

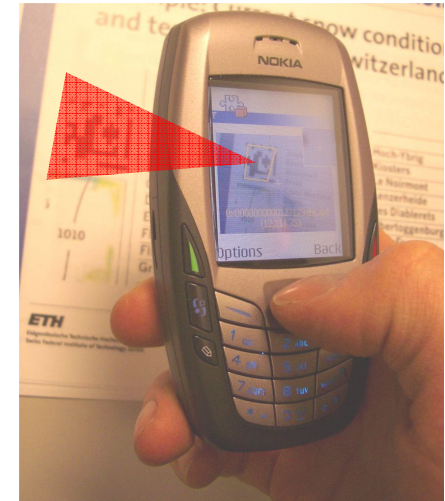
Linking Physical and Virtual Worlds with Visual Markers and Handheld Devices

Michael Rohs



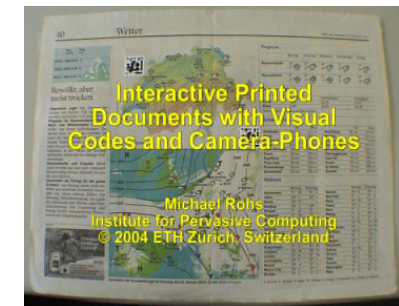
Thema der Dissertation

- Verknüpfung von Informationsdiensten mit physischen Objekten
- Konzepte und Techniken zur Interaktion
 - mobile Geräte und manipulative Benutzungsschnittstellen
- Kamera-Handys und -PDAs als mobile Sensoren für zweidimensionale visuelle Marker
 - Marker als Einstiegspunkte für die Interaktion
 - Erkennung von Codewert, Fokuspunkt und Orientierung in Echtzeit
 - grafisch überlagertes Kamerabild
- Kamera-Handys als Interaktionsinstrumente für Objekte der realen Welt



Marker-basierte Interaktion mit Printmedien

- Aktueller Wetter- und Schneebericht für die Schweiz
 - Kombination von anvisiertem Objekt und Rotation



Wetter NZZ am Sonntag • 22. Februar 2004

Prognose

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Alpennordseite	0° -1°	0° -2°	4° -4°	1° -2°	1° -3°
Alpensüdseite	7° 3°	5° 2°	6° -1°	4° 1°	5° 0°

Sonne und Mond

	Aufgang	Hochstand	Untergang
Sonne	7.20	12.39	17.59
Mond	8.35	14.25	20.35

Daten für Sonntag, 22. Februar 2004, in Zürich.

Schneebericht

	Tal	Berg
Adelboden	22 cm	130 cm
Airolo	40 cm	160 cm
Andermatt	100 cm	220 cm
Arosa	100 cm	200 cm
Crans-Montana	40 cm	190 cm
Davos	90 cm	235 cm
Engelberg	20 cm	150 cm
Flims-Laax	60 cm	250 cm
Flumserberge	60 cm	150 cm
Grindelwald	60 cm	150 cm
Hoch-Ybrig		130 cm
Klosters		160 cm
Le Noirmont		160 cm
Lenzerheide		200 cm
Les Diablerets		190 cm
Obertoggenburg		235 cm
Saas Fee		90 cm
Schuls		85 cm
St. Moritz		70 cm
Zermatt		50 cm

Orientation

Schneebericht

	Tal	Berg
Adelboden	22 cm	130 cm
Airolo	40 cm	160 cm
Andermatt	100 cm	220 cm
Arosa	100 cm	200 cm
Crans-Montana	40 cm	190 cm
Davos	90 cm	235 cm
Engelberg	20 cm	150 cm
Flims-Laax	60 cm	250 cm
Flumserberge	60 cm	150 cm
Grindelwald	60 cm	150 cm

Objektauswahl durch Fokuspunkt

Auswahl des Informationsaspektes durch Rotation

Übersicht

- Einführung
 - Marker-basierte Interaktion
 - Verwandte Arbeiten
- Beiträge der Dissertation
 - Visual-Code-System
 - Framework für Marker-basierte Interaktion
 - Visual-Code-Widgets
- Fazit

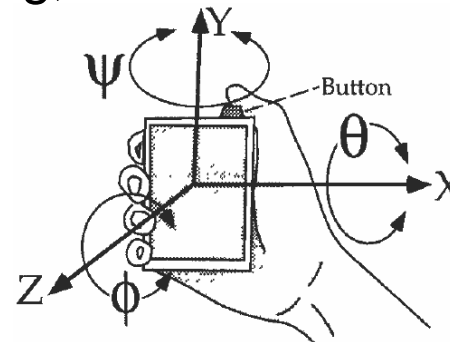
Manipulative Benutzungsschnittstellen (embodied user interfaces)

- Physische Manipulationen eines mobilen Gerätes als Eingabemöglichkeit

- Gesten: bewegen, neigen, schütteln, klopfen
- Sensoren: Beschleunigung, Neigung, Druck

- Charakteristika

- Verkörperung
- Manipulationen haben Analogien in der realen Welt
- Koinzidenz von Ein- und Ausgabe



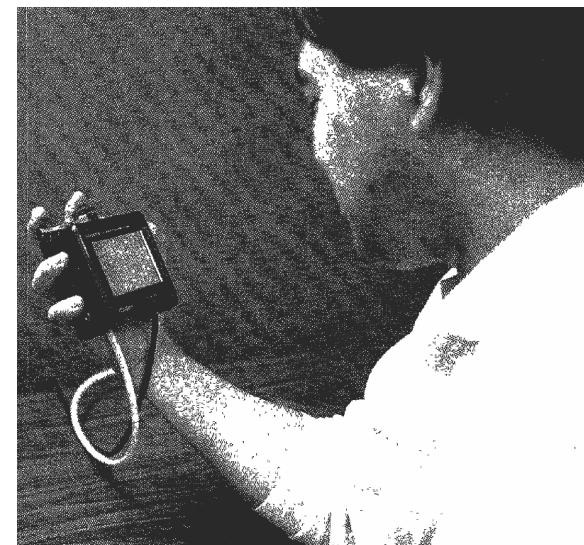
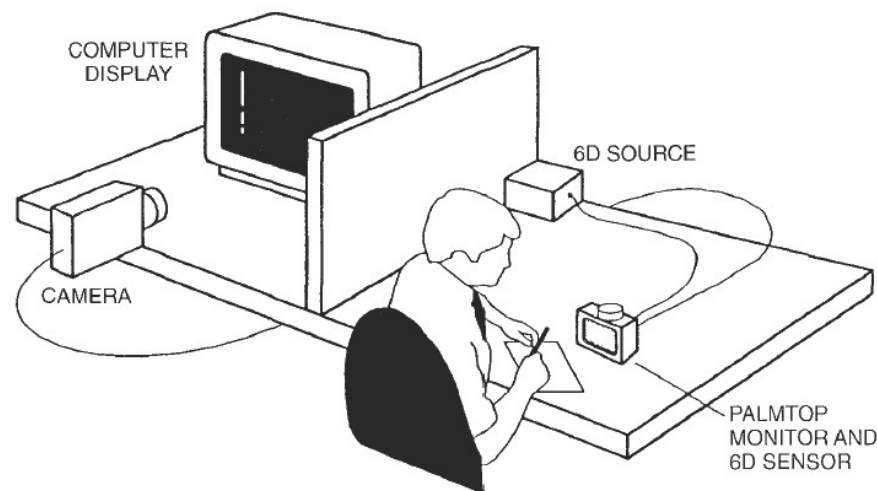
Quelle: Rekimoto: Tilting Operations for Small Screen Interfaces, 1996



Quelle: Bartlett: Rock 'n' Scroll is Here to Stay, 2000

Verwandte Arbeiten

- Fitzmaurice et al. (1993): Chameleon
 - in der Hand gehaltenes Display als Fenster in dreidimensionalen Informationsraum
 - „Eye-in-the-hand“ Navigationsmetapher
 - Ausgabe abhängig von der Position des Displays

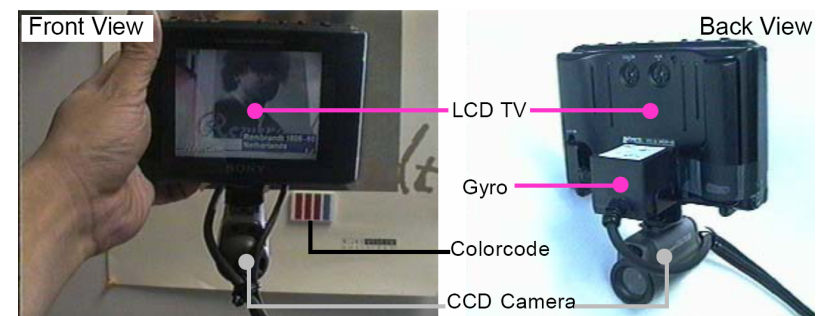
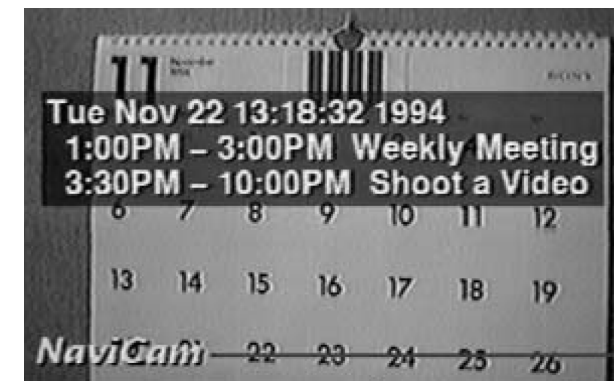
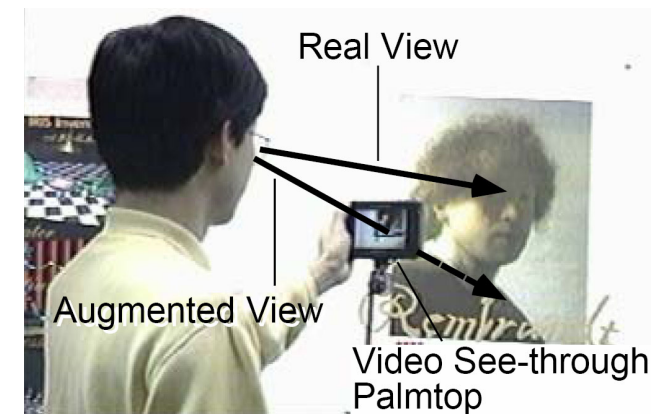


Quelle: Fitzmaurice, Zhai, Chignell: Virtual Reality for Palmtop Computers, 1993

Verwandte Arbeiten

■ Rekimoto (1995): Magnifying Glass Approach

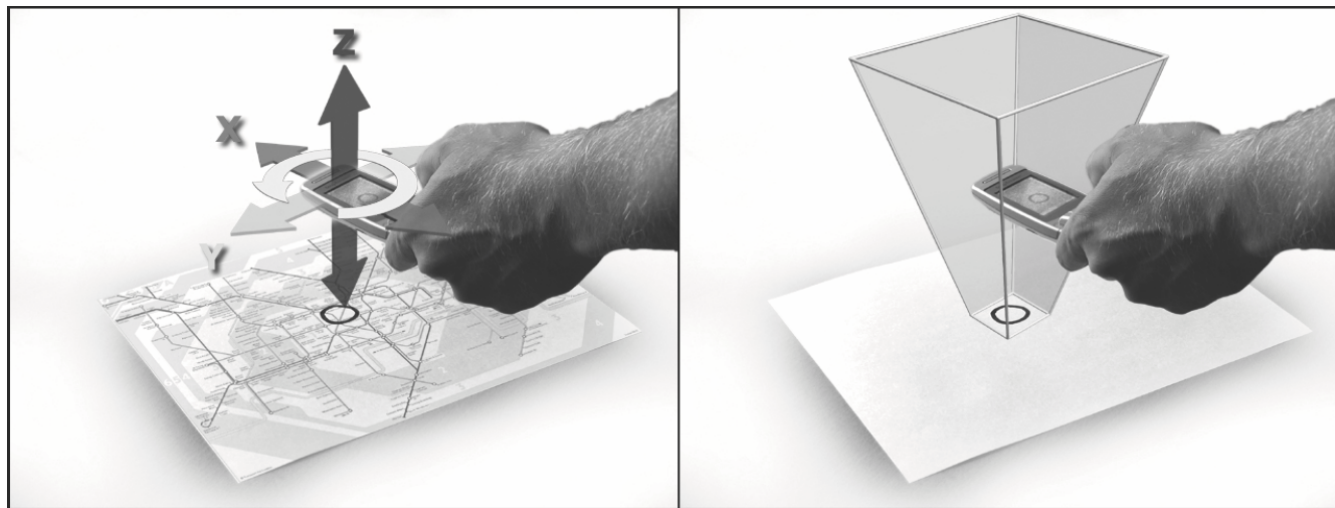
- die Sicht auf die reale Welt um Information erweitern
- in der Hand gehaltenes Display mit Kamera als Alternative zu HMDs
 - kürzere Bearbeitungszeiten für Aufgaben
- „NaviCam“ Video-see-through AR
 - Kamera und Display an UNIX Workstation angeschlossen
 - einfache farbcodierte Marker
 - rein textuelle Ausgabe ohne Ausrichtung am Kamerabild



Quelle: Rekimoto: The Magnifying Glass Approach to Augmented Reality Systems, 1995

Verwandte Arbeiten

- Hansen et al. (CHI 2005): Mixed Interaction Spaces
 - mixed: physischer Raum zur Interaktion in virtuellem Raum
 - Erkennung eines Kreises als Interaktionspunkt
 - Erkennung der Position des Gerätes im Interaktionsraum
 - Position und Grösse des Kreises im Kamerabild



Quelle: Hansen, Eriksson, Lykke-Olesen: Mixed Interaction Space – Designing for Camera Based Interaction with Mobile Devices, CHI 2005

Marker-basierte Interaktion

- Benutzung visueller Marker zur
 - Identifizierung physischer Objekte
 - Ermittlung des Fokuspunktes und der Orientierung des Gerätes
- Kombination von physischer Verknüpfung mit manipulativer Interaktion
 - Semantik der Interaktion als Funktion von Objekt und einer oder mehrerer Gesten
- Mobiles Gerät als „symbolischen Lupe“
 - manipulative Interaktion mit dem mobilen Gerät
 - optisches Zoomen versus Zoomen im Informationsraum

Beiträge der Dissertation

- Entry-Points-Konzept
- Visual Codes
- Framework für Marker-basierte Interaktion
- Visual-Code-Widgets
- Interaktion mit öffentlichen Grossbildschirmen
- Annotierungstechniken für physische Objekte
- Produktverpackungen als tangible user interfaces und Medien für handheld augmented reality

Beiträge der Dissertation

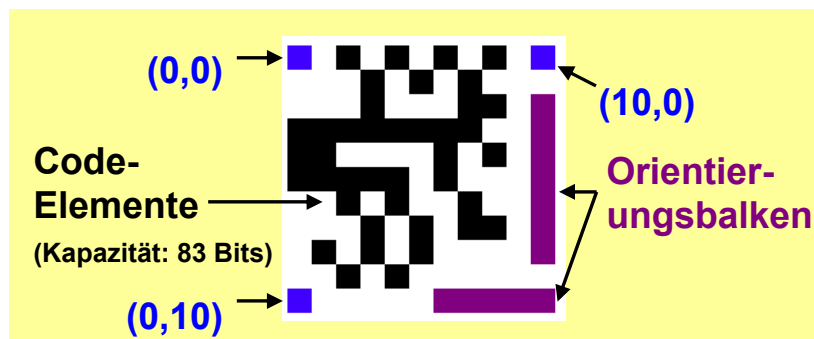
- Entry-Points-Konzept
- Visual Codes
- Framework für Marker-basierte Interaktion
- Visual-Code-Widgets
- Interaktion mit öffentlichen Grossbildschirmen
- Annotierungstechniken für physische Objekte
- Produktverpackungen als tangible user interfaces und Medien für handheld augmented reality

Beiträge der Dissertation

- Entry-Points-Konzept
- **Visual Codes**
- Framework für Marker-basierte Interaktion
- Visual-Code-Widgets
- Interaktion mit öffentlichen Grossbildschirmen
- Annotierungstechniken für physische Objekte
- Produktverpackungen als tangible user interfaces und Medien für handheld augmented reality

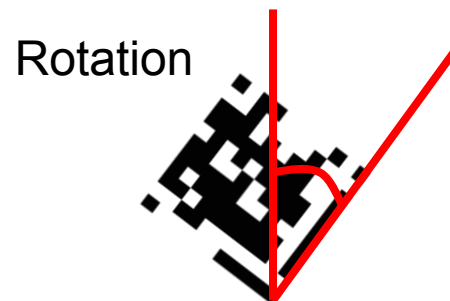
Visual Codes für Kamera-Handys

- Für **gering-auflösende** Kameras
 - 160 x 120 Pixel im Suchermodus
 - erfordert grobe Code-Strukturen
- **Beliebige Orientierung** durch Kamera-Mobilität
- **Effizienter** Erkennungsalgorithmus
 - Erkennung in Echtzeit im Suchermodus
- Speicherkapazität
 - 76, 96 und 284 Bits
 - Fehlererkennung durch lineare Codes: (83,76,3), (103,96,3) und Reed-Solomon-Code
- Erkennung mehrerer Codes in einem einzelnen Bild
- Darstellung auf verschiedenen Medien
 - Druck
 - elektronische Bildschirme
 - Projektion

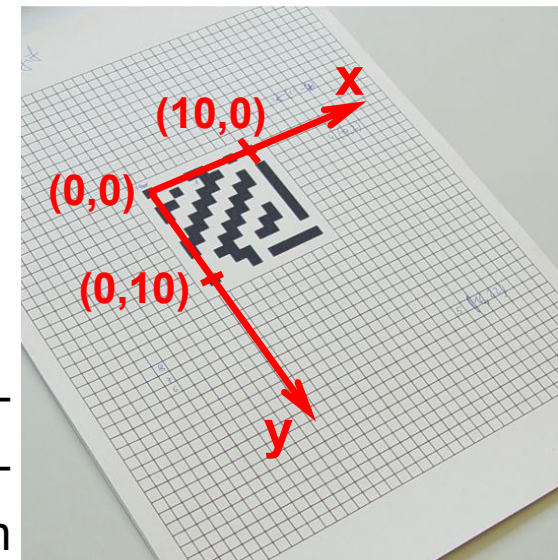


Visual-Code-Parameter

- Rotation, Neigung und Distanz
- Code-Koordinatensystem
- Keine Kamera-Kalibrierung erforderlich
- Einsetzbar für manipulative Benutzungsschnittstellen



Code-Koordinatensystem

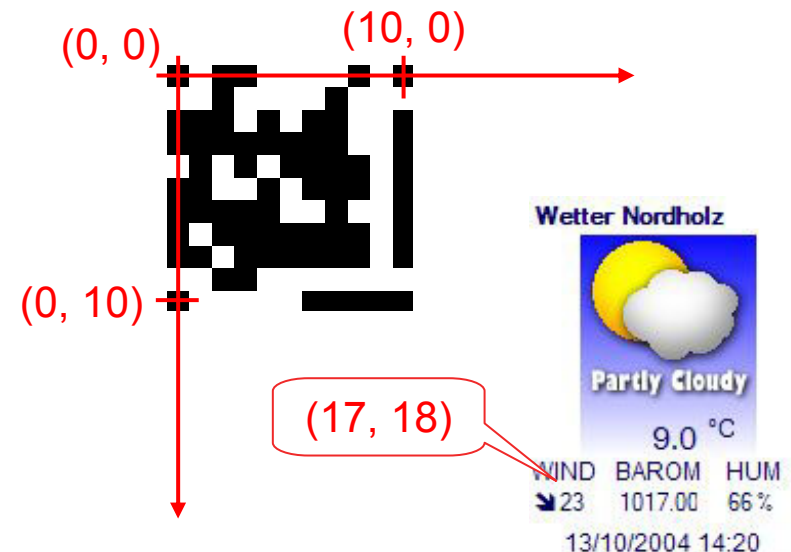
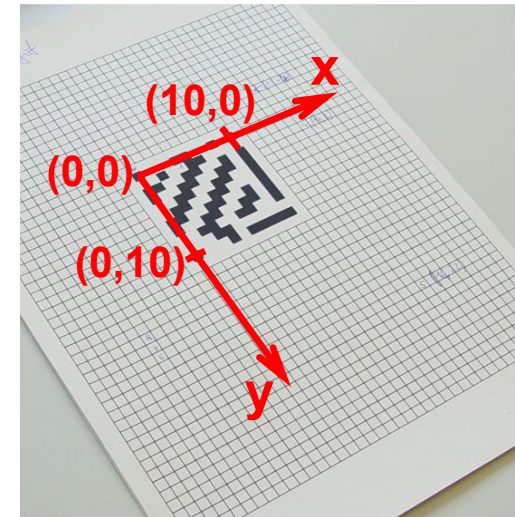


Code-Koordinatensystem

- Jeder Visual Code erzeugt ein Koordinatensystem
 - invariant bezüglich projektiver Verzerrung durch unterschiedliche Orientierung des Codes im Bild
- Projektive Abbildung (planare Homographie)
 - Konvertierung von Code-Koordinaten in Bild-Koordinaten
 - Konvertierung von Bild-Koordinaten in Code-Koordinaten

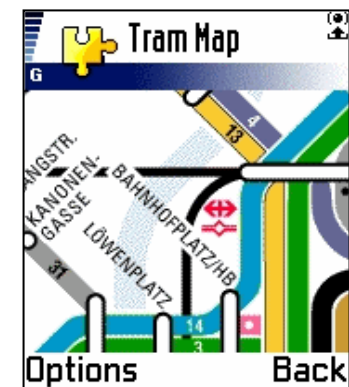
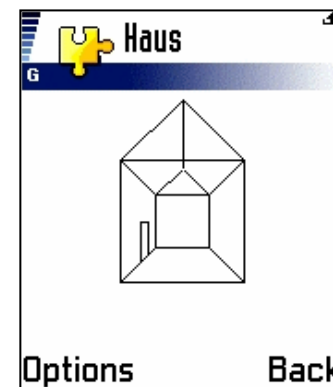
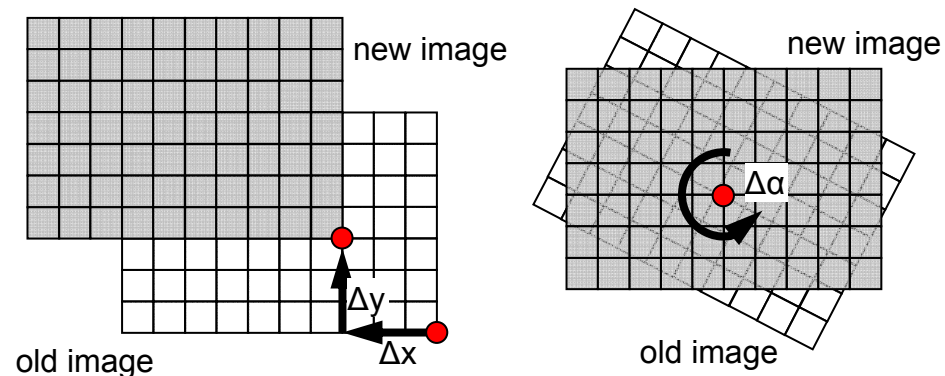
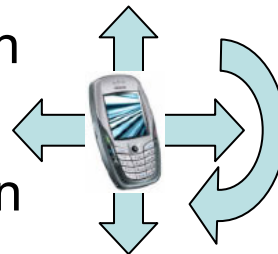
```
Point2D GetImageCoords(  
    Point2D codeCoords)
```

```
Point2D GetCodeCoords(  
    Point2D imageCoords)
```



Bewegungserkennung

- Optische Erkennung der Bewegung des Gerätes relativ zum Hintergrund
 - kontinuierliches Scrollen des Bildschirminhalts
 - direkte Manipulation von Grossbildschirmen



Beiträge der Dissertation

- Entry-Points-Konzept
- Visual Codes
- **Framework für Marker-basierte Interaktion**
- Visual-Code-Widgets
- Interaktion mit öffentlichen Grossbildschirmen
- Annotierungstechniken für physische Objekte
- Produktverpackungen als tangible user interfaces und Medien für handheld augmented reality

Framework für Marker-basierte Interaktion

- Interaktionsprimitive
 - physische Gesten bilden ein Vokabular für manipulative Interaktion
 - Kombinierbarkeit, um Flexibilität und Ausdruckstärke zu erhöhen
- Interaktionshinweise
 - weisen auf anwendbare Interaktionsprimitive hin
 - führen den Benutzer durch Interaktionssequenzen
- Interaktionsmodell und Beschreibungssprache
 - definiert diskrete Gerätepositionen und -orientierungen
 - verknüpft diese mit bestimmten Aktionen

Tram-Haltestelle

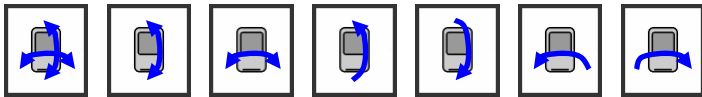
- Ohne Rotation: Wartezeit für anvisierte Tramlinie
- Mit Rotation: Ankunftszeiten an den nächsten Haltestellen
- Icons zeigen Interaktionsmöglichkeiten an



Interaktionsprimitive

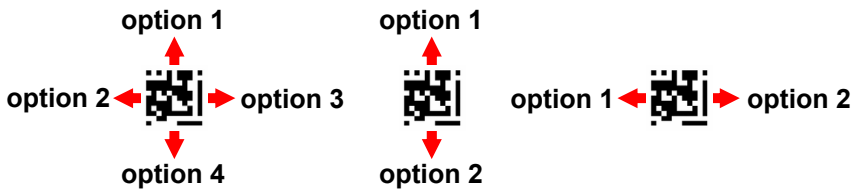
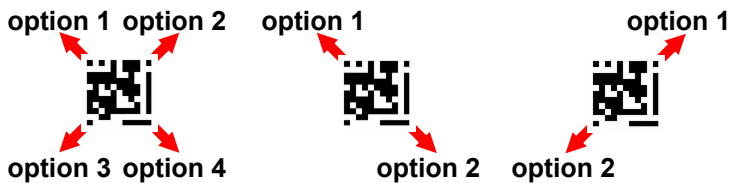
- Statische Interaktionsprimitive
- Dynamische Sweep-Interaktionsprimitive
- Dynamische Relativbewegungs-Interaktionsprimitive

Statische Interaktionsprimitive

Interaktions- primitiv	Eingabe- kapazität	Interaktionshinweis
pointing	Anzahl von Informationsflächen	implizit
rotation	7	
tilting	5 (+4 für NW,NE,SW,SE)	
distance	8	
stay	nur zeitlich begrenzt	 (Icon hat hervorgehobenen Bildschirm)
keystroke	12 (Tastatur) + 5 (Joystick)	 (Icon hat hervorgehobene Tastatur)

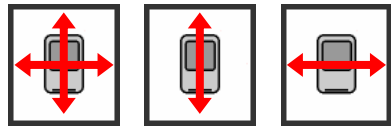
Dynamische Sweep-Interaktionsprimitive

- Bewegung der Kamera über den Code (Sweep)
 - für schnelle Eingabe einer einzelnen Aktion
 - Interaktionshinweise neben dem Code aufgedruckt

Dynamisches Interaktionsprimitiv	Eingabekapazität	Interaktionshinweis
horizontale oder vertikale Bewegung	4	
diagonale Bewegung	4	

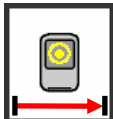
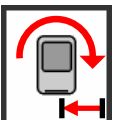
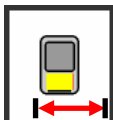
Dynamische Relativbewegungs-Interaktionsprimitive

- Erkennung der Relativbewegung: (x,y,θ)
 - für kontinuierliche Eingabe und direkte Manipulation
 - Drücken und Halten des Joystickbuttons als „Kupplung“

Dynamisches Interaktionsprimitiv	Eingabekapazität	Interaktionshinweis
relative lineare Bewegung	4 (continuous)	
relative Rotation	2 (continuous)	

Kombination von Interaktionsprimitiven

- Kombination statischer Interaktionsprimitive
 - Auswahl der geeigneten Aktion durch den Benutzer
- Kombination statischer & dynamischer Interaktionsprimitive
 - „Point & Drag“-Transaktionen

Kombination	Interaktionshinweis	Kombination	Interakt.-hinweis
rotation & stay		tilting & keystroke	
rotation & tilting		distance & stay	
rotation & distance		distance & keystroke	

Interaktionsmodell

- Definiert, wie Informationen und Aktionen in Visual-Code-Image-Maps betrachtet bzw. ausgelöst werden können
- Zustandsloses Modell
 - aktuelle Position und Orientierung bestimmt das Resultat
 - quasi-modes für Relativbewegung
- Regeln bilden Position und Orientierung auf Aktionen ab
 - Bedingungen auf Eingabeparametern
 - Resultate werden aktiviert, wenn Bedingungen erfüllt sind

```
BEGIN Rule
  IF 30° < rotation < 90° THEN
    showInformation("Hello World!");
  END
END Rule
```

Spezifikationssprache

```
<Area name="">
```

```
<Ellipse coordinateSystem="0x123128abcabc">
```

```
<Point x="14.42" y="5.26"/>
```

```
<Point x="28.33" y="11.49"/>
```

```
</Ellipse>
```

elliptical area,
extent in code
coordinate system

```
...
```

```
<Rule name="">
```

```
<Distance start="0" end="70"/>
```

```
<Rotation start="15" end="90"/>
```

constraints:
distance and rotation

```
<Information>
```

```
<IconicCue name="RotationCW"/>
```

```
<IconicCue name="DistanceFarther"/>
```

```
<Line value="close, rotated left"/>
```

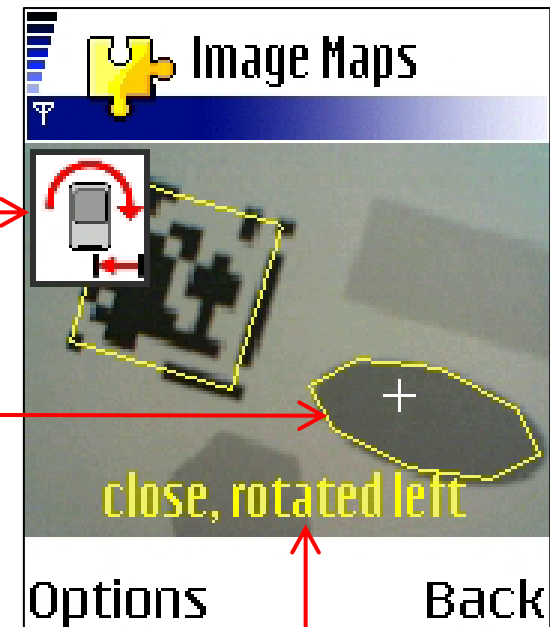
iconic interaction cues

textual output

```
</Information>
```

```
</Rule>
```

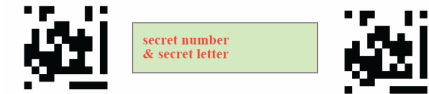
```
</Area>
```



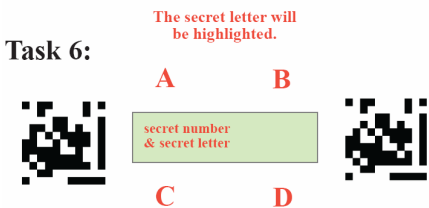
Benutzbarkeitsstudie

- Individuelle Interaktionsprimitive
 - tilting am schwierigsten
 - pointing, distance, stay am besten bewertet
- Kombinationen von Interaktionsprimitiven
 - 5 Teilnehmer: einfachere Kombinationen mit weniger Kontrolle
 - pointing & stay, pointing & keystroke
 - 3 Teilnehmer: komplexere Kombinationen mit mehr Kontrolle
 - pointing & distance, pointing & rotation
- „Information freezing“ Feature wesentlich

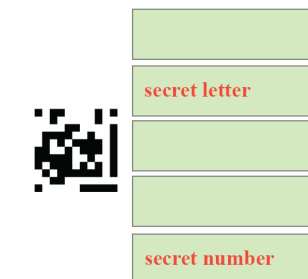
Task 5:



Task 6:



Task 7:



Beiträge der Dissertation

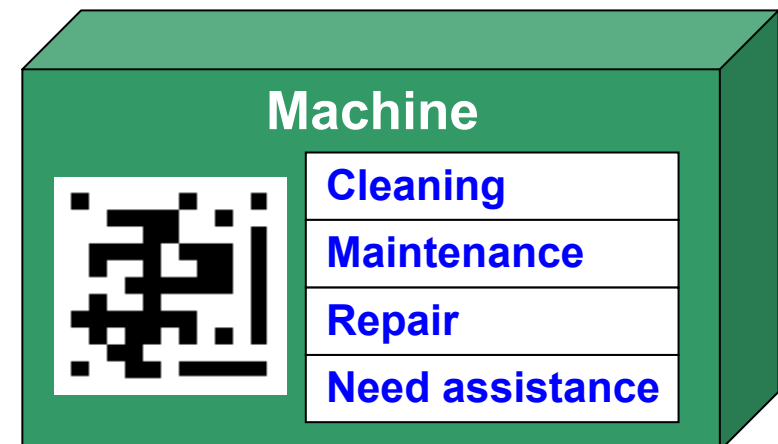
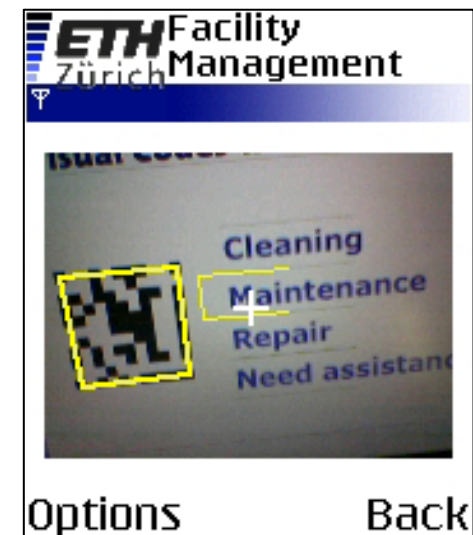
- Entry-Points-Konzept
- Visual Codes
- Framework für Marker-basierte Interaktion
- **Visual-Code-Widgets**
- Interaktion mit öffentlichen Grossbildschirmen
- Annotierungstechniken für physische Objekte
- Produktverpackungen als tangible user interfaces und Medien für handheld augmented reality

Visual-Code-Widgets für Marker-basierte Interaktion

- Benutzungsschnittstellen-Elemente für Visual Codes
 - vertical menus, pie menus, check boxes, radio buttons, sliders, dials, free-form input widgets
- Bausteine für Anwendungen, die Ressourcen in der realen Welt integrieren
 - Zeitschriften, Türschilder, Plakate, elektronische Displays
- Widgets
 - lösen bestimmte Eingabeprobleme
 - definieren anwendungsübergreifende Interaktionsmechanismen

Beispielszenario: Aussendienst

- Szenario
 - Aussendienstmitarbeiter trägt Kamera-Handy bei sich
 - Raum bzw. Objekt vor Ort hat ein Visual-Code-Menü
 - mögliche Arbeitsschritte als Menüpunkte aufgeführt
 - Arbeiter selektiert entsprechenden Menüpunkt, um Arbeitsschritt zu dokumentieren
- Durch Menüauswahl generierte Daten
 - Identifier, Index des Menüpunktes
 - Geräte-ID, Zeitstempel
- Automatisch generierte SMS
 - Sendemodus: sofortiges Senden
 - Speichermodus: Sammeln der Eingabe, späteres Senden



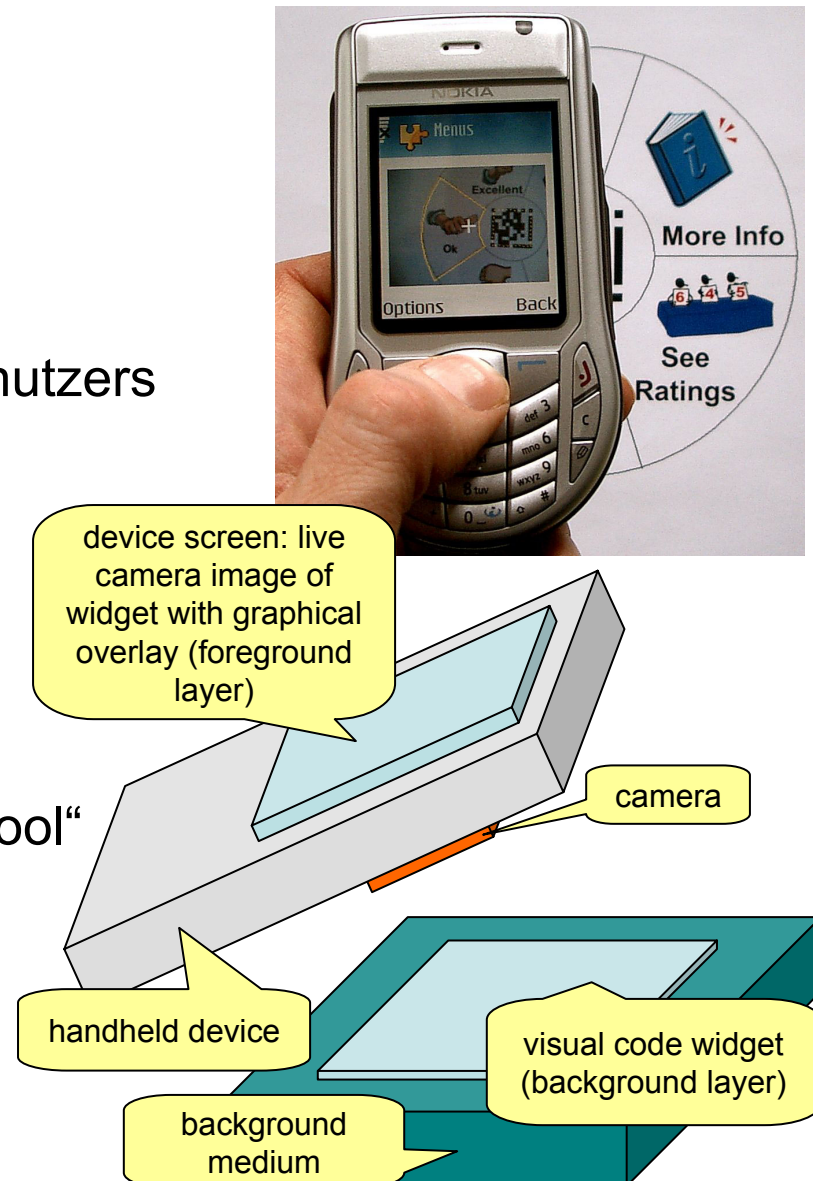
Visual-Code-Widgets

■ Hintergrund-Ebene

- eingebettet in Umgebung des Benutzers
- verteilte Benutzungsschnittstelle
- Einstiegspunkt für Interaktion
- impliziert Semantik des Widgets

■ Overlay-Ebene

- Kamera-Handy als „see-through tool“
- Typ und Layout im Codewert gespeichert
 - unmittelbares Feedback
 - keine Verzögerung
 - keine initiale Kommunikation



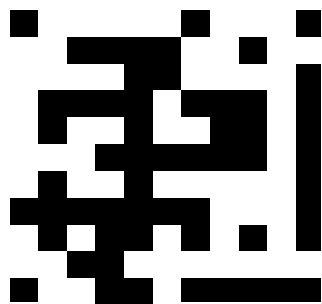
Widget-Codierung

tatsächlich im Header
gespeicherte Werte

12-bit header

bits	parameter	values
75..74	3 code class	3 (visual code menus)
73..72	0 menu type	0 (single menu)
71	1 menu sub type	0 = left, 1 = right
70..68	0 item height	$h = 2(x + 2) = 4..18$ ccu
67..64	3 item count	$n = x + 1 = 1..16$
63..0	... identifier	2^{64} values

Code-
Koordinaten
(12,5)



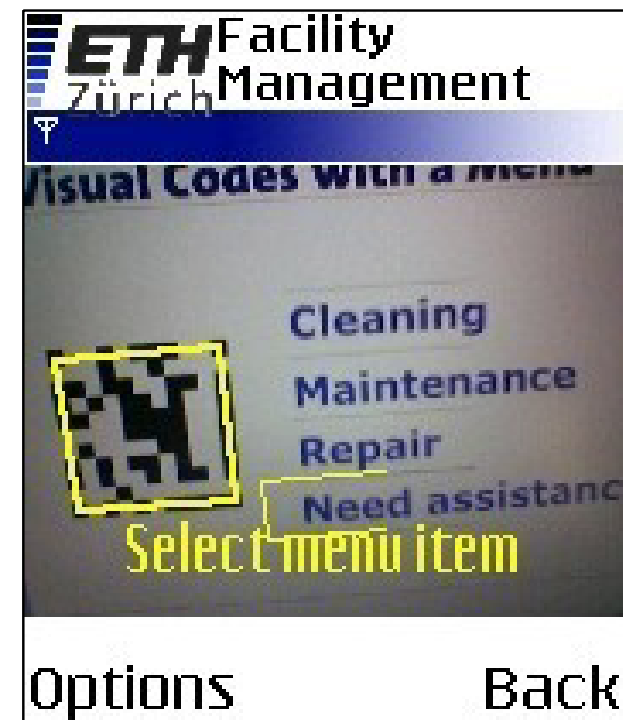
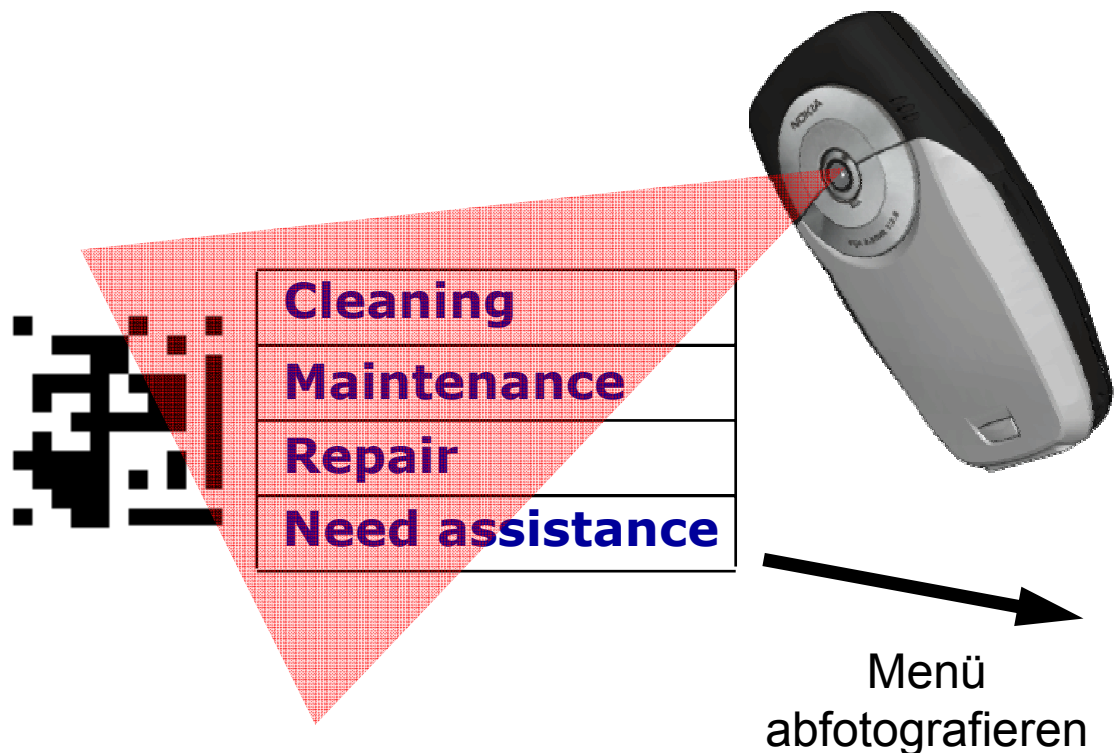
Cleaning
Maintenance
Repair
Need assistance

4 Einheiten im Code-
Koordinatensystem

code value = 0xd141234567890abcdef

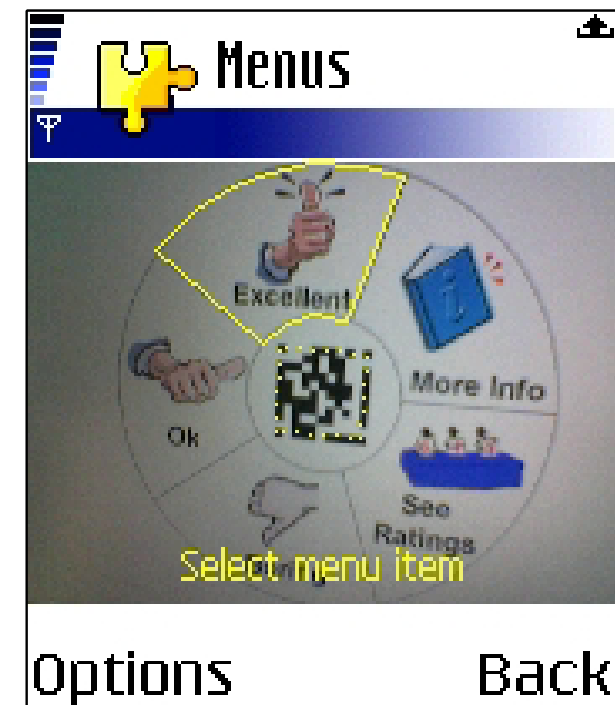
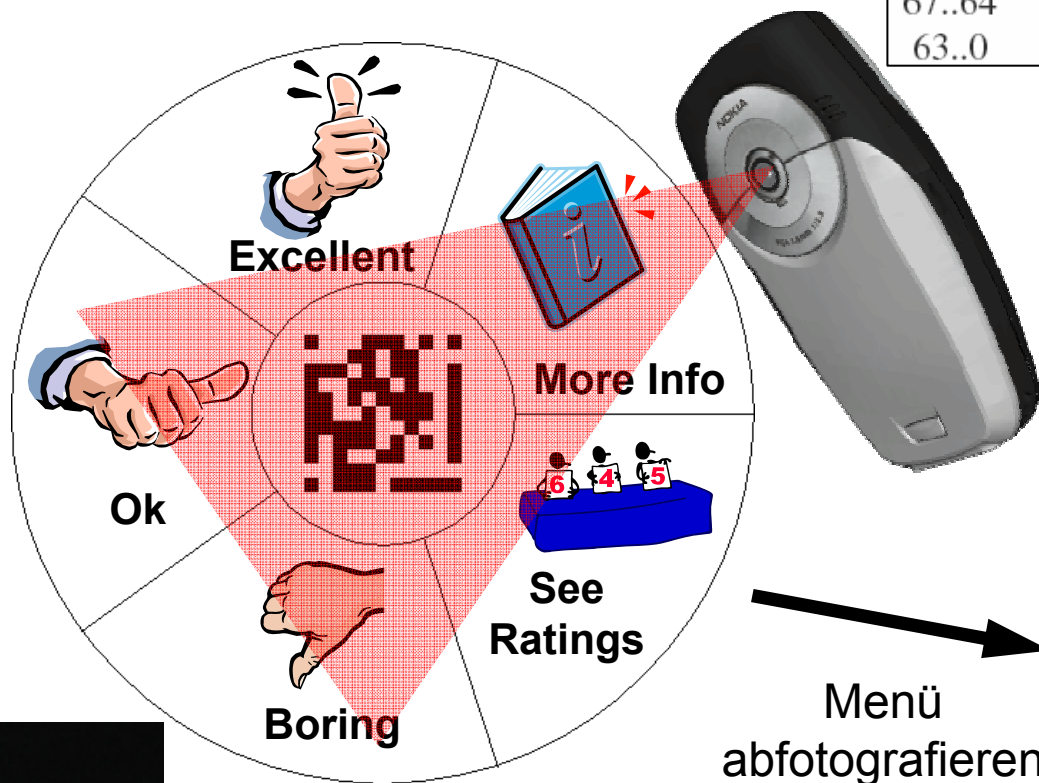
Vertikale Menüs

bits	parameter	values
75..74	code class	3 (visual code menus)
73..72	menu type	0 (single menu)
71	menu sub type	0 = left, 1 = right
70..68	item height	$h = 2(x + 2) = 4..18$ ccu
67..64	item count	$n = x + 1 = 1..16$
63..0	identifier	2^{64} values



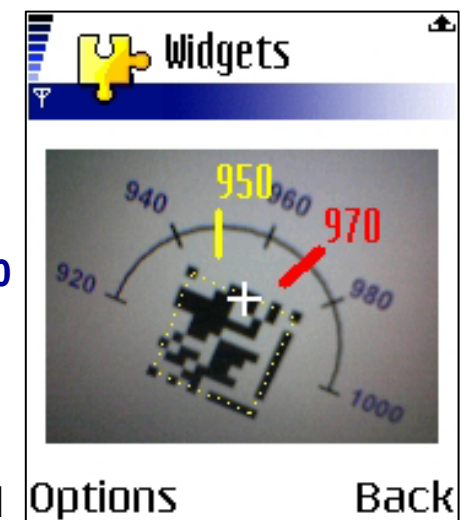
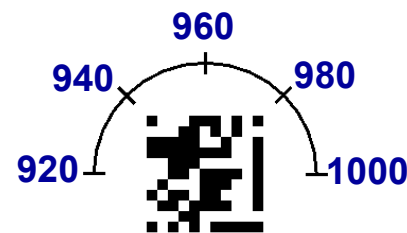
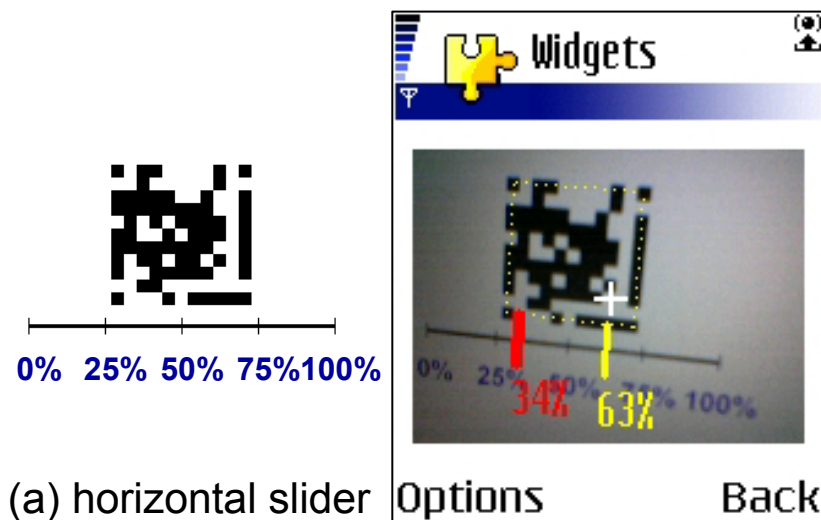
Pie Menüs

bits	parameter	values
75..74	code class	3 (visual code menus)
73..72	menu type	3 (circular pie menu)
71..68	outer circle radius	$r = 20 + 2x = 20..50$ ccu
67..64	item count	$n = x + 2 = 2..17$
63..0	identifier	2^{64} values



Sliders und Dials

- „Begrenztes“ Dateneingabe-Widget
 - vereinfachte Eingabe numerischer Daten in einem Bereich
- Prozentangaben oder numerische Grenzen
- Kontinuierliche oder diskrete Eingaben



Fazit

Marker-basierte manipulative Interaktion für mobile Geräte ist ein vielseitig anwendbares Paradigma, um die physische mit der virtuellen Welt zu verbinden und einen kontextabhängigen Informationszugriff für mobile Benutzer zu ermöglichen.

Zusammenfassung

Beiträge der Dissertation und Publikationen

- Visual Codes
 - [Michael Rohs](#). Real-World Interaction with Camera-Phones. UCS 2004.
 - [Michael Rohs](#) and Beat Gfeller. Using Camera-Equipped Mobile Phones for Interacting with Real-World Objects. In: Advances in Pervasive Computing, 2004.
- Framework für Marker-basierte Interaktion
 - [Michael Rohs](#) and Philipp Zweifel. A Conceptual Framework for Camera Phone-Based Interaction Techniques. Pervasive 2005.
- Visual-Code-Widgets
 - [Michael Rohs](#). Visual Code Widgets for Marker-Based Interaction. IWSAWC 2005.

Zusammenfassung

Beiträge der Dissertation und Publikationen

- Entry-Points-Konzept
 - [Michael Rohs](#) and Jürgen Bohn. Entry Points into a Smart Campus Environment – Overview of the ETHOC System. IWSAWC 2003.
- Interaktion mit öffentlichen Grossbildschirmen
 - Rafael Ballagas, [Michael Rohs](#), and Jennifer G. Sheridan. Sweep and Point & Shoot: Phonecam-Based Interactions for Large Public Displays. CHI 2005 extended abstracts.
 - Rafael Ballagas, [Michael Rohs](#), Jennifer G. Sheridan, and Jan Borchers. BYOD: Bring Your Own Device. UbiComp 2004 Workshop on Ubiquitous Display Environments.
- Annotierungstechniken für physische Objekte
 - [Michael Rohs](#) and Christof Roduner. Camera Phones with Pen Input as Annotation Devices. PERMID 2005.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!