

Glänzende Einsichten – Deflektometrie zur Inspektion (teil)spiegelnder Oberflächen

Fraunhofer-Institut für Optonik, Systemtechnik und Bildauswertung

Fraunhoferstraße 1
76131 Karlsruhe

Ansprechpartner Mess-, Regelungs- und Diagnosesysteme

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

Dr. Sebastian Höfer
Telefon +49 721 6091-436
sebastian.hoefer@iosb-extern.fraunhofer.de

www.iosb.fraunhofer.de

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 – z. B. 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. Als Deflektometrie werden allgemein alle Verfahren zur Gewinnung von Gestaltinformationen über spiegelnde Oberflächen

durch automatische Auswertung von Spiegelbildern bekannter Szenen bezeichnet (vgl. Abbildung 1). Aus den Verzerrungen der Spiegelbilder können Rückschlüsse über die Gestalt der Oberfläche gezogen werden.

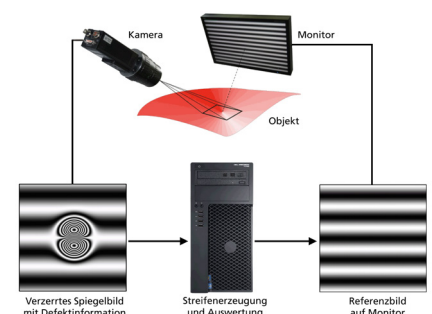


Abb. 1: Prinzip der Deflektometrie.

Abbildung 2 zeigt einen einfachen Messaufbau, der aus einem Monitor und einer Kamera besteht; das Testobjekt wird zur Prüfung so positioniert, dass die gesamte Objektoberfläche aus Sicht der Kamera von Streifen bedeckt erscheint.

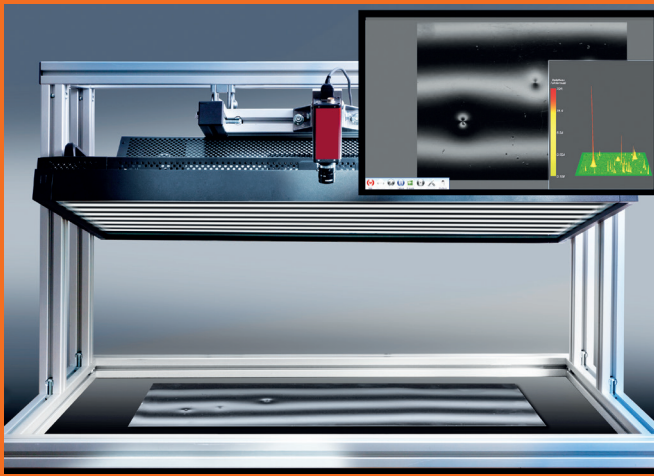


Abb. 2: Messaufbau zur deflektometrischen Prüfung.

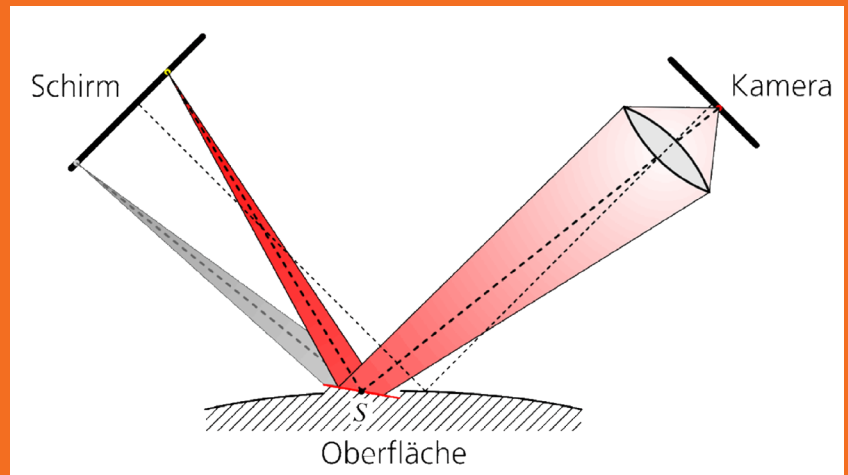


Abb. 3: Messprinzip der Deflektometrie: die Neigung eines Oberflächenelements S verursacht Verschiebungen und Verzerrungen der beobachteten Testmuster.

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, und die beobachteten Verzerrungen sind eine Folge von Unebenheiten der spiegelnden Oberfläche. Abbildung 3 verdeutlicht dies: wird die Neigung eines Oberflächenelements verändert, »sieht«

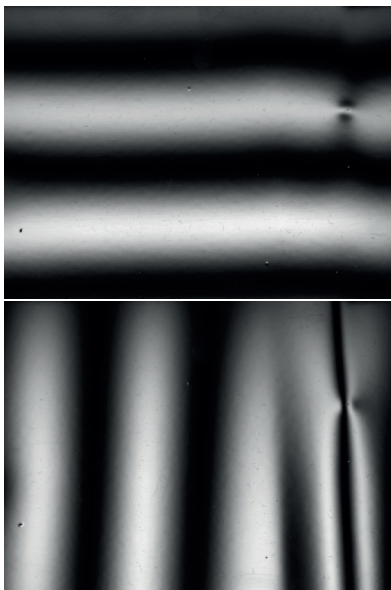


Abb. 4: Neigungsmessung in vertikaler und horizontaler Richtung. Außer runden Defekten, die in beiden Streifensequenzen zu sehen sind, weist das gemessene Blech auch senkrechte Knicke auf, die nur mit einem vertikalen Streifenmuster messbar werden.

die Kamera an dieser Stelle einen anderen Ausschnitt des Referenzbildschirms, d. h. die Streifen haben sich verzerrt/verschoben.

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 ist daher als System zur automatischen und objektiven Oberflächenprüfung hervorragend geeignet.

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. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel für das Zusammenwirken der beiden Messungen, um Neigungsstrukturen jeder Richtung zu erfassen.

Die vollständige Neigungsinformation ermöglicht das Berechnen der Krümmung der Oberfläche. 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. Ein Beispiel für die Infor-

mationen, die sich aus den Neigungsdaten gewinnen lassen, zeigt die Krümmungskarte in Abbildung 5.

Auch das vermeintliche Rauschen in der Mitte des Bildes birgt Information: die so genannte Orangenhaut ist eine Welligkeit des Lacks, und deflektometrische Daten können entscheidend dazu beitragen, diese Welligkeit auf das gewünschte Maß zu bringen.

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 erstmals 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.

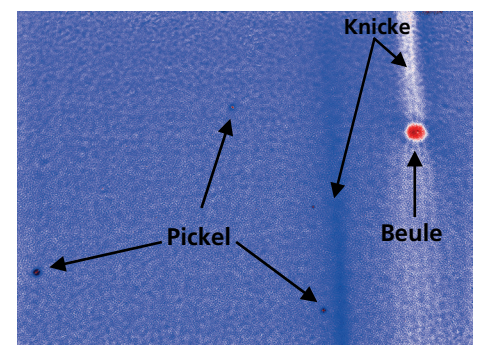


Abb. 5: Ergebnis der Krümmungsberechnung aufgrund der Streifenbilder wie in Abb. 4.