

# Virtuelle Realität

## VR-Displays & Stereo-Rendering



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



# Visuelle Displays

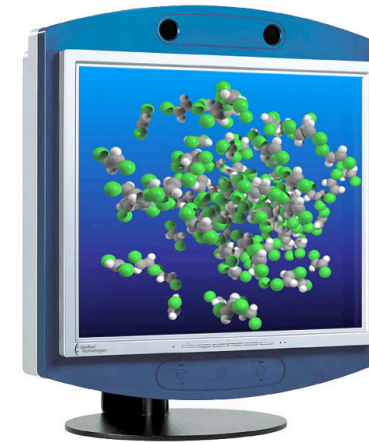
- Monitor
- *Head-Mounted Displays (HMDs)*
- *Head-Coupled Displays (HCDs)*
- *Immersive projection displays (IPDs)*
  - *"Powerwall"*
  - *Workbench*
  - *Cave*
- Retinal displays





# 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





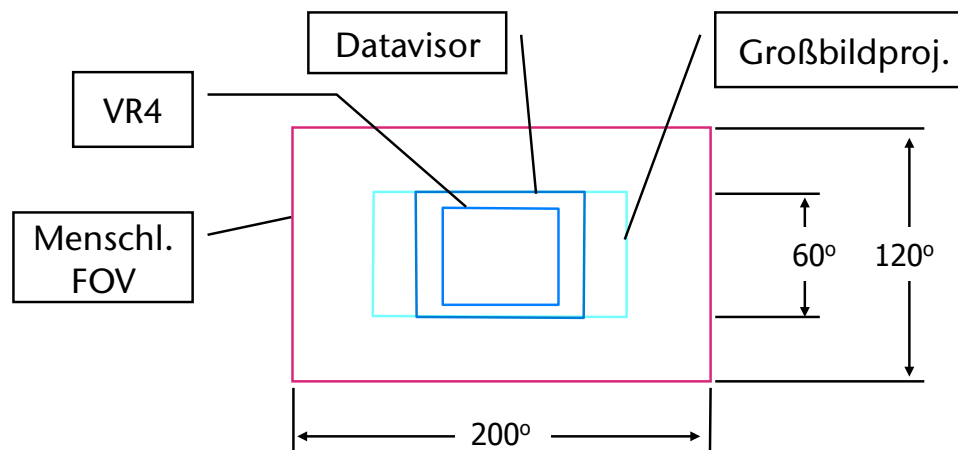
# HMD

- 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





- 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*



# 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





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

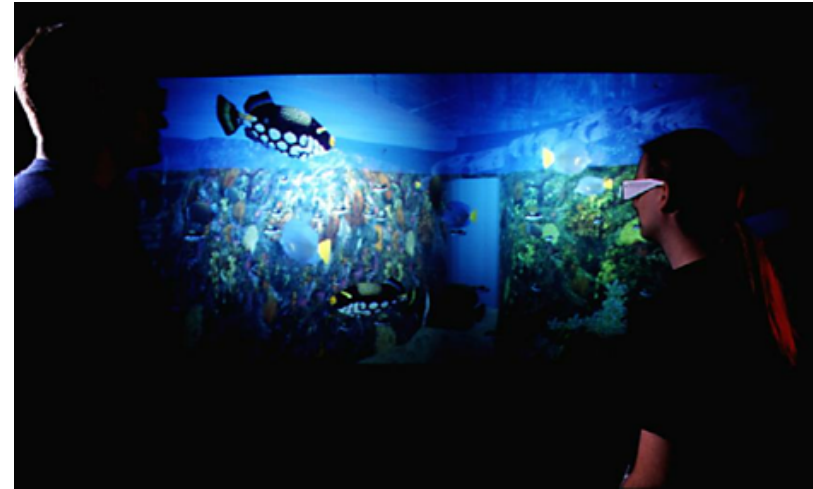
- Idee ähnlich wie im Kino
- 1 – 6 Leinwände
- *Powerwall*: 1 Wand (3x6 Meter z.B.)
- *Workbench*: 1 waagerechte Display-Fläche
- *Holobench*: 2 Flächen, 1 senkrecht, 1 waagerecht
- *Cave*: 3 – 6 Wände
- "*Desktop-Cave*": 2 waagerechte Wände



# Powerwall



*Powerwall mit Rückprojektion*

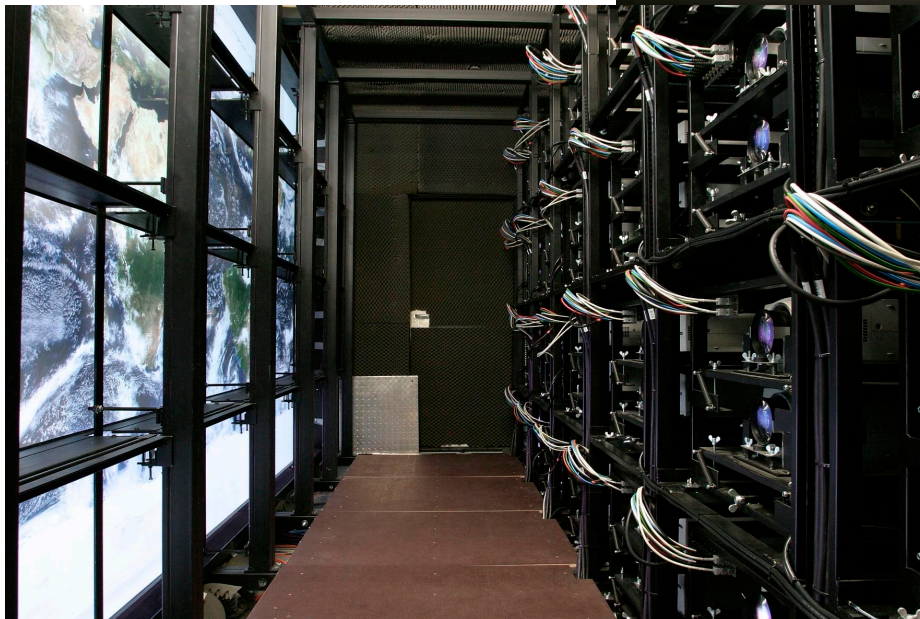


*Powerwall mit Aufprojektion,  
(Probleme hier: Edge-Blending, Hot Spots)*





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



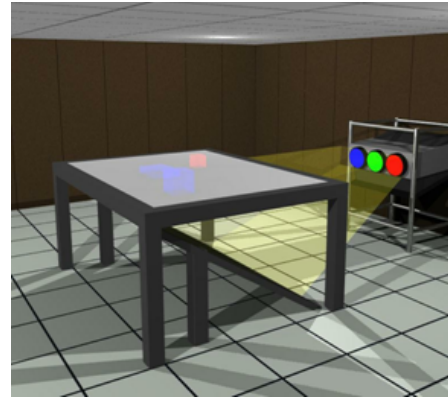


# Workbench

*Workbench*



*Prinzip der Workbench*



*Kippbare Proj.fläche*



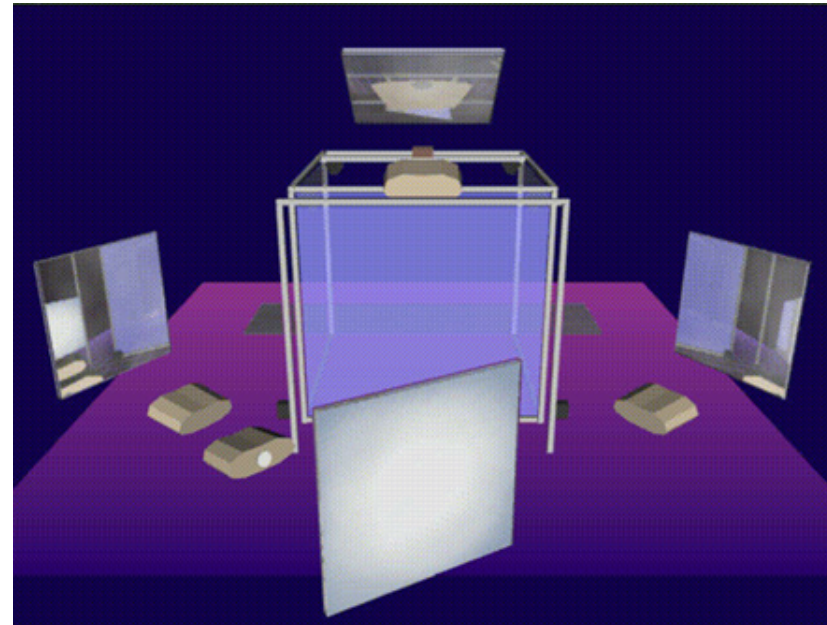
*Holobench*



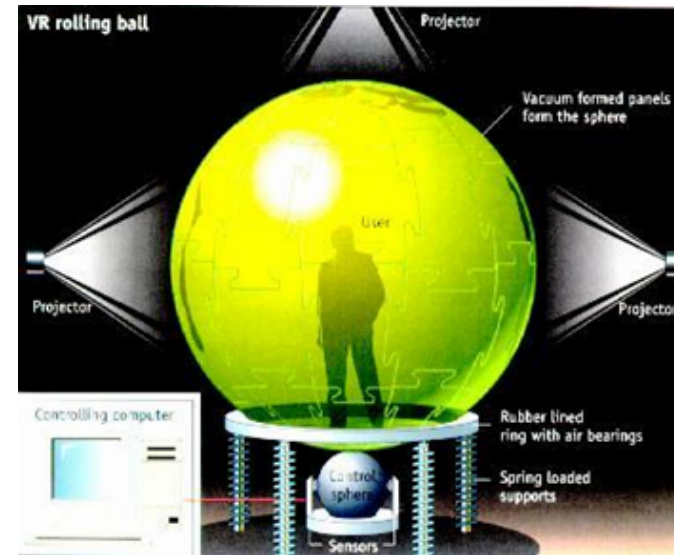
# Cave



*3-Seiten Cave*



*Spiegelanordnung*

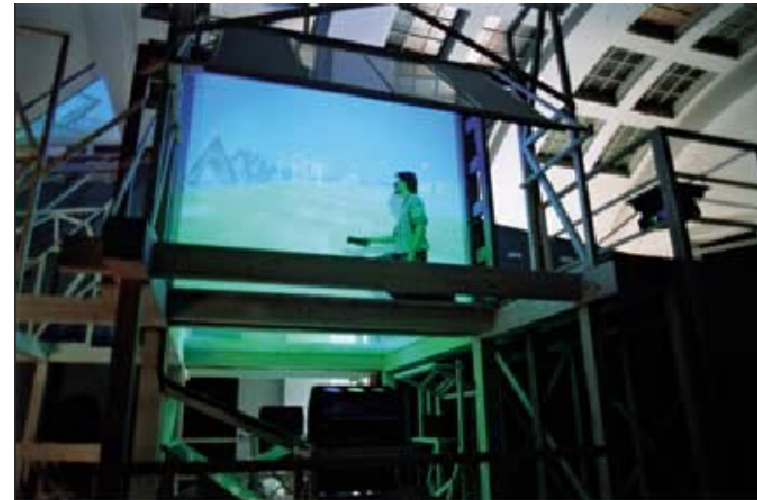


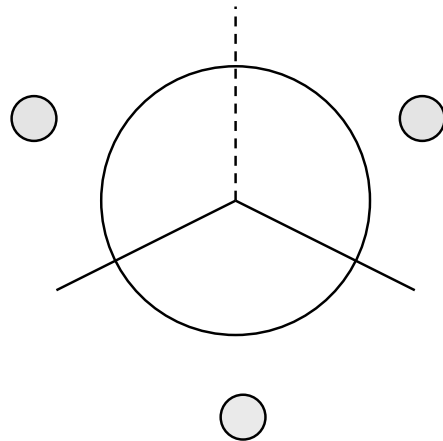
Studie

5-Seiten Cave, FhG-IGD, Darmstadt

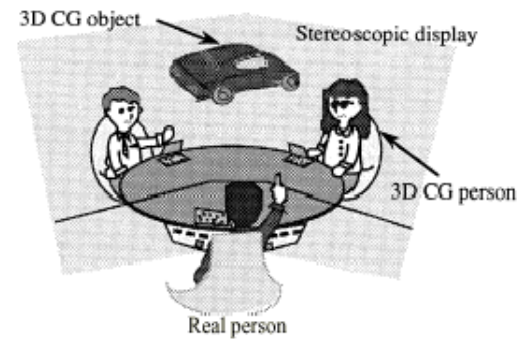


6-Seiten Cave, Alborg, DK



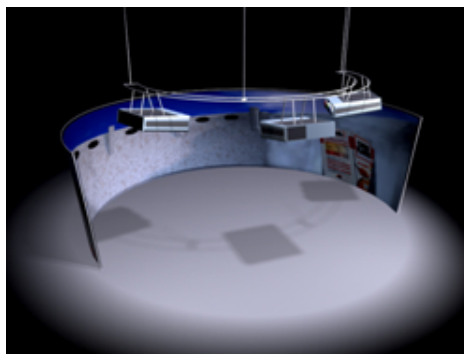


Shared workspace,  
hier mit logisch  
aneinandergefügt  
*"Desktop-Caves"*





# Curved Screens





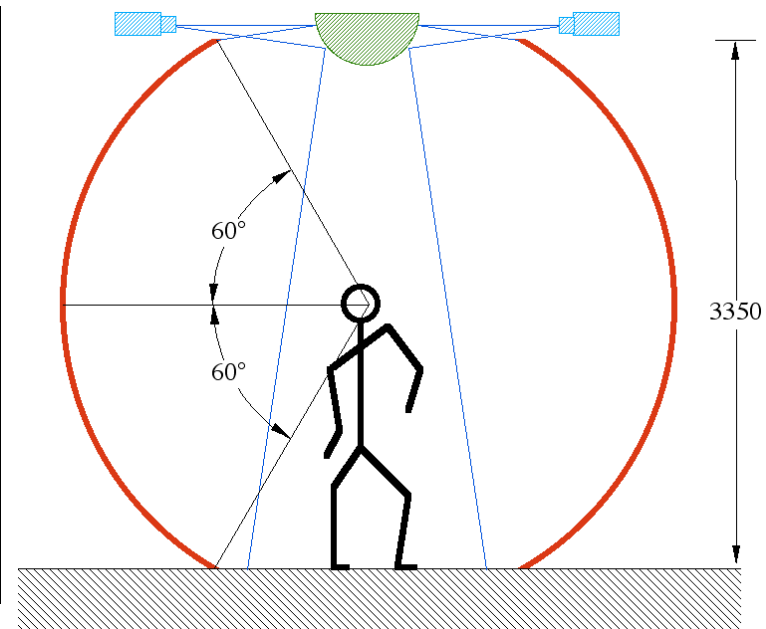
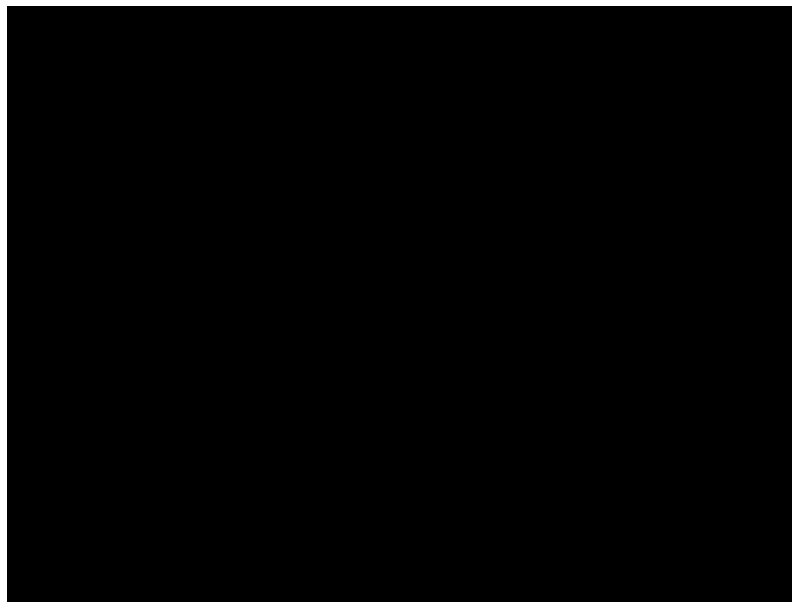
- One-man curved screens (fast schon Dome):





# Personal Domes

- Beispiel: Wii + Dome + MacBook Pro



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





# Vor- und Nachteile der IPDs

## ■ Vorteile:

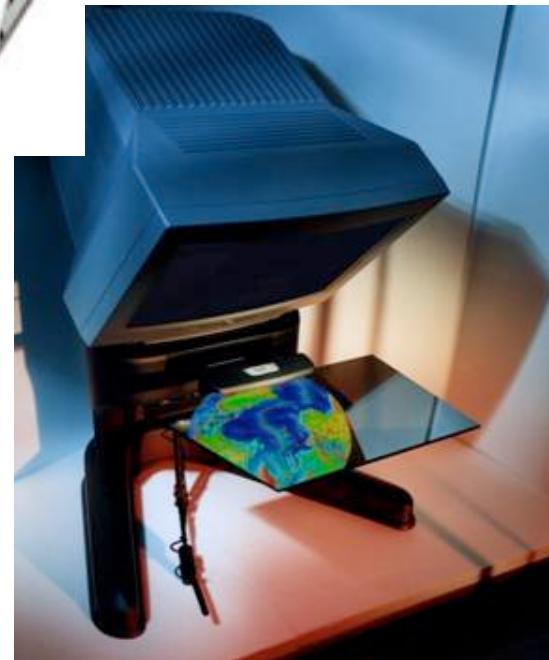
- Hohe Auflösung (z.Z. bis zu ca. 1600 x 1280 pro Kachel)
- Großer *field-of-view*
- "*non-invasive*"
- Keine Isolation von der realen Welt
- (Mehrere User)
- *Cave*: Kopfdrehung bewirkt nur kleine Änderungen im Bild  
→ Latenz-Problem reduziert / nicht so auffällig

## ■ Nachteile:

- Platz
- Preis (viele Projektoren, viele *Graphik-Pipes*)
- Präzision, Justierung
- Möglicherweise "*stereoscopic violation*"
- (korrekte Ansicht nur für einen *Viewer*)



- Die Reachin-Idee:





- Ein modernes "Sensorama":

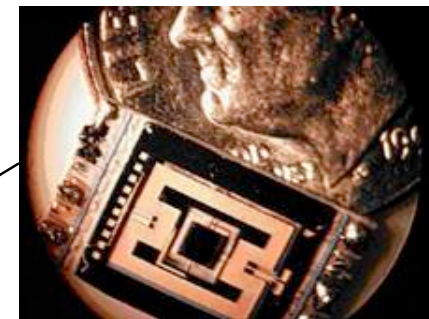
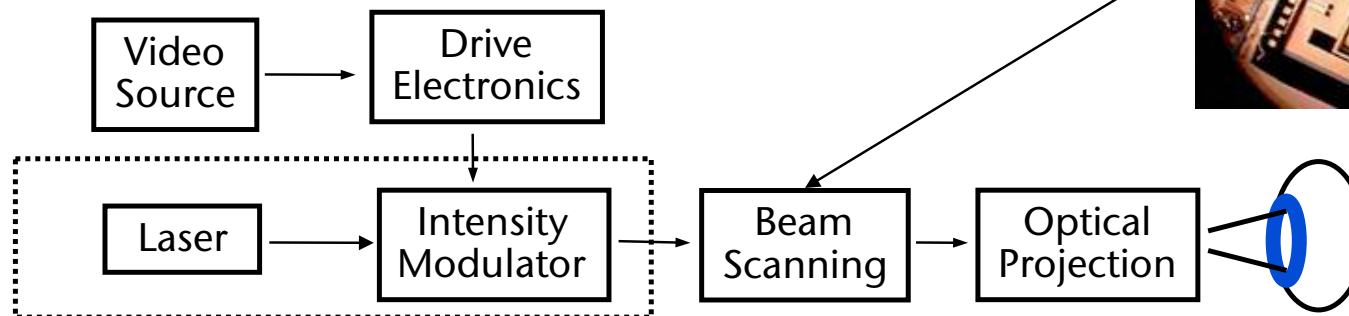


*Immersa-Dome* von Aardvark Applications



# 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





*Retinal display*



*Studie*



# 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 =  $1000 \times 1000 \times 100$ )
  - Verdeckung?



- Volumetrisches Display:
  - $198 \times 768 \times 768 \approx 100$  million voxels
  - Frame rate: 20 Hz



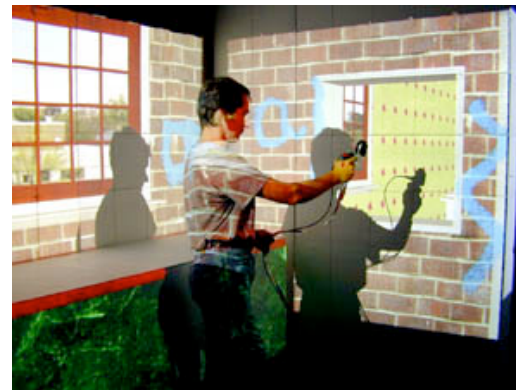


# Ungewöhnliche Display-Flächen

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



- "Everywhere displays"







## 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> )