

Reproduzierbar statt subjektiv

Grenzen der Sichtprüfung, Möglichkeiten der Bildverarbeitung



Sobald Stückzahlen, Qualitätsanforderungen und Rückverfolgbarkeit steigen, stößt die manuelle Sichtprüfung an ihre Grenzen. Industrielle Bildverarbeitung schafft hier nicht nur Geschwindigkeit, sondern vor allem reproduzierbare, messbare und dokumentierbare Ergebnisse.

Der Punkt, an dem Sichtprüfung kippt

Das menschliche Auge ist ein sehr anpassungsfähiges Prüfmittel, aber kein reproduzierbares Messmittel. Genau in diesem Unterschied entscheidet sich, wo industrielle Bildverarbeitung beginnt. In kleinen Serien kann eine erfahrene Prüfkraft Teile einzeln betrachten, drehen, gegen das Licht halten oder ertasten und dabei auch unvorhergesehene Fehler erkennen. Diese Fähigkeit, Abweichungen intuitiv zu bemerken, ist ein klarer Vorteil der menschlichen Wahrnehmung.

Mit steigenden Stückzahlen verschiebt sich das Problem von der reinen Menge hin zur Beherrschbarkeit des Ergebnisses. Je mehr Teile geprüft werden müssen, desto stärker

wirken Ermüdung, Ablenkung und subjektive Unterschiede zwischen verschiedenen Prüfern auf das Ergebnis.

Warum das Auge kein Messmittel ist

Aufmerksamkeit ist begrenzt. Wer über längere Zeit dieselben Merkmale beurteilt, ermüdet; Konzentration und Reaktionssicherheit nehmen ab, und zwei Personen bewerten dasselbe Grenzmuster oft unterschiedlich. Auch dieselbe Person kann je nach Tageszeit oder Belastung zu abweichenden Urteilen kommen.

Besonders problematisch ist der Fall seltener Fehler. Wenn über lange Strecken fast nur Gutteile gesehen werden, sinkt die Sensibilität für das eine Schlechtteil dazwischen. Gerade dort, wo die Fehlerrate niedrig und der Qualitätsanspruch hoch ist, wird die manuelle Sichtprüfung dadurch besonders unzuverlässig.

Ein Bildverarbeitungssystem kennt weder Ermüdung noch Routineblindheit. Es bewertet das zehntausendste Teil nach denselben Kriterien wie das erste. Der eigentliche Nutzen liegt daher nicht nur in der Geschwindigkeit, sondern vor allem in der Reproduzierbarkeit.

Vom Urteil zum Messwert

Erst Reproduzierbarkeit macht Qualität statistisch beherrschbar. Ein menschliches „sieht gut aus“ lässt sich nicht auswerten; ein Messwert hingegen schon.

Wo ein Prüfer ein subjektives Urteil fällt, liefert ein Bildverarbeitungssystem objektive, quantifizierbare Größen wie Kantenabstand, Position, Fläche oder Durchmesser. Aus dieser Messgröße lässt sich anschließend eine Gut/Schlecht-Entscheidung ableiten. So werden statistische Prozesslenkung, Prozessfähigkeitskennwerte und Messsystemanalysen überhaupt erst sinnvoll anwendbar.



Autor:
Markus Armgart
Geschäftsführer
Peak Vision GmbH
info@peak.vision
<https://peak.vision>

Hinzu kommt die Rückverfolgbarkeit. Prüfergebnisse können protokolliert und einem Teil etwa über Data-Matrix-Code oder OCR eindeutig zugeordnet werden. Im Reklamations- oder Haftungsfall ist damit nachvollziehbar, was geprüft wurde und welches Ergebnis vorlag.

Wie ein System wirklich sieht

Die Kamera ist nur eine von mehreren Komponenten eines Bildverarbeitungssystems. In vielen Anwendungen entscheidet nicht die Kamera allein, sondern auch die Beleuchtung über den Erfolg der Prüfung.

Ob ein Kratzer, eine Delle oder ein fehlendes Bauteil sichtbar wird, hängt wesentlich davon ab, wie das Teil ausgeleuchtet wird. Je nach Aufgabe kommen Auflicht, Durchlicht, Hellfeld, Dunkelfeld, Domebeleuchtung oder koaxiales Licht zum Einsatz. Für präzise Maßprüfungen werden häufig telezentrische Objektive verwendet, weil sie perspektivische Fehler und Vergrößerungsschwankungen deutlich reduzieren.

Die eigentliche Bildverarbeitung setzt auf bewährte Verfahren wie Schwellwertbildung, Kantenerkennung, Blob-Analyse, Mustervergleich und Positionsbestimmung. Für Aufgaben, die sich schwer in feste Regeln fassen lassen, etwa diffuse Oberflächenfehler auf strukturierten Materialien, können lernende Verfahren wie Anomalieerkennung sinnvoll sein.

Typische Prüfaufgaben

In der Praxis lassen sich die meisten Anwendungen einigen Grundtypen zuordnen. Dazu gehören Vollständigkeits- und Anwesenheitsprüfungen, Maß- und Positionsprüfungen, Oberflächeninspektionen, Identifikation sowie Farbprüfungen.

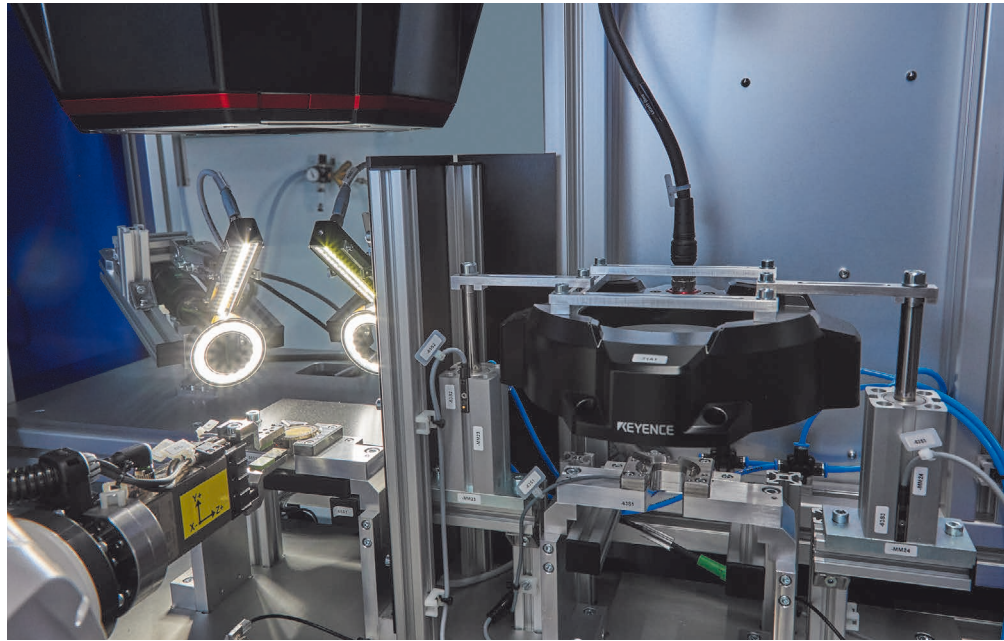
Die Vollständigkeitsprüfung stellt sicher, dass Bauteile, Schrauben oder Stecker vorhanden sind. Maß- und Positionsprüfungen erfassen Geometrien berührungslos und schnell. Oberflächeninspektionen suchen nach Kratzern, Einschlüssen, Poren oder Verfärbungen, während Code- und Kletterschriftlesung der Rückverfolgbarkeit dient.

Wo Bildverarbeitung an Grenzen stößt

Nicht jede Prüfaufgabe ist automatisierbar, und nicht jede Automatisierung ist wirtschaftlich sinnvoll. Ein Bildverarbeitungssystem prüft zuverlässig genau das, wofür es ausgelegt wurde; Fehler, die vorher nicht definiert wurden, erkennt es in der Regel nicht.

Ob sich eine Automatisierung rechnet, hängt unter anderem von Stückzahl, Ausschusskosten, Merkmalsschärfe und Prozessstabilität ab. Eine seriöse Bewertung beginnt daher mit der Prüfaufgabe, nicht mit der Technik.

Gerade bei stark variierenden Oberflächen, instabilen Teilen oder unklar formulierten Fehlerbildern kann manuelle Prüfung weiterhin sinnvoll sein. In anderen Fällen ist die Bildverarbeitung überlegen, weil sie Ergebnisse



standardisiert, dokumentiert und über lange Zeit konsistent liefert.

Die passende Technik zählt

Der Markt der Bildverarbeitung ist trendgetrieben, derzeit oft mit Fokus auf künstliche Intelligenz. Deep Learning ist dabei ein wertvolles Werkzeug, aber eben nur eines unter mehreren und kein Selbstzweck.

Für geometrische Maßprüfungen mit klar definierten Kanten ist ein klassisches, deterministisches Verfahren meist die bessere Wahl. Es ist nachvollziehbar, benötigt keine großen Trainingsdatenmengen und lässt sich gegenüber Auditoren oder Kunden gut begründen. Umgekehrt kann bei schwer beschreibbaren Oberflächenfehlern ein lernendes Verfahren die praktisch einzige Lösung sein.

Ähnlich verhält es sich bei der Hardware. Eine kompakte Sensorlösung kann für klar umrissene Aufgaben die robustere und wirtschaftlichere Wahl sein, während eine PC-basierte Architektur bei hoher Auflösung, komplexer Algorithmen oder mehreren Kameras ihre Stärken ausspielt.

Von der Kamera zur Anlage

Ein Prüfsystem entfaltet seinen Nutzen erst als Teil der Produktionslinie. Es muss mit der übergeordneten Steuerung kommunizieren, Schlechteile zuverlässig ausschleusen, Ergebnisse melden und für die Bedienung im Alltag geeignet bleiben. Übliche Schnittstellen sind unter anderem PROFINET, EtherCAT, EtherNet/IP und OPC UA.

Zunehmend übernimmt ein kollaborierender Roboter das Handling der Teile vor der Kamera. Damit wird das Prüfsystem Teil einer Maschine mit allen Folgen für Sicherheit und Konformität.

Die elektrische Ausrüstung von Maschinen wird in der Praxis häufig nach EN 60204-1 ausgeführt, sofern diese Norm für die jeweilige Maschine anwendbar ist. Die CE-Kennzeichnung bringt

der Hersteller nach erfolgreicher Konformitätsbewertung in eigener Verantwortung an; sie ist keine Zertifizierung durch Dritte.

Für Maschinen, die derzeit in Verkehr gebracht werden, gilt noch die Richtlinie 2006/42/EG. Ab dem 20. Januar 2027 gilt stattdessen die unmittelbar anwendbare Maschinenverordnung (EU) 2023/1230.

Fazit

Industrielle Bildverarbeitung ersetzt die manuelle Sichtprüfung nicht pauschal, sondern löst ein anderes Problem: Qualität in großer Stückzahl reproduzierbar, messbar und nachweisbar zu prüfen. Ihr eigentlicher Wert liegt weniger in der Geschwindigkeit als in der statistischen Beherrschbarkeit des Ergebnisses.

Ob und wie sie zum Einsatz kommt, entscheidet die Prüfaufgabe. Die beste Lösung ist nicht unbedingt die, welche dem aktuellen Trend folgt, sondern das Verfahren und die Komponenten, die das Teil, den Prozess und das Budget am zuverlässigsten abbilden.

Wer schreibt:

Markus Armgart ist Geschäftsführer der Peak Vision GmbH, einem führenden Anbieter von industrieller Bildverarbeitung und Automatisierungslösungen mit Sitz in Siegenburg, Deutschland. Als staatlich geprüfter Techniker für Elektrotechnik mit Schwerpunkt Automatisierungstechnik bringt er umfassende Expertise in die Entwicklung maßgeschneiderter, herstellerunabhängiger Bildverarbeitungssysteme ein. Markus treibt Innovationen in KI, multispektralen Kameras und PC-basierten Lösungen voran, um flexible Qualitätskontrollen für diverse Branchen zu ermöglichen. Sein Ziel ist es, durch moderne Technologien wie Deep Learning und Industrie 4.0 die Automatisierung effizienter und nachhaltiger zu gestalten. ◀