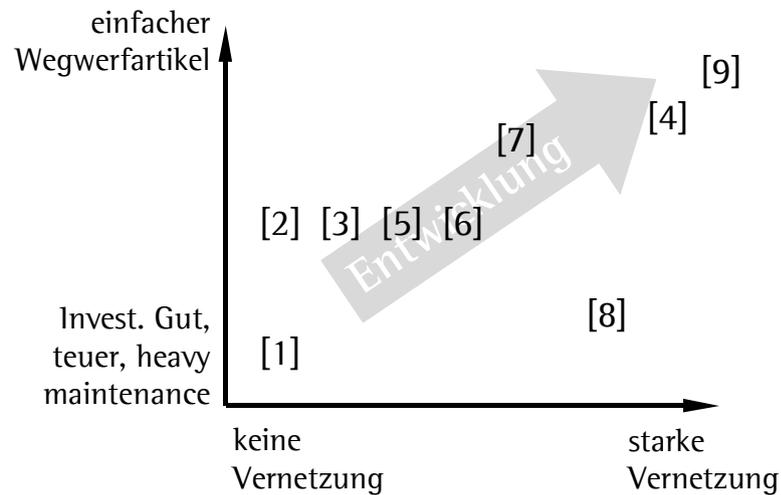


## Sensornetze Motivation



Historische  
Entwicklung

Anwendungs-  
gebiete

Energie-  
versorgung

### Entwicklung und Paradigmenwechsel

- [1] IBM S 3/60 (1960)
- [2] Apple II (u. VisiCalc)/IBM PC/C 64 (1980)
- [3] 486er PC, Amiga mit Modem, Akkustikkoppler, BTX (Minitel) (Mitte 80er)
- [4] Mobiltelefone werden zum Massengut (Ende 80er, Anfang 90er Jahre)
- [5] Pentium-Klasse PCs, kurze Datex-J, dann Internet (90er)
- [6] Langweilige PC-Entw. (schneller, kleiner), zunehmend „always-on“ (Mitte 90er)
- [7] GPRS fähige PDAs, Grenze zw. Mobiltel. und PDA verwischen (Ende 90er)
- [8] Das vernetzte Auto
- [9] Smart Dust

# Sensornetze Motivation

## Anwendungsgebiete

### Früherkennung v. Katastrophen wie Waldbränden

Indem Sensoren aus einem Flugzeug abgeworfen werden und sich ad-hoc selbst vernetzen, können z. B. Waldbrände früh erkannt und evtl. einfacher gelöscht werden.

### Überwachung der Struktur von Bauwerken, Gebäudeautomation

Z.B. frühe Erkennung einer sich verändernden Statik, z. B. im Lauf der Zeit oder nach einem Erdbeben, z. B. durch eingebaute bzw. eingegossene Sensoren, ohne Vernetzungsaufwand. Die Dynamik eines einstürzenden Gebäudes könnte im Nachhinein mittels unversehrteter Knoten nachvollzogen werden oder anhand der Daten die ad-hoc während des Einsturzes übertragen wurden.

Steuerung der Beleuchtung, indem jede Glühbirne einen Sensorknoten enthält, der per Funk gesteuert werden kann. Aufwändige Verkabelung entfällt, einfache Parallelschaltung reicht aus. Fällt eine Lichtquelle aus, so kann diese z. B. autonom eine inaktive in ihrer Umgebung zuschalten.

Sensorknoten als Thermostate in Gebäuden zur feingranularen Temperaturerfassung auch bei wechselnden Ansammlungen von Menschen, veränderlichem Sonnenschein etc. Heizungen ex. meist in jedem Raum, Thermostate jed. Oft nur 1x pro Wohnung.

Historische  
Entwicklung

Anwendungs-  
gebiete

Energie-  
versorgung

# Sensornetze Motivation

## Anwendungsgebiete

### Medizinische Überwachung vom Menschen und Diagnose

In der Zukunft: Langfristige Messung von Vitalfunktionen durch sehr kleine Sensoren, die z. B. unter die Haut implantiert werden können. Diagnose durch Videosensoren in Zäpfchenform die vollständig eingekapselt geschluckt werden und 24 Stunden lang Bilder liefern, jedoch ohne einen Eingriff.

### Einbruchsicherung

Sicherung von Gebäuden und Geländen, ohne Installationen und Infrastruktur (evtl. Bahnschienen über lange Strecken).

### BWL Anwendungen

Lagerverwaltungen mit vernetzten Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren in Verpackungen die autonom melden, wenn Feuchtigkeit eindringt, Temp. steigt etc. Oder Hinzufügen von Knoten in Verpackungen zum Speicher, Authentifizieren oder Tracken der Ware – jedoch teilweise auch mit RF-IDs möglich.

Verwaltung von Containern im Containerhafen. Nun kann sich jeder Container seinen Inhalt selbst merken. Bei nicht ausreichender Funkreichweite ist multi-hop Kommunikation besonders sinnvoll.

Historische  
Entwicklung

Anwendungs-  
gebiete

Energie-  
versorgung

# Sensornetze Motivation

## Anwendungsgebiete

### Landwirtschaft

Sensoren könnten mit der Saat auf Felder ausgebracht werden, um dort z. B. den Niederschlag oder gleich die Feuchtigkeit des Bodens zu messen.

Auch Vieh kann mit Sensoren ausgestattet werden, z. B. in der extensiven Viehwirtschaft (spart Schäferhunde :-)

### Umweltschutz- bzw. Überwachung

Beispiel Gewässerüberwachung. Die Verbindung eines entfernten Sensornetzes mit dem Festnetz kann z. B. über GSM erfolgen. Überwachung eines Fabrikgeländes auf unbemerkt austretende Gase oder Chemikalien.

Damm-Sicherung in hochwassergefährdeten Gebieten. Dabei werden Sensorknoten in den Damm eingebaut, z. B. zwischen Sandsäcke gelegt. So kann zu einem frühen Zeitpunkt eindringendes Wasser detektiert und der Damm rechtzeitig vor dem Bruch verstärkt werden.

Historische  
Entwicklung

Anwendungs-  
gebiete

Energie-  
versorgung

## Sensornetze Motivation

### Energie in Wattstunden/Gramm

Lithium-Ionen in chemischen Batterien:	0,3
Methanol in Brennstoffzellen	3,0
Tritium in einer Nuklear-Batterie	850,0
Polonium-210 einer Nuklear-Batterie	57000,0

Bemerkung: Bei der Brennstoffzelle wird ein Wirkungsgrad von 50% angenommen, bei den radioaktiven Isotopen lediglich ein Wirkungsgrad von 8% bei einer Betriebszeit von 4 Jahren. Hinter den Angaben verbergen sich jedoch unterschiedlich lange Abgabezeiträume.

Historische  
Entwicklung

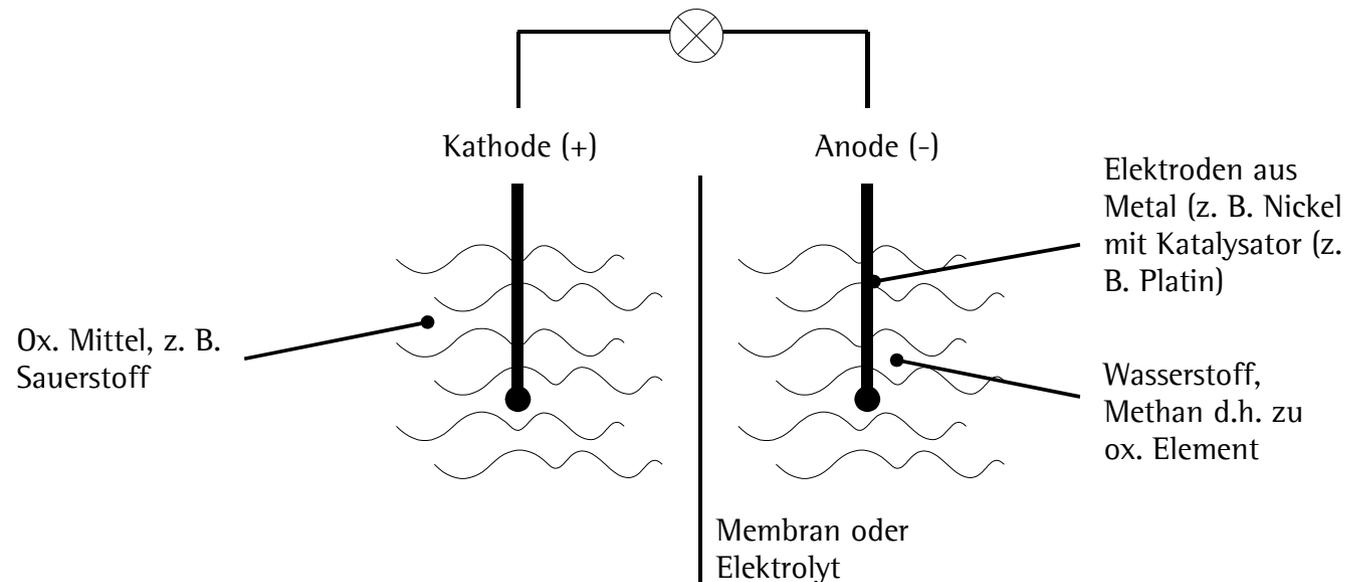
Anwendungs-  
gebiete

Energie-  
versorgung

## Sensornetze Motivation

### Energie: Prinzip der Brennstoffzelle

Energie wird durch Oxidation eines Elements mit einem Oxidationsmittel erzeugt. Die bei der Oxidation erforderlichen Elektronen können während des Prozesses als Stromfluss genutzt werden.



Theoretisch entsteht, abh. von der Qualität der verwendeten Materialien eine Spannung von ca. 1,23 Volt. Bei Parallelschaltung mehrere Brennstoffzellen können auch höhere Spannungen erzeugt werden.

Probleme: Lagerung des Wasserstoffes, Abführung des entst. Wassers, Befüllung, Sicherheit, Gewinnung.

Historische  
Entwicklung  
Anwendungs-  
gebiete  
Energie-  
versorgung

## Sensornetze Motivation

### Energie

Wichtige Variablen:

P_RX	4,5mA	Stromverbrauch	Empfang
P_TX	12,0mA	Stromverbrauch	Sendevorgang
P_CL	12,0mA	Grundverbrauch	ohne Funk
P_SL	8uA (0,008mA)	Stromverbrauch	im Sleep-Modus

[Leistung (Watt) = Strom (Ampere) x Spannung (Volt)]

Überschlagsrechnung für Stromverbrauch und Sensor-Lebenszeit

Angenommen jeder Sensor des Netzes soll 1x pro Minute eine Messung machen und versenden

- a) Aufwand für Rechenzeit: 5000 Instruktionen (f. Steuerung der Messung u. Vorbereiten d. Sendens)
- b) Aufwand zum Versenden der Information: 50 Bytes f. eigene Messung, Durchmesser d des Netzes in Hops/2 x 50 Bytes für Routing
- c) Aufwand den Rest der Minute zu verschlafen (Sleep-Modus)

Rechenzeit bzw. Energieverbrauch

MSP430 is mit 8 MHz getakte. Takt dauert also  $1/(8 \times 10^6)$  Sekunden.

1 Befehl brauche im Durchschnitt 3 Zyklen, also  $3/(8 \times 10^6)$  Sekunden, 5000 Befehle  $15/(8 \times 10^3)$  s.

$15/(8 \times 10^3) \times 12\text{mA} = 180/8000 = 0,0225 \text{ mAs}$  (milli Ampere Sekunden)

Historische  
Entwicklung

Anwendungs-  
gebiete

Energie-  
versorgung

# Sensornetze Motivation

## Energie

### Sendezeit bzw. Energieverbrauch

Sei der Durchmesser  $d$  des Netzes 10 Hops (10 x die Funkreichweite eines Knotens)

RF-Einheit sendet mit 19.200 Baud (hier etwa 19.200 Bits/Sekunde)

1 Bit dauert  $1/19200$  Sekunden, 50 Bytes (eigene Messung),

$10/2 \times 50$  Bytes (fernde Daten) dauern  $300/19200$  s

$300 \times 8 / 19200 \times 24$  mA (für Grundbetrieb und Senden) = 3 mAs (milli Ampere Sekunden)

### Ruhezeit (im Schlafmodus) und Energieverbrauch

Zeit f. Rechnen  $15/8000$  + Zeit f. Übertragung  $300 \times 8 / 19200 = \text{ca. } 0,127\text{s}$

Zeit für Sleep-Modus =  $1\text{s} - 0,127 = 0,873\text{s}$

Energieverbrauch im Sleep-Modus von  $0,008\text{mA} \times 0,873\text{s} = 0,007$  mAs

### Energie bei einer Messung/Minute und Gesamtlebenszeit

$0,0225 + 3 + 0,007 = \text{ca. } 3,03$  mAs

Energie einer AA Batterie ca.  $2300\text{mAh} = 2300 \times 60 \times 60$  mAs

Lebenszeit reicht für  $2300 \times 60 \times 60 / 3,03 = \text{ca. } 32$  Tage

### Kritik

Batterie hat Leckstrom (Einbuße ca. 10% der Energie pro Jahr)

kleines Netz mit 10 Hops, 1 Messung/Minute wenig, 50 Bytes Daten wenig

**mit Abstand am Wichtigsten:** Es wurde nur das Senden, nicht das Empfangen berücksichtigt.

zur Abschätzung nehme man statt  $0,008\text{mA}$  im Sleep-Modus  $12 + 4,5\text{mA}$  für einen Empfangsbereiten Knoten an...

Historische  
Entwicklung

Anwendungs-  
gebiete

Energie-  
versorgung