

Der Kontur auf der Spur

Zuverlässige 3D-PKW-Konturbestimmung in Autowaschanlagen durch Laser-Lichtschnittverfahren

Die dreidimensionale Erfassung von Fahrzeugkarosserien war bisher ein Wunschtraum vieler Hersteller von Autowaschanlagen. Die Firma In-Situ hat nun für WashTec einen 3D-Scanner entwickelt, der es ermöglicht, Außenkonturen von Fahrzeugkarosserien zu erfassen, um optimierte Laufwege von Sprühdüsen, Wäschern und Trocknern zu bestimmen. Auf- und Anbauten am Fahrzeug werden jetzt sicher erkannt, Beschädigungen durch Fehlbedienung bei der Waschprogrammwahl sind ausgeschlossen.

■ Rainer Obergrußberger



Viele Waschanlagenhersteller kämpfen mit dem Problem, dass Dachaufbauten auf Kraftfahrzeugen während des Waschvorgangs beschädigt werden können. Gerade in nordischen Ländern, in denen Dachboxen weit verbreitet sind, führt die Wahl des falschen Waschprogramms immer wieder zu Beschädigungen. Um unter anderem diese Problematik zu umgehen, wurde nach einem optischen System gesucht, das es erlaubt, vorab Außenkonturen eines Fahrzeugs inklusive aller An- und Aufbauten zu erfassen, um den Wasch- und Trockenvorgang zielgenau steuern zu können. Mittels gescannter 3D-Daten können nicht nur Kollisionen und somit Beschädigungen verhindert werden, sondern auch der Anpressdruck und die Fahrgeschwindigkeit der Waschbürsten der Karosseriegeometrie entsprechend optimiert und dynamischer gesteuert werden.

3D-CarScan wurde von In-Situ genau für diese Anforderung konzipiert und entwickelt. Zwei getrennt arbeitende Kamera-Lasereinheiten erfassen beidseitig sowohl die Dach- als auch die Seitengeometrie eines Fahrzeugs, und das während des Verfahrens des Waschportals beim Schaumauftrag. Die ermittelten 3D-Daten –

spricht die Außenhaut des Fahrzeugs – wird an die Steuerung übermittelt und als Sollkontur für alle anschließenden Wasch- und Trocknungsvorgänge herangezogen.

Das Messverfahren

Das Grundprinzip der 3D-CarScan-Technologie basiert auf dem Lichtschnittverfahren (Triangulation), bei dem eine Laserlinie unter einem definierten Winkel auf ein Objekt eingestrahlt wird. Aus der Form der mit Hilfe einer Kamera aufgenommenen reflektierten Linie kann nach dem Triangulationsprinzip der Prüfkörper dreidimensional erfasst werden [1]. Das Prinzip des Lichtschnittverfahrens ist heute im Bereich der Bildverarbeitung eine gängige Methode zur dreidimensionalen Vermessung von Objekten. Nichtsdestotrotz stellt die Anwendung dieser Technik gerade im Waschanlagenumfeld besondere Anforderungen an die Robustheit von Hard- und Software.

Aufgrund der teilweise sehr unterschiedlichen Oberflächeneigenschaften von Kraftfahrzeugen wird zur Projektion der Linie ein

Rainer Obergrußberger
ist Technischer Leiter von In-Situ
in Sauerlach/München
T +49/8104/6482-34
rainer.obergrussberger@in-situ.de

sehr leistungsstarker Diodenlaser eingesetzt. In Verbindung mit einem schmalbandigen Interferenzfilter konnten dadurch gute Kontrasteigenschaften erzielt und Fremdlichteinflüsse weitestgehend kompensiert werden. Durch den engen Bauraum und das gleichzeitig sehr große Messvolumen wurde eine sehr weitwinklige Optik (4,2 mm Brennweite) eingesetzt. Diese verursacht gerade im Randbereich des Blickfeldes starke Verzerrungen, die durch eine geeignete Kalibrierung des Systems kompensiert werden müssen. Zur Kalibrierung wird die Methode nach Tsai verwendet [2], bei der anhand eines idealisierten Lochkamera-Modells alle nötigen Abbildungsparameter in Verbindung mit einem Kalibrationsmuster berechnet werden.

Die zu ermittelnden Kameraparameter unterteilen sich dabei in Parameter der inneren und der äußeren Orientierung. Die äußeren Kameraparameter beschreiben die Lage des optischen Zentrums der Kamera relativ zum Weltkoordinatensystem, die inneren Parameter die Abbildungsgeometrie der Kamera bestehend aus Brennweite, Skalierung und Verzerrung. Jeder Punkt im Weltkoordinatensystem (x_w, y_w, z_w) , für den mindestens eine Koordinate bekannt sein muss, kann nach erfolgter Kalibrierung in das Kamerakoordinatensystem (x_c, y_c, z_c) zurückgerechnet werden und umgekehrt. Im Textkasten ist das optische Modell des Kalibrationsverfahrens nach Tsai dargestellt.

Beide Scannereinheiten der Waschanlage werden auf das gleiche Weltkoordinatensystem anhand eines großflächigen Punktemusters kalibriert. Die Position des Punktemusters im Weltkoordinatensystem muss dazu bekannt

sein. Die von den Linienlasern projizierte Ebene im Weltkoordinatensystem schneidet nun die Fahrzeuggeometrie, wobei die Aufnahme der ausgelenkten Linie eine Punktwolke im Sensorkoordinatensystem liefert. Anhand der bekannten Kameraparameter kann nun diese Punktwolke in das Weltkoordinatensystem zurückgerechnet werden. Somit ergibt sich während des Verfahrens des Waschportals Schritt für Schritt ein Profil der Fahrzeuggeometrie.

Einsatz von Differenzbildverfahren

Unerwünschte Artefakte können durch Fremdlichteinflüsse, etwa durch direkt reflektiertes Sonnenlicht auf der Karosserieoberfläche, verursacht werden. Diese werden einerseits mittels sehr schmalbandiger Interferenzfilter unterdrückt, andererseits wird hier als Novum ein Differenzbildverfahren eingesetzt, um zusätzliche Sicherheit bei der Extraktion der Laserlinie zu erhalten. Dazu wird der Laser mit der Bildaufnahme synchronisiert, und jeweils ein Bild mit Laserlinie von einem Bild ohne Laserlinie subtrahiert. Bei einem in Ruhe bleibenden Objekt können hier auch sehr schwache Helligkeitsunterschiede stabil erkannt werden. Da das Waschportal während des Scanvorgangs in Bewegung ist, wurde das Differenzbildverfahren um zusätzliche Filteralgorithmen erweitert, die fehlerhafte Kantenpunkte unter Berücksichtigung der Bewegungsinformation ausblenden.

Bereiche mit annähernd konstanter Helligkeit werden im Differenzbild eliminiert, an Kanten (Helligkeitssprüngen) verbleiben jedoch durch die Bewegung des Waschportals störende Artefakte im Bild. Durch die Extraktion der Kanteninformation im Bild ohne Laserlinie wird durch Berücksichtigung der Bewegungsgeschwindigkeit des Portals ein definierter Bereich um diese Kanten ausgeblendet. Dadurch werden Störartefakte vermieden, allerdings können auch Teile der Laserlinie an diesen kritischen Stellen mit ausgelöscht werden. Diese Stellen werden durch geeignete Interpolationsmethoden hinreichend genau angenähert.

3D-Daten für den Waschvorgang

Die dritte, und bisher noch unbekannteste Komponente der 3D-Daten in Fahrtrichtung des Portals, ergibt sich aus der Portalposition, und wird von der Steuerung an 3D-CarScan übergeben. Das Resultat eines Scanvorgangs ist somit eine 3D-Punktwolke, bestehend aus vielen Einzelprofilen in Fahrtrichtung des Portals. Der Erfassungsbereich beträgt dabei 2,5 m in Höhe und Breite, die Länge ergibt sich aus dem Fahrweg des Portals. Die Genauigkeit liegt bei 1,5 cm

in allen Richtungen. Die erhaltenen 3D-Daten können jetzt für den weiteren Waschvorgang verwendet werden. Auch exponierte Teile wie die Außenspiegel oder Heckspoiler sind sehr gut erfasst worden. Gerade diese Teile bereiten beim Waschvorgang immer wieder Probleme.

Um ein präzises Messsystem dieser Art in einer Waschanlage stabil betreiben zu können, bedarf es einer durchdachten mechanischen und elektrischen Integration. In Waschanlagen kommen vielerlei Arten von Chemie zum Einsatz, die Kabel auf lange Sicht spröde werden lassen. Hochdruckdüsen sorgen für saubere Autos nach einem Waschvorgang, aber auch für Wassernebel, der sich auf Linsen und Schutzglas ablagern kann. Erst durch ein von der Firma WashTec entworfenes, ausgeklügeltes Schutzsystem konnten Einflüsse dieser Art eliminiert werden. Die Kameras wurden mit wasserdichten Schutzgehäusen versehen, und zusätzlich durch einen Klappmechanismus vor Spritzwasser geschützt. Die Laser befinden sich in einem Edelstahlgehäuse, und gezielt eingeströmte Druckluft verhindert Wasserablagerungen auf der Linse des Lasers. Kabelummantelungen bestehen aus laugenresistenten Materialien, die Beständigkeit auch auf lange Sicht garantieren.

Die Vorteile dieses Messsystems liegen auf der Hand. Mussten bislang für spezielle Fahrzeugformen, Auf- oder Anbauten gesonderte Waschprogramme gewählt werden, kann jetzt nahezu jedes Auto in die Anlage einfahren und mit den allgemeinen Programmen gereinigt werden. Eine Fehlbedienung sowie die daraus häufig resultierenden Beschädigungen sind unter Nutzung dieser Technologie ausgeschlossen. Exponierte Fahrzeugstellen lassen sich gezielter und gründlicher reinigen. Die Waschzeiten werden durch eine gezieltere und dynamische Nachführung der Waschwalzen und Trockner reduziert. Für die Betreiber bedeutet dies, eine erweiterte Kundenklientel ansprechen zu können. Die Augsburgische WashTec Gruppe wurde hierfür mit dem diesjährigen Innovationspreis der Fachmesse automechanika ausgezeichnet. ■

Literaturverzeichnis

- [1] O. Toedter, A. W. Koch, M.W. Ruprecht, Optische Messtechnik an technischen Oberflächen. Expert-Verlag, Juli 1998
- [2] R.Y. Tsai, A versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-Shelf TV Cameras and Lenses. IEEE Journal of Robotics and Automation, RA-3(4), 1987

Weiterführende Infos auf www.AuD24.net

more @ click AD126401



Kalibrierung nach Tsai

Mittels iterativer Verfahren wird die optische Transformation vom Weltkoordinatensystem in das Kamerakoordinatensystem berechnet. Mit den berechneten Kalibrierparametern kann bei nur einer bekannten Koordinate im Weltkoordinatensystem jeder Punkt von diesem in das Kamerakoordinatensystem transformiert werden und umgekehrt.

(X_w, Y_w, Z_w)	Weltkoordinatensystem
(X_c, Y_c, Z_c)	Kamerakoordinatensystem
(X_u, Y_u)	Unverzerrte Sensorkoordinaten
(X_n, Y_n)	Bildhauptpunkt
f	Brennweite

