

# Energy Harvesting für drahtlose Sensornetzwerke

Prof. Dr. Hannes Töpfer

Sven Engelhardt, Elena Chervakova, Wolfram Kattanek, Tobias Rossbach,  
Dr. Axl Schreiber, Marco Götze, Tino Hutschenreuther (Themenbereich System Design)

unter Nutzung von Ergebnissen von Prof. Dr. I. Petrinska, TU Sofia

# Gliederung

---

- Einleitung / Hintergrund
- Ableitung von Anforderungen
- Energy Harvesting
- Zusammenfassung / Ausblick

# Einordnung des Gegenstandes

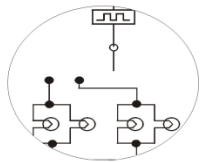
- Mikroelektronik - System Design - Mechatronik -

*Modellierung, Simulation, Entwurf, Analyse, Test, Prototyp, Consulting, Dokumentation, ...*

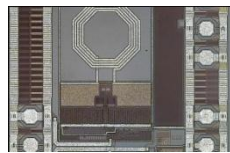
Problemstellung / Lastenheft  
des Auftraggebers

Forschungsauftrag  
Industrieauftrag  
Verbundprojekt

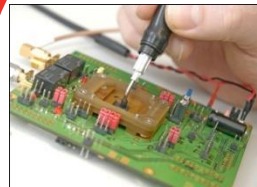
**Komplette, komplexe and wettbewerbsfähige  
High-Tech Kundenlösung**



Bauelement /  
Schaltung



Schaltkreis



Baugruppe



Funktionseinheit

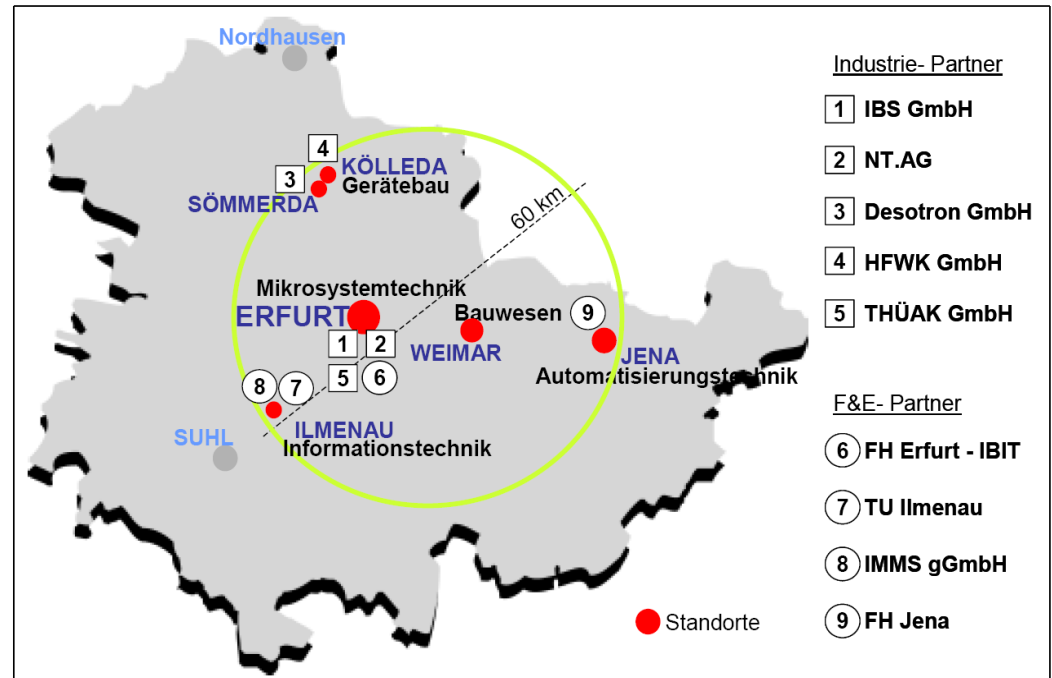


Lösung

## Systemplattform für eine neuartige Nutzerintegration bei der

- Planung
- Inbetriebnahme
- Betrieb

von Haustechnik und  
Gebäudeautomation

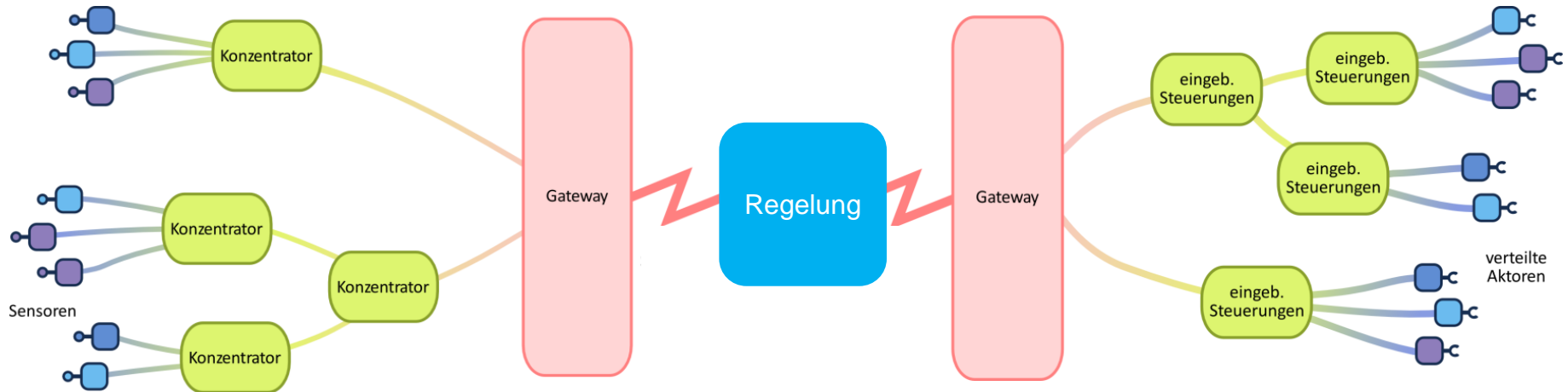


# Gliederung

---

- Einleitung / Hintergrund
- **Ableitung von Anforderungen**
- Energy Harvesting
- Zusammenfassung / Ausblick

# Komponenten einer Gebäudeautomationslösung

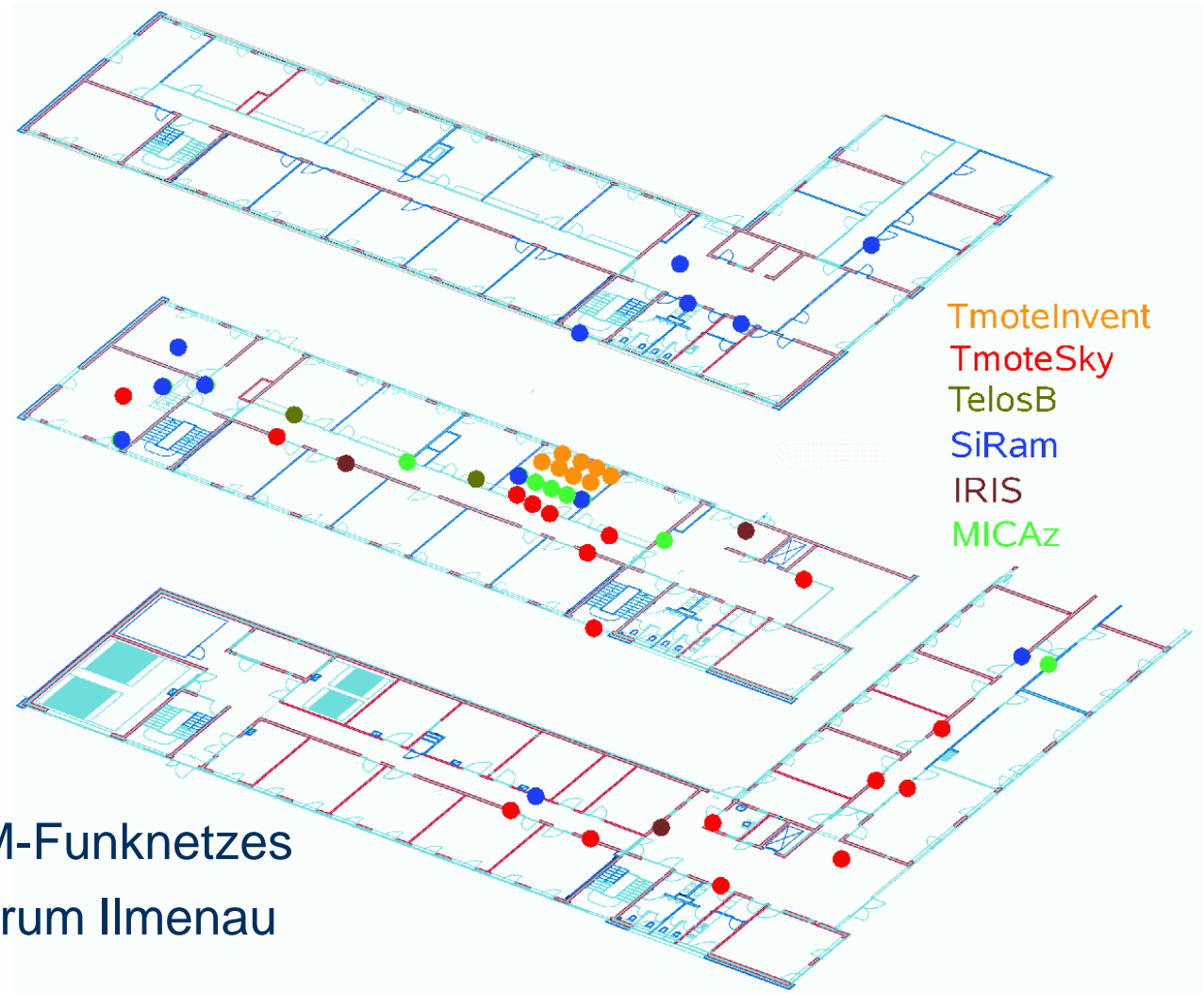


verteilte Sensoren

verteilte Aktoren



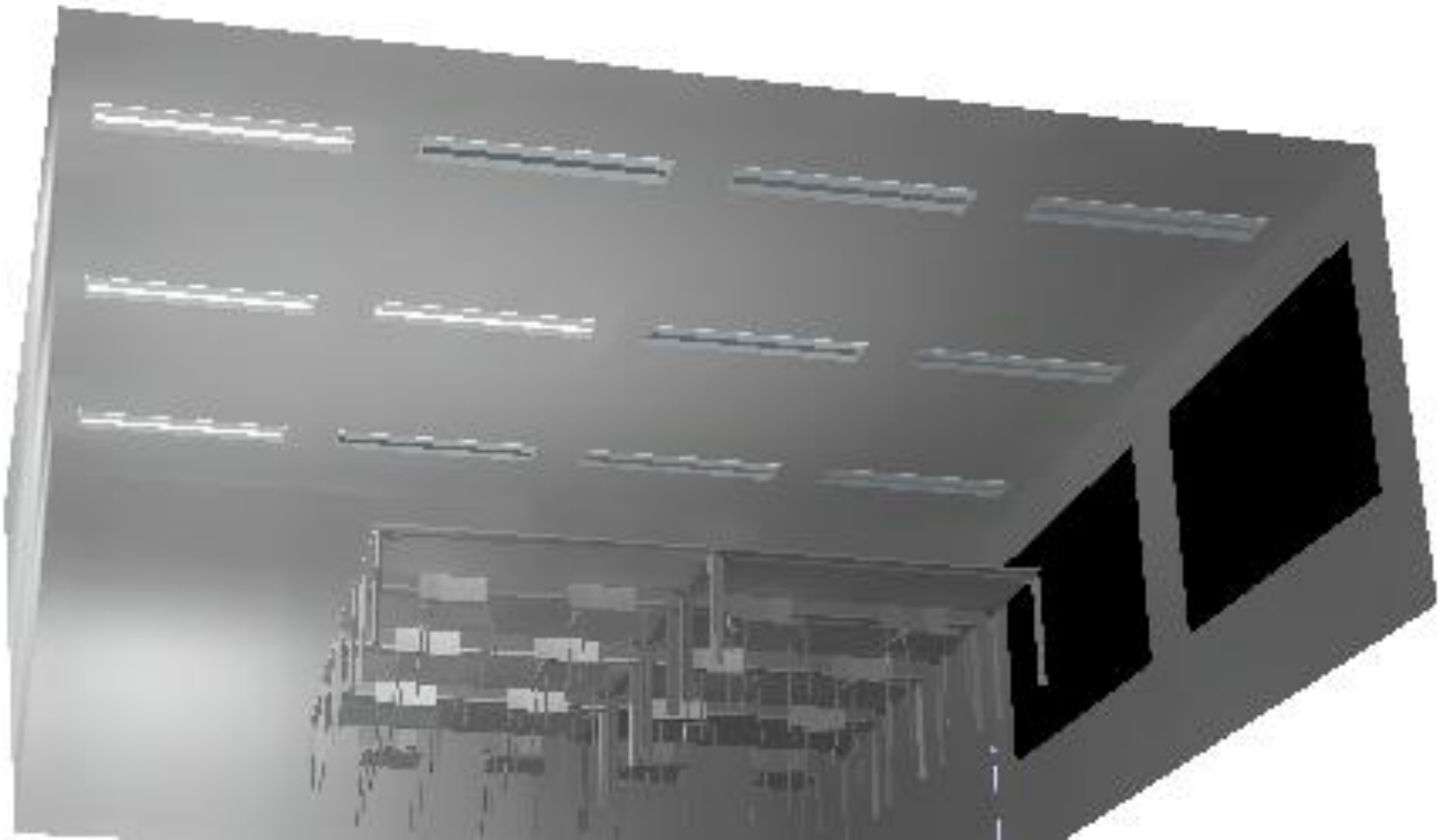
# Einsatzszenario großer drahtloser Sensornetzwerke



Beispiel:  
Topologie eines ISM-Funknetzes  
im Ernst-Abbe-Zentrum Ilmenau

# Beleuchtungssteuerung: Fallstudie: Ergebnis

---



Beleuchtung (An/Aus) zwischen 7:00 und 7:30 am Morgen eines sonnigen Frühlingstages für einen Raum mit Fenstern nach Westen

# Beleuchtungssteuerung: Fallstudie: Erwartete Einsparungen

Geographische Ausrichtung	Art des Tages, Jahreszeit	Energieeinsparung, An/Aus, kWh/Tag	Energieeinsparung, Dimming, kWh/Tag
West	Sonnig, Frühjahr	0.61	0.66
Ost	Sonnig, Frühjahr	0.61	0.66
West	Bedeckt, Frühjahr	2.10	2.31
Ost	Bedeckt, Frühjahr	2.37	2.66

Potenzielle Energieeinsparung bei Beleuchtungssteuerung mit An/Aus-Schalten oder Dimmen im Vergleich mit manuellem Schalten der Beleuchtung

## Fazit:

**Aufwand für Regelung darf nicht die Einsparung überschreiten**

Beispiel: 1 WSN-Knoten: 1,58 Wh / Tag, PCs<sub>|200W</sub> =4,8kWh/Tag

# Wege zum Absenken des Energieaufwandes

---

Wie kann Regelung erfolgen ohne dass mehr Energie durch eingesetzte IT verbraucht als eingespart wird?

- zweckmäßige Implementierung – eingebettete Plattformen
- Reduktion der notwendigen Geräte
  - virtuelle Sensoren und intelligente Algorithmen
- Energy Harvesting:  
Umwandlung von Energie aus der Umgebung in elektrische Energie

# Gliederung

---

- Einleitung / Hintergrund
- Ableitung von Anforderungen
- Energy Harvesting
- Zusammenfassung / Ausblick

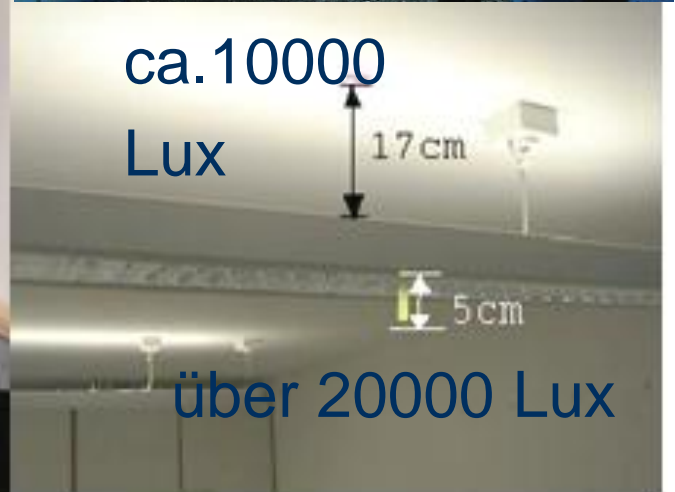
# Energy Harvesting

---

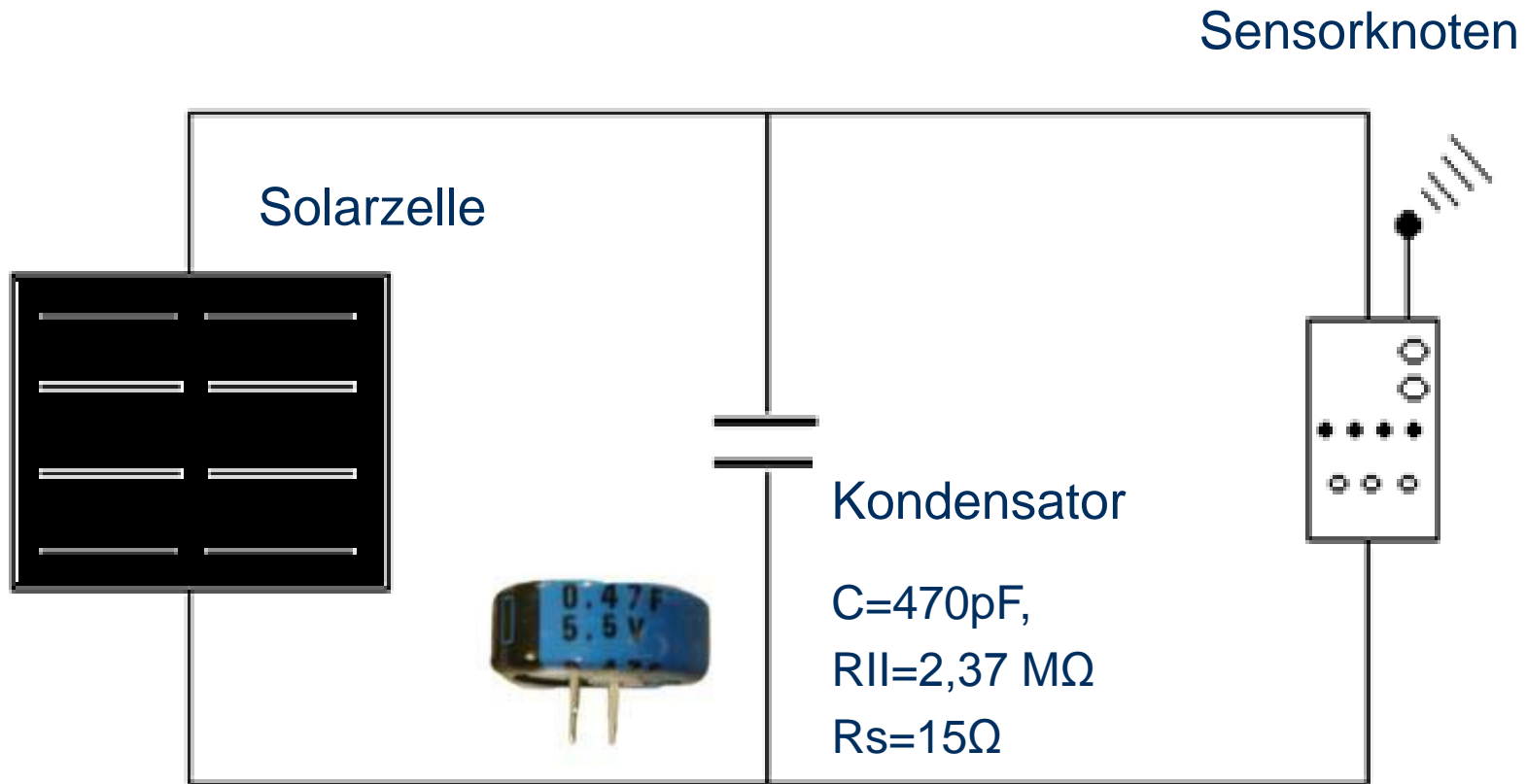
Fallstudie:

Lichtkonverter für Knoten eines Drahtlos-Sensornetzwerks  
(Beitrag unseres ehem. Studenten Kim woong-ki)

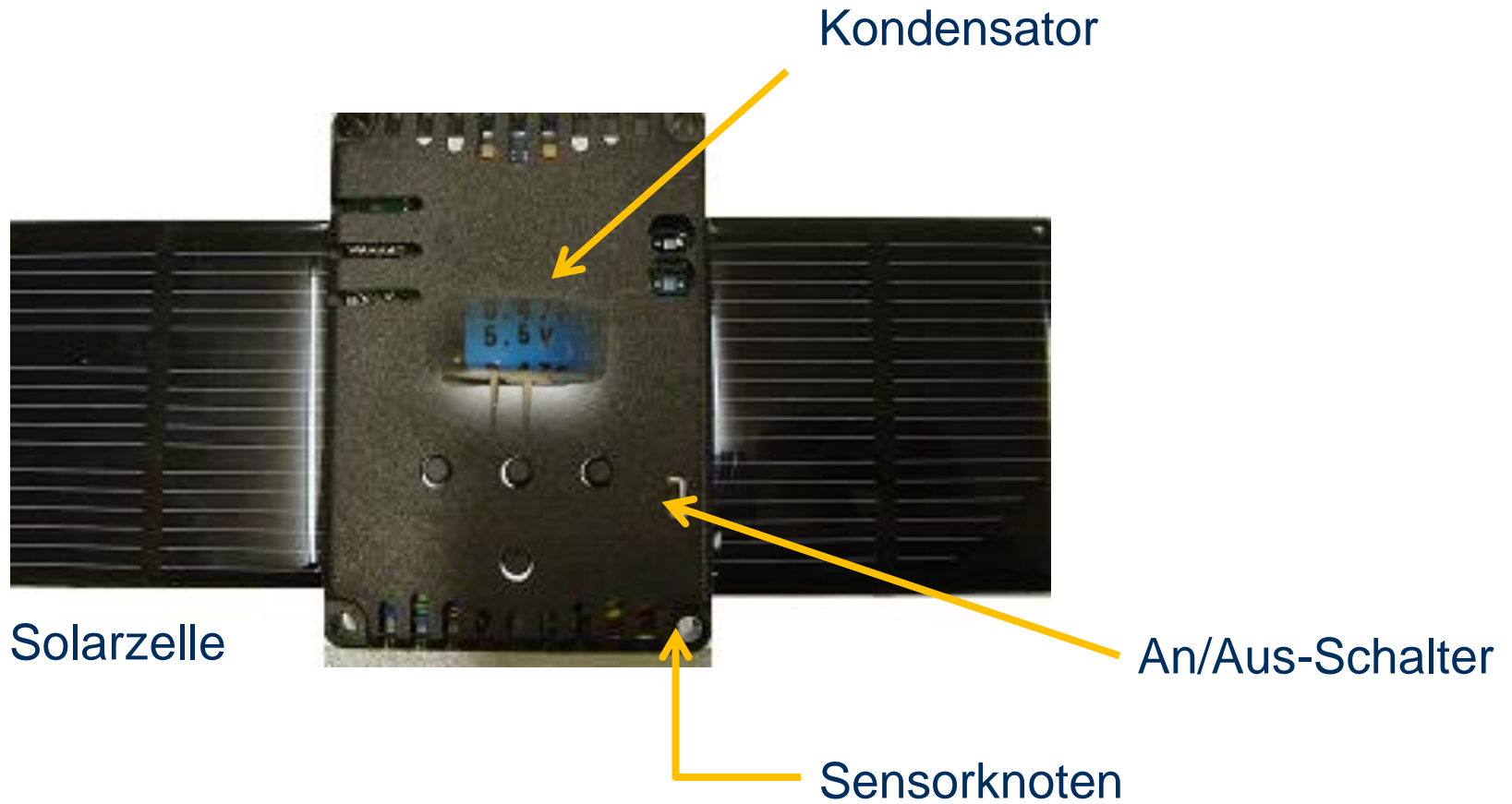
# Beleuchtungsstärke im Büro



# Schaltbild der Wandlereinheit

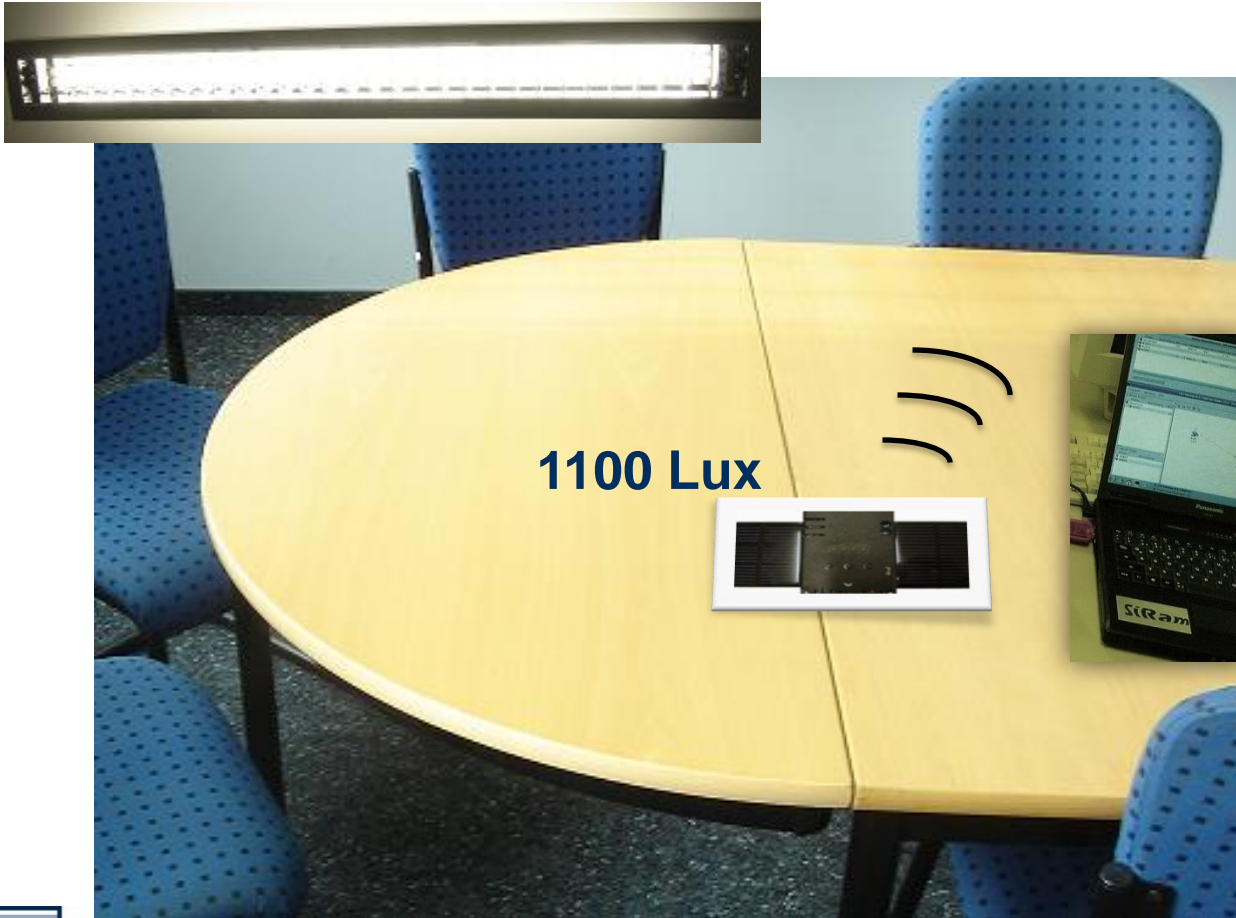


# Aufbau des Wandlermoduls

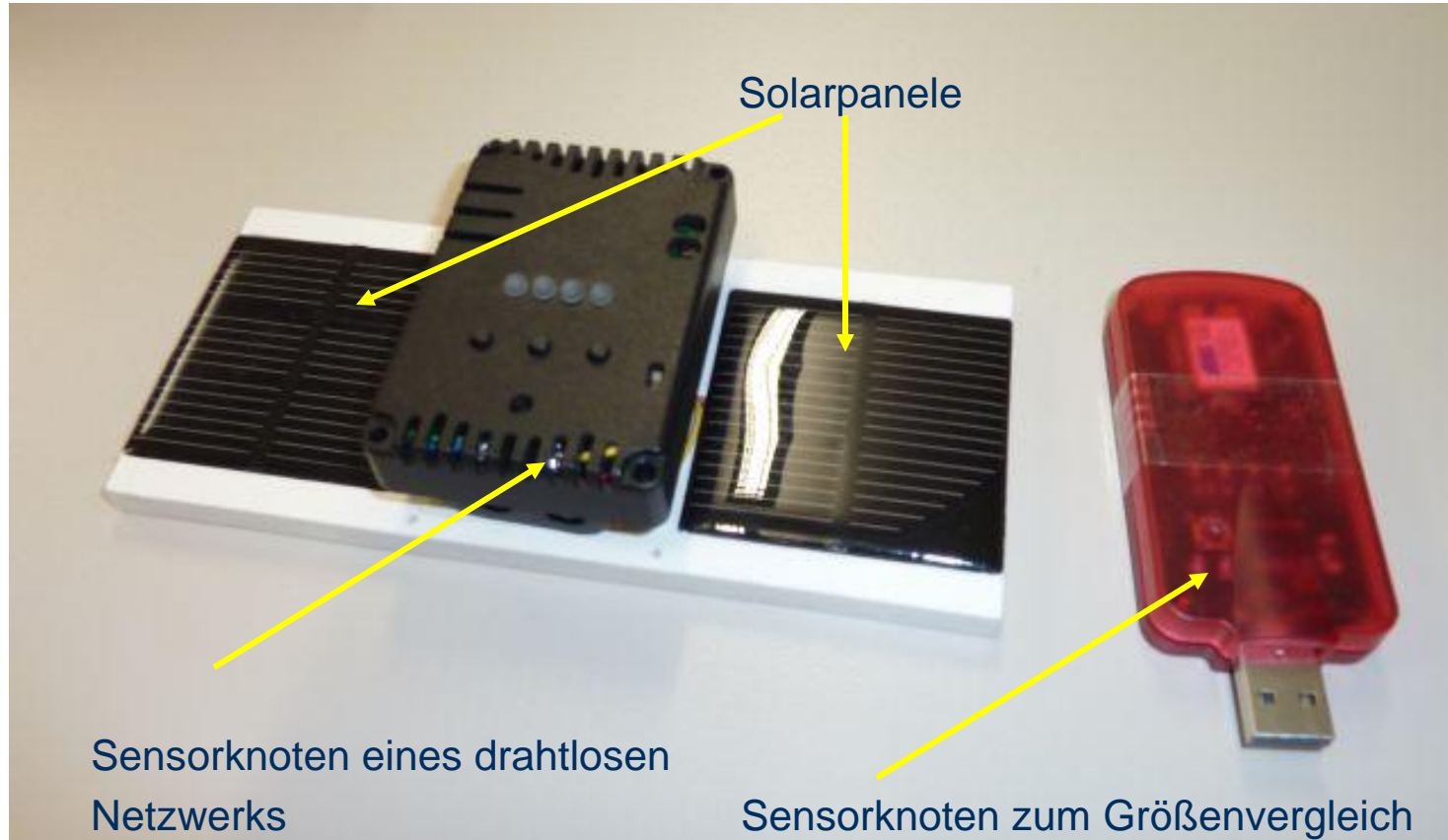


# Betriebsmodus

---



# Energieautarker Betrieb



Modul eines solargespeisten autarken Sensornetzwerkknotts – für Bürobetrieb gestaltet

# Energy Harvesting

---

Fallstudie:

elektromechanischer Konverter für Knoten eines

Drahtlos-Sensornetzwerkes

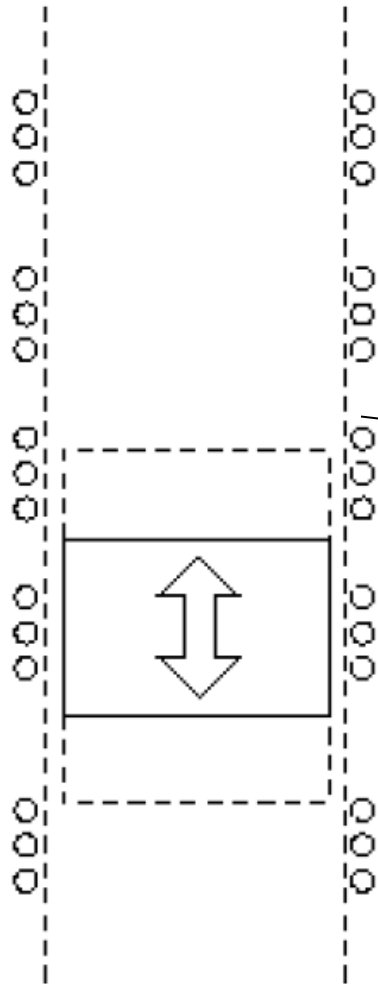
(mathematische Betrachtungen durch ehem. Studenten

Christoph Knoth)

# Simulation: Betrachtung verschiedener Initialpositionen

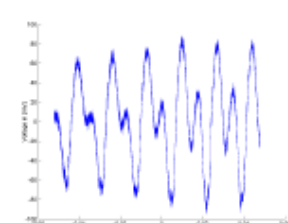
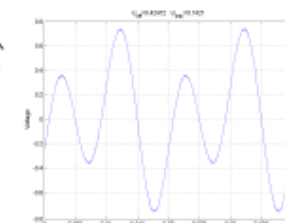
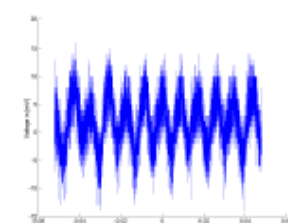
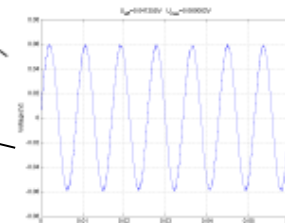
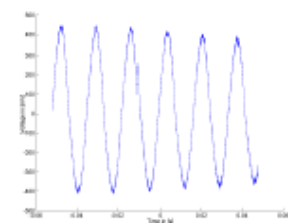
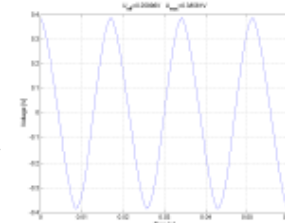
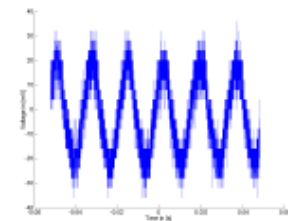
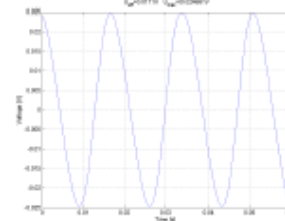
Spule

bewegter  
Magnet



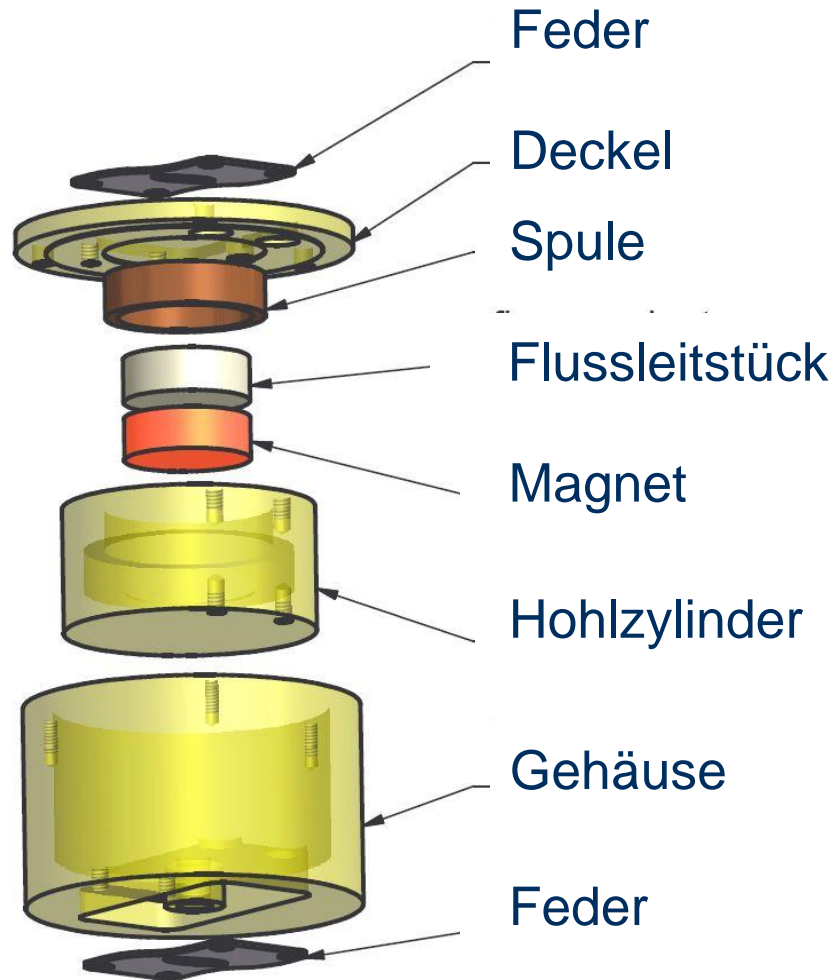
Simulation (MATLAB)

Experiment

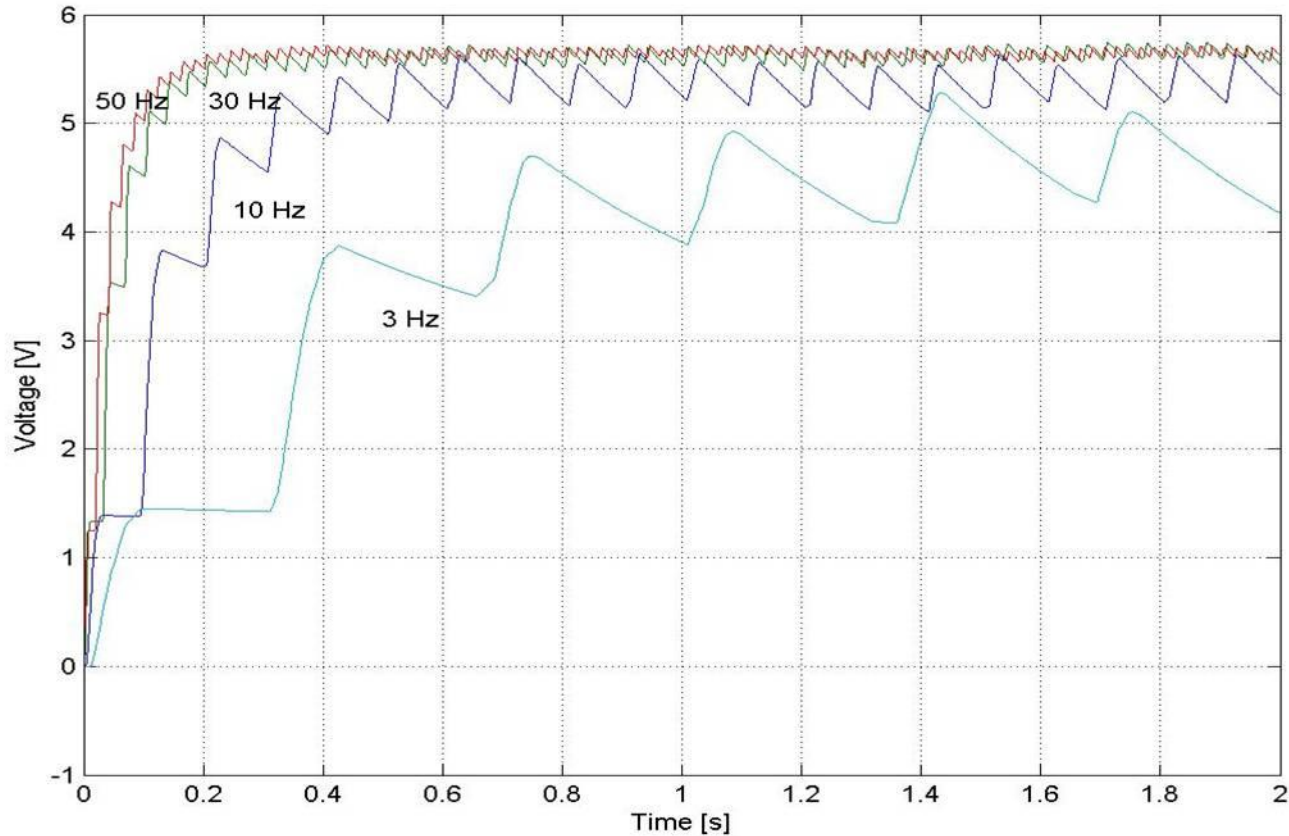


Simulationen der Induktions-Differentialgleichung + Experimente

# Aufbau des elektromagnetischen Energiewandlers



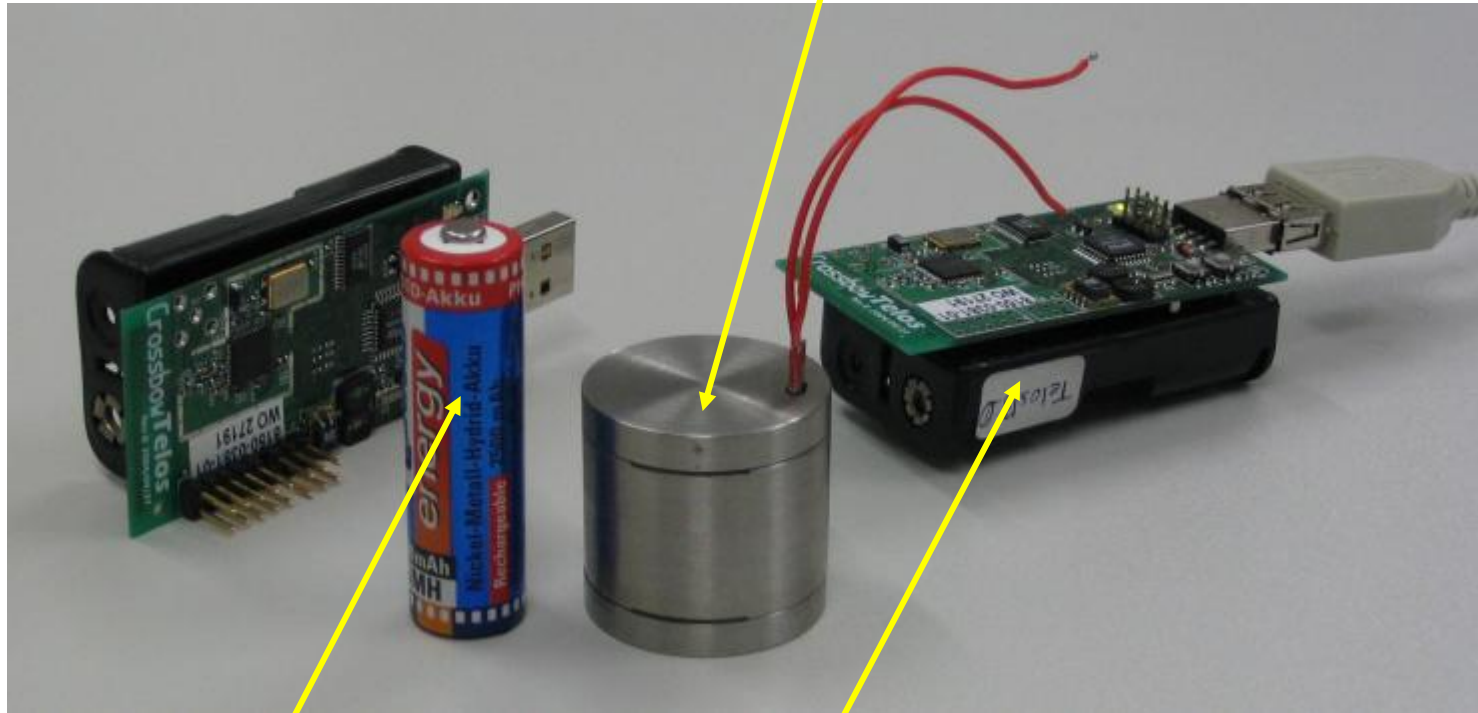
# Simulation der Spannungskonditionierung



Betrieb der Schaltung für verschiedene Frequenzen

# Energieautarker Betrieb

Mechano-Elektrischer Energiewandler



AA-Akku zum Größenvergleich

Sensorknoten eines drahtlosen Netzwerks

energieautark gespeister Sensornetzwerkknottens –  
für industriellen Einsatz gestaltet

# Gliederung

---

- Einleitung / Hintergrund
- Ableitung von Anforderungen
- Energy Harvesting
- Zusammenfassung / Ausblick

## drahtlose Sensornetzwerke

- eröffnen völlig neue Dimensionen in der Messdatenerhebung
- sind ambient einsetzbar
- sind so gestaltbar, dass lange Lebensdauern und ggf. energieautarker Betrieb möglich sind

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

---

IMMS GmbH  
Ehrenbergstraße 27  
98693 Ilmenau

Tel.: +49 3677-69 55 40

Fax.: +49 3677-69 55 15

<http://www.imms.de>

E-Mail: [hannes.toepfer@imms.de](mailto:hannes.toepfer@imms.de)

Teile der hier vorgestellten Arbeiten wurden finanziell durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen BMBF-03WKBD3C unterstützt.