

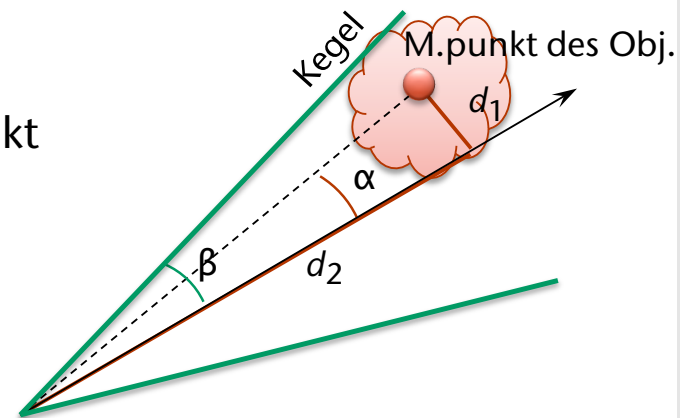


- Annahmen:
  - Kegel ist besser als Strahl
  - I.A. sind viele Objekte im Kegel (dense environment)

- Idee:
  - Definiere Skalarfeld im Kegel
  - Berechne daraus "Score" für jedes Objekt
  - Stelle Ranking der Objekte auf

- Eine einfache Score-Funktion:

$$s = 1 - \frac{\alpha}{\beta}$$



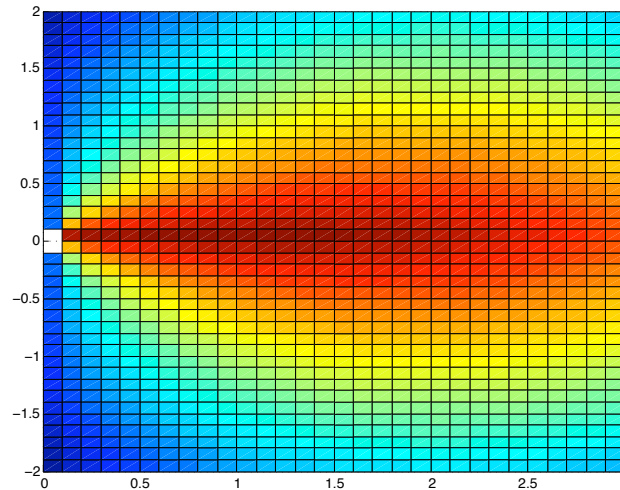
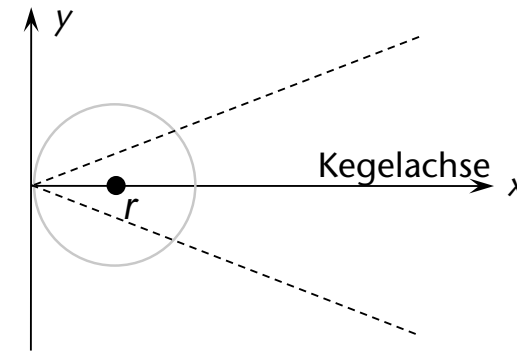
- Score-Funktion, die nahe Objekte (etwas) bevorzugt:

$$s = 1 - \frac{1}{\beta} \tan^{-1} \left( \frac{d_1}{(d_2)^k} \right), \quad k \in \left[ \frac{1}{2}, 1 \right]$$



- Noch stärkere Bevorzugung naher Objekte:

$$s = \left( 1 - \frac{1}{\beta} \tan^{-1} \left( \frac{d_1}{(d_2)^k} \right) \right) + 0.1 \left( 1 - \frac{(x - r)^2 + y^2}{r^2} \right)$$





- Problem: Zittern der Hand führt zu häufigen Änderungen des Rankings
- Lösung: Filterung

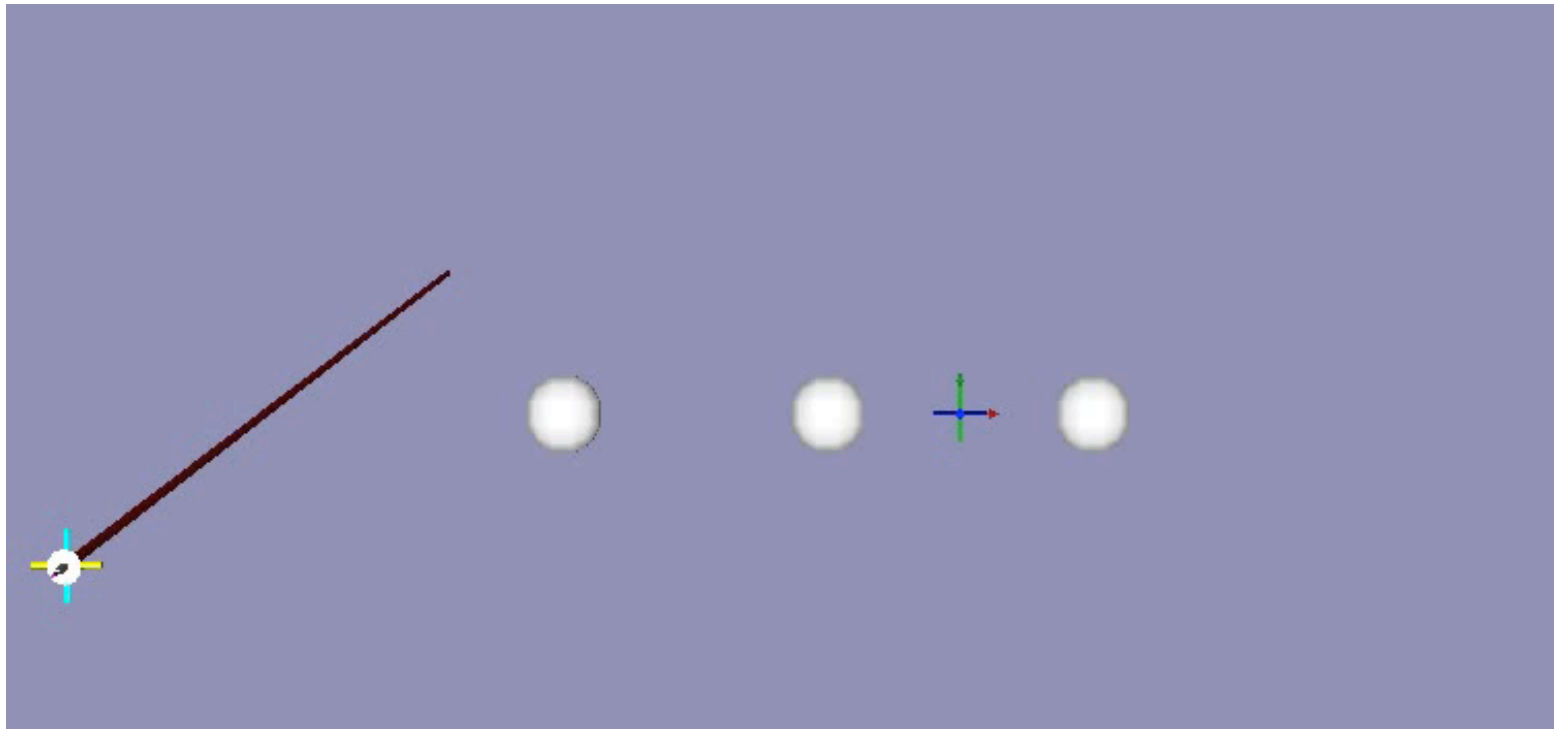
$$s = s(t)$$

$$\hat{s}(t) = \sigma \hat{s}(t - 1) + \tau s(t)$$

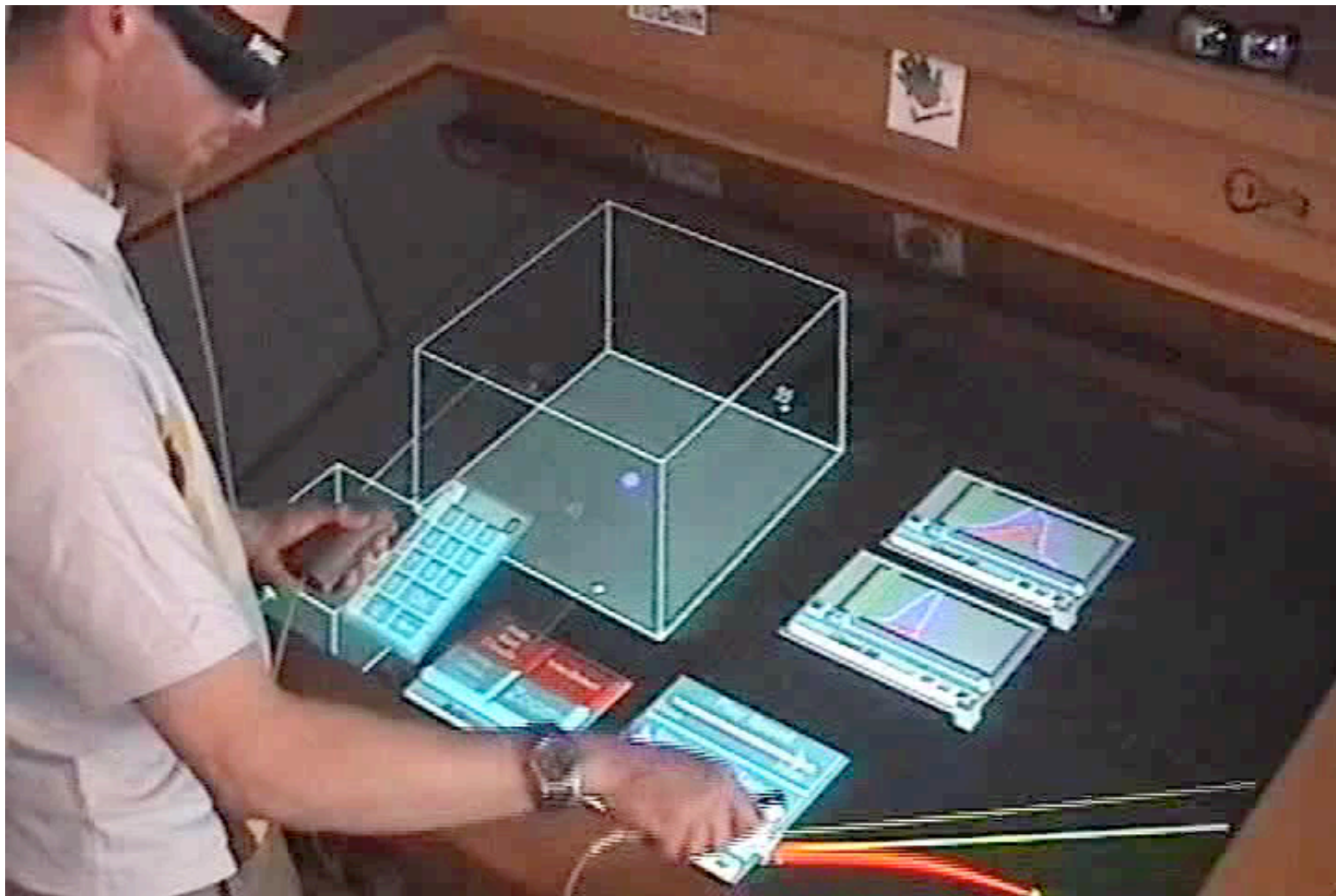
- $\sigma$  = "stickiness",  $\tau$  = "snappiness"
- Verallgemeinerung: FIR-Filter (siehe Kapitel 7)
- Feedback:
  - Gebogener Strahl zum Objekt mit dem höchsten Ranking
  - Gerader Strahl zur Anzeige der Kegelachse



## Video



[G. de Haan, M. Koutek, and F. Post]

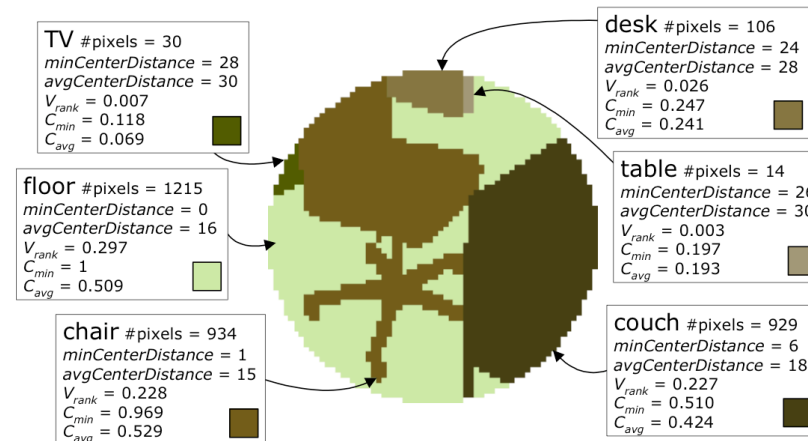




## Weitere Ranking-Funktionen

- Umgekehrte Distanz-Funktion: ferne Objekte bevorzugen
- Bessere Berechnung des "Winkels" zur Kegelaschse:
  - Rendere ein Objekt mit niedriger Auflösung in einen off-screen Buffer mit "Viewpoint" = Kegelpapex, Blickrichtung = Kegelaschse
  - Bestimme durchschnittlichen Abstand der Pixel vom Mittelpunkt:

$$s' = 1 - \frac{\frac{1}{n} \sum_{\text{pixel } p} d(p)}{\text{radius}}$$





# Anwendung in multi-modalem AR-Interface



## SenseShapes:

Using Statistical Geometry for  
Object Selection in a Multimodal  
Augmented Reality System

Submitted to ISMAR 2003

Do not distribute

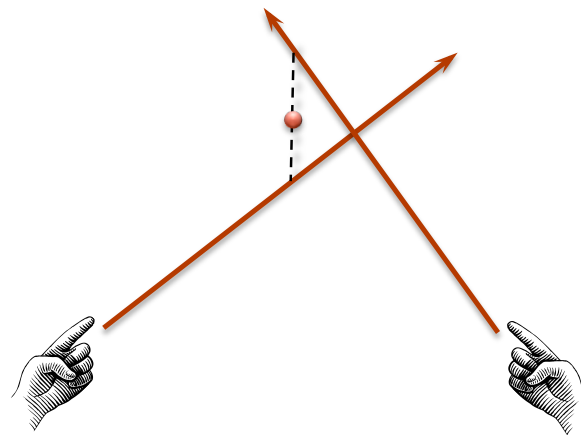


## iSith: beidhändige Selektion

[2006]



- Idee: Schnittpunkt zweier Strahlen definiert "Selektionszentrum"
- Praktische Umsetzung:
  - Zwei Hände = zwei Strahlen
  - Selektionsmodus wird getriggert, wenn Abstand zwischen beiden Strahlen  $<$  Threshold
  - Mittelpunkt auf dem Lot zwischen beiden Strahlen berechnen
  - Falls Mittelpunkt "nahe genug" an einem Objekt  $\rightarrow$  selektieren









# Der Bubble Cursor und der Depth Ray

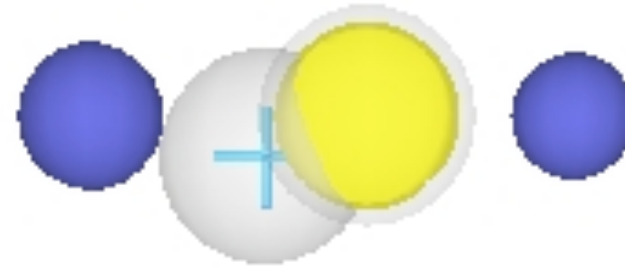
[2008]



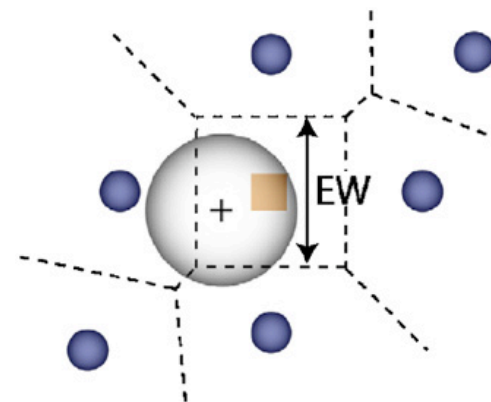
- Eine weitere Methode, die **effektive Target-Größe** zu erhöhen

- **Bubble Cursor:**

- 3D Fadenkreuz
- Selektiert wird immer das nächste Objekt
- Transparente Kugel um Fadenkreuz ist immer so groß, wie Entfernung zum nächsten Objekt (Feedback für "density")
- Feedback für aktives Objekt: transparente Kugel um selektiertes Obj



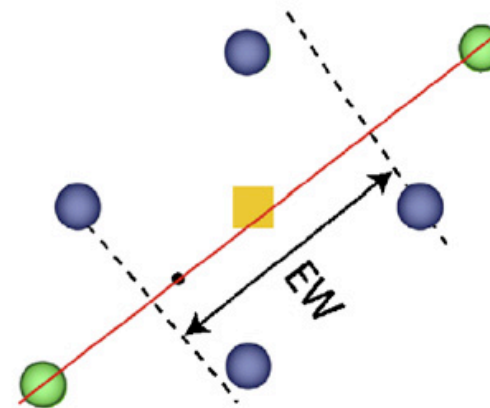
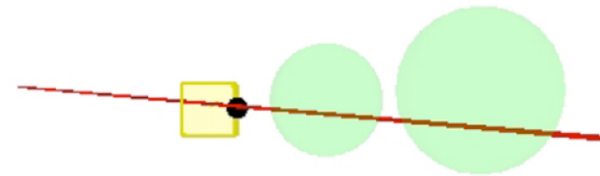
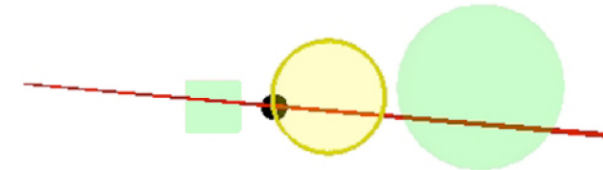
- Effektive Target-Größe =  
Voronoi-Region des Objektes:





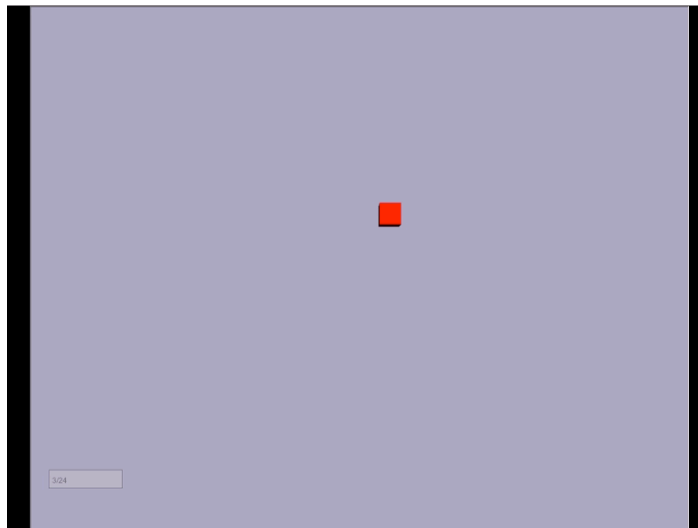
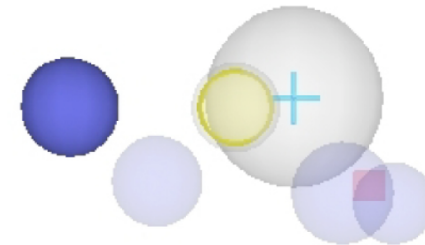
## ■ Depth Ray:

- Nur Objekte, die von Strahl getroffen werden, werden in Betracht gezogen
  - User kann einen "depth marker" auf dem Strahl verschieben
  - Von den getroffenen Obj. en ist das **nächste** selektiert / aktiv
- Effektive Target-Größe = Schnitt zwischen Strahl und Voronoi-Region = Segment auf dem Strahl

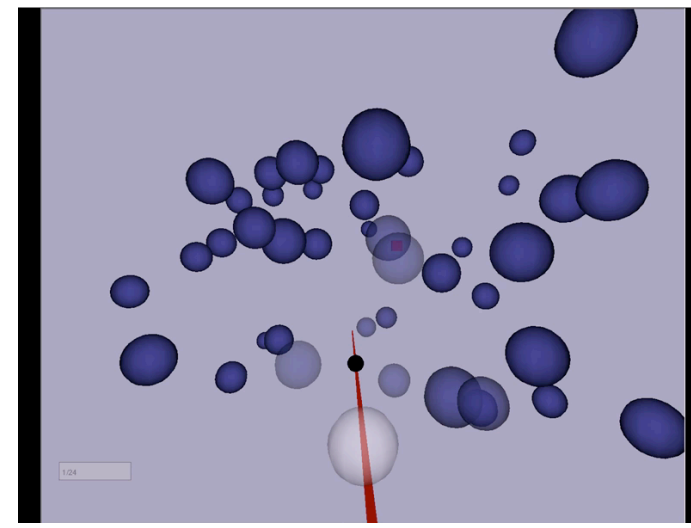




- Occlusion: verdeckende Objekte werden in der Nähe des 3D-Cursors / depth markers transparent (abhängig von der Entfernung zum Curor/Marker)



Bubble cursor [Lode van Acken]



Depth Ray



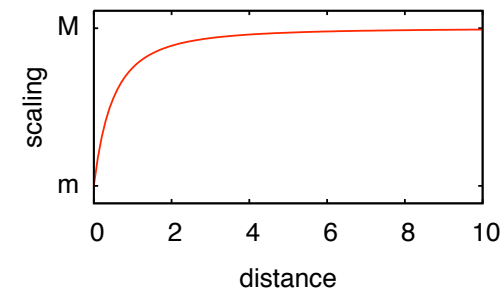
# "Semantic" pointing

[2008]

## ■ Idee:

- Modifiziere C-D-Ratio abhängig von der Entfernung des Cursors zum nächsten Target
- Große Entfernung → große Skalierung der Bewegung in Motor Space
- Kleine Entfernung → kleine Skalierung = hohe Präzision
- Z.B. mit einer Funktion wie dieser:

$$s(d) = M + \frac{m - M}{(1 + d)^\alpha}$$



## ■ Visuelles Feedback:

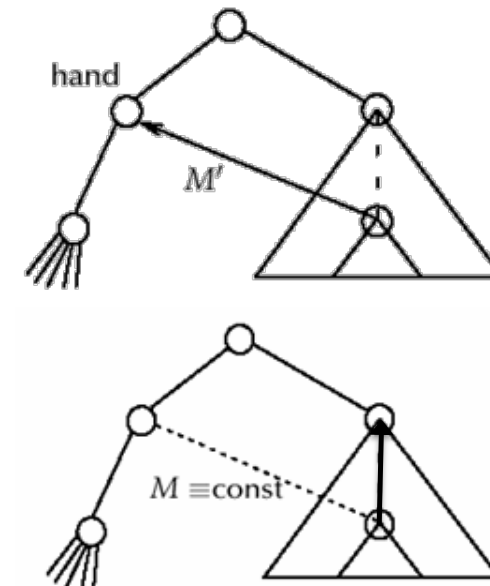
- Cursor-Größe ~ C-D-Ratio
- Farbe des Cursors signalisiert Nähe des Targets (z.B. "rot" = "hit")





# Objekt-Manipulation

- Zweithäufigste Interaktionsaufgabe
- Einfaches, **direktes** Greifen (nicht realistisch):
  1. Objekt selektieren
  2. Greifen triggern (Geste, Sprachkommando)
  3. Evtl. Kollision zwischen Hand und Objekt abwarten
  4. Objekt an die Hand "kleben"
  5. Trigger zum Loslassen abwarten
- Wie macht man "ankleben"?
  - Umhängen im Baum, oder
  - Transformationsinvariante erhalten
  - Meine Erfahrung: bei nicht-trivialen Anwendungen macht Umhängen Ärger!
- Natürliche Interaktion: Diplomarbeit! 😊





# Taxonomie der natürlichen Greifposen

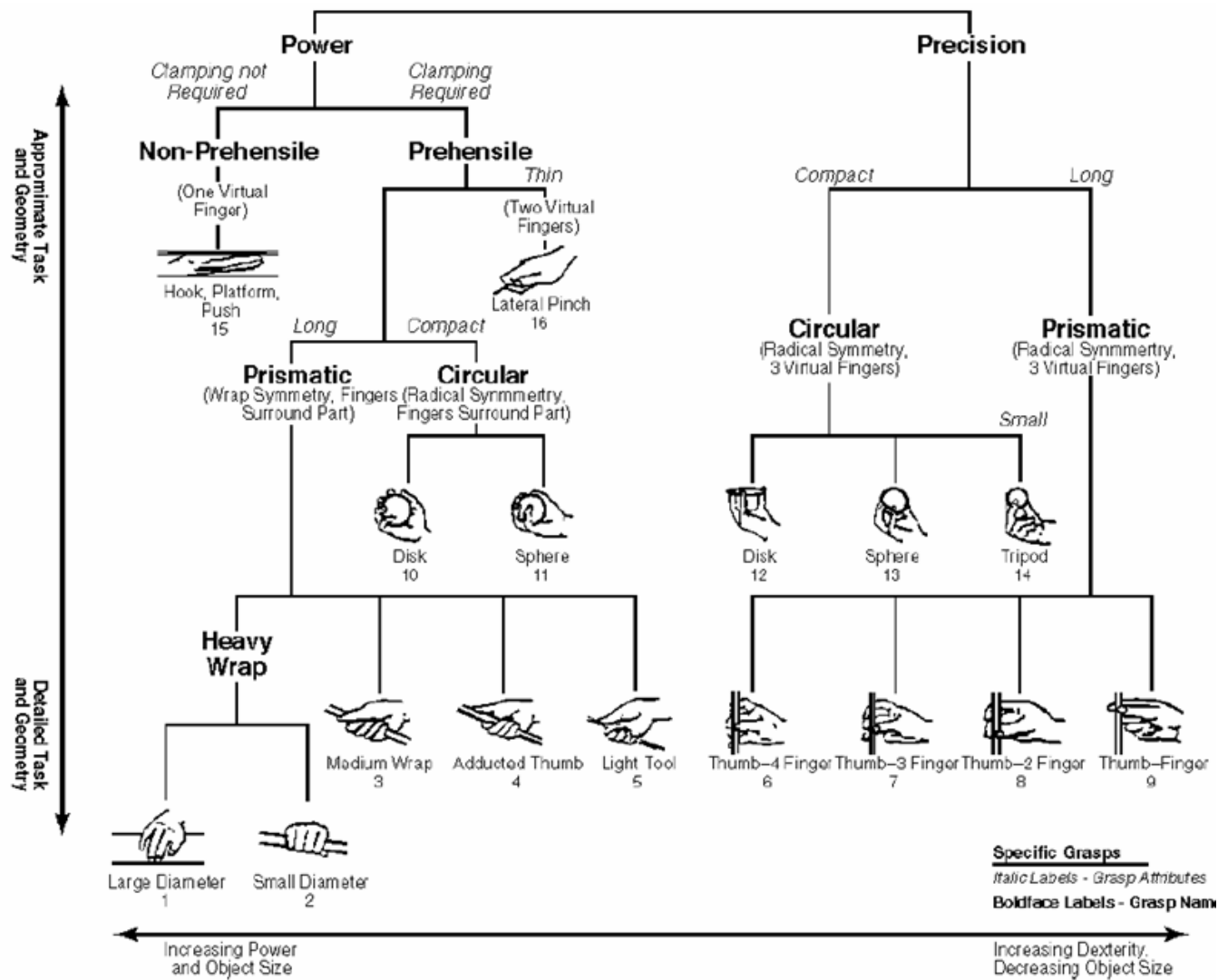
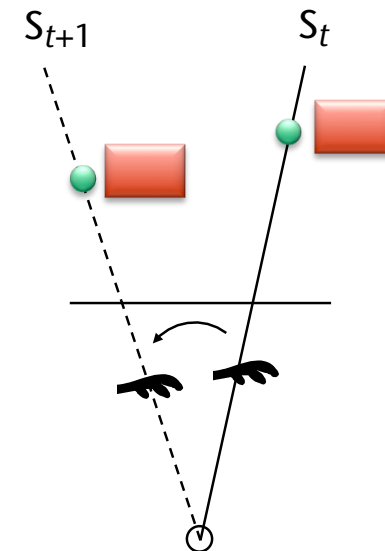


Figure 64. Taxonomy of Manufacturing Grasps



# Action-at-a-Distance

- Allgemeines Interaktionsprinzip
- Beispiel: Verschieben eines Objektes aus der Entfernung:
  - Idee: skaliere Handbewegung so, daß sich die relative Position zwischen Hand und Objekt auf der Bildebene nicht ändert
  - Berechnung:
    1.  $d_O^t$  = Distanz des Obj. an alter Position
    2.  $P^t$  = Punkt auf Strahl  $S_t$  mit Distanz  $d_O^t$
    3.  $d_H^t$  = Distanz zu Hand an alter Position
    4.  $d_H^{t+1}$  = Distanz zu Hand an neuer Position
    5. Bestimme  $d_O^{t+1}$  so, daß  $\frac{d_O^t}{d_H^t} = \frac{d_O^{t+1}}{d_H^{t+1}}$
    6.  $P^{t+1}$  = Punkt auf Strahl  $S_{t+1}$  mit Distanz  $d_O^{t+1}$
    7. Translation für das Objekt =  $P^{t+1} - P^t$

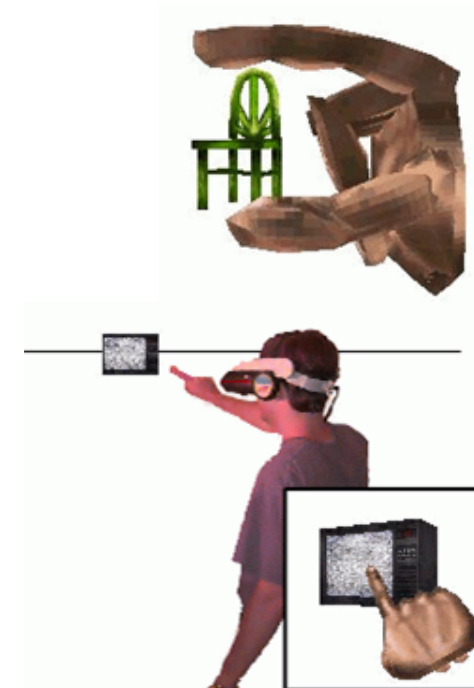






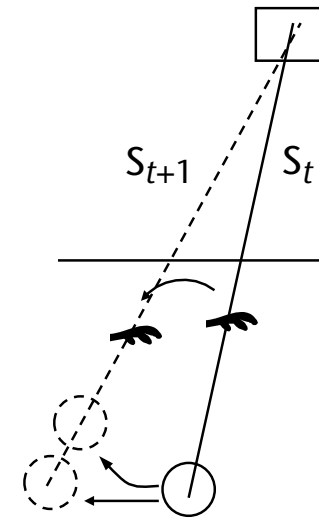
# Image plane interaction

- User interagiert nicht mit 3D Objekten sondern deren 2D-Abbild
- Selektion:
  - schieße Strahl zwischen Daumen und Zeigefinger
  - Strahl von Auge durch Zeigefingerspitze
  - "Lifting palm"
  - Einrahmung mit den Händen
- Manipulation:
  - Bringe Objekt in Reichweite des Users
  - Transliere User zum Objekt
  - Evtl. Szene skalieren





- Navigation:
  - Projektionen von Finger und Objekt auf der Bildebene bleiben konstant zueinander
  - Translation oder Orbit
  - Ähnlich wie "Verschieben aus der Entfernung"
  - Distanz Hand–Auge → Zoom
- Problem: Stereo
  - Lösung: während der Navigation/Selektion/... Mono rendern.





# PRISM



- PRISM = "precise and rapid interaction through scaled manipulation"
- Problemstellung: präzise Manipulation im Nahbereich
- Die Idee:
  - Skaliere die Handbewegung, d.h., C-D ratio > 1
  - Immer dann, wenn Handgeschwindigkeit < Schwellwert
  - Sei
    - $D_O$  = Distanz, um die das manipulierte Objekt transliert wird
    - $D_H$  = Distanz, die sich die Hand seit dem letzten Frame bewegt hat
    - $V_H$  = durchschnittl. Geschwindigkeit der Hand in der letzten ½ Sekunde
    - $S$  = Schwellwert;

dann wählen wir

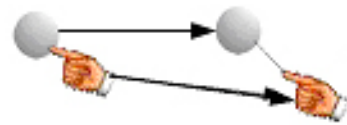
$$D_O = k \cdot D_H \quad k = \begin{cases} 1 & , V_H > S \\ V_H/S & , \min < V_H < S \\ 0 & , V_H \leq \min \end{cases}$$



- Detail:
  - Diese Skalierung kann man **unabhängig** für jede Koordinate machen
  - Vorteil: man kann so Objekte leicht exakt entlang einer Koordinatenachse bewegen
- Offset-Recovery:
  - Problem: die Hand- und Obj-Position laufen mit der Zeit auseinander
  - "Lösung": wenn sich die Hand sehr schnell bewegt, wird dieser Offset vom System reduziert (das Objekt bewegt sich schneller als die Hand)
  - Merkt der User bei schneller Handbewegung nicht
- Diese Technik geht (fast) genauso analog für **Rotationen**:
  - Man muss nur die Handrotation in Achse + Winkel konvertieren, dann skalieren, dann wieder in Rotationsmatrix konvertieren



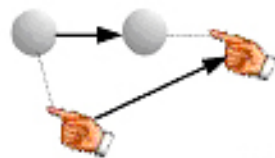
## Beispiele



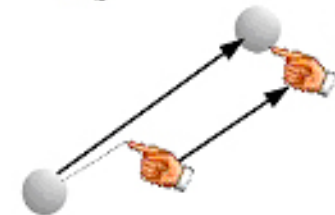
**a.** User moves hand slowly to the right and down. Some movement is scaled down in the horizontal direction, nearly all is scaled down in the vertical.



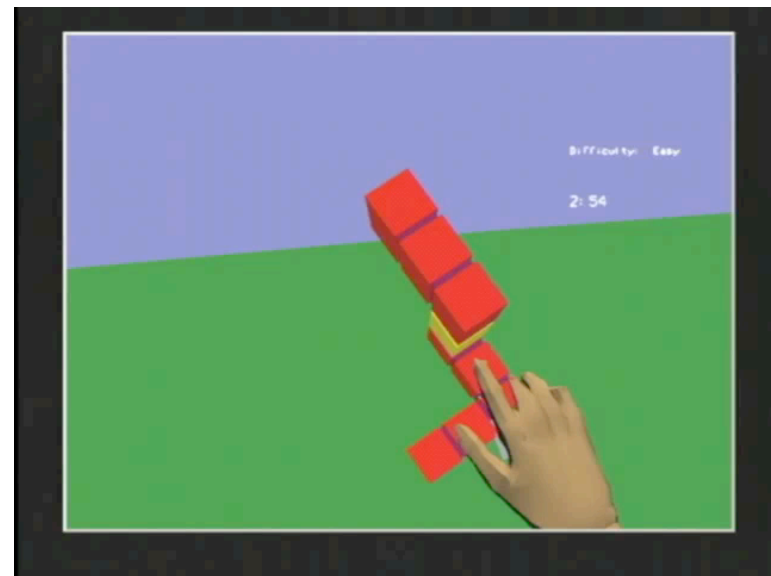
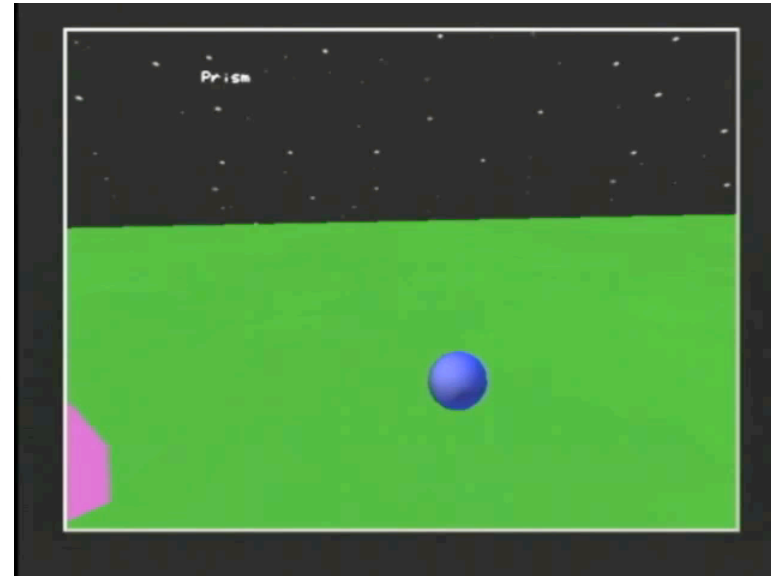
**b.** User moves in the same direction as in (a), this time quickly. Since interaction is in direct mode, object follows hand to its exact location.



**c.** User slowly moves to the right and up back towards object, vertical offset is recovered. Scaled motion performed in horizontal direction.



**d.** After accumulating offset, user moves hand quickly up and to the right. Offset is eliminated and mode has switched into direct.

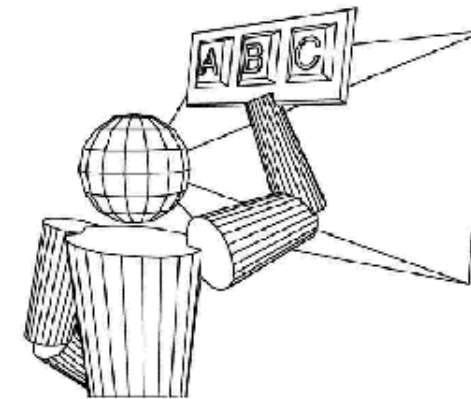


Frees, Kessler, Kay ( <http://give.ramapo.edu/prism/prism.html> )



# Proprioceptive Interaction

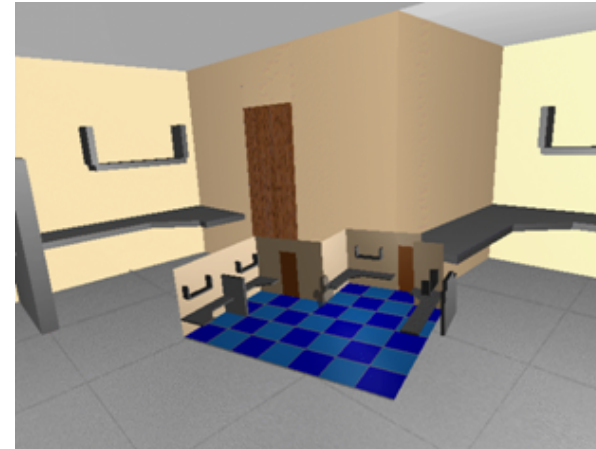
- *proprius* = (adj.) eigen
- Idee: nutze aus, dass Mensch auch mit geschlossenen Augen weiß, wo sich seine Hand befindet
- Echte "*pull-down*" Menüs:
  - User greift nach oben, Herunterziehen bewirkt Erscheinen von Menü
- Löschen = über die Schulter werfen
- Objekt werden aus der Ferne durch hand-held Widgets manipuliert





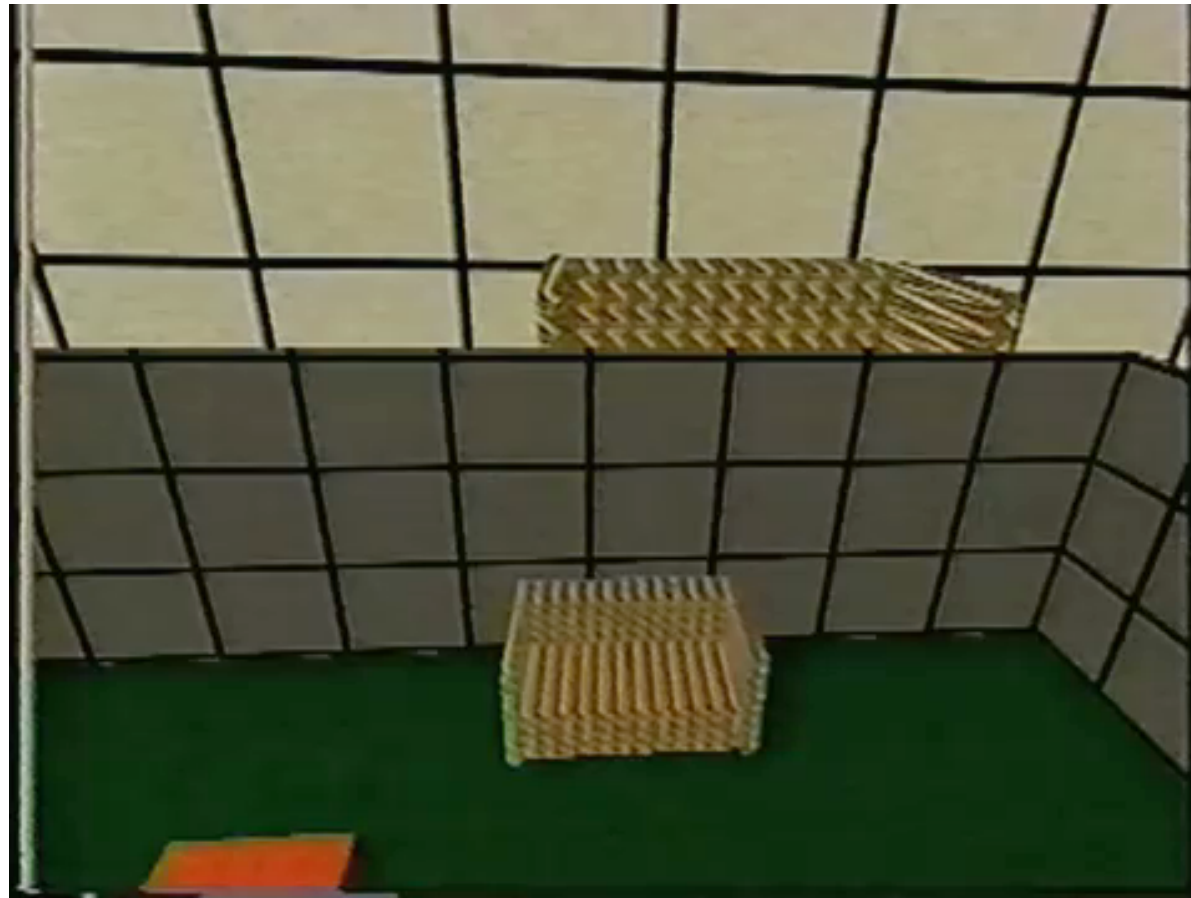
## World-in-Miniature

- Idee: 3D-Miniatur-"Karte" (analog zu 2D-Karte)
- Interaktion in der 3D-Karte wird übertragen in Aktion in der virtuellen Umgebung
- Überblick gewinnen = WIM drehen
- Objekt bewegen = Objekt in WIM greifen und bewegen
- Navigation = Frustum in WIM verschieben, oder Punkt selektieren





■ Video:



Doug Bowman





## Zweihändige Interaktion

- Der Mensch hat 2 Hände:  
eine **dominante** (rechte) und eine **nicht-dominante** (linke)
- Funktion der nicht-dominanten Hand:  
Referenzkoordinatensystem, Kontext positionieren
- Funktion der dominanten Hand:  
Feinmotorik innerhalb des Kontexts

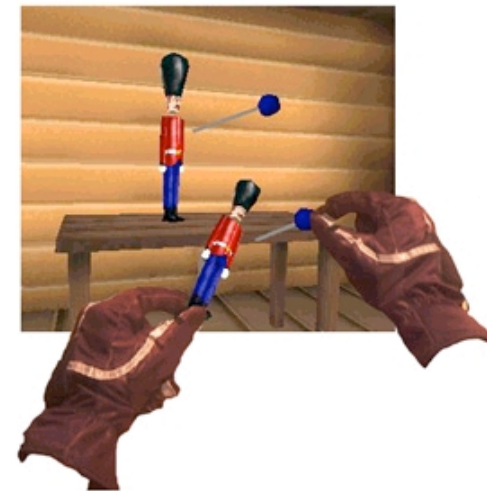




# Voodoo dolls

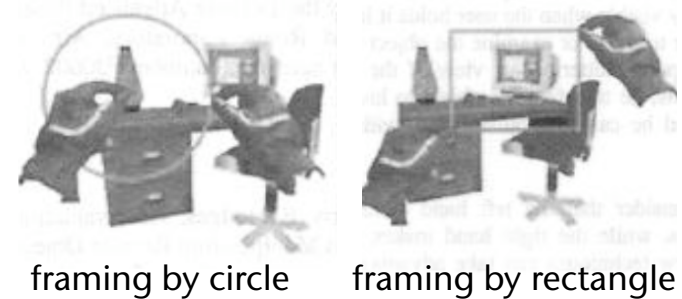
[1999]

- Technik zur "remote" Manipulation / Platzierung von Objekten
- Idee: Erzeuge eine temporäre Kopie (= voodoo doll) der entfernten Objekte
- Ablauf einer Manipulation:
  - Erzeuge Kopie eines Referenzobjektes, mache diese an linker Hand fest
    - Das Original der Kopie bleibt fest; Kopie liefert Referenzkoordinatensystem
  - Erzeuge Kopie des zu manipulierenden Objektes, attach to right hand
    - Das Original dazu wird bewegt
  - Bewegung der rechten Kopie — **relativ zur Kopie des Referenzobjektes(!)** — wird auf das Original übertragen





- Erzeugen einer Kopie (voodoo doll):
  - Image-plane-Technik: Pinch-Geste "vor" dem Objekt
  - Größe der Kopie =  $\frac{1}{2}$  Meter in der längsten Ausdehnung
- Kontext zur linken *voodoo doll*:
  - Erzeuge Kopien von Objekten in der Umgebung des Referenzobjektes
  - Wieder Image-plane-Techniken, hier "Framing" (mit Rechteck oder Kreis)





- Beispiel einer Manipulation:

1. User "greift" Tisch mittels Pinch-Geste der linken Hand
  - Der Tisch kann sich in weiter Entfernung befinden
2. System erzeugt Kopie, attacht an die linke Hand, plus Kontext-Objekte, hier z.B. Telefon und Monitor
3. User "greift" Kopie des Telefons aus dem Kontext (wieder Pinch)
4. System erzeugt Kopie des Telefons an der rechten Hand
5. User plaziert Telefon an anderer Stelle auf der Kopie des Tisches
6. System überträgt die Translation auf das originale Telefon



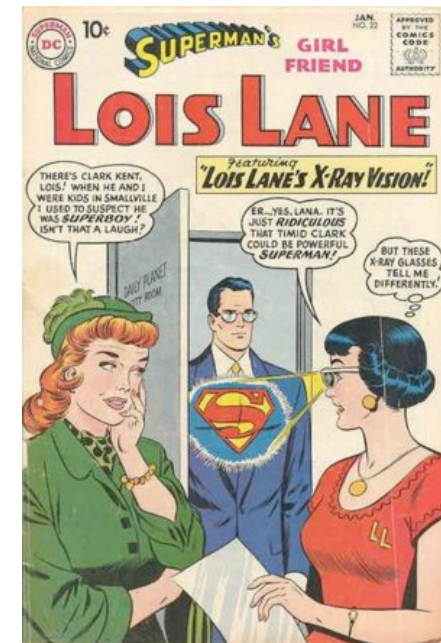
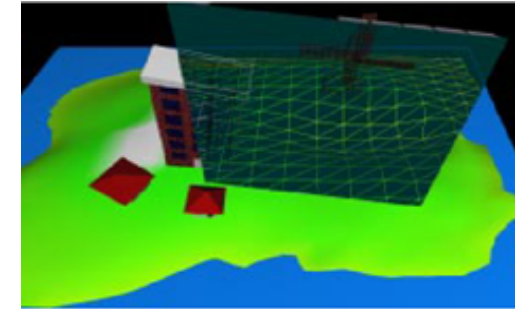
## ■ Vorteile:

- Linke Hand wird genau für den von Natur aus vorgesehenen Zweck eingesetzt
- User kann auf beliebigen Skalen arbeiten, ohne explizit eine Skalierung vorgeben zu müssen
  - Skalierung geschieht implizit durch Selektion des Referenzobjektes
- Schwer zugängliche / selektierbare Objekte werden leicht zugänglich



# Magic Lenses

- Idee: durch eine Linse sieht man die virtuelle Umgebung "anders"
- Anders =
  - Andere Rendering-Parameter
  - Andere Geometrie
  - Anderer Viewpoint
  - Skalierung, ...
- Beispiele:
  - Wireframe
  - Vergrößerung
  - *Preview-Window* für *eyeball-in-hand* oder *scene-in-hand* Navigation
  - X-Ray
  - Zusätzliche, alternative Viewpoints
  - Alternative Geometrie
- Magic lenses können auch durch ein Volumen definiert werden





## Videos



### **X-Ray Tool**

- Laying underground cables

### **Window Tool**

- Comparing different versions of a scene

### **Window Tool**

- Multiple Views into scene



# System Control

- Die "dritte" große Kategorie von Interaktionsaufgaben in VR
  - Das ungeliebte Kind in der VR-Interaktions-Community 😊
  - Interaktionsaufgaben: Systemzustand ändern
    - Und alles andere, das man nicht recht einordnen kann 😊
- Eine Taxonomie ist hier kaum machbar
- Die typischen Techniken:
  - Menus
  - Spracherkennung
  - Gesten(-menus)
  - Physikalische Geräte





# Menüs

- 3 Stufen

1. Menü aufklappen

2. Navigieren durch Menü

3. Item selektieren

- Taxonomie:

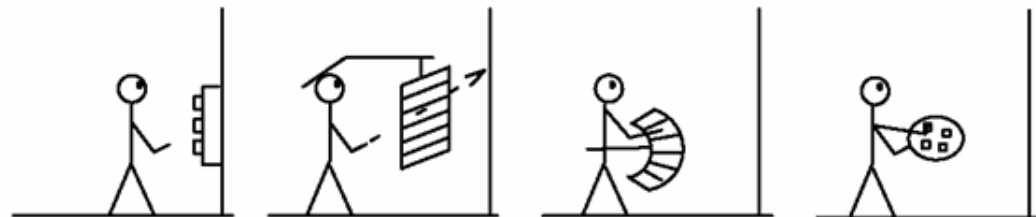
- Eingabemöglichkeiten: Gesten, Sprache, Buttons, ...

- Positionierung

- Selektion

- Dimension des Menus

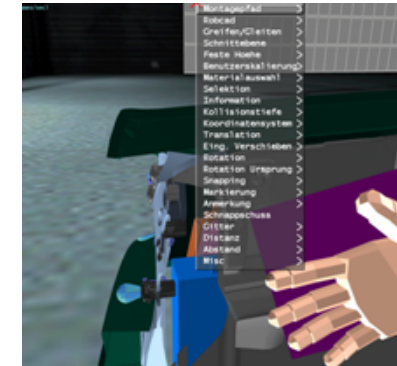
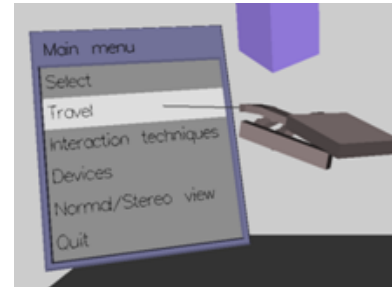
- Beispiel Positionierung des Menus:





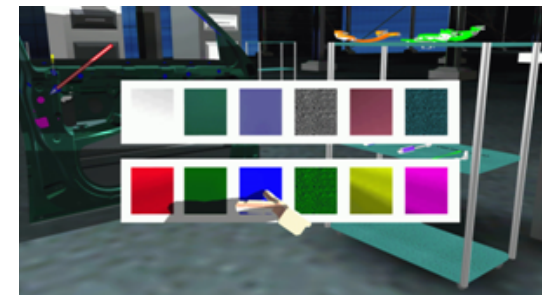
## Beispiele

- 3D, Strahl aus Zeigefinger/Handrücken



- 2D overlay, relative Handbewegung → Cursorbewegung

- 3D, fest oder Kopf-zentriert, Strahl von Auge durch Zeigefinger



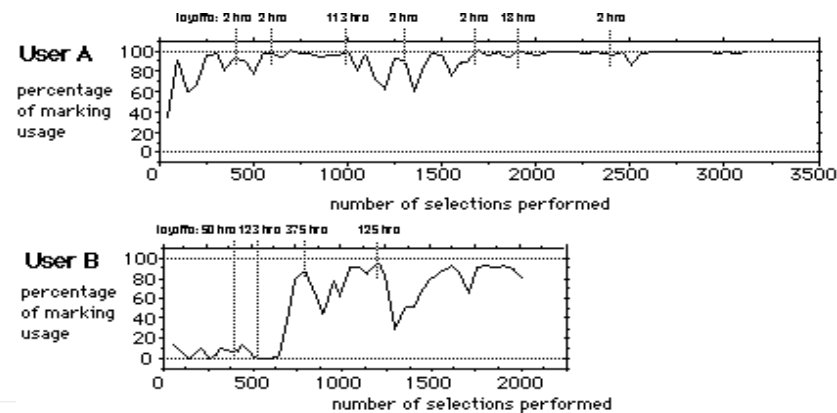
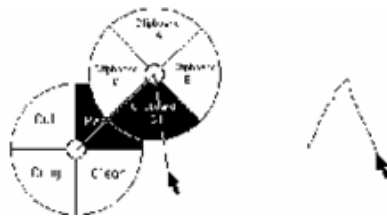
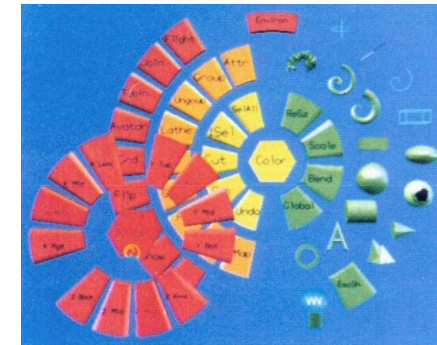
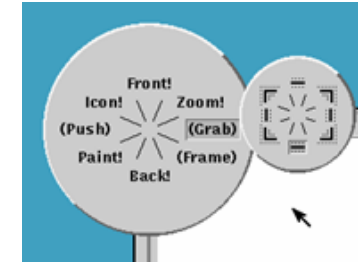
- Hand-held





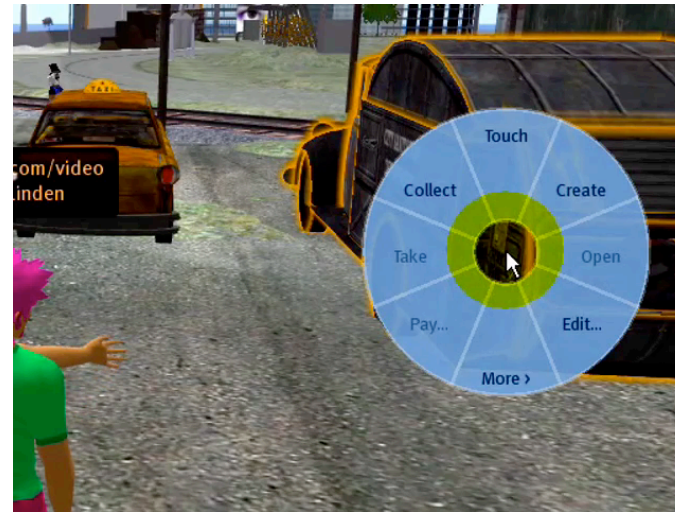
## "Marking Menus" (a.k.a pie menu)

- Ordne Items um ein Zentrum herum an (Kreis, Würfel, ..)
- Beim Auslösen: ordne Menü um aktuelle Zeigerposition herum an
- Experten können Menü "blind" bedienen
- Übergang von "*novice mode*" zu "*expert mode*" ist kontinuierlich
- Marks (Mausgesten) sind wesentlich effizienter als Menüs:





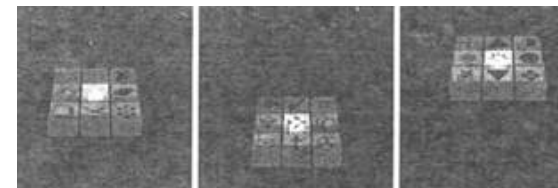
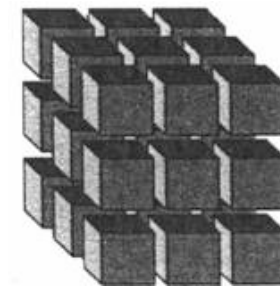
■ Video (2D):



[SecondLife]

■ In 3D?

- Direkte Übertragung → "control cube"
- Mäßig erfolgreich
- Wie geht es besser ?





# Tangible User-Interfaces

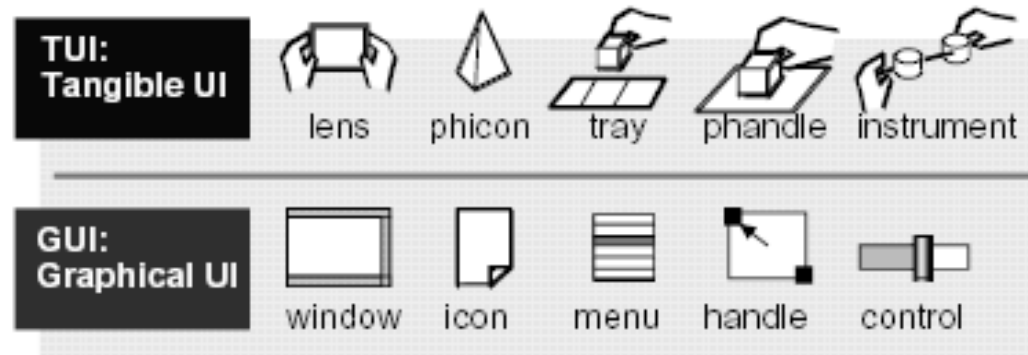
- Idee: Instanziiere virtuelle/abstrake Interaktionsmetaphern (Handles, Icons, Sliders, ...) wieder physikalisch
- **Defintion: Tangible User Interface (TUI):**  
An attempt to give physical form to digital information, making bits directly manipulable and perceptible by people.

Tangible Interfaces will make bits accessible through

- augmented physical surfaces (e.g. walls, desktops, ceilings, windows),
- graspable objects (e.g. building blocks, models, instruments), and
- ambient media (e.g. light, sound, airflow, water-flow, kinetic sculpture).



- Analogien zwischen GUIs und TUIs:



- Beispiele:



*Tangible Magic Lens*



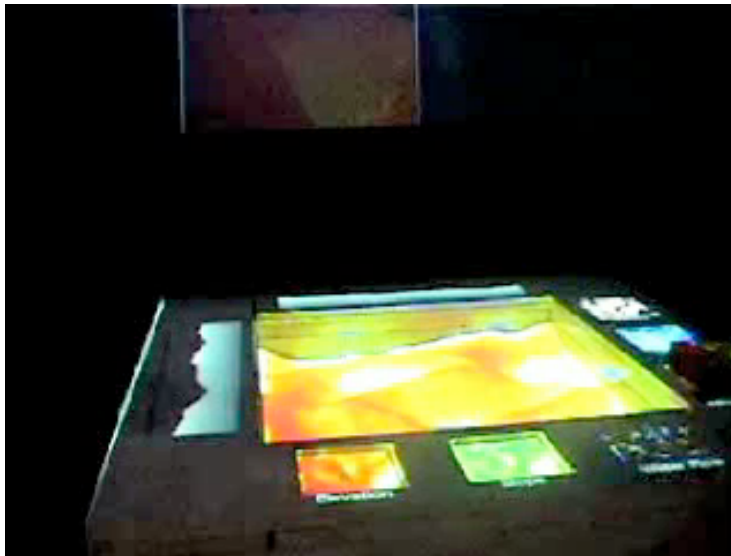
*Tangible Slider*



# Beispiele

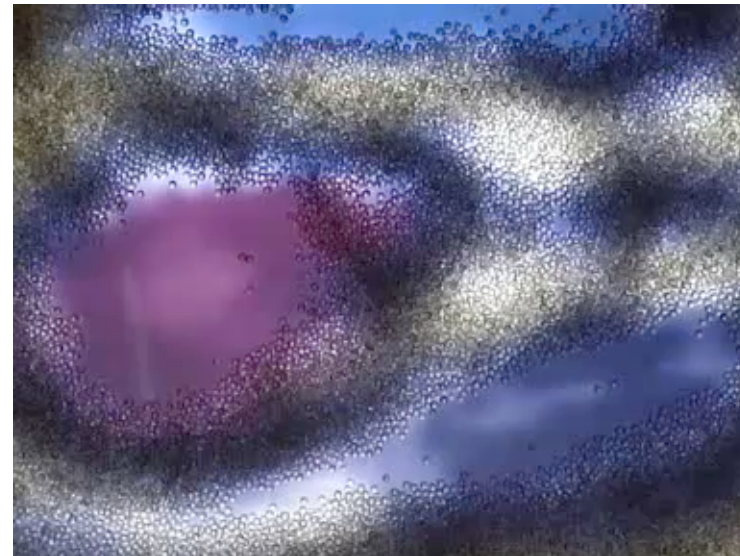


*Sandscape  
(Sand als Terrain)*



<http://tangible.media.mit.edu>

*GranulatSynthese  
(interaktive Installation)*



[http://imve.informatik.uni-hamburg.de/  
projects/GranulatSynthese](http://imve.informatik.uni-hamburg.de/projects/GranulatSynthese)

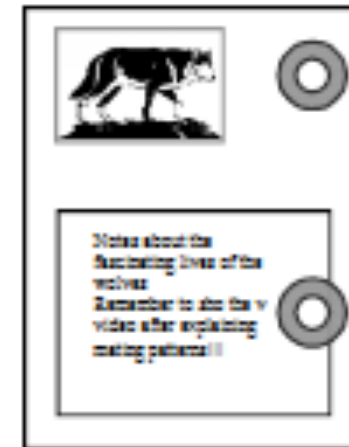
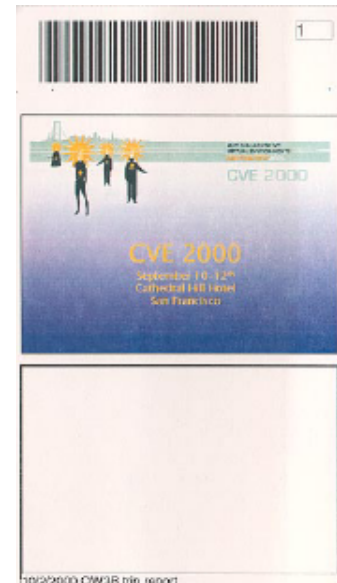


## IP Network Design Workbench (Pucks zur Manipulation von Knoten und Kanten)



[http://tangible.media.mit.edu/  
projects/ipnet\\_workbench](http://tangible.media.mit.edu/projects/ipnet_workbench)

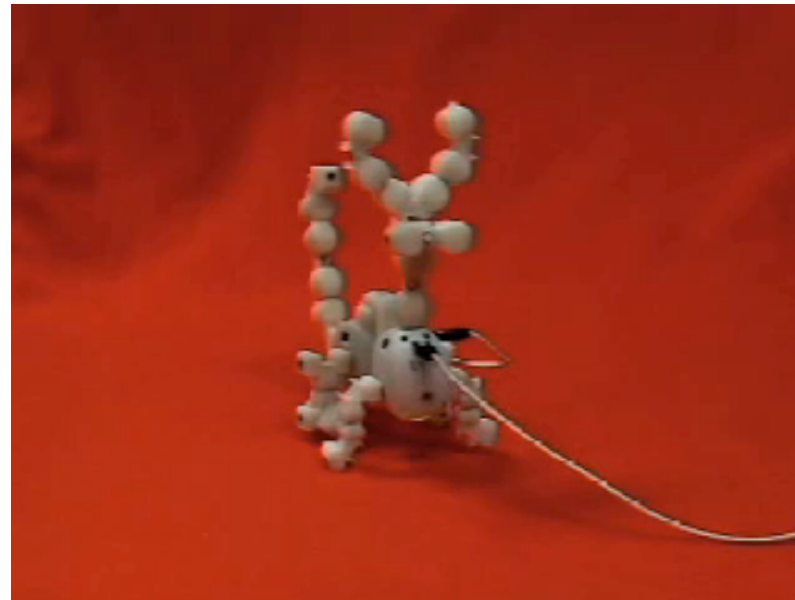
## Palette & PaperButtons







## Off the record: Selbstbauroboter



*Topobo: Baukasten  
mit "kinetischem Gedächtnis"*  
[www.topobo.com](http://www.topobo.com)