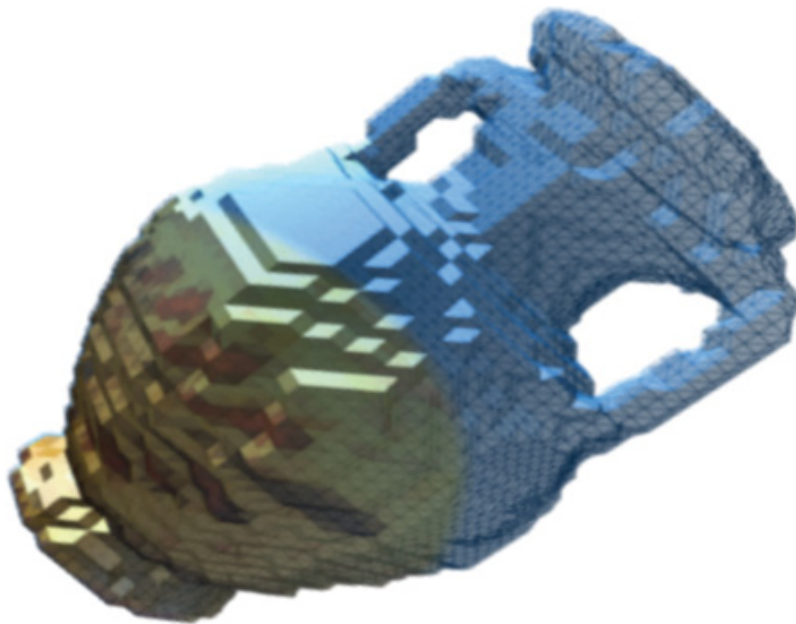


Diplomarbeit 3dScanner

3D Rekonstruktion von Objekten aus Bildern



*Michael Rebsamen, Berner Fachhochschule, HTI <rebsm1@bfh.ch>
Raphael Odermatt, Berner Fachhochschule, HTI <oderr1@bfh.ch>*



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1. Einleitung | 3 |
| 1.1. Übersicht Voxel-Modell | 3 |
| 2. Bildverarbeitung | 5 |
| 2.1. Bildsegmentierung | 6 |
| 2.2. Objekte extrahieren | 8 |
| 3. Bildanalyse | 9 |
| 3.1. Kamera Kalibrierung | 9 |
| 3.2. Projektionsmatrix | 11 |
| 4. Das Voxel-Modell | 13 |
| 4.1. Octree | 16 |
| 4.2. Die Zentralprojektion | 18 |
| 4.3. Einschränkungen | 19 |
| 5. Oberflächentriangulation (Mesh) | 20 |
| 5.1. Marchingcube | 20 |
| 5.2. Polygon Verminderung | 22 |
| 6. Textur Information | 23 |
| 6.1. Einfärben des Voxel-Modells | 23 |
| 6.2. Texture-Mapping auf Mesh | 24 |
| 6.3. Erkennen von konkaven Stellen | 27 |
| 7. Darstellung | 28 |
| 7.1. OpenGL | 28 |
| 7.2. Tiefenbilder und Verschnitte | 29 |
| 7.3. Wavefront (OBJ) Export | 30 |
| 8. Framework | 31 |
| 8.1. Java Advanced Imaging | 31 |
| 8.2. Kameraansteuerung | 32 |
| 8.3. Installation und Voraussetzungen | 32 |
| 8.4. Infrastruktur | 33 |
| 9. Fazit und Ausblick | 34 |
| 9.1. Winkelbestimmung | 34 |
| 9.2. Interne Kamerakalibrierung | 35 |
| 9.3. Konkave Objekte | 35 |
| 9.4. Weiterführende Informationen | 35 |
| Referenzen | 35 |

1. Einleitung

Durch die rasante Entwicklung im Bereich Virtual Reality und Augmented Reality verschmelzen die reale und die virtuelle Welt zunehmend. Vielfach entsteht daher der Wunsch, reale Gegenstände in die virtuelle Welt zu integrieren. Dazu muss der Gegenstand vorgängig in ein möglichst exaktes 3D-Modell umgewandelt werden.

Ausgangslage können eine oder mehrere Aufnahmen eines Objektes sein. Die Herausforderung besteht darin, aus diesen 2D-Bildern die 3D-Information zu rekonstruieren. Es sind eine Vielzahl von Verfahren zur 3D-Rekonstruktion bekannt:

- **Voxel-Modell:** Ausgangslage sind mehrere Bilder von verschiedenen Seiten des Objektes. Von den Bildern wird nur die Form (Silhouette) benötigt. Das Verfahren ist auch bekannt unter dem Namen *Shape from Silhouette*.
- **Stereoanalyse:** Die Stereoanalyse arbeitet mit zwei Kameras, die leicht versetzt auf das gleiche Objekt gerichtet sind. Mit Hilfe der *Korrespondenzanalyse* werden in den beiden Ansichten korrespondierende Bildpunkte gesucht, die Abbildungen des gleichen 3D-Punktes sind. Bei bekannten Kamerapositionen kann die Lage der identifizierten Punkte im Raum berechnet werden.
- **Shape from shading:** Dieses Verfahren nutzt die unterschiedlichen Lichtverhältnisse im Bild aus, die durch Schatten entstehen. Es wird u.a. bei der Gesichtserkennung eingesetzt.
- **Laser Scanner:** Ein Laser tastet das sich drehende Objekt von allen Seiten ab und misst die Distanzen. Einsatzgebiet ist vor allem die Industrie, wenn sehr exakte Resultate benötigt werden.

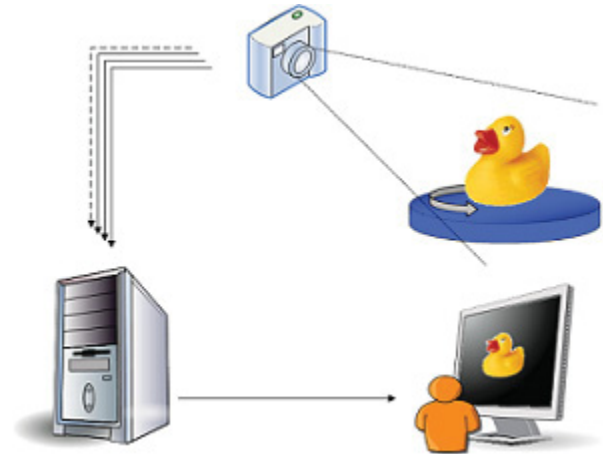
Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich ausschliesslich mit dem Voxel-Modell. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass vorgängig nichts über das zu rekonstruierende Objekt bekannt sein muss, beispielsweise im Gegensatz zur Stereoanalyse. Das Voxel-Modell funktioniert jedoch nicht für alle Objekttypen. Konkave Stellen bzw. Aushöhlungen in der Figur gehen bei der Rekonstruktion teilweise verloren.

1.1. Übersicht Voxel-Modell

Das zu rekonstruierende Objekt wird auf einer drehbaren Unterlage platziert. Die Unterlage ist mit Kontrollpunkten versehen, um später den aktuellen Aufnahmewinkel ermitteln zu können.



Infrastruktur



Ablauf der 3D-Rekonstruktion

Tabelle 1. Ausgangslage

Vom sich drehenden Objekt werden Aufnahmen von allen Seiten gemacht. Die Bilder werden anschliessend in Binärbilder (Schwarz/Weiss Bild) transformiert. Die Silhouetten dieser Bilder enthalten genügend Informationen für die 3D Rekonstruktion des Objektes.

Die Rekonstruktion eines 3D-Objektes mit dem Voxel-Modell kann grob in die folgenden Schritte unterteilt werden:

1. **Bild Segmentierung:** Trennen des Objektes und der Kontrollpunkte vom Hintergrund. Ein einheitlicher Hintergrund (BlueBox) vereinfacht diesen Prozess.
2. **Objekt Extraktion:** Die einzelnen Objekte des Vordergrundes müssen voneinander getrennt und identifiziert werden.
3. **Kamera Kalibrierung:** Mit Hilfe eines Kalibrierungsbildes wird die Projektionsmatrix und die Kamerakonstante f berechnet. Auf dem Kalibrierungsbild müssen die vier Kontrollpunkte in einer Trapezform mit zwei horizontalen Kanten ersichtlichs sein. Das Objekt selber darf dabei keinen dieser Punkte verdecken.
4. **3D Rekonstruktion:** Das 3D Objekt entsteht, indem die einzelnen Silhouetten auf einen Würfel projiziert und die Würfelemente (Voxel), die nicht von der Silhouette verdeckt werden, sukzessive gelöscht werden.
5. **Iteration über Bilder:** Die Schritte 1-4 werden für alle Aufnahmen wiederholt. Der Aufnahmewinkel wird mit Hilfe der Kontrollpunkte und der Projektionsmatrix berechnet.
6. **Polygon Mesh:** Das Voxel-Modell wird auf ein Oberflächenmodell reduziert, bestehend aus Polygonen.
7. **Polygon Reduktion:** Optional kann das 3D-Modell vereinfacht werden,

indem die Anzahl der Polygone reduziert wird.

8. **Textur:** Neben der Geometrie des Objektes wird auch die Farbinformation rekonstruiert. Dazu wird das virtuelle 3D-Objekt mit den Farben der Originalbilder texturiert.
9. **Rendering:** Das entstandene 3D-Objekt kann nun dargestellt werden, bspw. mit OpenGL, als Tiefenbild oder animiertes GIF. Ein Export in das Format *Wavefront (OBJ)* erlaubt die Weiterverwendung des Objektes in anderen Softwareprodukten.

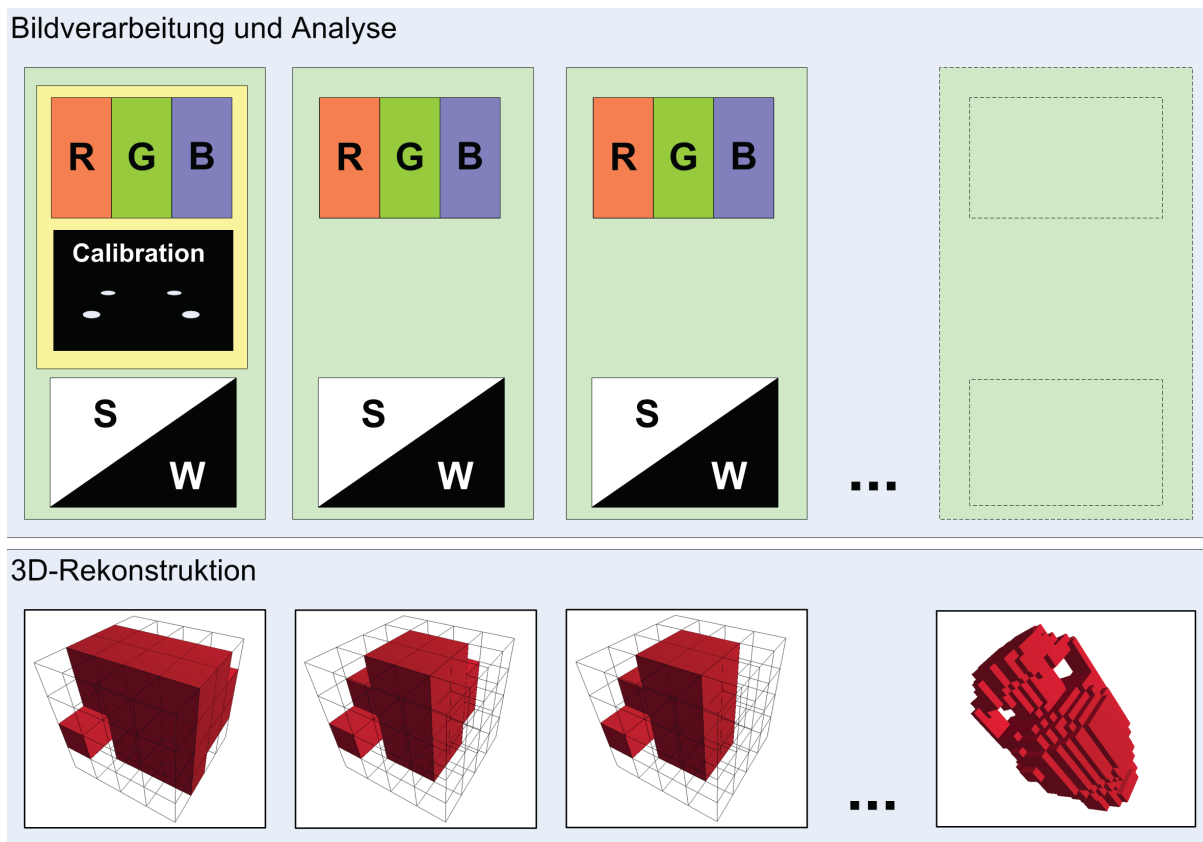


Abbildung 1. Übersicht Voxel-Modell

Die Details dazu sind in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

2. Bildverarbeitung

Bevor mit der eigentlichen 3D-Rekonstruktion begonnen werden kann, müssen die Bilder vorbearbeitet werden, hauptsächlich mit Methoden aus der Bildverarbeitung.

- **Bild Segmentierung:** Trennen der Objekte inkl. Kontrollpunkte vom Hintergrund.
- **Objekte extrahieren:** Die Objekte im Vordergrund (Silhouette und Kontrollpunkte)