

## SENSORIK IN DER AUTOMOBILPRODUKTION

# Messaufgaben neu gelöst

In der Produktion und Qualitätssicherung von Motoren, Bauteilen und Karoserien spielen in zunehmendem Maße neuartige, leistungsfähige Prüf- und Inspektionssysteme eine Rolle. Solche Systeme beschleunigen die Erfassung und Auswertung von Messwerten oder bewältigen Sortier- und Klassifizierungsaufgaben, für die es bisher keine Lösung gab. Zudem generieren sie aus Messdaten automatisch Programme zur individuellen Ausführung von Roboter-Aktionen.

Im Mercedes-Benz Motorenwerk Mannheim-Waldhof fertigen mehr als 5000 Mitarbeiter Vier-, Sechs- und Achtzylinder-Dieselmotoren unterschiedlicher Leistung und Bauart für die Lkw und Busse des Daimler-Konzerns. Aufgrund zahlreicher Typen, Spezifikationen und Anbauteile kennt das Werk mehr als 10 000 Motorvarianten. Die Lackierung der hochwertigen und langlebigen Produkte ließ sich bislang kaum automatisieren: Der Aufwand für die Programmierung von Roboterprogrammen für alle Varianten stand in keinem Verhältnis zum Nutzen.

## Automatisierte Programme für Losgröße 1

Doch dann fanden Ingenieure des Konzerns eine neue Lösung, die automatisch für jeden Motor exakt passende Reinigungs- und Lackierprogramme generiert und ausführt. In einer Scannerkabine, die auf der Förderstrecke vor den Reinigungs- und Lackierkabinen angeordnet ist, wird die Oberfläche eines jeden Motors mit Laser-Scannern erfasst, die exakte Form und Lage des Motors im Raum festgestellt und das Resultat als 3D-Punktwolke in einer Datenbank hinterlegt (Bild 1). Auf der Basis von Informationen aus der Anlagensteuerung wird jedes Objekt einer Produktgruppe („Schwermotor“, „Busmotor“ oder „Motor mittlerer Leistung“) zugeordnet. Nach Auswahl der jeweiligen Programmvorlage entstehen unter Berücksichtigung der 3D-Punkte-



Bild 1. Ein Laser-Scanner erzeugt eine 3D-Punktwolke zu einem Motor, automatisch entsteht in 60 Sekunden ein Reinigungs- und Lackierprogramm. (Foto: Atensor)

wolke automatisch für jeden einzelnen Motor innerhalb von 60 Sekunden individuelle Reinigungs- und Lackierprogramme. Zunächst werden Roboterbahnen unter Berücksichtigung der Form eines Motors und seiner Aufhängung definiert, anschließend erfolgt eine detaillierte Bewegungsplanung für die Gelenke der Roboterarme.

Gelangt ein Motor in eine Reinigungskabine, wird das hierfür vorgesehene Reinigungsprogramm gestartet. Im Vorfeld der Lackierung wird mit den Mitteln Kohlensäure und Druckluft gearbeitet; damit lässt sich eine energie- und zeitaufwendige Waschung und Trocknung vermeiden. In der sogenannten „Maskierzone“ decken Arbeiter sodann all jene

Stellen an einem Motor ab, die lackfrei bleiben müssen.

Anschließend wird der Motor weiter in die erste von zwei Lackierkabinen gefahren, hier werden die Lackierprogramme gestartet. Ein Roboterarm fährt mit einer Lackierdüse die im Programm festgelegten Bahnen ab und sprüht unter Verwendung optimierter Lackierparameter die Menge Lack auf den Motor, die für das gewünschte Ergebnis erforderlich ist. Eine Bearbeitung per Hand ist heute nur noch notwendig, um unzugängliche Stellen zu beschichten, die der Roboter nicht erreicht.

Dieses flexible Verfahren reduziert nicht nur den Verbrauch an Lack in erheblichem Maße. Es wird auch deutlich »

weniger Personal benötigt als in früheren Zeiten. Als Lieferant und Partner der Daimler-Ingenieure war an dieser Lösung die 2003 gegründete Atensor Engineering and Technology Systems GmbH im österreichischen Steyr beteiligt. Die Firma hat sich auf die Losgröße-1-Automatisierung mit Robotern auf der Basis von 3D-Messwerten spezialisiert. Zusätzlich zu berührungsfreien Anwendungen (wie im Fall der Lackierung) programmieren die österreichischen Spezialisten Losgröße-1-Anwendungen für das individuelle Schleifen und Polieren im Automotive-Bereich, so Vertriebsleiter Dieter Herzog.

### Zerstörungsfreie Prüfung mit digitalem Abziehstein

Der VW-Konzern produziert mit einer Spritzgussmaschine seit wenigen Jahren für den Golf VII „Tankklappen“ aus Kunststoff – bekannt als „Tankdeckel“. Alle 60 Sekunden öffnet sich das Werkzeug der Spritzgussmaschine, und ein Roboter greift zwei soeben ausgehärtete Tankklappen heraus und präsentiert sie nacheinander einem Inspektionssystem, das speziell für diffus reflektierende Oberflächen geschaffen wurde. Das Prüfsystem erfasst die Oberfläche der Tankklappe mit einem 3D-Stereosensor, der auf dem Prinzip der Streifenlichtprojektion beruht. Nun kommt es darauf an zu erkennen, ob das Bauteil Beulen, Dellen oder Einfallstellen aufweist oder als IO akzeptiert werden kann.

Für diese Klassifizierung wird die (im Karosseriebau) altbekannte Prüfmethode „Schleifen mit einem Abziehstein“ in einem Computer simuliert (Bild 2). Bei der Untersuchung mit einem real existierenden Abziehstein schleift ein Prüfer eine Oberfläche mit einem länglichen Schleifstein leicht an. Vertiefungen bleiben un-

verändert, ihre Umrisse werden aber sichtbar; Erhebungen macht das Verfahren durch stark abgeschliffene Stellen erkennbar. Diese Methode des Abziehens wird per Software digital nachgebildet. Der digitale Abziehstein beschädigt die untersuchten Tankklappen nicht, er liefert jedoch Informationen über die Beschaffenheit der Oberfläche. Anhand von Schwellwerten unterscheidet das System automatisch über Gut- und Schlechteile. Der Roboter legt auf Basis der Informationen aus dem System perfekte Tankdeckel in einen Transportbehälter (als nächster Bearbeitungsschritt folgt die Lackierung) und sortiert fehlerhafte Teile für ein späteres Recycling aus. Dieses Oberflächeninspektionssystem wurde von der Magdeburger Firma INB Vision AG entwickelt und bei VW 2012 installiert.

Weitere Anwendungen sind bereits auf Dienstleistungsbasis im Einsatz. So wird das in jahrelanger Arbeit entwickelte Prüfsystem inzwischen von mehreren deutschen Autoherstellern und Cockpit-Zulieferern in der Entwicklung von Schalttafeln – bekannt als Armaturenbrett – zur Optimierung von Fertigungsverfahren und zur Vermeidung von Welligkeiten des Interieurs im Bereich von Beifahrer-Airbags genutzt. Die Aufgabe, die gelöst werden muss, besteht oftmals in der Suche nach einem digitalen Grenzmuster zur objektiven Unterscheidung von Gut- und Schlechteilen. Nach Ansicht von Robert Wagner, Vorstand von INB Vision, bietet sich das Prüfsystem mit Inspektionszeiten von wenigen Sekunden für eine automatisierte 100-Prozent-Fertigungsüberwachung von Cockpits an.

Grundsätzlich eignet sich das System auch zur Prüfung von Karosserieteilen jeder Größenordnung und verschiedener Materialien (zum Beispiel Autotüren, Heckklappen oder Kotflügel) auf Pickel,

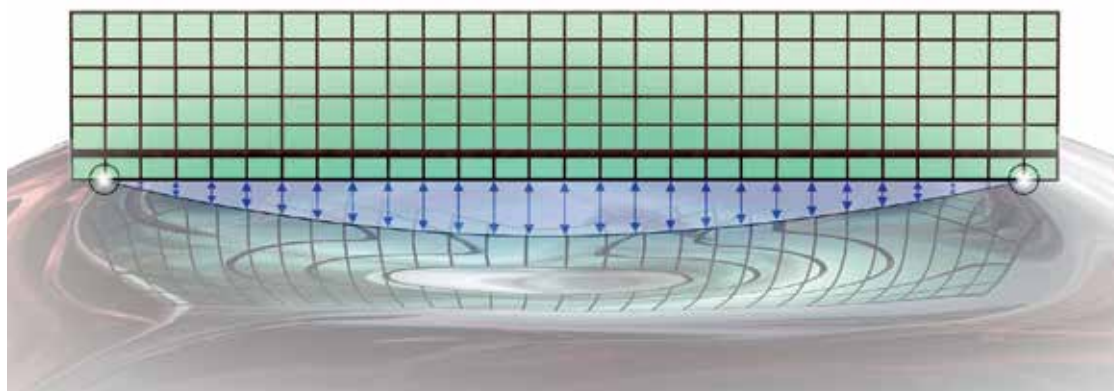
Beulen, Dellen und Überschreitung geometrischer Toleranzen. INB Vision profitiert bei der sicheren Erkennung von Fehlern auf Rohblechen und Kunststoffteilen von dem Projekt „Oberflächeninspektion auf der Basis angepasster Modelle“, das im März 2014 nach knapp drei Jahren in Zusammenarbeit mit VW und namhaften Forschungsinstituten erfolgreich abgeschlossen wurde.

Anstelle bislang üblicher und eher zufälliger Prüfungen durch Werker ermöglicht das neue Messsystem der Firma die Beurteilung von Karosserieteilen anhand einer intelligenten Software, die, so Robert Wagner, „Expertenwissen anhand von Beispielen für Gutteile erlernt hat“. Ein weiterer Vorteil der neuen Methoden liegt darin, so Wagner, dass größere Flächen in einem Schritt bei deutlich reduzierten Rechenzeiten auszuwerten sind.

Bei der Montage von Automobilen – die Größenordnung und Ausstattung spielt dabei kaum eine Rolle – kommt es entscheidend darauf an, dass für jedes einzelne Fahrzeug exakt die dafür vorgesehenen Bauteile verwendet werden und nicht Bauteile, die nur scheinbar die gleichen Eigenschaften wie die benötigten Teile aufweisen. Vor allem bei der heute üblichen Montage verschiedener Fahrzeuge auf einer Linie sind Verwechslungen zu vermeiden.

Beispiel Bremsscheiben. Dem Augenschein nach sehen sie gleich oder ähnlich aus. Eine neue technische Lösung macht es nun möglich, die sicherheitskritischen Produkte anhand eines einzigen Merkmals zu unterscheiden und den Autos zuzuordnen, die nur mit einem bestimmten Bremsscheibentyp ausgestattet werden dürfen.

Hier kommt ein Laser-Scanner zum Einsatz. Er misst den Abstand der Stege einer Bremsscheibe, der etwa zwischen 15



**Bild 2. Der digitale Abziehstein erkennt Dellen sowie Beulen, Pickel und die Überschreitung geometrischer Toleranzen. (Foto: INB Vision)**

und 35 mm variieren kann. Die Scheiben werden auf einem Transportband am Laser-Scanner vorbeigeführt, der Scanner erfasst den Abstand, und nach der Sortierung werden die Bremsscheiben in die korrekte Verarbeitungslinie eingeordnet.

### Online-System misst Farbe

Qualitätssicherung durch Unterscheidung spielt in der Automobilproduktion nicht nur bei sicherheitskritischen Bauteilen eine Rolle. Das Auto soll auch als „Hingucker“ optisch einwandfrei die Fabrik verlassen und die Perfektion eines Hightech-Produkts visualisieren. Schließlich haben die Kunden das Auto ihrer Wahl im Hochglanzprospekt kennengelernt, da ist die Enttäuschung groß, wenn das reale Auto hinter der glanzvollen und perfekten Darstellung im Prospekt zurückbleibt. Vor allem Farbunterschiede zwischen Karosserie und Anbauteilen stören das Erscheinungsbild.

Während früher das fehlbare menschliche Auge eines Werkers Farbübereinstimmungen feststellte, sind seit etwa 20 Jahren Farbsensoren im Einsatz, die in der Lage sind, Farbabweichungen zwischen lackierter Karosserie und ebenfalls lackierten Anbauteilen wie Spiegel, Parksensoren oder Heckstoßstange festzustellen. Entsprechende Sensoren, so Bernd Hendrych, Geschäftsführer der Uhinger Firma Micro-Epsilon Eltrotec, können immer besser detektieren, ob zwei Farben in einem Toleranzbereich rund um einen eingelernten Referenzwert eines Masters liegen und damit für das menschliche Auge völlig unsichtbar bleiben – oder das unangenehme Gefühl erzeugen, dass da etwas nicht zusammenpasst.

Seit etwa zwölf Monaten hat Eltrotec nun ein „Online-Farbmesssystem“ im Programm, mit dem sich Farben mit dem Spektralverfahren exakt messen lassen (Bild 3). In diesem System kommt das für Laboranwendungen seit langer Zeit bewährte Spektralverfahren zum Einsatz, mit dem die Wellenlänge des sichtbaren Lichts exakt in nm-Werten zu bestimmen ist. Neu an dem Produkt ist die Online-Fähigkeit. Das System arbeitet berührungslos, Messwerte können mit ihren eingestellten Toleranzgrenzen mitgeschrieben, gespeichert und über eine Schnittstelle ausgegeben werden. Im Automotive-Bereich eignet sich dieses Farbmesssystem zur exakten Bestimmung der Farbe von Lacken, Textilien und Kunst-



Bild 3. Online-Farbmesssystem zur exakten Bestimmung von Farben und Farbabweichungen (Foto: Micro-Epsilon Eltrotec)

stoffteilen. Bernd Hendrych erläutert den Vorteil: „Wenn Sie heute in ein Auto schauen, dann sehen Sie die Farbe Schwarz. Das Schwarz von Hersteller A unterscheidet sich aber geringfügig von dem Schwarz des Herstellers B. Wenn solche Schwarz-Nuancen in ein und demselben Fahrzeug verbaut werden, sieht das nicht gut aus.“ Das Online-Farbmesssystem hilft bei der Vermeidung der Montage farblich geringfügig abweichender Bauteile, die den Gesamteindruck stören.

### Deflektometrie erkennt Defekte

Mindestens die gleiche Bedeutung wie der Montage farblich korrekt zusammenpassender Teile für das gesamte Fahrzeug kommt der fehlerfreien Lackierung zu. Mit der Methode der Deflektometrie lassen sich spiegelnde Oberflächen von Karosserien, jedoch auch kleinerer Bauteile wie Stoßfänger oder Blenden, zuverlässig inspizieren.

Spiegelnde Oberflächen ließen sich bislang nur durch Menschen begutachten, die in der Lage sind, gespiegelte Bilder der näheren Umgebung zu deuten und aus Deformationen den Schluss zu ziehen, dass die Oberfläche nicht korrekt lackiert ist. Diese Erkennung von Deformationen wird bei der deflektometrischen Inspektion reflektierender Oberflächen nachgebildet. So werden auf lackierte spiegelnde Karosserien oder Anbauteile Streifenmuster projiziert, per Kamera aufgenommen

und von einem Rechner auf unzulässige Deformationen überprüft. Anlagen des Sensorik-Spezialisten Micro-Epsilon, die diese Methode beherrschen, sind im Mercedes-Benz Werk Sindelfingen der Daimler AG auf drei Linien im Drei-Schicht-Betrieb zur Erfassung von Lackierfehlern auf Pkw-Karosserien im Einsatz. Nach dem Verlassen der Lackierkabine stehen die Prüfergebnisse sofort zur Verfügung, Fehler lassen sich hier noch rasch und einfach durch Nachbearbeitung beheben.

Eine Weiterentwicklung dieser Inline-Prüfsysteme hat inzwischen die Anwendungsreife erreicht. So ist es heute möglich, erkannte Defekte auf Karosserien von einem Roboter markieren zu lassen. Hierfür wird die oben beschriebene Atensor-LS1-Technologie aus Österreich verwendet, die bereits bei der Reinigung und Lackierung von Dieselmotoren zum Einsatz kommt. Nach jedem deflektometrischen Prüfvorgang wird automatisch aus Messwerten ein Softwareprogramm erzeugt, das den Roboterarm zu den aufgefundenen Defekten bewegt und sodann den Vorgang der Markierung auslöst. Werker erfahren nicht nur, dass ein Defekt gefunden wurde, sondern auch, wo er sich befindet, und können sich so ganz auf die Nachbearbeitung konzentrieren. □

Johannes Kelch, München

### QZ-Archiv

Diesen Beitrag finden Sie online:  
[www.qz-online.de/907478](http://www.qz-online.de/907478)