

**Integriertes Seminar :  
Mobile and Context-aware Database Technologies and  
Applications**

**Thema: Sensoren und Sensordatenaufbereitung**

Markus Rahm

# Inhaltsverzeichnis

## Sensortechnologien

### Ortserkennung

GPS, RFID, GSM

Weitere Verfahren

### Datenzugriff

RFID, ZigBee, Bluetooth, WLAN, GPRS

## Multi-Sensor-Datenfusion

### Multi-Sensor-Netze

Aufbau, Routing

Smart-Dust

## Datenbereinigung

# Sensortechnologien

## Was ist ein Sensor?

Ein Sensor ist ein technisches Bauteil, das bestimmte Eigenschaften einer Umgebung erfassen kann.

# Sensortechnologien

## Was ist ein Sensor?

Ein Sensor ist ein technisches Bauteil, das bestimmte Eigenschaften einer Umgebung erfassen kann.

## Welche Sensoren gibt es?

Aktive Sensoren:

- wandeln physikalische Energie in elektrische Energie um

Passive Sensoren:

- benötigen eigene Energiequelle
- messen Änderungen der passiven Bauteile

# Sensortechnologien

## **Problem:**

Messwerte sind nur analoge Signale.

- Einsatz von Verstärkern und A/D-Wandlern notwendig

# Sensortechnologien

## Problem:

Messwerte sind nur analoge Signale.

- Einsatz von Verstärkern und A/D-Wandlern notwendig

## Smart-Sensor:

- vereint Messgrößenerfassung und Signalaufbereitung
- direkte digitale Verarbeitung möglich

# Ortserkennung

Sensortechnologien

**Ortserkennung**

GPS, RFID, GSM

Weitere Verfahren

Datenzugriff

RFID, ZigBee, Bluetooth, WLAN, GPRS

Multi-Sensor-Datenfusion

Multi-Sensor-Netze

Aufbau, Routing

Smart-Dust

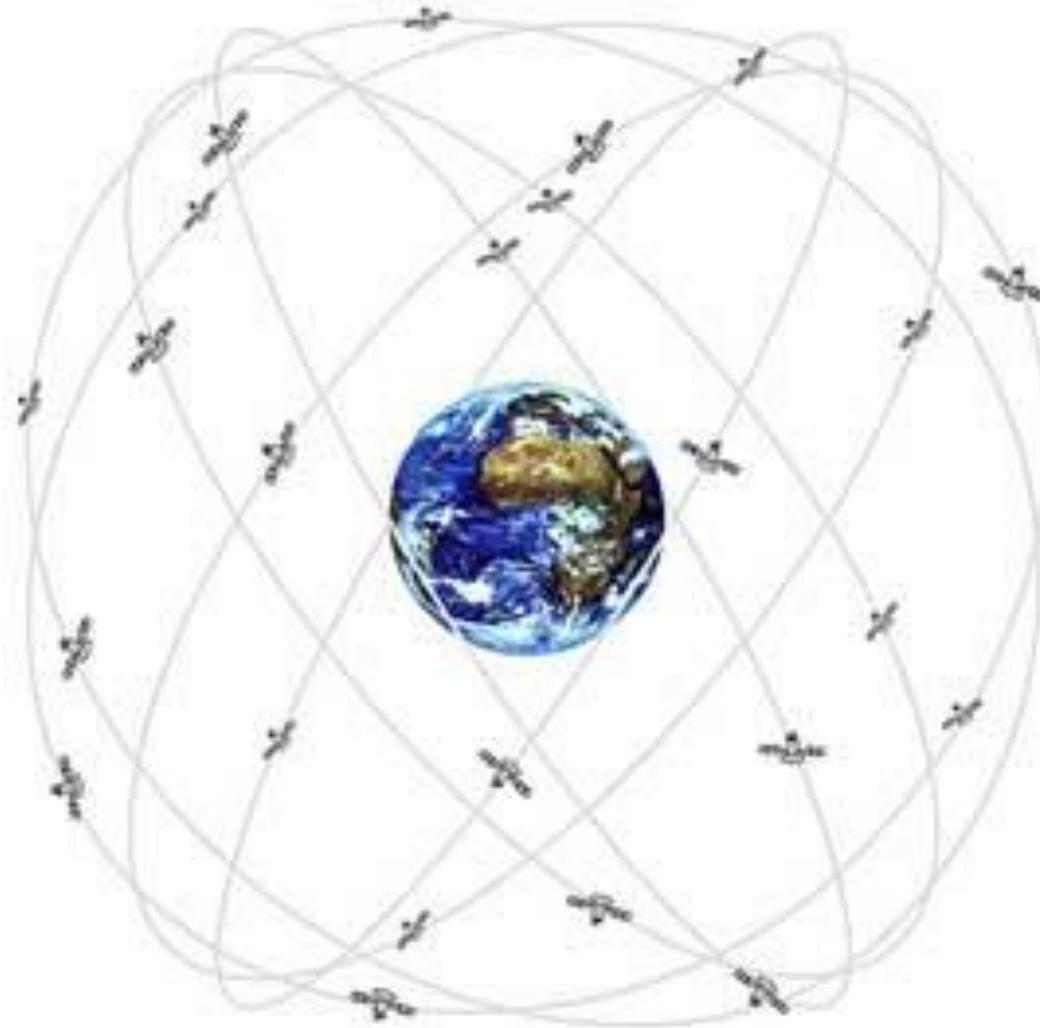
Datenbereinigung

# Ortserkennung

## **GPS (Global Positioning System)**

- globales, satellitengestütztes Ortsbestimmungssystem
- seit 1973 entwickelt vom US-Verteidigungsministerium für militärische Zwecke
- seit 1995 volle Funktionsbereitschaft
- Einsatz von mindestens 24 Satelliten in Erdumlaufbahn

# Ortserkennung



# Ortserkennung

Satelliten senden zyklisch Signale:

- ihren Namen
- aktuelle Position im Orbit
- atomuhrbasiertes Zeitsignal
- Informationen über Umlaufbahn

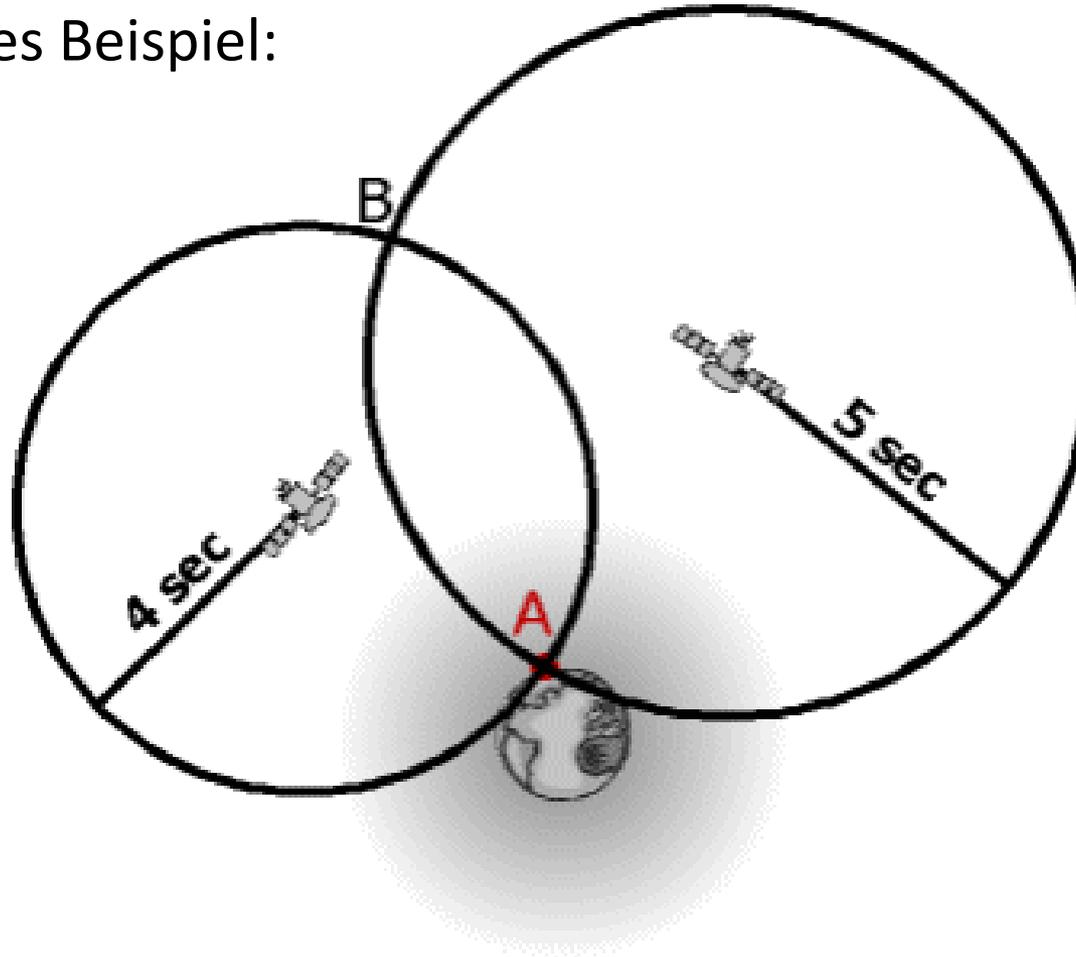
# Ortserkennung

## **Trilateration** zur Positionsbestimmung:

- Berechnung der Distanz zu den Satelliten durch Zeitdifferenz
- Bestimmung der Position anhand der Entfernungen und Umlaufbahndaten

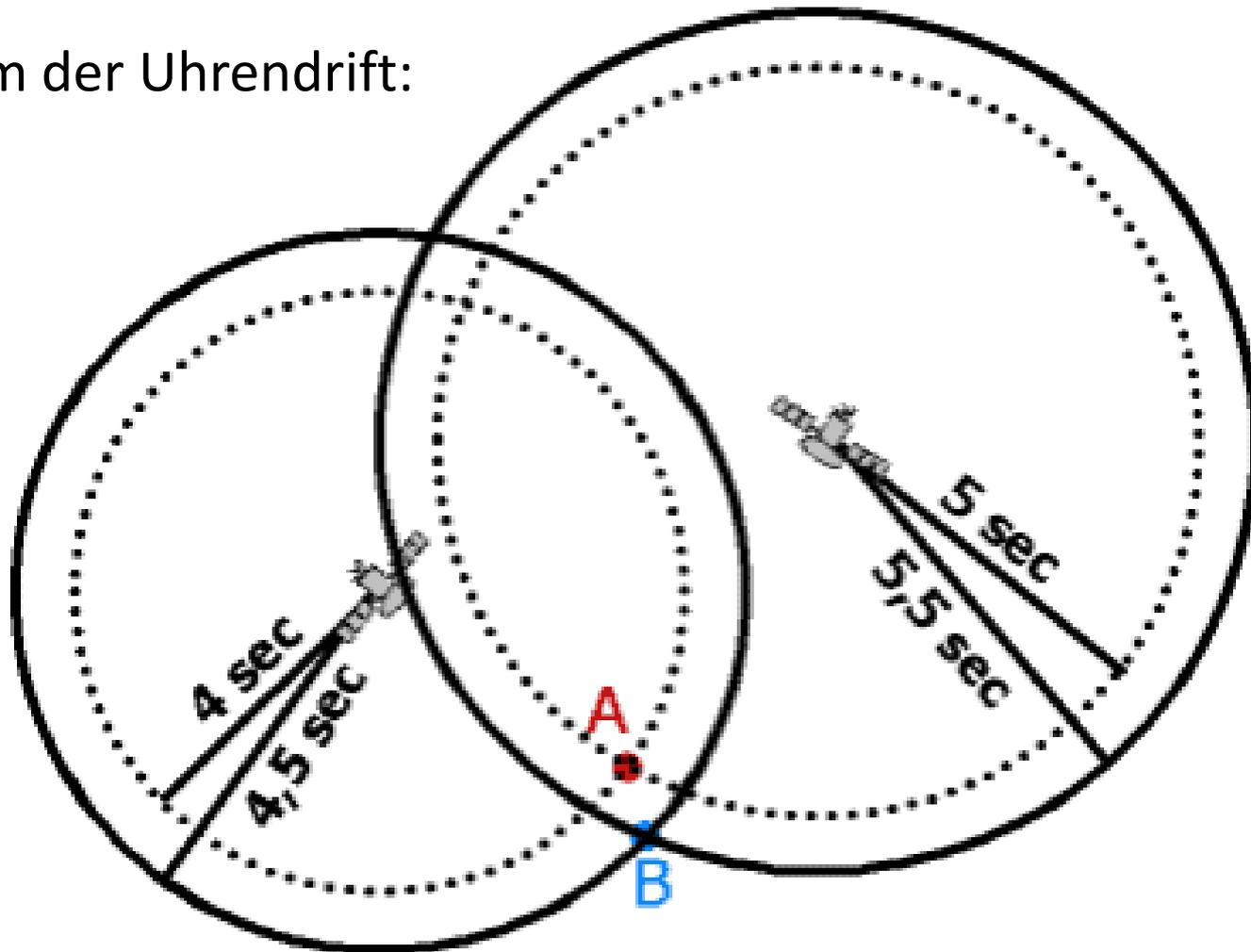
# Ortserkennung

Vereinfachtes Beispiel:



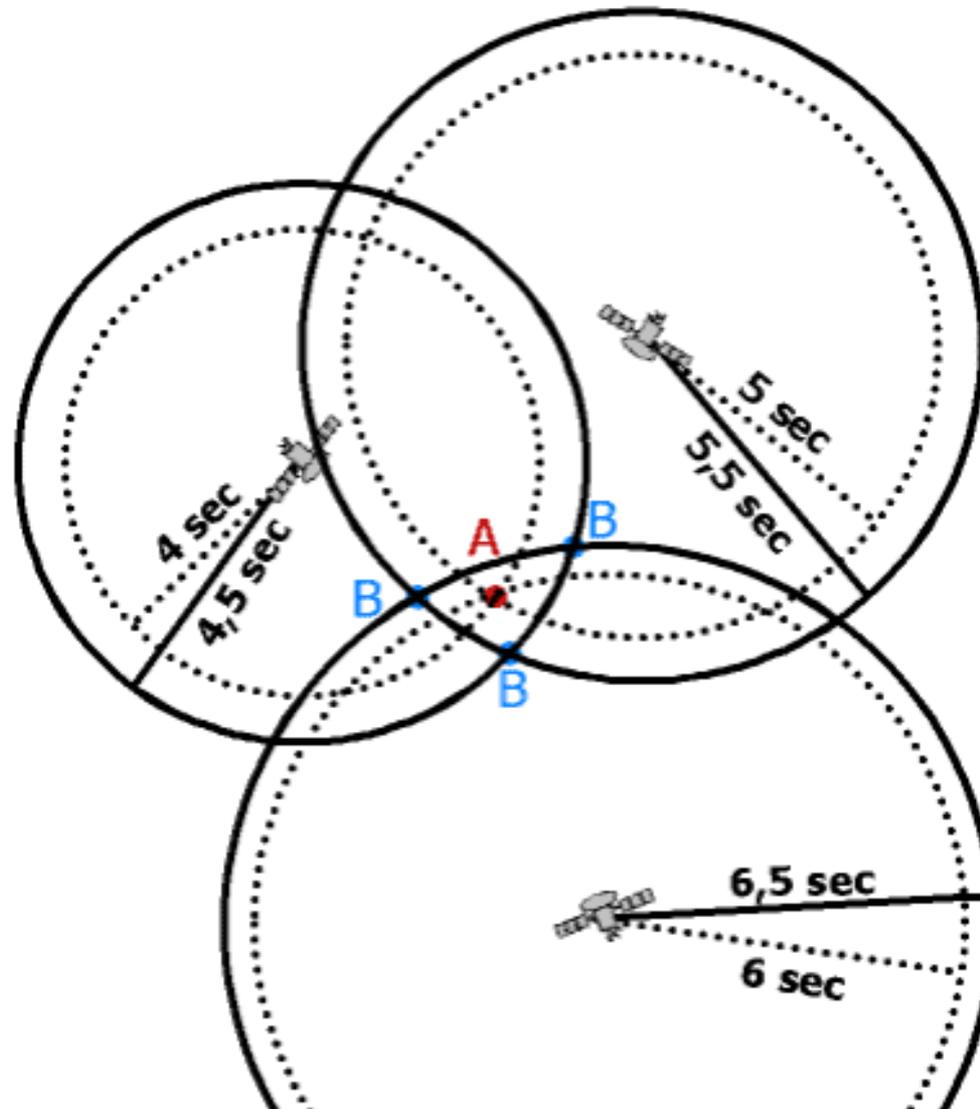
# Ortserkennung

Problem der Uhrendrift:



# Ortserkennung

Lösung:



# Ortserkennung

## Auswahl der Frequenz:

- bei zu hoher Frequenz Richtantennen notwendig
- Ionosphärische Verzögerungen
- Abweichung der Ausbreitungsgeschwindigkeit für tiefe Frequenzen
- Wetterphänomene wie Wolken, Regen, Schnee

⇒ Trägerfrequenz bei 1575,42 MHz

## Nachteil:

- direkter „Sichtkontakt“ benötigt, nur outdoortauglich

# Ortserkennung

## RFID (Radiofrequenz-Identifikation)

- Möglichkeit, Daten mittels Radiowellen (bis 3GHz) berührungslos und ohne Sichtkontakt zu übertragen
- Hauptbestandteil ist ein Transponder, ein kleiner Mikrochip mit Antenne, auch **Tag** genannt

# Ortserkennung

## RFID (Radiofrequenz-Identifikation)

- Möglichkeit, Daten mittels Radiowellen (bis 3GHz) berührungslos und ohne Sichtkontakt zu übertragen
- Hauptbestandteil ist ein Transponder, ein kleiner Mikrochip mit Antenne, auch **Tag** genannt



# Ortserkennung

## **Aktive Transponder:**

- + eigene Energieversorgung
- + hohe Reichweite und Speicherkapazität
- begrenzte Nutzungsdauer

# Ortserkennung

## Aktive Transponder:

- + eigene Energieversorgung
- + hohe Reichweite und Speicherkapazität
- begrenzte Nutzungsdauer

## Passive Transponder:

- + beziehen Energie aus Funkwellen von Lesegeräten
- + lange Lebensdauer, günstig herzustellen
- geringe Reichweite und Speicherkapazität

# Ortserkennung

## RFID-Transponder

- bereits seit 1970 zur Tieridentifikation genutzt
- seit 2000 enormes Absatzwachstum durch Einsatz im Logistik- und Warenwirtschaftsbereich
- prinzipiell nur zur Identifikation von Objekten gedacht

# Ortserkennung

## RFID-Transponder

- bereits seit 1970 zur Tieridentifikation genutzt
- seit 2000 enormes Absatzwachstum durch Einsatz im Logistik- und Warenwirtschaftsbereich
- prinzipiell nur zur Identifikation von Objekten gedacht

## Weiterentwicklung zu **Smart-Tags**

- intelligente Transponder mit Zusatzfunktionalität wie Verschlüsselung oder Kombination mit Sensoren

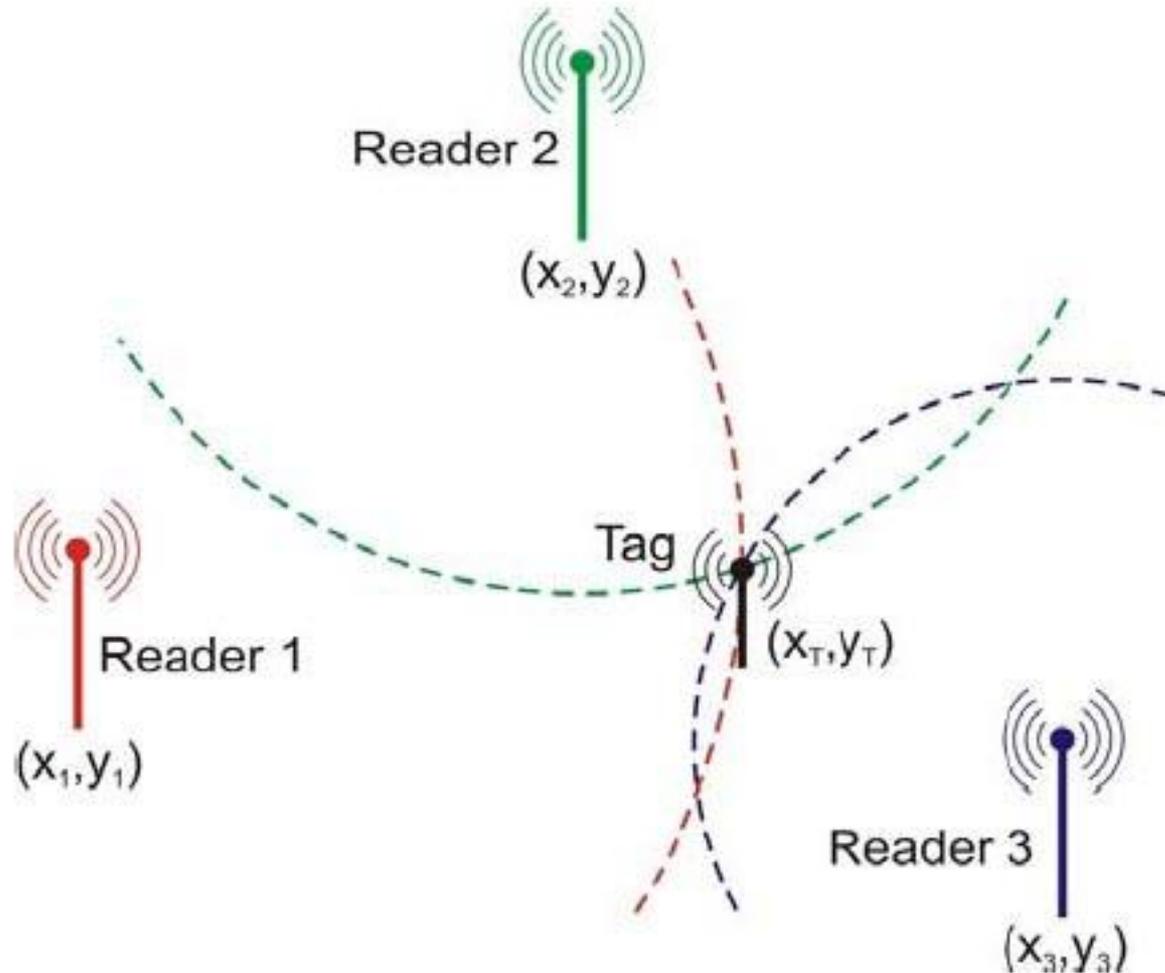
# Ortserkennung

## Positionsbestimmung mit RFID:

- mehrere stationäre Lesegeräte erforderlich
- Möglichkeit der Abstandsmessung durch Zeitdifferenz der Signale
- Trilateration anhand der Entfernungen
- Position nur relativ zu den Lesegeräten
- Genauigkeit nur mittelmäßig

# Ortserkennung

Beispiel:



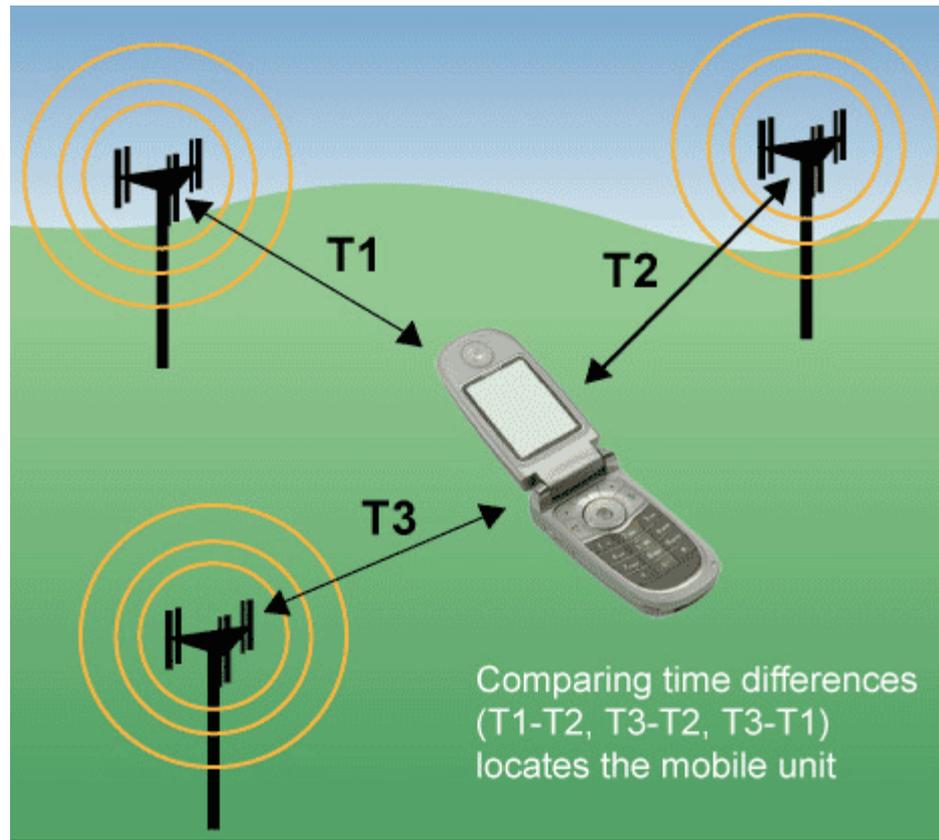
# Ortserkennung

## **GSM (Global System for Mobile Communications)**

- Technologie aus dem Mobilfunksektor
- nahezu flächendeckend in vielen Ländern
- hohe Signalstärken der Sendemasten
- Positionsbestimmung durch Abstandsmessung zu Sendemasten

# Ortserkennung

Beispiel:



# Ortserkennung

## Vorteile:

- auch innerhalb von Gebäuden nutzbar
- sehr viele Sendemasten verfügbar

## Nachteile:

- Genauigkeit abhängig von Dichte der Sendemasten
- Ortung praktisch nur von Netzbetreibern möglich

# Ortserkennung

## Weitere Verfahren zur Ortsbestimmung:

### WLAN

- ähnlich GSM durch Abstandsbestimmung zu Access Points

### Ultraschall

- Auswertung von reflektierten Ultraschallwellen

### Infrarot

- Auswertung von ausgesendeten Infrarot Signalen

### Nachteil:

- große Infrastruktur notwendig

# Datenzugriff

Sensortechnologien

Ortserkennung

GPS, RFID, GSM

Weitere Verfahren

**Datenzugriff**

RFID, ZigBee, Bluetooth, WLAN, GPRS

Multi-Sensor-Datenfusion

Multi-Sensor-Netze

Aufbau, Routing

Smart-Dust

Datenbereinigung

# Datenzugriff

Im Optimalfall existieren viele verschiedene Sensoren

Aber wie gelangt man an die Sensordaten?

Sensoren können kabelgebunden sein

⇒ Zugriff über zentrale Punkte

Sensoren übermitteln ihre Messdaten drahtlos

⇒ Zugriff über Funkübertragungsverfahren

- Optimal für mobile Geräte

# Datenzugriff

## Mögliche Funkübertragungsverfahren:

### RFID Technik

- Smart-Tags können durch eingebettete Sensoren Umweltinformationen auswerten

# Datenzugriff

## **ZigBee:**

- Wireless Personal Area Network (WPAN) Standard
- Protokoll basiert auf IEEE 802.15.4 Funkstandard
- entwickelt für niedrige Datenraten und geringen Energieverbrauch
- oft bei der Gebäudeautomatisierung verwendet

# Datenzugriff

## Unterteilung der Geräte in **3 Rollen**:

### 1. Reduced Function Devices

- einfache Endgeräte wie Sensoren, besonders energieeffizient

### 2. Full Function Devices

- Geräte mit Zusatzfunktion für Routing

### 3. Coordinator

- Router der Verbindungen koordiniert

# Datenzugriff

## Beispiel Gebäudeautomatisierung:

- Sensoren zur Überwachung von Raumbelastung, Temperatur etc.
- Regelung der Infrastruktur wie Beleuchtung, Heizung

⇒ Zugriff über mobile Geräte bietet viele Informationen zur Kontexterzeugung

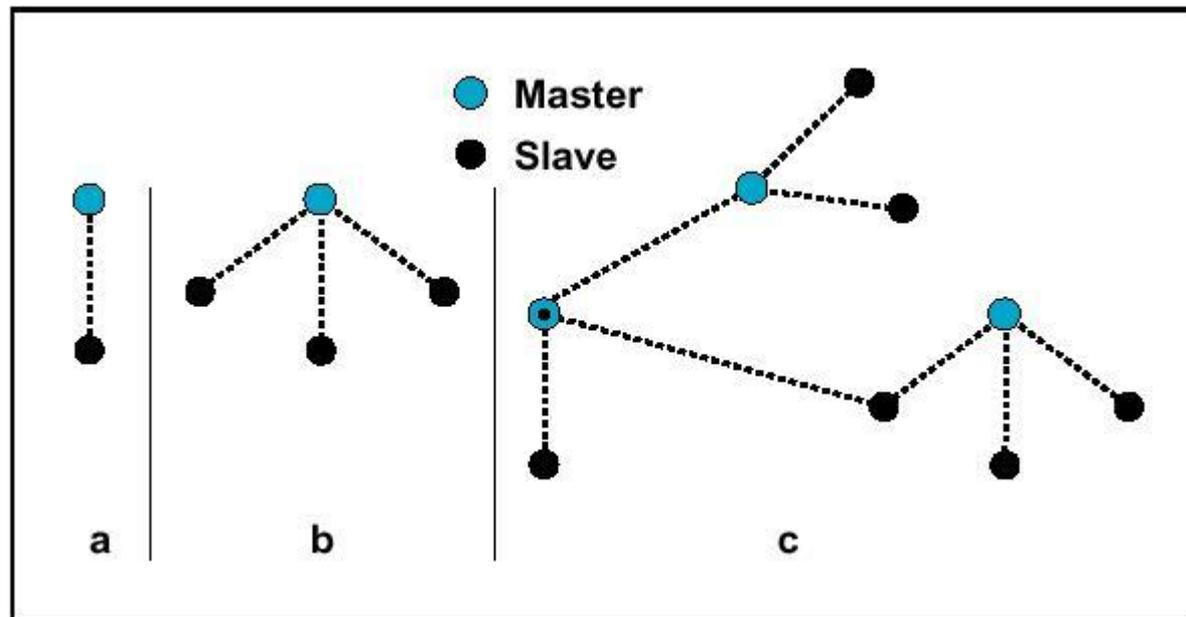
# Datenzugriff

## **Bluetooth:**

- Standard für drahtlose Vernetzung von Geräten über kurze Distanz
- unterteilt in Master und Slaves
- organisiert in Piconetzen / Scatternetzen
- Reichweite bis 100m im 2,4 GHz Band
- verwendet Frequency Hopping

# Datenzugriff

Beispiel:



## Datenzugriff

Vielfach verwendet im Peripheriebereich für Scanner, Drucker oder in Mobiltelefonen.

Neue Entwicklungen von Bluetooth-Sensornetzen im Medizinbereich zur drahtlosen Überwachung von Vitalfunktionen.

## Datenzugriff

Vielfach verwendet im Peripheriebereich für Scanner, Drucker oder in Mobiltelefonen.

Neue Entwicklungen von Bluetooth-Sensornetzen im Medizinbereich zur drahtlosen Überwachung von Vitalfunktionen.

Beispiel eines *BlueSense*



# Datenzugriff

## **Wireless Local Area Network (WLAN):**

- drahtlose Technologie mit hoher Bandbreite und Reichweite
- basiert auf IEEE 802.11 Standard im 2,4GHz Band
- unterstützt verschlüsselte Übertragung
- gut für mobilen Internetzugang oder zur schnellen Übertragung großer Datenmengen

# Datenzugriff

## Unterscheidung in **3 Modi**:

1. **Infrastruktur-Modus**  
Basisstation (Access Point) übernimmt Koordination
2. **Ad-Hoc-Modus**  
alle Stationen gleichberechtigt  
nur für wenige Stationen mit lokaler Nähe sinnvoll
3. **Repeater-Modus**  
weiterreichen der Daten zur Vergrößerung der Reichweite

# Datenzugriff

## **General Packet Radio Service (GPRS):**

- Weiterentwicklung des Mobilfunkstandards GSM
- Übertragung von Nutzdaten anstelle von Gesprächsdaten
- überall verfügbar, wo auch Mobilfunk verfügbar ist
- flexibler Zugriff auf Internetinhalte auch unterwegs
- teilweise hohe Gebühren
- geringe Bandbreite
- Weiterentwicklung zu Breitband Verfahren UMTS

# Multi-Sensor-Datenfusion

Sensortechnologien

Ortserkennung

GPS, RFID, GSM

Weitere Verfahren

Datenzugriff

RFID, ZigBee, Bluetooth, WLAN, GPRS

**Multi-Sensor-Datenfusion**

Multi-Sensor-Netze

Aufbau, Routing

Smart-Dust

Datenbereinigung

# Multi-Sensor-Datenfusion

## Multi-Sensor-Datenfusion

Jetzt mit der Möglichkeit, auf viele Sensordaten zuzugreifen, müssen diese kontextbezogen ausgewertet werden.

### **Problem:**

- Rohdaten der Sensoren sind vorerst zusammenhanglos
- müssen auf eine semantische Ebene gebracht werden

⇒ verschiedene Verfahren zur Kontextgewinnung  
(nächster Vortrag)

# Multi-Sensor-Datenfusion

- danach können diese kontextbezogen kombiniert werden

Beispiel:

erst nach Kenntnis über Temperatur-, Luftdruck- und Niederschlagswert sinnvolle Aussagen über Wetterverhältnisse möglich

# Multi-Sensor-Datenfusion

- danach können diese kontextbezogen kombiniert werden

Beispiel:

erst nach Kenntnis über Temperatur-, Luftdruck- und Niederschlagswert sinnvolle Aussagen über Wetterverhältnisse möglich

## **Weiteres Problem:**

- Sensordaten können bereits veraltet sein
- ist Kontextgewinnung aus veralteten Daten sinnvoller als ohne?

# Multi-Sensor-Datenfusion

⇒ keine Universallösung

- bereits lernfähige Entscheidungssysteme
- müssen aber je nach Einsatzbereich erst trainiert werden

Beispiel:

- Navigationssystem empfängt während einer Fahrt veraltete TMC-Informationen über Stau auf der zu fahrenden Strecke

Entscheidung:

- Umleitung auf Alternativroute
- beibehalten der Route und Stau riskieren

# Multi-Sensor-Datenfusion

## **Weiteres Problem:**

- Priorisierung und Gewichtung der Informationen
- andere Sensorquellen liefern evtl. genauere Daten
- wie findet man diese?

⇒ Anwendungen müssen gemäß Kontext trainiert werden

## **Beispiel:**

- entfernte Wetterstationen liefern präzisere Werte als lokal von einem PDA

# Multisensornetze

Sensortechnologien

Ortserkennung

GPS, RFID, GSM

Weitere Verfahren

Datenzugriff

RFID, ZigBee, Bluetooth, WLAN, GPRS

Multi-Sensor-Datenfusion

**Multi-Sensor-Netze**

Aufbau, Routing

Smart-Dust

Datenbereinigung

# Multisensornetze

- bisher Sensordaten nur direkt, oder über gesammelte Datensätze verfügbar
- **Multisensornetze** fassen mehrere autonome Sensorknoten zusammen
- Sensorknoten können auch untereinander kommunizieren
- Viele verschiedene Anwendungsszenarien denkbar
- Zum Beispiel Überwachung von Waldbränden, militärische Grenzsysteme

# Multisensornetze

- je nach Anwendung verschiedene Anforderungen an Hardware

Aufbau eines Sensorknoten:

Sensorschicht:

- verschiedene Sensoren für Umfeldinformationen

Prozessorschicht:

- Mikrocontroller zur Aufbereitung der Sensordaten

Kommunikations- und Energieversorgungsschicht:

- Module zur Datenübertragung
- Batterie und / oder Solarzellen

# Multisensornetze

- auch Software soll ressourcenschonend sein
- ⇒ speziell für geringe Hardwareanforderungen zugeschnittenes Betriebssystem TinyOS
- realisiert lange Schlafzeiten
  - benutzt möglichst selten energiehungrige Bauteile

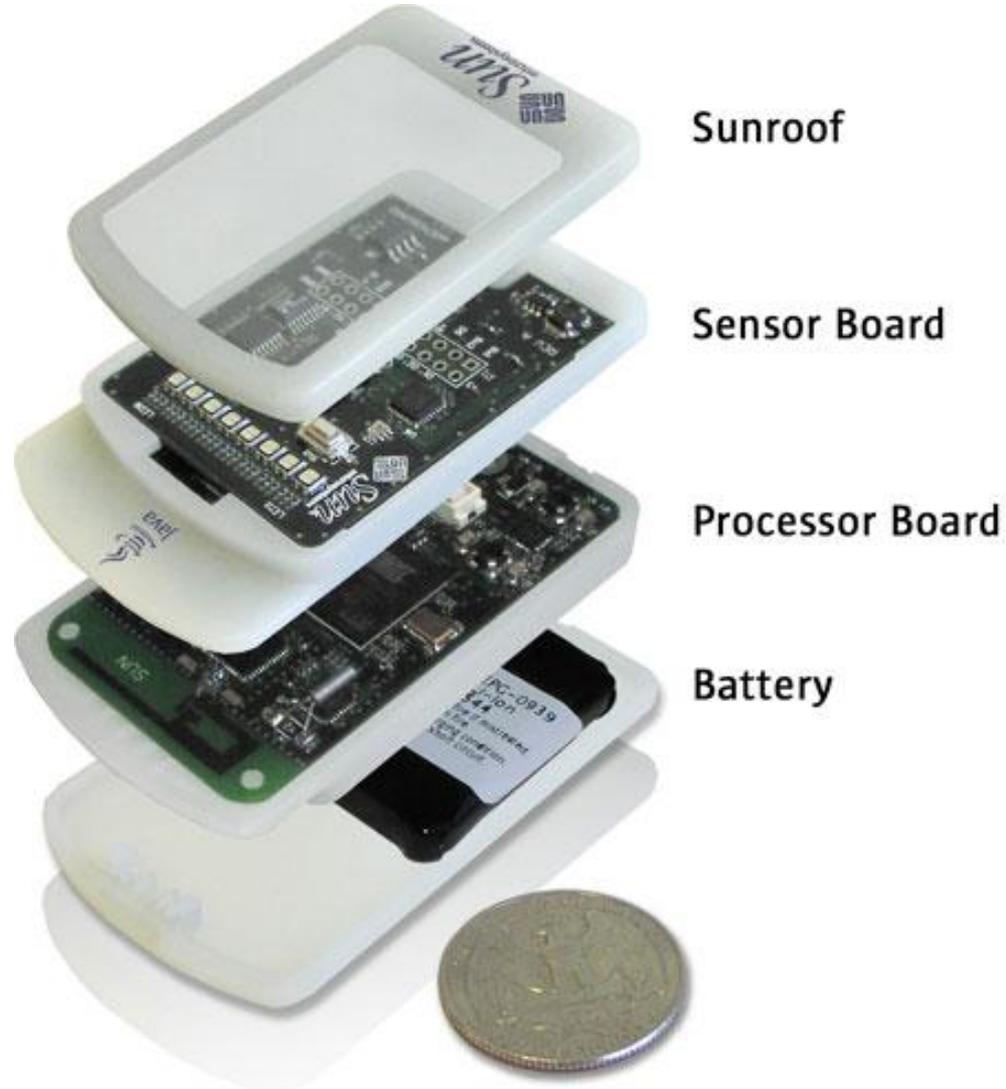
# Multisensornetze

Beispiel eines Sensorknoten:

Sun Small Programmable Object Technology (**SunSpot**)

- kommerzielle Umsetzung
- massenmarkttauglich
- einfach zu entwickeln
- breites Einsatzgebiet durch flexible Ausstattung
- Möglichkeit, eigene Software zu entwickeln

# Multisensornetze



# Multisensornetze

## Routing in Ad-Hoc Sensornetzen:

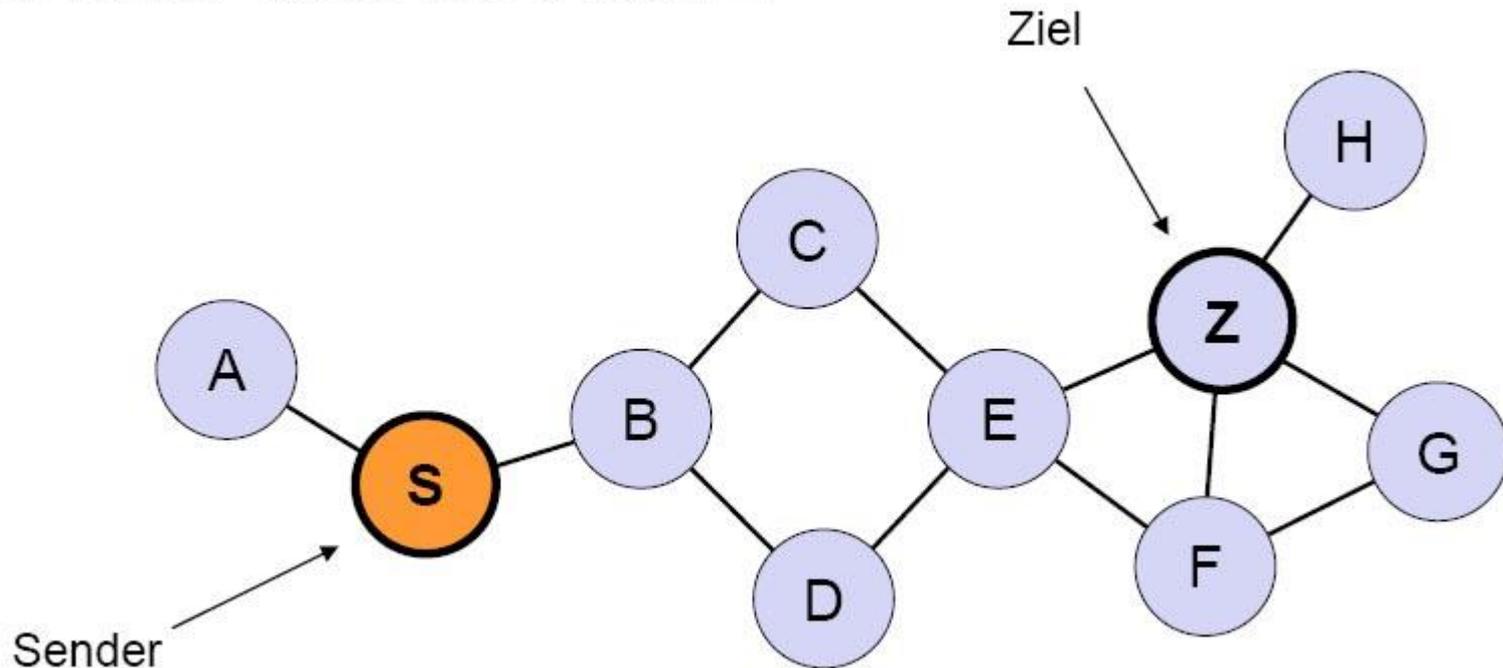
- beliebtes Verfahren ist *Ad-Hoc on Demand Distance Vector* (**AODV**)
- aggregierte Sicht
- dynamische Anpassung auf Änderungen der Topologie
- Ermittlung der Leitwege nach Bedarf

# Multisensornetze

- in jedem Knoten Routing-Tabellen mit Informationen über andere Knoten
- Informationen werden mit Nachbarknoten geteilt, ideal kennt jeder jeden
- erst bei Bedarf einer Verbindung wird diese aufgebaut

# Multisensornetze

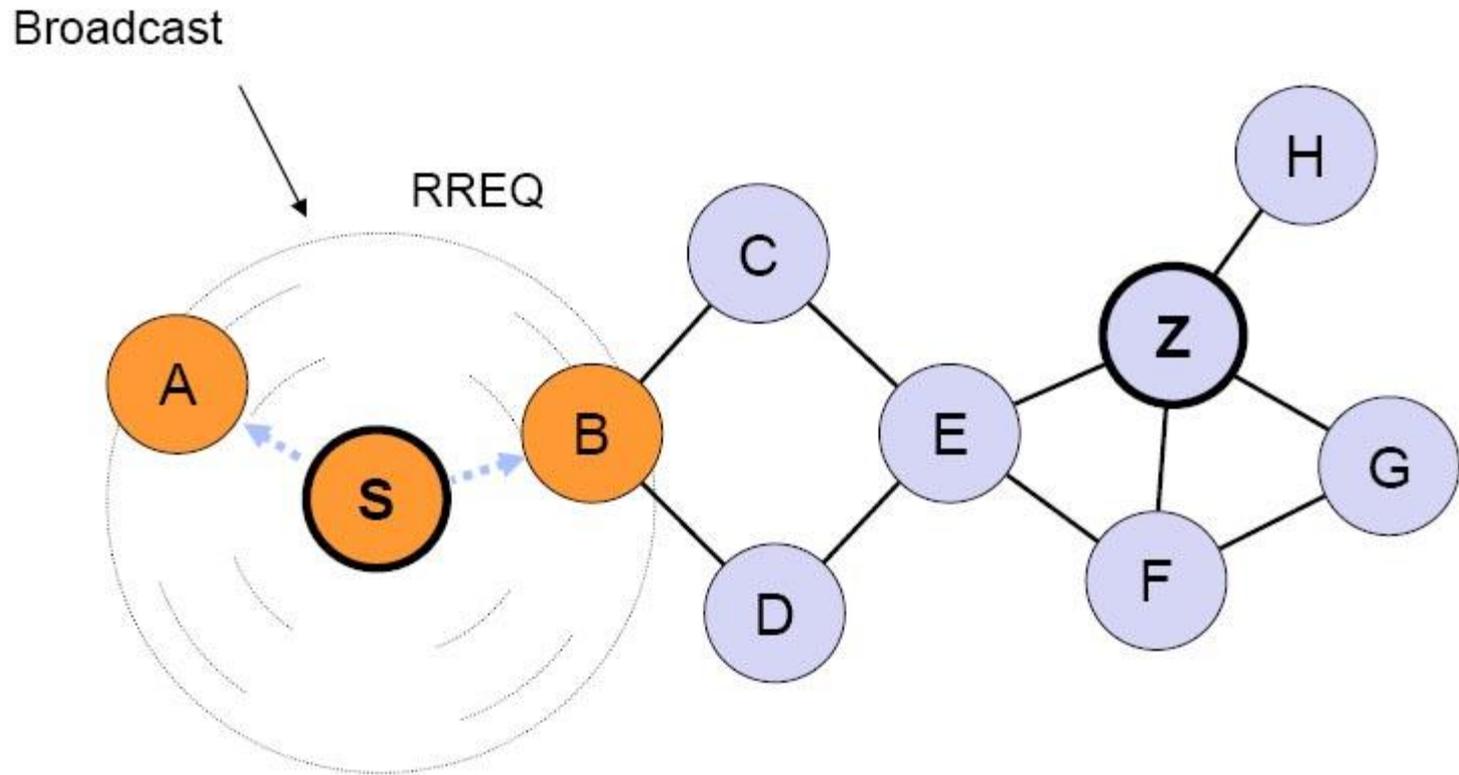
Suche eines Pfades von S nach Z:



Beispiel:

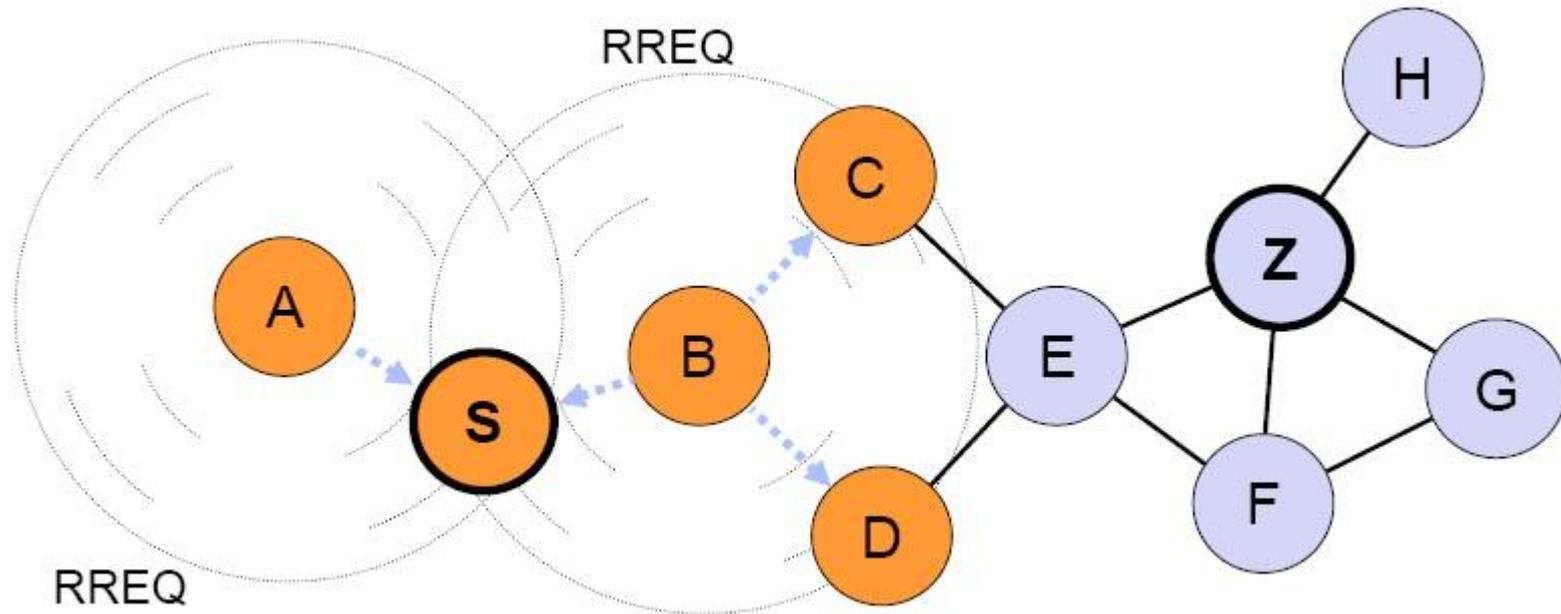
- Knoten S möchte Verbindung zu Knoten Z herstellen

# Multisensornetze



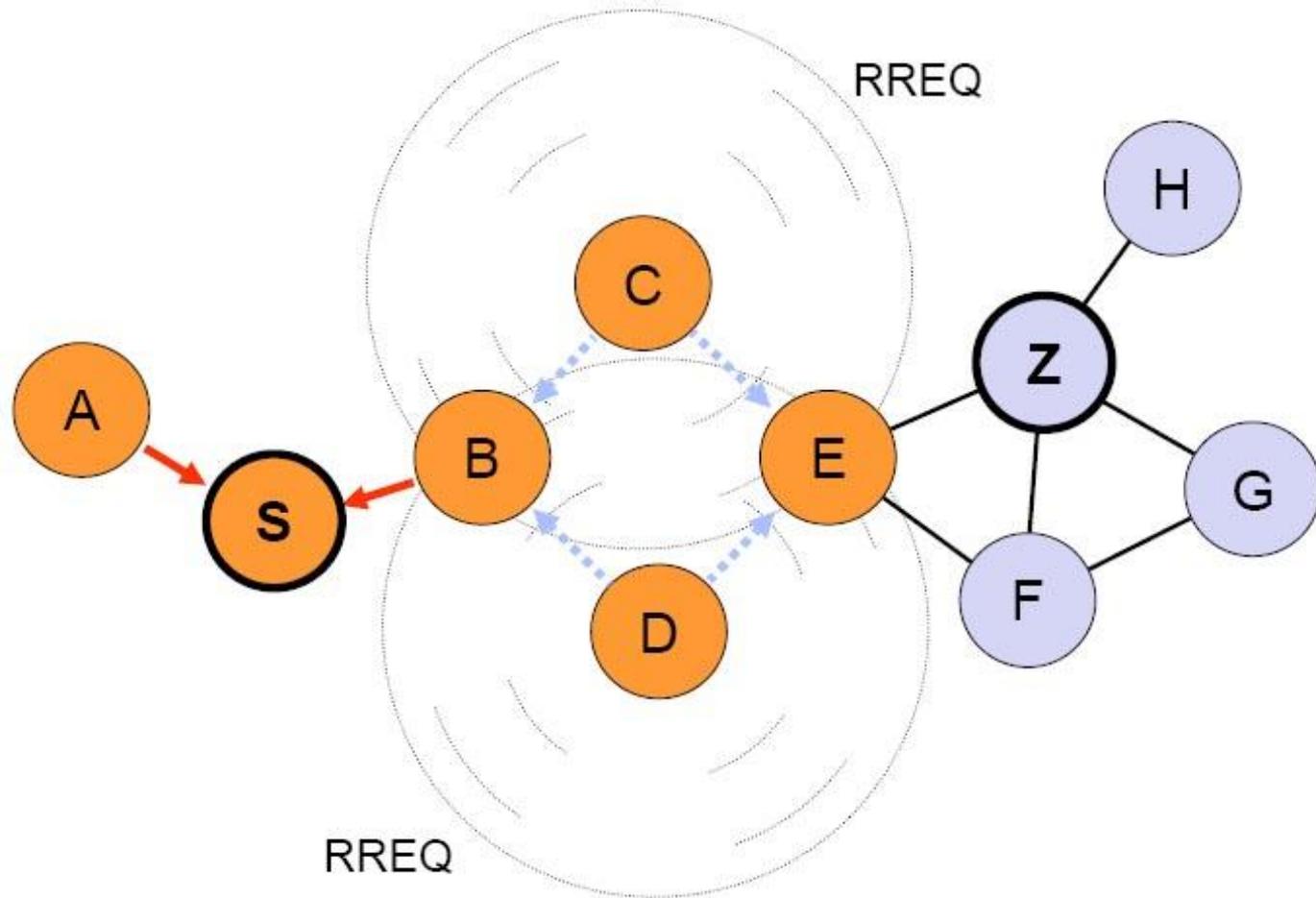
- Knoten S sendet über Broadcast einen **Route Request (RREQ)** mit einer Sequenznummer an Nachbarknoten in Reichweite

# Multisensornetze



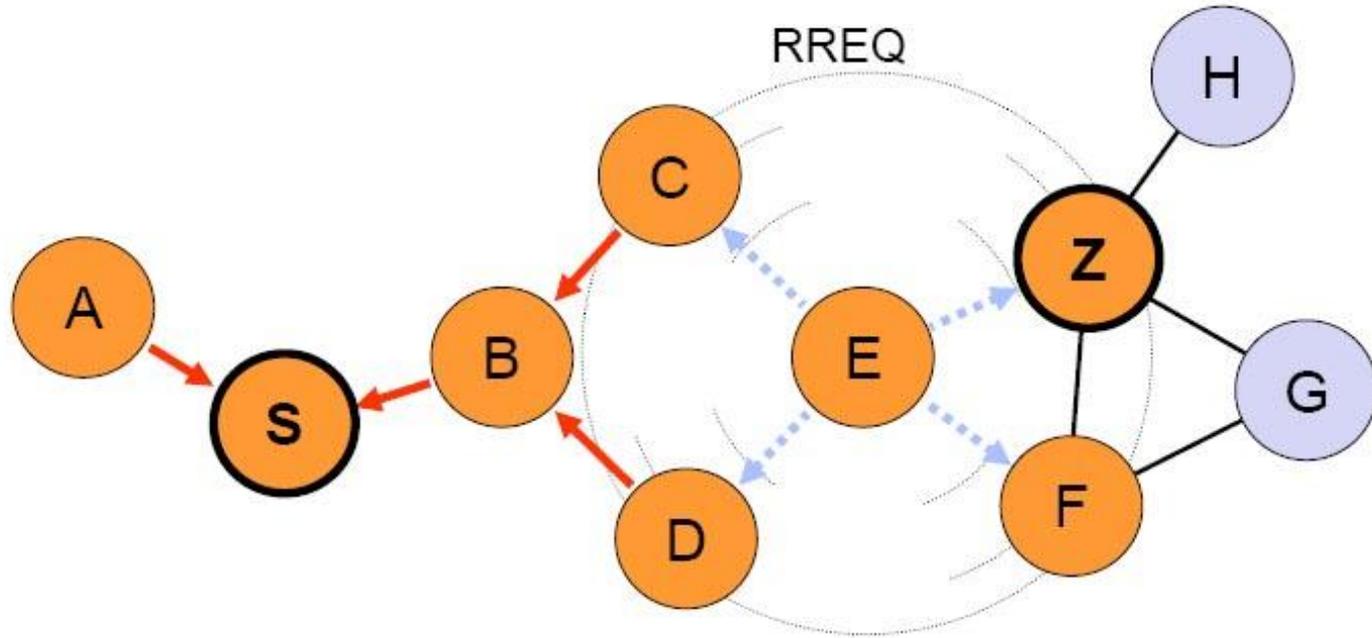
- Jeder Knoten der das RREQ empfängt, leitet es weiter
- S leitet sein selbst versendetes RREQ nicht erneut weiter

# Multisensornetze



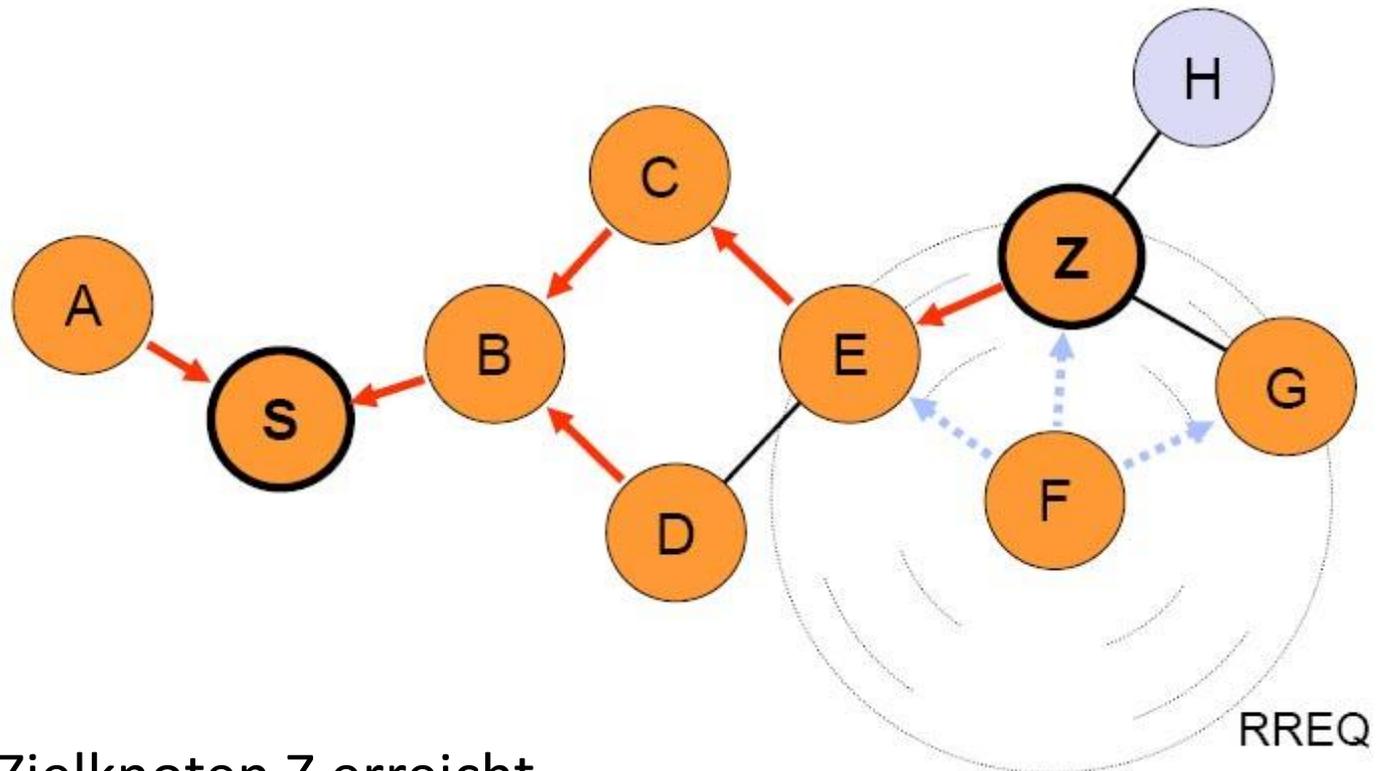
- Knoten merken sich, woher der RREQ empfangen wurde

# Multisensornetze



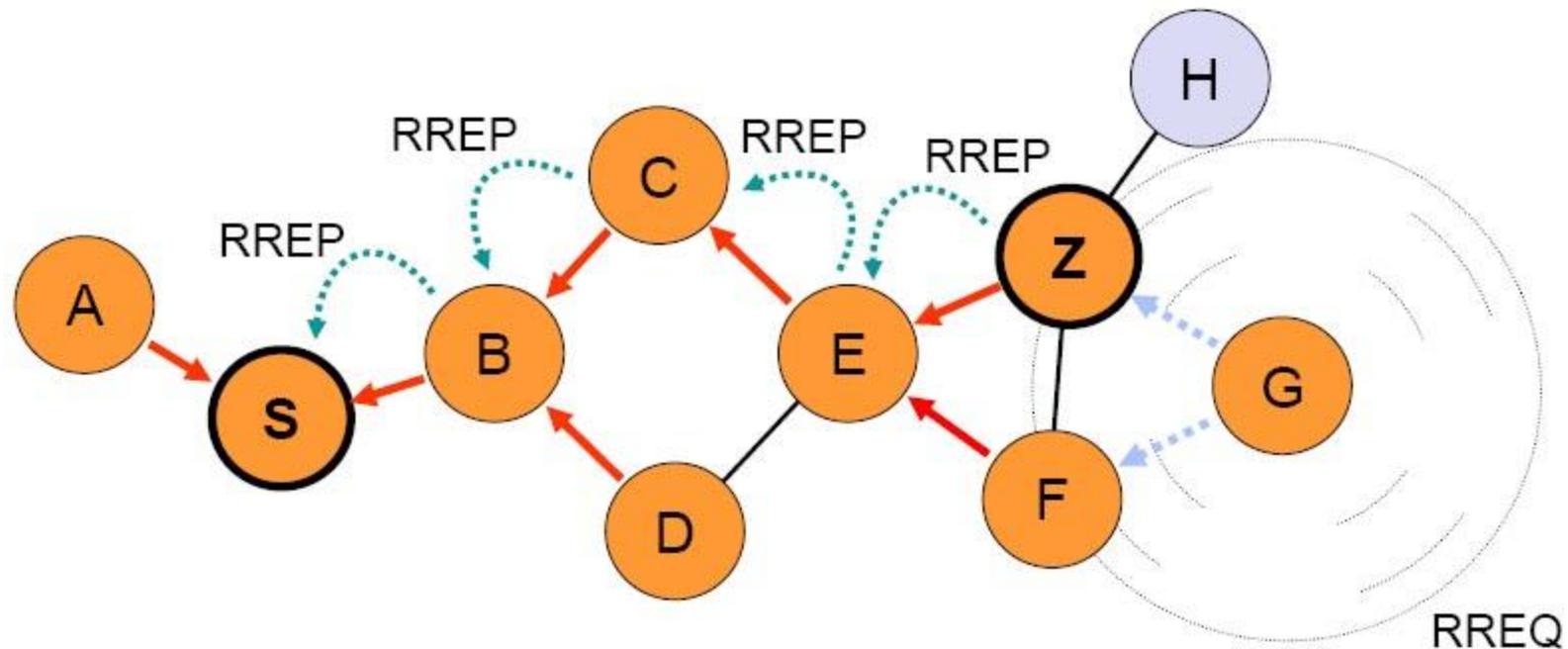
- Duplikate werden durch Sequenznummer erkannt und nicht erneut gesendet

# Multisensornetze



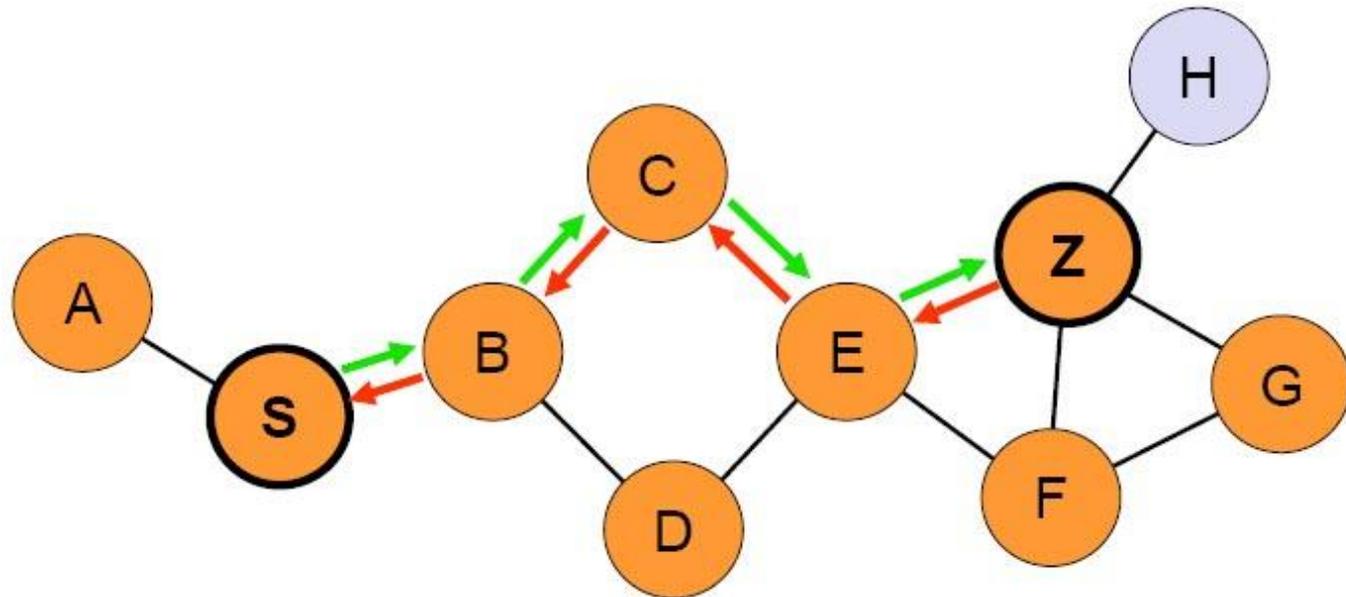
- RREQ hat Zielknoten Z erreicht
- korrekter Leitweg besteht

# Multisensornetze



- Knoten Z sendet **Route Reply (RREP)** über bestehenden Leitweg zurück

# Multisensornetze



- vollständiger Leitweg ist hergestellt
- Timeout für ungenutzte Pfade

# Multisensornetze

## Beispiel: Forschungsprojekt **Smart-Dust**

Ziel war es, kleinste Sensorknoten, die wie Staub verteilt werden können, zu entwickeln.

### **Anforderungen:**

- maximal  $1\text{mm}^3$  groß
- selbstorganisierend
- möglichst lange nutzbar

# Multisensornetze

- schwierigstes Problem dabei die Kommunikation
- im Millimeterbereich keine energieeffiziente Funkübertragung möglich

Verwendung **optischer** Kommunikation:

- Empfang gebündelter Laserstrahlen und modulierte Reflektion über winzige Richtspiegel

Alternativ:

- eigenes Versenden von Laserstrahlen, aber dann direkte Sichtverbindung und starke Energiequelle nötig

## Multisensornetze

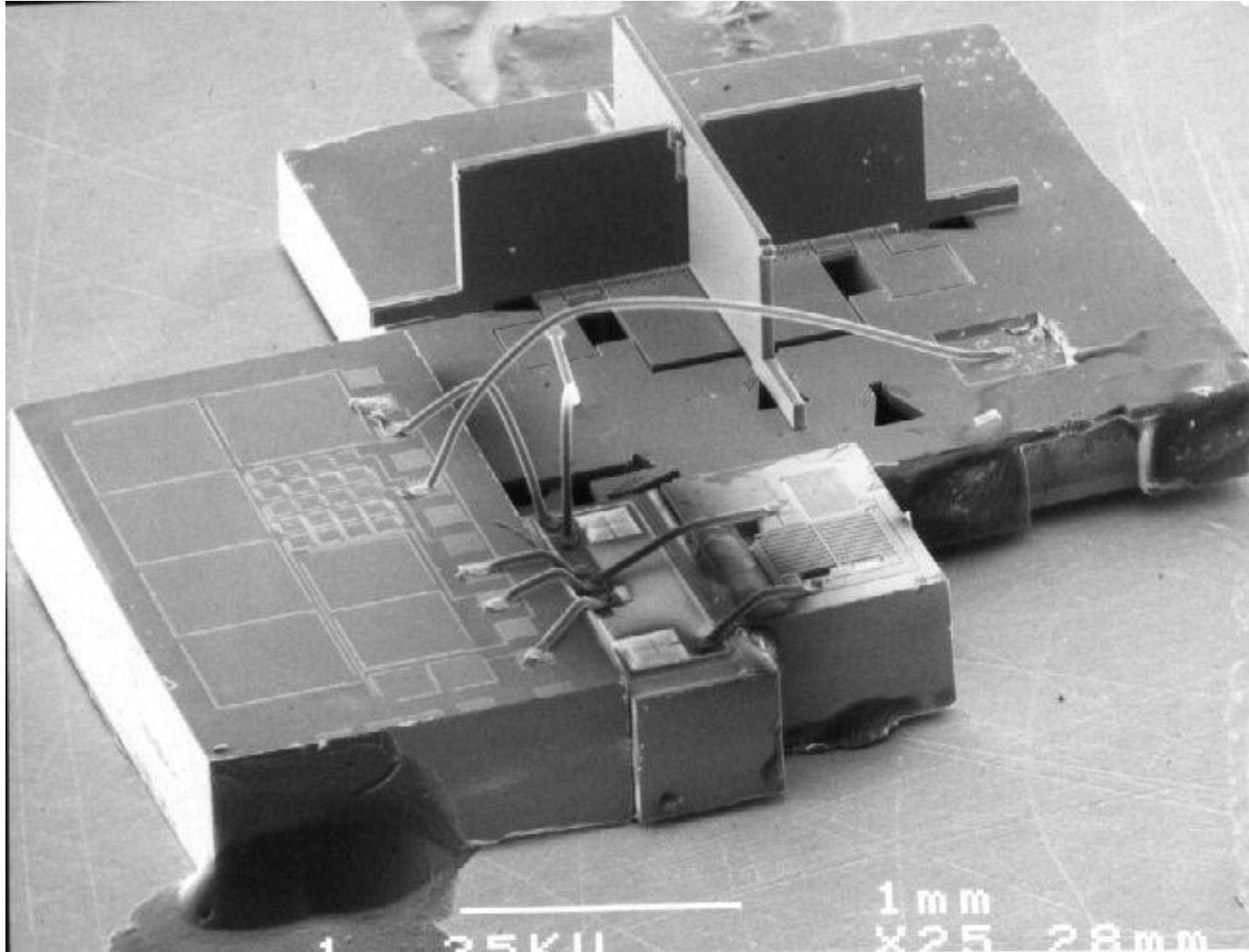
- Projekt wurde 2001 eingestellt, da gewünschte Größe nicht erreicht werden konnte

Dennoch konnten Prototypen im  $\text{cm}^3$  Bereich entwickelt werden.

# Multisensornetze



# Multisensornetze



# Datenbereinigung

Sensortechnologien

Ortserkennung

GPS, RFID, GSM

Weitere Verfahren

Datenzugriff

RFID, ZigBee, Bluetooth, WLAN, GPRS

Multi-Sensor-Datenfusion

Multi-Sensor-Netze

Aufbau, Routing

Smart-Dust

**Datenbereinigung**

# Datenbereinigung

Ermittelte Sensordaten müssen nicht immer korrekt sein.

Unterscheidung solcher „**dirty-data**“ in 2 Arten:

Verpasste Antworten:

- keine Ergebnisse aufgrund sporadischer Ausfälle der Sensoren durch Fehlfunktionen

Fehlerhafte Antworten:

- unpräzise oder unmögliche Ergebnisse durch Defekte der Messelektronik

# Datenbereinigung

Zur Bereinigung solcher Daten kann zum Beispiel das **Extensible Stream Processing (ESP)** verwendet werden:

Idee ist es, in einer Datenbank gespeicherte Sensordaten durch geschickte Anfragen aufzubereiten.

Beispielszenario:

- Auswertung von Temperaturdaten eines Raumes

# Datenbereinigung

- Temperaturdaten in Tabelle *datasource*

| TEMPERATURE | TIME        |
|-------------|-------------|
| 25          | 11:23:15:10 |
| 24          | 11:23:15:20 |
| 78          | 11:23:15:30 |
| 26          | 11:23:15:40 |

- Aufbereitung der Daten erfolgt in 5 Schritten

# Datenbereinigung

## 1. Point

Einzelne Überprüfung anhand einfacher Filterregeln.

Bsp.:

```
SELECT *  
FROM datasource  
WHERE temperature < 50
```

# Datenbereinigung

## 2. Smooth

Angleichen von Ausreißern oder verloren gegangenen Werten durch Aggregatfunktionen.

Bsp.:

```
SELECT AVG(temperature)
FROM datasource [RANGE 5 sec ]
```

# Datenbereinigung

## 3. Merge

Zusammenfassen gleichartiger Daten identischer Sensoren in räumlicher Nähe.

Bsp.:

```
SELECT AVG(temperature)
FROM datasource1 ds1 [RANGE 5 min ],
    (SELECT AVG(temperature) AS avg,
        STDEV(temperature) AS stdev
     FROM datasource2 [RANGE 5 min ]) AS ds2
WHERE ds2.avg + (2*ds2.stdev) < ds1.temp AND
      ds2.avg - (2*ds2.stdev) > ds1.temp
```

# Datenbereinigung

## 4. Arbitrate

Eliminierung von Duplikaten durch beispielsweise Messbereichsüberlappungen.

Bsp.:

```
SELECT <desired_fields>  
FROM arbitrate_input  
GROUP BY <spatial_granule>  
HAVING <predicate>
```

# Datenbereinigung

## 5. Virtualize

Vergleich und Kombination mit speziell für den Anwendungsfall angelegten Datensätzen.

Bsp.:

```
SELECT <desired_fields>  
FROM virtualize_input JOIN  
    <other_sensor|stored_data>  
    ON <timestamp|ID|other>  
WHERE <predicate>
```

Danke für ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?