

# Lehrkonzept für ein Augmented Reality Praktikum

Martin A. Bauer<sup>1</sup>   Martin Wagner<sup>1</sup>   Markus Tönnis<sup>1</sup>  
Prof. Gudrun Klinker<sup>1</sup>   Verena Broy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität München,  
Institut für Informatik  
Boltzmannstraße 3  
85748 Garching bei München

<sup>2</sup>BMW Forschung und Technik GmbH  
Hanauer Straße 46  
80992 München

1. Workshop "Virtuelle und Erweiterte Realität"  
der GI-Fachgruppe AR/VR  
TU Chemnitz, 27. - 28. September 2004

# Motivation für ein Praktikum "Augmented Reality"

- ▶ **Praktikum im Hauptstudium**
  - ▶ 6 Semesterwochenstunden, ein Semester
  - ▶ jeweils eines in Praktische, Technische, Theoretische Informatik
  - ▶ Diplomstudenten nach dem Vordiplom, Bachelorstudenten im 3. Studienjahr
- ▶ **Praktikum "Augmented Reality" bereits seit Herbst 2000/2001, vorwiegend im Projektstil**
- ▶ **Defizite bei den Studenten in den Bereichen**
  - ▶ Räumliches Vorstellungsvermögen
  - ▶ Systematischer Umgang mit der erforderlichen Mathematik
  - ▶ Selbsteinschätzung des Aufwands
- ▶ **Im Sommer 2004 zum ersten Mal in der hier vorgestellten Form durchgeführt**

# Motivation für ein Praktikum "Augmented Reality"

- ▶ Praktikum im Hauptstudium
  - ▶ 6 Semesterwochenstunden, ein Semester
  - ▶ jeweils eines in Praktische, Technische, Theoretische Informatik
  - ▶ Diplomstudenten nach dem Vordiplom, Bachelorstudenten im 3. Studienjahr
- ▶ Praktikum "Augmented Reality" bereits seit Herbst 2000/2001, vorwiegend im Projektstil
- ▶ Defizite bei den Studenten in den Bereichen
  - ▶ Räumliches Vorstellungsvermögen
  - ▶ Systematischer Umgang mit der erforderlichen Mathematik
  - ▶ Selbsteinschätzung des Aufwands
- ▶ Im Sommer 2004 zum ersten Mal in der hier vorgestellten Form durchgeführt

- 1 Motivation
- 2 Konzeption der Übungsblätter
  - Rotationsmatrizen, Quaternionen
  - Szenengraphen, Computergrafik und Animation
  - Benutzerschnittstellen für Augmented Reality
  - Multi-Marker Tracking, Registrierung, Kalibrierung und Optimierungsverfahren
- 3 Ergebnisse der Projektarbeiten
  - ARtist – Virtuelles Grafitti
  - ARtillery – Augmented Reality Computerspiel
  - Montage einer PKW Türinnenverkleidung
  - Jeep im Sheepland – Erweiterung der SHEEP-Demo
- 4 Diskussion
  - Erreichen der Lernziele, Teambildung und Motivation
  - Schlussfolgerung



# Durchführung des Praktikums

- ▶  $\frac{2}{3}$  Übungsblätter
- ▶  $\frac{1}{3}$  Projektarbeit
- ▶ Tutorials zu verschiedenen Themen
- ▶ Intensive Betreuung der Projektgruppen  
(mehrere Treffen wöchentlich)

# Konzeption der Übungsblätter

- ▶ Rotationsmatrizen
- ▶ Quaternionen
- ▶ Szenengraphen
- ▶ Computergrafik und Animation
- ▶ Benutzerschnittstellen für Augmented Reality
- ▶ Multi-Marker Tracking
- ▶ Registrierung, Kalibrierung und Optimierungsverfahren

# Rotationsmatrizen

- ▶ Grundlagen von Transformationen in  $\mathbb{R}^2$  und  $\mathbb{R}^3$
- ▶ Gefühl für den intuitiven Umgang mit Rotationsmatrizen
- ▶ Anwendung eines Rotationsoperators auf einen Vektor am Beispiel
- ▶ Vertauschung der Reihenfolge von Rotationen
- ▶ Homogene Koordinaten zur Darstellung von Transformationen



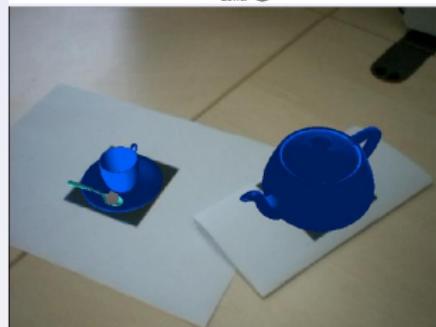
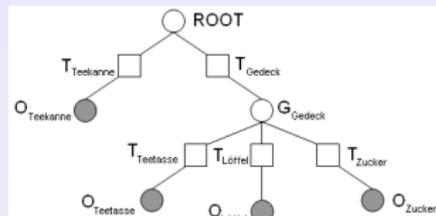
# Quaternionen

- ▶ Konzepte des Rechnens mit Quaternionen
- ▶ Zusammenhang von Quaternionen und den entsprechenden Rotationsmatrizen
- ▶ Umwandlungsfunktionen von Quaternionen in Transformationsmatrizen und umgekehrt selbst implementiert und getestet



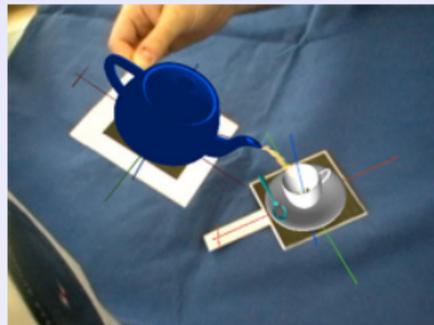
# Szenengraphen

- ▶ Hierarchische Gliederung einer Szene
- ▶ Traversieren des *OpenGL Matrix Stacks*
- ▶ Auf die Verwendung einer fertigen (objektorientierten) Szenengraphbibliothek wurde im Rahmen dieses Praktikums bewusst verzichtet



# Computergrafik und Animation

- ▶ Einfaches *Particle System*  
(Tee aus Teekanne)
- ▶ Interpolation als nützliche Anwendung von Quaternionen
- ▶ Eher zur Motivation der Studenten als zur Vermittlung von wichtigen Inhalten gedacht
- ▶ Intensives Einüben der bisher erlernten Konzepte



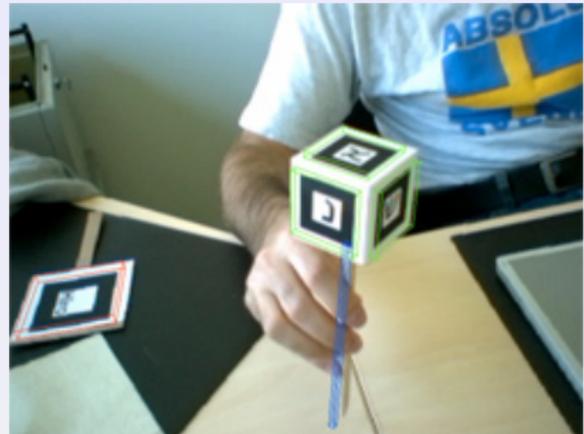
# Benutzerschnittstellen für Augmented Reality

- ▶ Interaktion mit einem Augmented Reality System mittels Augmented Reality
- ▶ Vielzahl unterschiedlicher Dreh- und Schieberegler
- ▶ Kreative Beschäftigung mit neuartigen Interaktionsformen
- ▶ Weiter Verbesserung der Animations- und OpenGL-Künste



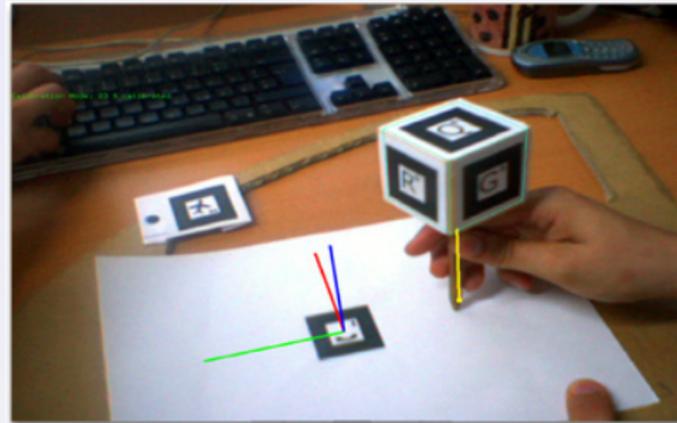
## Multi-Marker Tracking, Registrierung

- ▶ Verwendung mehrere Marker zum Tracken einzelner Objekte
- ▶ Berechnen der relativen Transformationen zwischen Markern
- ▶ Kombination (der Einfachheit halber) nur auf Basis der kompletten 3D-Rekonstruktion anstelle von Einzelfeatures



# Registrierung und Kalibrierung

- ▶ Kalibrierung der Spitze eines Zeigeegerätes
- ▶ Konzepte der Optimierung mittels Singulärwertzerlegung
- ▶ Grenzen des *ARToolkit* aufgrund der ungünstigen Fehlercharakteristik bei der Behandlung von 3D Daten ausserhalb des Kamerakoordinatensystems
- ▶ Zeigegerät als Grundlage für Projektarbeit



## Ergebnisse der Projektarbeiten

- ▶ Einübung der Werkzeugbenutzung
- ▶ Artist – Virtuelles Grafitti
- ▶ ARtillery – Augmented Reality Computerspiel
- ▶ AR-unterstützte Montage einer PKW Türinnenverkleidung
- ▶ Jeep im Sheepland – Erweiterung der SHEEP-Demo

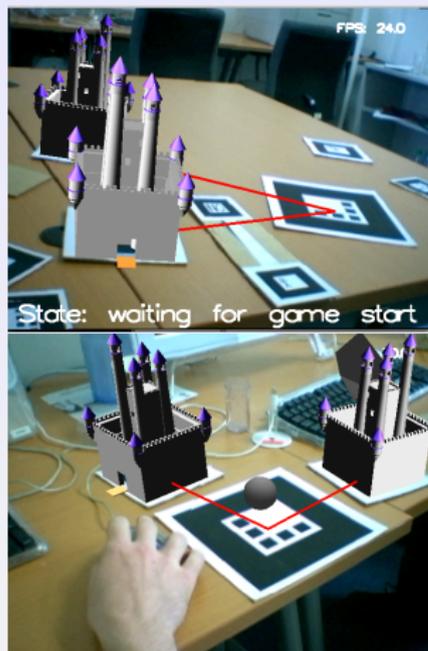
## ARtist – Virtuelles Grafitti

- ▶ Zeichnen mit Stift auf einen Bildschirm
- ▶ Übertragung der Zeichnung auf entfernten Bildschirm (Projektor)
- ▶ Auch geeignet zur Verwendung mit Leinwand und Projektor
- ▶ Studenten: Johann Niklas und Christian Scheurle



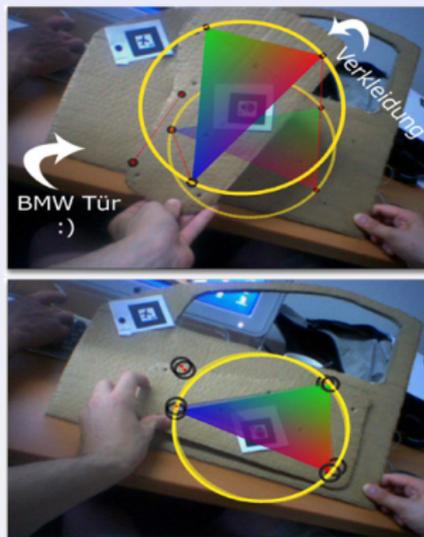
# ARtillery – Augmented Reality Computerspiel

- ▶ Jeder Spieler besitzt eine Burg und eine Kanone
- ▶ Ziel: Zerstören der gegnerischen Burg mit Hilfe der Kanone
- ▶ Einstellen der Richtung, Entfernung, Winkel mittels AR
- ▶ Ausgefeiltes adaptives Multi-Marker Tracking
- ▶ Studenten: Jens Köchling, Troels Frimor, Nicolas Padoy und Simon Bierbaum



# Montage einer PKW Türinnenverkleidung

- ▶ In Zusammenarbeit mit BMW
- ▶ Augmentierung von verdeckten Montagepunkten an der Türstruktur und der Rückseite der Verkleidung
- ▶ Hilfe bei der richtigen Positionierung durch "Gummibänder" und "Positionierungsringe"
- ▶ Studenten: Markus Mann, Stanimir Arnaudov, Lyubomir Yordanov und Ivan Borisov



# Jeep im Sheepland – Erweiterung der SHEEP-Demo

- ▶ Erweiterung der SHEEP-Demo unserer Gruppe
  - ▶ Schafe weiden auf einer auf einen Tisch projizierten virtuellen Wiese
- ▶ Virtuelle Sicht durch die Windschutzscheibe eines realen Spielzeugautos
  - ▶ Geschwindigkeitsanzeige über den Tacho des virtuellen Cockpits
  - ▶ Navigationssystem zum jeweils nächsten Schaf
- ▶ Studenten: Georg Kalus, Leslie Klein, Christopher Leopold und Michael Schlegel



# Erreichen der Lernziele, Teambildung und Motivation

- ▶ Starke Verbesserung der Programmierkenntnisse und der mathematischen Grundlagen im Vergleich zu früheren Praktika
- ▶ Ergebnisse der Projektarbeit besser als bei früheren Praktika (trotz kürzerer Zeit für Projekte)
- ▶ Große Motivation zur Weiterarbeit bei den Studenten

## Verwendung von AR Toolkit

- ▶ bewährt, trotz bekannter Schwachstellen
- ▶ freie Verfügbarkeit & download für daheim ein großer Vorteil
- ▶ Probleme mit der verwendung eigener OpenGL Befehle in der ARToolkit Rendering-Loop
- ▶ Probleme mit der schlechten Erkennungsqualität

## Anregungen, Ergänzungen

- ▶ Lehrkonzept hat die gestellten Erwartungen voll erfüllt, kleine Verbesserungen sind jedoch sicher noch möglich.
- ▶ Materialien auf der Webseite: <http://ar.in.tum.de>  
→ Praktikum Augmented Reality
- ▶ Musterlösungen zu den Übungsblättern auf Anfrage
- ▶ Anregungen, Ergänzungen gerne an [ar-group@ar.in.tum.de](mailto:ar-group@ar.in.tum.de)