



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
CHEMNITZ

Fakultät für Informatik  
Professur Technische Informatik



# Modellierung und Integration von Sensorknoten in einer Simulationsumgebung

## Konzeptvortrag Bachelorarbeit

Thomas Rückert

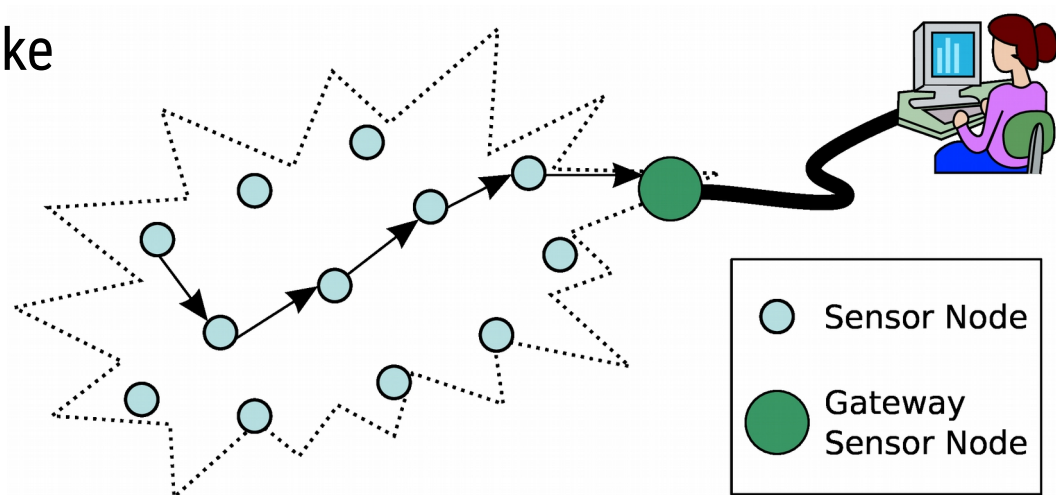
Prof. Dr. Wolfram Hardt

Dipl.-Inf. Mirko Lippmann



# Motivation

- Schrumpfende Sensoren
- Schrumpfende Sensorknoten
- Wachsende Mobilität
  - Drahtlose Kommunikation
  - Integrierte Energiequelle
- Größere Sensornetzwerke
- “Smart Dust”





# Motivation

- Komplexere Netze und Elemente erfordern Test
- Tests so real wie möglich
- Betrachtung von:
  - Energiehaushalt
  - Realistische Messwerte
  - Erfassung durch Simulierte Hardwaresensorik
  - Ausführbarer Code





# Grundlagen

- Sensor
- Sensorknoten
- Sensornetzwerke
- Evaluation
- Simulationsumgebung

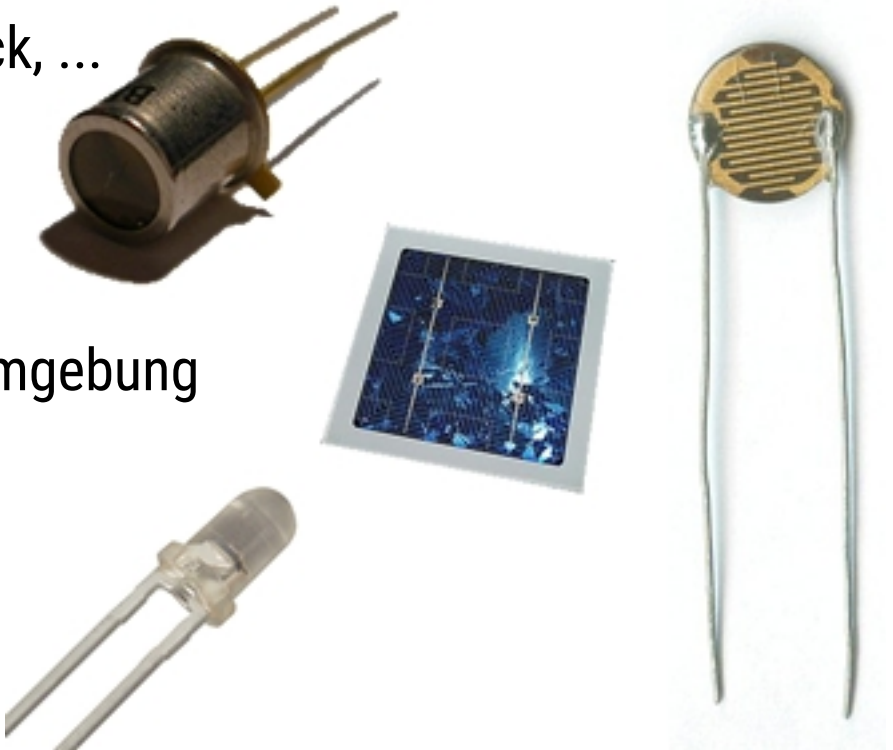


# Grundlagen – Sensor

- lateinisch sentire, dt. „fühlen“ oder „empfinden“
- Technisches Gegenstück zu den menschlichen Sinnen
- z.B. für: Temperatur, Helligkeit, Druck, ...

## Funktionsweise:

- Aufnehmer erfasst Daten aus der Umgebung
- Umwandlung in elektrisches Signal
- Aufnehmer
  - aktiv (erzeugt elektrisches Signal)
  - passiv (Parameteränderung, mit Hilfsenergie bestimmen)





# Grundlagen - Sensorknoten

- Viele (verschiedene) Sensorknoten
- Knoten teilweise wenige Millimeter groß (“Smart Dust”)
  - Linear Technology Corporation
  - LTC5800-WHM SmartMesh WirelessHART Mote-on-Chip
  - (10mm × 10mm × 0.85mm)

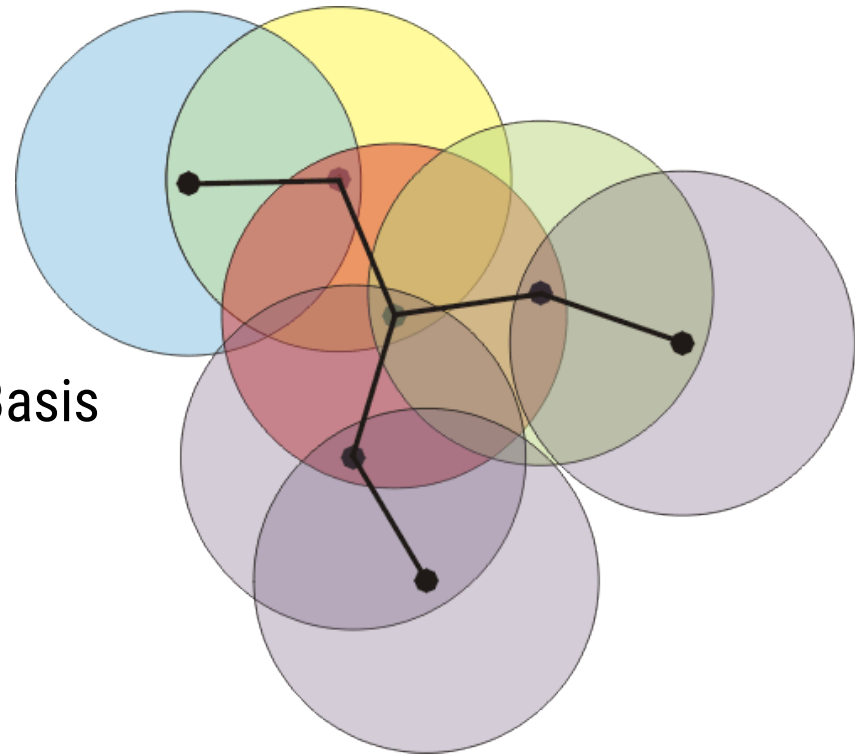
## Bauteile

- Transreceiver mit Antenne
- Energiequelle (Batterie oder Energy Harvesting)
- Ein oder mehrere Sensoren
- Mikrocontroller  
(SoC)



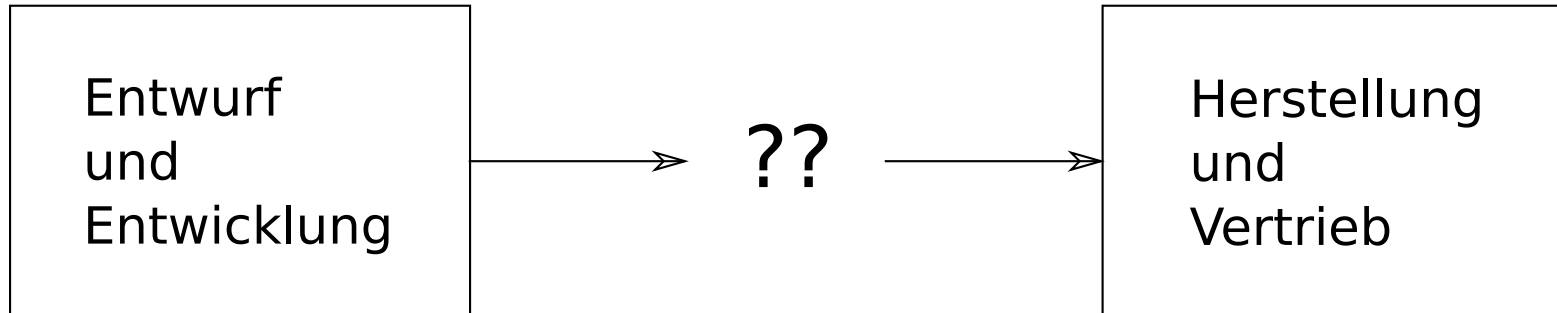
# Grundlagen - Sensornetzwerke

- Verteilung der Knoten in einem Gebiet
- Große Flächen, sehr viele Knoten
- 2004 - The Ohio State University
  - Über 1000 Knoten möglich
  - 250.000 m<sup>2</sup>
- Kommunikation per Funk
- Oft Selbstorganisiert oder auch mit Basis
- IEEE 802.15.4, ZigBee





# Grundlagen - Evaluation







# Grundlagen - Evaluation

## Emulation

- Systemimplementierung
- Deckt kompletten Funktionsumfang ab
- Hardwarebeschreibungssprache
  - zB VHDL
- Ausführung dann auf FPGA (oder Netzwerk von FPGAs)
- Homogene Hardwareplattform

## (Rapid) Prototyping

- Ähnlich Emulation aber zusätzlich Implementierungen der Hardware
- Teile können auch bereits fertige Module sein
- Daher heterogene HW-Plattform
- Stellt geringere Anforderungen an Timing, Größe und Kosten als Endprodukt



# Grundlagen - Evaluation

## Simulation

- Entwicklungsprozess für Module
- Test von Ansätzen zu geringen Kosten
- Modell – Abbildung eines Systems
- Evaluieren der Umsetzbarkeit
- Spezifikation relevanter Teile des Moduls
- Oberflächliche/keine Implementierung bestehender oder unwichtiger Teile
  - Co-Simulation



# Grundlagen - Simulationsumgebung

- Omnet++
- Simulation Library (IKR SimLib)
- openWNS
- NS-3
- Simanet

	Omnet++	IKR SimLib	OpenWNS	NS-3
freie Lizenz	✓	✓(LGPL)	✓(LGPLv2)	✓(GPLv2)
alle gängigen Betriebssysteme	✓	kein Windows	✓	kein Windows
GUI bei Simulation	✓	✗	(✓)	✗
IDE	✓	(✗)	(✗)	(✓)
Drahtlose Verb.	(✓) mit MiXiM	✓	✓	✓
Sprache(n)	C++ mit NED	C++ oder Java	Python	Python



# Grundlagen - Simulationsumgebung

## **Omnet++**

- ACADEMIC PUBLIC LICENSE
  - Quellcode ist offen
- Codeausführung im Application Layer der Sensorknoten
- Protokolle für tiefere Schichten vorhanden
  - lassen sich anpassen
- Grafische Simulation



# Grundlagen - Simulationsumgebung

## Omnet++

- Bibliotheken/Framework in C++
- Eigene Beschreibungssprache: NED
  - Netzwerkbeschreibungssprache
- Entwicklungsumgebung auf Basis von Eclipse
  - C++ und NED-Integration
  - Grafische Umgebung für Simulation
- Frameworks wie MiXiM
  - Wireless support



# Bestehende und Nutzbare Module

## **Omnet++**

- Simulationsumgebung und -oberfläche
- Allgemein: NED, Netzwerk, Kommunikation
- Event Log

## **MiXiM**

- Host802154\_2400MHz
  - IEEE 802.15.4: Protokoll für “Wireless Personal Area Networks”
  - Batterie
  - Funktransreceiver
- BaseWorldUtility für Umgebung
- Coord

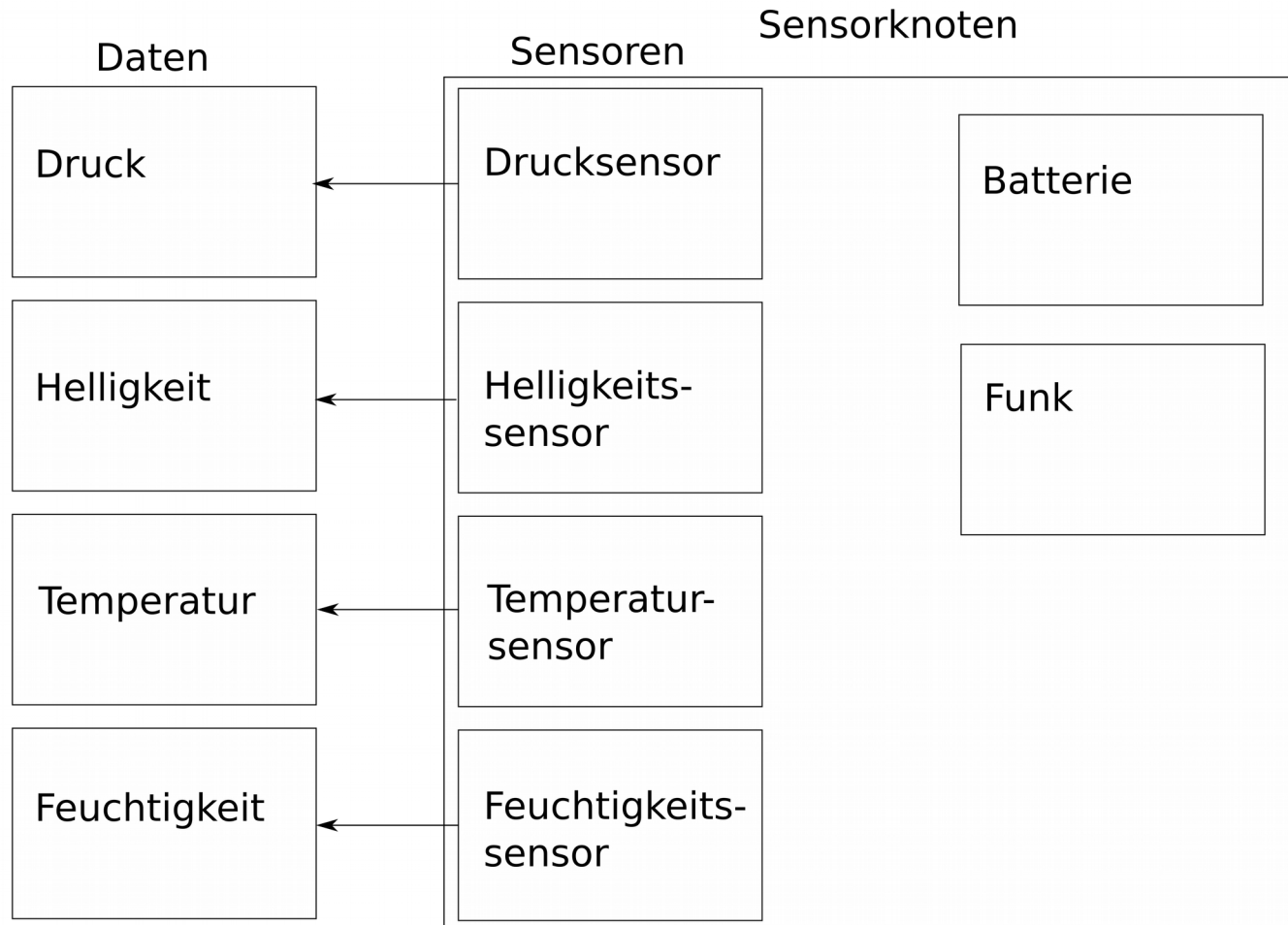


# Ziel - Implementierung

- Bestehende Module (gegebenenfalls erweitern)
- Umgebung mit verschiedenen Parametern
  - Bereitstellen von Positionsgebundenen Daten
- Verschiedenene Sensoren
  - Temperatur, Druck, Helligkeit, Luftfeuchtigkeit
  - Rufen die positionsgebundenen Daten ab
- Knoten (Host802154\_2400MHz) mit diesen Sensoren
  - Betrachtung Energie
- Kommunikation zwischen den Knoten
  - Peer-to-peer Netz
- Statistiken über Simulation
  - Besonders Energieverbrauch, Kommunikation zwischen Knoten



# Ziel - Implementierung







## Ziel - Test

- Beweis Erfüllung der Aufgabenstellung
- Tests auf Funktionsfähigkeit
- Beispiele für die Nutzung der Anwendung
  - Entsprechend der späteren Nutzung
  - Sollen zeigen, dass Ziel erfüllt
  - Sehr großes Netz, mit alles verschiedenen Sensoren
- Datenvisualisierung
- Energiehaushalt der Hosts - Testumgebung für das Netz:
  - Verschiedene Routingverfahren
  - Langzeitverhalten

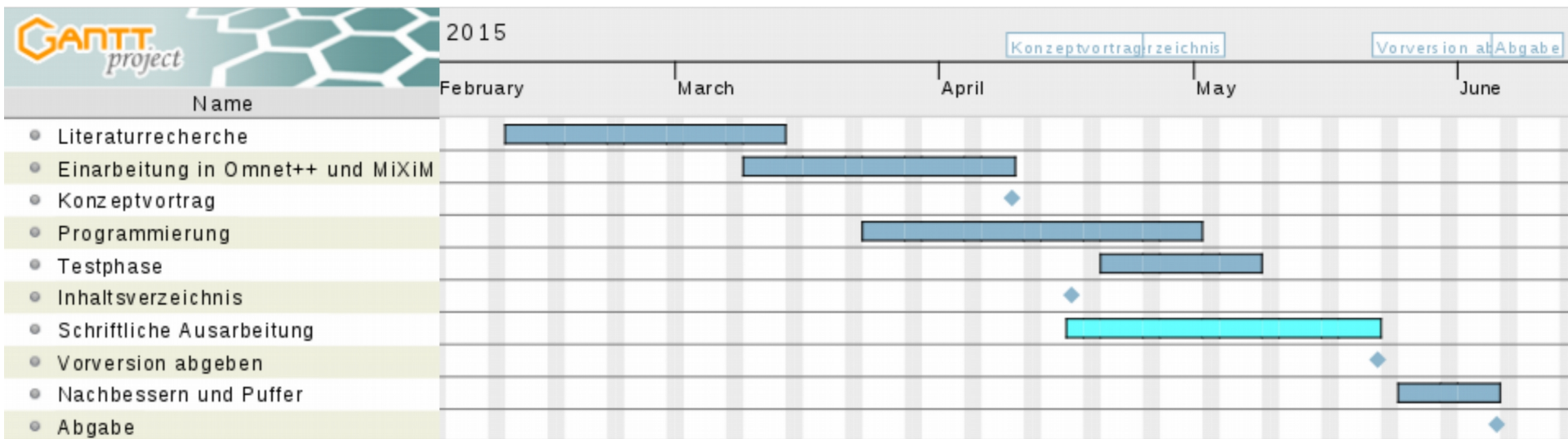


# Ziel - Ausarbeitung

- Technische Grundlagen
- Grundlagen zu Omnet++ vermitteln
- Implementierung beschreiben
  - Detaillierte Code-Dokumentation
- Modellierung der Hosts und des Netzes beschreiben (Knoten mit verschiedenen Sensoren)
- Mit Hilfe von Tests und Beispielen:
  - Aufgabenstellung gelöst?
  - Anwendung der Anforderung entsprechend?



# Zeitplanung





# Präsentation der Simulationsumgebung

Beispiel



# ENDE

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.  
Fragen?



# Quellen

- Kleiner Knoten
  - <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/5800whmf.pdf>
- Großes Netz 1000+
  - [http://www.ieee-icnp.org/2005/Papers/05\\_sbapat-Yield.pdf](http://www.ieee-icnp.org/2005/Papers/05_sbapat-Yield.pdf)
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Light\\_sensor.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Light_sensor.png) (Urheber: vic)
- JOURNAL OF COMMUNICATIONS, VOL. 3, NO. 7 → Artikel SimANet
  - <https://www.tu-chemnitz.de/informatik/ce/publications/publications.php?controller=detail&id=424>
- <https://www.tu-chemnitz.de/informatik/ce/publications/publications.php?controller=detail&id=505>



# Quellen

- <https://de.wikipedia.org/wiki/Sensor>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless\\_sensor\\_network#mediaviewer/File:WSN.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network#mediaviewer/File:WSN.svg)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Gas-Sensor.jpg>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Drucksensor>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.15.4](https://de.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4)
- Ganttprojekt zum erstellen von Gantt-Diagramm



# Grundlagen – Sensor

- Temperatursensor
  - Heiß-/Kaltleiter
    - mit passivem Aufnehmer
    - Widerstand wird verändert
- Drucksensor
  - Piezoelektrischer Drucksensor
    - Aktiver Aufnehmer
    - Ladungstrennung erzeugt elektrische Spannung in einem Kristall