

ZUVERLÄSSIGE SYSTEME FÜR DIE INDUSTRIE

Robuste Strategien

Der Weg zum erfolgreichen Bildverarbeitungssystem ist steinig. Bereits Öl oder Staub lassen ein „intelligentes“ Machine-Vision-System machtlos erscheinen. Am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre der RWTH Aachen wurden drei beispielhafte Systeme entwickelt, in denen Störgrößen wie unerwünschte Reflexionen oder Abbildungsfehler durch das Kamera-/Optik-System berücksichtigt und kompensiert werden.

Robert Schmitt, René Hermes und
Alexandre Orth, Aachen

Viele Prüfaufgaben wie beispielsweise die Inspektion von Display-Glas in der Flachbildschirmindustrie können nur mittels Bildverarbeitung gelöst werden. Andere, wie z. B. manuelle Sortierprüfungen, werden durch den Einsatz von Bildverarbeitung günstiger und einfacher. Aus diesen Gründen gibt es auf dem Markt verschiedene Hersteller von Machine-Vision-Systeme (MVS). Die Mehrzahl von ihnen bietet lediglich Systeme für einfache Mess- und Prüfaufgaben an, wie z. B. eine Bohrungsmessung im Durchlicht.

Experten betonen, dass vielfältige Potenziale der industriellen Bildverarbeitung noch brachliegen. Für diese neuen Prüfsysteme sind jedoch intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig.

Trotz der viel versprechenden Möglichkeiten der industriellen Bildverarbeitung wird dieser immer noch eine gewisse Skepsis entgegengebracht. Wer einmal an der Inbetriebnahme eines Machine-Vision-Systems teilgenommen hat, weiß, dass bereits eine Kleinigkeit, wie ein Fenster in der Halle oder etwas Staub, ein komplexes, „intelligentes“ Machine-Vision-System machtlos erscheinen lässt. An dieser Stelle kommen häufig Fragen auf: „Wieso funktioniert das nicht? Ich kann die Merkmale deutlich erkennen. Mit der taktilen Messtechnik war das kein Problem.“ Diese Erfahrung führt schnell zu der Schlussfolgerung, entweder gar kein

Machine-Vision-System oder nur teure, robuste Prüfsysteme einzusetzen.

Dann ist eine neutrale Unterstützung von Experten hilfreich, um vorab die Rahmenbedingungen wie Störgrößen, notwendige Genauigkeiten, Messzeiten usw. zu definieren und somit Machine-Vision-Systeme erfolgreich einzusetzen.

Zusammenspiel verschiedener Komponenten

Generell sind Machine-Vision-Systeme

wie ein Computer mittels verschiedener Komponenten beliebig anwenderspezifisch konfigurierbar. Ob die Kamera einen integrierten Prozessor besitzen muss oder ob mehrere Kameras eingesetzt werden, ist für jede Mess- oder Prüfaufgabe separat zu analysieren.

Das aufgenommene Bild beinhaltet die Kerninformation eines MVS (Bild 1). Um dieses zu erfassen, ist eine ausreichende Beleuchtung erforderlich. Als Lichtquelle kann künstliches Licht, z. B. durch LEDs, oder Tageslicht zum Einsatz kom- ▷

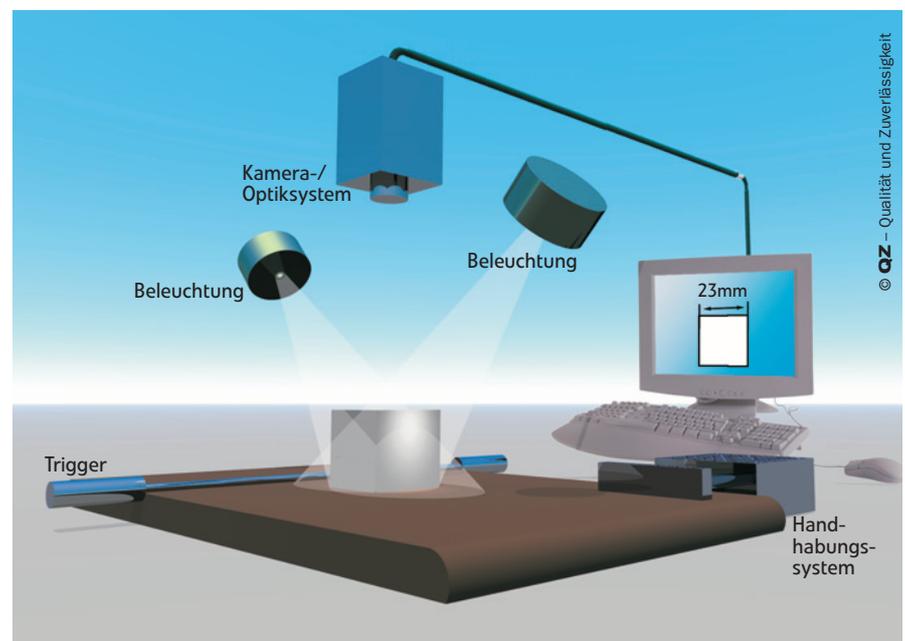


Bild 1. Komponenten eines Bildverarbeitungssystems

Optimale Messsysteme

Durch veränderte Rahmenbedingungen für die industrielle Produktion müssen viele Unternehmen immer häufiger ihre Prüfkonzepte reorganisieren. Eine Lösung zur Auswahl und Implementierung optimaler Messsysteme bietet das am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen entwickelte Strategietool Ident.

Weitere Informationen erhalten Sie bei Dr.-Ing. Reinhard Freudenberg, Tel. 02 41/80-27614.

Literatur zum Thema

- 1 Pfeifer, T.: Fertigungsmesstechnik. 2. Aufl., Oldenbourg Verlag, München 2001
- 2 Pfeifer, T.: Qualitätsmanagement. Strategien, Methoden, Techniken. 3. Aufl., Carl Hanser Verlag, München 2001
- 3 Fremmer, M. et al.: Bildverarbeitung : Schnell, aber dumm? In: MessTech & Automation, Nr. 4, 2005, S. 56-59
- 4 Jähne, B. et al.: Technische Bildverarbeitung – Maschinelles Sehen. Springer Verlag, Berlin 1996

men. Die Eigenschaften der Lichtquelle (Richtung, Spektrum, Lebensdauer usw.) beeinflussen entscheidend das Prüfergeb-



Bild 2. Die Aufnahmekette eines Bildverarbeitungssystems zur Prüfung von Faserverbundwerkstoffen wurde analysiert und die Störgrößen bestimmt

nis. Das emittierte Licht scheint auf die Objektoberfläche und wird von dieser je nach Oberflächeneigenschaft (Geometrie, optische Eigenschaft usw.) in Teilen reflektiert.

Die Optik führt dieses Licht auf den lichtempfindlichen Kamerasensor, der dieses in ein elektrisches Signal umwandelt, welches anschließend digitalisiert und ausgewertet werden kann. Diese Auswertung ermöglicht eine aus der Prüfaufgabe abgeleitete Entscheidung.

Hierbei ist zu beachten, dass eine Kamera keine geometrische Eigenschaft des Objekts, wie z. B. das Oberflächenprofil,

misst. Sie liefert lediglich eine Information in Form verschiedener Lichtintensitäten. Für den industriellen Einsatz sind weitere Automatisierungskomponenten, wie z. B. ein Trigger oder ein automatisches Handhabungssystem zur Sortierung, für eine erfolgreiche Integration notwendig.

Derartige automatisierte Prüfsysteme bieten einen wesentlichen Vorteil für die Produktionsüberwachung. Die Produktqualität kann zu 100 % überwacht werden, zudem ist eine lückenlose, bedienerunabhängige Qualitätsdokumentation möglich.

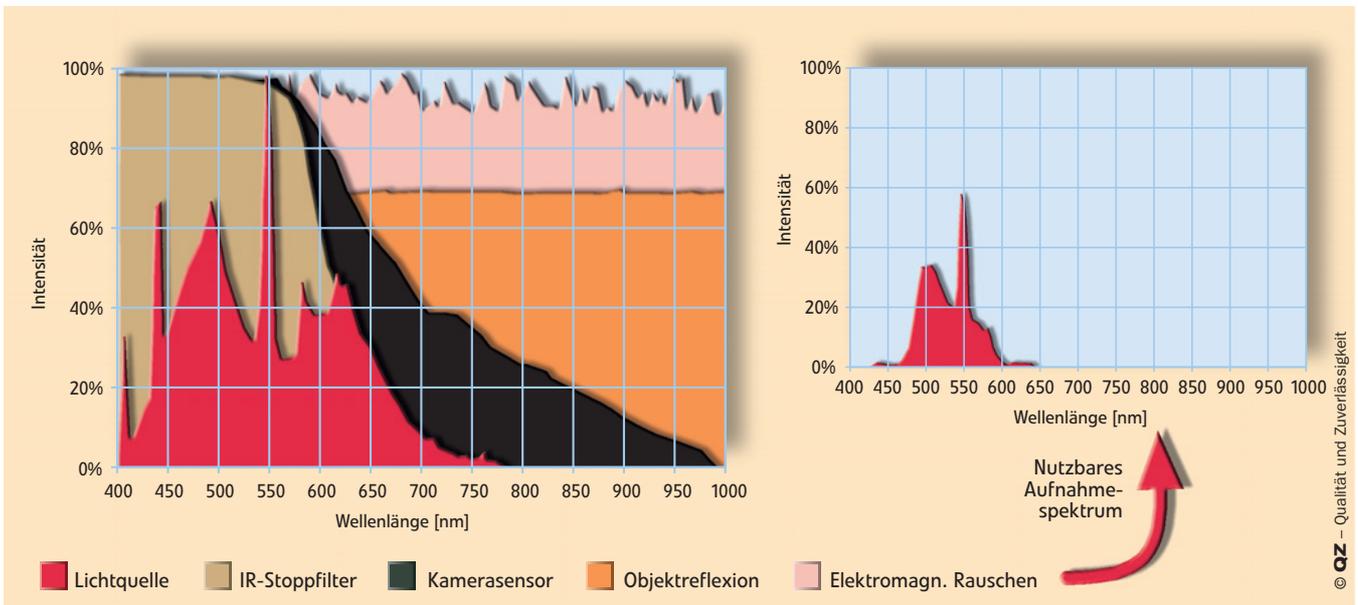


Bild 3. Störgrößen während der Bildaufnahme

Störungen während der Bildaufnahme

Bereits die verschiedenen in einem Machine-Vision-System zusammenwirkenden und aufeinander abzustimmenden Komponenten verdeutlichen die Komplexität eines solchen Prüfsystems. Dennoch entscheidet nicht allein die Konfiguration der System-Hardware über Erfolg und Misserfolg eines Machine-Vision-Systems.

Während der Bildaufnahme wirken zahlreiche Störgrößen, so dass sich das erzeugte Bild stark verändern und die Bildverarbeitungsalgorithmik keine korrekte Aussage mehr treffen kann. Zum Bestimmen dieser Störgrößen wurde die Aufnahmekette eines Machine-Vision-Systems zur Prüfung von Faserverbundwerkstoffen am Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen analysiert (Bild 2). Die Ergebnisse zeigen, welche Lichtanteile (Wellenlänge in nm) mit welcher Lichtintensität (in %) erzeugt (Lichtquelle), durchgelassen (Filter) und erfasst (Kamerasensor) werden (Bild 3).

Zuerst wurde die Lichtquelle näher analysiert. Wegen des großen Messbe-

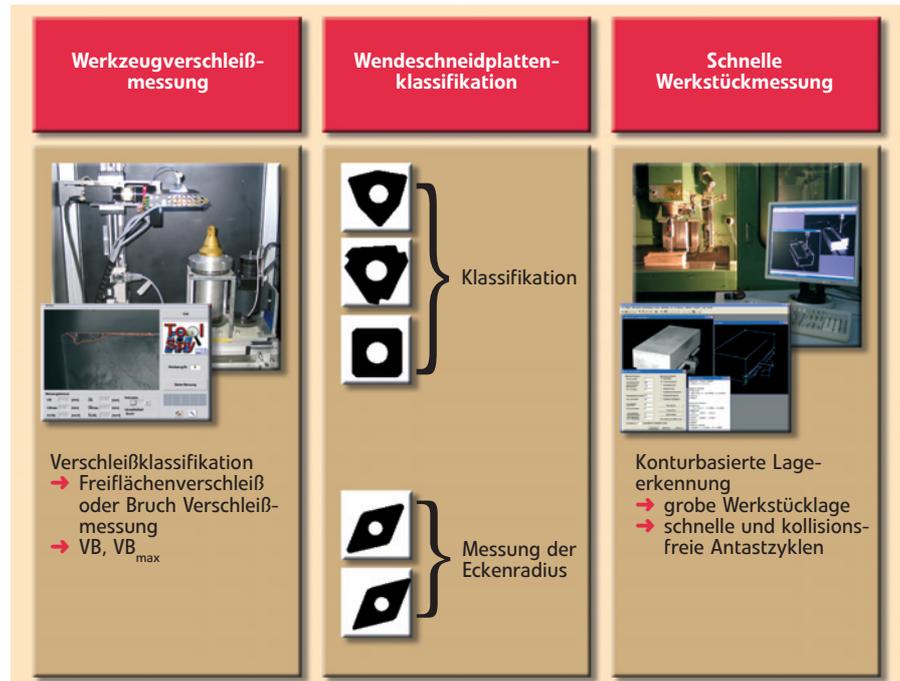


Bild 4. In drei beispielhaften Bildverarbeitungssystemen wurden die Störgrößen kompensiert

reichs ($1000 \times 750 \text{ mm}^2$) kommen Leuchtstoffröhren mit hoher Weißqualität (6 500 Kelvin) sowie eine Steuerung mit hoher Frequenz zum Einsatz. Mit ei-

nem Spektralfotometer wurden die Spektralverteilungen der verschiedenen Leuchtstoffröhren des MVS mit einer Schrittweite von 0,6 nm ausgemes-

sen. Trotz des breiten Lichtspektrums der Leuchtstoffröhren ist deutlich zu sehen, wie sich diese Lichtquelle aus einer Summe mehrerer Lichtspots zusammensetzt. Dies bedeutet, dass die Lichtintensität nicht gleich über das Frequenzspektrum verteilt ist.

Das Licht wird nur zum Teil vom Prüfobjekt in die Optik reflektiert. Für diese Analyse wurde der Anteil des reflektierten Lichtes auf 70 % der Lichtintensität geschätzt. Da diese Kenngröße sehr stark von den Objekt- und Beleuchtungsbe-

dingungen abhängt, lässt sie sich nur schwer messen. Eine solche Abschätzung gilt jedoch nicht für eine Durchlichtprüfung von transparenten Objekten. Hier ist eine Modellierung als Filter notwendig.

In Monochrom-Kameras werden häufig Infrarot-Stoppfilter eingesetzt, um das Störlicht in für den Menschen unsichtbaren Bereichen zu verringern. Ohne ein solches Filter kann es im Kamerabild zu Reflexionen kommen, die mit dem menschlichen Auge nicht sichtbar sind.

Nach diesen Beeinflussungen trifft das

Licht auf den Kamerasensor. Bild 3 zeigt das Frequenzspektrum des eingesetzten Sensors. Es ist auffällig, dass das sichtbare Lichtspektrum selbst bei einem hochwertigen Sensor nicht regelmäßig abgebildet wird.

Sowohl bei der Abbildung als auch bei der Datenübertragung kann es durch die Umgebung, z. B. durch Maschinennähe, zu einem elektromagnetischen Rauschen kommen. Diese Problematik wurde für die Analyse in Form einer maximalen Intensitätsschwankung von 10 % simuliert.

Ein derartiger Rauschanteil hat jedoch bei digitalen Kameras einen geringeren Einfluss: Diese vermeiden ein Kabelrauschen aufgrund der digitalen Übertragung.

In Summe ergibt sich für den exemplarischen Fall ein geringes effektives Aufnahmespektrum. Dies bedeutet, dass alle Bildszenenbereiche mit Farben außerhalb des Spektrums zwischen 450 und 650 nm nicht mehr im Bild zu sehen sind (erscheinen schwarz). Für die Bereiche innerhalb des sichtbaren Spektrums können für einige Anwendungsfälle eine stärkere Lichtintensität oder eine längere Belichtungszeit notwendig sein.

Auch externe Beleuchtungsschwankungen durch Sonnenlicht oder Schattenwürfe beeinträchtigen die Stabilität eines solchen Systems.

Des Weiteren verursacht die Optik Verzerrungen im Bild, die sich jedoch durch eine angepasste Kamerakalibrierung oder mit einer telezentrischen Optik verringern lassen. Die Einstellung der Optik spielt ebenfalls eine große Rolle bei der Abbildungsqualität. An dieser Stelle ist der optimale Kompromiss zwischen notwendiger Lichtintensität (offene Blende) und notwendiger Tiefenschärfe zu finden.

In der Industrie werden

häufig bewegte Objekte, beispielsweise auf einem Förderband, geprüft. Dafür muss die eingesetzte Kamera eine besondere Aufnahmetechnik (Progressive Scan) anbieten, weil sonst Verzerrungen und somit Auswertefehler auftreten können.

Rahmenbedingungen systematisch analysieren

Durch intelligentes Nutzen der Einzelfähigkeiten jeder Bildverarbeitungskomponente lassen sich zuverlässige Machine-Vision-Systeme konzipieren. Dies erfordert jedoch ein systematisches Analysieren der Rahmenbedingungen sowie detaillierte Kenntnisse der einzelnen Systemkomponenten.

Insbesondere robuste Strategien gegen die verschiedenen Störgrößen gewinnen künftig an Bedeutung. Das zeigen drei beispielhafte Machine-Vision-Systeme am WZL.

Zum einen wurde ein MVS zur automatisierten Werkzeugverschleißmessung an Fräswerkzeu-

gen entwickelt, welches die vorliegende Verschleißart klassifiziert und eine fertigungsnahe Messung des Freiflächenverschleißes ohne Messmikroskop und Messtechniker ermöglicht (Bild 4, links).

Zum anderen wurde ein Prototyp zur Klassifikation von Wendeschneidplatten aufgebaut, der trotz der starken Reflexionen an den Oberflächen die Prüfaufgaben im Verpackungsprozess automatisiert (Bild 4, Mitte).

Ein weiteres Beispiel ist ein Machine-Vision-System, welches die Werkstücklage überwacht und somit schnelle und flexible Antastpunkte und -abläufe in den

Fräsmaschinen ermöglicht. So kann eine maschinenintegrierte Werkstückmessung mit hoher Störsicherheit und Geschwindigkeit durchgeführt werden (Bild 4, rechts). □

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt, geb. 1961, ist Inhaber des Lehrstuhls für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement und Mitglied des Direktoriums des Werkzeugmaschinenlabors (WZL) der RWTH Aachen sowie Leiter der Abteilung Mess- und Qualitätstechnik des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie (IPT) und Mitglied des Direktoriums des Fraunhofer IPT.

Dipl.-Ing. René Hermes, geb. 1978, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement des WZL.

M. Eng. Alexandre Orth, geb. 1978, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement des WZL.

Kontakt

René Hermes
r.hermes@wzl.rwth-aachen.de