

Experimente mit einem selbstgebauten 3D-Scanner



Finn Cyriax

Jan Roitzheim

St. Michael-Gymnasium

Bad Münstereifel

Jugend forscht 2015

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung
2. Einleitung
3. Funktionsweise des Laserscanners
4. Probleme mit dem Laserscanner
5. Der neue 3D-Scanner
6. Erfolge mit dem verbesserten 3D-Scanner
7. Experimente im Mikrobereich
8. Andere Anwendungsmöglichkeiten
9. Aussicht
10. Danksagung
11. Quellen

1. Zusammenfassung

Unser Projekt beschäftigt sich mit der Konstruktion eines funktionsfähigen Low-cost 3D-Scanners. Wir verwenden dazu die Laserscanner-Technik, bei der wir mithilfe einer Webcam und eines Linienlasers ein vollständiges Modell eines Objektes scannen und duplizieren können. Allerdings sind wir mit der Qualität nicht zufriedenstellend. Also haben wir uns für eine bessere Methode entschieden. Diese nennt sich Structured Light Methode und basiert auf dem Prinzip der Trigonometrie. Mit diesem 3D-Scanner hatten wir mehr Erfolg und konnten einen detaillierten 360° Scan erstellen. Allerdings wollen wir noch einen Schritt weiter gehen und werden uns in Zukunft mit der dreidimensionalen Veränderung von Form und Struktur eines Objektes in einer längeren Zeitspanne befassen.

2. Einleitung

„Wir haben einen 3D-Drucker, nur was sollen wir damit drucken?“

So sind wir auf die Idee gekommen einen 3D-Scanner zu bauen, um einfache Duplikationen von Gegenständen zu machen, ohne sie eingießen oder eventuell zerstören zu müssen. Allerdings gibt es auf dem Ideenmarkt sehr wenige Möglichkeiten einen 3D-Scanner selbst zu bauen, ohne dabei ein Vermögen zu investieren. Durch Recherche sind wir dann auf den sogenannten „Handheld-Laserscanner“ gestoßen. Eine Firma namens DAVID, die unter anderem auch professionelle 3D-Scanner verkauft, stellt eine Testversion ihrer Software kostenlos zu Verfügung, um 3D-Modelle mittels ihrer Hardware zu digitalisieren. Anhand von Werbefotos und -texten, konnten wir uns die Funktionsweise ihres 3D-Scanners herleiten[1]. Die Idee war ganz simpel und man brauchte nur 3 Dinge: Ein Stück Pappe oder Karton, eine Webcam und einen Linienlaser.

3. Funktionsweise des Laserscanners

Aus einer Pappe werden 2 gleichgroße Stücke im DIN A4-, A5- oder A6-Format ausgeschnitten. Diese beklebt man mit einem Kalibrierungsmuster aus Punkten, welches man sich ausdrucken muss. Danach stellt man die beiden Muster in einem 90° Winkel auf, sodass man eine Ecke erhält (Abb. 3.1). Die Webcam muss nun auf die beiden Muster ausgerichtet werden und kalibriert werden. Sobald dies getan ist, steht der Scanner zum Versuch bereit.

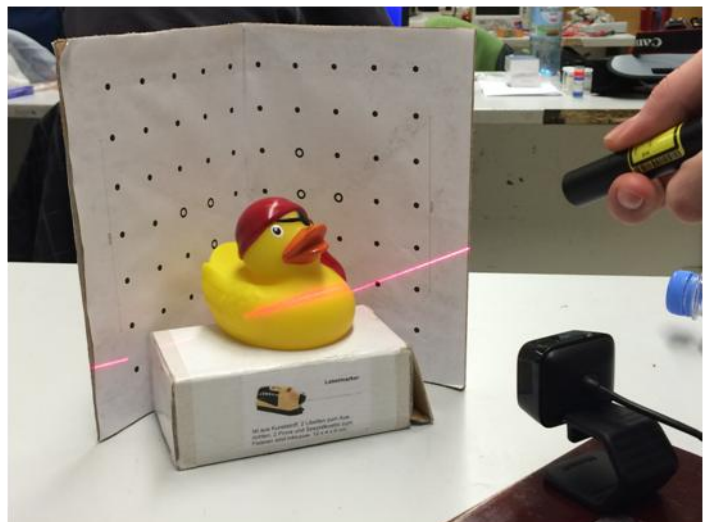


Abb. 3.1: Unser Laserscanner

Stellt man nun sein Objekt zwischen die Fläche und die Kamera, kann man den Scan starten. Nun muss man den Linienlaser waagrecht ausrichten und von einer höheren Position auf das Objekt richten. Wenn man den Laser nun langsam vertikal über das Objekt führt, kann man mittels der von DAVID bereitgestellte Software ein dreidimensionales Objekt formen.

Dies lässt sich durch den Blickwinkel der Kamera erklären: Die Kamera filmt den vorderen Teil des Objektes, aber der Laser kommt von schräg-oben. Somit filmt die Kamera zwei Linien, einmal die Linie auf dem Objekt und die leicht nach unten versetzte Linie auf der Fläche hinter dem Objekt. Durch die vorherige Kalibrierung kennt die Software den Maßstab der Fläche. Somit kann sie, im Vergleich des Höhenunterschiedes der Laserlinien und dem Maßstab, den Abstand des Objektes zur Fläche hin berechnen. Tut sie das für jede erkennbare Pixelzeile, so erhält man ein 3D-Objekt des für die Kamera sichtbaren Bereiches.

Wenn man das Objekt nun dreht und weitere Scans macht und diese zusammensetzt, erhält man einen 360° Scan des Objektes und kann es im 3D-Drucker duplizieren.

4. Probleme mit dem Laserscanner

Anfangs hatten wir große Schwierigkeiten die Software zu kalibrieren, was aber an unserer Kamera lag. Nachdem wir diese Probleme behoben hatten, führten wir unsere ersten 3D-Scans durch. Als Modell fungierte eine Gummiente. Wir führten nun einige Scans mit unserem Hand-Scanner durch und mussten feststellen, dass diese Art des Scannens zwar funktionierte, allerdings sehr ungenau war, da der Linienlaser immer in einem bestimmten, objektabhängigen Winkel auf das Objekt gerichtet werden muss. Das bedeutet, dass wir keine gut auflösenden Scans hatten und es viel Arbeit kostete die Bilder in ein 3D-Modell zusammenzufügen. Deshalb haben wir uns entschlossen eine andere Art des 3D-Scans zu benutzen. Diese trägt den Namen: Structured Light Scanning. Diese Art des Scannens bot uns eine deutliche Vereinfachung bei unseren Forschungen.

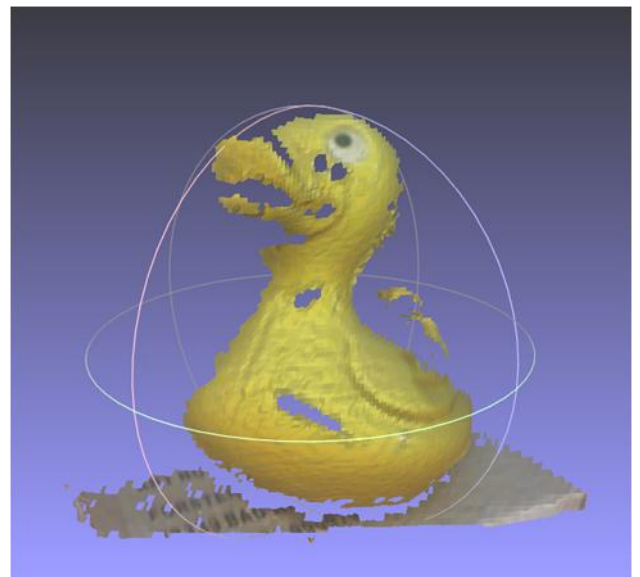


Abb 4.1: Laserscan der Gummiente

5. Der neue 3D-Scanner

Die Structured Light Methode ist eine aufwendigere und kostenintensivere, allerdings auch deutlich genauere Methode ein Objekt einzuscannen, als die Laserscanner-Methode. Aber der größte Vorteil ist dabei die Geschwindigkeit. Während man beim Laserscanner oft mehrere Minuten brauchte, ist man bei der Structured Light Methode (bei höchster Genauigkeit) nach maximal einer halben Minute fertig. Diese Methode war eine der ersten, welche für den Privatgebrauch geeignet war, aber sie hat sich über die Jahre immer verbessert.

Für diese Technik braucht man mindestens einen Beamer oder Musterprojektor und eine digitale Kamera. Die Structured Light Technik funktioniert durch eine Musterprojektion auf das Objekt. Die Kamera scannt diese Muster ein und unterscheidet nun zwischen den hellen und dunklen Streifen. Der Projektor beleuchtet das zu messende Objekt mit verschiedenen Streifenmustern welche aus parallelen, aber unterschiedlich breiten Streifen bestehen. Bei höchster Qualitätseinstellung, sind es 54 verschiedene Muster, welche auf das Objekt geworfen werden. Pro Muster wird von der Kamera ein Bild aufgenommen. Nach dem Grundprinzip der Trigonometrie, werden nun die dreidimensionalen Koordinaten berechnet.

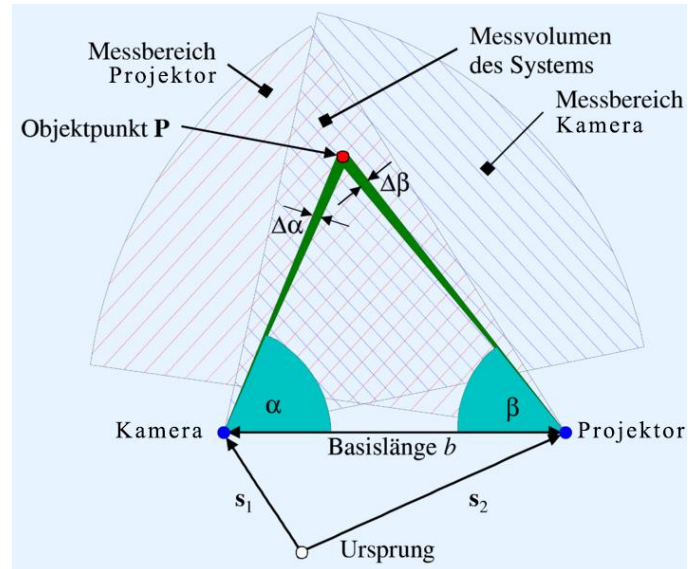


Abb. 5.1: Triangulationsprinzip [2]

Die einzelnen Streifen der Muster sind nummeriert (in den meisten Fällen ein Binärcode) und können von der Software erkannt werden. Durch die Erkennung des jeweils kleinstmöglichen waagerechten und senkrechten Streifens, ist es der Software möglich eine Punktefläche zu erstellen. Durch die vorherige Kalibrierung ist der Software der Standort von Projektor und Kamera bekannt. Die Bildkoordinate spezifiziert einen Lichtstrahl. Dieser kann mithilfe des Vorwärtsschnitts berechnet werden, welcher eine aus der Photogrammetrie verwendete trigonometrische Methode ist. Dadurch lässt sich mit den bekannten Standorten ein Dreieck bilden. Der Schnittpunkt des Strahls mit der Fläche ist die gesuchte dreidimensionale Koordinate.

6. Erfolge mit dem verbesserten Scanner



Abb. 6.1: Original und Structured Light Modell unserer Gummiente

Mit dem verbesserten Scanner führten wir nun einige Probescans durch, welche ohne Probleme funktionierten. Dabei wurden wir auf die enorme Geschwindigkeit der Structured Light Methode aufmerksam. Danach wollten wir die neue Technik auf die Probe stellen und starteten unseren ersten 360° Scan. Als Objekt musste unsere Gummiente mal wieder herhalten. Nachdem wir die ganzen Scans durchgeführt hatten, setzten wir uns an die Zusammensetzung der einzelnen Scans. Das Ergebnis konnte sich durchaus sehen lassen. (siehe Abb. 6.1)

7. Experimente im Mikrobereich

Wir haben ebenfalls Versuche im Mikrobereich durchgeführt. Mit einer Kalibrierungsfläche von 2x2 cm versuchten wir sehr kleine Gegenstände hochauflösend zu scannen. Um überhaupt die Front eines Objekts scannen zu können, haben wir uns entschieden die Laserscanner-Methode wieder einzusetzen, weil die Structured Light Methode nicht solch kleine Objekte erkennen kann, da das Streifenmuster sich nicht auf die benötigte Größe skalieren ließ.

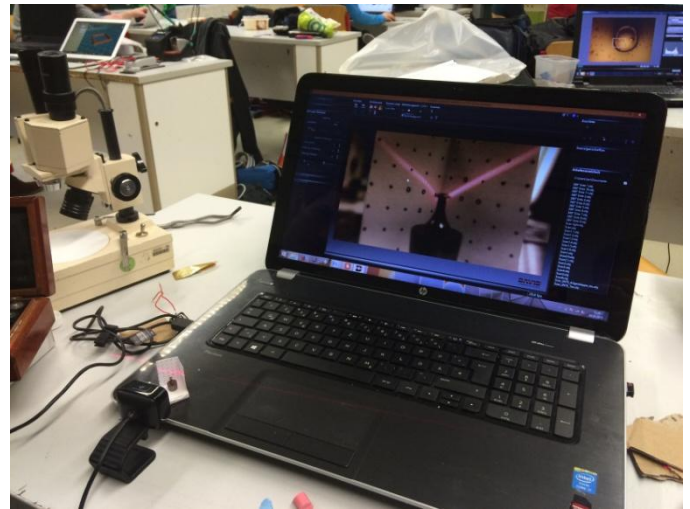


Abb. 7.1: Versuche mit dem Mikroscanner

8. Weitere Anwendungsbereiche

Unser 3D-Scanner kann in vielen Anwendungsbereichen eingesetzt werden. Die präsentesten Beispiele ist die Modellierung von Archäologische Funden, und das Schaffen von maßstabsgetreuen Abbildern, aber auch in anderen Bereichen, kann man ihn gut einsetzen. Der medizinische Aspekt wäre nicht ausgeschlossen.

Wenn eine Person auf sich speziell angefertigte Hilfsmittel in orthopädischen Bereich benötigt, kann man als Beispiel das Bein des Patienten einfach einscannen und ein Modell entwickeln. Nachdem dies nun geschehen ist, kann die Person das auf sich genauestens angefertigte Hilfsmittel wie Schienen, Strümpfe und andere wichtigen Dinge benutzen. Die Vermessung von den Körperteilen könnte durch diese Technik stark beschleunigt werden.

9. Weg von der Ente

Wir haben uns einen funktionsfähigen, präzisen 3D-Scanner gebaut, mit welchem wir einige Experimente durchführten. Nun wenden wir uns einem neuen Thema zu, welches die dreidimensionale Veränderung von Form und Struktur eines Objekts auf längere Zeit betrifft. Als Objekte werden wir Beispiele aus der Technik verwenden. Wir hoffen nun zu neuen Erkenntnissen zu kommen, welche ohne dreidimensionale Dokumentation nicht möglich sind.

10. Danksagung

Wir danken ganz herzlich unserem Lehrer Walter Stein, welcher uns immer mit Rat und guten Hilfen zur Seite gestanden hat.

11. Quellen

- [http://de.wikipedia.org/wiki/Triangulation_\(Messtechnik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Triangulation_(Messtechnik))
- [1] <http://www.david-3d.com/content/1-products/3-starter-kit-2/1-starter-kit-2.jpg>
- <http://www.david-3d.com/products/sls-2>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Structured_light
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Laserscanning>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Stereoscopy>
- [2] <http://de.wikipedia.org/wiki/datei:Triangulation2d.png>