

Automatische optische Inspektion

Thomas LÜTHI, Empa, Dübendorf, Schweiz

Kurzfassung. Dass das Konzentrationsvermögen bereits nach sehr kurzer Zeit nachlässt ist eine bekannte Tatsache. Dass die Fehlerauffinde-Wahrscheinlichkeit (POD) deutlich von der Fehlerfrequenz abhängig ist, schon etwas weniger. Es ist daher naheliegend repetitive optische Prüfungen zu automatisieren, insbesondere dann, wenn eine 100% Prüfung gefordert ist.

Der Überwachung der Gerätefunktion kommt hier eine besondere Bedeutung zu, da Gutteile ausser vielleicht bei der Einführung des Verfahrens kaum in einem zusätzlichen Schritt noch einmal inspiziert werden. Die Angaben, die in EN 13927 gemacht werden lassen sich, vielleicht in teilweise modifizierter Form anwenden.

Mit den heute zur Verfügung stehenden Informatikmittel lässt sich auch die Auswertung fast zur Gänze mit künstlicher Intelligenz automatisieren. Zur Vermeidung von False Calls gibt es bei teureren Prüfobjekten trotzdem oft noch eine Nachkontrolle der vermeintlichen oder tatsächlichen fehlerbehafteten Zonen, teilweise auch verbunden mit einer sofortigen Reparatur. Die Güte der Prüfung ist, wie bei anderen automatisierten Auswerteverfahren, abhängig von der Art und Weise wie die Auswerte-Software trainiert werden kann.

Die wahrscheinlich komplexesten Geräte werden im Bereich der Kontrolle von Elektronikkomponenten eingesetzt und sind dort unter dem Standardbegriff AOI (Automated Optical Inspection) bekannt. Insbesondere mit der Einführung von Bleifrei-Loten hat diese Technik noch an Bedeutung gewonnen.

Die Technologie wird aber auch im Bereich flächiger Objekte wie Druckerzeugnisse, Papier, Glas, Beschichtungen oder Vliesen eingesetzt. Aber auch für etwas exotischere Anwendungen wie die Überwachung von Drahtseilen oder die Sortierung von Schnittholz.

Daneben gibt es viele weitere Anwendungen aus den Bereichen Positionierungskontrollen oder zur Vollständigkeits- und Richtigkeitskontrolle mittels Codeleser in der Logistik.

Ein grosser Vorteil des Verfahrens ist Fehlerbilder zu speichern und eine entsprechende Statistik erstellen zu können.

Humanfaktoren

Der Mensch ist grundsätzlich im Bereich von wiederkehrenden oder lang dauernden visuellen Prüfungen nicht ganz zuverlässig. Einerseits nimmt das Konzentrationsvermögen bereits nach einigen zehn Minuten merklich ab, andererseits ist die Wahrnehmung bei seltenen Fehlereignissen ebenfalls reduziert. Die Leistung wird durch betriebliche (Umgebungstemperatur, Lärm usw.) und auch durch nicht unbedingt betriebsbedingte Einflüsse (Laune, Müdigkeit, persönliche Probleme usw.) kein konstanter Faktor. Aus diesen Gründen eignet sich eine teil- oder vollautomatisierte optische Inspektion für viele wiederkehrende Prüfungen. Teilweise ist die Produktions- oder die Prüfungsgeschwindigkeit schlicht zu gross, um die Qualität mit dem menschlichen Auge verfolgen zu können.

Off-Line Inspektion

In einigen Fällen macht es Sinn, die Daten einfach nur optisch zu speichern um sie dann später in Ruhe, in angenehmer Umgebung und mit den notwendigen Pausen und Verlangsamungen zu betrachten. Auch bei vollautomatisierten Systemen werden mutmassliche Fehlstellen oft im Nachgang

noch visuell geprüft, sei es auf einem Bild oder direkt am Objekt. Die Rate an falschen Alarmen (und nicht erkannter Fehlstellen) kann zumindest zu Beginn des Einsatzes einer solchen Prüfung noch relativ hoch liegen.

Qualitätsanforderungen

Die nach EN 13927 (Zerstörungsfreie Prüfung – Sichtprüfung – Geräte) vorgegebenen Grundlagen lassen sich nur teilweise umsetzen. Eine Überprüfung zu Beginn und am Ende macht in jedem Fall Sinn. Eine Überwachung der Messkette lediglich alle vier Stunden mit Wiederholung des vorangegangenen Prüfguts ist meistens nicht sinnvoll, da derartige Systeme oft in der Produktionskette integriert sind. Hier dürfte eine öftere Überwachung eher angebracht sein. Wenn schon die Prüfung automatisiert ist, lässt sich sicher auch die Überwachung automatisieren. Mögliche Fehlerursachen sind Staub, Beschlag oder Vereisung des Objektivs und der Einfluss von Vibrationen. Als Vergleichskörper eignen sich die in der oben besprochenen Norm erwähnten USA F 1951 und die Marconi Nr. 1 Prüftafel. In jedem Fall sollte die Auflösung in zwei, besser noch in drei Richtungen gemessen werden können. Für Farbkameras können auch die von Anbietern von Scannern empfohlenen Prüfmuster verwendet werden. Je nach Anwendung muss auch die Empfindlichkeit bzw. deren Veränderung auf Intensitätsunterschiede erkannt werden.

Viele handelsübliche Kameras können ihre Einstellungen automatisch ändern; wünschenswert wäre aber dann, dass Änderungen geloggt würden.

Anwendungen

Drahtseile

In verschiedenen Staaten ist eine regelmässige visuelle Inspektion der Seile von Drahtseilbahnen verordnet. Solange nur einzelne Bereiche betroffen sind, kann dies in der Regel befriedigend von blossen Auge erfolgen. Soll aber die gesamte Seillänge überprüft werden, kann aus den oben gemachten Überlegungen der Schluss gezogen werden, dass eine derartige Überwachung nicht in jedem Fall lückenlos erfolgt. Es sind Bestrebungen im Gang, Systeme zu entwickeln, die die Auswertung zumindest computerunterstützt durchführen. Da die Art der auftretenden Fehler vielfältig ist, wird sich bei seriöser Überwachung eine nochmalige lokale visuelle Inspektion der fraglichen Stellen nicht verhindern lassen. Aber dies ist dann ein entschieden geringerer Aufwand. Für schnelllaufende Seile (typischerweise > 10 m/s), wie sie beispielsweise bei Minen eingesetzt werden, ist eine vollautomatisierte optische Prüfung Stand der Technik. Analog liessen sich auch Liftkabel oder Spannelemente im Offshore-Bereich überwachen.

Schnittholz

Schnittholz würde man auf den ersten Blick eher als ein billiges Produkt ansehen. Trotzdem werden hier aus zwei Aspekten heraus automatische optische Systeme eingesetzt: Einerseits geht es um Fragen der Festigkeit deren Reduktion beispielsweise durch Astlöcher oder Bläue (Pilzbefall) verursacht werden können, andererseits um ästhetische Aspekte, beispielsweise bei der Auswahl der einzelnen Elemente für Parkettböden. Derartige Systeme werden auch zur Kappoptimierung eingesetzt.

Papier / Vliese / Folien

Derartige Produkte werden teilweise mit grossen Produktionsgeschwindigkeiten bis zu 1'500 m / min produziert bzw. konfektioniert. Im Allgemeinen ist der Lieferant für die Qualität verantwortlich. Gesucht werden unter anderem Löcher, Punkte, Falten, Streifen, Flecken und Risse. Bei Zeitungspapier, beispielsweise, ist eine Kontrolle während der Druckphase nicht möglich, da der Andruck jeweils spät abends beginnt und logischerweise am frühen Morgen beendet sein muss. Hier eignen sich automatisierte optische Systeme, meist als Linienscanner, in der Produktionsreihe.

Wertpapiere und weitere Druckerzeugnisse

Bei Wertpapieren wie Briefmarken oder Banknoten werden derartige automatisierte Systeme bei der Produktion eingesetzt. Zudem sind sie auch in Bankomaten eingesetzt, die neben einer Geldausgabe auch für Rückzahlungen verwendet werden. Dass hier die Einzelheiten nicht mitgeteilt werden, liegt auf der Hand. Analoge Anlagen lassen sich auch für andere Druckerzeugnisse einsetzen, wenn eine fehlerfreie Druckqualität für die gesamte Serie absolut notwendig ist

Gläser und Beschichtungen

Gläser als Flachglas oder für Auto- oder Zugscheiben, aber auch in der Solartechnik werden mit automatischen optischen Systemen auf Fehler wie Verzerrungen, Beschichtungsfehler, Ausbruch und Kantenfehler geprüft. Beispielsweise werden Glasrohre mit einer Geschwindigkeit von 5 m / s gezogen und anschliessend mittels mehreren Kameras einhundertprozentig geprüft.

Leiterplatten

Die automatische optische Inspektion (dort AOI genannt) für Leiterplatten ist wahrscheinlich die Königsdisziplin. Die meisten Leiterplatten die im Sicherheitsbereich, beispielsweise bei Flugzeugen, aber auch (vermehrt) im Fahrzeugbau eingesetzt werden, müssen so geprüft werden. Derartige Platten können mit bis zu mehreren tausend Elementen belegt werden. In der Herstellung kommt noch etwas erschwerend dazu, dass die chemische Zusammensetzung der Lote verändert werden musste, bleihaltige sind nicht mehr zulässig.

Bei dieser Art der Inspektion wird die Platte bewegt und die Kamera bleibt stabil. Gleichzeitig muss die Positionierung der Platte überwacht werden. Je nach Produktionsphase ist es notwendig, die Beleuchtung so zu steuern (beispielsweise mit einer Serie von Leuchtdioden), dass die Elemente auch effektiv erkannt werden können.

Die Hauptfehlerquelle liegt beim Aufdruck der Lotpaste. Dort ist die Prüfung am sinnvollsten, speziell, wenn nur eine Inspektionseinheit zur Verfügung steht. Weitere Fehler die allerdings erst nach der Bestückung bzw. nach dem eigentlichen Lotprozess erkannt werden können, sind beispielsweise Kurzschlüsse, Grabsteineffekt, Diodenpolarität oder gedrehte Komponenten. Die Fehler können nach der Inspektion (nach welchem Produktionsschritt auch immer) von Hand korrigiert werden

Fazit

Eine automatische optische Inspektion kann nur so gut sein wie das Programm, das zur Auswertung eingesetzt wird. Dieses hängt wiederum mit den Fähigkeiten und spezifischen Kenntnissen des Programmierers zusammen. Zu Beginn werden demnach im Allgemeinen relativ viele falsche Alarmer ausgelöst werden.