

Umlaufende Inspektion

Robotergestütztes System inspiziert automatisch Oberflächenfehler

Komplexe Freiformoberflächen von Bauteilen können oft nur mit großem Zeit- und Kostenaufwand vollständig inspiziert werden. Mit einem robotergestützten Oberflächeninspektionssystem sind nun automatisierte 100-Prozent-Kontrollen möglich. Damit lassen sich derzeit gut sichtbare Kratzer und Schlagstellen detektieren.

Dascha Dobrovolskij, Petra Gospodnetic

Bei der industriellen Herstellung von Produkten können Oberflächenfehler entstehen, beispielsweise durch Werkzeugabnutzungen oder Verschmutzungen. Solche fehlerhaften Bauteile dürfen aus sicherheitstechnischen Gründen

oder aufgrund ästhetischer Überlegungen die Produktion nicht verlassen. Deshalb ist eine 100-Prozent-Kontrolle der Bauteile unumgänglich. Oft sind die Freiformoberflächen der Prüfteile jedoch so komplex, dass eine vollständige Oberflächeninspek-

tion nur mit großem Zeit- und Kostenaufwand realisiert werden kann. Die Fehler sind zudem vielfältig und können je nach Oberflächenbeschaffenheit nur unter bestimmten Bedingungen (Lichteinfall, Kameraposition) in Bildaufnahmen sichtbar

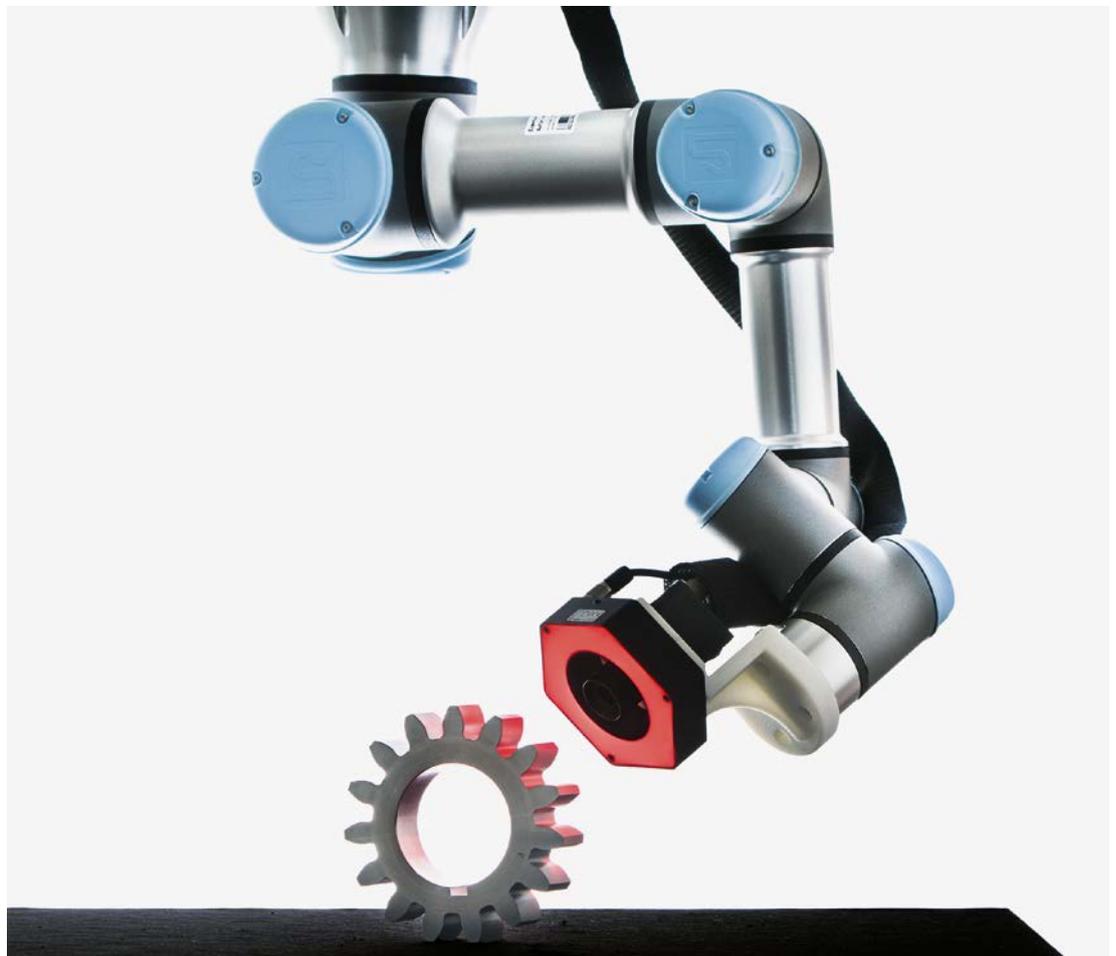


Bild 1. Robotergestütztes Oberflächeninspektionssystem: Komplexe Bauteile lassen sich vollständig automatisiert scannen.

(© Fraunhofer ITWM)

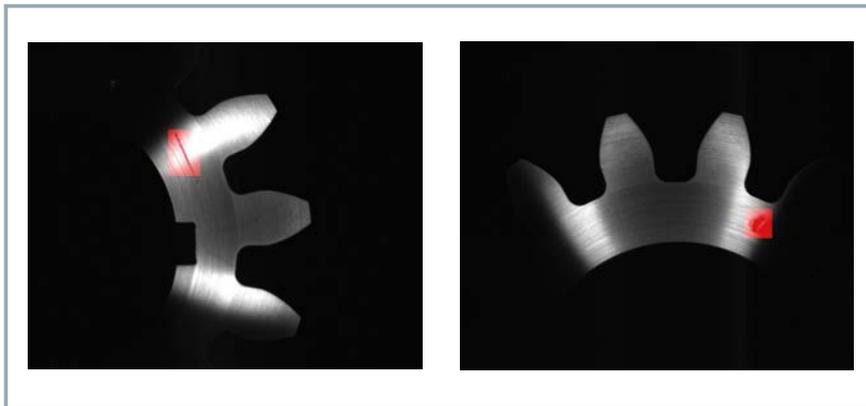


Bild 2. Alu-Zahnradoberfläche aus der Vogelperspektive: 15 mm langer und 0,8 mm breiter Kratzer (links), $2,2 \times 1,7 \text{ mm}^2$ große Schlagstelle (rechts) (© Fraunhofer ITWM)

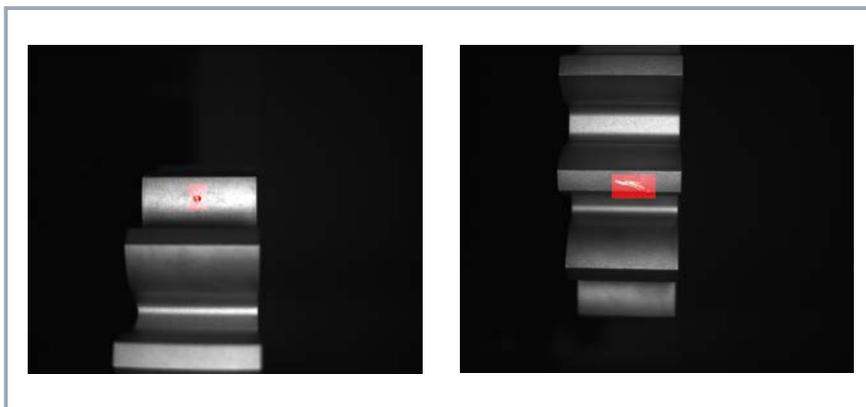


Bild 3. Alu-Zahnradoberfläche aus seitlicher Perspektive: 1 mm^2 große Schlagstelle auf seitlicher Flanke (links), $8 \times 1 \text{ mm}^2$ großer Kratzer auf Kopfflanke (rechts) (© Fraunhofer ITWM)

gemacht werden [1]. Dafür hat das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern das robotergestützte Oberflächeninspektionssystem EPI entwickelt, das aus einem sechsgelenkigen U3CB3-Roboterarm mit einer Kamera und einer Ringbeleuchtung besteht (Bild 1). EPI (revolving/evolving product inspection, umlaufende/sich entfaltende Produktinspektion) orientiert sich am Inspektionsobjekt und dessen CAD-Daten. Mithilfe von Vorwissen aus den CAD-Daten lässt sich ein komplexes Bauteil vollständig automatisiert scannen. Die aufgenommenen Bilddaten werden anschließend analysiert und mit dem CAD-Modell abgeglichen.

Vollständiges Erfassen und Bewerten der Oberfläche

Der Fokus liegt auf der objektiven und vollständigen Erfassung und Bewertung der Oberfläche. Mithilfe eines Roboters werden eine herkömmliche Kamera mit der Auflösung 2448×2050 Pixel und eine diffuse Be-

leuchtungseinheit um das Objekt geführt. Die bereits gescannten Bauteilregionen werden markiert (i.O./n.i.O.), sodass nach einer bestimmten Anzahl von Bildaufnahmen ein vollständiger Oberflächenscan unabhängig von der Bauteilkomplexität gewährleistet werden kann.

Die Software ist so konzipiert, dass sie auf ein spezifisches Produkt angepasst werden kann. Sie beinhaltet unter anderem Algorithmen zur automatischen Berechnung von Scanpfaden. Die Visualisierung des CAD-Modells wird je nach Scanpfad des Roboters sukzessive modifiziert, sodass die bereits geprüften Bauteilregionen online farblich gekennzeichnet werden.

Wichtiger Bestandteil des CAD-Modells eines Bauteils ist die Triangulierung. Die CAD-Daten von Bauteilen mit komplexer Geometrie beinhalten wertvolle Informationen über die Orientierung und Krümmung der Bauteiloberfläche. Diese Informationen in Kombination mit einem Strahlenverfolgungsverfahren (Raytracing, [2]) ermöglichen eine effiziente Berech- >>>

nung des Bauteilbilds aus einer bestimmten Perspektive und Entfernung zur Kamera. Somit ist es möglich, die Sichtbarkeit der Bauteilregionen für eine Kameraposition zu bestimmen. Je nach Komplexität der Bauteilgeometrie (Bohrungen, Aushöhlungen) kann es aufwendig sein, eine vollständige Oberflächeninspektion zu erzielen. Diese Bauteilregionen wie auch die Auflagefläche des Bauteils werden aktuell erkannt und markiert, jedoch vorerst bei der Inspektion nicht berücksichtigt.

Robotersteuerung mittels bauteilspezifischem Inspektionspfad

Die Bahnplanung nutzt die Vorteile des Raytracing-Verfahrens, um eine Vorhersage zu treffen, welche Bauteilregionen aus welcher Position sichtbar sind. Nachdem die für die Kamera physikalisch nicht zugänglichen Bauteilregionen und die Auflagefläche ausgeschlossen sind, wird auf Basis der Triangulierung das Bauteil nun virtuell gescannt. Hier nutzt die Software das CAD-Modell, um die möglichen und notwendigen Positionen einer zur Bauteiloberfläche perpendicular angeordneten virtuellen Kamera zu berechnen. Das Ergebnis ist somit ein bauteilspezifischer Inspektionspfad, der im Weiteren zur Robotersteuerung verwendet wird.

Der Inspektionspfad beinhaltet die Informationen über die Anzahl der notwendigen Scansequenzen und die jeweilige Kamerapositionierung. Dieser bauteilspezifische Scanpfad enthält somit die Informationen für einen vollständigen Scan eines Objekts und wird von einer webbasierten Applikation verwendet, um den Roboterarm zu steuern. Der berechnete Inspektionspfad ist gültig im lokalen Koordinatensystem des zu untersuchenden Objekts.

Da der Roboter über ein eigenes Koordinatensystem verfügt, muss der Scanpfad zuerst in das Roboter-Koordinatensystem überführt werden. Die webbasierte Applikation verfügt über die notwendigen Schnittstellen für die Koordinatentransformation und zum sechsgelenkigen Roboterarm. Über diese Schnittstellen ist es möglich, den Roboter über eine Netzwerkverbindung so zu steuern, dass er das reale Objekt anhand der aus dem CAD-Modell gewonnenen Informationen sukzessive scannt. Die webbasierte Applikation verfügt über eine weitere Schnittstelle zur

Kamera. Bei jeder angefahrenen Position wird die am Roboterarm angebrachte Kamera perpendicular zum Objekt ausgerichtet und ein Bild aufgenommen. Die aufgenommenen Bilder werden automatisiert und online auf Oberflächenfehler untersucht.

Detektion von Kratzern und Schlagstellen

Die Oberflächeninspektion besteht aus einer Reihe im Hintergrund laufender Bildverarbeitungsalgorithmen, die in den aufgenommenen Bildern Oberflächenfehler detektieren und das ermittelte Ergebnis an die webbasierte Applikation des Oberflächeninspektionssystems übergeben. In der Benutzeroberfläche wird jeweils das zuletzt aufgenommene Bild und das verarbeitete mit zusätzlichen Analysedetails angezeigt. Die Detektion der Oberflächenfehler beschränkt sich in diesem Entwicklungsstadium auf gut sichtbare Kratzer und Schlagstellen (Bilder 2 und 3). Die hier verwendeten Bildverarbeitungsalgorithmen stammen aus der am Fraunhofer ITWM entwickelten ToolIP-Bibliothek [3].

Die für metallische Produkte charakteristische Oberflächenbeschaffenheit führt zu unerwünschten Reflexionen, welche die Robustheit der Oberflächeninspektion einschränken. Trotz einer homogenen Beleuchtung wird das einfallende Licht partiell stark reflektiert. Die Fehlerdetektion ist bei solchen Bedingungen eine besondere Herausforderung, da die Hell-Dunkel-Übergänge als Kanten erkannt werden und somit zu falsch positiven Fehlerdetektionen führen können.

Dieses Phänomen kann allerdings algorithmisch gelöst werden, indem man lokale Schwellwertverfahren einsetzt, um trotz der lokalen Grauwertunterschiede sinnvoll die Bildaufnahmen auf abgebildete Fehler analysieren zu können. Die detektierten Fehler werden in der Benutzeroberfläche mit einem einhüllenden Quader rot gekennzeichnet. Darüber hinaus werden die Fehler während eines Scans gezählt, in geschätzter Größe (in Pixeln) dem Benutzer angezeigt, auf das CAD-Modell projiziert und visualisiert.

Das System wird kontinuierlich weiterentwickelt, um die Leistungsfähigkeit zu verbessern. So sollen sich damit künftig noch komplexere Prüfaufgaben lösen lassen. ■

INFORMATION & SERVICE

LITERATUR

- 1 Liu, Z.; Ukida, H.; Ramuhalli, P.; Niel, K.: Integrated Imaging and Vision Techniques for Industrial Inspection. Springer-Verlag, London 2015
- 2 Glassner, A. S. (ed.): An introduction to ray tracing. Elsevier, München 1989
- 3 Maasland, M.; Rösch, R.; Stephani, H.: Werkzeuge zur professionellen Entwicklung von Bildverarbeitungsalgorithmen – Band 16. Leitfaden zur Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung. Fraunhofer Verlag, Stuttgart 2016

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Techno- und
Wirtschaftsmathematik ITWM
T 0631 31600-4674
ilka.blauth@itwm.fraunhofer.de
www.itwm.fraunhofer.de

QZ-ARCHIV

Diesen Beitrag finden Sie online:
www.qz-online.de/4267552