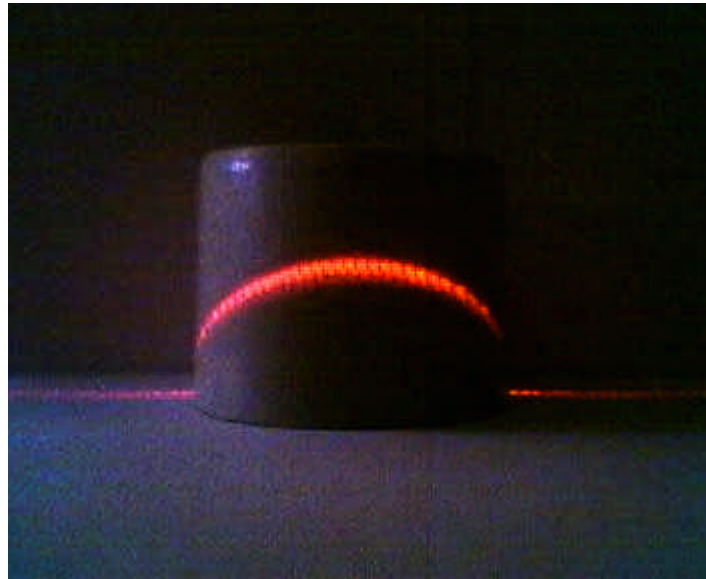


*Dreidimensionale Erfassung von Objekten
mit Linienlaser und Webcam*



Wettbewerb „Jugend Forscht“ 2005

Alexander Buhr (17 Jahre)
Alexander Höper (17 Jahre)

Arbeitsgemeinschaft „Jugend Forscht“
des Christian Gymnasiums Hermannsburg
Leitung: StD Thomas Biedermann

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung	3
1.1	Wie sind wir auf dieses Thema gekommen?	3
1.2	Anwendungsgebiete /Beispielmöglichkeiten	3
1.3	Arbeitsteilung	4
2	Erfassung der Bilddaten.....	4
2.1	Aufbau der Apparatur	4
2.2	Funktionsweise und Durchführung	5
3	Verarbeitung der Bilddaten	6
3.1	Aufbau der VB-Anwendung.....	6
3.2	Schematische Darstellung eines Programmablaufs.....	7
4	Lichtschnittverfahren & projektive Geometrie.....	8
4.1	Lichtschnittverfahren	8
4.2	Was ist Projektive Geometrie	8
4.3	Allgemeine Herleitung der Objektiefe bzw. -höhe:.....	11
5	Diskussion (Probleme)	15
5.1	Probleme mit der Apparatur.....	15
5.2	Probleme mit der Datenverarbeitung	15
6	Anhang	16
6.1	Danksagung.....	16

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

1 Einleitung

1.1 Wie sind wir auf dieses Thema gekommen?

Die Idee dieses Projektes entstand bei dem - von Jugend Forscht ermöglichten - Besuch der CeBit im letzten Jahr. Dort wurden viele verschiedene Systeme zur Erkennung von Formen, Farben und Mustern in der Realität vorgestellt, die in der Lage waren z.B. Personen anhand ihres Gesichtes zu erkennen, ihnen Bezeichnungen zuzuordnen und so wieder zu finden. Diese Entwicklungen arbeiteten mit hochwertigen Kameratechnologien, die zum einen sehr hohe Kosten beanspruchen und zum anderen sehr kompliziert aufgebaut sind.

Deshalb stellten wir uns die Frage, ob es nicht möglich wäre mit einfachen Mitteln die Form und Abmessungen eines Objektes 3 dimensional zu erfassen. Wir beschränken uns dabei zunächst nur auf die Erfassung der Koordinaten, da die Rekonstruktion in einer 3D-Darstellung zu zeitaufwändig wäre.

1.2 Anwendungsgebiete /Beispielmöglichkeiten

Die Erfassung der Größe und Form von beliebigen Objekten hat in der heutigen Zeit bereits viele Anwendungsgebiete gefunden. Viele davon wurden uns - wie bereits erwähnt - auf der CeBit vorgestellt.

Qualitätskontrolle:

Da die Anfrage an schnell erfassende Messsysteme 3-dimensionaler Körper immer mehr ansteigt, gewinnt die Entwicklung von 3D-Scannern in dem heutigen Industriezeitalter stärker an Bedeutung. Immer schneller rasen die Werkstücke über das Laufband, um in kürzester Zeit die höchste Produktionsrate zu erlangen. Die Qualität der Produkte darf dabei jedoch nicht unbeachtet bleiben. Deshalb muss die Scannertechnolo-

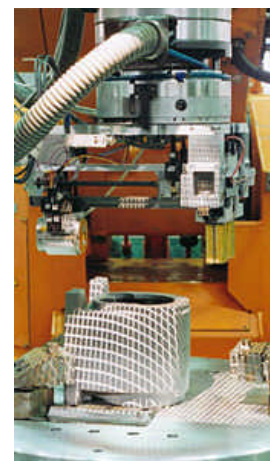


Abb.1: 3D-Scanner zur Qualitätsprüfung

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

Die zeitgleich mit der Industrieentwicklung voranschreiten. Dabei spielt die optische Erfassung gegenüber anderen Möglichkeiten die größte Rolle. Durch das optische Lichtschnittverfahren können in kürzester Zeit präzise Bilder aufgenommen und ausgewertet werden.

1.3 Arbeitsteilung

Wir haben uns die Arbeit aufgrund des engen zeitlichen Rahmens für dieses Projekt aufgeteilt. Alexander Buhr hat den mathematischen Teil dieses Projektes übernommen, während Alexander Höper sich mit der Konstruktion der Versuchsanordnung beschäftigt hat.

2 Erfassung der Bilddaten

2.1 Aufbau der Apparatur

Die Apparatur muss so aufgebaut sein, dass sie den gesamten Körper scannen kann. Also muss der Laser fahrbar gemacht werden. Dazu habe ich eine Schienenanordnung gebaut, um den Laser in zwei Richtungen verschieben zu können. Sie besteht aus einer Schiene und einem leichtgängigen Läufer.

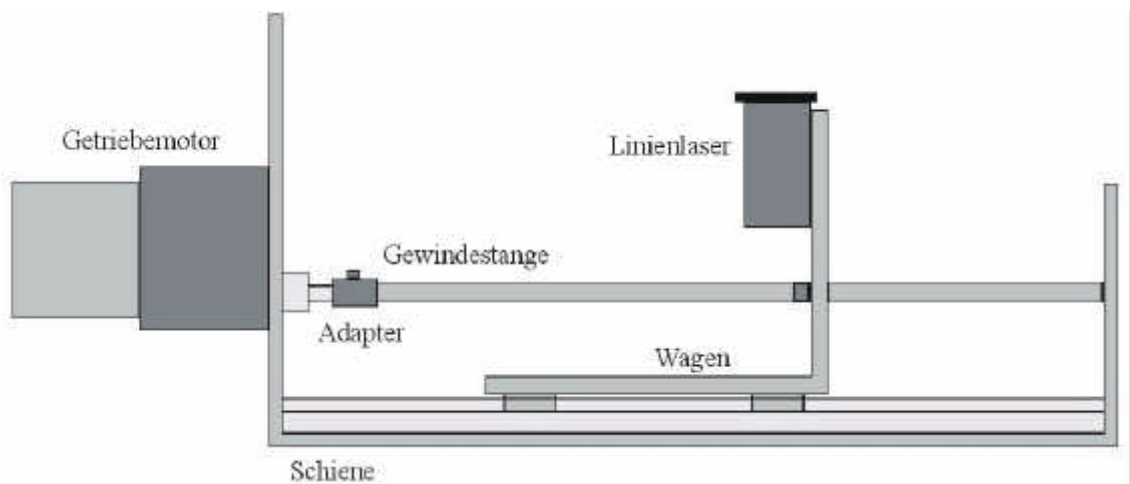


Abb.2: Aufbau der Apparatur

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

Auf diesem Wagen habe ich den Laser angebracht, welcher in einer Fotodose untergebracht ist. Damit der Laser bewegt werden kann, musste ich mir überlegen, mit welcher Technik ich den Läufer zum Bewegen bringe. Es gab mehrere Möglichkeiten wie z.B. mit Hilfe einer Schnur und einem Motor, der die Schnur anzieht. Da der Läufer auch wieder in die andere Position zurückgelangen muss, war diese Möglichkeit auch schon wieder verworfen. Ich nahm eine Gewindestange. In der Mitte der Platte des Wagens befestigte ich eine Mutter, sodass der Wagen in die jeweiligen Positionen gefahren werden kann. Die Gewindestange wurde mit einem Adapter an einem Getriebemotor angebracht. Wenn sich nun der Getriebemotor bewegt, fährt der Läufer entlang der Schiene und je nach dem in welche Richtung der Motor läuft, verändert sich die Position des Wagens. Der Motor wurde an einer Aluminiumplatte befestigt und an das eine Ende der Schiene geschraubt. An das andere Ende kam das Gegenlager der Gewindestange, damit eine hohe Genauigkeit gegeben ist.

Da der Gegenstand von zwei Positionen aus betrachtet werden muss, habe ich eine Führung für die Kamera gebaut. Sie wird manuell nachgeführt.

2.2 Funktionsweise und Durchführung

Zuerst wird der Laser in die Ausgangsposition gebracht, um die Referenzlinie des Lasers auf dem Objekthintergrund zu erzeugen, die Kamera macht das erste Bild. Nun fährt der Getriebemotor den Laserwagen immer um eine bestimmte Strecke nach oben, damit die Kamera in regelmäßigen Abständen die momentane Krümmung der Laserlinie aufzeichnen kann. Je nach Höhe des Objektes wird die Krümmung stark oder weniger stark ausfallen. Wenn der Getriebemotor einmal den Laser über das Objekt gefahren hat, wird die Kamera manuell um das Ob-

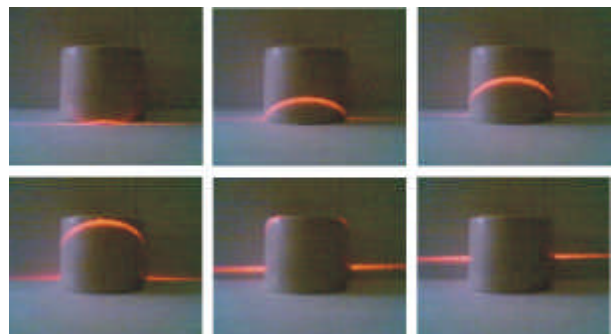


Abb.3: Beispiel-Aufnahmen

jekt geschwenkt, um die zuvor nicht erfassbaren Bereiche ebenfalls erfassen zu können. Die in jeder Position aufgenommenen Bilder werden nun von der Webcam geladen und mit

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

Hilfe von Visual Basic (VB) weiterverarbeitet. Wegen der Durchführung in Dunkelheit ist auf den Bildern nur die projizierte Laserlinie sichtbar.

3 Verarbeitung der Bilddaten

3.1 Aufbau der VB-Anwendung

Das Programm zur Verarbeitung der aufgenommenen Bilder ist in Visual Basic geschrieben, da dieses Programm am ehesten unserer gewohnten Benutzeroberfläche entspricht.

Die Verarbeitung der Bilder zu verwertbaren Bild-Koordinaten gliedert sich in mehrere Programmteile:

1) Erkennung der aufgenommenen Linie

Zunächst wird das momentane Bild der Laserprojektion auf dem Objekt mit einer handelsüblichen Webcam festgehalten und gespeichert. Das aufgenommene Bild wird, um es besser bearbeiten zu können nun durch einen Farbfilter, der auf die Farbe des Lasers auf dem Objekt kalibriert ist, in ein Schwarz-Weiß-Bild umgewandelt. Nun erkennt man, wie der Verlauf der Laserprojektion durch das Objekt in seinem Verlauf verändert wurde. (Lichtschnittverfahren)

2) Umwandeln in eine „Trendlinie“ (Mittelwertbildung)

Da der Laser keine dünne Linie, sondern oft eine breite Linie auf dem Objekt erzeugt, wird nun diese breite Linie in eine Trendlinie umgerechnet, um sie besser auswerten zu können. Der Hauptteil dieses Programms besteht aus einer x- und einer y-Schleife, in der zeilenweise jeder Punkt der Spalte auf seinen Farbwert überprüft wird, wobei wir uns durch das vorherige Umwandeln in ein Schwarz-Weiß-Bild nur auf die Farbe Schwarz (RGB (0, 0, 0)) beschränken dürfen. Das Programm erkennt den „Anfangspixel“ und „Endpixel“ der Laserspür jeder Spalte, berechnet den Mittelwert dieser Pi-

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

xeldifferenz und zeichnet den „Mittelwertspixel“. Wenn das Programm über das ganze Bild durchgelaufen ist, erhält man eine Reihe von „Mittelwertpixeln“ (in jeder Spalte einen), die zusammen die Trendlinie der Laserspuren bilden.

3) Zusammenfassung der Koordinaten der Einzelbilder zu den Koordinaten des 3D-Objektes

Nun müssen die Trendlinienbilder der Laserspuren ausgewertet werden, wofür auf die projektive Geometrie zurückgegriffen werden muss. Danach ist es möglich, nach Angabe eines Referenzpunktes P und eines Objektpunktes Q bei Kenntnis der aktuellen Laser- und Kameraposition den Abstand dieses Punktes (Tiefe des Objektes an dieser Stelle) zur Referenzebene anzugeben.

3.2 Schematische Darstellung eines Programmablaufs

Das linke Bild zeigt die ursprüngliche Aufnahme der Webcam, das mittlere Bild dagegen nur noch die vom Linienlaser erzeugte Laserlinie, wie sie nach Filterung übrig bleibt. Diese weist in Y-Richtung teilweise noch eine erhebliche Breite auf, die nun vom Mittelwertprogramm auf eine Trendlinie reduziert wird, wie im rechten Bild gezeigt.



Die Punktkoordinaten dieser Trendlinie sind nun Ausgangspunkt für die Rückberechnung über die projektive Geometrie. Die geraden Linienstücke rechts und links bilden eine Bezugslinie (Hintergrund), während der gekrümmte Teil in der Mitte durch die Form des Ob-

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

jekt es bestimmt wird, der zu rekonstruieren ist. Die dabei einzuschlagende Vorgehensweise wird im nachfolgenden Kapitel 4 beschrieben.

4 Lichtschnittverfahren & projektive Geometrie

4.1 Lichtschnittverfahren

Beim Lichtschnittverfahren wird eine von einem Linienlaser erzeugte Laserlinie auf ein Objekt projiziert und so aus einem anderen Blickwinkel das Profil des Objektes sichtbar gemacht. Je nach Höhe des Objektes verläuft die Profillinie mehr oder weniger gekrümmt. Die Sichtweise, aus der die Profillinie sichtbar ist, wird mit Hilfe einer Kamera (hier: Webcam) festgehalten, um die Veränderung der projizierten Laserlinie in ihrem Verlauf festzuhalten. Unter Verwendung der projektiven Geometrie lassen sich nun Informationen wie Höhe, Breite und Länge des Objektes bestimmen.

4.2 Was ist Projektive Geometrie

Die Projektive Geometrie versucht, 3-dimensionale Gegenstände in ein 2-dimensionales Bild zu übertragen. Jeder Punkt in einem Bild lässt sich durch (x, y) Koordinaten darstellen. Ein 3-dimensionaler Körper besitzt jedoch die dritte Koordinate z (x, y, z). Bei der projektiven Geometrie wird die Frage nach der Koordinate z bearbeitet, da die Länge und Breite eines Objektes (x, y) wesentlich einfacher zu berechnen sind.

Man erhält zwei Bezugsebenen, die eine stellt das Bild dar, wie es der Betrachter sehen würde (Krümmung der Profillinie \rightarrow Kameraebene), die andere aus der Sicht des Lasers, der die Linie auf das Objekt projiziert (reale Ebene). Wie auf der Abbildung vielleicht leichter zu erkennen, wird aus der Sicht des Lasers der Verlauf der Laserlinie durch ein Objekt nicht verändert. Die entscheidende Veränderung entsteht hingegen aus der Sicht der Kamera. Auf der 1. Ebene wird nun die Koordinate des Laserpunktes verschoben. Diese Verän-

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

derung ist später der Anhaltspunkt, der zu der Berechnung der Tiefe bzw. Höhe des Objektes führt.

Die Punkte P; Q und ihre Projektionspunkte P'; Q'; Q'' stellen in dieser Darstellung die Veränderung des Systems durch die Höhe bzw. Tiefe des Objektes dar:

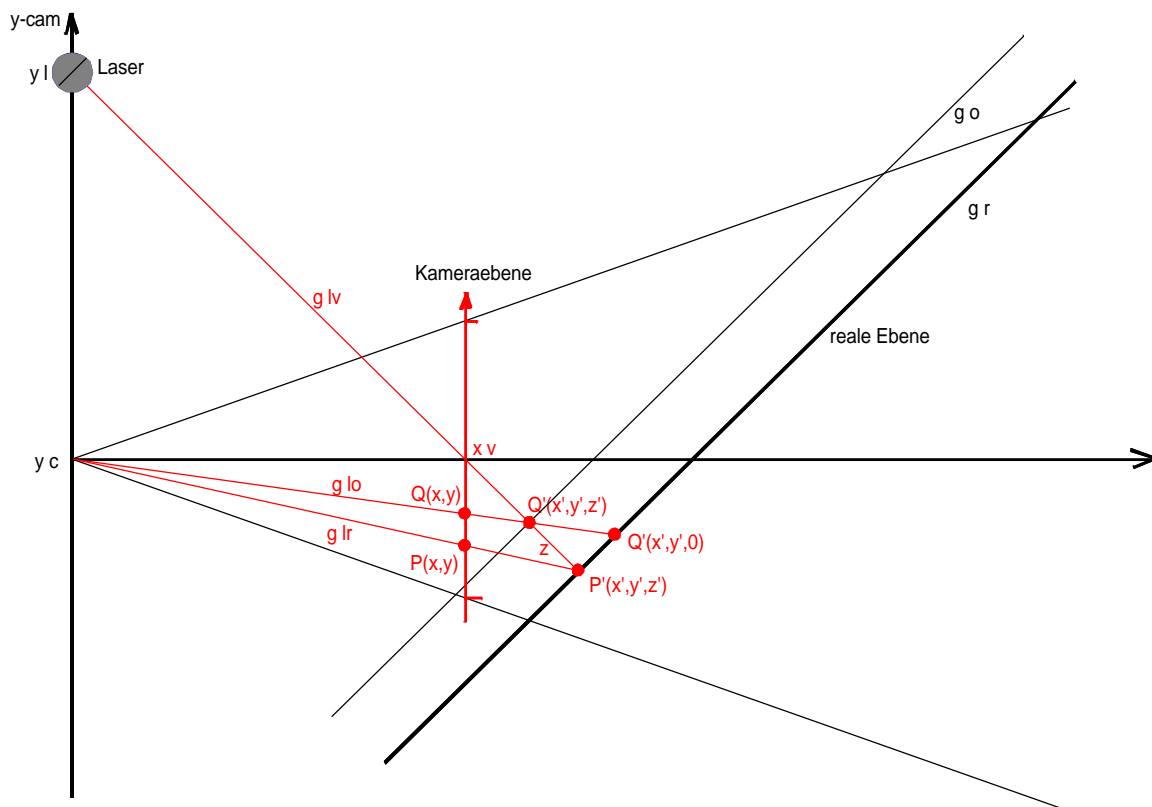


Abb.4: Bestimmung der Höhe bzw. Tiefe mit Hilfe der projektiven Geometrie

Bekannte Größen sind: die Kameraebene x_v , reale Ebene g_r , Punkt $P(x_v, y_Q)$ als Referenzpunkt, Punkt $Q(x_v, y_Q)$ als der zu analysierende Objektpunkt, die Lasergerade g_{LV} und die Information, dass die Kamerasichtgerade g_{LO} und g_{LR} (Referenzgerade) durch den Ursprung des Koordinatensystems verlaufen. Nun lassen sich durch Anwendung der trigonometrischen Gesetze die Geraden g_1 , g_0 und die Punkte P' und Q' bestimmen. Durch diese

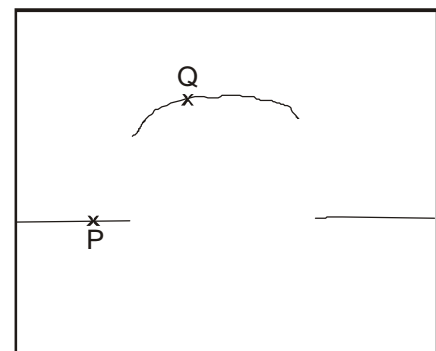


Abb. 5: Referenz- und Objektpunkt

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

Informationen lässt sich schließlich die Höhe bzw. Tiefe des Objektes durch Vergleichen der Punkte Q' und P' bestimmen.

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

4.3 Allgemeine Herleitung der Objektiefe bzw. -höhe:

gegeben:

y_L (Laserposition); y_C (Kameraposition); x_V (Kameraebene);

$P(x_V / y_P)$ (Referenzpunkt auf Bildebene); $Q(x_V; y_Q)$ (Objektpunkt auf Bildebene);

$g_R = m_R \cdot x + b_R$ (reale Ebene)

Schritt 1: Herleitung der Objektpunktgeraden g_{LO} aus y_C und Q

$$g_{LO} = m_{LO} \cdot x + b_{LO}$$

$$y_Q = m_{LO} \cdot x_V + y_C \quad (y_C = \text{Ordinatenschnitt, Einsetzen von } Q \text{ in } g_{LO})$$

$$\Rightarrow m_{LO} = \frac{y_Q - y_C}{x_V}$$

$$g_{LO} = \left(\frac{y_Q - y_C}{x_V} \right) \cdot x + y_C$$

Schritt 2: Herleitung der Referenzgeraden g_{LR} aus y_C und P

$$g_{LR} = m_{LR} \cdot x + b_{LR}$$

$$y_P = m_{LR} \cdot x_V + y_C \quad (y_C = \text{Ordinatenschnitt, Einsetzen von } P \text{ in } g_{LR})$$

$$\Rightarrow m_{LR} = \frac{y_P - y_C}{x_V}$$

$$g_{LR} = \left(\frac{y_P - y_C}{x_V} \right) \cdot x + y_C$$

Schritt 3: Herleitung des Referenzpunktes P' durch Gleichsetzen von g_{LR} und g_R

$$g_{LR} = g_R$$

$$\left(\frac{y_P - y_C}{x_V} \right) \cdot x + y_C = m_R \cdot x + b_R$$

$$x = \left(\frac{x_V \cdot (b_R + y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right)$$

$$y = m_R \cdot \left(\frac{x_V \cdot (b_R + y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) + b_R$$

$$y = \left(\frac{m_R \cdot x_V \cdot (b_R + y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) + b_R$$

$$P' \left(\left(\frac{x_V \cdot (b_R + y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) \middle/ \left(\frac{m_R \cdot x_V \cdot (b_R + y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) + b_R \right)$$

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

Schritt 4 : Herleitung der Lasergeraden g_{LV} aus y_L und P'

$$g_{LV} = m_{LV} \cdot x + b_{LV}$$

$$\left(\frac{m_R \cdot x_V \cdot (b_R - y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) + b_R = m_{LV} \cdot \left(\frac{x_V \cdot (b_R + y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) + y_L$$

(y_L = *Ordinatenschnitt*, Einsetzen von P' in g_{LV})

$$\Rightarrow m_{LV} = \frac{\left(\frac{m_R \cdot x_V \cdot (b_R - y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) + b_R - y_L}{\left(\frac{x_V \cdot (b_R + y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right)}$$

$$m_{LV} = \frac{y_P \cdot (y_C - y_L) - y_C^2 + y_C \cdot (y_L - 2 \cdot m_R \cdot x_V) + m_R \cdot x_V \cdot (y_L + b_R)}{x_V \cdot (b_R - y_C)}$$

$$g_{LV} = \left(\frac{y_P \cdot (y_C - y_L) - y_C^2 + y_C \cdot (y_L - 2 \cdot m_R \cdot x_V) + m_R \cdot x_V \cdot (y_L + b_R)}{x_V \cdot (b_R - y_C)} \right) \cdot x + y_C$$

→ wenn Laser senkrecht zu realer Ebene, dann gilt :

$$g_{LV} = -\frac{1}{m_R} \cdot x + y_L \text{ (in diesem Fall zutreffend)}$$

Schritt 5 : Herleitung des Objektpunktes Q' durch Gleichsetzen von g_{LV} und g_{LO}

$$g_{LV} = g_{LO}$$

$$-\frac{1}{m_R} \cdot x + y_L = \left(\frac{y_Q - y_C}{x_V} \right) \cdot x + y_C$$

$$x = \frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V}$$

$$y = -\frac{1}{m_R} \cdot \left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \right) + y_L$$

$$Q' \left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \middle/ -m_R \cdot \left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \right) + y_L \right)$$

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

Schritt 6: Herleitung der Objektgeraden g_O mit Hilfe von Q' und g_R

$$g_O = m_O \cdot x + b_O$$

→ Da g_R parallel zu g_O ist, gilt :

$$m_O = m_R$$

$$g_O = m_R \cdot x + b_O \text{ (Einsetzen von } Q')$$

$$\begin{aligned} \frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} &= \frac{1}{m_R} \cdot \left(-\frac{1}{m_R} \cdot \left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \right) + y_L \right) + b_O \\ \Rightarrow b_O &= \left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \right) - \left(\frac{1}{m_R} \cdot \left(-\frac{1}{m_R} \cdot \left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \right) + y_L \right) \right) \\ b_O &= - \left(\frac{y_C \cdot \left(y_L \cdot \frac{1}{m_R} \cdot x_V - \frac{1}{m_R}^2 - 1 \right) + y_L \cdot \left(1 - y_Q \cdot \frac{1}{m_R} \cdot x_V \right)}{y_C \cdot x_V - y_Q \cdot x_V - \frac{1}{m_R}} \right) \\ g_O &= \frac{1}{m_R} \cdot x - \left(\frac{y_C \cdot \left(y_L \cdot \frac{1}{m_R} \cdot x_V - \frac{1}{m_R}^2 - 1 \right) + y_L \cdot \left(1 - y_Q \cdot \frac{1}{m_R} \cdot x_V \right)}{y_C \cdot x_V - y_Q \cdot x_V - \frac{1}{m_R}} \right) \end{aligned}$$

Schritt 7: Herleitung der Objektiefe z mit Hilfe von P' und Q'

$$\begin{aligned} P' &\left(\frac{x_V \cdot (b_R + y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \middle/ \left(\frac{m_R \cdot x_V \cdot (b_R - y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) + b_R \right) \\ Q' &\left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \middle/ -\frac{1}{m_R} \cdot \left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \right) + y_L \right) \end{aligned}$$

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

→ Die Objektiefe z kann nun mit dem Satz des Pythagoras und den Differenzen der x und y - Koordinaten errechnet werden :

$$\Delta x = \left(\frac{x_V \cdot (b_R + y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) - \left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \right)$$

$$\Delta y = \left(\left(\frac{m_R \cdot x_V \cdot (b_R - y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) + b_R \right) - \left(-\frac{1}{m_R} \cdot \left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \right) + y_L \right)$$

→ Für die Objektiefe z gilt :

$$z = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

$$z = \sqrt{\left(\left(\frac{x_V \cdot (b_R + y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) - \left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \right) \right)^2 + \left(\left(\frac{m_R \cdot x_V \cdot (b_R - y_C)}{y_P - y_C - m_R \cdot x_V} \right) + b_R \right) - \left(-\frac{1}{m_R} \cdot \left(\frac{y_C - y_L}{y_C \cdot x_V - \frac{1}{m_R} - y_Q \cdot x_V} \right) + y_L \right) \right)^2}$$

Eine weitere Vereinfachung dieser Wurzel wäre zu kompliziert und „umformungsfehleranfällig“, deshalb ist dies, die in unserem Projekt verwendete Gleichung für die Objektiefe z .

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

5 Diskussion (Probleme)

5.1 Probleme mit der Apparatur

Ein Problem war, dass der Laser relativ weit von dem Gegenstand entfernt sein muss, da der Laser sonst eine zu dicke Linie auf dem Objekt erzeugen würde. Deshalb musste die Apparatur so konstruiert werden, dass der Laser im Verhältnis zur Kamera einen sehr großen Abstand zum Objekt hat. Da die Webcam nur die Laserlinie aufnehmen soll, muss die gesamte Apparatur dunkel abgeschirmt sein. Dazu musste ich einen großen Karton über die Schiene und den Gegenstand setzen.

Ein weiteres Problem war bzw. ist die Nachführung der Kamera. Zuerst wollte ich sie automatisch in die zweite Position fahren lassen, doch die automatische Nachführung durch einen Elektromagneten hätte die Zeit für wichtigere Aufgaben eingenommen und sollte deshalb manuell durchgeführt werden.

5.2 Probleme mit der Datenverarbeitung

Das allgemein größte Problem bei der Datenverarbeitung, d.h. bei der Entwicklung und Umsetzung der Visual Basic Anwendung war die mangelnde Kenntnis der Befehle und Funktionsweisen dieses Programms.

Das erste Problem ergab sich bei den von der Apparatur aufgenommenen Bildern. Sie zeigten eine rot bis gelb leuchtende Linie, die durch die Form des Objektes in ihrem eigentlichen Verlauf verändert wurde. Um die genaue Veränderung der Linie festzustellen mussten diese Bilder zunächst so umgewandelt werden, dass wir eine „Trendveränderung“ erhalten, um so das Objekt zu rekonstruieren. Nun musste man einen wahrscheinlichen Farbwert festlegen, der mit der geringsten Toleranz am ehesten der Rot-Gelb-Farbe der Laserprojektion entsprach. Wenn man diese Laserprojektion nun angemessen herausgefiltert hat, kann man sie schwarz darstellen um sie besser auswerten zu können.

Das zweite Problem bezog sich auf die mathematische Seite unseres Projektes, die projektive Geometrie. Diese befasst sich mit der „2. Bezugsebene“ die von dem Betrachter α -

3D-Erfassung von Objekten mit Laser und Webcam

zeugt wird und deshalb das reale Bild nicht dem des Betrachters entspricht. Die Schwierigkeit bei dieser Geometrie ist die Vorstellung dieser zusammenhängenden Ebenen, um so die Veränderung der Laserprojektion auf die Abmessungen und die Form des Körpers zu beziehen und die Höhe bzw. Tiefe des Objektes zu berechnen.

Ein scheinbar einfaches Problem stellte sich bei der Aufnahme mehrerer Bilder heraus. Die Bilder werden von der Webcam auf einem Zwischenspeicher abgelegt. Jedoch benötigten wir die Bilder auf der lokalen Festplatte. Ebenso wird erst dann ein Bild von der Webcam „geschossen“, wenn der Button „ein Bild machen“ betätigt wird. Das heißt wir benötigen eine Anwendung die der Kamera den „Befehl zum Schießen“ gibt und das „geschossene“ Bild auf unsere Festplatte bringt, damit wir damit arbeiten können.

Insgesamt gab es noch weitere „kleinere“, aber auch nicht zu unterschätzende Probleme, wie z.B. die Lizenzierung der ComDialog-Funktion von Visual Basic, ob es nun an Windows XP oder der Visual Basic Version liegt, ist noch ungeklärt.

6 Anhang

6.1 Danksagung

Wir danken Herrn Biedermann, dass er uns die benötigten Materialien zur Verfügung gestellt und uns tatkräftig bei der Umsetzung unseres Projektes unterstützt hat.