

3D-MODELLIERUNG: VON DEN ANFÄNGEN BIS ZU VIRTUELLEN UMGEBUNGEN

Thomas Jung

Eines der berühmtesten Computerprogramme überhaupt ist wohl das Sketchpad-System von Ivan Sutherland, das er 1963 im Rahmen seiner Dissertation am MIT entwickelte. Als eines der ersten Programme mit Graphischen User Interface ermöglichte es dem Benutzer bereits, mit einem 2D-Eingabegerät (Lichtgriffel) interaktiv 2D-Zeichnungen zu manipulieren. Sketchpad unterstützte das Kopieren, Rotieren, Translieren, Skalieren und automatische Ausrichten von graphischen Primitiven (Abbildung 1a).

T. E. Johnson entwickelte ebenfalls noch in 1963 mit Sketchpad III eine 3D-Version des Sketchpad-Systems. [1] Sketchpad III bot dem Benutzer bereits vier Ansichten eines 3D-Modells, die perspektivische und orthogonale Projektionen des 3D-Objekts darstellten (Abbildung 1b). Der Benutzer manipulierte in einem Fenster und beobachtete die Änderungen in den anderen Fenstern.

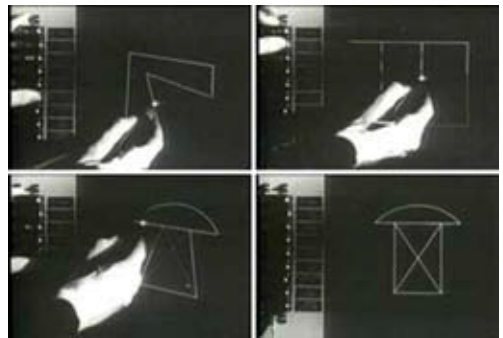


Abbildung 1a: Sketchpad-System

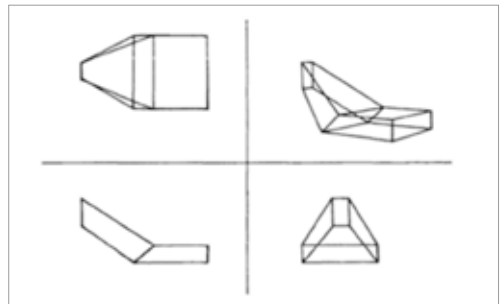


Abbildung 1b: Bildschirmausgabe Sketchpad III

ERSTE KOMMERZIELLE CAD-WERKZEUGE

In den 60er Jahren versuchte man vor allem in den USA, den Computer zu nutzen, um Konstruktionsprozesse zu unterstützen („Computer Aided Design“).

[1] T. E. Johnson, „Sketchpad III, a Computer Program for Drawing in Three Dimensions“, 1963 Proceedings of the Spring Joint Computer Conference, pp.347– 353

Große Industrieunternehmen arbeiteten an der Entwicklung von proprietären CAD-Systemen (z. B.: General Motors: DAC-Design Automated by Computer, McDonnell-Douglas: CADD ca. 1966, Ford: PDGS ca. 1967, Lockheed: CADAM ca. 1967). Als erstes kommerzielles CAD-System gilt dabei

Digigraphics der Firma Control Data Corporation, das zu einem Preis von 500.000 US-Dollar wohl nur in sehr geringer Stückzahl verkauft wurde. Alle diese Systeme erlaubten es jedoch nur, 2D-Zeichnungen zu manipulieren.

Bis Ende der 1970er Jahre dominierten monochrome Vektor-Displays, CAD-Systeme waren meist zweidimensional und liefen auf spezialisierten Rechnern („Minicomputern“). Die Benutzung war Experten vorbehalten, die oft in speziellen klimatisierten Räumen arbeiten mussten. Ein solcher CAD-Arbeitsplatz kostete in dieser Zeit in der Regel mehr als 100.000 US-Dollar.

[2] P. Debevec et al. FAÇA-DE – Modeling and Rendering Architecture from Photographs, Proc. SIGGRAPH 1996

[3] T. Igarashi et al.: Teddy – A Sketching Interface for 3D Freeform Design, Proc. SIGGRAPH 1999

DREIDIMENSIONALE MODELLIERUNG

Parallel entstanden aber auch bereits kommerzielle 3D-Designwerkzeuge, wie der erste Solid-Modeler SynthaVision der Firma MAGI (ca. 1972), ein Spezialwerkzeug, das u. a. für die Analyse der Strahlenbelastung durch Radioaktivität verwendet wurde. Die Gestaltung von Benutzerschnittstellen rückte zunehmend in den Blickpunkt des Interesses, vereinzelt entstanden innovative 3D-Bedienkonzepte wie das „Gnomon“ von W. Wright, ein orientiertes Koordinatenkreuz am Bildschirmrand, das dem Benutzer Feedback zur 3D-Ausrichtung seines Objekts geben sollte; einzelne 3D-Werkzeuge wurden darüber hinaus bereits mit Constructive-Solid-Geometry-Konzepten ausgestattet.

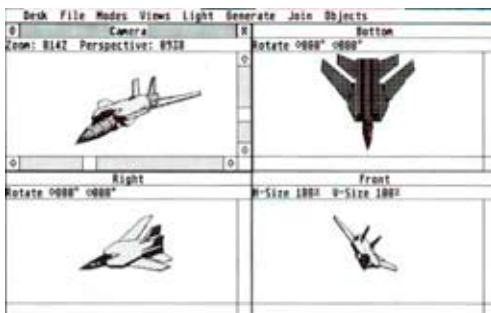


Abbildung 2a: CAD-3D



Abbildung 2b: Easy3D

In den 1980er Jahren erhielten 3D-Funktionalitäten langsam auch Einzug in den CAD-Bereich. 1982 wurde zu CADAM ein Addon namens CATIA angeboten, das auf dem 3D-Designwerkzeug CATI der Firma Dassault Aviation beruhte. Der Benutzer zeichnete nun zunächst 2D-Projektionen seiner Objekte in CADAM und konnte dann anschließend 3D-Informationen ergänzen. Ab ca. 1984 wurde CATIA in der Version 2 schließlich als eigenständiges Programm angeboten.

3D-MODELLIERUNG FÜR EINEN BREITEN ANWENDERKREIS

Parallel sorgten kostengünstige Rasterdisplays für eine kleine Revolution im Bereich der 3D-Modellierung. Rasterdisplays versprachen den Einsatz von Farbgrafiken und das Darstellen kontinuierlicher Oberflächen. Durch die Verbreitung von PCs und so genannter Heimcomputer entstand ein neuer Anwenderkreis. Als Meilenstein ist hier AutoCAD zu nennen.

Ab ca. 1982 wurde AutoCAD für den PC angeboten, zunächst zu einem Preis von ca. 1.000 US-Dollar. Erste 3D-Funktionen wurden jedoch erst Mitte der 80er Jahre in AutoCAD integriert, bis in die 90er Jahre hinein war AutoCAD vorrangig ein 2D-Werkzeug. Einfache 3D-Modellierwerkzeuge gab es Mitte der 80er Jahre auch für den Atari ST (z. B. CAD-3D) und den Apple Macintosh (z. B. Easy3D). (Abbildung 2)

3D-MODELLIERSYSTEME

WERDEN IMMER MÄCHTIGER

Ende der 80er Jahre entstanden Werkzeuge (z. B. SoftImage, 3DStudio : Abbildung 3a), die nicht nur geeignet waren, die Form eines Objektes, sondern auch dessen Oberfläche (durch Texturen und Materialien) zu gestalten sowie Bewegungen zu modellieren (Animation). Erste computeranimierte Spielfilme entstanden. Waren 3D-Modellierwerkzeuge bis dahin vorrangig polygonbasiert, fanden nun alternative Modellertechniken wie NURBS-Modellierung (Freiformmodellierung durch die Manipulation so genannter Kontrollpunkte) oder Subdivision Surfaces (Rekursive Unterteilung eines Kontrollgitters hin zu einer Grenzfläche) Einzug in kommerzielle 3D-Modellierwerkzeuge, so dass organische Strukturen besser modelliert werden konnten. Die Werkzeuge wurden damit immer leistungsfähiger, aber zunehmend auch schwieriger zu bedienen (siehe Abbildung 3b).

Gebrauchstauglichkeit (Usability) rückte nun erstmals in den Fokus des Interesses. Es entstanden dabei für die Desktop-Metapher geeignete Interaktionskonzepte zur 3D-Manipulation, wie z. B. die Trackball-Metapher für die 3D-Rotation oder 3D-Widgets (für Translation, Skalierung, Rotation im 3D-Raum).

BILD-BASIERTE MODELLIERUNG

Mitte der 1990er Jahre waren Rechner zunehmend in der Lage, Videos und hoch aufgelöste Fotos zu verarbeiten und Texturen in Echtzeit darzustellen (Schlagwort „Multimedia“). Die Verwendung von Fotovorlagen versprach die Vereinfachung der 3D-Modellierung. Die aufwändige Nachbearbeitung von Farbtexturen konnte entfallen, da in Bild-basierten Modellersystemen die Texturinformation automatisch aus dem Foto extrahiert werden kann. Bekannte Werkzeuge nach diesem Prinzip waren Facade [2] (Abbildung 4a, 1996), Canoma (1999) und



Abbildung 3a: Früher Prototyp von 3DStudio (ca. 1988)



Abbildung 3b: Komplexes User Interface von Autodesk 3ds Max (2011)



Abbildung 4a: Arbeitsschritte in Facade



Abbildung 4b: Arbeitsschritte in Teddy

Image Modeler. Da die 3D-Form hier indirekt durch das Markieren von Punkten in mehreren Fotos beschrieben wird, ist die Integration in herkömmliche Modellersysteme nach wie vor schwierig.

SKETCH-BASIERTE MODELLIERUNG

Einen weiteren wichtigen Meilenstein setzte Takeo Igarashi im Jahr 1999. Auf der SIGGRAPH, der Leitmesse der Computergrafik, stellte er sein berühmtes Werkzeug Teddy [3] vor (Abbildung 4b). Es erlaubt die Gestaltung von organischen 3D-Formen durch das Zeichnen der Umrisse eines Objekts. Das Entfernen, Anfügen (Extrudieren) und Biegen der Formen erfolgt ebenfalls durch einfache Zeichenoperationen. Selbst kleine Kinder konnten mit seinem Werkzeug 3D-Formen gestalten. Damit begründete Igarashi eine neue Forschungsrichtung im Bereich 3D-Modellierung. In späteren Arbeiten versuchten zahlreiche Autoren auch technische Gegenstände

durch Zeichnen zu modellieren. Die wenigsten Ideen finden jedoch bis heute Eingang in kommerzielle CAD-Systeme.



Abbildung 5a: Modellierung mit Phantom-Gerät



Abbildung 5b: Multitouch-Modellierung mit Artist3D

JENSEITS DER DESKTOP-METAPHER

Schon heute werden spezielle Ein-/Ausgabegeräte in kommerziellen 3D-Modellierwerkzeugen eingesetzt. Eingabegeräte mit mehr als zwei Freiheitsgraden (z. B. die 3D-Mouse mit sechs Freiheitsgraden) werden z. B. zur Manipulation der Kamera bzw. gesamten Szene eingesetzt. Force-Feedback-Geräte (z. B. Sensable Phantom) bieten dabei zusätzlich noch haptisches Feedback (siehe Abbildung 5a). Multitouch-fähige TabletPCs ermöglichen die direkte Manipulation mit mehr als einem Referenzpunkt. So nutzt Artist3D Multitouch-Operationen für die Kamerasteuerung und die Deformation von polygonalen Netzen [4] (siehe Abbildung 5b).

IMMERSION

Unter Immersion versteht man das „Eintauchen“ in virtuelle Welten. Ivan Sutherland entwickelte mit Sword of Damocles ein erstes immersives System bereits 1968, acht Jahre später verwendete J. H. Clark erstmals ein Head-Mounted Display bei der Formgestaltung mit Hilfe bikubischer Flächen.

[4] Jung T., Artist3D: Ein einfach zu bedienendes Multitouch-fähiges User Interface für die 3D-Modellierung, In Proceedings of 04. Kongres Multimedialechnik, Wismar, Germany, October 2009

[5] J. Butterworth, et al, „3DM: A three dimensional modeler using a head mounted display“, Proc. SIGGRAPH 1992

[6] J. Deisinger et al: Towards Immersive Modeling – Challenges and Recommendations: A Workshop Analyzing the Needs of Designers, Proc. of the 6th Eurographics Workshop on Virtual Environments

Bis in die 90er Jahre hinein gab es dann jedoch nur geringe Fortschritte im Bereich der immersiven Visualisierungs- und Interaktionstechniken. 1992 präsentierten Cruz-Neira und andere erstmals ihr berühmtes räumlich-immersives CAVE-System auf der SIGGRAPH. Damit gewann der Bereich der Virtuellen Realität wieder an Dynamik. Ungefähr zu dieser Zeit wurde auch der vermutlich erste immersive 3D-Modellierer „3DM“ von Butterworth und Davidson an der University of North Carolina entwickelt [5] (Abbildung 6a). Als weitere immersive Modelliersysteme aus dieser Zeit sind u.a. CHIMP und IM-Designer zu nennen.

Im Jahr 2000 untersuchten Designer und andere zusammen mit 36 professionellen Designern die

Anforderungen an ein immersives Modelliersystem am Beispiel von drei bestehenden CAVE-basierten Systemen [6] (siehe Abbildung 6b) mit dem Ziel, die weitere Entwicklung immersiver Modellierwerkzeuge voranzutreiben.

Aufgrund des hohen technischen Aufwands, war die Kommerzialisierung immersiver Modellierertechniken lange Zeit allerdings praktisch ausgeschlossen. Heute sind immersive Visualisierungstechniken („3D-Kino“, „3D-Fernsehen“, etc.) und Interaktionszenarien (z. B. Projekt Natal für die Xbox der Firma Microsoft) jedoch auf dem Weg in den Massenmarkt. Damit kann die Entwicklung von immersiven Benutzerschnittstellen zum nächsten großen Trend werden.

Es ist zu hoffen, dass damit auch immersive 3D-Modelliersysteme entstehen werden, die einfacher zu bedienen sind. An der HTW wird im Projekt CAVE@HTW genau diese Fragestellung untersucht.

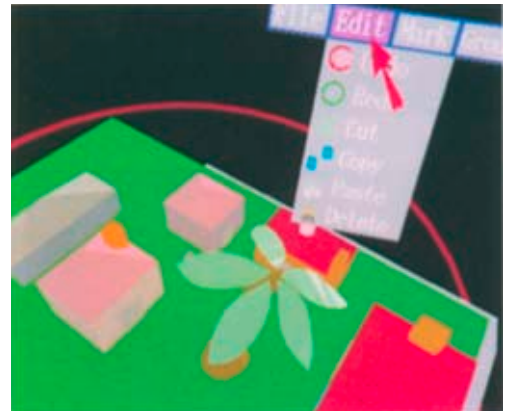


Abbildung 6a: 3DM-Modeller



Abbildung 6b: 3D-Modellierung in der CAVE