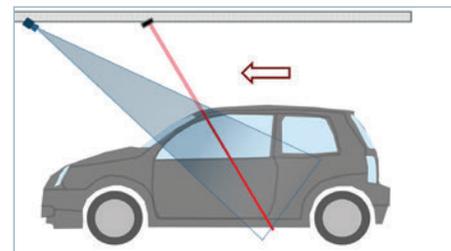
Bilder: © I.Kaufmann, Fraunhofer IOSB



Positionsbestimmung und Berechnung der Abweichung von 3D-Messpunkten relativ zu einem Soll-Modell.



Im Multi-3D-Kamerasystem bilden Entfernungskarten die Grundlage für die Berechnung der Raumkoordinaten der Oberflächenmesspunkte.



Schematische Darstellung der Messgeometrie für die Lasertriangulation.

Kontakt

Dr. Ilja Kaufmann
Tel. +49 7243 992 122
ilja.kaufmann@iosb.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
Gutleuthausstr. 1
76275 Ettlingen