

Einführung in AR

Hauptseminar Augmented Reality - SS 2004 LFE Medieninformatik – LMU München

Dieser Artikel gibt eine kurze aber umfassende Einführung in Augmented Reality. Nach einer Begriffsdefinition und kurzem historischen Anriss werden verschiedene Anwendungsbereiche der Augmented Reality vorgestellt. Der Leser soll einen groben Überblick über die prinzipiellen Möglichkeiten bekommen – ein tieferer Einstieg in die jeweiligen Anwendungsbereiche wird nicht vorgenommen. Im Weiteren werden Basistechnologien, die von Nöten sind, um AR betreiben zu können, kurz aufgeführt und mit einer Vorstellung von verschiedenen Interaktionsmöglichkeiten des Users mit AR Systemen abgerundet. Dies soll Anhand aktueller Beispiele veranschaulicht werden. Zu guter Letzt bietet der Artikel Ansätze zur Klassifizierung von AR Systemen und schneidet gegenwärtige Probleme bei der Visualisierung von Daten an.

Einleitung

Relativ leicht stolpert man in einschlägigen Kiosk-Magazinen oder Wissenschafts-Fernsehsendungen über Augmented Reality. Doch was ist Augmented Reality? Wie betreibt man diese? Wozu wird sie überhaupt benötigt? Welchen unmittelbaren Nutzen kann man aus ihr ziehen?

Das Gebiet der AR, das sich erst seit den letzten Jahren vermehrt in das Bewusstsein der Öffentlichkeit setzt, wird laut führenden Unternehmen und Forschungsinstitutionen zunehmend unseren Alltag beeinflussen. Anwendungsbereiche werden zu Beginn eher in der Unterhaltungs-Branche zu finden sein, eine Ausweitung auf andere Domänen ist aber auch jetzt schon vorstellbar.

Dieser Artikel soll dem Leser einen Überblick über das Gebiet der Augmented Reality verschaffen. Sofern möglich wird versucht, stets Bezug zum aktuellen Stand der Forschung herzustellen. Aussagekräftige Graphiken sollen Sachverhalte leicht und verständlich halten.

Definition

Für den Begriff Augmented Reality findet sich in der Literatur folgende einfache Definition:

„Augmented Reality ist eine neue Form der Mensch-Technik-Interaktion, bei der dem Anwender Informationen in sein Sichtfeld eingeblendet werden.“ [1]

Augmented Reality bildet eine vermehrte, erweiterte Realität, in der ein Akteur interaktiv mit Informationen versorgt wird, die vom aktuellen Kontext abhängen. So kann einem Mechaniker, der sich eines AR-Systems bedient, zu einem Bauteil die Montageanweisung eingeblendet werden. Hierzu später mehr.

Eine Augmented Reality kann, wie eben beschrieben, virtuelle Objekte in eine Umgebung einsetzen, aber auch reale Objekte aus einer realen Umgebung entfernen. Auf das reale Objekt wird der tatsächliche Hintergrund, der durch das Objekt verdeckt wird, einfach aufprojiziert. Auch hierzu folgt wenig später ein Beispiel.

Jedes AR System läuft stets in Echtzeit. Da Bewegungen von Benutzern eines AR Systems in der Regel nicht berechenbar sind, muss das System ad hoc auf Positionsänderungen reagieren. Dreht sich der Mechaniker aus zu einem anderen Bauteil, so muss sich auch die Kontextinformation ändern. Die Erfassung von Bewegungsänderungen wird als Tracking bezeichnet.

Um Augmented Reality zu realisieren, muss man sich nicht nur auf das Sehen beschränken. AR kann vielmehr auf alle Sinne bauen! Durch simulierte Geräusche - wiedergegeben durch ein räumliches Soundsystem - kann ein erhebliches Maß an Information zusätzlich bereitgestellt werden. Ebenso verwendet man künstliche Gerüche, um den aktuellen Sinneseindruck zu bereichern. Einige Systeme realisieren die aufgesetzte Realität durch Handschuhe mit physischem Feedback.

Um den Begriff Augmented Reality einordnen zu können, bietet sich ein Blick auf Milgram's Kontinuum an. Er ordnet AR in die Klasse der *Mixed Reality* ein.



Abbildung 1 – Kontinuum von Milgram

Als Mixed Reality bezeichnet er das Spektrum von realer zu virtueller Umgebung. Augmented Reality sieht er als reale Welt mit hinzugefügten virtuellen Objekten, Augmented Virtuality als virtuelle Welt, in die reale Texturen eingeblendet werden. Sie ist folglich komplett rechnererzeugt.

Interessant ist die Frage, wie sich Augmented Reality von Virtual Reality absetzt und wo Gemeinsamkeiten feststellbar sind.

Betrachtet man die Szene, also das vom Benutzer Gesehene, so erkennt man, dass die Anforderungen an die Bildqualität bei VR wesentlich höher sind. VR ersetzt die reale Welt, AR generiert keine kompletten Welten. Vielmehr haben rechnererzeugte Graphiken meist nur unterstützende Funktion.

Bei der Betrachtung von Displays lassen sich auch Unterschiede ausmachen. VR verlangt hohe Auflösungen mit Farbdisplays, bei AR können die Auflösungen niedrig sein. Für einige Anwendungen genügen sogar monochrome Displays. Das Sichtfeld soll bei VR nicht beschnitten sein, da dies den Seheindruck erheblich einschränkt. Für AR sind Head-Mounted-Displays (hierauf wird später eingegangen) mit einem begrenzten Sichtfeld meist ausreichend, da die reale Welt neben den erzeugten Graphiken weiterhin sichtbar bleibt.

Im Bezug auf Tracking, also dem Erfassen und Nachführen von sich bewegenden Objekten lassen sich ebenfalls Unterschiede feststellen: Für AR ist hochwertiges Tracking fundamental. Virtuelle Objekte setzen direkt auf reale Objekte auf und sind unmittelbar an die Umgebung gekoppelt. Fehler hierbei verfremden den Seheindruck und machen das AR-System unbrauchbar. VR Systeme sind im Gegensatz komplett rechnererzeugt und kaum von der realen Umgebung abhängig. Da sich die virtuelle Welt nicht an realen Objekten orientiert, reduziert sich das Tracking auf das Erfassen der Bewegung des Users. Dreht sich der dieser, so dreht sich auch die erzeugte Umgebung.

Beispiele für AR Anwendungen

Augmented Reality Systeme finden heutzutage in den unterschiedlichsten Bereichen Verwendung. Im Folgenden soll ein kleiner Überblick gegeben werden.

■ Klassische Informationsvisualisierung

AR wird dazu verwendet, Informationen kontextbezogen zu visualisieren. So kann einem Monteur die Montageanleitung für eine Komponente einfach auf diese eingeblendet werden (Abb. 2, 3). Das zeitraubende Nachschauen im Handbuch entfällt.



Abbildung 2 – interaktive Montageanleitung



Abbildung 3 – Eingblendete Kontextinformation

Das Unternehmen BMW präsentiert im neuesten Modell der 5er Baureihe ein Head-Up-Display, das dem Fahrer die aktuelle Geschwindigkeit und Informationen des Navigationssystems auf die Frontscheibe projiziert. Diese Angaben scheinen einen Meter über dem vorderen Ende der Motorhaube zu schweben. Der klare Vorteil besteht darin, dass der Fahrer mit dem Blick nicht von der Strasse abschweift und während des Fahrens weniger abgelenkt ist (Abb. 4).



Abbildung 4 – Head Up Display von BMW

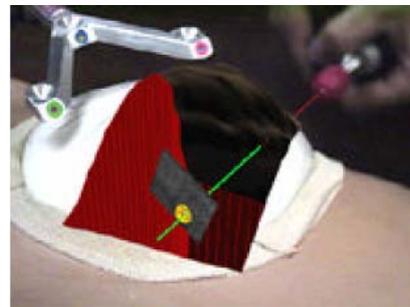


Abbildung 5 – aufgeblendetes Ultraschall

■ Medizin

Eine große Rolle wird Augmented Reality in der Medizin spielen. Bereits heute existieren einige interessante Ansätze, die vieles Versprechen:

So kann sich ein Arzt über eine AR Vorrichtung aktuelle Ultraschall-Bilder direkt auf die zu behandelnde Brust aufblenden lassen (Abb. 5). Der Eingriff wird minimal, alle Veränderungen, die von außen nicht sichtbar sind, werden durch das AR System offenbart. Vorteil von solchen Operationen ist die minimale Manipulation des Patientengewebes.

■ Unterhaltung

In der Unterhaltungsbranche sind AR Systeme bereits heute verfügbar. Interaktive Anwendungen finden auch hier zunehmend mehr Verbreitung und werden mittelfristig in Bezug auf andere Domänen der AR bestimmt die größten technischen Sprünge vorweisen können - nicht zuletzt deshalb, da diese Branche gigantische finanzielle Möglichkeiten birgt. Man denke nur an die brodelnden asiatischen Massenmärkte.

Abbildung 6 präsentiert ein aktuelles Projekt des Fraunhofer Instituts. In einem Freilichtmuseum können Museumsbesucher durch ein AR-Fernrohr historische Tempelanlagen betrachten, Diese sind künstlich erstellt und auf den realen Hintergrund aufgeblendet und vermitteln so ein relativ reales Bild der vergangenen Zeit.

Ein anderes amüsantes Beispiels entstammt einer japanischen Ideenschmiede. Kreative Köpfe entwickelten ein Human-Packman System in Anlehnung an den Computerspielklassiker aus den Anfängen des Rechnerzeitalters.

Ein Spieler, ausgestattet mit aufwendigem technischen Gepäck, muss in realen Straßen dem gegnerischen Monster entkommen und Taler sammeln.

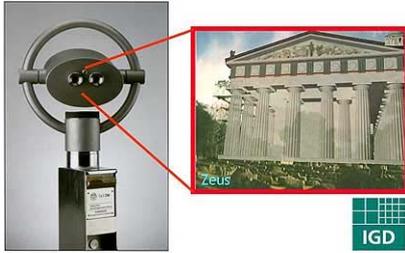


Abbildung 6 – Virtueller Tempel



Abbildung 7 und 8 – Human Pacman



■ Wehrtechnik

Der militärische Bereich ist wohl die am besten finanzierte Domäne der Augmented Reality. Vor allem die Amerikaner investieren seit Jahren Unmengen von Dollars in die Entwicklung neuerer und besserer Systeme. Funktionierende Informationssysteme sind bereits seit einigen Jahren in Kampfflugzeuge implementiert, ein Pilot kann Kontext-Informationen direkt in sein Visier abrufen.

Auch die Simulation von Krisensituationen bedient sich bereits intensiver virtueller Systeme. Beispiel hierzu ist eine virtuelle Karte, in der stufenlos und interaktiv gezoomt werden kann, und die jegliche Szenarien in Echtzeit räumlich darstellt.



Abbildung 9 – Interaktives Visier



Abbildung 10 – Interaktive Karte

■ Bewegungssimulation bei Robotern

Dieser Anwendungsbereich ist neben den anderen ebenfalls nennenswert. Robotern, deren Einzug in die industrielle Fertigung unbestritten ist, werden vermehrt größere Aufgaben zugetraut, so dass Bedarf zur Simulation ihrer Bewegungsabläufe besteht. Ein AR System kann dies kostengünstig realisieren, da der Roboter nicht aufwendig programmiert werden muss und somit auf teure Experimente verzichtet werden kann. Meist bieten Hersteller virtuelle Pendants ihrer Systeme zu Integrationszwecken vor Ort beim Kunden an.

Historisches

Augmented Reality findet Ihren Ursprung in den frühen 60er Jahren. Sutherland präsentierte 1960 ein erstes Head-Mounted-Display zur Präsentation von 3D Grafiken (sofern der Begriff 3D Grafik zu diesem Zeitpunkt überhaupt schon berechtigt war). Die Gerätschaft war überaus sperrig und unhandlich und ist sicherlich nur als bahnbrechende Idee für die weitere Entwicklung zu betrachten.

Erst im letzten Jahrzehnt hat sich Augmented Reality zu einer eigenen Forschungsrichtung entwickelt. 1995 präsentierte Ronald Azuma eine richtungweisende Studie, die die Disziplin zum ersten Mal unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten definierte, viele aktuelle Probleme beschrieb und die Entwicklungen bis dahin zusammenfasste. Im Jahre 2001 wurde dieses



Abbildung 11
- Erstes HMD

Dokument nach der ersten Überarbeitung 1997 [4] erneut aktualisiert und unter Berücksichtigung der neuen Errungenschaften erweitert [2].

Seit 1990 wurden einige internationale Konferenzen und Workshops zu Augmented Reality abgehalten, so z.B. der *International Workshop an Symposium on Augmented Reality*, oder der *Designing Augmented Reality Environments Workshop*.

Es entstanden einige sehr gut finanzierte Projekte und Organisationen, die sich primär mit AR beschäftigen. Zu nennen sind hier das Mixed-Reality Lab in Japan, und die Arvika Projektgruppe in Deutschland. Aus dem universitären Umfeld sind in letzter Zeit mehrere Open Source SDK's hervorgegangen, die eine einfache Entwicklung eigener AR Anwendungen versprechen. Hier beschäftigen sich große Namen mit AR, wie beispielsweise das MIT, die Carnegie Mellon University, die University of Singapore. Auch global Player aus der Wirtschaft experimentieren mit, Sony, Philips und Xerox präsentierten bereits eigene AR-Systeme.

Enabling Technologies

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit Basistechnologien, die von Nöten sind, um AR überhaupt realisieren zu können. Begriffe wie Displays, Tracking, Registration und Kallibration werden nun kurz vorgestellt.

■ Displays

Die Fachwelt unterscheidet zwischen mehreren Arten von Displays.

Head-Worn-Displays, also Gerätschaften, die auf dem Kopf getragen werden, sind am meisten verbreitet. Sie sind LCD oder CRT basiert und durchsichtig. In einem AR System wird es direkt vor dem Auge positioniert und fungiert ähnlich einem Fernseher. Bei der *Optical-See-Trough* Variante wird die AR durch ein halbdurchsichtiges Display aufaddiert (Abb. 12, links). Bei Video-See-Trough wird die Realität gefilmt und gemeinsam mit der AR auf das Display projiziert (rechts). Die reale Welt ist für den Anwender nicht mehr direkt sichtbar.



Abbildung 12 – Optical vs. Video-See-Trough

Virtual Retina Displays projizieren Ihr Bild mittels Laserlicht direkt auf die Netzhaut eines Betrachters. Aktuelle Systeme sind noch nicht in der Lage, mehrfarbiges Licht abzustrahlen, doch wird hier intensiv geforscht.

Handheld Displays funktionieren prinzipiell nach dem gleichen Konzept wie Head-Mounted-Display, sie werden jedoch nicht vor dem Auge fixiert, sondern wie ein Fernrohr nur bei Bedarf verwendet.

Projection Displays bilden eine weitere Klasse. Virtuelle Information wird hier direkt auf reale Objekte aufprojiziert, es entfällt die eye-wear, durch die der Betrachter hindurchsehen muss. So kann beispielsweise ein Projektor eine vordefinierte Fläche in einem Raum bestrahlen, auf der reale Objekte positioniert werden. Auf diese Objekte setzt die Augmented Reality dann auf. Im Beispiel in Abbildung 13 wird die Vorrichtung, an der das Werkzeug montiert ist, ausgeblendet. Dazu projiziert das System den echten Hintergrund der Kammer auf die Vorrichtung auf. Aktuelle Projekte versuchen, das Konzept auf ganze Räume zu erweitern. Ansatz hierbei sind mehrere sich überlappende Projektoren.

Probleme bereiten zurzeit noch die technische Beschaffenheiten der Displays. Der *See-Trough* Version mangelt es noch an ausreichender Helligkeit, Auflösung, Betrachtungsfläche und Kontrast, um ein großes Spektrum an realen und virtuellen Objekten verblenden zu können. Neben dem sind Optimierungen an Größe, Gewicht und Kosten nötig.

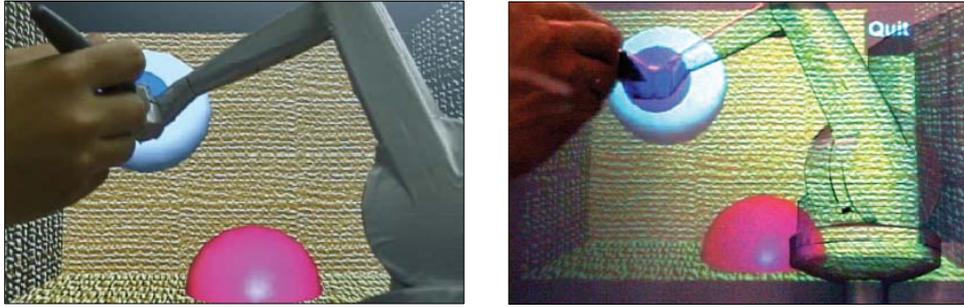


Abbildung 13 – Auf die Gerätschaft wird der Hintergrund aufprojiziert, der Arm ‚verschwindet‘

■ Tracking

Mit Tracking wird im Allgemeinen die dynamische Erfassung von Objekten bezeichnet. Bei Augmented Reality muss die Blickrichtung, Blickorientierung und Position des Users und aller modifizierbaren Objekte im Raum dynamisch erfasst werden. Bewegt sich der User, so muss die kontextbezogene Information, die er auf seinem Display sieht, interaktiv mitwandern.

Für präparierte **Indoor**-Systeme gibt es bereits exzellente Erfassungssysteme. Marker, die an festgelegten Positionen im zu erfassenden Bereich aufgestellt sind, werden über ein Videosystem gefilmt. Die Position aller anderen Objekte kann dann relativ leicht anhand der Marker errechnet werden. Flüssige Update-Raten von bis zu 30 Herz sind möglich, wenn die Marker-Technologie zum Tracking verwendet wird. Nicht zu unterschätzen ist allerdings der gigantische Aufwand für die Kalibrierung.

Outdoor Tracking wird geringfügig anders realisiert. Es basiert im Wesentlichen auf dem Tracking von markanten Objekten wie z.B. Türmen. Das System erkennt solche *Landmarks* und kann sich anhand ihrer die Position aller anderen Objekte der Umgebung errechnen. Wird zusätzlich ein GPS System verwendet, so lässt sich die Genauigkeit dramatisch erhöhen. Einfach wird es, wenn die Außenumgebung bereits als digitales Modell vorliegt. Tracking kann hier auf die Erfassung des Horizontes reduziert werden. Die Forschung beschäftigt sich momentan mit dem Erfassen einer unvorbereiteten, unkalibrierten Umgebung. Großes Problem bei Outdoor-Tracking ist ebenfalls noch der immense Kalibrierungsaufwand.

■ Kalibrierung

Die zuvor erwähnte Kalibrierung bietet für die Forschung noch vielseitige Ansätze. Für fast alle herkömmlichen AR Systemen gilt es, den Kalibrierungsaufwand vor Inbetriebnahme zu reduzieren. Zu Zeit müssen noch zu viele Variablen manuell eingestellt werden: Die Kamera mit all ihren Parametern, das Sichtfeld unter Berücksichtigung von Achsenverzerrungen, vorhandene Sensoren und ihr jeweiliger Offset, optische Fehler wie Verkrümmungen, Verzerrungen.

Interaktion

Nach Behandlung der technischen Voraussetzungen soll nun der Frage nachgegangen werden, wie User mit AR Systemen interagieren. Wie können Informationen mittels AR effektiv dargestellt werden?

Bis vor kurzem lag der Schwerpunkt auf dem **Erfassen** und **Präsentieren** von Daten der realen Welt. Die Interaktion der User mit den Systemen stand eher im Hintergrund. Prototypen, die Interaktion unterstützten, begründeten Ihre Interfaces auf herkömmlichen Desktop Metaphern wie Tastatur und Maus, einfachen on-screen Menüs, die durch Gesten gesteuert werden, und klassi-



Abbildung 14 - Interaktion mit Gesten

schen Keyboard Eingaben. Seltener waren 3D Eingabegeräte wie die Space Mouse und bereits erwähnte Gestermerkennungssysteme.

Aktuellere Trends bedienen sich der **Tangible User Interfaces**. Darunter versteht man greif- und fühlbare Interaktionsschnittstellen. Meist kombiniert ein AR System unterschiedliche Eingabegeräte, die alle verschiedenen Eigenschaften besitzen, womit mehreren Anforderungen Rechnung getragen werden kann.

Im Folgenden hierzu nun einige Beispiele.



Abbildung 15 – Augm. Surf. System



Abbildung 16 – Studierstube

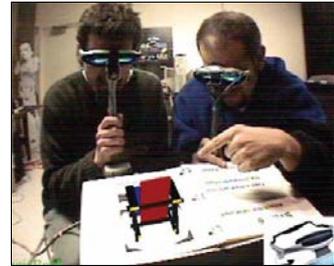


Abbildung 17 – Virtual Book

Das **Augmented Surface System** von Sony (Abb. 15) lässt den User Daten mit einer Vielzahl von realen und virtuellen Mechanismen manipulieren. Interaktion wird über Projektions- und Handheld-Displays realisiert. Neben den realen Notebooks stehen auch die auf den Tisch projizierten Informationen zur Verfügung.

Die **Studierstube** der Universität Wien (Abb. 16) erlaubt echte 3D Interaktion und ist im Gegensatz zum Augmented Surface System von Sony nicht auf zwei Dimensionen beschränkt. Das Personal-Interaction-Panel, ein schwarzes Brett, auf das virtuelle Tasten aufprojiziert werden, dient als primäre Interaktionsschnittstelle. Die User tragen Head-Mounted-Displays und können sich völlig frei im Raum bewegen. Vor ihnen schwebt virtuell die ‚Studierstube‘.

Eine weitere interessante Ausprägung eines Tangible User Interfaces ist das **Virtual Book** des Human Interaction Technologies Lab (Abb. 17). Auf den Seiten des Buches werden virtuelle Echtzeitwelten dargestellt. Der User blättert nicht durch das klassische 2D, sondern erlebt auf jeder Seite animierte 3D-Welten. Der interaktive Inhalt kann von mehreren Usern gleichzeitig betrachtet werden.

Klassifizierung von AR Systemen

Versucht man, die Fülle der Anwendungen von Augmented Reality zu klassifizieren, so lässt sich dies auf folgende zwei Arten versuchen.

Ein erster Ansatz, vorgestellt auf der DARE Konferenz 2000 [3], unterscheidet einerseits anhand des Objekts, an dem das AR System ansetzt. Sind virtuelle oder reale Objekte im Spiel? Andererseits wird unterschieden zwischen Systemen, die die Interaktion des Anwenders mit dem Rechner verbessern, ihren Fokus also auf die Aktion des Users legen, und solchen, deren Maxime es ist, die Wahrnehmung des Users anzureichern. Die Folgende Tabelle nennt jeweils eine Beispielanwendung für jede Kategorie.

	Aktion des Users	Wahrnehmung des Users
virtuelles Objekt	‚Media Blocks‘	Realistische Grafiken
reales Objekt	‚Digital Desk‘	‚Augmented Museum‘

Ein gänzlich anderer Ansatz der Klassifizierung wird in folgender Grafik verdeutlicht:



Abbildung 18 – Klassifizierung von AR Systemen nach Interaktionsgrad

Dieser Versuch verfolgt die Klassifizierung von AR Systemen nach Interaktionsgrad. Die Unterteilung erfolgt von Einbenutzer Systemen über Mehrbenutzer-AR zu Multigruppen Anwendungen.

Welches System nun praktikabler ist, muss jeder Leser nach eigenem Gusto entscheiden. Die gemachten Vorschläge bieten nur einen Ansatzpunkt, sicherlich sind noch weitere Möglichkeiten gegeben.

Probleme bei der Visualisierung von Daten

Zu Beginn dieses letzten Absatzes werden menschliche Wahrnehmungsfaktoren im Zusammenhang mit AR betrachtet. Man ist sich einig, dass in diesem Gebiet massiver Forschungsbedarf herrscht.

Es existiert eine Vielzahl von Aspekten, die AR für den Menschen zurzeit noch nicht zu einem vollkommenen Erlebnis macht. So kämpfen fast alle Systeme mit grundlegenden technischen Mängeln. Zu nennen ist hier die fast stets unzureichende Qualität bei der Bildgebung.

Aber auch Entwicklungsfehler wie mangelhafte Genauigkeit bei der Justierung von Komponenten schränken die Qualität von AR Systemen ein!

Verzögerungen bei der Datenverarbeitung aufgrund unzureichender Rechensysteme ist eine weitere Fehlerquelle. Ebenso die Tiefenwahrnehmung, die den menschlichen Seheindruck maßgeblich gestaltet. Die korrekte Erfassung der räumlichen Tiefe ist mit herkömmlichen Methoden schwer zu modellieren. Fortschritte bringen Techniken mit Stereodisplays. Doch hieraus entstehen wieder neue Fragen! Ist es besser, ein Display für beide Augen zu verwenden, oder wäre ein gesondertes Display pro Auge ergonomischer?

Ein Weiter Knackpunkt, der die Leistungsfähigkeit der aktuellen Systeme noch einschränkt, sind unzureichende Konzepte für die Handhabung der enormen Datendichte. Azuma meinte hierzu bereits 1997:

„Reduce the amount of information displayed to a minimum while keeping important information in the view“[2]

Die Abbildung auf der folgenden Seite veranschaulicht den Sachverhalt. Lässt man das AR System zu viele Informationen aus der Umgebung abgreifen, so wird das Sichtfeld übervoll und nicht mehr handhabbar. Es muss ein sinnvolles Mittelmaß gefunden werden, so dass die Daten einerseits überschaubar bleiben und die Hardware nicht überfordert wird, aber andererseits dem Sinne der Applikation noch dienen. Auf wichtige Informationen, deren Fehlen die Szene aus ihrem Kontext ziehen würde, darf nicht verzichtet werden.

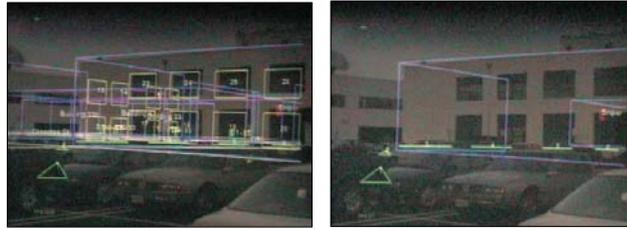


Abbildung 19 – Detailgrad einer Szene

Zu guter Letzt soll noch in aller Kürze Photorealistische Augmented Reality angeschnitten werden. Photorealistische Qualität im Zusammenhang mit virtuellen Umgebungen ist zweifelsfrei das ehrgeizige Ziel eines jeden, der sich mit AR beschäftigt. Desto genauer und echter die simulierte Umgebung ist, desto tiefer kann ein Benutzer in die künstliche Welt eintauchen. Ein Unterschied zwischen realem und virtuellem Objekt soll nicht mehr erkennbar sein, AR soll sich nahtlos auf das reale aufsetzen lassen.

Photorealistische AR steht und fällt mit der korrekten Beleuchtung der virtuellen Objekte. Desto mehr Aufwand in korrektes Licht gesetzt wird, desto besser sind die Ergebnisse. Folgendes Beispiel macht dies deutlich.



Abbildung 20 – Licht und Photorealistische AR

Der linke Stuhl wirkt künstlich und schlecht integriert. Rechts erscheint dies nun völlig anders. Der selbe virtuelle Stuhl, nun jedoch korrekt beleuchtet. Die identische Szene wirkt plötzlich realistisch.

Fazit

Augmented Reality wird mittelfristig an Bedeutung hinzugewinnen. Vor allem aus gut finanzierten Bereichen wie der Unterhaltungsindustrie werden neue Applikationen erscheinen, die sicherlich auch den Massenmarkt erreichen werden. Im Vergleich zu Virtual Reality wird sich AR wahrscheinlich durchsetzen können, da AR Anwendungen aufgrund der engen Kopplung zur realen Welt einen praktischeren Nutzen als reine virtuelle Welten haben. Einige Unternehmen und Forschungseinrichtungen arbeiten sicherlich an neuen und interessanten Systemen. Man darf gespannt sein!

Christian Clauss
cclauss@byterunner.de

Juni 2004

Quellenverzeichnis

Literaturangaben

- [1] Projekt **Arvika**, (19.05.2004): http://www.arvika.de/www/d/topic1/was_ist_ar.htm
- [2] Ronald Azuma, Yohan Baillet, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier, Blair MacIntyre. **Recent Advances in Augmented Reality**. IEEE Computer Graphics and Applications 21, 6, (Nov/Dec 2001), S. 34-47.
- [3] Emmanuel Dubois, Laurence Nigay, **Augmented Reality: Which Augmentation for Which Reality?** DARE2000, Designing Augmented Reality Environments, ACM, (2000), Elsinore, Denmark, S. 165-16
- [4] Azuma, Ronald T. **A Survey of Augmented Reality**. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, 4, (August 1997), S. 355 - 385.

Abbildungen

- 1 Entnommen aus [2], S. 34
- 2, 3 **Spiegel** Archiv: <http://www.spiegel.de/extra/0,1518,180714,00.html> (19.05.2004, kostenpflichtiger Artikel)
- 4 Russische **BMW-Händlerseite**: <http://www.latbema.lv/photos/newsbmw/15.jpg> (22.05.2004)
- 5 Entnommen aus [2], S. 4
- 6 **Spiegel** Archiv: <http://www.spiegel.de/extra/0,1518,180714,00.html> (19.05.2004, kostenpflichtiger Artikel)
- 7 Der **Spiegel**: <http://www.spiegel.de/netzwelt/technologie/0,1518,grossbild-335384-288937,00.html> (22.05.2004)
- 8 Der **Spiegel**: <http://www.spiegel.de/netzwelt/technologie/0,1518,grossbild-335380-288937,00.html> (22.05.2004)
- 9 **Boeing** Ltd.: <http://www.boeing.com/commercial/news/feature/images/737techk62801.jpg> (22.05.2004)
- 10 **Univ. of Singapore** <http://mixedreality.nus.edu.sg/media/all%20videos/MilitaryTable.mpg> (22.05.2004)
- 11, 18 CHI 2003 **Conference on Human Factors in Computing Systems** :
<http://www.chi2003.org/docs/t18.pdf> (22.05.2004)
- 12 Entnommen aus [2], S. 35
- 13 Entnommen aus [2], S. 36
- 14 Entnommen aus [2], S. 37
- 15, 16, 17 Entnommen aus [2], S. 38
- 19 **Milbertengineering** Ltd.
<http://www.milbertengineering.com/Images/BattlefieldAugmentedRealitySystem01.jpg> (22.05.2004)
- 20 Projekt **ARIS**: http://aris-ist.intranet.gr/documents/ISMAR_igd.pdf (22.05.2004)