

# Vorlesung Internet of Everything Wintersemester 2017/18

**Prof. Dr. Martina Zitterbart**

Sebastian Friebe, Tim Gerhard, Hauke Heseding, Markus Jung, Valentin Kautz

[zitterbart | sebastian.friebe | tim.gerhard | hauke.heseding | markus.jung | valentin.kautz]@kit.edu

Institut für Telematik, Prof. Zitterbart



© Peter Baumung

# Vorlesung Internet of Everything Wintersemester 2017/18

## 1. Einleitung

Institut für Telematik, Prof. Zitterbart



© Peter Baumung

# Das Team der Vorlesung

- Prof. Dr. Martina Zitterbart



- Dipl.-Inform. Hauke Heseding



- Sebastian Friebe, M.Sc



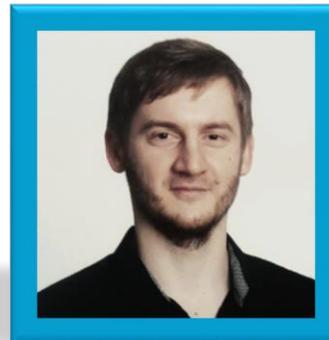
- Tim Gerhard, M.Sc



- Markus Jung, M.Sc



- Valentin Kautz, M.Sc

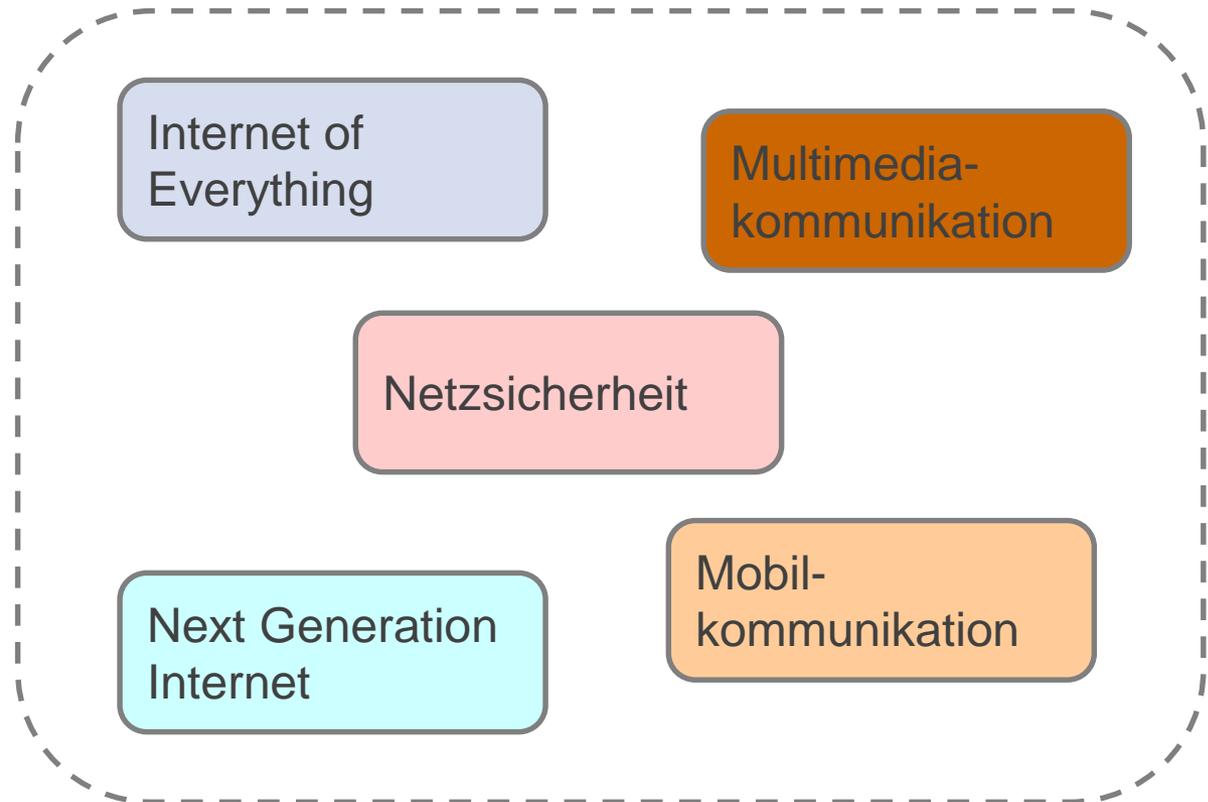


An früheren Versionen waren außerdem beteiligt:

- Ingmar Baumgart
- Denise Dudek
- Sören Finster
- Martin Florian
- Christian Haas
- Anton Hergenröder
- Jens Horneber

# Danke!

# Unsere Vorlesungen im Überblick



Stammmodul  
Telematik

Einführung in  
Rechnernetze

# Unsere Praktika/Seminare im Überblick

## ■ Bachelor

### Proseminar

Moderne  
Kommunikations-  
systeme

### Basispraktikum

Protocol  
Engineering

Praxis der  
Softwareentwicklung

## ■ Master

### Seminar

Hot Topics in  
Networking

### Praktikum

Praxis der Telematik

### Projektpraktikum

Softwarebasierte Netze

Praxis der Forschung

# Studienprofil „Internet und Gesellschaft“

## ■ Studienprofile

- Zertifikate über im Profil erworbene besondere Kenntnisse
- Erhalt durch absolvieren ausgewählter Veranstaltungen

## ■ Studienprofil „Internet und Gesellschaft“

- Interdisziplinär aufgestellt
  - Technologische Grundlagen des Internets
  - Kompetenzen aus den Bereichen Philosophie, Rechtswissenschaften und Soziologie



## ■ Leitfragen

- Welche Auswirkungen haben Internettechnologien auf die Gesellschaft?
- Welche gesellschaftlichen Aspekte können und sollten bei der Erforschung und Entwicklung von Internettechnologien berücksichtigt werden?

# Studienprofil „Internet und Gesellschaft“

## ■ Struktur

„Internet und Gesellschaft“

25 LP

Informatik-  
Vorlesungen im  
Kontext Internet

18 LP

Ergänzungsfach  
„Gesellschaft-  
liche Aspekte“

6 LP

Ausgewählte  
Schlüssel-  
qualifikationen

30 LP

Masterarbeit  
im Kontext Internet  
(und Gesellschaft)

## ■ WS 17/18

- Veranstaltungen noch nicht im Modulhandbuch
- Beratung in Sprechstunde
  - Freitags 11:00 – 12:00 Uhr
  - Valentin Kautz (Geb. 20.20 Raum 357)



## ■ ... bisher KASTEL-Zertifikat

- Ausgewählte Lehrveranstaltungen
  - Z.B. Netzsicherheit, Internet of Everything
  - Überblick: <http://www.kastel.kit.edu/zertifikat.php>
- Masterarbeit im Kontext IT-Sicherheit
- Ansprechpartner: Dr. Geiselman, Prof. Dr. Müller-Quade

## ■ KASTEL

- Kompetenzzentrum für **angewandte Sicherheitstechnologie** am KIT
- **Kooperation mehrerer Lehrstühle** der Informatik, Rechtswissenschaften und Wirtschaftswissenschaften
  - Aus der Telematik beteiligt: Prof. Dr. Hartenstein, Prof. Dr. Zitterbart

## ■ Mehr Information

- Web <https://kastel.kit.edu>
- Mailing-Liste **KASTEL-Announce**
  - Anmeldung und Archiv:

<https://lists.ira.uni-karlsruhe.de/mailman/listinfo/kastel-announce>



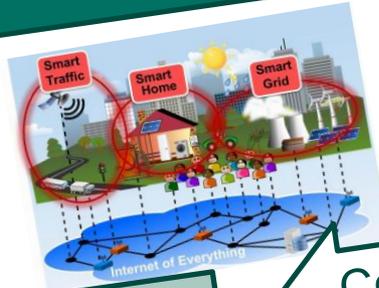
# Selbst aktiv werden?

- Weiterführendes Interesse an der Telematik? Z.B. als
  - Hiwi
  - Praxis der Forschung
  - Bachelor-/Masterarbeiter
  - Doktorand
  - ...



- Wir stehen Ihnen gerne als Ansprechpartner zur Verfügung
- Schauen Sie doch einfach mal am Institut vorbei!
  - Informatikgebäude am Schloss (Geb. 20.20), 3. Stock

# Internet of Things, Internet of Everything, Industry 4.0 ...



Prof. Zitterbart

Complementary  
lectures

Prof. Kröger

- Protocols and architectures for resource-constrained distributed systems
- Security and privacy in smart environments

- Distributed real-time systems
- Software and physical safety
- Security and privacy for robots and machines
- Machine learning and big data for robots and machines

Smart Home   Smart Traffic   Smart Grid   Smart Factory   Production & manufacturing   Robotics  
Cyber Physical Systems   Autonomous vehicles & logistics

# Prüfungstermine

## ■ Prüfung

- Derzeit mündliche Prüfungen

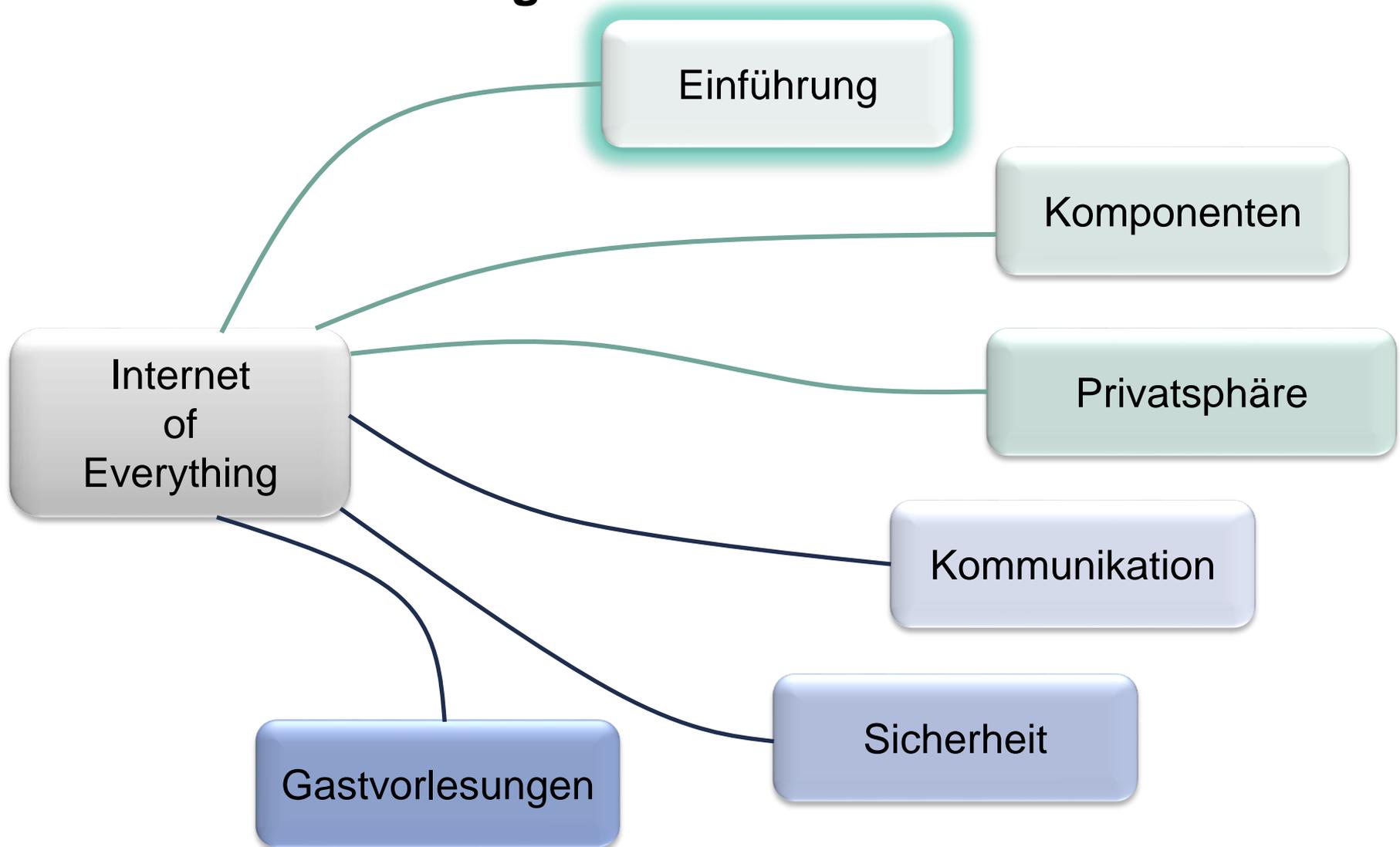
## ■ Prüfungstermine

- Konkrete Termine
  - Auf den Webseiten (<http://tm.kit.edu/lehre/termine>)
  - Im Sekretariat erfragen

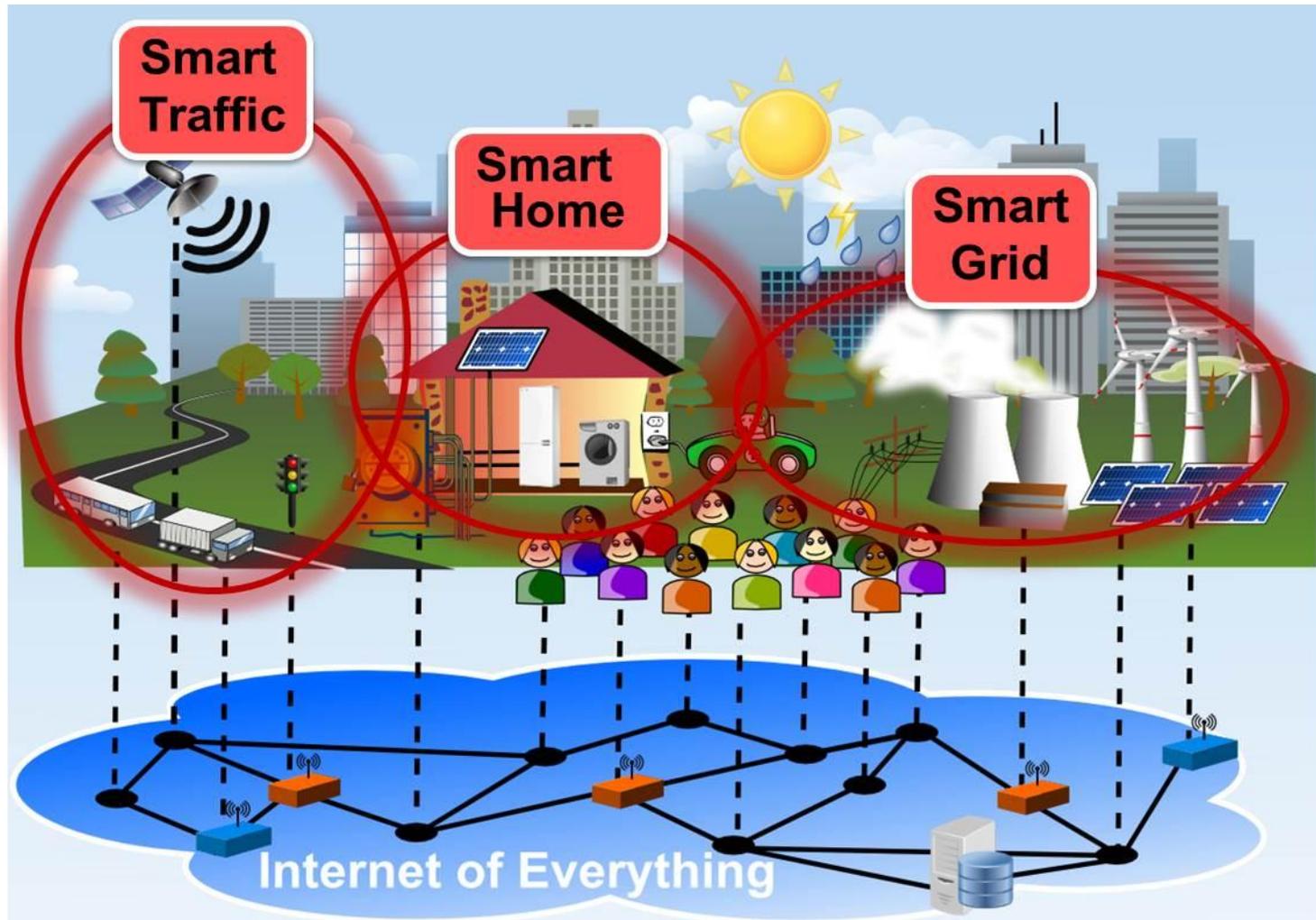
## ■ Anmeldung zu Prüfungen

- Im Sekretariat von Prof. Zitterbart bei Frau Natzberg, Informatikgebäude am Schloss (Geb. 20.20), Raum 360, Tel.: 608-46411, Email: [telematics@tm.kit.edu](mailto:telematics@tm.kit.edu)
- Für die Prüfungen bitte die jeweils für Ihren Studiengang gültigen Prüfungsregelungen beachten

# Inhalte der Vorlesung

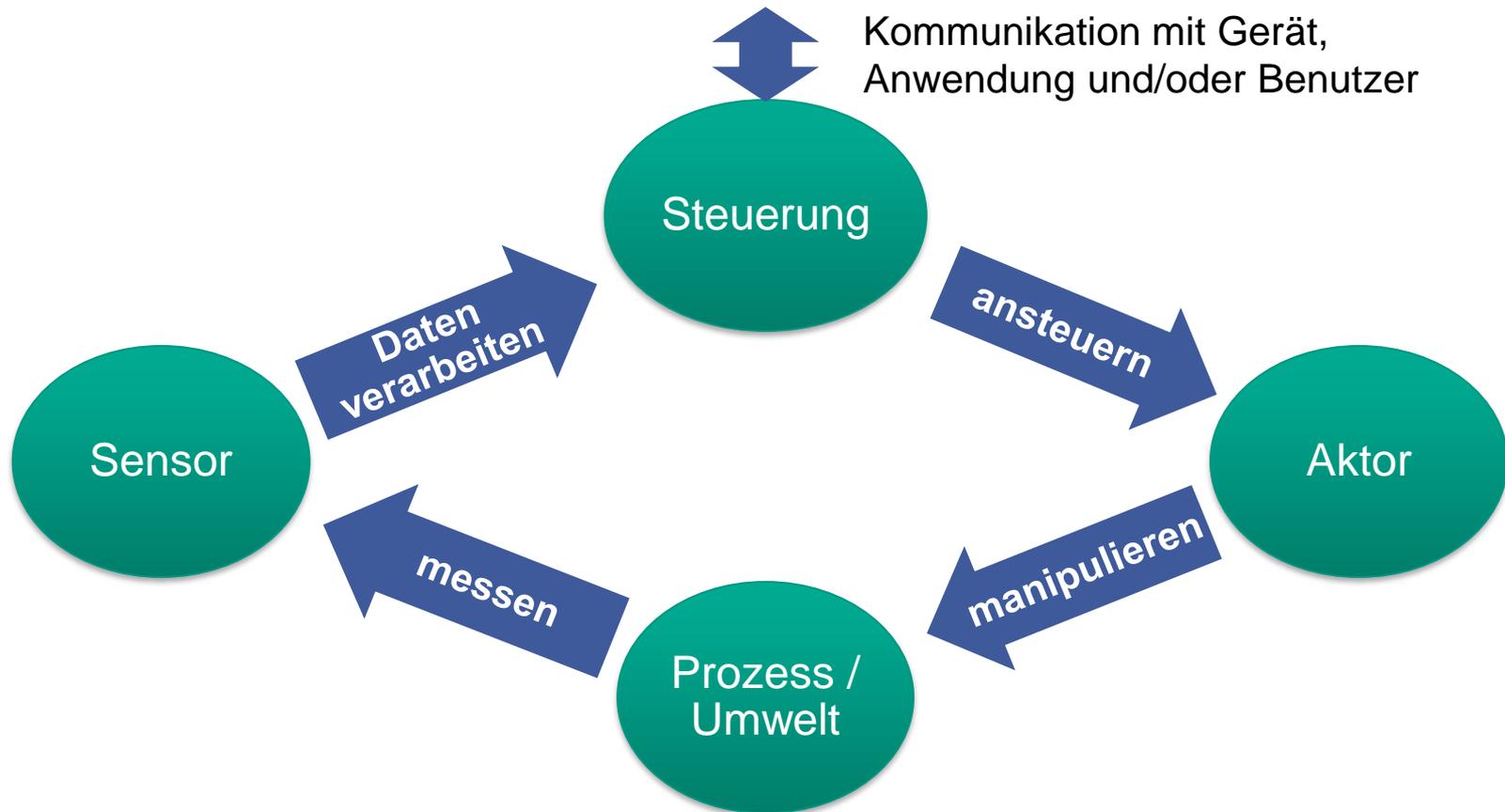


# Perspektive Internet of Everything



# Wichtige Komponenten: Sensoren / Aktoren

- Schnittstelle zwischen digitaler und physikalischer Welt



→ **Vernetzung** der Sensoren/Aktoren

# The Computer for the 21st Century

- Wegweisender Beitrag zum **Internet der Dinge**
  - von **Mark Weiser** im Scientific American, 1991



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

- Wichtige Aspekte
  - **Location:** Computer wissen nicht wo sie sind
  - **Scale:** Größe muss zur Aufgabe passen
- Hunderte Computer in einem Raum
  - sind vernetzt und interagieren miteinander

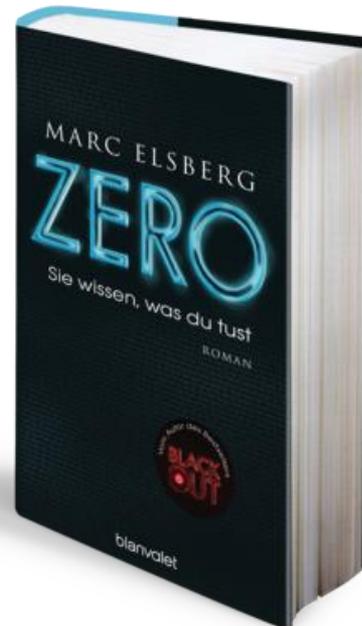


# Technologies that disappear ...

## GLASS



## Lifelogging-Armband



## Smart Watch



# Smart Watches

## ■ Einsatzbereich

- Komfortable und geräteübergreifende Darstellung von Informationen z.B. des Smartphones
- Telefonie, Internet, Allgegenwärtige Kommunikation, Persönliche Assistenz
- Medizinische Unterstützung z.B. Sturzerkennung, Erinnerung an Medikamente




[sony]




[samsung]




[apple]




[pebble]

# Smart Watches

- Bluetooth Low Energy, USB
- Display (320 x 320 Pixel)
- 1,2 GHz CPU
- 512 MB RAM
- Sensoren: Beschleunigung, Gyroskop, Puls
- Akkulaufzeit ~ 1 Tag
- Gewicht: 59g



[sony]



[samsung]



[apple]

- Bluetooth Low Energy
- Display (144 x 168 Pixel)
- Vibrationsmotor
- 3-Achsen Beschleunigungssensor



[pebble]

# Lifelogging

## ■ Typische Merkmale

- **Aufzeichnen** von persönlichem Verhalten, Aktivitätsdaten und Vitalwerten
- **Datenfusion** aus unterschiedlichen Sensorquellen
- Smartphone- und Cloud-**Anbindung**, Apps mit Zusatzfunktionen
- Löschen von unerwünschten Erfahrungen und Daten oft nur händisch oder nicht vorgesehen



## ■ Beispiel *Autographer*

Kamera macht automatisch Bilder wenn Sensoren günstigen Zeitpunkt ermitteln

- Sensorik: Beschleunigung, Temperatur, Bewegungsdetektor (Infrarot), Magnetometer, Licht/Farbsensor
- Verknüpfung mit Positionsdaten (GPS)
- ca. 240 Bilder/h



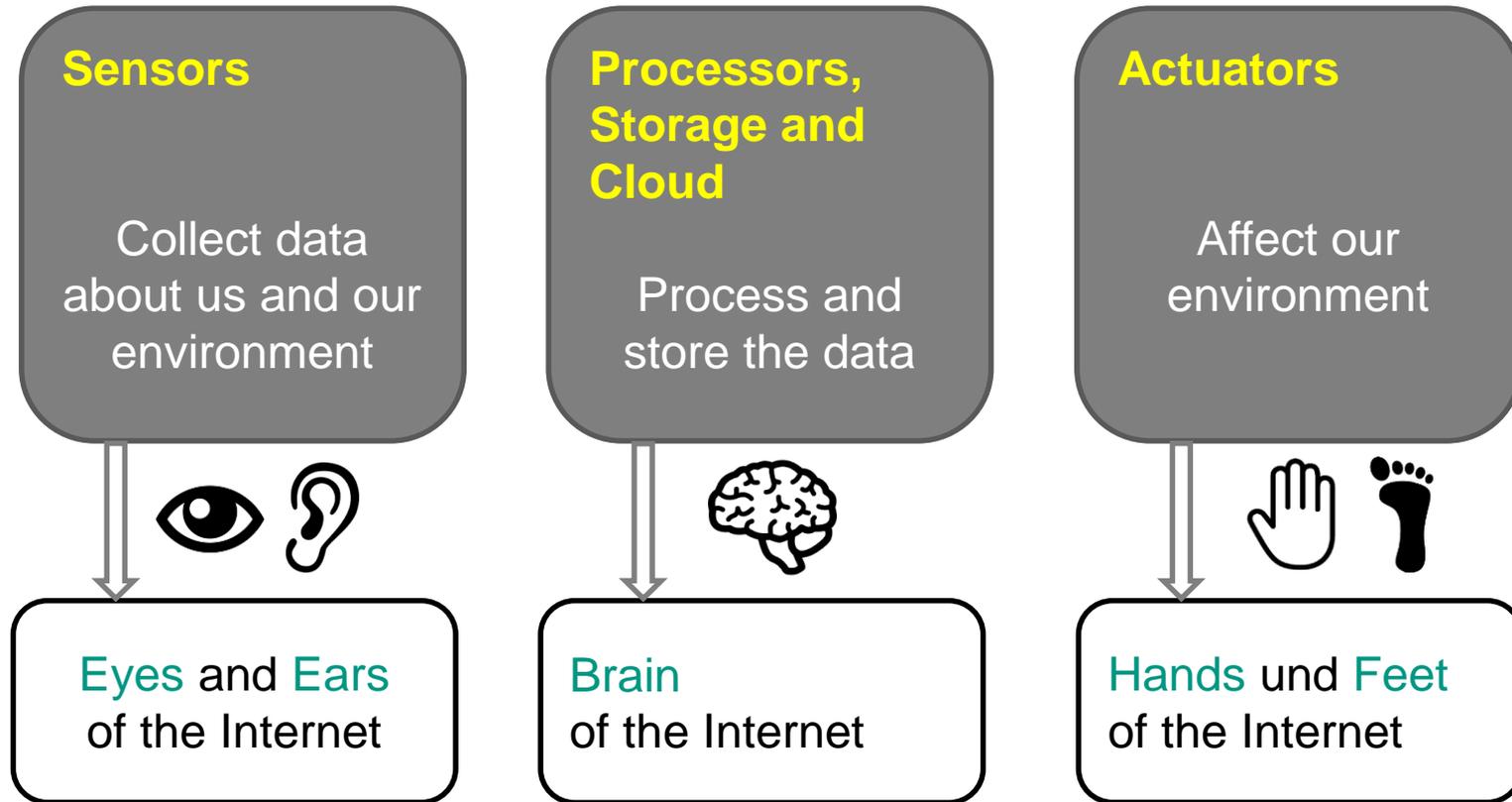
[autographer]

# Sprachassistenten

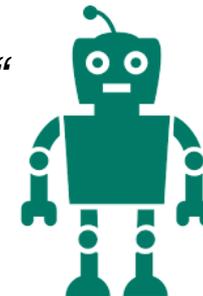
- Intelligenter persönlicher Assistent
  - Künstliche Intelligenz mit Sprachsteuerung
  - Schnittstelle zum Smart Home
  - Beispiele: Alexa (Amazon), Siri (Apple), Assistant (Google), Cortana (Microsoft), ...
  
- ... mit Augen und Ohren
  - Mikrofon normalerweise immer aktiv
  - Spracherkennung und Intelligenz in der Cloud
    - Ausgelöst durch lokal erkanntes Signalwort
  - Zusätzliche Möglichkeiten durch Kameras
    - Amazon Echo Look bewertet Kleidungsstil
  
- Aufzeichnungen werden in Cloud gespeichert
  - Speicherdauer? Weitere Nutzung?



# Internet of Things == Robots



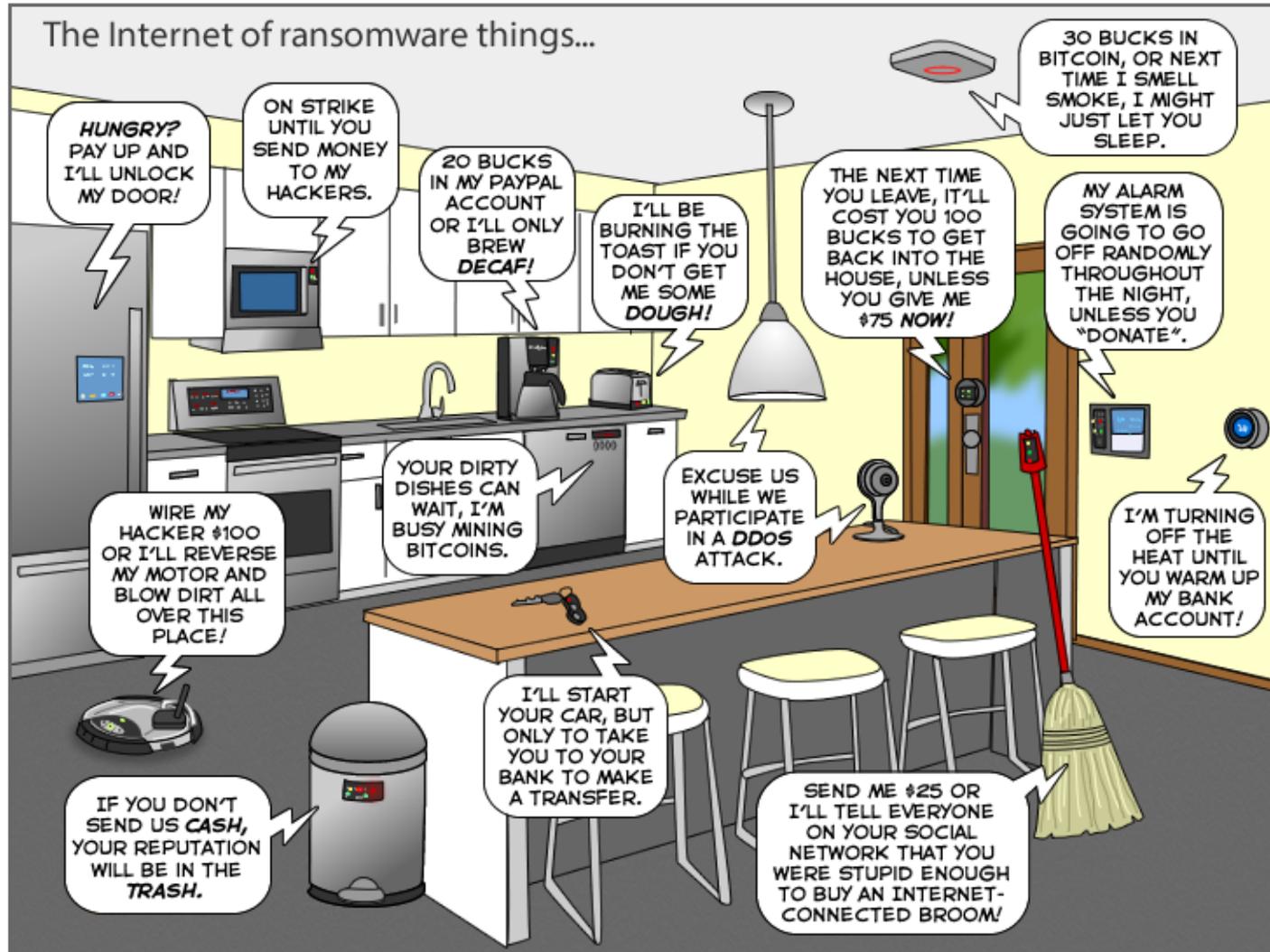
- „We build an Internet that senses, thinks, and acts“  
→ classical definition of a robot!
- „We ´re building a world-size robot,  
and we don´t even realize it“



[Schn17]

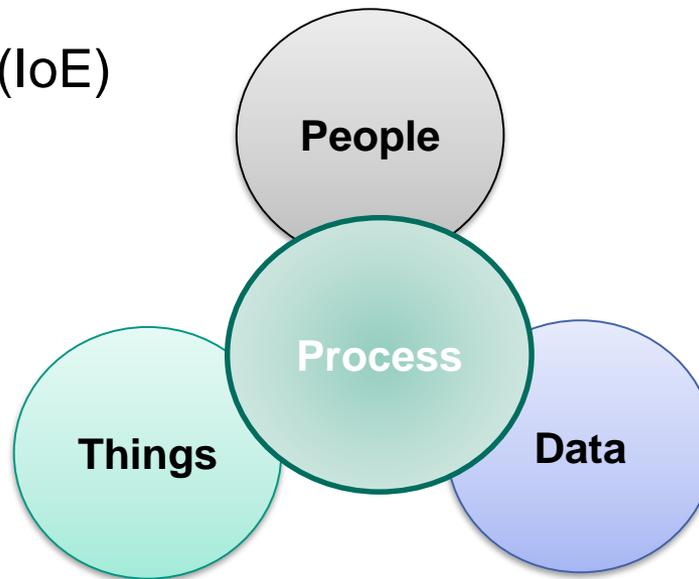
# Schöne Aussichten?

The Joy of Tech™ by Nitrozac & Snaggy



# Internet of Everything

- Schätzung von Cisco für 2020
  - Anzahl der im Internet verbundenen Geräte/Dinge übersteigt die menschliche Bevölkerung um das **6-fache**
- Internet of Everything (IoE)



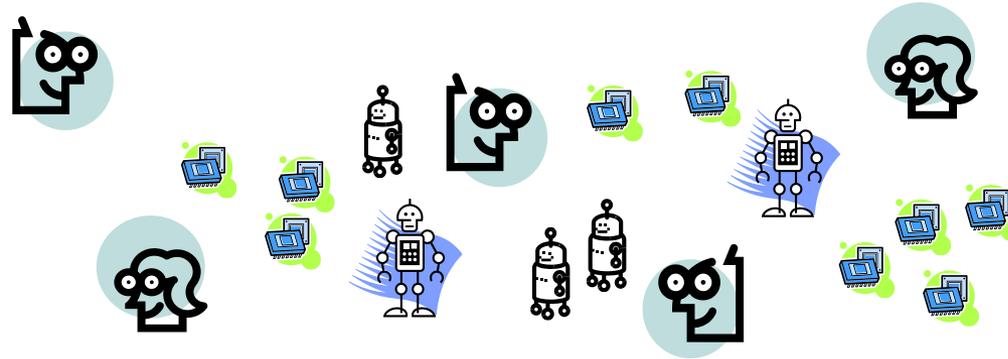
„ ...a network of networks where billions of connections create unprecedented **opportunities** as well as **new risks**. ...”



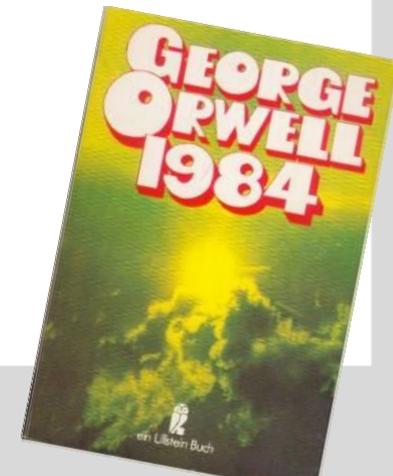


# IoE ... den Menschen nicht vergessen

- ... umgeben vom und Teil des Internet of Everything (IoE)

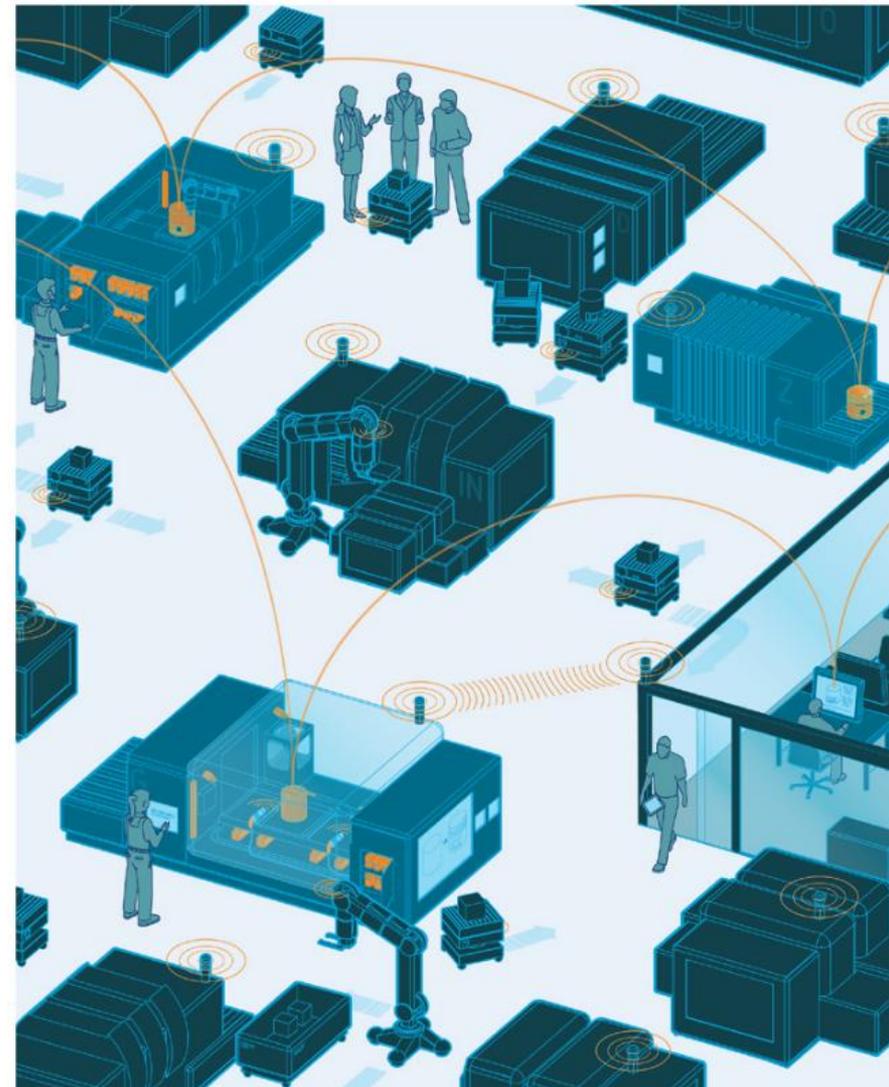


- **Zielvorstellung:** Erhöhung der Lebensqualität
  - ... in einer zunehmend Technik geprägten, vernetzten Umgebung
- **Aber:** Ubiquitäres Monitoring
  - Sammeln und Auswerten von Daten



# Industrie 4.0 und das IoE

- Industrie 4.0 ist Teil des IoE
  - *Industrial Internet of Things*
- Umfassende Vernetzung
  - Entlang von Lieferketten
  - Innerhalb von **Smart Factories**
    - Zwischen Maschinen, Werkstücken und anderen Systemen
  - Mit Maschinenherstellern und externen Dienstleistern
    - Beispiel: Monitoring & Wartung
- **Spezielle Anforderungen**
  - Betriebssicherheit (Safety)
  - Echtzeitgarantien
  - ...



# IoE im Alltag

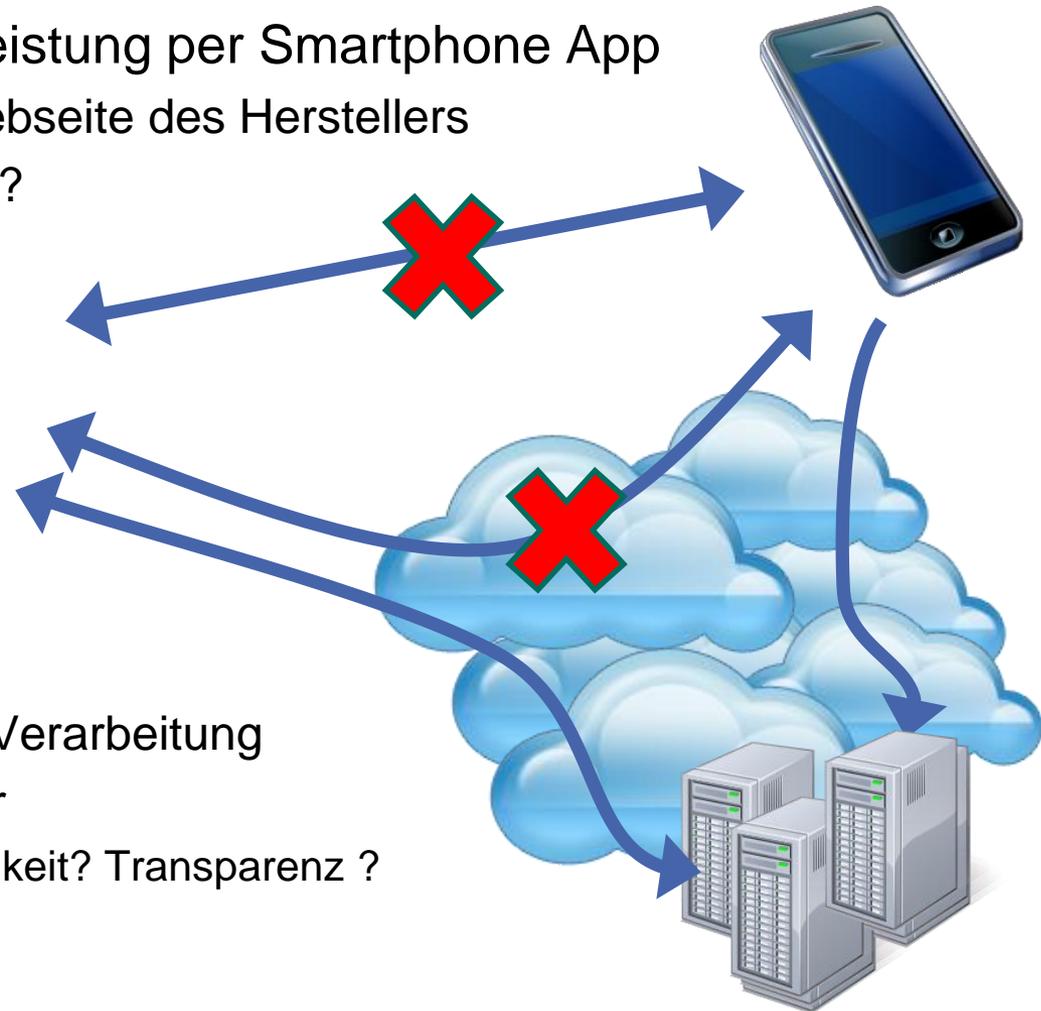
# IoE im Alltag: Die intelligente Toilette

- Fernsteuerung per Smartphone (Bluetooth)
  - Abspielen von Musik über integr. Lautsprecher
  - Einstellen von Wassermenge, Wasserdruck und Wassertemperatur für Bidet
  - Spülung, Vorheizen, Anheben/Senken des Deckels
  - Statistiken über Wasser- und Stromverbrauch
  - WC Tagebuch (Nutzungsstatistiken)
  
- Privatsphäre
  - Wer hat Zugang zu diesen Informationen?
  
- Sicherheit
  - Wer kann die Toilette steuern?
  - Zugangscod **0000**
    - Nachbar kann meine Toilette steuern ???



# IoE im Alltag: Lifelogging-Armband

- Kontrolle der sportlichen Leistung per Smartphone App
  - Alternativ häufig auch Webseite des Herstellers
  - Technische Realisierung ?



- Häufig Speicherung und Verarbeitung der Daten beim Hersteller
  - Privatsphäre? Abhängigkeit? Transparenz ?

Server des Herstellers

# IoE im Alltag: internetfähige Wetterstation netatmo

- Netatmo: Die Wetterstation für ihr Smartphone
  - „Cloud“-Speicherung von aufgezeichneten Daten (alle 5 Minuten) inklusive
  - Voraussetzung: WiFi-Router und Internetzugang



# Aufgezeichnete Daten



Innentemperatur



Luftfeuchtigkeit  
innen



Luftqualität  
innen



CO<sub>2</sub>



Geräuschpegel

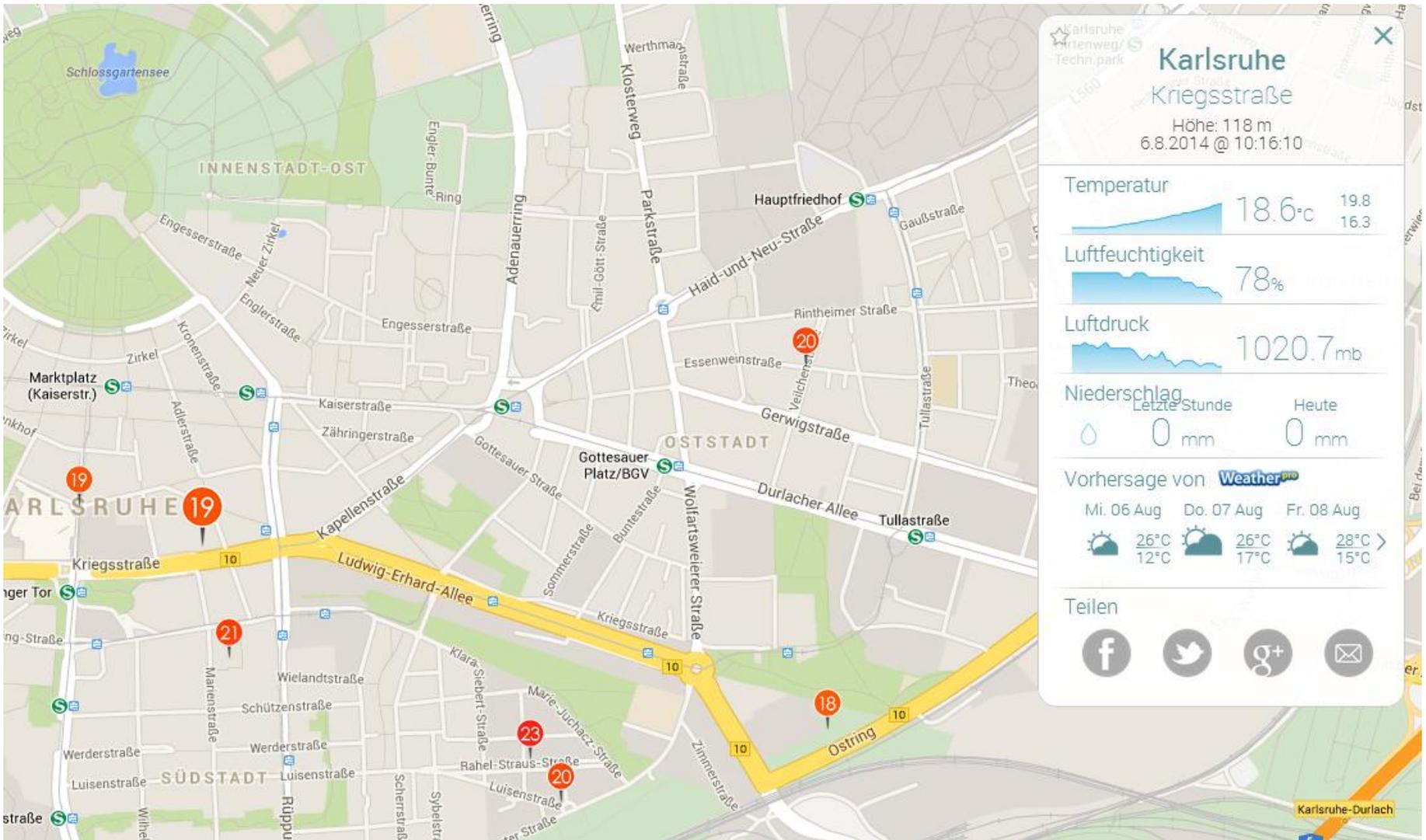


[netatmo]

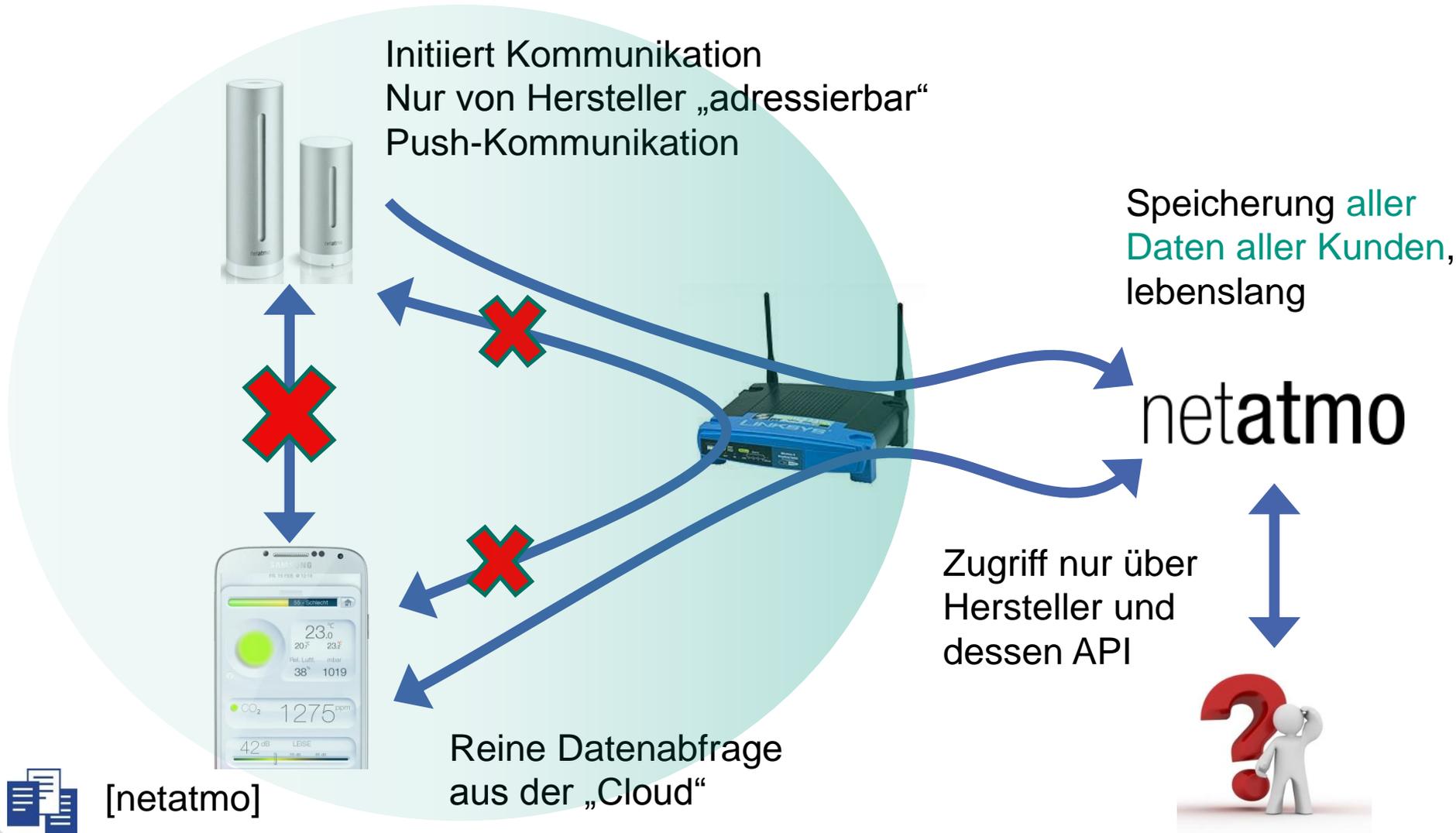
# Netatmo Weathermap



[netatmo]



# Technische Aspekte: Datenfluss



# Mehrwert für netatmo

- Verkauf teurer Geräte
- Verkauf teurer Zusatzgeräte
  - Weitere Sensoreinheiten
    - Regenmesser
  - An Wetterstation angebundene Heizungsregelung
  - ...praktisch keine Drittanbieter
- Verkauf der Daten
  - Bekannt: Partnerschaft mit WeatherPro, einem Wettervorhersage-Dienst
  - Publicity: WM, welches Land hatte die lautesten Wohnzimmer
- Wodurch am meisten verdient wird ist unklar
  - Ist der Anbieter ein **Gerätehersteller** oder **Datenhändler**?

# Mehrwert für den Kunden

- Genaue Wetterinformationen aus dem eigenen Garten und Haushalt
  - Diese Daten selbst verwenden?

## direct access to netatmo devices

by [frankiko](#) » Mon Nov 26, 2012 7:55 pm

Hi,  
is it possible or planned to read the last value (temperature and humidity) directly from the devices?  
This is something I need for my home automation system. And in this case this should be really reliable.  
Frank

## Re: direct access to netatmo devices

by [wblink](#) » Sat May 03, 2014 2:26 pm

I am using WeatherDisplay with DAVIS gear. Expensive, but good!  
I also would like to see NETATMO share with other sources, but I don't think this will happen.

The info itself (that we ALL USERS) provide is THE income source for NETATMO: all your weatherinfo from the modules is broadcasted to NETATMO :  
WeatherPro is a payed util with info from us.

Willem.

- Ohne Mitwirken von Netatmo sind die Geräte nutzlos!

# Dürfen die das?

## ■ Aus den Geschäftsbedingungen

3.1 The User Generated Content (the 'UGC') is **all types** of information and material [...] that you publish, display, upload, disclose, transmit, store, share or otherwise make available ("post") on or through the Services or the use of your Product. This includes **all data transmitted by your Netatmo Product**.

3.2 [...], you hereby grant to Netatmo a perpetual, irrevocable, non-exclusive, worldwide, royalty-free license, with the right to sublicense, [...], any of your UGC. You hereby **waive any rights of publicity and privacy** with respect to the UGC **and any other legal or moral rights** that might preclude Netatmo's use of the UGC or require your permission for Netatmo to use the UGC

8.1 IN NO EVENT SHALL ANY NETATMO PARTY BE LIABLE FOR ANY DAMAGES WHATSOEVER [...] ARISING OUT OF THE USE **OR INABILITY TO USE** OF THE SERVICES AND THEIR CONTENT



# Mehr netatmo

## Raumklimaüberwachung



FEUCHTIGKEIT



LUFTQUALITÄT



LÄRM



TEMPERATUR



## Sicherheitskamera mit Gesichtserkennung

MON  
24  
OCT

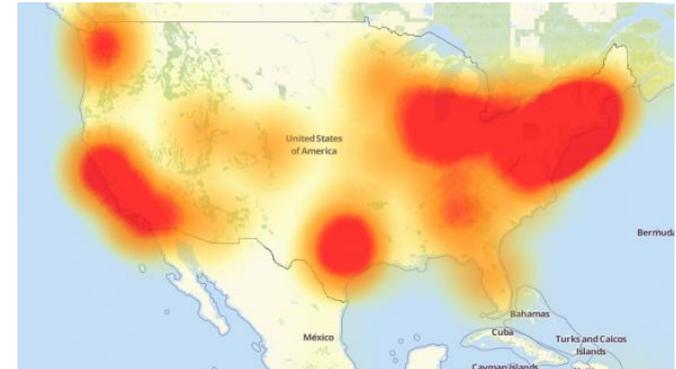
	Mama gesehen	7:02 PM
	Unbekannte Person gesehen	5:51 PM
	Tom gesehen	5:32 PM
	Lily gesehen	5:32 PM
	Tom gesehen	4:07 PM
	Lily gesehen	4:07 PM



[netatmo]

# Things Attack the Internet!

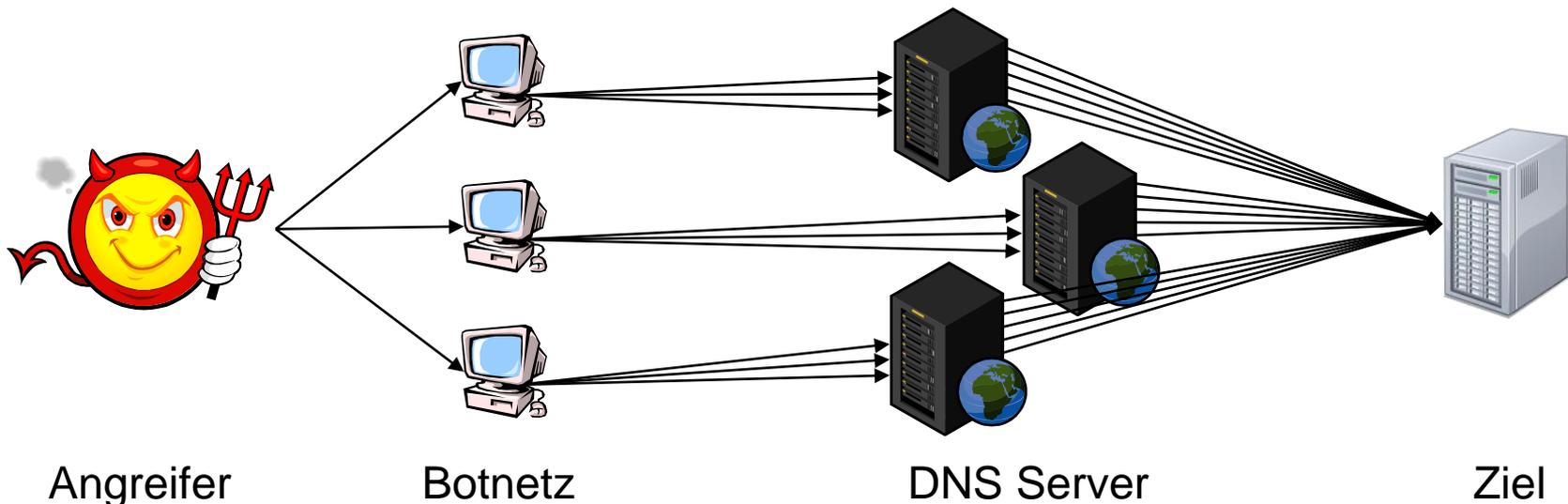
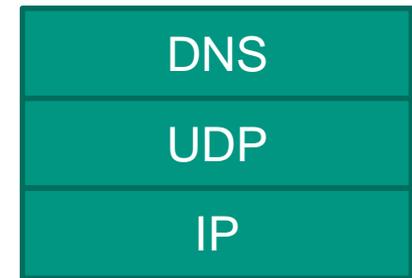
- 21.10.2016:  [krebsDyn]
  - DDoS-Angriff auf DynDNS
    - Dienste wie Twitter, Paypal, Netflix und Spotify für Stunden nicht oder nur schlecht erreichbar
- 20.09.2016:  [krebsDDoS]
  - DDoS-Angriff auf KrebsOnSecurity.com
    - ca. 620 Gigabit/s
- Ab 18.09.2016:  [heiseOVH]
  - DDoS-Angriff auf den Hoster OVH
    - Größter beobachteter Angriff in der Internetgeschichte, ca. 1,1 Terabit/s
    - >180000 verschiedene Geräte
- Direkte DDoS-Angriffe ausgehend von IP-Kameras und Videorecordern

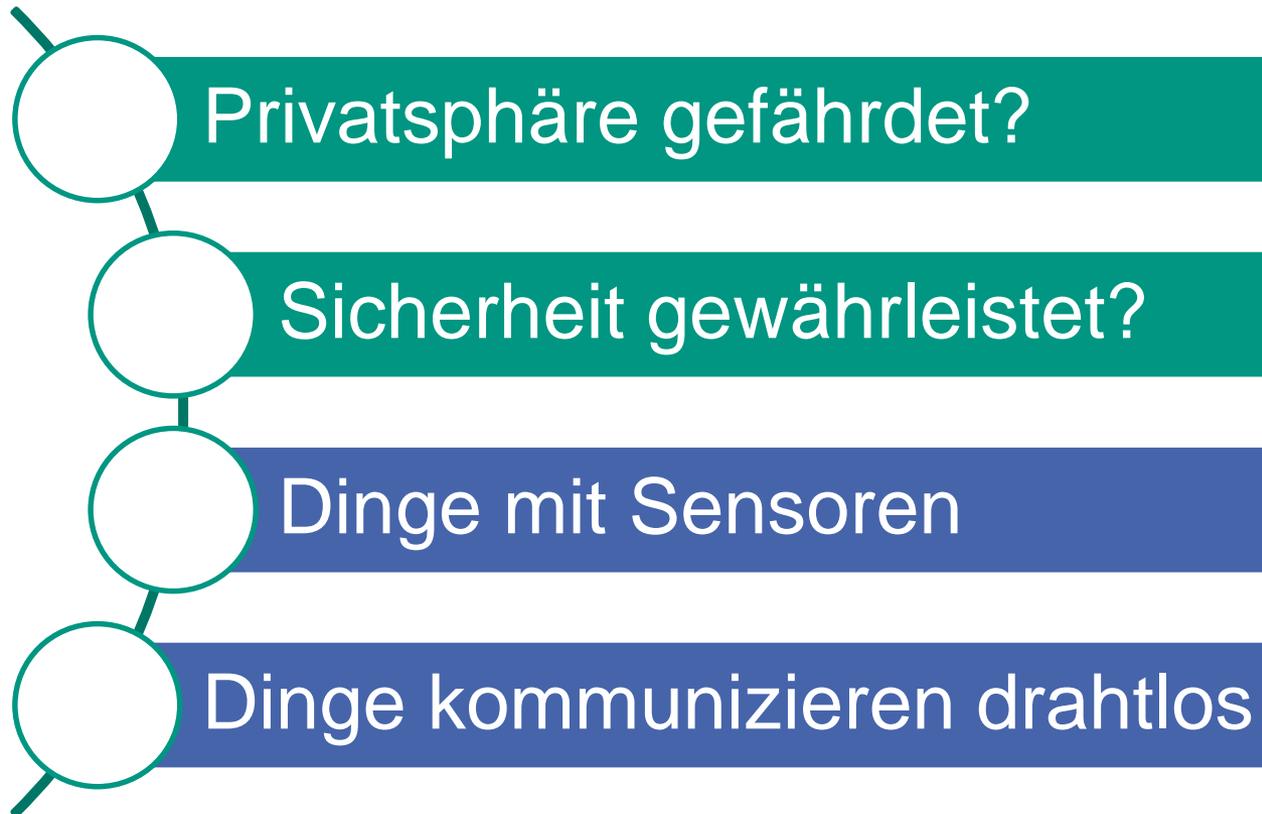


Time	Protocol	Attack Rate	Target Rate
Sep 18 10:49:12	tcp_ack	20Mpps	232Gbps
Sep 18 10:58:32	tcp_ack	15Mpps	173Gbps
Sep 18 11:17:02	tcp_ack	19Mpps	224Gbps
Sep 18 11:44:17	tcp_ack	19Mpps	227Gbps
Sep 18 19:05:47	tcp_ack	66Mpps	735Gbps
Sep 18 20:49:27	tcp_ack	81Mpps	360Gbps
Sep 18 22:43:32	tcp_ack	11Mpps	136Gbps
Sep 18 22:44:17	tcp_ack	38Mpps	442Gbps
Sep 19 10:13:57	tcp_ack	10Mpps	117Gbps
Sep 19 11:53:57	tcp_ack	13Mpps	159Gbps
Sep 19 11:54:42	tcp_ack	52Mpps	607Gbps
Sep 19 22:51:57	tcp_ack	10Mpps	115Gbps
Sep 20 01:40:02	tcp_ack	22Mpps	191Gbps
Sep 20 01:40:47	tcp_ack	93Mpps	799Gbps
Sep 20 01:50:07	tcp_ack	14Mpps	124Gbps
Sep 20 01:50:32	tcp_ack	72Mpps	615Gbps
Sep 20 03:12:12	tcp_ack	49Mpps	419Gbps
Sep 20 11:57:07	tcp_ack	15Mpps	178Gbps
Sep 20 11:58:02	tcp_ack	60Mpps	698Gbps
Sep 20 12:31:12	tcp_ack	17Mpps	201Gbps
Sep 20 12:32:22	tcp_ack	50Mpps	587Gbps
Sep 20 12:47:02	tcp_ack	18Mpps	210Gbps
Sep 20 12:48:17	tcp_ack	49Mpps	572Gbps
Sep 21 05:09:42	tcp_ack	32Mpps	144Gbps
Sep 21 20:21:37	tcp_ack	22Mpps	122Gbps
Sep 22 00:50:57	tcp_ack	16Mpps	191Gbps

# Exkurs: Amplification Attacks

- Ziel: Schlagkraft des Angreifers verstärken
  - Direkte Angriffe durch Botnetze sind vergleichsweise schwach
- Beispiel DNS Amplification
  - Anfrage an DNS Server: 36 Bytes
    - DNS nutzt UDP → Absender kann gefälscht werden
  - Antwort 3000 Bytes an Empfänger nach Wahl
  - 80-fach höhere Datenmenge!

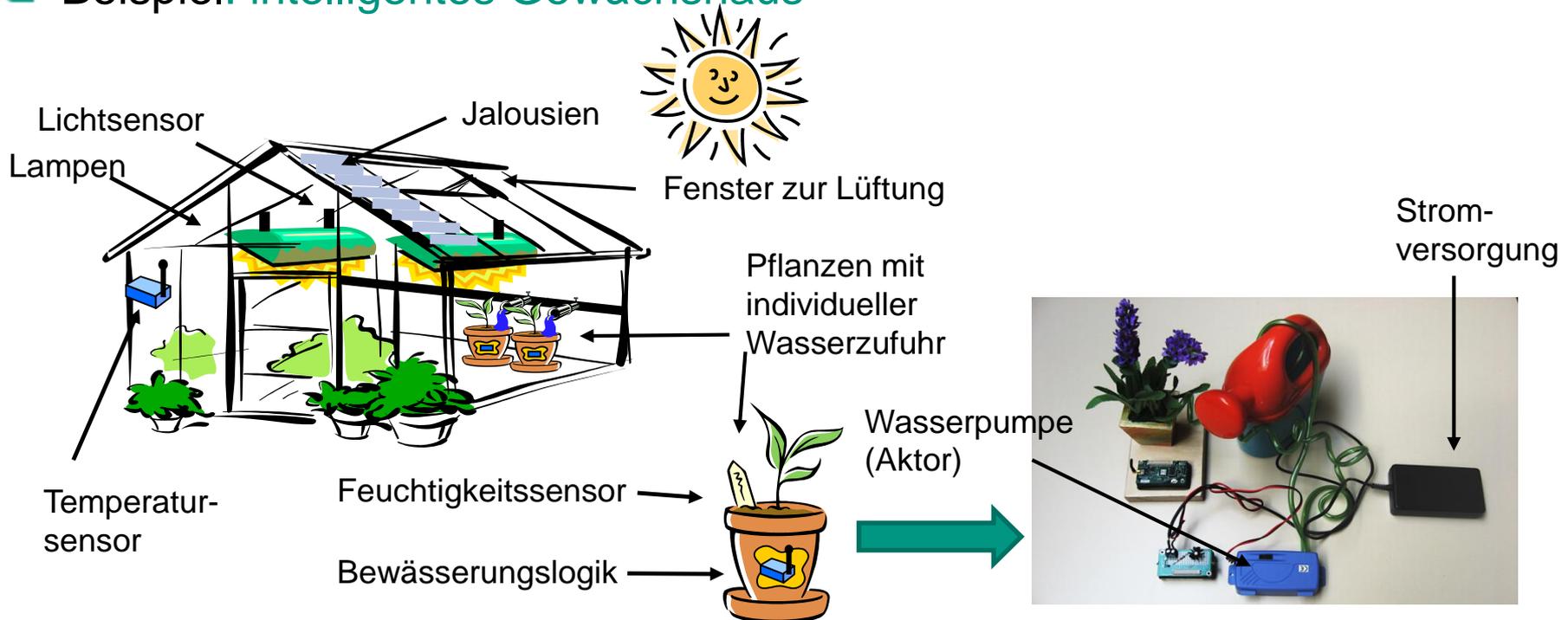




# Anwendungsbeispiele

# Anwendungsbeispiel Gewächshaus

- Sensoren
  - Erfassen Daten aus der Umwelt (Feuchtigkeit, Helligkeit ...)
- Aktoren
  - Setzen Regeln zur Kontrolle um (Wasserzufuhr, Schatten ...)
- Beispiel: intelligentes Gewächshaus



# Anwendungsbeispiel Weinkeller

- Vint Cerfs Weinkeller
  - Vint Cerf will seinen Weinkeller überwachen
  - Nutzung von Sensoren und Aktoren
    - Drahtlose Vernetzung → drahtlose Sensor-Aktor-Netze
    - Nutzung von IPv6 und 6LoWPAN
  - Vint Cerf erhält Warnmeldungen per SMS, wenn Temperatur im Weinkeller steigt
  - .. mittlerweile auch Weinflaschen per RFID-Tags integriert und überwacht

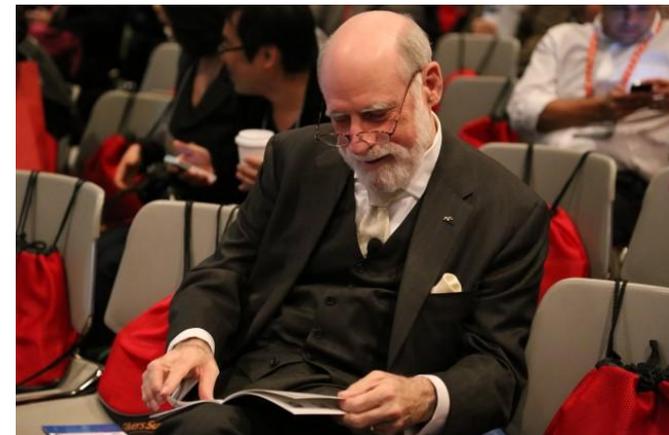
## ■ Wie sicher konfigurieren?



<https://youtu.be/EGSsjOynXg4>

[...] it's becoming clearer that many devices will come and go with the residents, guests, [...] and others who might have reason to enter the premises and have need to "control" at least a part of it while present.

This leads me to believe that an IoT ensemble must actually be in a kind of continuous configuration mode, anticipating the arrival and departure of all manner of Internet-enabled devices.



# Historische Beispiele: Great Duck Island (2002)

- Ziel
  - Erforschung der Lebensweise von Sturmschwalben
  - Mikroklima unterirdischer Nester beobachten
- Herausforderungen
  - Langfristige Beobachtungen notwendig
  - Keine Störung der Tiere
    - Bisherige Techniken aufwendig
    - Sensornetze fallen weniger auf („non-intrusive“, „non-disruptive“)
- Zum Projekt
  - Partner: UC Berkeley, College of Atlantic und Intel
    - Eines der ersten größeren Projekte zum Einsatz von WSANs zur Beobachtung von Wildtieren
  - Wichtige Forschungsergebnisse erlangt
    - Z.B. „brüten“ die Vögel nur sehr kurz



[Baer03]

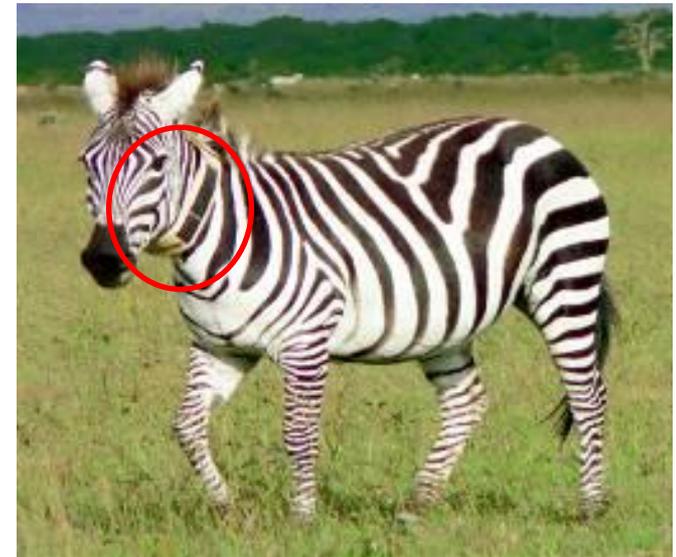
# Historische Beispiele: Great Duck Island

- Über 100 vorkonfigurierte Sensorknoten (MICA, TinyOS)
  - In Höhlen der Nester (Sensoren stationär)
  - Basisstation mit Satellitenlink zum Internet
    - Live-Daten waren im Internet verfügbar
  - Über 1 Millionen Messdaten von Sensoren (Frühjahr bis Herbst 2002)
  
- Herausforderung Datenaufkommen
  - Multi-Hop-Kommunikation
    - Statt direkter Kommunikation
    - Daten komprimieren und **aggregieren**

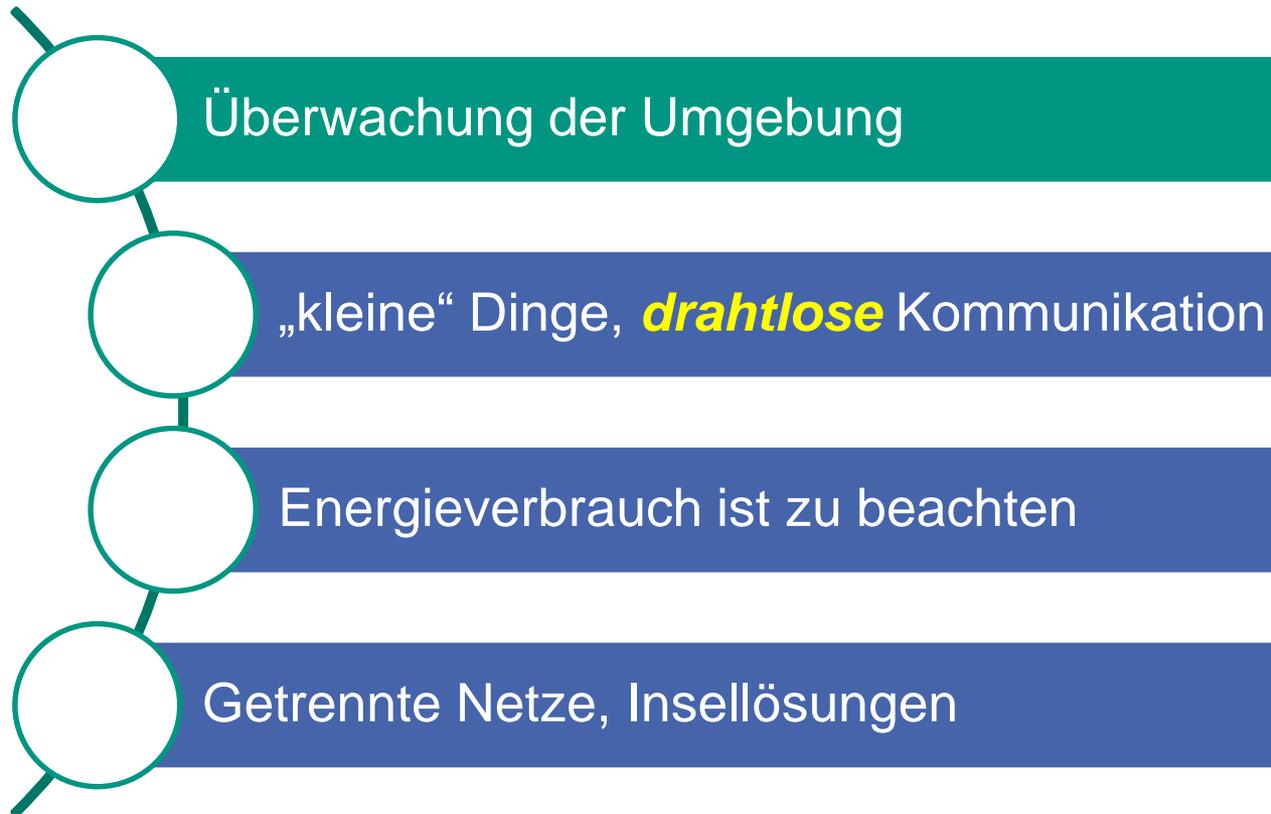


# Historische Beispiele: ZebraNet (2003)

- Ziel
  - Erforschung des Migrationsverhaltens von Zebras
  - Kontinuierliche Lokalisierung von Zebras
  - Erfassung biometrischer Daten
- Herausforderungen
  - Langfristige Beobachtungen erforderlich
  - Großes überwachtetes Gebiet
  - Beobachtungen der Tiere selbst und nicht „nur“ der Nester
- Zum Projekt
  - Uni Princeton (Biologie, Elektrotechnik und Informatik)
  - Feldtest: Mpala Research Centre, Kenia
  - Sensorknoten: Als Halsband
  - Mobile Basisstation (Jeep, Flugzeug)
    - Selbstorganisation erforderlich!





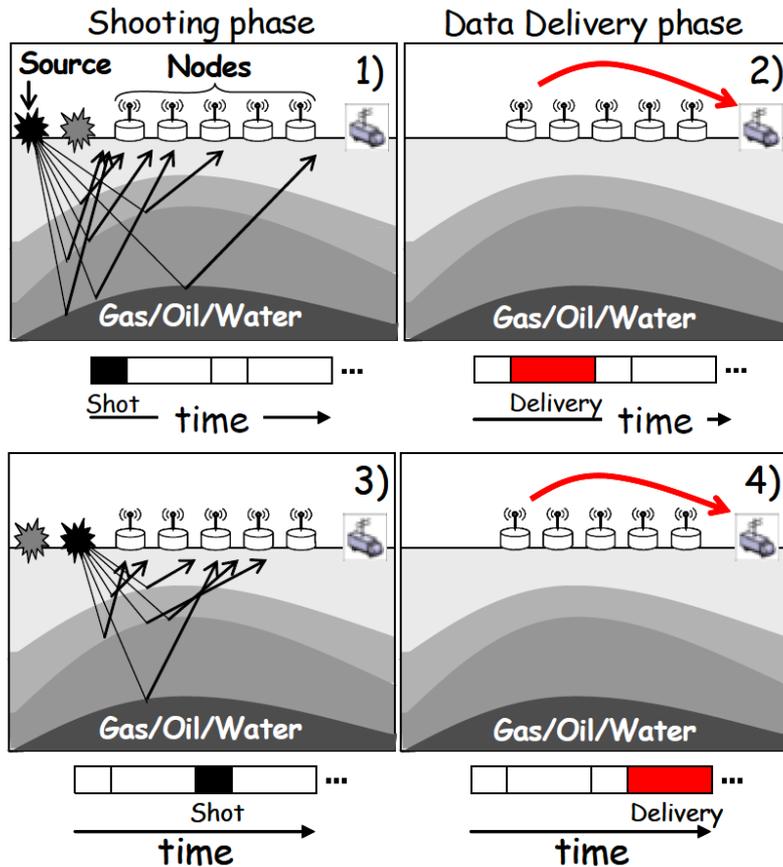


# Geht´s auch drahtgebunden?

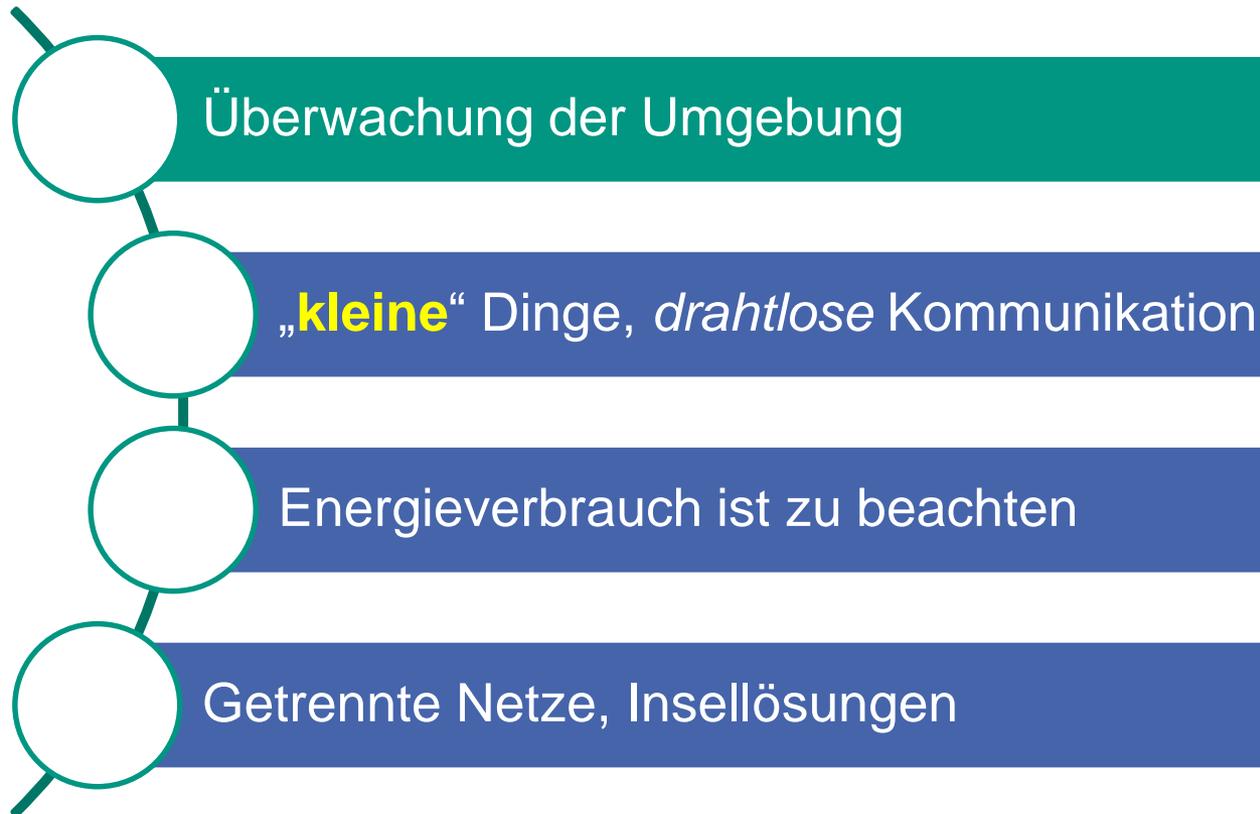
- Ziel
  - Erkundung von Öl und Gasvorkommen
  - Seismische 3D Messungen als Vorbereitung für Probebohrungen
- Beispiel Rhein Petroleum
  - Januar - April 2012
  - 20.000 Erdmikrofone (**kabelgebunden**)
  - Jeweils als 10 km lange Streifen ausgelegt.
  - Vibrationsfahrzeug erzeugt Echolot-Schallwellen
  - Messbereich ca. 280 km<sup>2</sup>: Hagsfeld, Neureut, Kirchfeld, Eggenstein-Leopoldshafen und Linkenheim-Hochstetten
- Herausforderungen
  - **Kabelgewicht ist ca. 75% des gesamten Ausrüstungsgewichtes und verursacht bis zu 50% der Erkundungskosten.**
  - Aktuelle Forschungsziele: Drahtloses Equipment und Netze mit bis zu 1 Mio. Knoten



# Erkundung von Öl und Gasvorkommen



- Abwechselnde Phasen
  - Shooting Phase für Messung und Vibration
  - Längere Phase zum Sammeln der Messdaten
- 3D-Bodenprofile benötigen
  - Unterschiedliche Orte der Vibrationsquelle
  - Mehrfache Messungen
- Verwendete Sensoren
  - Erdmikrofone (Geophone)
  - leichtere MEMS-Beschleunigungssensoren
- Knotenabstand 30m bis 400m



## Typische Komponenten/Subnetze im IoE

# Beispiele für Geräte im IoE



**IRIS Sensorknoten**



- Beschleunigungssensor, Gyroskop, GPS
- Helligkeitssensor
- Entfernungssensor
- Mikrofon, Kamera
- Touchscreen
- Fingerabdrucksensor



**iPhone 6**



■ 8 MHz	→	≈1/350	→	• A8: 1,4 GHz dual core
■ 250 kbit/s	→	≈1/1.200	→	• 300 Mbit/s (802.11 n)
■ 8 KB RAM	→	≈1/131.000	→	• 1 GB RAM
■ 128 KB Flash	→	≈1/1.048.000	→	• 128 GB Flash

**Umgekehrtes Mooresches Gesetz:**  
 „bei gleicher Leistungsfähigkeiten billiger werden“

**Mooresches Gesetz:**  
 „Leistungsfähiger werden zum gleichen Preis“

# Hardwarekomponenten

- Ein typisches Gerät im Internet der Dinge besteht aus mehreren Basiskomponenten
  - **Mikrocontroller** – Zentrale Recheneinheit
    - Verarbeitung von Daten und Ausführung der eigentlichen Anwendung
  - **Speicher** für Anwendung und Daten
    - Häufig verschiedene Speichertypen für Anwendung und Daten
  - **Kommunikationsschnittstelle**
    - Drahtlose Kommunikation zu anderen Geräten oder einer Basisstation
  - **Sensoren/Aktoren**
    - Schnittstelle zur realen Welt; Überwachung und Manipulation von Umweltgrößen
  - **Energieversorgung**
    - Versorgung der einzelnen Basiskomponenten mit Energie
- **Anwendungsanforderungen** sind Auswahlkriterium bei allen Basiskomponenten in Bezug auf
  - Kosten
  - Größe
  - Energieverbrauch

# Kommunikationsschnittstelle

- Komm.-Schnittstelle dient zum Datenaustausch mit anderen Geräten
- Unterschiedliche drahtlose Übertragungstechniken
  - Funk
    - Bluetooth
    - ZigBee / IEEE 802.15.4
    - 868 MHz SRD-Band Derivate
    - NFC (13.56 MHz)
  - Infrarot
    - Gerichtet und omnidirektional
  - Schall
    - Unterwasserkommunikation
  - Ultraschall
- Komm.-Schnittstellen haben vergleichsweise hohe Leistungsaufnahme
  - **Funkschnittstelle ist i.d.R. der größte Energieverbraucher (neben Displays)**

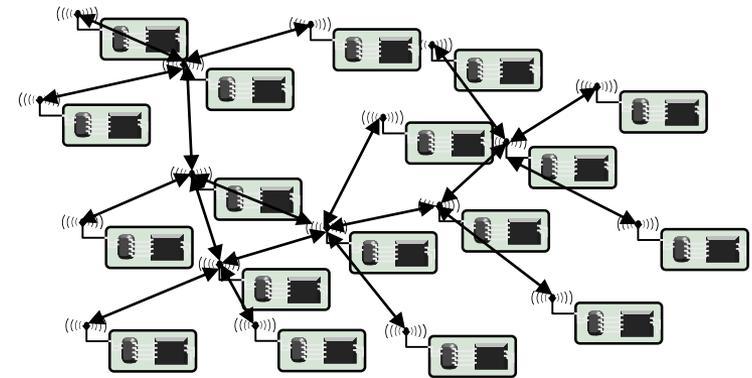
In den meisten Geräten eingesetzt  
daher im folgenden:  
**Kommunikationsschnittstelle = Funk**

# Vergleich gängiger Funktechniken

	ZigBee (2,4 GHz)	Bluetooth Low Energy	868 MHz Derivate (z.B. TR1001)	13,56MHz NFC	IEEE 802.11b (WLAN)
<b>Datenrate</b>	250 kbit/s	max. 1 Mbit/s	~ 40–150 kBit/s	424 kbit/s	11 Mbit/s
<b>Reichweite</b>	80-100 m (freies Feld, abhängig von Antenne)	~10m	Max. 300m (freies Feld)	~10-20 cm	Outdoor: bis zu 300 m Indoor: bis ca. 90 m
<b>Energie- verbrauch</b>	10-20 mA Senden/Empfa- ngen/Wach, 20 uA Sleep	~5.5 mA Senden in Whisper Mode, 12 mA Max.	~25 mA Senden/ Empfangen/ Wach	~ 0 mA passiver NFC- Chip, 10-50 mA für aktiven NFC- Transceiver	~120–180 mA Senden/ Empfangen/ Wach

# Aufbau eines drahtlosen Sensor-Aktor-Netztes

- Ein drahtloses Sensor-Aktor-Netz (engl. Wireless Sensor-Actuator-Network, WSAN)
  - Besteht aus einer Menge von Sensoren und Aktoren
  - Drahtlos miteinander verbunden
    - Kommunikation störanfällig
  
- **Sensor** = „Kleinst-PC“ (CPU, Speicher, Funkschnittstelle, Energieversorgung, Sensorik) bestimmt physikalische Eigenschaften seiner Umgebung
  
- **Aktor** = steuert ein System an, das elektrische Signale in physikalische Größen umsetzt (Temperatur, Druck, Drehmoment, ...)
  
- **Sensorknoten** / Knoten = Sensor oder Aktor eines Sensor-Aktor-Netztes



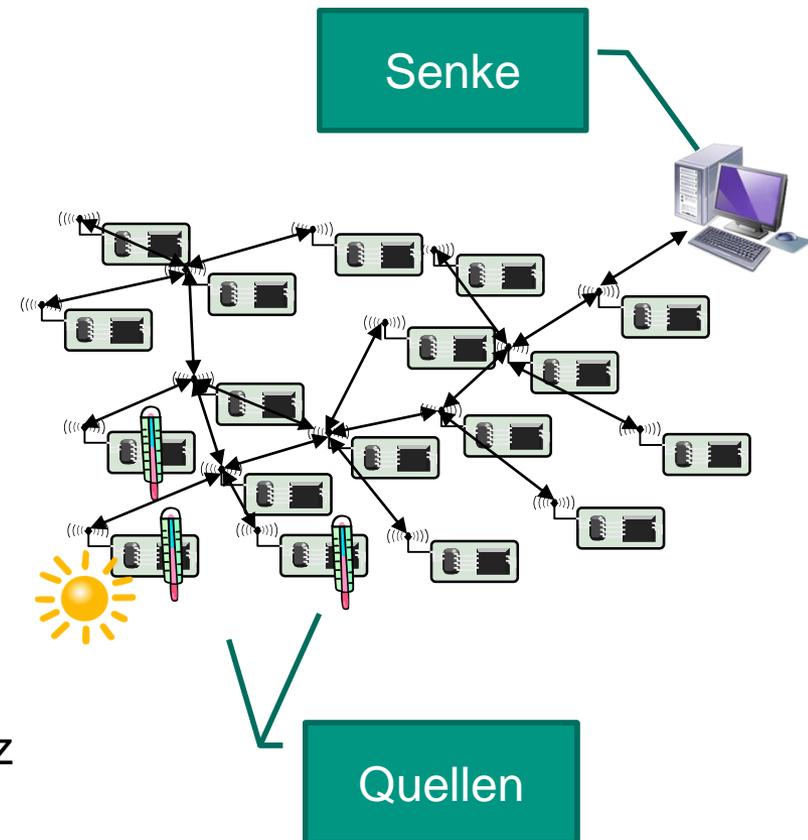
# Aufbau eines Sensornetzes

## ■ Ein oder mehrere Datenquellen

- Messen Daten
- Senden an andere Knoten
- Ausgestattet mit Sensorik
  - Temperatur
  - Luftdruck
  - Infrarot
  - Beschleunigung
  - ...

## ■ Datensinken (Basisstationen)

- Empfangen Daten aus dem Sensornetz
- Entweder ebenfalls Sensorknoten...
- ...oder externe Geräte  
(PDA, Gateway zum Internet, PC mit UI zur Steuerung)



# Annahmen

- Energieversorgung durch **Batterien**
  - Flexibler, da keine Kabel notwendig (→ mobile Szenarien)
- Keine unterstützende **Infrastruktur**
  - Infrastruktur nicht überall verfügbar bzw. keine Zeit für den Aufbau
    - Z.B. Katastrophengebiete, militärische Einsätze
  - Aufbau der Infrastruktur zu teuer bzw. zu umständlich
    - Z.B. bei Bauarbeiten, wenn großes Gebiet zu überwachen
- Geringe Bauform und Kosten
  - WSAAN soll sich **unauffällig** in die Umgebung einfügen
  - Hohe **Stückzahl** erfordert geringe Kosten
  - Beschränkt verfügbare **Ressourcen**
  - Geringe **Sendereichweite** (→ Multihop-Kommunikation)

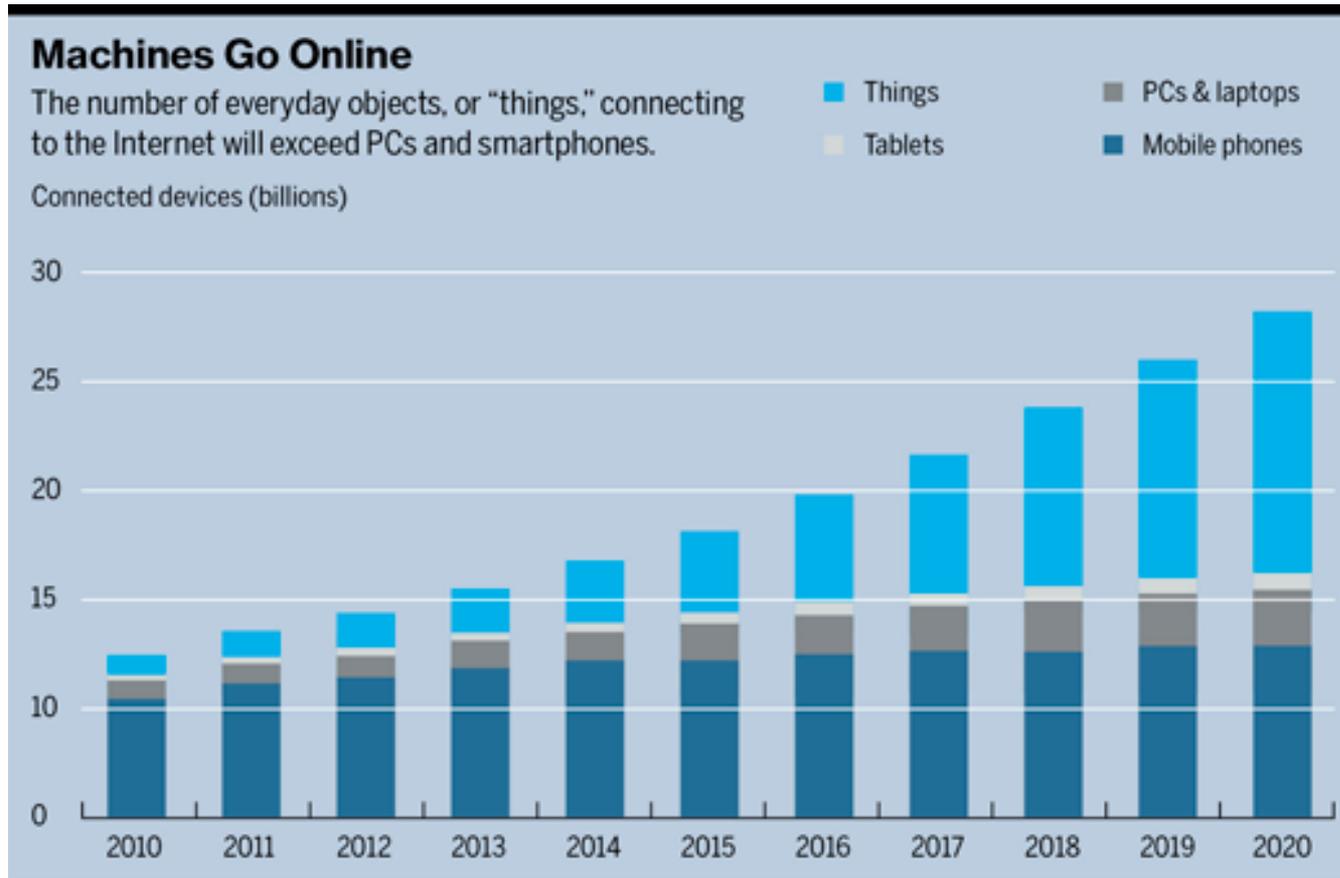
# Unterschiede und Besonderheiten

- Dezentral
  - **Keine zentrale** Infrastruktur, oder nicht ständig erreichbar
- Selbstorganisierend
  - Eingeschränkte Nutzerinteraktion oder Wartungsmöglichkeit
  - Systeme nach Ausbringung oft **schwer zugänglich**
- Limitierte Ressourcen
  - Rechenleistung, Energie-, Speicher- und Kommunikationskapazität
- Unzuverlässiger Kommunikationskanal
  - Drahtloses Medium stärker **fehlerbehaftet** als drahtgebundenes
- Unsicher
  - Sensorknoten können beschädigt/entfernt/hinzugefügt werden
  - Abhören drahtloser Kommunikation
  - Klassische kryptographische Verfahren zu rechenintensiv für WSNs



# Stärkere Vernetzung der Dinge

- Anzahl der Dinge im Internet wächst



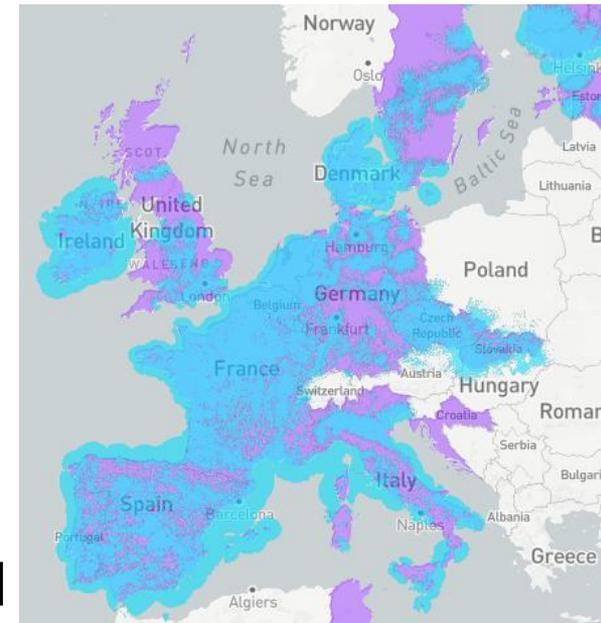
MIT Technology Review



[MIT]

# Stärkere Vernetzung der Dinge

- Eigene Netze für das Internet of Everything?
  
- **Beispiel:** Französischer Mobilfunkbetreiber Sigfox
  - Aufbau eines Mobilfunknetzes für das Internet der Dinge
    - Hohe Abdeckung in Frankreich, Niederlanden, Spanien, Irland
    - Tschechien, Italien und weitere Länder folgen
  - **Parallelbetrieb** zum bestehenden Mobilfunknetz
    - Aufrüstung bestehender Masten
  - Funkchip für Geräte ~1 € +0,70 € pro Jahr
    - **Proprietärer Funkstandard**
  - Übertragungsrate 100 bit/s
    - Nachrichtengröße max. 12 Byte
  - Reichweite bis 1000 km
  - Batterielebensdauer bis zu 20 Jahre



[Sigfox]

# Stärkere Vernetzung der Dinge

- Eigene Netze für das Internet of Everything?
  
- **Beispiel:** Französischer Mobilfunkbetreiber Sigfox
  - Netz in Sterntopologie
  - **Sigfox-Cloud bildet Mittelpunkt**
  - Nachrichtenabruf/-weiterleitung über HTTPS-basierte REST-API



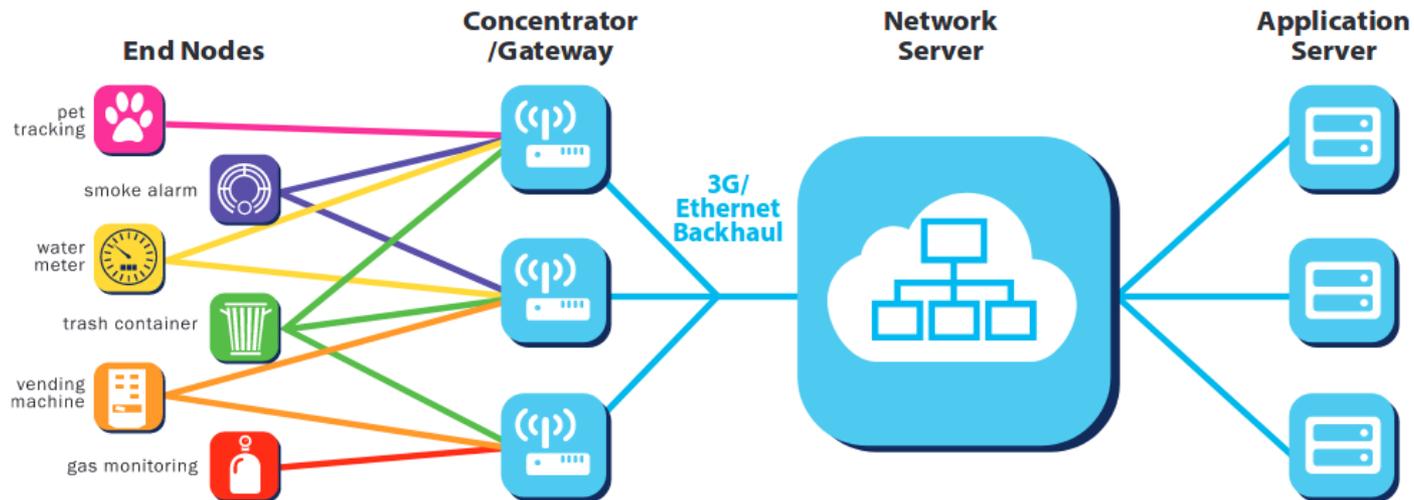
# Stärkere Vernetzung der Dinge

- Eigene Netze für das Internet of Everything?
- **Beispiel:** SwissCom Low Power Network
  - Dedizierte Netzinfrastruktur für das Internet der Dinge
  - Funkstandard **SemTech LoRa**
    - Übertragungsrate 0,3 – 50 kbit/s
  - Batterielebensdauer ca. 5-10 Jahre
- Anwendungsfall:  
AlpTracker für Schafhirten



# Stärkere Vernetzung der Dinge

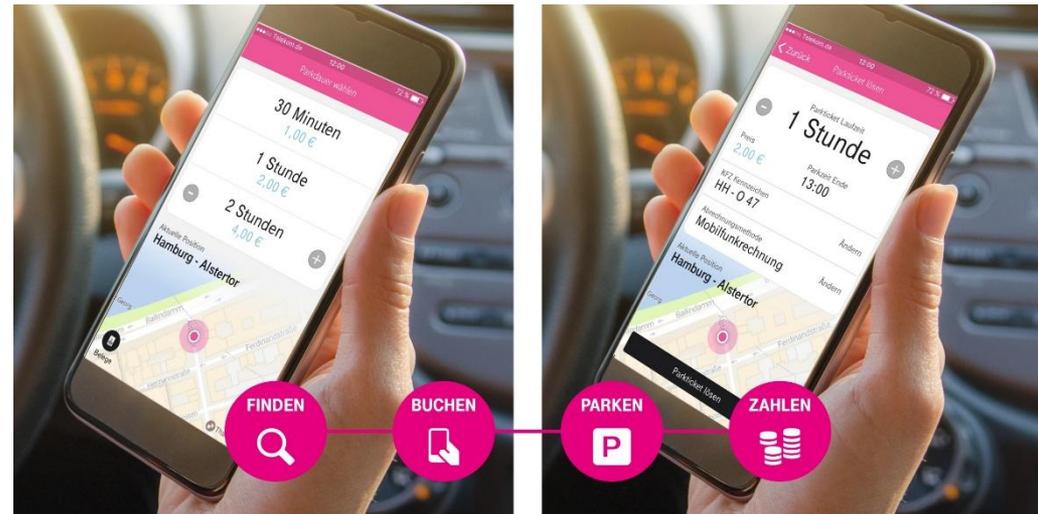
- Eigene Netze für das Internet of Everything?
  
- **Beispiel:** SwissCom Low Power Network
  - LoRa definiert Netzwerkarchitektur und Protokollstapel
  - Netz in Sterntopologie
  - „Network Server“ als zentrale Schaltstelle
  - Verarbeitung von Nachrichten durch Anwendungsserver



# Stärkere Vernetzung der Dinge

- Eigene Netze für das Internet of Everything?
- (Gegen-)Beispiel: NarrowBandB-IoT (NB-IoT)
  - LTE-Substandards speziell für das Internet of Everything
    - Geringere Datenraten (LTE Cat M1: 1 Mbit/s, LTE Cat NB1: 250 kbit/s)
    - Höhere Reichweiten
  - Deutsche Telekom: Europaweite Markteinführung 2017
    - Starterpaket für 199€
      - 6 Monate
      - Max. 25 SIM-Karten
      - Je 500 KB

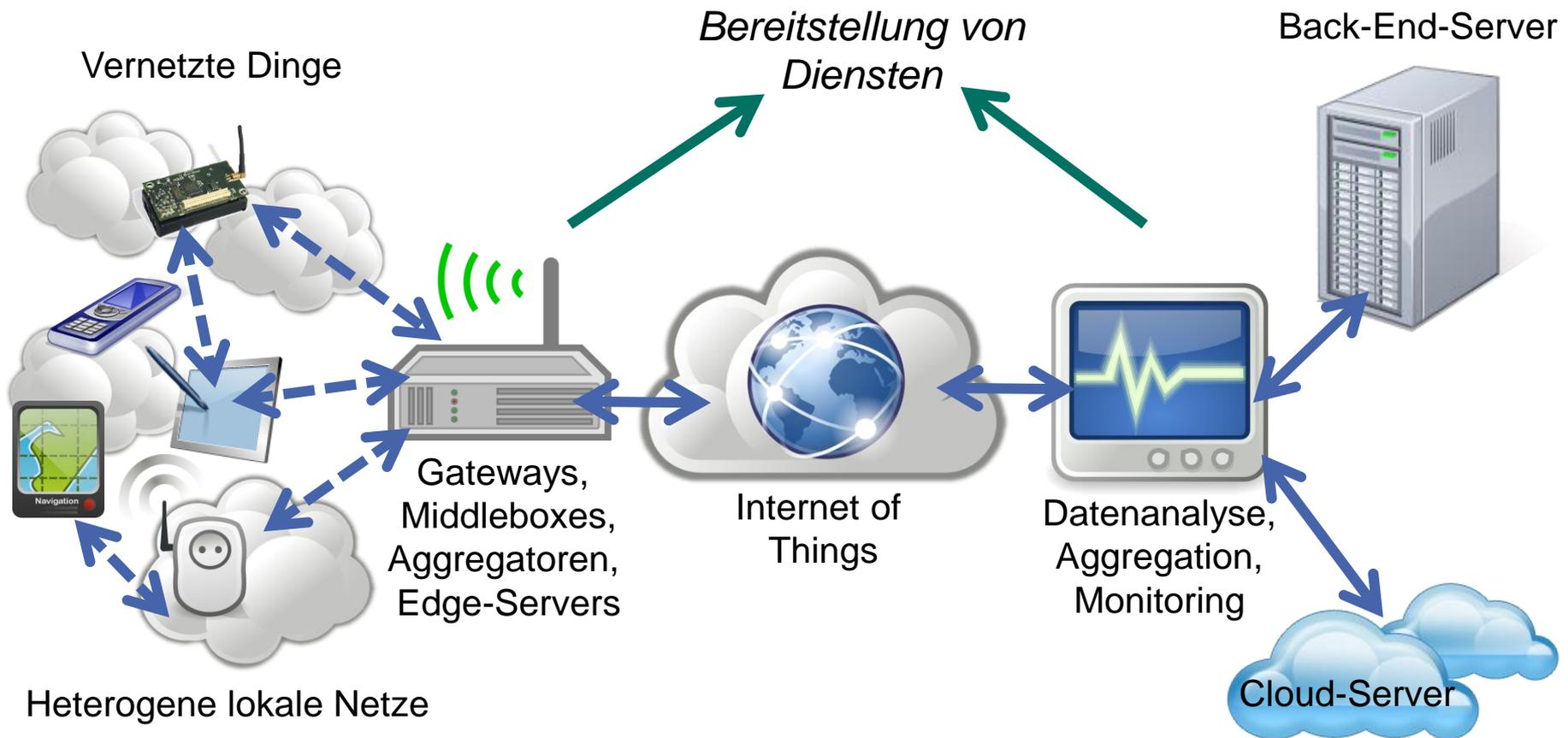
- Anwendungsfall:  
Smart Parking
  - Hamburg:  
App „Park and Joy“



# IoE Architektur

# ... nicht nur Sensoren/Aktoren

## ■ High-level Kommunikationsarchitektur



# Architektur (Dienste / Abstraktion)

## Reale Welt (Physical Entities)



Modellierung  
relevanter Aspekte  
der realen Welt

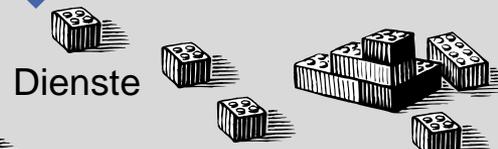


## IoT-System



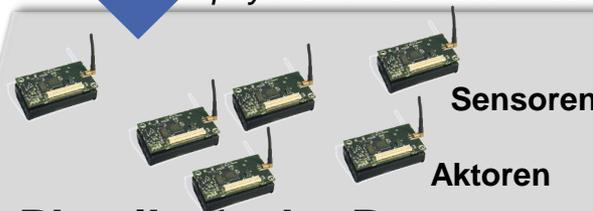
### Virtuelles Objektmodell (Virtual Entities)

Verknüpfung virtueller  
Gegenstände mit IoT-Diensten



### IoT-Dienstebene

Verknüpfung von IoT-Diensten  
physikalischen Ressourcen



### Physikalische Ressourcen

Bereitstellung  
von IoT-Diensten



IoT-Ressourcen messen,  
beobachten und  
verändern reale Welt



[Bassi]

## BEISPIEL

Ermittle  
Durchschnitts-  
geschwindigkeit  
der Fahrzeuge  
am Durlacher  
Tor

Gib  
Geschwindigkeit  
des Autos KA-  
XX-99 zurück

Gib Sensorwert  
des  
Beschleunigungs-  
sensors „357“  
zurück



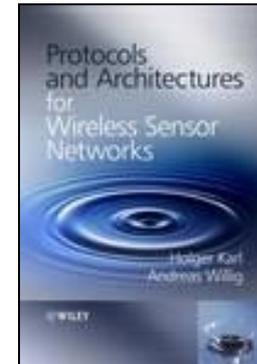


Die von uns zur Erstellung der Folien genutzte  
**LITERATUR**

# Bücher zur Vorlesung

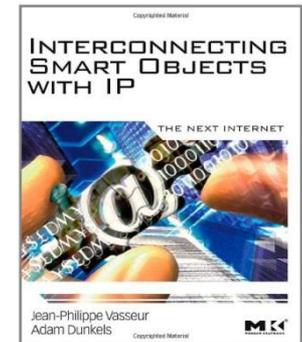
## ■ Zum Themenbereich drahtlose Sensornetze

- H. Karl, A. Willig, „Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks“, Wiley, 2. Auflage, 2006, 497 Seiten, ISBN 978-0-470-09510-2
- Buch enthält viele wertvolle Literaturhinweise!



## ■ Interconnecting Smart Objects with IP: The Next Internet

- JP Vasseur und Adam Dunkels, „Interconnecting Smart Objects with IP: The Next Internet“, Morgan Kaufmann, 2010, 472 Seiten, ISBN-13: 978-0123751652
- Sehr aktuell, viel zum Internet der Dinge



# Hilfreiche Literaturquellen

## ■ Internet-Standards

- Die Standard-Dokumente zu den Internet-Protokollen sind online frei zugänglich (<http://www.ietf.org>).
  - RFC-Suche (<http://rfc-editor.org/rfcsearch.html>)

## ■ Allgemeines zum Internet

- Informationen über das Internet finden Sie auch unter der Adresse: <http://www.isoc.org/internet/>

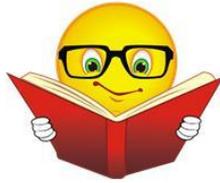
## ■ Artikel in Fachzeitschriften über

- IEEE Bib (<http://ieeexplore.ieee.org>)
- ACM BIB (<http://portal.acm.org>)
- Frei zugänglich aus dem KIT-Netz!



*... die einzelnen Kapitel enthalten dedizierte Literaturangaben*

# Literatur

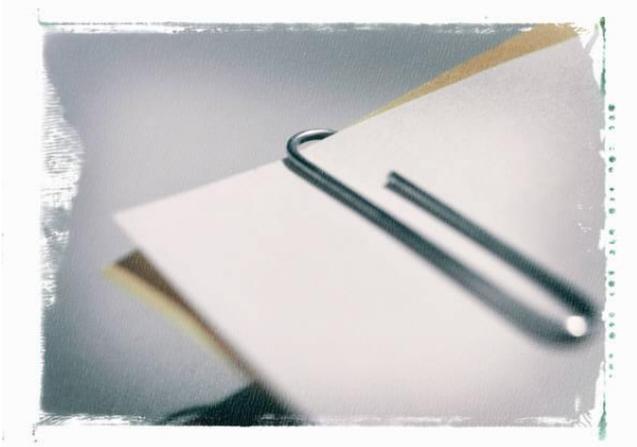


- [apple] <http://www.apple.com/>, iPhone 6
- [autographer] <http://www.autographer.com/>, Autographer
- [Baer03] M. Baer; **The Ultimate on-the-fly Network**; Wired 11/12, 2003
- [Bassi] Bassi, A., Bauer, M., Fiedler, M., Kramp, T., Kranenburg, R., Lange, S.; **Enabling Things to Talk - Designing IoT solutions with the IoT Architectural Reference Model**; Springer Open 2013
- [Cerf17] V. G. Cerf; **A Revised View of the IoT Ecosystem**; in IEEE Internet Computing, vol. 21, no. 5, pp. 72-72, 2017.
- [Cisco] D. Evans; **The Internet of Things – How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything**; Cisco White Paper, April 2011  
[https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf),  
abgerufen 14.10.2017
- [garmin] <http://www.garmin.com/en-US>, Lifelogging-Armband vivosmart™ oder vívofit™
- [google] <https://www.google.com/glass/>, <https://www.google.de/nexus/5/>, Google Glass, Nexus5
- [heiseOVH] <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Rekord-DDoS-Attacke-mit-1-1-Terabit-pro-Sekunde-gesichtet-3336494.html>, DDoS-Angriff auf OVH
- [krebsDDoS] <http://krebsonsecurity.com/2016/09/krebsonsecurity-hit-with-record-ddos>, DDoS-Angriff auf KrebsOnSecurity.com
- [krebsDyn] <https://krebsonsecurity.com/2016/10/hacked-cameras-dvrs-powered-todays-massive-internet-outage>, DDoS-Angriff auf DynDNS

# Literatur



- [lora] <https://www.lora-alliance.org/>, LoRa-Alliance, Wide Area Networks for IoT
- [memsic] <http://www.memsic.com/>, IRIS Mote
- [MIT] A. Regalado; **Business Adapts to a New Style of Computer**; MIT Technology Review July/August 2014, <https://www.technologyreview.com/s/527356/business-adapts-to-a-new-style-of-computer/>
- [netatmo] <https://www.netatmo.com/>, Wetterstation NETATMO, NETATMO welcome
- [pebble] <http://getpebble.com/>, Pebble
- [samsung] <https://www.samsung.com/>, Gear Live, Galaxy S5
- [Schn17] B. Schneier; **Security and the Internet of Things**; Crypto-Gram, Februar 2017; <https://www.schneier.com/crypto-gram/archives/2017/0215.html#1>
- [sigfox] <https://www.sigfox.com/>, Sigfox IoT connectivity service
- [sony] <http://www.sonymobile.com/>, Smartwatch 3 SWR50, xperiaZ2
- [Weiser] M. Weiser, **The computer for the 21st century**; ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review - Special issue dedicated to Mark Weiser
- [Zebra] Archivierte Version der Projektseite: <https://web.archive.org/web/20120913083356/http://www.princeton.edu:80/~mrm/zebranet.html>



Anhang

# WEITERE ANWENDUNGSBEISPIELE

# Anwendungsbeispiele für Sensornetze

- Zielsetzung
  - „Gefühl“ für Sensor-Aktor-Netze (WSANs) entwickeln
    - Was ist **anders**? Wo liegen spezifische **Probleme**?



Industrielle  
Anwendungen

Crowd Sourcing und  
Participatory  
Sensing

Alltagsanwendungen  
(Smart Living, Smart  
Home)

# eKo Systems (2009-Heute)

## ■ Ziel

- Umweltüberwachung, beispielsweise Weinberge
- Sensorknotenplattform der Firma Memsic
- Verschiedenste Sensorik verfügbar
- Im Produktiven Einsatz



Vineyard consultant Mark Greenspan checks the position of Crossbow eKo measurement device for a water use experiment at Hoot Owl Vineyards in the Alexander Valley on Monday morning, May 11, 2009.

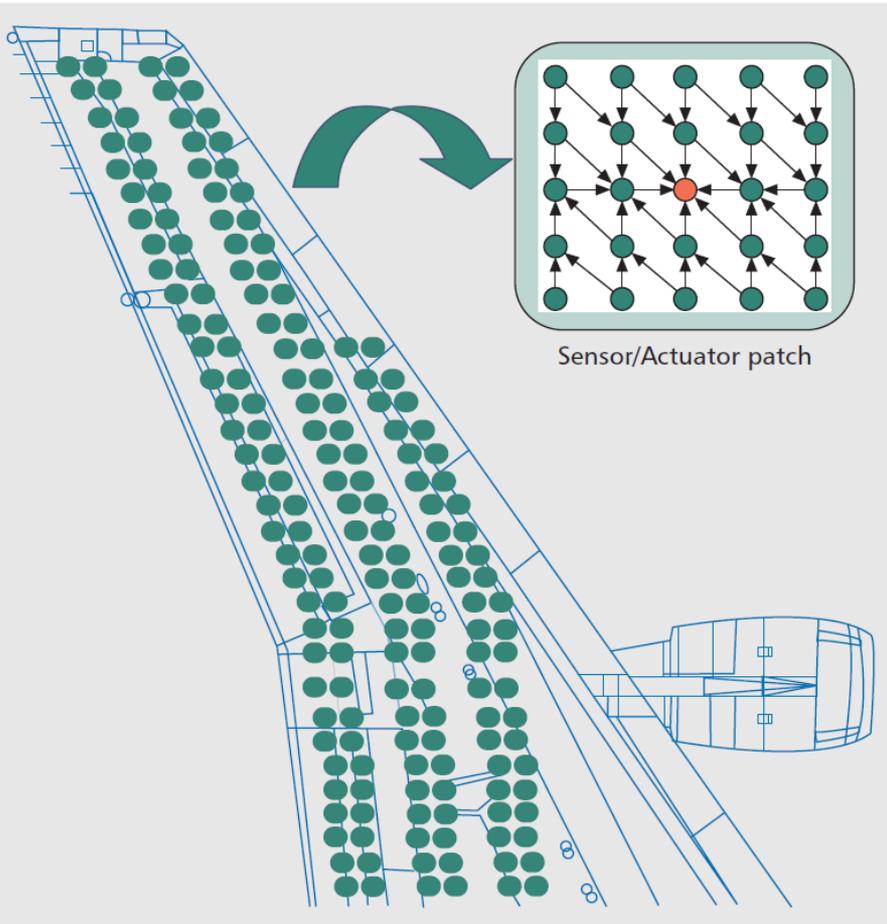


# „Active Aircraft“ (2010)

- Ziele
  - Effizienzsteigerung im Flugverkehr durch drahtlose Sensornetze
- Konkrete Aufgabe
  - Sensorknoten in den Tragflächen messen Luftströmungen, Verwirbelungen und Spannungen
  - Aktoren beeinflussen Luftwiderstand und Wirbel durch Verformungen und integrierte Lufdüsen
- Herausforderungen
  - Integration in bereits vorhandene Flugzeugtelemetrie
  - Zuverlässigkeit lebenskritischer Systeme
  - Energieversorgung
- Zum Projekt
  - University College London, Shanghai Research Center



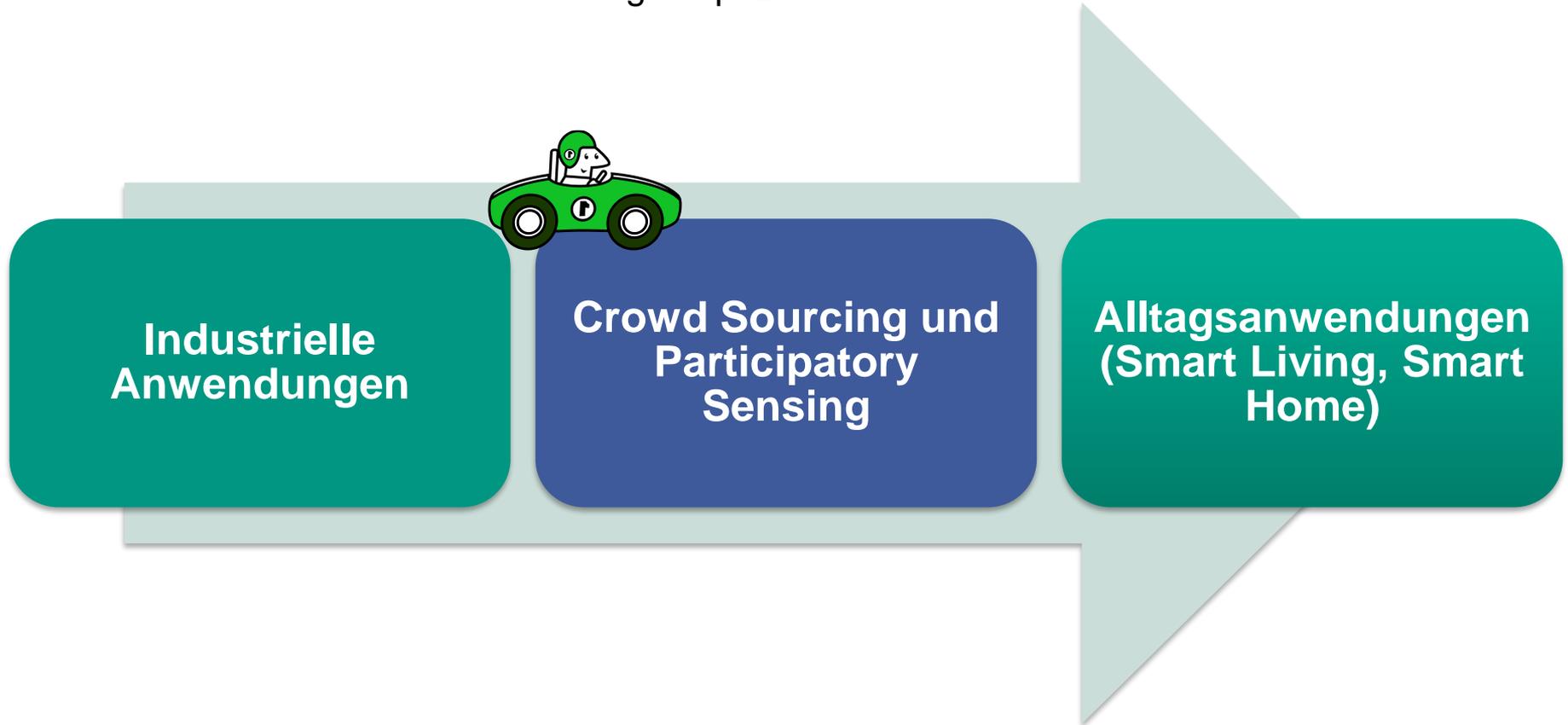
# Konzept



- Mehrere Sensoren versorgen je einen Aktor mit Daten
  - Aktor kann Luftströmung und Verwirbelungen beeinflussen
  - Je nach Flugphase und Wetter unterschiedliche Anforderungen
- Energieversorgung kritisch
  - Verkabelung der Vielzahl an Sensoren im Flügel unrealistisch
  - Luftstrom kann zur Energiewandlung genutzt werden („Energy harvesting“)

# Anwendungsbeispiele für Sensornetze

- Zielsetzung
  - „Gefühl“ für Sensor-Aktor-Netze (WSANs) entwickeln
    - Was ist **anders**? Wo liegen spezifische **Probleme**?

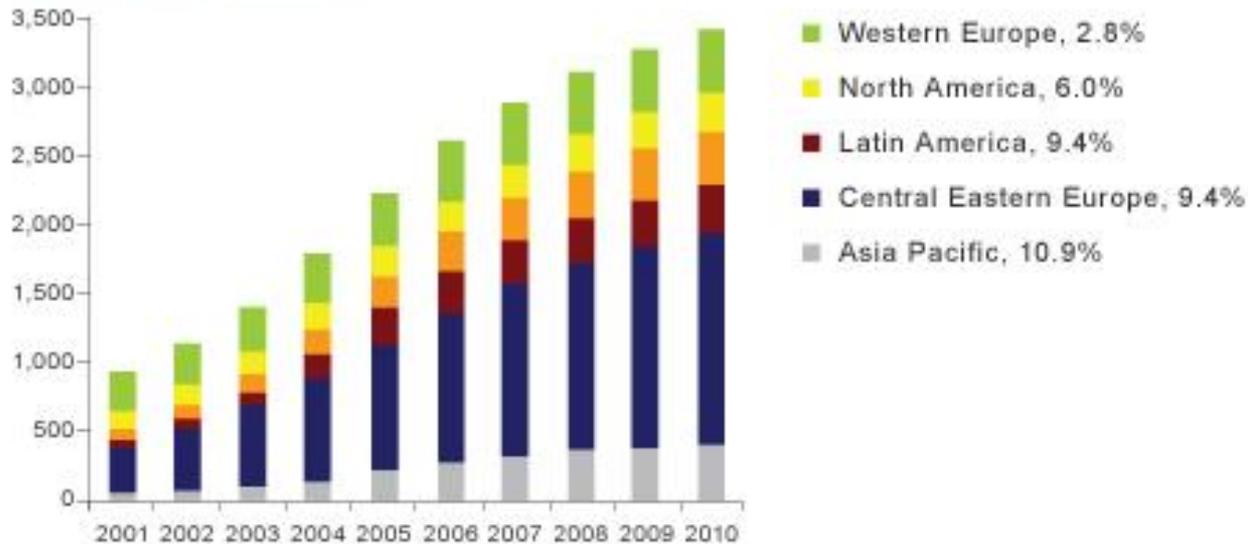


# Aktueller Trend: „Participatory Sensing“

- Weltweit nutzen **???** Menschen Handys (Ericsson Studien 2011)
  - **???** Mobilfunkanschlüsse → im Schnitt **?** Anschlüsse pro Person
  - Vorhersage: Bis 2016 wird es **???** **Anschlüsse** geben, das entspricht der für 2025 geschätzten **???**

Nutzer von Mobiltelefonen in Millionen

Jährlicher Zuwachs



Source: Pyramid Research Mobile Communications Forecasts, 1Q2006

# Smartphones als Sensorknoten

## ■ Smartphones sind mehr als nur Telefone

- Vielzahl von Sensoren
- Hohe Rechenleistung und Speicher
- Können Daten aus der Umgebung erfassen, verarbeiten und versenden



- Beschleunigungssensor, Gyroskop, GPS
- Helligkeitssensor
- Entfernungssensor
- Mikrofon, Kamera
- Touchscreen

Fast jeder trägt einen mobilen leistungsfähigen Sensorknoten mit sich → **Participatory Sensing** nutzt diese Sensoren zur Erfassung der Umwelt

# Mobile Telefone als Quellen für interessante Umgebungsinformationen



## ■ *What's Invasive*

- Invasive, nichteinheimische Arten stellen oft eine Bedrohung für einheimische Arten dar
- Auffinden fremder Arten schwierig (z.B. Insekten)  
→ Kollaborativ mit Handys nach invasiven Arten suchen
- Verdächtige Spezies fotografieren, Foto wird an Experten versendet, die unter Einsendungen nach invasiven, nicht einheimischen Arten suchen



# pressureNET (2013)

## ■ Ziel

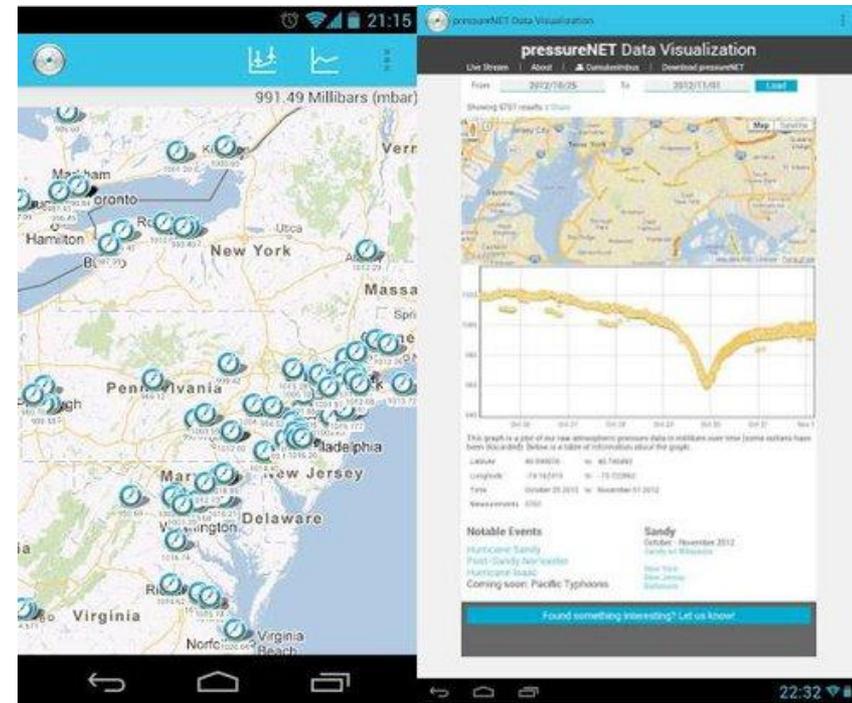
- Weltweites Sensornetz für Luftdruckmessungen
- Verbesserung der lokalen Wettervorhersagen insbesondere für Gewitter und schwere Tornados
- Inzwischen: Weitere Verwendung bei Analyse von Bodenfeuchtigkeit

## ■ Vorgehensweise

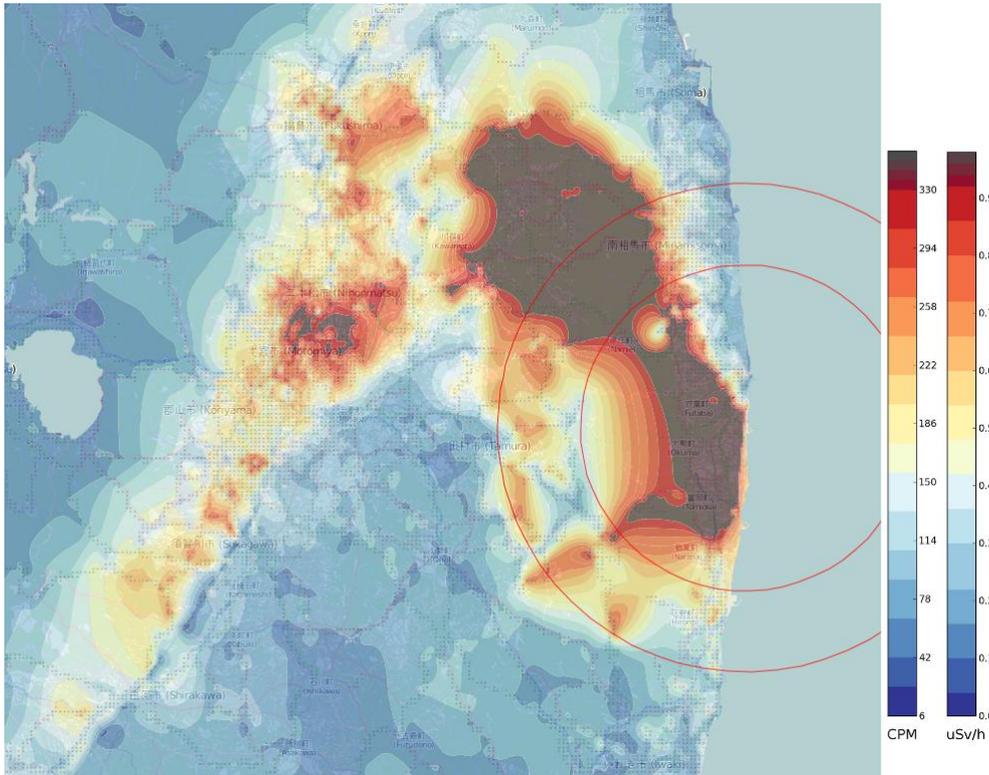
- Crowdsourcing: Android App nutzt Luftdrucksensor und GPS
- Februar 2013:
  - Auf 18.000 Smartphones installiert
  - Weltweit ca. 6000 Messungen pro Stunde

## ■ Zum Projekt

- University of Washington
- <http://pressurenet.cumulonimbus.ca/>



# Fukushima – Strahlungsmessung (2011-13)



- Ziel
  - Strahlungsmessung nach dem Reaktorunglücks im März 2011
  - Crowdsourcing-Ansatz: Misstrauen an offiziellen Messdaten
  - Offene Internetplattform „Safecast“ trägt verteilt gemessene Daten zusammen
  - Ständig Workshops zum Bau von zusätzlichen Sensorknoten
- Zum Projekt
  - Non-Profit Organisation und Crowdfunding Kampagne (\$36,900)
  - Unterstützung durch Keio University Tokyo und
  - <http://blog.safecast.org/>



SAFECAST

- Messdaten
  - Mehr als 10 Millionen Messungen (Juli 2013)
  - Ende 2011 bereits 500 Knoten

# Fukushima – Strahlungsmessung

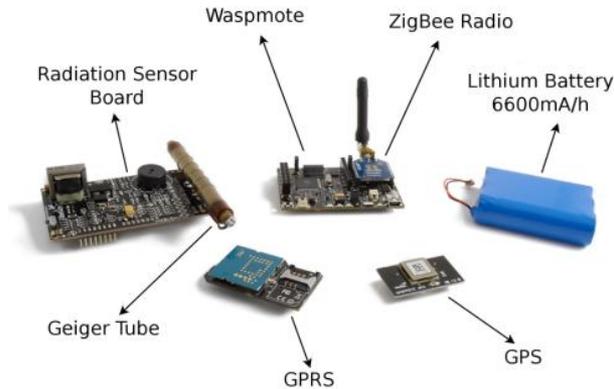
## Hybride Ausbringung

- Statisch
- Mobil (Autos, Dronen)
- Handheld

## Heterogene Sensorknoten

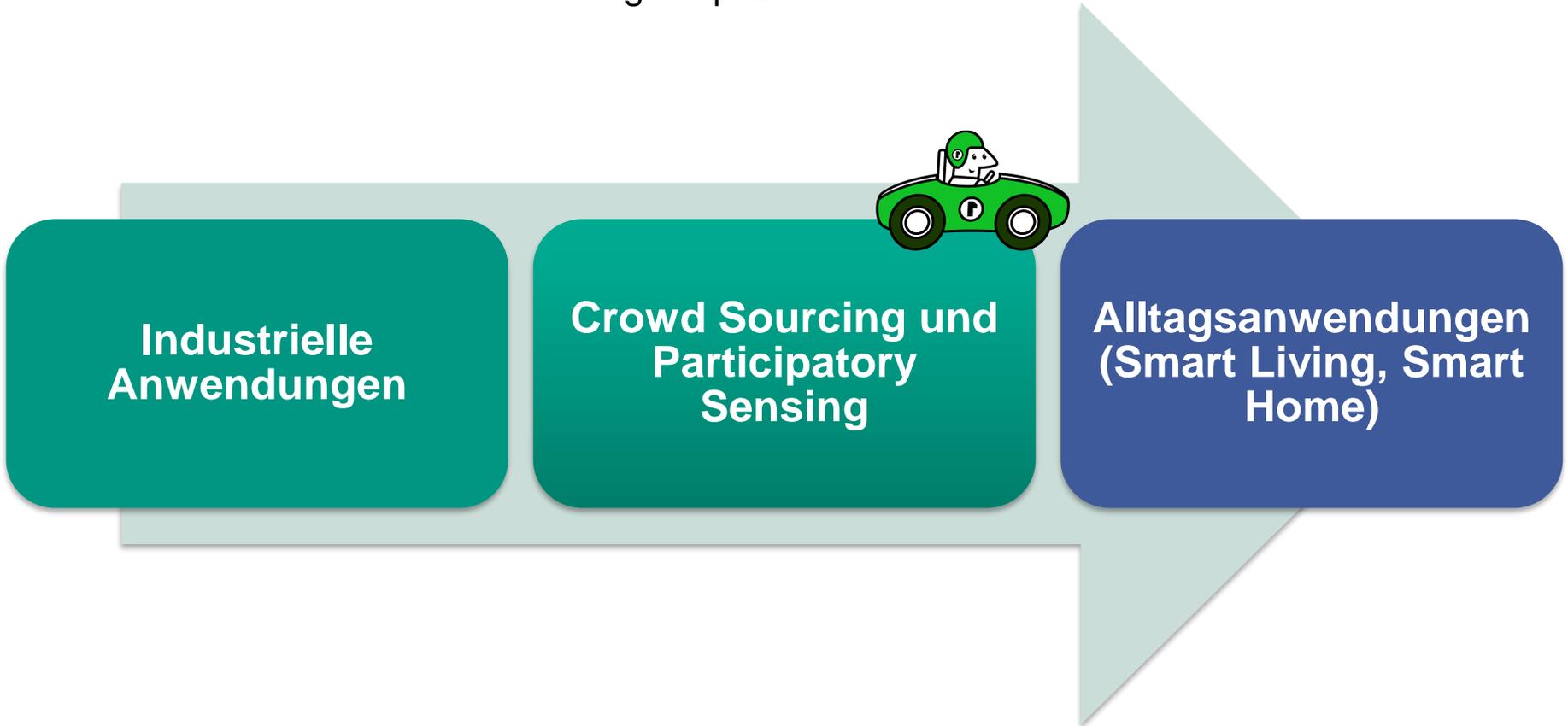
- Handelsüblich / Hybrid z.B. Libelium Wasmotes
- Eigenbau z.B. B-Geigie-nano (Arduino-Basis)

- Smartphones zur positionsabhängigen Visualisierung zuletzt gemessener Strahlungswerte



# Anwendungsbeispiele für Sensornetze

- Zielsetzung
  - „Gefühl“ für Sensor-Aktor-Netze (WSANs) entwickeln
    - Was ist **anders**? Wo liegen spezifische **Probleme**?





# Apple - Philips Hue Connected Bulb (2013)

## ■ Ziel

- Steuerbares, drahtlose Lichtumgebung
- Integration der intelligenten Lampen in den Haushalt
- Kommunikation mit Lampen drahtlos
  - ..per IEEE 802.15.4
  - Lampen angebunden per IPv6

## ■ Steuerung per iPhone



# Sensinode Smart Lighting Demo

## ■ Ziel

- Intelligente Straßenbeleuchtung
- Demonstrator mit intelligentem LEGO Haus
- Nutzung ver. Standards
  - 6LoWPAN, CoAP, DTLS, IEEE 802.15.4,

## ■ Quotes:

- Rapid Application Development –  
Through the use of a standard Web development environment
- Robustness and Scalability –  
Field proven with the ability to scale to 1000 nodes per access point
- End-to-end Security –  
Utilizes the latest in security protocols such as TLS and DTLS for node authentication and transport of application data
- Future-proof –  
Standards-based solutions guarantee this technology will be around for the long haul



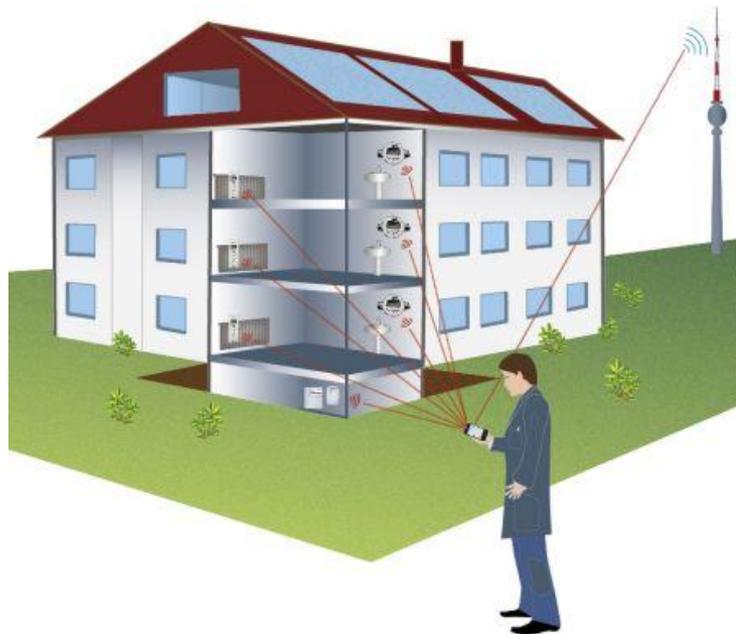
# Fußball – Torentscheidung (2009)

- Ziel
  - Tor oder kein Tor?
- Lösung
  - Fußball wird mit Sensorknoten ausgestattet
  - Sobald die Torlinie überschritten wird, wird ein Signal an der Armbanduhr des Schiedsrichters ausgelöst
  
- „Der Ball mit Chip funktioniert – seit 2007!“
  - Bericht in „kicker“
  - „... Er funktioniert absolut sicher! ...“
  - „... Das Signal geht nur ans Schiedsrichterteam und das in kürzester Zeit...“



# Smart-Metering mit Sensornetzen für Abrechnungszwecke

- Ziel: Einfaches und kosteneffizientes Ablesen von Zählern im Haushalt
  - Wärme-, Gas-, Wasser- und Stromzähler
- Früher: Mitarbeiter vom Ablesedienst muss in jeden Haushalt rein
  - Bewohner müssen da sein
  - Hoher personeller und zeitlicher Aufwand
- Heute: **Walk-by-Ablesung**



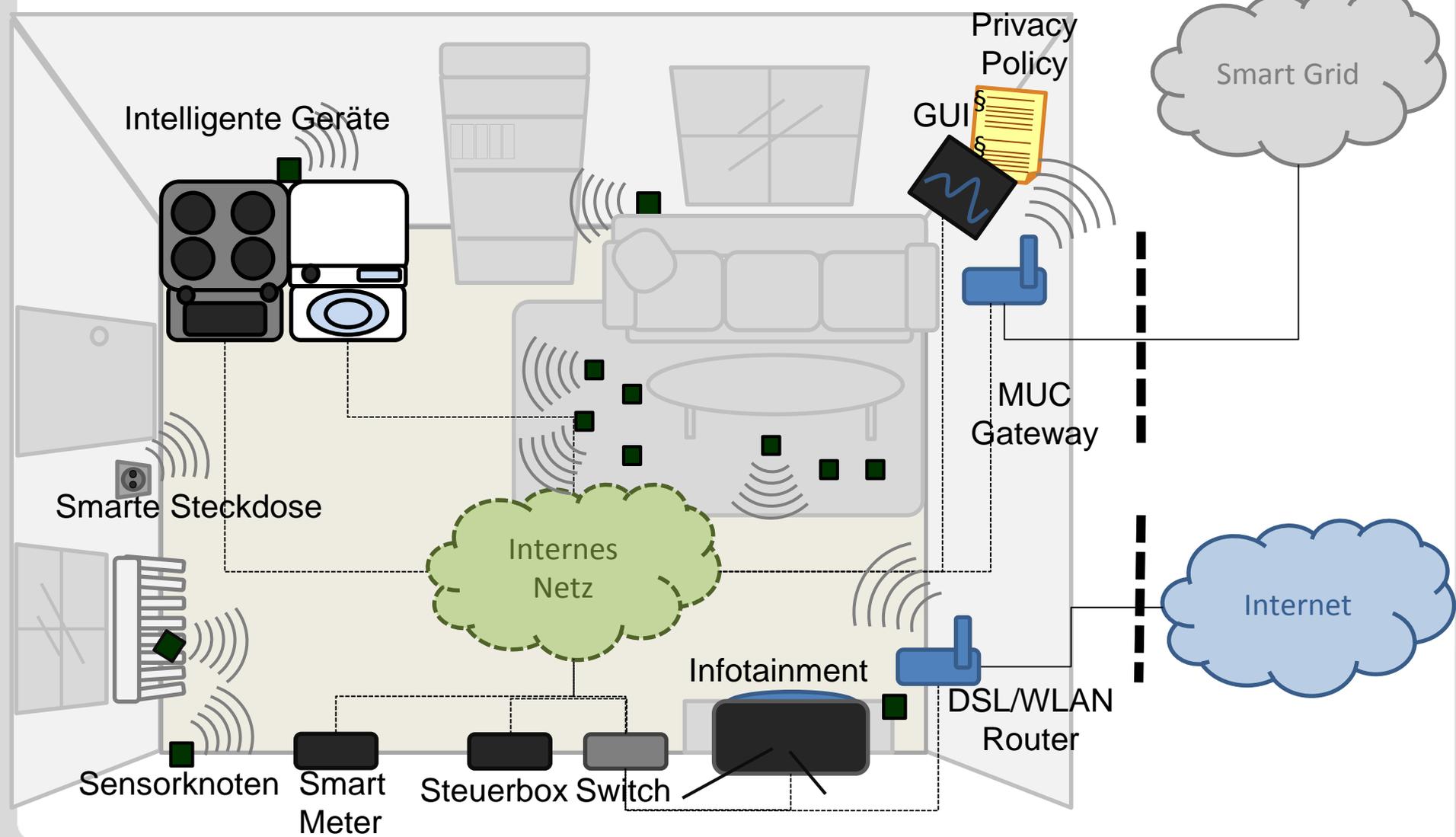
## Fernablesung



# Smart-Metering mit Sensornetzen für Energiemanagement

- Ziel: Intelligente Nutzung der Energie im Haushalt
  - Einschalten der Verbraucher wenn der Strom günstiger ist
  - Verwalten von Energiespeicher wie Akkus, Wärmespeicher, ...
  - Überwachung und Kontrolle des Energiebedarfs im Haushalt
  - Einbindung des Elektroautos als Verbraucher und Energiespeicher
- Ständige Messung des Energiebedarfs von Haushaltsgeräten notwendig → Viele Energiemesssensoren im Haushalt
- Verkabelung zu teuer und aufwändig
- Lösung → **Sensornetze**

# Smart-Metering mit Sensornetzen für Energiemanagement

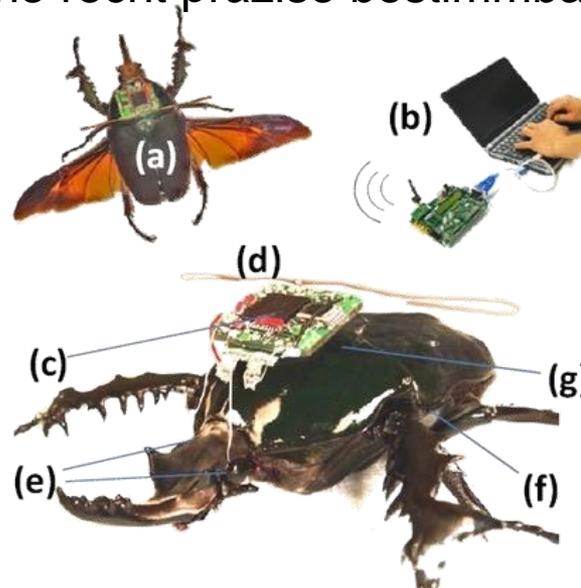


# Ferngesteuerte Käfer (2009)

- US-Armee erforscht Fernsteuerung von Käfern
  - Bericht in „Technology Review“, 4.4.2009
  - Knoten über Elektroden mit Käfergehirn verbunden
  - Käfer wird über elektrische Signale beeinflusst
  - Flugrichtung, Flughöhe recht präzise bestimmbar



- Problem:  
Autonomie der Beteiligten?



- Video unter  
<http://www.youtube.com/watch?v=PAeV96bTRil>

# Elektronische Haut (2011)

## ■ Ziele

- Flexible, integrierte Elektronik, die direkt auf die Haut aufgebracht werden kann

## ■ Konkrete Aufgabe

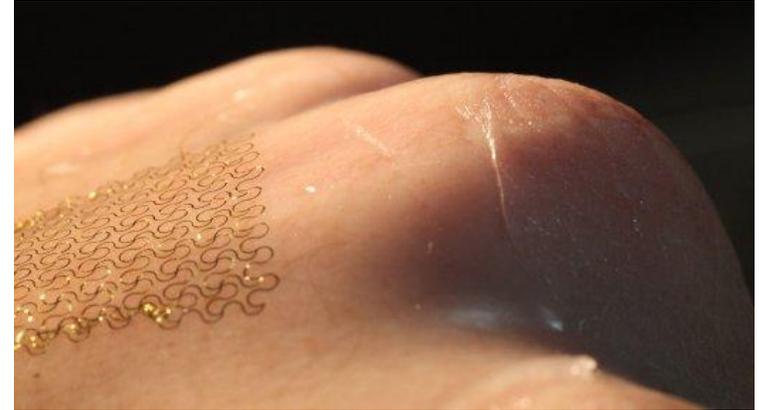
- Messen von Hirnströmen, Muskelsignalen und Herzschlag
- Ansteuerung von Aktoren zur Unterstützung Behinderter

## ■ Herausforderungen

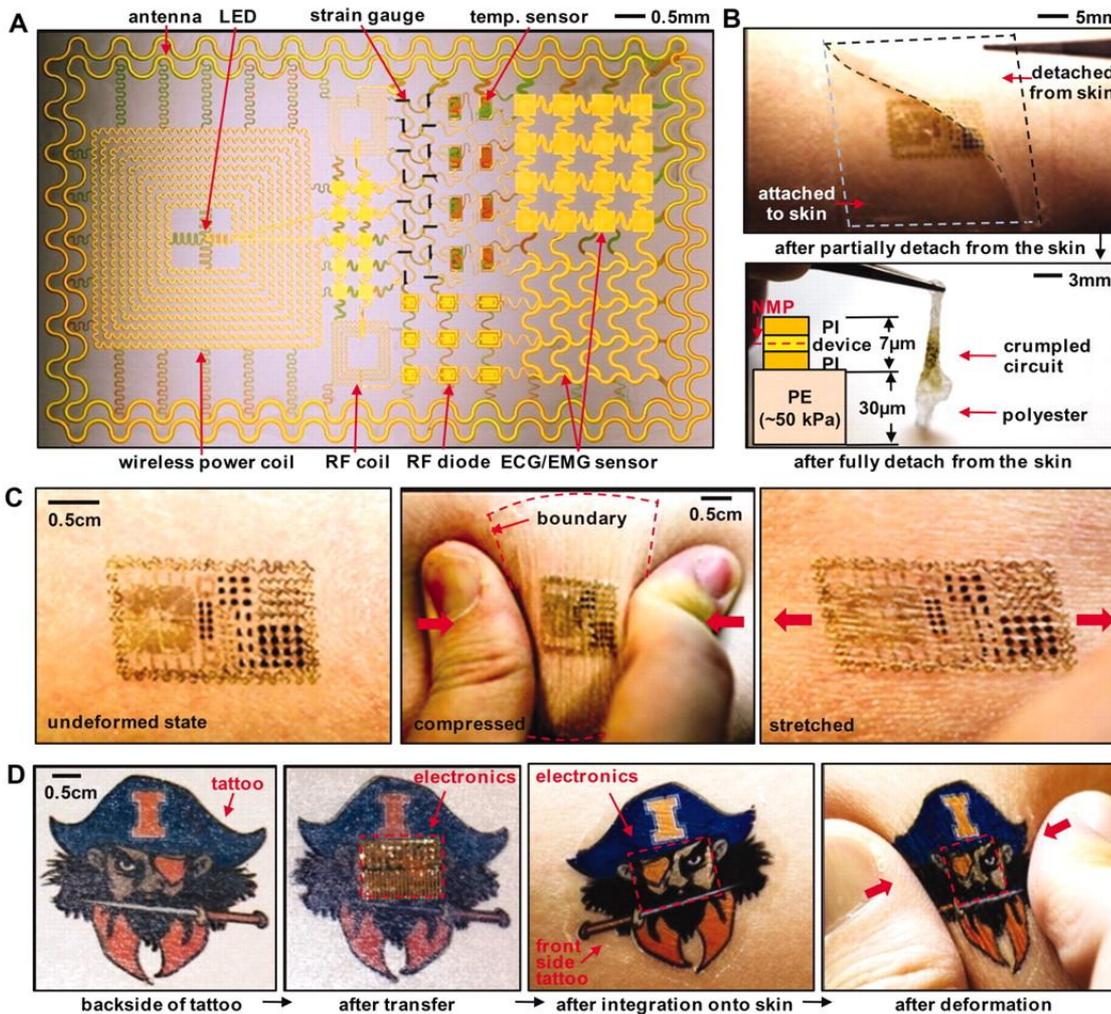
- Unauffällige Anbringung auf der Haut einer Person
- Resistent gegen extreme Beanspruchungen (Dehnbar, etc.)
- Minimale Dicke / Gewicht

## ■ Zum Projekt

- Department of Materials Science and Engineering, University of Illinois, USA



# Elektronische Haut



- Gewicht der aktuellen Prototypen 0,09 Gramm
- System besteht aus Antenne, Energieversorgung, Sensoren (A)
- Robust gegen mechanische Beanspruchung (C)
- Integrierbar in Tattoos (D)