Bildverarbeitung in der Praxis

Autor(en): **Santner, Guido**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **98 (2007)**

Heft 13

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-857455

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bildverarbeitung in der Praxis

Visionsysteme ersetzen Sensoren und übernehmen die Schlusskontrolle

Die Bildverarbeitung erlebt einen Boom. Waren es vor ein paar Jahren nur die Spezialisten, setzt heute fast jeder die Bildverarbeitung in seinem Automatisierungssystem ein. Die Kameras ersetzen Sensoren oder Mitarbeiter, die bisher für die visuelle Schlusskontrolle zuständig waren. Je nach Anforderung setzen die Systemintegratoren einfache Bildsensoren ein oder PC-basierte Systeme mit rechenintensiven Funktionen und vollständiger Dokumentation. Die zur Verfügung stehende Rechenleistung steigt, und die Algorithmen werden laufend verbessert. Dies eröffnet neue Möglichkeiten. Fünf Beispiele aus der Praxis.

Die Bildverarbeitung ersetzt einerseits die typische Endkontrolle durch einen Menschen, andererseits kleine Sensoren in Automationssystemen, wie induktive Näherungsschalter, die mitteilen, ob ein Gegenstand da ist oder nicht. Kleine Kamerasysteme sind mittlerweile nicht mehr viel grösser als ein normaler Sensor und haben

Guido Santner

den Vorteil, dass sie zusätzlich die Lage und einzelne Merkmale der Oberfläche kontrollieren können. Im Gegensatz zu den Systemen mit einer PC-basierten Auswertung geben sie nur ein Gut/Schlecht-Signal aus – ähnlich wie ein Näherungsschalter.

Teile am laufenden Band

Typisches Beispiel ist ein Projekt von Baumer Electric: Ein Bildsensor detektiert Anwesenheit und Lage von Metallteilen (Bild 1). Diese laufen auf einem Förderband zu einem Roboter, der die Teile greifen muss. Erschwerend kommt hinzu, dass das Band für die Detektion nicht angehalten werden kann und der Sensor auch erkennen muss, wenn ein Teil fehlt. Baumer setzt sein Produkt Verisens ein, einen Bildsensor mit integrierter Beleuchtung und Auswerteelektronik. Angeschlossen über einen M12-Stecker, schickt er der Steuerung die Lageinformationen (über digitale I/O).

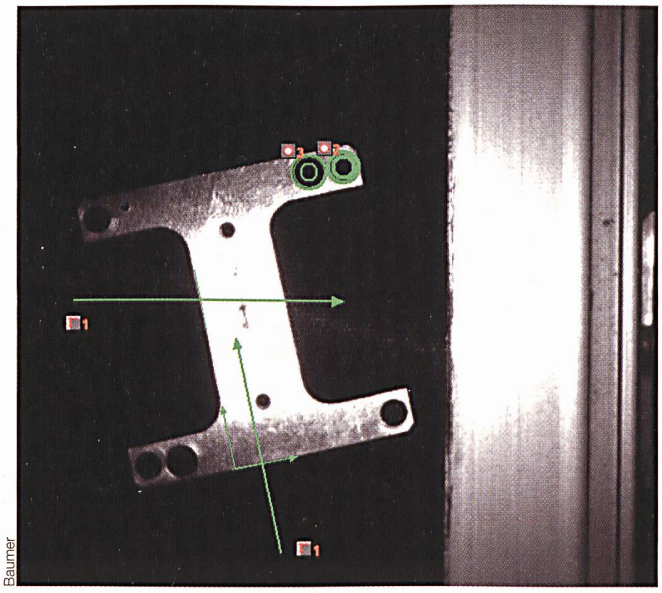
Der Bildsensor erkennt einerseits, wo und in welchem Winkel das Teil auf dem Förderband liegt, andererseits auch die Lage, also auf welcher Seite wie viele Löcher sind. In Betrieb genommen wird der Sensor über die USB-Schnittstelle, danach wird der PC abgehängt, und der Sensor läuft autonom. Nachdem also einmal die Kamerabilder der Metallteile übertragen wurden und Bildschärfe und Helligkeit eingestellt sind, läuft der Sensor für sich alleine. Die Konfiguration ist so einfach, dass es der zuständige Betriebsunterhalt machen kann – beispielsweise für eine neue Serie Metallteile.

Kamera überwacht Kleben

Dass Bildsensoren mehr können, als nur die Lage eines Teils zu erkennen, zeigt ein Projekt der Firma Bachofen. Auf eine Batterieklemme aus Kupfer wird ein Silberplättchen geklebt (Bild 2). Der Bildsensor überwacht die vier Arbeitsschritte: Zuerst wiederum die Lage der Klemme – ob die Position stimmt. Dann schaut der Sensor, ob die Anzahl Klebepunkte und die Menge des Klebers passen. Darauf wird das Silberplättchen auf die Klebepunkte gedrückt und wiederum mit einem Kleber gesichert – überwacht durch den Bildsensor.

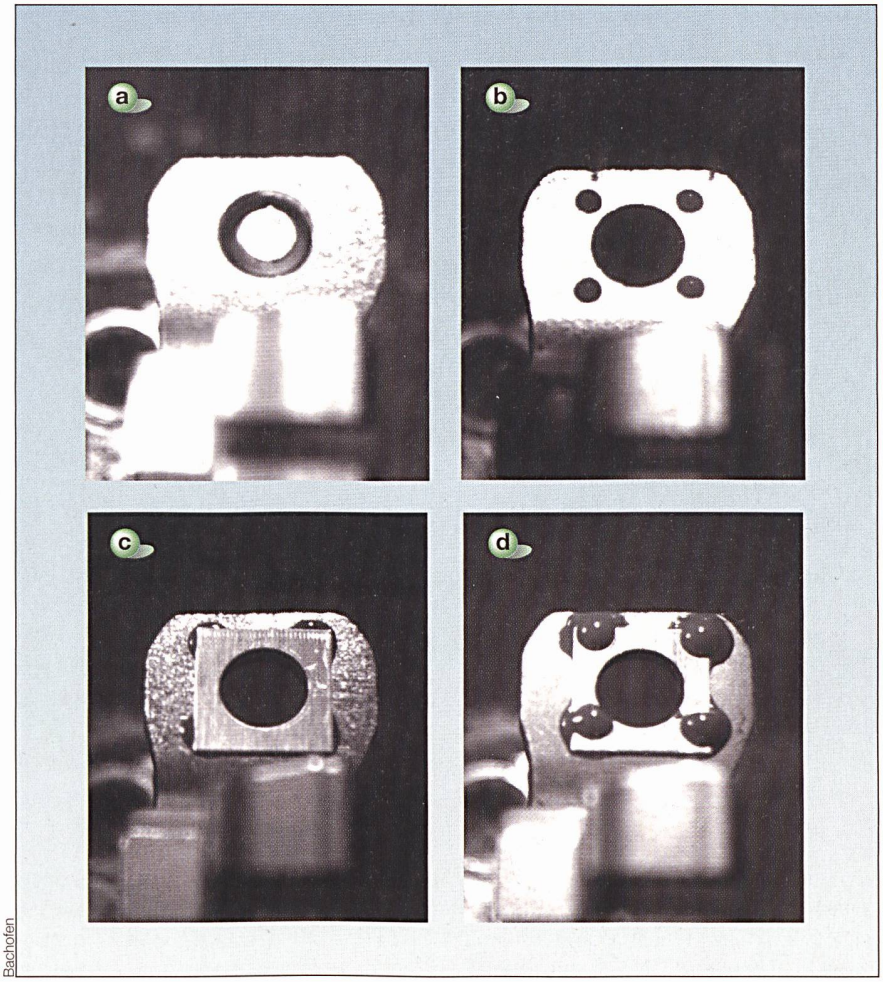
Während des Ablaufs muss die Kamera der Steuerung jederzeit mitteilen können, welches der vier Prüfprogramme sie eingestellt hat, was das Resultat des vorherigen Tests war und ob die Kamera für den nächsten Test bereit ist. Dies waren Anforderungen des Kunden.

Bachofen löste die Aufgabe mit dem Bildsensor Presenceplus Pro von Banner Engineering, mit einem 16-mm-Objektiv mit Fokusarretierung und weissen LEDs als Spotbeleuchtung. Über digitale Eingänge steuert die SPS das Kamerasystem, also den Wechsel von einer Inspektion zur nächsten sowie den Trigger für den eigentlichen Test. Über einen digitalen Ausgang meldet die Kamera der SPS, ob das Bauteil den Test bestanden hat. Zusätzlich kann die SPS über eine Ethernetschnittstelle am Bildsensor – wie gefordert – das Prüfprogramm, das letzte Resultat und den Kamerastatus auslesen. Wobei Bachofen hier



Baumer

Bild 1 Metallteile werden auf dem Förderband lokalisiert. Anhand der Bohrungen erkennt der Sensor die Lage – auf welcher Seite wie viele Löcher sind.



Bachofen

Bild 2 Silberplättchen auf Batterieklemme kleben.
Auf die Batterieklemme (2a) kommen vier Klebepunkte (2b), auf die das Silberplättchen (2c) gedrückt und mit weiteren Klebepunkten (2d) fixiert wird.

keine eigene Ethernetschnittstelle programmieren musste, der Sensor versteht das Modbus/TCP-Protokoll.

PC und Kamera ersetzen Auge

Sobald das Bildverarbeitungssystem die eigentliche Schlusskontrolle ersetzen soll, die bisher ein Mensch gemacht hat, reicht ein kleiner Bildsensor nicht mehr. Einerseits braucht es die Rechenleistung eines Computers, um die verschiedenen Tests schnell genug durchzuführen, andererseits verlangt die Auto- oder Pharmaindustrie eine Dokumentation der Qualitätskontrolle – was entsprechend Speicherplatz bedingt.

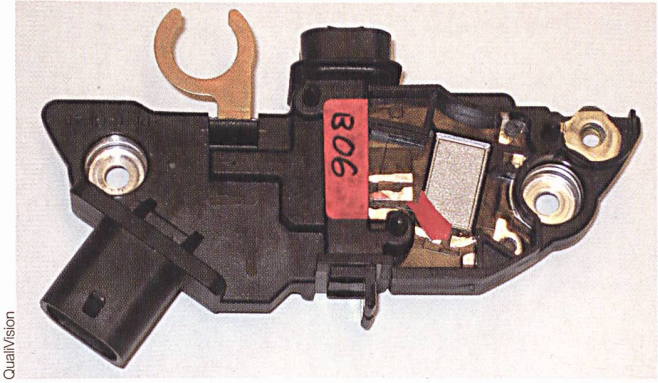
Der Automobilzulieferer Mühlemann AG produziert Kunststoff/Metall-Verbundteile für die Stromerzeugung. Die Teile werden am Ende der automatisierten Produktion auf verschiedenen Seiten an 15 Positionen inspiziert: auf Spritzfehler, ob einzelne Stellen nicht ausgespritzt, überspritzt oder verbrannt wurden; zusätzlich werden die Grate vermessen und die Kontaktflächen auf Verschmutzungen oder Verletzungen kontrolliert. Ebenso sollen mit der Bildverarbeitung Schmutz oder Beschädigungen auf den inhomogenen, winkelvariablen Bondflächen gefunden und Eindrücke oder eingebrannte Fettrückstände auf den rauen Metalloberflächen (Bild 3) erkannt werden.

Um alle Seiten zu kontrollieren, hebt ein Dreiachsroboter den Prüfling vom Rundtakttisch und fährt diesen an unterschiedliche Positionen. Ähnlich, wie der Mensch das Prüfteil kippt und dreht, wird das Licht über die Optik von verschiedenen Seiten an den Prüfling gelenkt. Telezentrische Objektive, Prismenoptiken und eine spezielle LED-Beleuchtung unterstützen die Kamera. Aufgrund von insgesamt 17 Bildaufnahmen entscheidet die Software, ob das Teil die Prüfung bestanden hat (Bild 4). Nach 4 Sekunden liegt es wieder auf dem Rundtakttisch.

Für diese Aufgabe wurde das PC-basierte Bildverarbeitungssystem von QualiVision eingesetzt. Die CCD-Matrixkameras mit Auflösungen von 1392 × 1040 und 780 × 582 Pixeln stammen von Baumer. Über eine PCI-Interfacekarte kommunizieren sie mit dem Computer und können von diesem sowohl synchron als auch asynchron angesteuert werden. Wobei die Bilddaten bei der geringsten CPU-Last übertragen werden, damit die Bildauswertesoftware Qualireader bei Bedarf die volle Leistung für sich hat.

Eine Herausforderung war die Beleuchtung der Prüflinge. QualiVision installierte LED-Blitzleuchten, die über das iX-Kamerasystem auf die Mikrosekunde genau angesteuert werden. So nimmt die Kamera auch bewegte Objekte mit einer reproduzierbaren Helligkeit auf. Sowohl die Bildauflösung der Kamera als auch die Beleuchtungsart und -dauer werden von Bild zu Bild «im Flug» umgeschaltet. Nur so konnten die geforderten Taktgeschwindigkeiten realisiert werden.

Unmittelbar nach der Installation des Visionsystems wurden die Teile noch zusätzlich von Auge kontrolliert, um die Prüfparameter zu optimieren. Mittlerweile läuft das Bildverarbeitungssystem autonom auf drei Anlagen und hat schon Millionen Teile ohne Beanstandungen geprüft. Da diese bisher von qualifizierten Mitarbeitern im mehrschichtigen Betrieb kontrolliert werden mussten, hat sich das System in kurzer Zeit amortisiert. Zusätzlich ist die Prüfung sauber dokumentiert, falls ein Kunde nachfragen sollte. Über die automatische Schrifterkennung (OCR) protokolliert das System

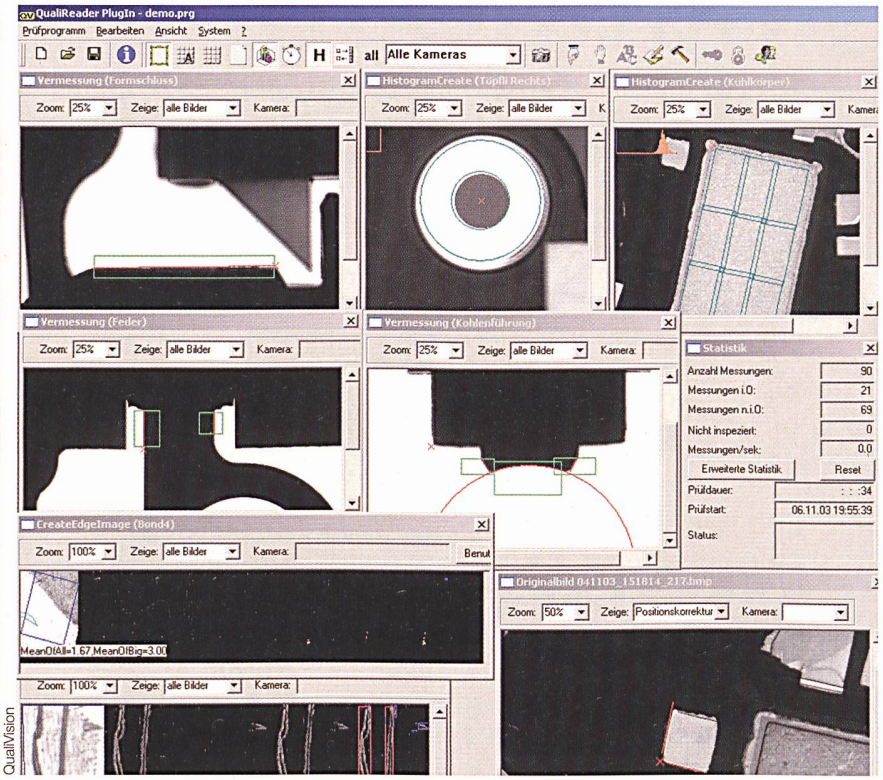


QualiVision

Bild 3 Kunststoff/ Metall-Verbundteile für die Schlusskontrolle.

Marktübersicht Bildverarbeitung
Altrona Vision AG
AOS Technologies AG
Bachofen AG
Baumer AG
CL Electronics GmbH
Cognex
Compar AG
Divisoft SA
Egli Fischer + Co. AG
Fabrimex Systems AG
Fujifilm (Switzerland) AG
Hamamatsu Photonics
iTECH Engineering AG
Leuze Electronic AG
National Instruments
Omron Electronics AG
Panasonic Electric Works Schweiz AG
Qualimatest SA
QualiVision AG
Quarz AG
Sick AG
Siemens Schweiz AG
Sontec AG
Stemmer Imaging Schweiz AG
Videal AG
Wenglor Sensoric AG

Aktuelle Technik



QualiVision

Bild 4 Prüfbildschirm.

die Teil- und Formnestnummern der fehlerhaften Prüflinge. Damit können in der Produktion auch gezielt Mängel eliminiert werden.

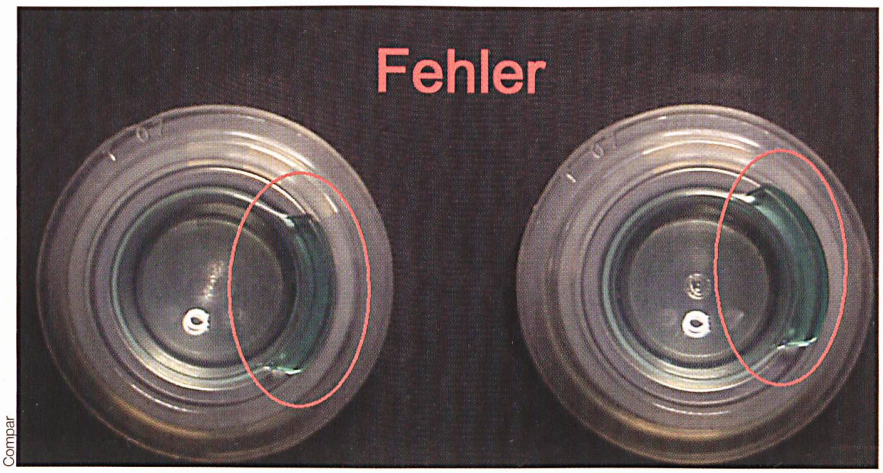
Jede Linse da?

Eine ähnliche Anwendung ist die Kontrolle von Kontaktlinsen. Speziell ist bei Linsen, dass die Anlage nach GAMP validiert werden muss, dem Standard der Pharmaindustrie. Dies stellt nicht nur hohe Anforderungen an das Visionsystem und die Softwareentwicklung, sondern auch an das Projektmanagement. Hinzu kommt, dass die Linsen von Natur aus durchsichtig sind und daher nicht einfach zu detektieren.

Die Firma Compar installierte bei ihrem Kunden das PC-basierte System Visonexpert. Je nach Aufgabe werden pro Rechner eine oder mehrere Farbkameras oder Schwarz-Weiss-Kameras eingesetzt. Die Pixelzahl der Kameras liegt zwischen 640 × 480 und 1280 × 960 Pixeln. Für die Beleuchtung werden Durchlicht, diffuses Auflicht, koaxiales Auflicht, Spitzlichter oder Kombinationen davon eingesetzt.

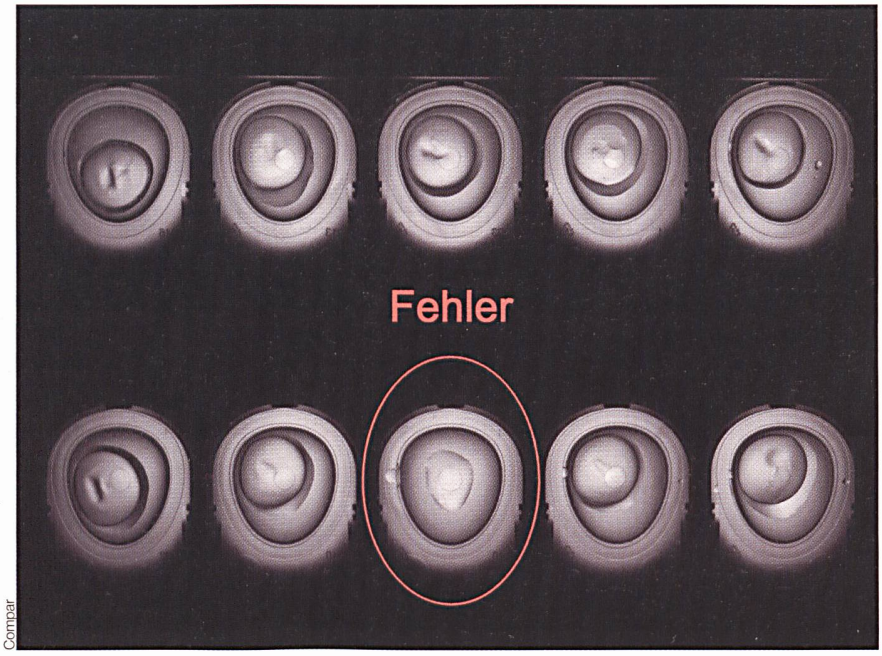
Die Kommunikation mit der SPS wie Triggersignal und Gut/Schlecht-Entscheide gehen über eine Parallelschnittstelle mit 24-V-Optokopplern. Die Sollvorgaben für die Beschriftung werden als ASCII-String, je nach Station über RS232 oder Ethernet, von der SPS an das Visionsystem übertragen.

Das Bildverarbeitungssystem kontrolliert die Linsen nach dem Kunststoffspritzen auf «Flash Rings» und stellt sicher, dass in der Verarbeitung pro Nest eine Linse drin ist – und zwar genau eine, auch nicht zwei oder mehr (Bilder 5 und 6). Die Flash Rings werden aufgrund ihrer Farbe erkannt. Compar verwendet dazu einen Klassifikator im dreidimensionalen Farbraum L*a*b*. Dabei ist der Farbunterschied zwischen Kunststoff und Hintergrund entscheidend, und nicht eine fix eingelernte Farbe. Dies bringt Vorteile bei leicht variierendem Hintergrundmaterial. Als Kamera wird hier eine Sony DFW-SX910 mit 1280 × 960 Pixeln verwendet. Nach der Verarbeitung kontrolliert das System die Versiegelung und Beschriftung der fertigen Blisters. Hier wird ein diffuses LED-Auflicht (Blitz) kombiniert mit einem Durchlicht. Das Auflicht wird für die Kontrolle des Aufdrucks und die Codelesung verwendet und das Durchlicht für die Kontrolle der Folienposition. Bei perfekter Folienposition ist das Backlight durch die Folie



Compar

Bild 5 Flash Rings beim Kunststoffspritzen.



Compar

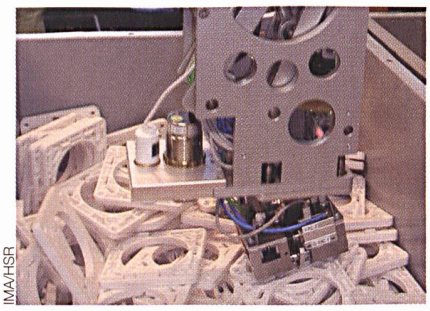
Bild 6 Anwesenheitskontrolle der Linsen.
Nasse Linsen müssen von Wassertropfen unterschieden werden.

verdeckt, andernfalls leuchtet der Rand hell auf.

Die Resultate der Inspektionen werden von den Visionsystemen an die SPS kommuniziert. Als Vorgaben zur Inspektion kommuniziert die SPS ihrerseits Daten wie Stärke der Linsen (Dioptrien) oder LOT-Informationen vorgängig an die Visionsysteme.

Vorteil der PC-basierten Bildverarbeitung ist, dass das System diverse Funktionen der Bildverarbeitung einsetzen kann. Für dieses Projekt nutzt Compar die Farbanalyse, Objekterkennung, Dimensionsmessungen (2-D), Druckbildinspektion, Lesung und Qualitätsbeurteilung des 2-D-Datamatrix- und Barcodes, Schrifterkennung (OCR) und -verifikation (OCV). Die flexible Ausmaskierung spezieller Bildbereiche und die automatische Lagekorrektur schaffen die Voraussetzungen für robuste Prüfergebnisse.

Die Messwerte jeder Prüfung werden in einer Statistik festgehalten. So kann der Betreiber die Produktion überwachen und Fehler lokalisieren. Er kann zudem wählen, ob er Bilder (zum Beispiel alle Schlechtbilder) speichern will. Diese Aufzeichnungen dienen einerseits der Rückverfolgbarkeit und anderseits der Optimierung der Gut/Schlecht-Entscheidungen. Falls auf einer der Stationen ein Mangel festgestellt wird, wird das fehlerhafte Produkt ausgeschleust. Bei zu häufigem Auftreten von Fehlern wird ein einzelner Prozess oder die ganze Produktionslinie angehalten.



IMA/HSR

Bild 7 Der Roboter greift Teile, die lose in der Kiste liegen.

Dreidimensional erkennen und greifen

Die neusten Entwicklungen der industriellen Bildverarbeitung gehen in die dritte Dimension: Objekte werden dreidimensional erfasst, und die Software berechnet ihre Form, egal, wie sie bei der Aufnahme im Raum liegen. Ein System, das das Institut für Mechatronik und Automatisierungstechnik der Hochschule für Technik in Rapperswil zusammen mit der Feller AG in Horgen entwickelte, ist ein Handlingsystem, das verschiedene Teile direkt aus einer Kiste greift und geordnet ablegt. Wobei die Teile ungeordnet als Schüttgut in der Kiste liegen (Bild 7).

Der Greifer besteht aus einer Matrix beweglicher Stifte. Diese passen sich automatisch der Kontur des zu greifenden Objekts an. Gleichzeitig stellt sich der Greifer auf die Schräglage des Teils ein. So kann das System verschiedenste Objekte greifen, ohne dass es den Greifer wechseln müsste.

Damit der Roboter die Objekte greifen kann, muss ihm ein Bildverarbeitungssystem die genaue Lage mitteilen. Dieses muss ausserdem erkennen, ob sich die Teile überlappen oder gegenseitig berühren. Zum Einsatz kommt ein Bildverarbeitungssystem von Fabrimex, bestehend aus einer CCD-Kamera, um das zweidimensionale Bild der Teile in der Kiste aufzunehmen, sowie einem Abstandssensor und einem Computer, um die Bilder auszuwerten. Streng genommen handelt es sich also um ein 2-D-Bildverarbeitungssystem, das eine 3-dimensionale Aufgabe löst. Grundsätzlich standen drei Verfahren zur Lokalisierung der Objekte zur Diskussion:

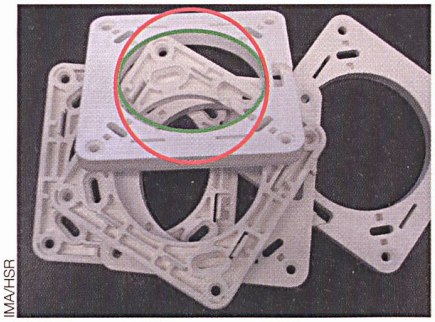
- Segmentationsverfahren durch Binarisierung
- NGC (Normalized Grayscale Correlation)
- Kantenbasierte Suchverfahren, geometrisches Matching

Eine Segmentation via Binarisierung hat den Vorteil, dass es ein schnelles und einfaches Verfahren ist. Es eignet sich dann, wenn sich die zu suchenden Objekte nicht berühren und wenn der Kontrast zwischen Objekt und Hintergrund gut kontrollierbar und über die Zeit stabil ist.

NGC-Verfahren sind ebenfalls schnell und haben den Vorteil, dass homogene Kontraständerungen keinen oder nur einen geringen Einfluss auf das Ergebnis haben. Der Rechenaufwand steigt jedoch mit zunehmender Schrägstellung der Objekte stark an. Überlappung oder Berührung der Objekte führt je nach Form zu zusätzlichen Problemen.

Kantenbasierte oder geometrische Verfahren sind langsamer, jedoch sehr robust und mit heutigen Rechnern in vielen Fällen genügend schnell. Diese Verfahren extrahieren als Erstes die Kanten eines Bildes, die auch bei nicht homogenen Kontraständerungen weitgehend vorhanden bleiben. Die im Bild gefundenen Kanten werden dann mit denjenigen eines zuvor aufgenommen Modells verglichen (gematched). Ein gutes kantenbasiertes Suchverfahren muss deshalb über ein präzises Kantenfilter verfügen, weil das anschliessende Matching vollumfänglich darauf aufbaut.

Geometrische Verfahren sind im Allgemeinen unabhängig von Rotation und Grösse der Objekte. Bei einem guten geometrischen Matching-Algorithmus sollte die Rechenzeit unabhängig von der Verdrehung sein und nur wenig von der Grössenänderung abhängen. Der GMF (Geometric Model Finder) der Matrox Imaging Library, der im Projekt eingesetzt wird, stellt verschiedene Kantenfilter zur Verfügung und erfüllt die obigen Anforderungen. Er ist zudem unabhängig von Berührung oder teilweiser Überlappung/Verdeckung der Teile. Geometrien wie Kreis, Ellipse, Recht-



IMA/HSR

Bild 8 Das Bildverarbeitungssystem erkennt die Konturen auch bei schräg liegenden Teilen.

eck, Ring, Dreieck, Kreuz, Trapez oder Rhombus sind vordefiniert, weitere Geometrien können über CAD-Modelle eingelesen werden. Die Software kann ausserdem gleichzeitig nach verschiedenen Modellen suchen.

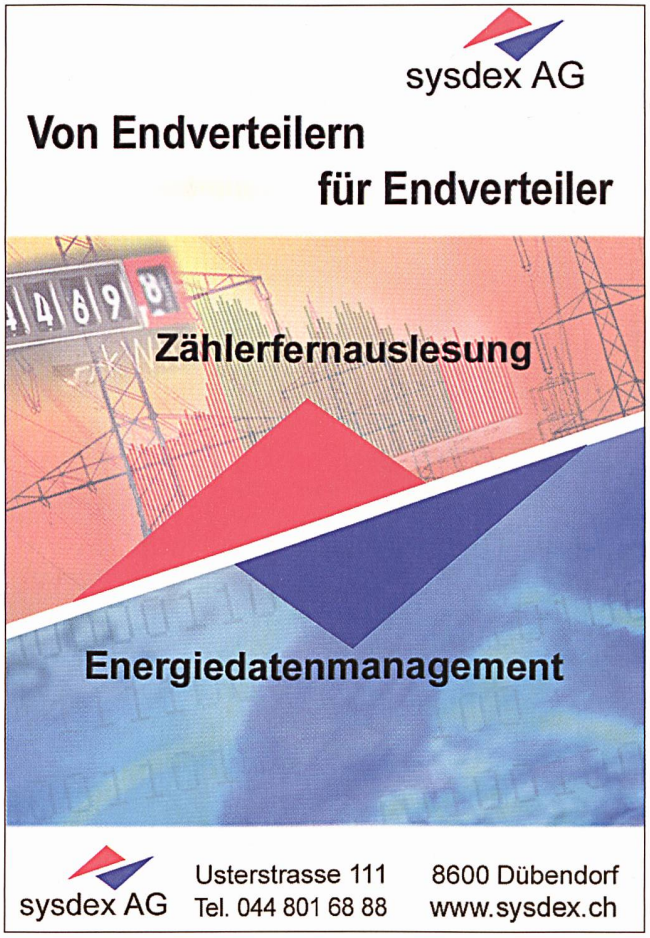
Bild 8 zeigt eine typische Szene von ungeordneten Objekten. Die Suche mit dem GMF liefert als Resultat mehrere gefundene Objekte, alle mit unterschiedlichem Score (Güte des Matching). Ein Score von 100% bedeutet die völlige Übereinstimmung der gefundenen Kanten des Objekts mit den Kanten des Modells. Neben dem Score stehen weitere Resultate wie Position, Winkel und Grösse zur Verfügung. Der Target Score ist ein Mass dafür, wie viele im Modell nicht vorhandene (definierte) Kanten an der gefundenen Position zusätzlich vorkommen. Je mehr zusätzliche Kanten an der gefundenen Position vorhanden sind, umso grösser wird der Target Score. Ein oben liegendes Objekt wird deshalb einen grossen Score, aber einen kleinen Target Score liefern. Ein verdecktes Objekt dagegen einen kleineren Score, dafür aber einen grösseren Target Score.

In Zukunft wird der Systemintegrator die dreidimensionalen Funktionen nicht mehr selber programmieren müssen. Sick bietet mit den Baureihen Ranger C und Ranger E ein Kamerasystem an, das die Objekte zusätzlich zum optischen Bild mit Lasertriangulation dreidimensional erfasst. Das Automatisierungssystem erhält so die räumlichen Daten der Objekte.

Angaben zum Autor

Guido Santner, dipl. El.-Ing. ETH, ist Redaktor des Bulletins SEV/VSE. Der Artikel entstand in Zusammenarbeit mit Prof. Heinz Domeisen (Institut für Mechatronik und Automatisierungstechnik, Hochschule für Technik Rapperswil), Thomas Graf (Fabrimex-Systems), Roman Sonderegger (Compar), Karl-Georg Burri (QualiVision), Erich Brauchli (Bachofen) und Roland Thum (Baumer).
Electrosuisse, 8320 Fehraltorf,
guido.santner@electrosuisse.ch

Résumé

La pratique du traitement d'images

Les visiosystèmes remplacent les capteurs et se chargent du contrôle final. Le traitement d'images connaît un essor considérable. Tandis qu'il y a quelques années, seuls des spécialistes employaient le traitement d'images dans leurs systèmes d'automatisation, actuellement presque tout le monde le fait. Les cameras remplacent les capteurs ou des collaborateurs jusque-là responsables du contrôle final visuel. Suivant les exigences, les intégrateurs de systèmes ont recours à des capteurs simples ou à des systèmes à base PC avec des fonctions à haute performance de calcul et documentation complète. La puissance de calcul disponible augmente et les algorithmes sont constamment améliorés. Cela ouvre de nouvelles possibilités. Cinq exemples tirés de la pratique.