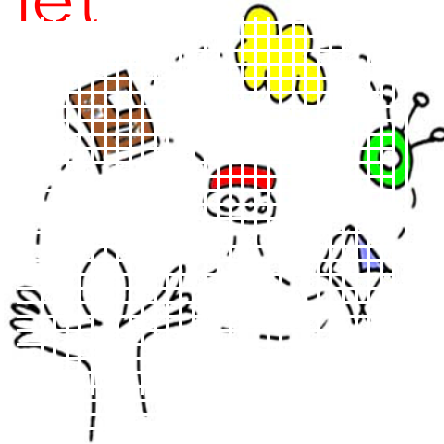
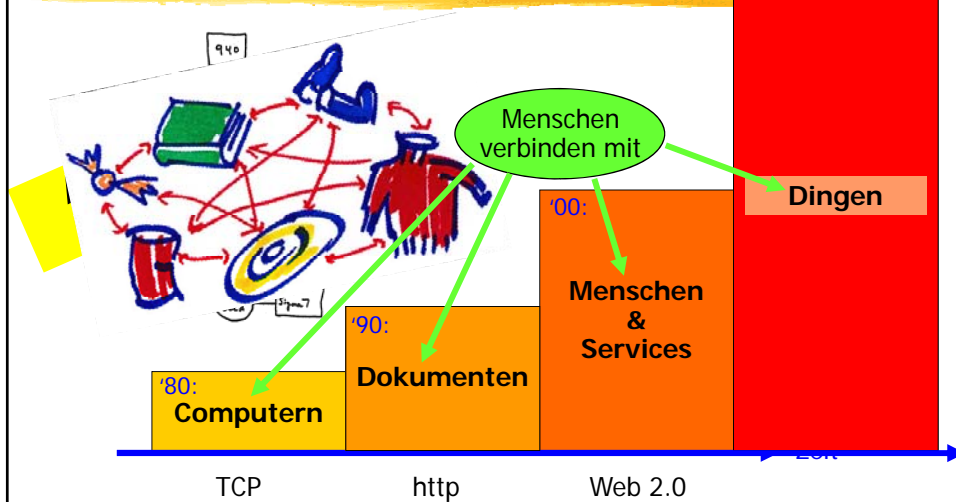


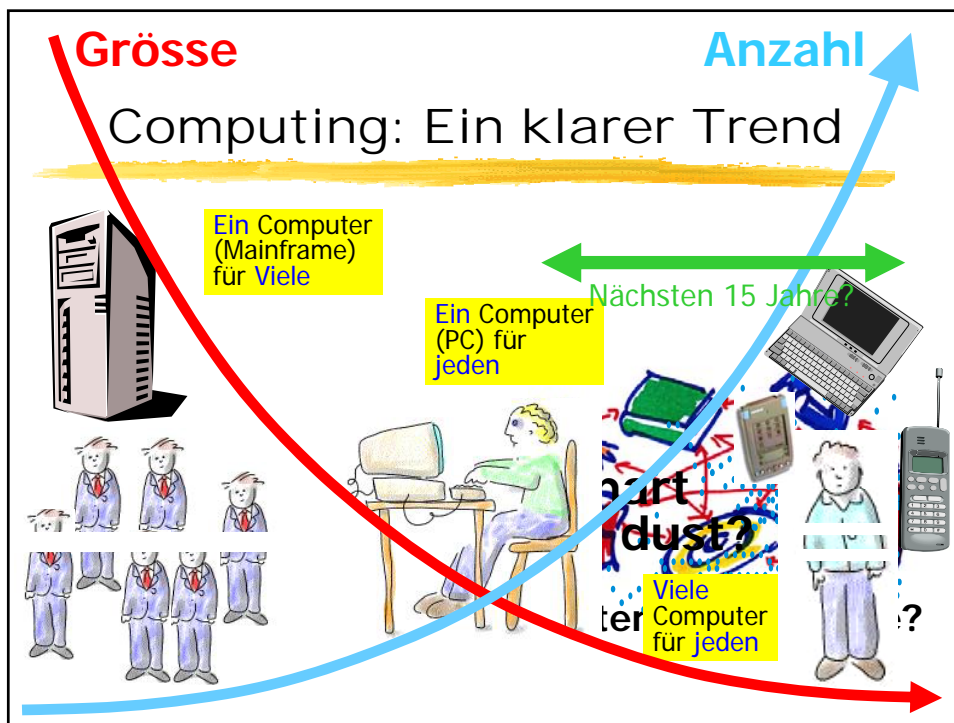
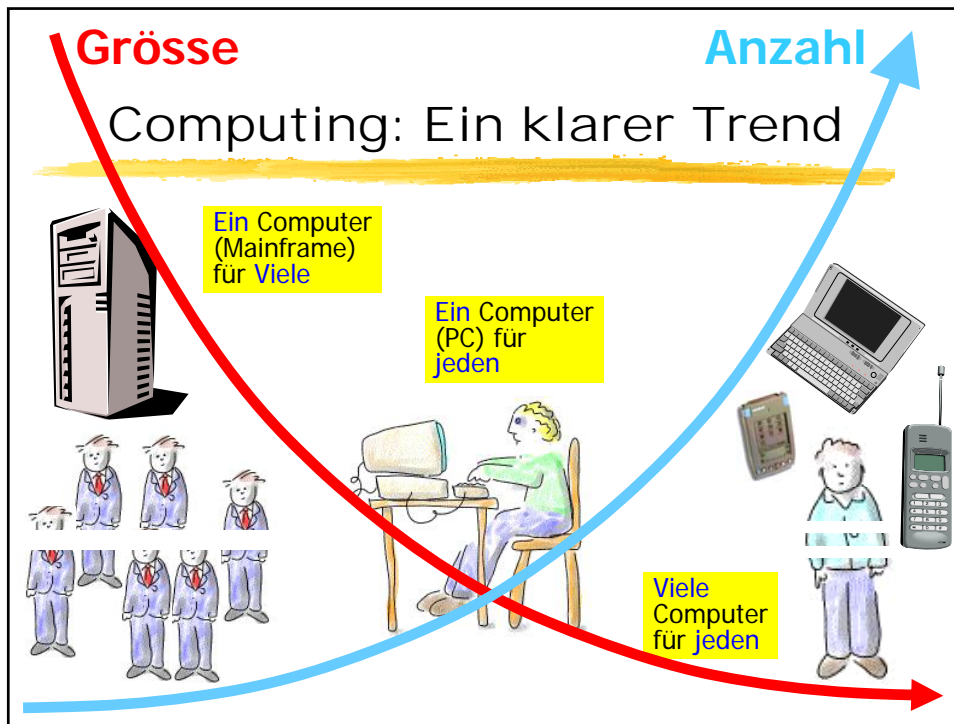
# Zukunftsvision – Das Internet der Dinge

Friedemann  
Mattern  
ETH Zürich



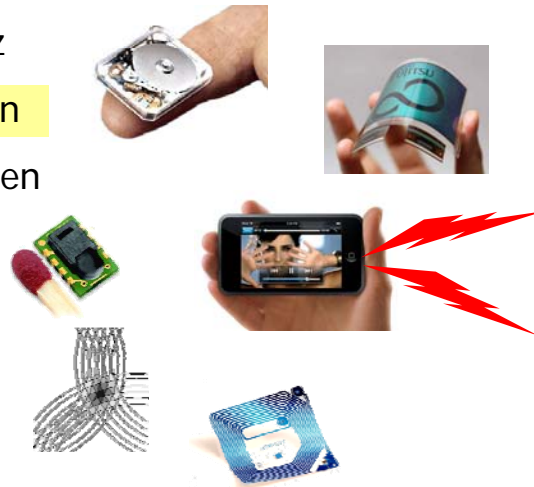
## Das Internet als Netz von:



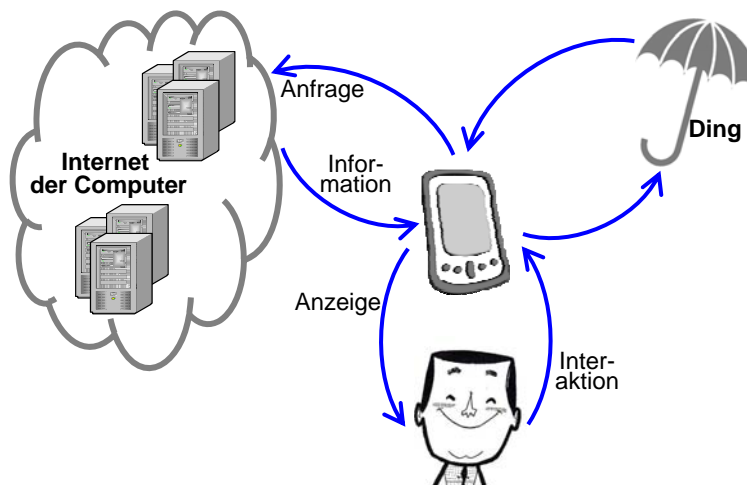


## Dramatische Fortschritte bei wichtigen Technologien

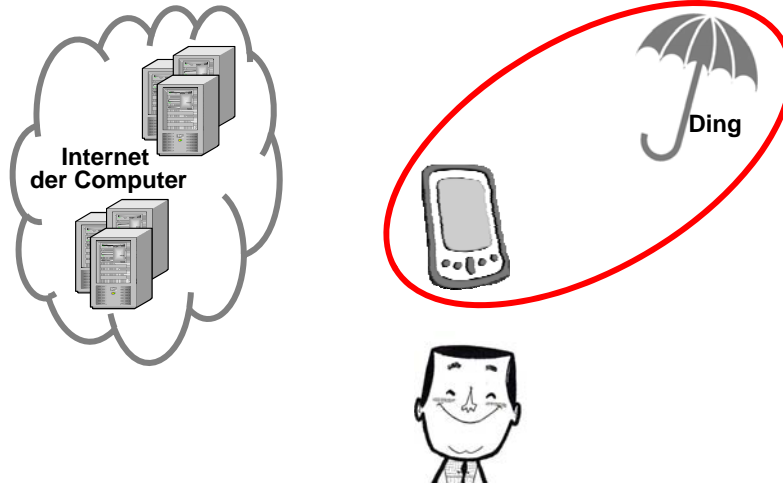
- Moores Gesetz
- **Kommunikation**
- Neue Materialien
- Sensoren
- Lokalisierung
- Identifikation aus der Ferne



## Das Smartphone als Medium



## Das Smartphone als Medium



## Kommunikation durch Berühren



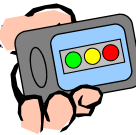
# Kommunikation durch Berühren



Strom [7 Tage]: 5.4 kWh  
CO<sub>2</sub>: 3.1 kg; **Kosten:** 1.25 EUR

## Intuitive Interaktion

- Zugriff auf Information und Services durch „Berühren“



# Kommunikation durch Berühren



- *Unidirektional* auch: optische Strichcodeerkennung
- Oder: Lokalisierung

Strom [7 Tage]: 5.4 kWh  
CO<sub>2</sub>: 3.1 kg; **Kosten:** 1.25 EUR

ID-Nummer:  
124.38.72.441

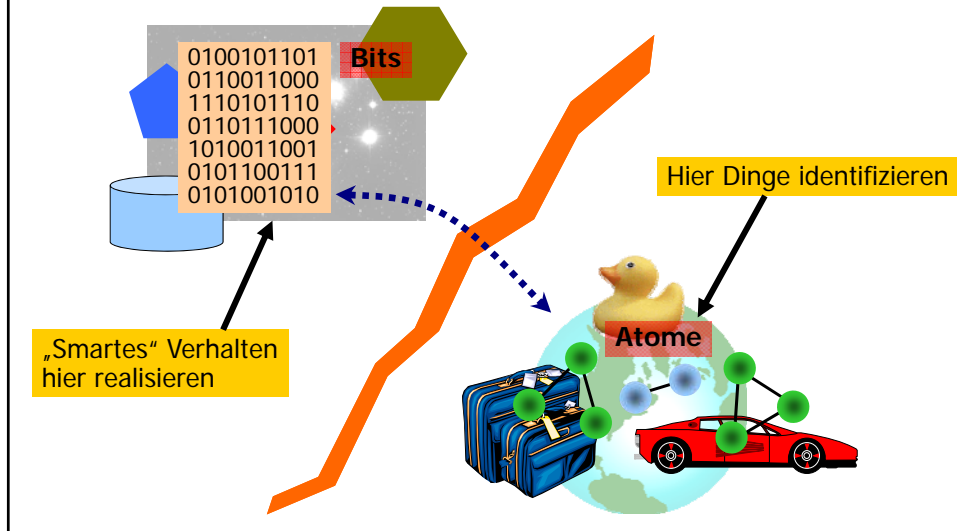
ID-Nummer:  
124.38.72.441

## Intuitive Interaktion

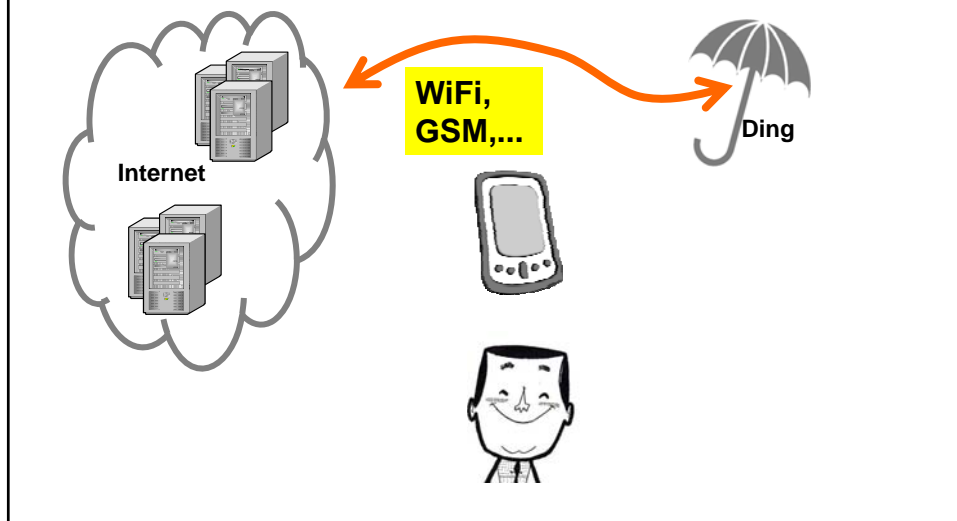
- Zugriff auf Information und Services durch „Berühren“



## Von den Atomen zu den Bits



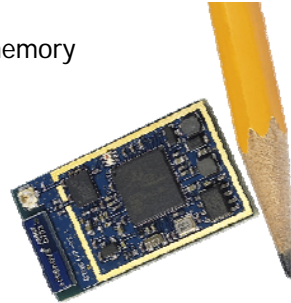
## Direkte Internetkonnektivität von Dingen



# Low Power WiFi Systems

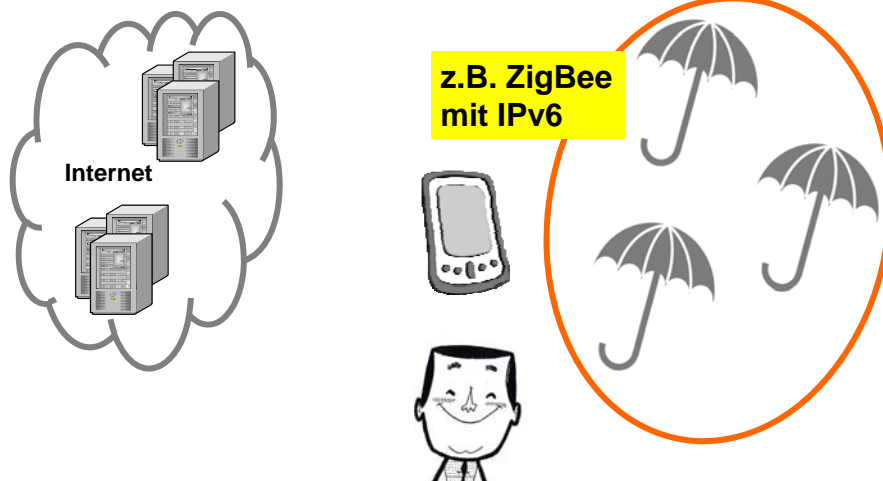
Example: [G2M5477](#)

- 44 MHz **processor**
  - application programs stored in flash memory
  - 128 kB RAM, 512 kB ROM, 1 MB flash
- **Wi-Fi** (4 Mbit/s, ad-hoc mode)
  - wake up and join a secure network (WPA2): < 35 ms
- **TCP/IP stack** installed in ROM
- **Low power**
  - 4  $\mu$ A sleep mode (wake-up: sensor input or time)
  - 40 mA receive data, 210 mA transmit data
- **Small** form factor (38 x 20 x 2.5 mm), **\$12** in volume



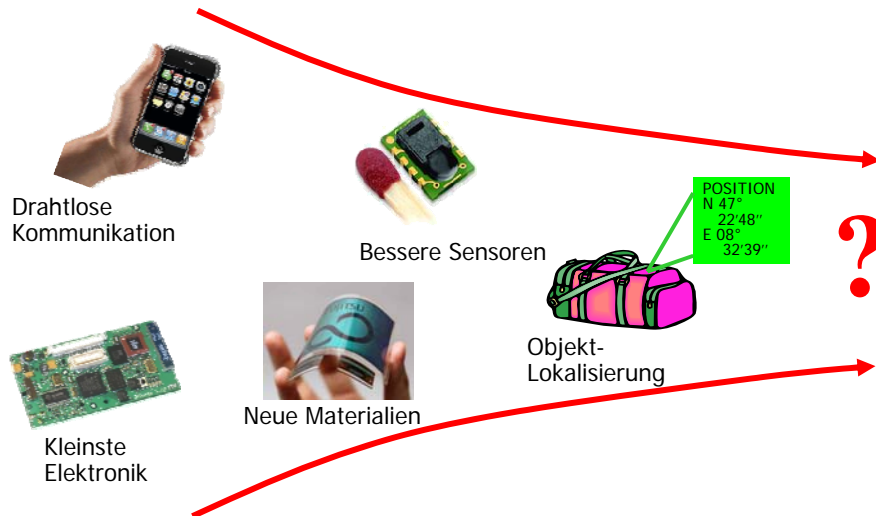
F.Ma. 160

# Direkte Low-Power-Kommunikation unter Dingen



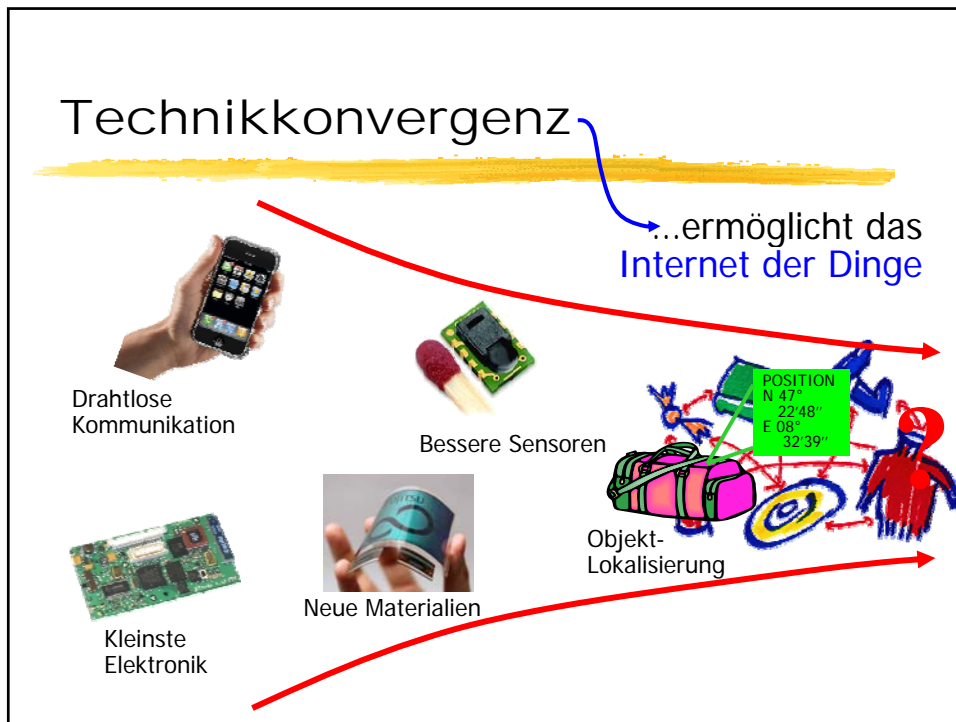
# Zum Internet der Dinge (und weiter)

## Technikkonvergenz



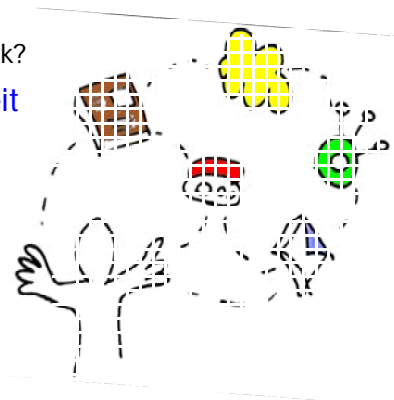


# Technikkonvergenz



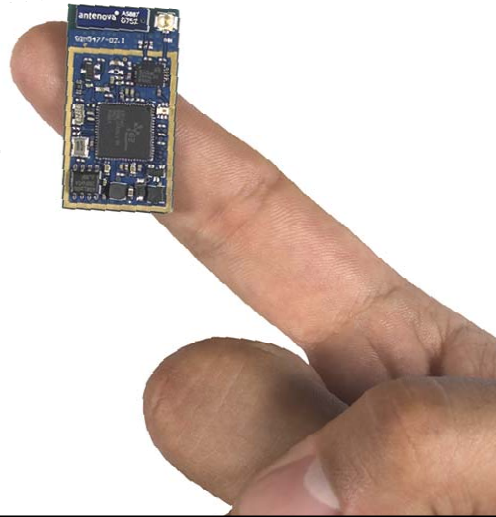
# Internet der Dinge – Technische Herausforderungen

- **Kommunikation**
  - eingebetteter Funk-IPv6-http-Stack?
- **Interoperabilität, Skalierbarkeit**
- **Energieversorgung**
- „Arrive and operate“
- **Softwarekomplexität**
- **Sicherheit und Zuverlässigkeit**
- ...



Ein Lichtschalter mit  
einem HTTP-Server?

Eine Glühbirne, die  
"http POST" versteht?



Instrumentieren der Geräte



# „Physical Mashup“

POST <http://lightswitch1.xy.com/callback>  
"http://plogg1.xy.com/power"

2) Geräte konfigurieren:  
Wer hört auf wen?



<http://lightswitch1.xy.com/callback>

<http://plogg1.xy.com/power>

1) Geräte benennen (URLs)

# Allerweltsdinge an das Web anschließen?

## Das Web[2.0]- Zeitalter



# Allerweltdinge an das Web anschließen?

## Das Web[2.0]-Zeitalter

Ein flexibles, mächtiges, allgemein verfügbares „Ökosystem“

→ Für die **smarten Dinge** nutzbar machen!

Soziale Netze

Web APIs für Services

Web-Sprachen / -Frameworks

Universelle Browser

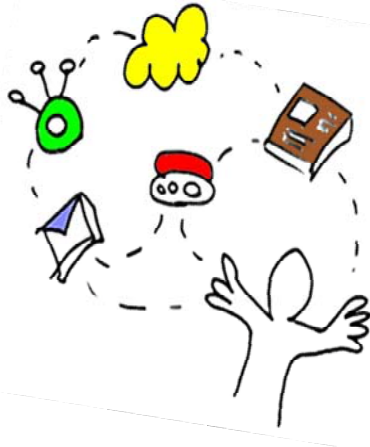
Neue Interaktionsgeräte

# Allerweltdinge an das Web anschließen?

- **Dinge** vor Ort **nutzen Web-Dienste**
  - zur Interpretation ihres Kontextes
  - machen Nutzer schlau und mächtig
- **Web-Dienste** erhalten **Realwelt-Daten** in Realzeit
  - Dienste werden schlau und mächtig
  - machen Firmen schlau und mächtig



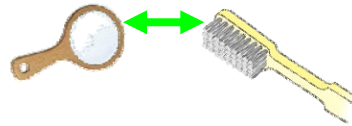
## Web Das ~~Internet~~ der Dinge



- **Physische Dinge** durch Web-Ressourcen repräsentieren
  - einfache Integration in die moderne ICT-Infrastruktur
- **Kommunikation mit Dingen** via URLs:
  - <http://myhome.com/fridge/temp>
- Ein Netz von Dingen, basierend auf allgemeinen **Web-Standards**
  - http- / REST-Prinzip
  - HTML, JSON, XML

Kooperierende  
Smarte  
Dinge

## Kooperierende smarte Dinge?



## Kooperierende smarte Dinge?

Wenn die **Zahnbürste** mit dem **Spiegel** im Bad kommuniziert...



image source: Philips

# Smarte Energie



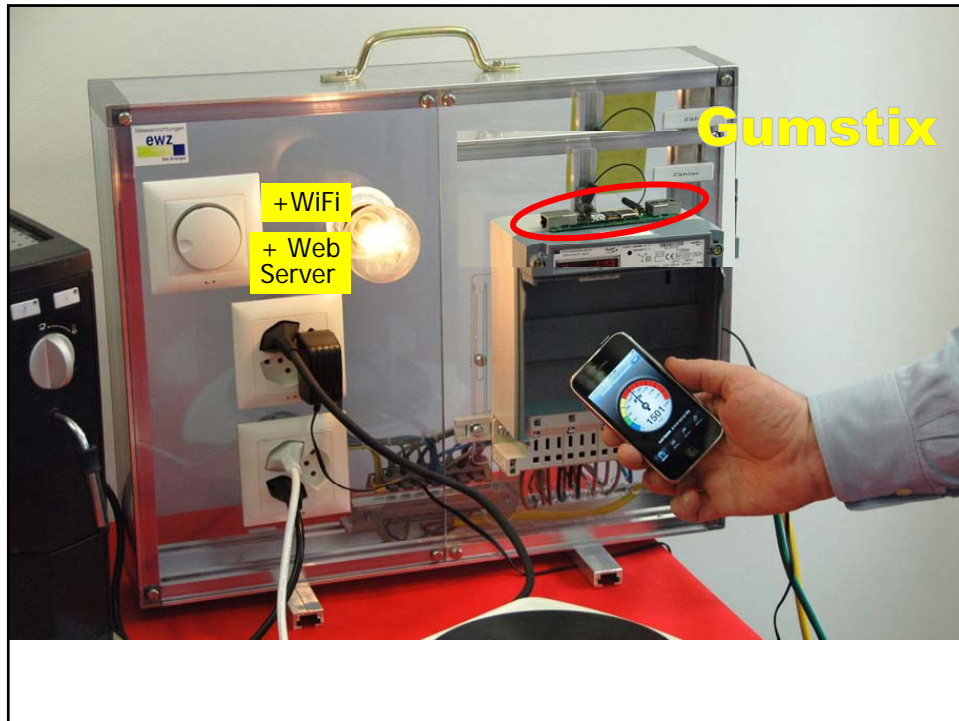
# Smarte Energie



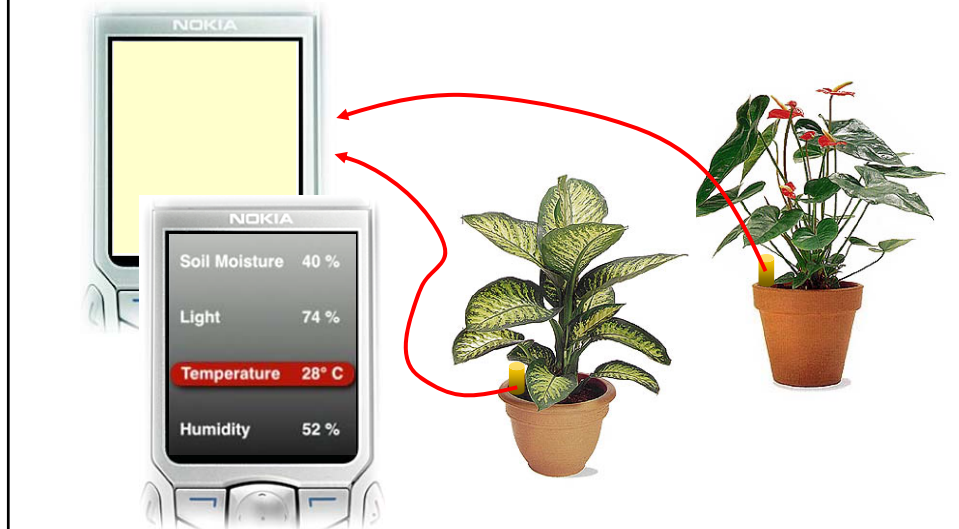
# Smarte Energie







## Affektive Kommunikation mit Zimmerpflanzen



# Anwendungsbereiche

Mehrwert durch kooperierende Objekte

---

- Digital erweiterte Produkte
- Neue Produkte
- Neue Dienstleistungen



## Beispiel: Erweitertes Produkt

Ihre Kamera wird WIRELESS



- ✓ Wi-Fi-fähige SDHC-Karte
- ✓ Die einfachste Art, Bilder zu speichern und weiterzugeben
- ✓ Automatische kabellose Übertragung

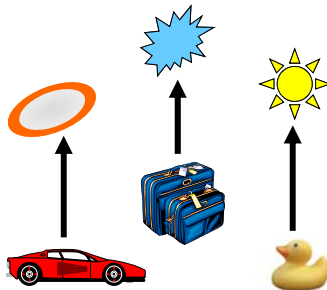
In die Kamera einstecken → Fotos und Videos aufnehmen → Per WLAN-Router hochladen



## Hybride Produkte

Ding in der Realität  
+ digitaler Mehrwert

- Produkteigenschaften
- assoziierte Dienste



## Beispiel: Wartungsanleitung für Endkunden

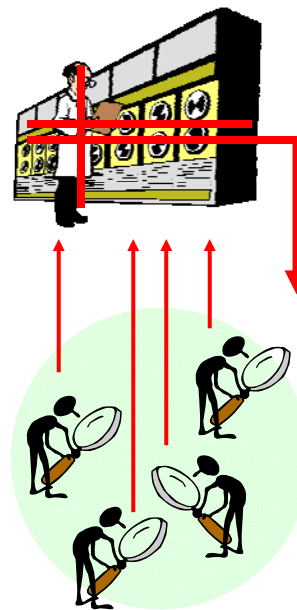


- Mehrwert für Kunden
- Service schwer nachzumachen, höherwertiges Produkt

## "Real-World Awareness"

Realwelt-Daten werden billig

- feingranulareres Messen
- bessere Entscheidungen durch detaillierte Realwelt-Daten
- sofortige automatische Reaktion



## Remote Monitoring of Gas Tanks



### When do costumers need more gas?

Low visibility in the final supply chain stage:

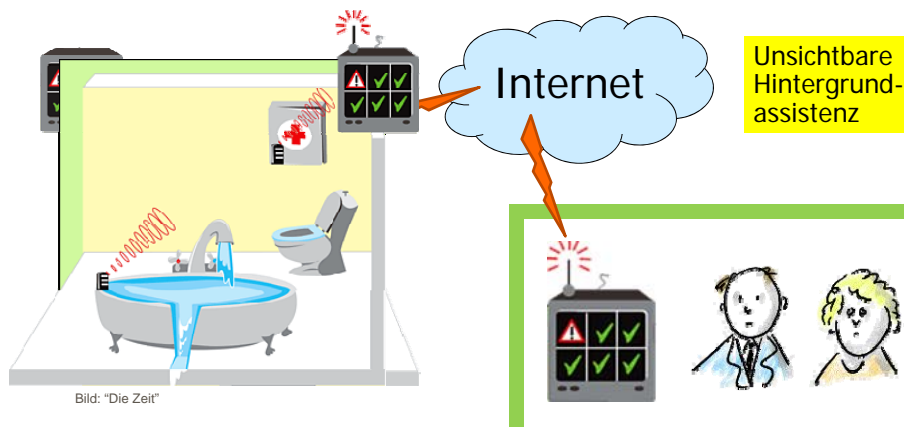
- Trucks may return from the day's rounds half full or be empty by mid-day
- Costumers have last minute panics "I've run out of gas!"

Solution that tells supplier **what is in the costumers tank?**

Source: BP

## Sensorbasiertes Monitoring von Seniorenwohnungen?

- Längere Zeit ein selbstbestimmtes Leben führen



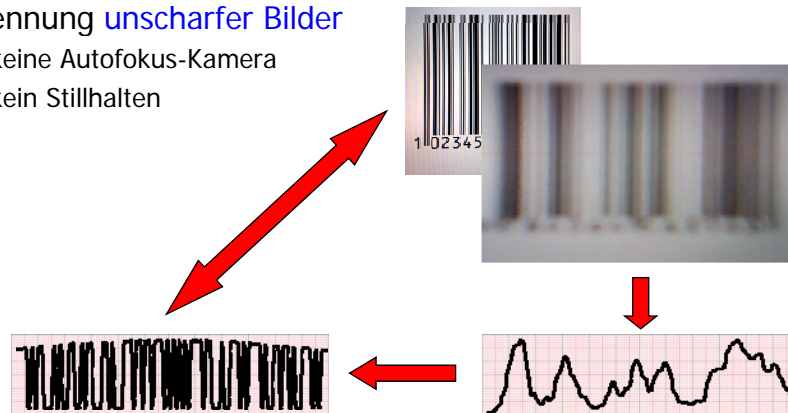
# Political Shopping?

## Swiss product finder



# Die Herausforderung

- Erkennung **unscharfer Bilder**
  - keine Autofokus-Kamera
  - kein Stillhalten

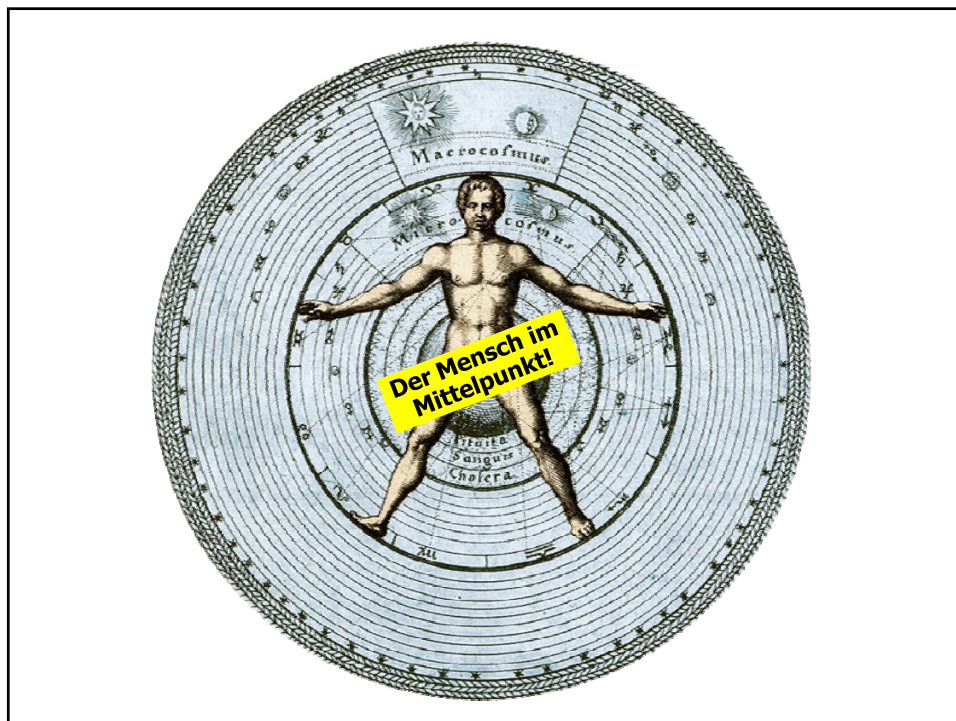


## Und noch viel mehr....

- **Autoreifen** meldet sich, wenn der Luftdruck abnimmt
- **Heizung** weiss, ob Bewohner auf dem Heimweg sind
- **Kühlschrank**
  - macht Rezeptvorschläge
  - empfiehlt Sonderangebote des Supermarktes
- ... ?



- Was davon werden wir haben wollen?



# Erweiterte Realität

## Smarte Brillen



Brille mit kleinem Laser und Spiegel projiziert ein Bild direkt auf die Retina



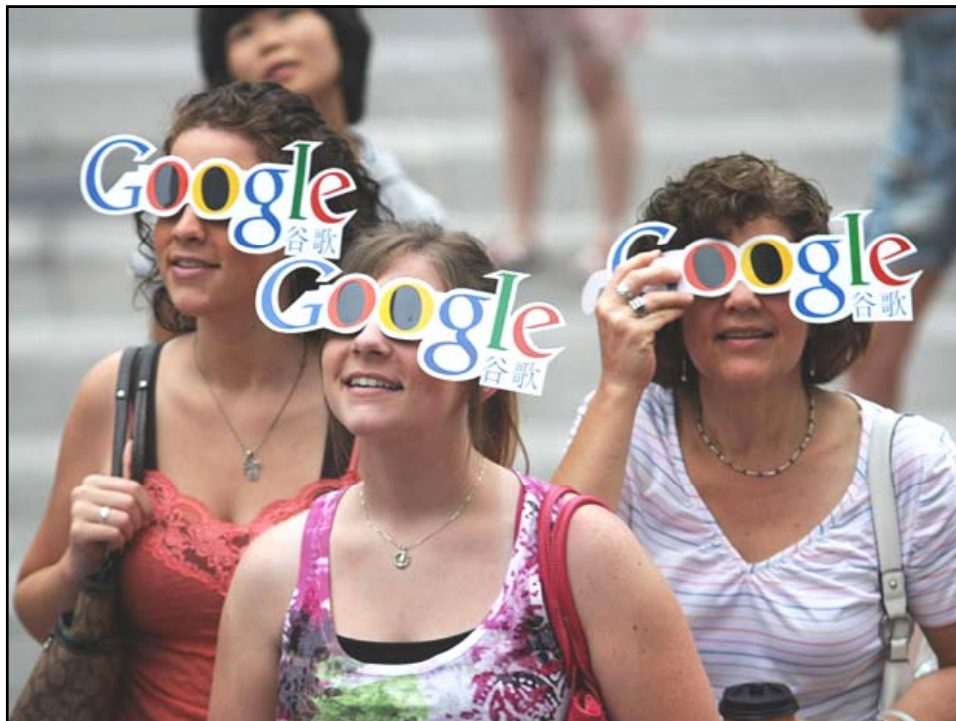
## Smarte Brillen

You could wear a pair of glasses with a small amount of **face recognition** built-in, look at a **person**, and his **name** would pop up in a balloon above his head. You could know instantly who the person is, even if you don't immediately recognize him. I look at my **tree**, and a little balloon pops up saying, "**Water me**," I look at my **dog**, it says, "**Take me out**," or I look at my **wife**, it says, "Don't forget my **birthday!**"

M. Satyanarayanan (CMU)



Brille mit kleinem Laser und Spiegel projiziert ein Bild direkt auf die Retina



## Heute: Brille mit Display

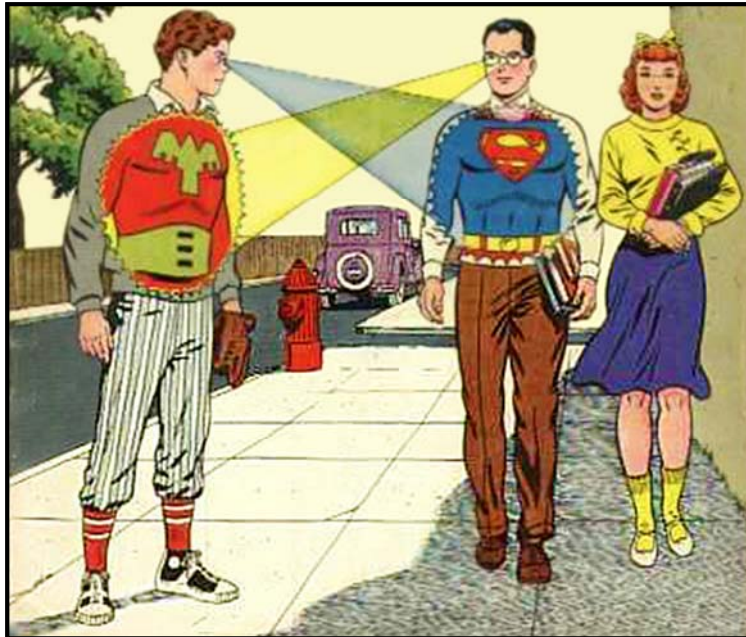


## Morgen: Laser-Projektionsbrille?



# Bald Displays als aktive Kontaktlinsen?

Internet



# „Erweiterte Realität“ – Das Navi-System der Zukunft



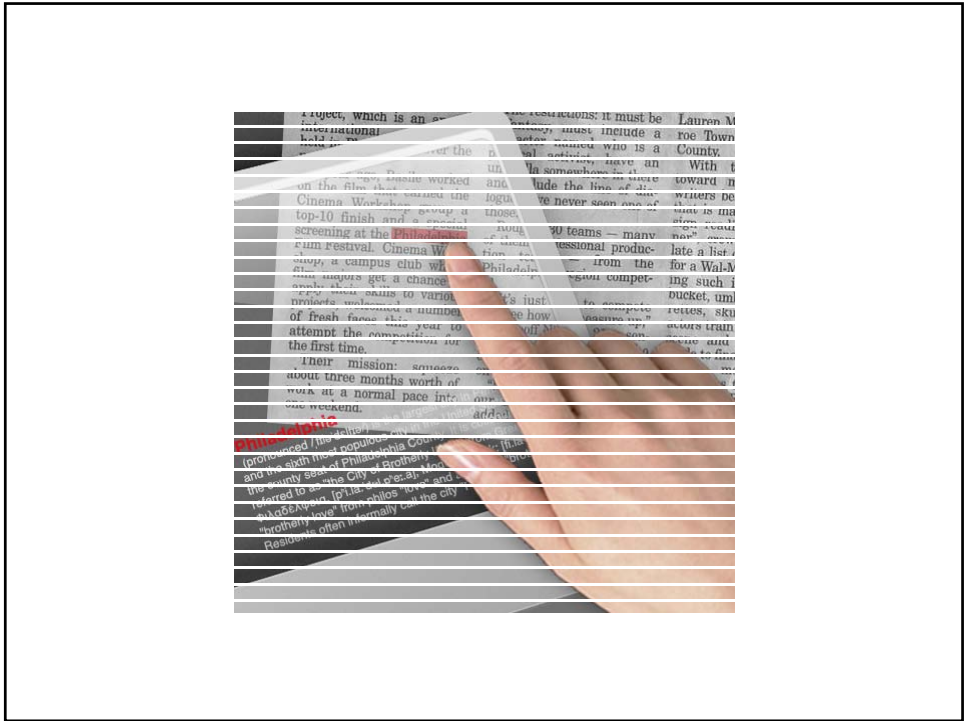
Materialisierte  
sich so:

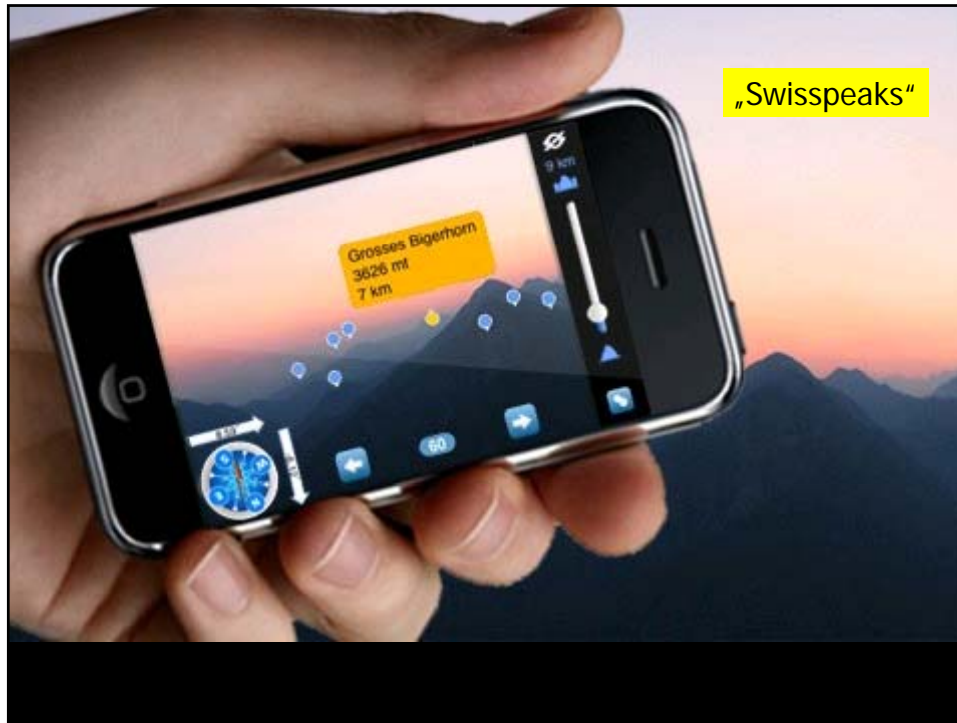


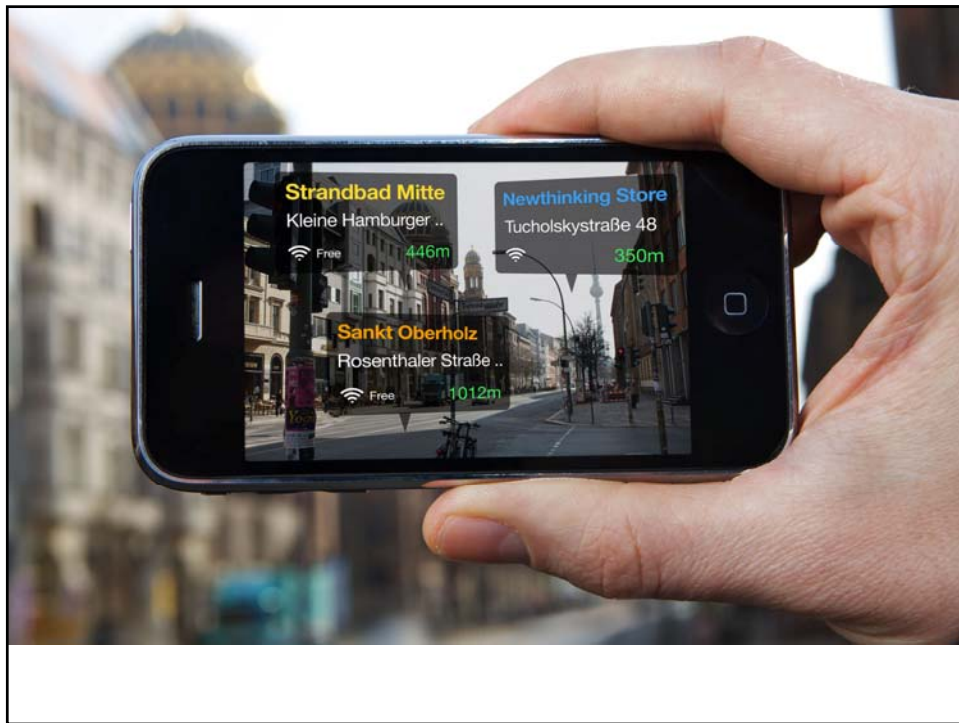


Mac Funamizu  
(Japanese designer)











## „Mashup“: Reanimation der Mauer

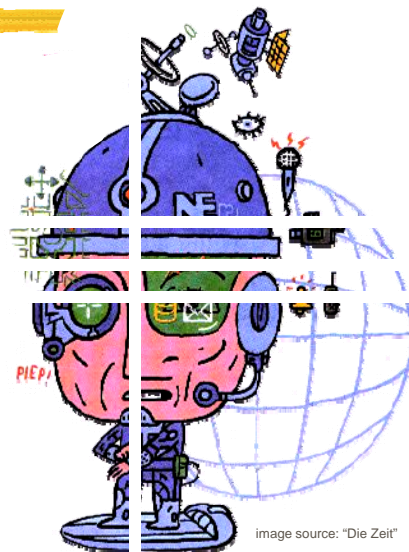


Entwickelt von „Hoppala“ und „Superimpose“

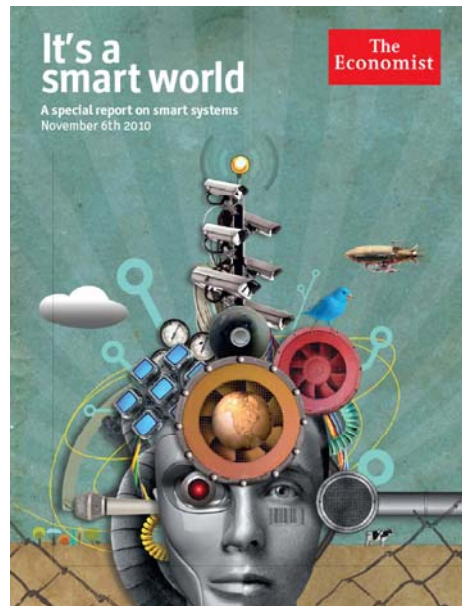
## Erweiterte Realität und persönliche IKT „ermächtigen“ Menschen

- Erweiterung der Wahrnehmungsmöglichkeit der Umgebung
- Schärfen der Sinne
- Macht Nutzer sicherer

Dies sind wichtige  
Triebkräfte!



# Fazit

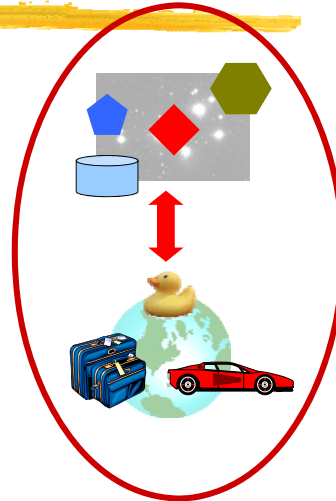


## Physische Welt und Cyberspace wachsen zusammen

⚠ Sensorik: Physische Realität wird dem Internet bekannt gegeben

⚠ Eingebettete Systeme: Information wird in die physische Realität eingebettet

Cyber-Physical System

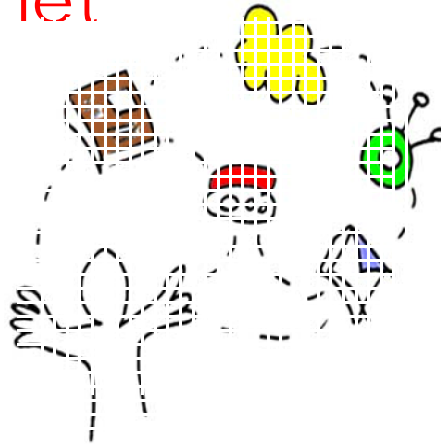


Das Internet vernetzt nur Computer  
→ jetzt die Dinge der Welt vernetzen!



# Zukunftsvision – Das Internet der Dinge

Friedemann  
Mattern  
ETH Zürich



ETH Eidgenössische  
Technische Hochschule  
Zürich

Friedemann Mattern

München 11 / 2010

## Zum Weiterlesen (→ via Homepage)

### Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge

Friedemann Mattern, Christian Flörkemeier  
ETH Zürich

*Es wird in wenigen Jahrzehnten kaum mehr Industrieprodukte  
geben, in welche die Computer nicht integriert sind.*  
Karl Steinbock, 1966

Das Internet der Dinge  
steht für eine Vision, in  
der das Internet in die  
reale Welt hinein ver-  
längert wird und viele  
Alltagsgegenstände ein  
Teil des Internets wer-  
den. Dinge können da-  
durch mit Information  
versehen werden oder  
als physische Zugangs-  
punkte zu Internet-  
services dienen, womit  
sich weitreichende und  
bis dato ungeahnte  
Möglichkeiten aufen.

#### Die Vision

Die Vision vom Internet der Dinge beruht auf der Extrapolation des anhaltenden und uns fast zur Selbstverständlichkeit gewordenen Fortschritts von Mikroelektronik, Kommunikationstechnik und Informationstechnologie. Indem aufgrund ihrer abnehmenden Größe und ihres ständig zurückgehenden Preises und Energiebedarfs immer mehr Prozessoren, Kommunikationsmodule und andere Elektronikkomponenten in Gegenstände des täglichen Gebrauchs integriert werden, dringt Informationsverarbeitung, gekoppelt mit Kommunikationsfähigkeit, fast überall ein, sogar in Dinge, die zumindest auf den ersten Blick keine elektronischen Gebräute darstellen. Damit rückt die bereits Anfang der 1990er-Jahre von Mark Weiser mit „Ubiquitous Computing“ [33] bezeichnete Vorstellung einer umfassenden Informatisierung und Vernetzung der Welt und ihrer vielen Gegenstände in greifbare Nähe. Diese schleichende aber auchdrückliche Entwicklung eröffnet große Chancen für Wirtschaft und Privatleben, birgt jedoch auch Risiken und stellt zweifellos eine gewaltige technische und gesellschaftliche Herausforderung dar.

Friedemann Mattern

### Allgegenwärtige Datenverarbeitung – Trends, Visionen, Auswirkungen

#### Zusammenfassung

Der stete Fortschritt der Mikroelektronik, Kommunikationstechnik und Informationstechnologie hält weiter an. Damit rückt auch die Vision einer umfassenden „Informatisierung“ und Vernetzung der Welt und ihrer vielen Gegenstände immer näher, eine Entwicklung, die mit *Ubiquitous Computing*, *Pervasive Computing*, oder *ambient intelligence* bezeichnet wird – Begriffe, die schon vor einigen Jahren entstanden, aber erst in jüngerer Zeit zunehmend in das Bewusstsein der Öffentlichkeit dringen [LAM03]. Funknetze auf RFID-Basis, multimedialfähige Handys und Chips in Kreditkarten und Ausweiskarten sind dabei nur die ersten Vorboten – denn nicht nur Mikroprozessoren und Speicherbausteine werden laufend leistungsfähiger, kleiner und preiswerter, sondern bald lassen sich auch drahtlos miteinander kommunizierende Sensoren, die ihre Umgebung erfassen, sehr billig in miniaturisierter Form herstellen und millionenfach in die Umwelt einbringen oder ausstreuen in Gegenstände einbauen. Zusammen mit neuen Technologien zur Ortserkennung bekommen so gewöhnliche Dinge eine noch nie da gewesene Qualität – diese können dann wissen, wo sie sich gerade befinden, welche anderen Gegenstände oder Personen in der Nähe sind und was in der Vergangenheit mit ihnen geschah. Aus ihrem Kontext können sie vielleicht sogar einfache Schlüsse über die Situation, in der sie sich befinden, ableiten. Langfristig entsteht so ein „Internet der Dinge“, das nachhaltige Auswirkungen auf viele Wirtschaftsprozesse und Lebensbereiche haben dürfte.

Der vorliegende Beitrag geht auf drei Aspekte ein. Im ersten Teil werden wesentliche *Technologierendite* skizziert, die hinsichtlich einer von Informationstechnologie durchdrungenen Welt von Bedeutung sind. In einem zweiten Teil werden einige darauf beruhende *Zukunftsvisionen* diskutiert. Schließlich wird im dritten Teil der Frage nachgegangen, welche *Konsequenzen* diese Entwicklung in der Zukunft haben könnte: Wie ist der Mensch davon betroffen? Kommt hier vielleicht etwas auf uns zu, das zentrale Kategorien unserer Sicht der Welt und unseres Daseins betrifft?

# Literatur

