



Energiebewusste Aufgabenplanung für Sensorknoten mit regenerativer Energiequelle auf Basis von Prädiktionen

Florian Meier

Abschlussvortrag zur Bachelorarbeit (IIW)
28. September 2011

Energiebewusste Aufgabenplanung für Sensorknoten mit regenerativer Energiequelle auf Basis von Prädiktionen

Florian Meier

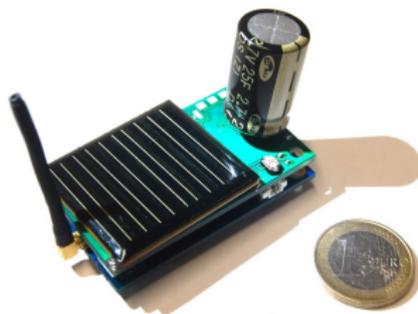
Abschlussvortrag zur Bachelorarbeit (IIW)
28. September 2011



Verhalten von Sensorknoten muss sich an zeitlich und räumlich veränderliche Bedingungen anpassen.

Anforderungen

- Ausfallsicher
- Gleichmäßiger Nutzen über den Tag
- Anwendbar auf die im Institut entwickelte Hardware
 - ◆ Solarzelle
 - ◆ Supercap
- Einfach und vielseitig einsetzbar



Inhalt

- 1 Existierende Verfahren
- 2 Aufgabenplanung mittels Restenergievorhersage
- 3 Auswertung
- 4 Fazit



1



Existierende Verfahren

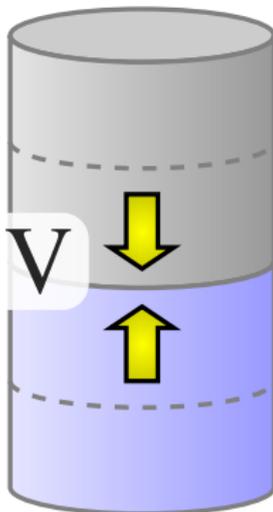
LQ-Tracker

Ziel: Statische Energiereserve halten

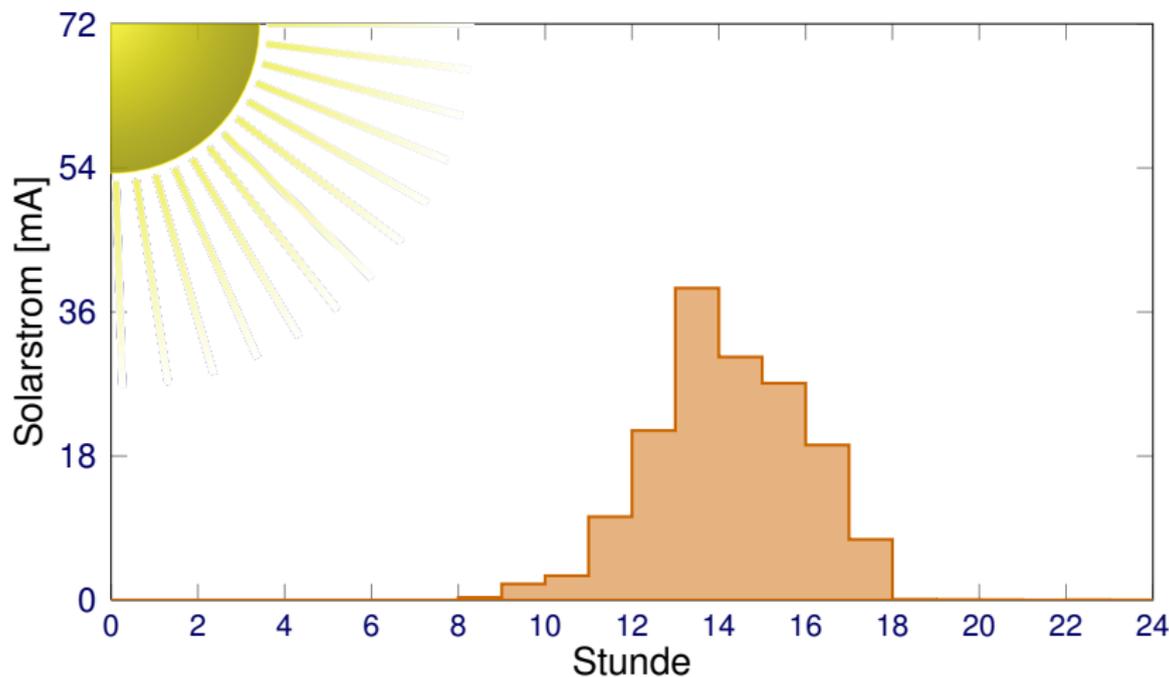
Mittel: Anpassung des Duty-Cycles
mittels Regelungstechnik

Optional: Nachgeschaltete rekursive Glättung

1.8 V



Prädiktionsbasierte Algorithmen

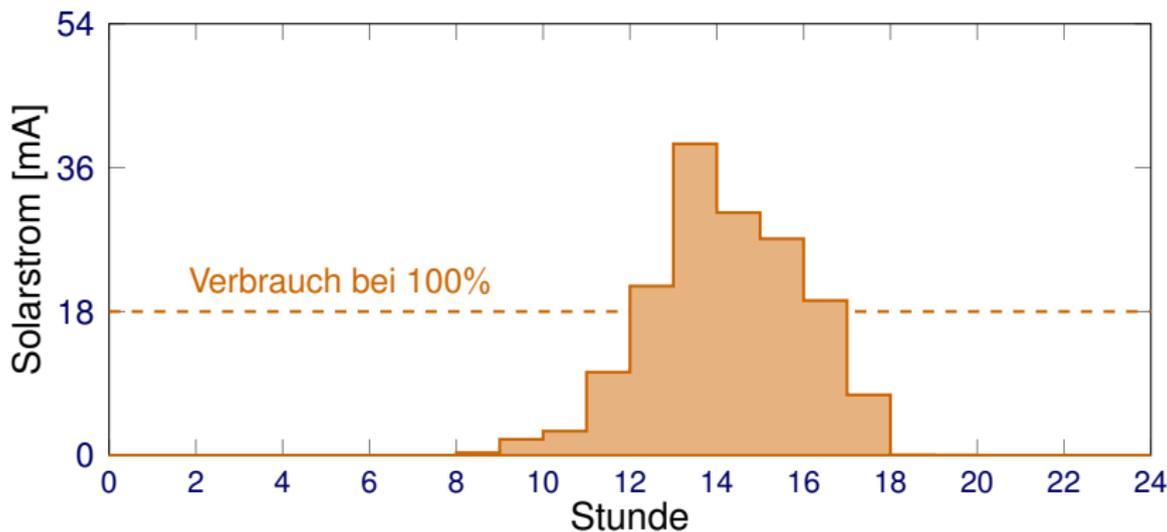


- Kommender Tag wird in Zeitschlitz eingeteilt
- Steuerung durch Vorhersage der Solareinstrahlung

Kansal et al.

Ziel: Maximierung des summierten Duty-Cycles

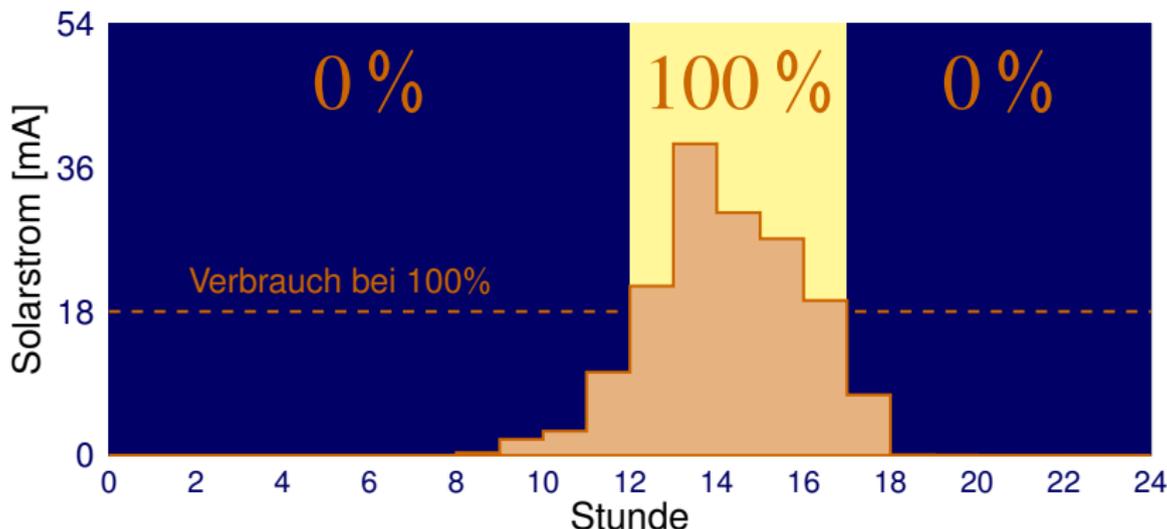
Mittel:



Kansal et al.

Ziel: Maximierung des summierten Duty-Cycles

Mittel:



Anpassen, falls Gesamtverbrauch zu groß oder zu klein.

Moser et al.

Ziel: Anwenderdefinierte Bedingungen optimieren

Mittel: Lösung als lineares Optimierungsproblem

Beispiel:

maximiere λ

Verbrauch \leq Einnahmen

Messrate $\geq \lambda$

Moser et al.

Ziel: Anwenderdefinierte Bedingungen optimieren

Mittel: Lösung als lineares Optimierungsproblem

Beispiel:

$$\text{maximiere } \lambda + 3\mu$$

$$\text{Verbrauch} \leq \text{Einnahmen}$$

$$\text{Messrate Sensor 1} \geq \lambda$$

$$\text{Messrate Sensor 2} \geq \mu$$

Vorhandene Algorithmen

	LQ-Tracker		Kansal et al.	Moser et al.
	ungeglättet	geglättet		
Ausfallsicher	✓	–	✓	✓
Gleichmäßig	–	✓	–	✓
Anwendbar		✓	✓	–
Steuerung		Duty-Cycle	Duty-Cycle	Flexibel
Komplexität		niedrig	niedrig	hoch

Aufgabenplanung mittels Restenergievorhersage

Prinzip

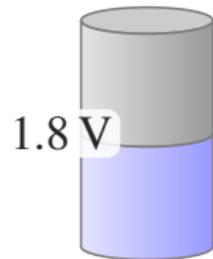
- Vorhersage des zukünftigen Energieverlaufs
- Einflüsse
 - ◆ Momentane Ausgangslage
 - ◆ Vorhergesagter Energiezufluss
 - ◆ Energieverbrauch
- Verlauf wird hinsichtlich Energiekompatibilität bewertet
 - ◆ Ausfallsicherheit
 - ◆ Neutrale Energiebilanz oder voller Energiespeicher

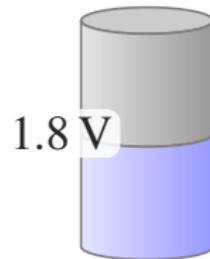
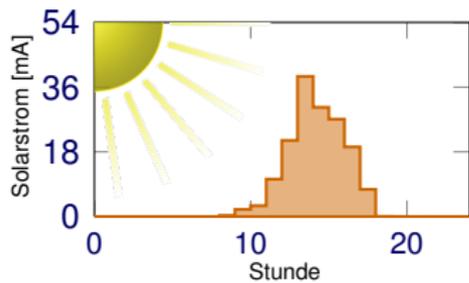
Prinzip

- Vorhersage des zukünftigen Energieverlaufs
- Einflüsse
 - ◆ Momentane Ausgangslage
 - ◆ Vorhergesagter Energiezufluss
 - ◆ **Energieverbrauch**
- Verlauf wird hinsichtlich Energiekompatibilität bewertet
 - ◆ Ausfallsicherheit
 - ◆ Neutrale Energiebilanz oder voller Energiespeicher

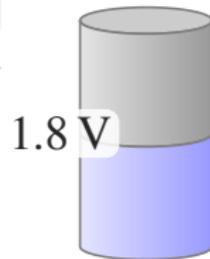
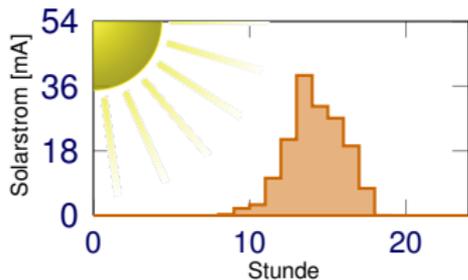
Performance Level

Nutzen	Messrate	Lebenszeichenrate
5	60	0
4	20	0
3	8	6
2	3	12
1	0	12

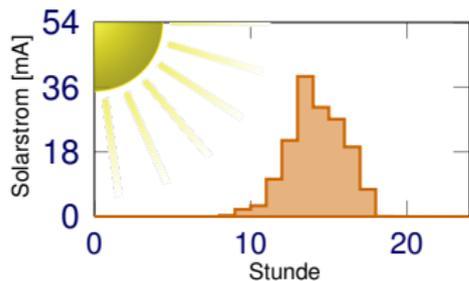




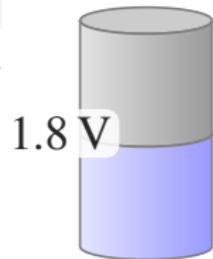
Nutzen	Messrate	Lebenszeichenrate
5	60	0
4	20	0
3	8	6
2	3	12
1	0	12



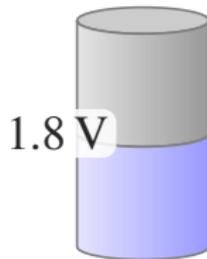
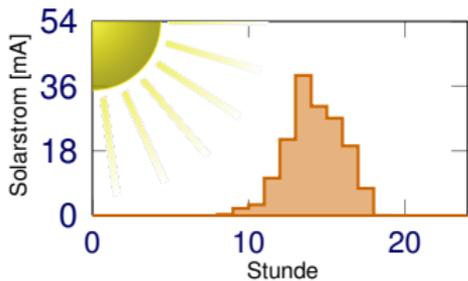
Nutzen	Messrate	Lebenszeichenrate
5	60	0
4	20	0
3	8	6
2	3	12
1	0	12



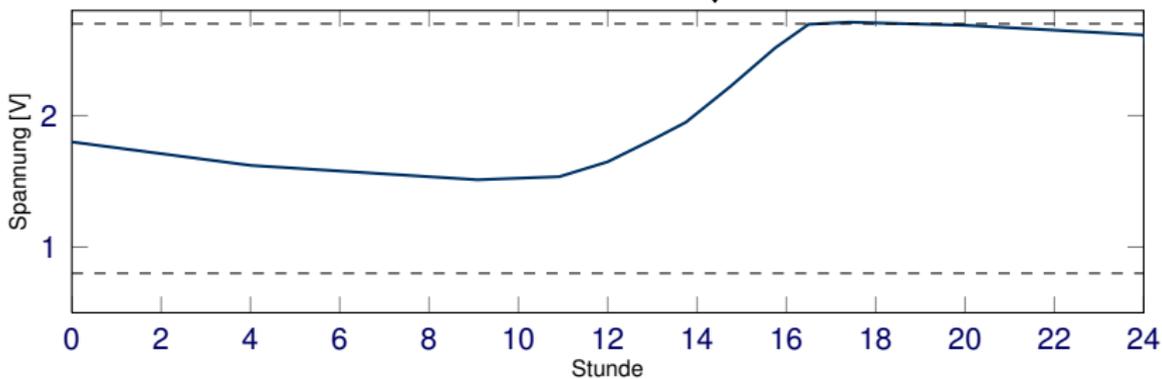
Vorhersage



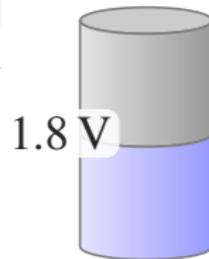
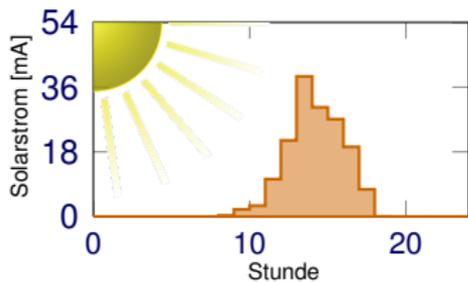
Nutzen	Messrate	Lebenszeichenrate
5	60	0
4	20	0
3	8	6
2	3	12
1	0	12



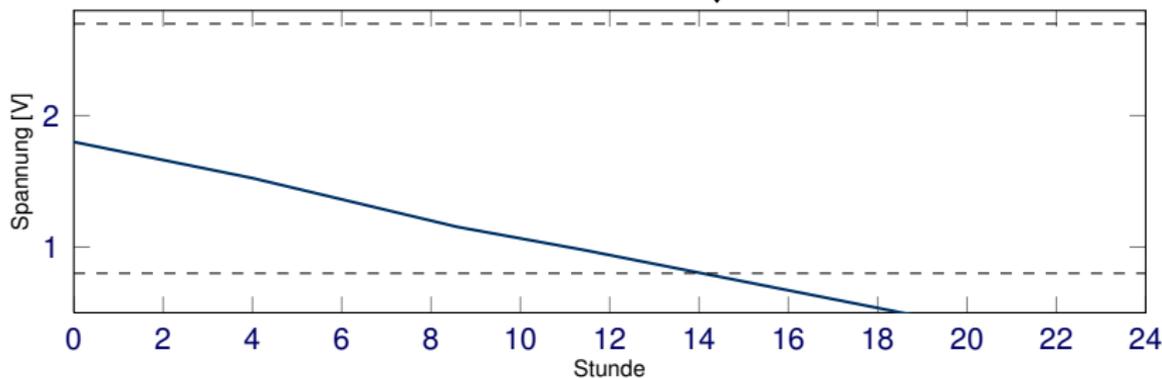
Vorhersage



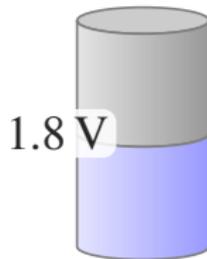
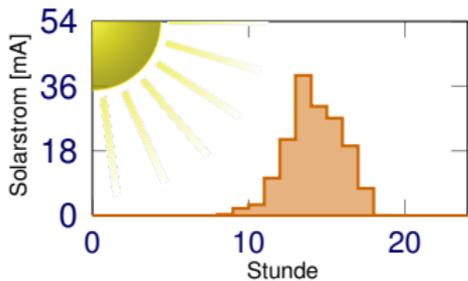
Nutzen	Messrate	Lebenszeichenrate
5	60	0
4	20	0
3	8	6
2	3	12
1	0	12



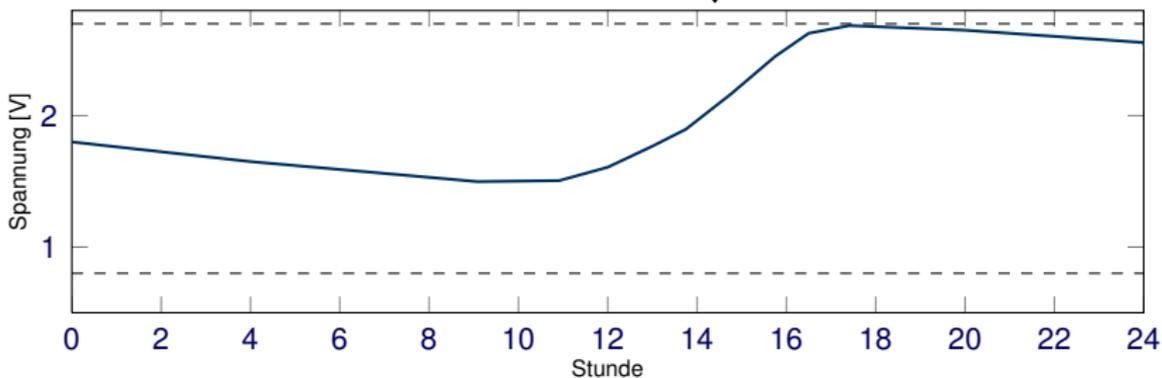
Vorhersage



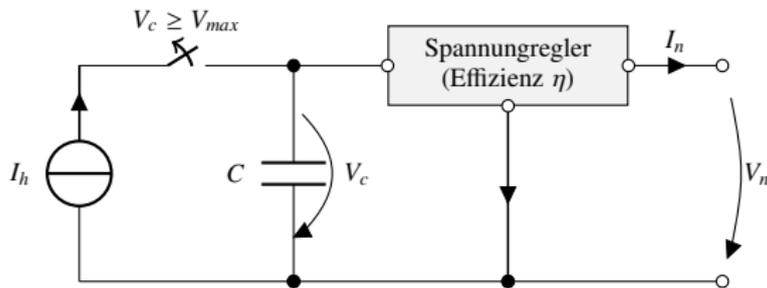
Nutzen	Messrate	Lebenszeichenrate
5	60	0
4	20	0
3	8	6
2	3	12
1	0	12



Vorhersage



Systemmodell



$$\frac{dV_c(t)}{dt} = \frac{1}{C} \cdot \left(I_h(t) - \frac{I_n(t) \cdot V_n}{\eta \cdot V_c(t)} \right)$$

Implementierung

- Programmiert für TinyOS
- Integration vorhandener Komponenten zu einem Gesamtsystem (Vorhersage, Energiemessungen...)
- Simulation mit tossim
- Getestet auf realer Hardware
- Steuerung durch anwenderspezifizierte Performance Level

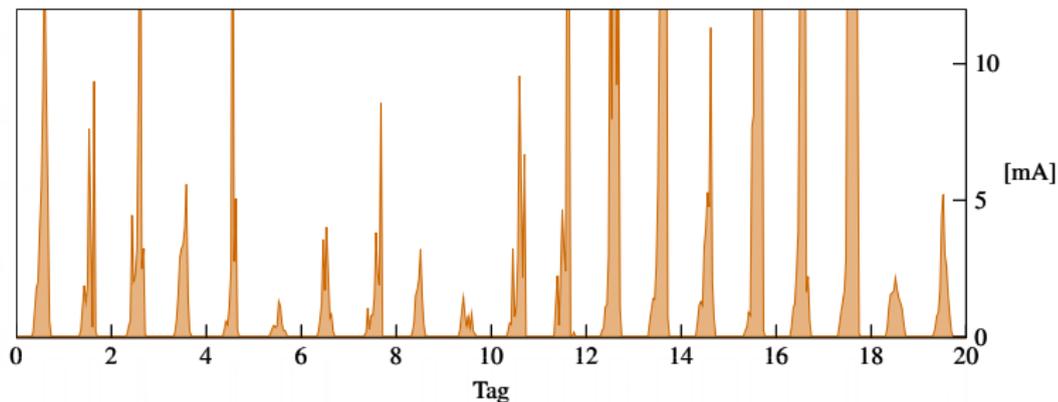


Auswertung

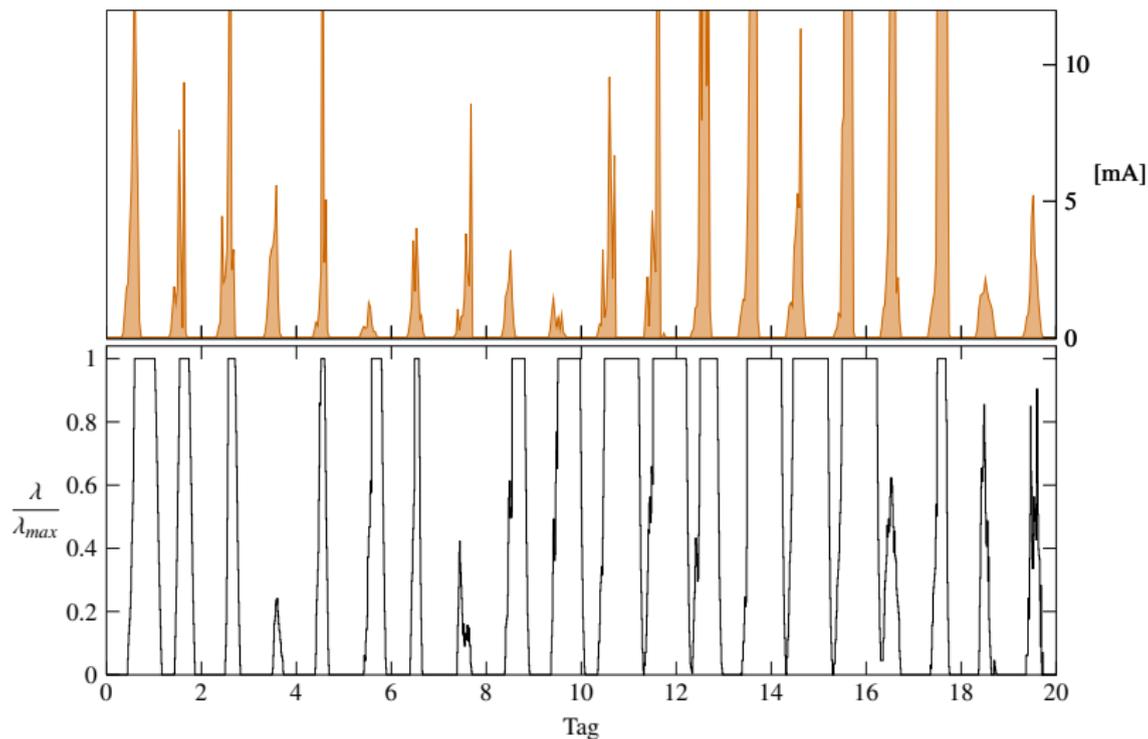
Auswertung

- Vergleich von LQ-Tracker mit eigenem Verfahren
- Simuliert mit linear ansteigenden Performance Levels
 - ◆ Niedrigstes Level mit Messraten im Minutenbereich
⇒ $12.8 \mu\text{W}$
 - ◆ Höchstes Level mit mehreren Messungen pro Sekunde
⇒ $4800 \mu\text{W}$
- LQ-Tracker: Linearer Nutzen approximiert durch 200 Levels
- Restenergiebasiert: Diskreter Nutzen mit 20 Levels

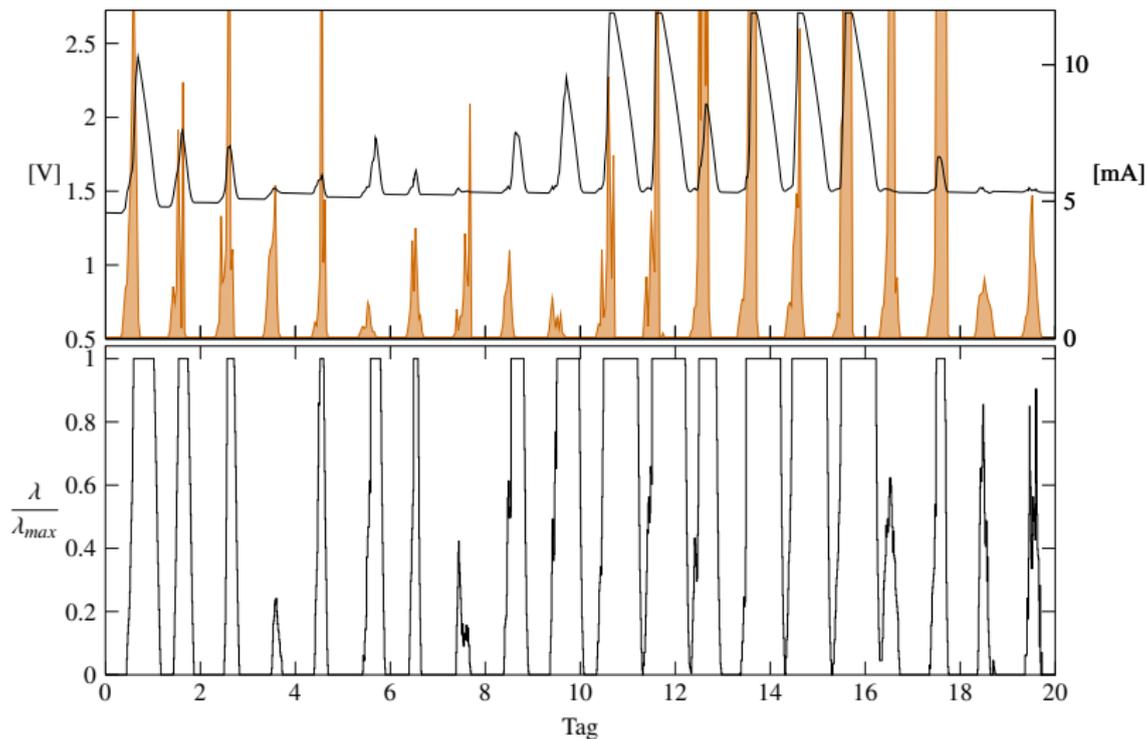
LQ-Tracker ohne Glättung



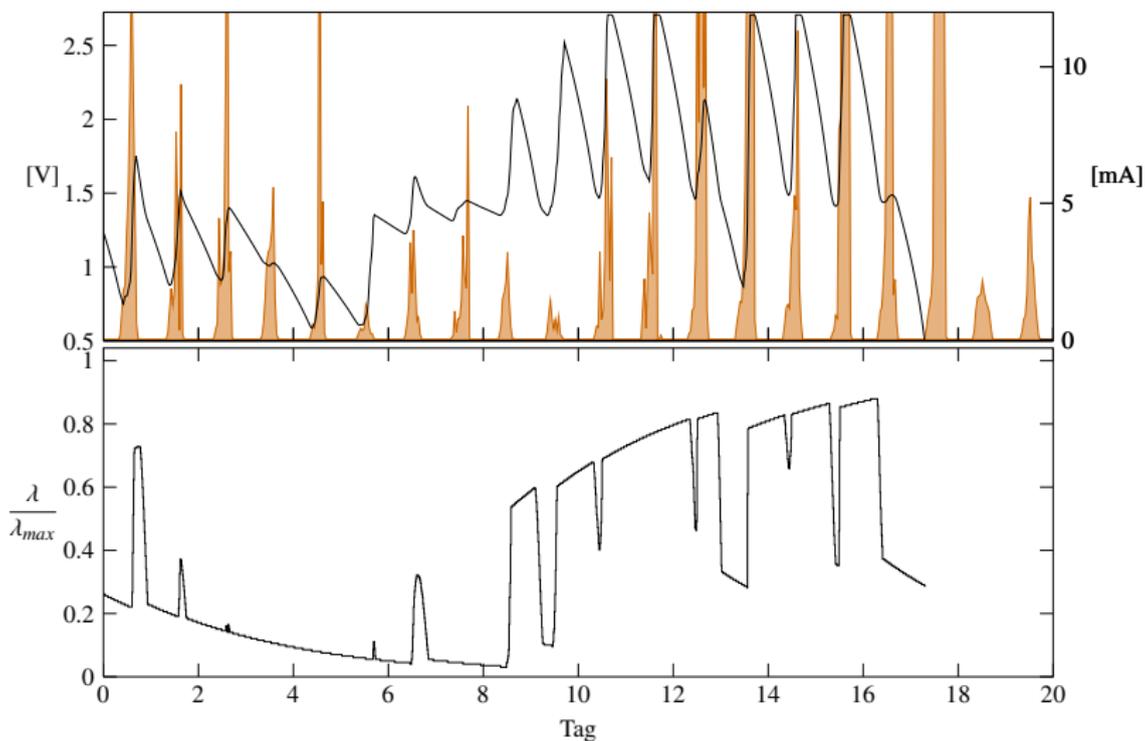
LQ-Tracker ohne Glättung



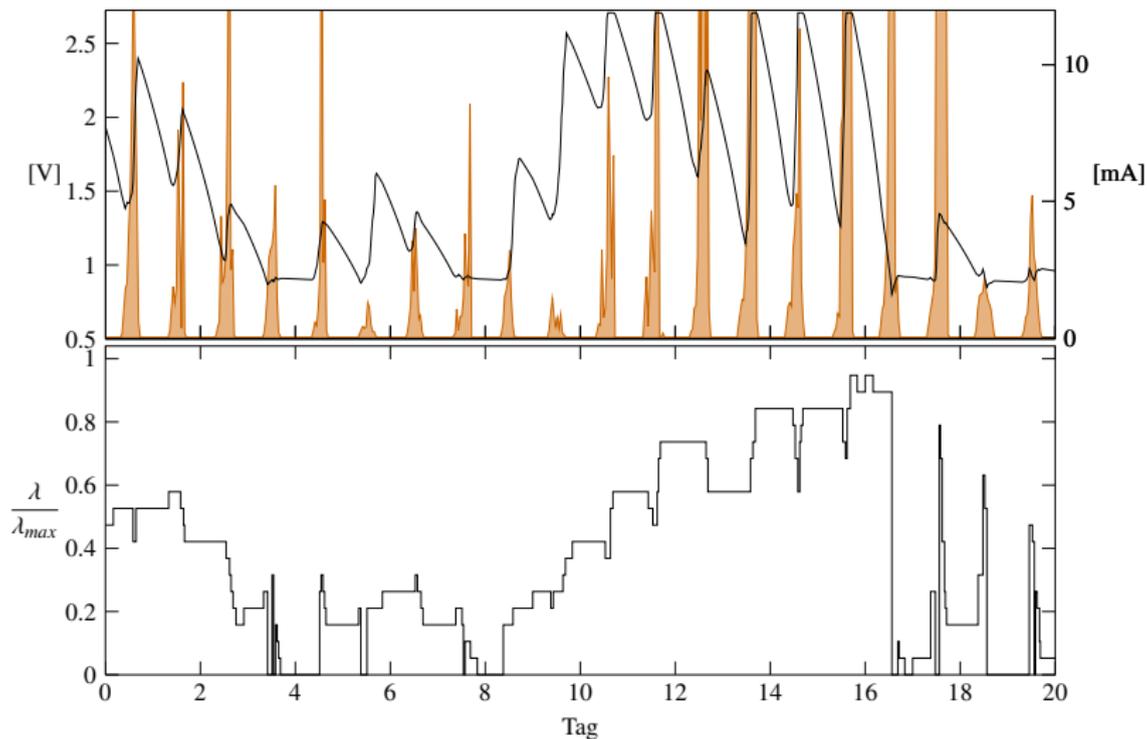
LQ-Tracker ohne Glättung



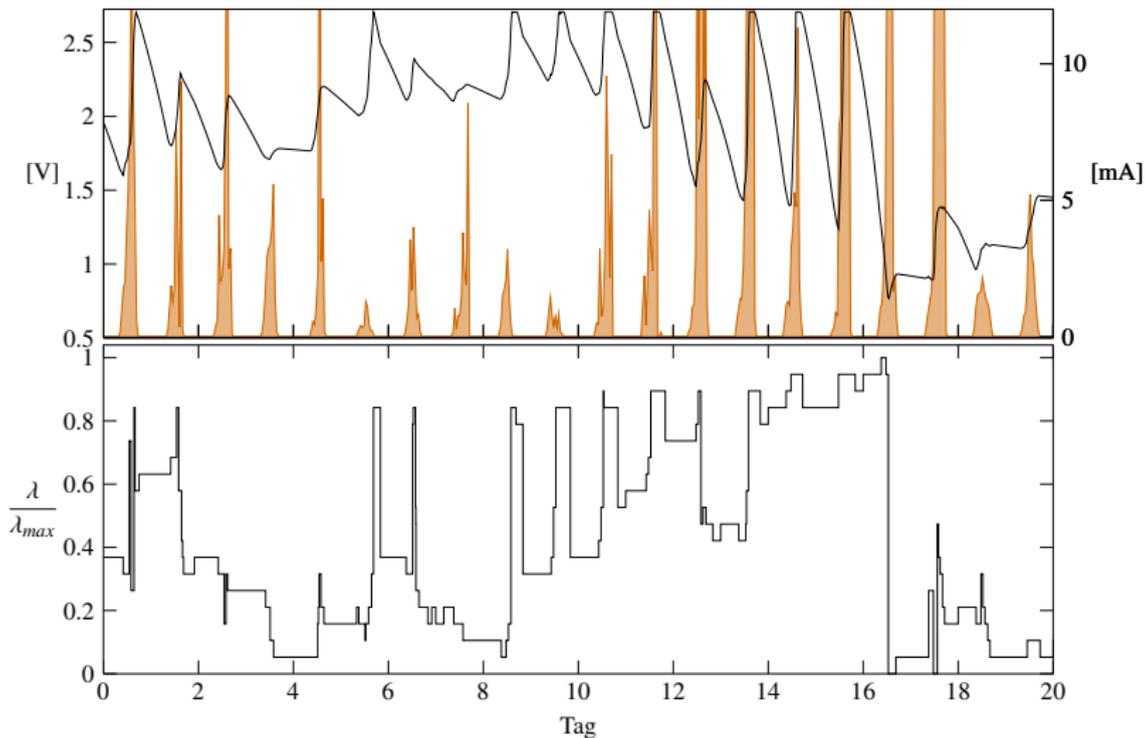
LQ-Tracker mit Glättung



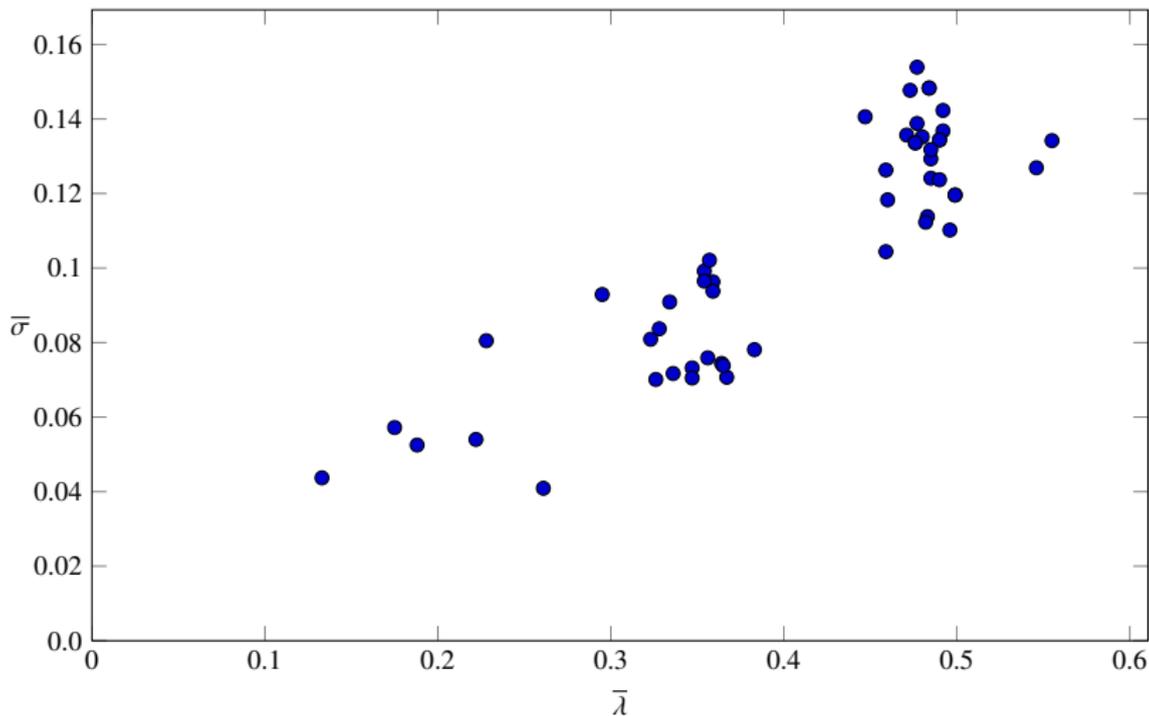
Neutrale Energiebilanz



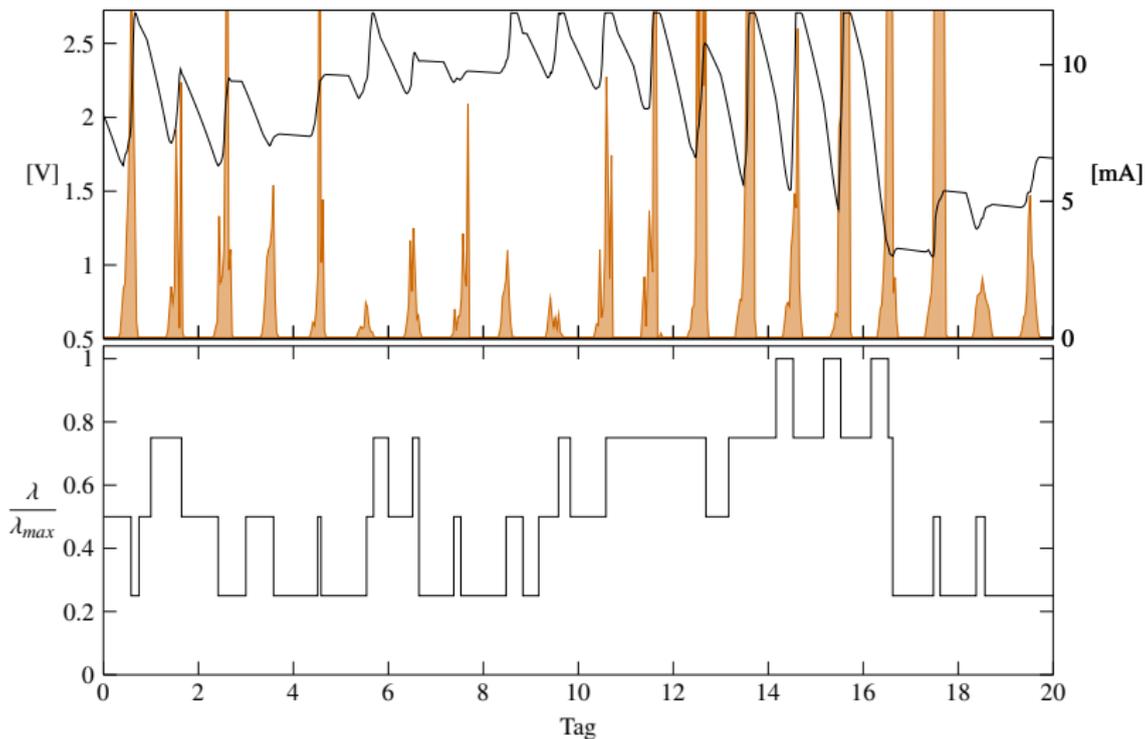
Vollen Energiespeicher erreichen



Analyse: Gleichmäßiger Nutzen



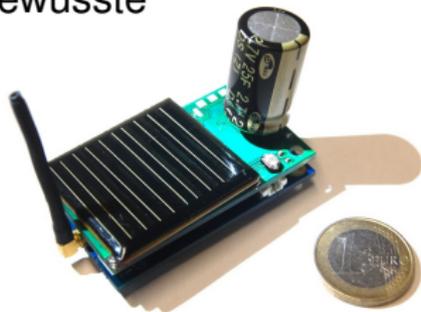
5 Performance Level



Fazit

Zusammenfassung

- Analyse der Anforderungen für energiebewusste Sensorknoten
- Untersuchung vorhandener Verfahren
- Entwicklung von einem eigenen vorhersagebasierten Algorithmus
- Implementierung in TinyOS
- Auswertung zeigt Eignung vom System



Ausblick

- Optimierung vom Algorithmus
 - ◆ Verbesserte Solarprädiktion
 - ◆ Verbesserung der Gleichmässigkeit
 - ▶ Neuberechnung nur falls Vorhersage stark abweicht
- Längerfristiger Test eines realen Systems
- Erweiterung auf Multi-Hop Netzwerke



Energiebewusste Aufgabenplanung für Sensorknoten mit regenerativer Energiequelle auf Basis von Prädiktionen

Florian Meier

Abschlussvortrag zur Bachelorarbeit (IIW)
28. September 2011

