

Augmented Reality (AR) für die Architekturvisualisierung mit DART 2.0 und 3D Studio MAX 7

Wolfgang HÖHL

Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Wolfgang Höhl, Architekt und Lehrbeauftragter für 3D-Visualisierung
e-mail: w_hoehl@compuserve.com

1 WELCHE POTENTIALE BIETET AUGMENTED REALITY (AR) FÜR DIE ARCHITEKTURVISUALISIERUNG?

Während die Echtzeit-Architektursimulation heute noch weitgehend in den Kinderschuhen steckt, gibt es bereits eine breite Palette von professionellen industriellen AR-Systemen. Die Automobilindustrie plant und entwickelt ihre Prototypen heute ausschließlich in AR-Umgebungen (Mixed-Mock-Ups). Verkleinerte AR-Visualisierungen unterstützen schon die Planung von Fabriken und Fertigungsanlagen. Echtzeit-Visualisierungen helfen bei Montagesequenzen, Wartung und Service.

Sind diese Techniken und Anwendungsbereiche in die Architekturvisualisierung übertragbar? Sicherlich nur bedingt. Interessant erscheint hier allerdings die Frage der Anwendbarkeit von AR-Systemen in folgenden drei Bereichen:

Wie funktionieren Mixed-Mock-Ups für Bauherren und Behörden? Können Montagesequenzen im Hochbau unterstützt werden? Wie sinnvoll ist der Einsatz von AR in Gebäudewartung und Facility Management?

Dieser Beitrag untersucht diese Fragen anhand der Software 'Designers Augmented Reality Toolkit' (DART 2.0) und 3D Studio MAX 7 und gibt einen kurzen Überblick über Funktionsweise und Aufbau anderer, aktueller AR-Systeme.

2 WAS IST 'AUGMENTED REALITY'?

Die "erweiterte Realität" (engl. Augmented Reality) ist eine relativ neue Form der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI). Mit Augmented Reality bezeichnet man im Allgemeinen die Echtzeit-Überlagerung menschlicher Sinneswahrnehmungen mit Computermodellen [1], [2]. Ein AR-System kann dementsprechend visuelle, akustische und haptische Information in Echtzeit überlagern und wiedergeben. Azuma beschreibt folgende drei charakteristische Merkmale eines AR-Systems [3]:

- Kombination von realer und virtueller Welt
- Interaktivität und Echtzeitfähigkeit
- Registrierung in drei Dimensionen

Während die 'Virtual Reality' (VR) lediglich die Realität nachbildet, beabsichtigt die 'Augmented Reality' (AR) die vollständige Integration von virtueller und realer Welt.

3 KOMPONENTEN, VERFAHREN UND TRACKINGSYSTEME

Aufgabe eines AR-Systems ist es, die reale Umgebung mit computergenerierter Information zu ergänzen und die Wahrnehmung des Menschen zu erweitern [4].

Ein AR-System besitzt fünf wesentliche Hardwarekomponenten: (A) die Rechneinheit mit Mischer und Renderer, (B) das Anzeigesystem mit Bildschirm oder Head-Mounted-Display (HMD) [5], (C) das Trackingsystem, (D) die Aufnahmesensorik (Kamera) und (E) weitere Eingabegeräte (3D-Maus, Tastatur etc.).

Zur Zeit gibt es vier unterschiedliche Visualisierungsverfahren. Sie unterscheiden sich durch ihre jeweilige Hardwarekombination:

- Video See Through (VST)
- Optical See Through (OST)
- Projective AR (PAR)
- Monitor AR (MAR)

Je nach der Lage von Betrachter und Objekt unterscheidet man immersive und nicht immersive Darstellungsmethoden. Monitorbasierte Systeme eignen sich zum Beispiel weniger, HMD's hingegen besser für die immersive Darstellung.

Systeme zur Positionserfassung von Betrachter und Objekt (Trackingsysteme) können nach ihrem physikalischen Wirkungsprinzip unterschieden werden. Es gibt mechanische, optische, akustische, elektromagnetische oder inertielle Trackingsysteme. Je nach der Lage von Aufnahmesensorik und Referenzobjekt unterscheidet man Outside-In, Inside-Out und Inside-In-Systeme [6].

4 SOFTWAREPAKETE UND ANWENDUNGSBEREICHE

Mehr als dreizehn verschiedene Softwarepakete befinden sich heute in der Entwicklung (z.B.: AMIRE, APRIL, ARTHUR, ARToolKit, CATOMIRE, DART, D'Fusion, DWARF, I4D, jARToolKit, Phidget Toolkit, Unifeye SDK oder Tinmith). Einige davon stehen als Freeware zur Verfügung. Zum heutigen Entwicklungsstand müssen allerdings viele dieser Anwendungen oft erst mühsam selbst kompiliert werden oder setzen gute Programmierkenntnisse voraus (C oder C++). Das zur Zeit am weitesten verbreitete Programm ist ARToolKit. Es unterstützt allerdings nur markerbasierte Trackingsysteme und benötigt in der Regel sehr anspruchsvolle Kamertechnik. Der Schwerpunkt von AMIRE und CATOMIRE liegt bei grafischen Authoring-Tools [7], APRIL bietet eine recht entwicklungsfähige XML-basierte Umgebung, die auf der Anwendung 'Studierstube' beruht [8]. DART funktioniert als PlugIn zur Standardsoftware Macromedia Director, bietet viele Werkzeuge und kann ohne großen Aufwand relativ schnell installiert werden [9] [10]. Wegen der einfachen Handhabung und der guten Integration in Standardsoftware soll im Folgenden dieses Softwarepaket näher betrachtet werden.

Für den Hochbau gibt es heute drei hauptsächliche Anwendungsbereiche: (1) die Simulation für Möblierungsplanung und Innenraumgestaltung, (2) die verkleinerte Gebäudesimulation für Objektplanung und Städtebau und (3) die Rekonstruktion von historischen Gebäuden.

ARTHUR ist zum Beispiel ein interaktives Planungstool für die Architektursimulation. Mit ihm können virtuelle Gebäude im Modell betrachtet und bearbeitet werden. Unifeye SDK bietet Möglichkeiten für die Möblierungsplanung und die Innenraumgestaltung. Verbreitet sind auch Rekonstruktionen von historischen Gebäuden möglich.

Alle heutigen AR-Systeme für die Architekturvisualisierung arbeiten vorwiegend nicht-immersiv. Vor-Ort und Echtzeitvisualisierungen sind selten. Häufig findet man zeit- oder ortsversetzte, monitorbasierte Systeme. Die Architekturvisualisierung steht dabei vor zwei hauptsächlichen Problemen: (A) Die Echtzeitverarbeitung von enormen Datenmengen durch die Größe und den hohen Detaillierungsgrad von Gebäuden und (B) den Einsatz von geeigneten Trackingsystemen für die immersive Darstellung. Bisher werden die Gebäude oft nur verkleinert dargestellt oder besitzen einen relativ geringen Detaillierungsgrad.

Die oben genannten Anwendungsbereiche können nach den drei Phasen der Produktentwicklung gegliedert werden:

- Produktentwicklung (Gebäudeentwurf- und -planung)
- Produktion (Bauausführung und Qualitätsmanagement)
- Wartung und Service (Facility Management)

Interessant scheint an dieser Stelle ein Blick auf vergleichbare aktuelle AR-Anwendungen in anderen Branchen.

4.1 Mixed-Mock-Ups in der Produktentwicklung

Mixed-Mock-Ups sind visuelle Überlagerungen von realen Prototypen und virtuellen Simulationsdaten. Dabei unterscheidet man Modelle in realer Größe und Modelle im verkleinerten Maßstab [11], [12]. Im Fahrzeug- oder Flugzeugbau können damit zum Beispiel Teile einer Instrumententafel oder unterschiedliche Cockpitvarianten lagegerecht in einem realen Fahrzeugmodell dargestellt werden [13]. Diese Methode spart Kosten bei der Modellierung realer Prototypen und ermöglicht die einfache Einbindung des Endanwenders beziehungsweise des Kunden in den Gestaltungsprozeß.

4.2 Kontrolle von Montagesequenzen

BOEING verwendet AR bereits bei der Montage von Kabelbäumen [14]. Das System AREAS (Augmented Reality for Evaluating Assembly Sequences) ermöglicht die Aufzeichnung von Montagesequenzen zur Analyse einer geplanten Montagefolge. Interessant erscheint auch die Ausführung von Bohrlöchern an Flugzeugbauteilen [15] und die Unterstützung der Montage eines Türschlosses oder von Getriebeteilen in der Automobilindustrie [16], [17].

4.3 AR in Qualitätssicherung, Wartung und Service

AR-Systeme ermöglichen hier zum Beispiel die Überprüfung von Längenmaßen von Bauteilen [18]. Vorteile liegen dabei in der Reduktion von möglichen Messfehlern und in der Zeiteinsparung beim Prüfvorgang. Eine wichtige zukünftige Herausforderung ist dabei die lückenlose Integration der AR-Umgebung in das CAD-System des Unternehmens. Mit dem System KARMA (Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance) beschreibt Feiner ein AR-gestütztes Wartungssystem für Laserdrucker [19]. Wartungssysteme für Kernkraftanlagen (STARS) [20] und für komplexe Produkte (STARMATE) [21] befinden sich heute in der Entwicklung. HARINGER & REGENBRECHT [22] integrieren Standardsoftware (Power Point mit dem Tool PowerSpace) in AR-basierte Wartungsanleitungen. Der Vorteil liegt hier im Ersatz für umfangreiche Checklisten und Manuals in Papierform.

5 POTENTIALE FÜR DIE ARCHITEKTURVISUALISIERUNG

Gute Perspektiven gibt es für AR-Systeme in Gebäudeplanung und -entwurf; zum Beispiel bei Mixed-Mock-Ups (Indoor / Outdoor) oder bei CAD/AR-Arbeitsplätzen. Es gibt sogar schon prototypische Entwicklungen zur Kontrolle von Montagesequenzen im Fertigteilbau. Sehr sinnvoll und technisch realisierbar erscheinen derzeit die Unterstützung von Facility Management, Gebäudeservice und -wartung.

5.1 Wirtschaftlichkeit, Mobilität und Integrationsfähigkeit

Welche Anforderungen hat ein solches AR-System nun zu erfüllen? Es gibt dabei methodische und technische Anforderungen.

Methodisches Ziel der Verwendung eines operablen AR-Systems ist eine möglichst wirtschaftliche und durchgängige Unterstützung in allen Planungsphasen (Entwurf, Planung, Ausführung, Wartung und Service). Innerhalb dieser Planungsphasen gibt es immer unterschiedliche Partner: In der Entwurfs- und Genehmigungsplanung sind es vorwiegend der Bauherr, die Behörden und die Fachingenieure. In der Ausführungsplanung sind es die Fachingenieure und die ausführenden Firmen. Im Facility Management sind es wiederum der Bauherr beziehungsweise die Eigentümer, das Servicepersonal und andere beteiligte Firmen. Höchstwahrscheinlich arbeiten alle diese Partner mit unterschiedlicher Hardware und Software. Ein methodisch erfolgreiches AR-System sollte daher zu möglichst vielen Konfigurationen kompatibel sein, Standardsoftware oder zumindest Standardschnittstellen nutzen.

Technisch sind vor allem drei Dinge vorauszusetzen:

- Flexible, modulare und vor allem mobile Hardware
- gutes Laufzeitverhalten und gute Systemperformance
- gute technische Integration in andere Planungswerkzeuge

Die Mobilität und Flexibilität des Systems ist wichtig bei Indoor/Outdoor Mixed-Mock-Ups für Bauherren, Behörden und beim Facility Management. Die Attraktivität der Visualisierung steigt mit einer guten Rechnerperformance und einer guten Integrationsmöglichkeit in andere Planungswerkzeuge.

5.2 Architekturvisualisierung mit DART und 3D-Studio MAX

Bei der Konzeption und dem folgenden Systementwurf zu einem AR-System wären im Optimum alle oben genannten methodischen und technischen Anforderungen zu erfüllen.

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit entschied ich mich für das derzeit kostengünstigste Visualisierungsverfahren, die Monitor-AR (MAR) für eine nicht immersive Darstellung mit einem einfachen markerbasierten optischen Trackingsystem (Inside-Out).

Vorgesehender Anwendungsbereich: Unterstützung der Entwurfs- und Genehmigungsplanung mit einer AR-Visualisierung im verkleinerten Maßstab - Nutzerorientierung für Bauherren, Behörden und Fachingenieure.

Hardware

Rechnereinheit: Fujitsu Siemens Computers GmbH.
AMILO M 7425
1,40 GHz Intel Pentium M
(Centrino) Prozessor
512 MB RAM
ATI Mobility RADEON 9600/9700 Series
Anzeigesystem: Integrierter 15" Bildschirm (1024/768 Pixel)
Trackingsystem: markerbasiertes, optisches Trackingsystem
(Inside-Out)
Kamera: Creative Labs Webcam Notebook
(RGB 24 bit, 320 / 240 Pixel bei 30 fps)
Eingabegeräte: Targus USB Mouse

Betriebssystem und Systemsoftware

Betriebssystem: Microsoft Windows XP
Home Edition Version 2002 SP 2
Visualisierung: Macromedia Director MX 2004 mit DART 2.0
Modellierung: 3D Studio MAX R7

6 AUSBLICKE UND WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

Auffallend gut war das Zusammenspiel mit anderer Standardsoftware. Datenaustausch und Datenübergabe gestalteten sich sehr einfach und rationell. Zum Beispiel konnten 3D-Modelle problemlos aus 3D-Studio MAX exportiert und in DART integriert werden.

Sehr gut gestalteten sich auch Latenzzeit und Systemperformance im Zusammenhang mit allen Hardwarekomponenten, genauso wie die Wirtschaftlichkeit. Die Materialkosten des AR-Systems betragen in der Summe weniger als € 1.000,-. Die verwendete Software besteht aus Freeware, vorhandenen Trial- oder Lehrversionen. Die Arbeitszeit wurde nicht berechnet.

Wenig zufriedenstellend ist das markerbasierte optische Trackingsystem (Inside-Out). Während es für AR-Visualisierungen im verkleinerten Maßstab gerade noch ausreichend ist, wäre es für immersive Visualisierungen oder für Outdoor-Visualisierungen ungeeignet.

Zu empfindlich ist auch die Reaktion des Systems auf Wechsel von Helligkeit und Kontrast. Bereits kleine Änderungen im Kamerabild führten zu Fehlern im Tracking. Auch bei Vergrößerung des Abstandes Rechner – Objekt über 50 cm versagte das optische Tracking. Zu überlegen wäre, ob ein Wechsel zu einer hochauflösenden Kamera mit mindestens 640 / 480 Pixel bei 30 fps und RGB 24 bit hier Verbesserungen bringen würde. Mehr Erfolg verspricht ein Ersatz der Kamera durch ein HMD oder die Ergänzung des mangelhaften Trackingsystems durch ein besseres optisches oder kombiniertes inertiales Trackingsystem.

Dadurch könnte der Einsatzbereich des vorhandenen Systems von nicht immersiven auf immersive Darstellungen (Indoor und Outdoor) erweitert und ergänzt werden.

Attraktiv ist dieses System wegen seiner Einfachheit, Wirtschaftlichkeit und der guten Integrationsfähigkeit in vorhandene Planungswerkzeuge – auch und insbesondere für kleine und mittlere Unternehmensgrößen.

Gespannt warten darf man auf den ersten praktischen Einsatz dieses Systems.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] MILGRAM, P., COLQUHOUN, H.: A Taxonomy of Real and Virtual World Display Integration, in: OHTA, Y., TAMURA, H. (Hrsg.): *Mixed Reality – Merging Real and Virtual Worlds*, Springer, Berlin 1999, S.
- [2] TANG, A., OWEN, C., BIOCCA, F., MOU, W.: Experimental Evaluation of Augmented Reality, in: *Object Assembly Task*, in: IEEE and ACM International Symposium: Proceedings of ISMAP 2002, IEEE Press, Germany / New York 2002
- [3] AZUMA, R.: *A Survey of Augmented Reality, Teleoperators and Virtual Environments*, Hughes Research Laboratories, Malibu 1997
- [4] FRIEDRICH, W., WOHLGEMUTH, W.: Das Leitprojekt ARVIKA, in: FRIEDRICH, W.: *ARVIKA – Augmented Reality f. Entw., Prod. u. Service Publicis Corporate Publishing*, Erlangen 2004, S. 13
- [5] SUTHERLAND, I.: A Head-Mounted Three Dimensional Display, in: *Fall Joint Computer Conference: Proceedings*, 1968, S. 757 – 764
- [6] FERRIN, F.: Survey of Helmet Tracking Technologies, in: *Proceedings of SPIE, Vol. 1456: Large-Screen Projection, Avionic and HMD's*, SPIE, New York 1991, S. 86 – 94
- [7] ABAWI, Daniel F.; DÖRNER, Ralf; HALLER, Michael; ZAUNER, Jürgen: Efficient Mixed, Reality Application Development, in: *1st European Conference on Visual Media Production*, London, March 15 2004
- [8] LEDERMANN, Florian; SCHMALSTIEG, Dieter: APRIL: A High-level Framework for Creating, Augmented Reality Presentations, in: *IEEE Virtual Reality 2006, March 12-16, IEEE, Bonn /Germany 2005*
- [9] MACINTYRE, Blair; GANDY, Meribeth; BOLTER, Jay; DOW, Steven; HANNIGAN, Bren: DART: The Designer's Augmented Reality Toolkit, in: *Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International: Symposium on Mixed and Augmented Reality GVV Center, Georgia Institute of Technology, ISMAR '03 / IEEE 2003*
- [10] MACINTYRE, Blair; GANDY Meribeth; DOW, Steven; BOLTER Jay David: DART: A Toolkit for Rapid Design Exploration of Augmented Reality Experience, in: *UIST 04, October 24 –27, 2004: Santa Fe, New Mexico / USA, GVVU Center, Georgia Institute of Technology, ACM 2004*
- [11] POUPYREV, I., TAN, D., BILLINGHURST, M., KATO, H., REGENBRECHT, H.: Tiles – A Mixed Reality Authoring Interface, in: *INTERACT 2001, Yokohama: Proceedings, IEEE Press, New York 2001*
- [12] PERSIANI, F., LIVERANI, A., DE CRESCENZIO, F.: Augmented Reality Approach to Vehicle Prototyping, IIEC, Amman, Jordan 2001
- [13] LEWIN, M.; BOWDEN, R.; SARHADI, M.: Automotive Prototyping using Augmented Reality in: *Proceedings of the 7th UK VR-SIG Conference, Glasgow 2000, S. 11 – 20*
- [14] CAUDELL, T., MIZELL, D.: Augmented Reality - An Application of Heads-Up Display, Technology in: *Hawaii International Conference on Systems Science: Proceedings, IEEE Press, Kauai, Hawaii 1992, S. 659 – 669*
- [15] NEUMANN, U., CHO, Y.: A self-tracking augmented reality system in: *ACM Symposium on, Virtual Reality and Applications: Proceedings, IEEE Press, New York 1996, S. 109 – 115*
- [16] REINERS, D., STRICKER, S., KLINKER, G., MÜLLER, S.: Augmented Reality for Construction, Tasks: Doorlock Assembly in: *BEHRINGER, R., KLINKER, G., MIZELL, D.: Augmented Reality Placing Artificial Objects, A. K. Peters, Natick, MA 1999, S. 47 – 60*
- [17] EVERSHEIM, W., WECK, M., JAHN, D., KOSCHIG, M., FRICKER, I.: Augmented Reality, Technologie unterstützt manuelle Montage, in: *VDI-Z 143 (2001) 9, 2001*
- [18] CHUNG, K., SHEWCHUK, J., WILLIGES, R.: An Application of Augmented Reality Thickness Inspection, in: *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, Vol. 9 1999, S. 311 – 342*
- [19] FEINER, S.; MACINTYRE, B.; SELIGMANN, D.: Knowledge-Based Augmented Reality, in: *Communications of the ACM: Vol. 36, 7 1993*
- [20] DUTOIT, A.; CREIGHTON, O.; KLINKER, G.; KOBYLINSKI, R.; VILSMEIER, C.: Architectural Issues in Mobile Augmented Reality Systems, in: *8th Asia-Pacific Software, Engineering Conference: Proceedings (APSEC 2001), IEEE Press, Macau, New York 2001*
- [21] SCHWALD, B.; FIGUE, J.; CHAUVINEAU, E.; VU-HONG, F.; ROBERT, A.: STARMATE - Using AR Technology for computer guided maintenance, in: *2001 - eBusiness and eWork Conference: Proceedings, Venedig 2001*
- [22] HARINGER, M.; REGENBRECHT, H.: A Pragmatic Approach to Augmented Reality Authoring, in: *Int. Symposium on Mixed and Augmented Reality: Proceedings (ISMAR), Darmstadt 2002*