

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

1 Grundlagen

2 Geräte

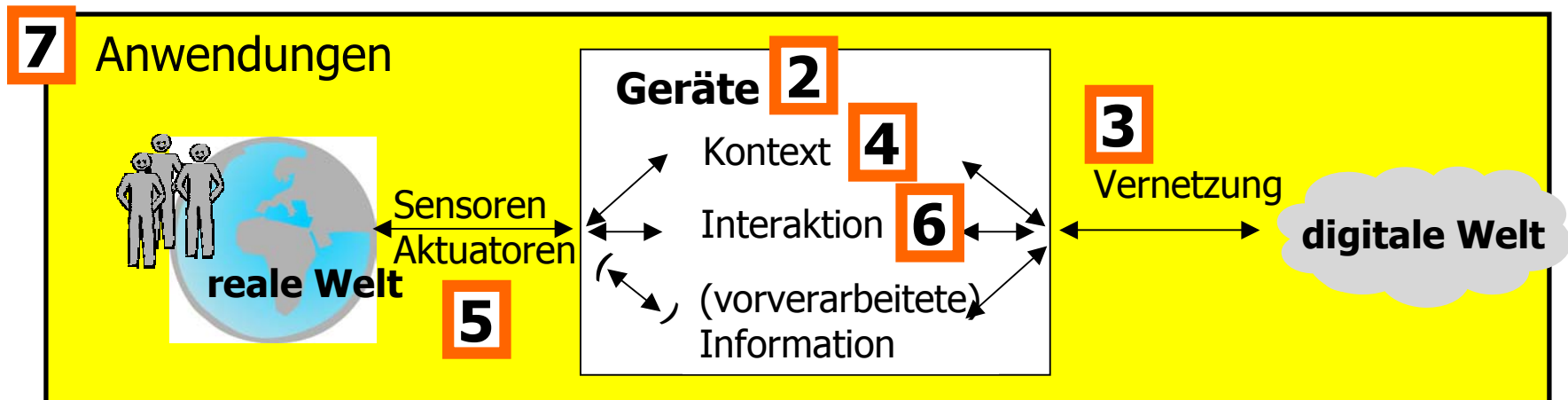
3 Vernetzung

4 Kontext

5 Sensoren/Aktuatoren

6 Interaktion

7 Anwendungen



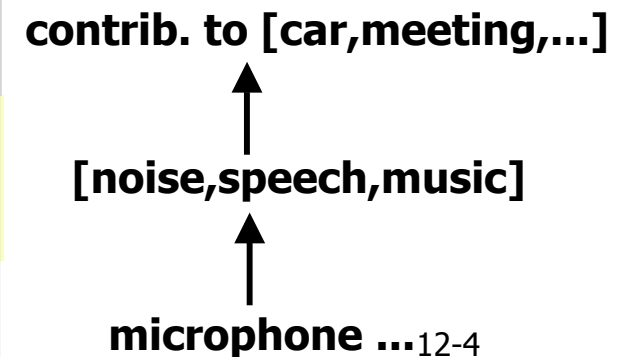
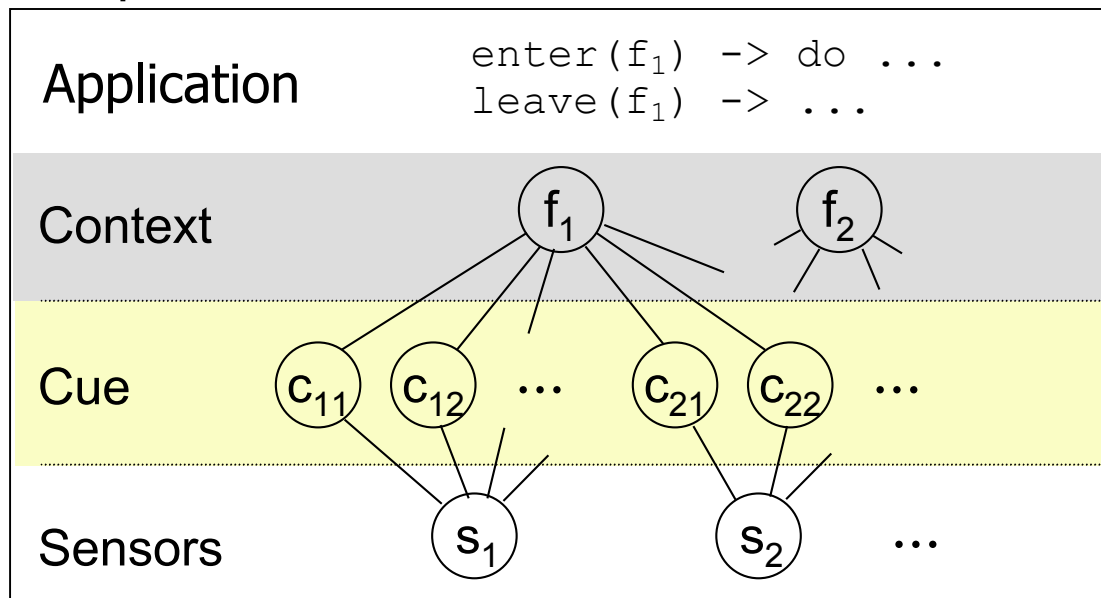
Inhalt

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

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

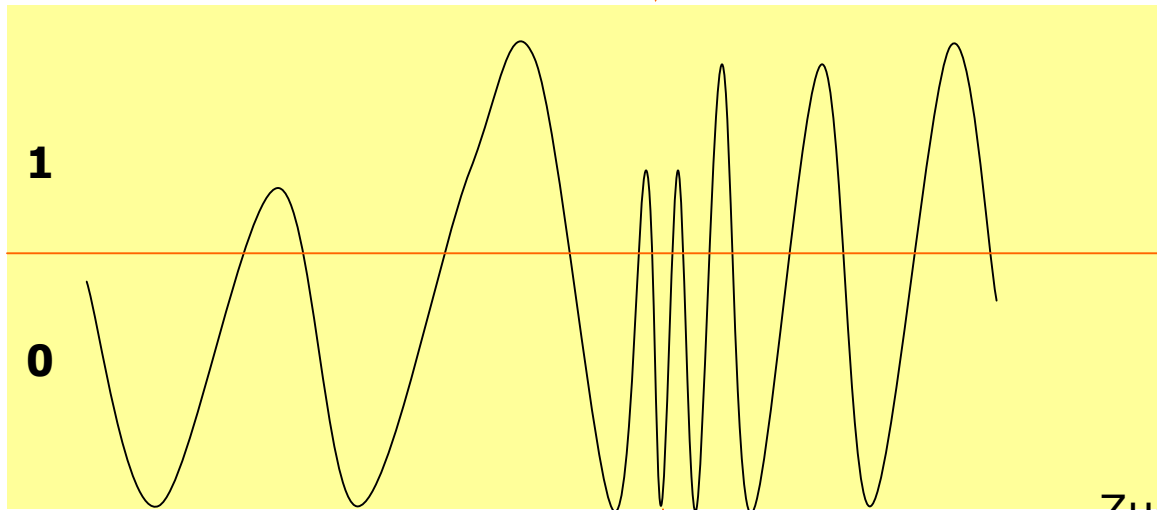


Sensor-Verarbeitung

- 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)

Rohe Elektrische Signale

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



Spannungsverlauf über die Zeit

000000111000011111100101010111000111

Zuordnung des elektrischen Werts zu einem Zustand

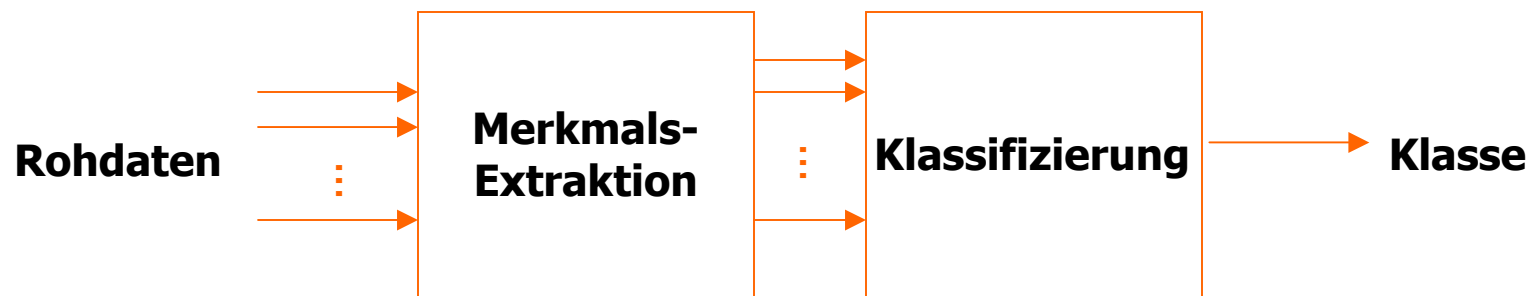
Leise.....Laut.....Mäßig laut.....

Zusammenfassung des elektrischen Wertes eines oder mehrerer Sensoren über die Zeit sowie Zuordnung zu einem Merkmal

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?



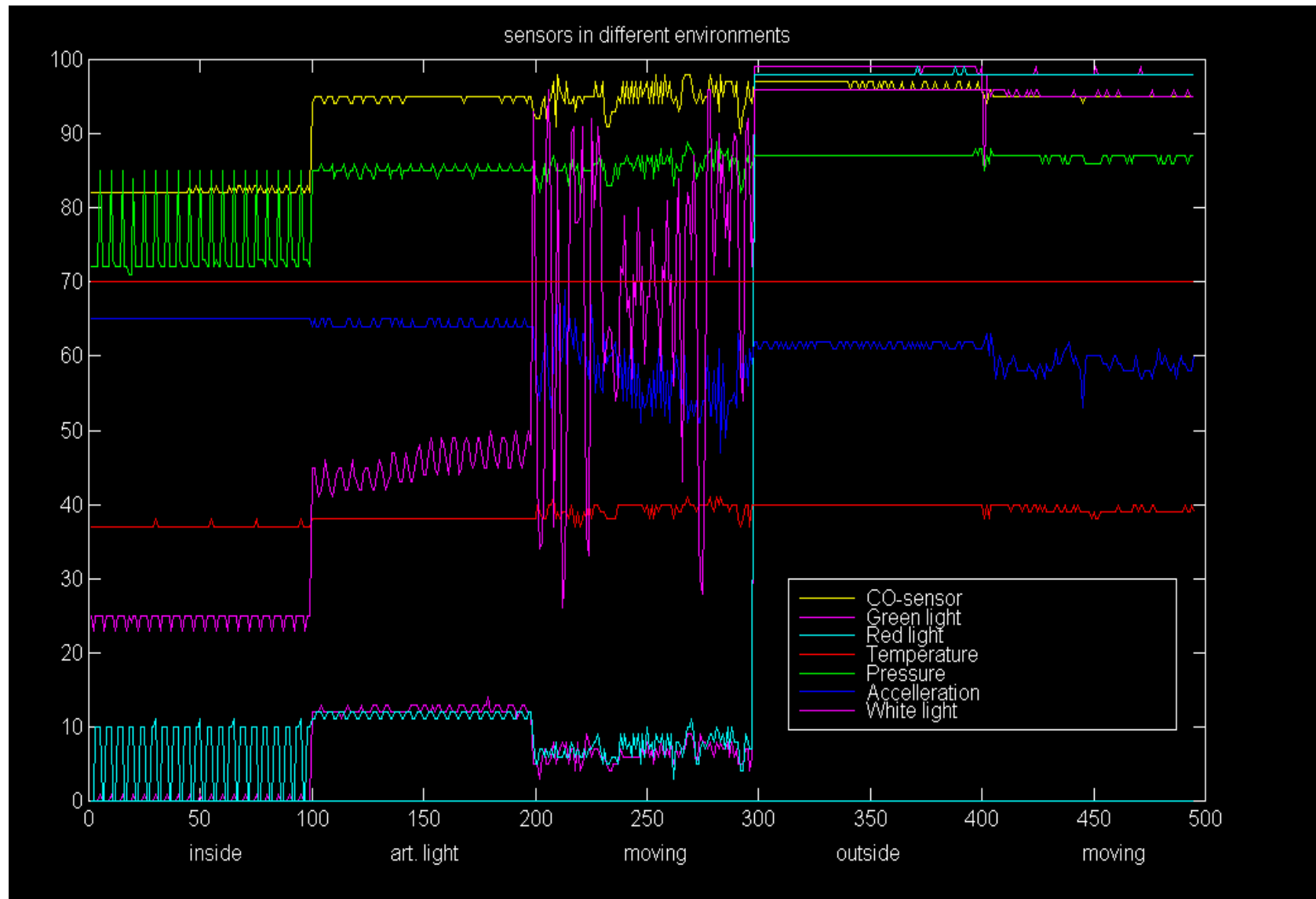
Sensorverarbeitung

Einfacher Kontext

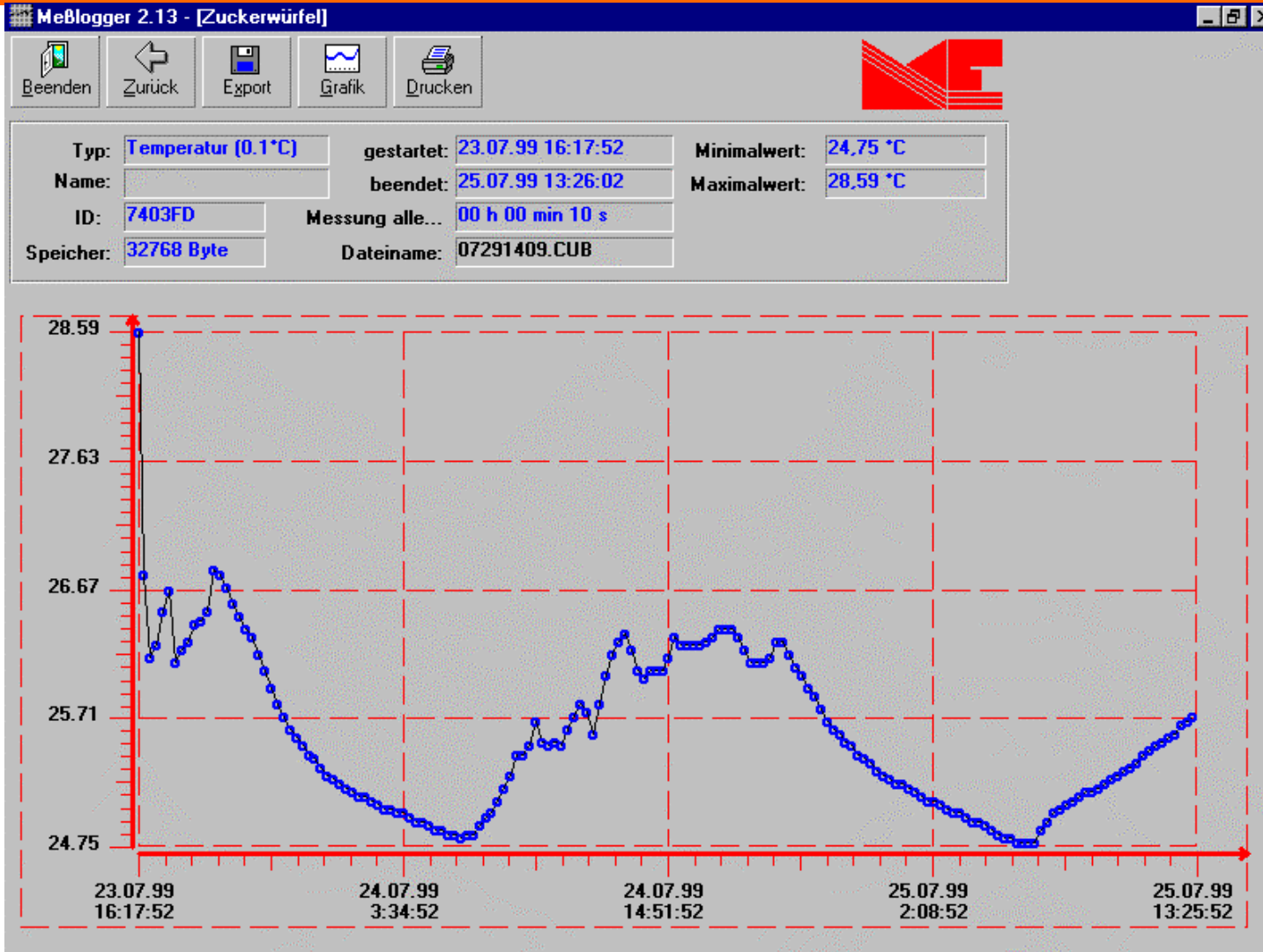
Zuordnung eines Sensorwerts zu Kontext über Funktion

- 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

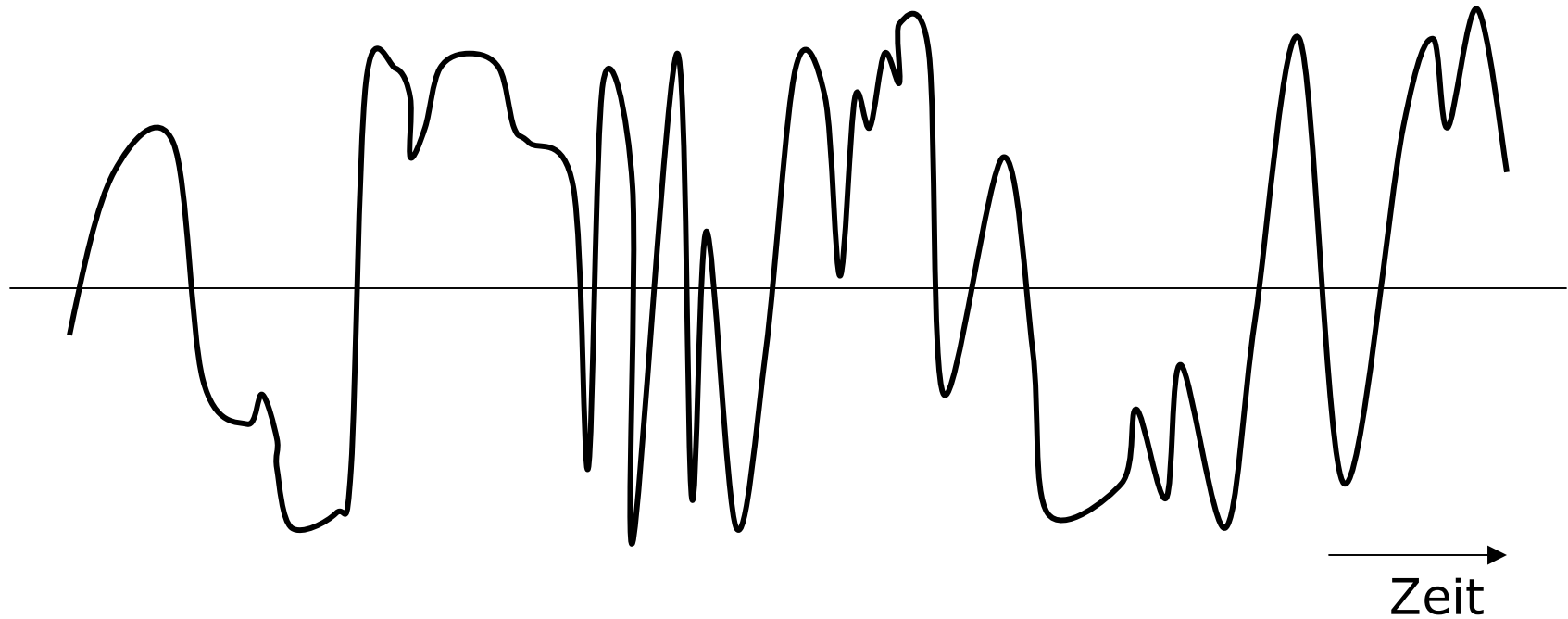
Anforderungen

- Wenig Speicher
- Wenig Rechnerleistung

Ansatz

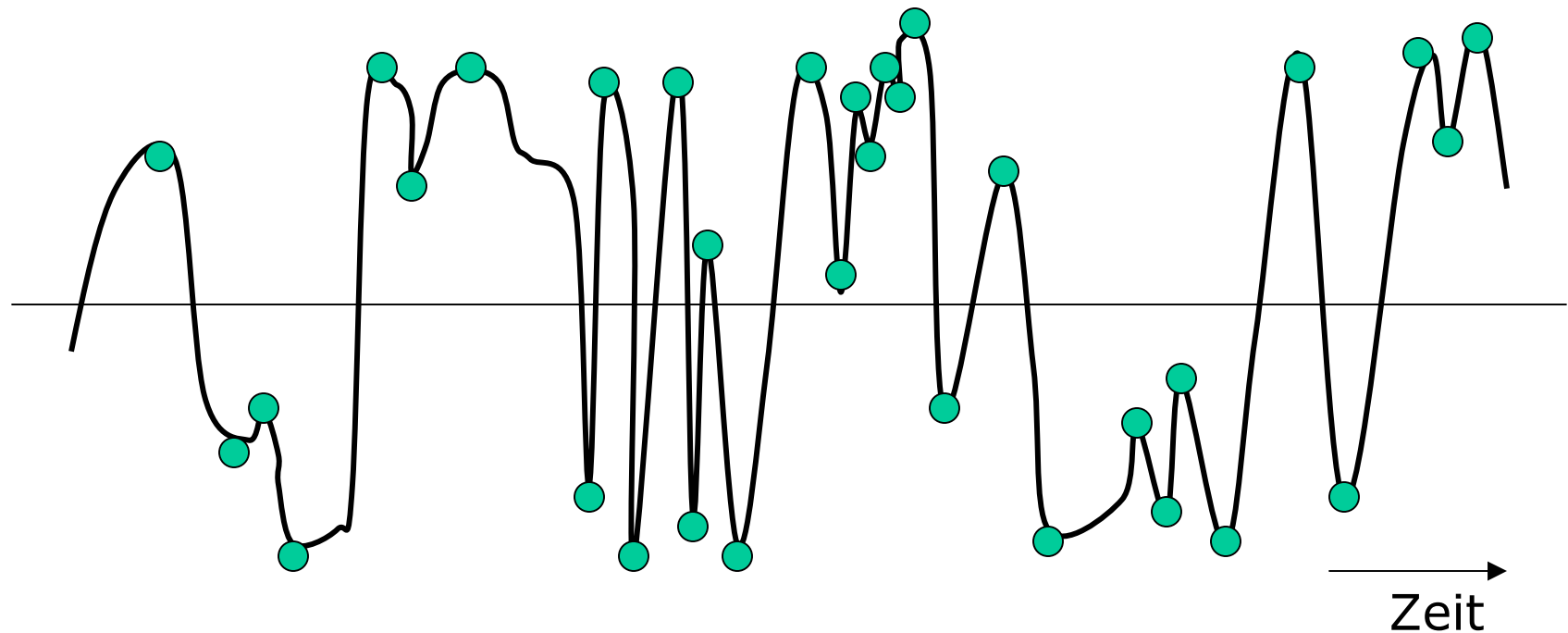
- Arbeiten in Zeitdomäne (keine Transformation!)
- Anwendung statistischer Methoden
- Merkmalsextraktion auf der Basis einer sehr geringen Datenmenge

Verarbeitung Audio Signal



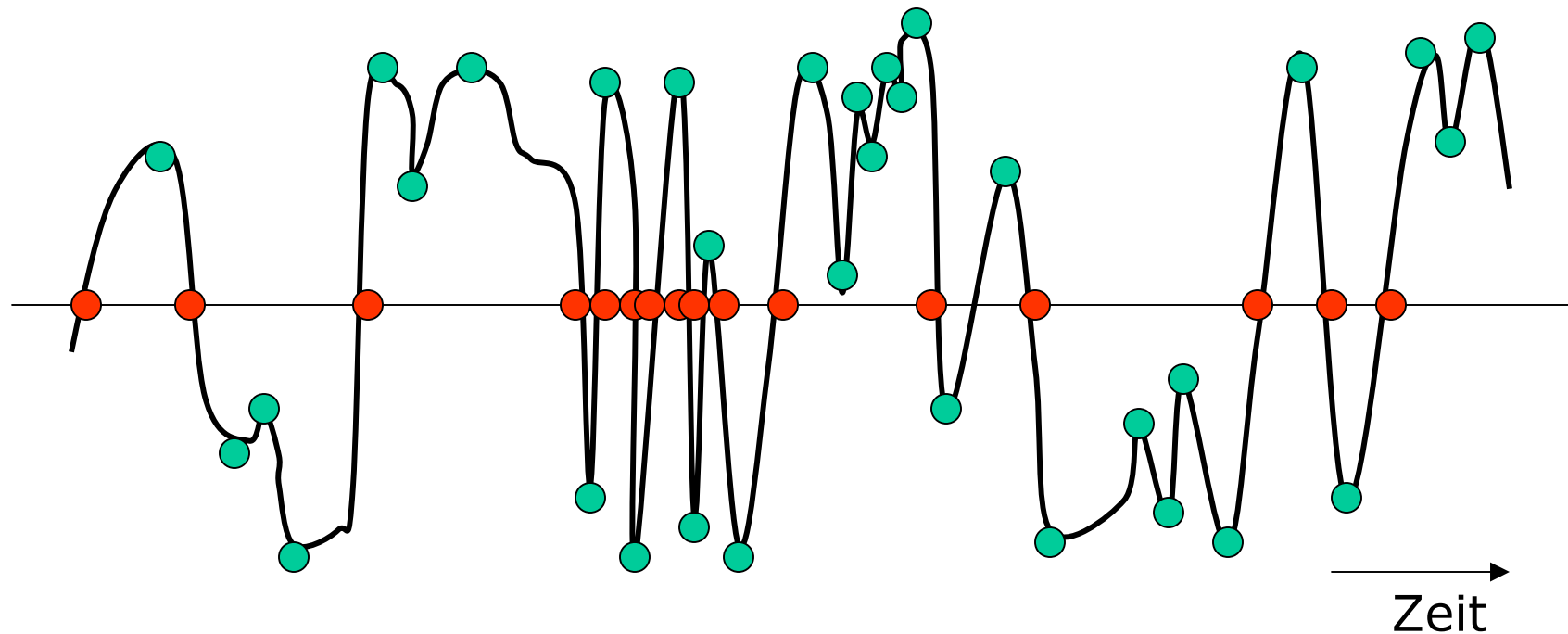
- Daten in der Zeitdomäne

Verarbeitung Direction Changes



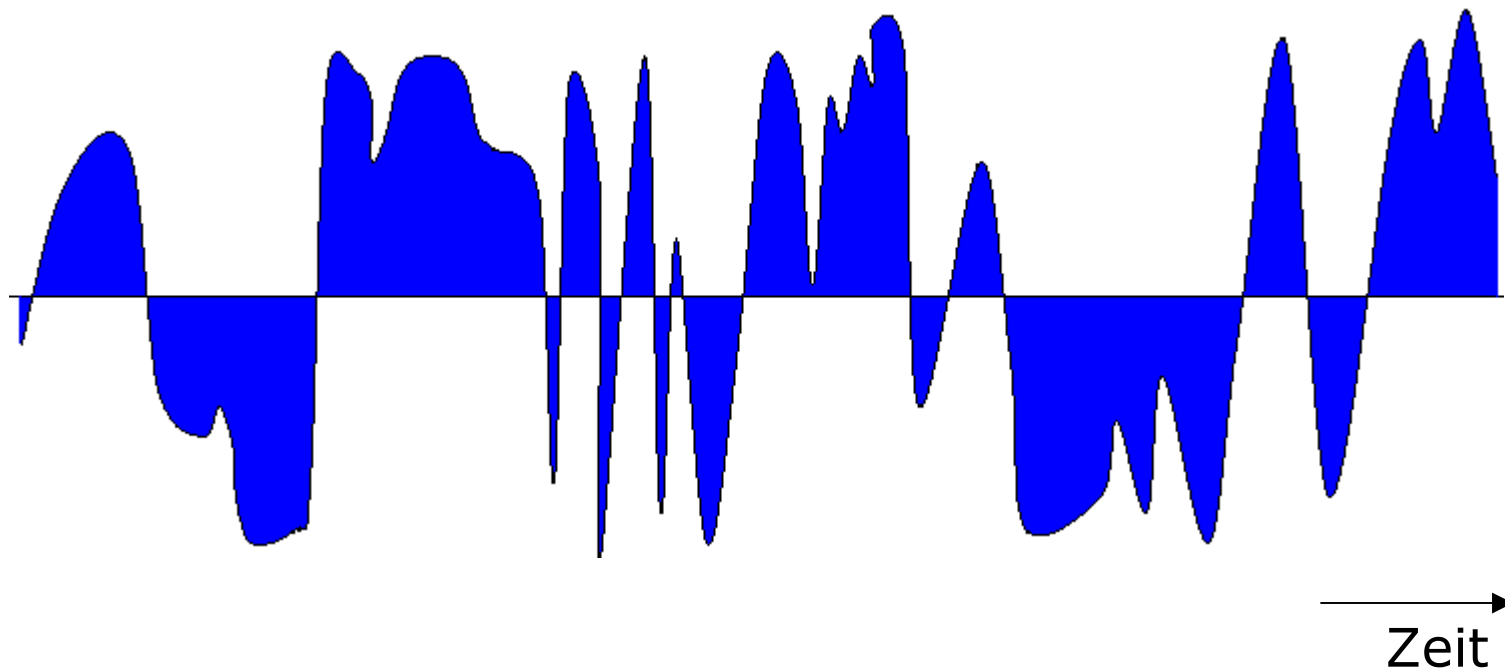
- Zähle Richtungswechsel ($\sim 1K$)

Verarbeitung Ratio



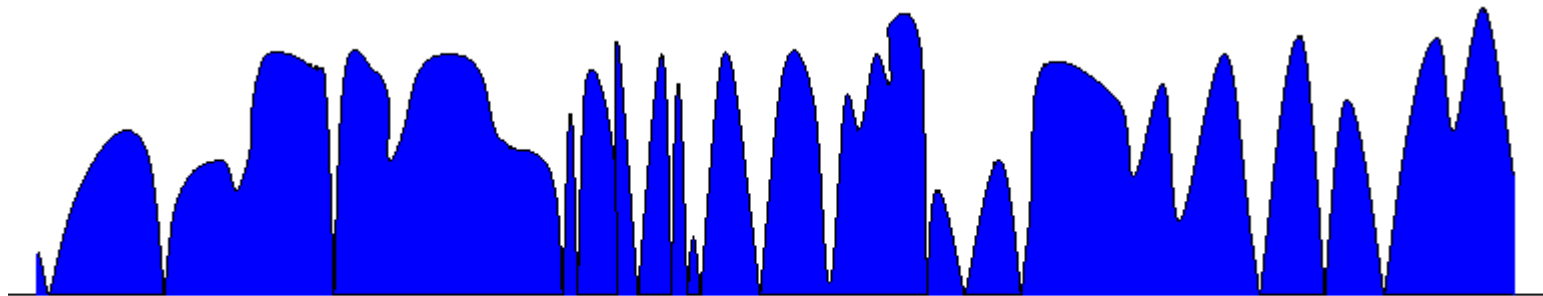
- Verhältnis = Richtungswechsel / Nulldurchgänge
 - Kein Speicherverbrauch!

Verarbeitung Integral



- Fläche unter Kurve
 - Kein Speicherverbrauch!

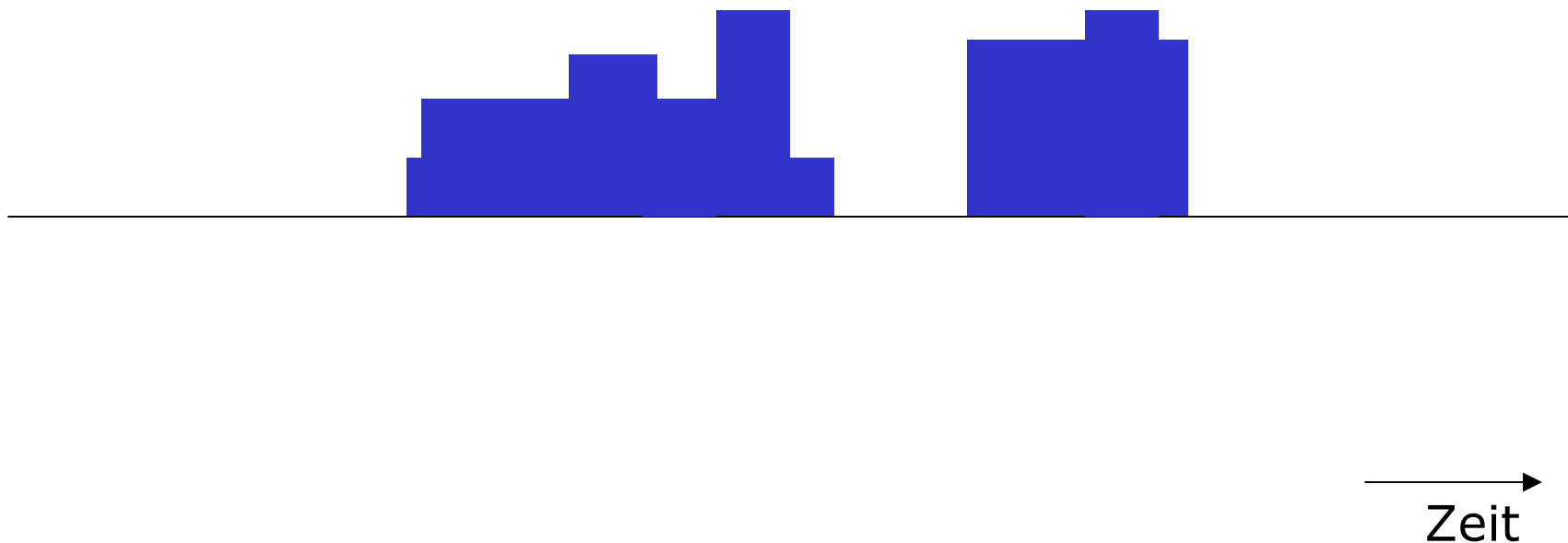
Verarbeitung Integral II



→
Zeit

- Absolute Kurvenfläche (normalisiert)
 - Kein Speicherverbrauch!

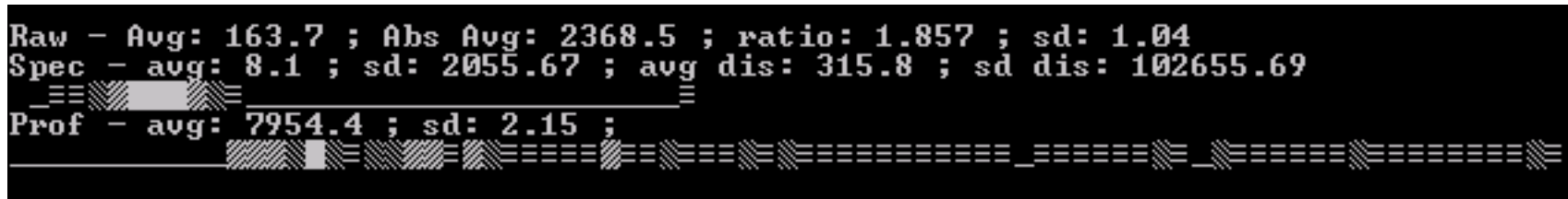
Verarbeitung Profile



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

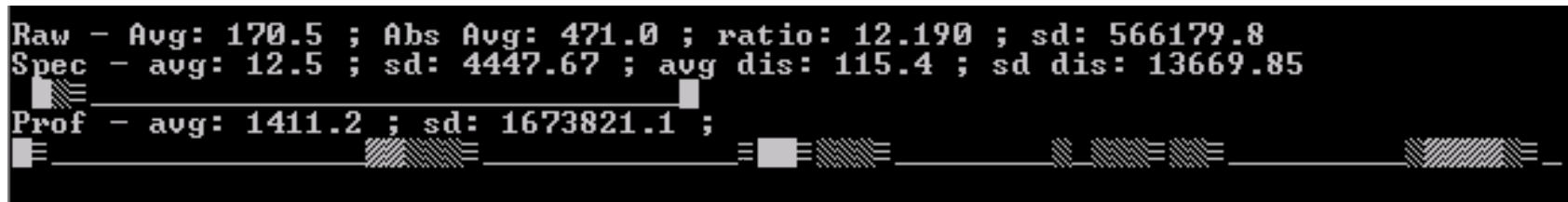
Verarbeitung Software I

pfeifen



Pfeifen

sprechen



1

2

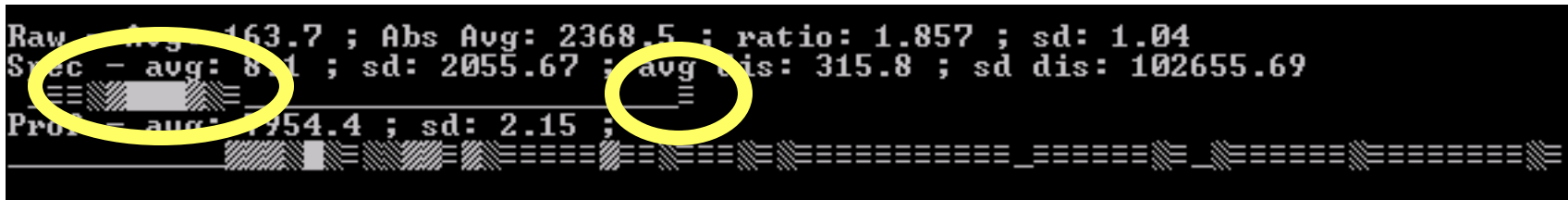
3

4

- Mehrere Chunks bei Sprechen

Software II

pfeifen



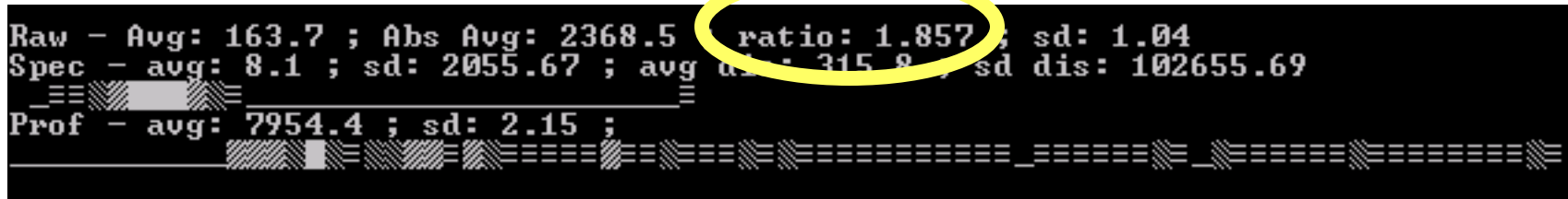
sprechen



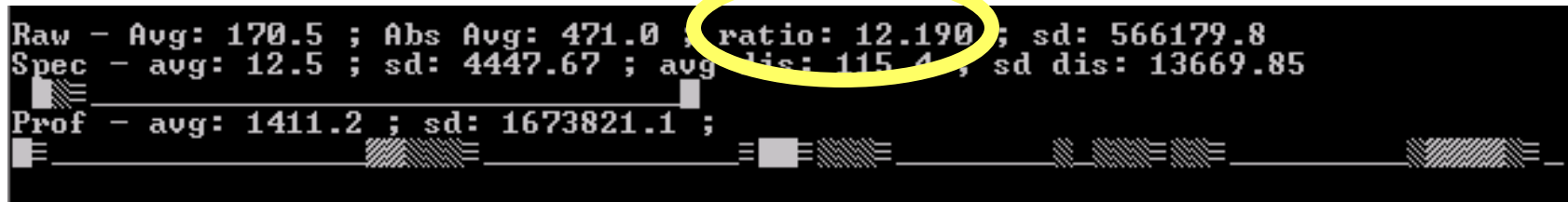
- Abstand zwischen Nulldurchgängen: unterschiedliches Ein- Ausschwingverhalten

Software III

pfeifen



sprechen



- 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: 2858.67 ; 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: 4448.67 ; 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

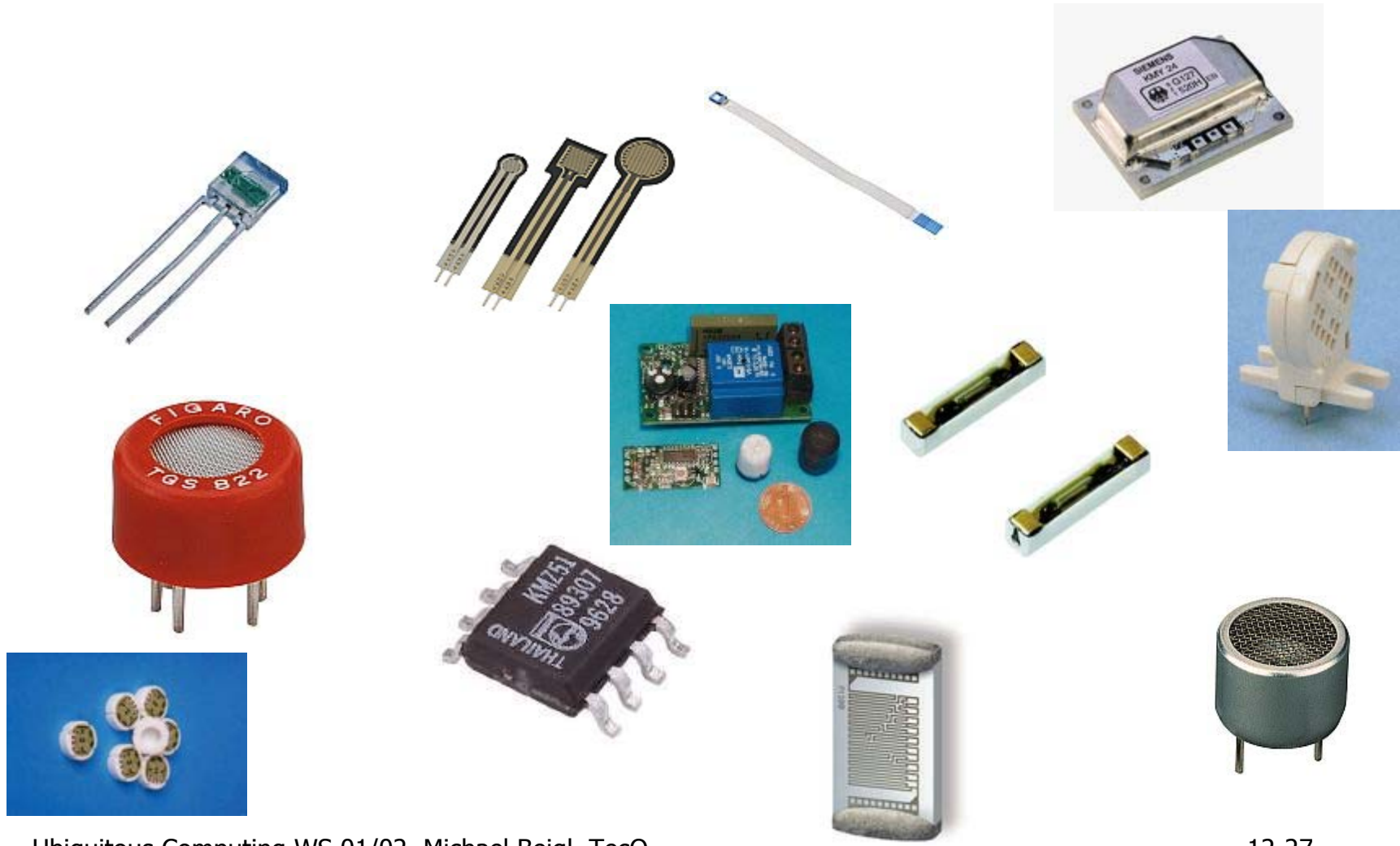
- Nach Muster
- Nach Quelle
- Nach Genauigkeit
- Nach Energieverbrauch
- Nach Formfaktor
- Nach Empfindlichkeit / Robustheit
- Nach Wartungsfreiheit / Lebensdauer
- Nach Parameter, die Sensor liefern kann

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: „Leuchtfener“, 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

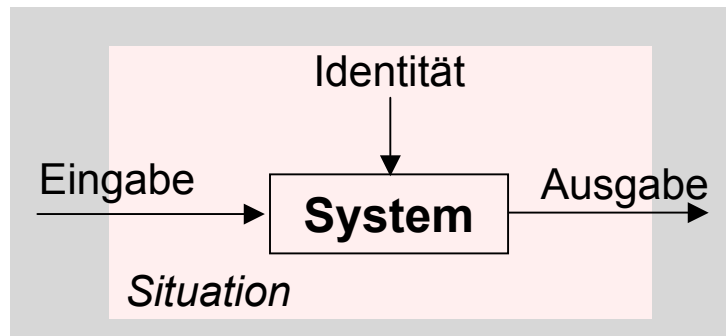
Satellitenfunk	GPS	außen	3D	<25m	User
	DGPS	außen	3D	0.1-10m	User
Mobilfunk	GSM	außen/innen	COO	>300m	User
	MPS	außen/innen	2D	<125m	Netz
Funk-LAN	WaveLan	innen/außen	COO	~100m	User
Funk-Baken	PinPoint	innen	3D	<1m	Netz
Infrarot	ActiveBadge	innen	COO	Raum	Netz
	ParcTab	innen	COO	Raum	Netz
	MediaCup	innen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

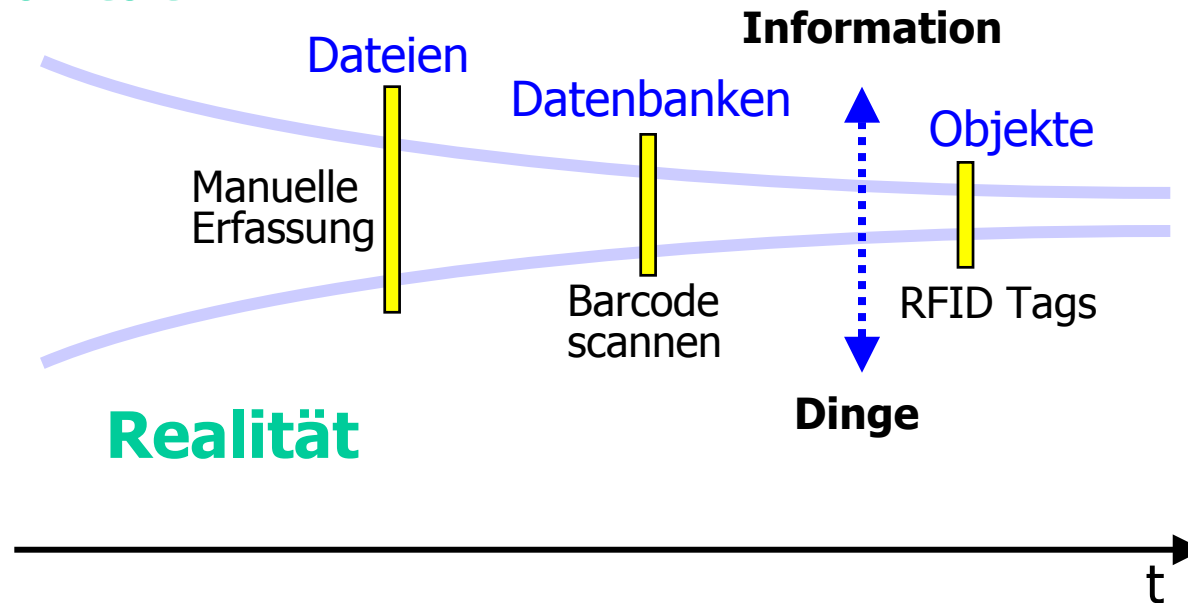
Einfach: Sensorwert = Kontext

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

Virtualität

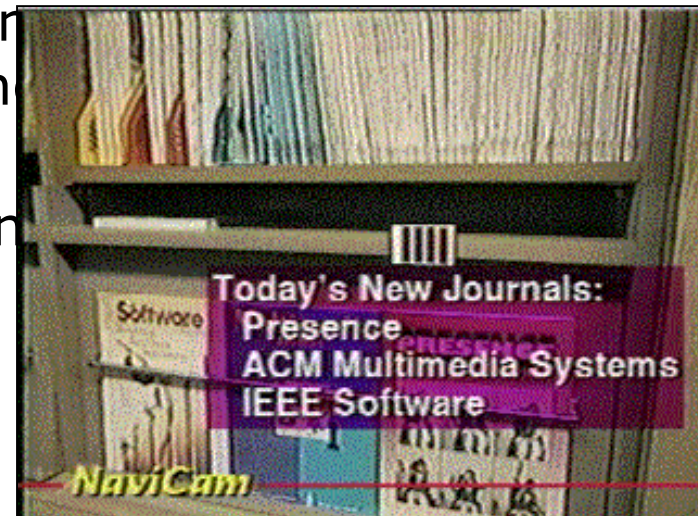


- Jedes Ding (reale Objekt) kann z.B. direkt mit einem Stellvertreter- Objekt („Proxy“) in der Informationswelt verknüpft werden

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

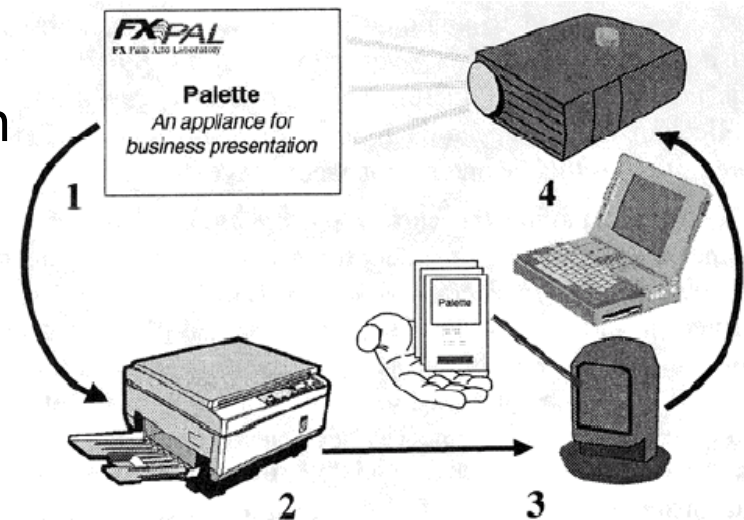
Gegenstände als UI-Objekte

- 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 erzeugen
- Steuerung der Präsentation über Karten
- Identifikation anhand von Barcodes



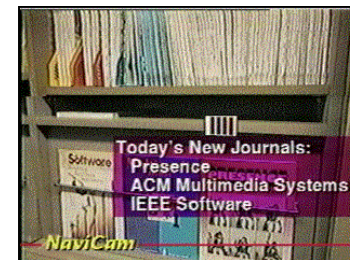
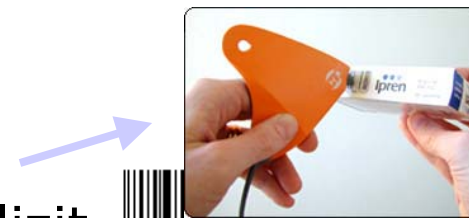
Technologie

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

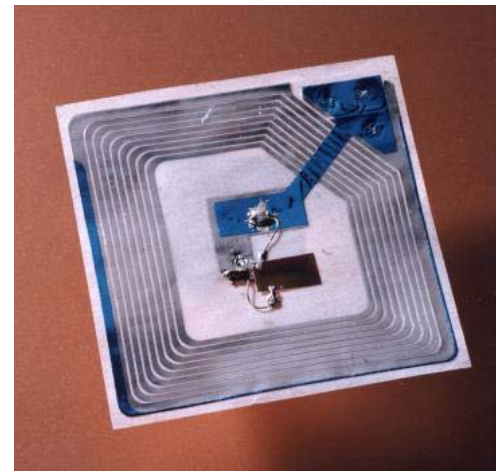
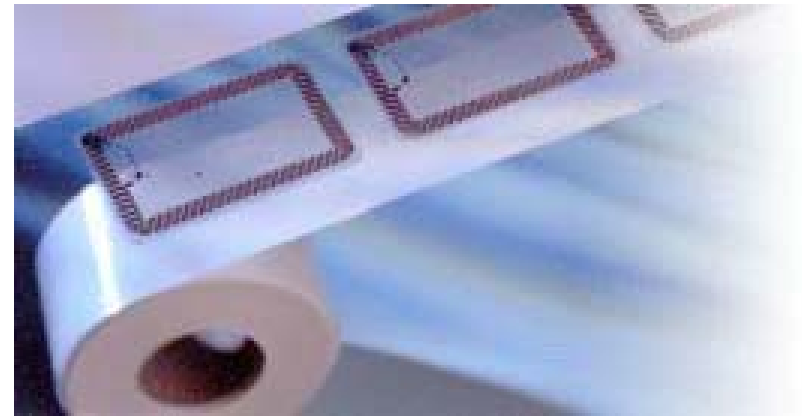
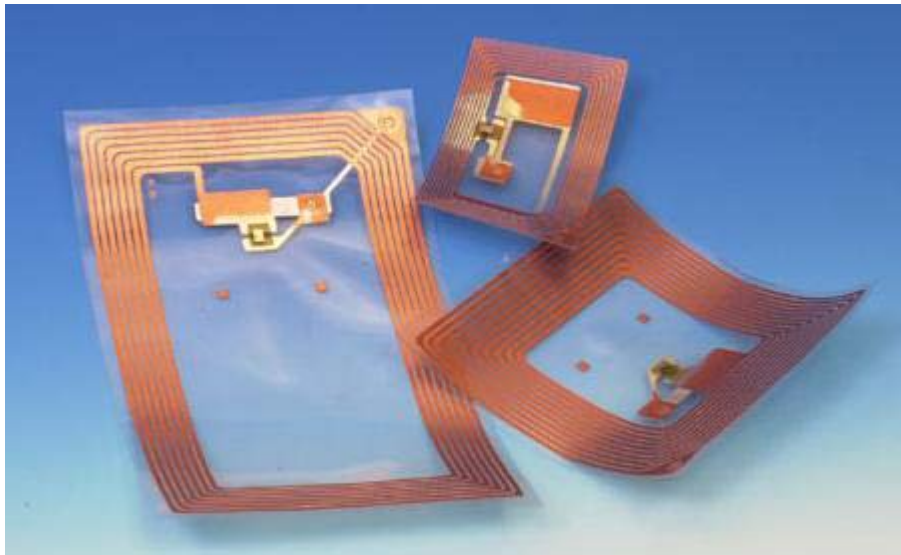


image source: Portolano project
Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

RFID Technologie



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

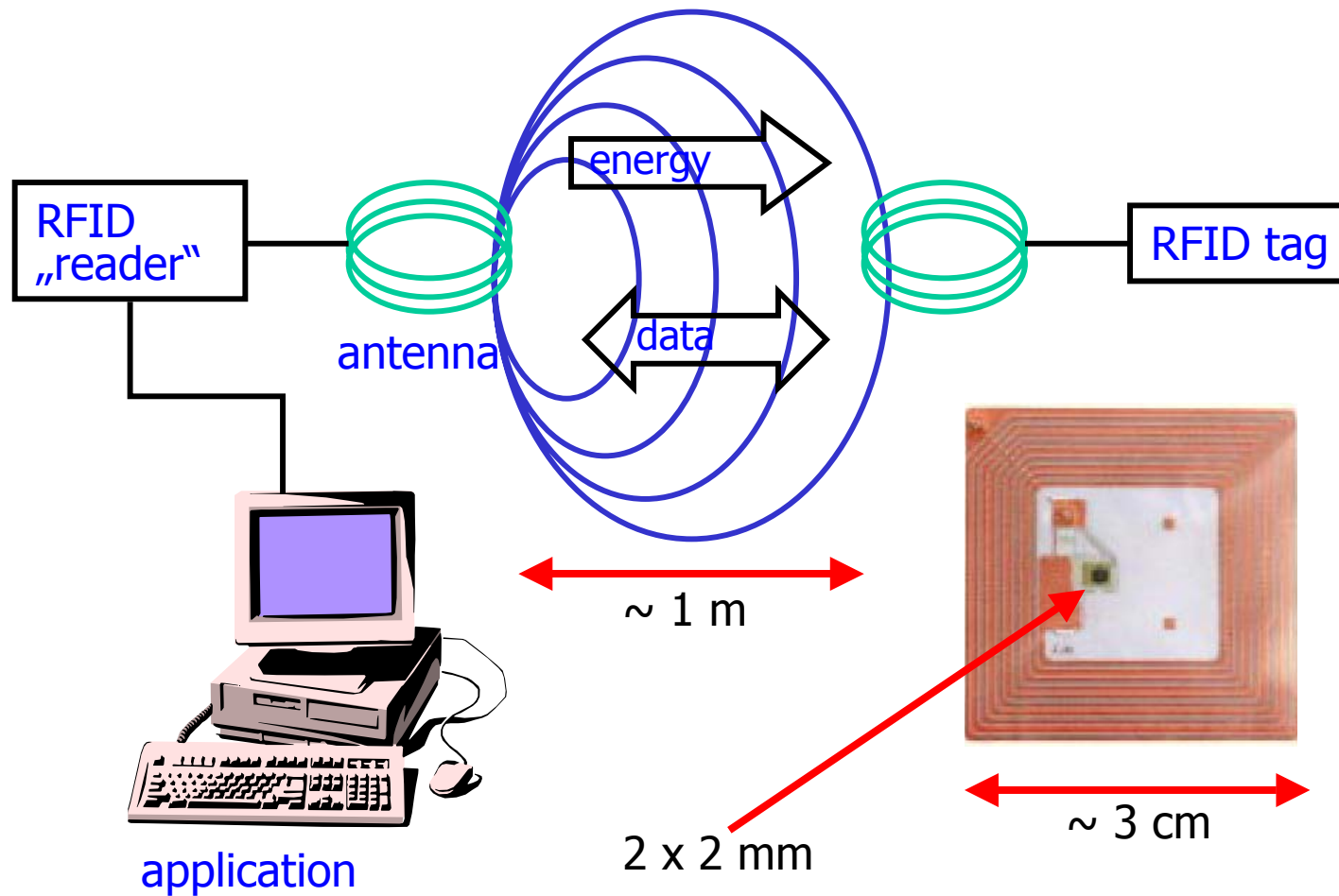
- **Antenne:**
 - aus Kupfer, oder
 - aufgedruckt mit leitfähiger Tinte, oder
 - auf CMOS-Basis

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...”

RFID Technologie

Anwendungen

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



Ubiquitous Computing '06 04/02 Hendrik Bely, 1999



Anwendungen

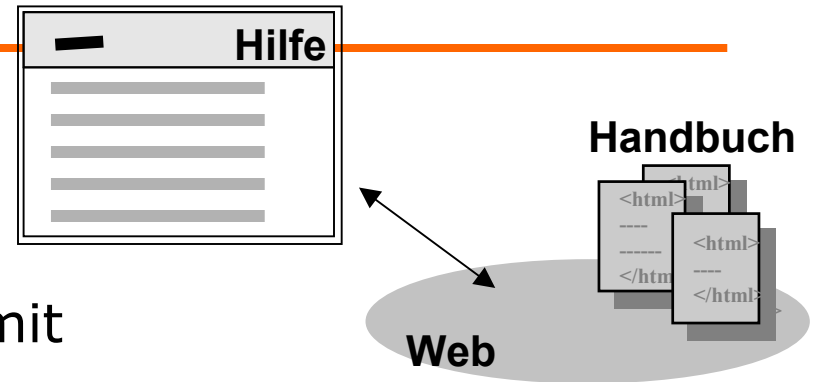
iLink (video)

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

Anwendungen

Electronic Manual

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

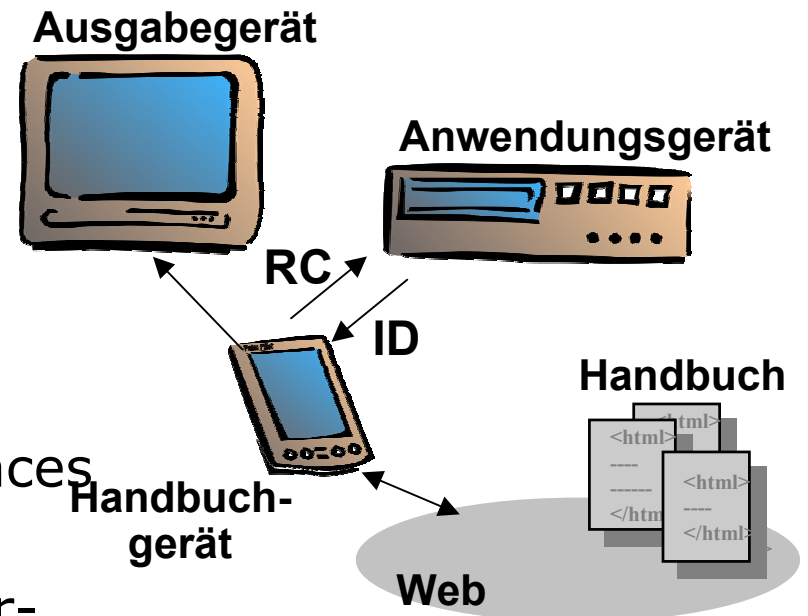


Online-Handbücher

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

Elektronisches Handbuch

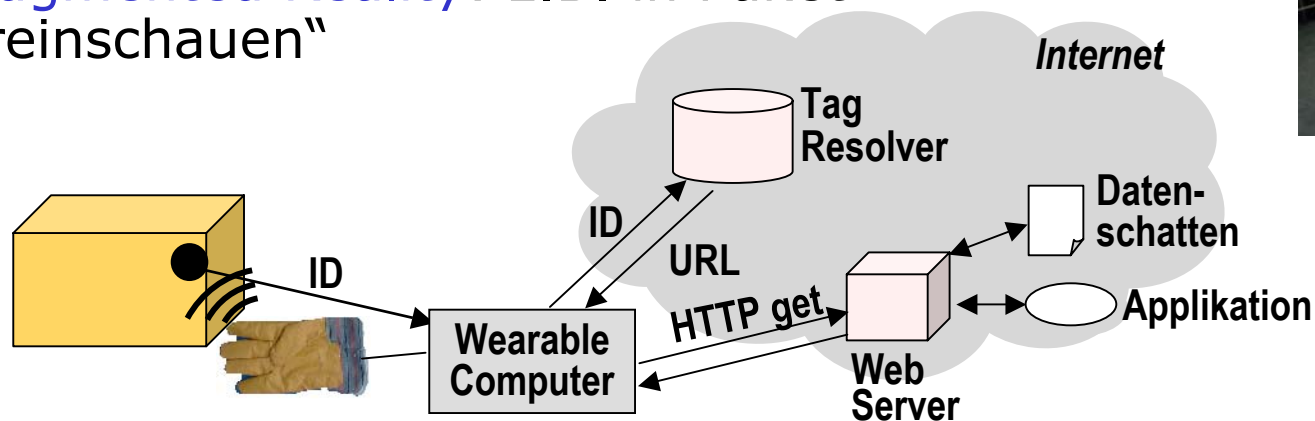
- Übertragung in den Alltag: Appliances mit Online-Handbuch verbinden
- Handbuch-Lesegerät ersetzt Papier-Handbücher



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“



Kommerzialisierung

www.connectthings.com

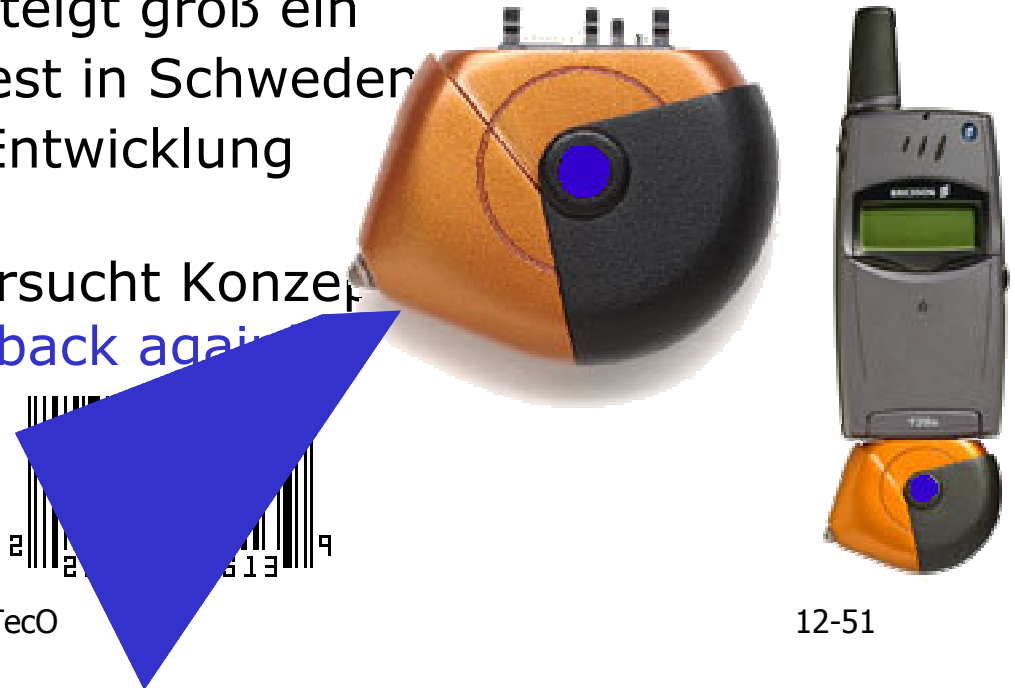
- Jetzt: Airclick
- Idee: nutze Standard-Barcodes für den Zugriff auf Produktinformation im Web
- Produktinfo wird vom Hersteller bereitgestellt
- Geschäftskonzept: Dienstleistung für den Hersteller, Serverbetrieb, Werbung
- Kunden: Novartis, Siemens, Colgate ...
- seit **Oktober 1999**, noch in Betrieb



Kommerzialisierung

www.bar-mail.org

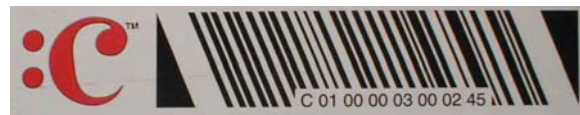
- Barcode-Scanner mit Speicher (bis 100 codes im Offline-Betrieb)
- Plug-In für Mobiltelefon: Barcodes via SMS an den bar-mail Server, Server antwortet mit Email
- 1997 gegründet unter Mitwirkung von Ericsson
 - Juni 2000: Motorola steigt groß ein
 - 14 August 00: beta-test in Schweden
 - keine nennenswerte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



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



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



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**.

