

Panta Rhei – Alles fließt

Checker Visionsensor und die Betrachtung der Zeit

Anlässlich der Vision-Fachmesse Ende des Jahres 2007 war die INSPECT Gastgeber einer Podiumsdiskussion zum Thema „Was Sie schon immer über Bildverarbeitungs-Software wissen wollten ...“. Einer der Teilnehmer, Cognex-Gründungsmitglied und Vice President Bill Silver, hat in seiner Schlussrede prognostiziert, dass die Betrachtung von Bewegung und Zeit die maßgebliche Entwicklung der Zukunft sein wird. Die INSPECT hat nun Bill in der Cognex-Zentrale in den USA besucht und hinterfragt, was es damit auf sich hat und was das eigentlich mit dem Cognex Visionsensor Checker zu tun hat.

INSPECT: Bill, Sie sagen dass der Cognex Checker nicht etwa nur ein Visionsensor ist, sondern eine einzigartige neue Technologie darstellt. Ist das nicht etwas dick aufgetragen für ein Produkt, das sich am Low Cost-Ende des Produktspektrums befindet?

B. Silver: Es ist natürlich leicht in Checker das einfache Low Cost System aus dem Hause Cognex zu sehen. Wir hatten In-Sight, das kostet mehr und kann eine Million Dinge tun, und wir wollten etwas Einfacheres und Billigeres. Also haben wir den ganzen überflüssigen Kram weg gelassen und haben jetzt Checker mit ein paar wenigen einfachen Tools und einer wirklich einfachen Installation. Natürlich ist das richtig, aber das ist nicht die ganze Wahrheit. Die ganze Wahrheit ist viel interessanter. Aus meiner Sicht ist Checker ein unglaublicher Bruch mit der Vergangenheit und stellt etwas dar, das – wenn es nach mir geht – in der Zukunft der Bildverarbeitung weit verbreitet sein wird.

Zum Thema Bruch mit der Vergangenheit: ich erinnere mich, dass Sie während der Podiumsdiskussion in Stuttgart zwei maßgebliche Technologieentwicklungen für die Bildverarbeitung prognostiziert haben, die 3D-Technologie und die Zeitanalyse. Würden Sie heute, über ein Jahr später, die gleiche Prognose abgeben?

B. Silver: Das würde ich. Lassen Sie mich etwas zum Thema Bewegung und Zeitanalyse sagen, u.a. auch weil ich dies in den Mittelpunkt meiner Schlussworte gestellt hatte. Ich glaube, dass dies wahrscheinlich das Überraschendste war, was die Zuhörer an die-

sem Tag gehört haben, denn niemand sonst hat bislang darüber gesprochen. Niemand außer mir, und ich will Ihnen erklären warum. Lassen Sie uns 25 Jahre in der Zeit zurück gehen zur Entstehung der industriellen Bildverarbeitung. In der guten alten Zeit waren Bildanalyse und Bildverarbeitung grundsätzlich binär. Nimm einen Schwellwert und Du bekommst ein Binärbild und dann kannst Du Dinge wie Blob und Morphologie anwenden, und das war's dann. Grauwerte waren etwas anrühlich. Ich kann mich erinnern im Jahr 1984 einen Vortrag bei einer Konferenz in Boston darüber gehalten zu haben, warum die Grauwert-Bildverarbeitung eine gute Idee ist. Die Fachzeitschriften sagten damals, Grauwertbildverarbeitung ist reine Zeitverschwendung, wer braucht all diese Grauwerte, schlussendlich geht es doch nur um Objekt oder Hintergrund. Mein Vortrag zeigte auf, das der Grauwert sehr wohl einen Unterschied macht, sogar wenn das Objekt selbst eigentlich binär ist, wie z.B. ein Buchstabe. Ein Buchstabe sollte binär sein: entweder ist Tinte da oder es ist keine Tinte da, richtig? Aber hier kommt das Problem, und dieses Problem ist essentiell für die Bildverarbeitungsgenauigkeit und einer der Gründe, warum mich heute die Bewegungsanalyse interessiert. Sie haben ein Pixelraster und Sie haben ein perfekt binäres Objekt, dessen Kanten dieses Pixelraster in zufälliger Art und Weise schneiden. Deswegen brauchen Sie Grauwerte, denn wenn Sie in den Sub-Pixel-Genauigkeitsbereich



„Ich kann mich erinnern im Jahr 1984 einen Vortrag bei einer Konferenz in Boston darüber gehalten zu haben, warum die Grauwert-Bildverarbeitung eine gute Idee ist.“

vordringen wollen, müssen Sie verstehen, wie diese Kanten das Pixelraster schneiden. Das Pixelraster schränkt Ihre Möglichkeiten grundsätzlich ein. In den frühen Tagen war es sehr umstritten, inwieweit Subpixel-Genauigkeit überhaupt erreicht werden kann. Sogar heute gibt es noch Skeptiker die sagen: „Subpixel-Genauigkeit ist unmöglich, das verletzt das Sampling-Theorem. Wie wollen Sie eine bessere Auflösung erzielen als Ihre Pixelgröße?“. Natürlich haben das die Leute 1983 nicht geglaubt. Es wurden Fachartikel veröffentlicht, die den ganzen Subpixel-Kram als Blödsinn bezeichnet haben. So ähnlich wie Sie über das 40stel Pixel sprachen: ein Mythos

Vom Binärbild bis zum 40stel Pixel ist es noch ein weiter Weg....

„Die einzige Möglichkeit, etwas bahnbrechend Neues zu tun, ist von vorne anzufangen.“

B. Silver: Letztendlich mussten wir natürlich nachweisen, dass es geht und der Schlüssel zur Subpixel-Genauigkeit war der Wechsel von binär zum Grauwert. Der Grund dafür ist, dass man mehr Daten braucht. In einem Binärbild haben Sie praktisch alle Information bereits eliminiert und dann holt Sie die Natur des Pixelrasters ein. Aber von dem Moment an, in dem wir Grauwerte nutzen haben wir Subpixel-Auflösung erreicht. Allerdings war damit das Problem noch nicht ganz gelöst. Mit Algorithmen wie Search suchen wir nach Mustern, die wieder in einem Pixelraster auftreten. Wenn Sie sich also ein Korrelationsmuster ansehen, ist es immer noch ein Pixelraster, auch wenn es in Grauwerten vorliegt. Pixelraster zu verschieben ist einfach, bei einer Verschiebung um ein mal ein Pixel, oder mal fünf Pixel. Schwierig ist es das Muster um 2,5 oder 3,7 Pixel zu verschieben, oder zu drehen. Wenn ein Pixelraster gedreht wird, wenn die Vergrößerung geändert wird, die Skalierung, entstehen notwendigerweise Fehler und wieder ist das Pixelraster das einschränkende Element für Verfahren wie die normalisierte Korrelation. Der Schritt zu PatMax, das ich als geometrischen Mustervergleich bezeichne, ist also ein weiterer Schritt weg vom Pixelraster.

Sobald Sie eine Kamera benutzen haben Sie automatisch ein Pixelraster.

B. Silver: Natürlich startet man mit einem Pixelraster, denn das ist was die Kamera vorgibt. Aber wenn Sie Ihr Korrelationsmodell nicht als Muster sondern grundsätzlich als geometrische Form definieren, die zumindest konzeptionell durch reale Zahlen repräsentiert wird, dann können Sie es plötzlich drehen und alle möglichen Sachen damit machen, ohne an Genauigkeit zu verlieren. Deswegen können wir mit diesen Verfahren höhere Genauigkeiten erzielen als mit der Korrelation. Über das 40stel Pixel können wir diskutieren. Ich erkläre gern, warum ich daran glaube, aber wie auch im-

mer, war dies der nächste Schritt weg vom Pixelraster.

Nachdem nun also das Sub-Pixeling schon lange im Griff ist, was ist jetzt der nächste Schritt? Was ist der nächste „PatMax“?

B. Silver: Wissen Sie was? Wir haben mittlerweile soviel an Information aus dem Bild gezogen, wie wir je bekommen können. Wir werden nicht mehr heraus bekommen. Der Grund, warum ich das behaupte, ist dieser: Als wir vom Binärbild zum Grauwertbild übergegangen sind und die normierte Grauwertkorrelation entwickelt haben, haben wir drei Monate gebraucht, das ans Laufen zu bringen. Es waren 10.000 Zeilen Code. Wir haben ein paar wirklich schlaue Algorithmen entwickelt und konnten uns damit von einer Pixelgenauigkeit zu einer Viertelpixel-Genauigkeit, oder was auch immer, steigern. PatMax umfasst vermutlich 100.000 Zeilen Code und wir haben vier Jahre dafür gebraucht.

Wir pressen Informationen aus dem Bild und pressen und pressen und pressen Informationen heraus, und wissen Sie was? Es ist vorbei. Aus einem Bild mehr Informationen heraus zu holen als PatMax es kann, würde eine Million Zeilen Code erfordern, wahrscheinlich zehn Jahre dauern und wer weiß, ob es dann funktioniert.

Haben Sie schon mal eine Orange ausgepresst? Es gibt einen Punkt, da werfen

Sie die Orange einfach weg, weil es sich nicht lohnt für den letzten Tropfen Saft noch weiter zu pressen. Und ich glaube genau an dem Punkt sind wir mit den Bildern heute angelangt.

Wie also kommen wir an mehr Daten, was ist zu tun?

B. Silver: Aus meiner Sicht müssen wir das Pixelaster hinter uns lassen und diese zufälligen Überschneidungen über die ich die ganze Zeit rede. Denn in jedem Bild sind die Bildmerkmale in zufälliger Weise am Pixelraster ausgerichtet: wo war das Objekt als der Trigger ausge-

„Sie müssen nicht mehr die gleiche alte Orange weiter auspressen, denn Sie haben jetzt grundsätzlich neue Informationen, die Sie aus nur einem Bild nicht gewinnen konnten.“

löst hat? Und hier kommt die Bewegung ins Spiel. Die Bewegung schaltet die zufällige Ausrichtung am Pixelraster aus, denn Sie können sehen wie sich ein Muster hindurch bewegt. Es erscheint in einem Bild in einer bestimmten Art und Weise relativ zum Pixelraster, aber im nächsten Bild wird es sich etwas bewegt, etwas gedreht haben. Sie sehen es also mehrere Male. Sie können das Merkmal beobachten wie es das Pixelraster in unterschiedlicher Weise schneidet und plötzlich ist es wie das Öffnen eines Fensters: da ist mehr Information. Sie müssen nicht mehr die gleiche alte Orange weiter auspressen, denn Sie haben jetzt grundsätzlich neue Informationen, die Sie aus nur einem Bild nicht gewinnen konnten. Sie können Ihr Merkmal beobachten, wie es durch das Bild wandert. Lassen Sie mich ein Beispiel geben: nehmen wir an ich benutze einen klassischen Kantendetektor. Ich habe eine Kante, die ein bisschen unteraufgelöst ist, vielleicht einen Pixel breit, vielleicht eineinhalb Pixel. Wenn dieses Ding durch das Pixelraster wandert, oder rotiert, ändern sich die Grundmerkmale der Kante – ihre Stärke, ihre Richtung, ob sie überhaupt da ist oder nicht – nicht unwesentlich, je nachdem wo die Kante gerade zufällig das Pixelraster trifft. Und wenn Sie sich diese Algorithmen ansehen, können Sie sehen was passiert, wenn die Auflösung nicht so toll ist. Die Grundaussagen verändern sich nicht gerade wenig. Es ist nicht länger sicher, dass die Kante überhaupt existiert, Sie kön-



nen mit einem einzelnen Bild nicht länger sagen, wo genau sie sich befindet. Aber mit mehreren Bildern können Sie ihre Merkmale in diesen Bildern identifizieren, so wie Checker das versucht – und plötzlich steht Ihnen eine überwältigende Menge an Informationen zur Verfügung. Genaue Information, wo die Kante ist, genaue Information darüber, ob sie existiert oder nicht, genaue Information über ihren Winkel.

Checker war der Beginn für den Einsatz neuer Methoden, das Pixelraster zu überwinden?

B. Silver: Die Methoden mit denen ich seit Checker arbeite nutzen die Bewegung der Objekte durch das Pixelraster um dadurch grundsätzlich zuzätzliche und verlässlichere und genauere Informationen zu erhalten

über alles von einfachen Kanten bis zu komplexen Mustern. Wenn Sie besser sein wollen als PatMax, wenn Sie den nächsten Schritt machen wollen, brauchen Sie mehr Informationen, und die Bewegung ist eine der besten Möglichkeiten die ich kenne, um an dieses mehr an Informationen zu gelangen. Alles ist in Bewegung – in der Industrie, in der Welt, alles fließt. Sogar wenn etwas vor der Kamera stoppt, musste es sich bewegen um dahin zu kommen. Wenn also die Information im Prozess vorhanden ist, müssen wir nur noch die Sensoren bauen und die Algorithmen entwickeln, um davon zu profitieren. Und wenn wir besser sein wollen, als wir das mit nur einem Bild sein können, ist das einer der besten Wege dahin. 3D ist ein anderer Weg zu mehr Information, aber nochmal: wir haben dieses eine Bild so ausgequetscht, dass wir nicht mehr weiter quetschen können. Wir müssen etwas Neues machen. Und der Grund warum mich Bewegung so begeistert ist, wie gesagt, alles ist in Bewegung. Ich muss sie nicht erst erschaffen, sie ist schon da. Die Qualität der neuen Daten, die Genauigkeit und Zuverlässigkeit die erzielt werden kann, steigern sich enorm. Ich bin auch begeistert, weil niemand sonst sich damit beschäftigt. Ich mag Dinge mit denen sich niemand sonst beschäftigt. Checker ist zurzeit das erste und einzige Produkt am Markt, das die Bewegung berücksichtigt.

Wie kommt es, dass diese neue Methode nun ausgerechnet im preiswertesten und simpelsten Produkt aus dem Hause Cognex verfügbar ist und in keinem anderen Ihrer Produkte?

B. Silver: Historischer Zufall.

Aha,

B. Silver: Nicht selten ist die Antwort zu den Warum-Fragen, es war ein Zufall. Checker war ein gigantischer Zufall. Wir wollten wirklich nur ein kostengünstiges, einfach zu bedienendes Visionsystem bauen. Das war das ursprüngliche Ziel des Projektes und deswegen hieß es „Ok, wir brauchen einen preiswerten Imager“. Was wir auch brauchten, ist ein Imager mit einem globalen Shutter, schließlich ist es ja ein Visionsystem. Das Problem war nun, einen Imager zu finden mit einem globalen Shutter, der gleichzeitig

„Checker ist zurzeit das erste und einzige Produkt am Markt, das die Bewegung berücksichtigt.“

billig ist. Billig heißt CMOS. Zu der Zeit konnte man jede Menge CCD-Sensoren mit globalem Shutter bekommen, aber die waren alle teuer und wir haben uns wirklich schwer getan zu finden was wir suchten. Schließlich kam einer der Hardware-Jungs zu mir und sagte „Ich habe diesen Sensor gefunden. Er ist sehr preiswert, er hat einen globalen Shutter, aber ich bin sicher er gefällt Dir nicht. Ich sage es Dir nur, weil es der einzige ist, den ich finden konnte. Der Grund, warum er Dir nicht gefallen wird, Bill, ist, dass er nur 128 x 100 Pixel hat und das reicht nicht.“ Ich hab es mir angesehen und gesagt, „Na ja, das sind wirklich nicht besonders viele Pixel, aber schau mal an wie interessant – er läuft mit 500 Frames pro Se-

„Alles ist in Bewegung – in der Industrie, in der Welt, alles fließt.“

kunde. Was kann man damit wohl machen?“ Es war mir gleich klar, dass niemand anderer darüber nachdenkt, was man damit machen könnte. Das ist genau das, was mich interessiert, etwas, worüber niemand anderer nachdenkt. Möglicherweise denkt niemand darüber nach, weil es eine blöde Idee ist, aber ich war fasziniert und habe mich gefragt „Gibt es irgendetwas in der Bildverarbeitung, was man mit 128 x 100 Pixeln machen könnte?“ Es fiel mir ein, dass wir mit Photodioden im Wettbewerb stehen, wenn in der Produktion fünf oder sechs von diesen eingesetzt werden um Inspektionsaufgaben zu lösen. Photodioden haben einen Pixel, dann sollte man wohl mit 13.000 Pixeln etwas anfangen kön-

nen. Ich habe 13.000-mal so viele Pixel wie die anderen. Gut, ich habe keine Viertelmillion Pixel so wie In-Sight, aber es wird doch wohl einen Platz geben in dieser Welt für 13.000 Pixel, wenn wir doch wissen, dass sogar Ein-Pixel-Sensoren nützlich sind. Und ich habe zu mir gesagt „Warum sollte ich noch einen Viertelmillion-Pixel-Sensor bauen?“ Die Welt ist voll von Viertelmillion-Pixel-Sensoren. Dieser Zufall hat uns also zum Nachdenken gebracht – was kann man mit diesem schrägen Ding anfangen das nur 13.000 Pixel hat aber mit 500 Frames pro Sekunde läuft? Deswegen ist die Technologie heute im Checker und nirgendwo sonst. Das war der Zufall.

Also hat die Innovation den freien Kopf gebracht.

B. Silver: Zu diesem Zeitpunkt gab es In-Sight bereits seit 10 Jahren. Bedeutsame Innovationen treten nicht auf in einer reifen Produktlinie. Technologie ist wie Zement. Wenn der Zement noch feucht ist, kann man damit alles machen – alles ist am Anfang, alles neu. Du kannst es in jede Form gießen, aber sobald es trocken war's das. So ist Technologie. Wenn Du mit einer Technologie beginnst, kannst Du sie in jede Richtung formen, aber nach einer Weile, und besonders wenn sich die Erfolge im Markt einstellen, wird sie hart wie Zement. Große Veränderungen sind dann nicht mehr möglich. Du kannst hier und da noch ein bisschen schnitzen, aber die einzige Möglichkeit, etwas bahnbrechend Neues zu tun, ist von vorne anzufangen. Mit In-Sight war das natürlich nicht möglich. Es ist 10

Jahre alt. Es ist erfolgreich wie verrückt. Es ist ein großartiges Produkt. Es musste also etwas Neues sein. Die Geschichte ihrer

Entwicklung bestimmt, wie die Technologie im Checker gelandet ist und nicht irgendwo anders.

Bill, es hat außerordentlich Spaß gemacht mit Ihnen zu sprechen, und ich freue mich schon auf Ihren nächsten historischen Zufall.

Das Interview hat in englischer Sprache stattgefunden, für etwaige Ungenauigkeiten in der Übersetzung ist die INSPECT verantwortlich. Das Interview im englischen Original finden Sie in unserer internationalen Ausgabe.

► **Kontakt**
Cognex Germany Inc., Karlsruhe
Tel.: 0721/6639-0
Fax: 0721/6639-599
info@cognex.de
www.cognex.de