



 **Interactive Media Systems Group**
 **Software Technology & Interactive Systems**
 **Vienna University of Technology**

Geometrielernen mit Augmented Reality

Hannes Kaufmann

Institut für Softwaretechnik und Interaktive Systeme

Technische Universität Wien

27. Jänner 2010

Was ist Augmented Reality?

Milgram's Reality-Virtuality Continuum (1994)



Aus Milgram, Takemura, Utsumi, Kishino.

Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum

Augmented Reality (AR)



Courtesy Magic Book (HITLab NZ)

Definition (Azuma, 1997)

1. Die virtuelle Welt und die Realität sind miteinander kombiniert (teilweise überlagert).
2. Interaktivität in Echtzeit
3. Reale und virtuelle Objekte stehen 3-dimensional zueinander in Bezug (sind zueinander registriert).

Kollaborative VR / AR



- Benutzer teilen sich den virtuellen Raum
- Soziale Zusammenarbeit wird gefördert
 - Natürliche Kommunikation (Sprache, Gesten)
 - Gruppenarbeit möglich

Überblick

- Motivation
- Construct3D
 - Funktionen
 - Software & Hardware
 - Beispiele & Unterrichtserfahrungen
- Benutzerstudien
- Resultate
- Zukunftsaussichten

Motivation

Raumvorstellungsvermögen

- Voraussetzung zur Lösung 3-dim. Probleme
- Viele Schüler haben Schwierigkeiten bei räumlicher Problemlösung

Geometrieunterricht

Hypothese:

- Schüler sieht 3-dim. Objekte in 3D
- Interaktives Konstruieren, “Berühren” von geom. Objekten
- Vereinfachtes Erstellen mentaler Modelle von Raumsituationen

Motivation

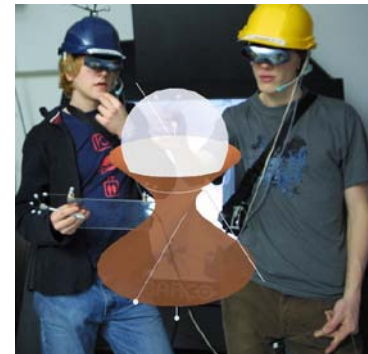
Raumvorstellungsvermögen

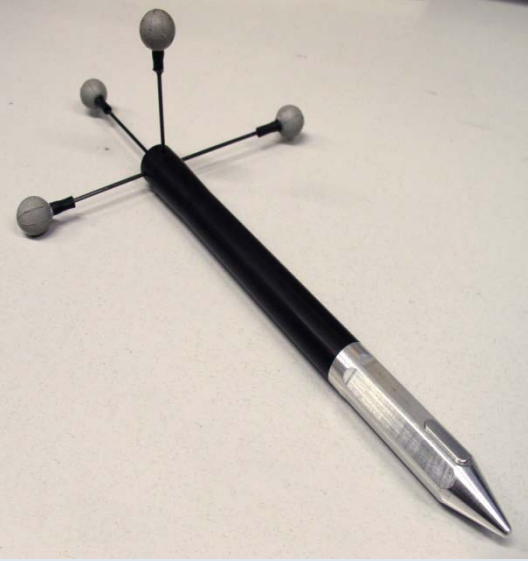
- Voraussetzung zur Lösung 3-dim. Probleme
- Viele Schüler haben Schwierigkeiten bei räumlicher Problemlösung

Geometrieunterricht in AR

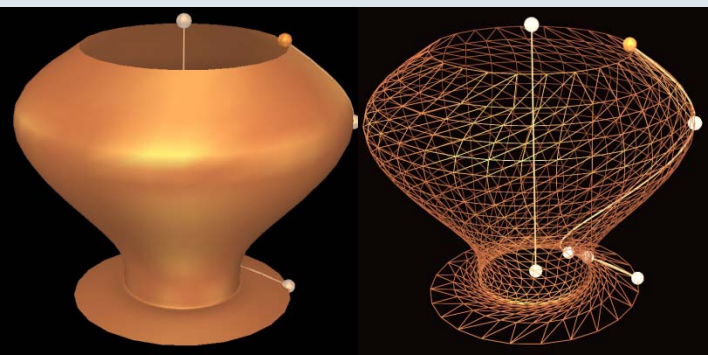
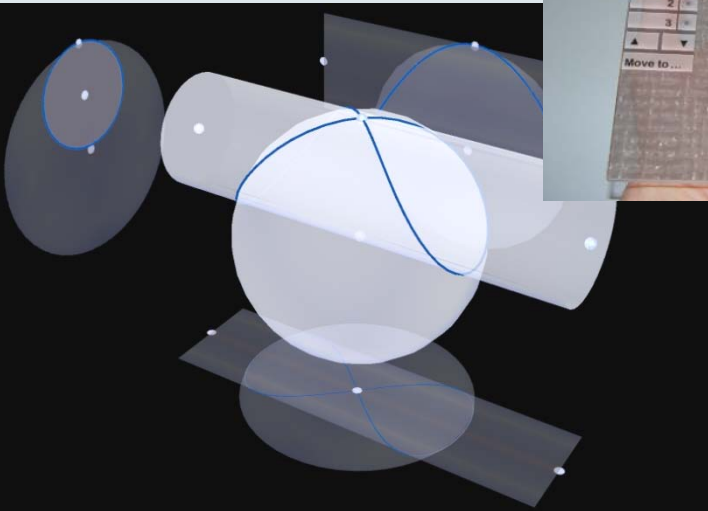
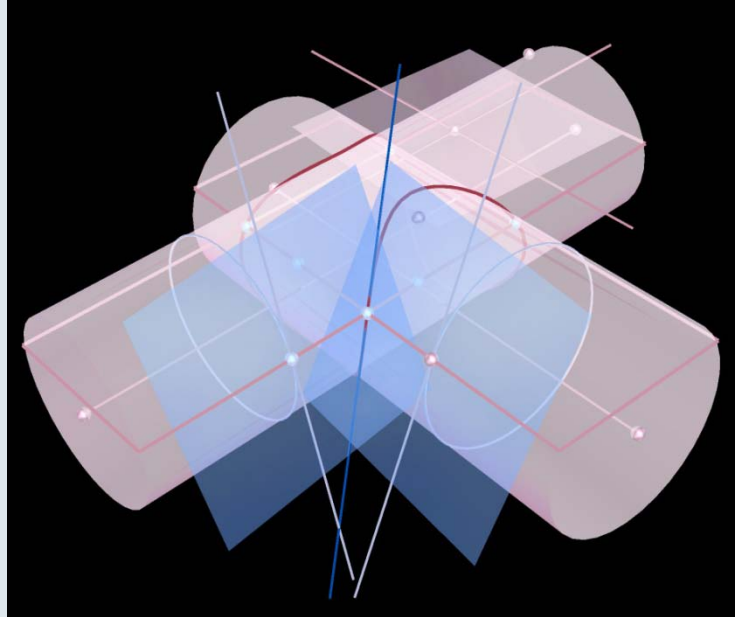
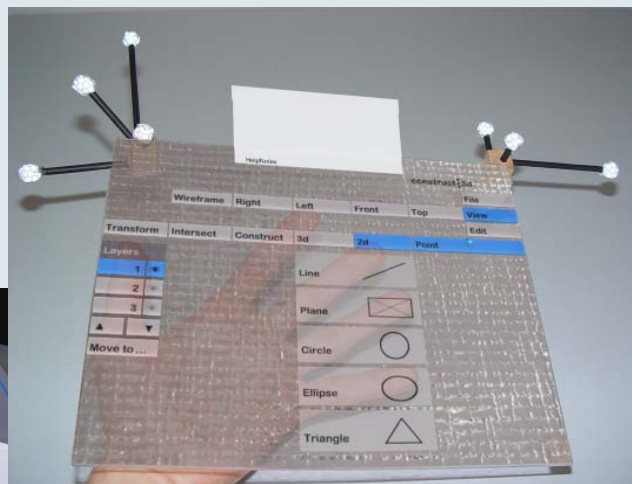
Hypothese:

- Schüler sieht 3-dim. Objekte in 3D
- Interaktives Konstruieren, “Berühren” von geom. Objekten
- Vereinfachtes Erstellen mentaler Modelle von Raumsituationen





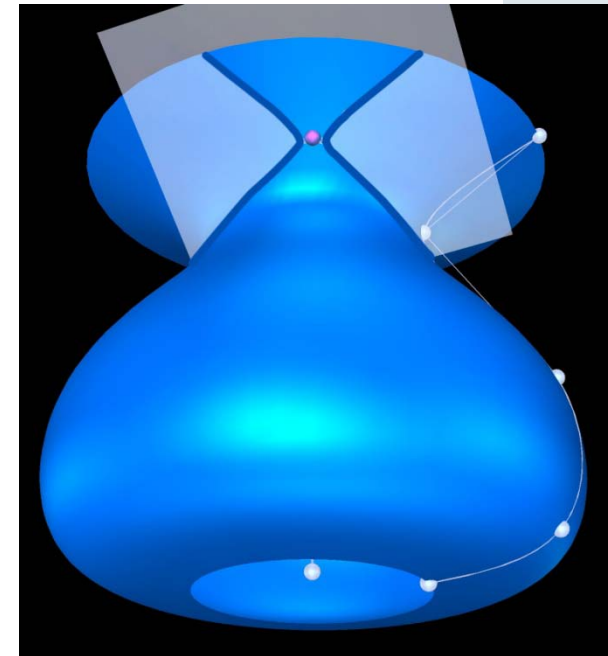
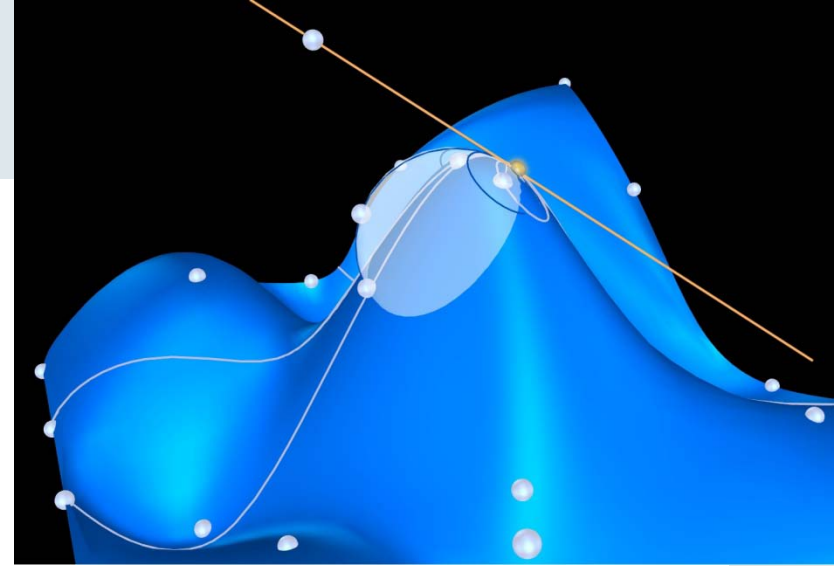
Construct3D



Funktionsumfang

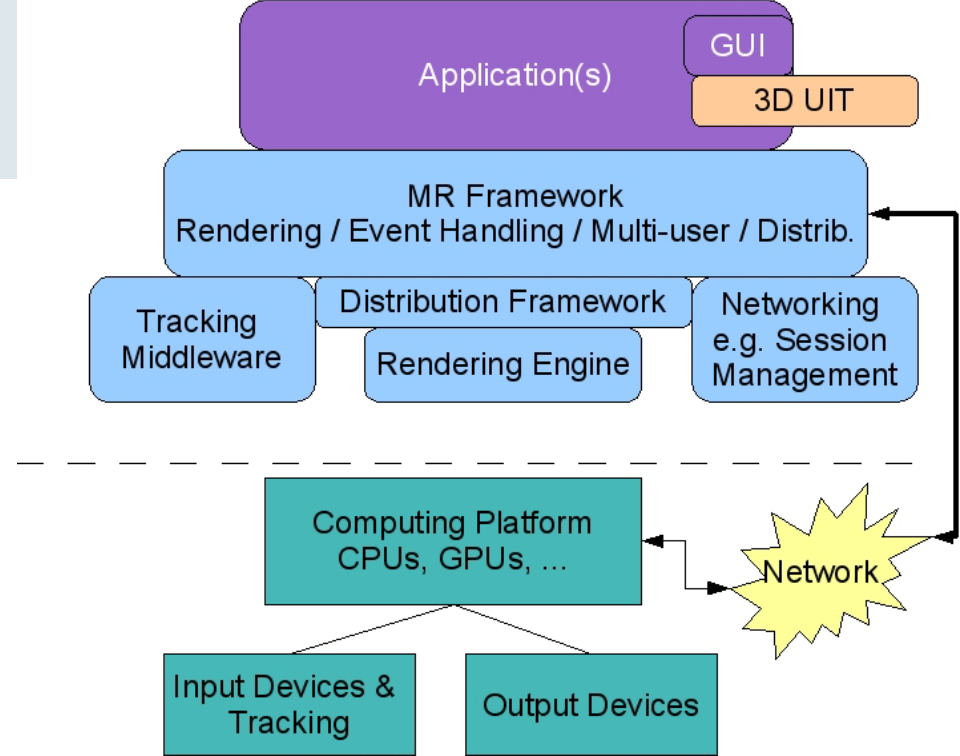
- Punkte, 2D Grundelemente
- 3D Grundkörper
- Schnitte (bel. Objekte)
- Bool'sche Operationen
- Normale, Tangente, Tangentialebene
- B-Spline Kurven, NURBS-Flächen
- Dreh-, Schieb-, Schraubflächen
- Transformationen
- Messwerkzeuge...
- Differentialgeometrische Objekte

Dynamische Veränderung aller Punkte
jederzeit möglich!



Software

- Studierstube
Augmented Reality System:
 - Mehrere Benutzer
 - Verschiedenste Displays
- 3D Stereoskopes Rendering / Szenengraph-Bibliothek
- In C++ implementiert
- Geometrische Operationen: ACIS
 - Professionelle, kommerzielle Geometriebibliothek (auch in CATIA, AutoCAD u.v.m.)
 - Bietet Funktionen für z.B. Schnittkurven, Boolesche Operationen, B-Spline Kurven u. Flächen u.s.w.



Hardware

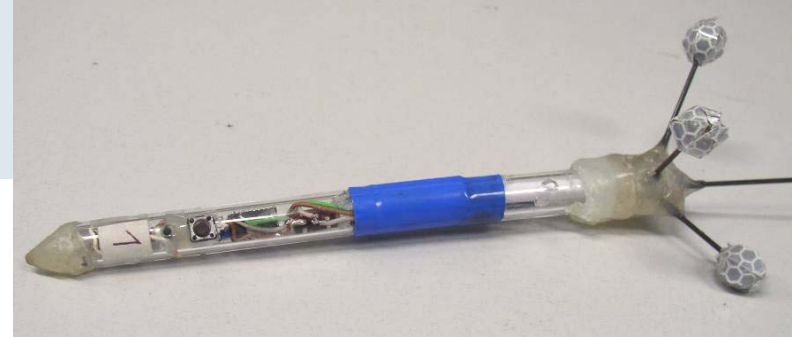
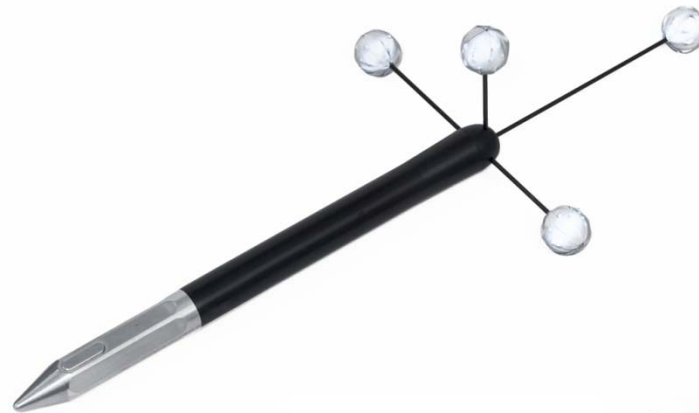
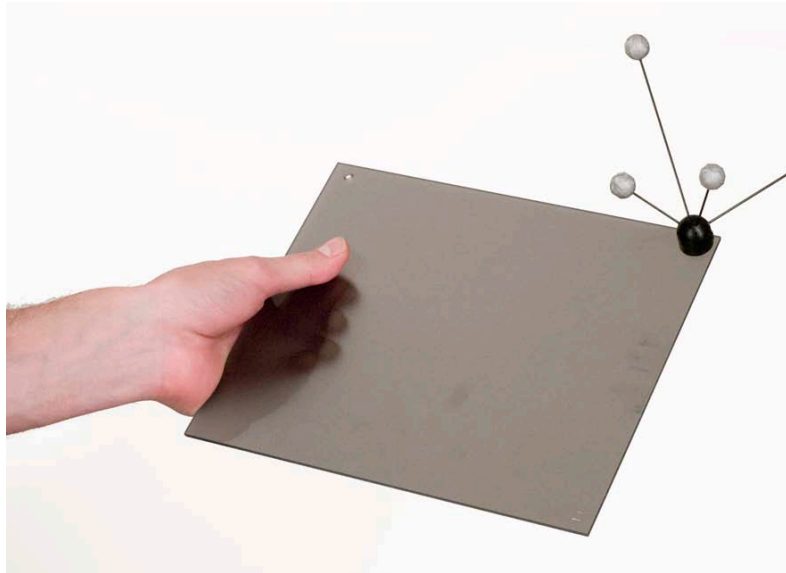


- PC mit moderner Grafikkarte (3D stereo rendering)
- Datenbrille (Head Mounted Display – HMD)
- Drahtloser Stift & Plexiglas Tablett



Interaktionsgeräte

Stift & Tablett



Prototype Pen

Hardware



- PC mit moderner Grafikkarte (3D stereo rendering)
- Datenbrille (Head Mounted Display – HMD)
- Drahtloser Stift & Plexiglas Tablett
- **Optisches Trackingsystem
(millimetergenaues Tracking)**

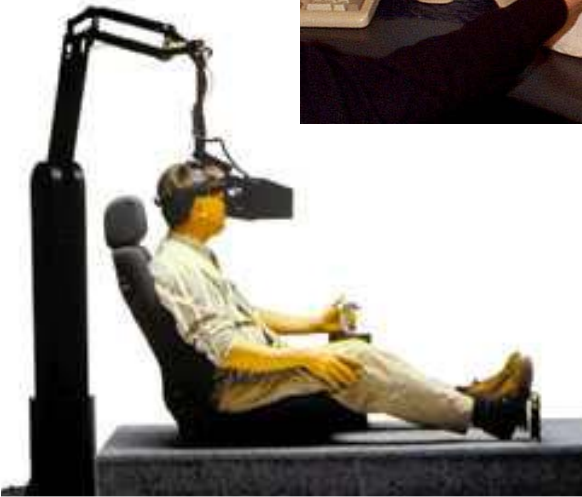


Trackingtechnologien

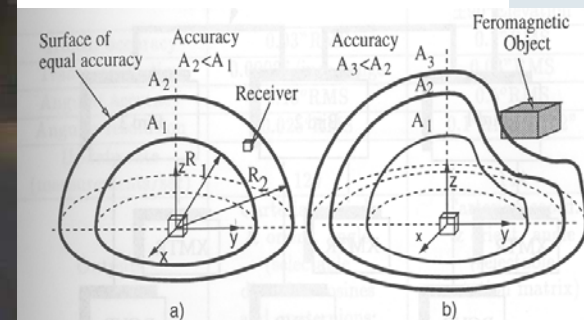
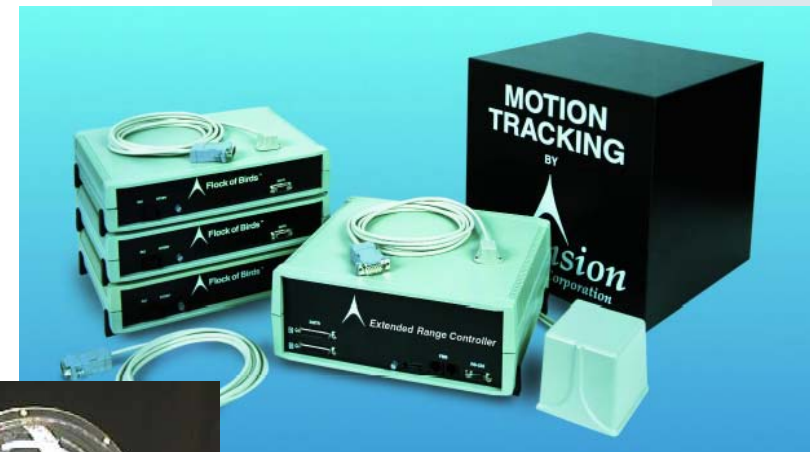
- Mechanisch
- Magnetisch
- Inertial (mit Trägheitssensoren)
- Optisch (durch Kamerasysteme)
- Signallaufzeit: Akustisch, GPS, WLAN, UWB, RFID,...
- Mischformen (hybrides Tracking)

Trackingtechnologien 1/3

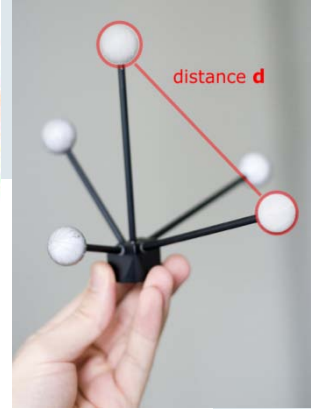
■ Mechanisch



■ Magnetisch



Trackingtechnologien 2/3

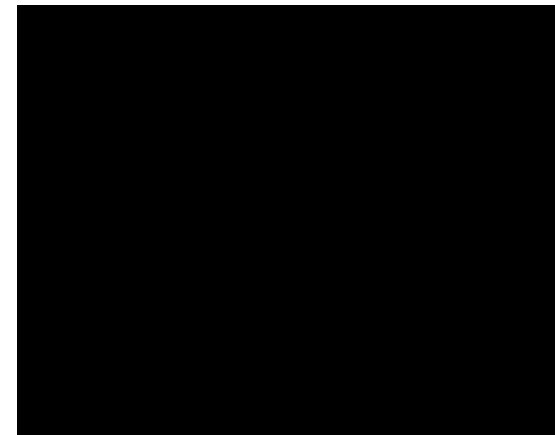


■ Inertial



■ Optisch

- Mit Marker
- Infrarot
- Natürl. Gegebenheiten





iotracker

affordable **infrared-optical** pose tracking

IEEE Virtual Reality 2007

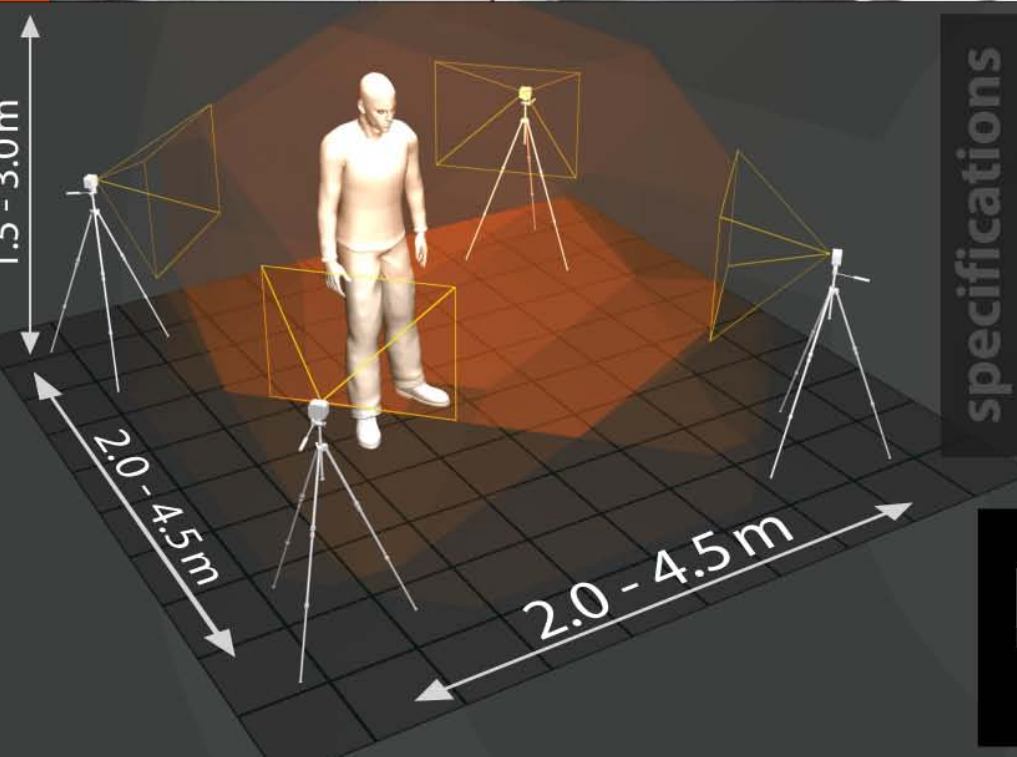
VR2007

March 10-14, 2007 Charlotte, North Carolina USA



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

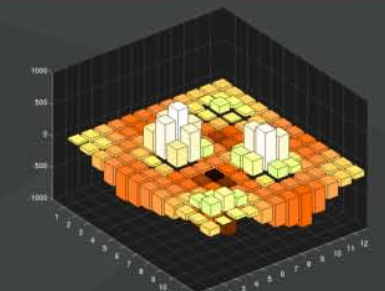
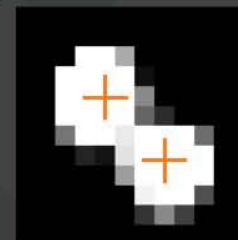
VIENNA
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY



specifications

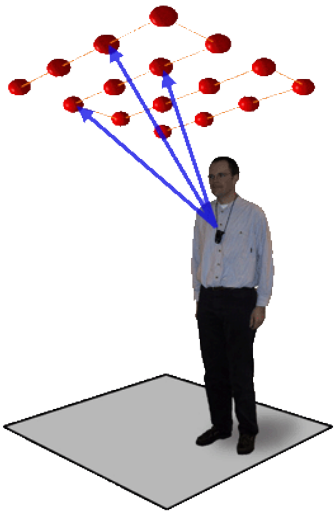


Update rate: **60 Hz**
Latency: **18 - 40 ms**
Jitter: **< 0.05 mm / 0.02°**
Accuracy: **± 0.5 cm**



Trackingtechnologien 3/3

- Signallaufzeit:
Akustisch, WLAN, GPS,
UWB, ...



- Hybrid
z.B. Inertial + Optisch
od. Akustisch+Inertial



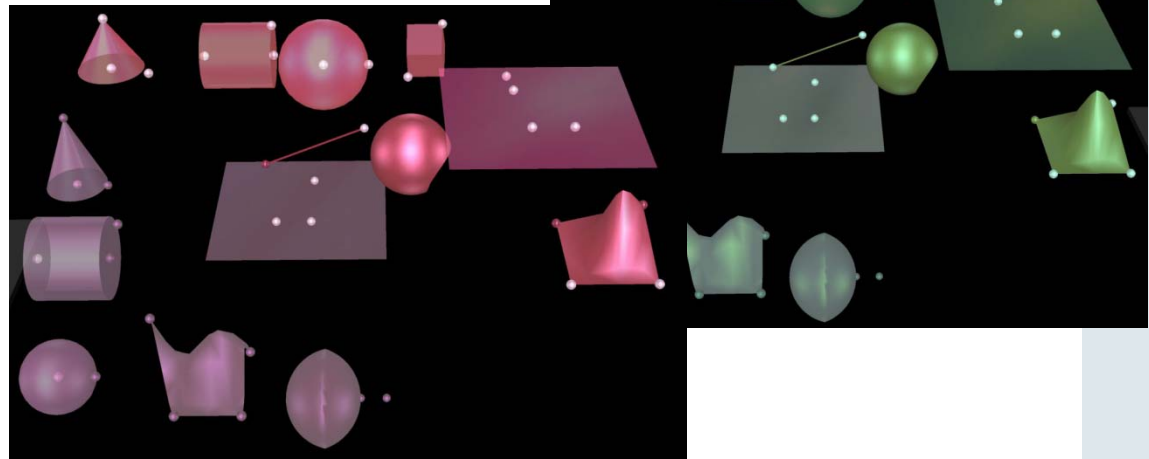
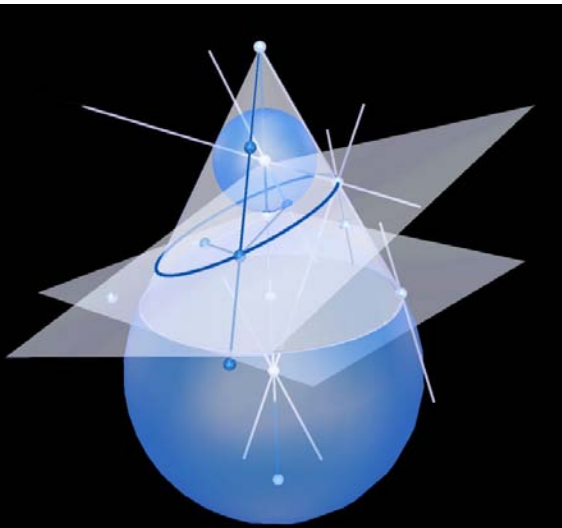
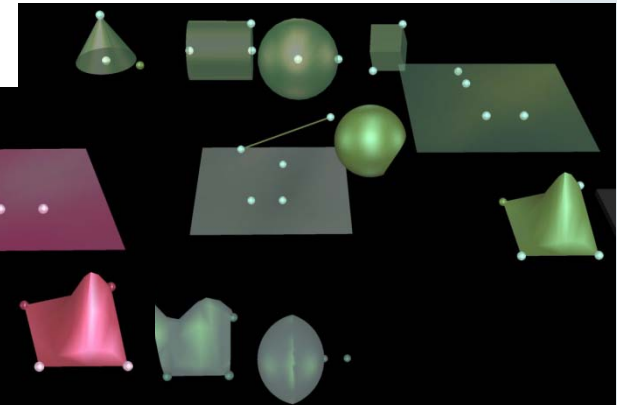
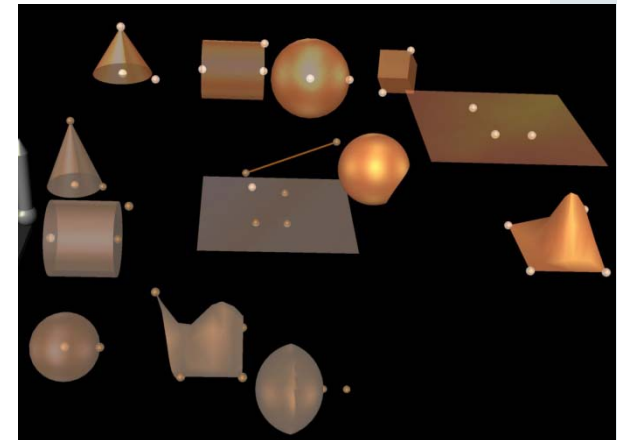
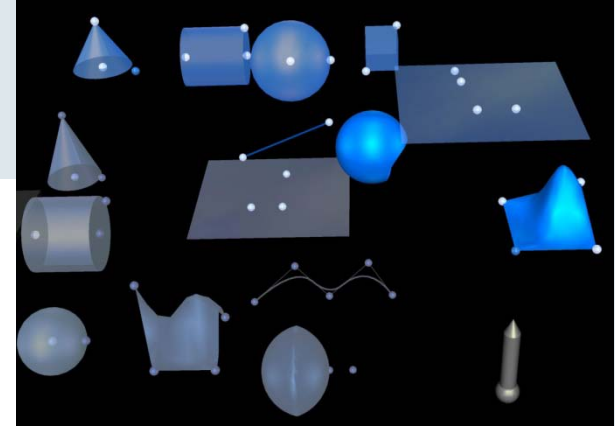
Laborumgebung

- Schüler arbeiten in Zweierteams
- Ein Lehrer pro Team
- Sehr genaues optisches Tracking für 2-3 Schüler
- User Interface: Personal Interaction Panel (PIP)
- Vorteile:
 - Schüler arbeiten **direkt** am geometrischen Objekt
 - „Bewegen sich um“ Objekte
 - Immer **direkte** Manipulation



Farbschemata

- Kriterien:
 - Unterscheidung einzelner Beiträge von Schülern
 - Muss Kollaboration unterstützen
- 4 Farbschemata entwickelt



HelpNotes

construct 3d

File

View

Edit

Transform

Intersect

Construct

3d

2d

Point

Layers

1

B-Spline Curve

Points on Surface

Sphere

2

3

Points on Curve

B-Spline Surface

Cylinder



Degree U - 1 to 6

Points U - 1 to 8

Move to ...



2



2



Cone

Degree V - 1 to 6

Points V - 1 to 8



2



2



Box

HelpNotes

construct:3d

File

View

Edit

Transform

Intersect

Construct

3d

2d

Point

Layers

1



B-Spline Curve

Points on Surface

Sphere



2



3



Points on Curve

B-Spline Surface

Cylinder



Degree U - 1 to 6

Points U - 1 to 8

Move to ...



2



2



Cone



Degree V - 1 to 6

Points V - 1 to 8



2



2



Box

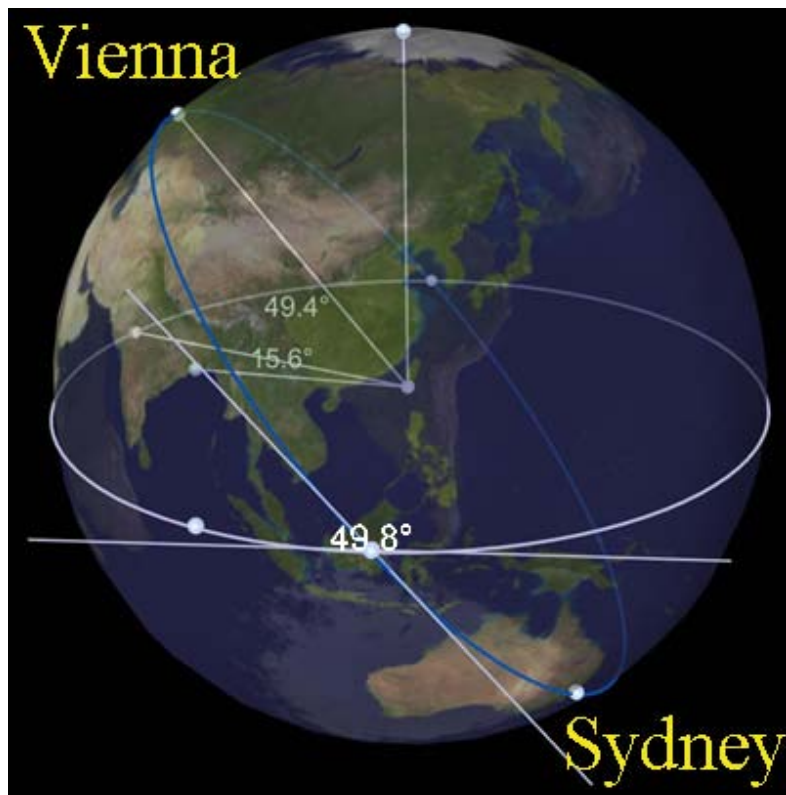


Ergebnisse – Benutzerstudie (2004)

Construct3D ist

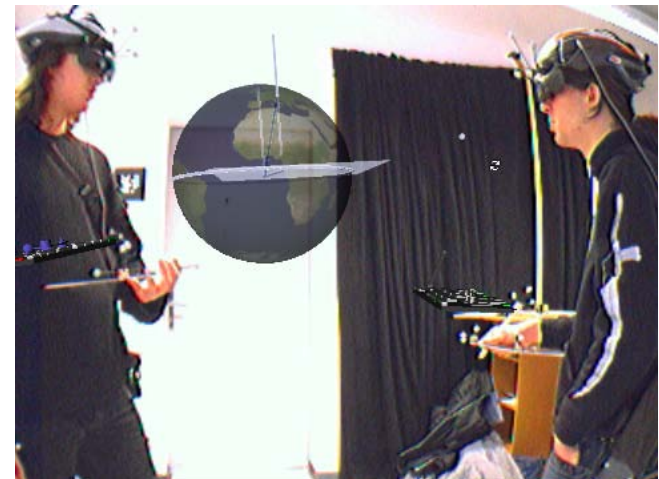
- Einfach zu benutzen, schnell zu erlernen
- Ermutigt Lernende neue Funktionen zu probieren
- Bedienung ist konsistent

Flugroute



Gegeben: Wien – Sydney

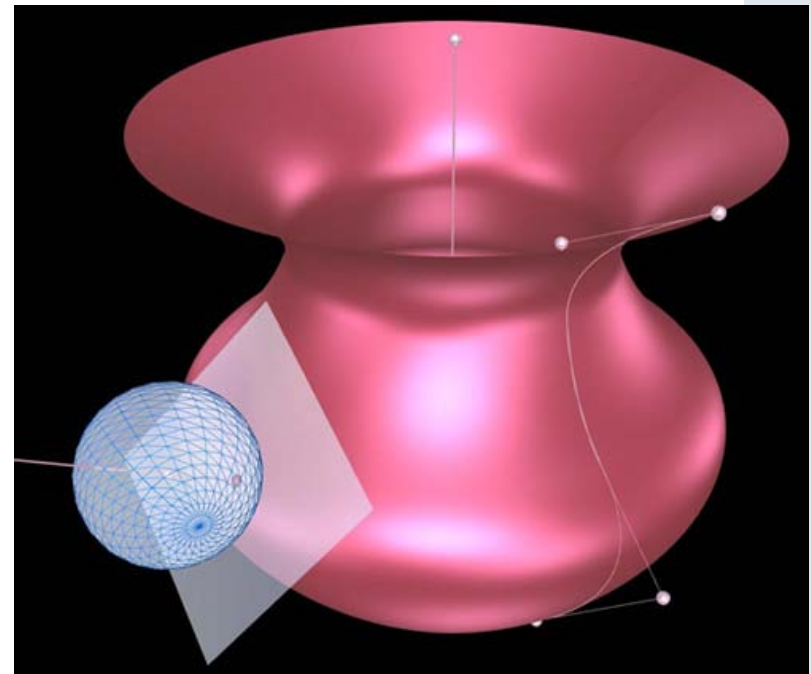
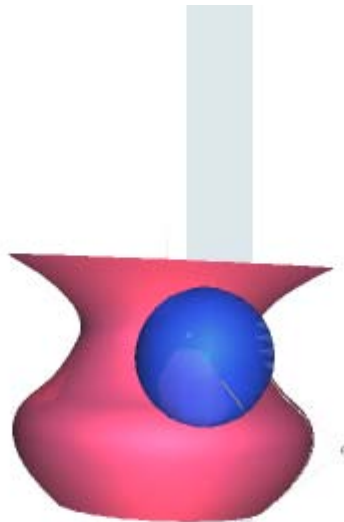
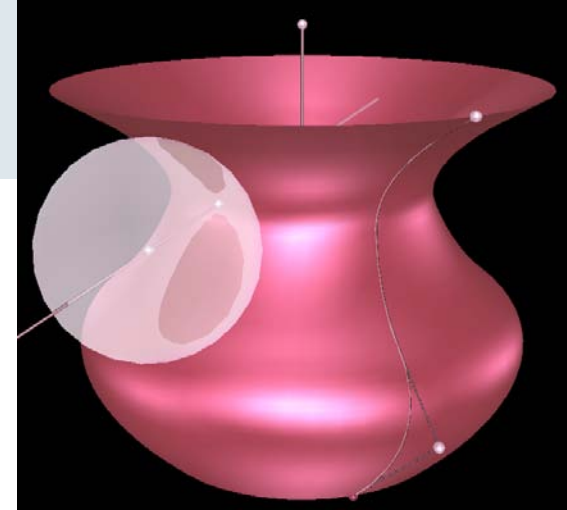
Finde kürzeste
Flugverbindung



Fräser

Geg.: Drehfläche

Finde kugelförmiges Fräs Werkzeug

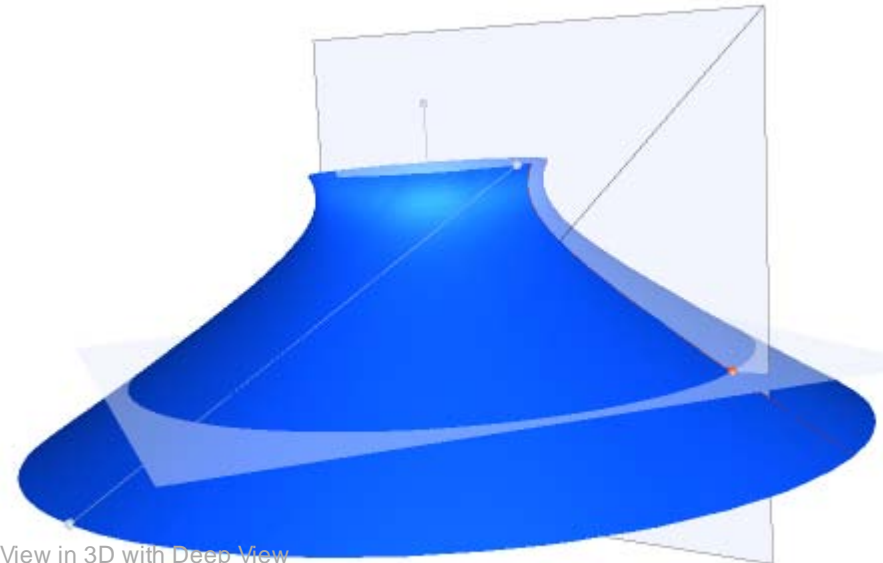




Hyperboloid - Mixer

Gegeben: 2 windschiefe Geraden

Ges.: Drehfläche und ihre Eigenschaften









Erfahrungen beim Unterrichten mit C3D

Lehrer und Schüler fanden 3 Hauptstärken von Construct3D:

1. Konstruktion dynamischer 3D Geometrie – nahezu greifbare Interaktion mit geometrischen 3D Objekten
2. Schüler können um Objekte herumgehen (aktive Beziehung zwischen Körper und Objekt)
3. Abstrakte Probleme visualisieren



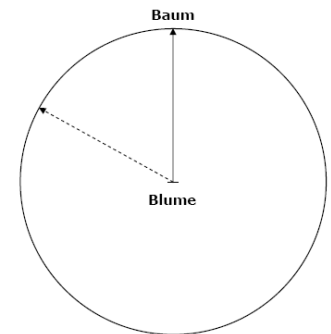
Ideale Inhalte: Sehr “dynamische” Beispiele, die Veränderungen erfordern und/oder abstrakte Probleme visualisieren

Vergleichende Studie (2005)

- 5 Trainingsgruppen - **250 Schüler** (Alter 16-19)
 - Construct3D Gruppe (50); Desktop CAD3D Gruppe (50)
 - 2 Schulgruppen: Klassische Geometrie (Papier), Computerunterstützte Geometrie
 - Untrainierte Kontrollgruppe
- Vor- und Nachtests mit 5 Raumvorstellungstests (MRT, MCT, OPT, PSVT:R, DAT:SR)
- Strategiebefragung; Geschlechtsunterschiede



Beispiel:
Stellen Sie sich vor Sie stehen bei der **Blume** und blicken zum **Baum**.
Zeigen Sie zur **Katze**.



Einige Ergebnisse

Auswirkungen auf Raumvorstellung?

- Räumliche Orientierung in C3D Gruppe besser: Finde Objekte in Relation zur eigenen Position

Strategien – Verbesserung des Pools an Strategien?

- Sehr schwierig messbar: Fragebogen beeinflusst Strategie

Geschlechtsunterschiede?

- Geschlechtsunterschiede messbar (vor allem MRT)



Cybersickness Resultate

(Simulator Sickness)

n = 47 (26 w, 21 m)

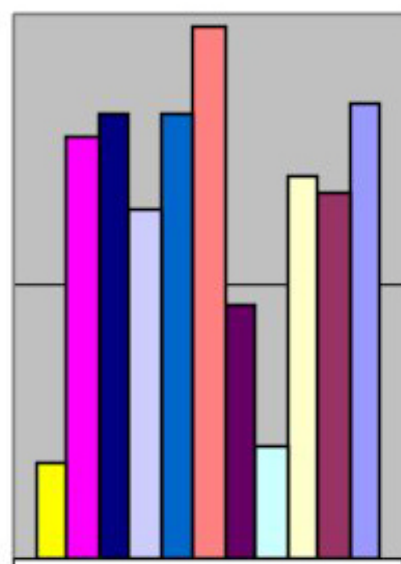
tiredness, exhaustion

dazed state

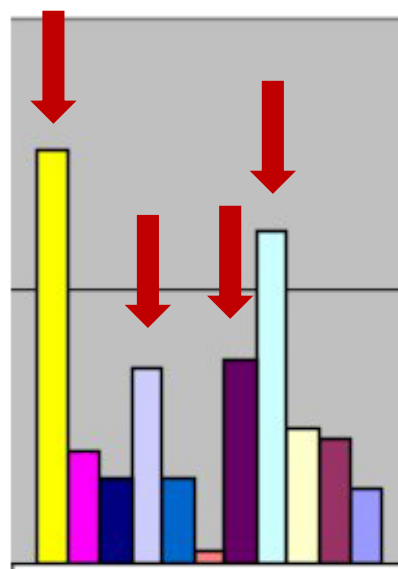
desorientation

vertigo

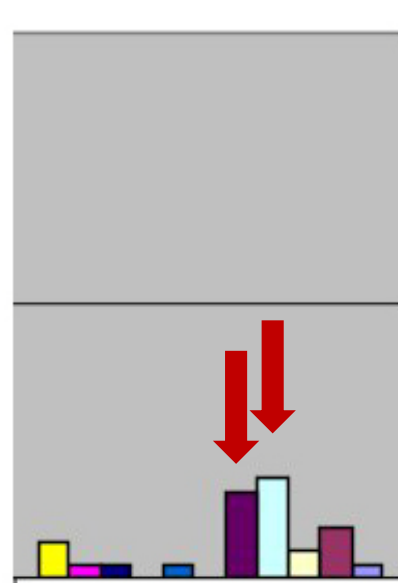
feeling of faintness



not at all



a little bit



strong

100 %

nausea

headache

eye strain

blurred vision

problems with focusing

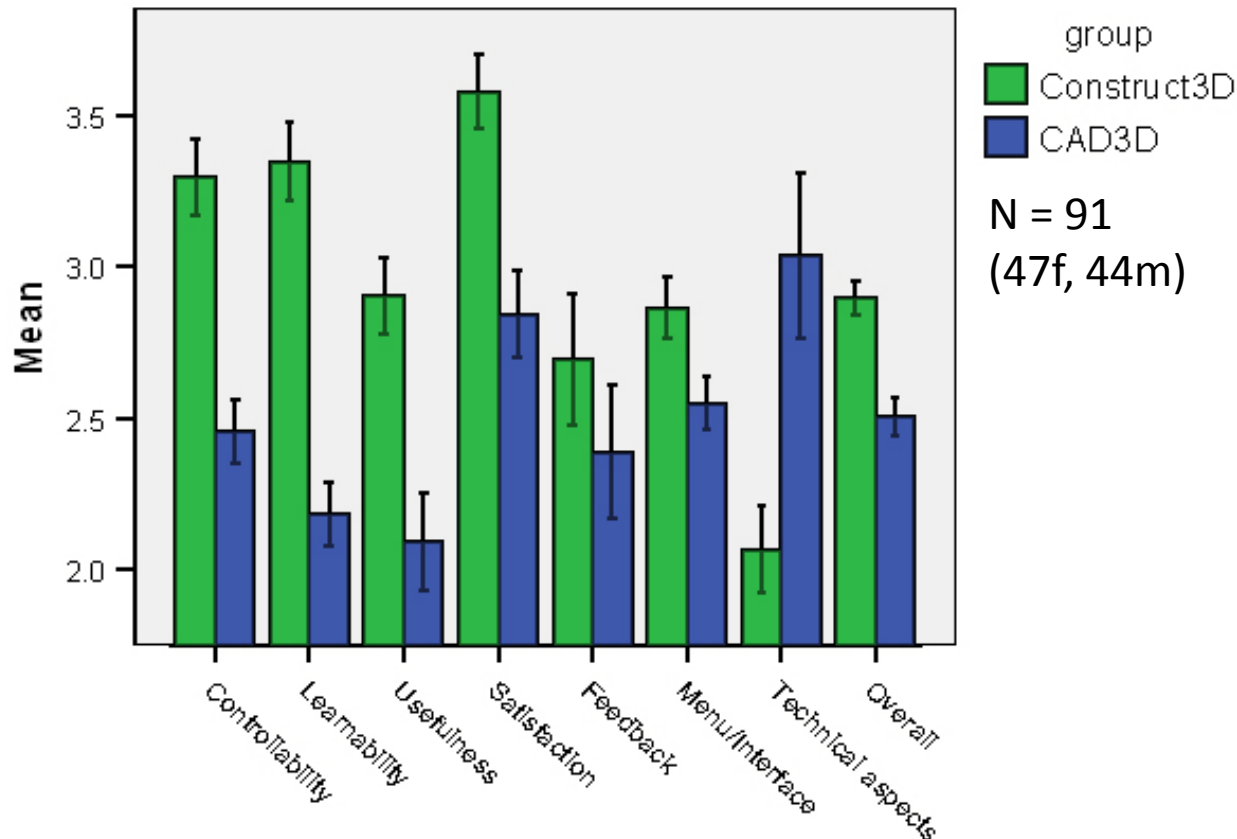
problems with concentration

50 %

0 %



Resultate: Benutzbarkeit



- Construct3D: Sehr motivierende Lernumgebung
- Sehr gut geeignet für Forschung: Lernen mit neuen Medien

Warum wird es noch nicht an Schulen verwendet ?

1. KOSTEN !!!

- Hardware
- Betreuung / Instandhaltung



iotracker
affordable **infrared-optical** pose tracking

IEEE Virtual Reality 2007

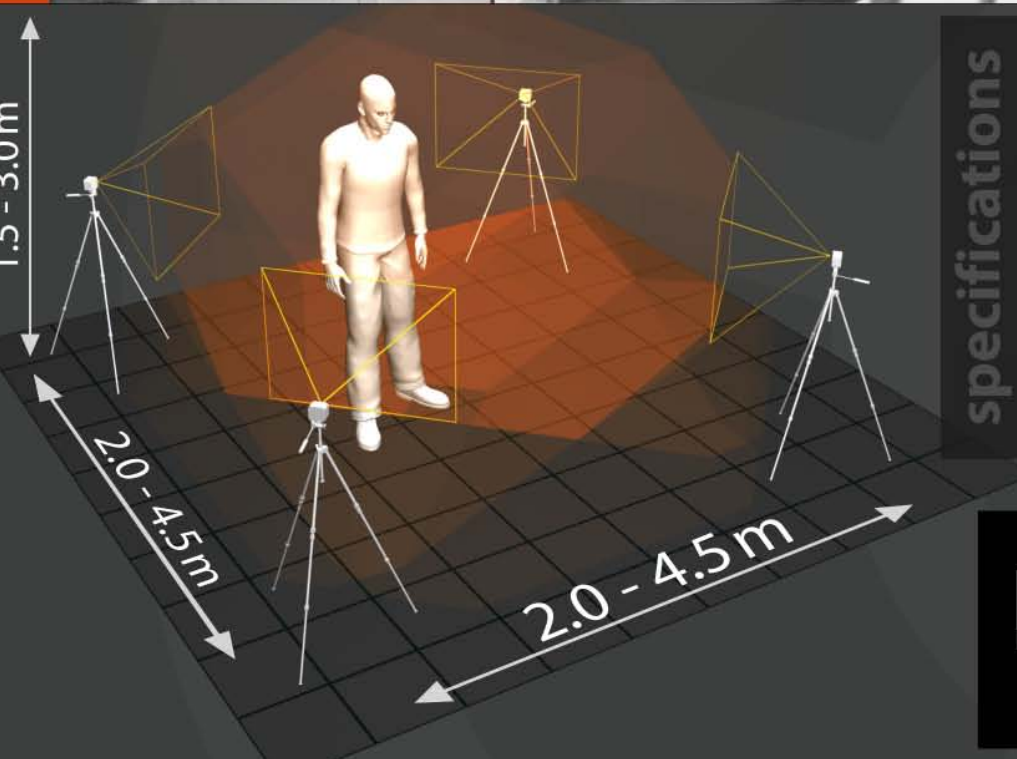
VR2007

March 10-14, 2007 Charlotte, North Carolina USA



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

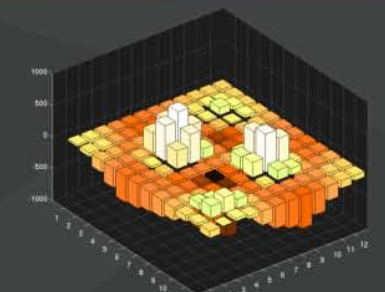
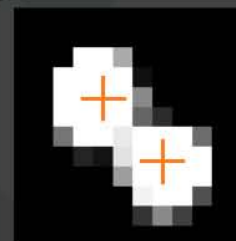
VIENNA
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY



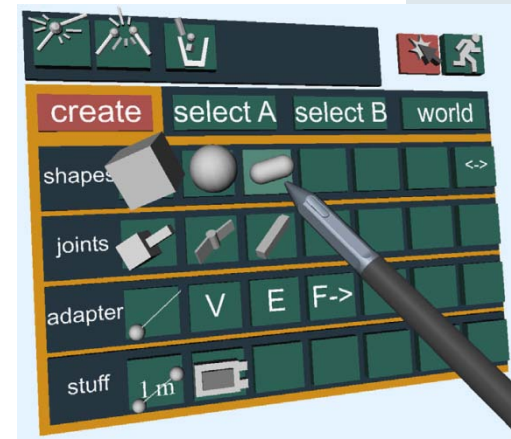
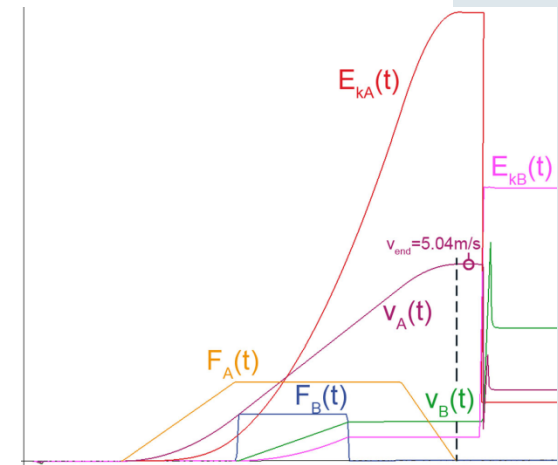
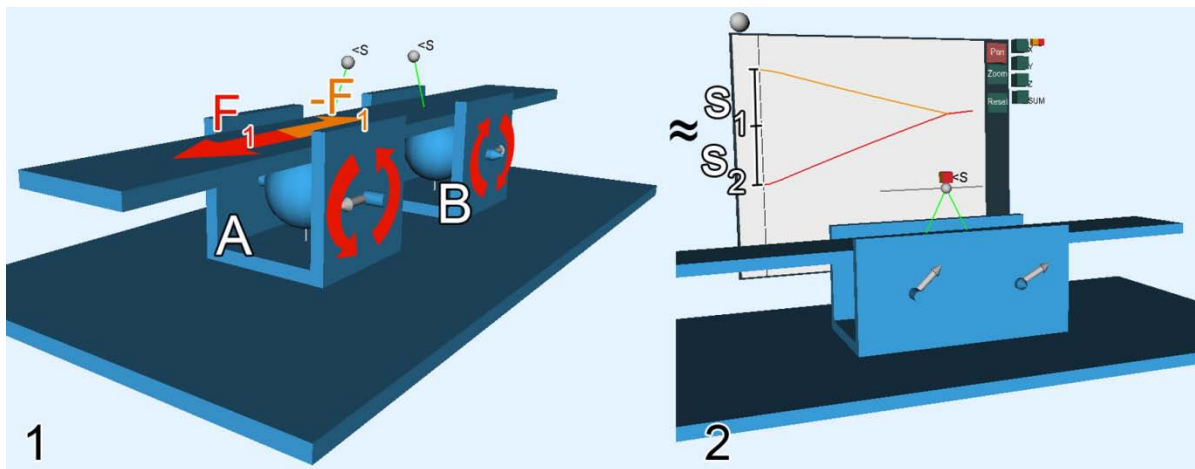
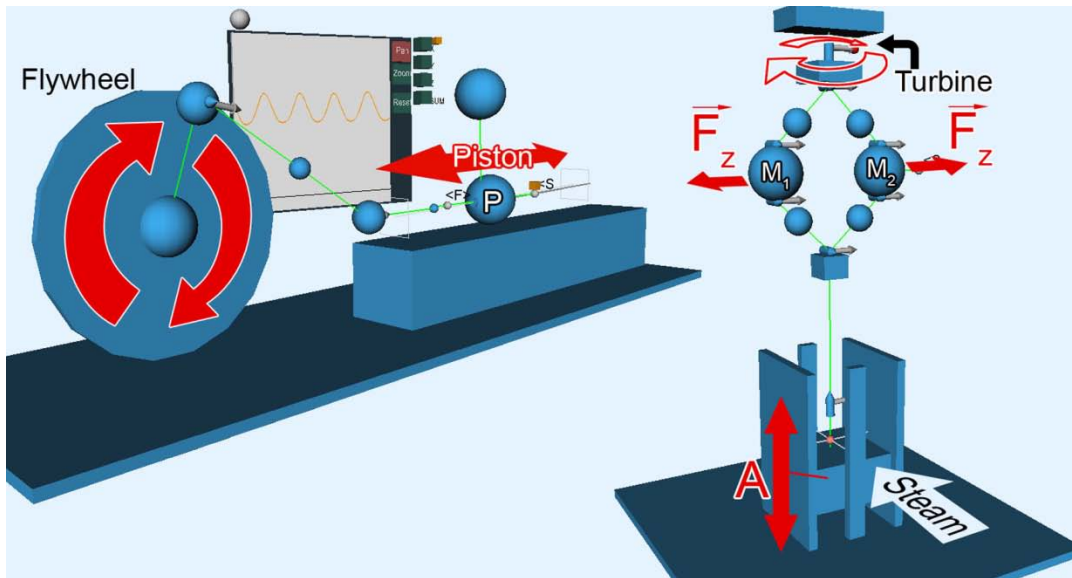
specifications



Update rate: **60 Hz**
Latency: **18 - 40 ms**
Jitter: **< 0.05 mm / 0.02°**
Accuracy: **± 0.5 cm**



PhysicsPlayground



Warum wir es noch nicht in Schulen verwendet ?

1. KOSTEN !!!

- Hardware
- Betreuung / Instandhaltung

2. Arbeit nur in Kleingruppen möglich

- Wäre ideal für Förderunterricht

Zukunftsaussichten ?

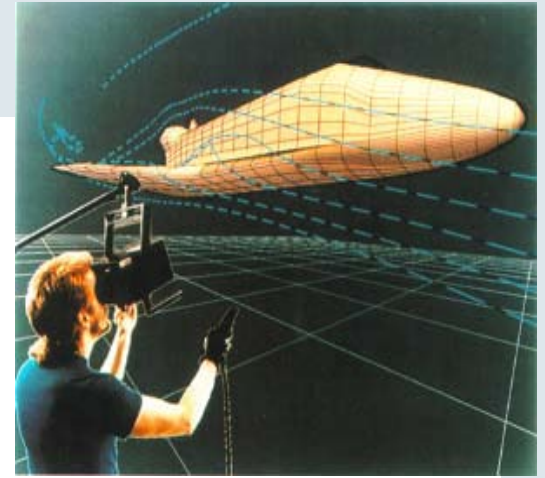


- Kostenreduktion durch Spielkonsolen möglich
 - Sony Motion Controller sollte sehr exakte Eingabe ermöglichen
 - Günstige, robuste Hardware
 - Billiges Tracking in kleinem Bereich
- 3D TVs und 3D Projektoren am Vormarsch
- HMDs noch nicht Massenware



Lernen mit AR / VR

- Visualisierung abstrakter Inhalte
- Zugang zu Experimenten, die real zu teuer, unmöglich oder zu gefährlich wären
- Verschiedenste Darstellungsmöglichkeiten
- Ermutigt **aktive** Teilnahme
- Motiviert und steigert Interesse
- Neues, erweitertes Lern“erlebnis“





 **Interactive Media Systems Group**
 **Software Technology & Interactive Systems**
 **Vienna University of Technology**



Vielen Dank!