

Vorlesung Internet of Everything

Kapitel 1 – Einführung

Prof. Dr. Martina Zitterbart, Martin Florian, Markus Jung
[zitterbart, florian, m.jung]@kit.edu

Institut für Telematik, Prof. Zitterbart



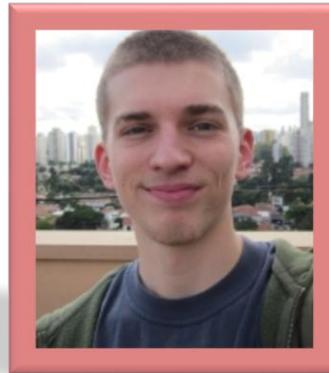
© Peter Baumung

Das Team der Vorlesung

- Prof. Dr. Martina Zitterbart



- Dipl.-Inform. Martin Florian



- Markus Jung, M.Sc



An früheren Versionen waren außerdem beteiligt:

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

Danke!

Prüfungstermine

■ Prüfung

- Derzeit mündliche Prüfungen

■ Prüfungstermine

- Es werden mehrere Blöcke von Terminen für die Vorlesung *Internet of Everything* bekannt gegeben
- 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
- Für die Prüfungen bitte die jeweils für Ihren Studiengang gültigen Prüfungsregelungen beachten

Overview of Research Topics

■ Future Internet: Algorithms, Protocols, Architectures

Software-
defined
Networking,
Virtualization,
Management

Network
Security &
Privacy
Protection

High
Performance
Networking

Internet
of Everything

■ Methods & Tools: Evaluation, Design-Process

Analysis &
Simulations

Prototypes,
Testbed
Experiments

Systematic
Design
Process

Selber aktiv werden?

- Interesse? Wie wäre es beispielsweise als

- Hiwi
- Bachelor-/Masterarbeiter
- ... oder als aktiver Teilnehmer an einer/mehreren der Arbeitsgemeinschaften?

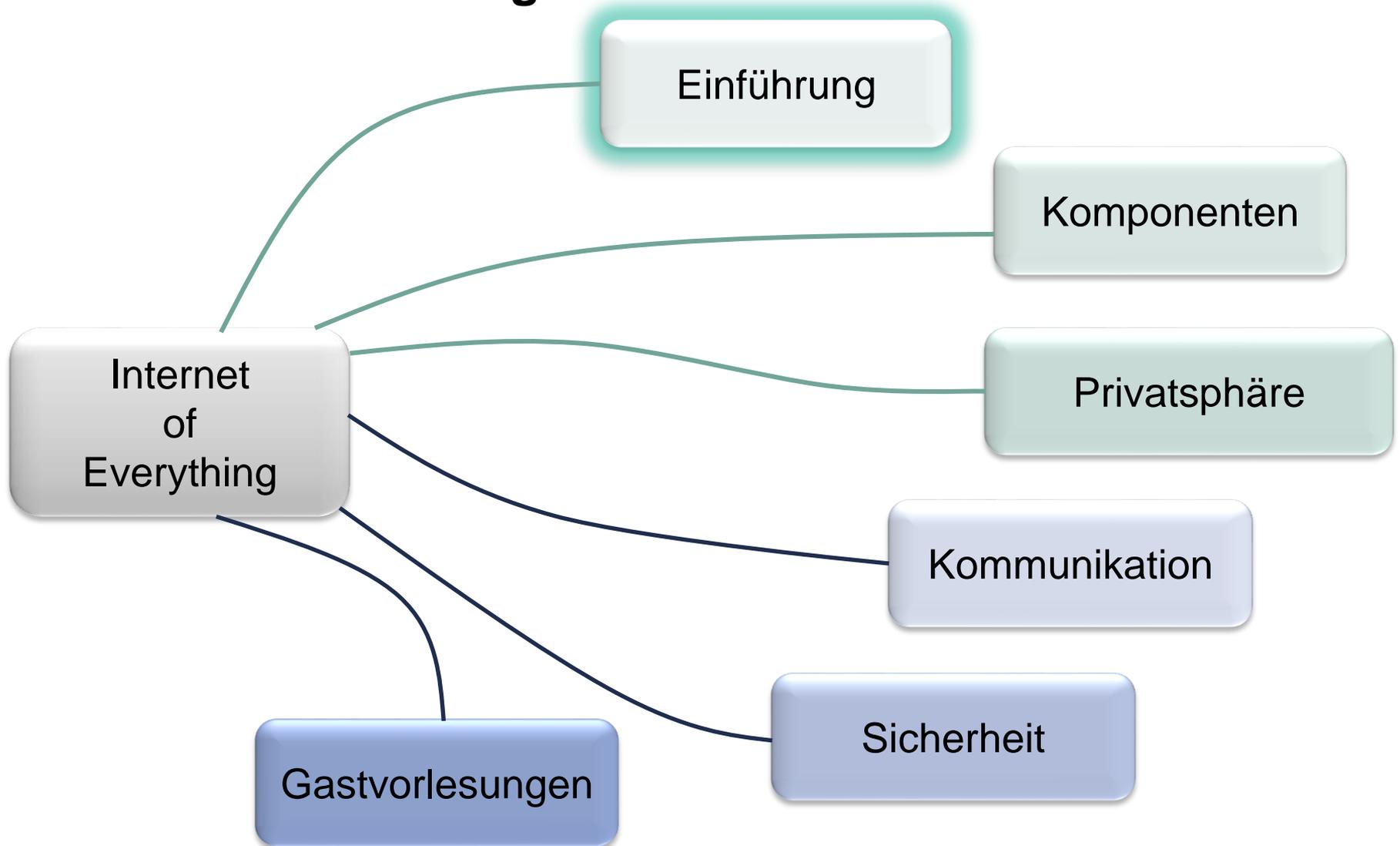


- Schauen Sie doch einfach mal am Institut vorbei!

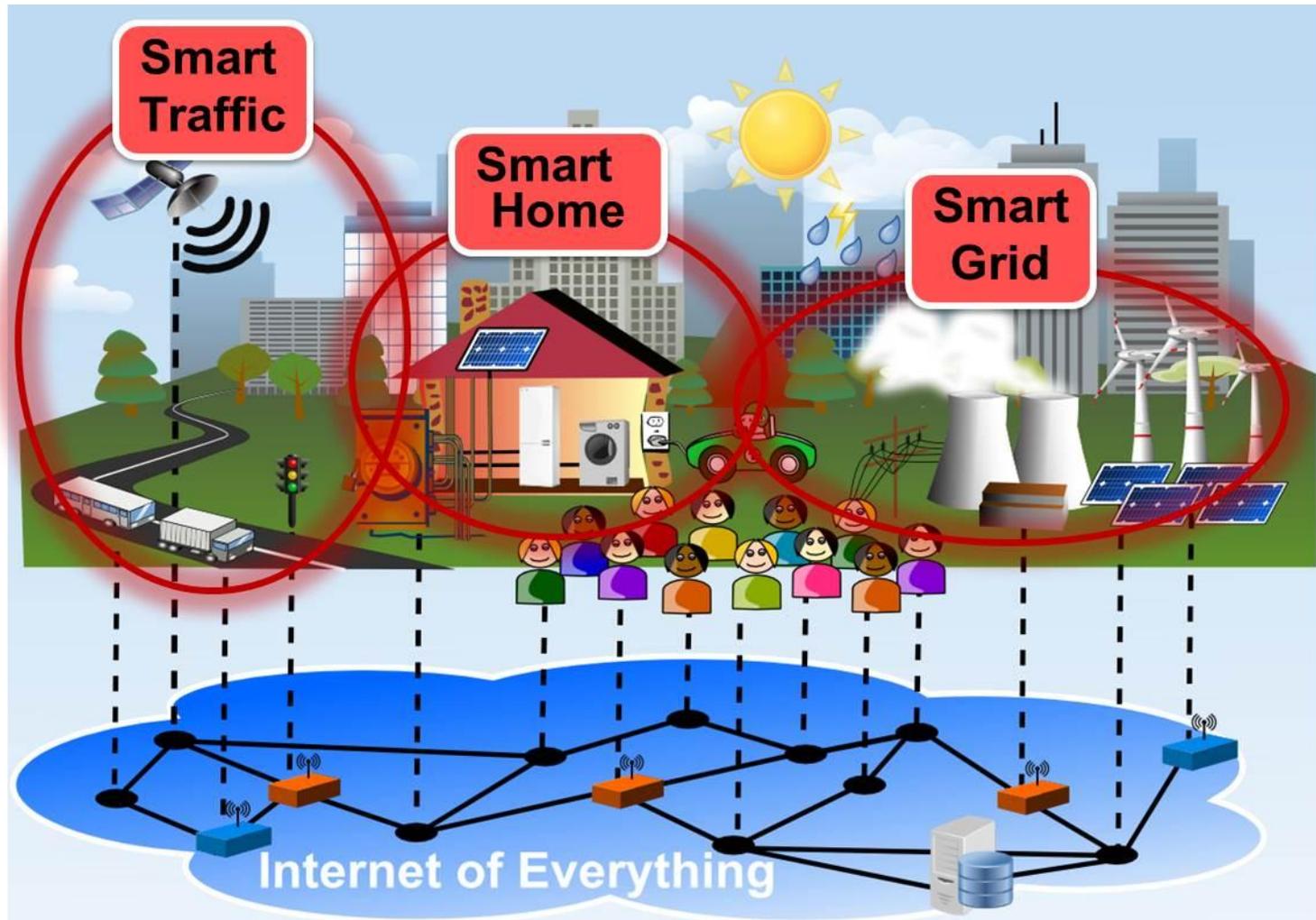
- Informatikgebäude am Schloss (Geb. 20.20), 3. Stock



Inhalte der Vorlesung



Perspektive Internet of Everything



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



Sieht so unsere Zukunft aus?

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

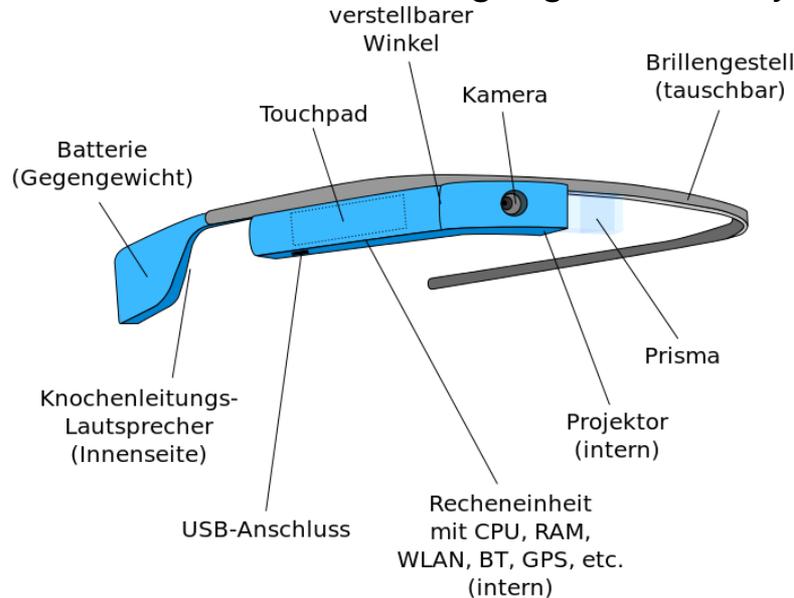


[pebble]

Google-Glass

Bestandteile

- Mikrofon, Beschleunigungssensor, Gyroskop



- Steuerung u.a. per Spracherkennung, Kopfbewegung und Augenzwinkern

Rechtliche Problematik

- Aufzeichnen ohne Einverständnis der Betroffenen
- Kontroverse Diskussion zur Gesichtserkennung



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]



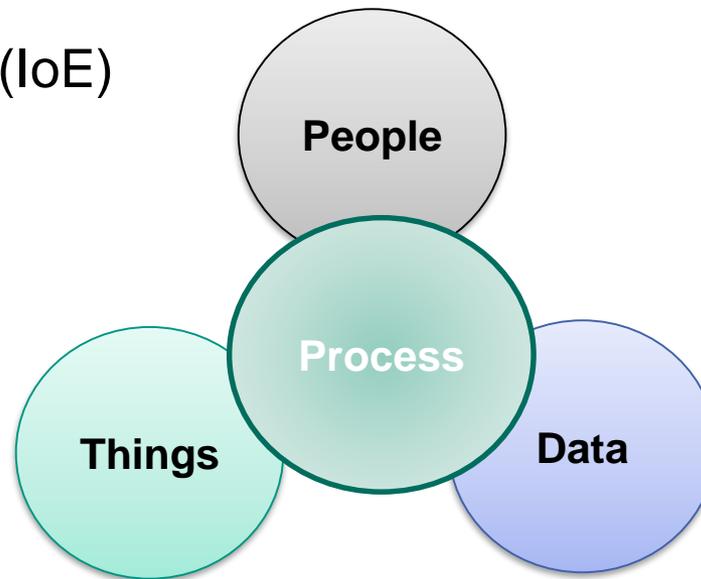
[jawbone Up]



[nike+ fuelband]

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)



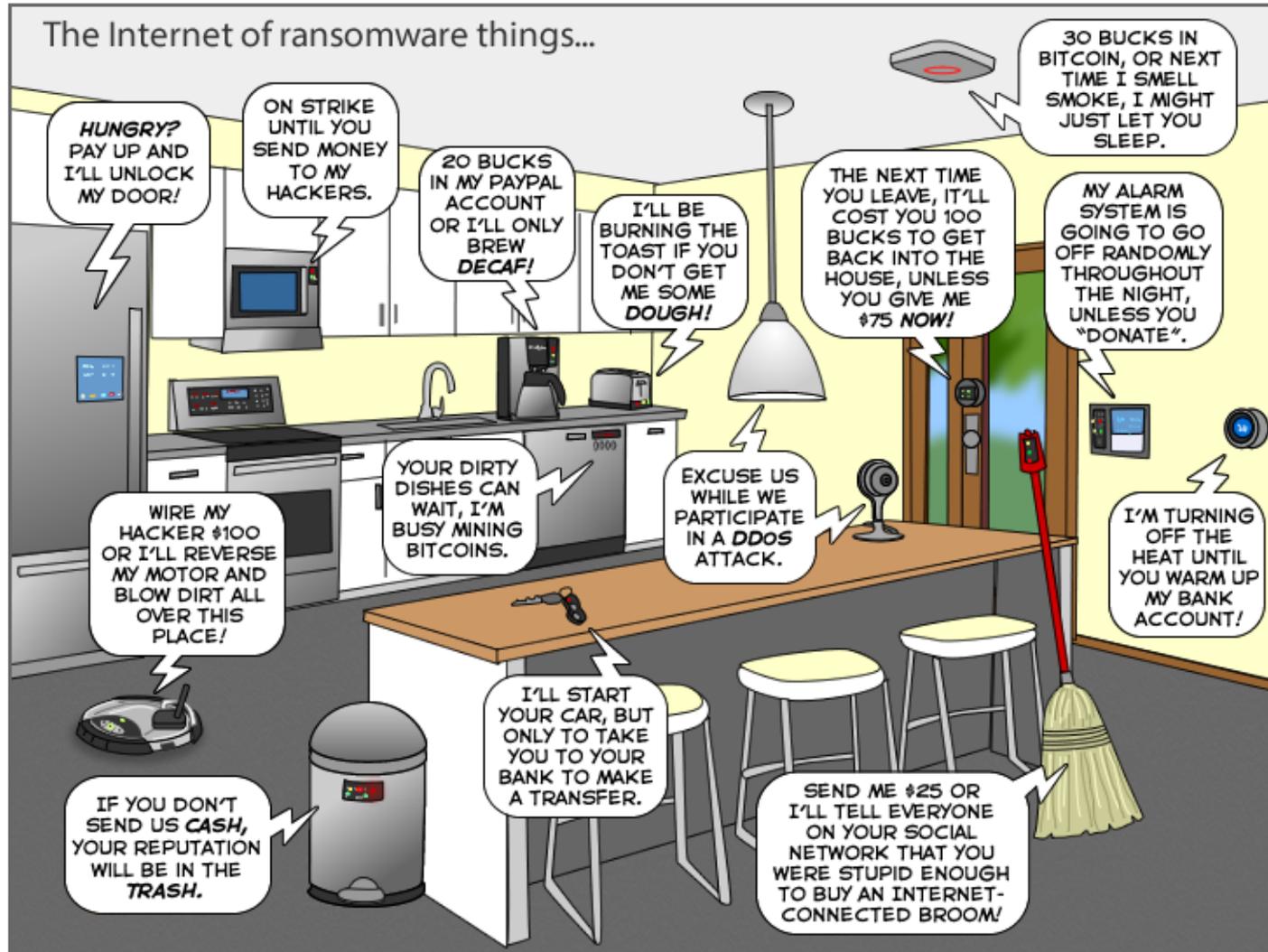
„ ...a network of networks where billions of connections create unprecedented **opportunities** as well as **new risks**. ...”





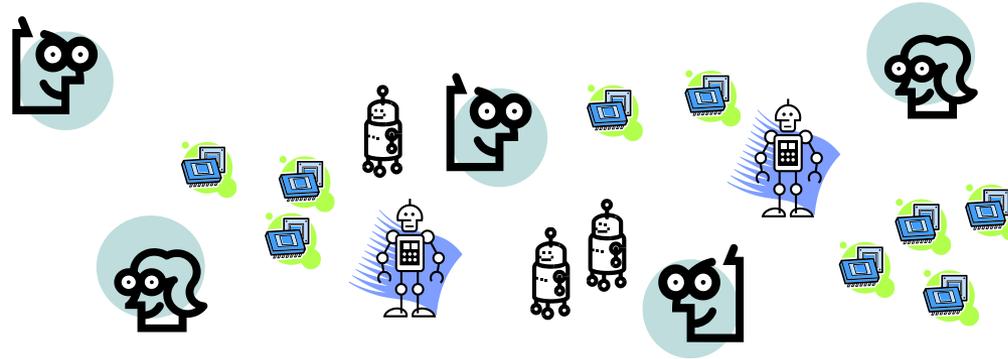
Schöne Aussichten?

The Joy of Tech™ by Nitrozac & Snaggy

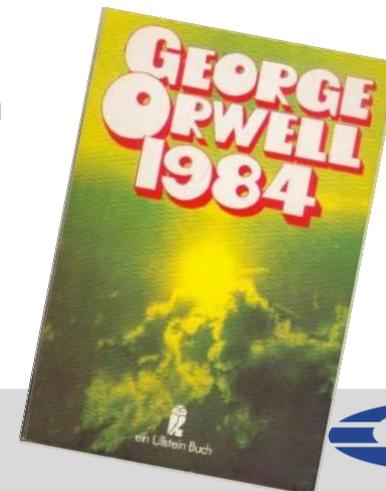


IoE ... den Menschen nicht vergessen

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



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



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)

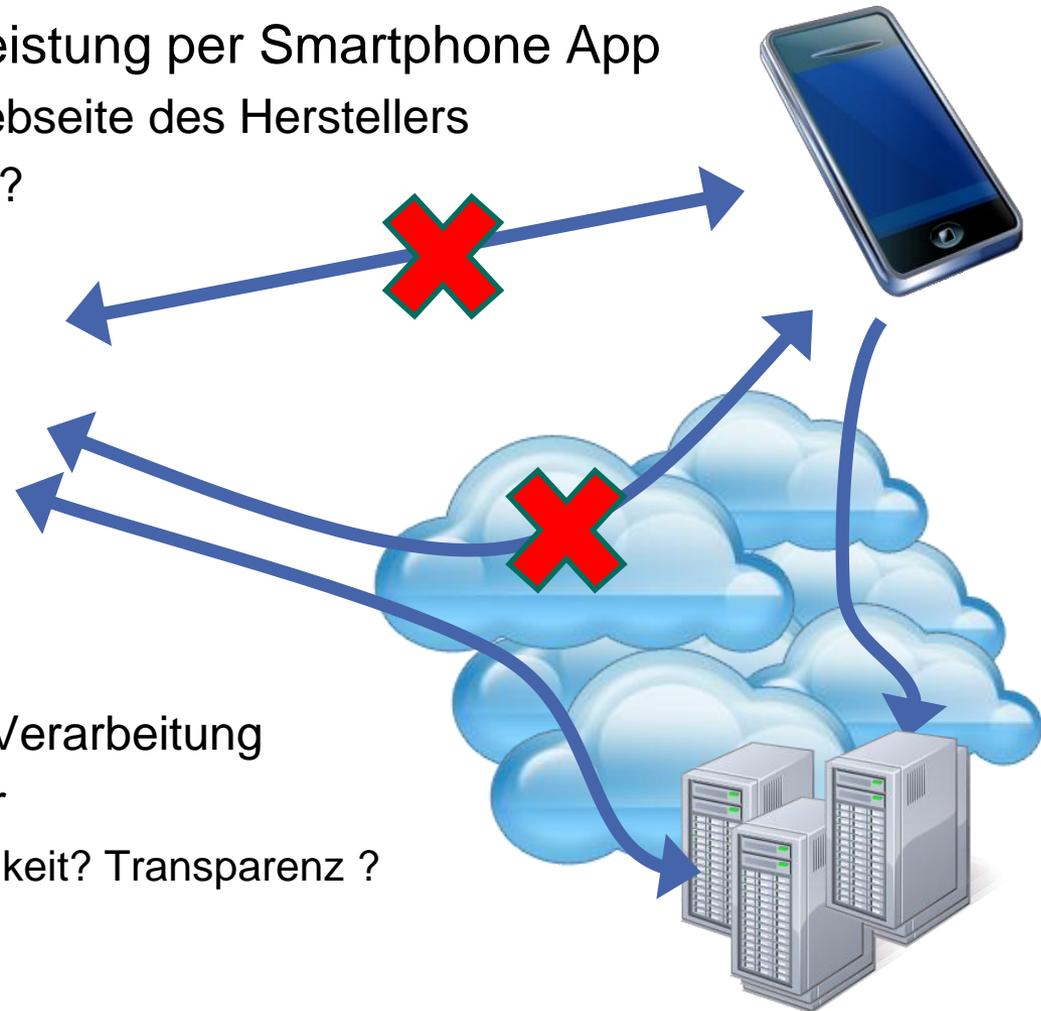
- Privatsphäre
 - Wer hat Zugang zu diesen Informationen?

- 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
 - „Nur“ **169€** für Innenmodul und Außenmodul
 - „Cloud“-Speicherung von aufgezeichneten Daten (**alle 5 Minuten**) inklusive
 - Voraussetzung: WiFi-Router und Internetzugang



www.netatmo.com

Aufgezeichnete Daten



Innentemperatur



Luftfeuchtigkeit
innen



Luftqualität
innen



CO2

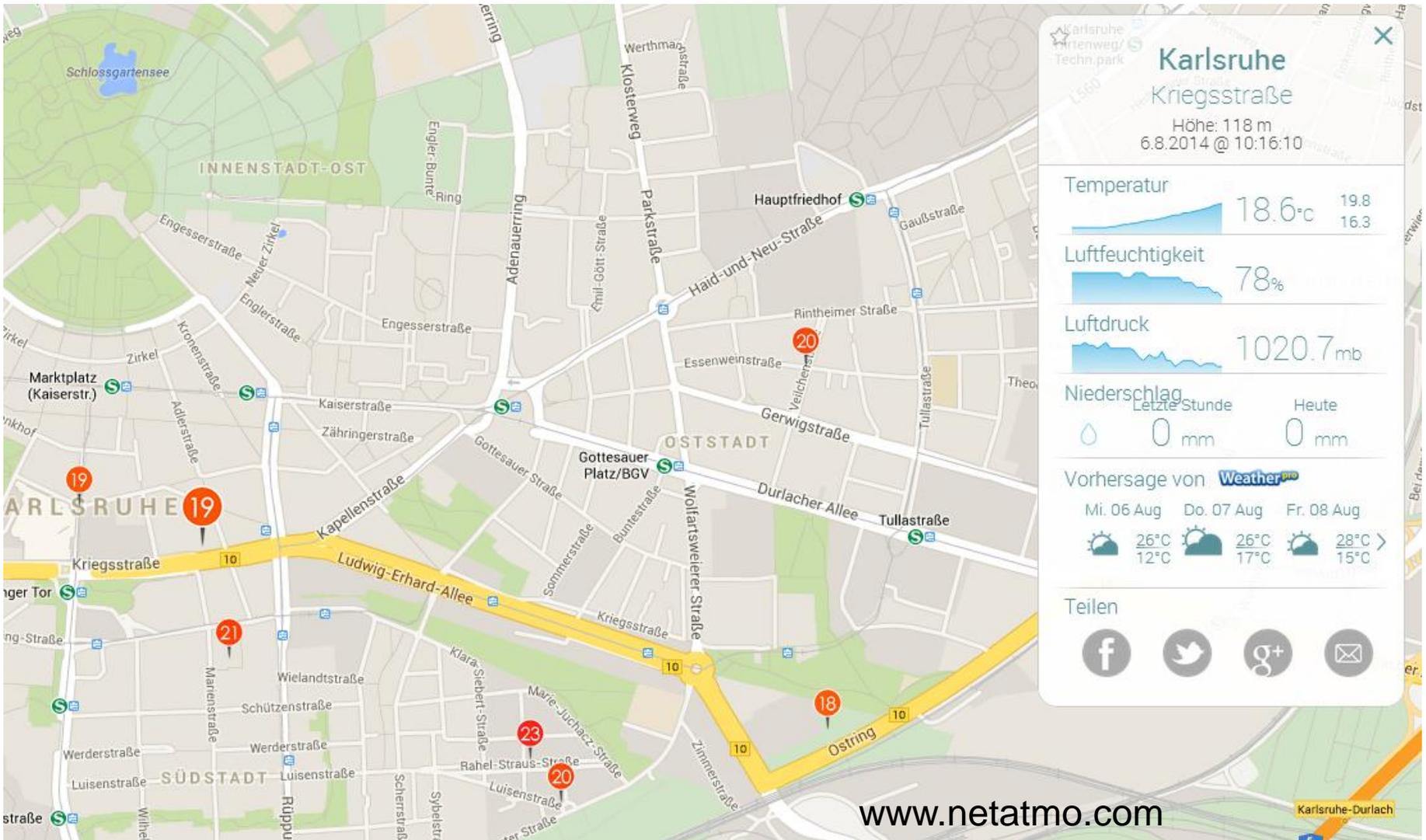


Geräuschpegel

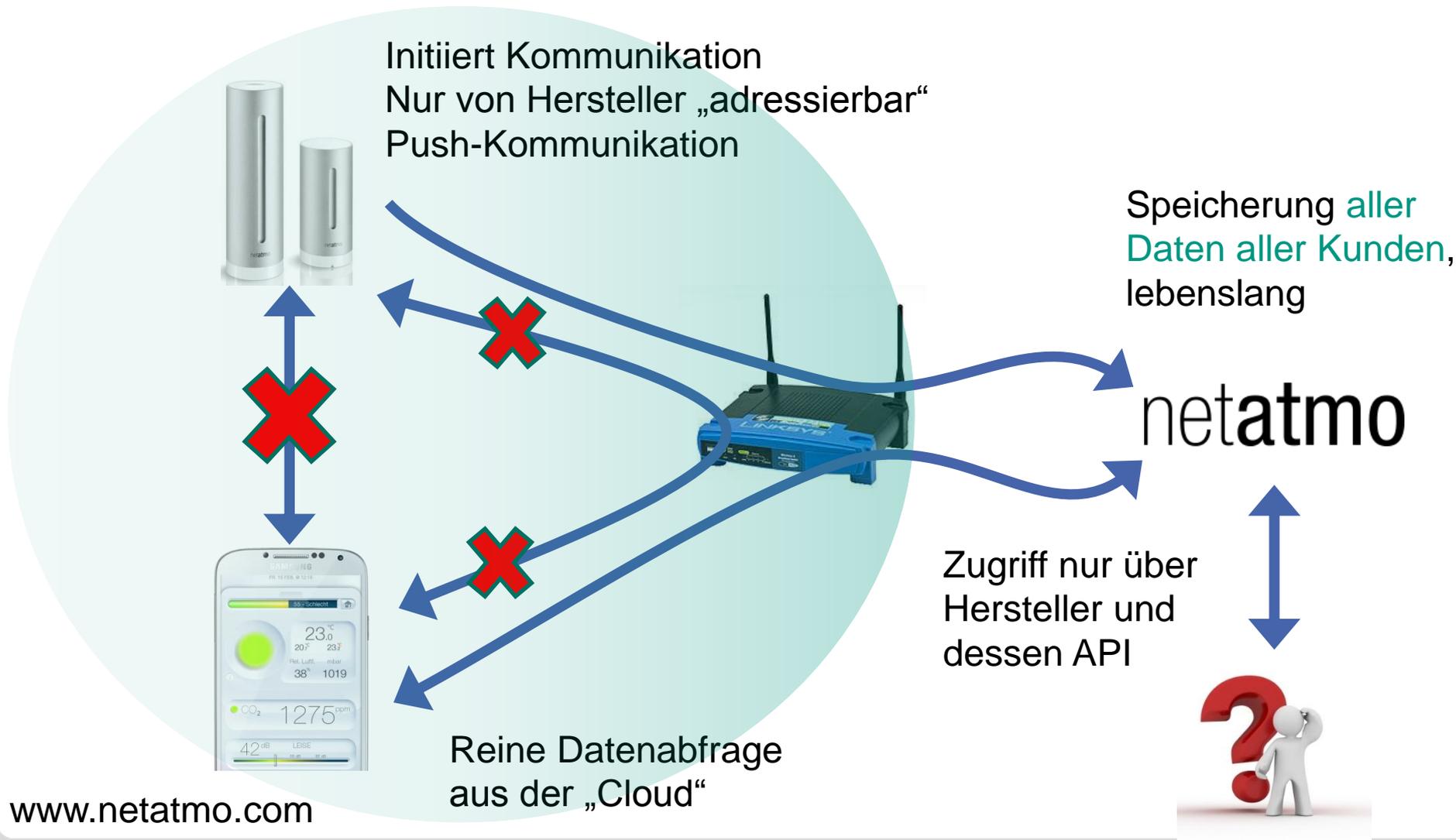


www.netatmo.com

Netatmo Weathermap



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

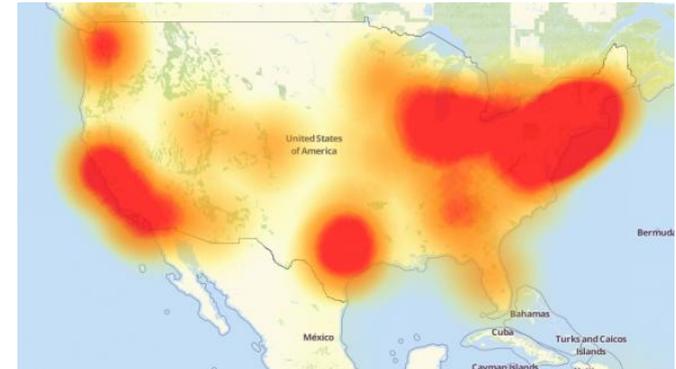
	Mama gesehen	7:02 PM
	Unbekannte Person gesehen	5:51 PM
	Tom gesehen	5:32 PM
	Lily gesehen	5:32 PM
	Tom gesehen	4:07 PM
	Lily gesehen	4:07 PM



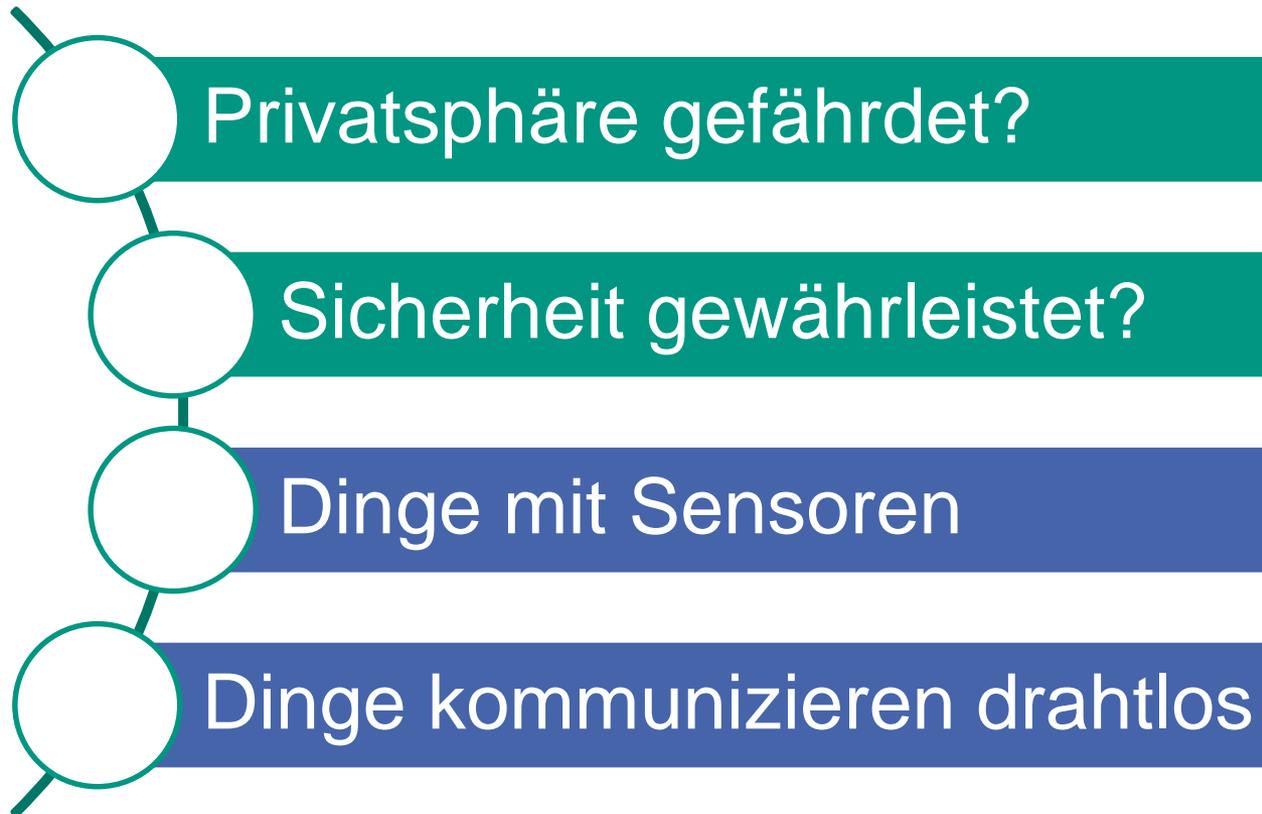
www.netatmo.com

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 (Mpps)	Target Rate (Gbps)
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



Wichtige Komponenten: Sensoren / Aktoren

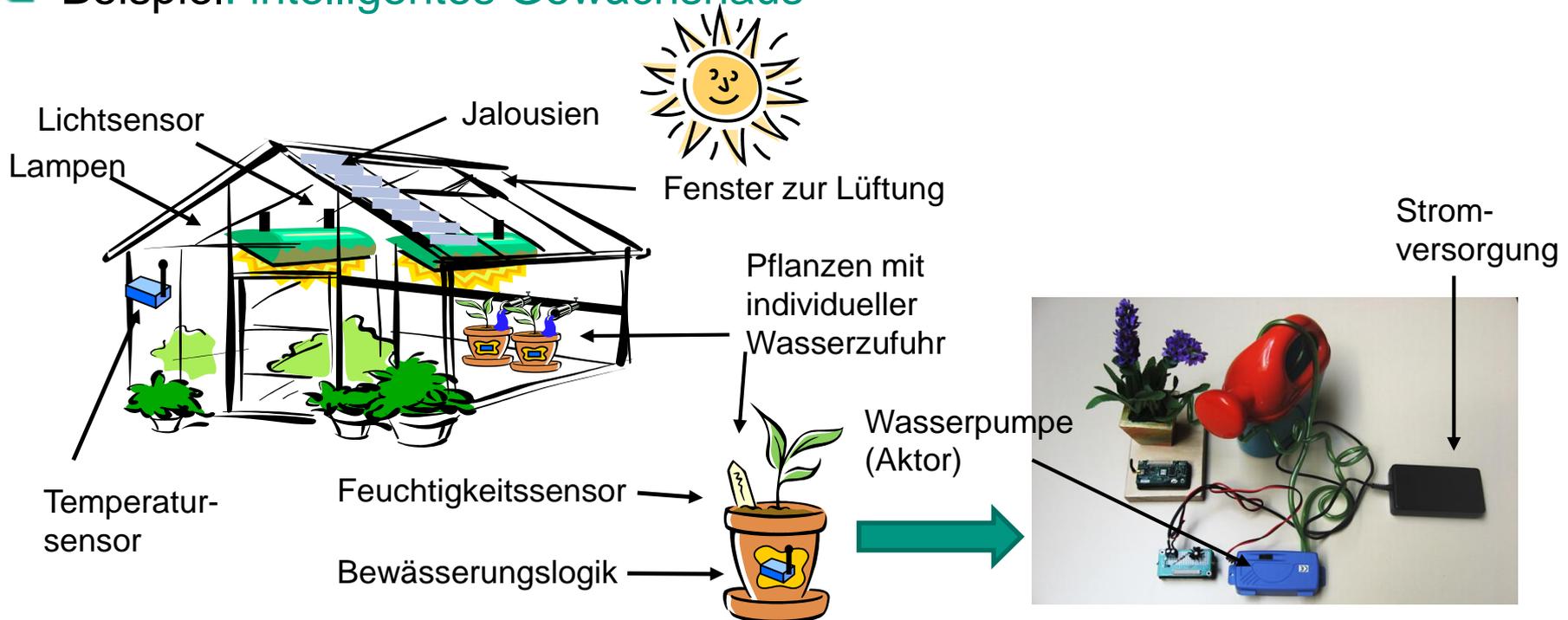
- Schnittstelle zwischen digitaler und physikalischer Welt
Kommunikation mit Gerät, Anwendung und/oder Benutzer



→ **Vernetzung** der Sensoren/Aktoren

Anwendungsbeispiel Gewächshaus

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

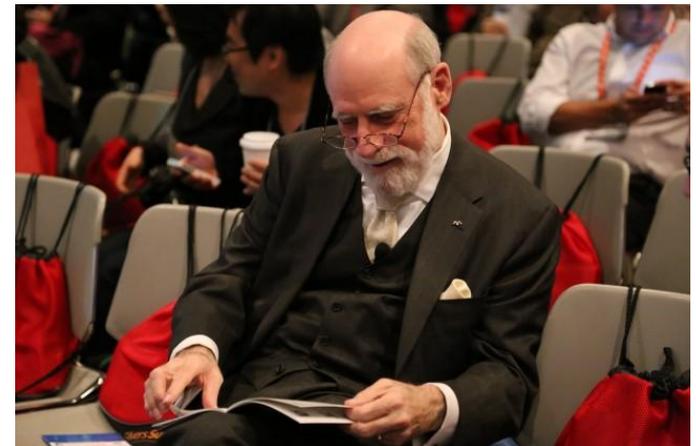


Anwendungsbeispiel Weinkeller

- 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

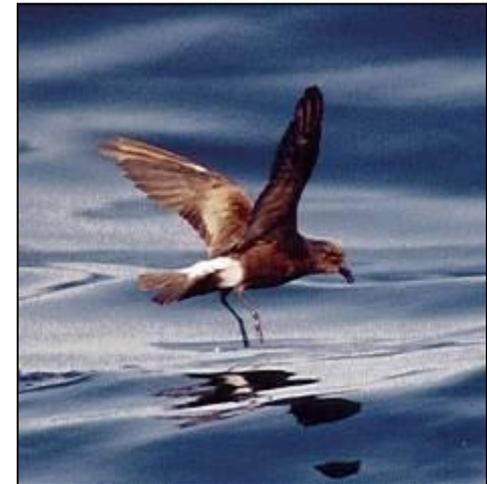


<http://www.youtube.com/watch?v=EGSsjOynXg4>



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

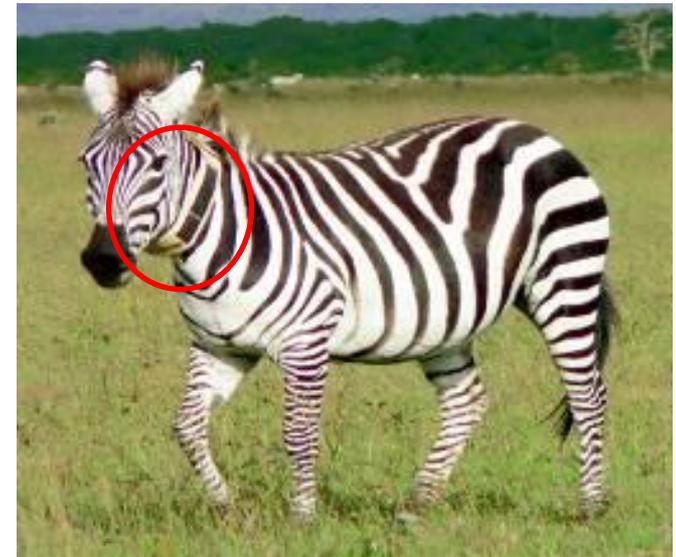
- Über 100 vorkonfigurierte Sensorknoten (MICA, TinyOS)
 - In Höhlen der Nester (Sensoren stationär)
 - Basisstation mit Satellitenlink zum Internet
 - Live-Daten waren im Internet verfügbar
 - Über 1 Millionen Messdaten von Sensoren (Frühjahr bis Herbst 2002)

- Herausforderung Datenaufkommen
 - Multi-Hop-Kommunikation
 - Statt direkter Kommunikation
 - Daten komprimieren und **aggregieren**



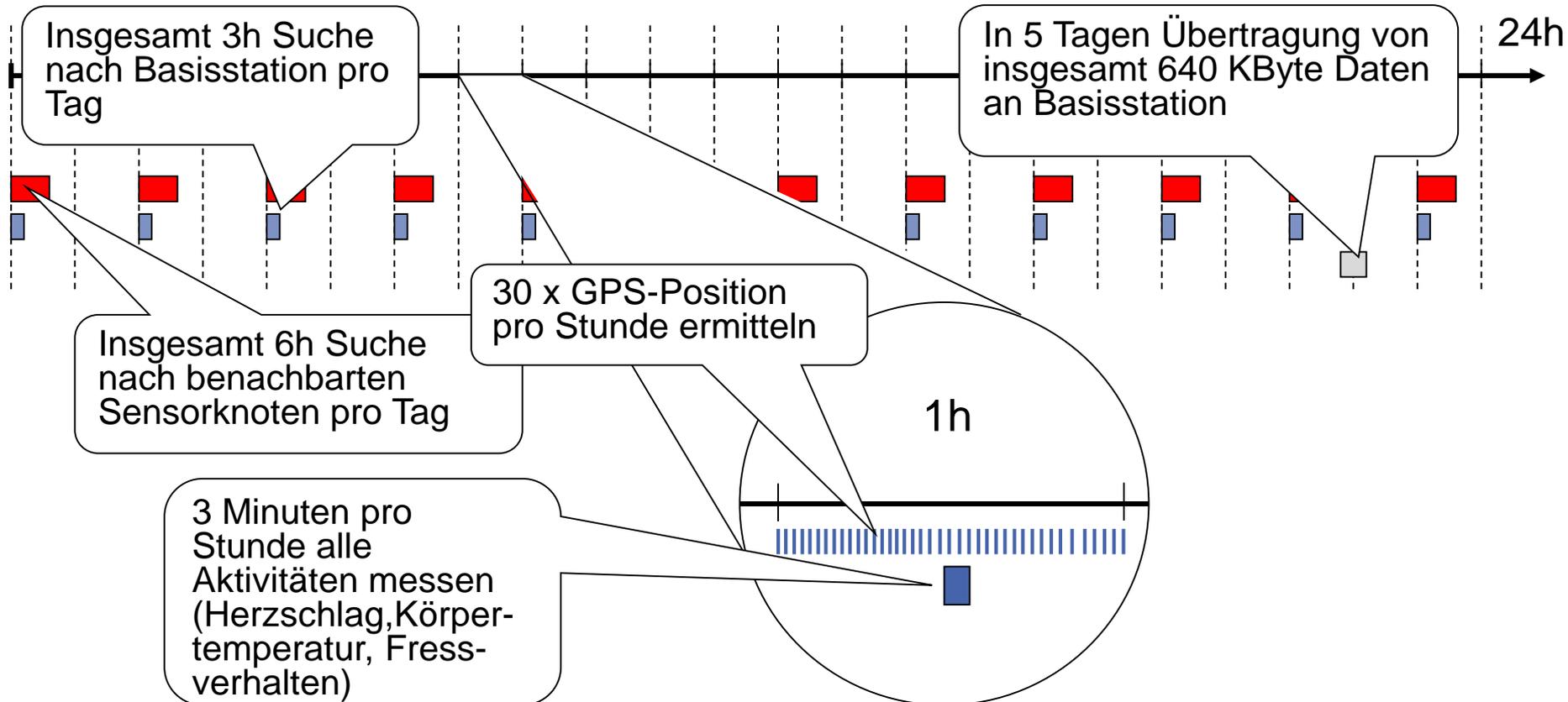
Historische Beispiele: ZebraNet (2003)

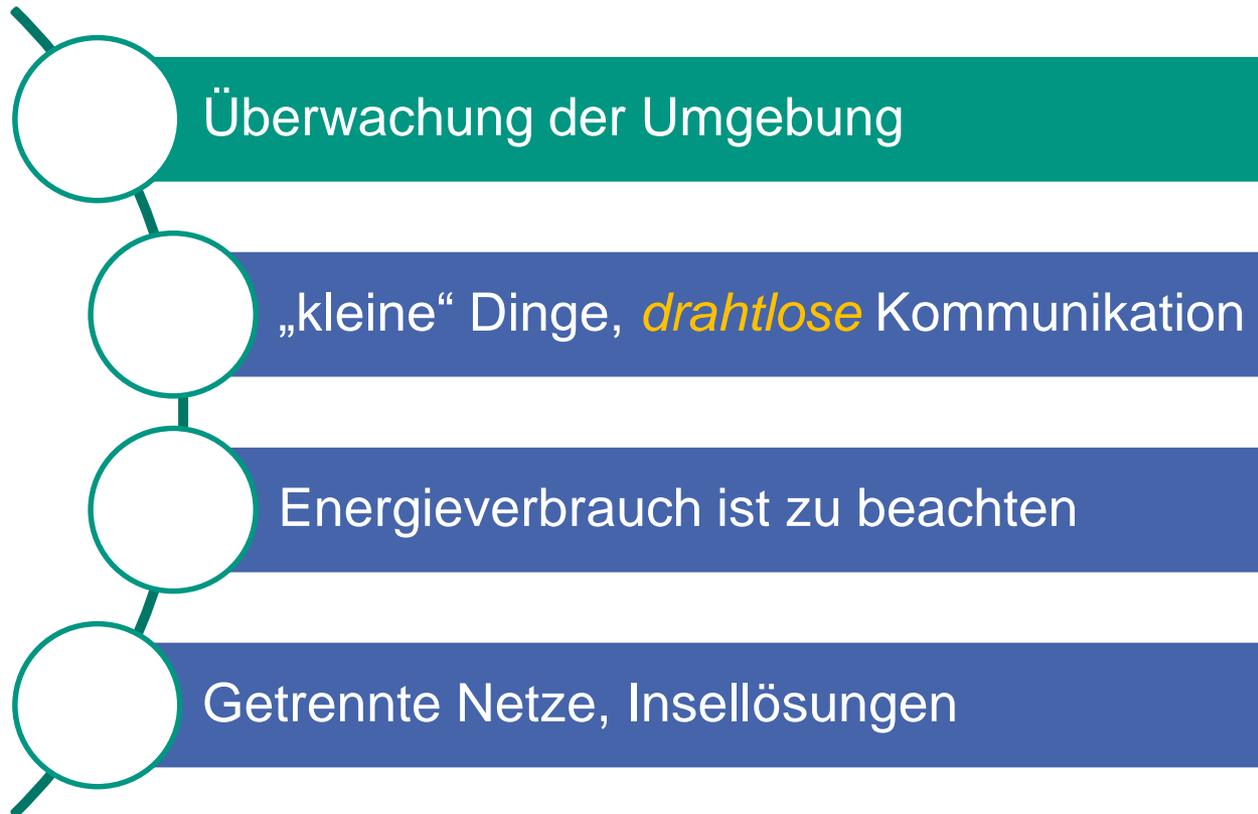
- Ziel
 - Erforschung des Migrationsverhaltens von Zebras
 - Kontinuierliche Lokalisierung von Zebras
 - Erfassung biometrischer Daten
- Herausforderungen
 - Langfristige Beobachtungen erforderlich
 - Großes überwachtetes Gebiet
 - Beobachtungen der Tiere selbst und nicht „nur“ der Nester
- Zum Projekt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



Historische Beispiele: ZebraNet – Energie

- Anforderung: Betrieb für 1 Jahr
 - Zwei Funkschnittstellen (Zebra → Basis: teuer und Zebra → Zebra: billig)
 - Komplexer Aktivitätenplan um Energie zu sparen



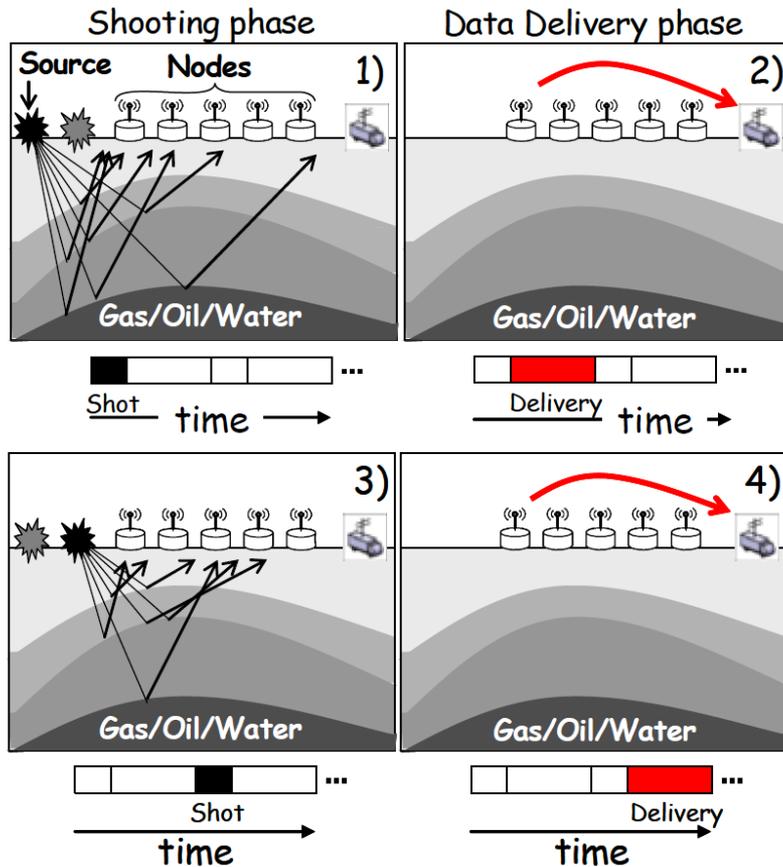


Geht´s auch drahtgebunden?

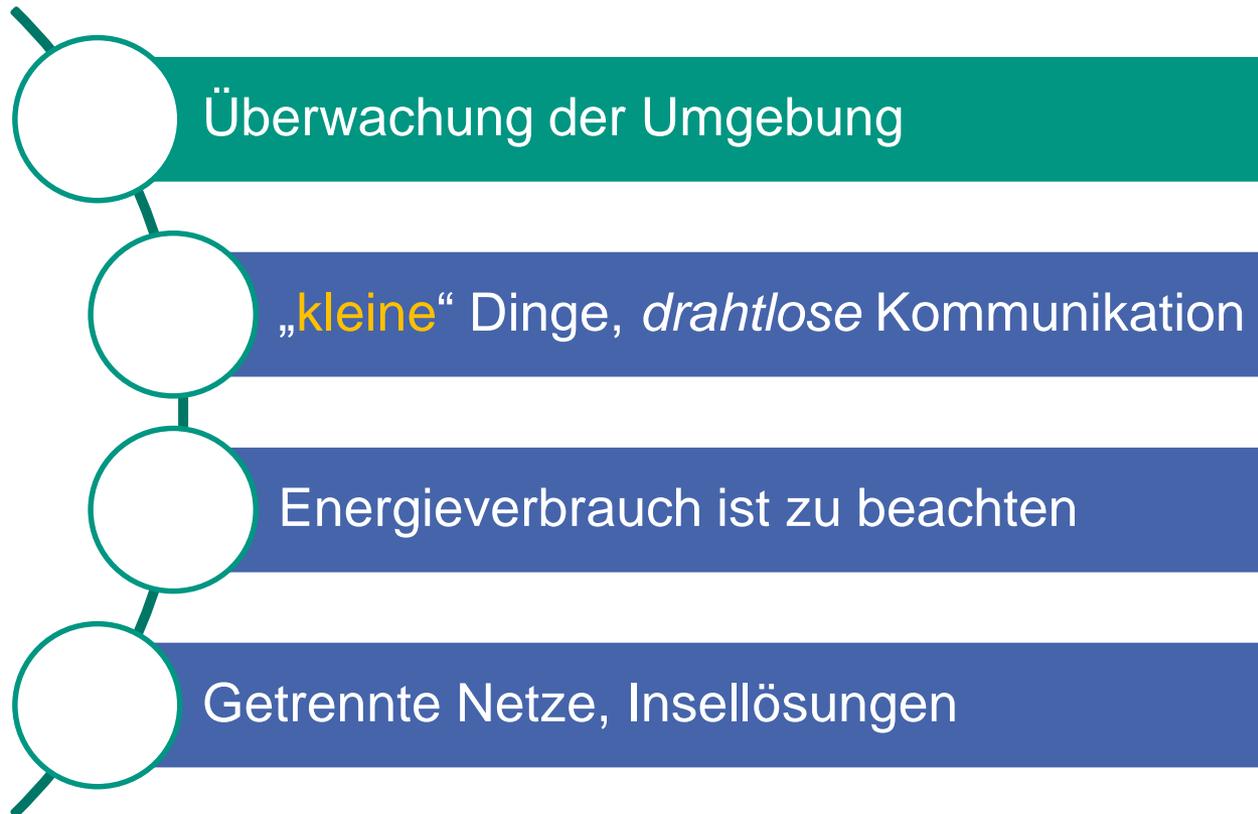
- Ziel
 - Erkundung von Öl und Gasvorkommen
 - Seismische 3D Messungen als Vorbereitung für Probebohrungen
- Beispiel Rhein Petroleum
 - Januar - April 2012
 - 20.000 Erdmikrofone (**kabelgebunden**)
 - Jeweils als 10 km lange Streifen ausgelegt.
 - Vibrationsfahrzeug erzeugt Echolot-Schallwellen
 - Messbereich ca. 280 km²: 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
 - Unterschiedlichen Orten der Vibrationsquelle
 - Mehrfache Messungen
- Verwendete Sensoren
 - Erdmikrofone (Geophone)
 - leichtere MEMS-Beschleunigungssensoren
- Knotenabstand 30m bis 400m



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 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)
Datenrate	250 kbit/s	max. 1 Mbit/s	~ 40–150 kBit/s	424 kbit/s	11 Mbit/s
Reichweite	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
Energie- verbrauch	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

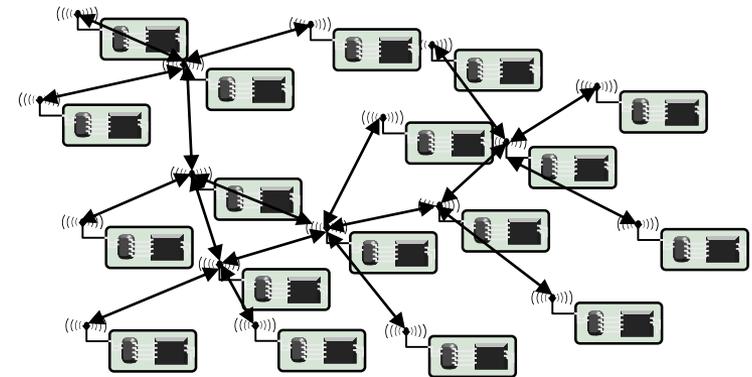
Aufbau eines drahtlosen Sensor-Aktor-Netztes

- 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



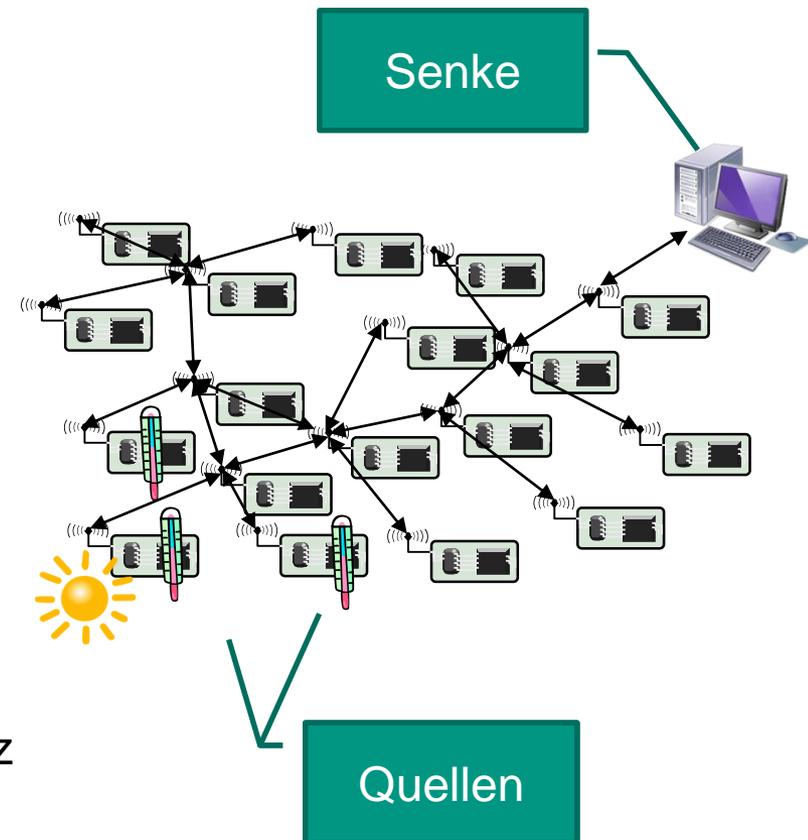
Aufbau eines Sensornetzes

■ 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)

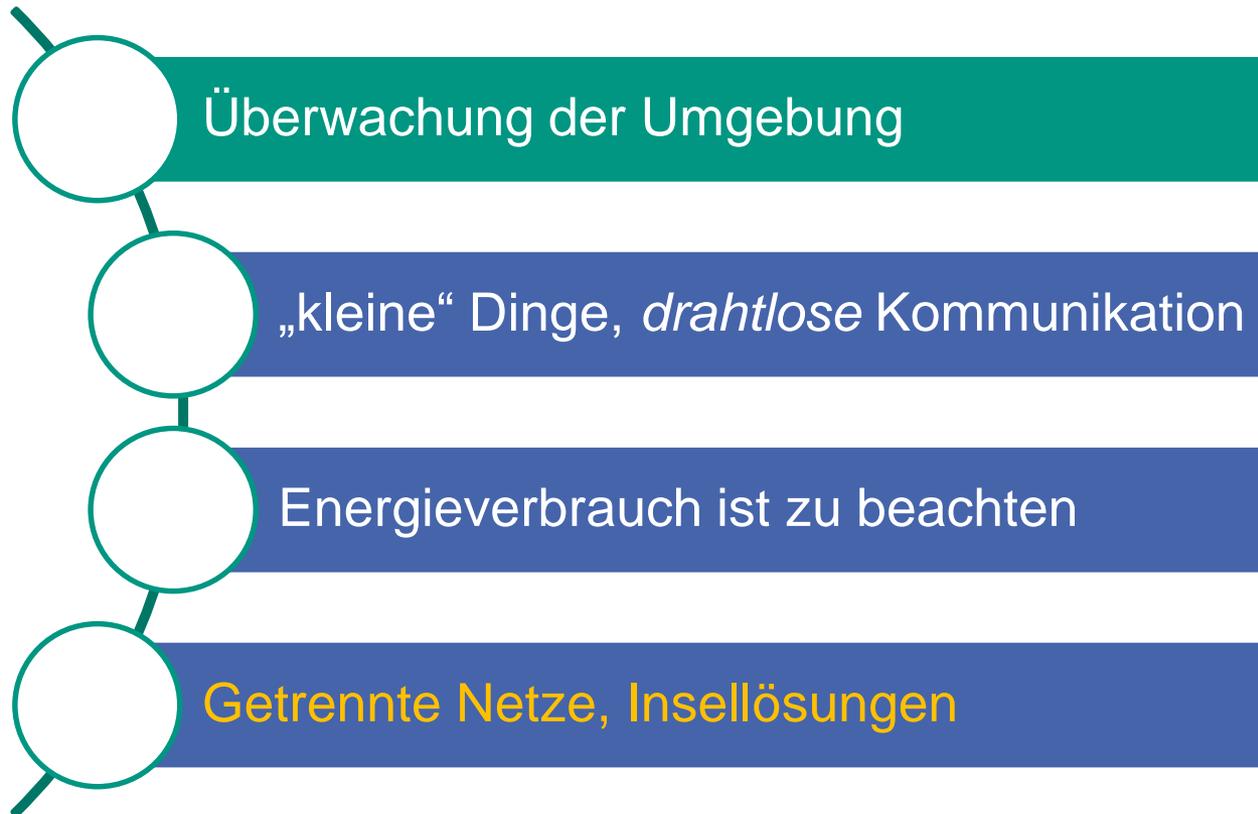


Annahmen

- 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



[cisco]

Stärkere Vernetzung der Dinge

- Eigene Netze für das Internet of Everything?
- **Beispiel 2014:** 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 Betriebsjahr
 - **Proprietärer Funkstandard**
 - Übertragungsrate 100 Bit/s
 - Nachrichtengröße max. 12 Byte
 - Reichweite bis 1000 km
 - Batterielebensdauer bis zu 20 Jahre

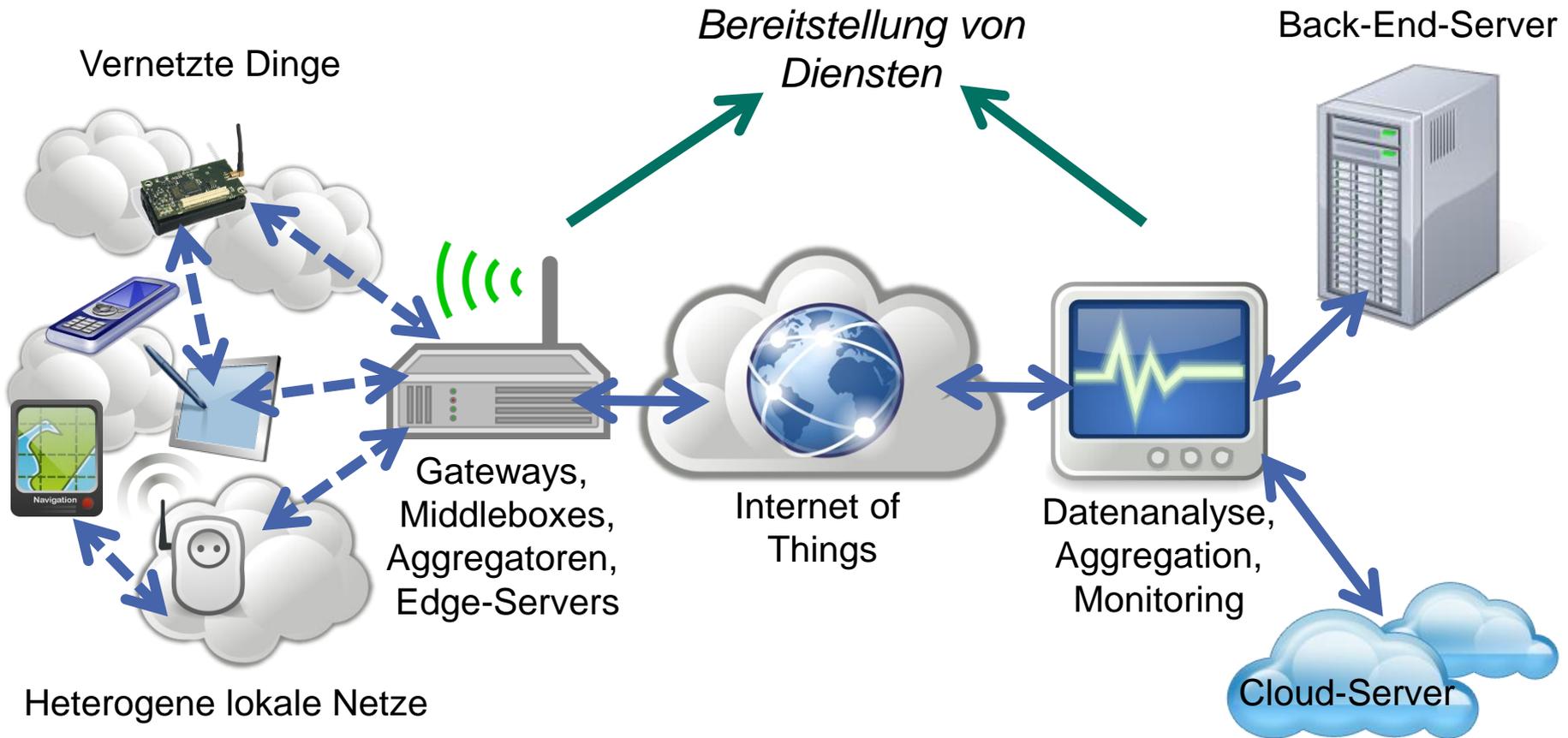
Stärkere Vernetzung der Dinge

- Eigene Netze für das Internet of Everything?
- **Beispiel 2016:** 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



... nicht nur Sensoren/Aktoren

■ High-level Kommunikationsarchitektur



Architektur (Dienste / Abstraktion)

Reale Welt (Physical Entities)



Modellierung
relevanter Aspekte
der realen Welt

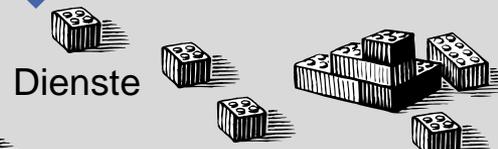


IoT-System



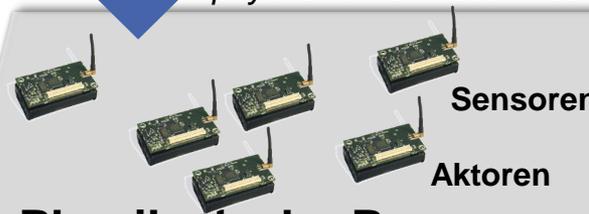
Virtuelles Objektmodell (Virtual Entities)

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

Schlüsseltechnologien für das IoE

- Sensorik / Aktorik
 - Ermöglichen Erfassung und Manipulation der Umwelt
- Drahtlose Ad-hoc Netzwerke
 - (Mobile) Kommunikation zwischen heterogenen Objekten
- RFID / NFC, QR-Codes
 - Identifikation von Objekten
- Cloud-Dienste und Anbindung
 - Skalierbare Rechen- und Speicherkapazitäten
- System-On-A-Chip (SoC) und Single-Board-Computer (SBC)
 - Niedrige Herstellungskosten, hoher Miniaturisierungsgrad
- Leistungsoptimierte Systeme (Protokollstacks, Hardware, Anwendungen)
 - Niedriger Energiebedarf / Lange Lebenszeiten
- Virtualisierung von Geräten, Objekten und Diensten

IoE – Themen der Vorlesung





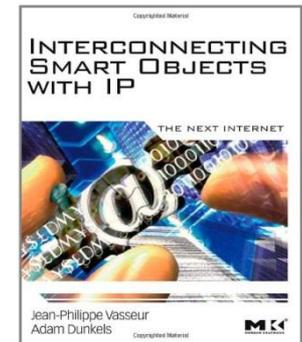
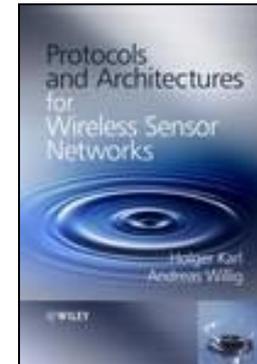
Die von uns zur Erstellung der Folien genutzte
LITERATUR

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

- ZERO - Sie wissen, was du tust
 - Science Fiction (mit einem Kern Wahrheit)
 - Roman von Marc Elsberg, ISBN-10: 3764504927
 - Gefahren und Risiken der Vernetzung



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!



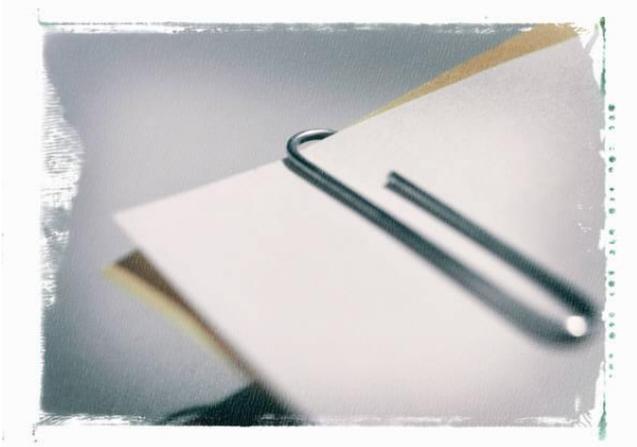
... die einzelnen Kapitel enthalten dedizierte Literaturangaben



- [Baer03] M. Baer; **The Ultimate on-the-fly Network**; Wired 11/12, 2003
- [zebra] Projektseite: <http://www.princeton.edu/~mrm/zebranet.html>
- [Weiser] M. Weiser, **The computer for the 21st century**, ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review - Special issue dedicated to Mark Weiser
- [cisco] <http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/loE.pdf>,
abgerufen 17.09.2014
- [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

Literatur – Internetquellen

- [apple] <http://www.apple.com/>, iPhone 6
- [autographer] <http://www.autographer.com/>, Autographer
- [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
- [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
- [jawbone] <https://jawbone.com/up>, Up
- [memsic] <http://www.memsic.com/>, IRIS Mote
- [nike] http://www.nike.com/de/de_de/c/nikeplus-fuelband, Fuelband
- [pebble] <http://getpebble.com/>, Pebble
- [samsung] <https://www.samsung.com/>, Gear Live, Galaxy S5
- [sony] <http://www.sonymobile.com/>, Smartwatch 3 SWR50, xperiaZ2



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



JOHN BURGESS/ PD

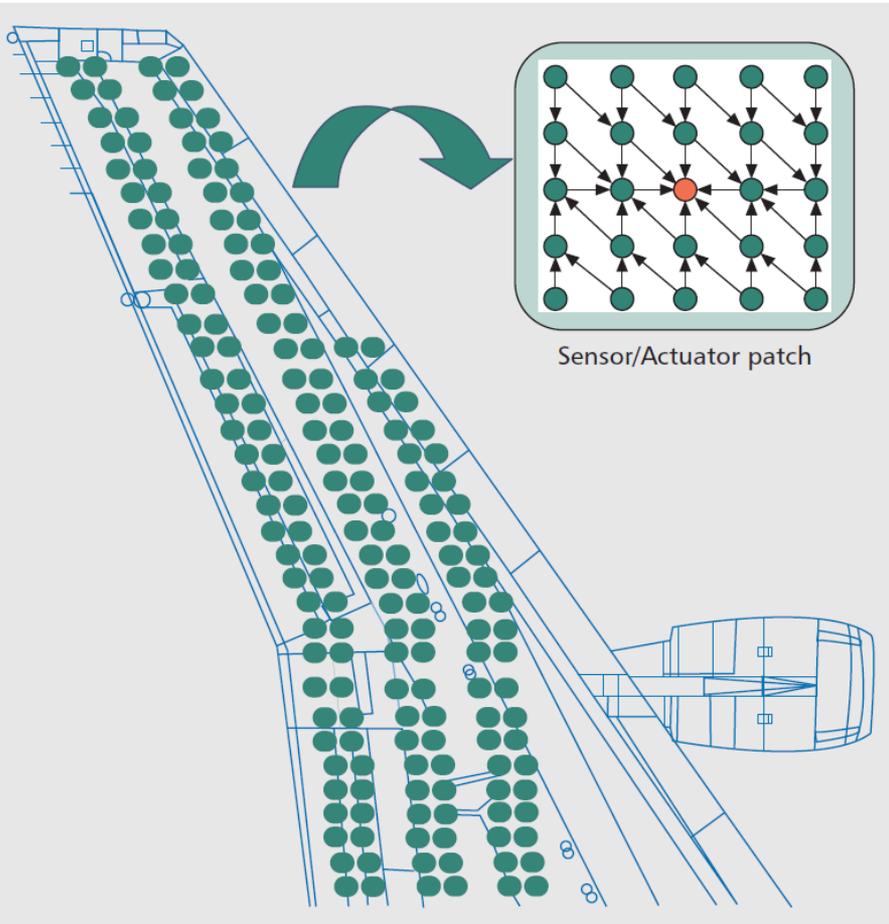
Vineyard consultant Mark Greenspan checks the position of Crossbow eKo measurement device for a water use experiment at Hoot Owl Vineyards in the Alexander Valley on Monday morning, May 11, 2009.



„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

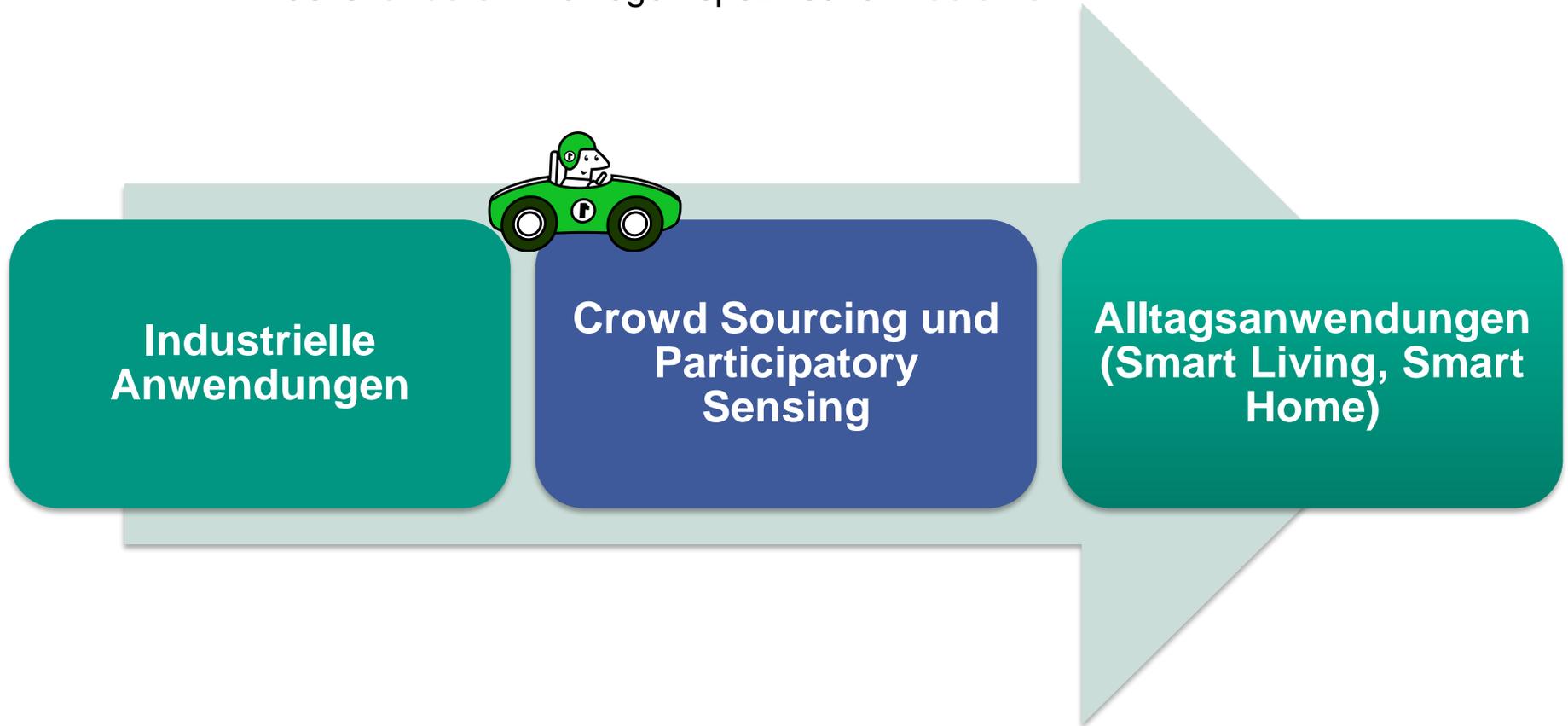




- Mehrere Sensoren versorgen je einen Aktor mit Daten
 - Aktor kann Luftströmung und Verwirbelungen beeinflussen
 - Je nach Flugphase und Wetter unterschiedliche Anforderungen
- Energieversorgung kritisch
 - Verkabelung der Vielzahl an Sensoren im Flügel unrealistisch
 - Luftstrom kann zur Energiewandlung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

Anwendungsbeispiele für Sensornetze

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

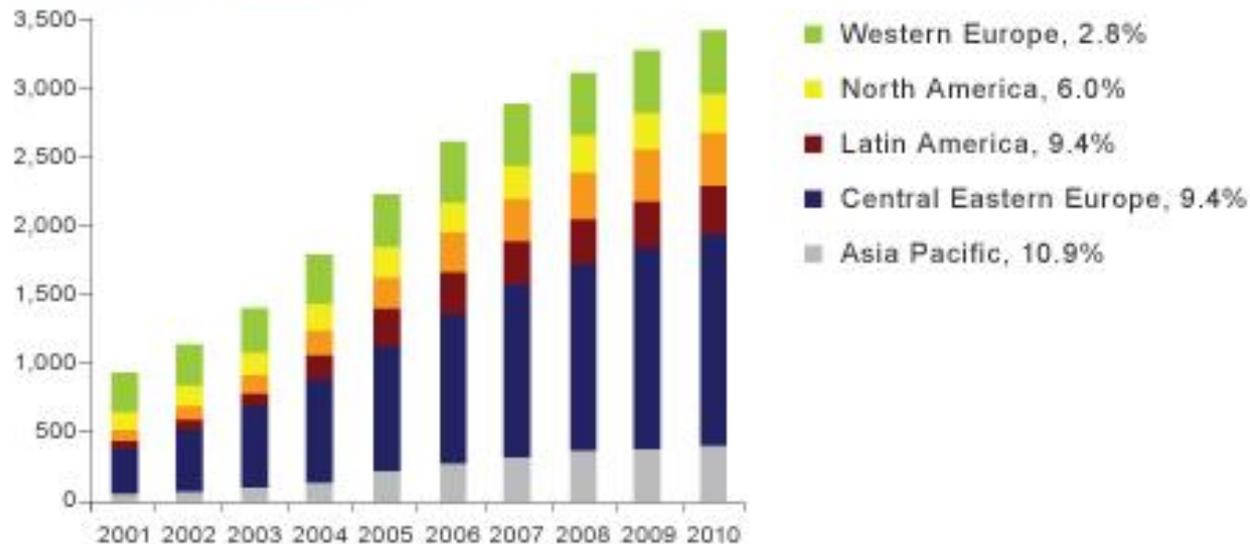


Aktueller Trend: „Participatory Sensing“

- 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

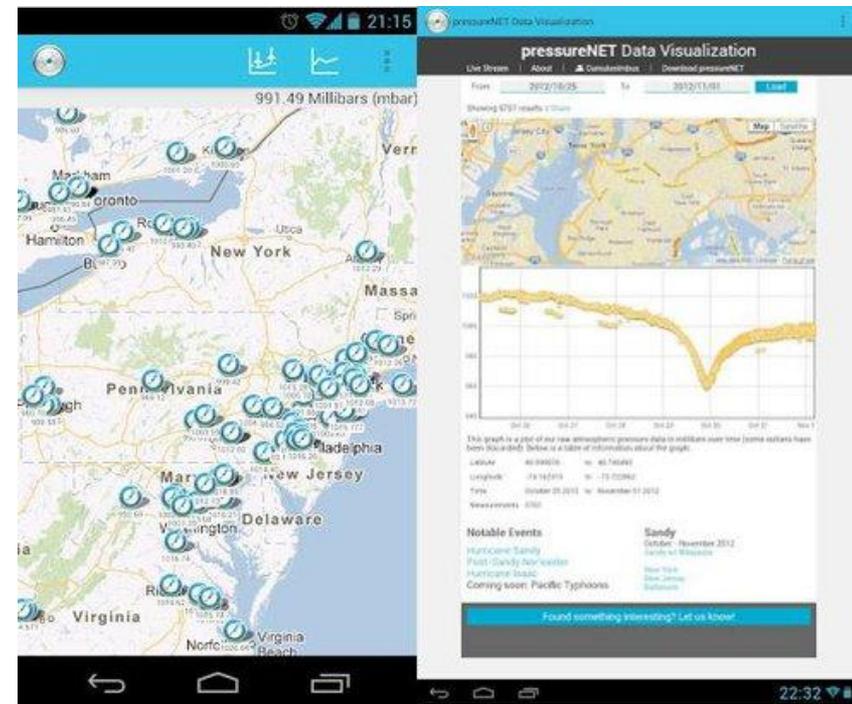
- Weltweites Sensornetz für Luftdruckmessungen
- Verbesserung der lokalen Wettervorhersagen insbesondere für Gewitter und schwere Tornados
- Inzwischen: Weitere Verwendung bei Analyse von Bodenfeuchtigkeit

■ Vorgehensweise

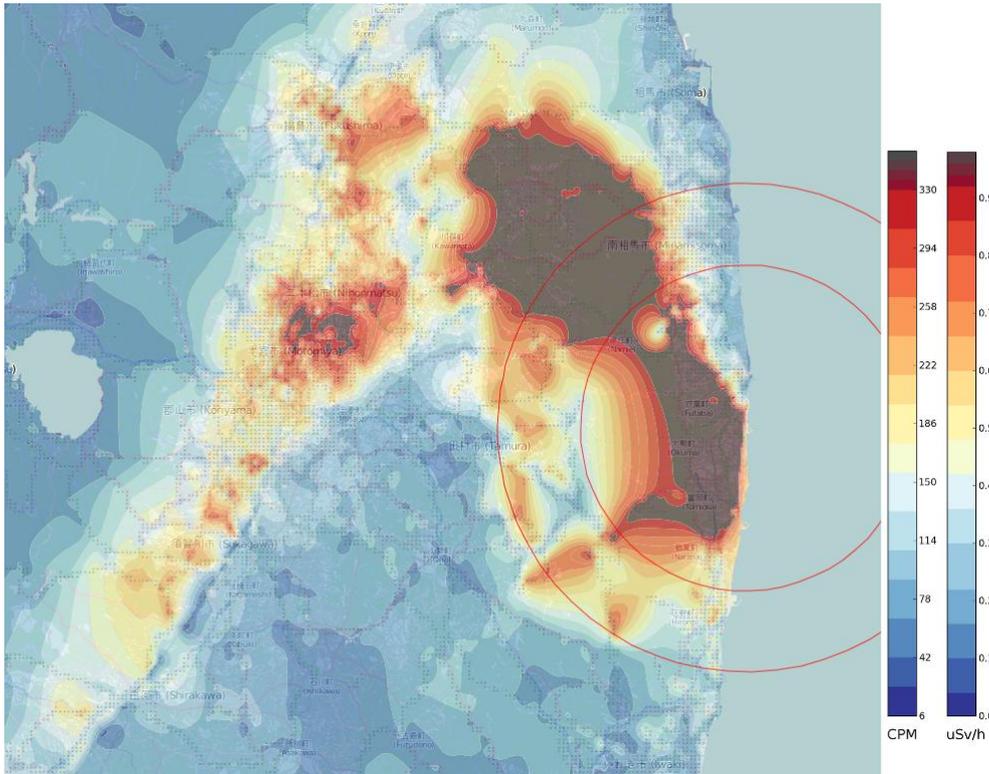
- Crowdsourcing: Android App nutzt Luftdrucksensor und GPS
- Februar 2013:
 - Auf 18.000 Smartphones installiert
 - Weltweit ca. 6000 Messungen pro Stunde

■ 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

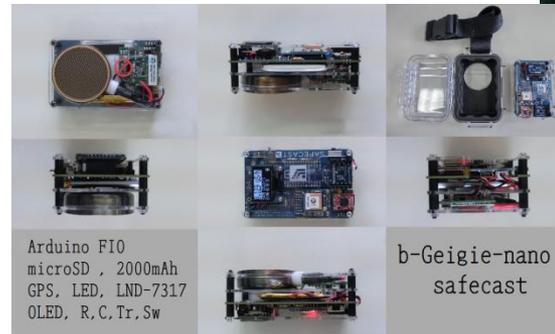
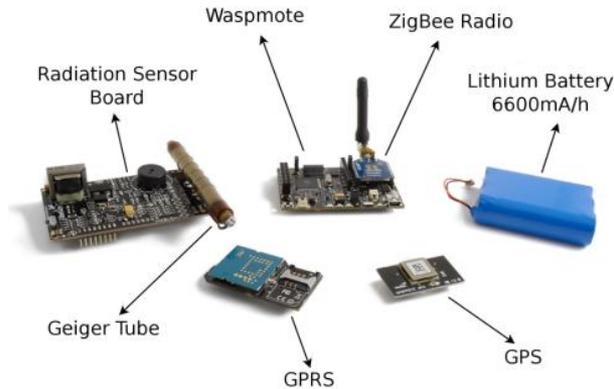
Hybride Ausbringung

- Statisch
- Mobil (Autos, Dronen)
- Handheld

Heterogene Sensorknoten

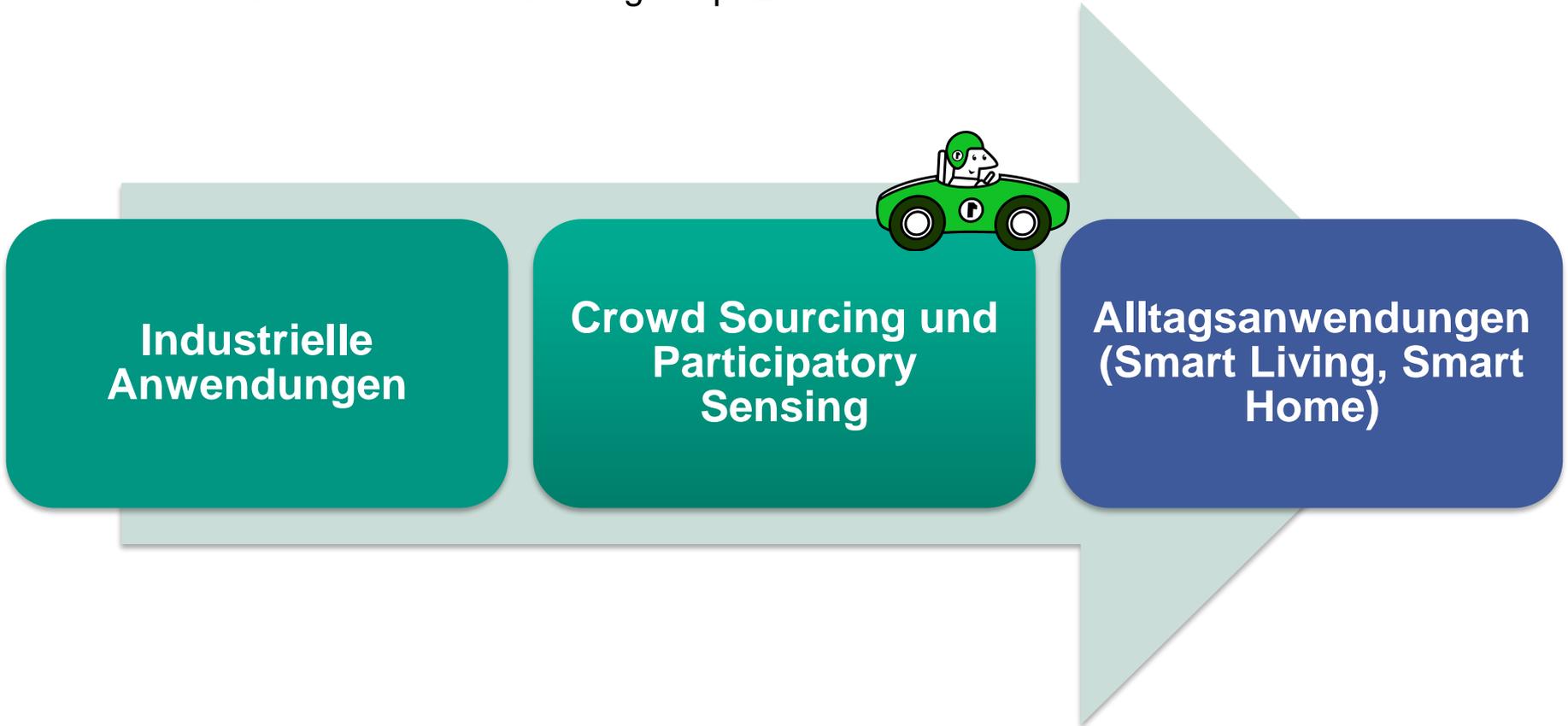
- Handelsüblich / Hybrid z.B. Libelium Wasmotes
- Eigenbau z.B. B-Geigie-nano (Arduino-Basis)

- 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**?

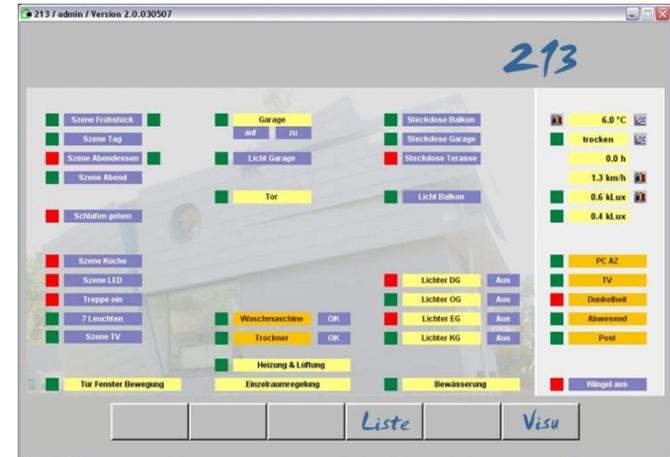


Smart Home

- Hausautomation und –monitoring durch (Drahtlose) Sensornetze
 - Forschungsprojekt mit Industriepartnern

- Drahtlose Netze insbesondere bei Nachrüstungen notwendig

- Beispiele: Licht-, Rollladen-, Temperaturmanagement
- Anforderungen: Zeitkritisch, Robust, Energieeffizient
- Herausforderungen: Störungen durch andere Funknetze, Skalierbarkeit, Sicherheit



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)

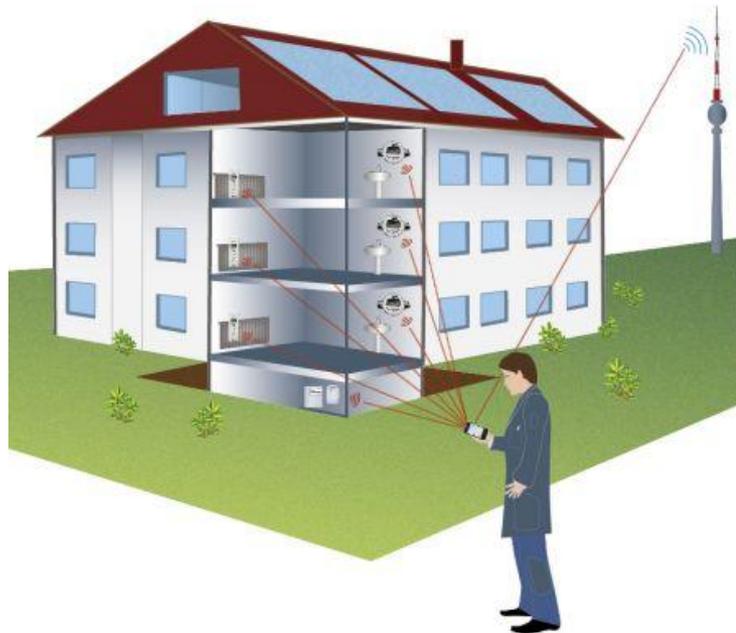
- Ziel
 - Tor oder kein Tor?
- Lösung
 - Fußball wird mit Sensorknoten ausgestattet
 - Sobald die Torlinie überschritten wird, wird ein Signal an der Armbanduhr des Schiedsrichters ausgelöst

- „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**



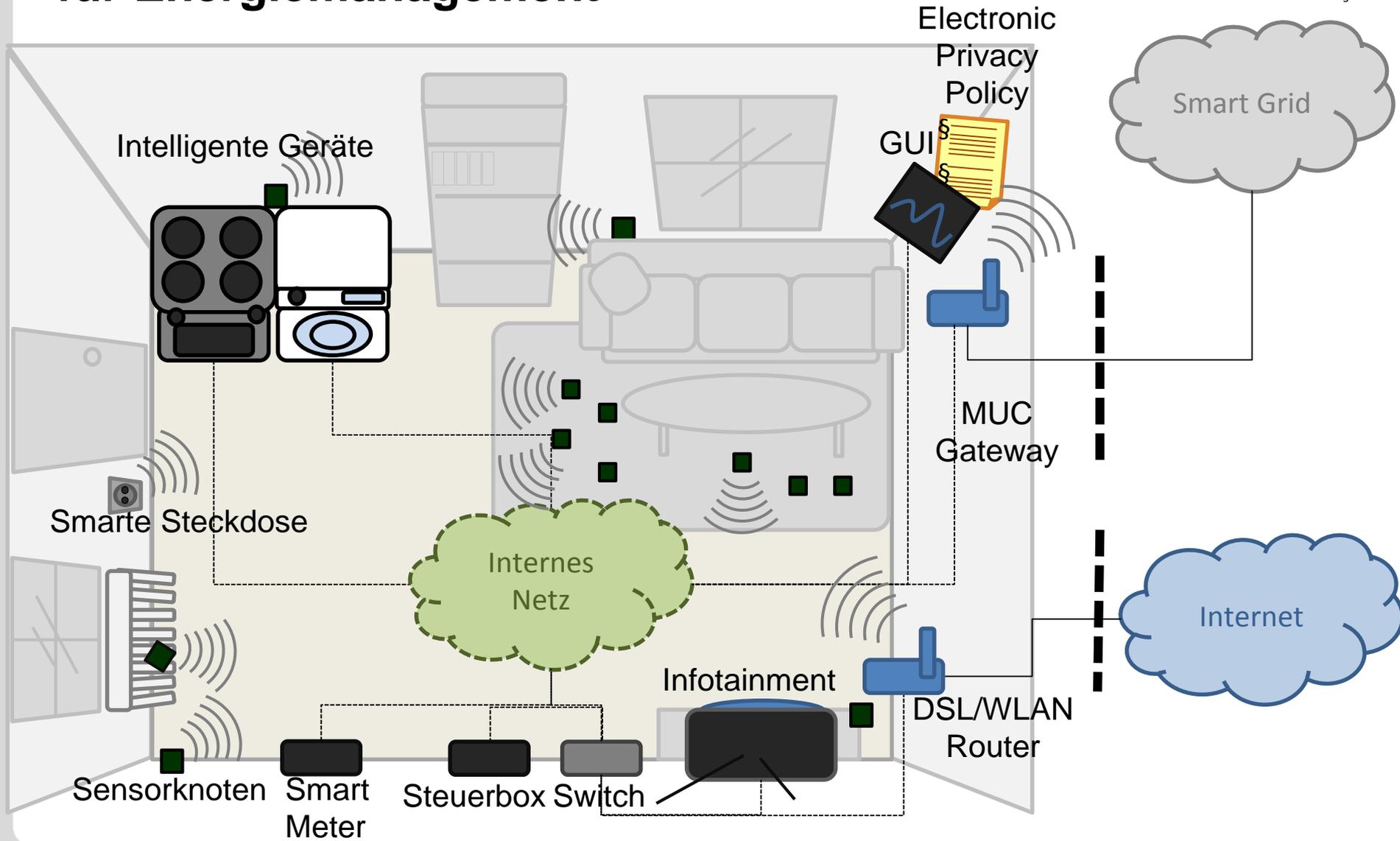
Fernablesung



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

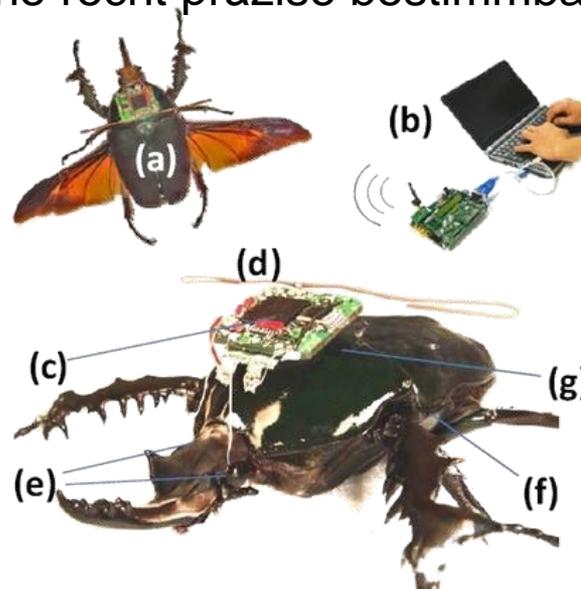


Ferngesteuerte Käfer (2009)

- 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

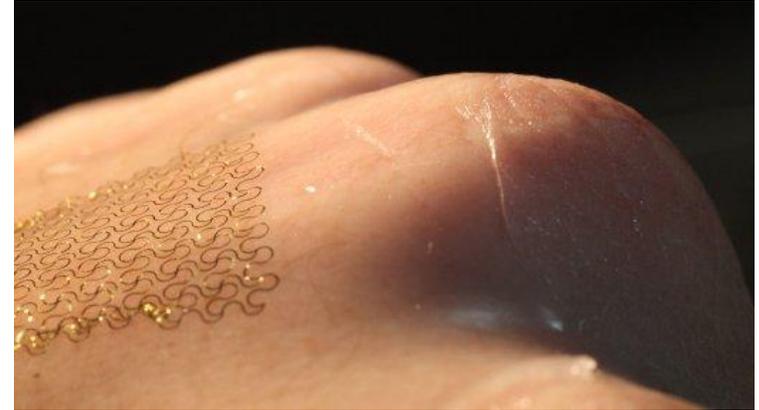
- Messen von Hirnströmen, Muskelsignalen und Herzschlag
- Ansteuerung von Aktoren zur Unterstützung Behinderter

■ Herausforderungen

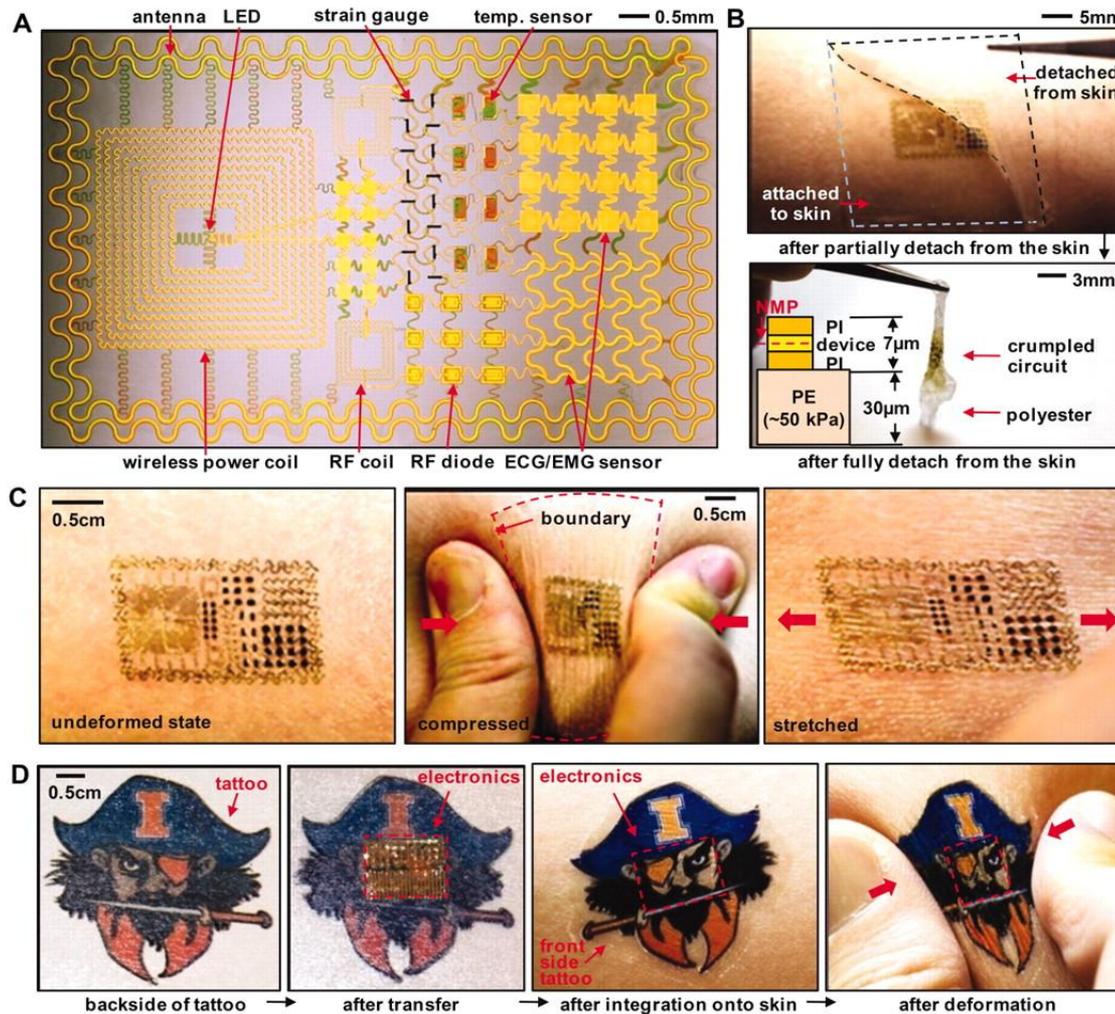
- Unauffällige Anbringung auf der Haut einer Person
- Resistent gegen extreme Beanspruchungen (Dehnbar, etc.)
- Minimale Dicke / Gewicht

■ 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)