

UNTERSUCHUNG ARCHÄOLOGISCHER OBJEKTE AUSGEHEND VON TOMOGRAPHIEDATEN AUF PERSONALCOMPUTERN IN ECHTZEIT

Dr. M. Weber, S. Beyer
Deuretzbacher Research GmbH
Schkopauer Ring 5
12681 Berlin

Telefon: ++49 30 93644220, Telefax: ++49 30 93644 249

Bereitstellung der Rohdaten durch Computertomographie

Die zerstörungsfreie Analyse archeologischer Fundstücke basiert heutzutage in der Regel auf Informationen über die räumliche Dichteverteilung innerhalb dieser Objekte. Diese Informationen werden mittels tomographischer Verfahren gewonnen. Dabei wird der Untersuchungsgegenstand schichtweise von allen Seiten durchleuchtet. Ausgehend von den dabei gewonnenen Daten ist es mit Hilfe mathematischer Verfahren möglich, jedem durchstrahlten Volumenelement einen Dichtewert zuzuordnen.

Indem man dieses Verfahren für mehrere aneinander grenzende Schichten anwendet, erhält man die räumliche Dichteverteilung im interessierenden Volumenabschnitt des Objektes.

Das soeben skizzierte Verfahren findet seit längerem Anwendung in der medizinischen Diagnostik und ist unter dem Begriff „Computertomographie“ (CT) bekannt.

3d-Modellierung und -Visualisierung

Nach der tomographischen Datenerfassung ist man im Besitz der Dichteinformationen mehrerer benachbarter Scheiben des zu untersuchenden Objekts. Bereits durch die Analyse der Dichteverteilung einzelner Scheiben lassen sich Aussagen über die Art der Materialien sowie über deren Beschaffenheit, über Korrosion und Oxydation, Hohlräume, Risse etc. machen.

Eine ausreichende Unterstützung bei der räumlichen Orientierung und Navigation, beim Erkennen und Klassifizieren von Formen, bei der Lokalisierung und topologischen Zuordnung von Einschlüssen und Rissen ist jedoch erst durch die Vereinigung der zweidimensionalen Dichteverteilungen in den Scheiben zu räumlichen Strukturen zu erreichen. Die Möglichkeit einer räumlichen Darstellung, Analyse und Manipulation dreidimensionaler Objekte ist im gegebenen Zusammenhang insbesondere deshalb von Vorteil, weil viele archeologische Untersuchungsgegenstände erst in ihrer dreidimensionalen Gestalt sicher klassifiziert und bewertet werden können. Hinzu kommt, daß die Darstellungen gewisser Objekte nach geeigneter Bearbeitung ihrer tomographisch gewonnenen Modelle einen erheblichen Betrachtungswert haben.

Aus den genannten Gründen werden in dem hier vorgestellten System die Dichteverteilungen der Scheiben in speziell optimierte räumliche Datenstrukturen überführt. Auf der Grundlage dieser Datenstrukturen wurden für eine Reihe nützlicher Funktionen, die nachfolgend kurz dargestellt werden, effiziente Implementierungen erarbeitet.

Hauptfunktionen des Systems

Visualisierung

Für eine Visualisierung mit konkreten Parametern wird das 3d-Modell einer Vorverarbeitung unterzogen, bei der diejenigen Dichtewerte oder -Intervalle, die bei der Visualisierung nicht berücksichtigt werden sollen, aus dem Modell entfernt werden. Dadurch wird in der Regel eine erhebliche Reduktion der auszuwertenden Daten erreicht. Den übrigen Dichtewerten, d.h. denjenigen Dichten, die Einfluß auf die Visualisierung haben sollen, werden jeweils spezifische, frei wählbare Farb- und Opazitätswerte zugeordnet.

Navigation

Um eine komfortable Navigation im 3d-Modell zu ermöglichen, stehen bei Bedarf gleichzeitig drei Ansichten des Objektes zur Verfügung. Die drei Ansichten zeigen das Objekt in Grund-, Auf- und Seitenriß, wobei diese Ansichten Schnitte durch das Objekt an wählbaren Koordinaten darstellen. Während der Navigation ist jeweils eine frei wählbare Ansicht aktiv. In dieser Ansicht wird durch eine entsprechende Bewegung des Cursors die dargestellte Schnittebene verändert. In den anderen beiden Ansichten wird die aktuelle Cursorposition durch ein Fadenkreuz markiert.

In einem speziellen anderen Modus, der langsamer ist, werden die Schnittdarstellungen aller Ansichten entsprechend der Cursorbewegung aktualisiert.

Um die Inspektion interessierender Objektbereiche relativ zum Objektkontext zu erleichtern, wurde ein spezieller Cursor-Mode entwickelt: bei Cursorbewegungen bleibt die Schnittdarstellung in der aktiven Ansicht unverändert. Lediglich in einem kleinen quadratischen Bereich um die Cursorposition herum wird die der aktuellen Cursorposition entsprechende Schnittebene dargestellt.

3d-Bildverarbeitung

Für die gezielte Manipulation der Dichtewerte stellt das System eine Reihe von 3d-Bildverarbeitungsfunktionen bereit.

Modell-Verbesserung

Spezielle Bildverarbeitungsoperationen gestatten unter bestimmten Umständen eine Verbesserung des Modells. So lassen sich die Auswirkungen von Korrosion und Erosion durch Glättungsoperationen partiell rückgängig machen.

Modifikation

Zur gezielten manuellen Veränderung der Modelle stehen 3d-Editier-Funktionen zur Verfügung, die in der ersten Ausbaustufe das An- bzw. Abtragen von Material einer bestimmten Dichte mit einem „Pinsel“ wählbarer Größe, das Fluten von Volumenbereichen mit einer vorgegebenen Dichte und das Glätten oder Diskretisieren von Dichteverläufen ermöglichen.

Oberflächenextraktion

Es kann von Interesse sein, Oberflächen, die durch bestimmte Materialien bzw. Dichtesprünge definiert werden, hochwertig zu visualisieren. Dazu ist es erforderlich, diese Oberflächen in einer für Ray-tracing geeigneten Weise bereitzustellen. In unserem System erfolgt das Ray-tracing auf der Basis spezieller Volumenmodelle, s.g. Octrees, in denen für jedes Voxel eine Oberflächennormale gespeichert ist. Für hohe räumliche Auflösungen liegt der Zeitbedarf für diese Oberflächenextraktion und Transformation in einen Octree im Bereich einiger Sekunden bis zu wenigen Minuten.

Raytracing

Ray-tracing ist ein verbreitetes hochwertiges aber i.a. auch sehr rechenzeitaufwendiges Verfahren zur Visualisierung von 3d-Modellen. Dabei wird für jeden Punkt der Darstellungsfläche (Bildschirm, Druckraster etc.) ein Strahl *Auge – zu berechnendes Pixel – Modell* ausgewertet. Der Oberflächenpunkt des Modells, den der Strahl zuerst trifft, wird unter Beachtung des Materials, der Farbe, der lokalen Beleuchtungsverhältnisse etc. dargestellt.

Für die oben genannte Octree-Datenstruktur haben wir einen hochwertigen Raytracer implementiert, der innerhalb weniger Sekunden Visualisierungen mit mehreren, frei positionierbaren Lichtquellen, frei wählbarer Betrachterposition, Schatten und Spiegelungen berechnet.

Die Darstellungsqualität von auf diese Weise gewonnenen Visualisierungen macht diese als Druckvorlage und die Modelle als virtuelle Exponate geeignet.

Bisherige Untersuchungsobjekte

Bis zum Redaktionsschluß für diesen Beitrag verfügten wir erst über einen Tomographie-Datensatz, der die Dichteverteilung einer Gürtelschnalle aus der Merowingerzeit beinhaltet, bei der insbesondere die Silber- und Bronze-Einschlüsse von Interesse sind. Zwei zugehörige Ansichten sind unten abgebildet.

Wir hoffen, neben diesem Datensatz, der uns freundlicherweise von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zur Verfügung gestellt wurde, auf der EVA '97 weitere interessante und auch komplexere Untersuchungsobjekte aus dem Museum für Vor- und Frühgeschichte präsentieren zu können.



Gesamtansicht des Objektes, wobei Silber- und Bronze-Einschlüsse als helle Flecken erscheinen



Isolierte Darstellung der Silber- und Bronze-Einschlüsse, durch Beschränkung der Darstellung auf die zugehörigen Dichtebereiche

Zusammenfassung

Mit unserer Software haben wir eine Möglichkeit geschaffen, durch Computer-Tomographie gewonnene Daten in einem interaktiven Arbeitsprozeß an einem PC zu analysieren, gegebenenfalls zu modifizieren und anschließend als hochwertige Graphiken zu präsentieren, also ohne dafür auf die Nutzung eines Tomographen angewiesen zu sein. Dadurch werden die Kosten für derartige Untersuchungen drastisch reduziert und zugleich wird ihr breiter Einsatz ermöglicht.