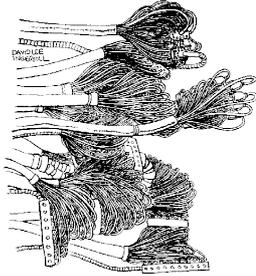




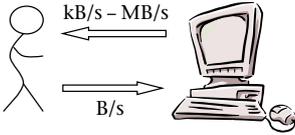

Virtuelle Realität Eingabegeräte

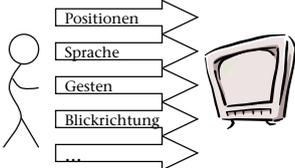
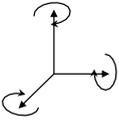


G. Zachmann
Clausthal University, Germany
cq.in.tu-clausthal.de




- "Spielwiese" der VR
- Vision: *keine* Eingabegeräte
- Bandbreite:


- Freiheitsgrade (= "*degrees of freedom*", DOF)
- Multimodal:

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 2

Klassische Eingabegeräte

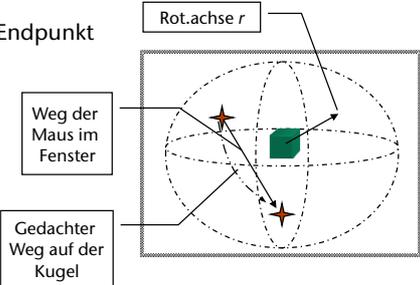
- Maus:
 - Präzise, billig
 - Nur 2D, Eingabe von Orientierungen mühsam
- Zeichentablett:
 - Präzise, gut fürs Zeichnen
 - 2D, Eingabe von Orientierungen fast unmöglich
- Lichtgriffel?



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 3

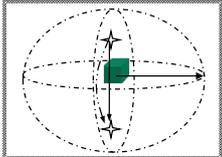
Virtueller Trackball

- Wie gibt man Orientierungen mit der Maus ein?
- Idee:
 - Lege Kugel um das Objekt / die Szene
 - Kugel kann um ihr Zentrum rotieren
 - Maus zieht Punkt auf Oberfläche der Kugel
- Berechnung:
 1. (x_1, y_1) Startpunkt, (x_2, y_2) Endpunkt
 2. $z = \sqrt{x^2 + y^2}$
 3. $\vec{r} = \vec{p}_1 \times \vec{p}_2$

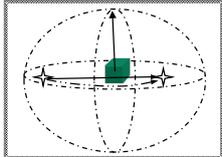


G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 4

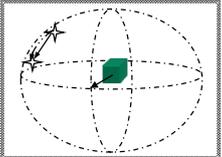
Man kann um alle Achsen (bis auf eine) direkt rotieren:



X



Y



≈Z

Verbesserungen:

- "Spinning trackball" (à la Inventor) vermeidet Nachfassen teilweise
- "Locking" für exaktes Rotieren um eine Koord.achse

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 5

Desktop-Geräte

- Spacemouse:
 - 6 DOF
 - Gut für CAD, Viewpoint-Navigation, Szene rotieren



- Lenkrad
 - Mit Force-Feedback
- Weitere ? ...



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 6

Tracking

- Aufgabe: "Wo befindet sich X des Users?"
 - X = Kopf, Hand, Augen, Füße, gesamter Körper, ...
- Anforderungen:
 - *Non-intrusive*
 - Hohe Genauigkeit (1 mm)
 - Geringe Latenz (1 msec)
 - Hohe *Update-Rate* (100 Hz)
 - In jeder Umgebung und Situation
 - Großer Bewegungsspielraum
- Existiert nicht!

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 7

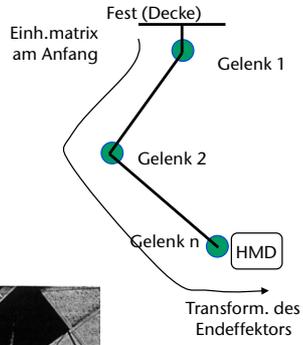
Tracking

- Arten:
 - Mechanisch
 - Elektro-magnetisch
 - Akustisch (Ultraschall)
 - Optisch
 - Computer-Vision
 - Trägheitssensoren
 - Laser
 - GPS
 - Hybride

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 8

Mechanisch

- Vorteile:
 - Präzision
 - Keine Latenz
 - Keine Störung durch Metall
- Nachteile:
 - Unbequem
 - Reichweite
 - "Tote" Winkel
 - Festmachen am Körper
 - Kalibrierung
 - Trägheit



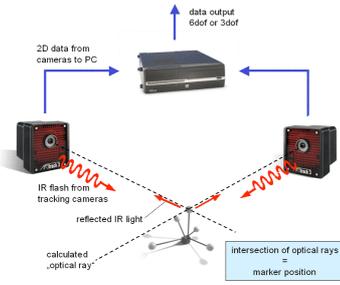
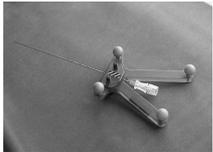


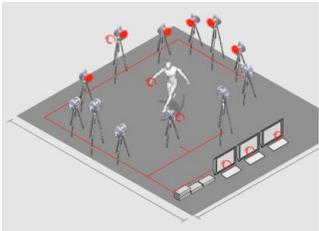
Einh.matrix am Anfang Fest (Decke) Gelenk 1 Gelenk 2 Gelenk n HMD Transform. des Endeffektors

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 9

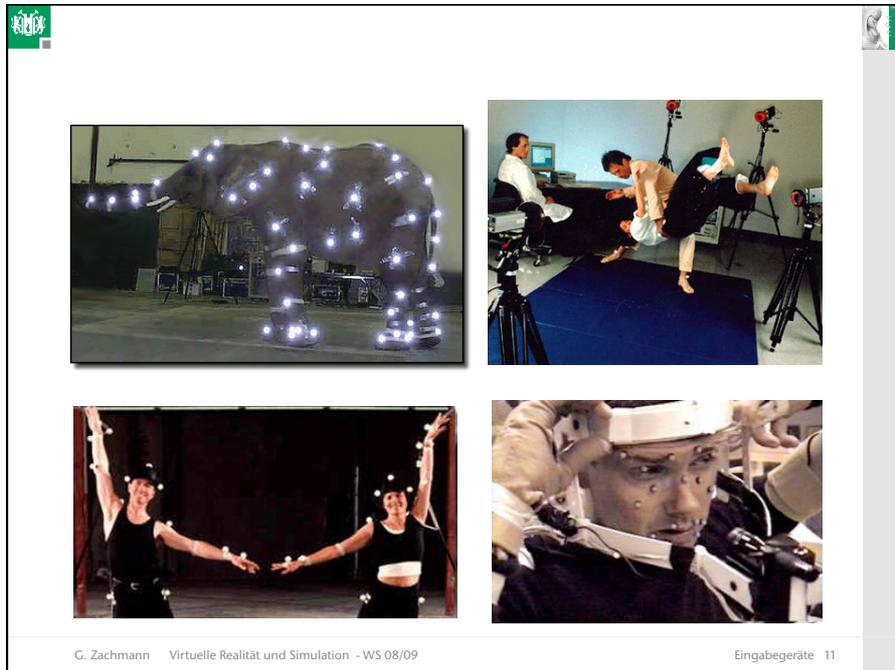
Optisches Tracking

- Verfolgen von reflektierenden Markern mit IR-Kameras
- 1 Marker → Position
 - Triangulation
- ≥3 Marker ("rigid body") → Position und Orientierung
- Standard-Technik für Body-Tracking in Animationsstudios und für Spiele
 - Motion Capturing (MoCap)

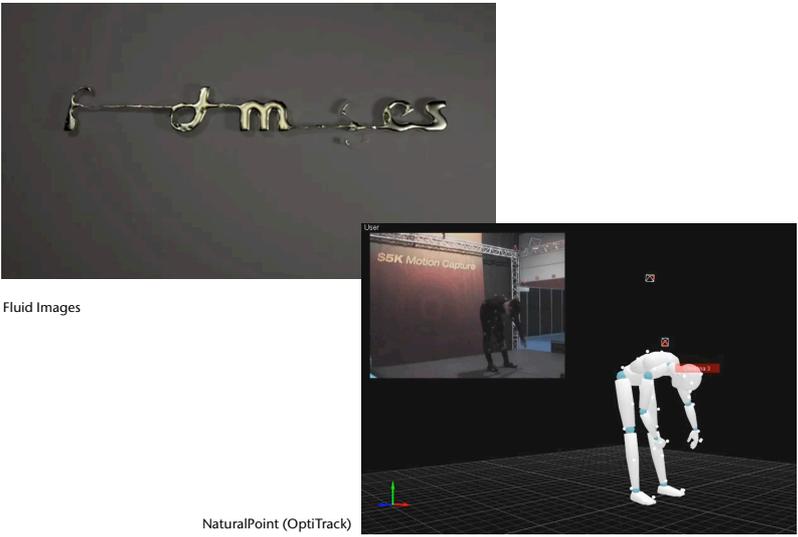


G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 10



- Vorteile:
 - Leicht
 - Freie Bewegung
 - großes Volumen
 - hohe *Sampling-Rate* (typ. 120-250 Hz)
 - *Facial animation* geht auch
- Nachteile:
 - *Line-of-sight* (viele Kameras)
 - Preis (\$40,000 – \$140,000)
 - Seit kurzem nur noch \$6,000
 - Inzwischen auch *real-time* (kein *post-processing*)

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 12



Fluid Images

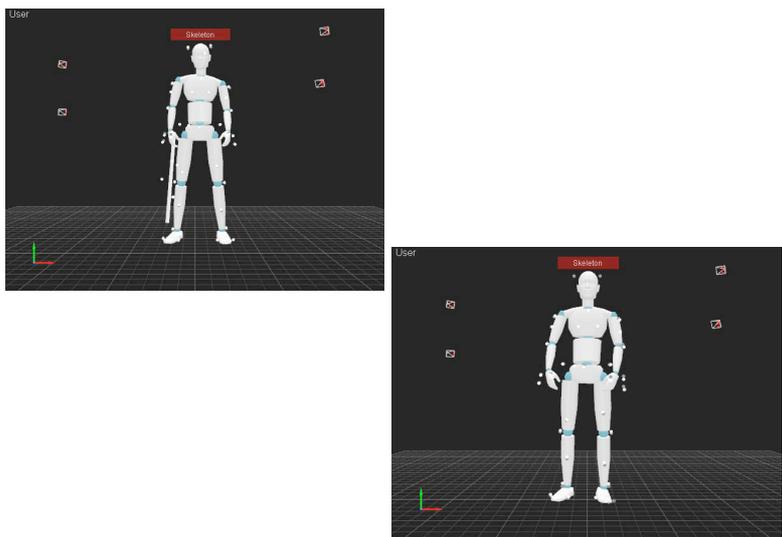
NaturalPoint (OptiTrack)

User

SSK Motion Capture

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09

Eingabegeräte 13



User

Skeleton

User

Skeleton

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09

Eingabegeräte 14

Optisches Tracking "inside out"

- Kamera auf dem Kopf,
"sieht" Array gepulster LEDs an der Decke
- Vorteile:
 - Nur 1 Kamera nötig
 - Schnell (1 msec, 1500 Hz)
 - Genau (1/10 mm)
- Nachteile:
 - Wie trackt man die Hand?
 - Aufwendige Installation
- Beispiel: UNC's "HiBall"
<http://www.cs.unc.edu/~tracker/>




G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 15

Eye-Tracking

- Wo befinden sich die Augen des Users?
Wohin schaut der User gerade?
- Anwendungen:
 - Head-Tracking
 - LOD-Steuerung
 - Autostereo-Monitore
- Probleme:
 - Präzision, insbesondere bei Orientierung






G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 16

Akustisch

- Ähnlich zu Echolot
 - 1 Ultraschall-Quelle
 - 3 Empfänger (für 3 DOF)
 - Laufzeit → Position
- Vorteile:
 - Billig
- Nachteile:
 - Echos
 - *Line-of-sight*
 - 3 Sender für 6DOF
 - Geringe Reichweite
 - Schallgeschwindigkeit hängt ab von Lufttemperatur



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 17

Trägheitssensoren

- Misst Beschleunigung in eine Richtung
- Vorteile:
 - Kein Sender nötig
 - Klein
- Nachteile:
 - Drift
- Oft in Kombination mit anderen Tracking-Verfahren, z.B. Ultraschall:



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 18

Laser

- Mißt i.A. nur Position
- Bisher nur in der Fertigungsindustrie (CNC-Maschinen)



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 19

Elektro-magnetisch

- Sender stationär, Empfänger = Sensor
- Langwelliges Feld, Phasenverschiebung zwischen gesendetem u. empfangenem Signal → Entfernung
- 3 Spulen im Sender (3 versch. Frequenzen), pro Sensor 3 Empfängerspulen orthogonal zueinander, → 9 empfangene Feldstärken
- Vorteile:
 - Kleine Sensoren
 - Reichweite 3m (auch mehr)
- Nachteile:
 - Kabel
 - Fremdmetall stört
 - Rauschen




G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 20

Allg. Charakteristika

1. # DOFs
2. Präzision, Drift, Wiederholbarkeit
3. Update-Rate, Latenz
4. Rauschen
5. Zusätzliche Buttons
6. Bequemlichkeit ("*ease-of-use*"), kabellos/verkabelt
7. Arbeitsvolumen
8. Preis

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 21

Preis (2001)

System	EUR
Ascension Flock-of-Birds (ERT)	10,000
Polhemus Fastrak (long ranger)	13,000
Intersense IS600	19,000
MotionAnalysis	100,000 – ...

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 22

3D-Zeiger

- Analogon zur 2D-Maus.
- Hardware = Tracker mit Buttons dran
 - Evtl. zusätzlich mit Joystick oder Jog-Dial
- Namen: *flying mouse*, *flying joystick*, *wand* (= Stab), *bone*, *fly-stick*, etc...
- Physisches Objekt ergibt starkes Präsenzgefühl, wenn man virtuelles Objekt gegriffen hat



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 23

Datenhandschuh (data glove)

- "Trackt" Finger = mißt Winkel der Fingergelenke
- Das erste VR-Eingabegerät
- Verschieden viele Sensoren:
 - Min. 4x Daumen + 4x2 Finger = 12
 - Max. 4x Daumen + 4x3 Finger + 3x dazwischen + 2x Handgelenk + 1 Handrücken = 22
- Technik:
 - Glasfaser (nicht bewährt)
 - Bimetallstreifen
- Nachteile:
 - Niedrige Genauigkeit
 - Handschuh (umständlich, Akzeptanz)
 - (Mehr DOFs als gebraucht)




G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 24

Varianten

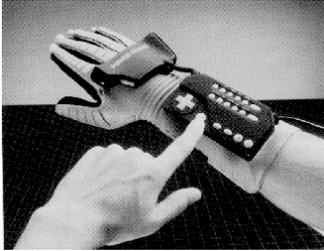
- Pinch Glove:
 - Kein Tracking, misst nur Kontakt zweier Finger → jeder Finger ein Button
 - Nur 2 getrackte Gloves sinnvoll, damit recht pfiffige Navigation und Objektmanipulation möglich:
 - Greifen und Bewegen
 - Skalieren (*Handles à la Inventor*)
 - Virtuelle Hand nicht darstellbar



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 25

Powerglove:

- Sensoren = Papierstreifen mit Tinte
- Anzahl Sensoren = 3 Finger
- *Positions-Tracking* mit Ultraschall
- Preiswert: \$100
- Nachteile:
 - Nicht robust
 - User-Performance?
 - Anwendungen, die *Fingertracking* brauchen, brauchen *alle* Finger



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 26

Der P5 von Virtual Realities (www.vrealities.com):



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 27

Fortbewegungseingabegeräte (*locomotion devices*)



Sarcos, Utah *Sarcos* *Uni Tsukuba, Japan*



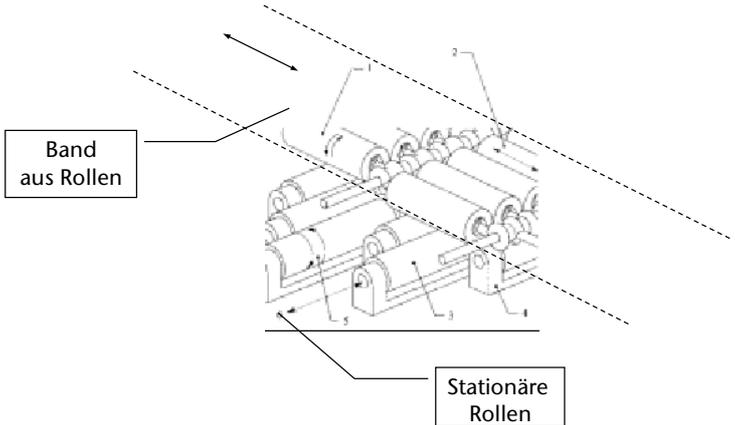
G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 28

■ *Omni-Directional Treadmill* (omni-direktionale Tretmühle)



Virtual Space Devices, Inc.

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 29



Band aus Rollen

Stationäre Rollen

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 30

Bodenoberflächensimulator

* A part of the upper belt is omitted in the figure for your understanding

A pair of upper holding rollers

One set of five lower supporting rollers

One unit of the moving stage

Tensional axis of the belt

Steel vertical

Hinge

Actuator head (up/down)

Triangle plate

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 31

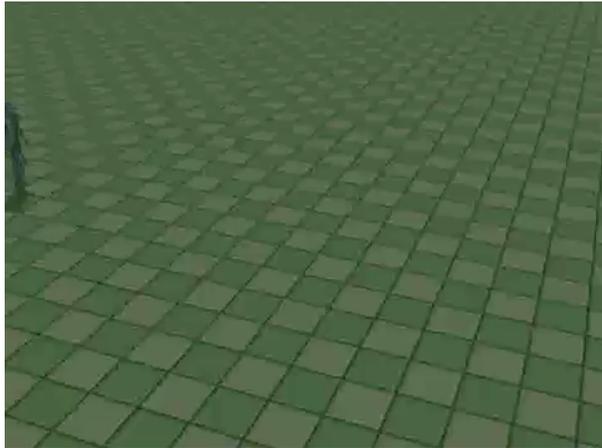
Andere Locomotion Devices

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 32



VirtuSphere

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 33



CirculaFloor, 2006

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 34

Unkonventionelle Eingabegeräte

Shape tape

Virtual Keyboard

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 35

Brain-Computer-Interfaces

- Steuerung durch:
 - EEG, oder
 - Implantat

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 36

Exkurs: Affective Computing

- Sense user's attention and emotions, then alter system behavior accordingly.
- Parameters:
 - Gesture, posture
 - Voice
 - Eye gaze
 - Breathing
 - Pulse & blood pressure
 - Electrical activity of muscles
 - Skin conductance
- <http://www.media.mit.edu/affect/>
- Sense user's health: <http://www.bodymedia.com>,
Pilotversuch in NRW(?) mit Herzpatienten

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 37

System-Einbindung

1. Hole *Tracking-Daten*
2. Transformiere Geometrie und Viewpoint
3. Hole "binäre" Eingaben (Gesten, Sprache)
4. Simuliere und animiere Objekte
5. Rendere ...
 1. 2x Bild
 2. Sound
 3. Haptik

```

graph LR
    A[Tracking, Input] --> B[Simulation, Animation]
    B --> C[Szenengraph modifizieren]
    C --> D[Rendern]
    D --> A
    D --> B
  
```

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 38

Logische Geräte

- Problem:
 - Relative / absolute Geräte
 - Verschiedene Dimensionalität
 - Verschiedene Interfaces
- Lösung:
 - Abstraktion "log. Gerät"
 - gemäß Dimension
 - Alle log. Geräte absolut (integrieren)
- Logische Geräte:
 - 0D = "Button" (bool)
 - 1D = "Value" (float)
 - 6D = "Space" (matrix)
 - 1-aus-n = "Choice" (int)
 - Glove (float-array)

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 39

Abbildungsmatrix:

	Maus	Space- mouse	Trak- ker	Spra- che	Tasten	Lauf- band	Glove	Dial
Button	x	x	(x)	x	x	(x)	x	
Value	(x)	(x)	(x)	(x)		x	x	x
Space	(x)	x	x					
Choice	x	x					x	

- Ablauf:
 - Initialisierung mit Parametern (phys. Gerät, Port, ..)
 - Danach nur noch "logischen" Wert abholen
 - Relative Geräte müssen über die Zeit integrieren

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 40

- Anforderungen an Architektur:
 - Gerät an beliebigem Rechner → Client-Server
 - Viele Clients pro Server möglich
 - Fehlertolerant, falls falsche Parameter, Gerät nicht angeschaltet, etc.
 - Austauschbarkeit der Geräte
 - Unabhängige Sampling-Rate
- 2 QoS: schnell oder zuverlässig:

Datenart	Behandlung der Latenz	Transportart	Datenstruktur
kontinuierlich	"besser nie als spät"	UDP	Shared mem
diskret	"besser spät als nie"	TCP	Queue

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09
Eingabegeräte 41

- Virtuelle Geräte:
 - Virtueller Button
 - Virtueller Slider

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09
Eingabegeräte 42