





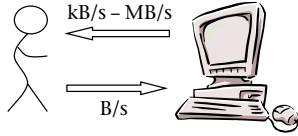

Virtuelle Realität Eingabegeräte

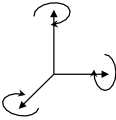


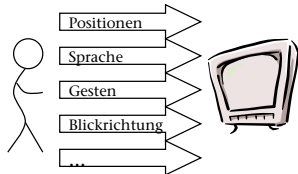
G. Zachmann
Clausthal University, Germany
cg.in.tu-clausthal.de

- "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

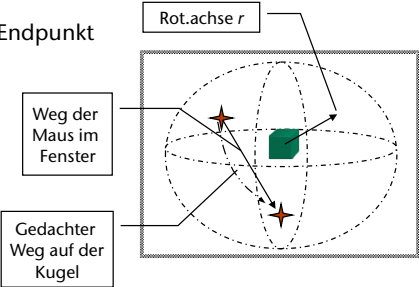
- Maus:
 - Präzise, billig
 - Nur 2D, Eingabe von Orientierungen mühsam
- Zeichentablett:
 - Präzise, gut fürs Zeichnen
 - 2D, Eingabe von Orientierungen fast unmöglich
- Lichtgriffel?



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

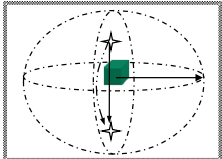
Virtueller Trackball

- 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. $\vec{r} = \vec{p}_1 \times \vec{p}_2$

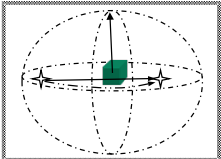


G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 4

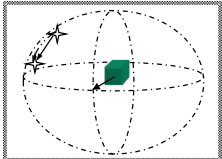
Man kann um alle Achsen (bis auf eine) direkt rotieren:



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

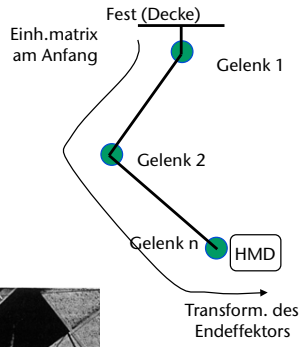


Tracking

- 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

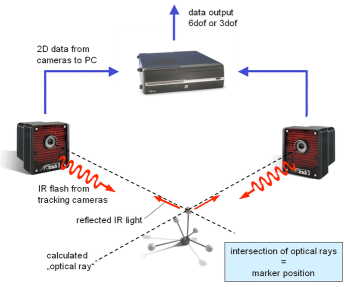
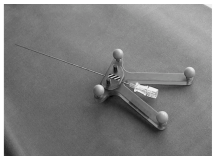
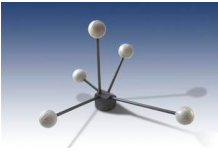
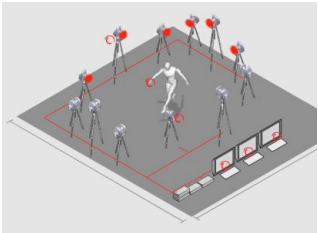




Einh.matrix am Anfang Fest (Decke) Gelenk 1 Gelenk 2 Gelenk n HMD Transform. des Endeffektors

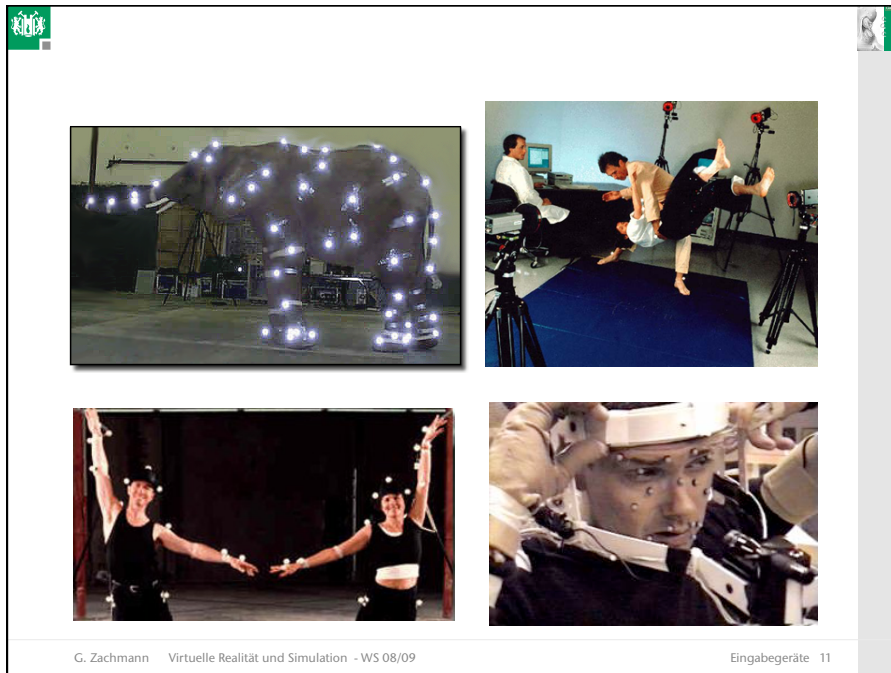
G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 9

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

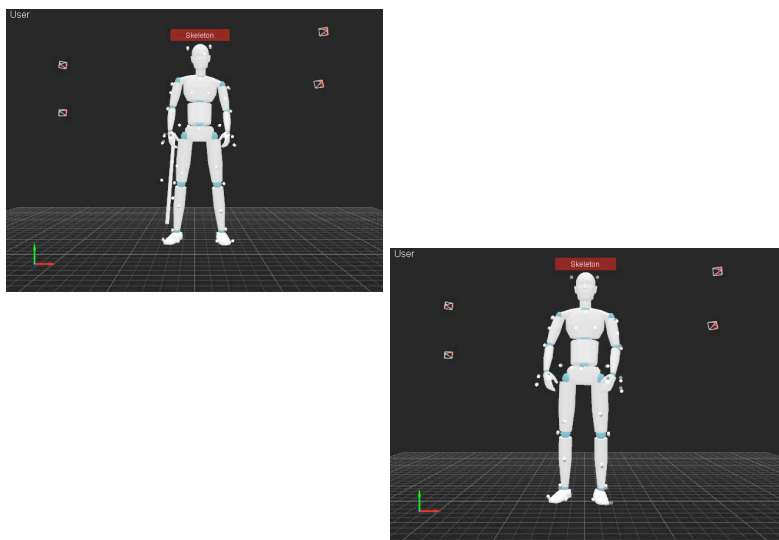
NaturalPoint (OptiTrack)

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

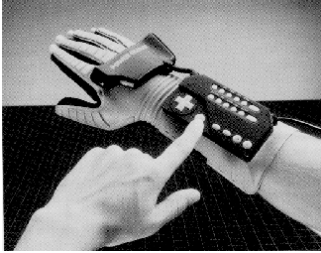
- Pinch Glove:
 - Kein Tracking, misst nur Kontakt zweier Finger → jeder Finger ein Button
 - Nur 2 getrackte Gloves sinnvoll, damit recht pfiffige Navigation und Objektmanipulation möglich:
 - Greifen und Bewegen
 - Skalieren (*Handles à la Inventor*)
 - Virtuelle Hand nicht darstellbar



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



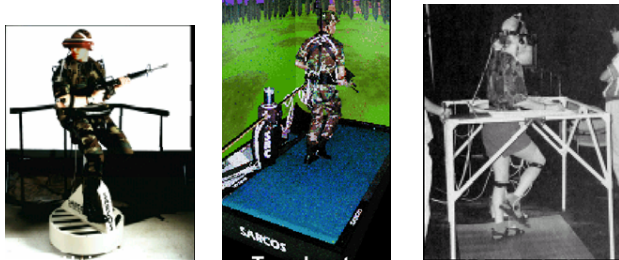
G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 26

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



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

Fortbewegungseingabegeräte (*locomotion devices*)

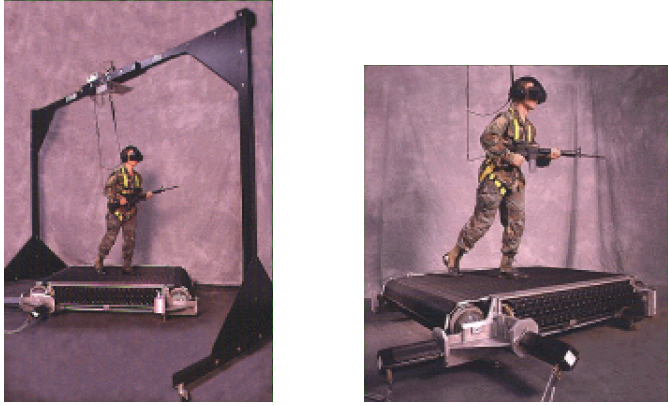


Sarcos, Utah *Sarcos* *Uni Tsukuba, Japan*



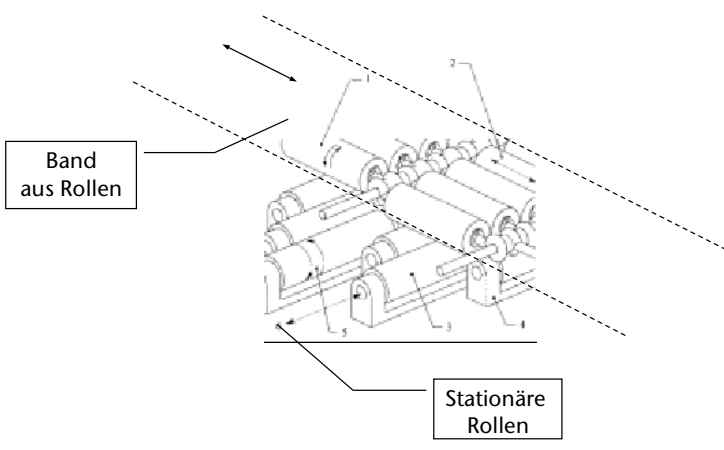
G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 Eingabegeräte 28

■ *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

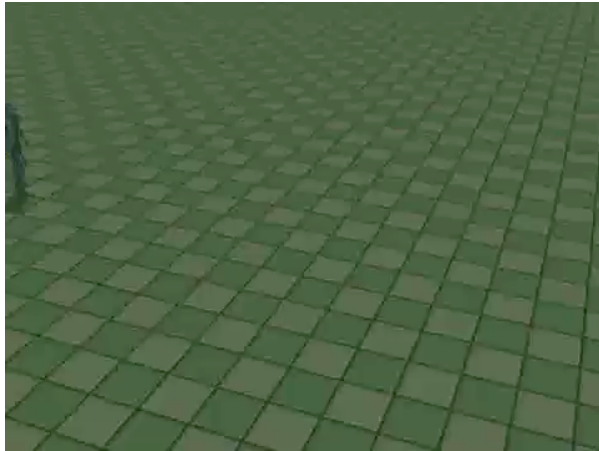
G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09

Eingabegeräte 32



VirtuSphere


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



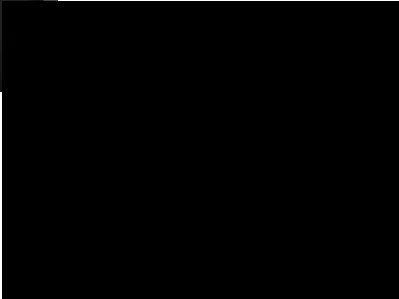
CirculaFloor, 2006

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

Unkonventionelle Eingabegeräte



Shape tape

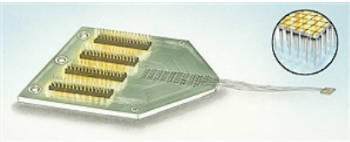



Virtual Keyboard

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

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