

# Interaktion mit ubiquitären Computern und Medien

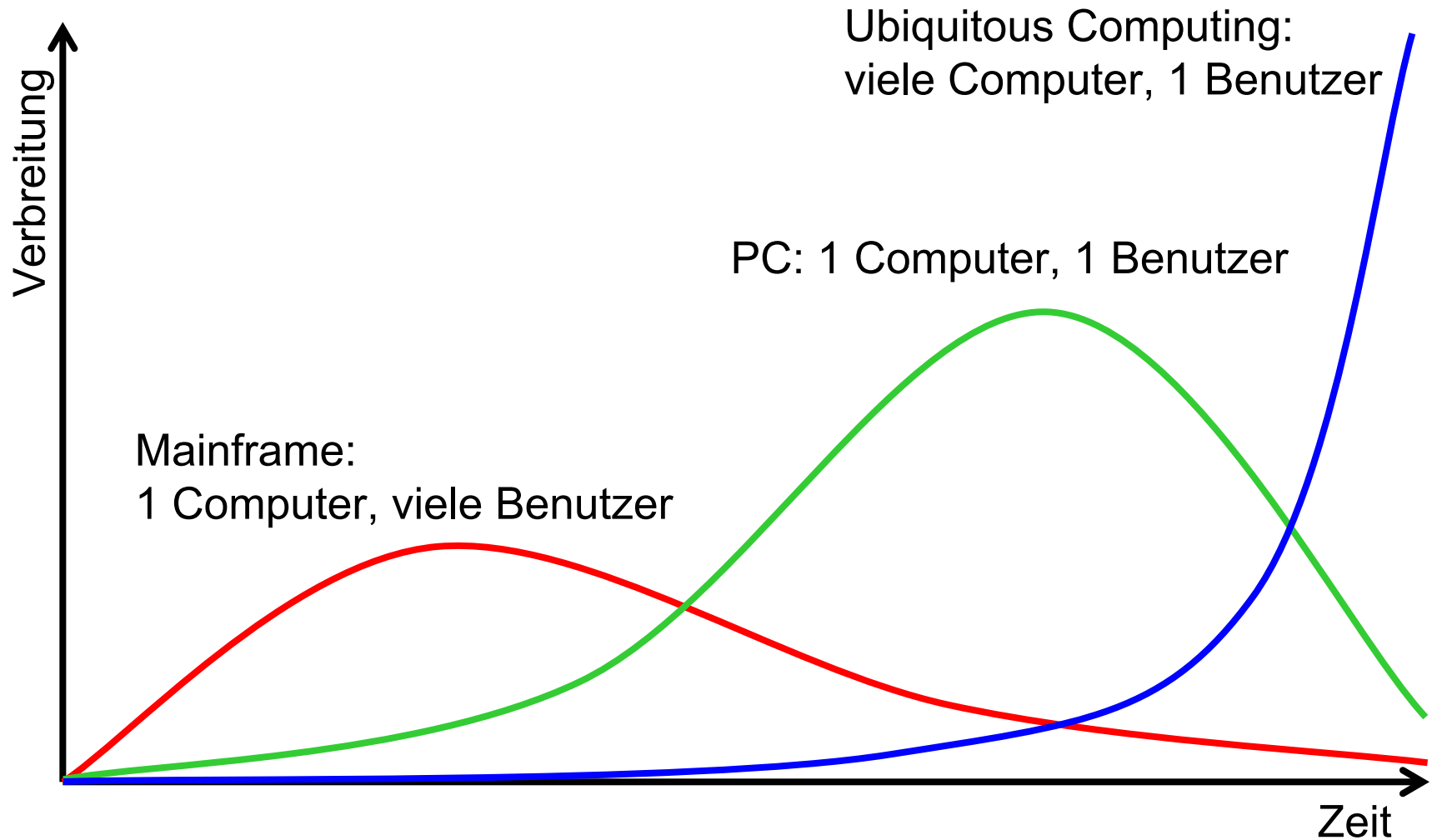
Andreas Butz, Universität des Saarlandes, Saarbrücken



# Inhalt des Vortrags

- Ubiquitäre Computer und Medien
- Interaktion mit Ubiq. Computern und Medien
  - Szenarien
  - Prototypen
  - Verfahren
  - Modelle
- Ausblick
  - Fluidum: Projektstruktur & Vorgehensweise
  - Forschungsfragen
  - Aktivitäten

# Post-PC Ära



Quelle: Mark Weiser

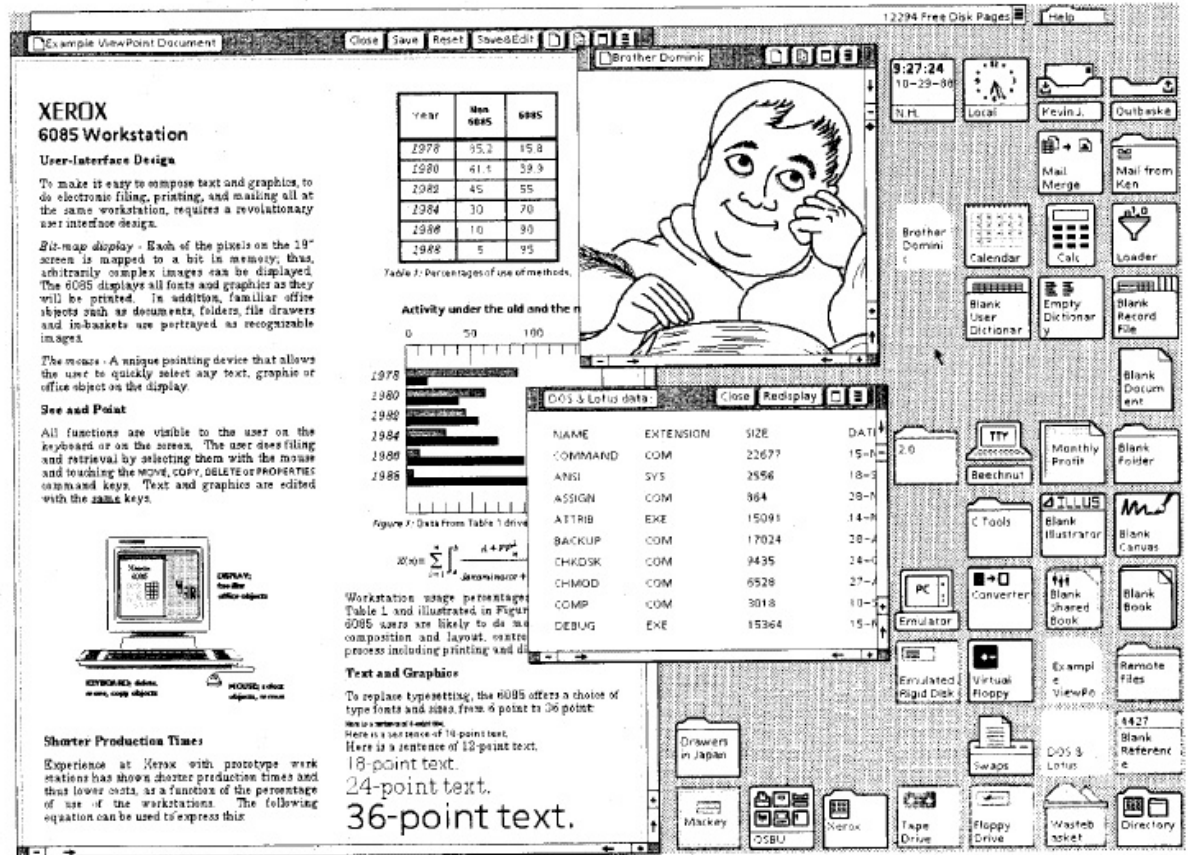
# Interaktion mit dem PC: Desktopmetapher



Apple Macintosh



Microsoft Windows



Xerox STAR

# Interaktion mit ubiquitären Medien: Visionen



Electronic Ink, Ubiquitäre Displays

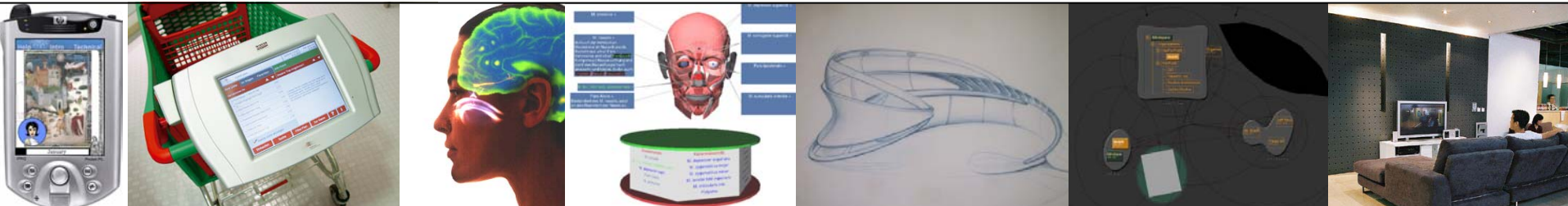
Quelle: "Minority Report"  
(Steven Spielberg, USA 2002)  
Künstlerische Beratung durch  
John Underkoffler (Gestik),  
Jaron Lanier (VR)



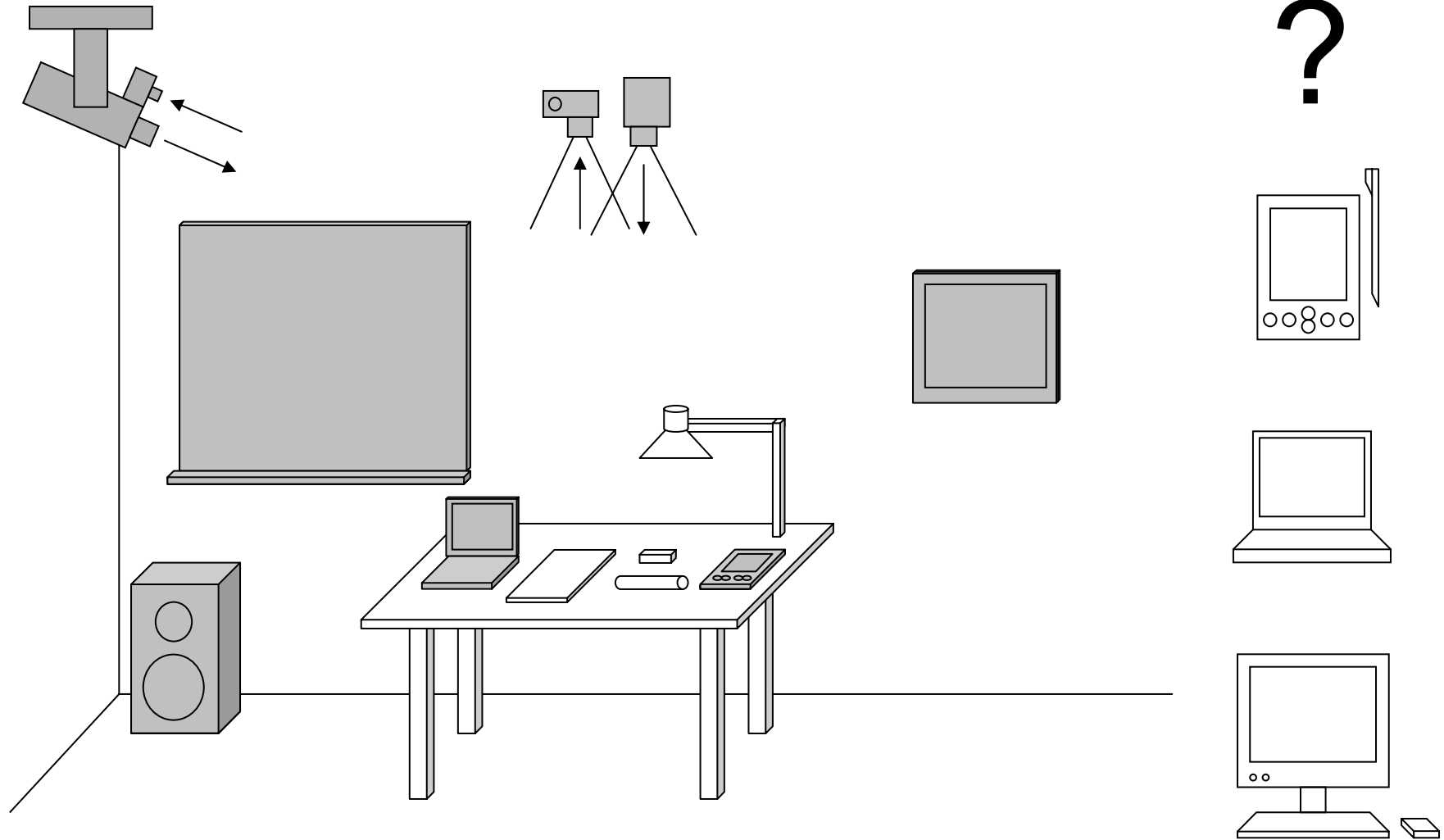
Interaktion, verschiedenartige Displays

# Ubiquitäre Medien: Heutige Anwendungsgebiete

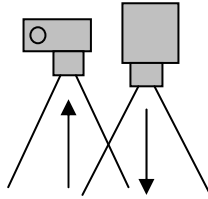
- Multimediale Museumsführer (PEACH)
- Instrumentierter Supermarkt (Future Store, REAL)
- Medizinische Visualisierung
  - OP-Vorbereitung, Training, Ausbildung
  - Instrumentierter Operationssaal
- Management- Informationssysteme (Corporate Cockpit)
- Zunehmende Medien-Durchdringung und Instrumentierung der Alltagsumgebung (Intelligent Home)



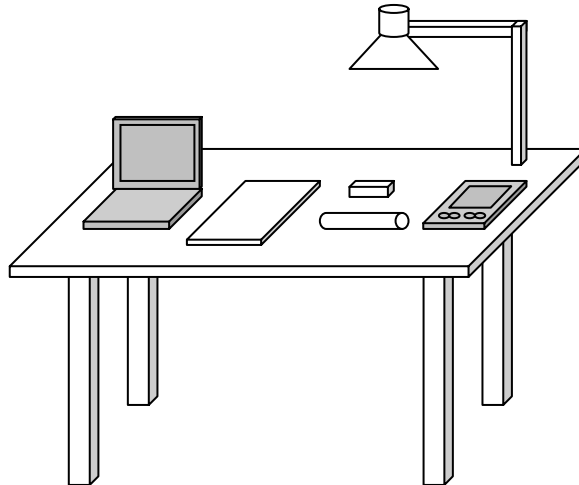
# Instrumentierte Umgebungen



# Instrumentierter Tisch

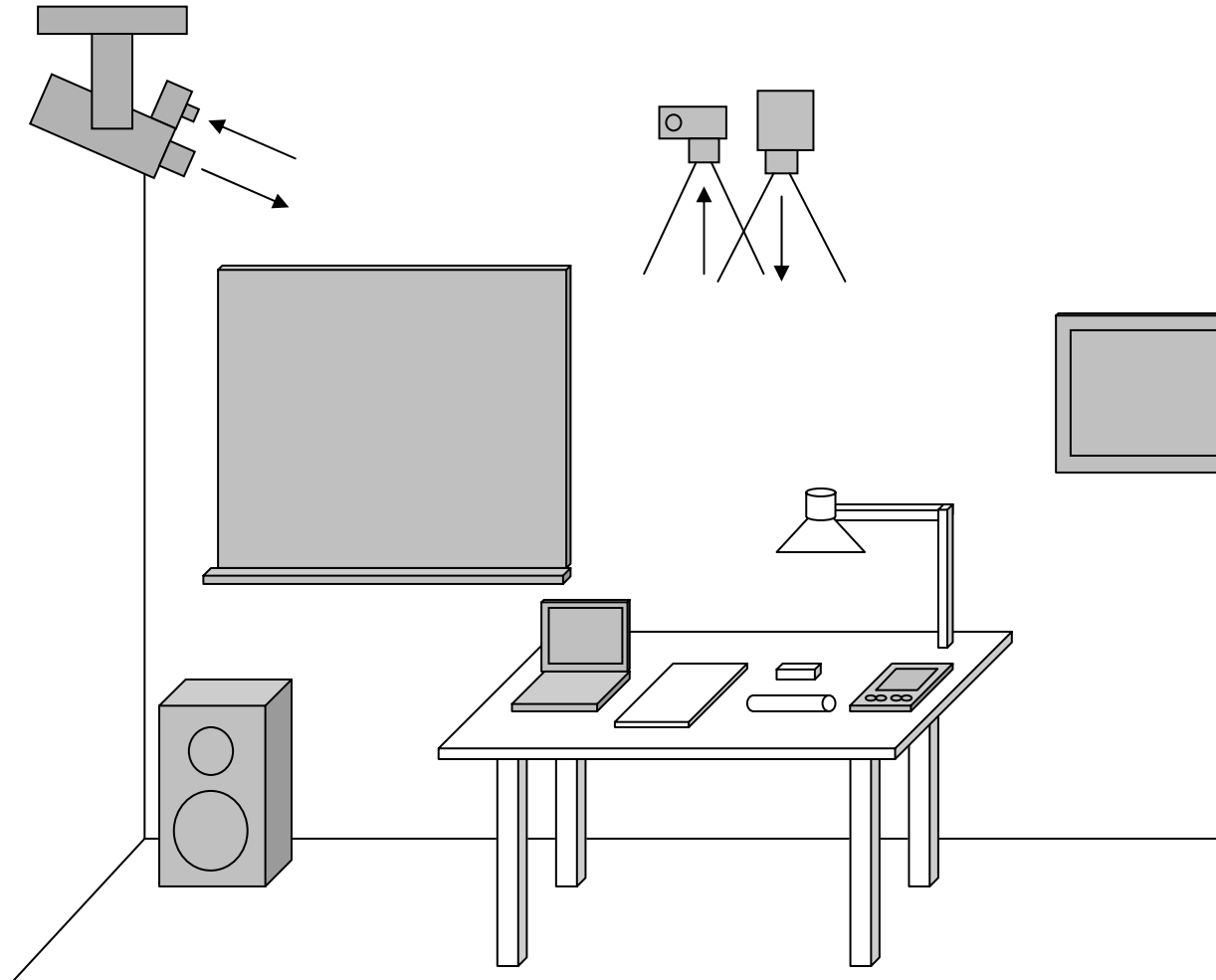


- Grenze zwischen Phys. und virtueller Welt
- Interaktionsobjekte
- Phys. Werkzeuge für virtuelle Medien



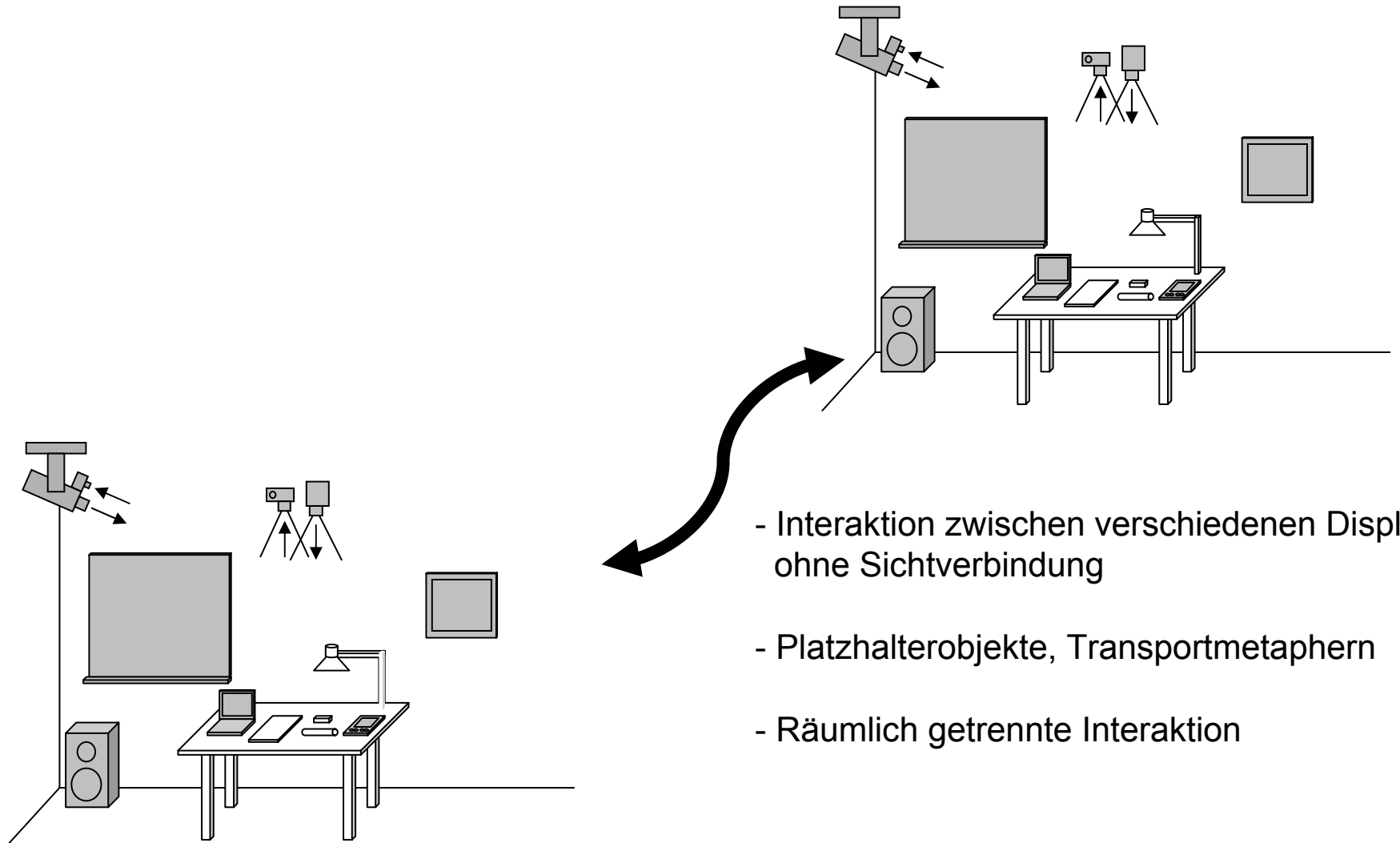


# ...im Instrumentierten Raum



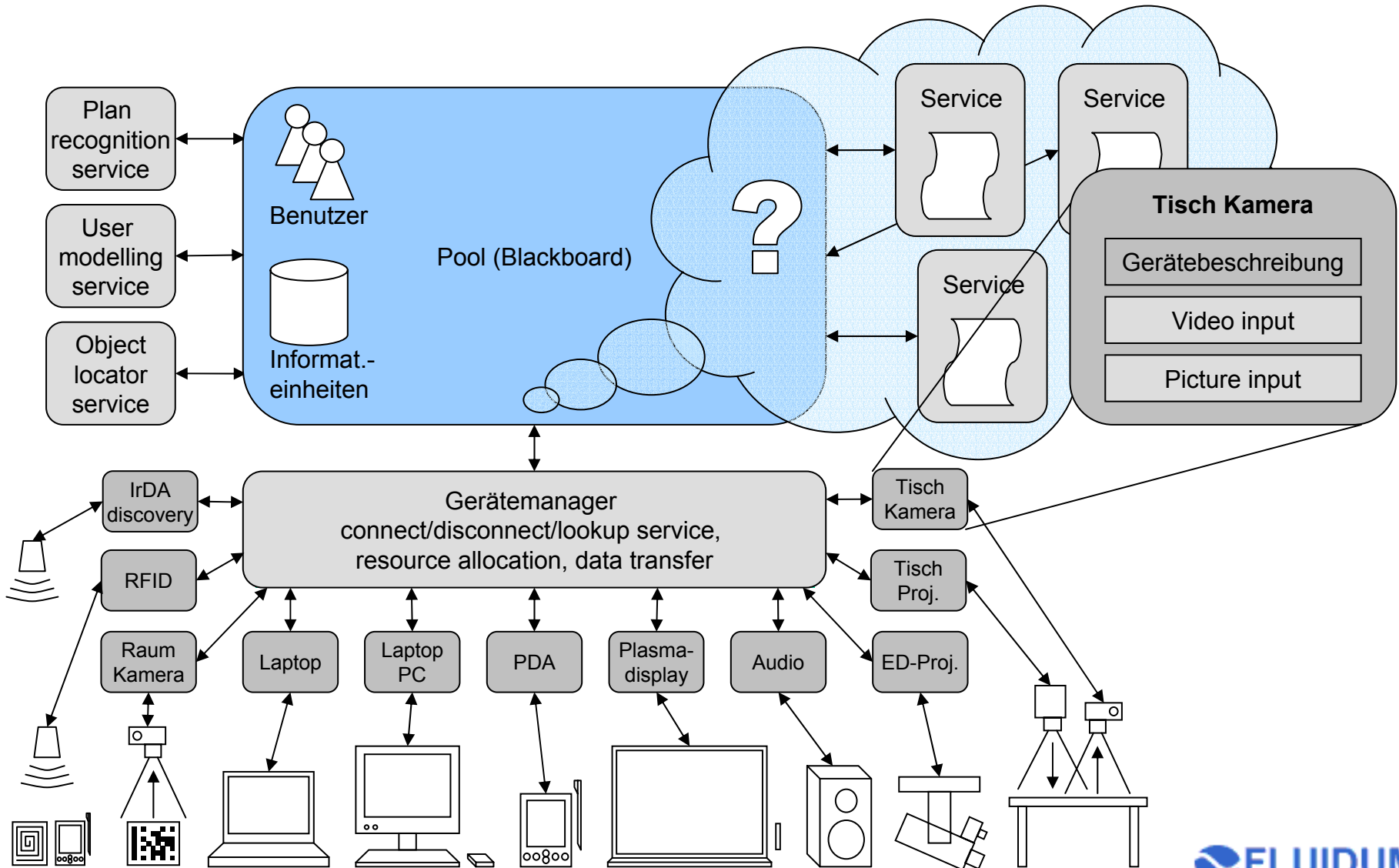
- Grenze zwischen Phys. und virtueller Welt
- Interaktionsobjekte
- Phys. Werkzeuge für virtuelle Medien
- Umgebung als Display Kontinuum (+ Audio)
- Interaktion mit großen Displays
- Interaktion mit vielen verschiedenen Displays
- Ambiente Displays

# ...im Instrumentierten Gebäude



- Interaktion zwischen verschiedenen Displays ohne Sichtverbindung
- Platzhalterobjekte, Transportmetaphern
- Räumlich getrennte Interaktion

# Software-Infrastruktur, Umgebungsmanager



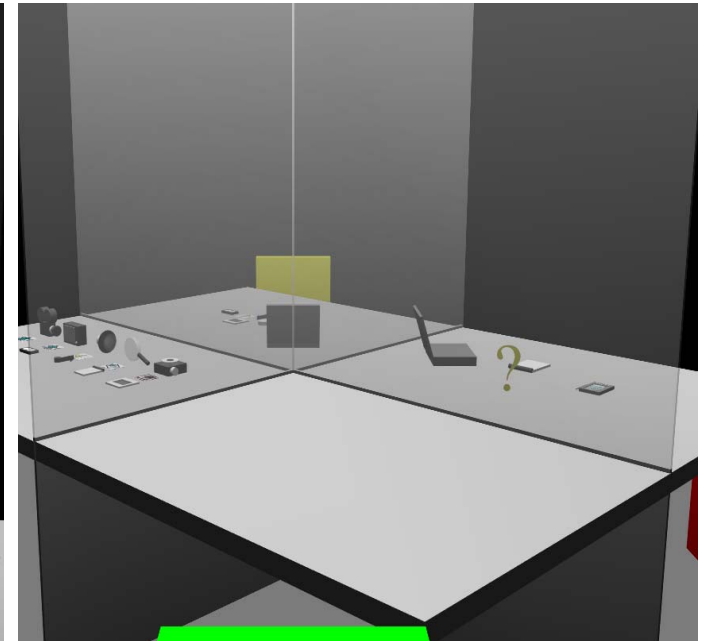
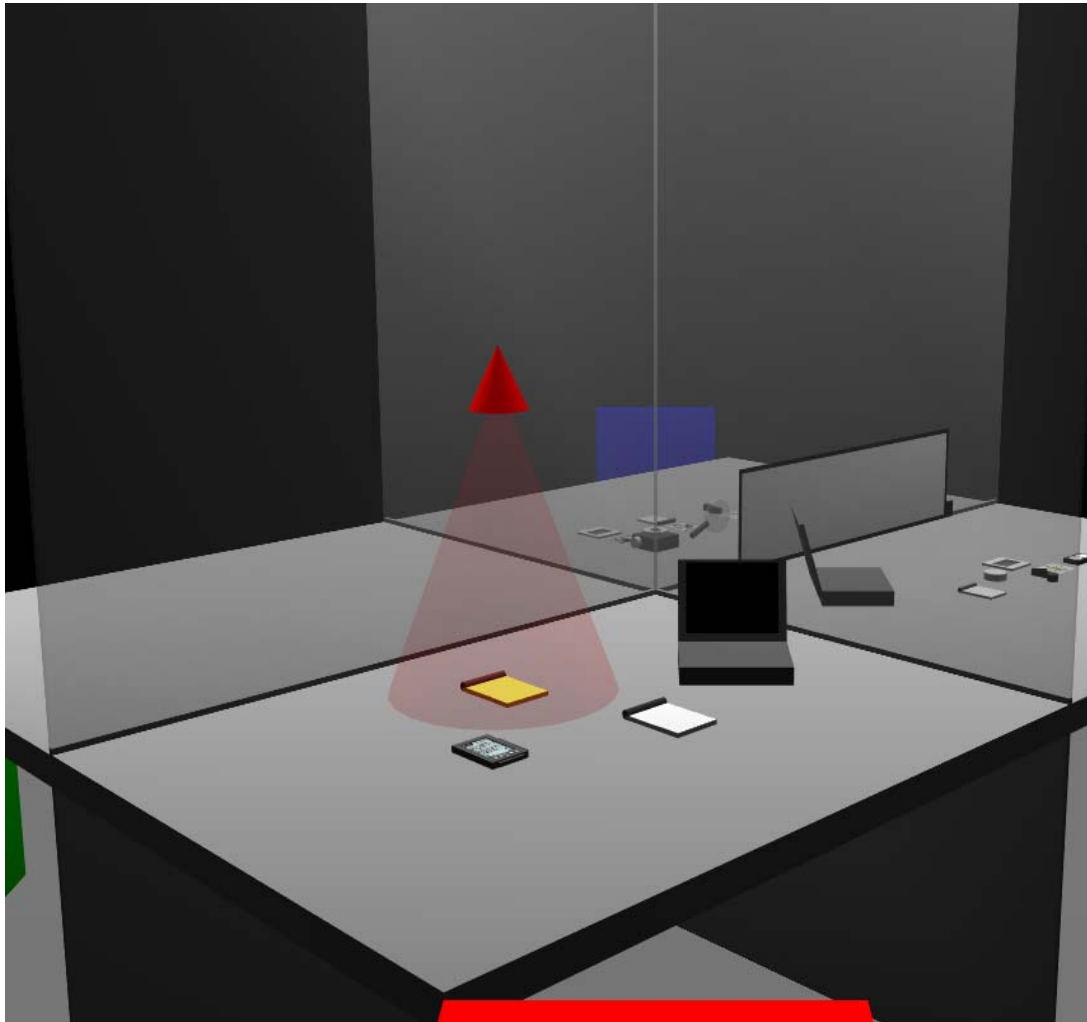
# Interaktion in Instrumentierten Umgebungen

Physikalisch	Virtuell	Hybrid
Schreibtischoberfläche	PC Desktop	Augmented Table
Arbeitszimmer	Virtuelle Welt	AR/MR Umgebung
Besprechungsraum	IRC Chatroom	Telecubicle
Schreiben auf Papier	Textverarbeitung	Tablet PC
Material	Datei (Daten-Icon)	Phicon
Werkzeug	Programm (-Icon)	Tarnlampe, Vampirspiegel

**Problem:**

**Konsistente Metaphern für physikalische und virtuelle Umgebung**

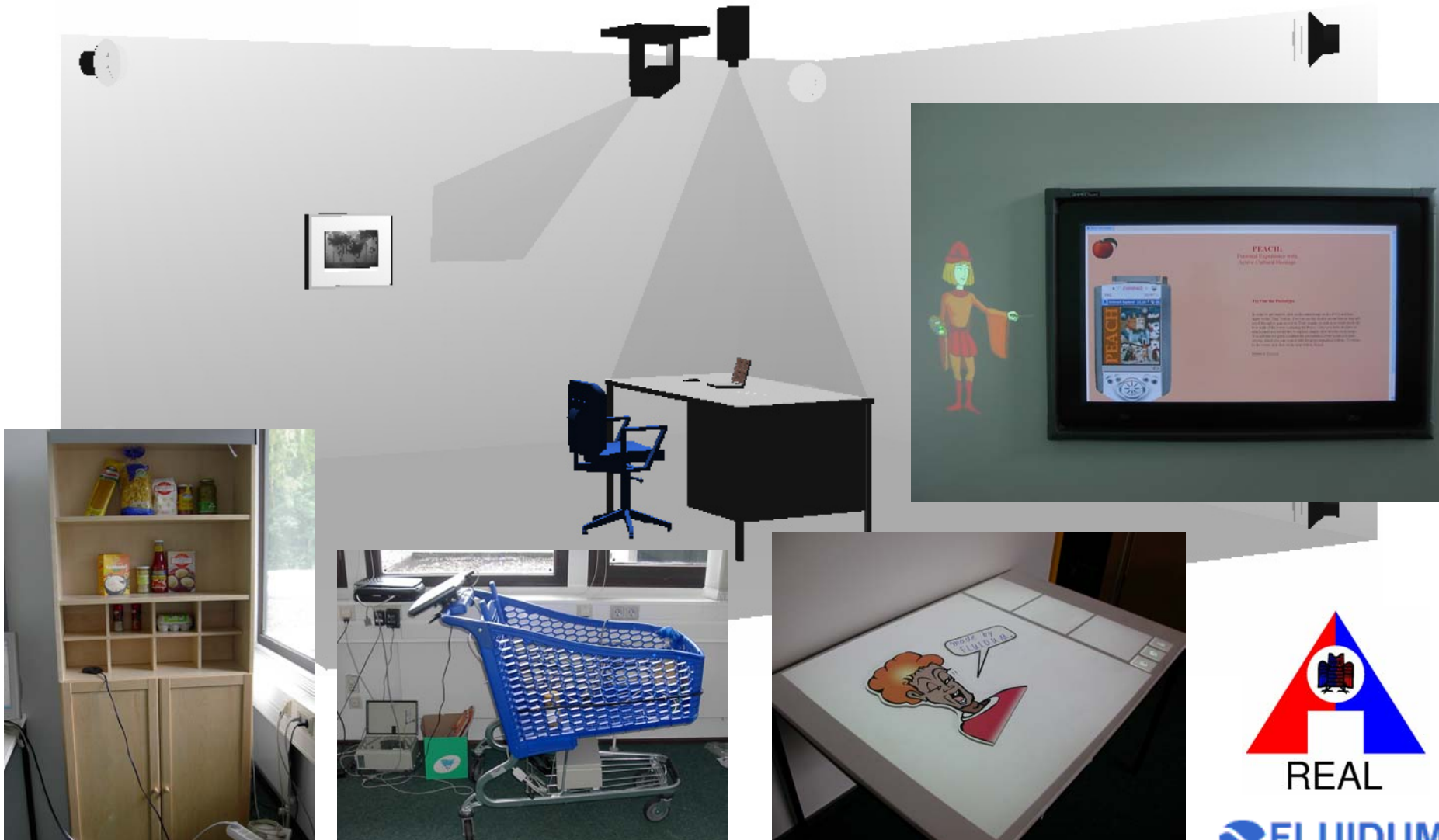
# Konsistente Metapher: Tarnlampe



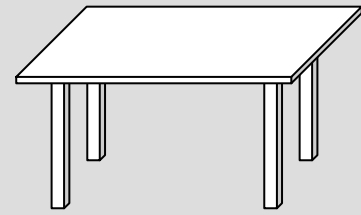
- Metapher für Privatheit von Inform.
- Intuitive physikalische Metapher
- Mehrere Obj. unter einer Lampe
- Höhe der Lampe regelt Größe des Kegels
- Umgekehrt als Publicity Lamp

# Instrumentierte Umgebung SUPIE

Saarland University Pervasive Instrumented Environment

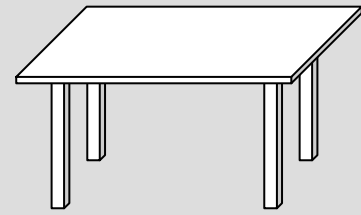


# Fluid Desk

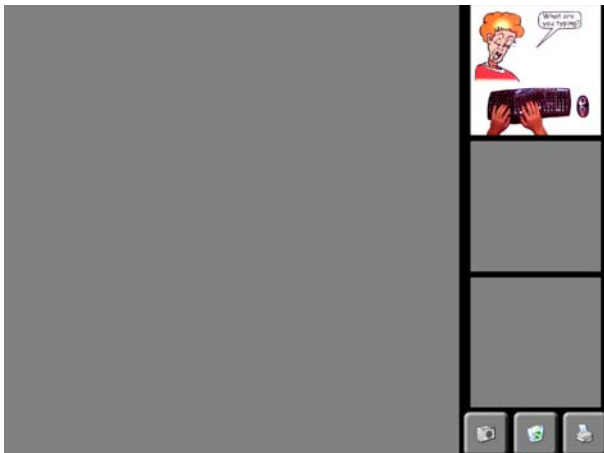


- 3.000 ANSI Lumen XGA Projektor über Spiegel aus dem Nachbarraum
- Handelsübliche Digitalkamera in der Decke
  - 320x240 Pixel Video-Stream für Gestikerkennung
  - 4Megapixel Bilder für Objekterkennung
- Bei Tageslicht einsetzbar (Kontrast  $>1:10$ )
- Weitere Sensoren in Arbeit: Piezo-Mikrofone, Lichtschranke, IrDA, Bluetooth

# AR Toon Maker



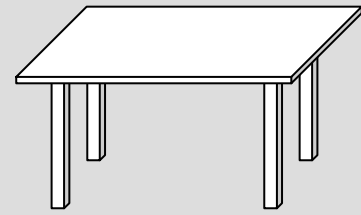
- Erste öffentliche Demo Juli 2003
  - „Minimal-AR“
  - „Studie“ mit ca. 50 Benutzern
- Projizierte Buttons
  - Erkennung von Farbwechsel
- Erstellung von Cartoons
  - Karton-Figuren
  - Sprech- / Denkblasen
  - Beliebige physikalische Objekte



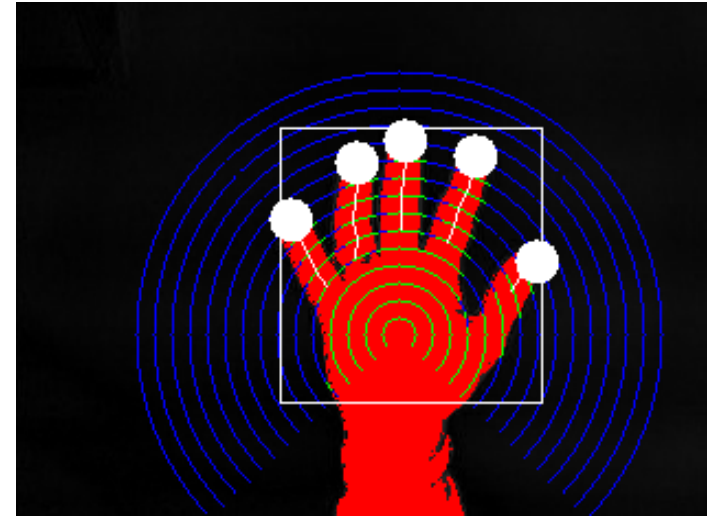
[http://w5.cs.uni-sb.de/~fludesk/Comic-22\\_09\\_2003-16\\_50\\_32.jpg](http://w5.cs.uni-sb.de/~fludesk/Comic-22_09_2003-16_50_32.jpg)  
characters by Markus Lehmann (<http://www.freaksoffashion.de>)



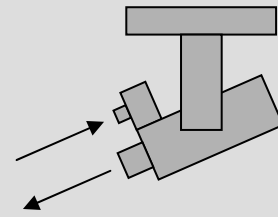
# In Arbeit: Gestikerkennung



- Eingabe von JMF video stream
- z.Zt. Hintergrund statisch
- z.Zt. Annahme: Hand von unten
- Thresholding → S/W Bilder
- Schmalste Stelle = Handgelenk
- Damit → Bounding Box der Hand
- Distanztransformation → Handmitte
- Kreise um Handmitte → Schnittpunkte mit den Fingern
- Gruppierung nach Nähe → Finger und Fingerspitzen
- Implementation komplett in Java
- Derzeit Erkennung mit >15 Fps mit <20€ Webcam 320x240
- Weiterentwicklung: Vor bel. Hintergrund, evtl. mit IR-Kamera



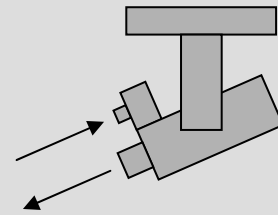
# Beweglicher Projektor



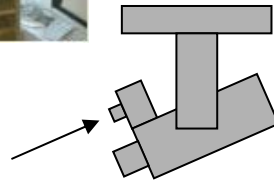
- Projektor & Kamera wie Tisch
  - Gleiche Software APIs
  - Zusätzlich: Motorsteuerung, Entzerrung
- Dreheinheit aus dem Bühnenbedarf
  - Ansteuerung via DMX
  - Pan/Tilt jeweils 16 Bit
  - 1 Umdrehung in ca. 1s
  - Mechan. Genauigkeit +/- 1cm auf der Wand



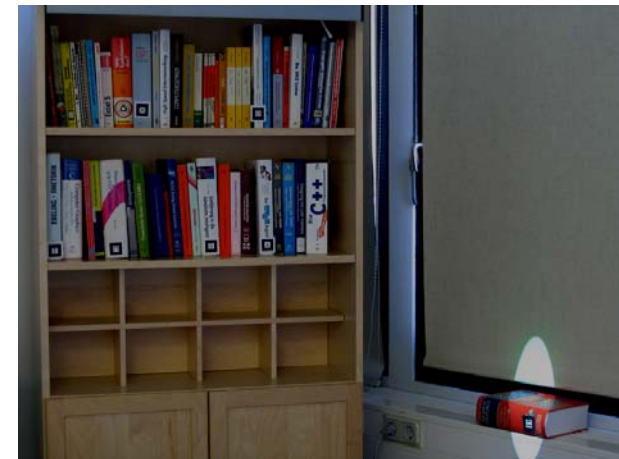
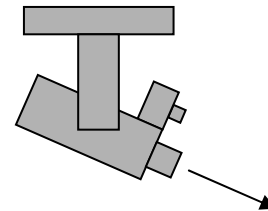
# Physikalische Suchfunktion



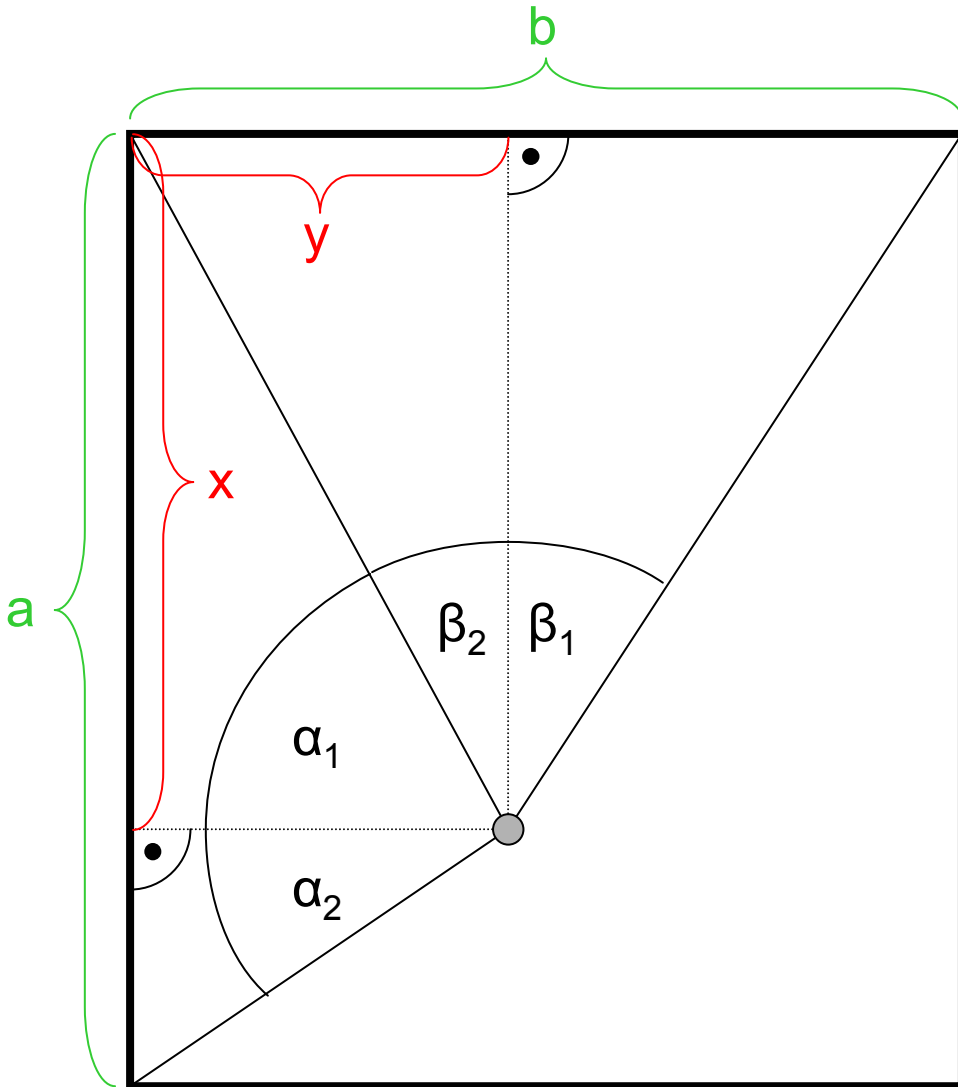
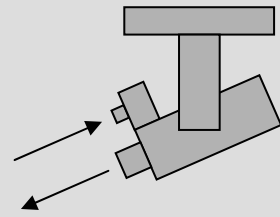
**Indexerstellung:** Abscannen des Raums mit Kamera  
Marker-Erkennung ( $\geq 1\text{cm}$ ) mit AR-Toolkit  
Abspeichern der Pan/Tilt Werte zu jeder Marker ID  
Dauer: ca. 1h für gesamten Raum



**Suchanfrage:** Marker ID  
Ansteuern der gespeicherten Pan/Tilt Werte  
Anleuchten des Objektes  
Bei ungenauer Position: Bereich ausleuchten



# Kalibrierung Projektor/Raum



Wir kennen:  
**a, b**

Wir suchen:  
**x, y**

Wir messen:  
 **$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ ,**  
 **$\beta = \beta_1 + \beta_2$**

$$\tan \alpha_1 = \frac{x}{y}$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{a-x}{y}$$

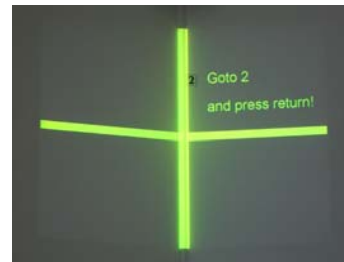
$$\tan \beta_1 = \frac{b-y}{x}$$

$$\tan \beta_2 = \frac{y}{x}$$

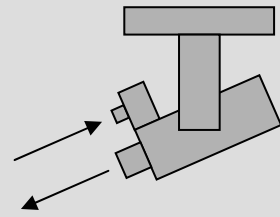
$$\alpha_1 + \beta_2 = \frac{\pi}{2}$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \alpha$$

$$\beta_1 + \beta_2 = \beta$$



# Geschlossene Lösung



$$x = \frac{-(a - b \times \tan(\alpha)) \times \tan(\beta) \times b \times a \times (\tan(\alpha) \times \tan(\beta) - 1)}{d}$$

$$y = \frac{\tan(\alpha) \times (a \times \tan(\beta) - b) \times a \times b \times (\tan(\alpha) \times \tan(\beta) - 1)}{d}$$

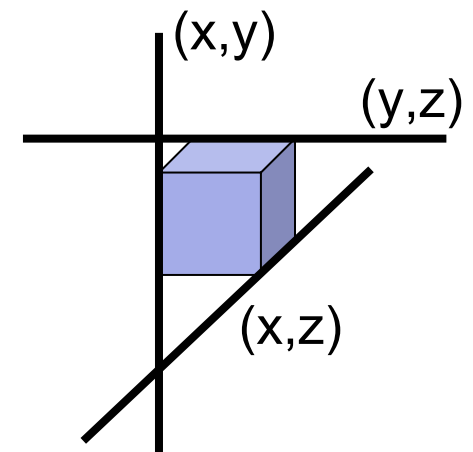
$$d = a^2 \times \tan(\beta)^2 + b^2 \times \tan(\alpha)^2 + a^2 \times \tan(\alpha)^2 \times \tan(\beta)^2 + b^2 \times \tan(\alpha)^2 \times \tan(\beta)^2 - 2 \times a \times b \times \tan(\alpha)^2 \times \tan(\beta) - 2 \times a \times b \times \tan(\alpha) \times \tan(\beta)^2$$

Mit 3 Messungen: Lösung für (x,y)

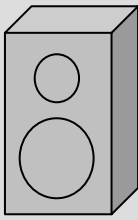
Das gleiche Verfahren für (x,z) und (y,z)

→ 2 Werte je Achse, im Idealfall gleich

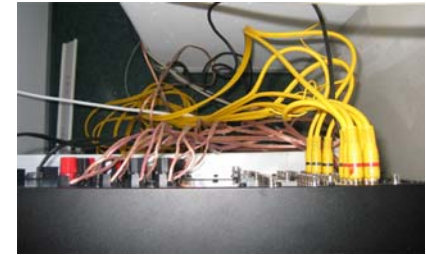
Unterschied entspr. Genauigkeit der Kalibrierung



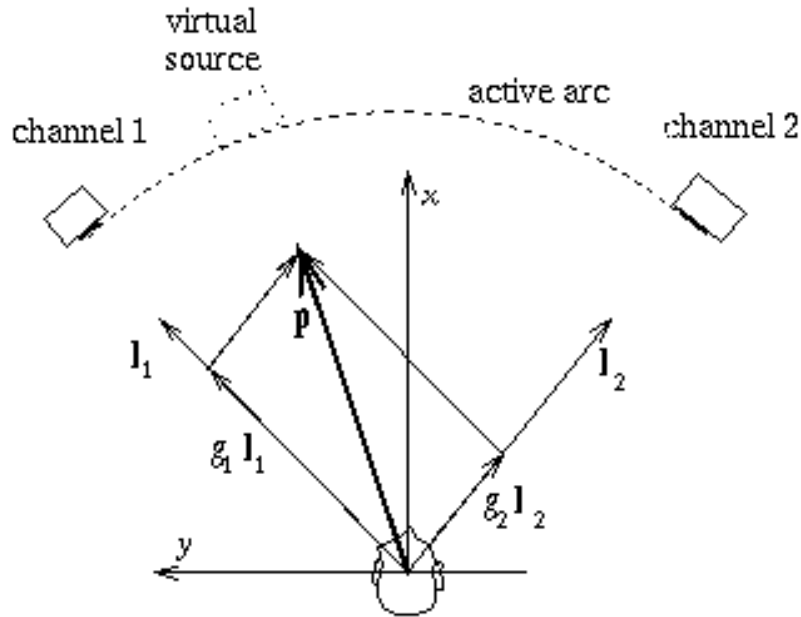
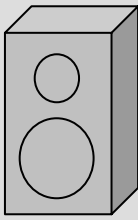
# Räumliches Audio Framework



- Beliebige Lautsprecherkonfiguration
  - Anzahl nur von Hardware abhängig
  - Beliebige Anordnung
- Verschiedene Audioquellen
  - Audio files
  - live streams
- Bewegung in Echtzeit
- Verfahren:
  - Vector based Amplitude Panning
  - Erweitert um Distanzeffekte
  - Korrekter Dopplereffekt

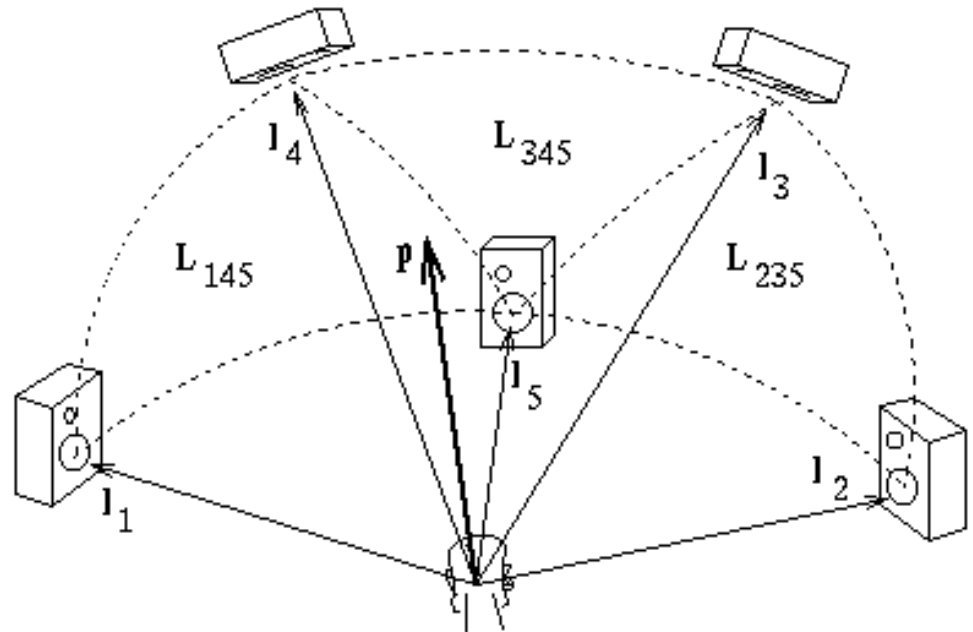


# Vector Based Amplitude Panning



$$p = g_1 l_1 + g_2 l_2 = L \vec{g}$$

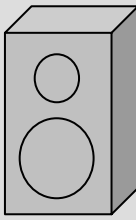
$$\vec{g} = p^T L^{-1}$$



$$p = g_1 l_1 + g_2 l_2 + g_3 l_3 = L \vec{g}$$

$$\vec{g} = L^{-1} p^T$$

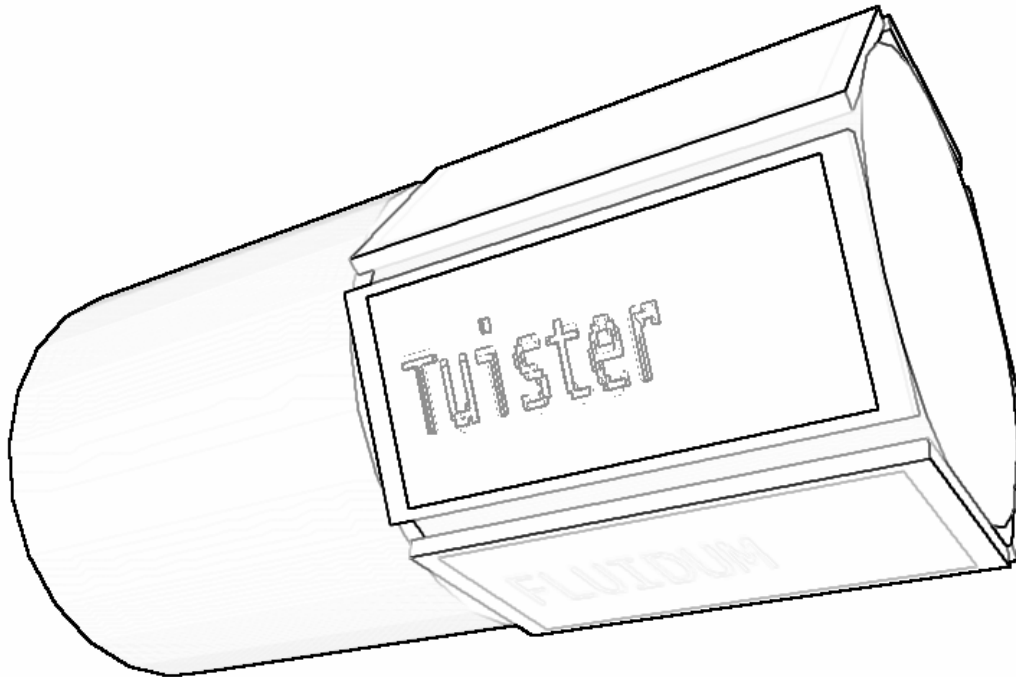
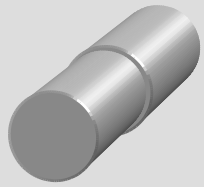
# Erweiterung und Implem. In Fluidum



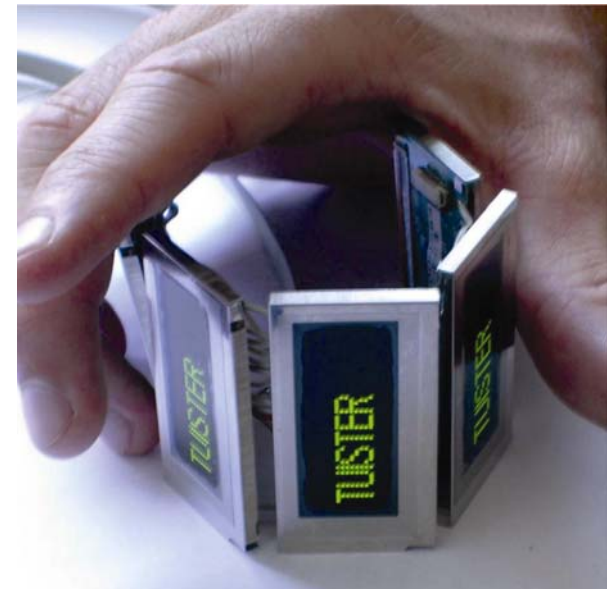
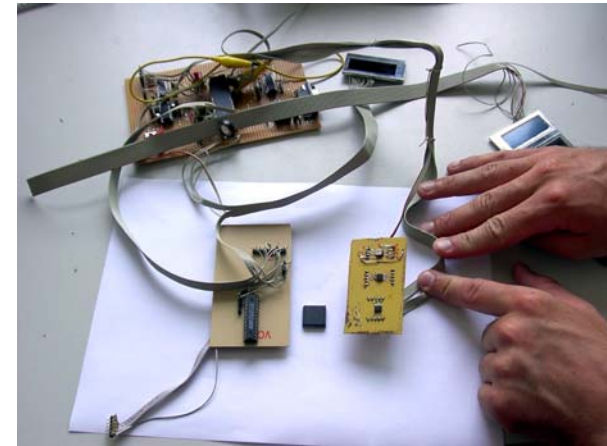
- Modellierung der Distanz
  - Als Abnahme der Lautstärke mit  $d^2$
  - Als Zeitverzögerung proportional zu  $d$
- Dadurch auch: realistischer Dopplereffekt
- Implementation komplett in Java (JMF, Jsyn)
- Bewegung von bis zu 5 Schallquellen in Echtzeit
- Variable Hörerposition
- Freie Konfiguration der LS-Anordnung
  - Derzeit 8 LS an der Decke
  - 5.1 Heimkino-System genauso unterstützt
- Lauffähig unter WinXP + Linux mit versch. Sound-HW



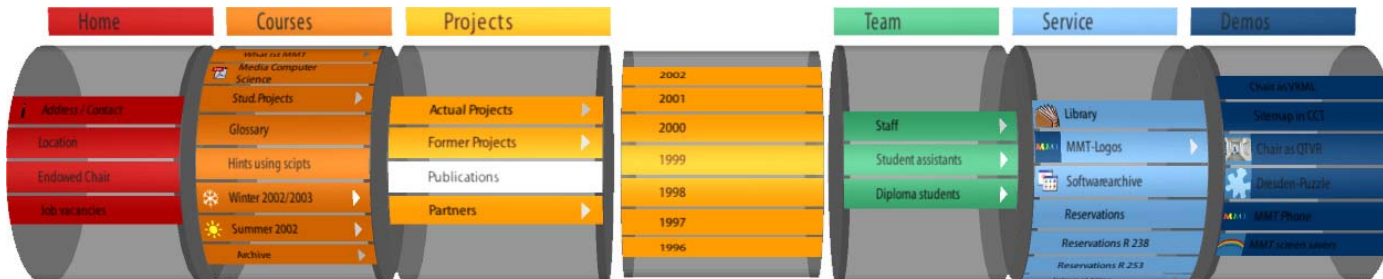
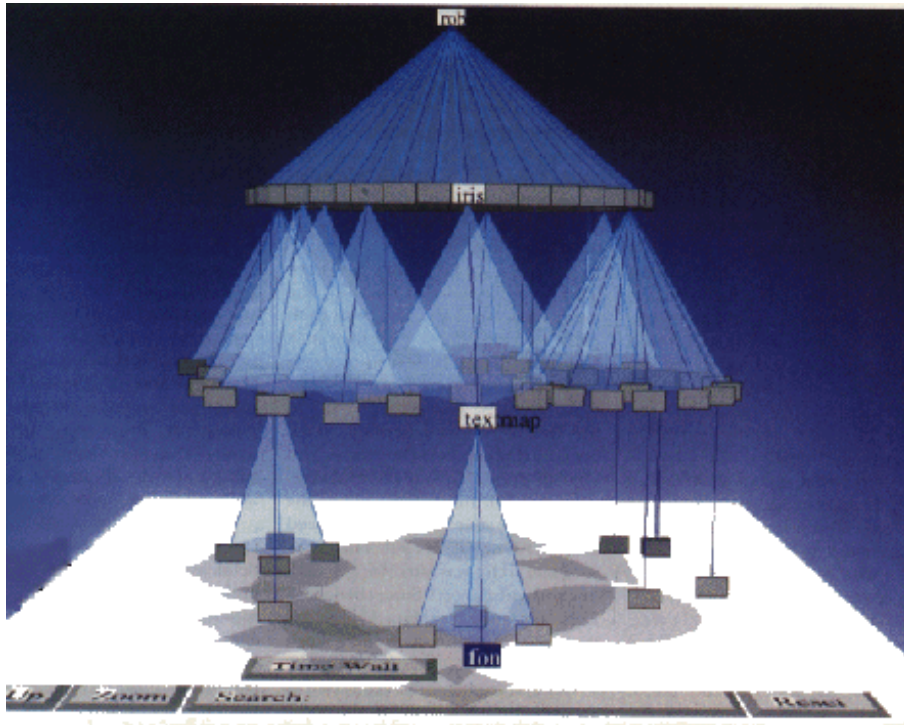
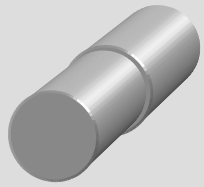
# TUISTER



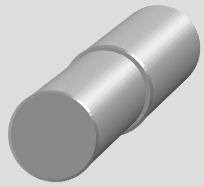
Kernidee: physikalisches Menü  
als allgemein verwendbares  
Interaktionsobjekt (Phidget)



# Intuition: Cone/Lyber trees



# Konzeptuelles Design des TUISTER

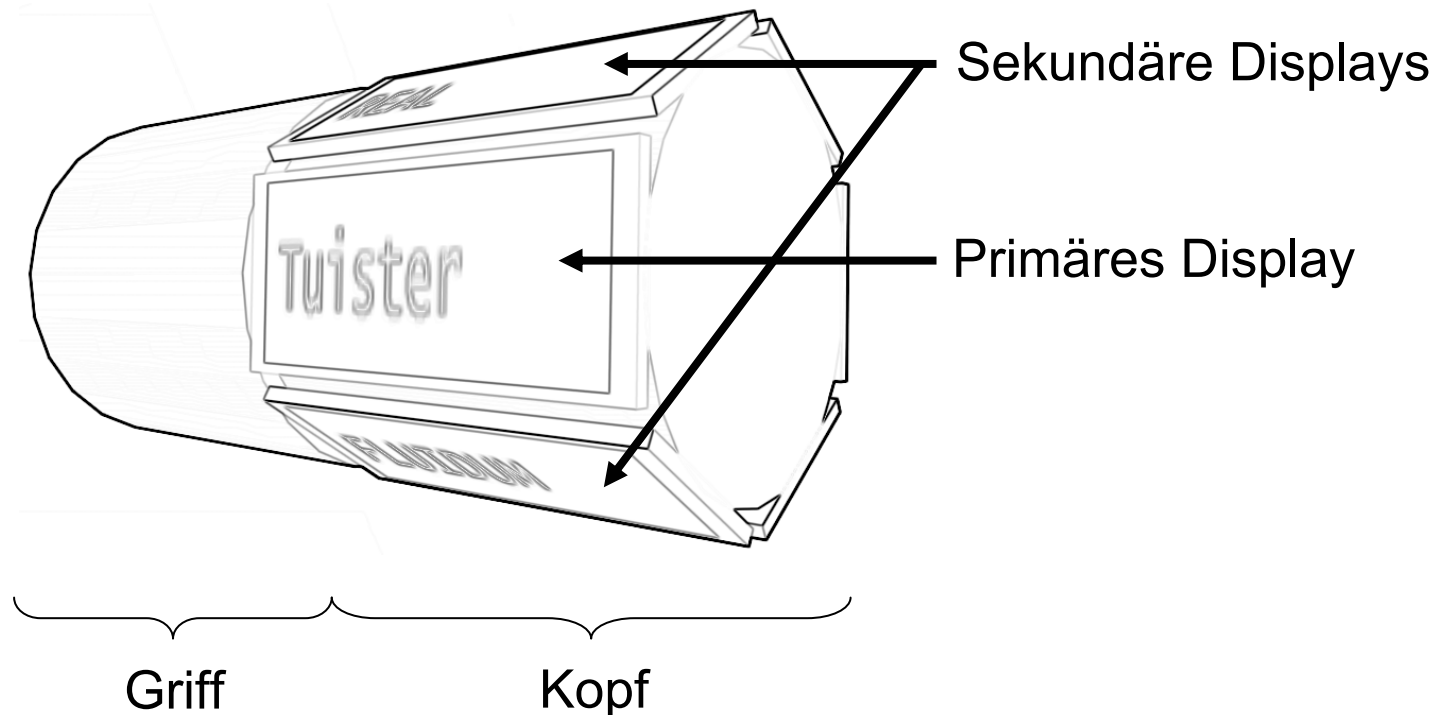


Sensoren zum Bestimmen der Orientierung:

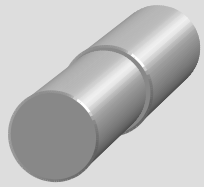
2x 2D Magnetsensoren

3x 1D Beschleunigungssensoren

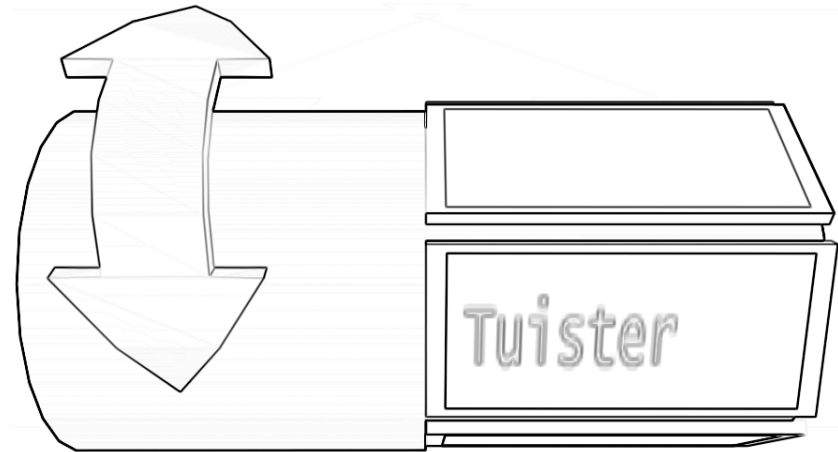
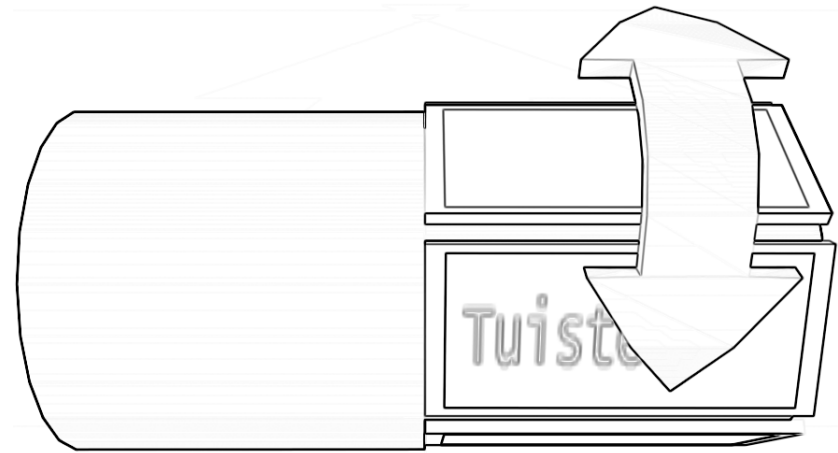
1x Relative Rotation



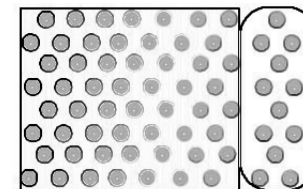
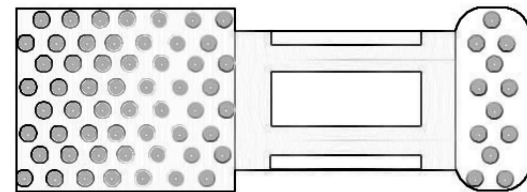
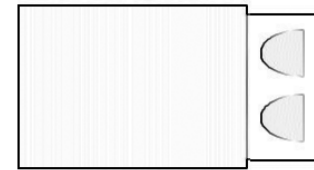
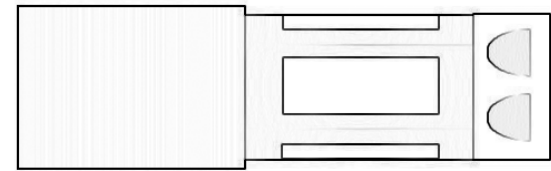
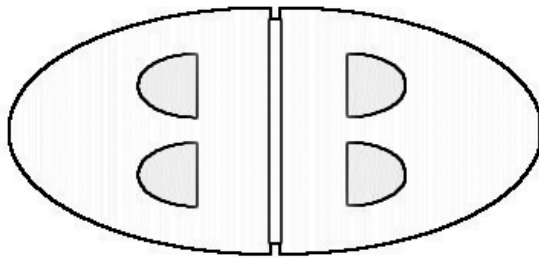
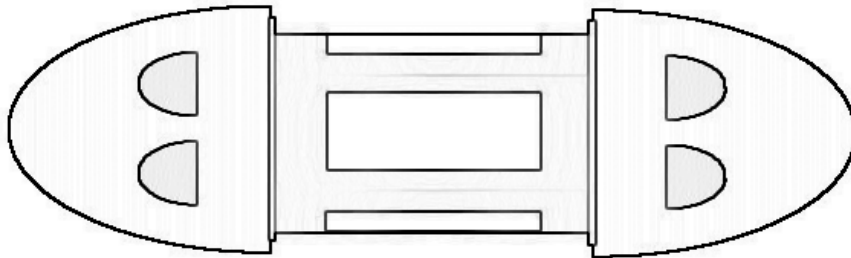
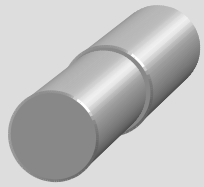
# Zwei Drehmetaphern



- Drehen des Kopfes
  - Direkte physikalische Manipulation
  - Kontext durch sekundäre Displays
  - Auswahl innerhalb einer Menüebene
- Drehen des Griffes
  - Metapher: Schraube
  - Im Uhrzeigersinn: tiefer
  - Gegen Uhrzeigersinn: höher
  - Wechsel zwischen Menüebenen

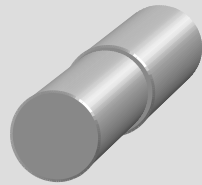


# Gehäuseentwürfe



Entwürfe: Fa. Altmayer Design  
Kooperation beim Bau des Prototypen

# Patentanmeldung durch UdS



03079

03079

1/2

2/2

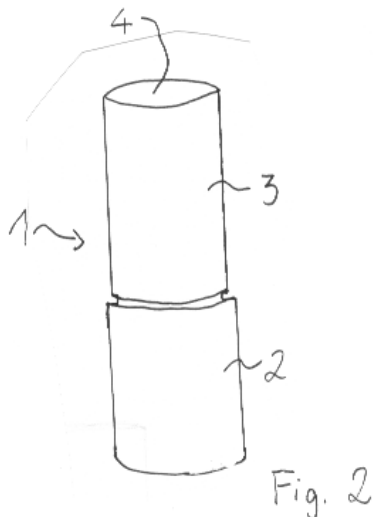
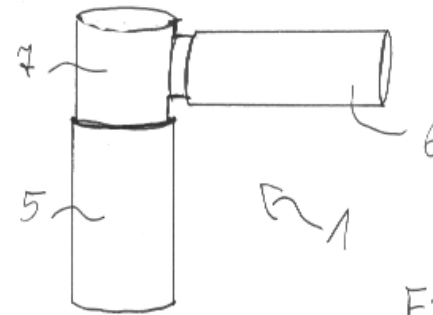
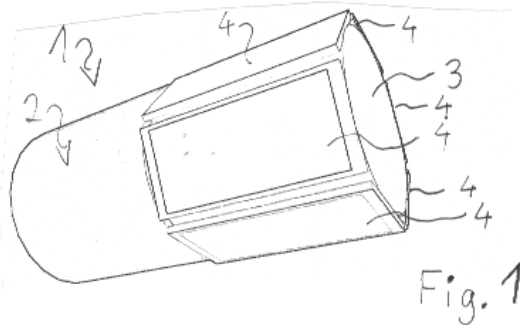


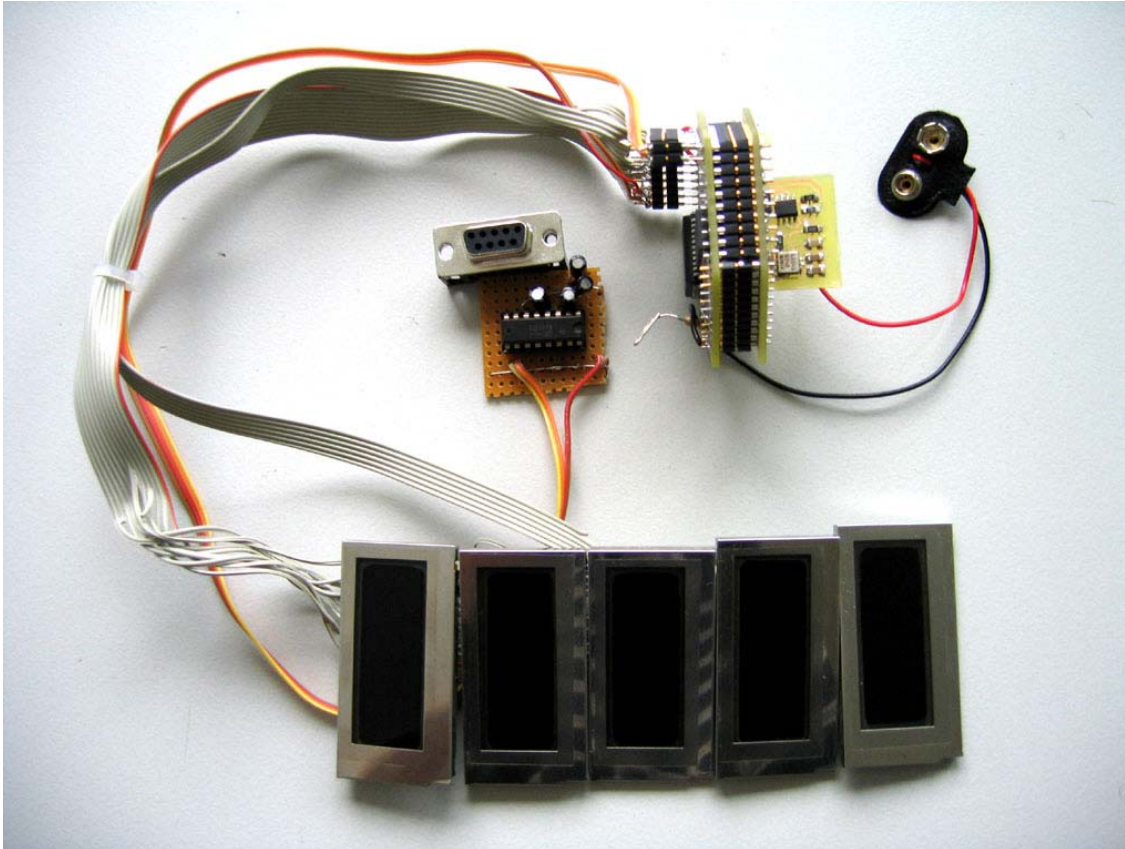
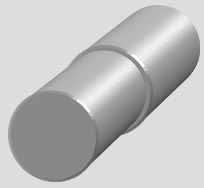
Fig. 3

Fig. 2

Verallgemeinerung des Grundkonzepts  
Auch möglich: Display auf Stirnseite  
Auch nicht-koaxiale Designs

Deutsches Patent am 3.9.2003 angem.  
Internationale Priorität für 1 Jahr

# Aktueller Prototyp



Sechseckige Platinen  
Elektronik vollständig gebaut  
PLD Programmierung fertig  
Serielle Kabelverbindung  
Sensorauswertung in Arbeit

# Einige Probleme ubiquitärer Medien





# Probleme ubiquitärer Medien



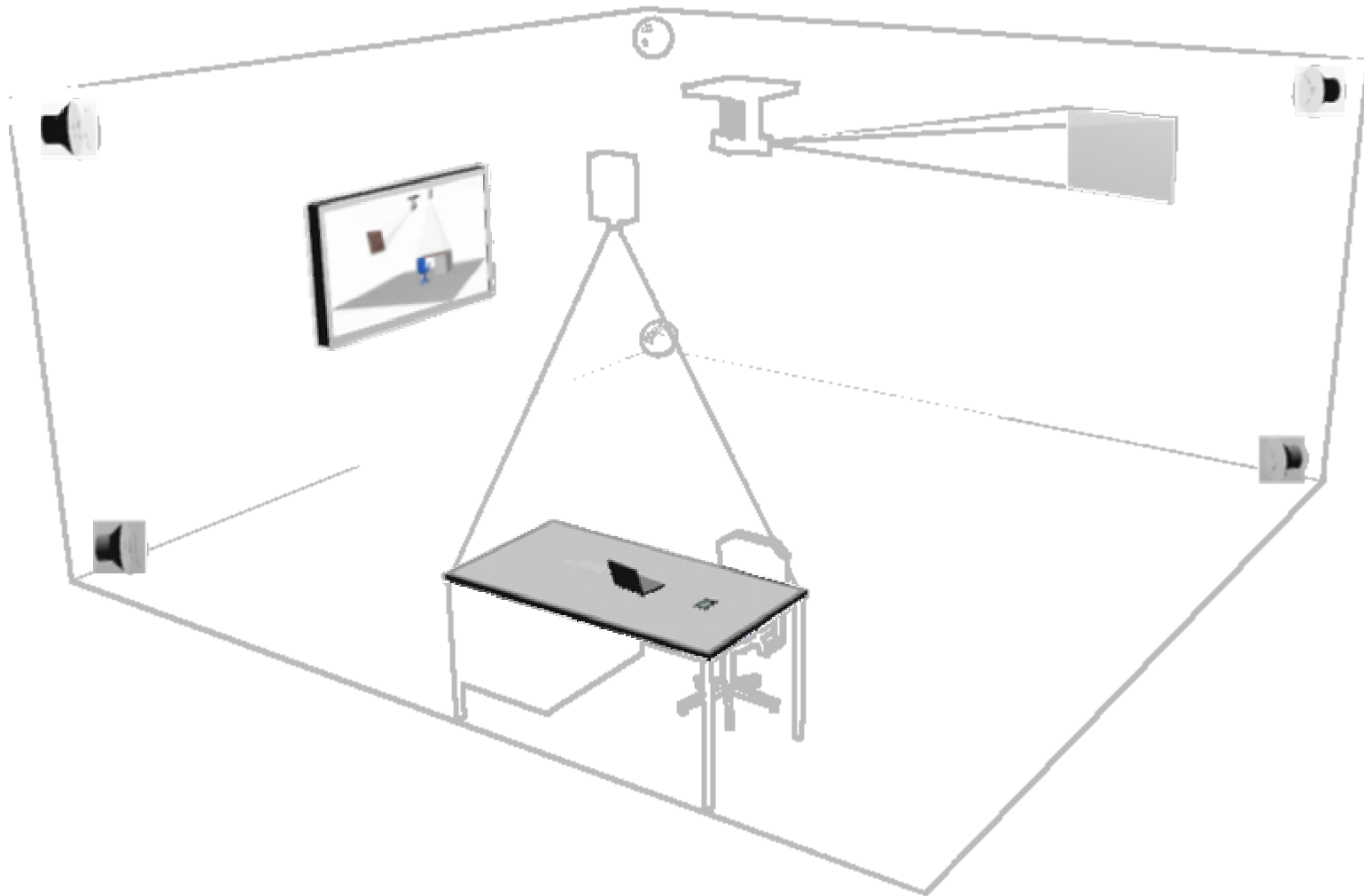
- Kognitiv problematisch
  - Zu viel konkurrierende Information
  - Aufdringlich, unruhig, störend
  - “visuelle Umweltverschmutzung”
- Technologisch problematisch
  - Perfekte 2D+3D Displays überall ??
  - Perfekte Benutzererkennung/Personalisierung??
  - Perfektes privates Audio ⇔ Privatsphäre??

# Design für begrenzte Ressourcen...

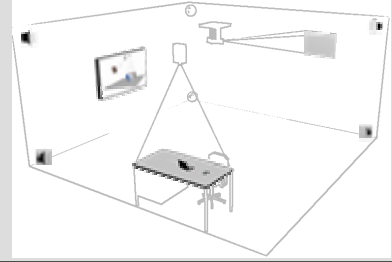


- ...der Geräte
  - Begrenzte Genauigkeit beim Tracking
  - Begrenzte Verfügbarkeit und Auflösung von Displays
- ...der Benutzer
  - Begrenzte/selektive Sehkraft
  - Begrenzte/selektive Aufmerksamkeit
  - Begrenztes/selektives Gedächtnis
  - Begrenzte motorische Fähigkeiten

# Peephole Metapher

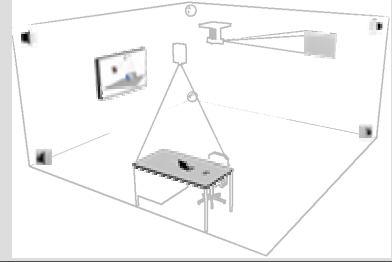


# Peepholes technisch gesehen



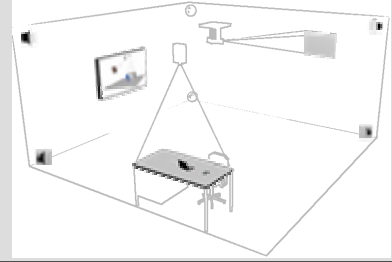
- Konzept und Begriff von Ka-Ping Yee (UCBerkeley)
  - Ursprünglich für getrackte PDAs in einer gedachten Graphikebene
- Generalisierung: Überall vorhandene virtuelle Schicht
  - Nur in Ausschnitten sichtbar (durch Gucklöcher)
  - Konsistent über verschiedene Geräte hinweg
  - Persistent über große Zeiträume
- Peephole Ausgabe
  - Alle Displays sind Gucklöcher in die virtuelle Schicht
  - Umgebung kann aktiv neue Peepholes öffnen (z.B. via Projektor)
  - Analog für räumliches Audio: Klänge an Orten
- Peephole Eingabe
  - Nur dort, wo auch Ausgabe vorhanden (wegen Feedback!)
  - Erzeugt interaktive Regionen

# Peepholes kognitiv gesehen



- Unsere Wahrnehmung ist nicht überall gleich
  - Fovea = scharfer Bereich in der Mitte der Netzhaut
  - Tastsinn in den Fingerspitzen am besten
- Unsere Aufmerksamkeit ist gerichtet
  - Change Blindness Effekt
  - Cocktailparty Effekt
- ➔ Kognitiv adäquate Metapher
  - Stark angelehnt an die physikalische Realität
  - Benutzt unser gut entwickeltes räumliches Gedächtnis

# Implikationen der Peephole Metapher



- Ruhige Umgebungen
  - Information nur in Peepholes
  - Vermeidung von Pop-Out Effekten
- Implizierte Interaktionstechniken
  - Räumliche Komposition von Displays (→Ambiente)
  - Bewegen von Objekten zw. Displays (→Pick-and-drop)
  - Filter als Metapher für Zugriffsrechte / Privatheit
- Win-Win Situation
  - Nur technisch beschränkte Geräte verfügbar
  - Durch gezielten Einsatz: Schonung der kognitiven Ressourcen

# FLUIDUM

FLexible User Interfaces for Distributed Ubiquitous Machinery

DFG-Nachwuchsforschergruppe (Emmy Noether Programm)

Kooperation SFB378 „Ressourcenadaptive Kognitive Prozesse“

Start: 1.1.2003, derzeit 2 MA, 7 Studierende, Arbeitssprache englisch



An den hier gezeigten Arbeiten  
haben mitgewirkt:

Christoph Endres, Markus  
Groß, Ralf Jung, Antonio  
Krüger, Rupali Mukherjee,  
Dennis Reiter, Christian  
Schmitz, Michael Schmitz,  
Michael Schneider, Lubomira  
Spassova, Amir Wasim

# Aktuell bearbeitete Themen

---

## PhD

- Software infrastructure for environment management (PhD C. Endres)
- Interaction techniques in a heterogeneous display continuum with several users (PhD M. Schneider)
- Personified environment assistant (PhD M. Kruppa)

## Master + Diplom

- Display continuum with the ED-Projector (Diplom M. Spassova)
- Framework for spatial audio (Diplom M. Schmitz)
- PDA camera based tracking (Diplom K. Schröder)
- Acoustic tracking on the desk surface (MSc. A. Wasim)
- Ambient Soundscapes to guide attention and emotion (MSc. R. Jung)
- Ambient Graphics on a small wall display (MSc. R. Mukherjee)
- Physical Toolglass (Diplom F. Luithle)

## Bachelor + FoPra

- Fluid Desk Basic setup (FoPra C. Schmitz + D. Reiter)
- Tuister Construction (FoPra Markus Groß)



# Vorgehensweisen im Projekt

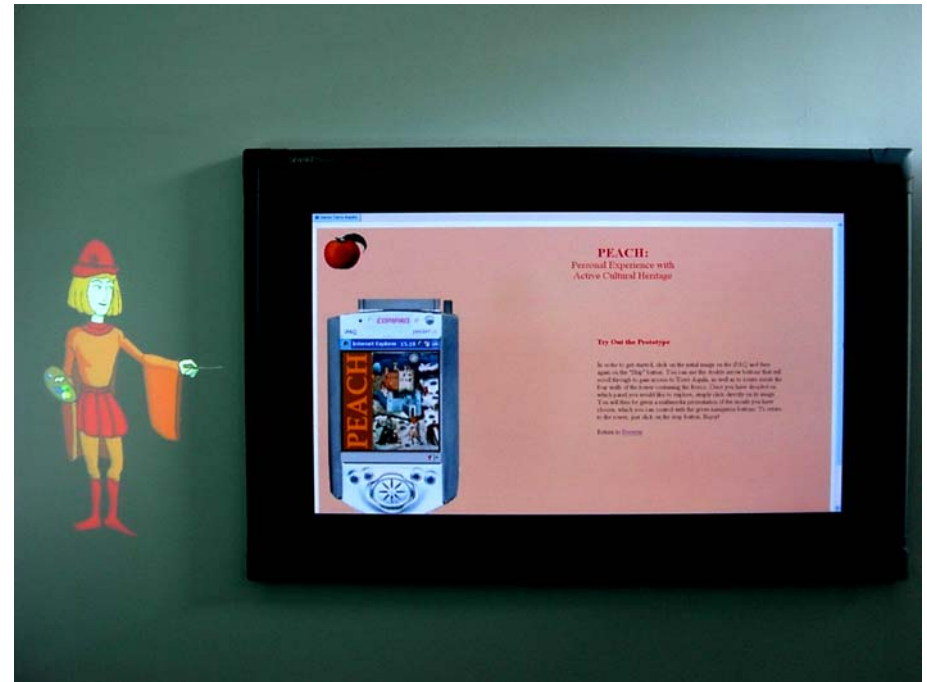
- „Informierte“ Designphase
  - Austausch mit FB kognitive Psychologie
  - Zusammenarbeit mit Produktdesignern
- Schneller Aufbau einfacher Prototypen
  - Aufbauend auf gemeinsamer SW-Infrastruktur
  - Integration vorhandener Bibliotheken/Geräte wo möglich
  - Typischerweise als Studienarbeit
  - Ziel: sichtbare Erfolge in kurzer Zeit
- Evaluation der Prototypen
  - Informale Benutzerstudien
  - Identifikation unvorhergesehener Probleme
- Redesign und Bau komplexerer Prototypen
  - Formalere Benutzerstudien
  - Publikation

# Weitere Schritte in Fluidum

- Infrastruktur, Umgebungsmanager
  - Weitere Geräte + Technologien, einheitliche APIs,
  - Dynamische Geräteallokation
  - Erweiterung der Architektur
  - Skalierung, Performanz
- Weitere Prototypen
  - Interaktionsobjekte
  - Interaktionstechniken
  - Interaktionsmetaphern
- Benutzerstudien
  - Überprüfung der entwickelten Prototypen
  - Lernkurven, Geschwindigkeit, subj. Empfinden
  - Intuitivität und Vollständigkeit der Metaphern

# Forschungsfragen

- Wie sieht Interaktion im Display **Kontinuum** aus?
- Wie interagieren wir mit sehr **großen Displays**?
- Welche Regeln gelten für **viele diskrete Displays**?
- Wie interagieren **mehrere Benutzer** simultan?
- Wie können alle ubiquitären Medien in ein **übergreifendens Bedienkonzept** eingebettet werden?

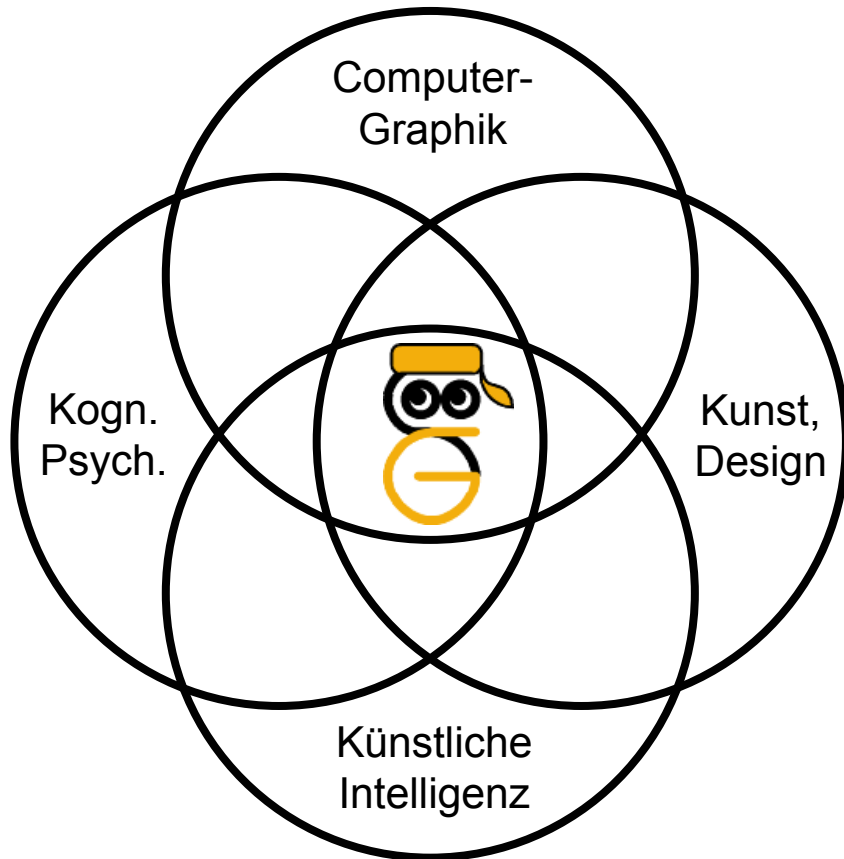


# MU3I Workshop auf der IUI 2004

- Multi User & Ubiquitous User Interfaces
  - Mitorganisatoren: Albrecht Schmidt, Christian Kray, Antonio Krüger
  - Internationales Programmkomitee
- Konferenz: Intelligent User Interfaces
- Funchal, Madeira, 14. Januar 2004
- [www.mu3i.org](http://www.mu3i.org)



# Smart Graphics Symposium



- 22.-24. Mai 2004
- Banff Centre, Canada
- Deadline: 9. Februar
- Proceedings als LNCS
- [www.smartgraphics.org](http://www.smartgraphics.org)

# Diskussion

