

# Ubiquitous Computing

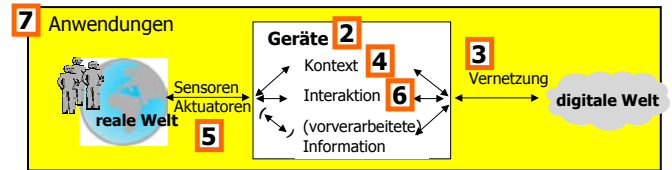
(Ubiquitäre Informationstechnologien)  
Vorlesung im WS 01/02



**Prof. Lars Wolf**  
**Michael Beigl**  
Universität Karlsruhe  
Institut für Telematik  
Telecooperation Office  
www.teco.uni-karlsruhe.de

## Aufbau der Vorlesung

- |                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| <b>1</b> Grundlagen | <b>4</b> Kontext             |
| <b>2</b> Geräte     | <b>5</b> Sensoren/Aktuatoren |
| <b>3</b> Vernetzung | <b>6</b> Interaktion         |
|                     | <b>7</b> Anwendungen         |



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-2

## Inhalt

- **Sensordatenverarbeitung**
- **Sensoren**
- **Ortsbestimmung**
- **Identifikation**

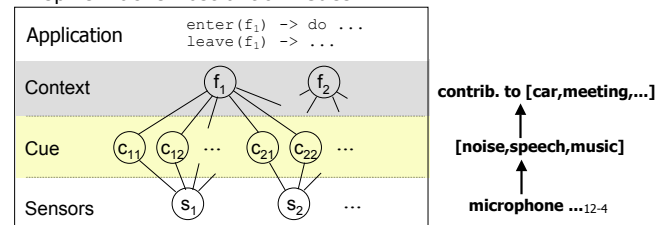
Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-3

## Verarbeitung

### Verarbeitungsstufen

- Rohe Elektrische Signale
- Interpretation der Signale als elektrische Werte
- Zusammenfassung, einfache Abstraktion der Signale
- Weitere Abstraktion anhand von Semantik
- Interpretation der abstrahierten Daten zu Kontexten
- Bsp: einfache Abstraktion: Cues



## Sensor-Verarbeitung

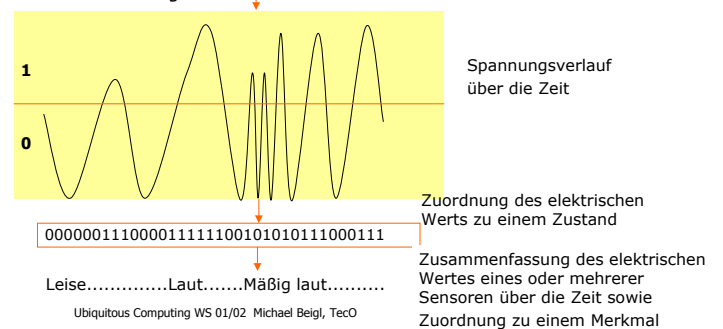
- Rahmenbedingung in Ubiquitous Computing:
  - Wenig Rechenzeit, geringe Leistungsfähigkeit der Rechenkomponenten
  - Wenig Speicher
- Keine einheitliche Beschreibung der Stufen der Verarbeitung
- Keine einheitliche Beschreibung / Verarbeitung von Sensordaten
- Aber: Domänenwissen um spezielle Anwendung, Einsatzgebiet, Einsatzobjekt hilft (Appliances)

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-5

## Rohe Elektrische Signale

Interpretation der Veränderung der elektrischen Parameter (Widerstand, Stromfluß, Frequenz etc.) und Zuordnung zu einem elektrischen Wert, meist Spannung durch elektronische Schaltung

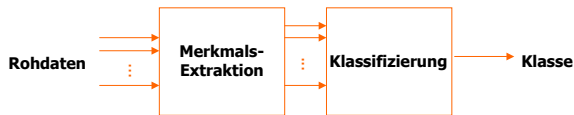


Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

## Mustererkennung

### Klassische Mustererkennung

- Merkmale aus den Rohdaten gewinnen → Einsatz von Vorwissen
- Zuordnung der gewonnenen Merkmale zu Klassen → Einsatz von Vorwissen
- Was sind charakteristische Merkmale?
- Nach welchen Verfahren werden Klassen bestimmt?

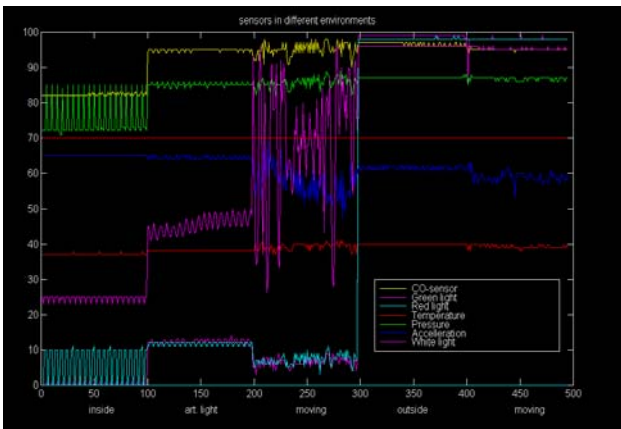


## Sensorverarbeitung Einfacher Kontext

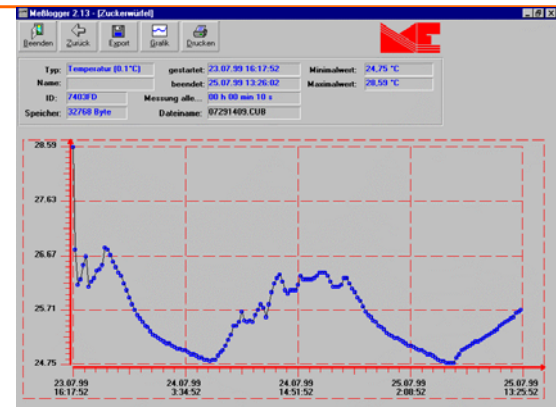
### Zuordnung eines Sensorwerts zu Kontext über Funktion

- Korrelation von mehreren Datenquellen
- Verschiedene Verfahren möglich. Einfache Verfahren
  - Template Übereinstimmung
  - Minimaler Abstand
- „Integrierte“ Merkmalsextraktion
  - Nächster Nachbar
  - Neuronale Netze

## Verarbeitung Sample Sensor Data



## Verarbeitung Sample Sensor Data, cont.



## Verarbeitung TEA - Audio

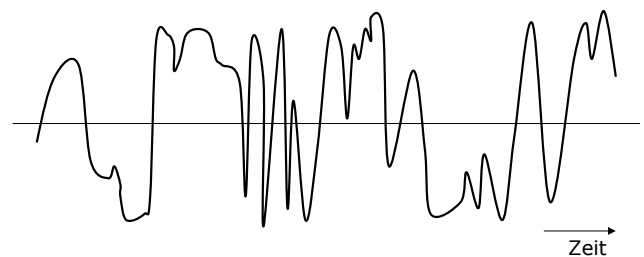
### Anforderungen

- Wenig Speicher
- Wenig Rechnerleistung

### Ansatz

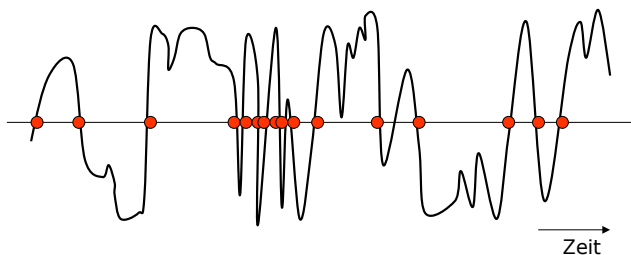
- Arbeiten in Zeitdomäne (keine Transformation!)
- Anwendung statistischer Methoden
- Merkmalsextraktion auf der Basis einer sehr geringen Datenmenge

## Verarbeitung Audio Signal



- Daten in der Zeitdomäne

## Verarbeitung Zero Crossings

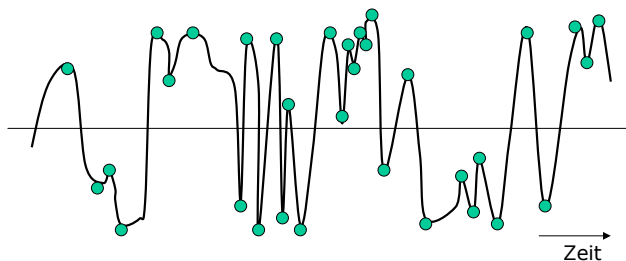


- Zähle Nulldurchgänge
- Distanz zwischen Nulldurchgängen

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-13

## Verarbeitung Direction Changes

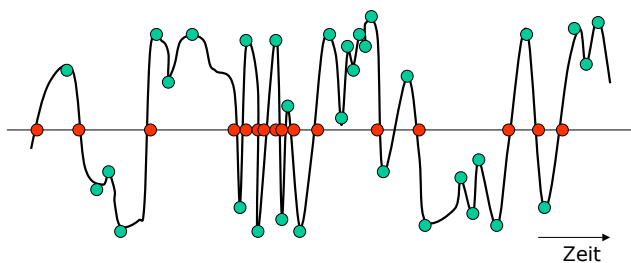


- Zähle Richtungswechsel (~1K)

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-14

## Verarbeitung Ratio

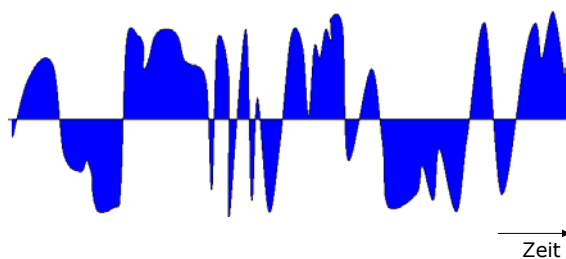


- Verhältnis = Richtungswechsel / Nulldurchgänge
- Kein Speicherverbrauch!

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-15

## Verarbeitung Integral

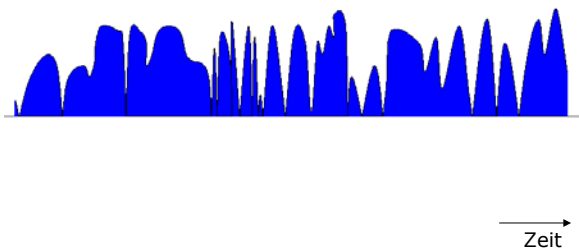


- Fläche unter Kurve
- Kein Speicherverbrauch!

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-16

## Verarbeitung Integral II

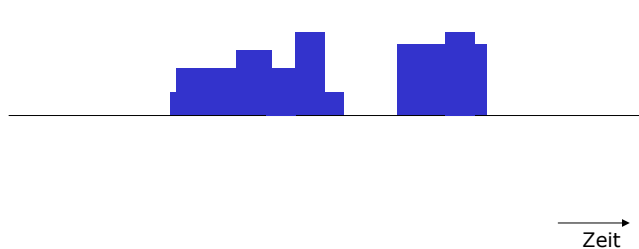


- Absolute Kurvenfläche (normalisiert)
- Kein Speicherverbrauch!

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-17

## Verarbeitung Profile



- Erzeuge Profil (Vereinfachte Rohdaten)
- Jeder Klotz (Chunk) = ein Datenwort, Speicher ~ 1kB

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-18

## Verarbeitung Software I

### pfeifen

```
Raw - Avg: 163.7 ; Abs Avg: 2368.5 ; ratio: 1.857 ; sd: 1.04
Spec - avg: 8.1 ; sd: 2055.67 ; avg dis: 315.8 ; sd dis: 102655.69
Prof - avg: 7954.4 ; sd: 2.15 ;
```

Pfeifen

### sprechen

```
Raw - Avg: 170.5 ; Abs Avg: 471.0 ; ratio: 12.190 ; sd: 566179.8
Spec - avg: 12.5 ; sd: 4447.67 ; avg dis: 115.4 ; sd dis: 13669.85
Prof - avg: 1411.2 ; sd: 1673821.1 ;
```

1

2

3

4

- Mehrere Chunks bei Sprechen

## Software II

### pfeifen

```
Raw - Avg: 163.7 ; Abs Avg: 2368.5 ; ratio: 1.857 ; sd: 1.04
Spec - avg: 8.1 ; sd: 2055.67 ; avg dis: 315.8 ; sd dis: 102655.69
Prof - avg: 7954.4 ; sd: 2.15 ;
```

### sprechen

```
Raw - Avg: 170.5 ; Abs Avg: 471.0 ; ratio: 12.190 ; sd: 566179.8
Spec - avg: 12.5 ; sd: 4447.67 ; avg dis: 115.4 ; sd dis: 13669.85
Prof - avg: 1411.2 ; sd: 1673821.1 ;
```

- Abstand zwischen Nulldurchgängen: unterschiedliches Ein- Ausschwingverhalten

## Software III

### pfeifen

```
Raw - Avg: 163.7 ; Abs Avg: 2368.5 ; ratio: 1.857 ; sd: 1.04
Spec - avg: 8.1 ; sd: 2055.67 ; avg dis: 315.8 ; sd dis: 102655.69
Prof - avg: 7954.4 ; sd: 2.15 ;
```

### sprechen

```
Raw - Avg: 170.5 ; Abs Avg: 471.0 ; ratio: 12.190 ; sd: 566179.8
Spec - avg: 12.5 ; sd: 4447.67 ; avg dis: 115.4 ; sd dis: 13669.85
Prof - avg: 1411.2 ; sd: 1673821.1 ;
```

- Unterschiedliche Verhältnis Nulldurchgänge / Richtungswechsel

## Software IV

### pfeifen

```
Raw - Avg: 163.7 ; Abs Avg: 2368.5 ; ratio: 1.857 ; sd: 1.04
Spec - avg: 8.1 ; sd: 2055.67 ; avg dis: 315.8 ; sd dis: 102655.69
Prof - avg: 7954.4 ; sd: 2.15 ;
```

### sprechen

```
Raw - Avg: 170.5 ; Abs Avg: 471.0 ; ratio: 12.190 ; sd: 566179.8
Spec - avg: 12.5 ; sd: 4447.67 ; avg dis: 115.4 ; sd dis: 13669.85
Prof - avg: 1411.2 ; sd: 1673821.1 ;
```

- Signifikanter Unterschied bei der Standardabweichung der Chunks

## Inhalt

- Sensordatenverarbeitung
- Sensoren
- Ortsbestimmung
- Identifikation

## Sensorik und Technologie

### 2 Klassen von Sensoren

- Sensoren in Infrastruktur sowie stationären Geräten
- Sensoren in mobilen (Kleinst)Geräten

### Voraussetzung für Sensoren in Ubicomp

- Geringer Energieverbrauch
- Kleine Baugröße
- Genauigkeit oft zweitrangig
- „Available on demand“
- „Einfach“ zu interpretierende Ausgabe

## Sensorik

### Erhaltene Information

- Muster, 1 dim, z.B. Spannungsverläufe
- 2 dim Informationsmuster, z.B. Bilder
- Informationen über interne und externe Sensorzustände

### Klassifizierung der Sensorinformationen

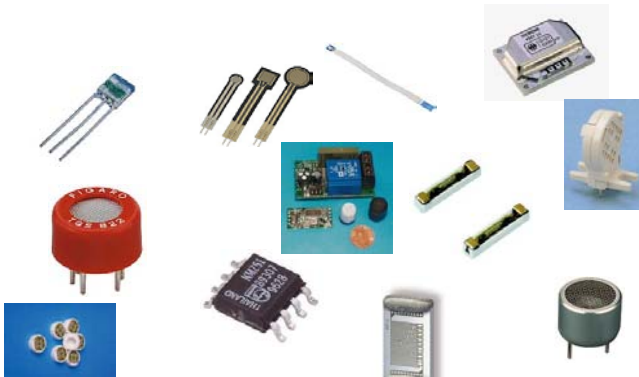
- Nach Muster
- Nach Quelle
- Nach Genauigkeit
- Nach Energieverbrauch
- Nach Formfaktor
- Nach Empfindlichkeit / Robustheit
- Nach Wartungsfreiheit / Lebensdauer
- Nach Parameter, die Sensor liefern kann

## Sensorik

### Parameter zur Einordnung der Informationen von Sensoren

- Geometrische Parameter
  - Winkel, Länge, Distanz, Position, Präsenz, ...
- Mechanische Parameter
  - Gewicht, Biegung, Druck, Vibration, Beschleunigung, ...
- Zeitparameter
  - Relative / absolute Zeit, Dauer
- Klimatische Angaben
  - Temperatur, Feuchtigkeit, Wind, Luftdruck
- Optische Parameter
  - Lichtintensität, - wellenlänge, Spektrum, Muster
- Akustische Parameter
  - Lautstärke, Frequenz, Muster
- Elektrische / Technische Parameter
  - Spannung, Strom, Durchfluß
- Chemische / Biologische / Umwelt Parameter
  - Ozon, Gas, pH, Radioaktivität
- Gesundheitsparameter
  - Blutdruck, Pulsrate, Hautleitfähigkeit

## Sensorik Beispiele



## Inhalt

- **Sensordatenverarbeitung**
- **Sensoren**
- **Ortsbestimmung**
- **Identifikation**

## Ortsbestimmung

### Lokation / Ort

- zentraler Kontext in mobilen Systemen
- lokaler Ortsbezug: Ort des Anwenders / der Anwendung
- allgemeiner: Lokation von (verteilten) Systemkomponenten

### Nutzung von Ortsinformation

- absolute Position
- relative Position
  - abgeleitet aus absoluten Positionen
  - Wahrnehmung von Komponenten in der Nähe, Abstandsmessung usw.
- Verknüpfung mit Ortswissen:
  - lokale Infrastruktur, Ressourcen, Sprache usw.
  - Rückschluß auf Situationen

## Ortsbestimmung Prinzipien

### Entfernungsmessung

- Intensitätsmessung
- Impulslaufzeitverfahren
- auch: Phasenmessung, Interferometrie, Korrelationsmessmethoden
- Alternative zur Entfernungsmessung: Winkelbestimmung

### Positionsbestimmung

- Räumlicher Bogenschnitt
- Lernen und Vergleichen
- Zellenbasierte Positionsbestimmung (Bestimmung der Cell-of-Origin, COO)

# Ortsbestimmung Verteilung

## Komponenten

- Client, Mobiles Objekt: Gegenstand der Ortsbestimmung
- Infrastruktur, „Netz“: Komponenten mit bekanntem Ort als Bezugspunkt für Ortsbestimmung

## Kommunikation

- Baken/Beacons: „Leuchtfeuer“, periodisch oder nach Polling
- Sende/Empfangsrollen: abh. vom Ort der Ortsbestimmung, s.u.

## Ortsbestimmung im Client

- Infrastruktur sendet Baken aus; Clients empfangen Signale und können daraus ihre Position berechnen
- Clients haben Kontrolle über ihre Lokationsinformation (Netz kann Position nicht ableiten)

## Ortsbestimmung im Netz

- Clients senden Baken, Netz berechnet Position der Clients
- Clients müssen der Infrastruktur vertrauen

# Ortsbestimmung Medien

## Satellitenfunk

- im Außenbereich; kein Empfang in Gebäuden

## RF-Systeme für Indoor Positionierung

- Funk-basiert, speziell für Ortsbestimmung; im Innenbereich aber raumübergreifende Abdeckung

## Mobilkommunikation

- Nutzung von bestehender Kommunikationsinfrastruktur für Positionierung: global (z.B. GSM), LAN, PAN (z.B. Bluetooth)

## Infrarot

- im Innenbereich; Zellen durch Sichtbereich definiert (Nachteil: mögliche Abschattung; Vorteil: Bezug zu räuml. Gegebenheiten)

## Ultraschall

- im Innenbereich über vglw. kurze Distanzen (störanfällig, aber sehr genau)

# Ortsbestimmung Systeme

## Vergleich verschiedener Systeme

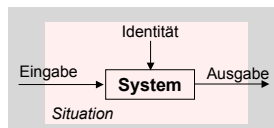
Satellitenfunk	GPS	außen	3D	<25m	User
	DGPS	außen	3D	0.1-10m	User
Mobilfunk	GSM	außen/innen	COO	>300m	User
	MPS	außen/innen	2D	<125m	Netz
Funk-LAN	WaveLan	innen/außen	COO	~100m	User
Funk-Baken	PinPoint	innen	3D	<1m	Netz
Infrarot	ActiveBadge	innen	COO	Raum	Netz
	ParcTab	innen	COO	Raum	Netz
	MediaCup	innen	COO	1m	Netz
RF Feldstärke	Smart-Its	innen/außen	3D	<1m	User
Ultraschall	ActiveBat	innen	3D	0.1m	Netz

- COO: Cell-of-Origin
- weitere Ansätze: optisch, elektromagnetisch, Bewegungsverfolgung

# Inhalt

- **Sensordatenverarbeitung**
- **Sensoren**
- **Ortsbestimmung**
- **Identifikation**

# Identifikation von Objekten



„Ein System ist objektbezogen, wenn es die Identität physischer Objekte registriert und für situatives Verhalten nutzt.“

## Registrierung von physischen Objekten

- durch eindeutige Markierung

## Konventionelle Anwendung

- Identifikation von Produkten → z.B. UPC, Universal Product Code
- Tracking von Objekten → z.B. Paketverfolgung (UPS etc.)

## Ubiquitous Computing

- Registrierung der Umwelt (Infrastruktur, Ressourcen, ...)
- Direkte Referenzierung der realen Welt in Computeranwendungen

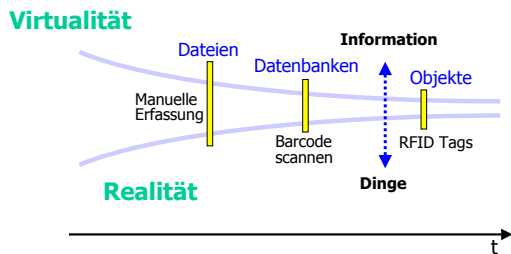
# Objektidentität in UbiComp

## Einfach: Sensorwert = Kontext

## Vielschichtige Bedeutung für Ubiquitous Computing

- Beziehungen zwischen virtuellen und realen Artefakten unterstützen
  - Kopplung von physischen und virtuellen Versionen
- „Bridging Real World and Virtual World“
  - besseres Weltmodell im Rechner durch Registrierung von Objekten, engere Bindung
- Augmented Reality (Erweiterte Realität)
  - Reale Objekte um Information erweitern
- Tangible Interfaces (Begreifbare Interfaces)
  - Reale Objekte erschließen für Zugriff auf Information

## Medienbrüche überwinden

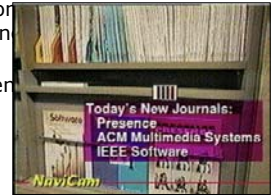


- Jedes Ding (reale Objekt) kann z.B. direkt mit einem Stellvertreter- Objekt („Proxy“) in der Informationswelt verknüpft werden

## Anwendung: Erweiterte Realität

### Augmented Reality (AR)

- allgemein: Erweiterung der Wahrnehmung/Interaktion mit der realen Welt durch Informationstechnik
- speziell in Wearable Computing: Überlagerungen von realen Szenen mit Video-Einblendungen im Gesichtsfeld
- grundsätzlich: **Registrierung** von realen Entitäten und Erweiterung um zusätzliche Information
- **Identität** von physischen Dingen als Bezugspunkt



## Tangible Interfaces

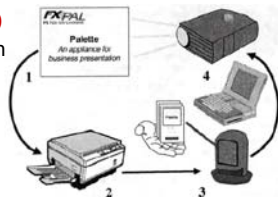
### Gegenstände als UI-Objekte

- Dinge bieten Assoziationen, die für die Interaktion genutzt werden können
- Räumliche Ordnung von Objekten: wichtiges Problemlösungskonzept des Menschen



### Beispiel: Palette (FXPAL, 1999)

- zu virtuellen PPT-Folien werden reale Karten erzeugt
- Steuerung der Präsentation über Karten
- Identifikation anhand von Barcodes



## Technologie

### Bestimmung von Objektidentität

- Passiv: Objektidentität kann von außen bestimmt werden
- Aktiv: Objekt teilt seine Identität selbst-initiiert mit
- Explizit: Benutzerinteraktion zur Bestimmung der Identität
- Implizit: „automatische“ Registrierung
- Visuell: Strichcodes → Scanner, Visual Tags → Kamera/Vision
- „unsichtbar“: Funk, Infrarot

### Beispiele

- Barcodes: visuell, passiv, explizit
- Visual Tags in Mobile AR: visuell, passiv, implizit
- Active Badge: Infrarot, aktiv, implizit
- RFID Tags (s.u.): Funk, passiv, implizit



## RFID Technologie

### RFID: Radio Frequency Identification

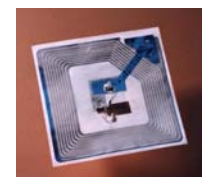
- Integrierte Schaltung mit RF-Transponder
- kleiner mobiler Speicher für ID und evtl. weitere Daten
  - ROM oder EEPROM; Zugriff: Read, Read/Append, Read/Write
  - typisch z.B. ~100 Byte
- berührungsloses Auslesen
  - Reichweite typisch ~0.5m, bis 2m
  - ggf. Anti-Kollisionsprotokolle
- keine Batterie an Bord!
  - Energieversorgung beim Auslesen
  - induktiv
- klein, unauffällig, Preis <1 US\$, verschiedenste Form-Faktoren



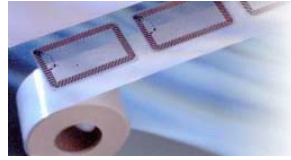
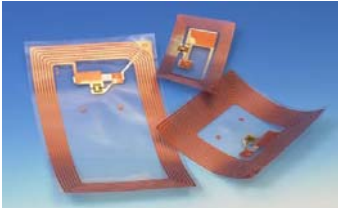
## RFID Technologie

### RFID Tags als „Smart Label“

- in Papier einlaminiert
- nachträgliches Markieren von Objekten



## RFID Technologie



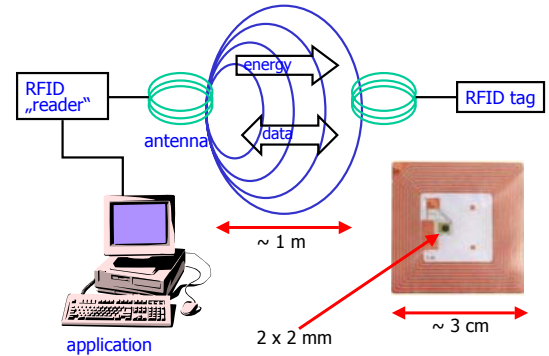
- **Chip (ohne Antenne):**  
~ 2 mm x 2 mm x 10 µm  
▪ vgl. Papier 80 µm dick

- **Antenne:**
  - aus Kupfer, oder
  - aufgedruckt mit leitfähiger Tinte, oder
  - auf CMOS-Basis

Quelle: Mattern/ETH  
Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-43

## RFID Technologie



Quelle: Mattern/ETH  
Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-44

## Patent US06018299

Radio frequency identification tag having a printed antenna and method

Motorola Inc, issued 01/25/2000

„A radio frequency identification tag includes a radio frequency identification tag circuit **chip** coupled to an **antenna** including a **conductive pattern printed** onto a substrate. The substrate may form a portion of an article, a package, a package container, a ticket, a waybill, a **label** and/or an identification badge...”

Quelle: Mattern/ETH  
Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-45

## RFID Technologie

### Anwendungen

- Electronic Article Surveillance (EAS - Diebstahlüberwachung)
- Inventur
  - z.B. Minibar im Hotelzimmer
- Bibliotheken, Videotheken
- Gepäck-Label
- ...



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-46

## Anwendungen

### iLink (video)

- CStAR, Andersen Consulting
- Medienbrüche überwinden:
  - Produktwerbung in Printmedien
  - Bestellung in Onlinemedien

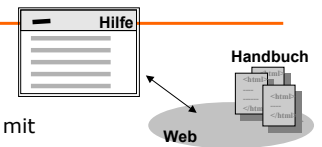
Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-47

## Anwendungen

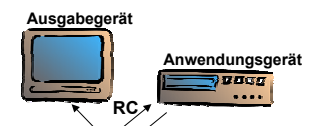
### Electronic Manual

- Objektidentität als Informationsfilter
- Verknüpfung von realen Geräten mit virtuellen Handbüchern



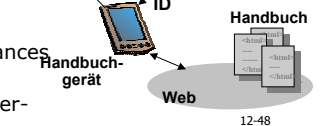
### Online-Handbücher

- Stand der Technik für Software-Applik.
- Abruf bei Bedarf statt Verteilung
- multimedial, aktuell, interaktiv



### Elektronisches Handbuch

- Übertragung in den Alltag: Appliances mit Online-Handbuch verbinden
- Handbuch-Lesegerät ersetzt Papier-Handbücher

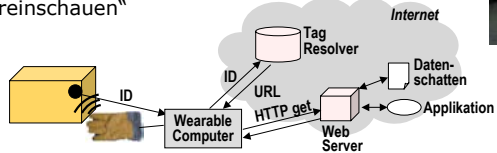


12-48

## Anwendungen

### „Wearable Tag Reader“

- A. Schmidt, TecO, 2000
- Antenne in Arbeitshandschuh, Lese-Elektronik am Gürtel, serielle Schnittstelle zum Wearable Computer
- **Tangible UI**: implizite Computer-Interaktion bei Handhabung von Gegenständen
- **Augmented Reality**: z.B. in Paket „reinschauen“



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-49

## Kommerzialisierung

### www.connectthings.com

- Jetzt: Airclick
- Idee: nutze Standard-Barcodes für den Zugriff auf Produktinformation im Web
- Produktinfo wird vom Hersteller bereitgestellt
- Geschäftskonzept: Dienstleistung für den Hersteller, Serverbetrieb, Werbung
- Kunden: Novartis, Siemens, Colgate ...
- seit **Oktober 1999**, noch in Betrieb



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-50

## Kommerzialisierung

### www.bar-mail.org

- Barcode-Scanner mit Speicher (bis 100 codes im Offline-Betrieb)
- Plug-In für Mobiltelefon: Barcodes via SMS an den bar-mail Server, Server antwortet mit Email
- 1997 gegründet unter Mitwirkung von Ericsson
  - Juni 2000: Motorola steigt groß ein
  - 14 August 00: beta-test in Schweden
  - keine nennenswerte Entwicklung mehr
- neugegründete Firma versucht Konzept "from atoms to bits and back again" zu schützen



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-51

## Kommerzialisierung

### CueCat

- Barcode-Scanner in Katzenform
- Anschluß an Rechner über Keyboard Port
- bis Ende 2000: 10 Millionen Scanner in den USA verteilt - free of charge!!! (50 Millionen geplant für 2001)
- spezielle Barcodes in Zeitschriften-Werbung
- gescannter Barcode ruft assoziierte Web-Seite im Browser auf



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-52

## Kommerzialisierung

### CueCat Geschäftsmodell

- „Our revenue model is being the gate keeper between codes and their destination online“
  - Web-Browser geht nicht direkt zur referenzierten Webseite, sondern zu **Digital Convergence**
  - Barcode wird im Scanner verschlüsselt
  - CueCat-Scanner fügt seine Seriennummer hinzu
  - DigitalConvergence behandelt Abbildung von Barcode auf URL als ihr Eigentum

### Antwort der Hacker-Szene

- CueCat Reverse Engineered: Manipulation der Hardware, um Weitergabe der Seriennummer und Verschlüsselung auszuschalten
- freie Anwendungen, LINUX Treiber



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-53

## Patent US5978773

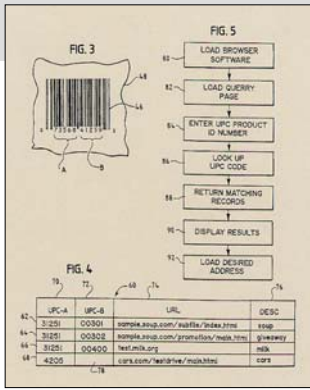
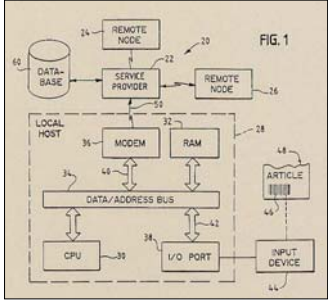
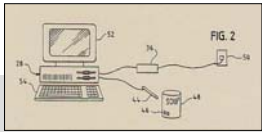
„System and method for using an ordinary article of commerce to access a remote computer.“

NeoMedia Technologies, Inc., Fort Myers, FL  
 Issued / Filed Dates: Nov. 2, 1999 / Oct. 3, 1995

A system and method for using identification codes found on ordinary articles of commerce to access remote computers on a network. In accordance with one embodiment of the invention, a computer is provided having a **database that relates Uniform Product Code ("UPC") numbers to Internet network addresses (or "URLs")**. To access an Internet resource relating to a particular product, a user enters the product's UPC symbol manually, by **swiping a bar code reader** over the UPC symbol, or via other suitable input means. The database retrieves the **URL** corresponding to the UPC code. This location information is then **used to access the desired resource**.

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

12-54

UPC-A	UPC-B	URL	DESC
01234 00301	00301	sample.url.com/realfile/index.html	map
01234 00302	00302	sample.url.com/promoflow/main.html	highway
01234 00400	00400	test.milk.org	milk
43209 00000	00000	cars.com/realfile/index.html	cars