

Wegbereiter der Automation

Industrielle Bildverarbeitung in der Qualitätskontrolle

Die fehlerfreie, zuverlässige, schnelle und wirtschaftliche Herstellung von Produkten ist im Zeichen des wachsenden Kosten- und Konkurrenzdrucks wichtiger denn je. Dies führt in nahezu jeder Branche zu einem höheren Automatisierungsgrad. Eine wichtige Rolle spielt dabei die industrielle Bildverarbeitung: Sie erschließt bei der Oberflächeninspektion, der Vollständigkeitskontrolle und bei der Identifikation von Produkten neue Möglichkeiten der Qualitätssicherung.



Für 2015 rechnet die industrielle Bildverarbeitung mit einem Umsatzwachstum von fünf Prozent.

Überall dort, wo Produktionskosten und Energieverbrauch gesenkt und die Qualität der Produkte gleichzeitig verbessert werden sollen, werden intelligente Sensoren immer wichtiger“, sagt Dr. C. Thomas Simmons, Geschäftsführer des AMA-Verbandes für Sensorik und Messtechnik. Dies zeigt sich auch in den Zahlen: Nach einem Umsatzstagnation von acht Prozent im Jahr 2014 rechnet die Branche in diesem Jahr mit einem Umsatzwachstum von fünf Prozent. Das Investitionsvolumen der Unternehmen stieg im vergangenen Jahr um 24 Prozent – im Vergleich zu anderen Industriezweigen ist das viermal

mehr. „Wir sehen das als ein deutliches Zeichen für die Zukunftsfähigkeit von Sensorik und Messtechnik. Die Unternehmen reagieren damit auf die Herausforderungen der unterschiedlichsten Anwenderindustrien, deren Innovationen häufig auf intelligenten Sensorsystemen basieren“, erklärt Simmons. Bisher ging der AMA-Verband noch von einer Verdoppelung der Zahl der eingesetzten Sensoren innerhalb von fünf Jahren aus. Inzwischen prophezeit die Trillion Sensor Roadmap von Janusz Bryzek sogar eine Verdoppelung jedes Jahr. Im Jahr 2012 schätzten die Marktforscher noch weltweit eine Milliarde Sensoren im Einsatz; bis zum Jahr 2022 erwartet die Roadmap einen Anstieg auf eine Billion Sensoren.

Hintergrundinfos

Bildverarbeitung auf der Sensor + Test

Wer sich einen Überblick über die neusten Trends und wissenschaftlichen Erkenntnisse verschaffen möchte, der kann sich im Mai auf den Weg nach Nürnberg machen. Vom 19.- 21. Mai 2015 hat die Fachmesse Sensor + Test die neuesten Entwicklungen in der optischen Sensorik und der Bildverarbeitung im Blick. Zeitgleich zur Sensor + Test finden im Kongressbereich der Messe die AMA-Kongresse Sensor und IRS2 (Infrarot Sensoren und Systeme) statt. Dabei konzentriert sich insbesondere der Kongress IRS2 auf

das Feld der Infrarotsensoren und -messsysteme. In diesem Jahr setzt AMA auf eine enge und hohe Industriebeteiligung. Erstmals wird zum Beispiel die Firma Flir aus den USA, als größter Hersteller von Infrarot-Messgeräten und IR-Kameras, mit einem Übersichts Vortrag dabei sein. Der Kongress IRS2 fokussiert bereits zum zweiten Mal auf Recent Developments in IR Industry. Die Kongressbesucher erhalten einen Einblick in Entwicklungen und Trends aus der Gerätetechnik und -anwendung.

Bild: ABB



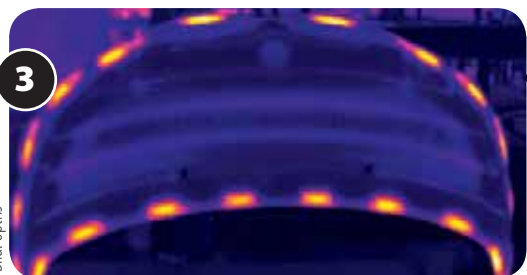
1

Bild: Micro-Epsilon



2

Bild: Optris



3

- 1 Industrie 4.0 ist ohne intelligente Messtechnik nicht umsetzbar.
- 2 Mit der Methode der Deflektometrie lassen sich spiegelnde Oberflächen von Karosserien, jedoch auch kleinerer Bauteile wie Stoßfänger und Blenden, zuverlässig inspizieren.
- 3 Optris ist auf die berührungslose Temperaturmessung mit Infrarot-Messgeräten spezialisiert: hier am Beispiel eines CFK-Bauteils.

Datenübertragungsraten für Videosysteme



	Fire Wire		Camera Link			GigE Vision			CoaXPress		USB		
brutto	400	800	Base	Medium	Full		dual	10 Gbit		5x CKP	2.0	3.0	"3.1"
Mbit/s	400	800	2040	4080	6800	1000	2000	10000	6250	31250	480	5000	10000
MB/s	50	100	255	510	850	125	250	1250	781,25	3906,25	60	625	1250

Bild: SYS-Master

Vergleich der Übertragungsraten der unterschiedlichen Systeme.

„Unsere Branche treibt derzeit die zunehmende Kommunikationsfähigkeit um. Ein Internet der Dinge, eine Industrie 4.0 und nicht zuletzt die Digitale Agenda sind ohne intelligente Sensoren und ausgereifte Messtechnik nicht umsetzbar“, so Simmons. „In der Sensorik beobachten wir, dass die bildverarbeitenden Technologien auf dem Vormarsch sind, und die Bedeutung der Signalverarbeitung weiter zunimmt.“

Die Messtechnik als Teil der Automatisierung muss höchste Anforderungen erfüllen, relevante Daten filtern und Ergebnisse in Echtzeit liefern, meint der Geschäftsführer. Zukunftsprojekte wie Industrie 4.0 und Smart Cities lassen klassische Branchengrenzen verschwinden und verändern Wertschöpfungsprozesse. Das bedeute für Sensorik und Messtechnik eine Vielzahl neuer Anforderungen, um die anstehende Komplexität beherrschbar zu machen.

Inzwischen stellen auch große Stückzahlen und hohe Taktgeschwindigkeiten keine Hürde mehr für die Bildverarbeitung dar. Die Systeme arbeiten heute integriert in den Produktionsprozess und im Takt der Maschinen. Gleichzeitig leistet die Bildverarbeitung auch ihren Beitrag zur Automatisierung des Materialflusses. So stellen die Systeme sicher, dass die Werkstücke lagerichtig und passgenau den verschiedenen Produktionsschritten zugeführt werden. Gleichzeitig gestatten die Bildverarbeitungssysteme mit ihrer hundertprozentigen Überwachung der Fertigungsschritte

eine lückenlose Rückverfolgbarkeit der Teile. Zukünftige Technologien werden denn auch von noch mehr Intelligenz und Selbstständigkeit geprägt sein.

Dazu braucht es Sensoren wie etwa Kamerasysteme als Augen, die hochauflösend und in rasantem Tempo Bilder erfassen, transferieren, verarbeiten und analysieren können. Dem kommt die Praxis entgegen, denn viele industrielle Bildverarbeitungssysteme sind heute schon mehr als nur reine Inspektionssysteme, sodass sie bei entsprechender Auslegung und Aufbereitung der Ergebnisse eine frühzeitige Erkennung von Trends in den Produktionsprozessen erlauben. So lässt sich beispielsweise die zunehmende Abnutzung eines Werkzeugs anhand steigender Fehlerzahlen oder an der fortschreitenden Verschlechterung der Qualitätsmerkmale der gefertigten Produkte schlussfolgern.

Schneller und flexibler

„Industrielle Bildverarbeitungssysteme haben inzwischen eine Leistungsfähigkeit erreicht, die ihren Einsatz in nahezu allen produzierenden Branchen und in einer Vielzahl von Aufgabenstellungen zur optischen Qualitätskontrolle technisch sinnvoll macht“, sagt Peter Stiefenhöfer, Leiter Marketing und Öffentlichkeitsarbeit bei Stemmer Imaging. Zudem habe sich die Wirtschaftlichkeit solcher Systeme in den vergangenen Jahren erheblich verbessert, so-



Bild: Basler

In der Vergangenheit wurde die Produktqualität von kornorientiertem Elektrostahl mit dem menschlichen Auge beurteilt. Da diese Methode jedoch viele Nachteile birgt, entschied sich die tschechische Firma Argutec, ein Oberflächenscansystem zur Qualitätskontrolle einzusetzen – die Basler-ace-Kameras sind nun die Augen des Systems.



Bild: Stemmer Imaging

Xactools-Geschäftsführer Thomas Erb (links) und Jörg Schmitz von Stemmer Imaging besprechen zwei Stationen des Gesamtsystems.

dass die Amortisationszeit häufig nur noch im Bereich weniger Monate liege. Neben den reinen Kosteneinsparungen sorgen Bildverarbeitungssysteme darüber hinaus für ein gleichbleibend hohes Niveau der Qualitätsprüfung, und das ermüdungsfrei 24 Stunden am Tag, sieben Tage die Woche. „Als Kamerahersteller sind wir zuvorderst an der Entwicklung der Kamera oder der Generierung der Bilder beteiligt“, erläutert Alexander Lucke aus dem Marketing von SVS-Vistek. „Wir können uns nicht über die gesteigerte Präzision des Teile-Handlings oder schnellere Algorithmen äußern. Wir versuchen lediglich, mit guten Bildern und tiefem Wissen über



Bild: Optris

Mit der Infrarotkamera PI Light Weight von Optris ist es möglich, Wärmebildaufnahmen aus der Luft zu machen. Dies rettet zum Beispiel Rehe vor Landmaschinen.

Optik und Beleuchtung, die Anforderung an CPU und GPU so gering wie möglich zu halten. Deshalb optimieren wir das Zusammenspiel von Sensor, kamerainterner Verarbeitung der Bitströme und deren Übertragung. Bei den Sensoren war von Beginn an eine stete Steigerung der Pixelanzahl zu beobachten. Diese Steigerung wird sich fortsetzen, wie der kommende 47 MP CCD von ON Semi im Mittelformat zeigt.“ Mit ihr einhergehend, ergibt sich oft eine immer extremere Verkleinerung der Pixel. Allerdings setzt hier die Physik die Grenzen. Bereits bei Pixelgrößen unterhalb von vier Mikrometern ergeben sich Beugungserscheinungen an den optischen

So funktioniert Bildverarbeitung

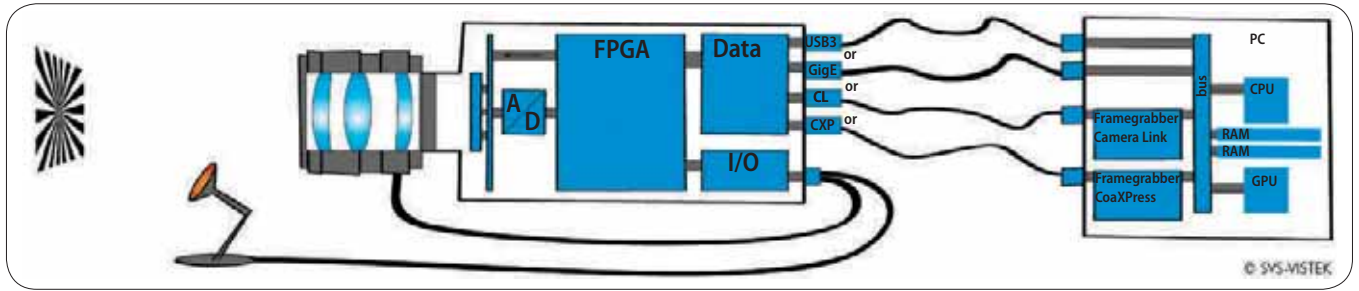


Bild: SYS-VISTEK

Schematischer Aufbau eines Bildverarbeitungssystems.

Linse, die den Gewinn an Auflösung deutlich schmälern. „Spätestens ab diesem Zeitpunkt wird wieder ein steigendes Maß an Wissen und Sorgfalt wichtig. Denn nur weil das Objektiv mechanisch zur Kamera passt, heißt das noch lange nicht, dass es auch die erforderliche optische Leistung bringt“, so Lucke.

„Generell sehen wir einen Trend zu mehr Flexibilität, bei dem die Steuerung von Fokus, Zoom und Blende über den Rechner weiter zunehmen“, berichtet Alexander Lucke. Aufgabe des Kameraherstellers sei es, dafür zu sorgen, dass sich seine Kameras problemlos austauschen lassen, so Lucke weiter.

Äußerlich schlägt sich dies in uniformen Maßen über ein breites Spektrum von Sensoren nieder. Auch müssen die vorverarbeitenden Systeme wie zum Beispiel FPGA und deren Ansprechverhalten zu den Rechnern untereinander konform sein.

haben ihre Berechtigung am Markt, und ein individueller Blick auf die Anforderungen und Gegebenheiten des Anwenders sei hier zielführender, als das blinde Nachlaufen von Trends.

„So raten wir Kunden durchaus zu Interfaces, die schon über Jahre hinweg gute Dienste geleistet hatten, die bereits in den Anlagen implementiert und mit denen die Bediener vertraut sind. Wir bauen aktuell für unsere Kunden vorhandene Standards wie GigE-Vision oder Camera Link Full weiter aus und widmen uns zukunfts-trächtigen Standards, die eng an bewährte und leistungsstarke Übertragungsstandards im Broadcast-Bereich angelehnt sind wie CoaXPress. Für schnelle Implementationen auf kleinem Raum verfolgen wir daneben das USB3-Interface“, so Lucke weiter.

Bislang haben sich vor allem in Europa die Standards GigE Vision und USB3 Vision für die Kommunikation zwischen Kamera und Software durchgesetzt; in Asien hält Camera Link weiter einen sehr hohen Anteil. Dies führte zu einer schnellen Adaptierung von neuen Interfaces, aber es fehlen noch immer einheitliche Hardwarestandards, die die Integrationskosten für neue Systeme und das Entwickeln von integrierten Systemen reduzieren.

„Die Standardisierung von Komponenten für BV-Systeme wird gerade eingeführt. Ein ganz wichtiger Schritt ist dazu die EMVA 1288, die eine einheitliche Beschreibung der Eigenschaften von Kameras ermöglicht“, so Prof. Dr. Michael Heizmann, Leiter des VDI/VDE-GMA-Fachauschusses 3.51 Bildverarbeitung in der Mess- und Automatisierungstechnik, der die Richtlini-enreihe VDI/VDE 2632 Industrielle Bildverarbeitung erstellt. Diese Richtlinie soll die Planung von BV-Systemen erleichtern und sowohl Anbieter als auch Anwender von BV-Systemen in entsprechenden Projekten frühzeitig zusammenzubringen.

„Die Rückmeldungen auf die bisher erschienenen Blätter 1 „Grundlagen und Begriffe“ sowie 2 „Leitfaden für die Erstellung eines Lastenhefts und eines Pflichtenhefts“ zeigen, dass ein Bedarf besteht, die Anbieter und Anwender bei der Projektierung von BV-Systemen hinsichtlich der Anforderungen an und der Leistungskennzahlen von BV-Systemen durch Definition von eindeutigen und relevanten Aspekten zu unterstützen“, berichtet Heizmann. Weitere geplante Blätter sollen sich u.a. mit der An-/Abnahme von BV-Systemen beschäftigen.

Neue Technologien vermeiden Fehler

Insbesondere in der Prüftechnik und der Qualitätskontrolle von Präzisionsprodukten werden optische Sensoren eingesetzt. Dabei nutzt die industrielle Bildverarbeitung häufig 3D-Sensoren, die

Zahlreiche Automatisierungs- und Bildverarbeitungssysteme prüfen metallisch glänzende Teile für Einspritzpumpen in der Automobilindustrie. In der Automobilindustrie gibt es heute kaum noch ein Bauteil, das nicht vor dem Einbau von einem Bildverarbeitungssystem geprüft wurde. Automobilbauer und deren Zulieferer zählen aus diesem Grund zu den wichtigsten Anwendern von Bildverarbeitung.



Bild: Stemmer-Imaging

„Bei der Datenvorverarbeitung und der Intelligenz der Systeme sehen wir einen deutlichen Trend zu immer kleineren dezentralen Rechereinheiten, die näher an die eigentliche Bildaufnahme und damit die Kamera rücken. Im Gegensatz zu klassischen Smart-Kameras haben hier die Kunden den Vorteil, dass die Hardware flexibel bleibt und sie ihre eigene Software implementieren können“, meint René von Fintel, Head of Product Management bei Basler. Mit Kleinst- oder Embedded-PCs können die Bilder vorverarbeitet und analysiert werden, was die Netzlast reduziert und auch die Gesamtkosten erheblich senkt. „Insgesamt ergeben sich bei sinkenden Kosten aller Komponenten immer mehr Anwendungen, an die man früher nie gedacht hätte“, so von Fintel.

„Generell ist es für einen Hersteller von Kameras von Vorteil, ein breites Spektrum von Interfaces zu unterstützen, um eine einfache und reibungslose Skalierung der Applikationen gewährleisten zu können“, betont Alexander Lucke. Denn: Alle Schnittstellen



Bild: Optris

„Wärmebildkameras werden durch technische Entwicklungen und höhere Stückzahlen immer kostengünstiger.“

Torsten Czech,
Produktmarketing, Optris



Bild: SVS-Vistek

„Kamerahersteller müssen ein breites Spektrum von Interfaces unterstützen, um eine einfache und reibungslose Skalierung der Applikationen gewährleisten zu können.“

Alexander Lucke,
Marketing, SVS-Vistek

nach dem Funktionsprinzip des so genannten Lichtlaufzeitverfahrens agieren. 3D-Kameras sind heute in verschiedenen Ausführungen und Größen im Einsatz. Damit erkennen sie unterschiedlichste Qualitätsmerkmale wie Farbe, Form, Oberflächenbeschaffenheit, Schwingungsverhalten und können Schweiß- und Klebeverbindungen überprüfen. Ausgefeilte, dezidierte Algorithmen zur Analyse von 3D-Punktewolken sowie intelligente Kameras ermöglichen inzwischen eine einfache 3D-Verarbeitung direkt im Gerät und sorgen für die benötigte Genauigkeit und Geschwindigkeit sowie zunehmenden Bedienkomfort.

Die mehrdimensionale Bildverarbeitung hat sich in den letzten drei bis fünf Jahren extrem weiterentwickelt und zählt damit zu den leistungsfähigsten Instrumenten in der automatisierten Qualitätssicherung. So liefert beispielsweise Stemmer Imaging mit dem Bildverarbeitungssystem Trevista ein komplettes System mit Objektiv, Kamera, Software und PC. Es arbeitet mit dem patentierten Shape-from-Shading-Verfahren, das auf Basis der Helligkeitsverteilung und Oberflächenschattierung die dreidimensionale Form eines Objekts ermittelt. Zentrale Komponente des Systems ist eine speziell entwickelte LED-Dombeleuchtung mit einem kuppelförmigen Streukörper, der aus vier verschiedenen Richtungen nacheinander strukturiert für je ein Kamerabild ausgeleuchtet wird.

Zwei richtungsabhängige Neigungsbilder visualisieren die Oberflächenneigung. Mit ihnen kann man Fehler mit einer bestimmten Vorzugsrichtung lokalisieren. Zusätzlich gibt das Krümmungsbild die Oberflächentopografie richtungsunabhängig wieder, sodass sich daraus präzise Informationen über Lage und Größe eines Bauteildefekts ableiten lassen. Und das vierte Ergebnisbild besteht aus einer reinen Texturansicht, die in etwa einer glanzfreien 2D-Aufnahme entspricht und zur Detektion von reinen Oberflächenverfärbungen genutzt werden kann. „Bei der bisherigen konventionellen optischen Prüfung hatten wir bei einer Ventilprüfeinrichtung eine Falschfehlerrate von zehn Prozent“, sagt Stiefenhöfer. „Die gerade beschriebene Prüfpraxis zeigt, dass sich dieser Anteil mit dem Trevista-Verfahren auf unter zwei Prozent minimieren lässt.“ Genau dies ist auch die Richtung der modernen Qualitätssicherung: Weg vom vorherrschenden Paradigma der Null-Fehler-Toleranz, bei der möglichst viele und kleinste Defekte zu detektieren sind. Ziel führend ist vielmehr, kritische von unkritischen Fehlern zu unterscheiden und tat-

sächlich funktionsrelevante Anomalien sicher erfassen zu können. „Bildverarbeitung ist wie keine andere Technologie in der Lage, bestimmte Fehlertypen in der Produktion zu klassifizieren. Diese Fähigkeit ist eine wichtige Voraussetzung für den Aufbau automatischer Nachbearbeitungsstationen, die eine flexible Fertigung im Sinne von Industrie 4.0 erst ermöglichen“, schildert Stiefenhöfer. Dazu braucht man allerdings eine optimierte Vernetzung der Bildverarbeitung mit den Produktionsanlagen und eine geeignete Datenbankanbindung.

Integration ist das A und O

„Gerade beim Integrationsaufwand muss sich noch einiges in der Industrie tun“, unterstreicht auch René von Fintel. So werden immer mehr Produkte gebraucht, die gut miteinander harmonieren, bei denen standardisierte Komponenten zum Einsatz kommen, und die Gesamtkosten aus Kundensicht minimiert werden. Darunter fällt auch die verstärkte Nachfrage nach eingebetteten Komponenten, nach der Erzeugung von 3D-Informationen oder nach dezentraler Informationsverarbeitung mit ARM-basierten Kleinstrechnern. „Gebraucht werden momentan vor allem Ansätze, um den Aufwand bei der Konzeption, beim Einrichten und bei der Inbetriebnahme von Bildverarbeitungssystemen zu reduzieren“, betont Stefan Werling, Leiter Bildgestützte Messtechnik am Fraunhofer-Institut für Optronik. „Hier sind noch zu viel manuelle Tätigkeiten erforderlich. Und dieser Aufwand entsteht in ähnlicher Höhe nochmals, wenn auf der gleichen Anlage geänderte Produkte gefertigt werden sollen.“

Es wäre eine große Hilfe, wenn sich dieser Aufwand durch automatische Verfahren zum Einrichten des BV-Systems wie dem Finden der optimalen Beleuchtungskonstellation und der optimalen Verfahrensparameter in der Bildverarbeitung reduzieren ließe, so Werling. „Entscheidend für automatisierte Inspektions- oder Identifikationssysteme mittels Kameras ist die gesamtheitliche Betrachtung“, äußert auch Benjamin Jobst, Teamleiter Mess- und Prüftechnik beim Systemintegrator Heitec. „Dabei sind die mechanischen, elektrischen und optischen Komponenten bestmöglich aufeinander abzustimmen, um die größtmögliche Effizienz aus Taktzeit und Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Einen Ansatz zur Reduzierung des Integrationsaufwandes bilden Kameras mit autofo-



Bild: Basler

„Insgesamt ergeben sich bei sinkenden Kosten aller Komponenten immer mehr Anwendungen, an die man früher nie gedacht hätte...“

René von Fintel,
Head of Product Management, Basler

Bild: Micro-Epsilon



„Durch echtzeitfähige Schnittstellen wie den Ethercat-Feldbus wird sich die Lasertriangulation in der Automatisierungstechnik weiter durchsetzen.“

Erich Winkler,
Produktmanager, Micro-Epsilon

Bild: Stemmer-Imaging



„Bildverarbeitung ist wie keine andere Technologie in der Lage, bestimmte Fehlertypen in der Produktion zu klassifizieren.“

Peter Siefenhöfer,
Marketing, Stemmer-Imaging

kusierbaren Objektiven und automatischer Beleuchtungsregulierung in einer dezentralen Recheneinheit. Besonders wichtig ist ein stabiles Beleuchtungsszenario“, so Jobst weiter. Die Automobilindustrie spielte bisher eine Vorreiterrolle bei der Einführung von Messmethoden in den Fertigungsprozess. Insbesondere ist hier die Implementierung von Qualitätsregelkreisen zu nennen.

Es gab und gibt aber noch viele Bildverarbeitungslösungen am Markt, die nur ein In-Ordnung oder Nicht-in-Ordnung der überprüften Bauteile als Qualitätsergebnis anbieten. Dabei werden letztlich nur die Bauteile hinsichtlich ihrer Spezifikation überprüft, eine Rückführung zur Prozessregelung und Prozessführung unterbleibt. Die Einbindung der industriellen Bildverarbeitung bietet noch Entwicklungspotenzial. Für die automatische Qualitätsüberwachung mit industrieller Bildverarbeitung sprechen neben wirtschaftlichen Überlegungen die Objektivität der Messergebnisse und die Repro-

duzierbarkeit und Verfügbarkeit im Vergleich zur manuellen Prüfung. Dies gilt für Anwesenheitskontrollen, Kontur-, Volumen- und Entfernungsmessungen genauso wie für Positions- und Mengenerfassungen, Identifikationsaufgaben oder Höhen- und Überstandskontrollen. Grundsätzlich sollten die Prüfbedingungen standardisiert und die Prüfmerkmale eindeutig beschreibbar sein, damit ein Bildverarbeitungssystem in eine industrielle Fertigung integriert werden kann. Wenn dann in der Auswertesoftware Warngrenzen für die Prüfkriterien eingeführt werden, können schleichende Veränderungen im Produktionsprozess frühzeitig erkannt werden. Verknüpft man Ergebnisse der Bildverarbeitung mit anderen Messgrößen, so erhält man eine neue Dokumentation über qualitätsrelevante Merkmale und kann Langzeitanalysen generieren. bf ■

Autor

Roland Hensel, freier Autor für *ke NEXT*