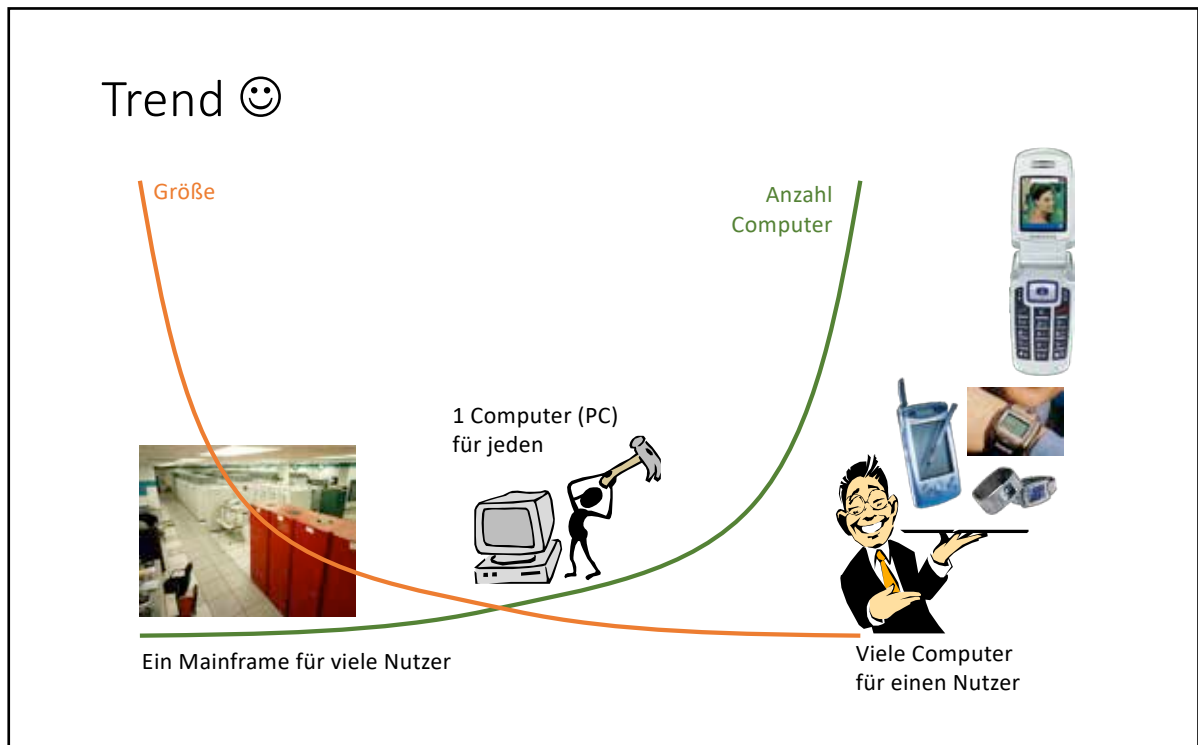


## 3. Internet of Things

2

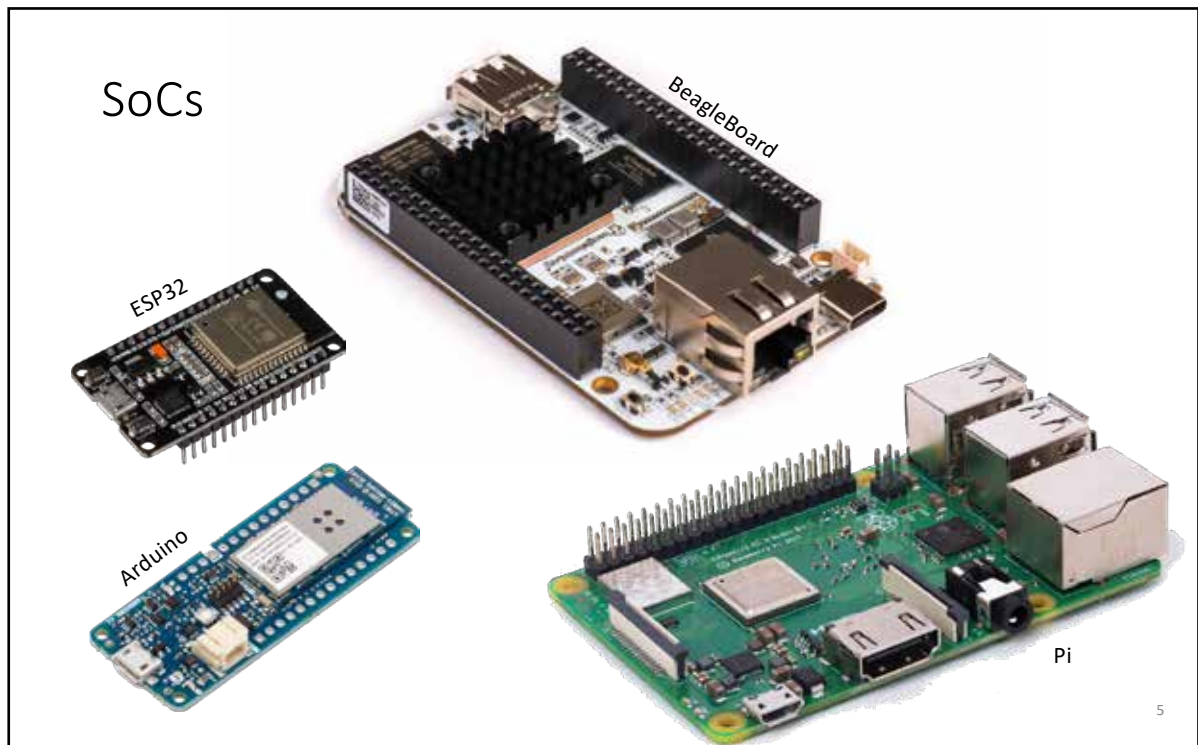
## Trend ☺



## Size matters ...

- Tragbare Computer ...
- Notebooks
- Sub Notebooks
- Personal digital assistant (PDA)
- „Appliances“
  - Single Purpose + communication
  - Smart phone
- „Smart Dust“





## Was machen wir damit?

- Bastelarbeiten
  - Amateure, Kinder, ...
  - Profis, Wissenschaftler, ...
- Computer stecken in Alltagsgegenständen
  - Internet der Dinge
- Computer werden unsichtbar
  - Ubiquitous Computing
- Minimale Schnittstellen
  - Context Awareness

6

# Die Lawine rollt

7



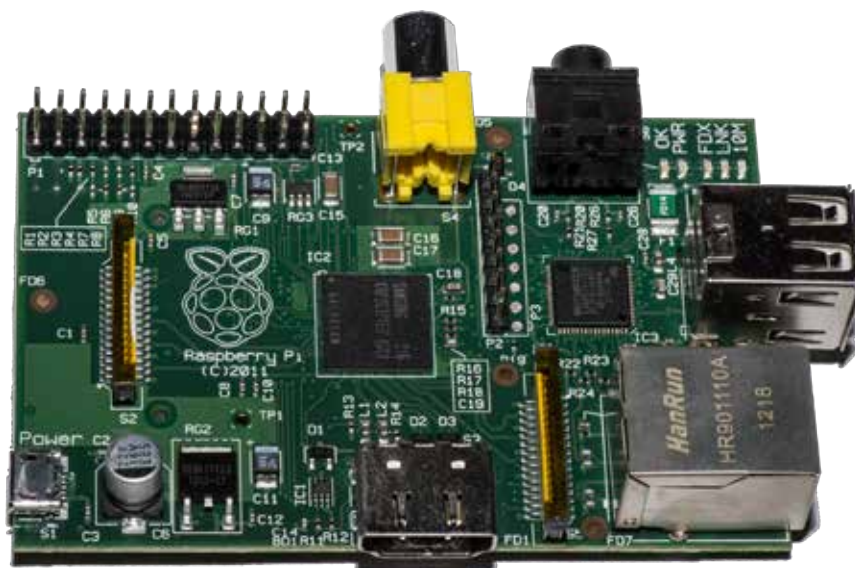


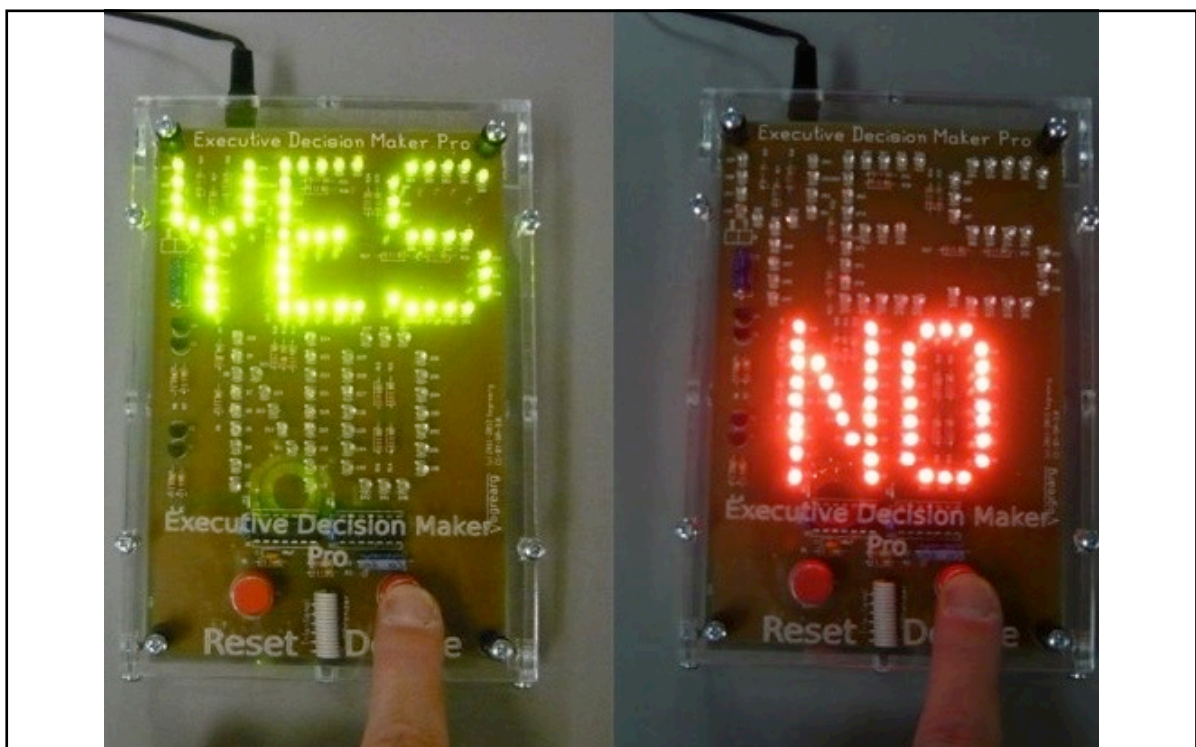
***Warum?***

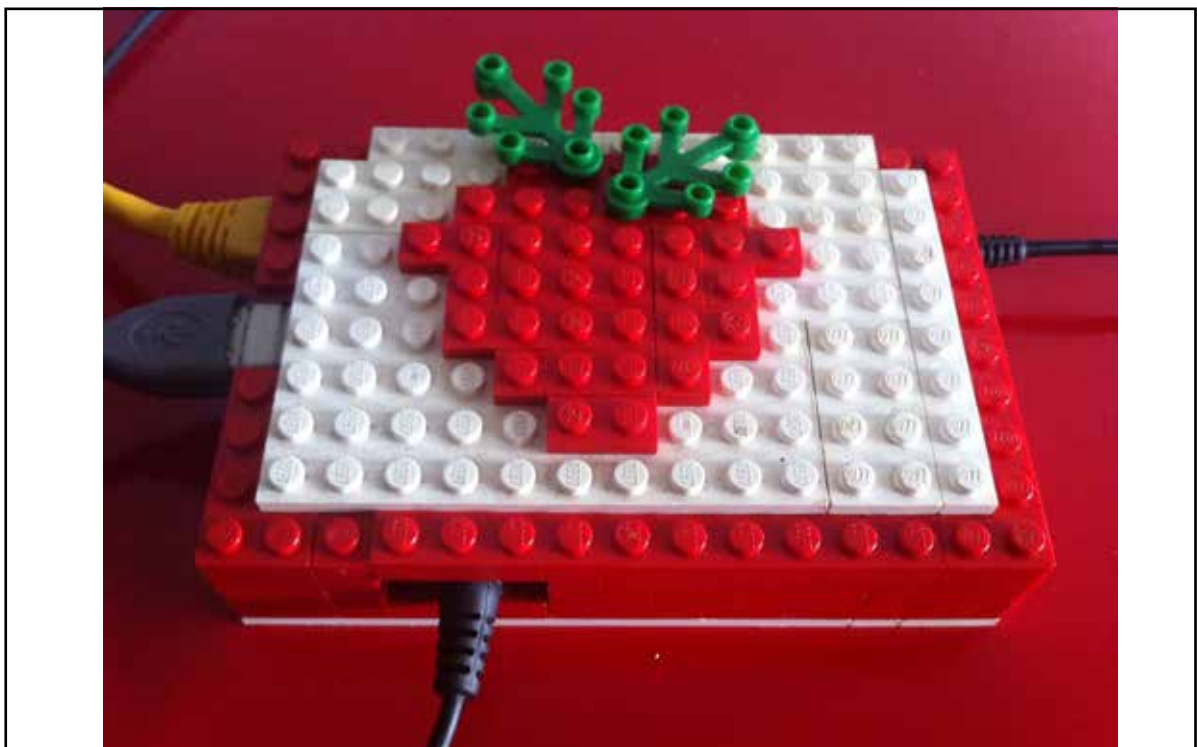


*Programmierbare  
Hardware ist sexy!*

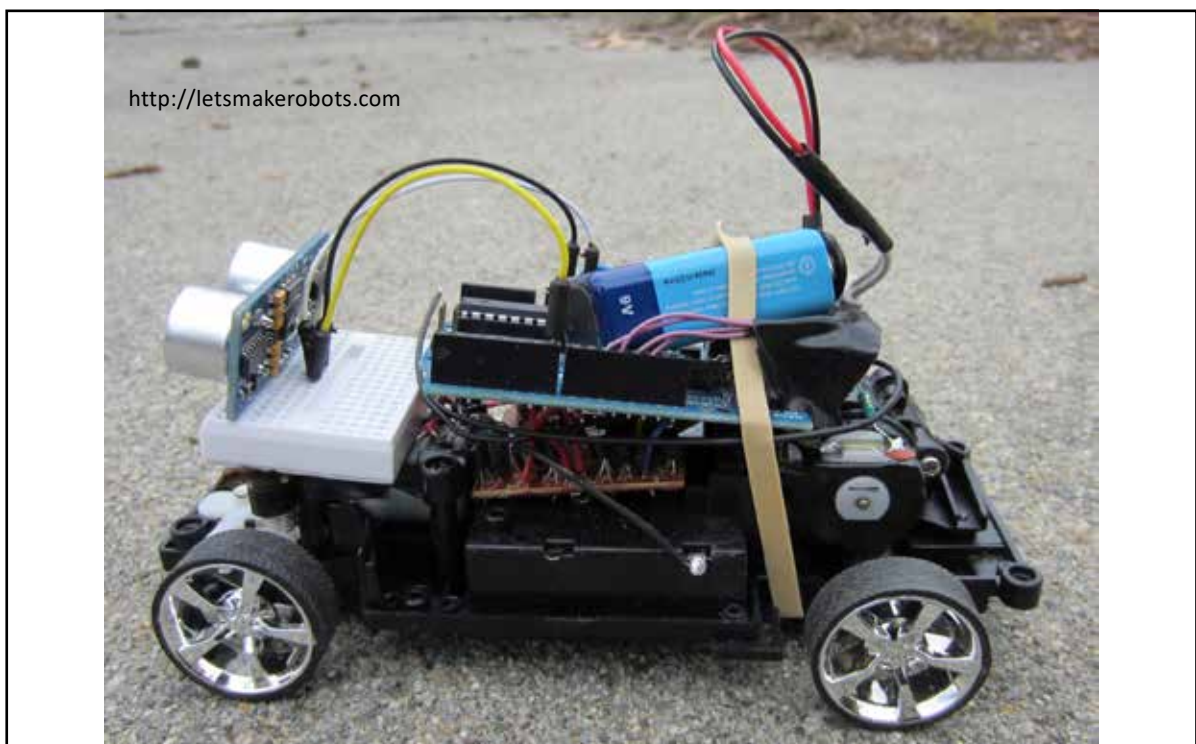
*„Informatiker-Sexy“*











## Supercomputer

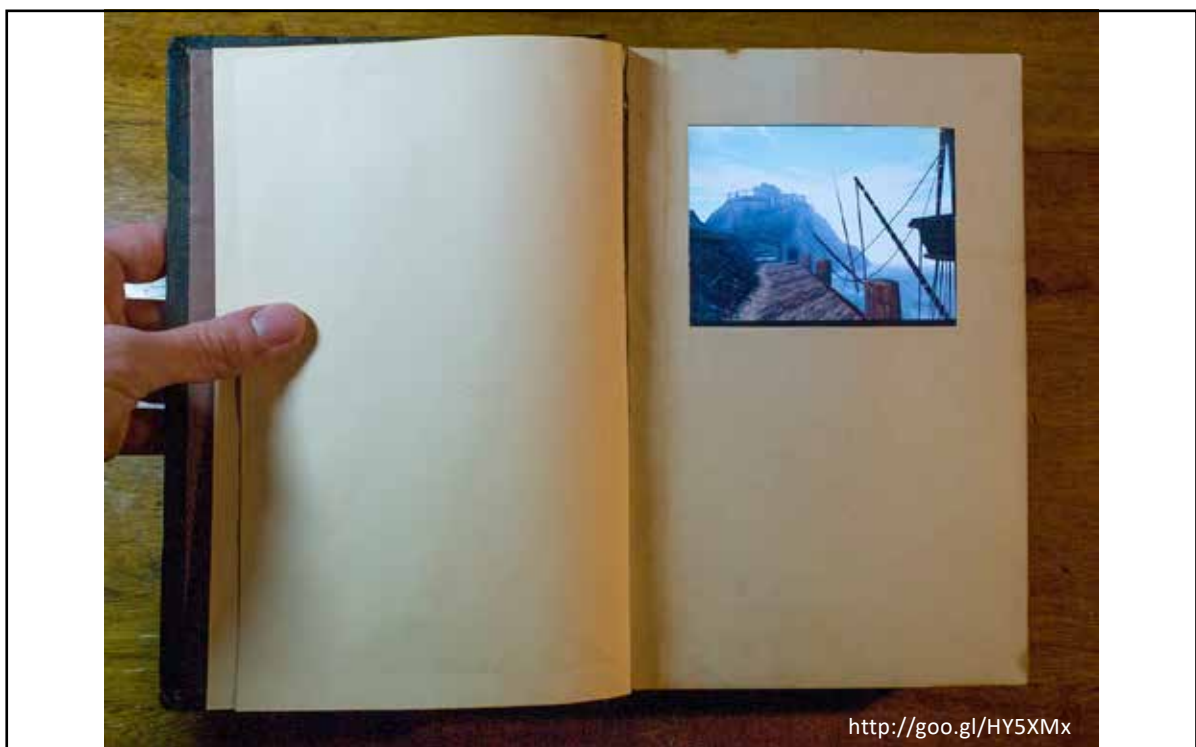
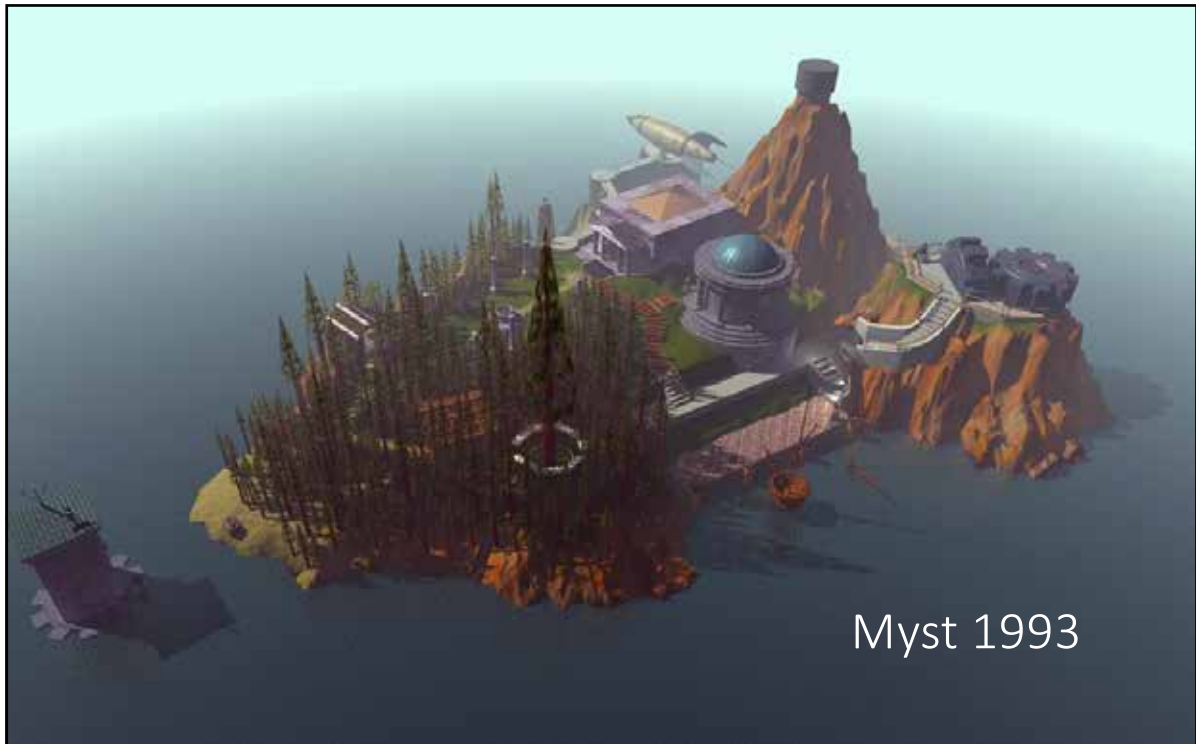


64 Knoten, Universität Southampton

## Supercomputer II

- 1060 Pis
- Oracle









## Kickstarter (Mai 2018)

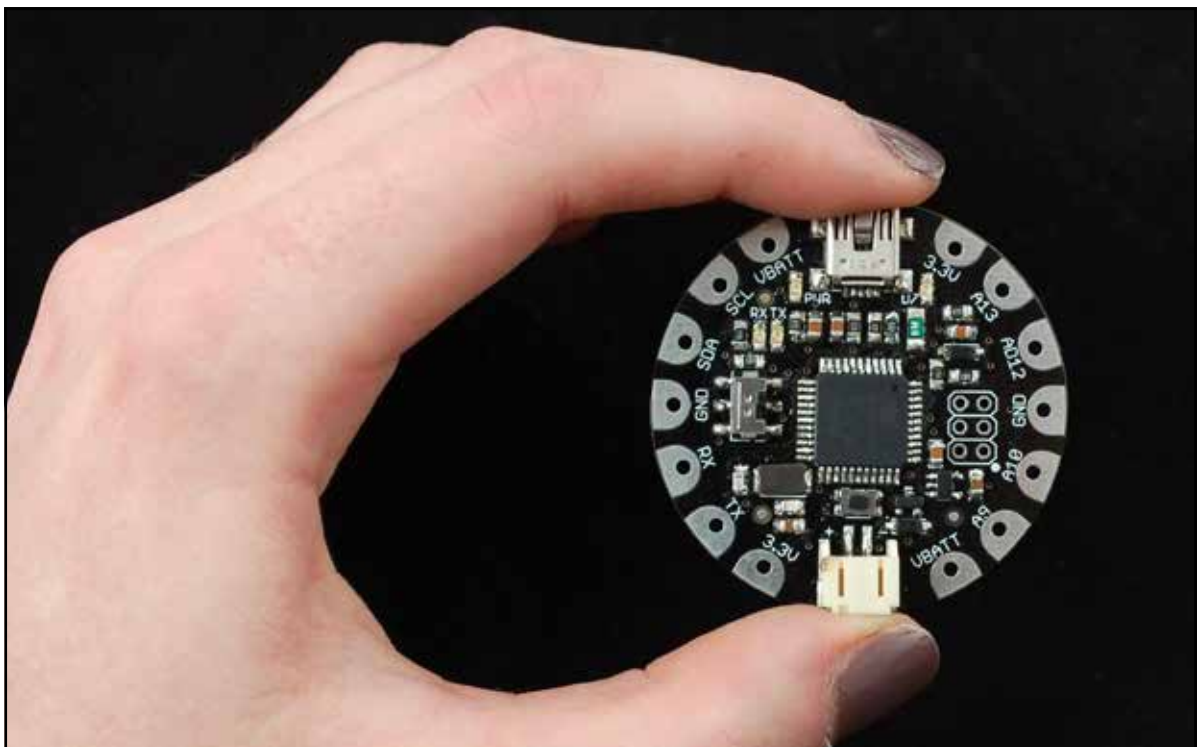
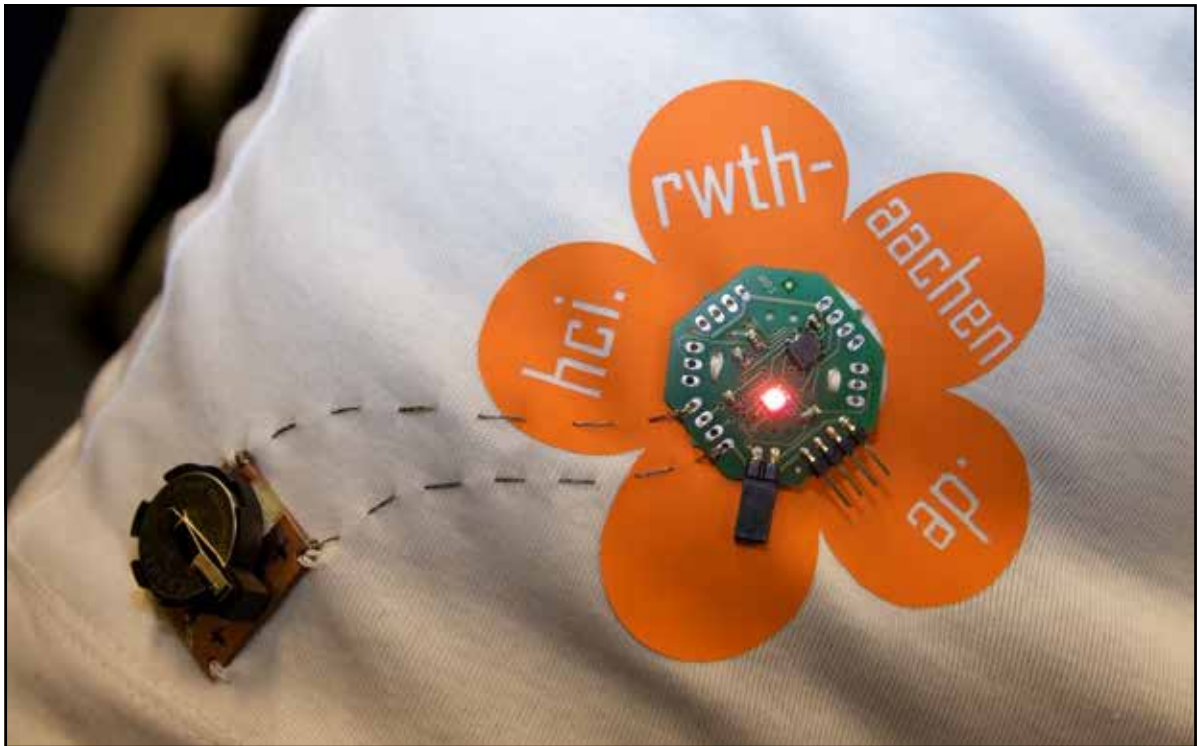
### The Linking Book

The core of the collector's edition will be a *Myst* Linking Book. The *Bookmaker* tier book will have a die-cut "window" through which you can see the art on the game DVD sleeves. At the *Maintainer* tier and above, the book will include an active 800 x 480 digital screen with video fly-throughs from the games.



- Dimensions: 7in x 9in x 2.5in (18cm x 25 cm x 6 cm)
- Window cutout: 5in x 2.75in (12cm x 7cm)
- Materials: 1200g grey board & art paper, with Matte Finish
- Embossed & gold foil on Logo & edges of leather art treatments
- Weight: 2.71 pounds (1.23kg)
- 1:1 exact scale replica
- 800 x 480 IPS high resolution LCD screen (Maintainer tier)
- Speaker (Maintainer tier)

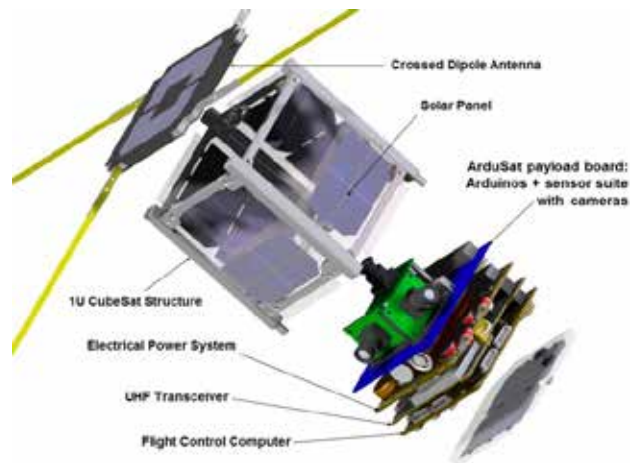




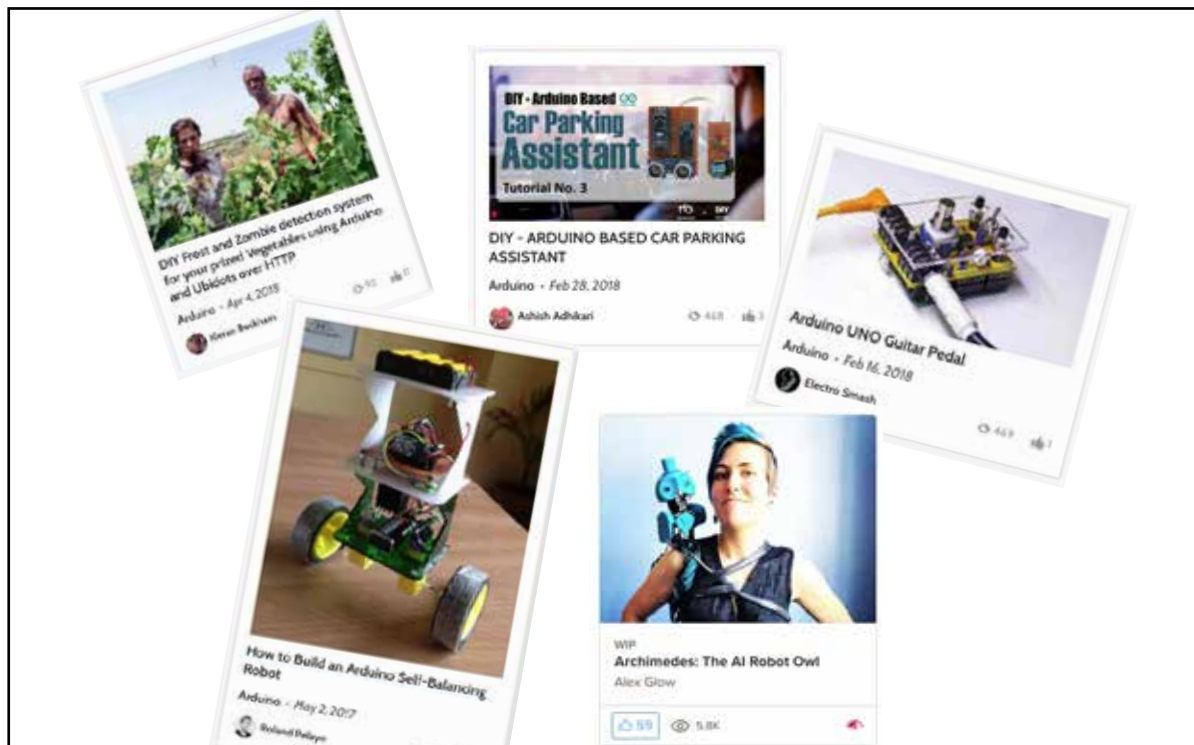
## Pebble



## ArduSat



- Kickstarter 2012
- 19.11.2013 von der ISS "freigesetzt"





## Smart Mirror





## Gesundheit



34

## Herzerkrankungen

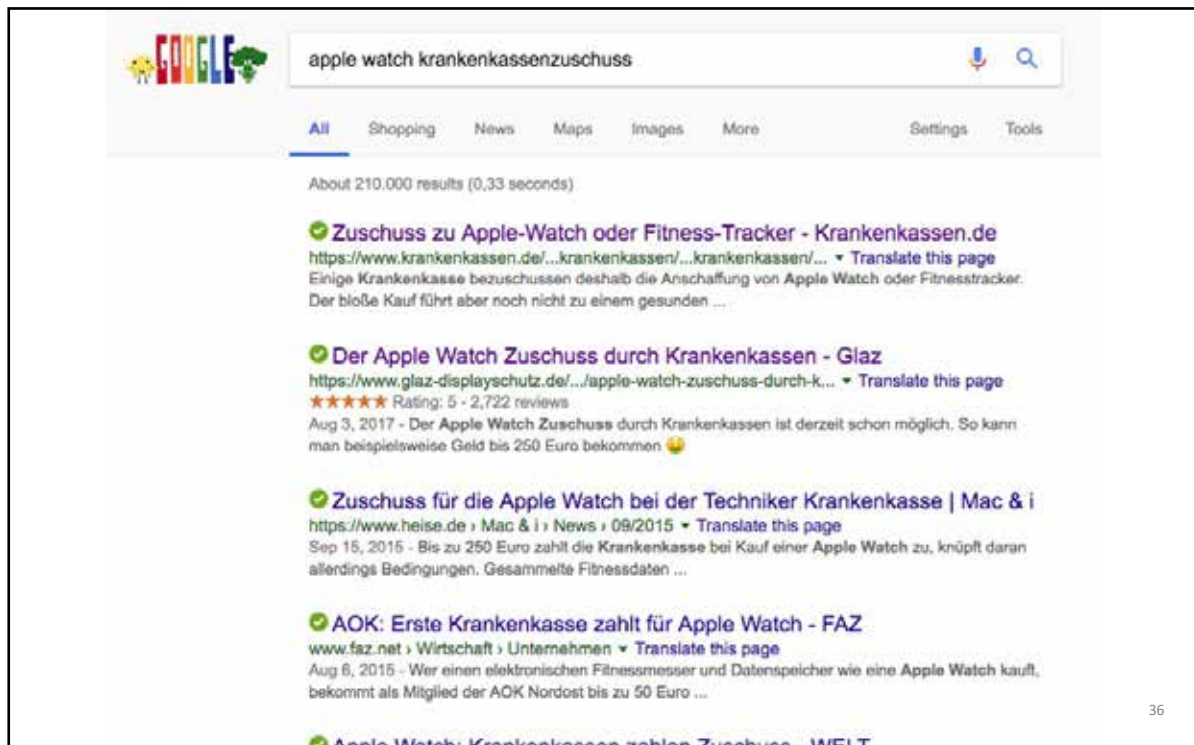


Die Apple Watch hat das Potenzial zum Lebensretter. Ihr eingebauter Pulsmesser kann mit bis zu 97 prozentiger Wahrscheinlichkeit Herzrhythmusstörungen erkennen.

An der Studie der University of California und der App **Cardiogram** beteiligten sich 6158 Apple-Watch-User, die ihren Pulsschlag mit der Gesundheits-Anwendung überwachten. Die meisten Nutzer hatten einen normalen Herzschlag und ein unauffälliges EKG, 200 Probanden jedoch starteten mit der Diagnose **paroxysmales Vorhofflimmern** (eine häufige Form der Herzrhythmusstörung).

Wired (Mai 2017): <http://bit.ly/2ITFwEw>

35



36

## 24h EKG (konventionell)



37

## 24h EKG (modern?)



- Uhrensynchronisation
- Netzwerk
  - Wifi? TCP/IP?
  - BAN?
- Auswertung

38

## Blutzuckermessung ohne „Piks“



<https://www.freestylelibre.de/>

39

Stock

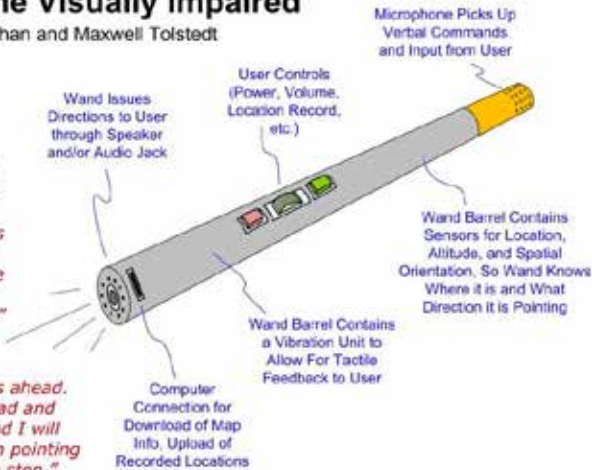
“Magic Wand” Virtual Walking Stick for the Visually Impaired

by Jonathan and Maxwell Tolstedt

Example Directions:

“You are 3.5 meters from Elm Street. To find the crossing button, raise me up as you approach. I will direct you to move me until I am pointing directly at the button.”

“Caution! Steps ahead. Point me ahead and slightly left and I will vibrate when I’m pointing at the bottom step.”



40

Nochmal Stock



Multi-function Smart Walking Stick with GPS,SOS call, LED Flashlight light, family number ,ios/Android APP

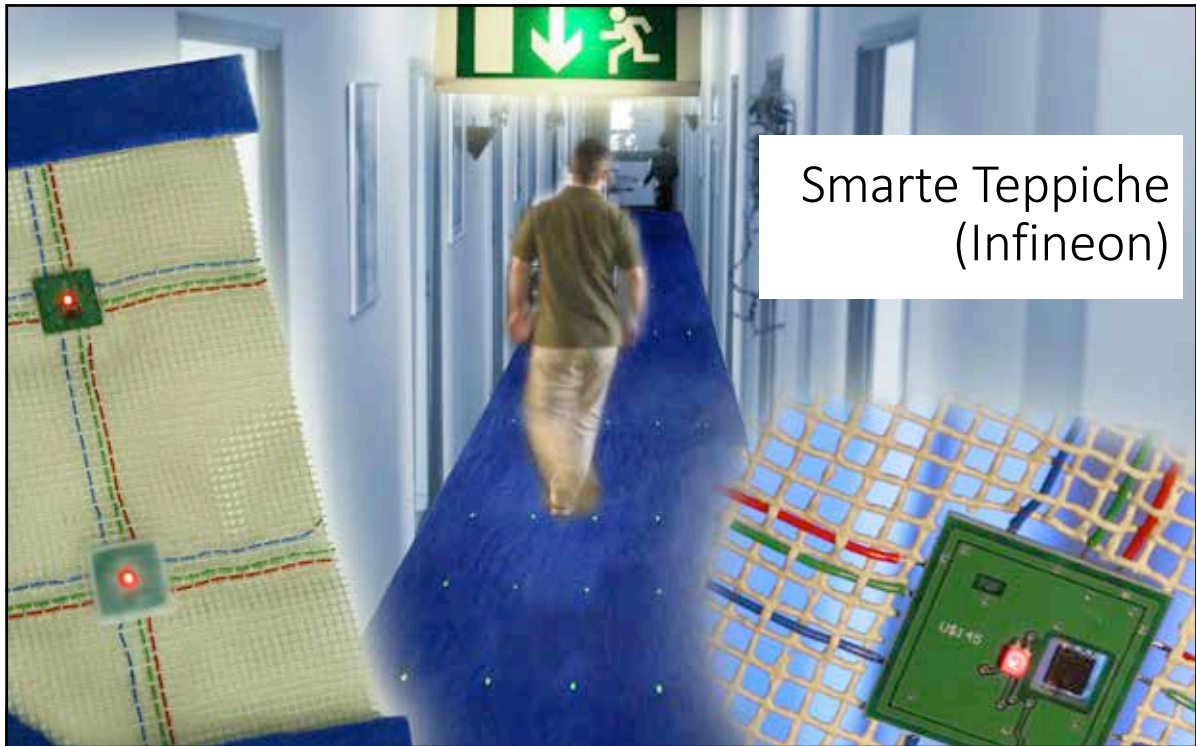
Price: \$128.98 & FREE Shipping

- GPS+LBS Positioning Phone Call: Multi-function Smart Cane Walking Stick. Smart Cane Specification: Product positioning. The serious and special group positioning monitoring staff. Main features: High strength aluminum/carbon fiber stick. GPS+LBS dual positioning, voice calls, SOS emergency call, bright flashlight, night capacitive battery, standby (more than 7 days), 1. Mechanical part. Types: Product specification. ID style: High grade, fashion. Size: 66x1.5x4cm(The longest length can be adjusted to 120cm). Keypad: 5 keys, SOS key, a flashlight switch machine key, GPS antenna. High sensitive ceramic passive antenna. Battery capacity: 900mAh. SIM: Single SIM Card supported (Standard SIM Card).
- Hardware part: Platform: MTK6261A, GPS IC: MTK3333, GPS: Glass12, GPS signal: L1,1575.42MHz C/A code, GPS channels: 20, GPS receiver sensitivity: Tracking Sensitivity: -159dBm, Capture Sensitivity: -145dBm, LBS positioning accuracy: 300-1000M, GPS positioning accuracy: 5' -15M, Minimum standby current: 0.5mA, Average standby current: 2.5mA, Average operating current: Less than 55mA, Working temperature: -20-70.
- Working humidity: 5% to 99% non-condensable, Gps antenna: Built in high sensitivity ceramic antenna, GSM antenna: Built in dual band antenna.
- Support bi-directional HD calls to 8 preset numbers. One key Speed dial GPS. -LBS Double Positioning, Real time and accurate check on APP, take quick action when accident occurs ,make the outgoing more secure.

New (2) from \$128.98 & FREE shipping.

41





## MIT Media Lab - Shoes

- Energy Scavenging
- Broadcast ID  
alle 3 bis 5 Schritte



## MediaCup (Teco, Karlsruhe)

- Sensing, processing, and communication capabilities
- Periodically broadcasting state of cup
- Applications
  - Visualizing state of cup
  - Inferring and indicating meetings through aggregation of cups
  - wrist computer warns if I am getting close to a hot cup
  - ...



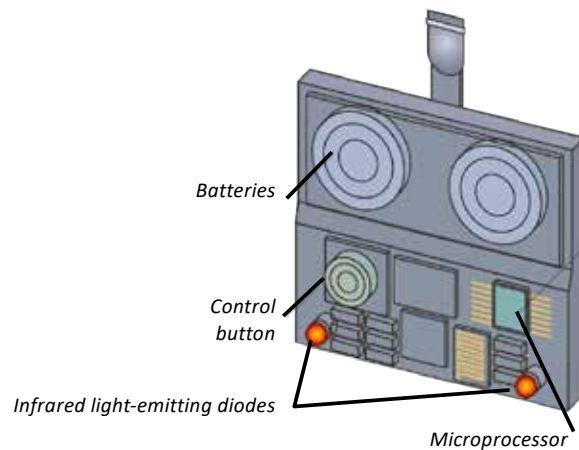
## Tags (inch-scale)

- Verbunden
  - Funk
  - Ultraschall
  - ...
- Beispiele
  - Active badges
  - Tags
  - Tassen
  - ...



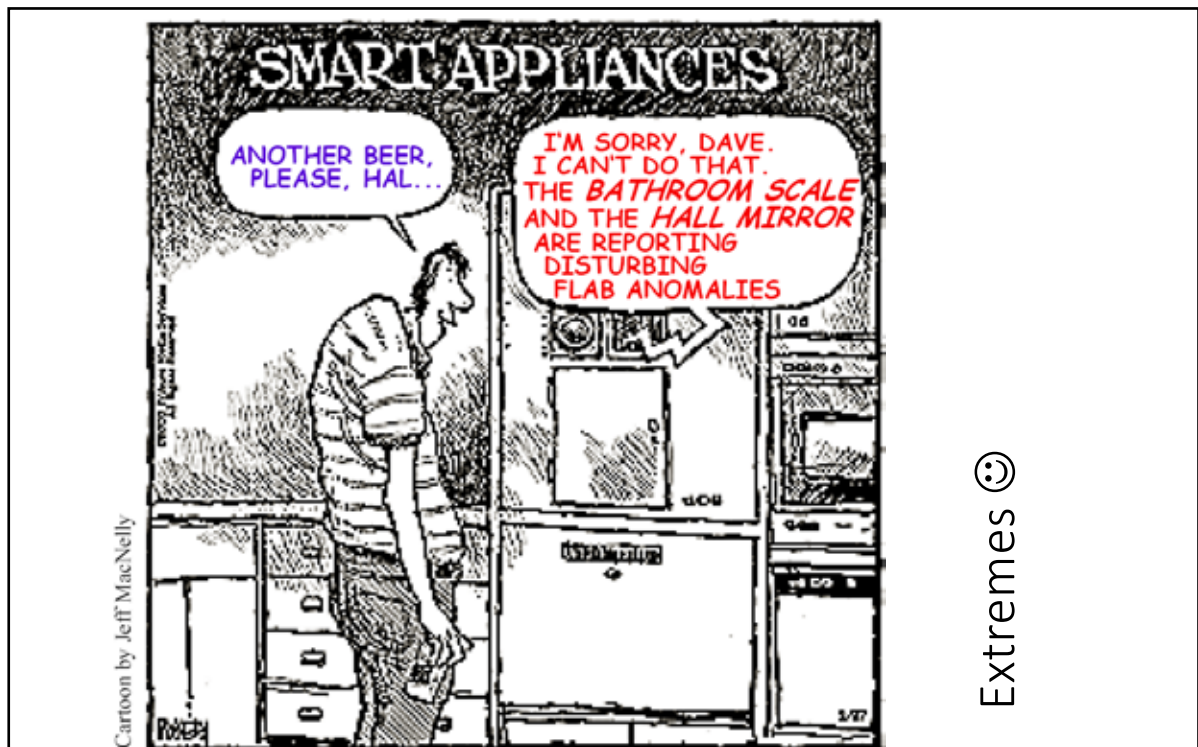
## Beispiel: Active Badges

- Wegbereiter: Olivetti Cambridge Research
- Identifizierung von Personen und Objekten
- Tracking
- Ort
- Extras
  - Camera
  - Voice recording
  - "Did I close the door?"

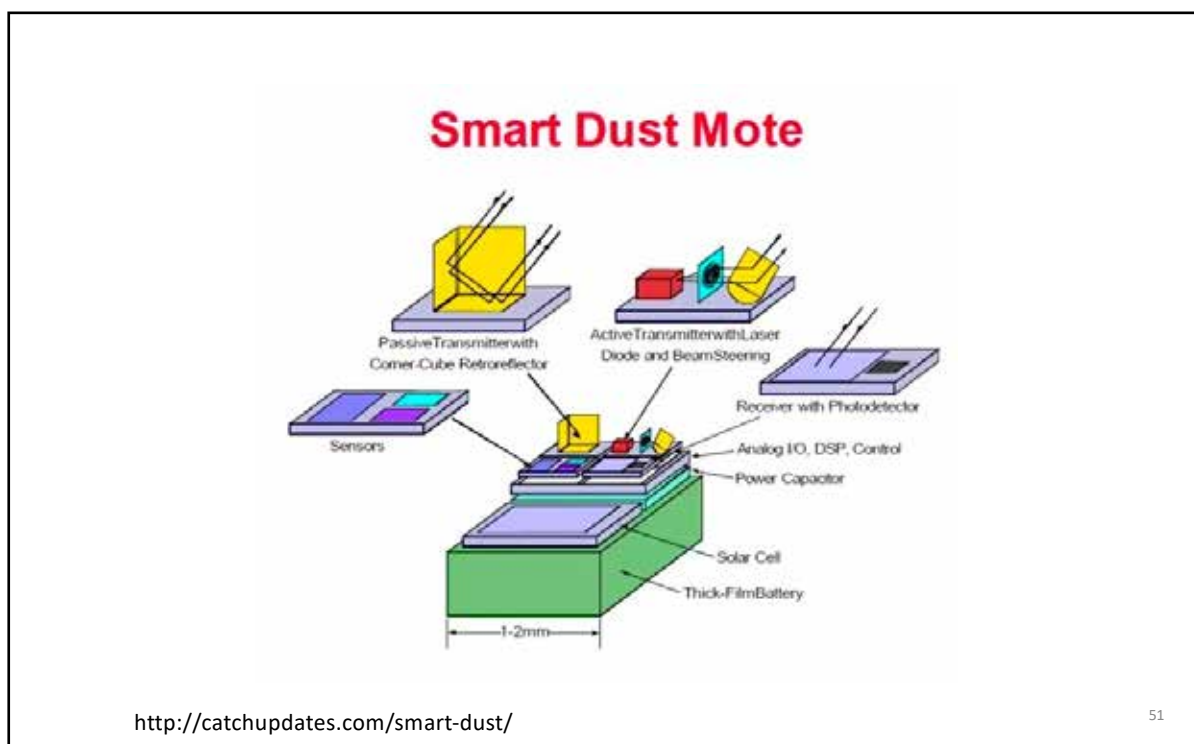
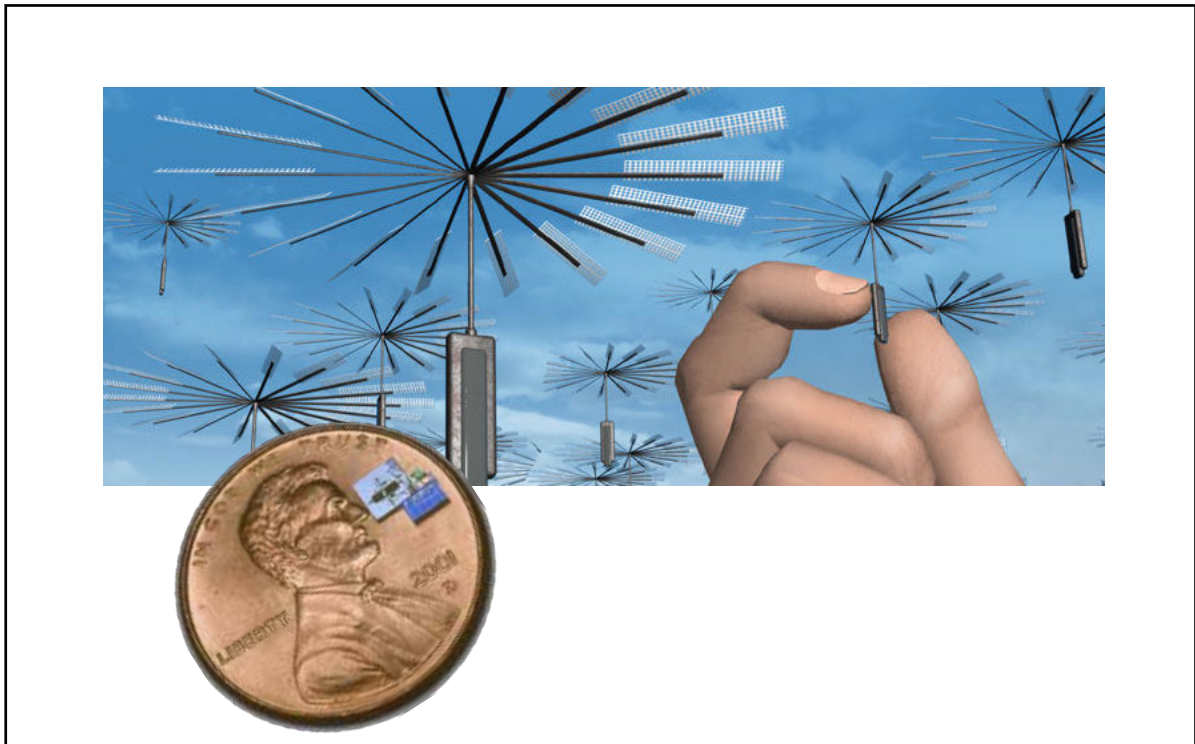


## Xerox ParcTab



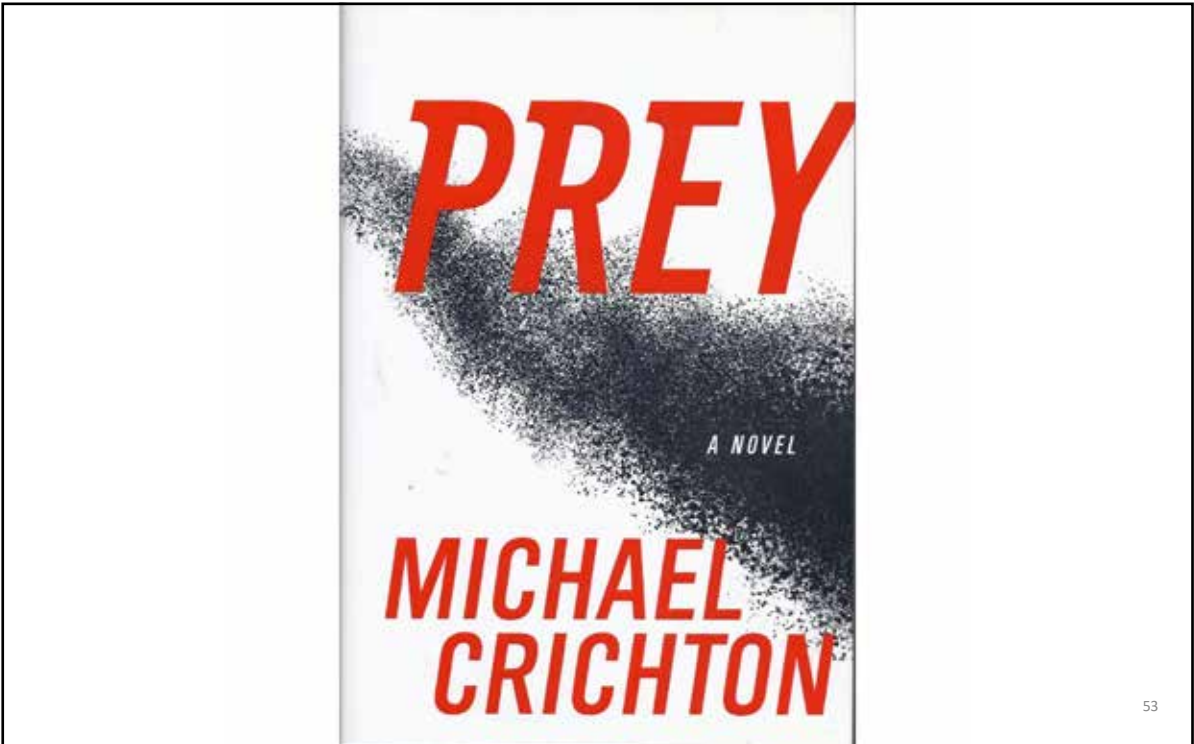








52



53

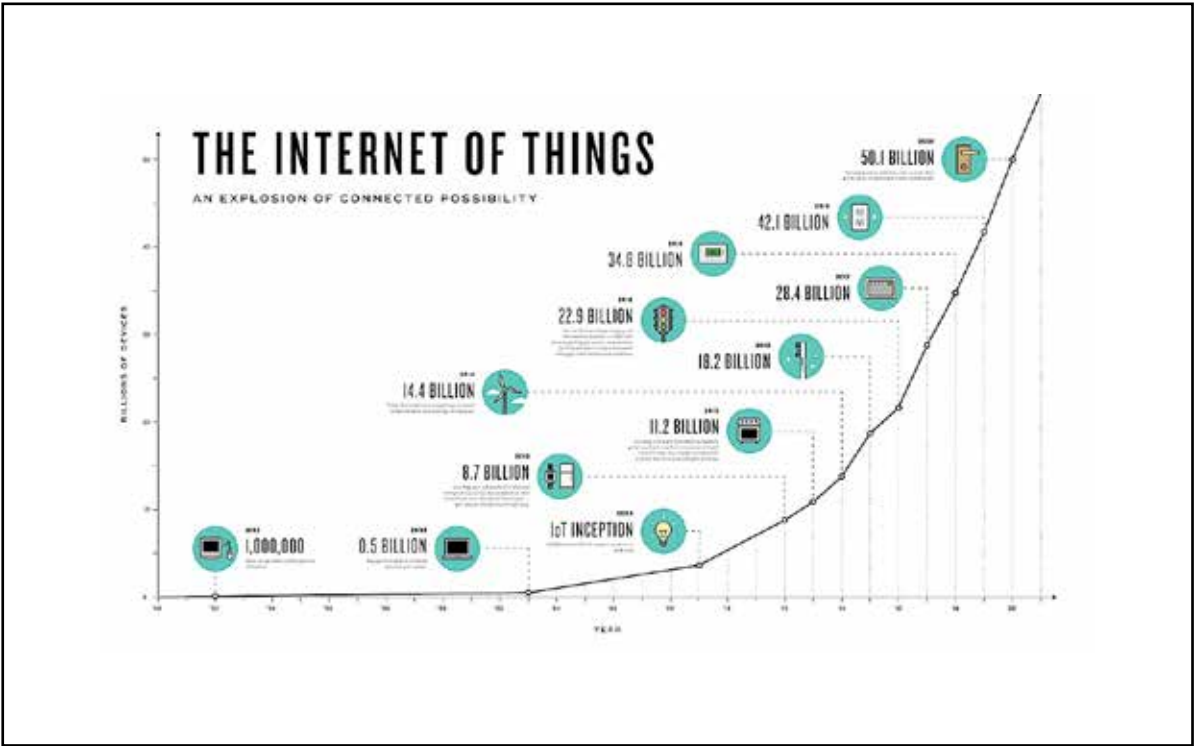
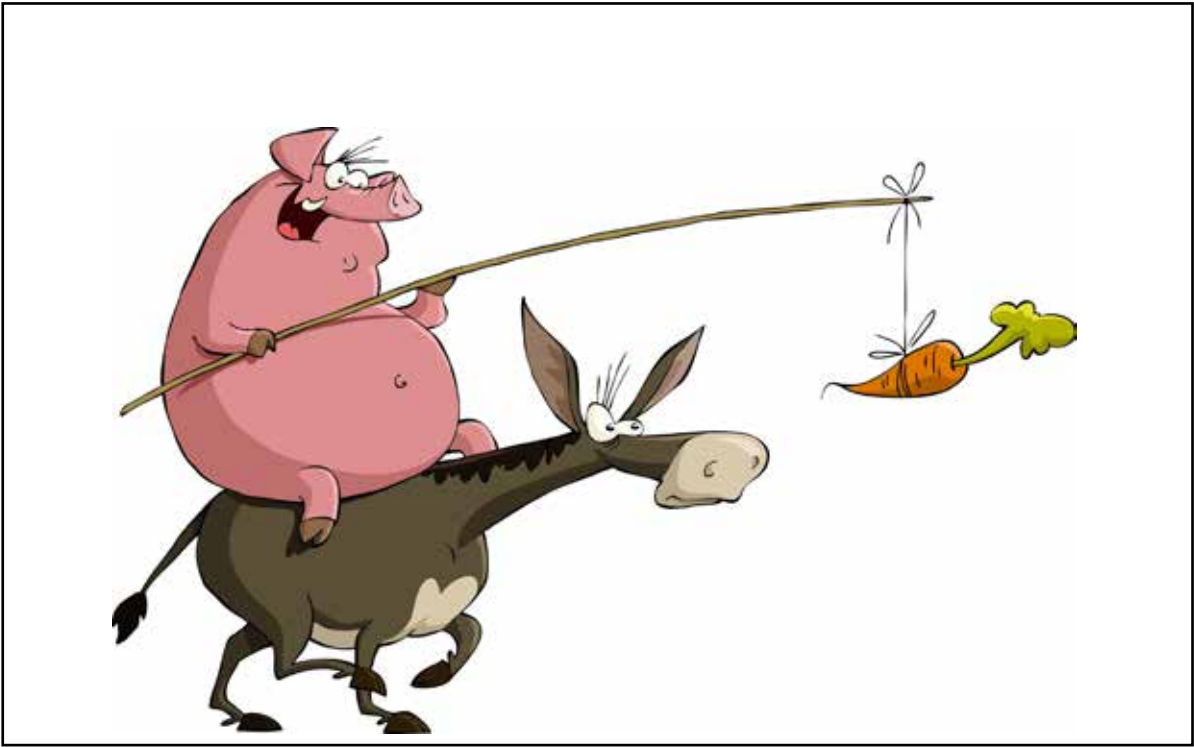
## Resumee

- Hauptsache Spaß
- Hoher Lerneffekt
- Hohes Innovationspotential
- Viele Nieten, aber was soll's



55

## Internet der Dinge



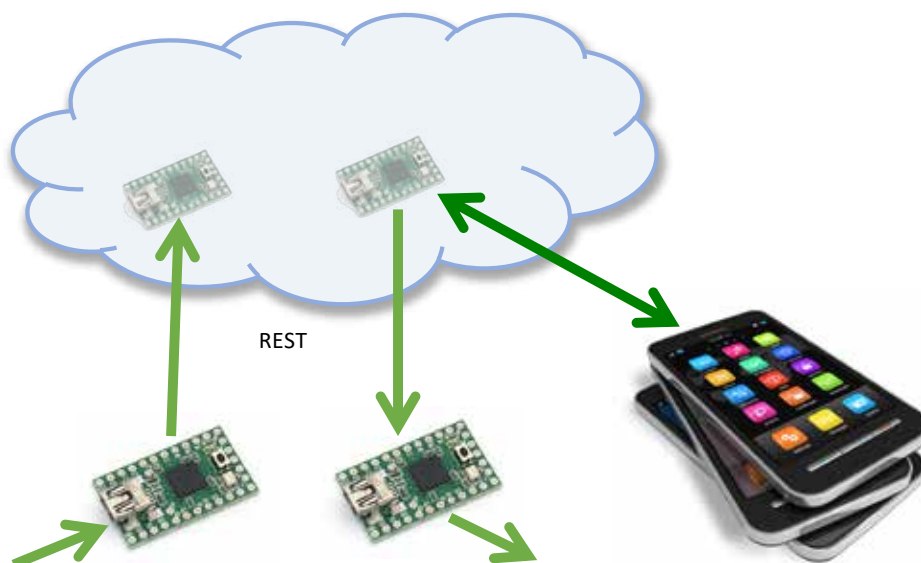


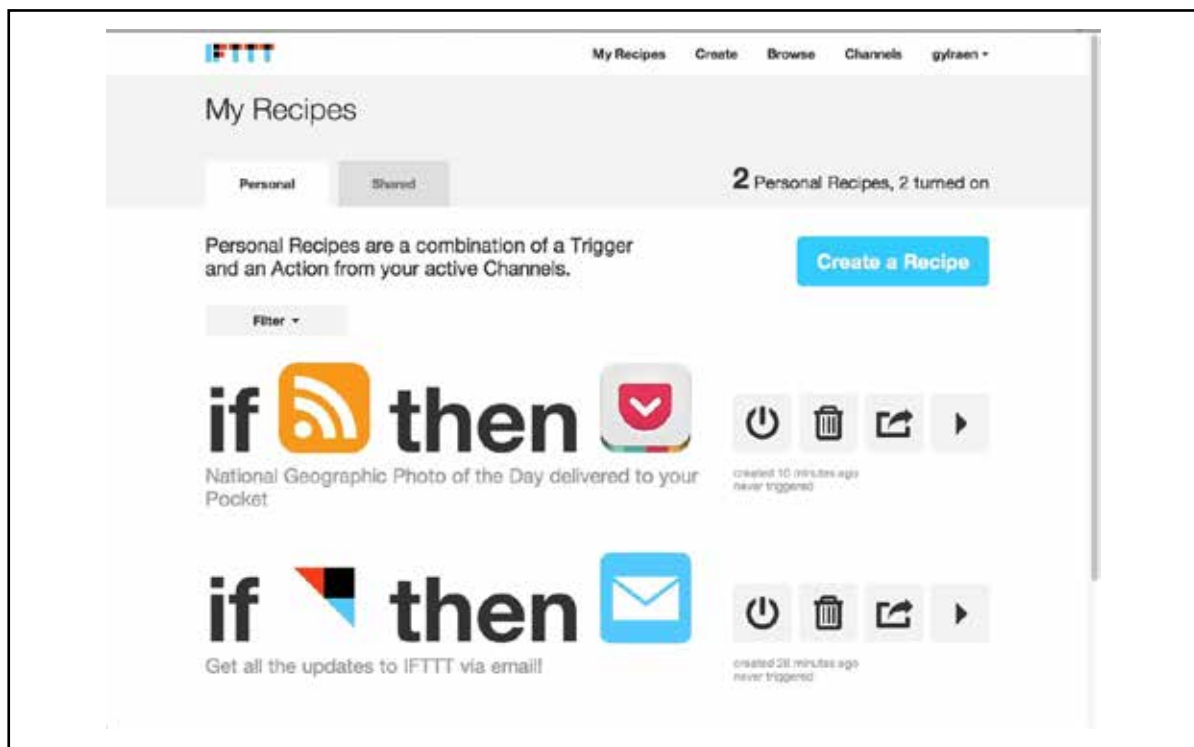
## 1% Einsparung (Cisco)

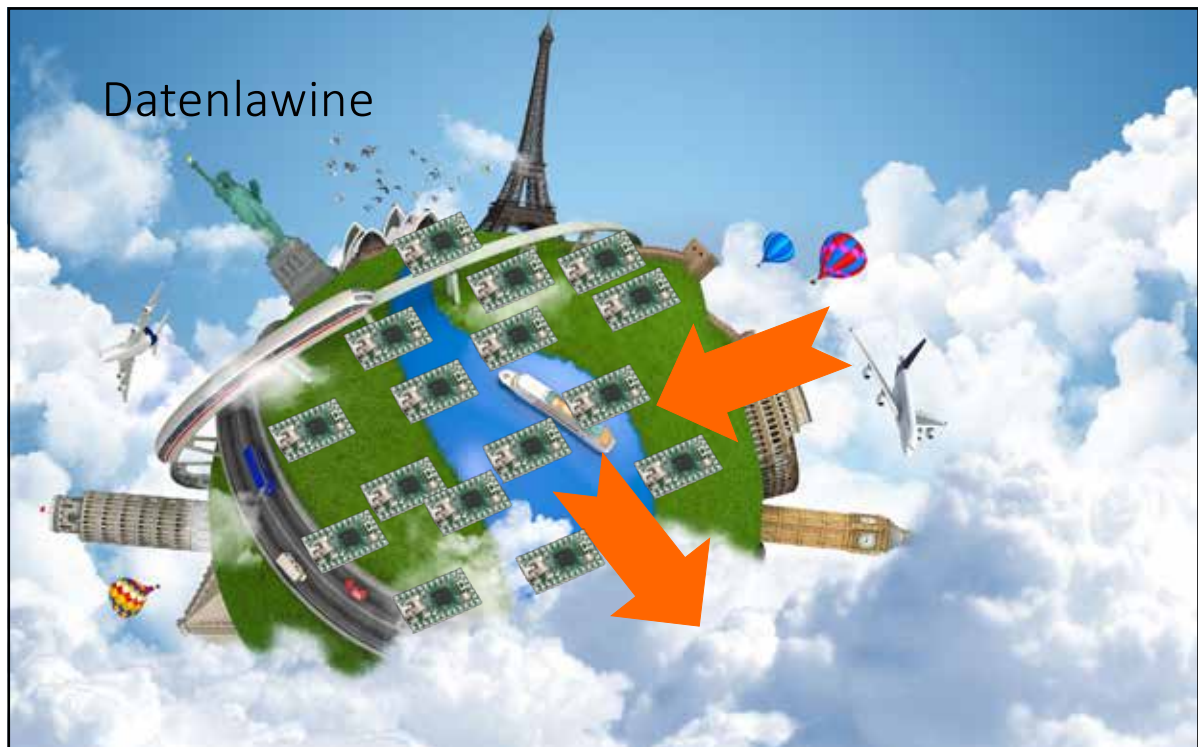
Industrie	Segment	Art	Ersparnis (15J)
Flugverkehr	Kommerziell	-1% Treibstoff	\$30 Milliarden
Energie	Gastherme	-1% Gas	\$ 66 Milliarden
Gesundheit	Gesamtbereich	-1% Ineffizienz	\$63 Milliarden
Schiene	Fracht	-1% Ineffizienz	\$27 Milliarden
Öl/Gas	Erschließung	-1% Kosten	\$90 Milliarden

<http://goo.gl/8QNXIj>

## Device Clouds







## Security

### *F.B.I.'s Urgent Request: Reboot Your Router to Stop Russia-Linked Malware*



New York Times (27.5.2018)

An analysis by Cisco's threat intelligence division found that hundreds of thousands of routers, from a range of manufacturers, were infected by the malware linked to the hacking group Fancy Bear.  
(from: [Washington Post](#) / The New York Times)

- Limitierte Systeme
- Funktionalität oberste Priorität
- Häufig kein Schutz vorhanden







“Computer”?



Star Trek IV – Zurück in die Gegenwart, © 1986, Paramount Pictures

Ubiquitous Computing

## Mark Weiser



Mark Weiser (1952-1999) was the chief technology officer at Xerox's Palo Alto Research Center (Parc). He is often referred to as the father of ubiquitous computing. He coined the term in 1988 to describe a future in which invisible computers, embedded in everyday objects, replace PCs. Other research interests included garbage collection, operating systems, and user interface design. He received his MA and PhD in computer and communication science at the University of Michigan, Ann Arbor. After completing his PhD, he joined the computer science department at the University of Maryland, College Park, where he taught for 12 years. He wrote or cowrote over 75 technical publications on such subjects as the psychology of programming, program slicing, operating systems, programming environments, garbage collection, and technological ethics. He was a member of the ACM, IEEE Computer Society, and American Association for the Advancement of Science. Weiser passed away in 1999.

Visit [www.parc.xerox.com/csl/members/weiser](http://www.parc.xerox.com/csl/members/weiser) or contact [communications@parc.xerox.com](mailto:communications@parc.xerox.com) for more information about him.

## Weiser's Vision

- [The Computer for the 21st Century](#)  
Scientific American, 1991
- Xerox Parc (1970-2001)
  - <http://www.parc.xerox.com/about/history/default.html>
  - Laserdrucker, Smalltalk, PC, Fenster, HCI, ...
- 1991
  - Kein Pentiumprozessor, kein Windows 95
  - Mainframes in den Firmen
  - UNIX wird an den Universitäten favorisiert
  - Heimcomputer (Atari ST, ...)

## Ubiquitous: Writing vs. Computing

### Writing

- Freeing from the limits of individual memory
- Past
  - Few people can read
  - Monks copy individual books
  - Each book was unique
- Today
  - writing is ubiquitous
  - Constant background presence

### Computing

- Freeing from the limits of many things
- Today
  - Few people use computers
  - Developers write apps
  - Each computer is unique
- Future

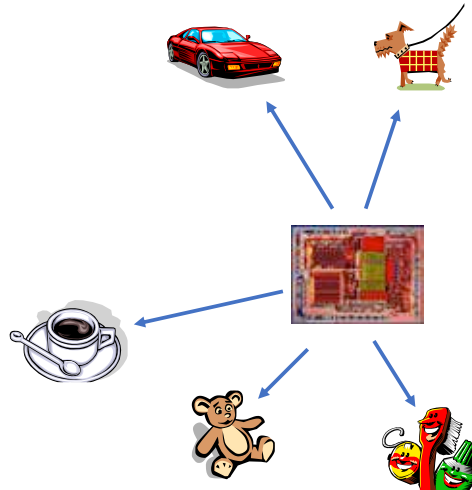
## Autonomie

- Beherrschung (Unterbewußtsein)
  - “Only when things disappear, we are freed to use them without thinking and so to focus beyond them on new goals”
- Beispiele
  - Writing, reading, calculating, programming, driving, ...
- Alternative Begriffe
  - “Compiling” (Herbert A. Simon)
  - “Tacit dimension” (Michael Polanyi)
  - “Horizon” (Hans G. Gadamer)
  - “Ready-to-hand” (Martin Heidegger)



## UbiComp und virtuelle Realitäten

- Gegensätzlich
- Virtuelle Realität
  - Welt in einem Computer
- Ubiquitous Computing
  - Computer in der Welt (Inverses Paradigma)
  - "Embodied Virtuality"
- 4<sup>th</sup> Paradigm 😊



## Gefahren

- Allgegenwärtig
- Ubiquitous =  
Big brother is  
watching you?
- Lückenlose  
Überwachung





# Spontane Netze?

75

## Sehr viele Computer

- Viele Milliarden
- Kommunikationsbedarf
- Drahtlose Kommunikation
- Hohe Dynamik
- Viele Fehlerquellen

76

## Technische Umsetzung

- Konventionell (IPv6)
  - Kennen und beherrschen wir?!
  - Asymmetrisch (stabiles Backbone)
  - Bei  $\sim 10^{10}$  Knoten utopisch?
- Unkonventionell
  - Symmetrisch
  - Edge/Fog computing
  - Selbstorganisation

77



## Rechenbeispiel

- 726 Milliarden gefahrene Kilometer (2016)
- Alle 100 Meter ein Update?
  - 2.3 Millionen Updates pro Sekunde
  - Durchschnitt!
- Wo verarbeiten?
- Geht das noch konventionell?

79

## Updates

- Klein?
- 100 Byte
  - 230 MB/s
- Mehrere Millionen IOPs
  - High End
- Big Data Trichter



80



## Industry 4.0



83



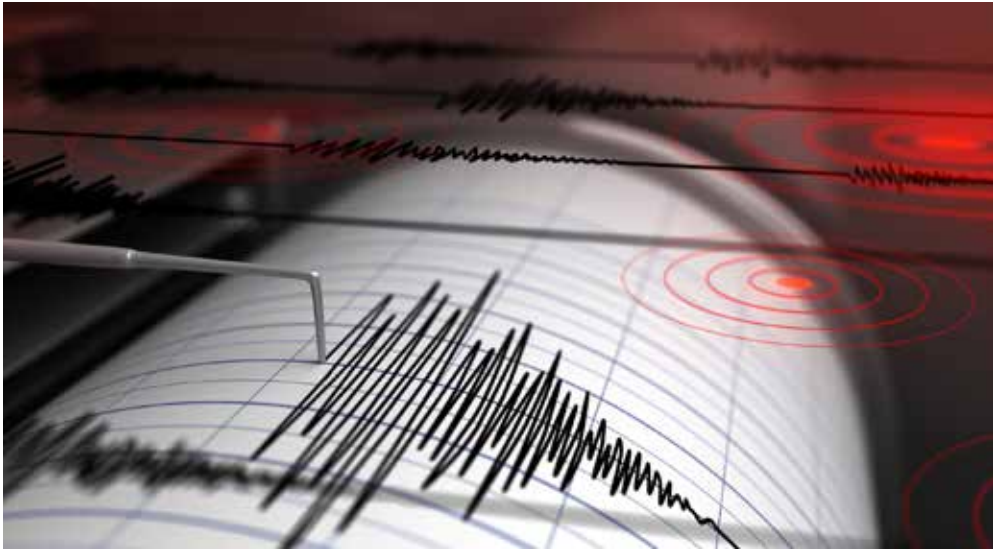


Der schnelle Gabelstapler ☺



85

## Katastrophen



86

## Worst Case

- Konventionell?



87

# Konventionell

88



Daniel Robert (Unsplash)

## Gleiche Ziele

- Big Data
  - IoT ist Informationslieferant
- Social Utilities
  - Viele, viele Menschen
- Horizontale Skalierbarkeit
  - Einzelner Server restlos überfordert
- NoSQL, NewSQL DBs u.ä.

90

## Cloud Anbieter

- AWS IoT
  - MQTT
  - Lambdas
  - Speichern
- Azure IoT Hub
  - Kompatibel zu MQTT, AMQP und andere
- Google IoT Core
- ...

91



## (Event) Streaming

- Spark, Flink, Storm, ...
- Apache Kafka
  - Skalierbar
  - Publish / Subscribe
- Apache Pulsar
- Message Queues
- Lambda / Kappa Architectures

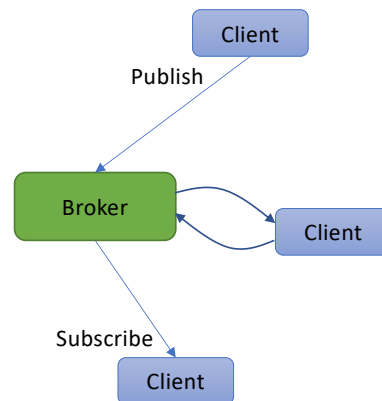
92

## MQTT

93

## Message Queue Telemetry Support

- IBM, 1999
- ISO Standard
- Publish/Subscribe
  - Topics (X/Y/Z)
  - Subscribe mit Wildcard
  - TCP/IP
- QoS
  - 0: At most once (fire and forget)
  - 1: At least once (ack delivery)
  - 2: Exactly once (assured delivery)



94

## MQTT Security

- Keine
- Username / Passwort
- Verschlüsselte Verbindung
  - TLS
- Client-Authentifizierung
  - X509
- Anwendungsspezifische Verschlüsselung
  - Nur Payload der MQTT-Nachrichten
- Kombinationen daraus

95

## Implementierungen

Name	Developed by	Language	Type	First release date	Last release	Last release date	License
Adafnuit IO	Adafnuit	Ruby on Rails, NoSQL <sup>[11]</sup>	Client	?	2.0.0 <sup>[10]</sup>	?	?
M2MQTT	eclipse	C#	Client	2017-05-20	4.3.0 <sup>[10]</sup>	2017-05-20	Eclipse Public License 1.0
Machine Head	ClosureWerks Team	Closure	Client	2013-11-03	1.0.0 <sup>[34]</sup>	2017-03-05	Creative Commons Attribution 3.0 Unported License
moquette	Selva, Andrea	Java	Broker	2015-07-08	0.10 <sup>[35]</sup>	2017-06-30	Apache License 2.0
Mosquitto	eclipse	C, Python	Broker and client	2009-12-03	1.4.15 <sup>[36]</sup>	2018-02-27	Eclipse Public License 1.0, Eclipse Distribution License 1.0 (BSD)
Paho MQTT	eclipse	C, C++, Java, Javascript, Python, Go	Client	2014-03-02	1.3.0 <sup>[37]</sup>	2017-06-28	Eclipse Public License 1.0, Eclipse Distribution License 1.0 (BSD) <sup>[38]</sup>
SharkMQTT	Real Time Logic	C	Client	2015-11-06	1.5 <sup>[39]</sup>	2017-10-08	Proprietary License
VerneMQ	VerneMQ	Erlang/OTP	Broker		1.3.2 <sup>[40]</sup>	2018-05-11	Apache License 2.0
wolfMQTT	wolfSSL	C	Client	2015-11-06	0.14 <sup>[41]</sup>	2017-11-22	GNU Public License, version 2
MQTTReuse	Berywise Networks	C, Python	Broker	2017-04-25	1.0 <sup>[42]</sup>	2017-12-19	Proprietary License <sup>[43]</sup>
HiveMQ	do-square GmbH	Java	Broker	2013-03-26	3.4.0 <sup>[44]</sup>	2017-05-09	Proprietary License

Wikipedia

96

## mosquitto

```
sturm@ubux:~$ systemctl status mosquitto
● mosquitto.service - LSB: Mosquitto MQTT v3.1 message broker
   Loaded: loaded (/etc/init.d/mosquitto; generated)
   Active: active (running) since Tue 2018-06-05 14:59:58 CEST; 53s ago
     Docs: man:systemd-sysv-generator(8)
    Tasks: 1 (limit: 4564)
   CGroup: /system.slice/mosquitto.service
           └─24193 /usr/sbin/mosquitto -c /etc/mosquitto/mosquitto.conf

Jun 05 14:59:58 ubux systemd[1]: Starting LSB: mosquitto MQTT v3.1 message broke
Jun 05 14:59:58 ubux mosquitto[24187]: * Starting network daemon: mosquitto
Jun 05 14:59:58 ubux mosquitto[24187]: ...done.
Jun 05 14:59:58 ubux systemd[1]: Started LSB: mosquitto MQTT v3.1 message broker
sturm@ubux:~$
```

97

```

sturm@ubux:~$ mosquitto_sub -V mqttv311 -t bingo -d
Client mosqsub|24985-ubux sending CONNECT
Client mosqsub|24985-ubux received CONNACK
Client mosqsub|24985-ubux sending SUBSCRIBE (Mid: 1, Topic: bingo, QoS: 0)
Client mosqsub|24985-ubux received SUBACK
Subscribed (mid: 1): 0
Client mosqsub|24985-ubux received PUBLISH (d0, q0, r0, m0, 'bingo', ... (4 byte
s))
Huhu
[ ]

sturm@ubux: ~
File Edit View Search Terminal Help
sturm@ubux:~$ mosquitto_pub -V mqttv311 -t bingo -m "Huhu" -d
Client mosqpub|24989-ubux sending CONNECT
Client mosqpub|24989-ubux received CONNACK
Client mosqpub|24989-ubux sending PUBLISH (d0, q0, r0, m1, 'bingo', ... (4 bytes
))
Client mosqpub|24989-ubux sending DISCONNECT
sturm@ubux:~$

```

mosquitto\_pub/\_sub

98

## More

- MQTT Bridge
  - Verbindet 2 MQTT Broker
  - Weiterzuleitende Topics konfigurierbar
  - Topic remapping
- Graphische Clients
  - MQTT.fx
  - MQTT-spy
- Google Chrome Extension
- Diverse mobile Apps
- Topic Wildcards
  - ,+‘ – Single Level (sensors/+/temp)
  - ,#‘ – Subtree (sensors/#) (immer am Ende)

99



# Unkonventionell

100

## Ad-Hoc-Netze?

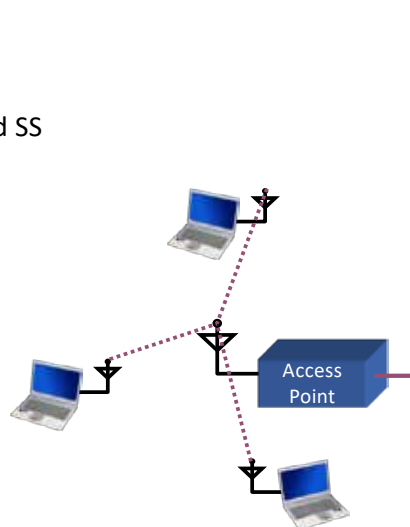


## Folgerungen

- Automatische Konfiguration
  - Adressierung, Namensdienst, Routing, ...
  - Selbstorganisation, Delegation
- Service Discovery
  - Welche Dienste stehen zur Verfügung?
- Interoperabilität
- Robustheit
  - Toleranz gegenüber transienten Fehlern

## Single-Hop-Netze

- State of the Art
- Beispiel: WLAN
  - Infrastructure BSS und Extended SS
  - Leistungsstarke APs (Fest)
- Drahtlose letzte Meile
- Kein Umdenken
- QoS für
  - IP Telephonie
  - Audio und Video



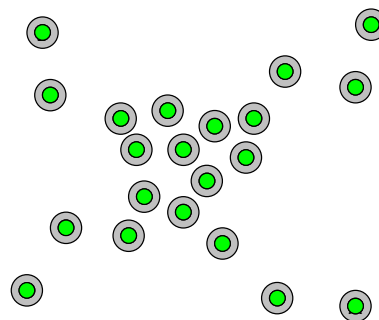
## Multi-Hop-Netze

- Unzuverlässige Kommunikation
  - Ständige Topologieänderungen
  - Hohe Fehlerrate (Multipath, Interferenz, ...)
- Natürliche Struktur bei  $10^9$  Knoten und mehr
- Keine drahtbasierte Infrastruktur
  - Essentiell bei Notfällen und Katastrophen
- Neue Lösungsansätze notwendig
  - Selbstorganisation, Autonomie
  - Altruismus, Synergie
  - Context Awareness
  - Power Awareness

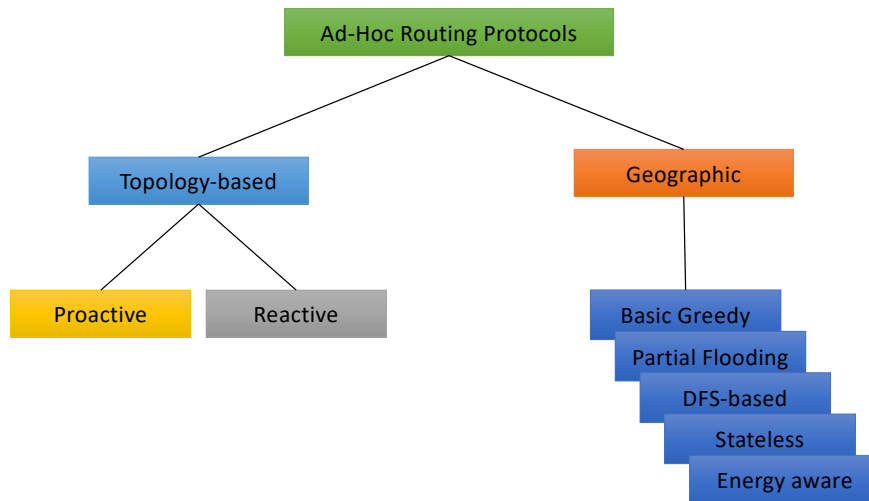


## Flooding

- Pro
  - Einfach
  - Verkraftet hohe Dynamik
- Con
  - Sehr viele Duplikate
  - Alle Knoten beteiligt
  - Schleifen?
  - Broadcast-Stürme
- Geht es besser?



## Protokoll-Klassifikation

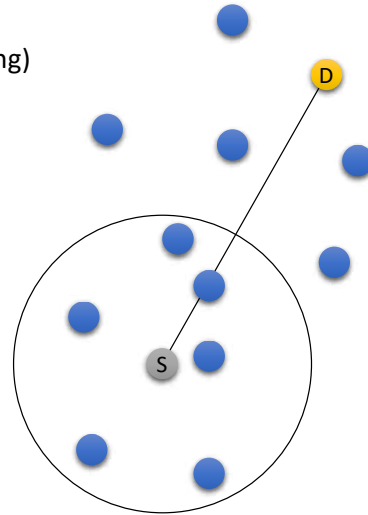


## Geographic Routing



## Prinzip

- Gerät kennt seine Position
- Nachbarn informieren
  - 1-hop, 2-hop; (Ausnahme: Beaconless Routing)
- Zielposition = Adresse
- Zwischengeräte leiten weiter
  - Metrik
- Neue Kommunikationsmuster
  - Geocast
  - GHT
  - Marketplaces



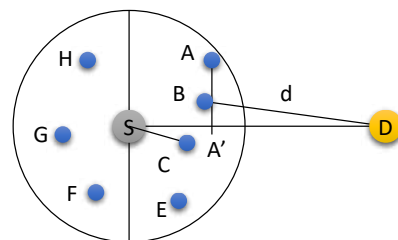
## Netzwerkmodell

- Idealisierte Funkkugel um Gerät
- Broadcast-Medium im “promiscuous mode”
- Signalabschwächung über festen Exponenten
- Bidirektionale Verbindungen
- Graphenmodell
  - Position bestimmt Ort des Knotens in der Fläche
  - Abstand geringer als Reichweite = Kante

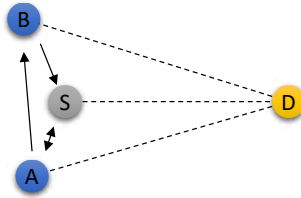
# Greedy Packet Forwarding

## Greedy Packet Forwarding

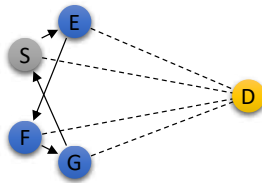
- Wähle Folgegerät mit “bester” Position
- Mögliche Metriken
  - Fortschritt (forward/backward direction)
  - Distanz
  - Richtung
  - Energiebedarf



## Schleifen

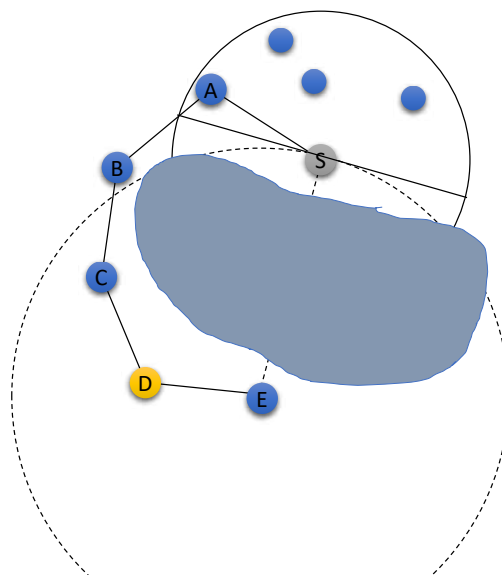


- “Distanz” und “Fortschritt” sind schleifenfrei
- “Richtung” kann Schleifen enthalten



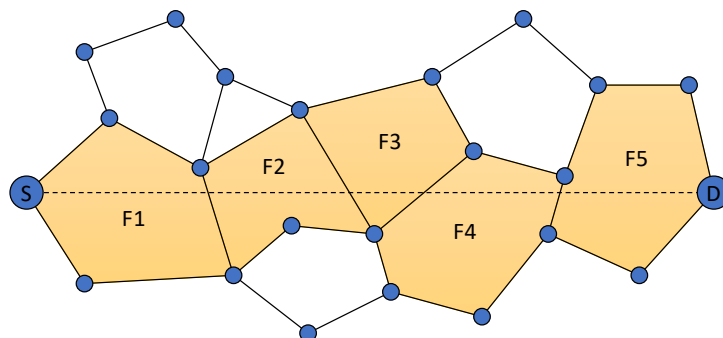
## Greedy Routing Failure

- Keine “schlechteren” Knoten
- Schleifenfreiheit vs. Auslieferungsgarantie
- Lösungsansätze?



# Planar Graph Routing

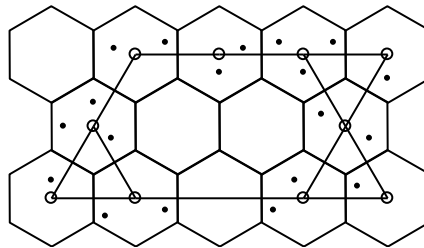
## Face Routing Principle



- Planare Partitionierung in sogenannte “Faces”
- Routing entlang den “Faces”, welche die direkte Verbindungslinie schneiden



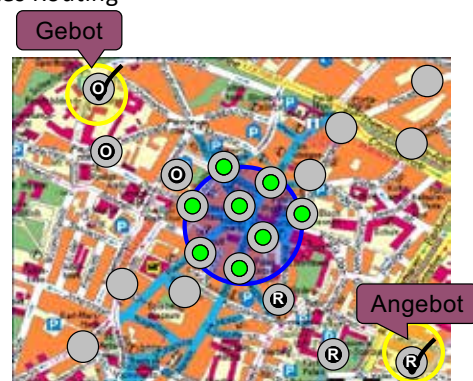
## Geographic Cluster Routing (GCR)



- Routing-Problem auf Cluster reduzieren

## Beispiel: Ad-Hoc-Marktplätze

- Marktplatz = Bekanntes räumliches Areal
  - Hohe Gerätedichte (z.B. Hörsaal)
  - Geräte in diesem Areal bilden Ausführungsplattform
  - Begrenzte Broadcasts, Topologiebasiertes Routing
- Positionsbasiertes Routing
  - Weiterreichen von Angeboten und Geboten
  - Resultate treffen sich wieder mit Initiatoren
- Lastverteilung
  - Aufteilen von Marktplätzen

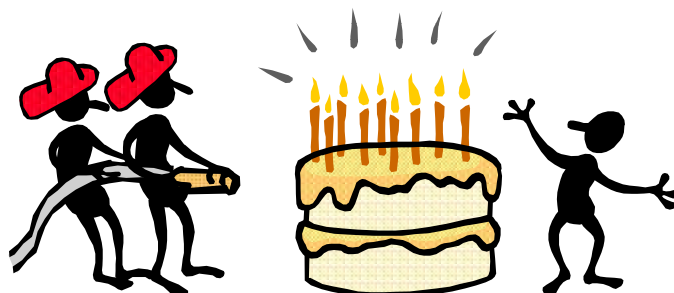




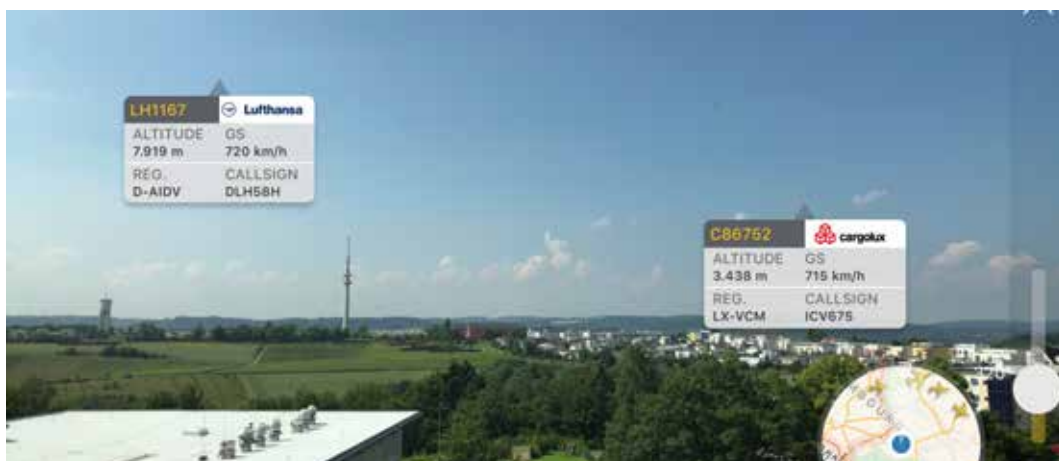
## Context Awareness

### Gründe für “Context Awareness”

- Funktional
  - Kontext-spezifische Dienste und Anwendungen
    - Positionen von Dingen und Freunden
    - Informationsselektion und -filterung
- Nicht-Funktional
  - Limitierungen aufheben
    - Kleine User Interfaces
    - Wenig Energie
    - Begrenzte Reichweite



Nicht wirklich neu 😊



- AR, Geolocation (Task Manager), Auto, ...

120

## Anwendungsfelder

- Vieles im Bereich Telekommunikation
  - Wirklich smarte Smartphone
    - Kein Klingeln im Hörsaal
  - Roaming
- Präsentationen
- Human-Computer Interaction
  - Beste Ein/Ausgabe in Reichweite (e.g. Minority Report)



## Kontexttypen

- Computing
  - Netzwerkverbindung
  - Kommunikationskosten
  - Nahe Ressourcen (Anzeige, Drucker, ...)
- User
  - Benutzerprofil
  - Ort
  - Menschen / Freunde in der Nähe (social utility)
  - Current activity
- Physical
  - Licht
  - Umgebungslautstärke
  - Verkehrssituation

## Aktiv / Passiv

- Aktiver Kontext
  - Information und Dienste
    - anbieten
    - auswählen und
    - automatisiert ausführen
- Passiver Kontext
  - Tagging von Information



## Tagging

- Audio and video recording
  - Add time information (state of the art)
  - Add position information
    - Common nowadays in digital photography ☺
- Tagging with pictures
  - "The car is locked, Peter" says my PDA
- Reminder
  - Post-it notes
  - Active badges
  - ...



## Andere Sichtweise!

- “Unter den Blinden ist der Einäugige König”
- Computer Vision kann Alltagsprobleme nicht zufriedenstellend lösen
  - Zu teuer, zu langsam, zu fehleranfällig
- Tags markieren die Welt für den Computer
  - “Sieht” viel und doch nicht genug
  - “Erkennt” Tags und damit gekennzeichnete Objekte
    - u.U. mit sehr vielen Details
    - Nicht-visuelle Daten (Temperatur)
- Räumliche Anordnung und Korrelation der Objekte weiterhin ungelöst



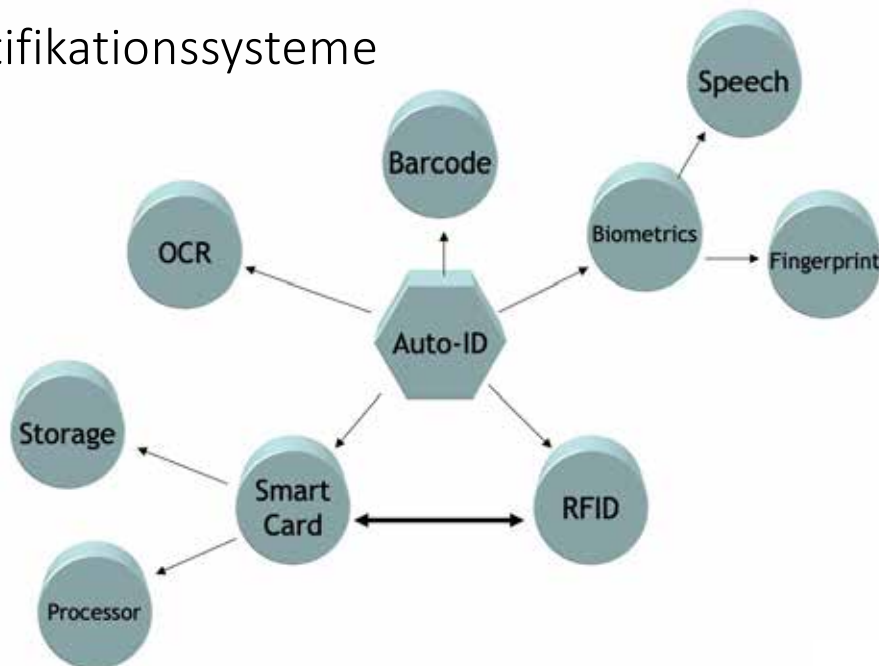
## Smart Identification

- Objekte bzw. Subjekte indentifizieren
  - Idealerweise aus größerer Entfernung
  - Zuverlässig und sicher
  - Verdeckt
- Gründe
  - Spezifische Aktionen mit Objekt assoziieren
  - Ergänzende Attribute “virtuell” hinzufügen (Augment, Tag)
  - Wiedererkennen (Authentifizierung)
  - ...



127

## Identifikationssysteme



128

## Anwendungsfelder

- ÖPNV inklusive Tickets
- Zugangskontrolle
- Logistik
- Diebstahlsicherungen
- Verzögerungsfreie Zeitmessung im Sport
- Bestandskontrolle in Supermärkten
- Elektronisches Bezahlen
- Abfallkontrolle
- Industrieautomatisierung
- Medizin
- Sichere Identifikation von Tieren

129

**DAS M.I.T.-MAGAZIN FÜR INNOVATION**  
**TECHNOLOGY**  
 REVIEW

### RFID-Technik geht unter der Haut

[30.11.2004 15:33]

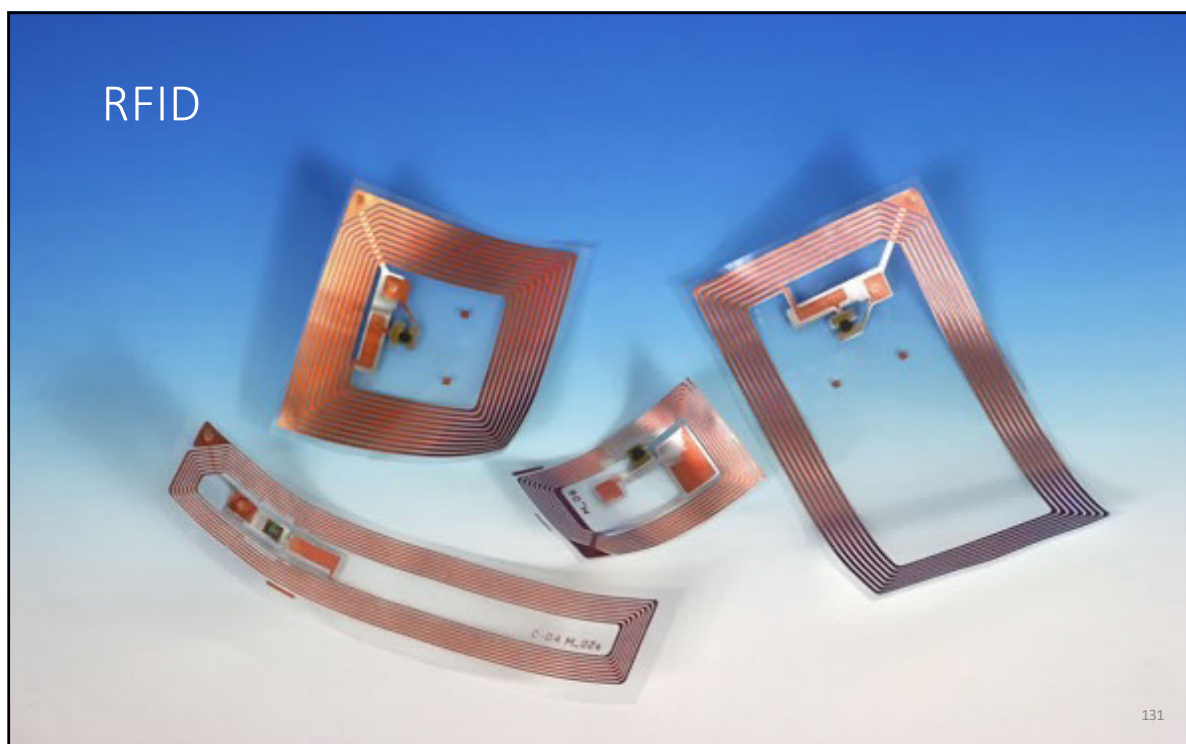
Man kann sich die Werbeanzeigen für ein schöneres Leben dank Chip-Implantat im Arm schon gut vorstellen: "Ohne Geld im Supermarkt? Kein Problem: Einmal kurz den Bizeps beugen und die lächelnde Kassiererin scannt den Arm - schon ist der RFID-Chip erkannt und der Einkauf bezahlt. Beim Bergsteigen im Urlaub umgekippt? Keine Angst - das Krankenhaus unten im Ort kümmert sich darum. Ein Scan des Arms und schon ist klar: Es war nur ein bisschen Höhenkrankheit. Keine Lust, den Schlüssel für das Bankschließfach durch die Gegend zu tragen? Winken Sie dem Bankangestellten einfach kurz zu, und schon öffnen sich alle Türen."

Der Mensch mit Chip-Implantat ist längst keine Science Fiction-Vision mehr. Im vergangenen Monat hat die US-Gesundheitsbehörde FDA nach zweijähriger Genehmigungsphase erstmals implantierbare Chips für medizinische Anwendungen erlaubt. Jeder dieser so genannten "Verichips" ist so groß wie ein Reiskorn und enthält eine eindeutige 16-stellige Codenummer. Verknüpft mit einer Datenbank können über diese ID dann diverse Datensätze abgefragt werden - von der virtuellen Krankenakte bis hin zur Finanzangelegenheiten.

Die Technik wird, wenig überraschend, bereits kontrovers diskutiert. Bürgerrechtsorganisationen sehen das Ende der Privatsphäre heraufziehen. Für religiöse Gruppierung ist es eine Technik des Teufels. Aber in Delray Beach, Florida, am Sitz des Verichip-Hersteller Applied Digital, denkt man, man habe eine Goldgrube entdeckt.

Die Verichip-Technik entstand wie so oft bei wissenschaftlichen Erfindungen vor allem durch Zufall. Vor 15 Jahren entwickelte ein Unternehmen namens Digital Angel implantierbare ID-Chips, um Haustiere und Vieh auffindbar zu machen. Die Idee setzte sich schnell durch: Im vergangenen Jahr wurden bereits 800.000 der Tier-Chips in den USA verkauft - zu Preisen zwischen 55 und 70 Dollar. Dies entspricht einem Wachstum von 30 Prozent im Vergleich zum Jahr 2002.

130

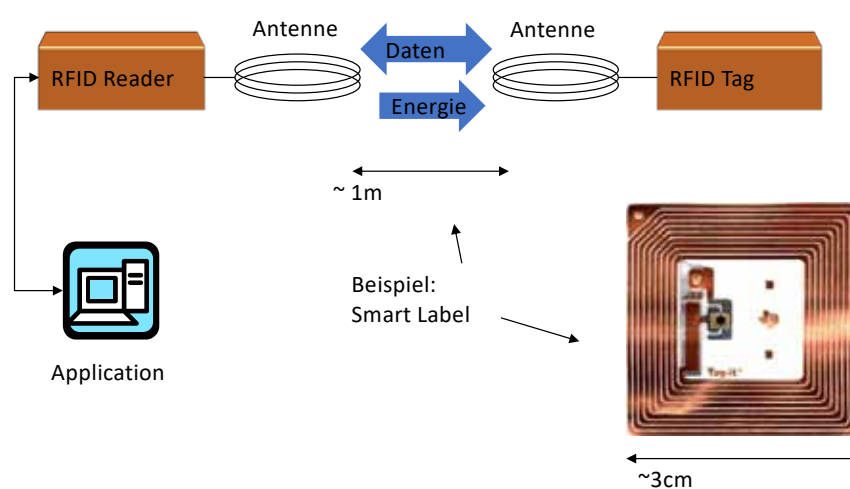


## Historisches

- 1940 Erkennung von Flugzeugen - Freund/Feind (Alliierte)
- 1960-70 Einsatz für Nuklearwaffen und Personal
- 1977 Freigabe für zivile Anwendungen
- 1979 Identifikation von Milchkühen (USA)
- 1984 Beginn der RFID-Serienproduktion
- 1988/89 Erste industrielle Anwendungen
  - Zugangskontrollen, bargeldloser Zahlungsverkehr, Skipässe, Tankkarten etc.
- 1990/99 Erste nicht-industrielle Anwendungen
  - Zeitmessung bei Sportveranstaltungen, z. B. bei Lauf- und Radmarathons oder Triathlons
- 2000/01 RFID ist weltweit größter Wachstumsmarkt (besonders in der Logistik)
- 2002/03 Einsatz in der Konsumgüterindustrie
  - Procter&Gamble, Gillette, Benetton, Wal-Mart, Metro („Future Store“)
- 2006 Einsatz von RFID-Eintrittskarten bei der Fußball-WM 2006 in Deutschland

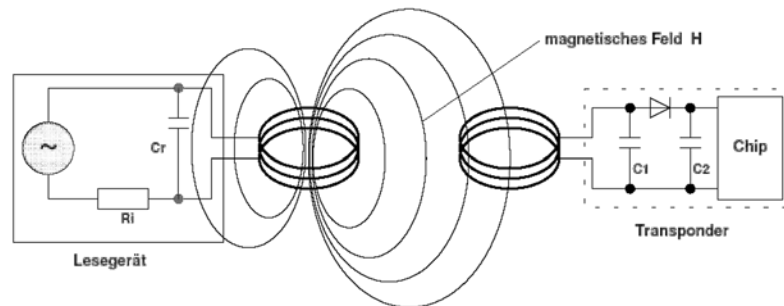
132

## Komponenten eines RFID-Systems



133

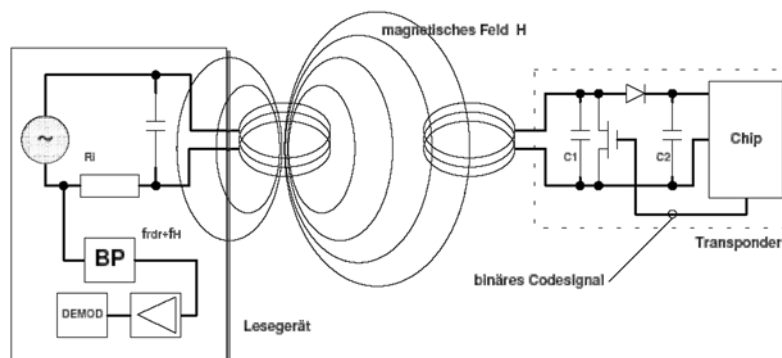
## Induktive Kopplung als Stromversorgung



- Magnetfeld des Readers induziert Strom in der Antenne des Tags
  - Transformator mit "viel Luft dazwischen"
- Kondensatoren für den Oszillationskreis kann 10µm dicke Folie sein
- Leistungsverlust mind. mit der 3ten Wurzel über den Abstand
  - 10mW bei 1 cm Abstand (close coupling)
  - 100µW bei 10 cm Abstand

134

## Induktive Kopplung zur Kommunikation



- Tag-Antenne absorbiert Energie aus dem Magnetfeld
- Veränderungen im Widerstand der Tag-Antenne führen zu Spannungsänderungen beim Reader

135



## Lesetechniken

- Wellenreflektion vom Tag zum Reader (Backscatter)
- Tag beeinflusst durch "Last" das Reader-Feld (Load Modulation)
- Tag antwortet mit einer zweiten Frequenz
  - Subharmonisch ( $1/n$ -fache der Reader-Frequenz)
  - Harmonisch ( $n$ -fache der Reader-Frequenz)

136

## Technische Aspekte

- Datenvolumen
  - Wenige Bytes bis mehrere Kilobytes
  - Spezielle 1 Bit Tags
    - Nur 2 Zustände: Tag da oder nicht da
    - Zum Beispiel Diebstahlsicherung im Kaufhaus
- Kommunikationsprinzip
  - Hängt eng mit der Art der Stromversorgung zusammen
  - Voll-Duplex und Halb-Duplex
    - Tag sendet während der Energieaufnahme
    - Erkennen schwacher Signale von Tag
  - Sequentiell
    - Tag sendet während Reader passiv ist
    - Tag benötigt Stützkondensator oder Batterie

137

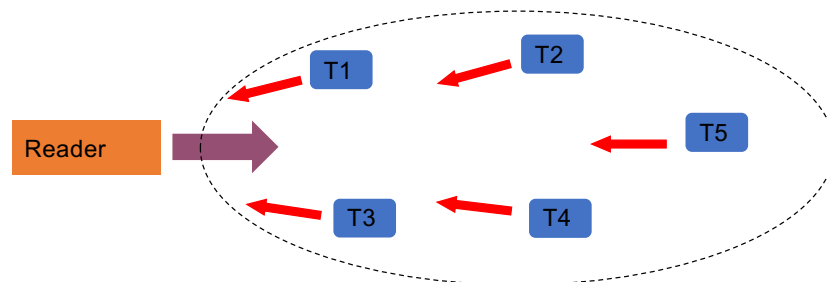
## Frequenzeigenschaften

- Dämpfung durch Wasser und nichtleitende Stoffe nimmt mit der Sendefrequenz zu
  - 100 kHz Sendefrequenz hat im Vergleich zu 1 GHz eine 100000 mal niedrigere Dämpfung
- Beispiel Bolus
  - Identifikation von Rindern
  - Tag befindet sich im Vormagen
  - Kann bei Frequenzen unter 135 kHz von außen angesprochen werden



## Kollisionsproblem

- Reader-Broadcast erreicht alle Tags in Reichweite



- Alle Tags antworten gleichzeitig
  - Interferenzen können Antworten unbrauchbar machen
  - Tags zu einfach für komplexe Kollisionsvermeidung

139

## Binäre Suche

- Reader kann Kollisionen erkennen
  - Abhängig von der gewählten Kodierung
- Annahme, jedes Tag hat eindeutige ID
- Tags antworten bitweise synchron
  - Identische Bits = Keine Kollision
  - Ungleiche Bits = Reader erkennt Kollision
    - Es verbergen sich mehrere Tags dahinter
- Ausschlußprinzip
  - Bestimmte Tags sollen in nachfolgenden Anfragen schweigen
- Identifikation max. in der Länge der ID

140

