

## Glänzende Einsichten

### Deflektometrie zur Inspektion (teil-)spiegelnder Oberflächen

Bei Oberflächen, die in der produzierenden Industrie eingesetzt werden oder einfach nur »schön« aussehen sollen, wie z. B. Karosserieteile, spielt die spiegelnde (gerichtete) Reflexion oft die entscheidende Rolle. Die Inspektion spiegelnder Oberflächen stellt in der Praxis jedoch besondere Anforderungen: Einerseits sind die meisten gängigen Inspektionsverfahren, etwa die Streifenprojektion, auf diffuse Reflexion angewiesen. Andererseits können die Ergebnisse solcher Verfahren nicht ohne Weiteres zur Bewertung spiegelnder Oberflächen verwendet werden, da der Kunde die Qualität anhand von Spiegelungen der Umgebung in der Oberfläche begutachtet. Deflektometrische Verfahren schließen diese Lücke in der Mess- und Prüftechnik und bieten die Möglichkeit, mit einfachen Mitteln objektive Qualitätsmaßstäbe anzulegen.

#### Komplementär zur Streifenprojektion

Als Deflektometrie werden Verfahren bezeichnet, die Gestaltinformationen über spiegelnde Oberflächen gewinnen, indem sie Spiegelbilder bekannter Szenen und deren Verzerrungen automatisch auswerten. Deflektometrie ist grundlegend verschieden von der Streifenprojektion, wo ein Projektor das Testobjekt mit einer Struktur beleuchtet

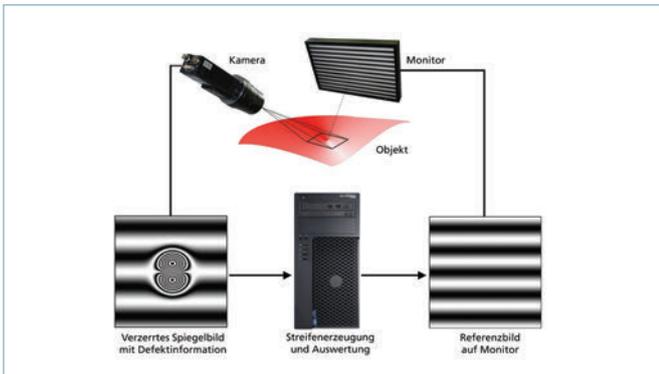
und eine Kamera diese unter einem Winkel beobachtet, so dass die Verschiebung und/oder Verzerrung des Musters die Höhe der Oberfläche kodiert. In der Deflektometrie wird die zu prüfende Oberfläche als Spiegel für ein selbstleuchtendes oder angestrahltes Referenzmuster benutzt. Die beobachteten Verzerrungen sind eine Folge von Unebenheiten der spiegelnden Oberfläche, kodieren aber die Neigung, nicht die Höhe.



*Lackinspektion mit Deflektometrie: Beulen und Dellen zeigen sich durch Verformung des gespiegelten Musters.*

#### Fast Facts

1. Defekte auf glänzenden Oberflächen stören den Eindruck von Wertigkeit erheblich
2. Glänzende Oberflächen lassen sich nur durch Auswerten von Spiegelungen charakterisieren
3. Deflektometrie misst hochgenau die Verzerrungen von Spiegelbildern



*Deflektometrisches Inspektionsprinzip: Die Kamera beobachtet in der spiegelnden Prüfoberfläche die Reflexion eines auf dem Schirm dargestellten Musters. Aus dem Spiegelbild kann auf die Geometrie der Prüfoberfläche und vorhandene Defekte geschlossen werden.*



*Deflektometrieportal für die Inspektion bewegter Objekte: Realisierung im Rahmen des Demonstrators AutoInspect des Fraunhofer IOSB, der Deflektometrie und andere Prüfverfahren zu einem Gesamtsystem kombiniert.*

## Besser als das feinste Menschaugenauge

Zur vollständigen Erfassung der Oberflächenstruktur müssen die Neigungen in horizontaler und vertikaler Richtung gemessen werden; mathematisch gesprochen sind dies die partiellen Richtungsableitungen. Daher wird eine deflektometrische Messung meist mit zwei Mustersequenzen durchgeführt, eine mit vertikalen und eine mit horizontalen Streifen. Aus der Kombination der Informationen ergibt sich dann nicht nur das komplette Bild der Oberflächenneigungen, aus denen die Krümmung der Oberfläche errechnet werden kann. Diese Größe entspricht den Änderungen der Neigung und ist ein sehr gutes Maß zur Bestimmung von Oberflächenstrukturen wie Beulen oder Dellen, die das menschliche Auge als unschöne Fehler bewertet.

Durch Anzeige, Aufnahme und Verarbeitung spezieller Bildsequenzen ist es möglich, Winkeländerungen von einigen Tausendstel Grad zuverlässig zu messen. Damit ist selbst ein einfacher und kompakter deflektometrischer Aufbau dem menschlichen Auge deutlich überlegen und hervorragend als System zur automatischen und objektiven Oberflächenprüfung geeignet.

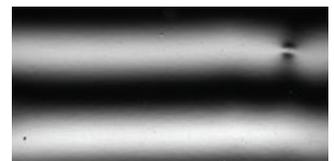
## Goldstandard für Lackqualität

Auch z.B. durch die quantitative Messung der so genannten Orangenhaut, einer Welligkeit des Lacks, können die sehr gut reproduzierbaren deflektometrischen Daten beim Definieren

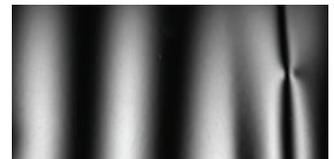
und Einhalten von Toleranzen entscheidend helfen. Dadurch, dass das Messverfahren immer zweidimensionale Daten liefert, können solche Strukturen auch auf ihre Richtung und Wellenlänge hin analysiert werden. In den Spiegelungsdaten steckt aber sogar noch mehr Information über Größen wie Glanzgrad und Helligkeit der Oberfläche. Diese werden bei der Auswertung mitberücksichtigt und helfen, zusätzliche Defekte zu erkennen, die nicht mit einer Oberflächenverformung einhergehen.

Die am Fraunhofer IOSB zur Verfügung stehenden Verfahren zur deflektometrischen Inspektion von spiegelnden und teilspiegelnden Oberflächen sind für vielfältige Anwendungen in der industriellen Qualitätssicherung geeignet. Damit steht eine optische Inline-Messtechnik für solche Oberflächen zur Verfügung, welche die klassische qualitative Prüfung um eine quantitative Messung ergänzt und damit eine robuste Defekterkennung und -bewertung ermöglicht.

Im Demonstrator AutoInspect (siehe Foto oben rechts) sind, neben anderen Prüfmodalitäten, gleich zwei deflektometrische Messprinzipien realisiert: Deflektometrie mit bewegtem Objekt unter einem »Torbogen« aus Monitoren zur Musteranzeige sowie Deflektometrie mittels einer beweglich an einem Roboterarm montierten Monitor-/Sensoreinheit, mit der sich auch schwer zugängliche Stellen deflektometrisch prüfen lassen. Alle Prüfergebnisse werden ortsgenau auf einem 3D-Modell des Prüflings registriert.



*Von Blechprobe reflektiertes Streifenmuster in waagerechter Richtung.*



*Von Blechprobe reflektiertes Streifenmuster in senkrechter Richtung.*

## Kontakt

Dr. Jan Burke  
Tel. +49 721 6091 316  
jan.burke@iosb.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für  
Optronik, Systemtechnik  
und Bildauswertung IOSB  
Fraunhoferstr. 1  
76131 Karlsruhe  
www.iosb.fraunhofer.de