Herausforderungen bei der 3D Stecker-Inspektion mit Lasertriangulationssensoren

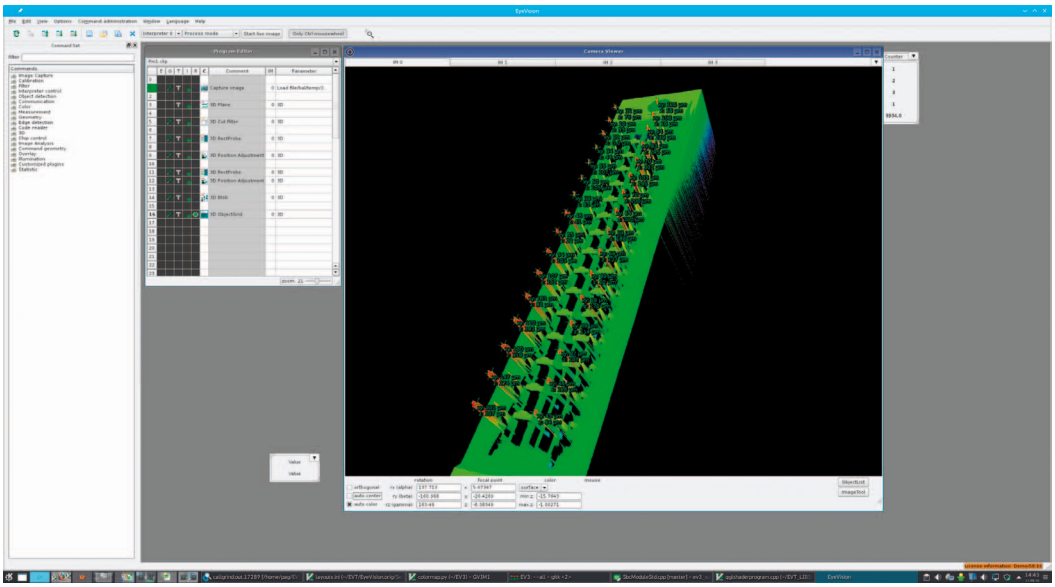

Bild 1: Screenshot der EyeVision Software mit der Auswertung auf einer Punktewolke. Links sind der Programmiereditor und die Befehle für den Einlernmodus zu sehen

Stecker sind Bauteile, denen man oft keine große Bedeutung beimisst. Sind sie allerdings fehlerhaft, können sie zu großen Problemen führen. Die 3D-Pin-Inspektion bietet hier eine sichere Prüfmethode. Fünf Punkte sind hierbei zu beachten.

Fehlermöglichkeiten

Wird ein fehlerhafter Stecker verbaut, kann im schlimmsten Fall das gesamte Modul nicht verwendet werden. Die Fehler können sporadisch oder kontinuierlich auftreten. In beiden Fällen ist das Modul nicht brauchbar. Weicht beispielsweise der Stecker vom Master ab, weil beispielsweise die Pins verbogen sind oder die Geometrie nicht stimmt, kann dies zu Schwierigkeiten in der weiteren Produktion beim Zusammenstecken führen. Sitzt der Stecker nicht richtig, kann der elektrische Kontakt unterbrochen sein.

Um solche und andere Fehler zu vermeiden, ist es wichtig, jeden Stecker auf seine volle Funktionsfähigkeit hin zu prüfen. Dabei sind die Lage und die Form der Steckerstifte die wichtigsten Merkmale. Geprüft wird also der Taumelkreis, d. h. die Auslenkung der Pins auf lateraler Ebene. Zum anderen erfolgt auch eine Messung der Setztiefe der Pins. Durch die 3D-Inspektion ist es möglich die Höhe der Pin-Spitze auf dem Stecker zu vermessen. Und zusätzlich werden die Pin-Spitzen nicht nur in x- und y-Richtung sondern auch in z-Richtung geprüft. Außerdem wird auf folgende Fehler am Stecker geprüft: sind die Verbindungskontakte verbogen? Sitzen die Pins zu tief im Gehäuse? Oder steht ein Pin heraus?

Diese Parameter müssen präzise innerhalb der vorgegebenen Taktzeiten der Maschine erfasst werden. Da diese immer kürzer werden, steigt hier auch die Herausforderung, verwertbare Aufnahmen zu erhalten. Außerdem spielen die Steckergeometrie und die sich ändernden optischen Eigenschaften der Pinspitzen eine Rolle. Da die Pinspitzen sich minimal aufgrund der Fertigung in ihrer Form unterscheiden, reflektieren sie das

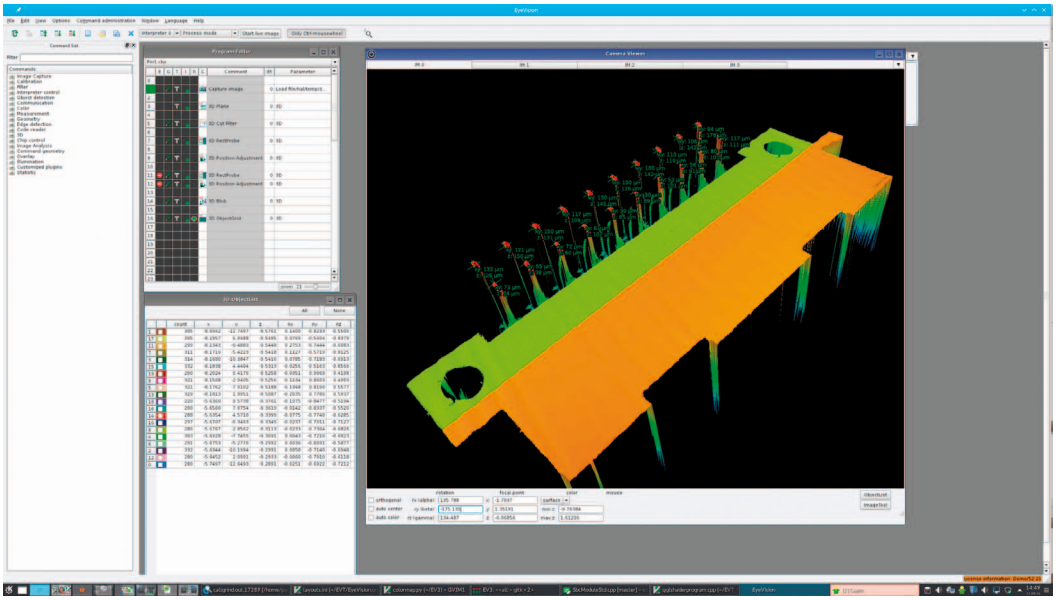

Bild 2: Bild mit Fehleranzeige für PIN 11 und 12

EVT - Eye Vision Technology
www.evt-web.com

Licht unterschiedlich. Im Allgemeinen ändert sich abhängig vom Blickwinkel die Richtung, in die das Licht reflektiert wird.

Hier stoßen klassische Prüfmethoden wie die 2D-Bildverarbeitung schnell an ihre Grenzen. Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, muss eine 3D-Pin-Inspektion durchgeführt und jeder Pin beurteilt werden.

Herausforderungen an die 3D Pin-Inspektion

Die 3D-Inspektion ist momentan bei der Prüfung von Stecker-Komponenten, Mikro-Spritzgussteilen, elektronischen SMD-Bauteilen die genaueste Prüfmöglichkeit. Um hochqualitative Ergebnisse zu erhalten müssen bei der Durchführung einige Punkte beachtet werden. Die wichtigsten fünf sollen im Folgenden erläutert werden.

1. Die Positionierung

Eine gute Aufnahme beginnt mit der korrekten Positionierung des Steckers in das Messsystem. Ist der Stecker falsch positioniert, treten die Messfehler an jedem Pin auf. Das Ergebnis wird unbrauchbar. Um den Stecker richtig positionieren zu können, benötigt dieser einige Merkmale, die zu Orientierung dienen können. Folgende Punkte erleichtern eine präzise Positionierung:

- der Hintergrund hinter den Steckerstiften

Ein gut sichtbarer Hintergrund mit hohem Kontrast zum Stecker erleichtert die Positionierung des Steckers. Da die Pinposition relativ zum Stecker gemessen wird, braucht man Referenzpunkte oder -flächen, um eine Planaritätsausrichtung (= Ebenenausgleich oder Ebenenausrichtung) durchzuführen. Plaranitäts- oder Ebenenausgleich bedeutet, dass alle sechs Freiheitsgrade in einer 3D-Punktewolke kompensiert sein müssen, sonst ist der Stecker nicht richtig positioniert.

Die sechs Freiheitsgrade setzen sich wie folgt zusammen:

a) x-, y-, z-Verschiebung
b) x-, y-Verkippung
c) Rotation z-Achse

Außerdem muss der Hintergrund im Bildfeld erfasst werden können.

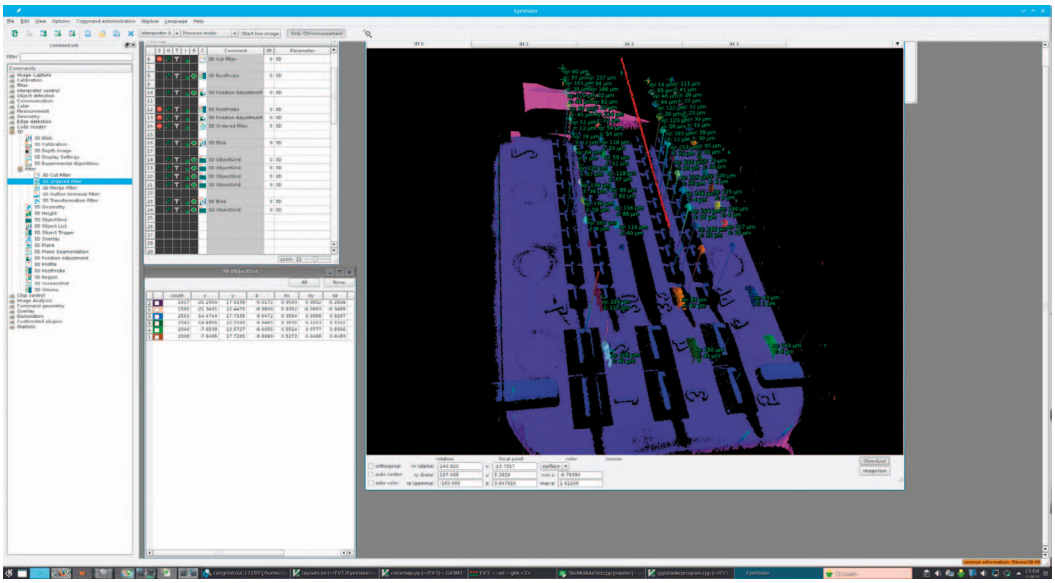

Bild 3: Gezeigt wird eine besondere Steckvariante, bei der sich der Hintergrund schlecht zur Positionierung verwenden lässt, sich aber die Kante gut eignet

- der Rand des Steckers

Dieser ist vor allem für den Koplanaritätsausgleich ein wichtiger Punkt. Mit dem Rand des Steckers können gleich zwei Freiheitsgrade auf einmal ausgeglichen werden.

- der konische Zentrierstift

Jeder Stecker hat in seinem Kunststoffgehäuse eine spitze Erhebung als Zentrierstift inkludiert. Dieser Stift wird üblicherweise für die Bestückung des Steckers auf der Platine angebracht, um dafür zu sorgen, dass der Stecker gut in die Löcher gesteckt werden kann. Mit ihm können die Verschiebungen in x- und y- Richtung, also zwei Freiheitsgrade ausgeglichen werden.

- Eine Kombination dieser Punkte

Durch eine Kombination dieser Referenzpunkte (Hintergrund, Rand, Zentrierstift) können alle sechs Freiheitsgrade ausgeglichen werden, beispielsweise eine Koplanaritätsjustierung aus dem Hintergrund und eine Positionsjustierung mit den Kegeln von den Zentrierstiften.

Softwareunterstützung

EyeVision 3D hat ein leistungsstarkes 3D-Geometriesystem, mit welchem diese unterschieden Referenzpunkte des Steckers koordiniert werden können. Damit lassen sich auch nicht zusammenhängende Regionen aus dem Hintergrund für einen Ebenenausgleich nutzen. Zusätzlich gibt es einen Befehl um die Stifte anzutasten. Dieser kann auch mit Kegeln umgehen, da sich der Tastwinkel einstellen lässt.

2. Das Material

Stecker bestehen meist aus zwei unterschiedlichen Materialien. Das Steckergehäuse besteht aus Kunststoff und die Pins sind aus Metall. Beide Materialien reflektieren das Licht unterschiedlich. Dies ist eine Herausforderung für den 3D-Scan-

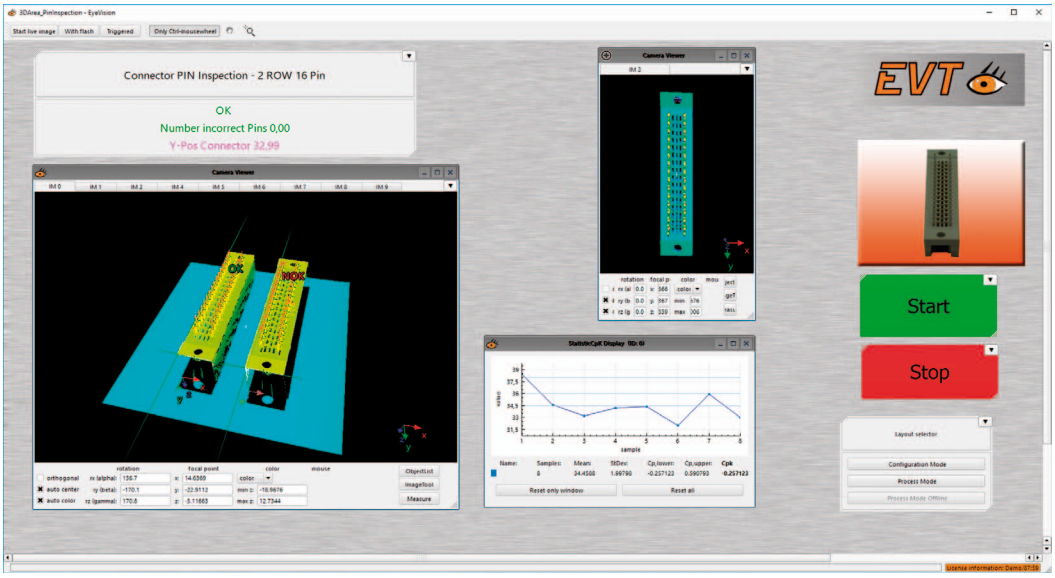

Bild 4: Hier ist eine Ergebnisanzeige und Auswertung auf der Punktewolke zu sehen. Die Anzahl der Pins ist korrekt, der rechte Pin ist nicht in Ordnung

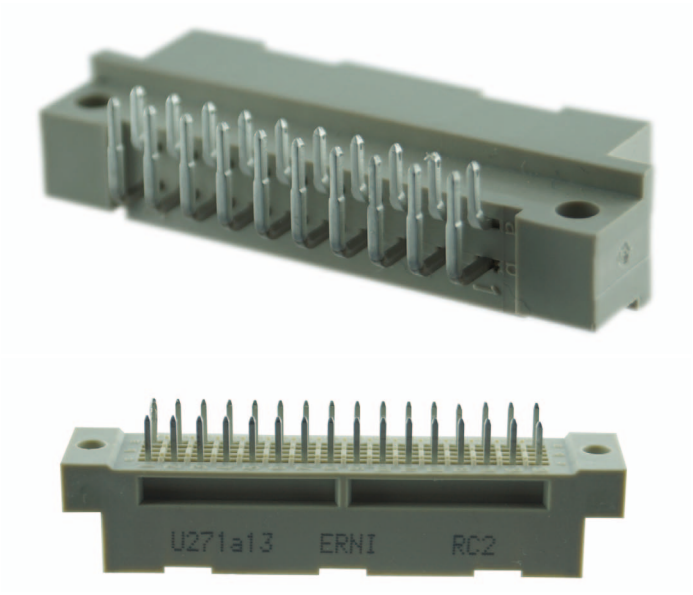

Bild 5: Stecker asymmetrisch, Stecker gut

ner, wenn man beide Materialien mit einem Scan erfassen möchte. Beispielsweise kann bei gleicher Belichtung das weiße Steckergehäuse stark überbelichtet sein, während die Metallpins, die das Laserlicht von der Kamera weg reflektieren, stark unterbelichtet sind. Eine Lösung hierfür bieten Scanner, die über HDR (High Dynamic Range) verfügen.

3. Die starken Höhenunterschiede

Als Höhenunterschied bezeichnet man den Unterschied zwischen Pinspitze und Steckerboden. Dieser Abstand sollte möglichst im Bildfeld des Laserscanners liegen. Dieses setzt sich aus Scanbreite und -höhe zusammen. Allerdings wird das Bildfeld kleiner, je höher die geforderte Genauigkeit ist. Das kann dazu führen, dass der Sensor nicht den gesamten Stecker vom Boden bis zu Pinspitze in ein Bild bekommt.

Ein weiteres Problem stellen Stecker mit hohem Rand da, sogenannte Wannen. Hier liegen die Pins tiefer als der Rand. Dann kann der 3D-Scanner teilweise nicht mehr über den Rand auf die Pins sehen. Außerdem sieht ein Scanner immer nur die Flanke der Pin-Kuppel gut, die näher zur Kamera liegt. Die Lösung sind hier zwei Scanner, die in umgekehrter Richtung voneinander montiert sind, oder ein Dual-Head-Scanner. Dieser hat einen Laser und zwei Kameras, die von beiden Seiten auf den Laser ausgerichtet sind.

Vorteile des Dual-Head-Scanners

a) Abschattungen lassen sich dadurch deutlich reduzieren.

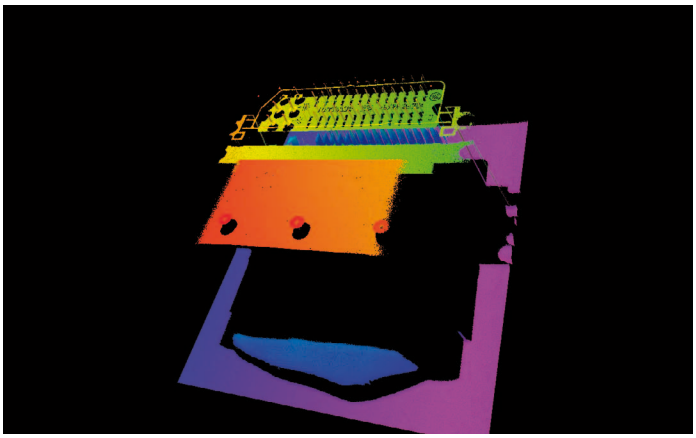

Bild 6: Punktewolke eines Steckers vor der Auswertung durch EyeVision

b) Dadurch, dass beide Flanken der Pin-Kuppel (vordere und hintere Flanke) erfasst werden, erfolgt eine höhere Genauigkeit bei der Bestimmung der Pin-Position. Dies führt zu besseren Messergebnissen.

c) Ein weiterer Effekt von Dual-Head-Scannern ist die geringfügig erhöhte Auflösung und das reduzierte Rauschen der vom Scanner erfassten Bereiche. Dies ergibt sich durch die doppelte Punktezahl. Außerdem ist der 3D Merge Befehl der EyeVision Software in der Lage diese zusätzlichen Punkte auch zu verwenden und dadurch die Auflösung zu steigern.

Exkurs: Richtige Handhabung von Dual-Head-Scannern

Um mit Dual-Head-Scannern richtig arbeiten zu können, müssen beide Scanner zuerst zueinander kalibriert werden, da beide Scanner bei der Inbetriebnahme meistens nicht auf das gleiche Koordinatensystem kalibriert sind. Die Messungen führen dann zu falschen Ergebnissen.

Bei der Kalibrierung wird der Anwender durch die Software EyeVision unterstützt. Um ein gemeinsames Koordinatensystem für zwei Scanner zu bestimmen, kann man in EyeVision ein Referenzobjekt einscannen und auf beiden Scans die Position bestimmen und in einer Kalibrierungsdatei speichern. Schließlich wendet man im Prozess diese Kalibrierung auf beide Scans an, bevor man diese wieder zusammenführt.

4. Die Reflexionen

Auf Metall-Pins entstehen beim 3D-Scan Reflexionen. Dies ist eine gängige Herausforderung bei der 3D-Stecker-Inspektion. Es gibt mehrere Lösungsmöglichkeiten, die sich auch kombinieren lassen.

Man kann den Scanbereich soweit einschränken, dass die Reflexionen außerhalb des Scanbereiches liegen. Da Reflexionen normalerweise deutlich oberhalb oder unterhalb der ROI (Region of Interest) liegen, hilft es den ROI in der Tiefe zu justieren. Manchmal können die Reflexionen die ROI auch kreuzen. Diese geschieht allerdings nur sehr kurz und schnell. Das heißt, man kann beispielsweise einen Messbereich für die Pins definieren, welcher nur 2 mm hoch ist. Befindet sich der Pin dann nicht in diesem Bereich, hat er die falsche Höhe, was zum Ausschluss des Steckers führt. Schneidet man zusätzlich noch den Bereich vor und nach dem Messbereich weg, kann man über die Anzahl der Punkte an einem Pin überprüfen, ob es sich um eine Reflexion mit wenigen Punkten oder einen Pin mit vielen Punkten handelt.

Scanner mit getrennten ROIs

Es gibt Scanner, die zusätzliche Features haben, um mehrere ROIs gleichzeitig scannen zu können. Damit lassen sich beispielsweise zwei ROIs gleichzeitig erfassen. Eine davon erfasst genau den Pin, die andere den Hintergrund. So wird beispielsweise das Vortäuschen einer falschen Position vermieden.

Misst man nur mit einer ROI, so können an der gleichen Pixelposition des Scanners zwei Dinge passieren, wenn eine Reflexion auf eine Abschattung trifft. Der Hintergrund liegt im Schatten eines Pins und wird nicht gesehen. Die Reflexion des Pins täuscht eine falsche Position vor, die dann aufgezeichnet wird.

Arbeitet man hingegen mit zwei ROIs, werden beide Positionen aufgenommen, also die echte und die falsche. Die echte Position kann dann mit Hilfe der Software herausgefiltert werden. Allerdings hat sich in der Praxis gezeigt, dass die Aufnahme von zwei ROIs bei den gängigen Steckertypen nicht unbedingt notwendig ist.

Wenn der Hintergrund stellenweise nicht sichtbar ist, weil er von einem Pin abgeschattet wird, kann man das Problem mittels Ebenenausgleich lösen, indem man die sichtbaren Flächen des Hintergrundes zwischen den Pins verwendet.

5. Die Form der Pins

Es gibt viele unterschiedliche Pin-Formen und dazu passend mehrere Möglichkeiten die Positionierung fein auszuwerten. Hier das letzte Stück Genauigkeit herauszuholen ist eine Herausforderung, da die geforderte Genauigkeit schon an die physikalischen Grenzen des Scanners kommt. Der Scanner nimmt eine Punktewolke auf, die den Pin abbildet. Anhand des Masters wird der Schwerpunkt (= center of gravity) ermittelt. Daraus leitet sich die Posi-

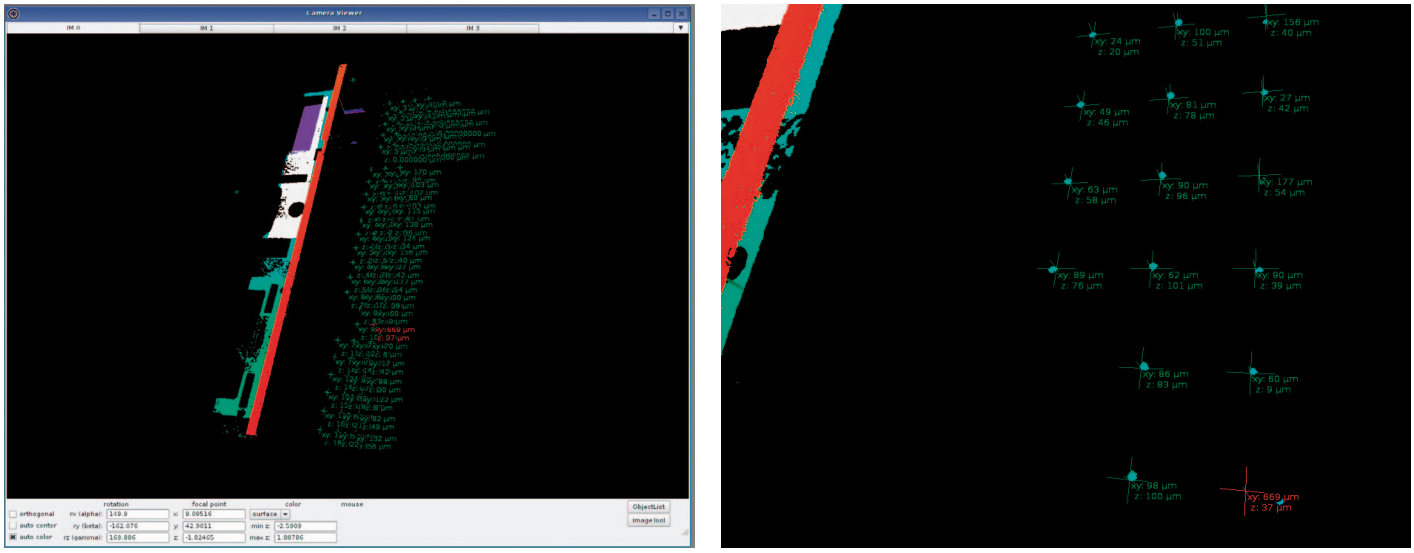

Bild 7: Links: Visualisierung der ermittelten Werte,Ein Pin weicht im Mikrometerbereich von der vorgegebenen Position ab, rechts Zoom-Ausschnitt aus dem linken Bild. Hier ist deutlich zu erkennen, wie sehr der schlechte Pin in der Position abweicht

tion des Pins ab. Diese Größe ist sehr verlässlich, da man mit Subpixel-Genauigkeit arbeitet. Allerdings ist bei der Ermittlung des Schwerpunktes zu beachten, dass Reflexionen und Oberflächendefekte das Bild verfälschen können. Problematisch ist auch, dass nicht immer alle Pins gleich geformt sind. Hier hilft das Einschränken der ROI.

Die Pin-Inspektion mit der EyeVision Software

In der Software EyeVision ist es möglich sowohl ein festes Muster oder ein festes Gitter an Pins festzulegen. Dies erleichtert das Einlernen. Beispielsweise definiert man einen Stecker mit fünf Reihen à 20 Pins. Damit ist das System praktisch schon eingelernt. Es ist auch möglich fehlende Pins zu deklarieren, beispielsweise Pin Nr. 21 fehlt grundsätzlich. Dann wird der Scan entsprechend beurteilt. Taucht dann an der definierten Stelle doch ein Pin auf, wertet die Software dies als Fehler. Der Stecker wird als Ausschuss behandelt.

Hat man sehr komplexe Stecker, für die die Konfiguration sich nicht einfach mit einem Gitter abbilden lässt, kann man die Pin-Position entweder als CSV-Datei importieren, oder man kann auch automatisiert anhand von einem existierenden Stecker diese CSV-Datei von der Software mit einem Klick erstellen lassen. Dann prüft man, ob der aktuell unter dem Scanner liegende Stecker die gleichen Positionen hat. So lässt sich mit Hilfe der Software auch sehr schnell ein Prüfprogramm erstellen.

Alternative Möglichkeiten

Es gibt noch weitere Möglichkeiten, Prüfprogramme zu erstellen. Man kann sich mit Rechtecktastern an verschiedene Teile vom Pin herantasten z. B. von oben um die Kuppel zu bestimmen. Oder man kann mit Hilfe eines Ringtasters den Pin ringförmig von allen Seiten gleichzeitig abtastet, um einen Mittelpunkt auf einer gewissen Höhe der Kuppel zu finden. Beide Verfahren können auch kombiniert eingesetzt werden.

Objektsystem

Das Objektsystem bietet Werkzeuge um Objekte zu bearbeiten (wie z. B. Filter oder Ähnliches). Dies ermöglicht ein einfaches Iterieren über Objekte, um die gleiche Operation für mehrere Objekte zu verwenden.

EyeVision hat ein Objektsystem mit einem passenden Befehl, mit dem Objekte in der Punktewolke gefunden werden können, z. B. kann man die passende Region in der die Pins vorkommen vorgeben und sagen, alles was mehr als 100 benachbarte Punkte beinhaltet, ist ein Pin. Dieser Vorgang wird dann automatisiert und der Bereich extrahiert. Zusätzlich erlaubt das Objektsystem eine Auswerteschleife über diese Objekte zu machen. Dazu wird ein Schleifenanfangsbefehl und -endbefehl ins Prüfprogramm gezogen. Die Programmierung erfolgt grafisch. So wird auch die Auswertung, die man für jeden einzelnen Pin in dieser Schleife haben möchte, eingepflegt. Auf diese Art und Weise ist es auch für den Anfänger möglich komplexe Verarbeitung, Nachverarbeitungen von den Details von den einzelnen Pins festzulegen. Außerdem kann die Pin-Positionierungserkennung an die Anforderungen des Produkts angepasst werden.

Zukunftsaussichten

EVT arbeitet derzeit an einem Pyramidentaster, der – unter der Annahme dass der Pin einer abgeschnittenen viereckigen Pyramide entspricht – diese Form gezielt antasten kann um möglichst kleine Messfehler zu erreichen. Die Besonderheit des Pyramidentasters ist, dass er proprietär ist.

Die Form des Tasters ist eine stumpfe Pyramide, bei der sich die Seitenwinkel sowie die erwartete, prozentuale Stumpffläche einstellen lassen. Dies vereinfacht das Antasten von Pins, da dies sonst manuell in kleinsten Schritten durchgeführt werden muss. ◀

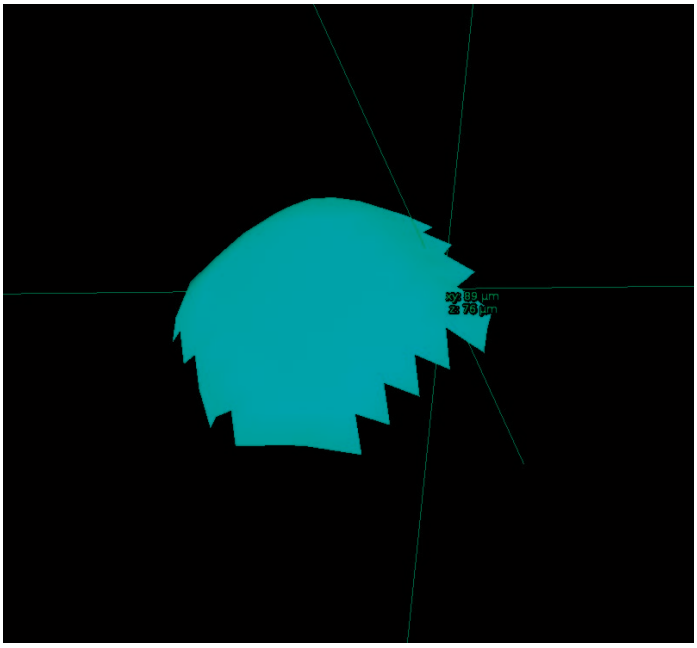

Bild 8: Visualisierung der Kappe eines Steckerpins als Punktewolkenbild mit Auswertung in x, y, z Richtung