

# Einführung in Augmented Reality

**Christian Clauss**  
**Hauptseminar am 3. Mai 2004**

## Übersicht

- **Definition von Augmented Reality** 
- Beispiele von AR Anwendungen
- Historisches
- Enabling Technologies
  - Displays
  - Tracking
  - Kalibrierung
- Interaktion
- Klassifizierung von AR Systemen
- Probleme bei der Visualisierung von Daten
  - Menschliche Faktoren und Wahrnehmungsprobleme
  - Datendichte
  - Realisierung von High-Quality AR

**5 Folien**

## Definition von Augmented Reality (1)

- Augmented Reality = vermehrte, erweiterte Realität
- Augmented Reality ist eine neue Form der Mensch-Technik-Interaktion, bei der dem Anwender Informationen in sein Sichtfeld eingeblendet werden - beispielsweise über eine Datenbrille.

Die Einblendung geschieht jedoch kontextabhängig, d.h. passend und abgeleitet vom betrachteten Objekt, z.B. einem Bauteil.

## Definition von Augmented Reality (2)

eine AR

- kann virtuelle Objekte in eine reale Umgebung einsetzen und auch reale Objekte aus einer realen Umgebung entfernen
- läuft in Echtzeit und ist interaktiv
- nicht nur auf das Sehen beschränkt, kann auf alle Sinne aufsetzen:
  - Sound (3D-Kopfhörer)
  - Geruch
  - Berührung (Handschuhe mit physischem Feedback)

## Definition von Augmented Reality (3)

### ■ Kontinuum von Milgram



- Augmented Reality: reale Umgebung mit virtuellen Objekten
- Augmented Virtuality: virtuelle Umgebung mit realen Texturen

## Definition von Augmented Reality (4)

### Unterschied AR – VR

#### ■ Scene-Generator

- VR: Systeme **ersetzen** die reale Welt  
→ Anforderungen an Bildqualität viel höher als bei AR
- AR: Systeme generieren keine kompletten Welten  
→ Bilder haben meist nur **unterstützende** Funktion

#### ■ Displays

- VR: hohe Auflösungen mit Farbdisplays nötig
- AR: Displayauflösungen können niedrig sein, für einige Anwendungen genügen monochrome Displays
- VR: Sichtfeld soll nicht beschnitten sein
- AR: Head-Mounted-Displays mit einem **begrenzten** Sichtfeld ausreichend, die reale Welt ist neben dem Display immer noch sichtbar

## Definition von Augmented Reality (5)

### Unterschied AR – VR (2)

#### ■ Tracking und Registration

- AR: virtuelle Objekte setzen direkt auf reale Objekte auf, sind unmittelbar an die Umgebung gekoppelt
- AR: hochwertiges Tracking fundamental  
Fehler hierbei verfremden den Seheindruck / machen das AS System unbrauchbar
- VR: komplett rechnererzeugt und kaum von der realen Umgebung abhängig  
Registration = Erfassen der Bewegung des Users  
Tracking entfällt

## Übersicht

- Definition von Augmented Reality
- **Beispiele von AR Anwendungen** 
- Historisches
- Enabling Technologies
  - Displays
  - Tracking
  - Kalibrierung
- Interaktion
- Klassifizierung von AR Systemen
- Probleme bei der Visualisierung von Daten
  - Menschliche Faktoren und Wahrnehmungsprobleme
  - Datendichte
  - Realisierung von High-Quality AR

7 Folien

## Beispiele von AR Anwendungen (1)

- Informationsvisualisierung



9 / 48

## Beispiele von AR Anwendungen (2)

- Informationsvisualisierung (2)
  - HUD

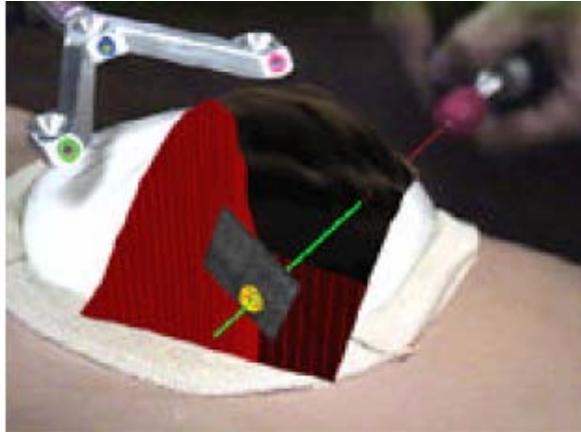
mpeg 0:19



10 / 48

## Beispiele von AR Anwendungen (3)

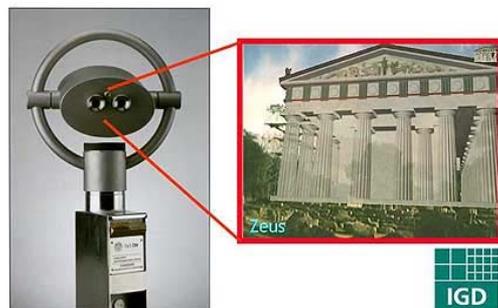
- Medizin
  - Röntgensicht für Ärzte
  - Trainingssysteme
  - „Minimale Eingriffe“



11 / 48

## Beispiele von AR Anwendungen (4)

- Unterhaltung
  - Virtuelles Museum
  - Video Phone



12 / 48

## Beispiele von AR Anwendungen (5)

- Unterhaltung (2)
  - Human Pacman



13 / 48

## Beispiele von AR Anwendungen (6)

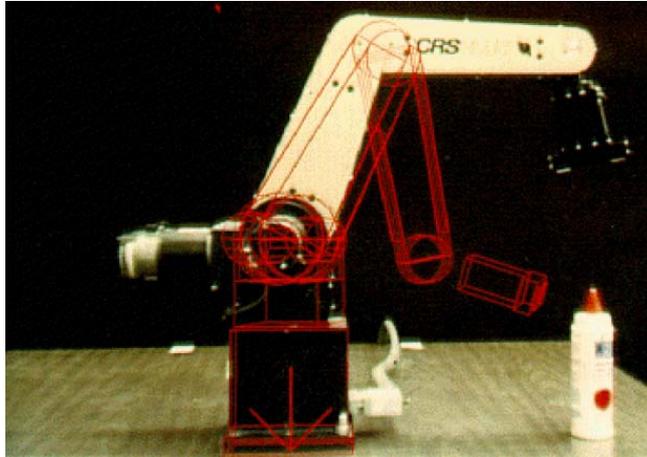
- Wehrtechnik
  - Virtuelle militärische Karte  
mpeg 1:05



14 / 48

## Beispiele von AR Anwendungen (7)

- Bewegungssimulation von Robotern



15 / 48

## Übersicht

- Definition von Augmented Reality
- Beispiele von AR Anwendungen
- **Historisches** 
- Enabling Technologies
  - Displays
  - Tracking
  - Kalibrierung
- Interaktion
- Klassifizierung von AR Systemen
- Probleme bei der Visualisierung von Daten
  - Menschliche Faktoren und Wahrnehmungsprobleme
  - Datendichte
  - Realisierung von High-Quality AR

4 Folien

16 / 48

## Historisches (1)

- Sutherland, 1960  
erstes Head-Mounted-Display zur Präsentation von 3D Grafiken
- AR hat sich erst im letzten Jahrzehnt zu einer Forschungsrichtung entwickelt
- 1997, Studie von Azuma (u), die die Disziplin definierte, viele Probleme beschrieb und die Entwicklungen bis dahin zusammenfasste.



## Historisches (2)

- seit 1990 einige internationale Konferenzen zu AR:
  - International Workshop and Symposium on Augmented Reality
  - International Symposium on Mixed Reality
  - Designing Augmented Reality Environments workshop
- einige sehr gut finanzierte Projekte/ Organisationen entstanden, die sich primär mit AR beschäftigen:
  - Mixed-Reality-Systems Lab in Japan
  - Arvika in Deutschland (arvika.de)
- mehrere open-source Toolkits zur Entwicklung eigener AR-Anwendungen

## Historisches (3)

### ■ Wer beschäftigt sich mit AR

- Cambridge University
- Carnegie Mellon University
- Columbia University
- ECRC
- Georgia Tech
- JAIST, Japan
- Keio University, Japan
- CERTEC, Lund University
- NYU Media Research Lab / Physical Interfaces
- MIT Media Lab
- Naval Research Laboratory
- Sony
- Philips
- Tamagawa University
- Tokyo University
- University of North Carolina
- University of Toronto
- University of Washington
- Viktoria Institute
- Xerox PARC
- Xerox Research Centre Europe
- **University of Singapore**

19 / 48

## Historisches (4)

### ■ University of Singapore, Mixed Reality Lab

mpeg 1:06

Spot von CNBC,  
*Generation-E*

gesendet am  
03.01.2004



20 / 48

# Übersicht

- Definition von Augmented Reality
- Beispiele von AR Anwendungen
- Historisches
- **Enabling Technologies** 
  - Displays
  - Tracking
  - Kalibrierung
- Interaktion
- Klassifizierung von AR Systemen
- Probleme bei der Visualisierung von Daten
  - Menschliche Faktoren und Wahrnehmungsprobleme
  - Datendichte
  - Realisierung von High-Quality AR

11 Folien

## Enabling Technologies

- ... sind Basistechnologien, die zur Realisierung von AR benötigt werden!
  - Displays
  - Tracking
  - Registration
  - Calibration

# Enabling Technologies – Displays (1)

## 1. Head-Worn Display

- LCD basiert, durchsichtig
- wird direkt vor dem Auge positioniert

- **optical** see-through  
AR wird durch ein halbdurchsichtiges Display *aufaddiert*
- **video** see-through  
Realität wird gefilmt und *gemeinsam* mit der AR *projiziert*.

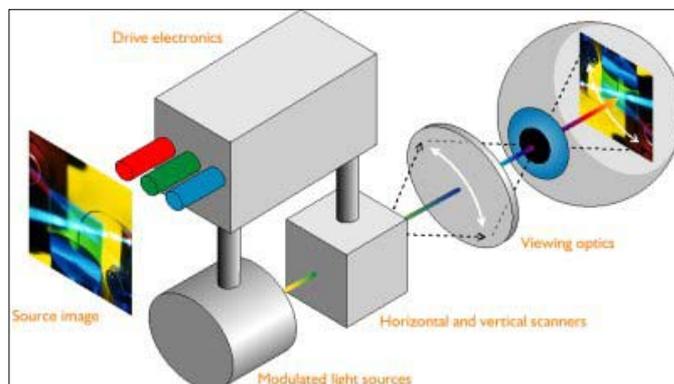


23 / 48

# Enabling Technologies – Displays (2)

## 2. Virtual Retina Display

- Bild wird direkt auf Netzhaut projiziert
- Laserprojektion
- [www.mivs.com](http://www.mivs.com)



24 / 48

## Enabling Technologies – Displays (3)

### 3. Monitor Based AR



25 / 48

## Enabling Technologies – Displays (4)

### 4. Handheld Display

- gleiches Konzept wie bei HM-D
- Unterschied: Gerät wird nicht vor Auge fixiert, sondern nach Bedarf verwendet
- ähnlich wie ein Fernglas

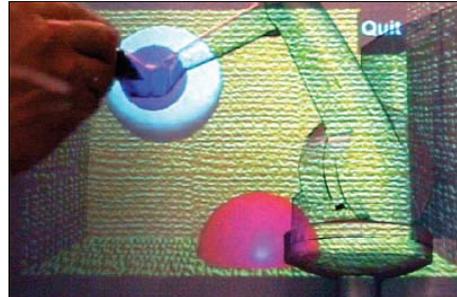
### 5. Projection Display (non-LCD)

- virtuelle Information wird direkt auf reale Objekte **projiziert**.
- einfachster Ansatz: **ein** Projektor bestrahlt Fläche, auf der reale Objekte positioniert werden können und auf welche AR aufsetzen kann
- funktioniert also ohne eye-wear!
- Konzept kann auf ganze Räume erweitert werden (mehrere, sich überlappenden Projektoren)

26 / 48

## Enabling Technologies – Displays (5)

- BSP zu Projection Display  
virtuelles Ausblenden von Werkzeugen



27 / 48

## Enabling Technologies – Displays (6)

### Problemfelder

- See-Through Displays haben unzureichende/n
  - Helligkeit
  - Auflösung
  - Betrachtungsfläche
  - Kontrast, um ein großes Spektrum an realen und virtuellen Objekten verblenden zu können
- Außerdem Mangel an:
  - Größe
  - Gewicht
  - Kosten

28 / 48

## Enabling Technologies – Tracking (1)

- Tracking = **dynamische** Erfassung
- Entscheidend bei AR ist das Tracking von
  - Blickrichtung
  - Blickorientierung
  - Position des Users & aller modifizierbaren Objekte im Raum
- außerdem benötigt:  
tiefenräumliche Karte (depth map) des realen Raums, um während des Renderns Verdunklung zu unterstützen
- mehr dazu im Vortrag über Tracking

## Enabling Technologies – Tracking (2)

### Indoor Tracking

- Für präparierte Indoor-Systeme gibt es exzellente Erfassungssysteme
- Video-Tracking funktioniert mittels **Marker**, die an festgelegten Positionen im zu erfassenden Bereich aufgestellt werden
- die Position jedes anderen Objektes wird relativ zum Marker errechnet
- Updateraten des zu erfassenden Bildes bis zu 30 HZ möglich
- Problem: Aufwand für Kalibrierung

## Enabling Technologies – Tracking (3)

### Outdoor Tracking

- Outdoor–Tracking basiert im Wesentlichen auf Tracking von markanten Objekten, Gebäuden ...
- Via GPS und mathematischen Berechnungen
- Falls Außenumgebung als digitales Modell existiert, kann Tracking auf Erfassung des Horizonts reduziert werden
- Forschung beschäftigt sich mit
  - Erfassen einer kompletten Umgebung
  - Tracking in unvorbereiteten, unkalibrierten Umgebungen
  - Reduktion des Kalibrierungsaufwands
  - Minimierung von Latenzen

## Enabling Technologies – Kalibrierung

- Anpassung von:
  - Kamera mit Parametern
  - Sichtfeld
  - Achsenversetzung (Offset) vorhandener Sensoren
  - Positionen der realen Objekte
  - optische Fehler wie Verkrümmungen, Verzerrungen ...
- Es existieren bereits Systeme, die nicht mehr kalibriert werden müssen

# Übersicht

- Definition von Augmented Reality
- Beispiele von AR Anwendungen
- Historisches
- Enabling Technologies
  - Displays
  - Tracking
  - Kalibrierung
- **Interaktion** 
- Klassifizierung von AR Systemen
- Probleme bei der Visualisierung von Daten
  - Menschliche Faktoren und Wahrnehmungsprobleme
  - Datendichte
  - Realisierung von High-Quality AR

6 Folien

## Interaktion (1)

Wie interagieren User mit AR Systemen?

Wie können Informationen effektiv auf Displays präsentiert werden?

**bis vor Kurzem:**

- Schwerpunkt lag auf dem Erfassen und ‚Präsentieren‘ von Daten der realen Welt
- ‚Interaktion‘ der User mit AR Systemen stand eher im Hintergrund
- Prototypen, die Interaktion unterstützten, begründeten Interfaces auf:
  - herkömmlichen Desktop-Metaphoren
  - on-screen Menus
  - Keyboard-Eingaben
    - 3D-Eingabegeräte (Space Mouse)
    - Gestenerkennung

## Interaktion (2)

- BSP: AR-Shooter  
Waffen im Spiel werden über Gesten gesteuert



35 / 48

## Interaktion (3)

### Aktuelle Trends:

- Interaktion mit *tangible interfaces* (greifbar, fühlbar)
- AR System mit unterschiedlichen Geräten zur Interaktion
- kann mehreren Anforderungen gerecht werden
  
- Augmented Surface System (Sony)  
User manipuliert Daten mit einer Vielzahl von realen und virtuellen Mechanismen und interagiert über Projektions- und Handheld-Displays  
(vgl. BUILD-IT, vorgestellt in MMI)



36 / 48

## Interaktion (4)

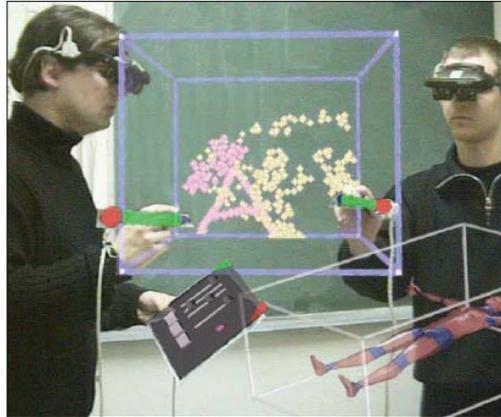
### ■ Studierstube (Uni Wien)

Personal Interaction Panel: schwarzes Brett, auf das virtuelle Tasten aufprojiziert werden

- User tragen Head-Mounted-Displays
- haptisches Feedback des Panels mit dieselben Eigenschaften wie Feedback des tragbares reales Panel

Eigenschaften:

- Virtualität
- Kooperation
- Eigenständigkeit
- Individualität

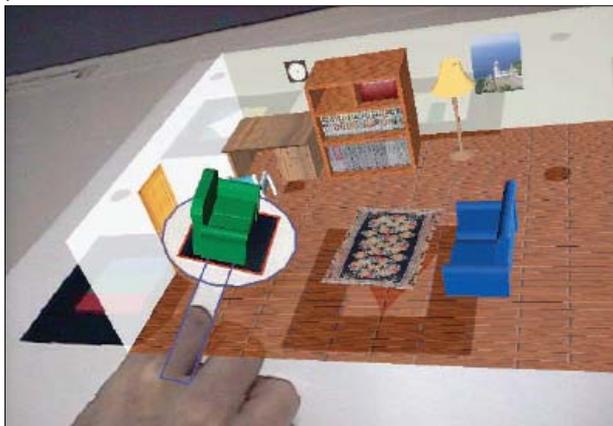


37 / 48

## Interaktion (5)

### ■ Tool zur Raumplanung

reales Paddel zur 3D-Manipulation virtueller Möbel



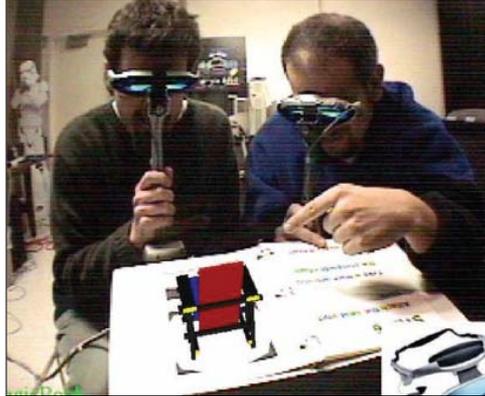
38 / 48

## Interaktion (6)

### ■ Virtual Book (HI-Technologies Lab)

Stellt auf seinen Seiten virtuelle Echtzeitwelten dar

- kann von mehreren Usern gleichzeitig betrachtet werden
- Wechsel zwischen VR und AR möglich
- Reale Welt kann durch HMD komplett ausgeblendet werden, falls eine reine VR betreten werden soll



39 / 48

## Übersicht

- Definition von Augmented Reality
- Beispiele von AR Anwendungen
- Historisches
- Enabling Technologies
  - Displays
  - Tracking
  - Kalibrierung
- Interaktion
- **Klassifizierung von AR Systemen** 
- Probleme bei der Visualisierung von Daten
  - Menschliche Faktoren und Wahrnehmungsprobleme
  - Datendichte
  - Realisierung von High-Quality AR

2 Folien

40 / 48

## Klassifizierung von AR Systemen (1)

- Versuch der Klassifizierung von AR Systemen nach Interaktionsgrad



41 / 48

## Klassifizierung von AR Systemen (2)

- Anderer Versuch einer Klassifizierung (DARE Konferenz, 2000)

	Systeme, die Interaktion des Users mit Rechner verbessern (user's action)	Systeme, die Interaktion des Users mit realer Welt verbessern (user's perception)
virtuelles Objekt	„Media Blocks“	Realistische Grafiken
reales Objekt	„Digital Desk“	„Augmented Museum“

42 / 48

# Übersicht

- Definition von Augmented Reality
- Beispiele von AR Anwendungen
- Historisches
- Enabling Technologies
  - Displays
  - Tracking
  - Kalibrierung
- Interaktion
- Klassifizierung von AR Systemen
- **Probleme bei der Visualisierung von Daten** 
  - Menschliche Faktoren und Wahrnehmungsprobleme
  - Datendichte
  - Realisierung von High-Quality AR

4 Folien

## Probleme bei der Visualisierung von Daten (1)

### Menschliche Faktoren und Wahrnehmungsprobleme

- Studien belegen: menschliche Wahrnehmungsfaktoren, die bei AR eine Rolle spielen, müssen intensiver untersucht werden
- Forschung setzt an bei:
  - Technischen Mängeln (wie schlechte Bilddarstellungen)
  - Entwicklungsfehlern (wie unzureichende Justierung)
  - Verzögerungen/ Wartezeiten → Quelle der meisten Erfassungsfehler  
Eine Millisekunde Systemverzögerung verursacht einen Erfassungsfehler von einem Millimeter
  - Tiefenwahrnehmung
    - sehr schwer zu modellierendes Erfassungsproblem
    - Verbesserungen mittels Stereodisplays
  - Augenanstrengung und Müdigkeit
    - Ein Display für beide Augen? Pro Auge ein gesondertes Display?

## Probleme bei der Visualisierung von Daten (2)

### Handhabung der enormen Datendichte

- *“reduce the amount of information displayed to a minimum while keeping important information in the view“* Azuma, 1997



45 / 48

## Probleme bei der Visualisierung von Daten (3)

### Realisierung von High-Quality AR

- Ziel
  - photorealistische Qualität
  - nahtlose Integration von AR Objekten in reale Welt
  - kein Unterschied zwischen realem und virtuellem Objekt
- Knackpunkt
  - korrekte Beleuchtung des virtuellen Objektes

46 / 48

## Probleme bei der Visualisierung von Daten (4)

- BSP: Virtueller Stuhl ohne/ mit realistischer Beleuchtung



Without Light simulation



With light simulation

47 / 48

## Danke für Eure Aufmerksamkeit!

- Gibt's Fragen?
- Hat jemand Anmerkungen?
- Diskussionsanregung:
  - Was seht Ihr für Anwendungsfelder in der Zukunft?
  - Welche Rolle spielt AR in 10 Jahren?
  - Was könnten Hindernisse für erfolgreiches Durchsetzen sein?

### ■ Quellen

- <http://www.uni-weimar.de/~bimber/research.php>
- <http://www.csl.sony.co.jp/projects/ar/ref.html>
- <http://www.se.rit.edu/~jrv/research/ar/>
- <http://hci.rsc.rockwell.com/AugmentedReality/>
- [http://www.cs.unc.edu/~azuma/azuma\\_AR.html](http://www.cs.unc.edu/~azuma/azuma_AR.html)
- Azuma, Ronald T. **A Survey of Augmented Reality**. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, 4 (August 1997), 355 - 385.
- Ronald Azuma, Yohan Baillot, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier, Blair MacIntyre. **Recent Advances in Augmented Reality**. IEEE Computer Graphics and Applications 21, 6 (Nov/Dec 2001), 34-47.

48 / 48