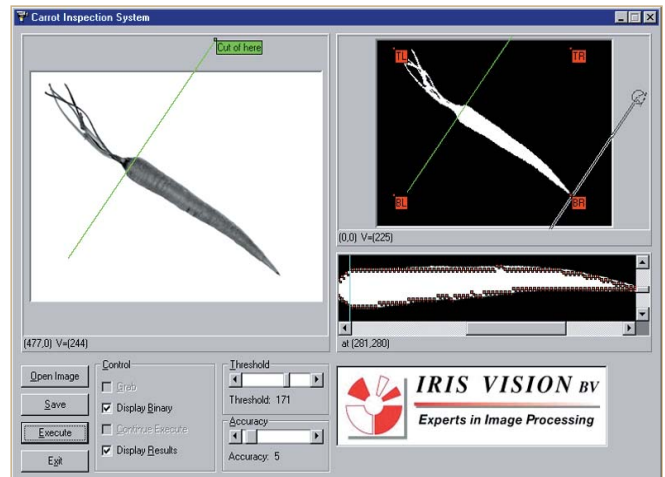


► »Rübe ab!« per Bildverarbeitung

Ist es möglich, Karotten mit Hilfe von Bildverarbeitungs-Systemen automatisiert zu verarbeiten und eine Schnittkante für die Abtrennung des Grünanteils zu bestimmen? Bei Iris Vision in Holland wurde eine Machbarkeitsstudie zur Beantwortung dieser Frage durchgeführt. Das Ergebnis: Hard- und Software sind in der Lage, diese Aufgabe in der geforderten Geschwindigkeit und Genauigkeit zu lösen.

Die Ernte und Weiterverarbeitung von Gemüse wird heute noch weitgehend manuell durchgeführt. Diese Tätigkeiten sind nicht nur für die Beschäftigten meist eintönig und zum Teil gesundheitsschädigend, sie haben aufgrund des hohen Personalkostenanteils auch einen maßgeblichen Einfluss auf die Preise der Endprodukte. In Holland hat sich der dortige Distributor des Software-Konzepts Common Vision Blox, die Firma Iris Vision Bildverarbeitung mit Sitz in Etten-Leur, daher mit der Frage beschäftigt, inwieweit Bildverarbeitungs-Systeme in diesem Bereich eingesetzt werden könnten.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurde dabei exemplarisch untersucht, ob Bildverarbeitungs-Systeme in der Lage sind, bei einer automatisierten Weiterverarbeitung von Karotten die Schnittkante für das Kapfen des grünen Kopfes zu erkennen. Wird dabei zu wenig abgeschnitten, so verbleibt unerwünschtes Grün an der Karotte, wird hingegen zu viel gekürzt, so hat dies einen negativen Einfluss auf die Produktivität des Prozesses.



Die grafische Bedienoberfläche der Applikation



Unterschiedliche Karotten-Typen

► Die Spezifikationen

Um möglichst realitätsnahe Bedingungen zu schaffen, wurde ein Förderband zum Transport der Karotten an das Bildverarbeitungs-System verwendet. Darauf wurden vorher gewaschene Rüben mit einer Länge zwischen 150 und 300 mm in beliebiger Drehlage gelegt und an der Kamera vorbeigeführt. Als weitere Randbedingungen wurde gefordert, dass der abzuschneidende Teil der Karotte nicht mehr als 10 % der Gesamtlänge und kürzer als 3 cm sein sollte, was durch einen vorgeschalteten Prozess sichergestellt werden könnte. Die Anforderung an die Geschwindigkeit lag bei 20 Karotten/s.

»Da die Rüben in jeder beliebigen Position auf dem Transportband liegen können, besteht die erste Aufgabe im Produktionsablauf darin, die Rotationslage der Karotten zu erkennen«, erläutert Dietmar Serbée von Iris Vision die Vorgehensweise. Der Vertriebsleiter von Iris Vision war Hauptverantwortlicher für die Durchführung der Studie. »Im nachfolgenden Schritt muss dann die Stelle erkannt werden, an der der grüne Teil abgeschnitten werden soll«, so Serbée weiter.

Das charakteristische Merkmal des Karottenkopfes ist die maximale Dicke senkrecht zur Längsachse. In Richtung des grünen Endes nimmt die Dicke von dort aus deutlich schneller ab als in Richtung der Wurzel. Der Algorithmus sucht daher die Position der Schnittkante an dieser schnell abnehmenden Seite.

Die Arbeitsschritte zur Erkennung der Schnittkante sind also:

1. Erkenne die Rotationslage der Karotte
2. Verfolge die Dicke der Rübe entlang der Längsachse und finde die dickste Stelle
3. Messe die Dickenabnahme auf beiden Seiten der maximalen Dicke
4. Der Punkt mit der maximalen Dickenabnahme ist die grobe Schneidkantenposition
5. Berechne durch eine Genauigkeitskorrektur die exakte Schneidkante



► Mit der richtigen Software zum Ziel

»Gelöst haben wir dieses Problem auf der Software-Seite unter Zuhilfenahme der beiden CVB-Tools Blob und Edge aus dem Bildverarbeitungs-Werkzeugkasten von Common Vision Blox«, erläutert Serbée den Lösungsansatz. Dieses Quasi-Betriebssystem für die Bildverarbeitung wurde von der STEMMER IMAGING GmbH in Puchheim entwickelt, um eine standardisierte und offene Plattform für die schnelle und flexible Erstellung von Bildverarbeitungsapplikationen zu schaffen. Mit den mittlerweile über 30 Tools von Common Vision Blox ist nahezu jedes Problem der industriellen Bildverarbeitung lösbar.

Das Tool CVB Blob ist in der Lage, die Form eines Objekts, das aus zusammenhängenden Pixeln besteht, zu berechnen. Dabei liefert Blob nicht nur den Schwerpunkt, das kleinste Objekt-umfassende Rechteck, den Umfang und die Fläche, sondern auch das minimale und maximale Moment des Objekts. Das Verhältnis zwischen diesen beiden Momenten legt fest, ob das Objekt eine bestimmte Orientierung hat oder nicht. Sind beide Momente gleich groß, wie bei einem Kreis, so hat das Objekt keine Orientierung.

► Industrietaugliche Realisierung

Bei der Realisierung der Machbarkeitsstudie wurde eine CCIR-Industriekamera des Typs M10 BX mit einer Auflösung von 768 x 572 Pixeln des dänischen Herstellers JAI und eine PCI-Bilderfassungskarte PCVision von DALSA Coreco für die Bildakquisition eingesetzt. »Die so erfassten Bilder werden im ersten Schritt der Applikation als Graustufen-Bild im linken oberen Fenster des Graphical User Interface gezeigt«, erklärt Entwickler Serbée. »Durch die Umwandlung des Bildes anhand eines vorher festgelegten Graustufen-Schwellwerts, der von der Art der verwendeten Beleuchtungstechnik abhängt, entsteht daraufhin ein Schwarz-Weiß-Bild mit einer »weißen« Karotte. In diesem Arbeitsschritt wird außerdem mit Hilfe von CVB Blob die Position der Karotte durch die Berechnung des Schwerpunkts zurückgegeben und das umgebende Rechteck im rechten oberen Fenster des GUI dargestellt.«

Anschließend berechnet CVB Blob die Momente des Objekts, um über das maximale Moment die Rotationslage der Karotte zu finden. Im unteren rechten GUI-Fenster ist das ausgerichtete Bild zu sehen. Senkrecht zur Längsachse wird im nächsten Schritt eine kleine Region of Interest (ROI) definiert, die in einstellbaren Schritten an der Karotte entlang geführt wird. Innerhalb dieses Fensters sucht CVB Edge nach Kantenpaaren, die sich aus den Übergängen von Schwarz nach Weiß und zurück ergeben, und speichert die zugehörigen Abstände zwischen diesen Punkten. Im Bereich des größten Abstandswerts wird eine weitere ROI definiert, in der die

Im Fall der Karotteninspektion erkennt CVB Blob zunächst die Begrenzungslinie der Karotte und berechnet daraus die Momente zur Bestimmung der Drehlage. »Eine Karotte wird aufgrund ihrer üblichen Form in der Regel ein minimales Moment haben, das deutlich kleiner ist als das maximale Moment, das der Längsachse der Karotte entspricht«, so Serbée. »Somit lässt sich mit Hilfe von CVB Blob die Rotationslage der zu untersuchenden Karotten bestimmen.«

Das Common Vision Blox-Tool Edge ermöglicht es, die Kanten eines Objekts auf der Basis seiner Grauwerte und denen des Hintergrunds zu bestimmen. Ein Standard-Algorithmus dieser Software erkennt dabei zwei gegenüberliegende Kanten und berechnet den Abstand zwischen diesen beiden Punkten mit einer Genauigkeit, die optional im Sub-Pixel-Bereich liegt. Diese Abstände werden gespeichert und erlauben die Erkennung des maximalen Karottendurchmessers, der dem Kopf der Karotte entspricht, sowie die Berechnung der Dickenabnahme von dieser Stelle aus. CVB Edge löst somit die Arbeitsschritte 2 und 3.

Software nach der schnellsten Dickenabnahme sucht. An diesem Punkt, der noch um eine festgelegte Distanz korrigiert wird, setzt später das Messer an und schneidet den grünen Anteil der Karotte ab. Diese Korrektur erlaubt einen Sicherheitsanteil, um auszuschließen, dass doch ein grüner Anteil an der Karotte bleibt.

Die Genauigkeit dieser Vorgehensweise wird von der Breite der ROI bestimmt, in der nach der schnellsten Dickenabnahme gesucht wird, und von den Abständen der Schritte, in denen die ROIs gesetzt werden. Je schmaler die ROIs und je geringer ihre Abstände zueinander sind, desto höher ist die Genauigkeit. Natürlich hat eine verbesserte Genauigkeit gleichzeitig eine Verlangsamung der gesamten Applikation zur Folge.

► FAKTEN

Industriebereich:	Lebensmittelindustrie
Aufgabe:	Automatische Verarbeitung von Karotten
Hardware:	■ Kameras M10 BX (JAI) ■ Frame Grabber PCVision (DALSA Coreco)
Software:	■ Common Vision Blox Image Manager und CVB-Tools Edge, Blob (STEMMER IMAGING)
Distributor:	Iris Vision, Holland



► Zeitaufwendige Orientierungsberechnung

Die Tests zur Überprüfung der korrekten Funktion des Algorithmus wurden mit zwei verschiedenen Systemen durchgeführt:

- System A: Intel Pentium Pro 200 MHz, 64 MByte Speicher
 - System B: Intel Pentium III 500 MHz, 128 MByte Speicher
- Beide Systeme arbeiteten als Windows NT Workstation 4.0 mit Service Pack 5. Als Software kamen Common Vision Blox in der Version 1.4 und Microsoft Visual Basic in der Version 5.0 zum Einsatz.

Tabelle 1 zeigt die Benchmarks für die verschiedenen Schritte. Sie wurden mit einer Auflösung von 25 Pixel pro ROI durchgeführt.

Aus dieser Aufstellung wird zum einen ersichtlich, dass keines der beiden Systeme die geforderte Geschwindigkeit von 20 Karotten pro Sekunde ohne eine weitere Optimierung erreicht. Zum anderen zeigen die Messwerte, dass rund 85 Prozent der benötigten Rechendauer auf die Erkennung der Rotationslage der Karotte, d.h. das Auffinden des Objekts und die Berechnung der Momente, entfallen.

Um diese Werte zu optimieren und die Geschwindigkeitsspezifikation einzuhalten, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Wenn die Karotten statt in jeder beliebigen Winkellage in einer vorher bekannten Position überprüft werden können, reduziert sich die Rechenzeit auf weniger als 50 ms, da die rechenintensiven Algorithmen für die Bestimmung der Flächen und Momente in diesem Fall hinfällig sind. Auf diese Weise ist also eine Überprüfung von 20 Karotten pro Sekunde möglich.

► Zusammenfassung

Die Machbarkeitsstudie zeigt, dass es ist mit Hilfe von industrieller Bildverarbeitung möglich ist, die Schnittkante zum Abtrennen des Grünanteils an Karotten zu bestimmen.

Das auf Common Vision Blox basierende Demonstrations- bzw. Evaluierungsprogramm arbeitete ohne Optimierungsmaßnahmen robust und leistete die geforderte Schnelligkeit von 20 Karotteninspektionen pro Sekunde bereits ohne Software-Optimierung, wenn die Objekte vor der Bildverarbeitungsstation in eine festgelegte Drehlage gebracht werden. Dies wäre durch mechanische Vorrichtungen auf einfach Weise möglich.

Die Hardware-Komponenten (Kamera JAI M10 und Frame Grabber PCVision von DALSA Coreco) waren für die Lösung der Aufgabenstellung geeignet und lieferten die benötigte Auflösung, um die geforderte Genauigkeit zu erreichen. Beide Komponenten werden von Common Vision Blox unterstützt.

ROTATION IN GRAD	0° ZEIT [ms]	45° ZEIT [ms]	135° ZEIT [ms]
PENTIUM PRO 200			
Blob und Momente	896	885	896
Kantenerkennung	142	207	174
Schnittkantenerkennung	18	42	35
Gesamtzeit	1056	1134	1105
PENTIUM III			
Blob und Momente	395	390	451
Kantenerkennung	44	102	82
Schnittkantenerkennung	7	17	14
Gesamtzeit	446	509	547

Auch bei der Software selbst ist noch Potential für weitere Geschwindigkeitssteigerungen vorhanden: »Das Demonstrationsprogramm ist in Visual Basic geschrieben und nicht Geschwindigkeitsoptimiert«, erklärt Serbée. Nach seiner Schätzung lässt sich hier nochmals eine Reduzierung um rund 10 bis 20 Prozent der Rechenzeit erreichen, wenn das System in C++ implementiert wird.

Die geforderte Genauigkeit wurde bei allen Tests erreicht. Um die Schnelligkeit bei erhöhten Anforderungen noch weiter zu verbessern, wäre es daher auch möglich, die Größe der ROI und die Schrittgröße noch weiter zu erhöhen, was ebenfalls zu einer besseren Leistung führen würde.

Das vorgestellte Demonstrationssystem ist derzeit noch zur Evaluierung beim Kunden und wird dort weiterentwickelt. »Wir sind zuversichtlich, dass dieses System seine Leistungsfähigkeit schon bald im industriellen Einsatz unter Beweis stellen kann«, betont Dietmar Serbée.

► UNSER PARTNER IRIS VISION

IRIS VISION wurde 1996 in Holland gegründet und bietet eine breite Palette an Produkten für die Bildverarbeitung und Machine Vision von führenden Herstellern. IRIS ist Experte für die Integration von Vision-Komponenten in die verschiedensten Applikationen.

Angefangen bei der Beleuchtung und Optik, über die Bildaufnahme und -verarbeitung bis hin zur Auswertung bietet IRIS komplette Lösungen, vom einfachen Frame Grabber bis hin zu komplexen Pipeline-Prozessoren, von der Verarbeitung im PC bis hin zur Hardware-Verarbeitung.

Weitere Informationen: www.iris-vision.nl