

Band 4

Karl Walter Bonfig (Hrsg.)

Sensoren und Messdatenverarbeitung



b-Quadrat Verlag
Kolpingstraße 46 • 86916 Kaufering

Sensoren und Messdatenverarbeitung

Bonfig, Karl-Walter -

Kaufering: b-Quadrat Verlag, 2002

(messen, prüfen, automatisieren ; Bd. 4)

ISBN 3-933609-14-3

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Bei der Erstellung des Buches wurde mit größter Sorgfalt vorgegangen; trotzdem können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen. Es wird darauf hingewiesen, daß die inhaltliche Verantwortung der Beiträge bei den Autoren liegt.

© 2002 by b-Quadrat Buchverlag, D-57223 Kreuztal

Alle Rechte vorbehalten

Printed by Bonn + Fries GmbH & Co. KG in Siegen, Germany

ISBN 3-933609-14-3

12 Industrielle Prozesse mit Vision-Sensoren unterstützen

Dr.-Ing. Bernd Gems

Dipl.-Ing. Christoph Seewald

12.1 Die Herausforderung

Industrielle Prozesse unterliegen einer kontinuierlichen Verbesserung - insbesondere im Hinblick auf Taktraten, Zuverlässigkeit, Produkttoleranzen oder Flexibilität. Dies führt zu einem erhöhten Bedarf an zusätzlichen Inspektionen in der Produktionslinie - also an Stellen mit hohen Taktraten -, um mögliche Abweichungen so früh wie möglich aufzufinden. Auch die Qualität der Endprodukte (inkl. deren Verpackungen) muss immer genauer geprüft und nachgewiesen werden. Häufige Produktformatwechsel an einer Produktionslinie erfordern dabei hohe Flexibilität und sehr einfache Bedienbarkeit einer Inspektionseinrichtung.

Viele solcher Aufgabenstellungen können heute mit einem parametrierbaren, schnellen Vision Sensor gelöst werden. Ein solches Konzept wird in diesem Artikel eingehender betrachtet.

12.2 Die allgemeinen Anforderungen im Rahmen von Inspektionsaufgaben

Analysiert man Anforderungen an Inspektionsaufgaben, die im Rahmen von industriellen Prozessen auftreten, so sind einige Randbedingungen und Eigenschaften von Vision Sensoren zu beachten:

Verglichen mit Bildverarbeitungs-Systemen (üblicherweise aus PC, einer oder mehreren Kameras, separater Beleuchtung und meist auftragsspezifischer Software) weist ein Vision Sensor einen deutlich spezifischeren und damit auch kleineren Funktionsumfang auf. Viele Aufgabenstellungen können damit gelöst werden, andere dagegen nicht.

Es ist sehr entscheidend, einen Vision Sensor so aufzubauen, dass der Anwender diesen möglichst einfach installieren und in Betrieb nehmen kann und während dieses Vorgangs vom Sensor Informationen über die Robustheit der Anwendung bekommt. Eine Darstellung des Live-Bildes und der Parameter während der Inbetriebnahme ist daher sehr empfehlenswert.

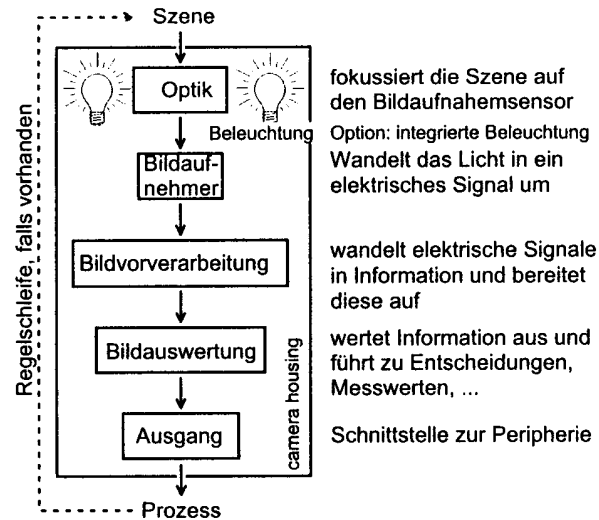


Bild 1: In einen Vision Sensor zu integrierende Funktionalität

Ein typisches Sensordesign bedeutet auch, dass die gesamte Funktionalität in einem einzigen Gehäuse untergebracht wird, was Voraussetzung für eine einfache und schnelle Montage ist. Verglichen mit herkömmlichen Sensoren benötigen Vision Sensoren aber deutlich höhere Prozessorleistungen und aufwändigere Beleuchtungen, so dass die Integration in ein einziges Gehäuse, das eben auch möglichst die Dimensionen eines herkömmlichen Sensors haben soll, eine große Herausforderung ist. Abbildung 1 zeigt die gesamte Funktionalität, die innerhalb dieses Gehäuses erforderlich ist.

Sensoren werden in rauen Industrieumgebungen eingesetzt, so dass diese unbedingt entsprechend robust und unempfindlich gegen die verschiedenen Einflüsse, die im industriellen Umfeld vorkommen (beispielsweise Schock, Vibration, Beleuchtungsschwankungen, ..) ausgelegt werden müssen. Das bedeutet unter anderem ein stabiles Gehäuse mit exakt abgedichteten Frontlinsen und stabile und dichte Anschlusstechnik. Konformitäten mit Normen wie DIN EN ISO 9001 und 14001, CE, EMV, sowie hohe Dichtigkeitsklassen (IP64 oder höher) gehören ebenfalls zum Sensorstandard. Diese werden erreicht durch das sehr frühe Einfließen der Anforderungen in den Designprozess des Sensors und einer sorgfältigen Qualitätskontrolle in der Serienproduktion. Das Ergebnis sind dann Sensoren, die in verschiedensten industriellen Umgebungen arbeiten und ohne viel Betreuungsaufwand zu verursachen vom ersten Moment an nach der Inbetriebnahme arbeiten.

Sensoren werden in Serie produziert, so dass sehr spezifische Werkzeuge, Fertigungs- und Prüfeinrichtungen verwendet werden können, was wiederum zu einem sehr hohen und gleichbleibenden Stand der Fertigungsqualität dieser Sensoren führt.

Eine hohe Verfügbarkeit des Sensors, des Services und der Betreuung muss garantiert werden, um dem OEM-Kunden eine optimale Betreuung seiner Endkunden zu ermöglichen.

Für eine einfache Installation sollte ein Vision Sensor automatisch ablaufende Routinen zum Selbstabgleich durchführen können. Für spezielle Aufgaben (beispielsweise Verkürzen der Taktzeiten oder Auswählen bestimmter ROIs) ist es aber notwendig, dass Parameter auch manuell an die jeweilige Situation angepasst werden können.

Vision Sensoren können für *eine* spezifische Applikation eingesetzt werden, oft haben aber OEM-Kunden Bedarf für Vision Sensoren in verschiedenen Klassen von Applikationen. Deshalb sollte ein Vision Sensor auch bei überschaubarem Funktionsumfang eine gewisse Flexibilität in der Anwendung bieten, um eine möglichst große Applikationsbreite abzudecken.

Betrachtet man all diese Aspekte, so führen diese zu deutlichem Nutzen in der Industrie im ganzen als auch für jeden einzelnen Kunden. In Kombination kommt damit ein neues Feld von Lösungsansätzen ins Spiel: Intelligent Camera Sensors (ICS). Grundsätzlich vereinen solche Sensoren bis zu einem hohen Grad geeignete Bildverarbeitungs-Algorithmen und Techniken mit den Standards, die für industrielle Sensoren gelten. Letzteres schließt natürlich die Forderung nach möglichst hoher Robustheit gegen alle Umgebungsbedingungen ein. Sensoren mit dieser Zielrichtung gibt es bereits schon auf dem Markt. Als Beispiel für ein solches Produkt wird im folgenden ein Vision Sensor der SICK AG beschrieben.

12.3 Vision Sensor - Vorstellung eines konkreten Produktes

Berührungslos arbeitende Sensoren von der SICK AG werden in den verschiedensten Anwendungen eingesetzt: zur zuverlässigen und effizienten Prozessregelung, zum Schutz von Personen vor Unfällen oder auch im Rahmen des Umweltschutzes. Die Sensoren der Division "Industrielle Automation" spiegeln die Applikationserfahrung von 50 Jahren in fast allen Branchen der Fabrikautomation wieder. Klassische Aufgabenstellungen sind Detektieren, Zählen, Klassifizieren und Positionieren von Objekten, das Erkennen der Form und Position, Farbe oder Oberflächenfehler - auch bei extremen Umweltbedingungen.

Während des Produkt-Entstehungs-Prozesses wird ein ganzheitliches Design-Verfahren durchlaufen, welches u.a. sicherstellt, dass die Produkte die geforderten Eigenschaften aufweisen. Wird dieses Verfahren auf Kamera-Sensoren für Bildverarbeitungsanwendungen angewandt, kann man die Eignung des Produktes für das industrielle Umfeld, einen leistungsfähigen Funktionsumfang und ausgeprägten Kundennutzen erwarten.

Seit Anfang 2002 ist ein neuer Intelligenter Camera Sensor (siehe Bild 2), der von SICK zusammen mit dem schwedischen Partner IVP entwickelt wurde, verfügbar. Die Partnerschaft zwischen einem Sensorhersteller und einem Bildverarbeitungs-Spezialisten steht für die synergetische Implementierung des Wissens beider Seiten in einem Produkt, welches so ausgelegt werden konnte, dass ein möglichst hoher Kundennutzen gemäß dem oben gesagten erzeugt wird. Die besonderen Eigenschaften des ICS 100 (vorderes Produkt in Bild 2) und der zugehörigen Bedieneinheit VSC 100 (hinteres Produkt in Bild 2) führt zu einer großen Vielfalt von Lösungen durch den Anwender, von denen einige im folgenden aufgelistet sind.



Bild 2: Intelligenter Camera Sensor mit Bedieneinheit

Eine zuverlässige Objektdetektion wird mittels einer sehr homogenen Beleuchtung des Objektes und speziellen HystereseFunktionen erreicht. Das Licht von 15 LED der höchsten Leistungsklasse wird mit einem Linsenarray und Einzellinsen auf das Objekt projiziert (Frontlinsenarray sichtbar in Bild 2). Die Homogenitätsverteilung im Sichtfeld (bei weißem, gleichförmigem Objekt) ist in Bild 3 auf dem hohen Plateau zu sehen.

Glänzende Objektoberflächen können mit dem Sensor problemlos erfasst werden, da aufgrund der CMOS-Architektur das klassische "Blooming"- Problem von CCD-Sensoren nicht auftritt.

Erfolgreiche Lösungen für eine Vielzahl verschiedener Aufgabenstellungen sind aufgrund der aufgabenbezogenen Stärken der 4 zur Verfügung stehenden und auswählbaren BildverarbeitungsAlgorithmen möglich. Auch die Möglichkeit, Teachund Suchfelder in Größe und Position zu bestimmen, erhöht die Chancen, einfache und schnelle Lösungen zu erzeugen.

Eine herausragende Kombination von Auswertegeschwindigkeit (minimale Zyklusdauer 2,5 ms) und tatsächlicher Auflösung von 320 x 320 Pixel erlaubt den Einsatz auch bei Applikationen, in denen sehr hohe Geschwindigkeit und gute Auflösung gefragt ist.

Produktformatwechsel werden sehr einfach, da der Sensor bis zu 4 Objekte gleichzeitig in einem Bild auswertet (ohne jegliche Parameteranpassung) und jedes

Objekt einem der 4 Ausgänge zugeordnet ist. Auch mehr als 4 Produktformate sind möglich, denn bis zu weitere 12 abgespeicherte Objekte können aus dem Memory-Menü des Sensors geladen werden.

Auf exakte Objektpositionierung kann meist verzichtet werden, da der Vision Sensor Objekte auch an verschiedenen Positionen sicher detektieren kann.

Verdrehungen können - je nach Auswerteverfahren - ebenfalls festgestellt werden.

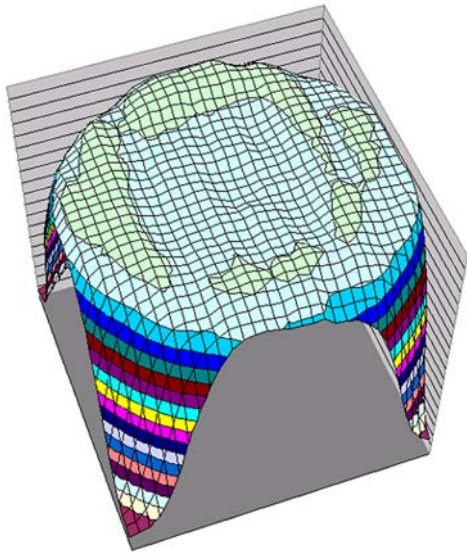


Bild 3: Gemessene Homogenitätsverteilung der integrierten Beleuchtung; im hohen Plateau (=Sichtfeld) beträgt die Abweichung weniger als 6%.

12.4 Die Synthese von Sensorik mit Bildverarbeitung

Wenn man das Konzept, nämlich die Komplexität und Variabilität von Bildverarbeitungssystemen mit den Anforderungen von Sensorkunden zu vereinen, auf den ersten Blick betrachtet, scheinen diese sich gegenseitig auszuschließen - glücklicherweise scheint dies nur so. Eine genauere Betrachtung zeigt die Gründe.

Zunächst hat der Vision Sensor alle erforderlichen Komponenten für den Normalbetrieb in einem einzigen Gehäuse integriert. Dieses enthält Beleuchtung, CMOS-Bildaufnehmer, Auswerteeinheit, Schnittstellen und Optik. Weiterhin ist der Sensor fähig, Entscheidungen basierend auf sehr komplexen Zusammenhängen zu

fällen und entsprechend 4 Schaltausgänge anzusteuern. Dies alles macht die Inbetriebnahme dieses Sensors fast so einfach wie die einer Lichtschranke.

Als weiterer Punkt ist zu erwähnen, dass bei der Installation der Kamera kein Laptop oder PC mit den bekannten Schwierigkeiten im Betrieb und speziell bei der Kommunikation mit peripheren Geräten notwendig ist. Wird nämlich eine spezifische Bedieneinheit wie VSC 100 zur Inbetriebnahme des Vision Sensors verwendet, kann man sehr sicher sein, dass diese Konfiguration sofort nach erfolgtem Anschluss betriebsbereit ist (plug & play).

Als dritter Punkt ist anzumerken, dass die Inbetriebnahme und Parametrierung einer spezifischen Lösung tatsächlich so einfach sein kann wie die einer komplexen Lichtschranke. Nachdem der Vision Sensor mit den Standard-Halterungen montiert, mit den zugehörigen Kabeln angeschlossen und mit der Bedieneinheit verbunden worden ist, können alle Abfragen des nun durchzuführenden Teachvorganges mit einer OK-Taste bestätigt werden. Der Sensor rechnet dabei abhängig vom Bildinhalt Vorschlagswerte für einzelnen Parameter selbst aus, die der Benutzer lediglich zu bestätigen braucht. Falls nötig kann der Anwender aber auch einzelne Einstellungen so anpassen, wie es die Aufgabenstellung eventuell erforderlich macht. Manche Lösungen werden erst so möglich. Welche Einstellungen bei Bedarf änderbar sind, wird im folgenden aufgelistet.

Auswahl des für die Aufgabe geeignetsten Auswerteverfahrens (eines aus 4)

Die Größe und Position der Such- und Teachfelder kann stufenlos geändert werden oder aber es kann sogar die Kontur eines Objektes (wenn aus einer einzigen, zusammenhängenden Fläche bestehend) als Teachfeldform verwendet werden. Durch die Wahl eines geeigneten Teach- / Suchfeldes wird die Auswertung nur auf diese Region konzentriert, was die Zuverlässigkeit erhöht und die Zykluszeit reduziert.

Die Einstellung der Binarisierungsschwelle eröffnet weitere, interessante Möglichkeiten. Mit der Binarisierungsschwelle wird entschieden welche Pixel im Binärbild schwarz und welche weiß dargestellt werden. Nur durch Verstellen dieser Schwelle lassen sich bei manchen Bildern die gewünschten Objekte im Binärbild herausarbeiten und so Lösungen finden. Außerdem kann der Anwender beim Verändern der Binärschwelle sehen, wie empfindlich der Sensor bei der gewählten Einstellung gegen Fremdlicht reagiert.

Eine weitere, wichtige Einstellung ist die "Schaltgrenze", welche bestimmt, wie gut ein gefundenes Objekt mit dem einmal eingelernten übereinstimmen muss. Die Einstellung einer geeigneten Schaltgrenze entscheidet über den Erfolg der Lösung, weswegen speziell hierfür ein Testmodus zur Verfügung steht, in welchem der

Anwender dem Vision Sensor verschiedene Objekte präsentieren kann und gleichzeitig angezeigt bekommt, wie gut diese mit dem eingelernten übereinstimmen. Auch die Einstellung der Beleuchtungsdauer hilft, den Vision Sensor genau auf die Aufgabenstellung abzustimmen - insbesondere, wenn sehr kontrastarme, glänzende oder sehr schnell bewegte Objekte erkannt werden müssen. Außerdem können auch externe Beleuchtungen verwendet werden, wenn dies bei speziellen Objektgeometrien erforderlich sein sollte.

Die Idee, das Sensorkonzept mit der Bildverarbeitungstechnologie zu kombinieren, ist also mit einem kompakten Camera Sensor, welcher einfach zu installieren und zu parametrieren ist, aber noch die Möglichkeit offen lässt, einzelne Parameter zu adaptieren, realisiert.

12.5 Anwendungsbeispiele in der Praxis

Zur Verdeutlichung der Anwendung eines solchen Sensors sollen hier zwei Beispiele des erfolgreichen Einsatzes eines solchen Sensors aufgeführt werden. In Bild 4 ist der Einsatz des Sensors an einer Maschine zur Fertigung von Kontaktfedern gezeigt. Der Sensor inspiziert die korrekte Form (Biegung) der Kontaktfedern zu 100% direkt in der Produktion und zwar vor den nächsten Verarbeitungsschritten, so dass in den folgenden Verarbeitungsschritten weder Ausschuss verbaut werden kann, geschweige denn Maschinenschäden entstehen können.



Bild 4: Anwendung des Intelligent Camera Sensors zur 100% Qualitätsprüfung bei der Produktion von Kontaktfedern

Ein anderes Beispiel zeigt deutlich einen Vorteil der CMOS-Bildaufnehmer gegenüber CCD-Bildaufnehmern. Hier wird hinter einer hochglänzenden Transparentfolie festgestellt, ob eine Steuermarke auf einer Zigarettenschachtel aufgebracht ist. Dabei spielt es keine Rolle, dass auf der hochglänzenden Folie stellenweise sehr starke Lichtreflexe erzeugt werden, da der CMOS-Sensor nicht die gleiche "Blooming" Problematik aufweist wie der CCD-Sensor.



Bild 5: Einsatz des Intelligent Camera Sensors zur Detektion von Steuerbänderolen auf Zigarettenschachteln hinter Transparentfolien

12.6 Schlussbetrachtung

Bildverarbeitung und Sensorik sind keine unvereinbaren Gegensätze sondern lassen sich, wie im konkreten Beispiel des Intelligent Camera Sensors geschehen, in nutzbringender Weise miteinander vereinen. Die so entstehenden Produkte werden