

3D- Datenverarbeitung in kulturellen Anwendungsbereichen Motor oder Stiefkind der Entwicklung?

- Kurzfassung -

3D-Data Processing in Cultural Application Areas Booster or Stepchild of the Development?

Prof. Dr. Alfred Iwainsky
GFal - Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V.
Rudower Chaussee 30, 12489 Berlin
Internet: www.gfai.de

IIEF - Integrierte Informationssysteme für Engineering
und Facility Management GmbH
Albert-Einstein-Str. 16, 12489 Berlin
Tel.: [030] 6392 4500, Fax: [030] 6392 4517
E-mail: iwainsky@iief.de, Internet: www.lief.de

Kultur hätte es sein können: Ein Motor der Entwicklung der 3D-Datenverarbeitung, der Computergeometrie, der Visualisierung von 3D-Modellen, also der 3D-Computergrafik, des Photorealismus und der Virtual Reality. Aber sie war es nicht. Drei Jahrzehnte lang haben andere Triebkräfte gewirkt.

Zunächst hat sich die Computertechnik dreidimensionalen Objekten nicht von der Seite der Visualisierung, sondern von der Fertigung her zugewandt. Wie so oft in der Entwicklung von Wissenschaft und Technik war Hochrüstung ein entscheidender Motor. Bei der Fertigung von Objekten mit



Bild 1: Virtuelle Rekonstruktion des Berliner Stadtschlusses in deutsch-japanischer Kooperation /CDBS99/

komplexen Formen (Propeller, Triebwerksschaufeln u. a.) waren Engpässe aufgetreten. Durch dieses Problem forciert, entstand Anfang der 50er Jahre am MIT die Idee, die Bewegung von Fertigungswerkzeugen entlang komplizierter Bahnen im dreidimensionalen Raum automatisch mit Hilfe von Computern zu steuern. Dieses *Numeric Control (NC)*-Konzept revolutionierte u. a. die Welt der Werkzeugmaschinen. In diesem Zusammenhang wurde übrigens der Begriff CAD (Computer Aided Design) von D. T. ROSS geprägt (1958). Aus späterer Sicht ging es aber damals eigentlich um die computerbasierte Arbeitsvorbereitung bez. der zu fertigenden Teile, nicht um Design bzw. Konstruktion der Teile selbst.

Wer aber Bahnen für Werkzeuge zur Fertigung von Bauteilen computerbasiert entwirft, will bald mehr. Die Bauteile müssen ja auch von jemandem konstruiert werden. Wenn man auch dies computerbasiert könnte, wenn am Ende des Konstruktionsprozesses ein rechnerinternes 3D-Modell entstünde, dann ließe sich die Erzeugung von Bahnsteuerungen für den Fertigungsprozess weitgehend automatisieren. Diese Idee betraf nun einerseits rechnerunterstützte Konstruktion, also CAD (so wie wir diesen Begriff spätestens seit den 80er Jahren interpretieren), und andererseits die Durchgängigkeit der Computerunterstützung vom Entwurf über die Arbeitsvorbereitung bis hin zur Fertigung selbst (Stichwort: CAD/CAM).

Wer eine kreative Tätigkeit durchführt, möchte die Entwicklung seiner Kreation auch *sehen*. Kein Maler und kein Bildhauer würde mit verbundenen Augen arbeiten und erst nach Abschluss des „Schöpfungsaktes“ sein Werk begutachten wollen. Interaktive Arbeitsweise war auch in CAD-Prozessen gefordert. Beim Entwurf dreidimensionaler Objekte mußten CAD-Systeme dementsprechend die Fähigkeit besitzen, die rechnerinternen 3D-Modelle zu visualisieren, und zwar schnell und hinreichend anschaulich.

Die schnelle Visualisierung von (digitalen) 3D-Modellen an CAD-Arbeitsstationen in Form von technisch orientierten Computergrafiken (z. B. Ansichten und Schnitten als Liniendarstellungen, wobei verdeckte Kanten entweder gar nicht oder gestrichelt dargestellt wurden) hatte Anfang der 80er Jahre in bestimmten Bereichen der industriellen Praxis (Luft- und Raumfahrt, Automobilbau) eine gewisse Breitenwirksamkeit erreicht.

Es soll nicht behauptet werden, dass die hier kurz angerissene, von einigen Schlüsselindustrien getriebene, Entwicklung der 3D-Datenverarbeitung von der Fertigung bis zur Visualisierung von Modellen in technischer Form auch nur annähernd die Komplexität der Forschungs- und Einführungsprozesse im Bereich der 3D-Modellierung/3D-Computergrafik seit den 50er Jahren widerspiegeln würde. So einfach lagen die Dinge nicht. Dennoch kann man die oben skizzierte Entwicklung kaum überschätzen: Auf Grund der hinter ihr stehenden gewaltigen Ressourcen hat sie über Jahrzehnte in nachhaltiger Weise für Fortschritt gesorgt, und zwar nicht nur für wissenschaftlich-technischen, sondern auch für wirtschaftlichen. Jeder besitzt heute in seinem eigenen Haushalt viele Objekte, die mit CAD/CAM-Technologie auf Basis von 3D-Datenverarbeitung entstanden sind. Man denke nur an die Formenvielfalt moderner Armaturen.

Was war denn nun in den ersten drei Jahrzehnten der 3D-Modellierung/3D-Computergrafik mit technischen, industriellen Anwendungszielen alles geschaffen worden? Gab es darunter auch Grundlagen für andere Bereiche, für kulturelle Anwendungen?

Schon in den 60er Jahren hat die Grundlagenforschung einen wesentlichen Beitrag geleistet. Damals sind wohl viele Mathematiker erfreut darüber gewesen, dass die Entwicklung der Technik ihnen eine völlig neuartige Fragestellung zugespielt hatte: Wie kann ein Computer mit möglichst geringem Aufwand ermitteln, welche Kantenabschnitte eines undurchsichtigen Körpers aus einer gegebenen Blickrichtung sichtbar sind und welche nicht (Hidden line problem). Jedenfalls gab es dazu in den 60ern eine Flut mathematischer Arbeiten mit effektiven Algorithmen als Ergebnis.

Natürlich ist es relativ einfach, solche Körper rechnerintern zu beschreiben, die nur aus Regelflächen (wie Ebenen oder Zylinder-Mantelflächen) bestehen. Aber schon die oben erwähnten Propeller waren ganz anders geformt. Um solche Objekte oder auch die Oberflächen von Automobil-Karosserieteilen digital modellieren zu können, bedurfte es besonderer Hilfsmittel. Als

ein Schwerpunkt der Computergeometrie entwickelte sich die sogenannte Freiformflächen-Modellierung. Von P. E. BEZIER und S. A. COONS wurden 1966/67 Verfahren zur Verarbeitung nicht analytischer Flächen entwickelt.

Und das „Innenleben“ von Körpern? Die Berechnung integraler Eigenschaften (Volumen, Masse, Schwerpunkt, Hauptträgheitsachsen und –momente) kompliziert geformter Bauteile auf der Basis technischer Zeichnungen stellen jeden Konstrukteur vor große Herausforderungen. Bei *homogen* angenommener Dichte des Bauteils sind solche Berechnungen im 3D-Modell kein großes Problem. Für *inhomogene* Dichtverteilung hingegen mußten völlig neue Arten der 3D-Modellierung entwickelt werden. Ein Ergebnis ist die intellektuell recht anspruchslose Voxel-Modellierung.

Je größer die Formenvielfalt der modellierten Objekte wurde, um so gravierender machte sich eine Schwierigkeit bemerkbar, die schon bei der Visualisierung digitaler Propeller- und Turbinenschaufel-Modelle auftrat: Wie soll man das Verdeckte-Kanten-Problem bei Körpern behandeln, die in umfangreichen und wesentlichen Teilen gar keine Kanten besitzen? Da sind natürlich einige „Klimmzüge“ erfunden worden, aber befriedigend waren die alle nicht. Dementsprechend blieb die Entwicklung der Visualisierungstechnik nicht bei *hidden line removal* stehen. Es bedurfte keiner neuen Anwendungsbereiche, um weiteren Fortschritt herauszufordern. Während der Betrachter von 3D-Liniengrafiken sich Körper-Oberflächen zwischen bestimmten Linien denken mußte, ging es nun um die *direkte* Darstellung dieser Oberflächen. Dazu war es unumgänglich, etwas in die Visualisierung digitaler 3D-Modelle einzubeziehen, was vorher keine Rolle spielte: Licht. Seither waren neue Verfahren des sogenannten *shading* von Körperoberflächen immer auch mit neuen (immer genauer werdenden) Beleuchtungsmodellen verknüpft. GOURAUD unterbreitete 1971 einen Vorschlag, der einfach war und zu einer breiten Anwendung führte. PHONG folgte 1975 mit einem besseren Verfahren. In beiden Fällen handelte es sich um eine rein *lokale* Beleuchtungssimulation: Für die visuelle Darstellung jedes einzelnen Punktes auf der Oberfläche eines sichtbaren Bereiches eines 3D-Modells sind ausschließlich die Richtung der Flächennormale auf diesem Punkt, die Richtung einer (punktförmig angenommenen) Lichtquelle und die Betrachtungsrichtung relevant. Schattenwurf und Halbschatten sind so natürlich nicht behandelbar (Achtung: Shading und Schattenwurf bedeuten in der Computergrafik *nicht* dasselbe!). Dementsprechend wurden Visualisierungsverfahren mit *globalen* Beleuchtungssimulationen entwickelt. Ein Höhepunkt war 1984 die Veröffentlichung der sogenannten *Radiosity Methode* durch GORAL, TORRANCE und GREENBERG, die bei der digitalen Beleuchtungssimulation folgender Szene eine frühe Bewährungsprobe bestand: Es wurde der visuelle Eindruck von einer hölzernen, mit matten Farben gestrichenen Skulptur von J. FERREN des Hirshhorn Museums in Washington D.C. simuliert, wenn diese von einem Betrachter gegen den Lichteinfall aus einem Fenster gesehen wird. Im Gegensatz zu anderen Verfahren stimmte die entsprechende Computergrafik hervorragend mit der Realität überein.

Abgesehen von den Liniendarstellungen mit ausgeblendeten verdeckten Kantenabschnitten ist all dies auch für kulturell orientierte Anwendungen der 3D-Datenverarbeitung von mehr oder weniger großer Bedeutung. Es war alles schon verfügbar als in den 90er Jahren 3D-Modellierung/3D-Computergrafik in nennenswertem Umfang Einzug in entsprechende Anwendungsbereiche hielt. Aber der Bereich Kultur hat an mehreren Stellen noch einmal kräftig Gas gegeben:

- Zwar spielten in technischen Bereichen 3D-Computeranimation auch schon eine große Rolle, aber es ging um die Darstellung nur relativ einfacher Bewegungen z. B. von Bauteilen innerhalb einer kinematischen Baugruppe. In der Filmindustrie dagegen mußten 3D-Modelle von Lebewesen in realitätsnahe Bewegung gebracht werden. Dies betraf auch Kreaturen, die nie ein Mensch laufen gesehen hat (Jurassic Park).
- Aber auch bei statischen Modellen entstanden erhöhte Anforderungen an die Visualisierungsgeschwindigkeit bei umfangreichen Modellen: Nachdem CAD zunächst nur langsam und auch nur selten mit 3D-Datenverarbeitung Einzug in Architekturbüros gehalten hat, ging es dann in den 90er Jahren bei besonders bedeutenden Bauwerken darum, die Bewegung eines Betrachters durch ein Bauwerk zu simulieren, und zwar nicht als vorab generierte feste Sequenz entsprechender 3D-Grafiken, sondern bei interaktiver Steuerung der Bewegung

seitens des Systembenutzers selbst! Dafür wurde der Begriff *walk through* geprägt. Diese spielten nicht nur bei der Präsentation von Architektur-Entwürfen, sondern zuweilen auch bei der virtuellen Rekonstruktion zerstörter oder beschädigter Bauwerke eine Rolle. Ein Beispiel dafür wird durch Bild 2 angedeutet.

- Höchste Ansprüche bestehen auch bei der Präsentation von Körperoberflächen. Nicht „bunte Bilder“, sondern realitätsnahe Wiedergabe von Farben, Licht, Texturen bzw. Mustern ist gefordert.
- Auch bei der physischen Rekonstruktion wertvoller Kulturgüter entstehen besondere Anforderungen: Wenn verlorengegangene oder stark beschädigte Fragmente z. B. einer Skulptur durch eine Rekonstruktion ersetzt werden sollen, dann ist die gesamte Prozesskette von der (möglichst berührungslosen!) 3D-Vermessung, insbesondere auch der Bruchstellen (!), über die virtuelle Rekonstruktion bis hin zur Fertigungssteuerung bez. der rekonstruierten (physischen) Fragmente gefragt.
- Schließlich sei eine Herausforderung erwähnt, die bisher kaum angenommen wurde: In solchen Bereichen wie Archäologie, Architektur und Ausstellungsgestaltung können 3D-Computergrafiken bzw. -animationen von Bedeutung sein, bei denen die entsprechenden virtuellen Modelle einem simulierten, aber realitätsnahen „Alterungsprozess“ unterworfen werden.



Bild 2: Virtuelle Rekonstruktion des Großen Altars von Pergamon /IS95, Iw98/

Also doch ein Motor? Ja, aber ein spät gezündeter Zusatzmotor. Auf keinen Fall ein Stiefkind. Trotz knapper Mittel im Kulturbereich wurde seitens Forschung und Entwicklung in den letzten 15 Jahren relativ viel in 3D-Datenverarbeitung für diesen Bereich investiert, zum großen Teil aus Idealismus. Wesentlich dazu beigetragen hat das inzwischen interkontinentale EVA-Netzwerk, dessen Keimzelle 1992 von J. HEMSLEY in der National Gallery of London gelegt wurde. Sein eigenes unermüdliches Engagement und das solcher Fachleute wie V. CAPPELLINI und G. STANKE haben „EVA“ zu einer der erfolgreichsten, langlebigen Tagungsserien im internationalen Maßstab gemacht. Die zunehmende Kooperation zwischen Informatikern und Computertechnikern einerseits und Archäologen, Restauratoren, Architekten, Ausstellungsgestaltern, Filmproduzenten und Fachleuten aus Museen andererseits stimmt hoffnungsvoll für die Zukunft, die vielerorts

gravierenden Engpässe in bestimmten kulturellen Bereichen könnten den Spätzunder jedoch zum Stottern bringen. Eine noch größere Gefahr für die Verbindung zwischen Computertechnik und Kultur besteht jedoch in der Verwahrlosung bereits vorhandener Anwendungen.

Quellennachweis

- /CDBS99/ Das Berliner Schloß – Vergangenheit und virtuelle Auferstehung. Eine ungewöhnliche Zeitreise auf CD-ROM. IIEF GmbH, Berlin 1999
- /IS95/ *Iwainsky, A.; Schulze, J.:* Virtual reconstruction of cultural objects. Information Services & Use, 15 (1995) 303-316
- /lw98/ *Iwainsky, A.:* Virtual Reconstruction of Buildings and other Structures. Proceedings of EVA-GIFU '98, Gifu, Japan, 8-9 April, 1998