

# 3D-Scan der Goethe Statue beim Burggarten/Wien

3D Vision LU Gruppe 12

Clemens Hammerl, 0426247, 532 Georg Molzer, 0525148, 532 Katharina-Anna Wendelin, 0425160, 932

Juni 2009

#### 1 Einleitung

Ziel dieser Übung ist es, ein 3D Objekt mit Hilfe eines Laser Scanners einzuscannen und mit den daraus Zresultierenden Daten ein 3D Modell zu erstellen. In diesem Dokument wird der gesamte Arbeitsprozess vom Scannen des Objekts bis zum fertigen 3D Modell beschrieben.

#### 2 Modell

Das Objekt, das wir für unsere Arbeit verwendet haben, ist die das Goethe-Denkmal (Abbildung 1), welches sich vor dem Burggarten in Wien befindet. Es wurde 1900 errichtet und stammt von Eduard Hellmer. Weitere Informationen hierzu finden sich unter http://www.stadt-wien.at/index.php?id=goethedenkmal-wien.

#### 3 Erfassung der Daten

Zum Scannen des Denkmals haben wir den terrestrischen Laser Scanner RIEGL LMS -Z420i verwendet. Dieser bietet zusätzlich zum Erfassen der 3D-Daten noch die Möglichkeit, mittels Digitalkamera Bilder des gewünschten Objekts zu fotografieren. Diese Bilder werden dann später beim Rekonstruktionsprozess als Textur für das Modell verwendet.

#### 4 Scannen

U m ein 3D Objekt erstellen zu können, muss dieses von mehreren Richtungen gescannt werden. Um die einzelnen Aufnahmen in der Nachbearbeitung zusammenfügen zu können, muss sichergestellt werden, dass man die Daten (die von verschiedenen Richtungen aufgenommen wurden) an den richtigen Stellen zusammenführt. Um dies zu gewährleisten, werden reflektierende Marker verwendet, die an verschiedenen Stellen am Objekt und in der Umgebung des Objekts platziert werden.

Der Scanner kann mittels FireWire-Schnittstelle an ein Notebook angeschlossen und dann mit Hilfe der Software RiSCAN PRO gesteuert werden.

Für unser Projekt wurde das Goethe Denkmal von sieben verschiedenen Richtungen gescannt (Abbildung 2). Da das Goethe Denkmal besonders an der Vorderseite sehr detailliert ist, wurden 3 Scans an der Vorderseite der Statue angefertigt. Die restlichen Scans wurden jeweils an den beiden Seiten des Denkmals und an der Rückseite durchgeführt.



Abbildung 1: Goethe Denkmal beim Burggarten



Abbildung 2: Scan des Denkmals

Um die Marker für jede Position des Scanners zu finden, musste vor dem eigentlichen Scan die Umgebung erfasst werden. Wurden die Marker gefunden, so konnte mit dem eigentlichen Scan des Denkmals von der jeweiligen Position aus begonnen werden. Nachdem der Scan abgeschlossen war, wurde ein Foto mit Digitalkamera geschossen, um dieses dann anschließend als Textur für das 3D Modell verwenden zu können.

#### 5 Verarbeitung der Daten

Die Daten, die nach dem Scannen vorliegen, sind die Punktwolken und die Fotos von allen 7 Aufnahmerichtungen. Um diese Daten für das eigentliche Modellieren verwenden zu können, müssen sie vorher noch bearbeitet werden. Für das Bearbeiten der Daten wurde das Program "RiSCAN PRO" verwendet. Der erste Schritt hierbei war es, die Position der Marker zwischen den einzelnen Aufnahmerichtungen zu korrigieren, da es hier vereinzelt sehr große Abweichungen gab. Anschließend mussten die Daten, bezogen auf die neuen Markerpositionen, neu kalibriert werden.

Nach der Kalibrierung wurden die Texturen verzerrt, um sie auf die gewonnenen Daten anzupassen. Die vorliegenden Daten wurden im nächsten Schritt neu gesampled, um für die 3D- Verarbeitung angemessene Datenmengen zu erzielen.

Um aus der Punktwolke ein Mesh zu machen, war es nötig, jede Aufnahme zu triangulieren. Das Endprodukt (für eine gerade bearbeitete Aufnahmerichtung) ist in Abbildung 3 dargestellt. Die vorher beschriebenen Arbeitsschritte müssen für jede Aufnahmerichtung gemacht werden. Die fertigen Daten werden dann als einzelne Dateien (pro Aufnahmerichtung eine Datei) abgespeichert, um weiterverarbeitet werden zu können.

# 6 Bearbeitung der 3D-Daten

Für die Bearbeitung der Daten und das Erstellen des fertigen 3D Modells kamen die Programme *GEOMAGIC Studio 10, luxology modo* und *Maya* zum Einsatz.

#### 6.1 Entfernen unnötiger Daten

Da der 3D Scanner viel mehr aufnimmt, als für das fertige 3D Modell benötigt wird (Abbildung 4), war der erste Schritt die Entfernung überflüssiger Daten aus der Ansicht. Das Ziel hier war es, alle störenden Dreiecke aus dem Modell zu entfernen, sodass nur noch das Goethe Denkmal zu sehen war. Durch Ent-



Abbildung 3: Bearbeitete Daten



**Abbildung 4:** Das eigentliche Modell (rechts unten im Bild) umgeben von störenden Daten

fernen der überflüssigen Dreiecke konnten wird die Anzahl der Dreiecke pro Ansicht um ca. 100.000 reduzieren, was sich auch auf die Arbeitsgeschwindigkeit positiv auswirkte.

#### 6.2 Oberflächennormale korrigieren

Der nächste Arbeitsschritt bestand darin, die Oberflächennormalen zu korrigieren. Da es zu Problemen beim Zusammenfügen der verschiedenen Ansichten kommt, wenn die Normalen nicht richtig gesetzt sind, müssen vor dem Zusammenfügen die Normalen aller sieben Ansichten korrigiert werden. Geomagic zeigt (nach Ausblenden der Textur) Backfaces goldgelb und Frontfaces blau an. Wie in Abbildung 5 zu erkennen ist, gibt es in dieser Perspektive sowohl Front- als auch Backfaces zu sehen, obwohl es sich hierbei nur um Frontfaces handeln sollte. Dieser Fehler muss behoben werden.

Um die Normalen zu korrigieren, muss zuerst der "Normalen umdrehen" Modus im Polygonmenü ausgewählt werden. Danach müssen die Flächen, die umgedreht werden sollen, ausgewählt werden. Nach Korrektur der Normalen sollten alle Flächen, die an der Außenseite des Modells liegen sollen, blau gefärbt sein (Abbildung 6).



Abbildung 5: Fehlerhafte Normalvektoren



Abbildung 6: Korrigierte Normalvektoren

# 6.3 Merging – und das klassische "Löcher stopfen"

Der nächste Arbeitsschritt liegt im Zusammenfügen der korrigierten Ansichten zu einem 3D Modell (siehe Abbildung 7). Dieser Schritt wird als "mergen" bezeichnet. Das Ergebnis sieht auf den ersten Blick zwar gut aus, beim genaueren Hinsehen erkennt man jedoch, dass es überall im Modell Löcher gibt. Diese entstehen dadurch, dass der Scanner beim Aufnehmen der Daten bestimmte Stellen des Denkmals aufgrund der Blickrichtung nicht erreichen konnte. Besonders viele Löcher sind zu sehen, wenn man sich das Modell von oben ansieht (Abbildung 8).



Abbildung 7: Goethe Modell nach dem Mergen



Abbildung 8: Goethe-Modell von oben

Um das Modell vollständig zu machen, müssen diese Löcher gefüllt werden. Um Löcher zu füllen, muss zuerst der gewünschte Bereich z.B. mittels Lasso ausgewählt werden. Danach muss der "Löcher füllen" Modus im Polygonmenü ausgewählt werden. Je nach Art des Loches kann man sich nun zwischen verschiedenen Füllmethoden wählen. Bei größeren Löchern empfiehlt es sich, zuerst eine "Brücke" zu erzeugen (Abb. 9). Die frei bleibende Fläche kann danach normal gefüllt werden (Abb. 10). Kleine Löcher können einfach durch Auswahl der Kanten ohne Brücke gefüllt werden.



Abbildung 9: Brücke zwischen zwei Kanten



**Abbildung 10:** Das kleine Loch neben der Brücke wird automatisch gefüllt

# 6.4 Feinarbeit

Nachdem alle Löcher entfernt wurden, ist ein einheitliches 3D-Modell vorhanden (Abb. 11). Dieses enthält jedoch bei genauerem Hinsehen sehr viele Störungen bedingt durch Ungenauigkeiten beim Messen (Abb. 12). Um solche Fehler zu beheben, griffen wir auf die *Modellierungspakete* modo und *Maya* zurück. Das Ziel war es, Unebenheiten im Modell zu beseitigen und stark fehlerhaft digitalisierte Modellteile zu rekonstruieren.

Unser Ziel hierbei war es, das Denkmal möglichst gut so darzustellen, wie es zu seiner Entstehungszeit ausgesehen haben müsste. Hierbei wollten wir auch eine Alternative zu der Originaltextur bieten und haben daher das Modell mit einer bronzefarbenen Textur versehen.



Abbildung 11: "Gestopfter" Goethe (ohne Löcher)



**Abbildung 12:** Goethe scheint sich seine rechte Hand recht schwer verletzt zu haben

Der Sockel der Statue wies im Scan recht starkes Rauschen und andere Messfehler auf, die bei einer als glatt wahrgenommenen Struktur subjektiv noch stärker ins Gewicht fallen. Wir entschieden uns aufgrund der Einfachheit der Konstruktion, den Sockel völlig neu zu modellieren (Abb. 13).



**Abbildung 13:** Modellieren des neuen Sockels, sowie dessen Kombination mit gescanntem Goethe (rechts oben)

Des weiteren wurden noch fehlerhafte Vertices im Detail manuell entfernt und weitere Unebenheiten im Goethe-Modell händisch durch ein Brushing Tool mit verschiedenen Filtern geglättet. Hier kamen hauptsächlich zwei Filtertypen – einer mit einer spitzen Gaußkurve, um Kanten bestmöglich zu erhalten und ein stumpfer, um starkes Rauschen zu unterdrücken. Die unterschiedlichen Methoden werden in den Abbildungen 14 - 17 dargestellt. Schließlich wurde die Polygon-Anzahl des Modells von ca. 700.000 auf 200.000 reduziert und die fehlerhafte Hand Goethes "amputiert" ;).



Abbildung 14: Mantelsaum vor der Glättung



Abbildung 16: "Verletze" Hand vor der Glättung



Abbildung 15: Mantelsaum nach der Glättung (spitzer Kernel)



**Abbildung 17:** Hand nach der Glättung (stumpfer Kernel) – nur zu Demonstrationszwecken

Der letzte Schritt bestand darin, die verstümmelte Hand durch eine neu modellierte zu ersetzen. Als Ausgangsmodell wurde die Hand in Abbildung 18 verwendet. Durch ein Skelett wurde die Hand transformiert, sodass sie an die Handstellung des originalen Denkmals angepasst werden konnte. Danach uwrde die fertige Hand geglättet und an das Goethe-Modell angepasst.



Abbildung 18: Ursprüngliches Handmodell

# 7 Das fertige Modell

N achdem alle Korrekturarbeiten beendet waren musste das Modell nur noch mit einer Textur (in unserem Fall eine bronzefarbene Metalltextur und eine Marmortextur) versehen werden. Das Endergebnis ist in den Abbildungen 19 (Bronze) und 20 (Schwarz) zu sehen.



Abbildung 19: Goethe in Bronze (vorne)



Abbildung 20: Goethe in Schwarz (hinten)

Um nun auch herauszufinden, wie stark sich die Daten des Modells vom realen Denkmal unterscheiden, haben wir den Sockel des originalen Denkmals vermessen und ihn mit den Werten, die wir mit Hilfe der *Messure Distance*-Funktion aus *Geomagic 10* gewinnen konnten, verglichen. Der Sockel des originalen Denkmals misst an der Seite in der Höhe 40cm und in der Breite 285cm. Das Modell misst an dieser Stelle in der Höhe 39,8cm und in der Breite 285,3 cm. Die Abweichung ist somit denkbar gering und lässt auf genaue Arbeit schließen.

# 8 Probleme

Natürlich hatten wir im ganzen Arbeitsprozess durchaus nennenswerte Probleme. Schon bei der Aufnahme der Daten mit Hilfe des Laser-Scanners gab es Schwierigkeiten. Der Scanvorgang wurde während einer Demonstration – genauergesagt die Schülerdemo/April 2009 – durchgeführt. Es war sehr mühsam, Leute daran zu hindern durch den Laserstrahl zu laufen. Leute, die entweder stehen geblieben oder langsam durchgelaufen sind waren deshalb in der Aufnahme zu erkennen (Abb. 21).

Ein weiteres Problem war das Wetter. Der Scan begann um ca. 10 Uhr Vormittags und endete am späten Nachmittag. Die Lichtverhältnisse änderten sich, was auch auf den Texturen zu erkennen war. Deshalb mussten diese per *Photoshop* aneinander angepasst werden, um später auf dem Modell einen einheitlichen Eindruck zu machen.

Wir hatten Anfangs auch große Probleme mit der Software Geomagic 10, da das Bearbeiten des Modells (auf-



**Abbildung 21:** Menschen, die durch den laufenden Scan liefen: Sichtbar als weiße, vertikal gestreckte "Flecken"

grund der hohen Polygonanzahl) so langsam voran ging, dass sogar eine einfache Rotation des Modells 10-20 Sekunden in Anspruch nahm. In Anbetracht der vorliegenden Arbeit einiger Kollegen aus dem Jahr 2004 ziehen wir den Schluss, dass wir wohl einfach nur zu verwöhnt sind: Diese mussten auf 900 MHz-Rechnern mit satten 256MB RAM arbeiten – damit verglichen arbeiteten wir auf Hochleistungscomputern.

Beim Modell selbst stellte uns vor allem die rechte Hand des Modells vor eine große Herausforderung. Diese war kaum zu erkennen, bzw. so verstümmelt (Abb. 22), dass wir uns dazu entschlossen, die Hand selbst nachzubauen.



Abbildung 22: Verstümmelte rechte Hand

# 9 Rundumansicht

Video-Einbettung. Hierzu ist Acrobat Reader ab Version 9.0 nötig.

