



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Fakultät für Informatik
Professur Technische Informatik



Integration von Umwelt- und Sensormodellierung in die Netzwerksimulation

Verteidigung Bachelorarbeit

Thomas Rückert

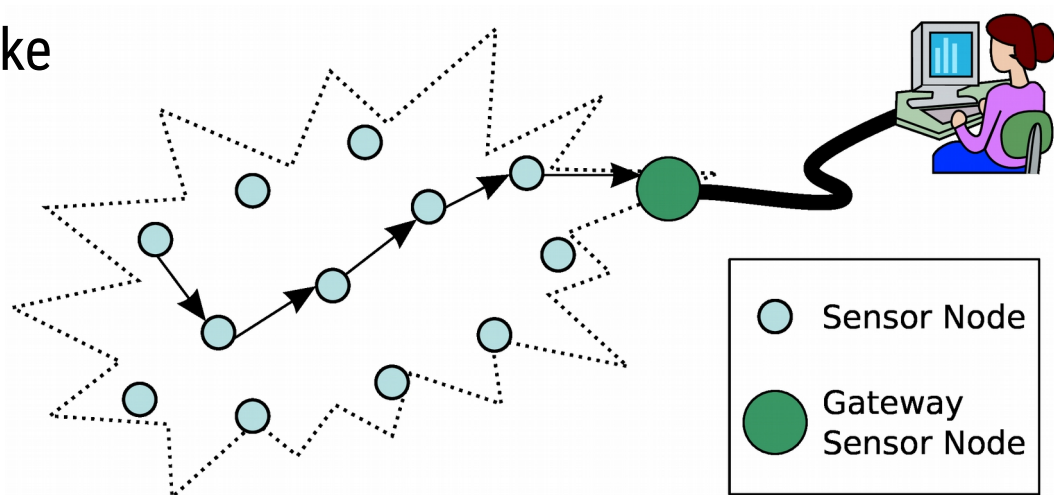
Prof. Dr. Wolfram Hardt

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
- Simulation
- Simulationsumgebung

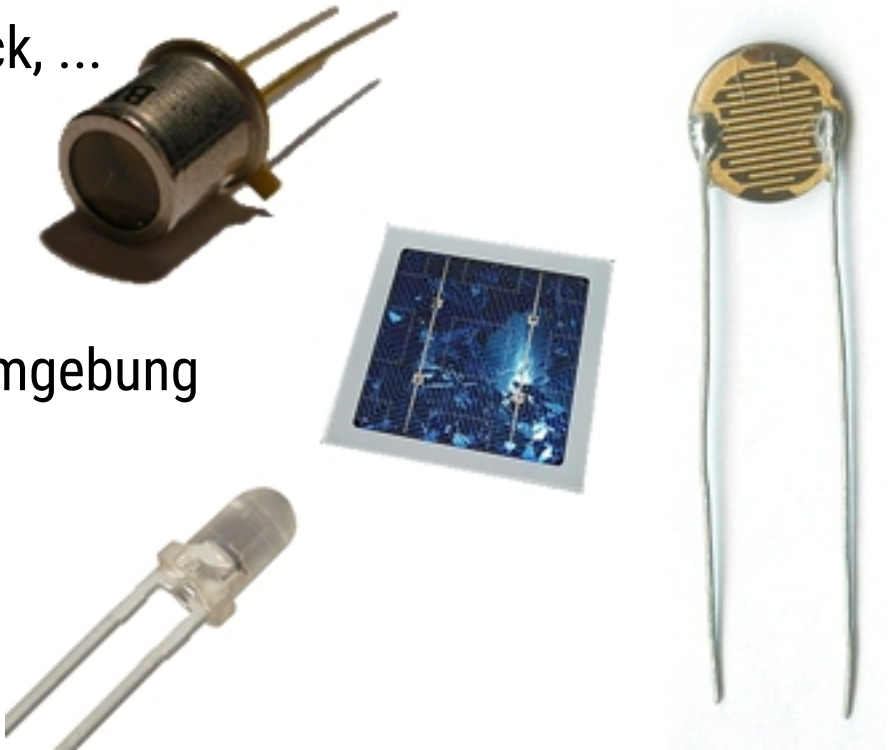


Grundlagen – Sensor

- 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)

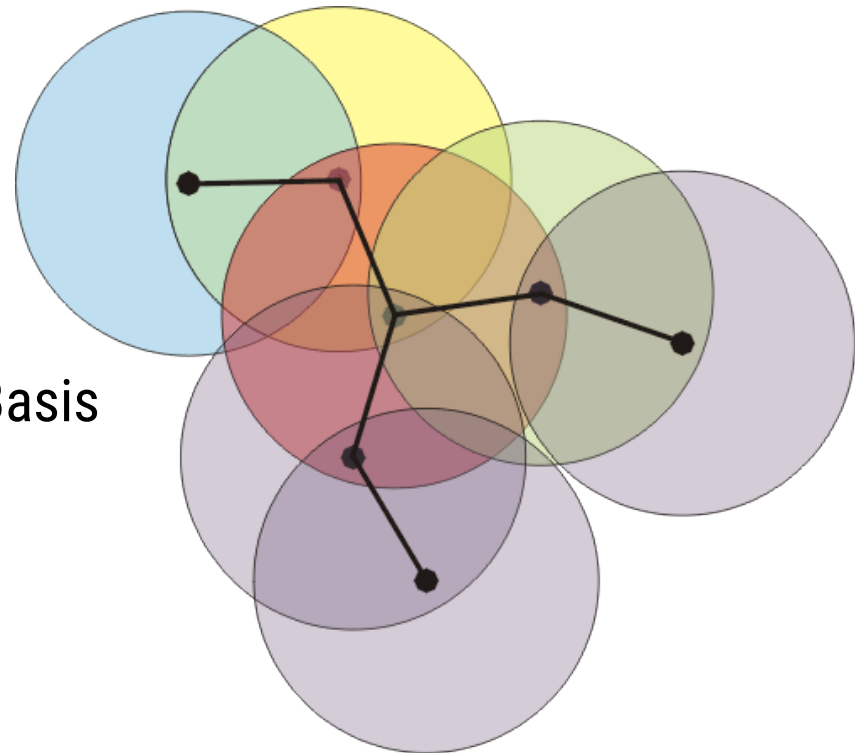
Bauteile

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



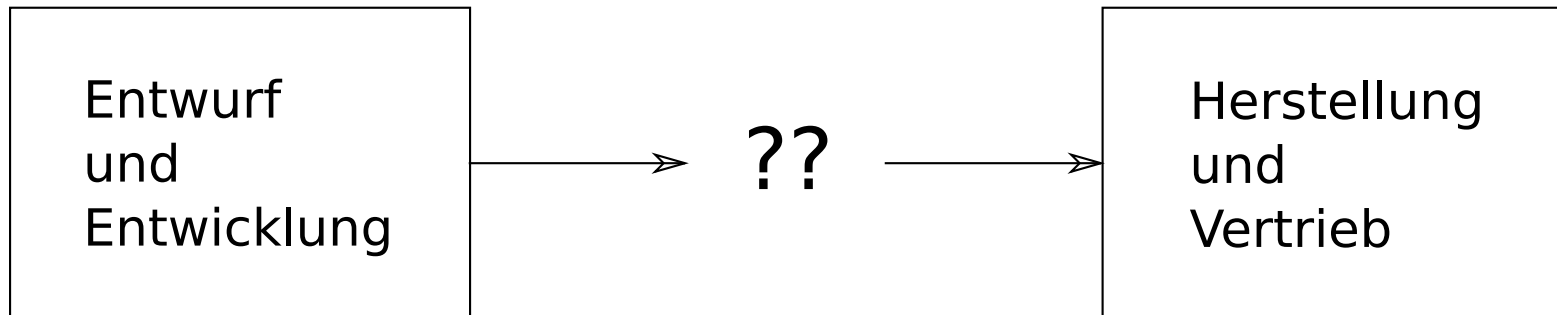
Grundlagen - Sensornetzwerke

- Verteilung der Knoten in einem Gebiet
- Große Flächen, sehr viele Knoten
- 2004 - The Ohio State University
 - Über 1000 Knoten möglich
 - 250.000 m²
- Kommunikation per Funk
- Oft Selbstorganisiert oder auch mit Basis
- IEEE 802.15.4, ZigBee





Grundlagen - Simulation





Grundlagen - 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++

- 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

- Erweiterung der Netzwerksimulation
 - Omnet++ und MiXiM
- Sensorik
 - Verschiedene Sensoren
 - Komplexer Sensorknoten der die verschiedenen Sensoren nutzen kann
- Möglichkeiten
 - Mit diesen Erweiterungen kann das genaue Verhalten eines großen Netzwerkes von Sensorknoten simuliert werden
 - Einblicke in Energieverbrauch (einzelner Bauteile) möglich
 - Zusammenspiel der Knoten in verschiedenen Routingalgorithmen



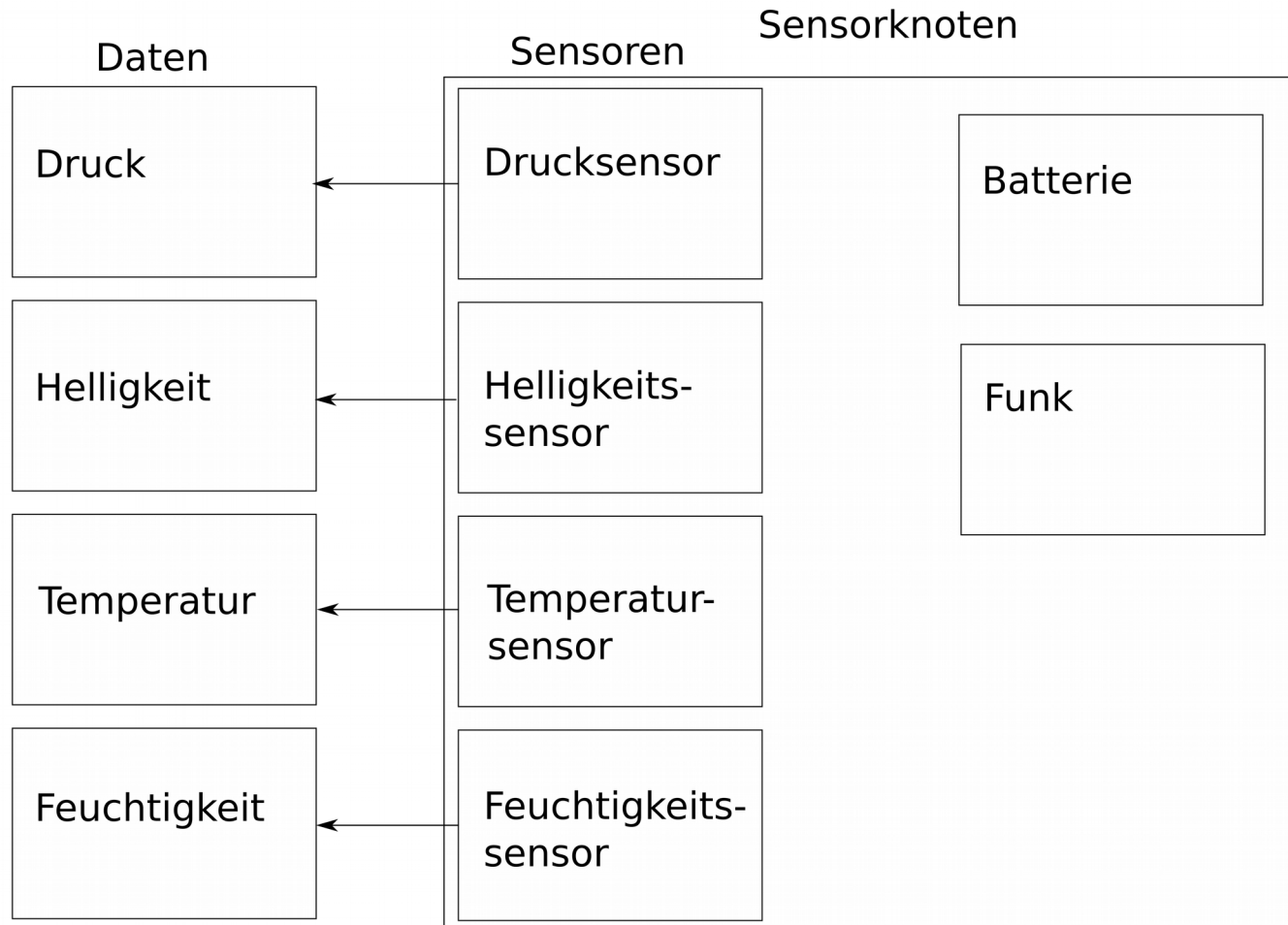
Ziel - Implementierung

Module

- Sensoren mit einzelnen Bestandteilen
 - Signalerfassung, -verarbeitung, -ausgabe
- Dazu Bauteile eines Sensorknoten
 - Funk: Daten übermitteln
 - Batterie: Energiemanagement
 - Verschiedene Arten von Sensoren
- Umgebung
 - Positionen der Sensorknoten abbilden
 - positionsgebundene Messdaten
- Auswertung Simulationsparameter



Ziel - Implementierung





Ziel - Implementierung

- Energiehaushalt der Knoten
 - Energieverbrauch: niedrig im Standby oder hoch bei bestimmten Operationen
- Sensorenarten
 - Temperatur, Druck, Helligkeit, Luftfeuchtigkeit
 - Rufen die positionsgebundenen Daten ab
- Kommunikation zwischen den Knoten
 - Knoten können ein Peer-to-peer Netz bilden
- Statistiken über Simulation
 - Besonders Energieverbrauch, Kommunikation zwischen Knoten



Ziel – Umsetzung und Test

Bestehende Module (verwenden/erweitern)

- zB Grundlage für Knoten: Host802154_2400MHz
 - Betrachtung Energieverbrauch für Messungen, Verarbeitung von Messwerten, Sendeoperationen, Warten
- BasicWSN – Protokoll für Sensornetze

Test der Module

- Beispielanwendungen implementieren
 - Diese nutzen die verschiedenen Module
 - Auswertung der Beispielsimulationen
 - Visualisierung



Implementierung

- Umwelt
- Sensormodul
- Energiemanagement
- Datenvisualisierung



Implementierung - Umwelt

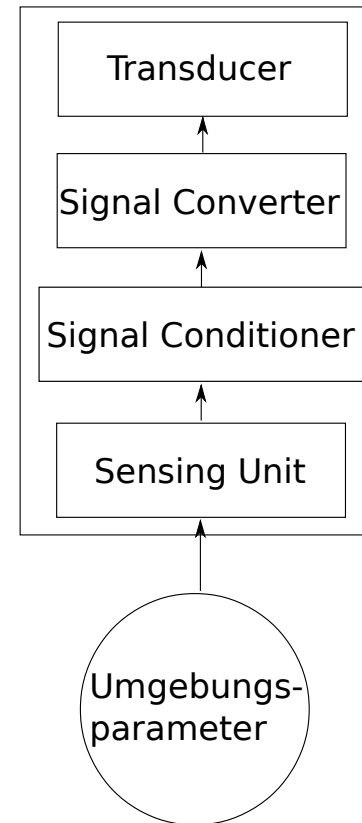
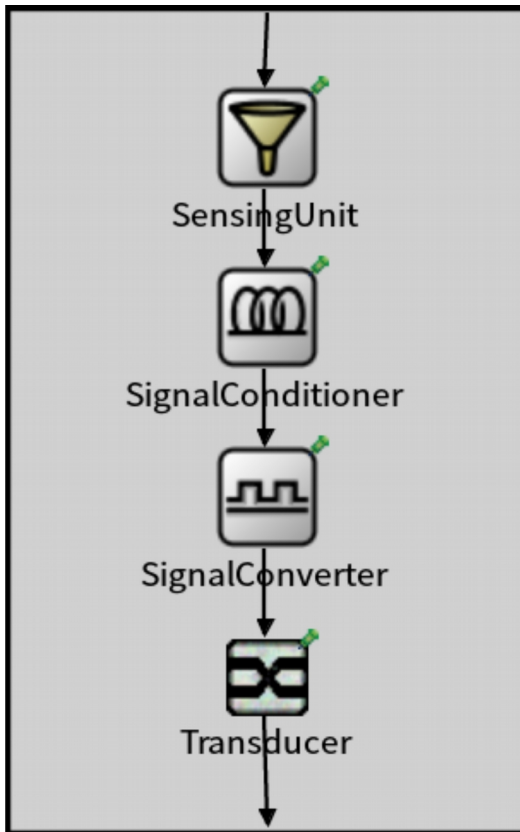
- CustomWorldUtility (Kindklasse der BaseWorldUtility)
 - Playground, 2D oder 3D
 - Jeweils mit verschiedenen Größen
 - Daten zu den Sensortypen
 - Temperatur, Druck, Luftfeuchtigkeit, Helligkeit
 - Granularität, Einlesen externer Daten oder Generierung
 - Schnittstelle nach 'außen' – zu den jeweiligen Sensoren



Implementierung – Sensormodul - Sensor

- SensingUnit
 - Schnittstelle zur Umgebung
 - Weitergeben der Information an SignalConditioner
- SignalConditioner, SignalConverter
 - Signalverarbeitung und Aufbereitung
 - Weitergeben der aufbereiteten Information
- Transducer
 - Erstellen des finalen Signals
 - Übertragung an Prozessor

Implementierung – Sensormodul - Sensor

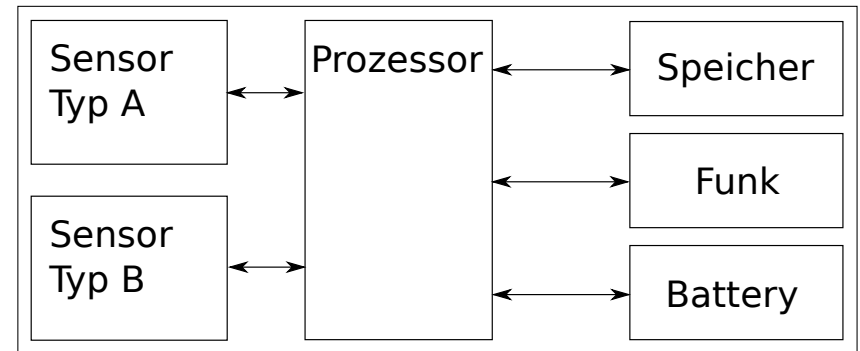
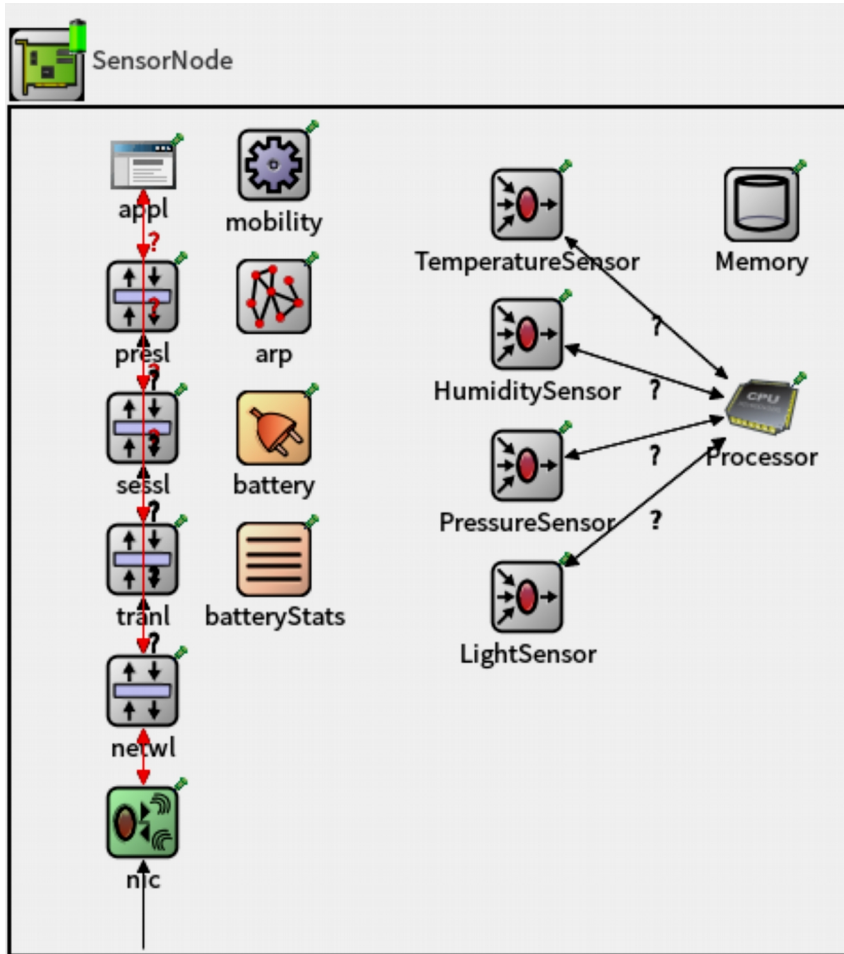




Implementierung – Sensormodul - weiteres

- Prozessor
 - Steuert den Knoten
 - Messungen in Sensor starten
 - Daten versenden oder in Memory ablegen
 - Energiemodi
- Memory
 - Kann gemessene Daten speichern
- Batterie, Funk
 - Externe Module - aus dem MiXiM-Framework

Implementierung – Sensormodul - weiteres





Implementierung – Energiemanagement

- Energieverbrauch in jedem Modul des Knotens
- Standby und pro Operation
- Batterie auf dem Knoten
 - Festgelegte Kapazität
 - Alle Module an diese angeschlossen
- Knoten beendet Ausführung sobald Batterie leer

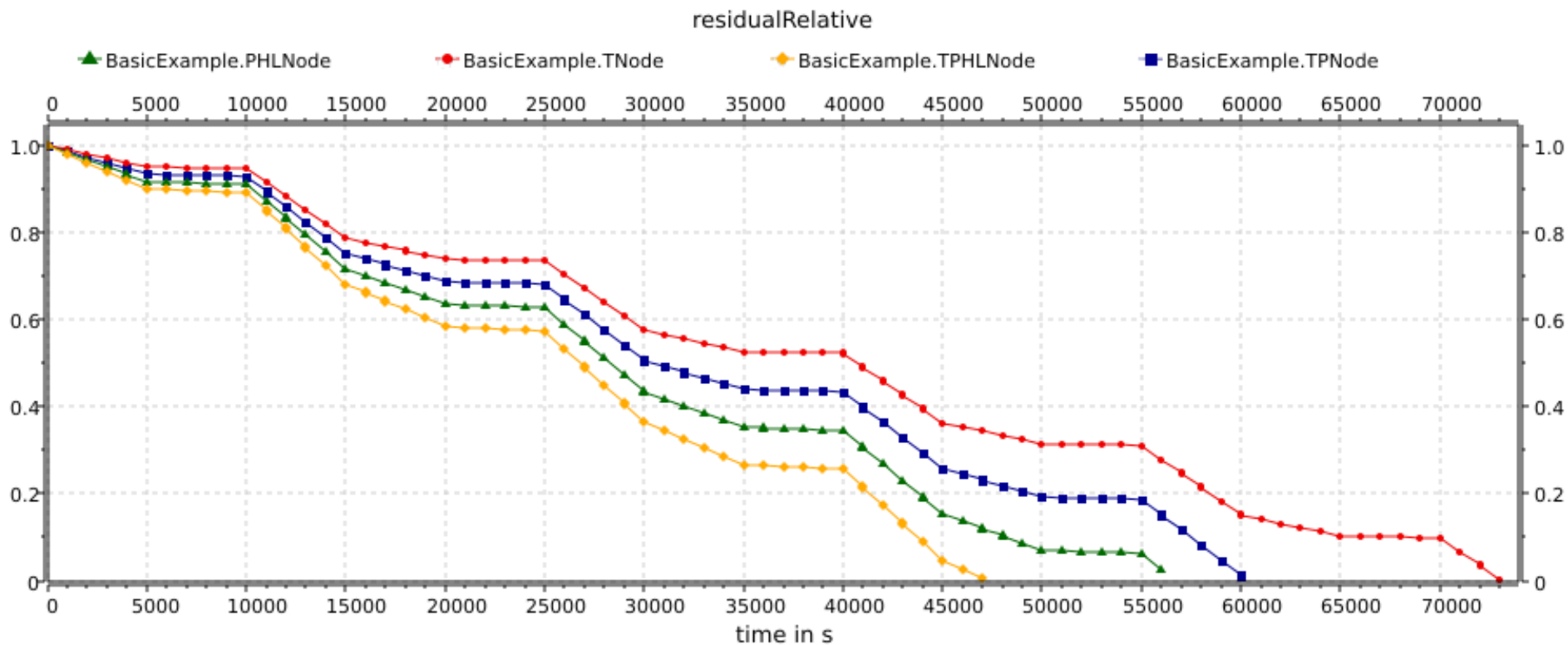


Implementierung – Datenvisualisierung

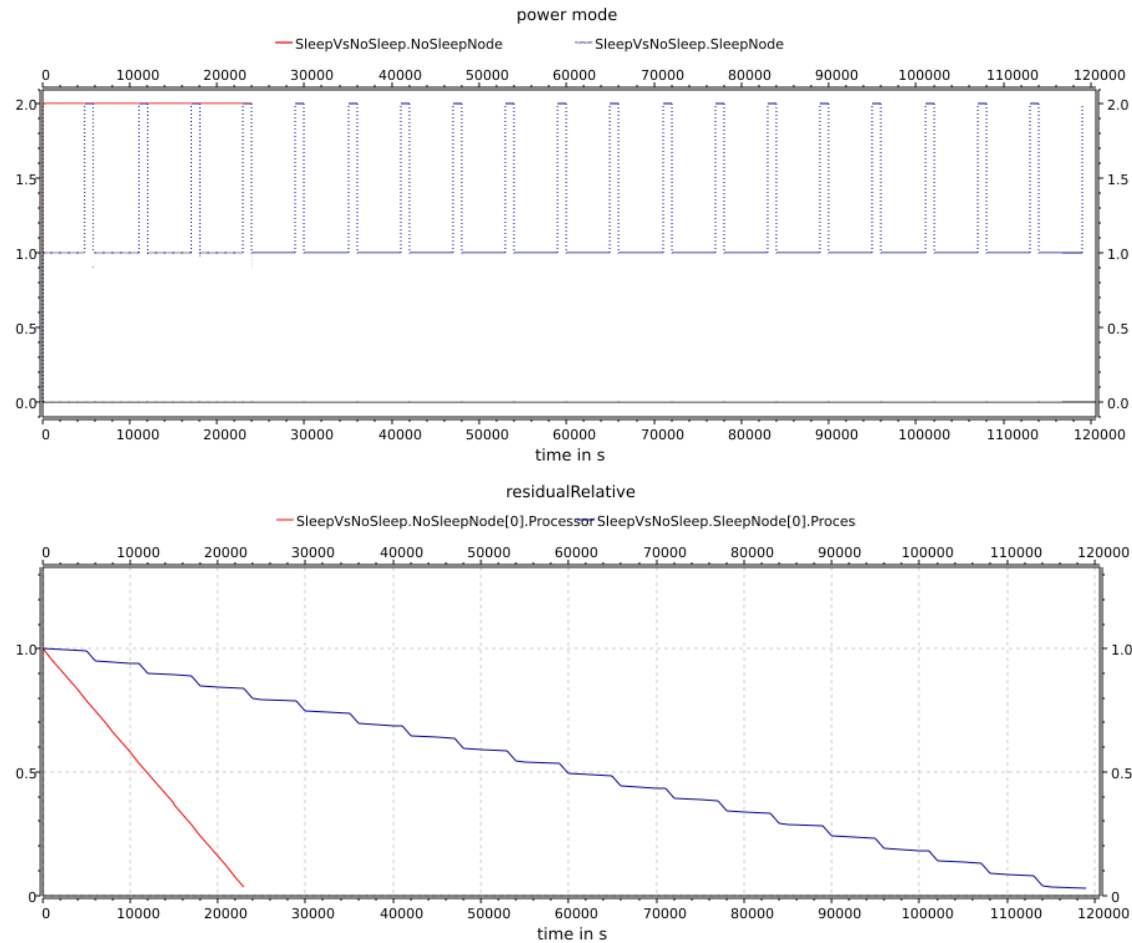
- Erfassen von Eckdaten der Simulation
- Energiehaushalt der Knoten
 - Ladezustand der Batterie
 - Aktueller Energieverbrauch
- Zustandswechsel
 - Energiemodus
- Events
 - Messungen
 - Kommunikation



Implementierung – Datenvisualisierung

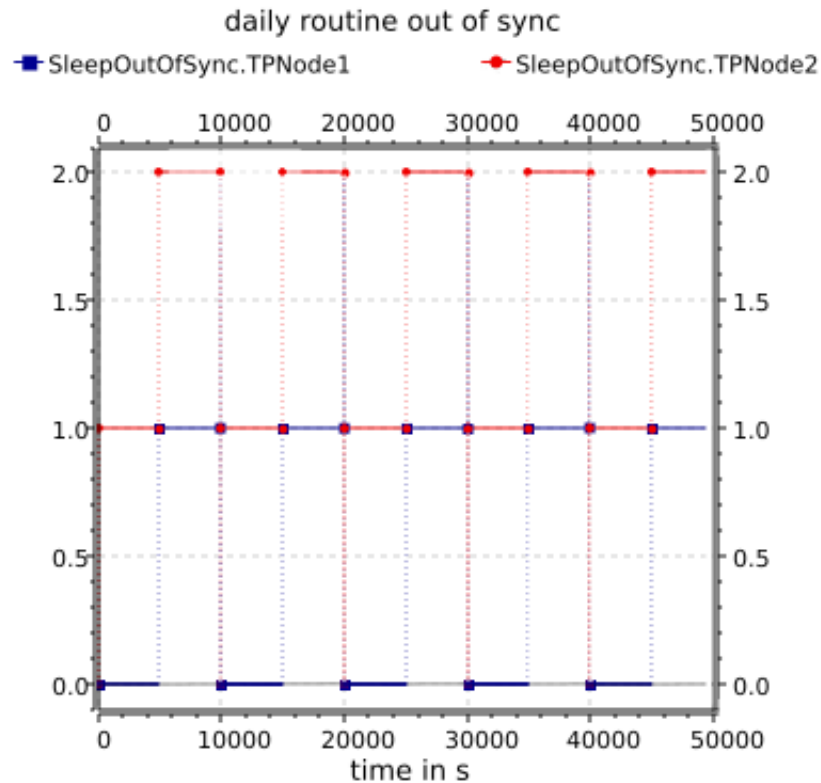


Implementierung – Datenvisualisierung



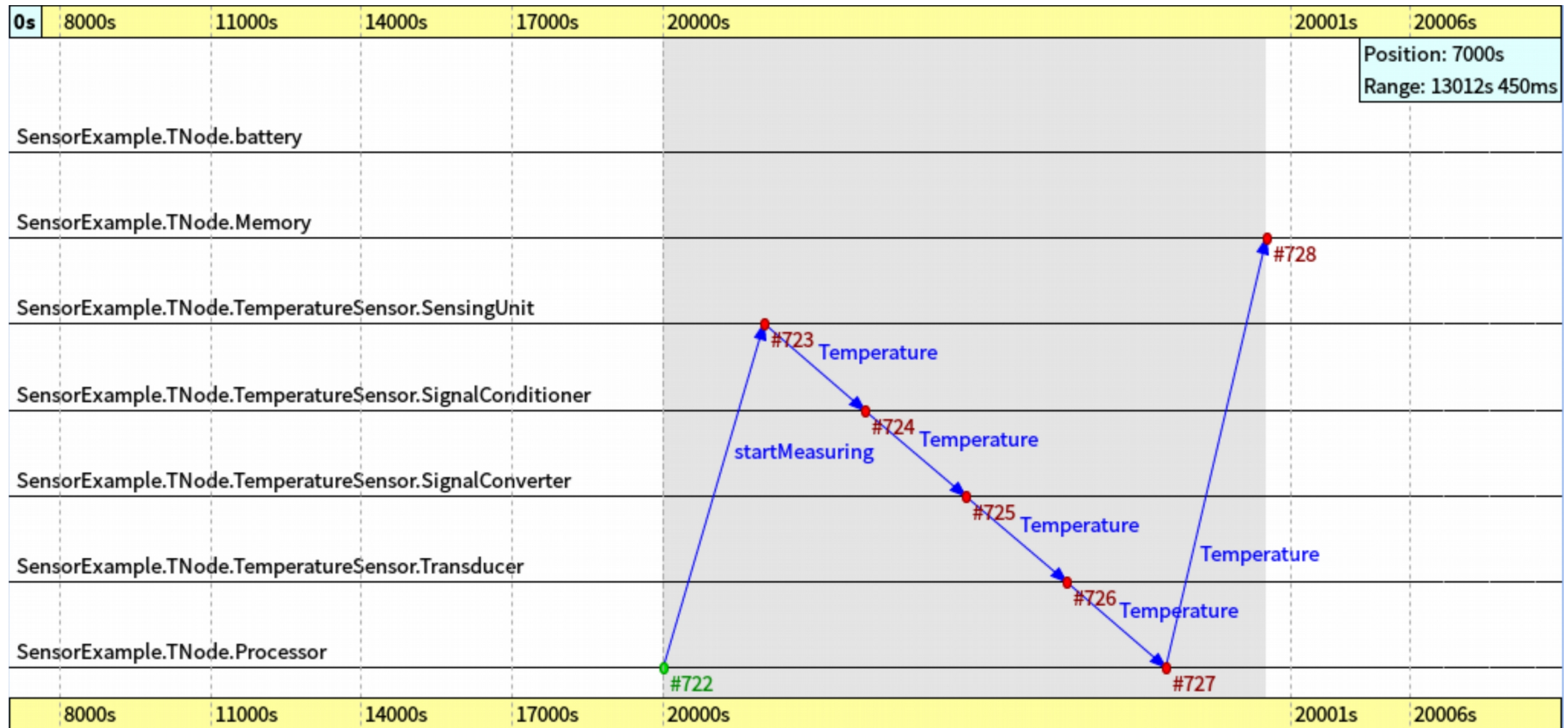


Implementierung – Datenvisualisierung





Implementierung – Datenvisualisierung





Implementierung – Möglichkeiten

- Komplexes Sensornetzwerk simulieren
 - Tausende Knoten
 - Verschiedene Knoten (4^2 Permutationen)
- Energiehaushalt pro Bauteil realistisch abbilden
- Gemeinsame Wach-Schlaf-Zyklen
 - Komplexes Verhalten
 - Abspeichern von Messdaten im Schlaf
 - Versenden von ganzen Paketen im Wachmodus



Ausblick

- Datenbank mit echten Umweltdaten anknüpfen
 - Realistischere Messdaten
 - Performanter als XML
 - In Abhängigkeit von der Zeit und Position
- Kommunikation mit Wach-Schlaf-Zyklen synchronisieren
- Wake-up Receiver
- Datensenke implementieren
 - Steuert die Netzwerkknoten
 - Empfängt alle Messdaten



ENDE

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.



Präsentation der Simulationsumgebung

Beispiel



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
- 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://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Gas-Sensor.jpg>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Drucksensor>
- 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