

Visionen und Grundlagen des Ubiquitous Computing



Friedemann Mattern, ETH Zürich

*As we approach 2001, we are in the
Information Age, not in the Space Age!*
Randy Katz, UC Berkeley

Ubiquitous Computing



Andrew Locke / MSNBC

- **Mark Weiser**
 - XEROX PARC
 - † 1999

- Begriff geprägt 1988
- „The Computer for the 21st Century“, Sc. American, 09/91
 - Computer in allen Dingen...
- „The Coming Age of Calm Technology“ (mit John S. Brown)
 - ...arbeiten *ruhig* im Hintergrund
- Alternative Bezeichnungen
 - „Pervasive Computing“ (IBM)
 - Ambient Computing
 - ...

Allgegenwärtig und unsichtbar?

■ Klarer Trend:

- 1 Computer (Mainframe) für viele -->
- 1 Computer (PC) für jeden -->
- viele Computer für jeden

was ist damit dann
sinnvolles möglich?

■ Unsichtbare Prozessoren

- in fast allen Alltagsgegenständen
- eingebettet in das Umfeld
- Allgegenwärtigkeit

klein, leicht,
billig, mobil

■ Smart devices, spontan vernetzt

- Sensoren erfassen Umgebung
- --> „Vernetzung aller Dinge“

Zwei Zitate von Mark Weiser

When almost every object ... contains a computer, ... **obtaining information will be trivial**: Who made that dress? Are there any more in the store? What was the name of the designer of that suit I liked last week?“ The computer environment knows the suit you looked at for a long time last week ... and it can retroactively find the designer’s name even though that information did not interest you at that time.

The most profound technologies are those that **disappear**. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are **indistinguishable** from it.

Erweiterte Realität

- Ubiquitous Computing ist **keine Virtuelle Realität**:
 - „Computer in der Welt“ statt „Welt im Computer“
- **Augmented Reality**
 - Gegenstände der **physischen Welt** mit Zusatzinformation und „Intelligenz“ anreichern
 - Unterstützung der alltäglichen Arbeit des Menschen in der **realen Welt**
- Optimal an die **Umgebung angepasste** Computer
 - möglich aufgrund wirtschaftlicher / technischer Faktoren

Unsichtbare Computer

- Computer geht in den Dingen auf
- Mensch wird im Umgang mit dem **Ding an sich** und der zu erledigenden Aufgabe unterstützt
 - Konzentration auf die **Sache**, nicht das **Werkzeug**
 - physische Welt hat Priorität über synthetische Welt
- Wie **kommuniziert** man mit unsichtbaren Computern?
 - erfordert **intuitive Benutzungsschnittstellen** (z.B. Sprache)
 - Aufmerksamkeit soll der Interaktion mit den realen Dingen gelten
 - **Sensoren** nehmen Kontext des Dings / Nutzers auf
 - Sensoren für akkustische Signale, visuelle Signale, Temperatur, Druck, Beschleunigung,...

Hintergrundassistentenz

- Informationsverarbeitung tritt in den **Hintergrund**
 - „Werkzeug Computer“ schwindet aus dem Bewusstsein des Anwenders, tut seine Arbeit im Hintergrund
 - „calm technology“
- **Neues Bild vom Computer** als eine unsichtbare, allgegenwärtige Hintergrundassistentenz
 - spezialisierte, unsichtbare Computer werden integrativer Teil der natürlichen Umgebung des Menschen

Calm Technology?



Ubicomp - Visionen werden wahr

■ Visionen

- „alles, immer, überall“
- jedes Ding hat seine Homepage (bzw. seinen „Datenschatten“)
- alle Gegenstände hängen am Internet

■ werden Wirklichkeit, dank

- billiger Hardware (--> viel, überall)
- kleiner Hardware (--> mobil, überall)
- kosten- und drahtloser Kommunikation

alles kann mit allem kommunizieren, Sensordaten mitteilen...

Quantensprung oder Evolution?

- These: **weitere Fortschritte** in
 - Rechengeschwindigkeit
 - Energieverbrauch
 - Batterietechnik
 - Kommunikationsgeschwindigkeit
 - Miniaturisierung
 - Display-Technik
 - Sensortechnik
 - Preis
 - Informatikkonzepten
 - ...

ermöglichen bald
(wiedereinmal)
gänzlich neue
Anwendungen

--> „Post-PC-
Zeitalter“

Moore's Law (1965) als „Ursache“

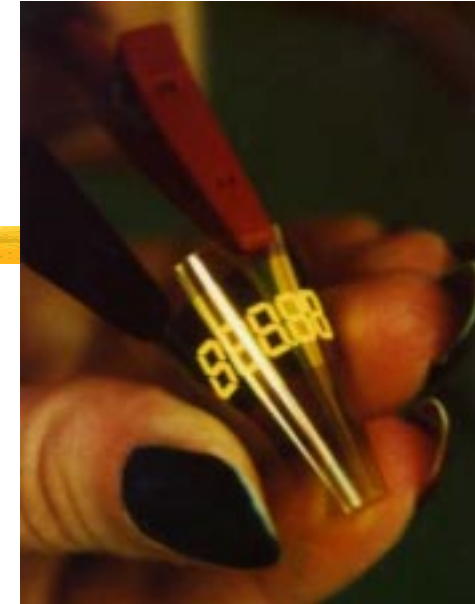
- Prozessorgeschwindigkeit und Speicherkapazität **verdoppeln sich** alle **18 Monate** (bei gleichem Preis)
- **Exponentielles Wachstum** muss (bald?) abflachen
 - hält vermutlich noch 10 Jahre mit gegenwärtiger Technik ← CMOS-Gate dann nur noch mit 8 Elektronen...
 - weitere 10 Jahre mit neuer Technik (z.B. Optik)? Problem: steigende Kosten
- Z.Z. noch schnelleres Wachstum:
 - **Festplatten**
 - **Bandbreite** (9 - 12 Monate) ← z.B. Generieren von Filmszenen in Realzeit (--> VR)
 - **Graphikchips** (für Polygon-Rendering)

Materialwissenschaft als „Ursache“

- **Werkstoffe** sind bedeutsam
 - ganze Zeitalter wurden dadurch geprägt („Eisenzeit“)
 - „kürzlich“: **Halbleiter, Glasfaser** (--> I+K-Technik)
- Neue Materialien für I+K-Technik, z.B.
 - kleinere **Kondensatoren** hoher Kapazität
 - bessere **Energiespeicherung** / -gewinnung
 - höhere Speicherdichte von **Information**; demächst vielleicht: holographische, biologisch, molekulare Speicher
 - **Plastiklaser**
 - Anwendung u.a.: Optoelektronik, flexible Displays

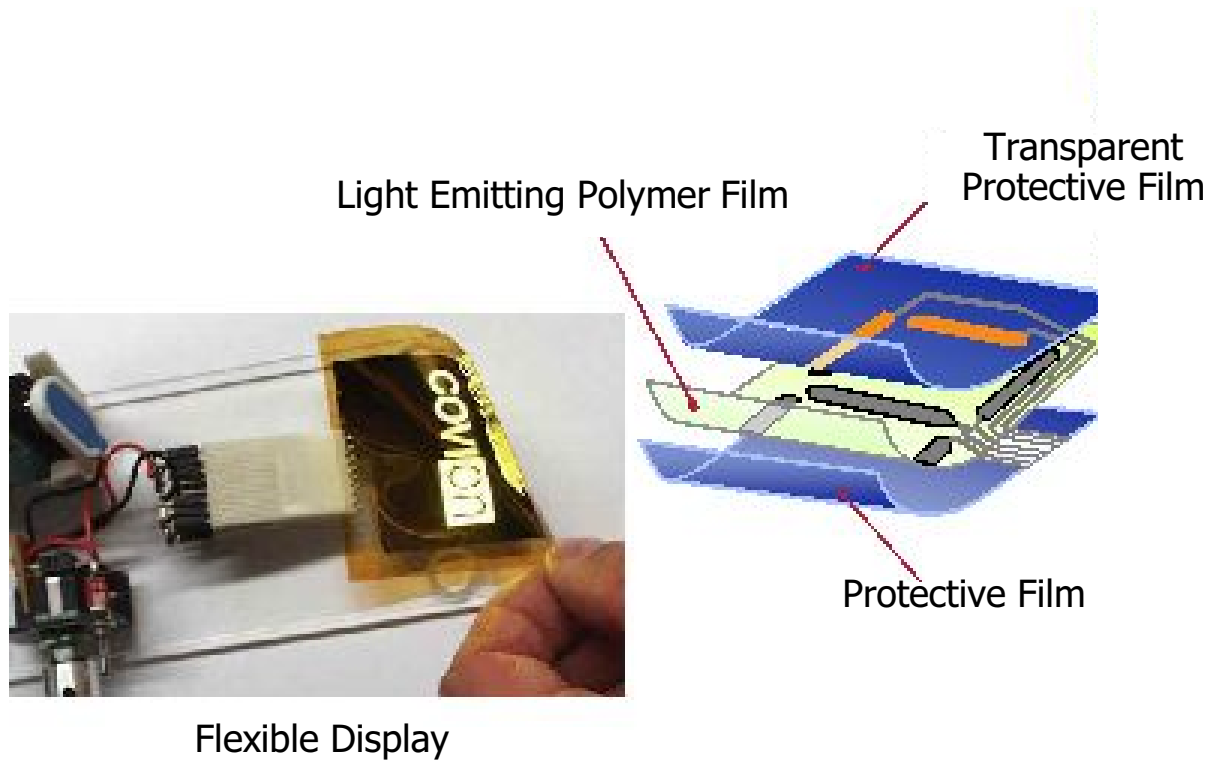
Leuchtendes Plastik (Elektrolumineszenz)

- LEP („Light Emitting Polymer“)
- Organische Leuchtdioden
- --> Plastikbildschirme (2 mm dick)
- Derzeit Forschung mit Laborprototypen
- Anwendungen innerhalb weniger Jahre wahrscheinlich



Geldkarte mit Plastikdisplay
(und Batterie!)

LEP - Light Emitting Polymer



Mikrodisplays



- Derzeit ca. 300000 Pixel auf 2 cm x 2 cm, ca. 400 mW



Kommunikationstechnik

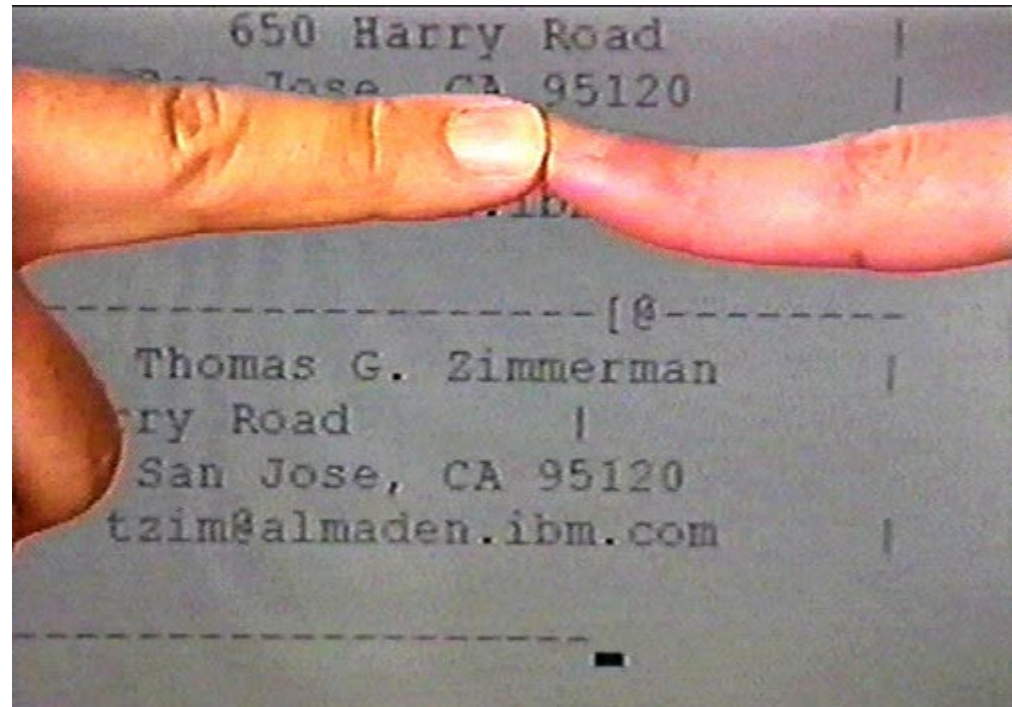
- **Bandbreite** einzelner LWL z.Z. ca. **10 Gb/s**
 - Wellenlängenmultiplex: zusätzlich Faktor 32 bis 128
 - 2002: ca. **20 Tb/s** mit Multiplex (oft ohne neue Verlegekosten)
- **Powerline-Technik**
 - Kaffeemaschine „automatisch“ am Internet
- **Drahtlos**
 - Mobiltelefon: GSM, UMTS (bis 2 Mb/s)
 - Wireless LAN (IEEE 802.11, bis ca. 10 Mb/s)
 - **Raumnetze**: 10 m, 2.45 GHz, 720 kb/s, **lizenzfrei, \$ 5**
--> spontane Vernetzung

Body Area Networks: Persönliche Netze

- Sehr geringe Ströme (nA), einige kb/s Übertragungsrates



- Anwendungsbeispiele:
 - Auto erkennt Fahrer
 - Telefon konfiguriert sich beim Anfassen
 - Mikropayment: Bezahlen durch Anfassen der Tür
 - Toaster und TV identifizieren Nutzer



Trend: Ubiquitäre und spontane Vernetzung

- Drahtloser, fast kostenloser Zugang zum Internet
 - aber ohne manuelle Konfiguration
- Raumnetze, body area networks
- Geräte finden sich als „zusammengehörend“
 - bzw. die richtigen Services
 - z.B. alle Geräte eines Raumes
 - oder: alle Dinge an meinem Körper
- Mobile Computing
 - ortstransparentes Arbeiten
 - **überall, immer, alles**

Trend: Bessere Sensoren



- Kameras, Mikrophone (miniaturisiert)
 - **Mustererkennung**, z.T. heuristisch
(„Benutzer ist alleine, in einer Besprechung...“)
 - Sprechererkennung, **Sprachsteuerung**
- **Fingerabdruck**sensor an mobilen Gegenständen
 - („den kennen wir doch schon“)
- Selbständiges **Erfassen der Benutzerumgebung**
 - Herstellen von **Kontextbezogenheit**
 - ggf. Identifikation von Objekten und Gegenständen

Ortslokalisierung



- Für **mobile Geräte** zunehmend interessanter
- Diverse Techniken
 - **GPS**-Empfänger werden kleiner und billiger
 - **Trägheitsnavigation**, Beschleunigungssensoren
 - unabhängig von externer Infrastruktur, aber mit der Zeit ansteigende Ungenauigkeit
 - **Laufzeitmessung, Phasenmessung** (Infrarot, Mikrowelle, Ultraschall) für **Indoor**-Positionsbestimmung

Global Positioning System (GPS)

■ Verbesserung der Genauigkeit

Problem: Abschottungen

- derzeit (civilian access) ca. 20 - 300 m
- **differentielles GPS** (ortsfeste Referenzstation): 0.5 - 5 m
 - Bsp: Containerlokalisierung im Hamburger Hafen: 50 cm genau
- Freigabe des militärisch verschlüsselten Korrekturcodes?
 - sollte mindestens Faktor 10 an Genauigkeit liefern
- ziviles europäisches **Galileo-System** bis 2008?
- **Phasendifferenzverfahren**
 - theoretisch 0.2 mm, praktisch 1 cm Genauigkeit
 - erfordert noch sehr hohen Rechenaufwand

```
POSITION
N 39°
  43' 17"
W 105°
  01' 25"
```



GPS-Empfänger



- z.B. Pathfinder von Casio
- Genauigkeit: 30 m
 - Varianzreduktion im continuous mode
- 66 x 66 x 30 mm
- 140 g
- ca. 700 Messungen mit einer Batterie

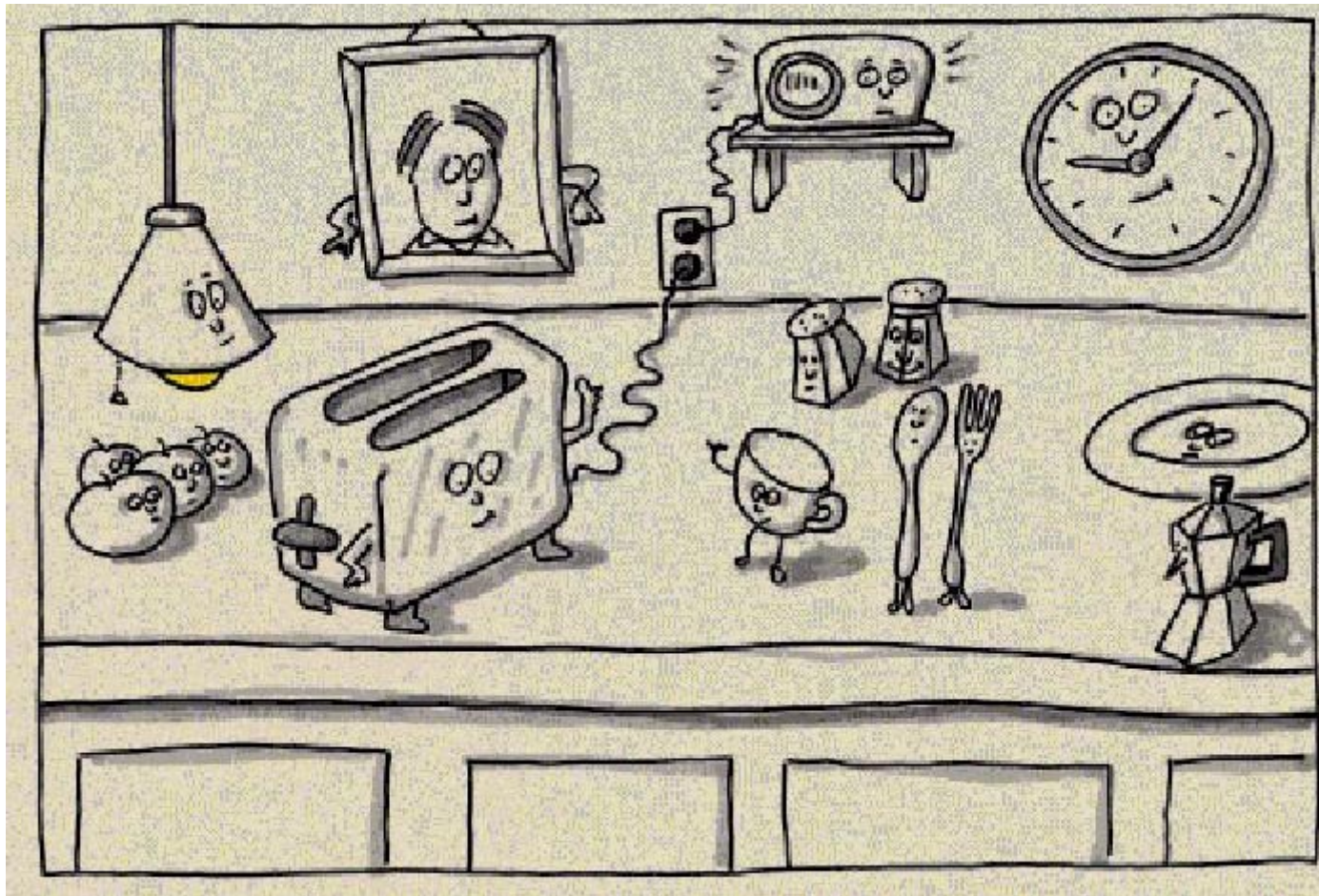
- Entwicklungsziel: **Scheckkartenformat**
 - Integration in PCMCIA-Karte und in Chipkarten

Situationsbezogenheit

- **Situatives Verhalten von Geräten**
 - „**context awareness**“ (physisch und logisch)
 - bzgl. Ort, Sensordaten, Nutzer, Bandbreite, Historie...
 - **Adaption** des Verhaltens und der Schnittstelle
 - dadurch einfacher und intuitiver zu benutzen
 - Minimierung des kognitiven Aufwandes zur Bedienung
- **Durchführung von Aktionen ist i.a. von der Existenz bestimmter Personen oder Dinge abhängig**
 - Interaktion soll sich aus der **aktuellen Situation** ergeben
 - System muss sich laufend Überblick über die Situation (Prozesse, Umgebung,...) verschaffen

Smart Devices

- Alltagsgeräte (Haushalt, Büro, Freizeit) mit eingebautem **Prozessor**
 - dadurch: **Verhalten + Gedächtnis**
 - „Smart“: Zusatzfunktionen zur normalen Funktion
- **Sensoren**
 - z.B. digitalisierender Stift mit Schreibriffterkennung
- **Kommunizieren** mit der Umgebung
 - Interface für Nutzer
 - u.U. Sprachsteuerung oder Sprachsynthese
 - vernetzt (z.B. drahtlos oder via Powerline) mit einer Homebase oder anderen Geräten



Information Appliances

- Mobile, drahtlos vernetzte **spezielle Geräte**
 - z.B. Kamera, Spielzeug, Info-Displays,... Anpassung an nutzerindividuelle Gegebenheiten
 - für Arbeit, Haushalt, Freizeit...
- **Emanzipation vom PC** für einige Anwendungen
 - **Instant-on**-Geräte für Kalender, Wettervorhersage...
 - z.B. **e-book** (neue Flachbildschirme, e-ink)
 - kontinuierliche Betriebsbereitschaft
- Laptop, PDA, **Handy** nur Vorläufer einer neuen Geräteklasse



Smartphones: Designstudien



Smartphones



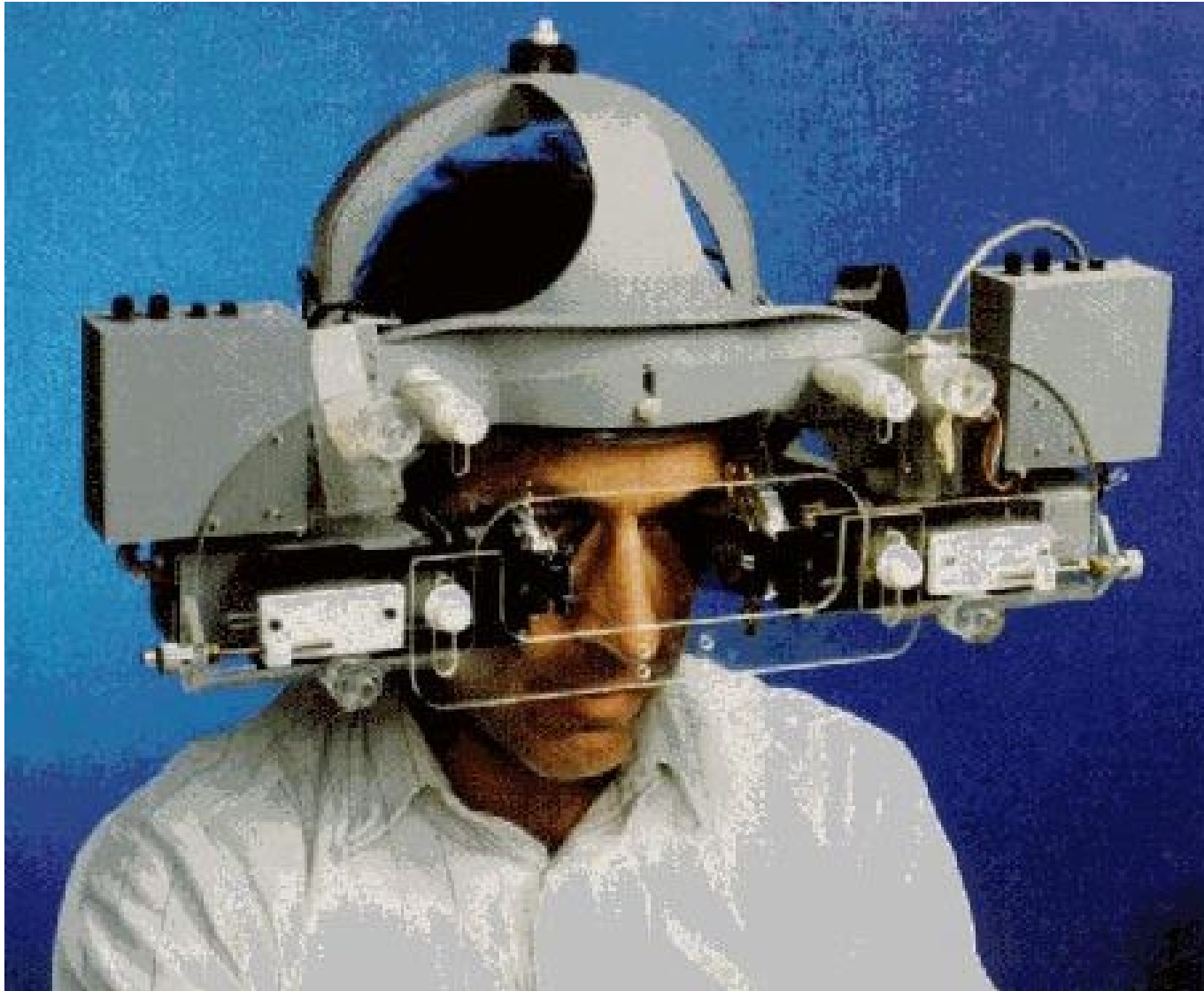
Wearables

- Analog zu einer „Uhr“, Brille,...
 - bequem tragbar; handfreie Interaktion
 - z.B. „retina displays“ (Prototypen):
Brille mit Laser und Spiegeln projiziert
Bild direkt auf die Netzhaut



- Individualität, Mode
(vgl. Uhren, Kleidung)?
- Ergonomie, Akzeptanz?

Wearable?



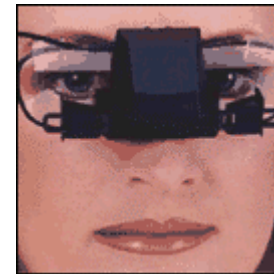
MicroOptical Clip-on Display



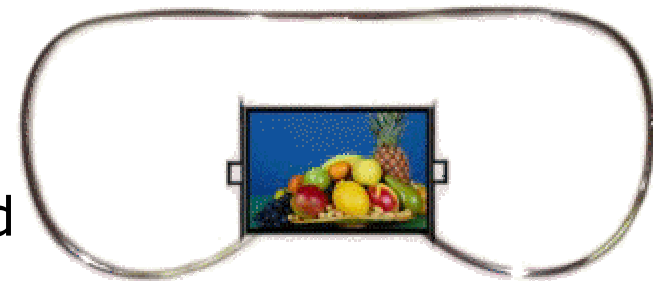
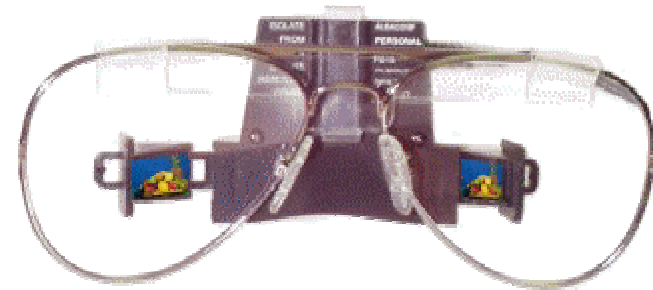
Integrated Eyeglass Display



Brillen als Ausgabegeräte



Aussenansicht



virtuelles Bild
des Trägers

Smart Toys

- Fun und **Entertainment** ist wichtige Anwendung!
 - wirtschaftlich bedeutsam
 - Prozessorleistung neuer **Spielkonsolen** entspricht PC

- vgl. **Sega Dreamcast**: 360 Mips, CD-ROM, Modem, 3 Mio Polygone/s, Windows-CE-tauglich, 26 MB, „Satellit“ als PC-Karte mit RAM + LCD + Bedienknöpfen
- damit auch für „ernste“ Anwendungen (im Internet !) geeignet



Sega Dreamcast

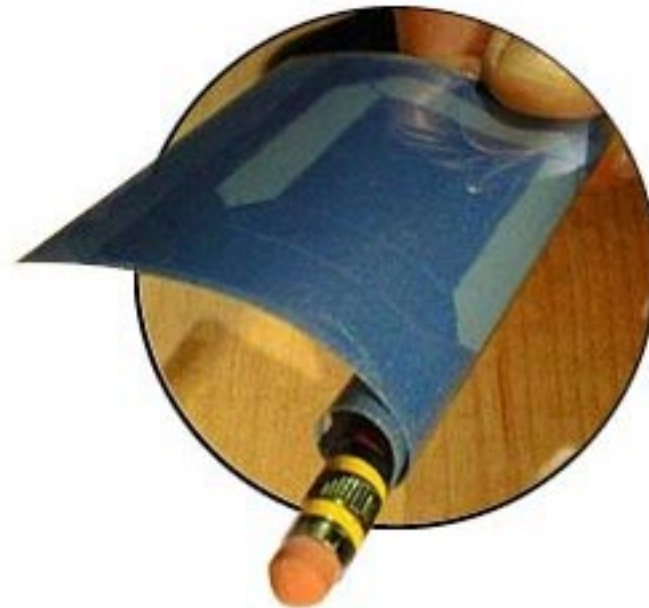
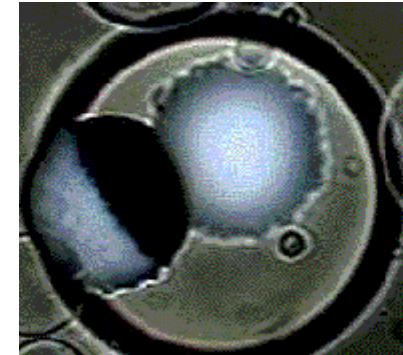
Drahtlos vernetztes Spielzeug

- **Kommunikation** untereinander und mit TV, Swatch-Uhr
- **Internet** via Spielkonsole, Home-PC, „Home Gateway“
- **Update** über Nacht via Internet
 - z.B. Phrasen der gestrigen TV-Serie für Sprechpuppen
- Vernetzte **Fan-Gruppen** („my toy“ --> Marketing)
- Zugriff auf WWW und grosse **externe Datenmengen**
 - z.B. Wörterbuch für Sprachlernspiele
- Auslagerung rechenintensiver Aufgaben auf **Server**
 - z.B. Spracherkennung
- **Avater** für Freunde oder Familienmitglieder
- **Babysitting**, Gesundheitsüberwachung
- Beispiele seit '98: **Barney**, „**Talk With Me Barbie**“, **Furby**

Smart Paper

■ Elektronische Tinte

- Mikrokapseln, die zur Hälfte weiss und schwarz sind
 - Orientierung durch elektrisches Feld
 - Substrat z.B. Array aus Plastik-Transistoren
-
- Prinzipiell hoher Kontrast, energiearm, biegsam
 - **Interaktiv**: beschreibbar mit magnetischem Stift

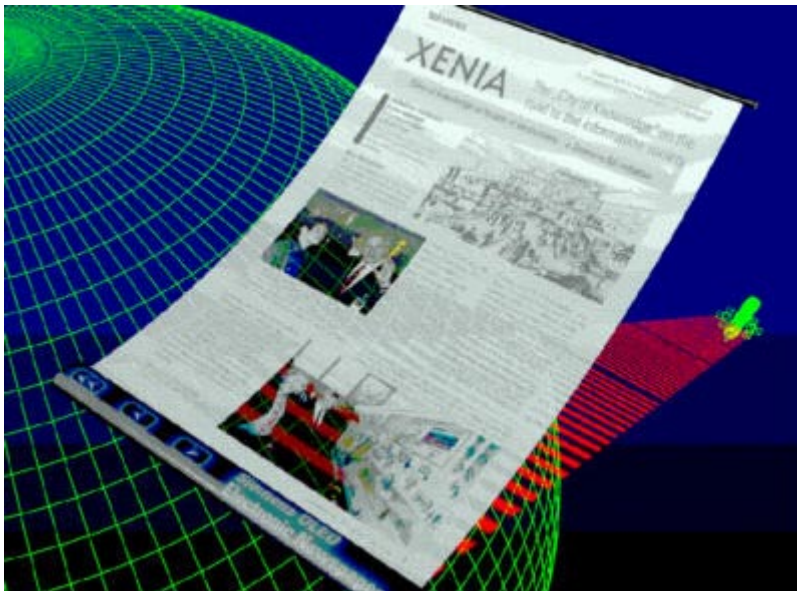




Smart Paper: Anwendungen

- Erste kommerzielle Anwendungen in 3 - 5 Jahren?
 - **faltbare** oder aufrollbare Displays
 - elektronische Notizzettel, **e-book**
 - auch als Fotoapparat + Scanner + Kopierer?
 - ... ?

Wanderkarte mit Ortslokalisierung?



Smart Paper: Forschungsbedarf

■ Entwickelt derzeit u.a. von:

- MIT
- Xerox PARC („Gyricon“)
- Lucent zusammen mit E-Ink

■ Weitere Forschung

- bessere Auflösung (> 150 dpi)
- dünner, stabiler, billiger
- **Farbe** (z.B. mit würfelförmigen Pixeln)
- **Animation**smöglichkeit
- **Radiopapier**: Antenne aus unsichtbarer, leitfähiger Tinte, HF-Empfänger --> automatische Zeitung etc.
- „Wallpaper“: vielleicht sogar E-Tinte als Tapetenfarbe?

- Marktreife und Chancen lassen sich schlecht einschätzen
- Informationspolitik nicht durchschaubar
- Vermutlich gibt es noch andere Mitspieler
- Potential ist gewaltig!

Smart Foil



- Auftragbar auf **3D-Formen**
- Damit beliebige **Gegenstände überziehen**
 - Alltagsgegenständen eine elektronische Identität verpassen?
 - natürlich mit Netzanbindung...
- Ist leider derzeit noch **Science Fiction**
 - noch nicht ausgereift, noch nicht dünn genug
 - **Stromversorgung?**
 - sehr dünne Folienbatterien, Photovoltaik, externe Energiezuführung (z.B. Schuh mit Piezoelementen?)

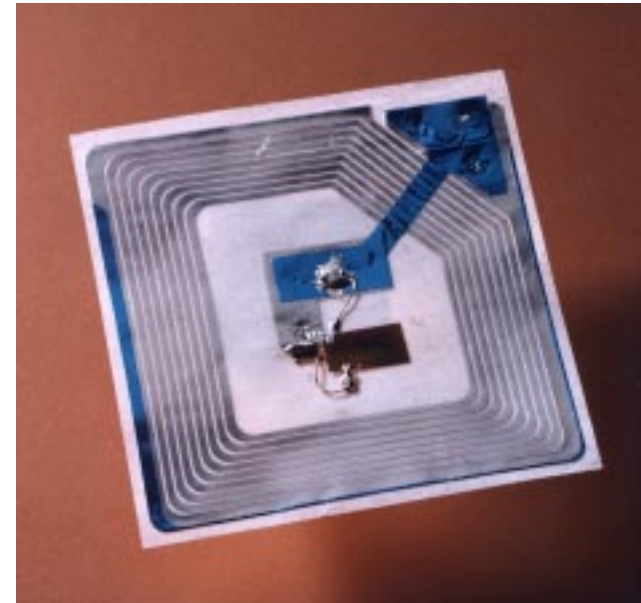
Schuhe als Energiequellen?



- Prototyp des MIT

Smart Labels (RFIDs)

- Vgl. Diebstahlsicherung in Warenhäusern
- IC mit **HF-Transponder**
 - ca. 2 mm x 2 mm x 10 μm (passt in 80 μm -**Papier!**)
 - **Energieversorgung drahtlos** (ca. 1 m) über Leser
 - ROM oder RAM, ca. 512 Byte
 - **Antenne** ggf. auch mit leitfähiger Tinte gedruckt

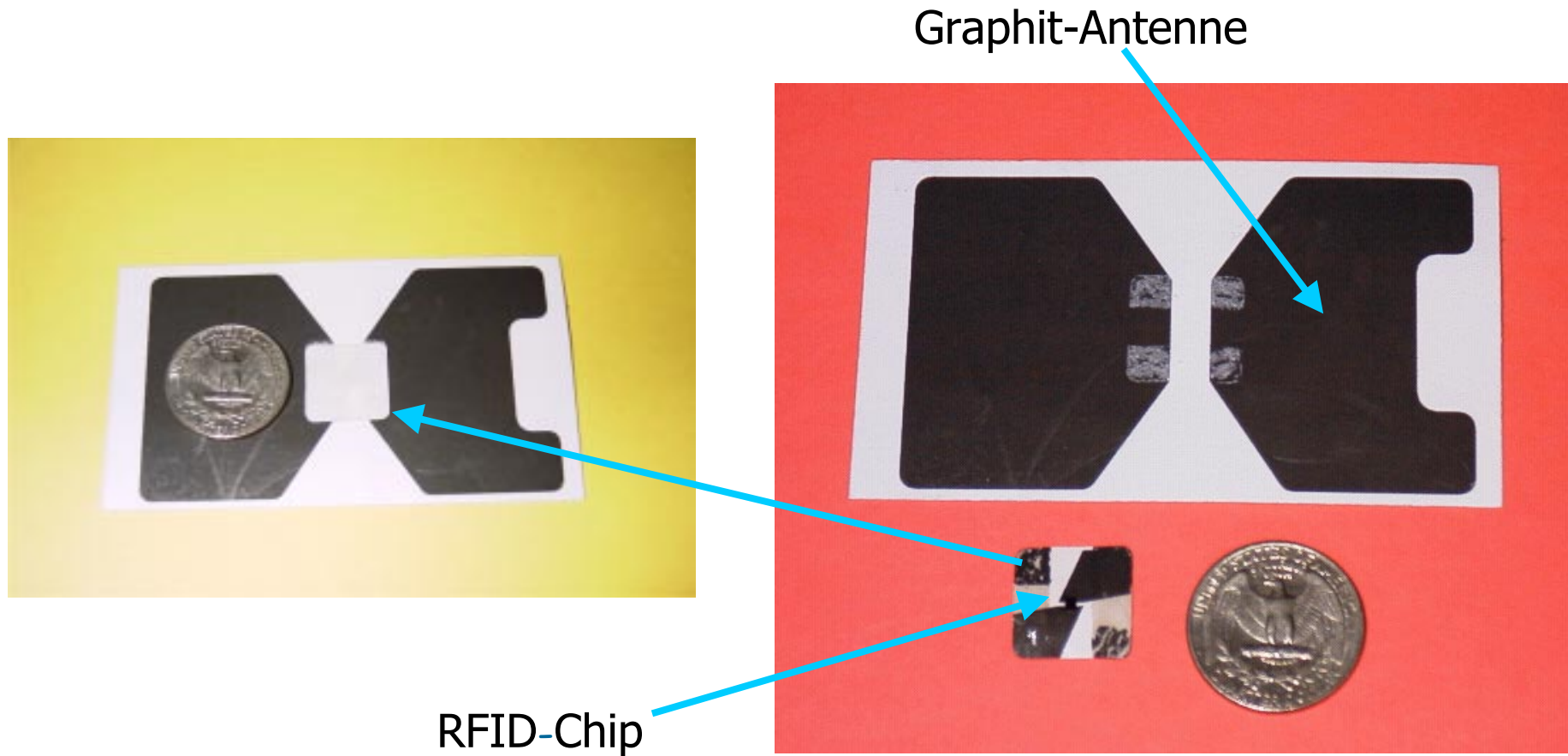


Smart Labels (RFIDs)

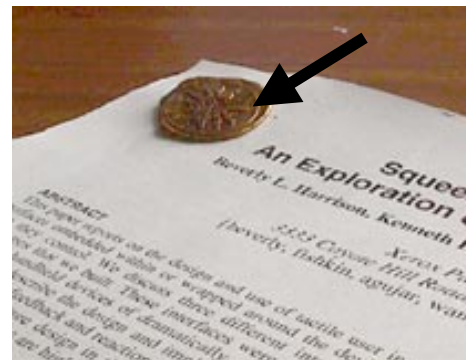
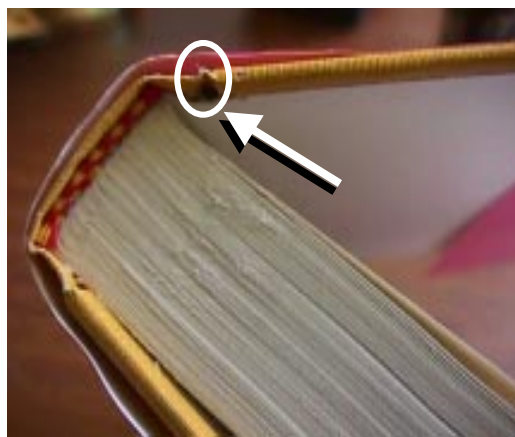
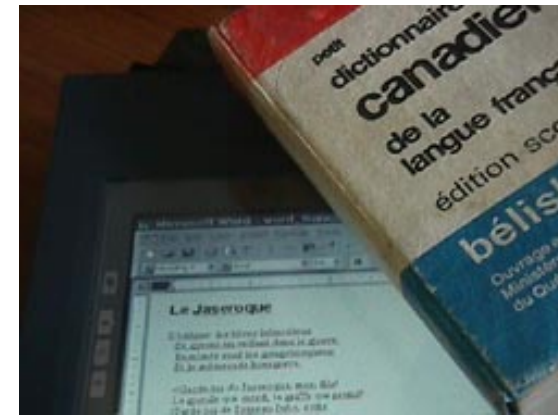
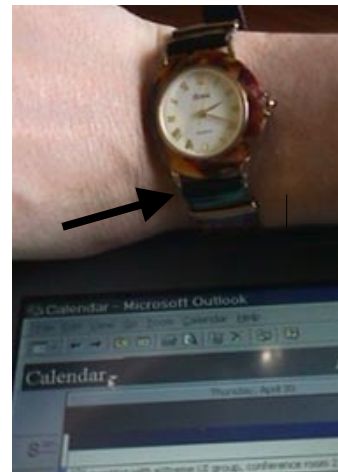
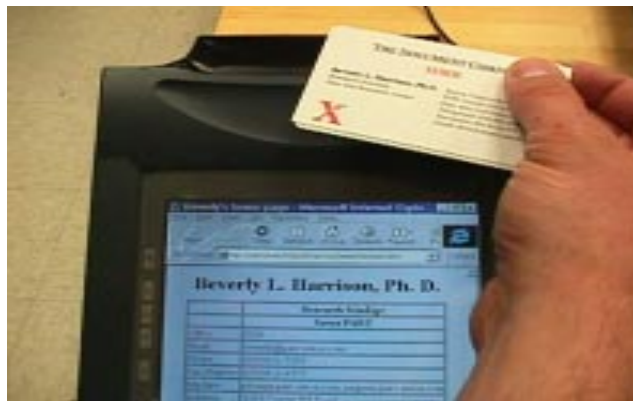
- Neuerdings auch Antikollisions-Protokolle
- Preis ca. 1 \$ (passive Technik ca. 0.1 \$)



Beispiel: Motorola Bistatix



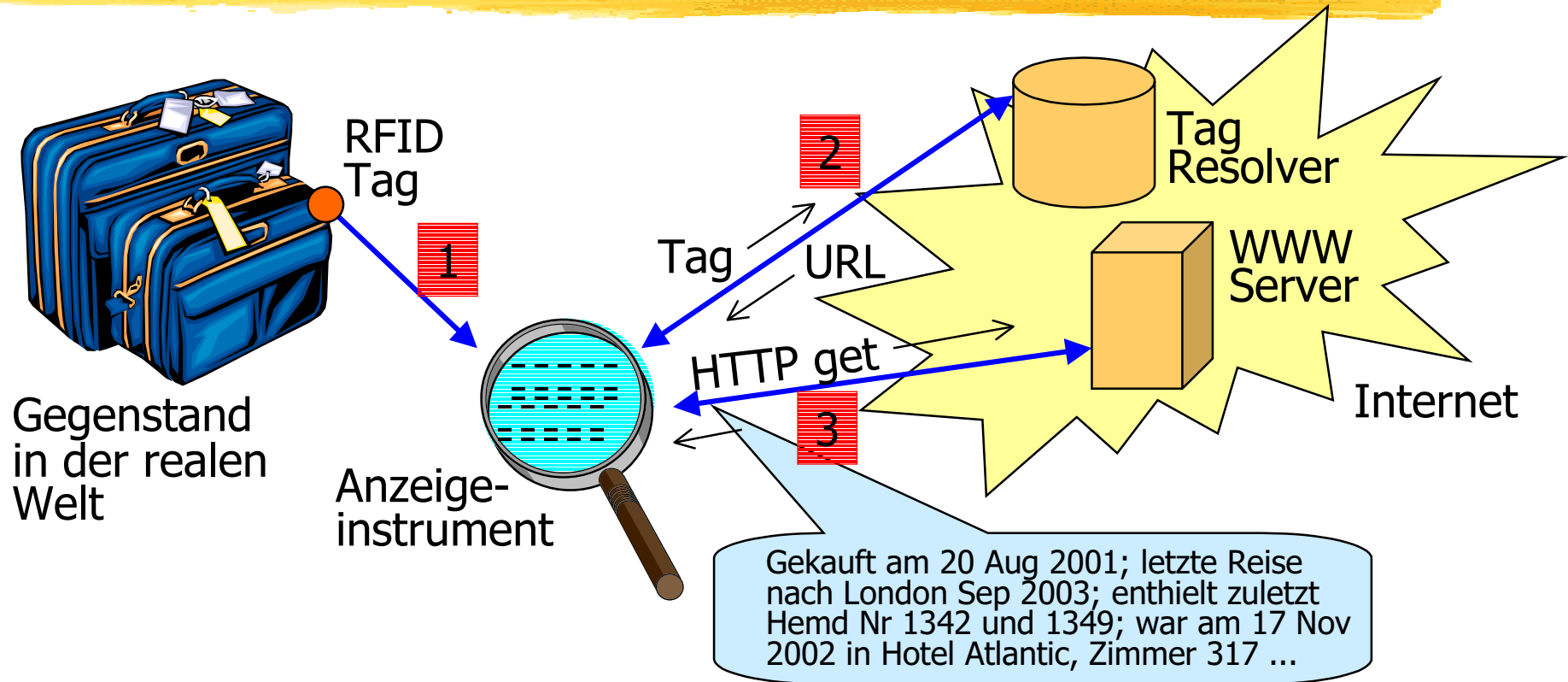
Smart Labels an Alltagsgegenständen



Smart Labels - Anwendungen

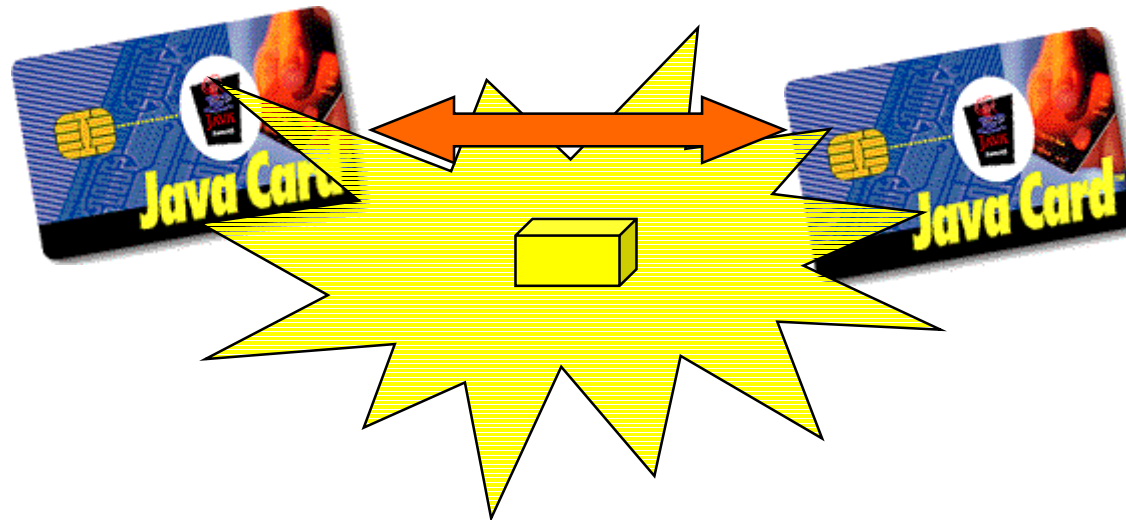
- Klassische **Anwendungsbereiche**:
 - Warenwirtschaft
 - Bibliotheken, Videotheken
 - Ohrclips bei Tieren
 - Gepäckanhänger auf Flughäfen
 - Paket- und Brieftransport
- Hohes Potential bei weltweit einheitlichem **Produktkennzeichnungssystem** (statt Barcode)

Datenschatten von Objekten



- „Tag“ = Index für Internet-URL („Datenschatten“)
 - z.B. Rezept „am“ Fertiggericht für die Mikrowelle
 - „copy by reference“ statt „by value“

Kontaktlose Chipkarten



- Prozessor, Speicher, Java-VM auf einem Chip
- Energiezuführung von aussen analog zu RFIDs
- Daten + mobiler Code (via "Leser")

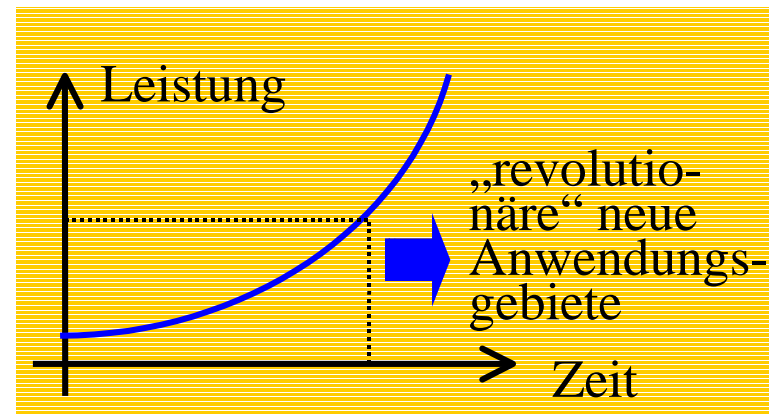
Ubicomp - Anwendungen?

- Verkehr, Mobilität
 - Reiseplanung, Navigation, Verkehrsleitung
 - spontane Netze für Staumeldung, Parkplatzsuche
 - Wegfall von Verkehrszeichen
- Medizin
 - Sensoren zur Gesundheitsüberwachung
- Unterhaltung, Freizeit, Fun
- Büro, Organisation

Wird dies jemals so allgegenwärtig und unaufdringlich wie die Schriftzeichen?

Einfluss von Technik

- Technik beeinflusst und ändert die Welt / die Gesellschaft wesentlich
- **historisch**: Mechanisierung, Elektrizität, Zug und Auto, elektronische Massenmedien
- impliziert also letztlich **ethische** Fragestellungen
- soziale **Adaption** an Auswirkungen braucht Zeit, ist ein **evolutionärer Prozess** (Arbeitsplatz, Lernbereitschaft, Generationenaspekt)



Ubicomp - Konsequenzen und Herausforderungen

- (Technische) Infrastruktur nicht trivial
 - Herausforderung u.a. an die Informatik
- Sicherheit, Vertrauenswürdigkeit, Abhängigkeit
 - technische und gesellschaftliche Aspekte
- Wirtschaftliche, soziale, kulturelle Auswirkungen
 - gefordert: Politik, Gesellschaft, Recht

„We are always very bad at predicting how a given technology will be used and for what reasons“

-- Bran Ferren, Chief Disney Imagineer

Konsequenzen



- Das ganze wird sehr **spannend!**
- **Herausforderungen**
 - für die **Informatik**
 - für die **Gesellschaft** insgesamt

ETH Zürich:

Aufbau eines **UbiComp-Labors**

Ausschreibung einer **Assistenzprofessur**

Ladenburger Diskurs
... und darüber hinaus