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

Augmented Reality Technologien und Industrielle Anwendungs-möglichkeiten

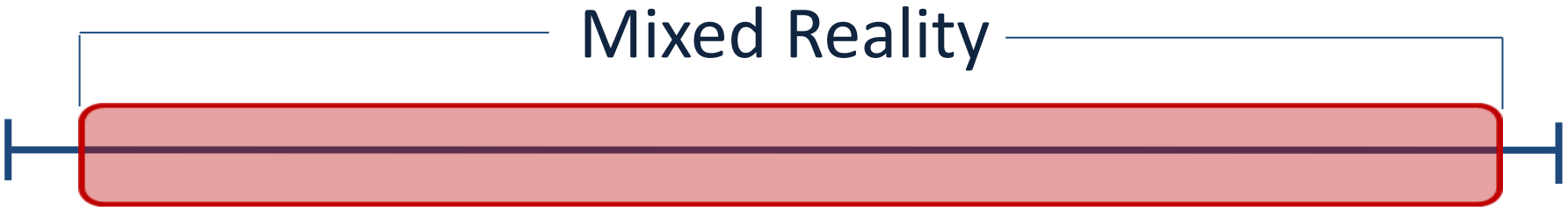
Hannes Kaufmann

Associate Professor
Institut für Softwaretechnik und Interaktive Systeme
Technische Universität Wien
kaufmann@ims.tuwien.ac.at

Überblick

- Einleitung
- Augmented Reality Technologien
  - Positionsbestimmung – Tracking
  - Displays
  - Rendering – Realistische Darstellung
- Industrielle Anwendungsmöglichkeiten

Milgram's Reality-Virtuality Kontinuum (1994)



Reale Umgebung

Augmented Reality (AR)

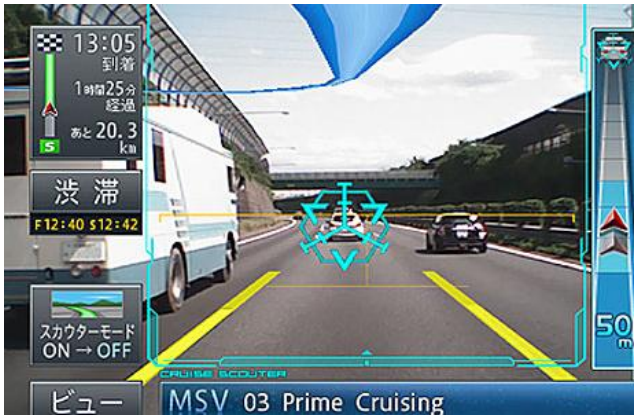
Augmented Virtuality (AV)

Virtual Reality (VR)

Aus Milgram, Takemura, Utsumi, Kishino. Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum

Hannes
Kaufmann

Augmented Reality (AR)



Definition (Azuma, 1997)

1) Reale und virtuelle Welt werden kombiniert

2) Interaktiv in Echtzeit

3) Registrierung in 3D:

- Reale und virtuelle Objekte stehen in Bezug zueinander, ihre Positionen sind bekannt.

Kollaborative AR

- Benutzer teilen sich den virtuellen Raum
- Unterstützt Zusammenarbeit und Soziale Interaktion
  - Natürliche Kommunikation (Sprache, Gesten)
  - Arbeit in Teams

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

Augmented Reality Technologien

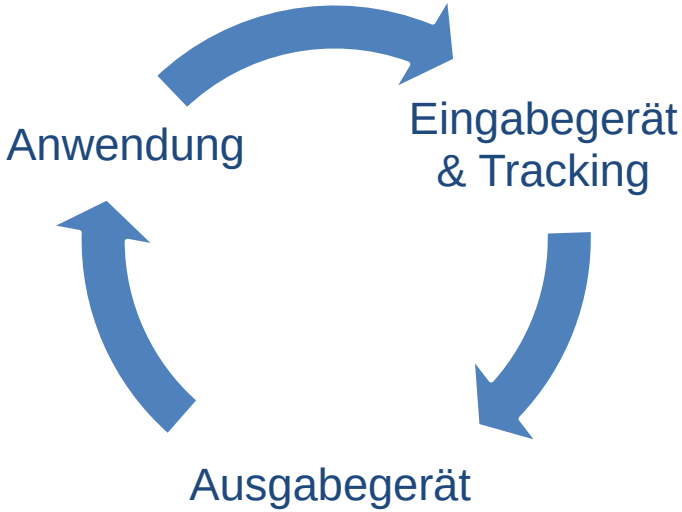
Hannes
Kaufmann

Technologische Herausforderungen Beispielanwendungen

- AR in der Schweisserei

- Pick by Vision

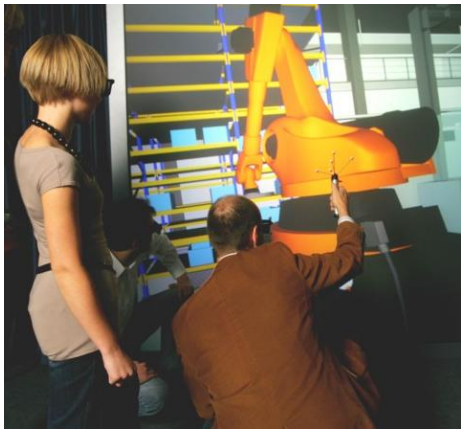
Eingabe- und Ausgabemöglichkeiten



- Eingabe
  - 2D Eingabe
  - 3D Eingabe
  - Haptische Geräte
  - Locomotion
- Ausgabegeräte
  - Visuelle Displays
  - Auditive Ausgabe
  - Geruchs- und Geschmacksdisplays
  - Haptische Geräte

Trackingsysteme

- Messen Position und/oder Orientierung eines Sensors
  - 6 Freiheitsgrade im Raum
- Meist werden Kopf und Hand getrackt
  - Korrekte Perspektive
  - Interaktion



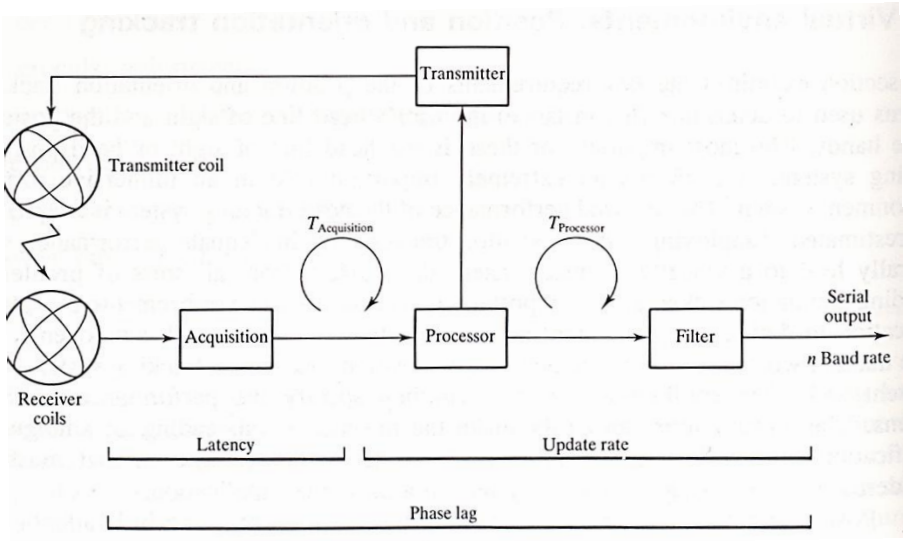
Trackingtechnologien

- Mechanisch
- Magnetisch (AC/DC/passiv)
- Optisch
  - Marker basiert
  - Natürliche Bildmerkmale; Computer Vision
  - Motion capture
- Inertial (Gravitation, Beschleunigung,…)
- Time-of-Flight & Frequenzmessung
  - (Radiowellen) GPS …
  - (Schallwellen) Akustisch
- Hybrid (Kombination mehrerer Verfahren)

Hannes Kaufmann

Kriterien zur Wahl eines Systems

- Freiheitsgrade (3D Pos.+Orientierung → 6 DOF)
- Reichweite oder Arbeitsvolumen
- Genauigkeit / Jitter
  - Statische
  - Dynamische
- Zeitdauer für Messung (Lag, Latenz)
- Update-rate (Messungen pro Sekunde)
- Soziale Verträglichkeit



Hannes
Kaufmann

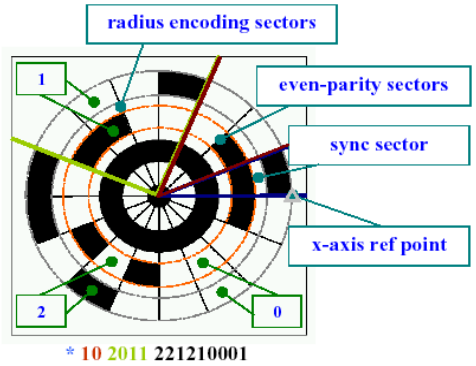
Mechanisches Tracking

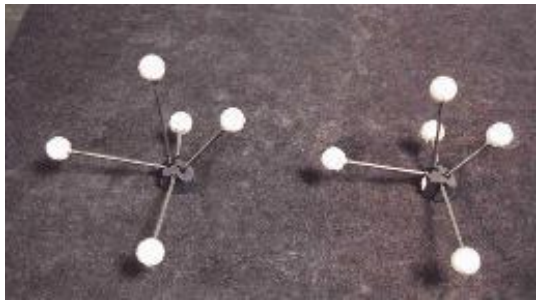
- Älteste Trackingtechnologie
- Potentiometer für Winkelmessungen
- Position wird mittels Kinematik rekonstruiert
- Präzise und schnelle Messungen (z.b. Robotik)

Optisches Tracking

Arten:

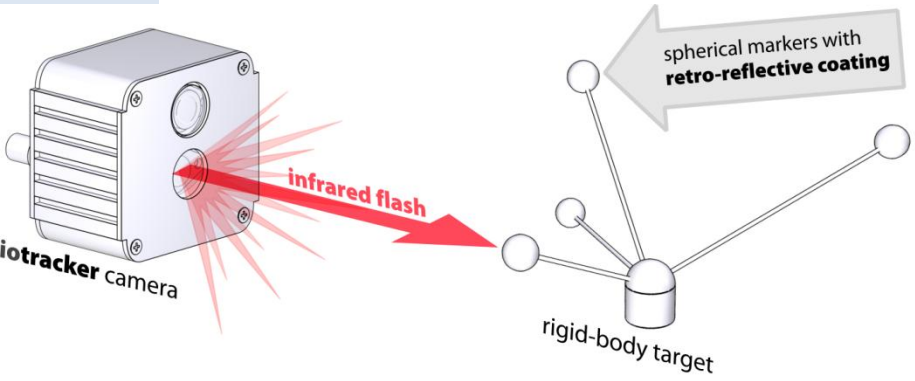
- Fiducials
  - ARToolkit
- IR Marker/LEDs
  - ART, Vicon, iotracker…
  - Hi-Ball
- Natürliche Merkmale
  - Bilder
    - Video: IKEA Katalog
  - 3D Objekte
  - Aktives Forschungsthema

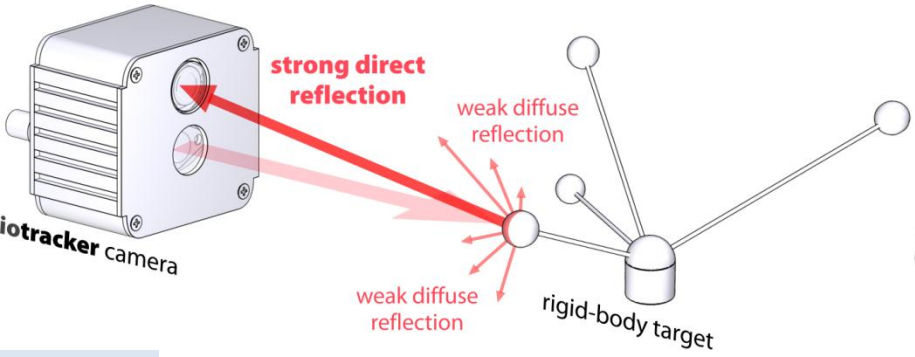


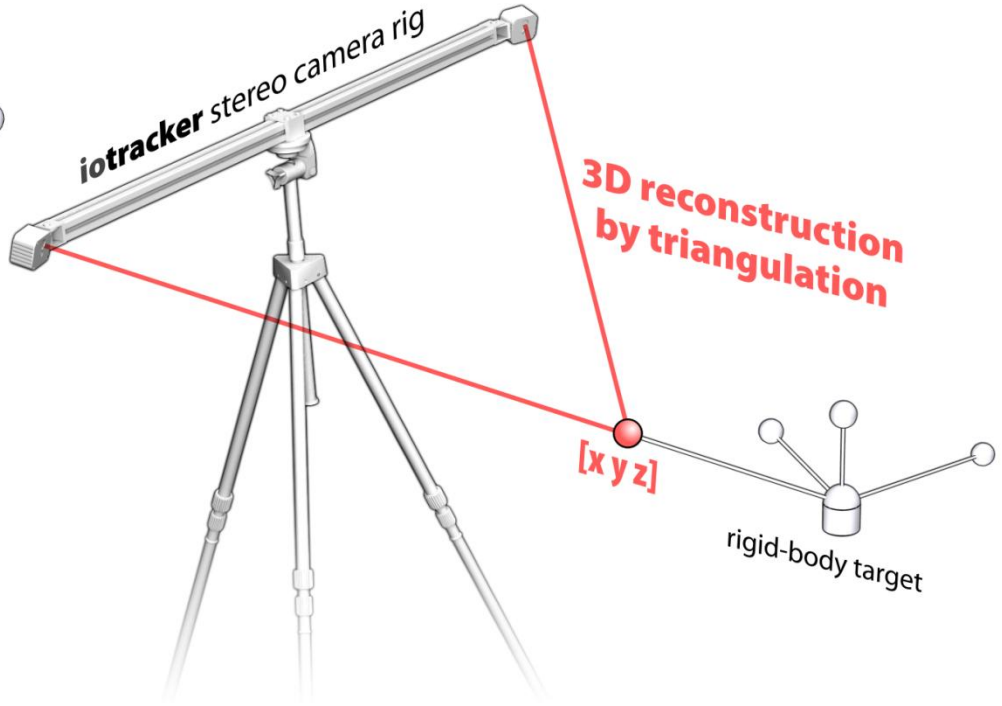


Hannes
Kaufmann

Marker-basiertes Optisches Tracking: Passive Targets





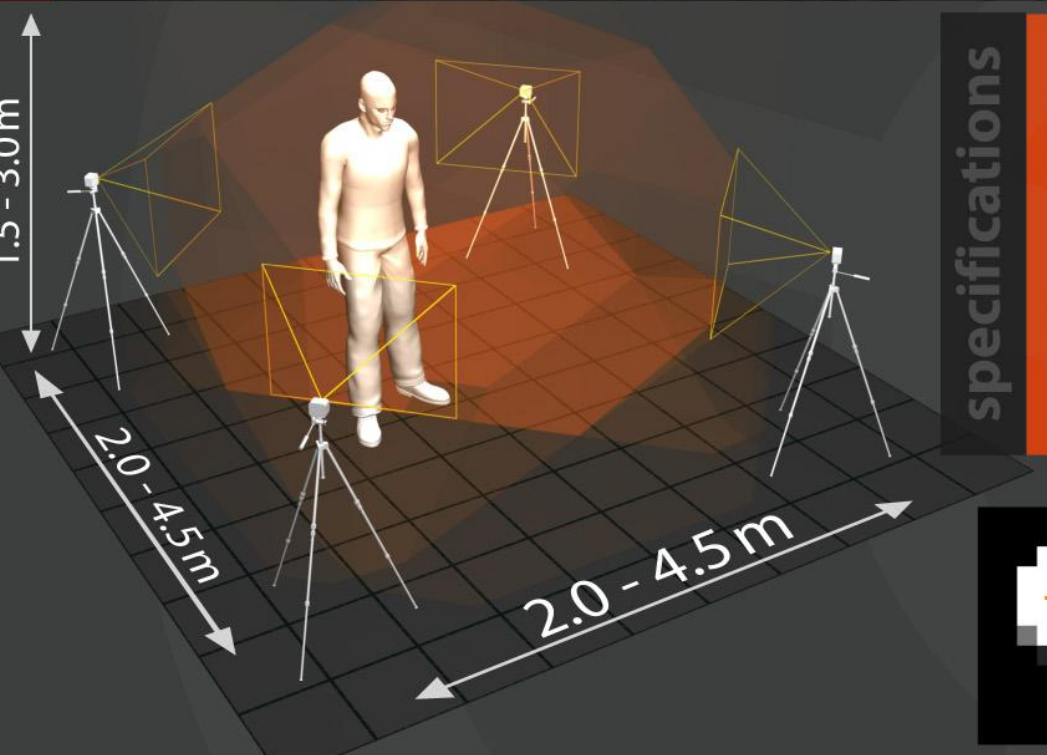


iotracker

affordable infrared-optical pose tracking

IEEE Virtual Reality 2007
VR2007
March 10-14, 2007 Charlotte, North Carolina USA

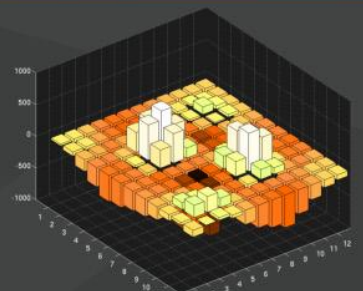
TU VIENNA
Technische Universität Wien
Vienna University of Technology



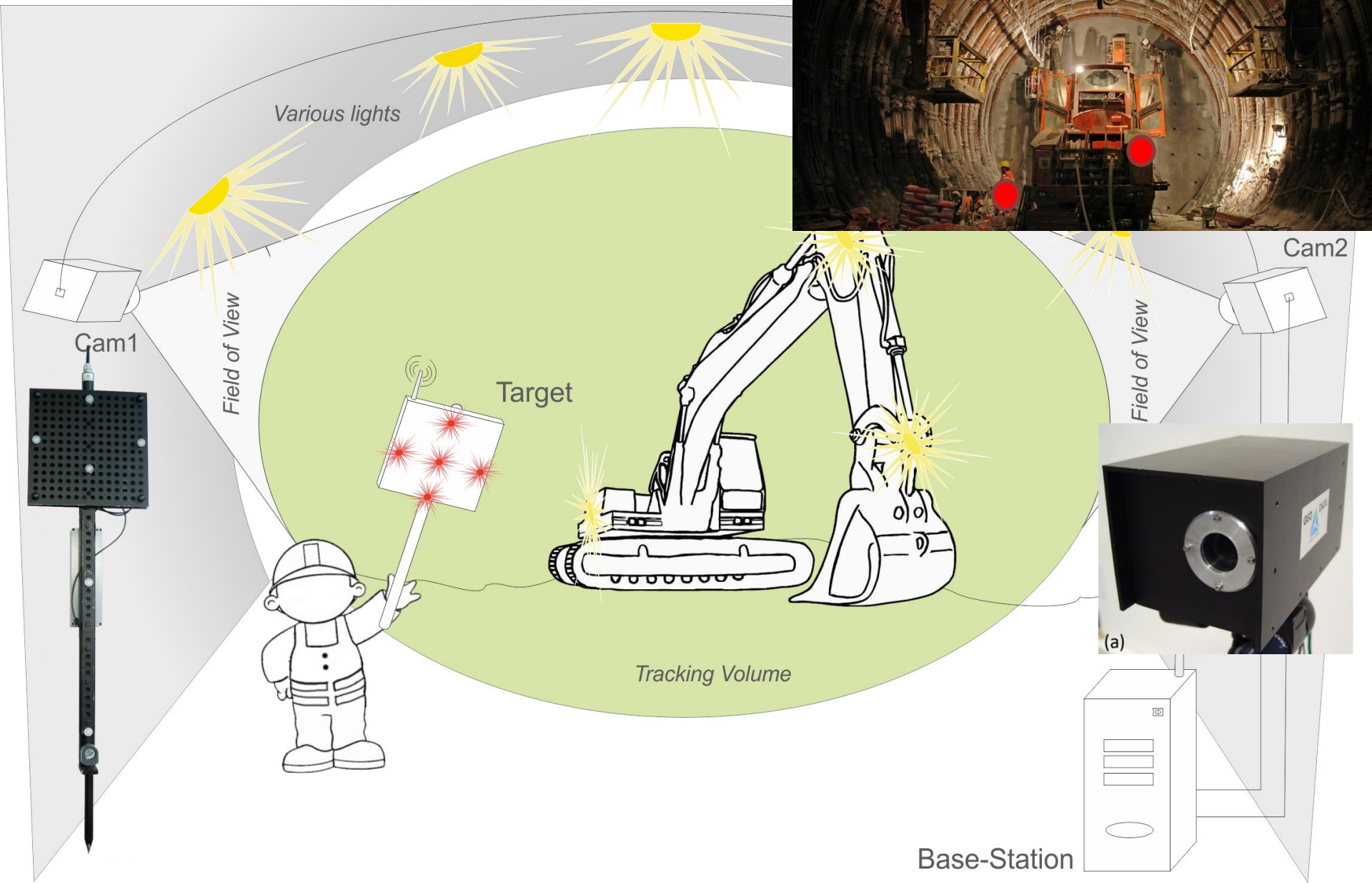
specifications

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

FireWire



Vermessung im Tunnel



Natürliche Bildmerkmale (Natural Feature Tracking)

- Wünschenswert
- Keine Marker nötig
- Schönere und praktikablere Setups

- Aktives Forschungsthema
  - Sehr rechenintensiv
  - Nicht in allen Situationen zufriedenstellende Lösungen verfügbar

Natural Feature Tracking: Beispiele

- EPFL Book: Video1, Video2
- Stricker: ISMAR Demo
- Reitmayr: Cambridge Going-out Demo
- PTAM in der Hofburg
- PTAM am iPhone
- 13th Lab: SLAM und Raumvermessung

Optisches Tracking
Vor- und Nachteile

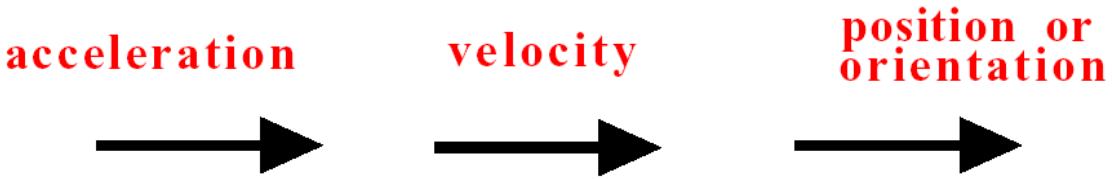
- Vorteile:
  - Sehr genau
  - Hohe Aktualisierungsrate (abhängig von Geschwindigkeit d. Kameras und Verarbeitung)
- Nachteile:
  - Sichtverbindung nötig!
    - Trackingvolumen beschränkt durch Blickfeld der Kameras
  - Bei IR-Tracking: Stör-Lichter
  - Bei Natural Features keine „fertigen“ Lösungen
    - Initialisierung, sich wiederholende Muster, Änderungen der Umgebung, 3D Objekterkennung in Entwicklung, …
  - Teils rechenintensiv

Inertial Tracking

Hannes
Kaufmann

Inertial Navigation

- Relative Navigation von einem bekannten Startpunkt
- Misst man Geschwindigkeit ->
  Integration nötig um Position zu erhalten
- Misst man Beschleunigung ->
  zweifache Integration nötig

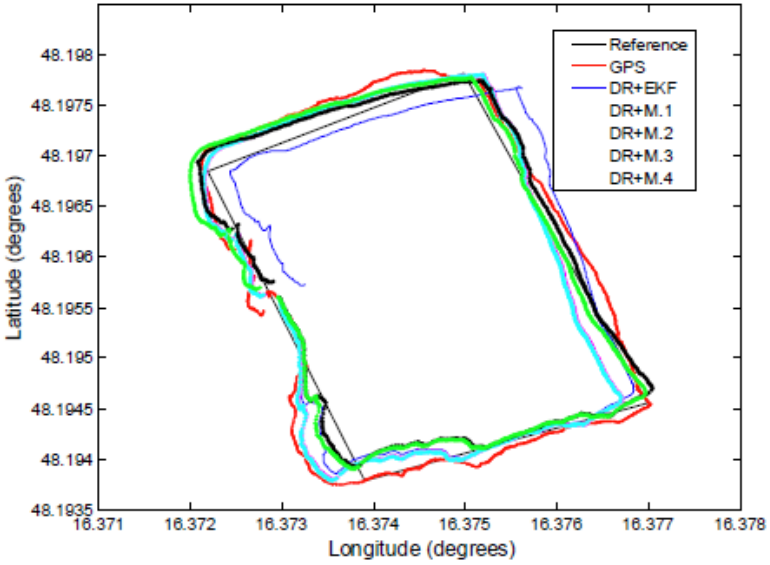


- Durch Summieren kleiner Fehler => Drift !!!

Hannes
Kaufmann

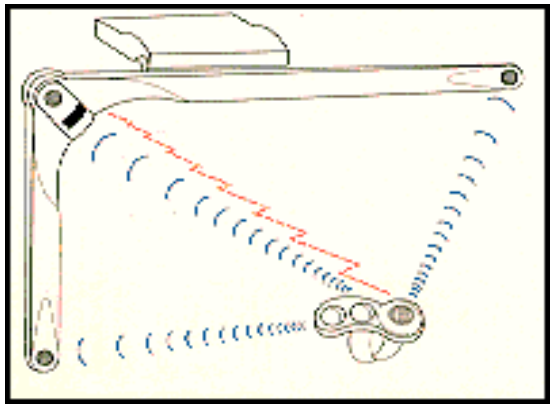
Pfadverfolgung von Mensch/Maschine

- Üblich in der Robotik (optisch und/oder inertial)
- Im Freien zusätzlich GPS



Motion Capture mit Inertialsensoren

Time-of-Flight und Frequenzmessung

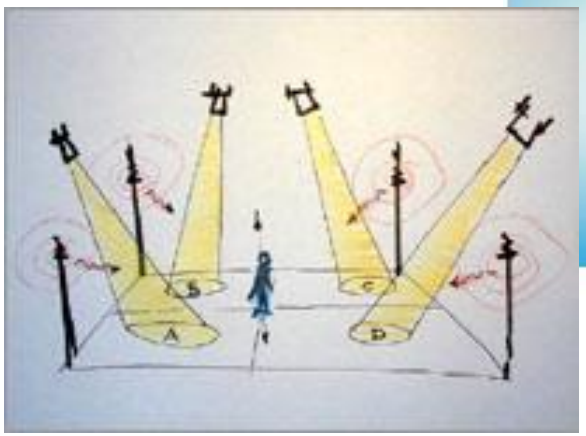


- Akustische Tracker (Ultraschall)
- GPS / DGPS (EPOSA)
- Funk/Radiowellen
  - WLAN (max. 3 Meter Genauigkeit)
  - RFID (Standard im Transportwesen u.v.m)
  - Ultrawideband (UWB)

Abatec: Local Position Measurement (LPM)

- Großer Trackingbereich
  - Red Bull Air Race
  - Zactrack
- 500x500m pro Bereich
- Max. 30 Bereiche
- Wie UWB: 5.8Ghz
- Schnell: 1000Hz
- Genauigkeit: +/- 5cm (im Freien)
- Firma in Regau/OÖ

Base station



Transponder

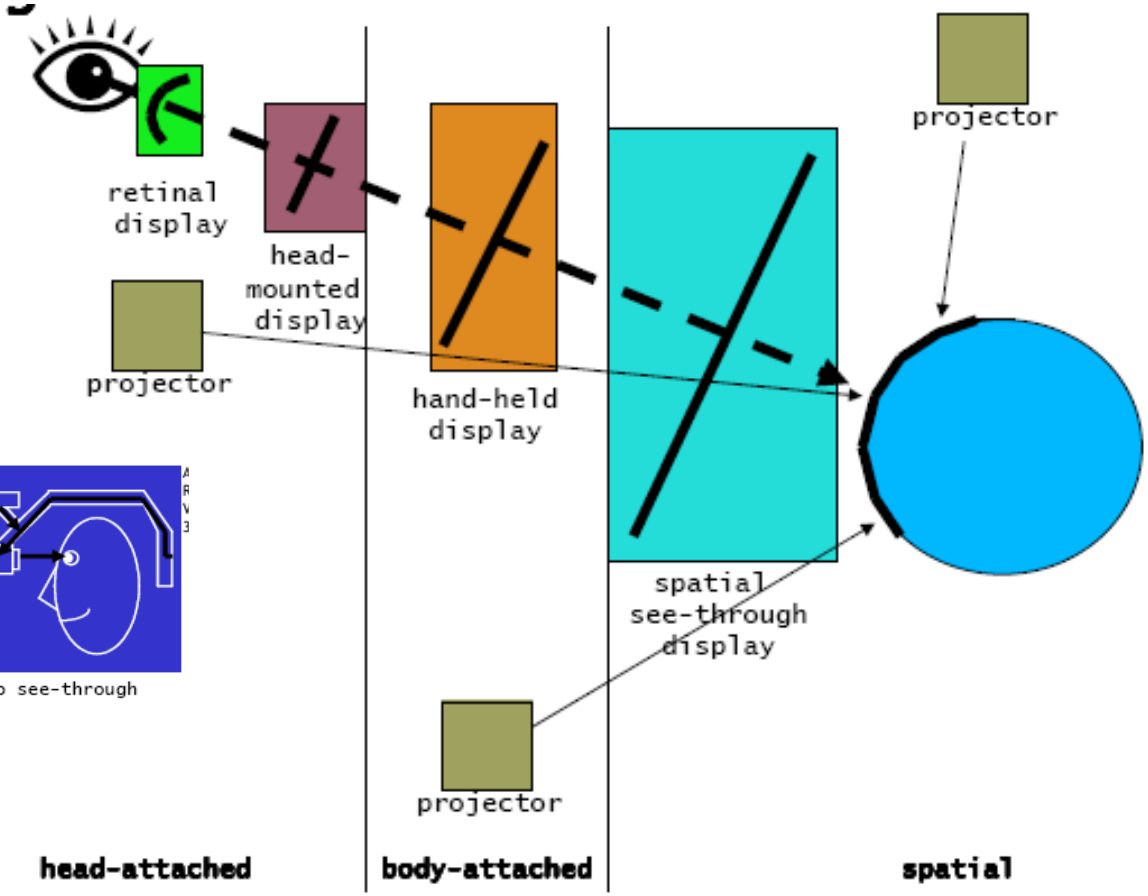
Funksignal-basiertes Tracking

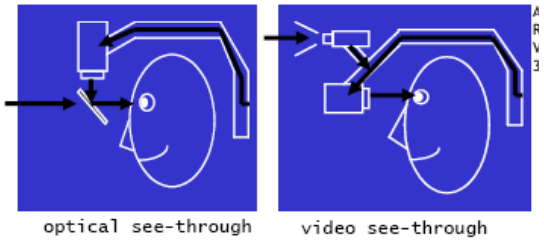
- Vorteile
  - Kleine und leichte Empfänger
  - Relativ günstig
- Nachteile
  - Genauigkeit hängt von gleichmässiger Signalausbreitung ab
    - Ausbreitung von Schall variiert
      z.B. durch Temperatur, Luftdruck, Turbulenzen, Feuchtigkeit
    - Bei GPS: Ionosphärische Störungen (Sonnenwinde)
  - Sichkontakt nötig bzw. von Vorteil
  - Signalreflektionen sind ein Problem
    - Z.B.: Metallische Oberfläche reflektieren UWB - Multipath Effekt
  - Andere Störquellen (WLAN, Ultraschall,…)

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

Ausgabegeräte: Displays

Aktuelle Augmented Reality Displays





Hannes
Kaufmann

Projektionssysteme

- Tragbare Pico-Projektoren
  - Lichtschwach: <100 lumens
  - Auflösung max. 1280x800
  - max. 2.5m Bilddiagonale
  - max. 2.5m Projektionsdistanz

- Laserprojektion
  - Extend3D Werklicht

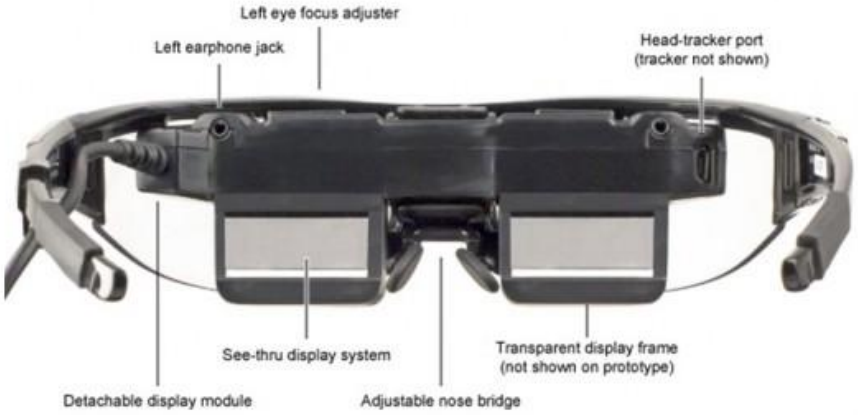
Hannes
Kaufmann

Bildschirmvarianten

- Mobile Geräte: Smartphones/Tablets
- Touchscreens (mit haptischem Feedback)
- Transparente Displays
- Auto-stereoskope Bildschirme
- Holographische Displays

Hannes
Kaufmann

Vuzix see-through HMD

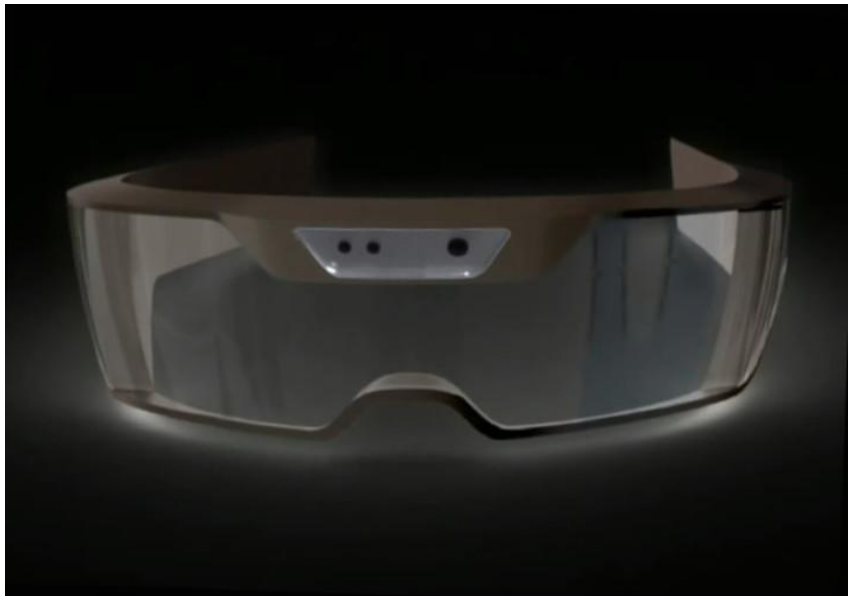


- 852 x 480, 23° diagonal FOV; side-by-side 3D
- Justierbarer Fokus linkes/rechtes Auge
- VGA Kontrollbox
- 6DOF Head-Tracker
- Clip-on HD Kamera

BMW AR Video

Hannes
Kaufmann

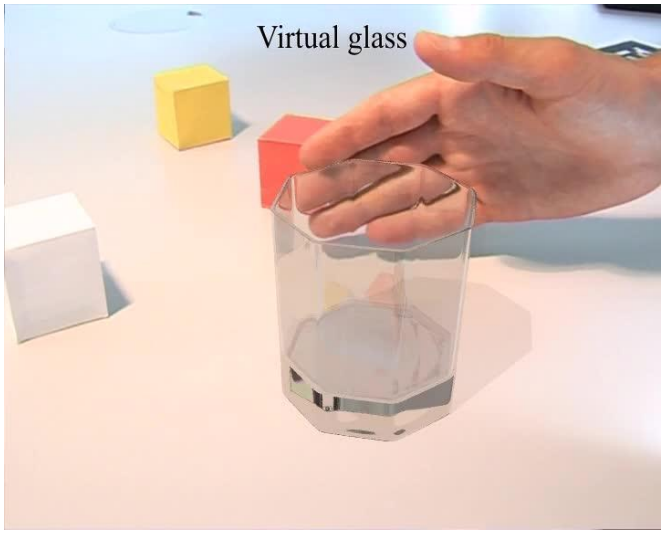
Head-Mounted-Displays
Spaceglasses



Hannes
Kaufmann

Realistisches Rendering

- Echtzeit-Raytracing



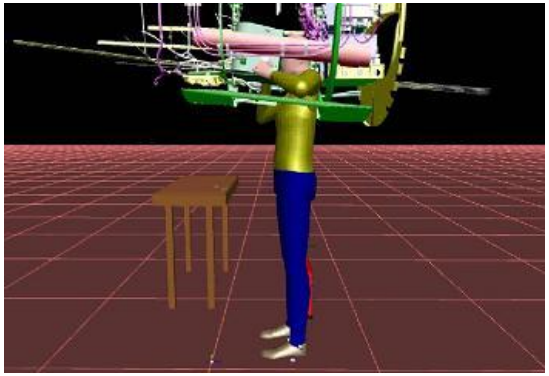
Interactive Media Systems Group
Software Technology & Interactive Systems
Vienna University of Technology

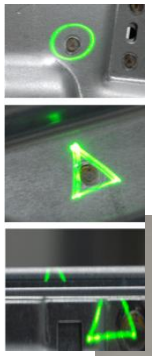
Industrielle Anwendungen & Möglichkeiten

Hannes
Kaufmann

Industrielle Anwendungsfelder

- Designstudien
- Simulation der Produktionskette (Roboterkollision, Zugriff,…)
- Ergonomie (e.g. Assemblierung)
- 3D Modellierung
- Simulation
- Hilfe/Monitoring von Arbeitern (Assemblierung, Navigation, …)





Hannes
Kaufmann

Begehen und Wartung großer Fabrikanlagen/Maschinen

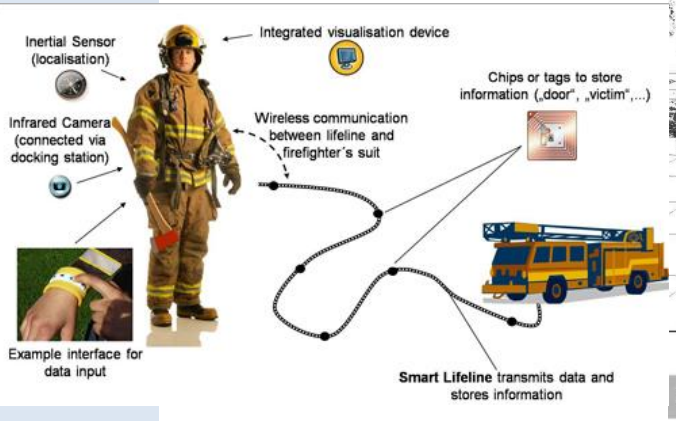
- Virtuelle Fabrik (z.B. Ford)
- Flexible Spaces

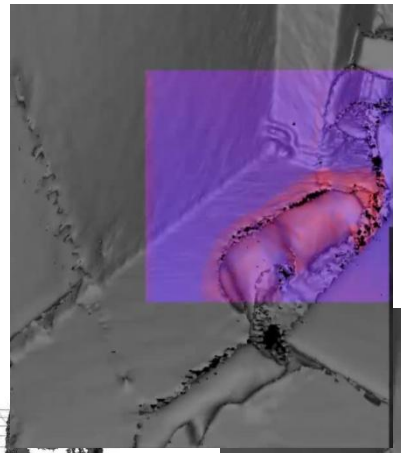
Hannes
Kaufmann

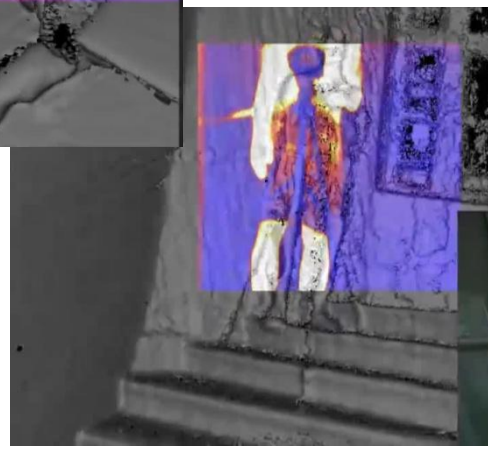
Sicherheit für Feuerwehrleute

- ProFiTex

Unterstützung der Feuerwehrmänner und Einsatzleitung mit 3D Modell und Wärmebild



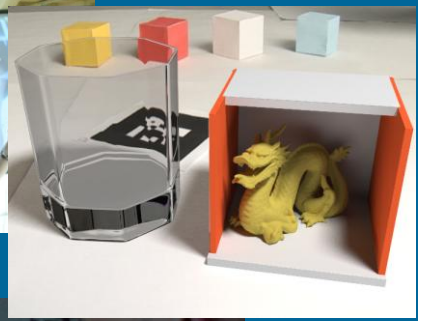
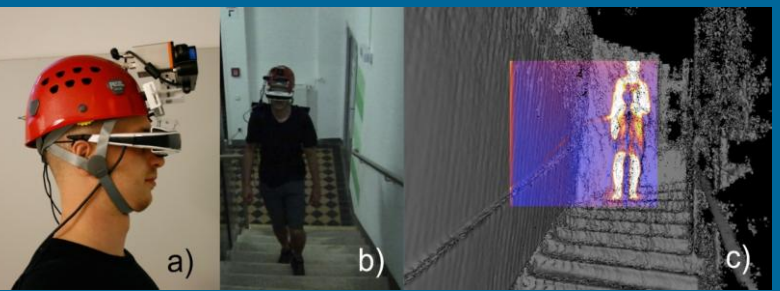
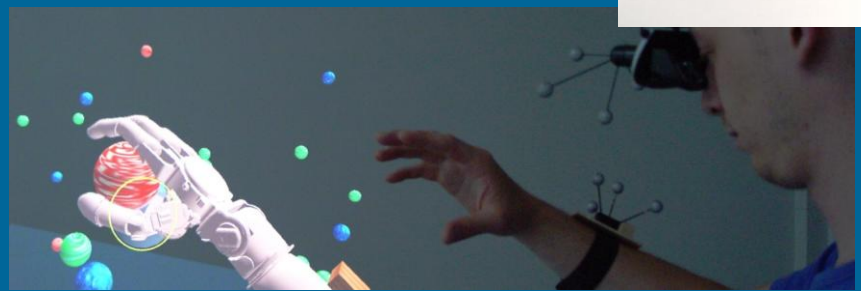




Zusammenfassung

- Breites Anwendungsfeld von AR Technologien in der Industrie
- Wenige Produkte, vieles noch im Forschungsstadium
- Forschungsergebnisse werden industriell einsetzbar
  - Tracking und Displaytechnologien sind robust
  - Hardware deutlich günstiger und leistbar
- Anwendungen meist spezifisch für Einsatzzweck zugeschnitten
- Zusammenarbeit und Entwicklung mit Universitäten möglich
  - z.B. FFG BRIDGE Forschungskooperation (nur 5% Barleistung des Unternehmenspartners)

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

Vielen Dank!

kaufmann@ims.tuwien.ac.at