

# 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](http://www.teco.uni-karlsruhe.de)

## Zur Vorlesung

- zum **3. Mal**, vormals von Hans-Werner Gellersen
- **überarbeitet**
- **Unterlagen/Literatur:**
  - **Skript: Folien und "Pflichtlektüre"**
  - [www.teco.edu/lehre/ubiqws0102/](http://www.teco.edu/lehre/ubiqws0102/)
  - (immer noch) **keine Sekundärliteratur**
- **Interaktion, Besprechungen: i. allg. kurzfristig**
  - [michael@teco.edu](mailto:michael@teco.edu)
  - **0721 / 6902-59**
  - TecO: Vincenz-Prießnitz-Str. 1, EG rechts

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

1-2

## Zur Vorlesung

### Ubiquitous Computing: Querschnittsthema

- berührt viele Bereiche der Informatik, nicht nur Telematik
- setzt Informatik-Allgemeinbildung voraus (Netze, Client/Server, Internet/Web, Rechnerarch., MMD usw.)
- Lernziel: Zusammenhänge, erste Fakten und Grundlagenwissen

### Wissenschaftliches Umfeld

- sowohl in Lehre als auch in Forschung neues Gebiet
- wissenschaftliche Initiativen
  - Konferenzserie "Ubiquitous Computing" seit 1999 ([www.ubicomp.org](http://www.ubicomp.org))
  - EU-Programm "Disappearing Computer" ([www.disappearing-computer.org](http://www.disappearing-computer.org))
  - USA "IT Expeditions into the 21st Century" (<http://www.darpa.mil/ito/research/uc/index.html>)
  - Dagstuhl Seminar seit 2001

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

1-3

## Einführung in UbiComp

### Was ist Ubiquitous Computing ?

**Was kennzeichnet UbiComp: 5 Merkmale**

**Wodurch wird UbiComp möglich: Technologie-Trends**  
(was absehbar ist und was nicht)

**Wie ist die Vorlesung aufgebaut: Quick Tour**

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

1-4

## Was ist Ubiquitous Computing ?

### Historische Definitionen

- **Neue Ära der Computernutzung nach "Personal Computing":**

"New Eras of computing start when the previous era is so strong it is hard to imagine that things could be different"

David Culler, U.C. Berkeley, Anfang 1999

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

1-5

## Ubiquitous Computing



**Mark Weiser**  
(1952-1999)

### 1988: Begriff „Ubiquitous Computing“

- ubiquitous/ubiquitär: „überall verbreitet“, auch: „allgegenwärtig“
- ubiquity/Ubiquität: überall erhältliches Gut

### 1991 „The Computer for the 21st Century“

- Grundlagenartikel in Scientific American
- Vision: Computer werden so alltäglich, daß sie nicht mehr wahrgenommen werden

"Ubiquitous Computing enhances computer use by making computers **available throughout** the physical environment, while making them **effectively invisible** to the user"

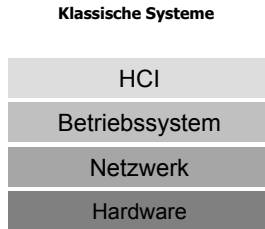
Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

1-6



## Was kennzeichnet Ubicomp?

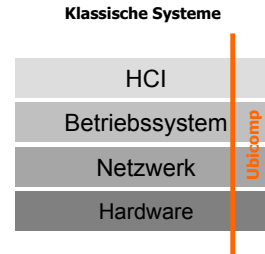
### ▪ Klassische Gebiete: Unterschied zu Ubicomp?



## Was kennzeichnet Ubicomp?

### ▪ Klassische Gebiete: Unterschied zu Ubicomp?

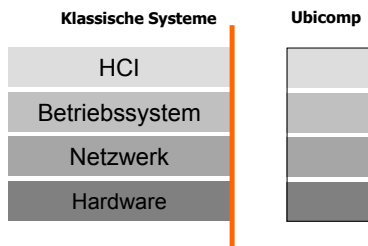
- Ubicomp vertikal, nicht horizontal; multidisziplinär (in heutigen Disziplinen)



## Was kennzeichnet Ubicomp?

### ▪ Klassische Gebiete: Unterschied zu Ubicomp?

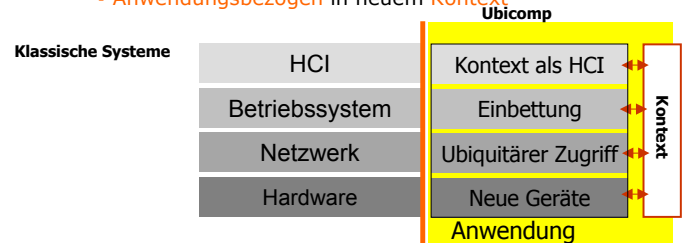
- Ubicomp vertikal, nicht horizontal; multidisziplinär (in heutigen Disziplinen)
- Ubicomp Teilgebiet, spezielle Probleme, integrierter Ansatz



## Was kennzeichnet Ubicomp?

### ▪ Klassische Gebiete: Unterschied zu Ubicomp?

- Ubicomp Vertikal, nicht horizontal; multidisziplinär (in heutigen Disziplinen)
- Ubicomp Teilgebiet, spezielle Probleme, integrierter Ansatz
- **Anwendungsbezogen** in neuem **Kontext**



## Was kennzeichnet Ubicomp?

### 5 Merkmale für Anwendungssysteme:

- **Einbettung**
- **Vernetzung**
- **Allgegenwart**
- **Kontext**
- **Neue Geräte**

## 1 - Einbettung

**Einbettung:**  
**Physisch und kognitiv**

### Computer in der Welt statt Welt im Computer

- mit Information angereicherte reale Welt statt virtueller Parallelwelt
- Computer als Sekundärartefakt (so wie Elektromotoren)
- damit verbunden: weitere Dezentralisierung von Computerleistung

↳ Mainframe ← Workstations ← Smart Devices

### Physische Einbettung

- Einbettung in elektronische Geräte (Haushalt, A/V, Spielzeug, Auto) ist Stand der Technik: **Wieviele Prozessoren, wieviele eingebettet?**
- lassen sich auch "typische" Computeranwendungen besser in der realen Welt einbetten?

### Kognitive Einbettung

- nicht nur aus den Augen, sondern vor allem aus dem Sinn: Computernutzung, die sich in alltägliche Abläufe einfügt

# 1 - Einbettung

**Einbettung:**  
Physisch und kognitiv

## Computer in der Welt statt Welt im Computer

- mit Information angereicherte reale Welt statt virtueller Parallelwelt
- Computer als Sekundärartefakt (so wie Elektromotoren)
- damit verbunden: weitere Dezentralisierung von Computerleistung

↳ Mainframe ← Workstations ← Smart Devices

## Physische Einbettung

- Einbettung in elektronische Geräte (Haushalt, A/V, Spielzeug, Auto) ist Stand der Technik (8 Milliarden Proz, 98% aller Mikroproz. sind eingebettet)
- lassen sich auch "typische" Computeranwendungen besser in der realen Welt einbetten ?

## Kognitive Einbettung

- nicht nur aus den Augen, sondern vor allem aus dem Sinn: Computernutzung, die sich in alltägliche Abläufe einfügt

# 2 - Vernetzung

## Vernetzung aller Information(squellen)

- gestern: Vernetzung aller Computer (PC/Workstation)
- heute: Vernetzung aller Geräte (Haushalt/Auto usw.)
- morgen: alle Gegenstände

## Spontane Vernetzung

- Offene, verteilte, dynamische Welt: Objekte finden sich zur vorübergehenden Zusammenarbeit (Mehrwert im Verbund)
- Objekte/Dienste müssen sich nicht a priori kennen, um einander nutzen zu können

## Vernetzung kompensiert Dezentralisierung

- Zusammenarbeit in dezentralen Systemen
- ermöglicht Disaggregation: Auslagerung von Komponenten aus zentralisierten Systemen
- hohe Wahrscheinlichkeit (Redundanz) ersetzt Zuverlässigkeit bei zentralen Systeme

# 3 - Allgegenwart

## "Anytime, Anywhere Computing"

- Mobilität: ortsunabhängiger Zugriff
- Ubiquität: überall verfügbar

## "Ein Netz"

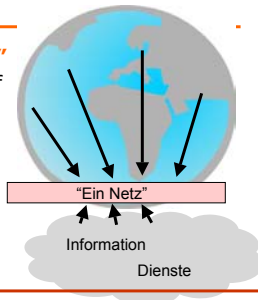
- Integration aller Dienste/Netze
- "Internet++"

## Pervasive Computing

- pervasive: "alles durchdringend"

## IBM-Definition:

"Convenient access, through a **new class of appliances**, to relevant information with the ability to easily take action on it **when and where you need**"



# 4 - Kontext

## Bezug zur realen Welt

- M. Weiser:

"Ubiquitous Computing is fundamentally characterized by the connection of things in the world with computation"

"if a computer merely knows what room it is in, it can adapt its behavior in significant ways without requiring even a hint of artificial intelligence"

## Schnittstellen zwischen realer Welt und virtueller Welt

- fließende Übergänge zw. 'Welt der Atome' und 'Welt der Bits'

## Situatives Verhalten

- Paradigmenwechsel in Mensch-Computer-Interaktion: von explizitem Dialog zu impliziter/situativer Interaktion

# Einschub: Allgegenwart + Kontext

## Pocket Bargain Finder, Andersen Consulting (ABC Video)

### Allgegenwart:

- mobile Internet, mobile commerce

### Kontext:

- Bezug zu realer Situation "einkaufen"
- hergestellt über Barcodes ("Real-World-Tag")

### Implizite Interaktion

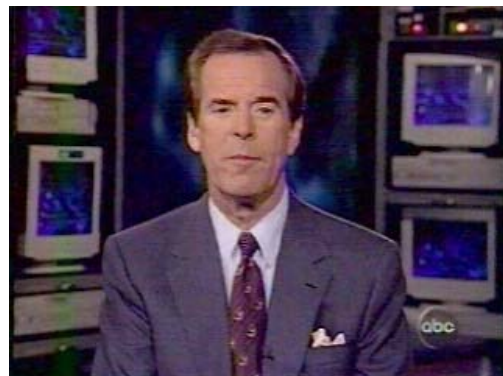
- Je mehr Kontext, desto weniger expliziter Dialog
- Bezug zu Buch ersetzt komplexe Suchanfrage

## Allgegenwart+Kontext: komplementäre Konzepte

- Allgegenwart: Ubiquität durch **Abstraktion von Ort/Situation**
- Kontext: 'Smart' durch **Bezug auf Ort/Situation**

# Einschub: Allgegenwart + Kontext

## Pocket Bargain Finder, Andersen Consulting



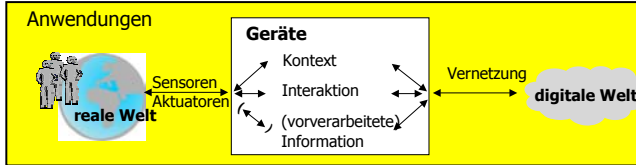
## 5 - Neue Geräte: Smart Devices

### 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

Mehr Gewicht auf Interaktion, Vernetzung und Kontext, weniger auf eigenen Funktionsumfang



## Einführung in Ubicomp

### Was ist Ubiquitous Computing ?

### Was kennzeichnet Ubicomp: Forschungsfelder & 5 Merkmale

### Wodurch wird Ubicomp möglich: Technologietrends (was absehbar ist und was nicht)

### Wie ist die Vorlesung aufgebaut: Quick Tour

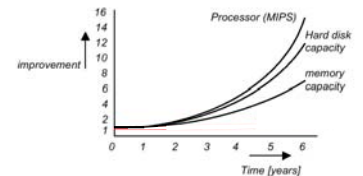
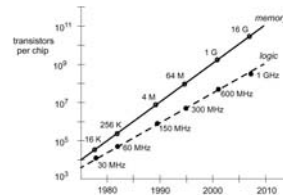
## Wodurch wird Ubicomp möglich: Technologietrends

- Rechenpower und Miniaturisierung
- Kommunikation
- Displays
- Material
- Sensoren
- Hemmnisse: was nicht absehbar ist

## 1 - Rechenpower / Miniaturisierung

### Moore's Law, 1965

- Prozessor-Geschwindigkeit und Speicherkapazität verdoppeln sich alle 18 Monate (Erg. Machrone: bei gleichem Preis)

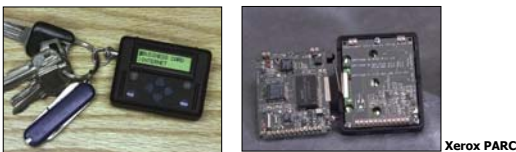


### Exponentielles Wachstum

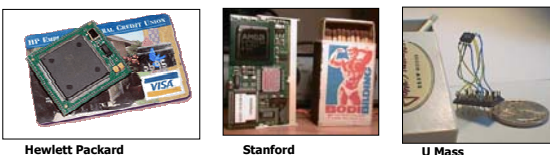
- bei gleicher Technologie (CMOS) noch weitere 10 Jahre
- danach möglicherweise andere Technologie

## Rechenpower / Miniaturisierung

### z.B. Computer am Schlüsselbund



### z.B. Embedded Web Server



## 2 - Kommunikation

### Bandbreiten

- Gilder's Law (1996 ?): Bandbreite wächst dreimal schneller als Rechenpower und Speicherkapazität: Verdopplung alle 6 Monate
- Lichtwellenleiter: Bandbreite ~10 Gb/s
- WDM: Wavelength Multiplex: Faktor 16, bald mehr

### Mobilkommunikation

- GSM, UMTS (bis 2 Mb/s): ubiquitär!
- Wireless LAN (IEEE 802.11b, bis 10 Mb/s)
- Bluetooth: 720 kb/s für 5 US\$ auf 9x9mm; 10 m Reichweite

### Powerline Communication (PLC)

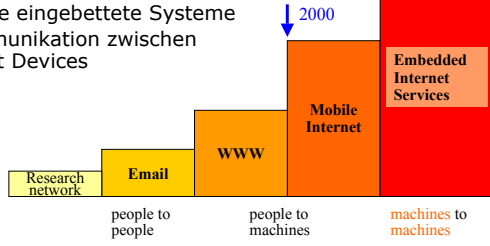
- ubiquitär: über PLC Integration aller Verbraucher!
- alter Hut: Steuerung über Stromnetz, z.B. X-10 (50 b/s)
- Kommunikation: neuere Verfahren > Mb/s

# Kommunikation

## Qualitatives Wachstum des Internet

(Quelle: Mattern/ETH)

- Mobilität (Nutzer, Geräte)
  - Mobile Internet Appliances
- Vernetzte eingebettete Systeme
  - Kommunikation zwischen Smart Devices



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

1-31

# 3 - Displays

## Groß und klein ...



4.5 x 1.5 m, Dynawall, GMD-IPSI



~300.000 Pixel auf 2 x 2 cm

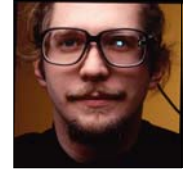
## ... Wearable



Ivan Sutherland, 1966



M1 Display



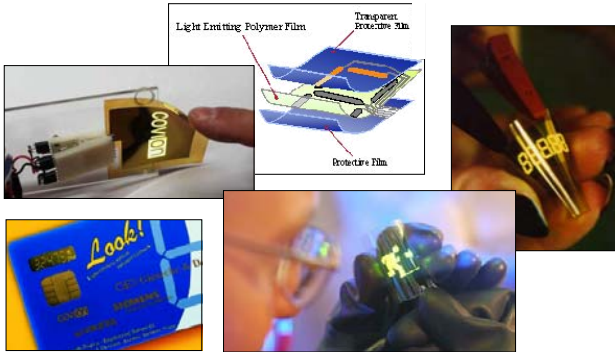
MicroOptical

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

1-32

# 4 - Material

## z.B. Light Emitting Polymer ("Leuchtendes Plastik")



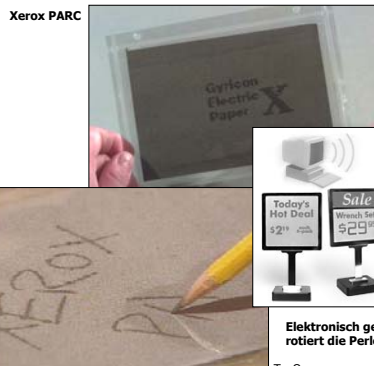
CDT, Cambridge Display Technologies

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

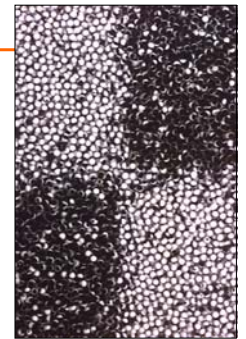
1-33

# Material

## z.B. Elektronisches Papier



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO



S/W-Perlen, die durch elektrische Ladung ausgerichtet werden können

Elektronisch gelesener Bleistift rotiert die Perlen, aus denen das Papier besteht

1-34

# Material

## z.B. neue Textilien ("Washable Computer")

- leitfähige Fasern in Stoffe eingewoben
- Daten- und Powerbus in der Kleidung
- leitfähige Tinte: Aufdruck auf Textilien
- textile Sensoren: z.B. Leitfähigkeit abhängig von Dehnung



TTT, MIT Media Lab

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

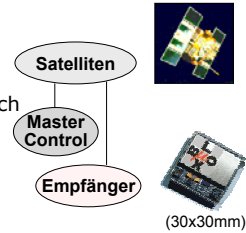


1-35

# 5 - Sensoren

## Geografische Lokation

- GPS (Global Positioning System)
  - Satellitenbasiert
  - ubiquitär, aber nur im Außenbereich
  - <25m genau (keine S/A-Degradierung mehr)
- Differential GPS (DGPS)
  - ~0.1-10m genau
  - Korrektursignal von fester GPS-Station



(30x30mm)



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

1-36

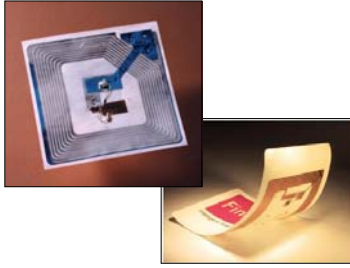
## Sensoren

### Charakteristik in Ubicomp

- Klein, energiesparend, weniger genau

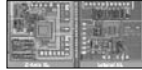
### Identifikation von Objekten

- RFID Tags ("Smart Label")
  - Speicher für ID (und Daten)
  - berührungsloses Auslesen
  - Energieversorgung durch Lesegerät!
  - versch. Form-Faktoren



### MEMS Sensoren

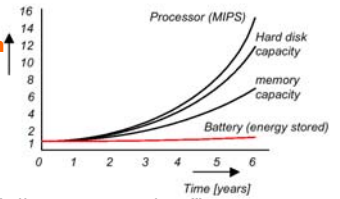
- Mikro-Elektromechanische Systeme
- "Sensorik in Silikon", µm-Bereich
- z.B. Beschleunigungsmessung



## Hemmnisse: nicht absehbar...

### Unbegrenzte Energiequellen

- Batterietechnologie: kein exponentielles Wachstum
- über die nächsten 10 Jahre nur 20% mehr Kapazität



### Durchgängige Verbindung ("alles immer online")

- Kommunikation zu teuer (Energieverbrauch)

### Höhere Computerakzeptanz

- Die Bereitschaft von Menschen, sich mehr mit Computer-Belangen auseinanderzusetzen, wird nicht zunehmen

## Einführung in Ubicomp

### Was ist Ubiquitous Computing ?

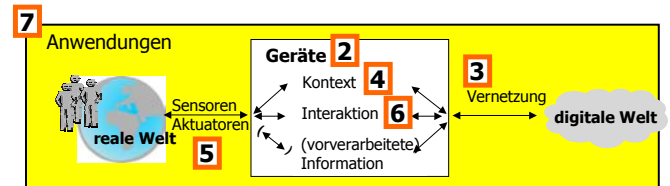
Was kennzeichnet Ubicomp: **Forschungsfelder & 5 Merkmale**

Wodurch wird Ubicomp möglich: **Technologie-Trends** (was absehbar ist und was nicht)

Wie ist die Vorlesung aufgebaut: **Quick Tour**

## Aufbau der Vorlesung

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



## 1 - Vision/Historie/Grundlagen

### Weiser: Ubiquitous Computing

- "The Computer of the 21st Century"
- "Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing"

frühe Ubicomp Projekte, Xerox PARC

### Weiser/Brown: Calm Technology

- "The Coming Age of Calm Technology"



### D. Norman: Information Appliance

- "The Invisible Computer"

Design von "Post-PC" Devices

### J. Wejchert: Information Art

- "The Disappearing Computer"



## 2 - Geräte

### Entwicklungslinien zu "Smart Devices"

- Internet-Geräte: Thin Clients und Micro-Server
  - Mobile Internet, Zugangstechnologien, Content-Filter
  - Embedded Web Server, "jedes Ding hat eine Homepage"
- Mobilität und Disaggregation im PC-Umfeld
  - PC-Companions, SmartCards, Plug&Play Komponenten
  - Wearable Computer
- Eingebettete Computer in Alltagsgegenstände
  - digital oder smart artefacts

### Systemarchitektur

- Hardware-Trends, Betriebssysteme
- Energie-Effizienz

## 3 - Vernetzung

---

### Netzwerktechnologien

- Busse: USB, Firewire
- Mobil (ad-hoc) Kommunikation IR, RF, Powerline
  - IrDA, PEN, EIB
- Home Networking

### Middleware

- ad hoc Vernetzung, Selbstkonfiguration
  - Jet-Send
- Service Discovery, Protokollaushandlung, Synchronisation
  - Jini, HAVI

## 4 - Kontext

---

### Lokation / Positionierung

- Ortsbestimmung: GPS, Indoor-Positionierung
- Lokationsmodelle, Anwendungen mit Ortsbezug

### Identifikation von Objekten

- RFID Technologie und Anwendungen

### weitere Kontext-Technologien

- Situative Interaktion
- Architekturen für Kontext-basierte Systeme

## 5 - Sensoren und Aktuatoren

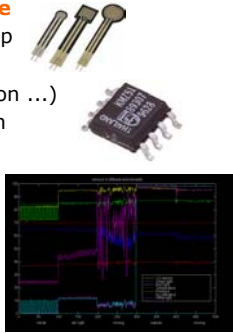
---

### Grundlagentechnologie für Kontexte

- Eigenschaften von Sensorik in Ubicomp
- Arten von Sensoren
- Klassifikation (nach Muster, Information ...)
- Verarbeitung von Sensorinformationen

### Anwendung

- Einsatz von Sensoren in Ubicomp
- Entwurf von Sensor-Pools
- Sensor-Integration



## 6 - Interaktion

---

### Interaktionskonzepte für Smart Devices

- User Interface Design für Handhelds/Palmtops
- User Interfaces für Internet Appliances (Mobile/Home)
- Wearable User Interfaces
- Ambient User Interfaces, Augmented reality
- Implizite Interaktion
- Interaktion im Kontext
- Neue Ein- und Ausgabegeräte und Formen

## 7 - Anwendung

---

### Nutzung von Information in Ubicomp-Systemen an Beispielen

- Augmented Commerce
- Smart Homes
- Bereitstellung von Information
- Verarbeitung von Information
- Computer-Supported Cooperative Work (CSCW)
- Persuasive Computing
- Spiele
- ...

## Vorbereitung / "Hausaufgabe"

---

### Lektüre zur Vorbereitung:

- "The Computer for the 21st Century", Weiser (opt. "Some Computer Science Issues", Weiser)
  - einfach zu lesen, wichtig sind jeweils die ersten beiden Seiten
- "The Coming Age of Calm Technology", Weiser & Brown
  - kurzer Artikel
- jeweils 2-3 Kernaussagen extrahieren

liegt alles unter

<http://www.teco.edu/lehre/ubiqws0102/>

