



FRAMOS



WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung
mit Bildverarbeitung

von Stefan Waizmann

www.framos.com

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung



Optimale Vorgehensweise
und geeignete Technologien
zur Produktionsautomatisierung

CONTENTS

01 Zusammenfassung	3
02 Mehrwert der Industriellen Bildverarbeitung in der Produktionsautomatisierung	3
02.1 Prüfen	3
02.2 Steuern	4
02.3 Identifizieren	4
03 Erfolgsfaktoren – Externe Beratung vs. Systemintelligenz und interne Kompetenz	5
04 Notwendige Hardware und Auswahl	6
Objektiv	6
Industrielle Videokamera	6
LED Beleuchtung	6
Kabel	7
Bildverarbeitungs-PC	7
Smart Camera	7
05 Systemarchitekturen für Automatisierungsanwendungen	7
05.1 Industrielle Kameras und klassische Programmierung	8
05.2 Industrielle Kameras mit künstlicher Intelligenz	9
05.3 Smart Cameras und Graphische Programmierung	10
05.4 Besonderer Vorteil: Smart Camera Systeme zum Multi-Camera Einsatz	13
06 Schlussfolgerungen	16

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung

01 | ZUSAMMENFASSUNG

Die Produktionsautomatisierung ist einer der bedeutendsten Schritte bei der Optimierung der Fertigungsprozesse Richtung Industrie 4.0. Industrielle Bildverarbeitung ist dabei in allen Branchen und Industriezweigen eine geeignete Technologie Fertigungsanlagen zeit-, kosten- und ressourceneffizienter sowie mit verbesserter Qualität zu betreiben. Der große Vorteil der Bildverarbeitung sind die vielfältigen Anwendungsfelder und -möglichkeiten, in denen sie schnell und zuverlässig die Produktionsqualität sicherstellt, Produktionsanlagen steuert oder in der Lager- und Produktionslogistik unterschiedliche Komponenten identifiziert.

Im Wesentlichen besteht ein Bildverarbeitungssystem aus Kamera, Objektiv, Beleuchtung, Kabeln, einer Verarbeitungseinheit sowie Steuerungselektronik zur Synchronisation und Interaktion mit der Produktionsanlage. Für die Entwicklung solcher Systeme hat sich ein mehrstufiger Ansatz mit fünf Projektphasen bewährt: Grobspezifikation, Machbarkeitsstudie, Detailspezifikation, Systemimplementierung und Anlagenintegration.

Das Whitepaper stellt die 3 vorherrschenden Ansätze zum Bildverarbeitungseinsatz vor und unterstützt Fertigungsleiter und Produktionsmanager unter Berücksichtigung Ihrer individuellen Rahmenbedingungen den geeigneten technologischen Ansatz für Ihr Automatisierungsprojekt zu wählen.

Bei „klassischen“ Bildverarbeitungssystemen aus Industriekamera, Objektiv, Beleuchtung, Recheneinheit und Verkabelung wird die individuell benötigte Software von erfahrenen Entwicklerteams programmiert und bietet damit größtmögliche Flexibilität in der Auswahl von Hardware und Softwarebibliotheken. Dies bedeutet zumeist einen sehr hohen Entwicklungsaufwand, der im Vorfeld schwer abzuschätzen ist. Dieser „klassische“ Ansatz empfiehlt sich, wenn es um das maximale Ausreizen der Rechenleistung, eine hohe Stückzahlen an eingesetzten Systemen oder die Applikation einen sehr spezifischen Algorithmus benötigt.

Ein neuerer Systemansatz setzt weiterhin auf klassische Hardware zur Bildaufnahme und Verarbeitung, bedient sich jedoch bei der Bildanalyse der Künstlichen Intelligenz, den so genannten selbstlernenden Algorithmen.

Diese beschleunigen speziell die Entwicklung von Prüfsystemen für natürliche Materialien und Objekte, die aufgrund ihrer hohen Varianz nur schwer mit klassischen Ansätzen zu analysieren sind.

Der zukunftsweisendste und für eine neue Generation Bildverarbeitung stehende Technologieansatz basiert auf dem Einsatz von Smart Cameras. Diese Komplettpakete enthalten fertig aufeinander abgestimmt alle Bildverarbeitungselemente und ein Softwarepaket mit einer einfach zu bedienenden grafischen Programmieroberfläche. Dieser Ansatz ermöglicht es auch wenig erfahrenen Entwicklern oder Produktionsingenieuren komplexe Systeme zügig und risikoarm umzusetzen. Der Entwicklungs-, Test- und Dokumentationsaufwand wird gegenüber dem „klassischen“ Ansatz auf einen Bruchteil reduziert.

Vielfältigen Faktoren und Kriterien beeinflussen, welcher Ansatz für eine spezifische Automatisierungsherausforderung der geeignetste ist. Als individuelle Entscheidungshilfe werden in Kapitel 6 die relevanten Fragen und deren Antworten in einer tabellarischen Übersicht mit Schlussfolgerungen gegenübergestellt und dienen als Checkliste in der Praxis.

02 | MEHRWERT DER INDUSTRIELLEN BILDVERARBEITUNG IN DER PRODUKTIONS-AUTOMATISIERUNG

„Prüfen“, „Steuern“ und „Identifizieren“ sind die weit verbreitetsten Anwendungen, in denen Bildverarbeitung einen entscheidenden Beitrag zur Erhöhung der Produktivität und Produktionsqualität von Fertigungsanlagen liefert:

02.1 Prüfen | Von Elektronik-Bauteilen bis Backwaren, von Motorblöcken bis zu Gummiringen – Geschäftskunden ebenso wie Privatkunden erwarten 100%ige Qualität. Um dies zu erreichen müssen 100% der Produktion überprüft werden. Darüber hin Von Elektronik-Bauteilen bis Backwaren, von Motorblöcken

Verbreitete Ansätze zur Qualitätssicherung:

1. Optische Vermessung
2. Oberflächeninspektion
3. Farbinspektion

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung

bis zu Gummiringen – Geschäftskunden ebenso wie Privatkunden erwarten 100%ige Qualität. Um dies zu erreichen müssen 100% der Produktion überprüft werden. Darüber hinaus benötigt der Produzent genaue Statistiken über die Ausschussquote und vor allem auch über deren Ursachen. Je geringer die Form- und Farbvarianz der produzierten Waren, desto einfacher kann die industrielle Bildverarbeitung die oben genannten Anforderungen von Herstellern erfüllen. Wie genau wird nun geprüft? Ein erster möglicher Ansatz ist, Objekte

Beispielanwendungen "Prüfen":

- Vermessen von Biege-, Stanz-, und Frästeilen
- Oberflächenprüfung von Spritzgussteilen
- Druckinspektion von Lebensmittelverpackungen
- Glasinspektion bei medizinischen Geräten
- Lackinspektion in der Automobilfertigung

optisch zu vermessen, indem sie per Kamera aufgenommen werden und ein Algorithmus das erzeugte Abbild vermisst. Je höher die Auflösung der Kamera und je geringer die optische Verzeichnung des Objektivs, desto genauer sind die Messergebnisse. Im Gegensatz zur taktilen Koordinatenmessung, limitieren die physikalischen Gesetze der Optik die theoretisch erreichbare Genauigkeit. Dafür bietet die optische Vermessung einen enormen Geschwindigkeitsvorteil, da bereits Systeme mit Standardindustriekameras dutzende Einzelobjekte pro Sekunde prüfen können. Auch Druckerzeugnisse, wie Geldscheine oder Pfandmarken lassen sich nur optisch zuverlässig überprüfen. Ein zweiter Qualitätssicherungsansatz ist die Inspektion von natürlichen oder maschinell gefertigten Oberflächen. Bildverarbeitungssysteme untersuchen dabei auf mechanische Fehler oder Verunreinigungen. Die Inspektion von Verpackungen, Textilien, oder Rohstoffen auf ihre Farbe und Textur zielt als dritter Prüfansatz auf eine gleichbleibende Qualität und ein einheitliches Aussehen der produzierten Stücke oder Teile.

02.2 Steuern | Das zweite große Anwendungsfeld von Industrieller Bildverarbeitung ist die Produktionssteuerung. Ähnlich wie bei der Qualitätssicherung fungiert die Bildanalyse dabei als Kontrolleinheit, aus deren Ergebnissen sich ableiten lässt, wie eine Steuerungsein-

Beispielanwendungen "Steuern":

- Regelung des Kleberauftrags in der Karosseriefertigung
- Ansteuerung von Schweißpunkten mit einem Roboter
- Sortierung von Recycling-Abfällen
- Verpackung von Tiefkühlisch mit Robotern

heit modifiziert werden muss, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten. Beispielsweise wird heutzutage in der Automobilproduktion mit Kameras die Menge und Position des von einem Roboter aufgetragenen Klebers überprüft. Im Falle von Normabweichungen passt der Roboter getriggert durch das Bildverarbeitungsprogramm seine Einstellungen an. Das Gleiche gilt für Abfüllanlagen, in denen Kameras die Füllhöhe der Flaschen kontrollieren und bei Soll-/Ist-Abweichungen Füllmengen nachjustiert werden. Beim Sortieren von Recyclingabfällen wie Glas steuert das Bildverarbeitungssystem Luftdüsen, die je nach Beschaffenheit definierte Glasteile ausblasen. In der Robotik können sich Montage- oder Logistik-Roboter aufgrund der gestiegenen Rechenleistung und zuverlässiger Algorithmen mittels Industriekameras orientieren, um die richtigen Objekte an den für sie vorgesehenen Platz zu verbringen. Erst die Industrielle Bildverarbeitung machte viele dieser Anwendungsfälle überhaupt erst möglich sowie senkt Kosten und erhöht die Qualität. Zusätzlich gewinnt das Thema Produktionssicherheit immer größere Bedeutung. Hier bietet die Bildverarbeitung Lösungsansätze, um die Anwesenheit, die genaue Position von Menschen sowie ihren Gliedmaßen zu erkennen und bei Gefahr zu warnen oder die Produktionsanlage zu stoppen.

02.3 Identifizieren | In der Fertigung von komplexen Produkten und in der Logistik treten viele Hundert, oft sogar hunderttausende unterschiedliche Objekte auf, die verarbeitet werden sollen. Möchte man hier automatisieren, müssen diese Objekte identifizierbar sein. Dazu verwendet man 1-dimensionale Strichcodes oder seit einiger Zeit auch 2-dimensionale Codes, z.B. QR- oder Datamatrix-Codes, mit denen auf gleichem Raum mehr Information über das Objekt

Beispielanwendungen "Identifizieren":

- Identifikation von Paketen in der Versandlogistik anhand von Strichcodes
- Bestimmung des Typs einer Baugruppe in der Produktionslogistik anhand von 2D-Codes
- Texterkennung auf Elektronikbauteilen

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung



Projektablauf zur
Automatisierung mit Bildverarbeitung

kodiert werden kann. Zum Lesen von Strichcodes nutzt man üblicherweise Laserscanner. Der Vorteil von kamerabasierten Systemen ist jedoch, dass sie auch 2-dimensionale Codes zuverlässig lesen können und zudem weitere Informationen über das Objekt erfassen, wie zum Beispiel dessen Größe oder Position. Auf Elektronikbauteilen ist zudem oft nicht genügend Platz für den Aufdruck eines für das menschliche Auge lesbaren Buchstaben- und Zahlencodes und einen zusätzlichen 1D- oder 2D-Code. Daher werden hier Bauteile mittels Texterkennung des alphanumerischen Codes identifiziert.

03 | ERFOLGSFAKTOREN – EXTERNE BERATUNG VS. SYSTEMINTELLIGENZ UND INTERNE KOMPETENZ

Wenn bereits eine erste Idee vorliegt, welcher Schritt des Produktionsprozesses automatisiert werden soll, dann gibt dieses Kapitel einen Überblick zur typischen und erfolgversprechenden Vorgehensweise.

Diese Fragen sollten Sie sich vorab stellen:

- 1 Was wollen Sie erreichen? Quantifizieren Sie Ihr Ziel!
- 2 Welche Gestaltungsspielräume haben Sie wirtschaftlich? Klären Sie Budget, Termine, interne Ressourcen!
- 3 Welche Gestaltungsspielräume haben Sie technisch? Klären Sie den verfügbaren Bauraum und die Schnittstellen der Produktionsanlage!

Wichtig zu Beginn ist die Klarheit über die Zielsetzung. Dazu gehören der erwartete kommerzielle Nutzen, die Investitionsbereitschaft sowie die harten technischen Rahmenbedingungen, wie verfügbarer Bauraum, maximale Stillstandszeit der Produktion bei der finalen Systemintegration u.v.a.m. Der nächste wesentliche Punkt ist die Verfügbarkeit von Kompetenz und Ressourcen im eigenen Haus, z.B. für die Projektumsetzung sowie die Steuerung der Produktionsanlage.

Sind die wesentlichen internen Parameter geklärt, hat sich die in Abbildung 1 dargestellte Vorgehensweise bewährt, um das Investitionsrisiko klein zu halten und, falls technisch und wirtschaftlich umsetzbar, am Ende die gewünschten Ergebnisse zu erzielen.

Bei der groben Spezifikation der Anforderungen an das Zielsystem kann es ratsam sein, einen kompetenten Partner zu involvieren, um in dieser Phase die wichtigen Fragen optimal aus Expertensicht zu beantworten:

- a. Um welche Art der Anwendung handelt es sich (siehe Kapitel 2)?
- b. Welche Eigenschaften haben die Objekte, die analysiert werden müssen (Größe der Objekte, Größe der zu erkennenden Elemente, Geschwindigkeit, etc.)
- c. Welche Anforderungen gibt es bzgl. der Systemperipherie (maximaler Bauraum, Steuerelektronik und Kommunikationsbusse, etc.)?
- d. Welche Entwicklungsumfänge sollen intern, welche extern umgesetzt werden?

Um eine möglichst unvoreingenommene Beratung zu erhalten, bieten sich hier insbesondere dedizierte Beratungsfirmen und technisch versierte Distributoren mit einem breiten Portfolio von Bildverarbeitungs-

Kriterien für die Auswahl des richtigen Systemintegrators:

- Referenzen mit Bildverarbeitungsprojekten gleicher Art
- Vielfältige Erfahrung bei der Algorithmen-Entwicklung
- Erfahrung mit dem System zur Anlagensteuerung erleichtert die Integration
- Örtliche Nähe
- Festpreisangebot als Basis

komponenten an, um die verfügbaren Technologien und Produkte mit ihren Vor- und Nachteilen einzuschätzen.

Bevor man daher die komplette Entwicklung des Systems angeht, verstehen alle Beteiligten das vorliegende Problem am besten, wenn man zuvor mit geeigneten algorithmischen Ansätzen die Machbarkeit prüft. Danach können das erreichbare Ziel und der finale Ent-

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung

„Einer der komplexesten Teile eines Bildverarbeitungssystems ist sein Algorithmus zur Bildanalyse.“

wicklungs- und Integrationsaufwand und schließlich die kompletten Systemkosten abgeschätzt werden. Je nach Systemkomplexität kann es hier ratsam sein, bereits ein geeignetes Unternehmen zur Systementwicklung und -integration zu engagieren. Wird ein sogenannter Systemintegrator herangezogen, ist es bei der Auswahl wichtig, dass er sich nicht nur mit Bildverarbeitungshardware und -software auskennt, sondern auch mit der Anbindung an ihre spezifische Anlagensteuerung. Lassen Sie sich von dem Berater oder Distributor Ihres Vertrauens eine Empfehlung geben.

Ist die Anwendungsherausforderung mit einer Smart Camera basierten Lösung umsetzbar, kann das Projekt auf Basis der bereits vorhandenen Systemintelligenz oft ohne externe Unterstützung und ausschließlich mit interner Kompetenz umgesetzt werden.

Dies lässt sich mit Hilfe der Machbarkeitsstudie gut einschätzen. Dabei erstellen Sie oder Ihr Berater detaillierte Systemspezifikation, die in weiten Teilen gleichzeitig als Pflichtenheft für das Entwicklungs- und Integrationsprojekt dient. Achten Sie dabei darauf, dass darin auch die Systemtests als Abnahmekriterien für die Implementierungsphase spezifiziert sind.

04 | NOTWENDIGE HARDWARE UND AUSWAHL

Auch wenn es eine unbeschreibliche Vielfalt von Anwendungen für die Industrielle Bildverarbeitung gibt, so bestehen die meisten Systeme aus den gleichen Grundbausteinen.

Hardwareaufbau eines Bildverarbeitungssystems:

- | | |
|------------------------|-------------------|
| • Kamera + Objektiv | oder |
| • Beleuchtung | • Smart Camera |
| • Verarbeitungseinheit | • Verkabelung zur |
| • Verkabelung | Anlagensteuerung |

Objektiv | Mittels des Objektivs werden die zu untersuchenden Objekte auf den Bildsensor der Kamera abgebildet. Wesentliche quantitative Parameter sind hier die Brennweite, der Öffnungswinkel, das Auflösungsvermögen und der Bildkreis auf den es abbildet. Qualitativ ist besonders die geringe Verzerrung, gleichmäßige Transmission und niedrige Varianz in den optischen Eigenschaften über mehrere Produktionslose hinweg entscheidend.



Industrielle Kamera | Die Kamera ist die wesentlichste und technisch komplexeste Systemkomponente. Der Bildsensor zusammen mit der Kameraelektronik und der Übertragungsschnittstelle bestimmen u.a. die Auflösung, die Bildrate und die minimale Belichtungszeit, mit der eine Kamera Objekte aufnehmen kann. Je höher die Auflösung, desto kleinere Elemente sind auf dem Bild erkennbar. Je höher die Bildrate, desto mehr Objekte pro Zeit können aufgenommen und dem System zur Analyse übermittelt werden. Die minimale Belichtungszeit bestimmt, wie schnell die Objekte sich bewegen dürfen, um dennoch von der Kamera scharf abgebildet zu werden.



LED Beleuchtung | Speziell, wenn das Bildverarbeitungssystem schnell bewegte Objekte analysieren oder unabhängig vom Umgebungslicht funktionieren soll, ist eine zusätzliche Beleuchtung notwendig. Hier kommen aufgrund ihrer Langlebigkeit und Zuverlässigkeit meist LEDs zum Einsatz, die über entsprechende Steuerelektronik wie Schrittgeber oder Lichtschranken zum Auslösezeitpunkt der Kamera mittels eines Beleuchtungs-Controllers geblitzt werden. Dieses Blitzen spart Strom, reduziert die Erwärmung der LEDs, erhöht damit ihre Lebensdauer, und das bei gleichzeitig deutlich höherer Lichtintensität. Der Einsatz farbiger LEDs und des passenden Filters vor dem Kameraobjektiv verringert zusätzlich den Einfluss von weißem oder andersfarbigem Umgebungslicht.



WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung



Zudem ist speziell bei Applikationen zur Qualitätssicherung die bewusste Positionierung der Lichtquellen das entscheidende Hilfsmittel, um über Schattenbildungen bestimmte Defekte einfach zu erkennen.

Kabel | Eine ebenso wichtige Rolle spielen die eingesetzten Kabel. Die zuverlässige Stromversorgung und fehlerfreie Übertragung von Steuerimpulsen und Videodaten ist unabdingbar für ein System von dem hohe Verfügbarkeit gefordert wird. Insbesondere, wenn Kameras an beweglichen Vorrichtungen, wie z.B. Roboterarmen, angebracht sind, wirken kontinuierlich Biege- und Torsions-Kräfte auf die Kabel.



Bildverarbeitungs-PC | Um die Ergebnisse der Bildanalyse echtzeitfähig und mit kurzer Verzögerung zu erhalten, ist eine leistungsstarke Recheneinheit notwendig. Dabei gilt, dass die Rechenlast mindestens linear mit der Auflösung steigt und der Einsatz von Farbbildern mindestens den 3-fachen Rechenaufwand verursacht wie Grauwertbilder. Zudem muss die Datenschnittstelle der Kamera unterstützt sein sowie ggf. weitere Schnittstellen zur Steuerelektronik der Produktionsanlage bieten. In Anwendungsumgebungen mit Staub oder Feuchtigkeit ist darauf zu achten, dass die Recheneinheit zwecks Robustheit und Haltbarkeit ohne bewegte Teile und Ventilatoren auskommt. Es ist wesentlich, dass der Entwicklungsingenieur sämtliche Komponenten des finalen Systems präzise aufeinander abstimmt, um die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Aus Erfahrung heraus resultieren 50% der Probleme eines Bildverarbeitungssystems von Hardwarekomponenten, die entweder für die Anwendung ungeeignet oder nicht ausreichend aufeinander abgestimmt sind. Diese Abstimmung erfordert viel Fachwissen und Erfahrung. Die Beratung durch erfahrenen Hardware-Distributoren oder anderen Experten ist ratsam. Im Falle des Smart Camera-Einsatzes fällt die Abstimmung der Systemkomponenten weg bzw. bieten manche Smart Camera-Hersteller zusätzlich perfekt abgestimmte Bildverarbeitungs-



prozessoren, die den Einsatz in Multi-Kamera-Systemen vereinfachen bzw. ermöglichen (siehe nächster Punkt und Kapitel 5).

Smart Camera | Um maßgeblich Zeit zu sparen und das Risiko einer Inkompatibilität zu reduzieren, gibt es seit einiger Zeit so genannte Smart Cameras auf dem Markt, die Objektiv, Kamera, Beleuchtung, Beleuchtungssteuerung und Recheneinheit in einem kompakten Gehäuse vereinen. Dadurch ist sichergestellt, dass die wesentlichsten Hardware-Komponenten einwandfrei miteinander harmonieren, auch wenn dies durch die hohe Integrationsdichte zu Abstrichen bei der Rechenleistung führt. Die Sicherheit miteinander harmonisierender Hardware stellt einen nicht zu unterschätzenden Vorteil bei der Planung und später auch in der finalen Implementierung einer Automatisierung dar. Dank starker neuer Prozessorgenerationen aus dem IT-Bereich und der verfügbaren Variantenvielfalt an Auflösung, Bildrate, Objektiven und Beleuchtungen können sehr viele Anwendungen mit diesen Produkten gelöst werden. Meist sind für diese Smart Cameras auch dedizierte Softwareplattformen mit grafischen Programmieroberflächen verfügbar, was Entwicklungsrisiko, -zeit und -kosten minimiert. Das Kapitel 5 bietet hier weitere Details.



05 | SYSTEMARCHITEKTUREN FÜR AUTOMATISIERUNGSANWENDUNGEN

Dank großer Fortschritte speziell auf Seiten der Softwareentwicklung und der Algorithmik zur Bildanalyse bieten sich heute neue Möglichkeiten, um in kürzerer Zeit zu leistungsfähigeren und wirtschaftlicheren Bildverarbeitungssystemen zu gelangen. Dabei existieren in der industriellen Praxis drei Systemarchitekturen, die dieses Kapitel vorstellt, vergleicht und anhand von Beispielanwendungen veranschaulicht. Als Entscheidungshilfe geben wir Ihnen in Kapitel 6 die Schlussfolgerungen sowie die relevanten Fragestellungen und deren Antworten in einer Tabelle an die Hand.

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung



05.1 | INDUSTRIELLE KAMERAS UND KLASSISCHE PROGRAMMIERUNG

Kriterium	Eigenschaft
Hardware	Klassische industrielle Videokamera Separat abzustimmende Komponenten (Objektiv, Beleuchtung, Recheneinheit)
Entwicklungsansatz	Programmierung mit höheren Sprachen wie C++ oder C#
Algorithmen zur Bildanalyse	Flexibel wählbar aus kostenlosen und kostenpflichtigen Bibliotheken Aus eigener Entwicklung
Kompetenzbedarf	Erfahrene Programmierer für Softwarearchitekturen und Bildverarbeitung
Wirtschaftliche Anwendungen	Bei höchsten Ansprüchen an Geschwindigkeit Bei hohem Bedarf an Flexibilität der Software Bei speziellen Algorithmen Bei hohen Volumina an eingesetzten Systemen

Der klassische und im industriellen Feldeinsatz immer noch weit verbreitete Systemtyp besteht hardwareseitig auf einzeln auszuwählenden Komponenten und oft günstigen oder sogar kostenlosen Softwarebibliotheken der höheren Programmiersprachen wie C++ oder C#. Hierbei übernimmt das Entwicklerteam die volle Verantwortung für die korrekte Auswahl und Abstimmung der Hardware, die Implementierung sämtlicher Hardwareschnittstellen und Software-schnittstellen zwischen den verwendeten Bibliotheken und erhält dafür die größtmögliche Flexibilität im Systemdesign. Durch diese Flexibilität können gegebenenfalls die Hardware- und Software-lizenz-Kosten minimiert werden, was dafür gewöhnlich jedoch erheblich mehr Entwicklungsaufwand generiert, der sich zudem schlecht ab-

schätzen lässt. Zumindest ein Teil des Entwicklerteams sollte über umfangreiche Erfahrung in der industriellen Bildverarbeitung und der Implementierung von effizienten Algorithmen verfügen, da hier große, mehrdimensionale Datenmengen in kurzer Zeit verarbeitet werden müssen. Somit ist dieser Weg nur dann empfehlenswert, wenn sehr spezielle Algorithmen angewendet werden müssen oder eine hohe Anzahl von Systemen implementiert werden sollen. Ist von Anfang an geplant, dass ein Bildverarbeitungssystem in größeren Stückzahlen hergestellt und vermarktet werden soll, dann kann es sich lohnen, mit internen Entwicklungskompetenzen die hohen Entwicklungskosten dieses Ansatzes in Kauf zu nehmen, um auf Seiten der Hardware und Software-lizenzen Kosten einzusparen.

Vorteile

Hohe Flexibilität im Design der finalen Lösung
Rechenleistung lässt sich optimal ausnutzen
Nutzung zahlreicher Algorithmen-Bibliotheken möglich

Nachteile

Software-Anbindung der Peripherie muss programmiert werden
Komponenten zur Bildaufnahme müssen manuell aufeinander abgestimmt werden
Entwicklung erfordert erfahrene Programmierer
Entwicklungsaufwand meist hoch, schwer abschätzbar & zeitaufwendig
Langfristige Bindung an Systemintegrator, da Software meist schwer nachvollziehbar

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung



05.2 | INDUSTRIELLE KAMERAS & KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Kriterium	Eigenschaft
Hardware	Klassische industrielle Videokamera Separat abzustimmende Komponenten (Objektiv, Beleuchtung, Recheneinheit)
Entwicklungsansatz	Programmierung mit höheren Sprachen wie C++ oder C# Werkzeuge zur Künstlichen Intelligenz müssen lediglich trainiert und eingebunden werden
Algorithmen zur Bildanalyse	Mit Künstlicher Intelligenz lernt das System selbst, wie Bilder von zu prüfenden Teilen zu analysieren und zu klassifizieren sind, z.B. als „in Ordnung“ oder „nicht in Ordnung“
Kompetenzbedarf	Erfahrene Programmierer für Softwarearchitekturen und Bildverarbeitung
Wirtschaftliche Anwendungen	Prüfung von Naturprodukten, wie Obst, Gemüse & Fleisch Prüfung von Produkten aus natürlichen Materialien, wie Korken & Backwaren Prüfung von sehr komplexen Produkten, wie Zifferblätter analoger Uhren

Dieser Typ von Systemen nutzt klassische Hardware, d.h. eine industrielle Kamera, Objektiv und Beleuchtung in Kombination mit einem geeigneten PC. Bei der Softwareimplementierung bedient man sich höherer Programmiersprachen und meist kostenpflichtiger Software-Werkzeuge, die die Bildanalyse mit Methoden der Künstlichen Intelligenz übernehmen.

Die Software-seitige Anbindung von Peripheriegeräten zur Bildaufnahme und Anlagensteuerung bedarf auch hier höherer Programmiersprachen und damit entsprechender Kompetenz bei den Entwicklern. Jedoch erleichtern nun selbstlernende Algorithmen maßgeblich die Bildanalyse. Mit komfortablen Software-Werkzeugen trainiert man in der ersten Phase einen Lernalgorithmus anhand von Beispielbildern. Dieser lernt dabei über mathematische Modelle wie Gut-Teile aussehen müssen und wie Schlecht-Teile aussehen können und definiert dabei die Regeln eigenständig, nach denen er zwischen „gut“ und „schlecht“ entscheiden muss. Dadurch geht die Implementierung des Algorithmus oft schneller als bei rein regelbasierten Verfahren. Gerade bei natürlichen Objekten mit einer hohen Varianz, wie z.B. Obst, Gemüse, Backwaren oder andere Produkte aus natürlichen Materialien ist die Erkennung um ein Vielfaches besser und robuster. Doch auch in Produktionsprozessen für Teile, bei denen sehr viele Details einzeln geprüft werden müssen und bei denen nur sehr wenige Schlecht-Teile

vorkommen ist dieser Ansatz sehr hilfreich. Einige Software-Werkzeuge sind hierfür sogar in der Lage nach einem ausschließlichen Training mit Gut-Teilen eine zuverlässige Erkennung von Schlechttteilen sicherzustellen. Dies kommt zum Beispiel bei der Herstellung von Qualitätsuhren zum Einsatz oder der qualitativen Überwachung von Stoffbahnen mit natürlichen Abweichungen. Ein Schwachpunkt dieses Ansatzes kann unter Umständen die schwierige manuelle Parametrisierung von Erfassungskriterien sein.

Da sie in bestimmten Applikationen einen hohen Mehrwert bieten und oft viele Jahre Forschung und Entwicklung dahinter stehen, sind die Software-Werkzeuge für Methoden mit künstlicher Intelligenz eher hochpreisig. Zudem benötigen Sie üblicherweise zu viel Speicher und Rechenleistung, als dass sie auf einer Smart Camera ausgeführt werden könnten. Daher muss der Anwender oder Systementwickler die Hardware-Komponenten, wie Kamera, Objektiv, Verarbeitungseinheit, usw. auf Basis seiner eigenen Kompetenz selbst zusammenstellen oder sich dabei beraten lassen. Bei der Implementierung des Gesamtsystems ist ebenfalls einige Programmiererfahrung notwendig. Jedoch birgt in einem Entwicklungsprojekt die Implementierung des Analysealgorithmus oft das größte Risiko, welches durch den Einsatz der künstlichen Intelligenz schon in der frühen Phase der Machbarkeitsstudie weitgehend getestet und abgeschätzt werden kann.

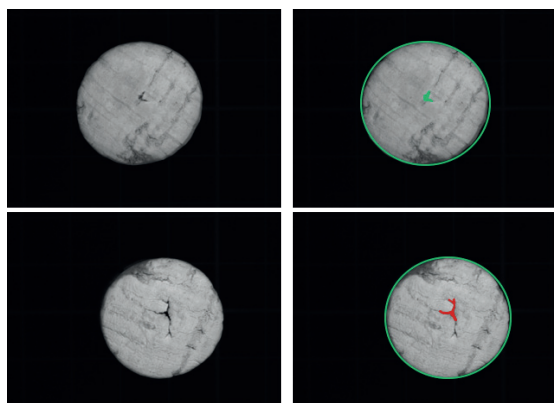
WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung



Originalaufnahmen (links) und Analyseergebnisse (rechts) mit positivem Ergebnis (oben) und negativem Ergebnis (unten)

Ein Beispiel, wie Bildverarbeitung mit künstlicher Intelligenz sehr erfolgreich eingesetzt werden kann ist die Korken-Überprüfung (siehe Abbildung rechts). Wichtige Qualitätskriterien dabei sind, dass die Korken möglichst kreisförmig sind, einen bestimmten Radius innerhalb eines gewissen Toleranzbereichs aufweisen und eine möglichst glatte Oberfläche besitzen. Diese Kriterien erkennen gute Trainingsalgorithmen nach Analyse von Gut- und Schlecht-Teilen selbstständig. Der Erkennungsalgorithmus wendet diese Kriterien nun auf neu produzierte Korken an, indem er die Außenkanten des Korkens bestimmt, um zu prüfen, ob sie ausreichend genau dem Soll (grüner Kreis) entsprechen. Außerdem erkennt der Algorithmus besonders dunkle Bereiche auf der Oberfläche und bewertet sie unter anderem über die Anzahl der zusammenhängenden Dunkel-Pixel. Der obere



Korken hat in der Mitte einen kleinen dunklen Bereich, jedoch ist der so klein, dass er für „in Ordnung“ befunden wird. Der untere Korken hingegen weist eine größere Kerbe in der Oberfläche auf und das System bewertet ihn daher zuverlässig als Ausschuss.

Vorteile

Zuverlässige Prüfung von komplexen oder sehr variablen Objekten möglich

Entwicklung des Analysealgorithmus ist extrem beschleunigt

Vorteile bei der Beurteilung von natürlichen stark strukturierten Objekten

geringes Risiko in der finalen Umsetzung

Nachteile

Software-Anbindung der Peripherie muss programmiert werden

Komponenten zur Bildaufnahme müssen manuell aufeinander abgestimmt werden,

Langfristige Bindung an den Systemintegrator, da Software meist schwer nachvollziehbar, bzw. interner Kompetenzaufbau notwendig ist

Einhaltung strikter Messwerte und Toleranzen schwieriger umzusetzen

Entwicklung erfordert erfahrene Programmierer

05.3 | SMART CAMERAS UND GRAPHISCHE PROGRAMMIERUNG

Kriterium	Eigenschaft
Hardware	Smart Camera: integriert Kamera, Recheneinheit & oft auch Beleuchtung
Entwicklungsansatz	Algorithmen werden in graphischer Benutzeroberfläche aus fertig implementierten Verarbeitungsschritten per Computermaus zusammengestellt und über Parameter lediglich konfiguriert.
Algorithmen zur Bildanalyse	Breite Auswahl an Methoden zur Bildvorverarbeitung und Analyse (je nach gewähltem Softwareprodukt)
Kompetenzbedarf	Ingenieure mit bis zu 3-tägiger Schulung, je nach Kompetenz zu Methoden der Bildverarbeitung
Wirtschaftliche Anwendungen	Geometrisches Vermessen von Biege-, Stanz-, und Frästeilen Verifikation des Drucks auf Verpackungen An-/Abwesenheitsüberprüfung von Elementen Identifikation über Text, Strichcodes oder 2D-Codes

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung

Bei dieser Systemarchitektur entfällt dank der komplett zusammengestellten Smart Cameras die Abstimmung von Kamera, Optik und Verarbeitungseinheit. Zudem ist meist bereits eine Beleuchtung in die Kamera integriert, die für verschiedenste Anwendungsfälle ausreichend ist. Viele Anbieter liefern zu Ihren Smart Cameras auch Softwareentwicklungsplattformen auf

Basis der so genannten Graphischen Programmierung mit, was folgende technischen und wirtschaftlichen Vorteile gegenüber der klassischen Programmierung in Hochsprachen wie C++ oder C# bietet:

Software | Die Softwareanbindung einer breiten Auswahl an Kamera- und Steuerungshardware ist bereits erfolgt und einsatzbereit.

Hardware | Falls darüber hinaus weitere Hardwarekomponenten angeben werden müssen, ist dies über klar strukturierte Softwareschnittstellen möglich.

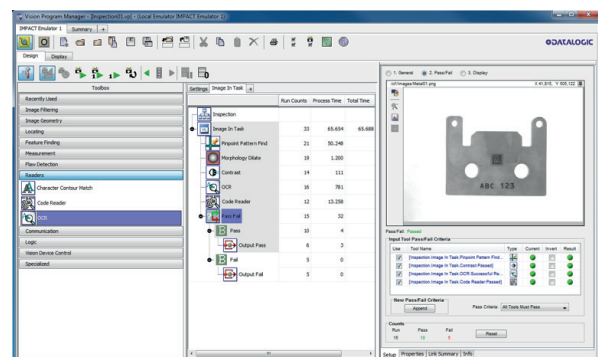
Entwicklungskosten | Der größte Zeit- und Kostenvorteil dieser Lösungen ist, dass Bildverarbeitungsalgorithmen nicht mehr Zeile für Zeile in Programmiersprachen geschrieben werden müssen. Vielmehr werden sie „graphisch programmiert“, d.h. der Entwickler wählt per Computermaus oder Touch-Bedienung elementare Bildverarbeitungsfunktionen aus einem Menü aus und zieht sie in ein Ablaufdiagramm. Jeder Funktionsblock führt eine dokumentierte Operation auf dem Bild aus und kann über spezifische Parameter konfiguriert werden. Aus dieser Verkettung entstehen binnen weniger Stunden bei Bedarf hoch-komplexe Algorithmen, welche die darunterliegende Softwarearchitektur automatisch zur Ausführung auf gängige Multi-Kern-CPU's optimiert. Die drastische Reduktion der Entwicklungszeiten ist bereits in der Phase der Machbarkeitsstudie extrem hilfreich, da mit vergleichsweise geringem Aufwand eine erste Version des Analysealgorithmus umgesetzt und evaluiert werden kann.

Softwareplattformen mit grafischer Programmieroberfläche sollten folgende Merkmale aufweisen:

- Breites Portfolio an Standard-Hardware ist bereits angebunden
- Flexible & dokumentierte Schnittstellen zur Anbindung weiterer Hardware
- Breites Spektrum an Bildverarbeitungsfunktionen mit umfassenden Parametereinstellungen
- Komfortable Entwicklungsumgebung für Algorithmen
- Modul zur Evaluierung der Analyseergebnisse
- Komfortable Entwicklungsumgebung für grafische Benutzerschnittstellen zur Ausgabe der Analyseergebnisse, Statistik & Parametereinstellung
- Möglichkeit zur Ausführung der Software auf Smart Cameras & Bildverarbeitungs-PCs

Einfacher Zugriff | Bestimmte Plattformen bieten zudem eine komfortable Design-Umgebung für die Grafische Benutzeroberfläche (GUI). Sie kann dem Endkunden beispielsweise den aktuellen Systemstatus, Analyseergebnisse und -statistiken anzeigen und ihm Zugriff auf wichtige Parameter des Systems geben. Die Umsetzung der GUI ist selbst beim Einsatz moderner Bibliotheken in höheren Programmiersprachen äußerst aufwendig und erfordert einige Erfahrung des Programmierers.

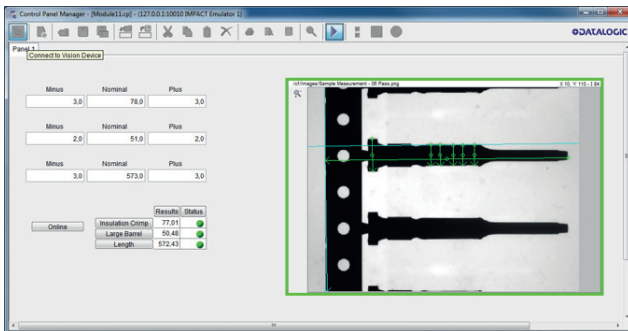
Dokumentation | Bei der klassischen Softwareentwicklung wird das Thema Dokumentation oft vernachlässigt. Ein weiterer Vorteil der Grafischen Programmierung ist die deutlich einfachere Nachvollziehbarkeit der genutzten Algorithmik, was eine nachträgliche Weiterentwicklung ermöglicht.



Beispiel einer Softwareplattform zur Grafischen Programmierung mit implementiertem Algorithmus für die Vermessung, Texterkennung und 2D-Code-Erkennung

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung



Benutzeroberfläche eines Systems zur Überprüfung von Metalldübeln, die mit Grafischer Programmierung erstellt & an den Analysealgorithmus angehängt wurde

Dieser Systemansatz erlaubt im Vergleich zu allen anderen eine besonders schnelle Umsetzung, teilweise innerhalb weniger Stunden, mit geringem Risiko und erfordert am wenigsten Erfahrung in den Methoden der industriellen Bildverarbeitung.

Ein gewisser Nachteil entsteht durch die mitunter eingeschränkte Auswahl an verwendbaren Kameras bezüglich Bildauflösung und Aufnahmegeschwindigkeit. Der Einsatz als Multi-Kamera-System kann mit dem Einsatz speziell abgestimmter Bildverarbeitungsprozessoren erreicht werden. In puncto Funktionsumfang bleiben die Softwarebibliotheken für Graphische Programmierung in der Regel hinter den großen Bibliotheken für höhere Programmiersprachen zurück. Da einerseits viel Zeit in der Entwicklung eingespart wird, andererseits die Kosten für die Hardware und Softwarelizenzen höher als bei klassischen industriellen Kameras sind, ist dieser Lösungsansatz insbesondere dann wirtschaftlich, wenn nur eine geringe Anzahl von Systemen umgesetzt werden soll.

Somit eignet sich der Ansatz aus Smart Cameras und Graphischer Programmierung primär für regelbasierte Erkennungsverfahren sowie für Mess-, Codelese-, oder Schrifterkennungsaufgaben. Diese treten zum einen dann auf, wenn es um die Identifikation von Verpackungen, Bauteilen oder ganzen Baugruppen geht. Auf-

grund dessen, dass Elektronik-Komponenten, wie Halbleiterchips, Platinen oder Displays, sehr präzisen Vorgaben entsprechen müssen, lassen sich mit Graphischer Programmierung besonders effektiv Prüf- und Mess-Algorithmen erstellen, die die Konformität eines produzierten Bauteils mit seiner Spezifikation sicherstellen. Kapitel 6 zeigt noch einmal die wichtigen Entscheidungskriterien, welcher Bildverarbeitungsansatz für spezifische Produktionsherausforderungen geeignet ist.

Die Abbildung unten zeigt die Benutzeroberfläche eines Systems zur Verifikation von LCD Displays als Beispiel für den Einsatz eines Smart Camera basierten Ansatzes.

Bei der Prüfung wird das Display so angesteuert, dass sämtliche Anzeigeelemente leuchten. Die Kamera nimmt daraufhin unter definierten Beleuchtungsbedingungen das Display auf und das System übergibt das Bild dem Analysealgorithmus. Dieser prüft jedes geforderte Anzeigeelement dahingehend, ob es vorhanden ist, ausreichend hohen Kontrast zum Hintergrund liefert und im richtigen Farbbereich aufleuchtet. Hierzu wurden insgesamt 55 sogenannte „Regions of Interest“ definiert, in 9 durch grüne Rechtecke über dem Display dargestellt. Für jedes Rechteck existiert ein Satz von Regeln, denen das zu analysierende Display entsprechen muss, um die Qualitätsprüfung zu bestehen.

Die Abbildung unten zeigt die Benutzeroberfläche eines Systems zur Verifikation von LCD Displays als Beispiel für den Einsatz eines Smart Camera basierten Ansatzes. Bei der Prüfung wird das Display so angesteuert, dass sämtliche Anzeigeelemente leuchten. Die Kamera nimmt daraufhin unter definierten Beleuchtungsbedingungen das Display auf und das System übergibt das Bild dem Analysealgorithmus. Dieser prüft jedes geforderte Anzeigeelement dahingehend, ob es vorhanden ist, ausreichend hohen Kontrast zum Hintergrund liefert und im richtigen Farbbereich aufleuchtet. Hierzu wurden insgesamt 55 sogenannte „Regions of Interest“ definiert, in 9 durch grüne Rechtecke über dem Display dargestellt. Für jedes Rechteck existiert ein Satz von Regeln, denen das zu analysierende Display entsprechen muss, um die Qualitätsprüfung zu bestehen.

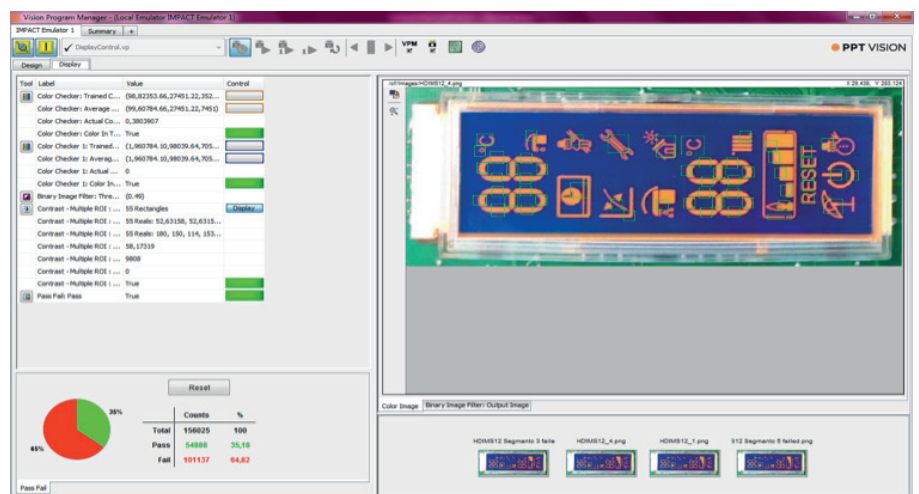


Abb 05 | Prüfung von LCD Displays nach An-/Abwesenheit, Kontrast & Farbe von Anzeigesegmenten

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung



Vorteile

Keine Programmierkenntnisse erforderlich
Sehr geringer Implementierungsaufwand für Algorithmen & graphische Benutzeroberflächen
Implementierung ist leicht nachvollziehbar und erfordert nur wenig Dokumentation
Geringes Zeit- & Kosten-Risiko aufgrund gut abschätzbarer Aufwände
Kamera, Objektiv und Processing optimal aufeinander abgestimmt

Nachteile

Funktionsumfang ist eingeschränkt
Erweiterung erfordert Programmierkenntnisse
Kosten für Hardware und Lizenzen sind höher
Auswahl an Kameramodellen ist eingeschränkt

05.4 | BESONDERER VORTEIL: SMART CAMERA SYSTEME ZUM MULTI-CAMERA EINSATZ

Einige Anbieter von Smart Camera Systemen bieten zusätzlich auch geeignete Bildverarbeitungsprozessoren. Somit kann der System-Designer selbst nach Implementierung des Algorithmus noch ohne großen Mehraufwand entscheiden, auf welcher Hardware die Software ausgeführt werden soll.

In der industriellen Automatisierung gibt es häufig Anwendungen bei denen der Einsatz von mehr als einer Kamera sehr hilfreich oder sogar notwendig ist:

Fall 01 | Das zu untersuchende Objekt ist zu groß für eine Kamera. Beispielsweise bei der Inspektion von Solar-Panels, großen Bildschirmen, oder breiten Bahnen von Textilien gibt es oft keine wirt-

schaftliche Kameras, die eine hohe Auflösung und hohe Aufnahmegeschwindigkeit liefert. Hier ist oft die einzige Lösung, mehrere Kameras einzusetzen und sie so anzuordnen, dass sie das Objekt vollständig erfassen.

Fall 02 | Gleichzeitige Betrachtung eines Objektes aus mehreren Blickwinkeln. Dies kann dazu dienen, das Objekt 3-dimensional zu vermessen oder um schlicht seine Oberfläche und Konturen von mehreren Seiten gleichzeitig zu prüfen.

Fall 03 | Aufnahme eines Bereiches mit unterschiedlichen Auflösungen. Bei kamerageführten Robotern liefert eine Kamera mit einem breiten Sichtfeld die grobe räumliche Orientierung und Absicherung während meist eine weitere Kamera präzise den Arbeitspunkt des Werkzeugs erfasst, mit dem der Roboter seinen Zweck erfüllen soll.

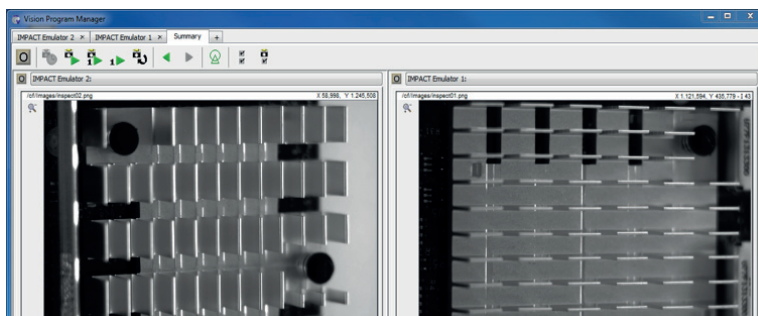


Abb 06 | Überprüfung von Kühlrippen durch gleichzeitige Betrachtung aus zwei Blickrichtungen

Fall 04 | Zentrale Verarbeitung der Kameraaufnahmen von verschiedenen Stellen im Produktionsprozess.

In einer Produktionsanlage werden an mehreren Stellen Kameras zur Automatisierung eingesetzt, die Bildauswertung geschieht jedoch in einer zentralen Recheneinheit.

Die Implementierung eines Bildverarbeitungssystems mit mehr als einer Kamera ist aus verschiedener Hinsicht eine besondere Herausforderung. Meist multipli-

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung



ziert sich durch den Einsatz mehrerer Kameras die Datenmenge pro Zeiteinheit, wodurch es umso wichtiger ist, dass das Softwaresystem die verfügbare Rechenleistung der Verarbeitungseinheit optimal auszunutzen vermag. In den o.g. Fällen 1, 2 und 3 müssen zudem die Aufnahmen der Kameras absolut synchron ausgelöst, ausgelesen und einander zugeordnet werden. Was möglicherweise trivial klingt, stellt Programmierer in Höheren Programmiersprachen jedoch vor beträchtliche Herausforderungen.

Es gibt jedoch Software-Frameworks mit Graphischer Programmie-

rung, die auch die Fallstricke bei der Umsetzung von Multi-Kamerasystemen so gut beseitigt haben, dass sich auch hier die System- und Algorithmen-Entwicklung rein grafisch, mit geringem Aufwand und sehr niedrigem Kostenrisiko lösen lassen. In Anbetracht dieser Vorteile verzichten mehr und mehr erfahrene Programmierer bei Multi-Kamera-Systemen gern auf die letzten Kontroll- und Optimierungsmöglichkeiten einer selbstentwickelten Anwendung, z.B. in C++, und bedienen sich stattdessen der Vorzüge Graphischer Programmierung auf dedizierten Bildverarbeitungs-PCs mit Smart Cameras.

AUSWAHLKRITERIEN ZUR SYSTEMENTSCHEIDUNG

	Industrielle Kamera + klassische Programmierung	Industrielle Kamera + Künstliche Intelligenz	Smart Camera + Graphische Programmierung
Systemspezifikation			
Komponenten zur Bildaufnahme	Industrielle Kamera, Objektiv, Beleuchtung	Industrielle Kamera, Objektiv, Beleuchtung	Smart Camera (Objektiv & Beleuchtung integriert)
Verarbeitungshardware	Industrie-PC	Industrie-PC	Smart Camera
Software	Höhere Programmiersprachen mit überwiegend kostenlosen Bibliotheken.	Höhere Programmiersprachen mit Lösung zum maschinellen Lernen & Erkennen.	Bibliotheken mit grafischer Programmierungsumgebung.
Primäre Einsatzfelder			
Anzahl Systeme, die produziert werden sollen	Mittel bis hoch (> 20), abhängig von dem erhöhten Entwicklungsaufwand gegenüber anderen Ansätzen.	Mittel, 20 bis 100	Gering, 1 bis 20
Anwendungen	Serienprodukte, die Bildverarbeitung verwenden, wie z.B. Automaten zur Leiterplattenbestückung, Pfandrücknahme, Geldscheinüberprüfung, etc.	Erkennung von Defekten, Abnormitäten, Analyse von hochvariablen Natur-Produkten, wie z.B. Lebensmittel.	Überprüfung von Regeln, wie optische Vermessung, An-/Abwesenheitserkennung von Merkmalen, Code- und Schrifterkennung.

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung



AUSWAHLKRITERIEN ZUR SYSTEMENTSCHEIDUNG

	Industrielle Kamera + klassische Programmierung	Industrielle Kamera + Künstliche Intelligenz	Smart Camera + Graphische Programmierung
Entwicklung			
Zeitaufwand / Kosten	Sehr hoch und zumeist schwer abschätzbar.	Mittel. Erkennungsalgorithmik bereits gelöst, Hardware- & Softwareschnittstellen müssen implementiert werden.	Gering. Vielfältige Verarbeitungsbau- steine & Schnittstellen bereits imple- mentiert.
Kompetenz- bedarf	Jahrelange Erfahrung in der Soft- wareentwicklung, Algorithmen-Ent- wicklung & Bildverarbeitung.	Grundkenntnisse in Maschinellern Lernen plus wenige Schulungstage.	Grundkenntnisse von Programmie- rung & Bildverarbeitung plus wenige Schulungstage.
Risiko	Sehr hoch bei komplexen Soft- warearchitekturen & -algorithmen.	Gering. Aufwand bereits nach Mach- barkeitsstudie gut abschätzbar.	Gering. Aufwand bereits nach Mach- barkeitsstudie gut abschätzbar.
Software			
Auswahl an Algorithmen	Unbegrenzt durch vielfältige frei ver- fügbare Bibliotheken bis zur Entwick- lung eigener Algorithmen.	Beschränkt auf das Angebot der Software-Lösung.	Beschränkt auf das Angebot der Software-Lösung. Teils durch höhere Programmiersprachen erweiterbar.
Anbindung exter- ner Schnittstellen	Unbegrenzt	Beschränkt auf Angebot der Soft- ware-Lösung. Teils durch höhere Programmiersprachen erweiterbar.	Beschränkt auf das Angebot der Software-Lösung. Teils durch höhere Programmiersprachen erweiterbar.
Lizenzkosten	Oft gering, abhängig von verwen- deten Bibliotheken.	Hoch	Meist in Hardwarekosten inbegriffen.
Hardware			
Kosten	Können auf tatsächliche Anforderun- gen begrenzt werden.	Können auf tatsächliche Anforderun- gen begrenzt werden.	Höher als bei klassischen Komponen- ten. Dafür reduzierte Entwick- lungskosten.
Anforderungen Rechenleistung	Abhängig von den verwendeten Al- gorithmen.	Eher hoch durch komplexe Merk- malsextraktion & Mustererkennung.	Eher gering bei einfacher Bildanalyse & regelbasierte Erkennung.
Gesamtkosten			
Gesamtkosten	Eher hoch durch aufwändige Ent- wicklung mit teuren Programmierern.	Getrieben durch Entwicklung mit Programmierern. Reduziert durch schnelle Umsetzung der Bildanalyse.	Höhere Hardware-Kosten meist mehrfach kompensiert durch sehr geringen Entwicklungsaufwand.

WHITE PAPER

Produktionsautomatisierung mit Bildverarbeitung



Stefan Waizmann
Head of Product Management

06 | SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Entscheidung über den geeigneten Ansatz führt somit primär über die Berücksichtigung der Anforderungen der Anwendung, der Verfügbarkeit von erfahrenen Entwicklern von Bildverarbeitungssystemen sowie der anvisierten Balance aus Entwicklungs- versus Produktionskosten eines Systems.

Die komplexe Antwort auf die Frage „Welches System verwende ich für meine Automatisierung?“ orientiert sich somit an folgenden Kernfragen:

- 1 Was soll vermessen / geprüft werden?
- 2 Nach welchen Kriterien prüfe ich?
- 3 Steht Know-How in der Bildverarbeitung zur Verfügung?
- 4 Verfüge ich über geeignete Programmierer?
- 5 Wieviele gleichartige Systeme sollen in Betrieb gehen?
- 6 Wie schnell muß das System produktiv sein?

Geht es um die Identifikation von Objekten mittels Texterkennung, Strich-Code oder 2D-Code und um die Überprüfung von geometrischen oder farblichen Spezifikationen, dann sind Smart Cameras und Graphische Programmierung meist die bei weitem günstigste, schnellste und zukunftssicherste Lösung. Gleiches gilt für die Untersuchung einfacher Oberflächen auf Defekte.

Sollen Naturprodukte wie Obst, Gemüse, Fleischwaren, Backwaren oder ähnliches nach Form, Größe, Farbe oder Defekten klassifiziert werden, so liefern hoch-entwickelte Software-Werkzeuge mit selbstlernenden Algorithmen aus der Welt der Künstlichen Intelligenz eine sehr schnelle und zuverlässige Lösung. Dieser Ansatz ist auch optimal, wenn eine regelbasierte Überprüfung von sehr komplexen Bauteilen selbst mit Graphischer Programmierung zu aufwändig wäre. Auch hier kann die Künstliche Intelligenz defekte Teile nach einem Training mit Positiv-Beispielen zuverlässig erkennen.

Wann immer besonders hohe Anforderungen an Geschwindigkeit, Algorithmik oder Hardware gestellt werden, kann es jedoch trotz der oben genannten Möglichkeiten notwendig sein, auf die klassische Programmierung mit höheren Programmiersprachen zurückzugreifen.

Oft sind Produktionsmanager und Prozessingenieure gewillt, ihre Produktionsanlagen mit Bildverarbeitung zu automatisieren, jedoch mangelt es immer wieder an Entwicklern mit Kompetenzen in Programmierung und Bildverarbeitung. Ohne diese Fähigkeiten lässt sich kein Bildverarbeitungssystem mit höheren Programmiersprachen umsetzen. Distributoren mit technischer Expertise stehen beratend zur Seite, wenn es um die Auswahl der richtigen Hardware geht und bieten spezielle Schulungen an, um Prozessingenieure innerhalb weniger Tage in die Lage zu versetzen, mit Smart Camera-basierten Ansätzen ihre eigenen Systeme schnell zu implementieren. ■

ÜBER FRAMOS | Für FRAMOS ist Bildverarbeitung nicht nur technische Disziplin, sondern Faszination, Zukunft und Mission zugleich. Seit seiner Gründung 1981 hat sich FRAMOS als führender Anbieter von Technologie für die industrielle, wissenschaftliche und medizinische Bildverarbeitung etabliert. An unserem Hauptsitz in München und fünf weiteren Niederlassungen weltweit können Lieferanten, Systemintegratoren und Forscher Bildverarbeitungstechnologien nutzbringend anwenden. Unser Team mit insgesamt 60 Mitarbeitern bietet ein umfangreiches Portfolio an Bildverarbeitungskomponenten, technischer Beratung und Support. Dank unserer langjährigen Erfahrung in der Branche können wir Engineering-Lösungen sowohl für maßgeschneiderte Kameraentwicklungen als auch komplett schlüsselfertige Lösungen anbieten. Der Innovations- und Entwicklungsgeist der ersten Stunde steckt bis heute in unserem Unternehmen.

KONTAKT | Stefan Waizmann | Leiter Produktmanagement
s.waizmann@framos.com | FRAMOS GmbH