

Neue Dimensionen in der Inline-Oberflächeninspektion

3D-Technologien und künstliche Intelligenz eröffnen neue Möglichkeiten

Die professionelle, optische Oberflächeninspektion ist nach wie vor eine große Herausforderung für die industrielle Bildverarbeitung. Flexibilität durch wiederverwendbare Module, schnelle 3D-Techniken und Methoden der künstlichen Intelligenz bieten neue Ansatzpunkte zur Erschließung bislang unzugänglicher Anwendungsfelder.

Bei der Oberflächeninspektion, insbesondere im Bereich der industriellen Qualitätssicherung und Prozessüberwachung, geht es um die Detektion und Analyse von Strukturen und Fehlern auf Oberflächen unterschiedlichster Objekte. Oberflächenfehler auf Funktionsflächen führen zu Qualitätsproblemen bei automatisierten Fertigungsprozessen. Aber auch wenn ästhetische Anforderungen im Spiel sind, werden Oberflächen keineswegs oberflächlich betrachtet. Wegen der unübersehbaren Vielfalt möglicher



Strukturen und Fehler erfolgt die Oberflächeninspektion auch heute noch häufig durch arbeitsintensive und fehleranfällige Sichtprüfung. In vielen Fällen ist eine automatische optische Oberflächeninspektion noch immer eine große technische Herausforderung, insbesondere wenn zugleich eine geometrische Vermessung und Mustererkennung gefordert wird.

Eine Frage der Geschwindigkeit

Oberflächeninspektion erfordert bei 100%-Kontrolle Echtzeitfähigkeit. Man erwartet Inline-Prüfsysteme, die schritt haltend mit einem äußeren Takt arbeiten. Dieser kann je nach Aufgabe von einem Teil pro Minute für diskrete Bauteile bis zu einigen Metern pro Sekunde bei der Herstellung von Bandmaterial reichen. Multi-Core-Rechner und Parallelverarbeitung, verteilte Rechenpower in Smart Kameras und intelligente Sensoren bringen hier einen Innovationsschub. Häufig kommen dabei auch für Multikamera-Lösungen gut geeignete GigE-Kameras mit Ethernet-Schnittstellen zum Einsatz, die aus Rechnernetzen vertraut sind, so dass es auf Anwenderseite kaum Berührungspunkte gibt. Für viele Echtzeit-Anwendungen ist es jedoch nachteilig, dass kein echter Determinismus möglich ist, so dass auch preiswerte Standard-Kameras mit vielfältigen und einfachen

Trigger-Möglichkeiten noch immer ihren Platz haben.

Zum Meistern anspruchsvoller Aufgaben gehört aber mehr: Gefragt sind immer raffinierter optimierte Algorithmen, wiederverwendbare Software-Bibliotheken, die robuste Integration zahlreicher unterschiedlicher Sensoren sowie die perfekte Interaktion mit einer Vielzahl von Handlings- und Steuer-Systemen. Im

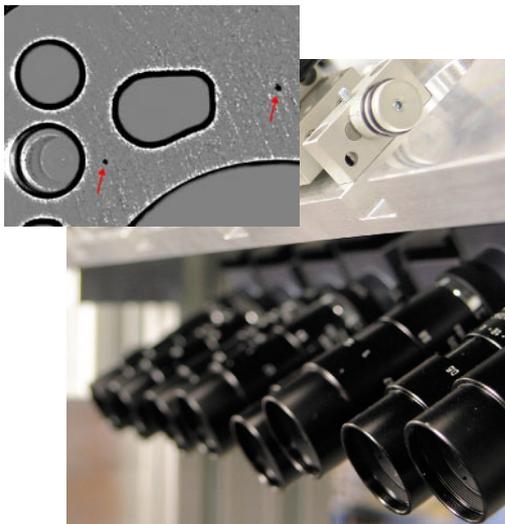


Abb. 1: Inspektion der Dichtflächen eines Aluminiumguss-Bauteils: Durch ein spezielles Beleuchtungssystem werden die beiden durch Pfeile markierten Lunker in der oberen Abbildung deutlich sichtbar.

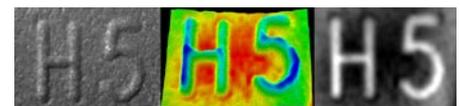


Abb. 2: Links: 2D-Bild von in Grauguss geprägten Schriftzeichen. Mit herkömmlichen Methoden ist keine robuste Auswertung möglich. Mitte: Farbcodiertes 3D-Bild. Rechts Das grauwertcodierte Höhenbild erlaubt eine sichere Schrifterkennung mittels Standard-OCR.

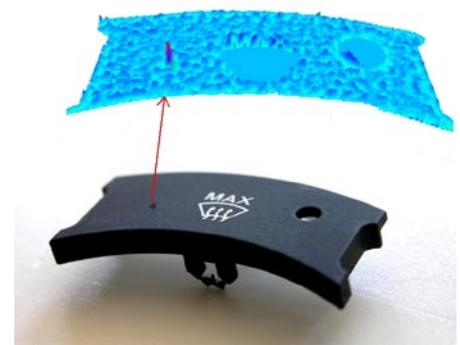


Abb. 3: Bei der Kontrolle von Bedientasten werden Lackierfehler deutlich sichtbar.

Idealfall ist hier sogar keine Programmierung im eigentlichen Sinne mehr erforderlich, sondern lediglich eine Konfiguration. Abbildung 1 zeigt als Beispiel die auf Basis des Systems InspectPro realisierte Inspektion eines Bauteils aus Gussaluminium. Dabei müssen Code-Leser, Laser-Scanner für die Lagebestimmung und ein Multi-Kamerasystem mit strukturierter Beleuchtung für die eigentliche Oberflächenanalyse mit dem mechanischen Fördersystem und dem übergeordneten Leitrechner schnell und reibungslos zusammenspielen.

Ins richtige Licht gesetzt

Es ist eine Binsenweisheit: Die automatische Bildverarbeitung setzt voraus, dass die zu analysierenden Details gut sichtbar sind, und zwar auch bei Form- und Lageänderungen der Prüflinge oder bei variierenden Lichtverhältnissen. Speziell für die Oberflächeninspektion gibt es wegen der großen Vielfalt der zu lösenden Aufgaben weder die ideale Beleuchtung noch den idealen Sensor. Die kompetente Auswahl und Optimierung von Beleuchtung und Sensorik erfordert viel Erfahrung und eine gute Marktkenntnis. Die Palette reicht von glänzenden über samtschwarze bis zu farbigen, transparenten oder selbstleuchtenden Oberflächen. Entsprechend variieren die Lichtquellen: weiß, monochrom, IR, sichtbar, UV, diffus, telezentrisch, gerichtet, kohärent, geblitzt, kontinuierlich, strukturiert, etc. Den Varianten und Kombinationsmöglichkeiten sind dabei kaum Grenzen gesetzt.

Die dritte Dimension – auch für Oberflächen

Es klingt zunächst wie ein Widerspruch in sich: Obwohl Oberflächen in der Regel als „flach“ angenommen werden, können 3D-Verfahren als ergänzende Technik sinnvoll eingesetzt werden. Wenn aufgrund von Kontrast- oder Reflexionsproblemen mit herkömmlichen Methoden keine ausreichend guten Bilder gewonnen werden können, liefert eine 3D-Vorverarbeitung häufig um ein Vielfaches bessere Rohdaten, die dann wiederum mit herkömmlichen Inspektionsalgorithmen analysiert werden können. Wichtig sind eine Tiefenauflösung im Bereich von Mikrometern bei einem im Verhältnis dazu großem lateralen Gesichtsfeld, Unempfindlichkeit gegen Fremdlicht, eine hohe Arbeitsgeschwindigkeit von etlichen Bildern pro Sekunde und ein in diesem Anwendungsfeld akzeptiertes Preisniveau. Derzeit scheint hier die Methode

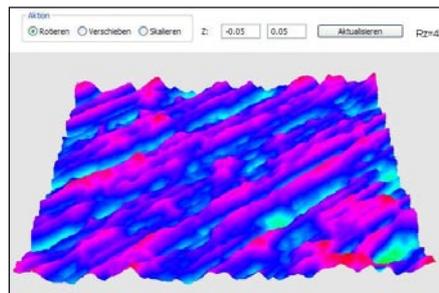


Abb. 4: Mit Shape-from-Shading-Verfahren können die Oberflächenrauigkeit und die Vorzugsrichtung der Riefen auf einfache und schnelle Weise ermittelt werden.

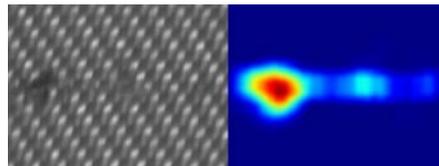


Abb. 5: Links: Abbildung einer Textilprobe mit Webfehler. Rechts: Mit Context nach 3D-Vorverarbeitung lokalisierter Fehler.

Shape-from-Shading [1] in der mit dem Vision-Award 2007 ausgezeichneten Echtzeit-Variante Sparc die Nase vorne zu haben.

Am Beispiel von Graugussprägungen werden die Vorteile des 3D-Preprocessings offensichtlich: Mit herkömmlichen Beleuchtungsmethoden ist hier eine für die robuste Identifikation der Prägung ausreichende Bildqualität nicht erzielbar. Erfasst man dagegen die Oberfläche dreidimensional, so zeigt das grauwertcodierte Höhenbild gute und stabile Kontrastwerte (Abb. 2). Die nachfolgend angewandten Algorithmen zur Schrifterkennung und Symbolverifizierung funktionieren nun prozesssicher und zuverlässig auch bei starken Oberflächenschwankungen und sich ändernden Reflexionsbedingungen.

Auf diese Weise lassen sich nicht nur OCR- und OCV-Aufgaben lösen; die Verbindung von 3D-Technik und Oberflächeninspektion hat sich auch bei der Analyse von Lunkern, Kratern, Einschlüssen, Lackpickeln, Lackläufern, Kratzern, Rissen, erhabenen Texturen, Prägemustern, Narbtiefen, Rauigkeiten und vielem mehr bewährt. Beispielsweise werden bei der Kontrolle von Bedientasten Lackierfehler deutlich sichtbar, zugleich können Zeichen erkannt und die Lackstruktur überprüft werden, etwa hinsichtlich der Bildung von Orangenhaut (Abb. 3). Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Ermittlung von Rauigkeiten und Reliefstrukturen bearbeiteter Oberflächen wie Holz, Kunststoff und Leder (Abb. 4).

Künstliche Intelligenz für komplexe Aufgaben

Manche Oberflächenfehler lassen sich weder geometrisch klassifizieren noch über statistische Methoden detektieren. Beispiele dafür sind komplexe organische Formen wie Holzmaserungen und stochastische Texturen, aber auch diffuse Oberflächenfehler mit schlechter Reproduzierbarkeit. Hier helfen aus dem Gebiet der künstlichen Intelligenz (KI) entlehnte Verfahren zur Mustererkennung weiter, beispielsweise Multiskalen-Filter, Fuzzy-Logic, neuronale Netze und Vector Support Machines. Kennzeichnend für derartige Systeme ist, dass diese durch Einlernen von zahlreichen Beispielen trainiert werden müssen.

Geeignete KI-Werkzeuge sind Manto [2] sowie das neue Verfahren Context [3], bei dem zur Unterscheidung von zwei Klassen nur Gutmuster, aber keine Fehlerproben eingelernt werden müssen. Durch die Kombination von 3D-Vorverarbeitung und Context lässt sich eine hohe Empfindlichkeit auf in Texturen verborgenen Störungen erreichen. Abbildung 5 zeigt dies am Beispiel der Detektion von Webfehlern, die in 2D-Bildern nicht analysierbar sind.

Literatur

- [1] Söll, Sandra, B. Roither, H. Moritz and H. Ernst: Three-dimensional surface test with „Shape-from-Shading“. Photonic International, pp. 74-76 (2007)
- [2] Maurer, A.: Common Vision Blox – Manto Handbuch, Stemmer Imaging GmbH, Puchheim (2001)
- [3] Haslinger, P. und B. Moser: Context: Description of Patent for Structural Texture Analysis. Software Competence Center Hagenberg (SCCH), Technical Report SCCH-TR-00938 (2007)

► **Autoren**
Prof. Dr. Hartmut Ernst,
Gesellschafter



M. Sc. Inf.
Rainer Obergrußberger,
Geschäftsführer



► **Kontakt**
In-situ GmbH, Sauerlach
Tel.: 08104/6482-30
Fax: 08104/6482-43
info@in-situ.de
www.in-situ.de