

# Ubiquitous Computing (Ubiquitäre Informationstechnologien)

Vorlesung im WS 00/01

Hans-Werner Gellersen



Universität Karlsruhe  
Institut für Telematik  
Telecooperation Office

HWG 4-1

## Definition

**Definition:** Ein „Smart Device“ ist ein physisches Objekt mit eingebettetem Prozessor, Speicher und Netzwerkverbindung. Viele „Smart Devices“ haben auch ein User Interface und/oder die Fähigkeit, mit ihrer physischen Umgebung zu interagieren.

### Minimalanforderungen

- „Smart“: bezieht sich auf die Fähigkeit, digitale Information zu verarbeiten:
  - „smarter“ als einfache Objekte
  - nicht (notwendigerweise) „intelligent“ im KI-Sinne.
- Fähigkeit, Information mit anderen Geräten auszutauschen
  - nicht notwendigerweise online, aber zumindest gelegentliche Verbindung (Synchronisation)
  - Abgrenzung gegen abgeschlossene eingebettete Systeme

HWG 4-5

## Ubiquitous Computing

### 1 Vision/Grundlagen

### 2 Smart Devices

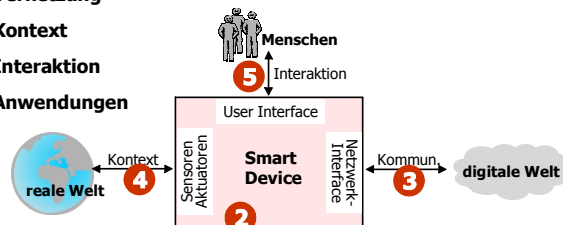
- Grundlagen
- Internet Appliances
- Companions / Wearables

### 3 Vernetzung

### 4 Kontext

### 5 Interaktion

### 6 Anwendungen



HWG 4-2

## Definition

### Abgrenzung gegen Universalrechner

- **Leistungs- / Funktionsumfang**
  - mehr Leistung/Funktionalität als in nicht-digitalen Objekten
  - weniger Leistung/Funktionalität als in Universalrechnern
- **Interaktion**
  - eingebettete Smart Devices: keine direkte Benutzerinteraktion
  - interaktive Smart Devices: einfachere User Interfaces als bei Universalrechnern
- **Kontext**
  - viele Smart Devices zeichnen sich durch Bezugnahme auf (und Interaktion mit) physischer Umgebung aus (im Gegensatz zu Standardrechnern, die von ihrer Umg. abstrahieren)

HWG 4-6

## Smart Devices: Grundlagen

- Definition
- Entwicklungstrends
- Architektur
- Software
- Hardware
- Energieversorgung

HWG 4-3

## Smart Devices: Grundlagen

- Definition
- Entwicklungstrends
- Architektur
- Software
- Hardware
- Energieversorgung

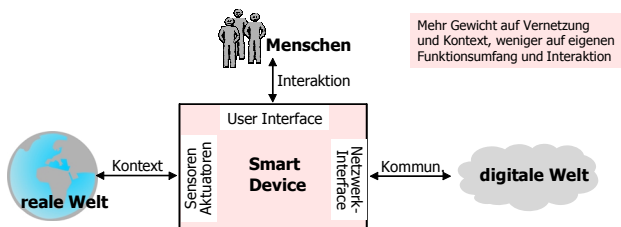
HWG 4-7

## Definition

### Hauptmerkmal der Post-PC-Generation: Diversifikation

- Geräte für unterschiedliche Anwendungen („Inform. Appliances“)
- Diversifikation bzgl. Rechenleistung, Kommunikation, Form-Faktor, Betriebssystem, User Interface, Schnittstelle zur realen Welt,...

### Architektur von Smart Devices



HWG 4-4

## Entwicklungstrends

### Woher kommen Smart Devices ?

- Interaktiv**
  - **Informationszugang:** Zugangsgaräte für verschiedene Zielgruppen und Situationen; „Internet-Appliances“
  - **Konvergenz:** Integration von Geräten aus Telekommunikation und Unterhaltungselektronik; „Multimedia-Geräte“
  - **Mobilität:** für Mobilität (ständige Begleitung) optimierte Geräte
  - **Spezialisierung:** Norman's „Information Appliances“
- Eingebettet**
  - **Flexibilität:** „Gleichstellung“ von Peripherie und Komponenten
  - **Automatisierung:** Erweiterung von Geräten/Maschinen um „Smart Control“ für Fernwartung und -steuerung
  - **„Informatisierung“:** Integration nicht-digitaler Geräte/Objekte

HWG 4-8

## Informationszugang

### Zugang für alle

- Informationsgesellschaft, Teledemokratie: Zugang in jedem Haushalt
- v.a. auch Zugang ohne Computer-Kenntnisse
- preisgünstiger Zugang
- Integration in bekannte Geräte (TV, Telefon)



WebTV



Screenphone

### Zugang nicht nur am Schreibtisch

- Mobiler Zugang
- Bequemer Zugang („auf dem Sofa“)



WAP Handy



Surfpads

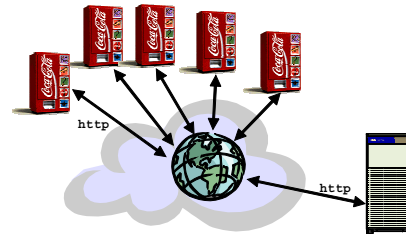


HWG 4-9

## Automatisierung

### Smart Control

- Anbindung von eingebetteten Systemen an die Informationswelt
- Fernbedienung, Fernwartung
- Haushaltsgeräte, Facility Management, Automatenindustrie



HWG 4-13

## Konvergenz

### Geräte aus anderen Bereichen finden Anschluß

- Geräte aus Unterhaltungselektronik und Telekommunikation integrieren Computeranwendungen (insbes. Informationszugang)
- Spielkonsolen, Fernseher, VCR, Telefone, ...



Sega Dreamcast Spielkonsole mit Browser, Email

### Konvergenz in neuen Geräten

- Bündelung konvergierender Anwendungen in neuen Geräteklassen
- Screenphones, Internet-Handys, Organizer-Handys, Interactive TV



Communicator

HWG 4-10

## Informatisierung

### Integration nicht-digitaler Geräte/Objekte

- Physischen Objekten eine Darstellung in der digitalen Welt geben
- Beispiel Mediacup:
  - Sensoren zur Erfassung des Zustands (Temperatur, Bewegung, Gewicht)
  - Prozessor zur Berechnung von Ereignissen („aufgefüllt“, „getrunken“, „abgekühlt“, ...)
  - Infrarot-Kommunikation, Broadcast in lokaler Umgebung



HWG 4-14

## Mobilität

### „Information Anytime, Anywhere“

- Organizer, Personal Digital Assistants (PDA), Handheld PC, Wearable Computer
- einfache Synchronisation, zunehmend auch Mobilkommunikation



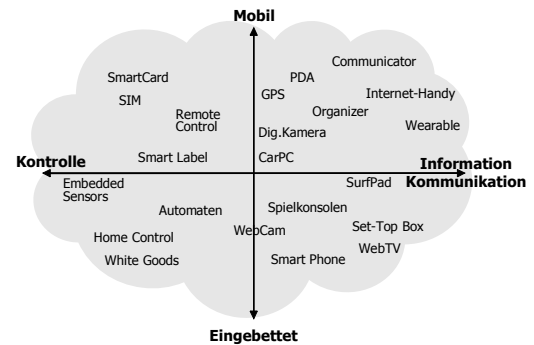
### Mobilkommunikation

- GSM-Telefone: ubiquitäre Plattform
- WAP, i-mode: Internet-Integration
- UMTS: Infrastruktur für smart mobile devices



HWG 4-11

## Klassifikation



HWG 4-15

## Flexibilität

### Aus Komponenten werden Geräte

- Software-Anwendungen „out of the box“, z.B. Web-Server
- Hardware: statt Einschubkarte Plug&Play-Gerät, z.B. Speicher
- Peripherie: Gleichstellung im Netz, direkt ansprechbar

### Flexibilität durch Unabhängigkeit von Hosts

- flexible Anbindung an andere Geräte, Plug&Play



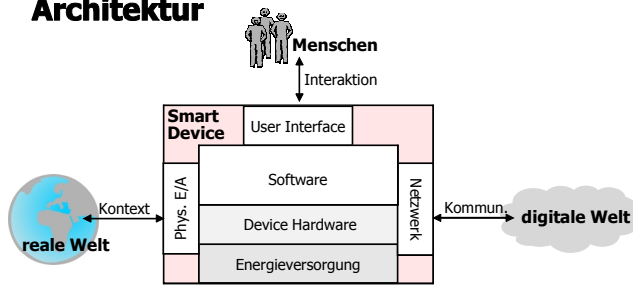
HWG 4-12

## Smart Devices: Grundlagen

- Definition
- Entwicklungstrends
- Architektur
- Software
- Hardware
- Energieversorgung

HWG 4-16

## Architektur



- **Unterschiedliche Gewichtungen**
  - eingebettete low-end Hardware/Software mit wenig Leistungsaufnahme ... interaktive High-end Devices, Realzeit, viel Energie
  - Schnittstellen: im embedded-Bereich Betonung von Kontext, im Consumer-Bereich Betonung von Interaktion

HWG 4-17

## Software

### Java Programmierung für Smart Devices

- Einfache, sichere Sprache
- Kompakter Bytecode zur Ausführung auch auf kleinen Plattformen
- Portabilität: Ausführung von Bytecode auf virtuellem Prozessor (JVM, Java Virtual Machine)
- Probleme: begrenzte Plattformunabhängigkeit der JVM; Annahmen über Speicher, Dateisystem, Peripherieanbindung die auf Smart Devices oft nicht zutreffen

### Java 2 Familie

- Unterschiedliche Editionen für Spektrum von Plattformen
- MicroEdition (J2ME) für Information Appliances, minimaler Funktionsumfang, dynamisch nachladbare Erweiterungen
- Verschiedene Profile in J2ME: Car, TV, PDA, Phone

HWG 4-21

## Architektur

### Interaktion

- Bandbreite: keine Interaktion ... Text/Grafik ... Multimedia/ multimodal
- Häufigkeit: nie ... gelegentlich ... regelmäßig ... permanent
- Interaktionsdauer: kurze oder lange „Sitzungen“
- Wahrnehmung: peripher ... zentral

### Kommunikation

- offline vs. online, lokal vs. global
- Häufigkeit, Verbindungsdauer, Bandbreite

### Kontext

- eingebettete Systeme: Interaktion mit Host
- weitergehende Wahrnehmung der Umwelt (Lokation, Situation)

HWG 4-18

## Smart Devices: Grundlagen

- **Definition**
- **Entwicklungstrends**
- **Architektur**
- **Software**
- **Hardware**
- **Energieversorgung**

HWG 4-22

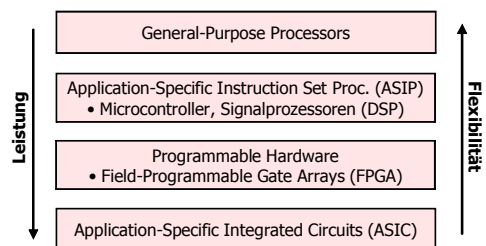
## Smart Devices: Grundlagen

- **Definition**
- **Entwicklungstrends**
- **Architektur**
- **Software**
- **Hardware**
- **Energieversorgung**

HWG 4-19

## Hardware

### Implementierungsarten



HWG 4-23

## Software

### Betriebssysteme

- im Universalrechnerbereich sehr umfangreich
- Hauptaufgaben: Betriebsmittelvergabe zwischen vielen Prozessen, Hardware-Abstraktion

### Betrieb von Smart Devices

- wesentlich differenzierter
- Unterschiede in zu verwaltenden Betriebsmittel, z.B. i.allg. kein externer Speicher
- oft Realzeit-Anforderungen (Steuerung, Multimedia), dabei begrenzte Rechenpower (d.h. best effort nicht akzeptabel)
- i.allg. nur wenige Anwendungen/Prozesse

HWG 4-20

## Hardware Implementierungsarten

### General-Purpose Prozessor

- hohe Performance durch fest verdrahtete hochoptimierte Funktionsein.
- Flexibilität durch Ausführung externer Programme
- große Leistungsaufnahme

### ASIP

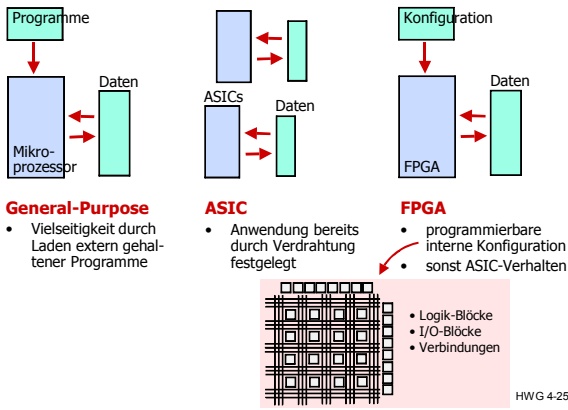
- Anwendungsspezifische Spezialisierung
  - des Instruktionssatzes (z.B. Operatorverkettung)
  - der Funktionseinheiten (z.B. Pixel-Operationen)
  - der Speicherarchitektur (z.B. Parallelzugriff)
- höhere Performance, niedrigere Kosten (kl. Chipfläche), geringere Codegröße, geringere Leistungsaufnahme

### Microcontroller

- spezialisiert für steuerungsdominante Anwendungen
  - Bit- und Logikoperationen statt Arithmetik
  - Register in RAM: Kontextswitch durch Pointeroperation
  - Integration von Peripherie: A/D, D/A, Timer, ...

HWG 4-24

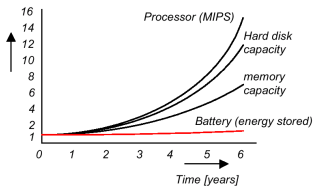
## Hardware Implementierungsarten



## Energieversorgung

### Batterietechnologie

- langsamer Fortschritt (nur 20% mehr Kapazität in 10 Jahren)
- Hoffnungsträger: Methanol-Brennstoffzellen



### Energieverbrauch

- Desktop-Rechner ~10<sup>2</sup>W
- Laptop ~10W
- Single-Board Comp. ~1W
- Low-power Microcontr. ~10<sup>-3</sup>W

HWG 4-29

## Superkompatible Hardware

### Optimierungsziel / Kaufkriterien

- bisher: Verhältnis von Performance zu Kosten, durch Minimierung der Chipfläche
- an Bedeutung gewinnende Kriterien: niedrige Verlustleistung (cool chips are hot, s.u.) und Kompatibilität

### Superkompatible Prozessoren

- Kostenoptimierung durch hohe Stückzahl
- Superkompatibilität
  - direkte Unterstützung einer weitverbreiteten Sprache
  - höchste Performance für diese Sprache
  - akzeptable Performance für andere Sprachen
  - geringe Chipfläche, somit niedrige Kosten
- für anspruchsvolle, vernetzte eingebettete Systeme

HWG 4-26

## Energieversorgung

### Energiesparen

- **Technologie-Ebene (CMOS):** Kapazität minimieren, minimale Chipfläche, möglichst wenig externe Verbindungen
- **Hardwarearchitektur:** hohe Verlustleistung in Bussen, Treibern, Multiplexern → einsparen durch Lokalisierung von Operationen
  - anwendungsspezifische Co-Prozessoren (am Prozessor vorbei, weniger Verkehr auf dem Bus)
  - Cachehierarchien (häufige Operationen in der Nähe des Prozessors gespeichert)
- **Kommunikation:** Minimierung der Zeit, die die Netzwerkschnittstelle aktiv ist: Energie-bewußte Zugangsprotokolle
  - z.B. Traffic Scheduling in der Basisstation und periodische Bekanntgabe der Schedules: wer nicht aufgelistet ist, kann sich eine Periode lang abschalten

HWG 4-30

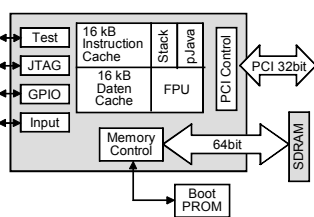
## Superkompatible Hardware

### picoJava Architektur: „JVM in Hardware“

- Java-Bytecode wird unmittelbar als Maschinencode verarbeitet
- komplizierte Instruktionen erzeugen Trap und werden in Software emuliert
- kann aus anderen Sprachen generierten Binärcode ausführen

### MicroJava 701 Prozessor

- 32-bit-RISC-Prozessor, 200 MHz
- Vergleich mit Intel-PII-300
  - nur 2.8 Mio. Transistoren, kleinere Chipfläche (50mm<sup>2</sup>)
  - für Ausführung von Java besseres Verhältnis von Performance zu Kosten

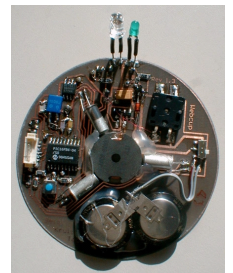


HWG 4-27

## Energieversorgung

### Beispiel Mediacup

- Prozessor
  - reduzierte Taktrate 1 MHz
  - Schlafmodus so oft wie möglich
- Bewegungsmessung
  - Kugelschalter statt Beschleunigungssensor
  - ermöglicht Interrupts statt Polling
  - keine Bewegung → keine Messung
- Berührungsloses Aufladen
  - Kondensatoren, 2F
  - kein Batteriewechsel



HWG 4-31

## Smart Devices: Grundlagen

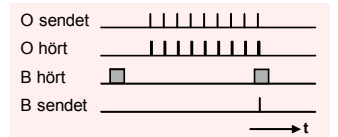
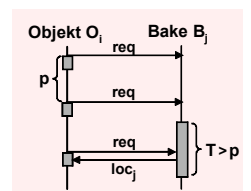
- Definition
- Entwicklungstrends
- Architektur
- Software
- Hardware
- Energieversorgung

HWG 4-28

## Energieversorgung

### Beispiel Infrarot-Lokationssystem

- Dienstnehmer sendet Anfragesignal
- Bake antwortet mit Ortsinformation
- Energiesparendes Protokoll: Minimierung von Sende- und Empfangszeiten
- autonome Energieversorgung der Baken (Solarzellen und Kondensatoren)

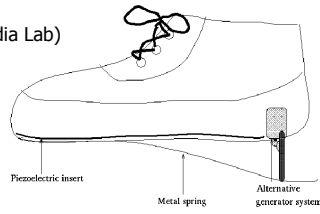


HWG 4-32

# Energieversorgung

## Der Mensch als Energiequelle

- „Kraftwerk im Schuh“
- Videos (Paradiso, MIT Media Lab)



HWG 4-33

# Ubiquitous Computing

## 1 Vision/Grundlagen

## 2 Smart Devices

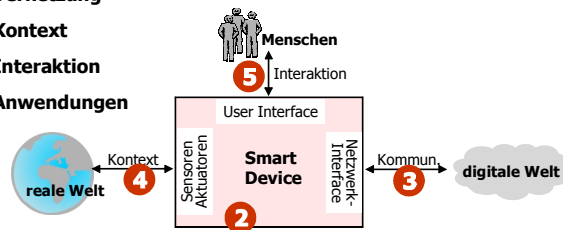
- Grundlagen
- **Internet Appliances**
- Companions / Wearables

## 3 Vernetzung

## 4 Kontext

## 5 Interaktion

## 6 Anwendungen



HWG 4-34