Klassische 2/3D-Machine-Vision, Deep Learning und intelligenter Robotertechnologie

Machine Vision und Robotik gibt es in der Industrie schon seit geraumer Zeit. Dennoch werden viele Erzeugnisse noch immer manuellen bzw. visuellen Qualitätsprüfungen unterzogen. Warum dies und wie geht es besser?

Herkömmliche Prüfungen konnten sich behaupten, da die bisher verfügbaren technischen Lösungen nicht flexibel genug wa ren, um verschiedene Produkte und Baugruppen ohne aufwendiges Umrüsten vollständig von allen Seiten auf Fehler überprüfen zu können.

Für solche Zwecke mussten Vision-Systeme bisher speziell auf das zu inspizierende Produkt zugeschnitten werden, indem mehrere um das Produkt herum positionierte Kameras fest montiert wurden. Bei Chargenwechseln mussten diese Kameras dann jeweils manuell umpositioniert werden, um die neuen Prüfmerkmale erfassen zu können. Ein Variantenmix war mit diesen unbeweglichen Kamerasystemen in vielen Fällen nicht automatisch zu inspizieren. Mehrfachaufnahmen von bestimmten Prüfmerkmalen aus verschiedenen Winkeln und mit verschiedenen Beleuchtungsszenarien waren damit ohnehin nicht möglich.

Kosten mangelhafter Qualität

Ein Nachteil von manuellen bzw. visuellen Qualitätskontrollen durch Mitarbeiter besteht darin, dass sie fehlerbehaftet und inkonsistent sein können. Mögliche Gründe dafür sind Ermüdung durch die eintönige Tätigkeit, Routinefehler und Betriebsblindheit. Außerdem können verschiedene Mitarbeiter aufgrund unterschiedlicher Erfahrungen, Fähigkeiten und Konstitutionen zu unterschiedlichen Bewertungen und damit zu unterschiedlichen Prüfergebnissen kommen. Dies kann sogar dazu führen, dass Fehler übersehen und mangelhafte Produkte an den Kunden ausgeliefert werden.

In solchen Fällen können hohe Kosten auf den Hersteller zukommen. Die Kosten mangelhafter Qualität (engl. Costs of Poor Quality, QOPQ) beinhalten die Kosten für zurückgegebene oder zurückgewiesene Waren, Verschrottungen, Nacharbeit und in vielen Fällen auch die monetär messbaren negativen Auswirkungen auf die Reputation des Unternehmens sowie auf die Kundenzufriedenheit. In einigen Lieferanten-Kunden-Beziehungen kann sogar schon ein einzelnes fehlerhaftes Produkt zur Ablehnung einer gesamten Lieferung und zu möglichen finanziellen Sanktionen führen.

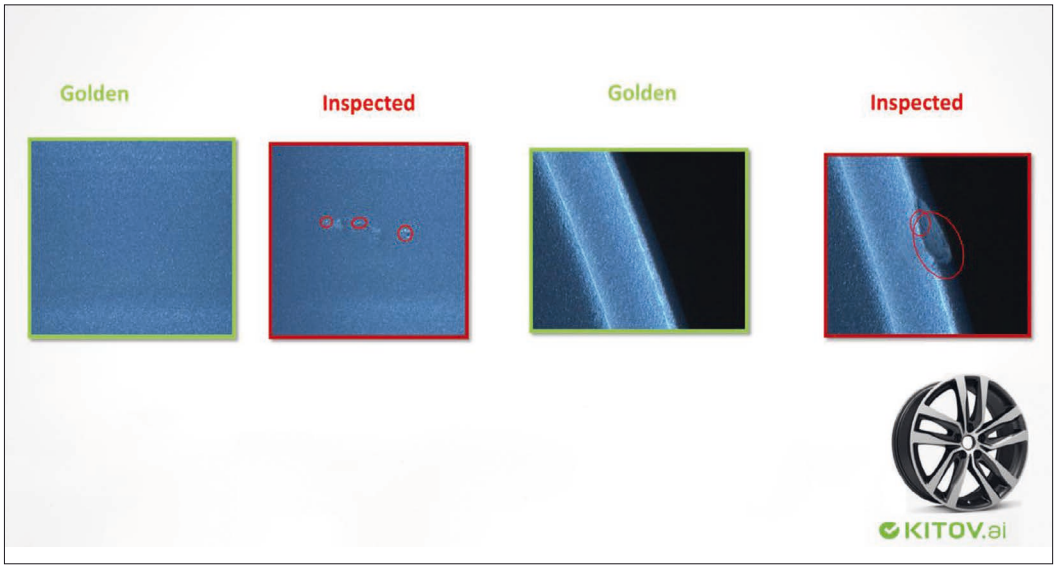
Die Tabelle aus dem Magazin Quality Digest listet typische Werte für die Kosten mangelhafter Qualität (COPQ) in der Fertigungsindustrie auf. In einer kürzlich durchgeführten Umfrage von Tata Con-

Industrielles Erzeugnis	COPQ in % vom Umsatz
Flugzeugtriebwerke/Triebwerksteile	5,4 bis 6,3
Flugzeugteile	4,5 bis 8,6
Aluminium-Gussteile	5,3 bis 7,1
extrudierte Aluminiumteile	4,4 bis 7
Automobil-Pressteile	5,3 bis 7
Motorteile	5 bis 7,1
Verbindungselemente	6,2 bis 7,1
Schmiedeteile	5,9 bis 6,9
Wohnmobile	4,8 bis 5,3
Wohnmobil-/Autokarosserien	4,3 bis 5,4
Autoteile und Autozubehör	6,1 bis 8
Motorrad-/Fahrradteile	6,1 bis 6,8
Motoren/Generatoren	5,2 bis 6,1
Batterien/Akkumulatoren	5,1 bis 5,4
Reifen und Schläuche	6,9 bis 8
Wohnwagen/Wohnmobile	4,9 bis 5,9
Lkw-/Bus-Karosserien	4,3 bis 5,4

Diese Tabelle aus dem Magazin "Quality Digest" listet typische Werte für die Kosten mangelhafter Qualität (COPQ) in der Fertigungsindustrie auf

Kitov Systems Ltd.
www.kitov.ai

Ansprechpartner für den deutschsprachigen Raum:
ATEcare Service
www.atecare.de



Oberflächenfehler an einer Aluminium-Felge für Pkw werden mit dem entsprechenden Bereich eines „goldenen" (fehlerfreien) Produkts (jeweils grün umrandet) verglichen. Die linke (rot umrandete) Aufnahme zeigt Kratzer an der Seitenwand des Rades, und auf der rechten Seite sieht man eine Einkerbung an der Radkante

sultancy Services wurden die Produktqualität und die Nachverfolgung von Fehlern als Hauptvorteile der Verwendung von Big Data in der Fertigung aufgeführt.

Fachkräftemangel und ständig steigende Lohnnebenkosten stellen viele Unternehmen vor große Herausforderungen. Dies betrifft auch und vor allem die Qualitätssicherung. Sollte es hier dauerhaft zu Engpässen kommen, kann dies zu einer nachlassenden Qualität und damit zu einer Erhöhung der QOPQ führen, was im Endeffekt negative Auswirkungen auf die Rentabilität des Unternehmens zur Folge haben kann.

Zukunftsweisende Technologien wie Robotik, Künstliche Intelligenz (KI), Internet der Dinge (IoT) und Big Data, die im Zuge der Einführung von Industrie 4.0 ständig wachsende Bedeutung erlangen, können Unternehmen helfen, den oben genannten Herausforderungen in der Fertigung zu begegnen.

Automatisierte optische Inspektionssysteme liefern Daten, mit denen die Ursachen von Produktionsfehlern identifiziert werden können. Diese Informationen fließen in umfangreiche Datenbanken ein und können zu Korrekturen und zur Effizienzsteigerung genutzt werden.

Durch die Erfassung und Analyse der gewonnenen Produktionsdaten können Unternehmen die Entwicklung der Qualität ihrer Produkte, häufig auftretende Mängel sowie sich entwickelnde Qualitätsprobleme rechtzeitig erkennen und nachverfolgen. Auf der Basis dieser Informationen können sie gezielt Verbesserungen im Produktionsprozess, im Produkt-Design und im Lieferketten-Management einführen.

Regelbasiert ist zu unflexibel

Während viele OEM-Hersteller bereits automatisierte Vision-Systeme in der Qualitätssicherung einsetzen, tun sich andere schwer damit, weil ihre Produkte einen sehr hohen Anteil an kundenspezifischen Varianten aufweisen. Herkömmliche regelbasierte Bildverarbeitungsprozesse sind oft nicht flexibel genug, um diese Herausforderung zu meistern. Die Erstellung eines verlässlichen Inspektionsplans, der keinen Schlupf und dabei nur eine geringe Pseudofehlerrate zulässt, kann je nach Produkt und den Fähigkeiten des Programmierers viele Stunden oder Tage in Anspruch nehmen. Bei einer Vielzahl von Produktvarianten multipliziert sich dieser Programmieraufwand entsprechend. Zudem sind viele herkömmliche Bildverarbeitungssysteme generell sehr anfällig bezüglich Pseudofehlern, was ein ständiges Nachtunen der eingestellten Parametertoleranzen erfordert. Dies ist für viele Unternehmen nicht akzeptabel.

Mehr Flexibilität dank Deep Learning

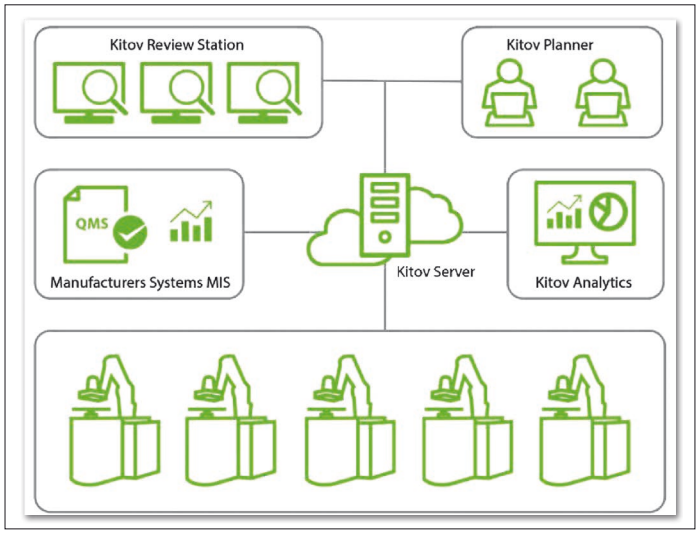
Mittels Deep Learning kann die Kitov-Software anhand von Referenzbildern qualitativ einwandfreier sowie mit Mängeln behafteter Teile trainiert werden, damit sie flexibler auf verschiedene Situationen und unterschiedliche Fehlerbilder reagieren kann. Die Auswahl und Bewertung dieser Aufnahmen sollte von qualifiziertem Fachpersonal vorgenommen werden, das mit dem Produktionsprozess und mit den dabei auftretenden Fehlern vertraut ist.

Die Deep-Learning-Algorithmen analysieren die Bilder statistisch auf Merkmale und Beziehungen zwischen Merkmalen. Anschließend wird eine gewichtete Tabelle bzw. ein neuronales Netzwerk erstellt, das definiert, was ein gutes oder ein schlechtes Teil ausmacht.

Das klingt einfacher als es tatsächlich ist. Der beschriebene Prozess beinhaltet jedoch tatsächlich eine sehr rechenintensive Analyse – etwa für eine Lösung an einer automatisierten Fertigungslinie. Während der Inferenz – also während der Anwendung des in der Trainingsphase Gelernten – benötigt das System erheblich weniger Rechenleistung. Daher wird keine Anbindung an eine performante IT-Infrastruktur wie ein Hochleistungs-Rechenzentrum oder eine Serverfarm benötigt, wodurch auch an Standorten ohne entsprechende Voraussetzungen ein Betrieb des Systems möglich ist.

Um den Anwendern das Trainieren ihrer Systeme abzunehmen, liefern viele Anbieter von KI-Lösungen vorab trainierte neuronale Netze bereits mit, die für bestimmte Zwecke entwickelt wurden – z.B. zur Schriftlesung (OCR), für das Lesen beschädigter oder verzerrter Barcodes, für die Erkennung von Kratzern auf Smartphone-Gehäusen oder zur Überprüfung von Komponenten auf Leiterplatten.

Kitov One, das roboterbasierte smarte Inspektionssystem von Kitov Systems, ist standardmäßig mit mehreren vorab angelernten neuronalen Netzen zum Überprüfen von Merkmalen wie Verschraubungen, Oberflächen, Etiketten, Beschriftungen



oder Netzwerkanschlüssen ausgestattet. Kitov Systems fügt dem Software-Paket ständig neue vorgefertigte neuronale Netze (semantische Detektoren) hinzu, um immer mehr Kunden in verschiedensten Branchen Instrumente an die Hand zu geben, mit denen sie vielfältigste und anspruchsvollste Inspektionsaufgaben lösen können.

Hybride Herangehensweise und Lösung

Die Inspektion hochvariabler Mehrkomponenten-Produkte und -Baugruppen wie elektronische Geräte, Medizingeräte und Autoteile stellt eine große Herausforderung für viele herkömmliche Vision-Systeme dar. Regelbasierte Systeme erzeugen dabei oft zu viele Pseudofehler.

Beispiel: Einer der weltweit größten Hersteller von End-to-End-Kommunikationslösungen, Speichern und hyperkonvergenter Infrastruktur sah sich plötzlich mit einem Problem im Zusammenhang mit der Herstellung von High-Mix-Produkten konfrontiert. Das Unternehmen produziert Hunderte von verschiedenen Produkten, einige mit Hunderten von Variationen, einschließlich eines Portfolios von High-Mix-Produkten, die von verschiedenen globalen Vertragsherstellern produziert werden. Eine Herausforderung für eine konsequente Qualitätssicherung.

Eines Tages kam es bei der Fertigung von Netzwerk-Switches zu elementaren Mängeln, die unbemerkt blieben, sodass eine nicht unerhebliche Menge an defekten Geräten an Kunden ausgeliefert wurde. Das Unternehmen setzte damals noch auf manuelle bzw. visuelle Produktkontrolle durch Mitarbeiter. Bei einem Großteil der ausgelieferten Switches stellte sich erst nach der Installation heraus, dass sie defekt sind. Dies zog mehrere hunderttausend US-Dollar an Kosten für das Umpacken, Reparieren, für Logistik, die Anpassung der Bestände im ERP-System sowie für den Schaden am Ruf des Herstellers nach sich. Um ein solches Vorkommnis in Zukunft zu vermeiden, versuchte das Unternehmen, die personenabhängige Inspektion durch eine automatisierte Lösung mit einer weitaus höheren Verlässlichkeit zu ersetzen.

Nach einer sechsmonatigen Testphase stellte sich heraus, dass eine herkömmliche Bildverarbeitungslösung aufgrund der hohen Produktvarianz nicht in Frage kommt. Dadurch öffnete sich die Tür zum Kitov-One-System. Dieses ist mit einer CMOS-Kamera und fünf LED-Beleuchtungsmodulen ausgestattet und erstellt 2D-Aufnahmen, die softwaremäßig zu einem 3D-Modell des zu inspizierenden Teiles kombiniert werden können. So können auch Einrichter ohne Bildverarbeitungskenntnisse Inspektionspläne erstellen, indem sie im 3D-Modell einfach Merkmale wie Schrauben, LAN-Anschlüsse, Etiketten, Barcodes oder Oberflächen markieren.

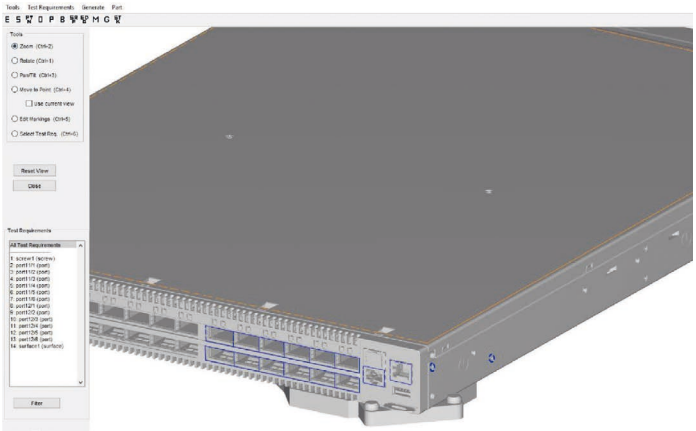
Zum Anlernen des Systems sind keine Robotik-Kenntnisse erforderlich. Eine intelligente Software manövriert den Roboter mit seinem Kamerakopf automatisch an die zu inspizierenden Stellen, die vom Einrichter über eine grafische Bedienoberfläche per Mausklick in einem 3D-Modell des zu inspizierenden Teiles ausgewählt werden.

Die Algorithmen entscheiden automatisch, wohin sich die Kamera bewegen soll, wählen aus, welche Beleuchtungsmodule wann und mit welcher Belichtungszeit eingeschaltet werden und legen fest, wie viele Bilder für jedes Prüfmerkmal aufgenommen werden sollen. Außerdem berechnet die Software automatisch die optimalen Verfahrwege des Kamerakopfes.

Die Einführung des Kitov-Systems hat sich für das Unternehmen ausgezahlt. Mangelhafte Produkte werden nun rechtzeitig erkannt und ausgeschleust, Produktionsprozesse konnten optimiert, Fehlerquellen gefunden und ausgeschlossen werden. Alle Prüfergebnisse werden durchgängig dokumentiert und abgespeichert, sodass das System eine nachverfolgbare, konsistente und personenunabhängige Qualitätskontrolle ermöglicht. Die Kosten für mangelhafte Qualität (QOPQ) konnten deutlich und nachhaltig gesenkt werden, sodass sich die Investition in das Kitov-System innerhalb von wenigen Monaten amortisiert hat. Das Unternehmen genießt nun wieder eine hohe Reputation für die ausgezeichnete Qualität seiner Produkte, und die Kundenzufriedenheit ist seitdem stetig gewachsen.

Fazit

Die smarten Inspektionslösungen von Kitov Systems werden bereits in verschiedensten Fertigungsbereichen weltweit eingesetzt. Sie können als Standalone-System betrieben oder in bestehende Linien integriert werden. Dazu sind verschiedene Varianten mit Handling-Systemen, integrierten Hub-/Drehtischen, zusätzlichen Robotern sowie Cobots zum Be- und Entladen verfügbar. Die Software ist über eine vom Hersteller eingerichtete Schnittstelle auch für Integratoren interessant – sie können dann die beschriebenen Möglichkeiten mit diversen Robot/Cobot-Geräten verknüpfen und individualisiert anbieten. ◄



Verbogene Pins an Netzwerkanschlüssen gehören zu den häufigsten Reklamationsgründen bei hochwertigen elektronischen Geräten. Die zuverlässige automatische Überprüfung dieser dünnen Stifte am Boden der Anschlussöffnungen erfordert ein smartes Inspektionssystem wie Kitov One mit schwenkbarer Kamera, flexibler Beleuchtung und Unterstützung durch KI. Die Erstellung von Prüfplänen erfolgt durch intuitives Markieren der Prüfmerkmale im 3D-Modell des zu inspizierenden Produktes (s. Screenshot). Die intelligente Software des Systems bewertet, ob die Parameter der Prüfkriterien innerhalb der vorgegebenen Toleranzbereiche liegen und zieht Erfahrungswerte heran, die zuvor mittels Deep Learning antrainiert wurden