





## Virtuelle Realität VR-Displays & Stereo-Rendering



G. Zachmann  
Clausthal University, Germany  
[cg.in.tu-clausthal.de](http://cg.in.tu-clausthal.de)



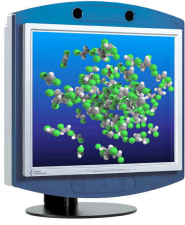
## Visuelle Displays

- Monitor
- *Head-Mounted Displays (HMDs)*
- *Head-Coupled Displays (HCDs)*
- *Immersive projection displays (IPDs)*
  - *"Powerwall"*
  - *Workbench*
  - *Cave*
- Retinal displays

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 2

## Monitor



- "Fishtank VR"
- Vorteile:
  - Schon vorhanden
  - Preiswert
  - Auflösung bis zu 1900 x 1600
  - Vertraut (Akzeptanz)
  - Keine speziellen Voraussetzungen an die Umgebung
  - Gewisse Stereo-Fähigkeit (sog. Auto-Stereo Displays)
- Nachteile:
  - Keine Immersion
  - Kleiner Bewegungsspielraum
  - "Stereo frame violation" häufig



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 3

## HMD

- Frühestes "echtes" VR-Display
- LCDs:
  - Leicht
  - Niedrigere Auflösung
- CRTs:
  - Hohe Auflösung
  - Schwer, hohe Spannung am Kopf
- Vorteile:
  - Großer *field-of-view*, Rundum-Display
  - Sehr gute Immersion
  - Keine "stereo frame violation"
  - Großer Bewegungsspielraum
  - Low-end-Modelle sind erschwinglich
  - Kaum spezielle Anforderungen an die Umgebung

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 4

- Nachteile:
  - Auf Dauer unbequem ("*invasive interface*")
  - Verzerrungen
  - Reale Umgebung ist ausgeblendet (insbesondere User selbst)
  - Manipulation von realen Steuerelementen schwierig
  - Jeder braucht einen HMD (dafür hat jeder, potentiell, eine korrekte Darstellung)
- HMDs gibt es schon sehr lange:

*Bell Helicopter, 1967*

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09
VR-Displays & Stereo-Rendering 5

## HCD

- HCD = HMD auf "Galgen" montiert ("Boom")
- Vorteile von HCDs gegenüber HMDs:
  - Größere Auflösung, da CRTs
  - "Mal schnell weglegen" oder "schnell mal durchschauen"
  - Geringe Last
  - Gutes *Tracking* ist eingebaut
- Nachteile gegenüber HMDs:
  - Geringer Bewegungsfreiraum
  - Nur eine Hand frei
  - Trägheit
  - Geringere Immersion

→ Haben sich nicht durchgesetzt


G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09
VR-Displays & Stereo-Rendering 6

## Immersive Projection Displays / Technology (IPD / IPT)


- Idee ähnlich wie im Kino
- 1 – 6 Leinwände
- *Powerwall*: 1 Wand (3x6 Meter z.B.)
- *Workbench*: 1 waagerechte Display-Fläche
- *Holobench*: 2 Flächen, 1 senkrecht, 1 waagrecht
- *Cave*: 3 – 6 Wände
- "*Desktop-Cave*": 2 waagerechte Wände

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 7

## Powerwall



*Powerwall mit Rückprojektion*



*Powerwall mit Aufprojektion,  
(Probleme hier: Edge-Blending, Hot Spots)*

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 8

■ **"HeyeWall"**, Darmstadt:
 


- 24 Kacheln, 48 PCs
- Gesamtauflösung: 18 Mio Pixel (6144 x 3072) in Stereo



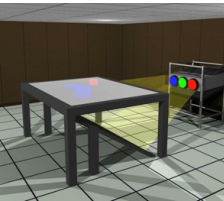

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 9

## Workbench

*Workbench*



*Prinzip der Workbench*



*Kippbare Proj.fläche*






Illustration by Alan Cruz,  
Electronic Visualization Laboratory  
at University of Illinois at Chicago



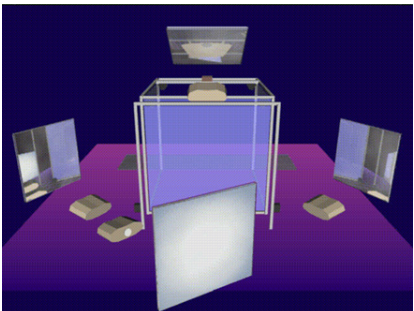
*Holobench*

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 10

### Cave




3-Seiten Cave

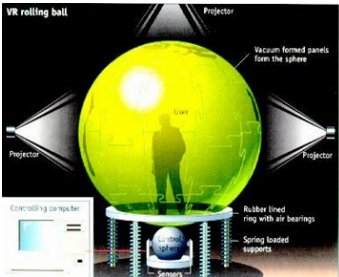


Spiegelanordnung

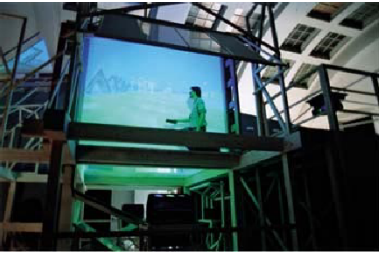
G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 11



5-Seiten Cave, FHG-IGD, Darmstadt

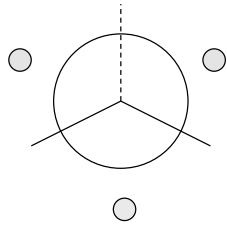


Studie

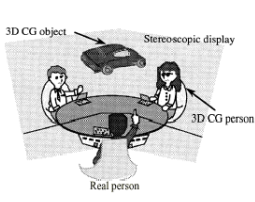
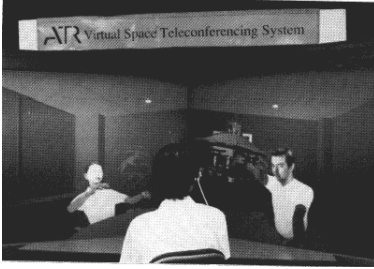


6-Seiten Cave, Alborg, DK

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 12





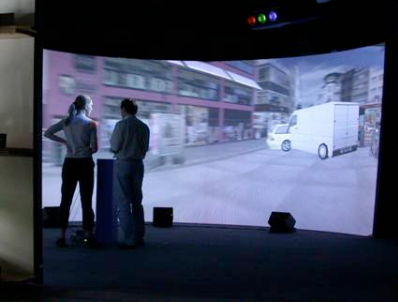
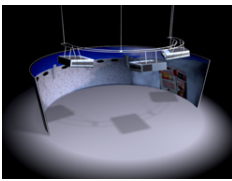
Shared workspace,  
hier mit logisch  
aneinandergefügt  
"Desktop-Caves"

ATR Virtual Space Teleconferencing System

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rending 13

### Curved Screens

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rending 14

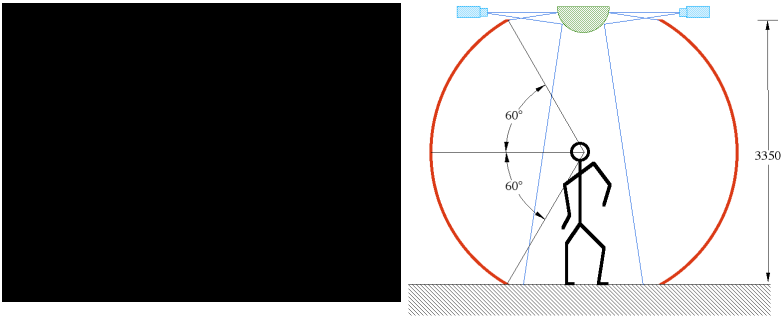
■ One-man curved screens (fast schon Dome):



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 15

Personal Domes

■ Beispiel: Wii + Dome + MacBook Pro



Quelle: Paul Bourke, University of Western Australia, <http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/>

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 16


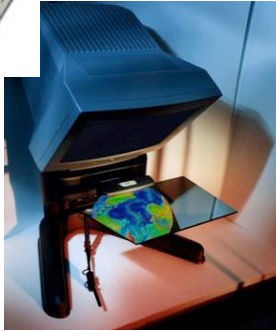


## Vor- und Nachteile der IPDs

- Vorteile:
  - Hohe Auflösung (z.Z. bis zu ca. 1600 x 1280 pro Kachel)
  - Großer *field-of-view*
  - "*non-invasive*"
  - Keine Isolation von der realen Welt
  - (Mehrere User)
  - Cave: Kopfdrehung bewirkt nur kleine Änderungen im Bild  
→ Latenz-Problem reduziert / nicht so auffällig
- Nachteile:
  - Platz
  - Preis (viele Projektoren, viele *Graphik-Pipes*)
  - Präzision, Justierung
  - Möglicherweise "*stereoscopic violation*"
  - (korrekte Ansicht nur für einen *Viewer*)


G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 17

## Die Reachin-Idee:

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 19

▪ Ein modernes "Sensorama":



*Immersa-Dome von Aardvark Applications*

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 20

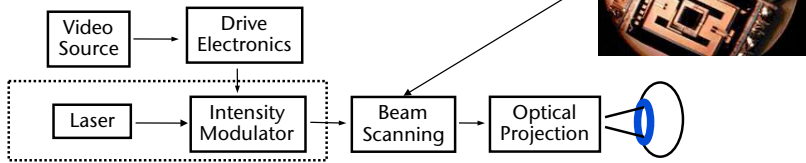
Retina-Displays (retinal displays)

▪ Problem der HMDs: umständlich aufsetzen, festschrauben, ...


▪ Idee: mit Laser zeilenweise ins Auge scheinen (scanner)

▪ Vorteile:


- Miniaturisierbar
- Hohe Kontraste u. Helligkeit (gut für *see-through*)
- Stromverbrauch
- Auflösung



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 21



Retinal display



Studie

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 22

## Holographische / volumetrische Displays

- Echtes dreidimensionales Display
- Vorteile:
  - Korrekte Ansicht aus *jedem* Blickwinkel!
  - Übereinstimmung zwischen Akkomodation und Konvergenz
  - Tiefen(un-)schärfe
- Holographische Displays: Computer berechnet Hologramm.
 

Probleme:

  - Berechnungsaufwand
  - Farben
- Volumetrische Displays: Voxel werden in ein Volumen projiziert (nicht auf eine Ebene).
 

Probleme:

  - Datenmenge (z.Z. 100 Mega-Voxel = 1000x1000x100)
  - Verdeckung?

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 23

■ **Volumetrisches Display:**


- 198 x 768 x 768  $\approx$  100 million voxels
- Frame rate: 20 Hz






G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09
VR-Displays & Stereo-Rending 24

■ **Ungewöhnliche Display-Flächen**

- **Nebel ("fog screen")**
  - Laminarer, nicht-turbulenter Luftstrom
  - Wassertröpfchen "sandwiched" im Luftstrom
- **"Everywhere displays"**



G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09
VR-Displays & Stereo-Rending 25

Display → Klassifikation VR-Arten

Art	Vorteile	Nachteile
Fishtank	Preiswert, Akzeptanz, Auflösung,	Keine Immersion, <i>stereoscopic violation</i> , Bewegungsfreiraum, <i>field-of-view</i>
Head-coupled	Immersion, <i>field-of-view</i> , <i>no stereoscopic violation</i> , Bewegungsfreiraum	Auflösung, Gewicht, Verzerrung, Akzeptanz, Präsenz
Projection-based	Auflösung, <i>field-of-view</i> , Präsenz,	Teuer, Wartung, ( <i>stereoscopic violation</i> )

G. Zachmann Virtuelle Realität und Simulation - WS 08/09 VR-Displays & Stereo-Rendering 26