

Die virtuelle Rekonstruktion mittelalterlicher Fassungen

Virtual reconstruction of medieval polychromies

Prof. Christian Barta
Hochschule Ansbach
Residenzstraße 8, 91522 Ansbach
Tel.: [0981-4877-360], Fax: [0981-4877-202]
E-mail: christian.barta@hs-ansbach.de, Internet: [www.hs-ansbach.de]

Dr. Arnulf v. Ulmann
Leiter des Instituts für Kunsttechnik und Konservierung, GNM
Kartäusergasse 1, 90402 Nürnberg
Tel.: [0911-1331 0], Fax: [0911-1331 200]
Email: a.ulmann@gnm.de, Internet: [www.gnm.de]

Dipl. Rest. Sybille Herkner
Universität Bamberg
Gaustadter Hauptstrasse 130, 96049 Bamberg
Tel.: [0951-2087270]

Zusammenfassung:

Die Mittelaltersammlung des Germanischen Nationalmuseums zählt zu den bedeutendsten Sammlungen im deutschsprachigen Raum. Dieser Sammlung gehört die Skulptur eines Hl. Georg an. Die Bedeutung der Skulptur liegt in der überragenden Qualität ihrer polychromen Farbfassung, die dem Werk erst zu seiner eigentlichen Wirkung verhalf. Durch Alterungsprozesse und Teilverluste ist die Kostbarkeit der Fassung, die wohl eine monumentale Goldschmiedearbeit imitieren soll, nicht mehr wahrnehmbar. Ziel des Projektes ist es, durch eine realistische dreidimensionale Computersimulation der Oberflächen sowie einer Rekonstruktion des historischen Kontextes den einstigen Glanz der Skulptur wieder sichtbar zu machen.

Hierzu wurden Versuche an einem gescannten 3D Modell der Skulptur durchgeführt, zum einen um die Eignung lasergescannter Modelle zur Rekonstruktion zu prüfen, aber vor allem um Wege zu finden, die Oberflächen in ihrem vermuteten Originalzustand im Computer zu simulieren. Zum Einsatz kamen hier vor allem prozedurale Texturierungstechniken, um eine Auflösungsunabhängigkeit bei der Bildberechnung zu erzielen. Eine wichtige Rolle spielt auch die Wahl der Beleuchtung und der Umgebung des Modells. Die erzielten Erfolge lassen einen positiven Ausblick auch auf noch komplexere Oberflächen zu.

Abstract:

The Middle Age collection of the Germanic National museum ranks among the most important in the German-speaking nations. The sculpture of a St. George belongs to this collection. The importance of the sculpture lies in the outstanding quality of its polychromy, which gives this artwork the affiant authenticity in its appearance. Through aging processes and partial loss the treasure of the polychromy, which is probably imitating a monumental goldsmith work, is no longer perceivable. The aim of this project is to visualize the previous shine on parts of the sculpture, by a realistic three-dimensional computer virtual simulation of the surfaces, and a reconstruction of the surroundings within its environmental context. To ascertain the suitability of laser-scanned models for the reconstruction, specifically the simulation of the surfaces in their assumed original state on the computer, trials have been carried out on the scanned 3D model of the sculpture. Procedural texturing techniques were used, in order to be independent of the resolution during the image computation. The choice of lighting is an important factor as is the environment of the model. The final results show, that this is an encouraging prospect enabling to compute even more complex surfaces.

Rekonstruktionen von kulturhistorisch wertvollen Artefakten sind in der Restaurierungswissenschaft sehr problematisch, am Kunstwerk selber aus denkmalpflegerischen Gründen meist unzulässig und als Replik auf Grund verlorengangener Rezepturen und Ausgangsmaterialien oft nicht überzeugend. Der heutige Zustand vieler Kunstwerke lässt aber kaum ihre frühere Pracht erahnen.

Die moderne Computergrafik, besonders die Möglichkeiten der 3D Visualisierung, bieten hier aber neue Wege Kunstgegenstände virtuell und photorealistisch in ihrem Ausgangszustand wieder entstehen zu lassen.

In einem Vorprojekt wurde die grundsätzliche Machbarkeit des Vorhabens erprobt und die Eignung verschiedener Herangehensweisen bewertet.

Die Vorgehensweise lässt sich in mehrere Schritte aufteilen: die Modellerstellung, die Simulation der Materialien und die Erstellung des photorealistischen Abbildes.

Die Modellerstellung sollte durch die Erstellung eines 3D Laserscans erleichtert werden, bei genauerer Betrachtung des gescannten Modells zeigten sich jedoch mehrere Probleme auf:

- Die Auflösung des Scans reichte nicht für die Erfassung der feinen Details.
- Die unebene, verwitterte Oberfläche des gescannten Modells macht eine Rückführung in einen virtuellen Neuzustand nahezu unmöglich.
- Auch das durch den Scan entstandene sehr unregelmässige Polygonnetz erschwert jegliche Weiterbearbeitung des 3D Modells.



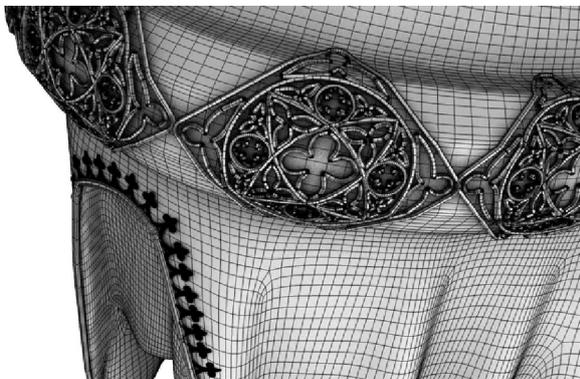
Original 3D-Scan der Skulptur

Aus diesen Gründen wurde im Rahmen des Vorprojektes, unter Verwendung des Scans als Vorlage, die Neumodellierung der Skulptur anhand eines Teilbereichs erprobt. Das überzeugende Ergebnis dieses Tests erwies die Machbarkeit dieser Methode.

Ebenfalls wurde im Rahmen dieses Vorprojektes die photorealistische Rekonstruktion der Oberflächen und das Rendering (Bildberechnung) erfolgreich erprobt.

Die Skulptur wurde also unter Verwendung des Scans neu modelliert, wobei in Teilbereichen verschiedene Wege der Umsetzung getestet wurden (u. a. Gürtelapplikationen).

Die Originalskulptur wurde restauratorisch untersucht, sowohl um Vorgaben für die virtuelle Rekonstruktion der Farbfassung zu bekommen aber auch um die Fehlstellen (u. a. Ohr des Drachen, Lanze, Reliquiar) der Skulptur ergänzen zu können.



Neumodellierung der Skulptur und der Applikationen

Basierend auf der Untersuchung der Farbfassungen wurden nun Studien mit Vergleichsoberflächen durchgeführt. Diese Oberflächen wurden entweder in ihrem ursprünglichem Schichtaufbau rekonstruiert oder aber es wurden vergleichbare Oberflächen aus dem Bestand des GNM dazu herangezogen. Auf diese Weise konnten die Parameter, die die Erscheinung der Oberflächen bestimmen, in Versuchen herausgefunden und in digitalen Oberflächen simuliert werden.

Hier muss nun unterschieden werden in Oberflächen mit und ohne definierte Muster. Erstere die sich in der Hauptsache durch Parameter wie Farbe, Reflektion und Unebenheiten in der Oberfläche bestimmen und zweitere die ein festes vom Künstler festgelegtes Muster aufweisen. Die charakteristischen Merkmale der ersten Gruppe wirken in ihrem Bild eher zufällig und rühren größtenteils von Bearbeitungsspuren wie z.B. dem Polieren her. Im Projekt wurde versucht diese Spuren auf prozeduralem Weg zu erzeugen, d. h. mathematische Algorithmen wurden festgelegt, die sich selbst ähnelnde aber nie sich gleichende Muster erzeugen. Dieses Verfahren hat auch den großen Vorteil, auflösungsunabhängig zu sein. Die virtuelle Kamera kann also theoretisch unendlich nah an das Objekt, ohne Unschärfe in der Textur zu erzeugen.

Sehr viel komplizierter und eine der großen Herausforderungen des Projekts war die Rekonstruktion der Oberfläche des Waffenrocks, ein in mehreren Schichtfolgen aus Metallen und Farben komplex angelegtes Muster. Dieses Muster wurde im Zuge der begleitenden Untersuchung von der Skulptur auf Papier übertragen und die Fehlstellen zeichnerisch ergänzt. Um dieses Muster nun auf die komplexe in sich gekrümmte Geometrie des Modells zu übertragen musste diese zunächst zerlegt werden und flach aufgespannt werden (analog einer flexiblen Fläche). Auf diese geglättete Geometrie konnte dann mittels UV-Mapping das Muster aufgebracht werden.

Der Grad des Photorealismus, den eine virtuelle Rekonstruktion aufweisen kann, hängt in starkem Maße von der Beleuchtungs- und besonders im Falle von reflektierenden Materialien, der Umgebungssimulation ab. Für dieses Projekt werden für die jeweiligen Situationen High Dynamic Range Images erstellt, Bilder die sowohl die Licht-, Farb- und Umgebungsinformation einer Szene enthalten und mit deren Hilfe eine höchstrealistische Bildberechnung der virtuellen Szene erreicht werden kann. Im Bildbeispiel ist dieses HDRI an der Stelle im GNM erstellt worden an der die reale Skulptur ausgestellt ist.



Rendering der virtuell rekonstruierten Skulptur

Die Frage der Präsentation spielt im ersten Teil des Forschungsprojekts noch keine maßgebliche Rolle, allerdings sollen hier bereits technische Fragen grundsätzlich auf ihre Machbarkeit hin geprüft werden.

Neben bereits erprobten Präsentationsmethoden wie hochaufgelösten Bildern, Animationen und auch bildbasierten Virtual-Reality Lösungen (z.B. QuickTime VR) sollen bewusst neue Möglichkeiten, die die Computergrafik bietet, getestet werden. Getestet und beurteilt, sowohl hinsichtlich der technischen Realisierbarkeit, als auch hinsichtlich der didaktischen Möglichkeiten.

Interaktivität bietet deutlich höhere Möglichkeiten der Wissensvermittlung als nur einseitige, gewissermaßen statische Systeme. Die grundsätzliche Möglichkeit einer interaktiven Präsentationsapplikation wurde bereits in einem parallelen Projekt erprobt*. Mit diesem Projekt hier soll aber ein Schritt weiter gegangen werden, um auch die Beschäftigung mit der virtuellen Rekonstruktion interaktiv zu gestalten. Ansatz ist die Verwendung von Techniken aus der 3D Spieleentwicklung. Mithilfe einer Echtzeit 3D Engine lässt sich die Skulptur und ihr Umfeld interaktiv und in Echtzeit ändern. Das beginnt mit einem simplen "um die Figur herumgehen", welches vom Anwender völlig frei gestaltet werden kann, und geht bis hin zu Raumänderungen der Umgebung oder der Beleuchtung. So ist es also möglich den Standort der Skulptur, welcher kulturhistorisch noch nicht geklärt wurde, interaktiv in verschiedenen räumlichen Varianten zu erproben.

Die Problematik der technischen Umsetzung liegt in der Datenmenge, die für eine Echtzeitdarstellung berechnet werden muss. Ein photorealistisches Rendering der texturierten Skulptur benötigt in einer Auflösung von 800 x 600 Pixeln bereits ca. 90 Minuten (Dual Core Prozessor mit 2,5 Ghz). Der Lösungsansatz liegt also in einer Reduktion der Datenmenge und hier zunächst vor allem der Polygonauflösung. Betrachtet man nur den Kopf der Skulptur, so liegt die Auflösung hier bereits bei ca. 800.000 Polygonen. Für eine Echtzeitdarstellung dürfte er aber nicht mehr als 500 Polygone aufweisen. Diese Auflösung lässt aber einen realistischen Eindruck nicht mehr zu. Durch die Verwendung einer Technologie aus dem Bereich der 3D-Spieleproduktion lässt sich aber diese Problem lösen, die Detailinformation des hochaufgelösten Modells wird über ein Normal-Mapping Verfahren auf das niedrigaufgelöste Modell übertragen und sorgt hier in Echtzeit für die Darstellung der Details.

In der zweiten Projektphase werden nun die Inhalte einer 3D Echtzeitanwendung festgelegt, unter anderem mögliche frühere Standorte der Skulptur, aber auch ein Schichtenmodell des Oberflächenaufbaus, um diesen interaktiv studieren zu können.