Mehrskalige Modellbildung und Simulation eines Power2Heat Systems

Yu Liu - Andreas F. Raab - Peter Teske - Kai Strunz
eMail: yu.liu.1@campus.tu-berlin.de, andreas.raab@tu-berlin.de, kai.strunz@tu-berlin.de

Forschungscampus Mobility 2 Grid Lab Reality
EUREF
Conference | 12 April 2018 | Berlin

Kurzfassung

Ausgleichsvorgänge integrierter Power2Heat Systeme, bestehend aus elektrischen und thermischen Energieanlagen, weisen unterschiedliche Zeitskalen auf. Um deren Untersuchung in Simulationen unter möglichst geringen Rechenaufwand zu ermöglichen, wurde eine Methode für eine mehrskaligen Modellbildung entwickelt. Hierbei werden thermische Größen durch elektrische Größen substituiert und Teilsystemmodelle einzelner Energieanlagen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Zeitskalen entwickelt. Die Modelle werden in verschiedenen Simulationen evaluiert und stehen für Software-in-the-Loop Versuche zur Verfügung.

I. Power2Heat System

Die Topologie des untersuchten Power2Heat Systems ist in **Abb. 1** schematisch dargestellt.

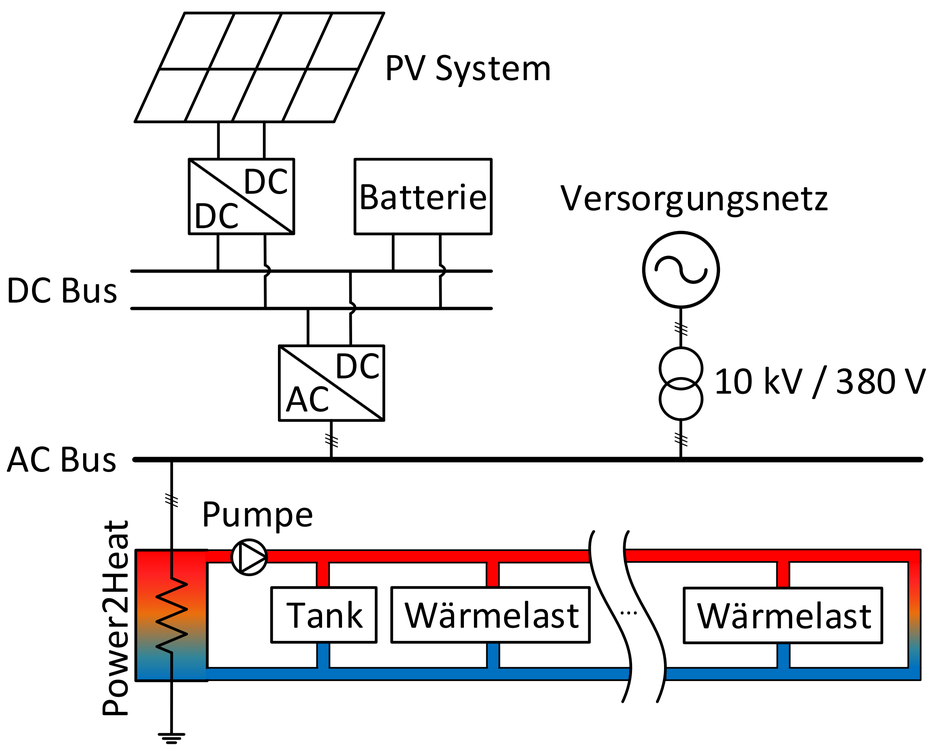


Abb. 1 Topologie eines Power2Heat Systems.

II. Mehrskalige Modellbildung

Einzelne Power2Heat Systeme (z.B. Tank, Wechselrichter, usw.) werden als Teilsysteme modelliert. Hierfür wurden unterschiedliche Teilsystemmodelle (**Tabelle 1**) in Abhängigkeit der Zeitskalen entwickelt.

Tabelle 1: Einteilung der Modelle in Abhängigkeit von Zeitskalen.

Modell	**Detailliert**	**Gemittelt**	**Feedforward**
Zeitskalen	µs – s	min – Stunden	Tage – Jahre
Zeitschrittweite	klein	mittel	groß

Ein Austausch der Teilsystemmodelle wird innerhalb der mehrskaligen Modellbildung (**Abb. 2**) durch ein einheitlichen Interface umgesetzt. Die Modelle werden in einem EMTP-Simulator (*Electromagnetic Transients Program)* integriert.

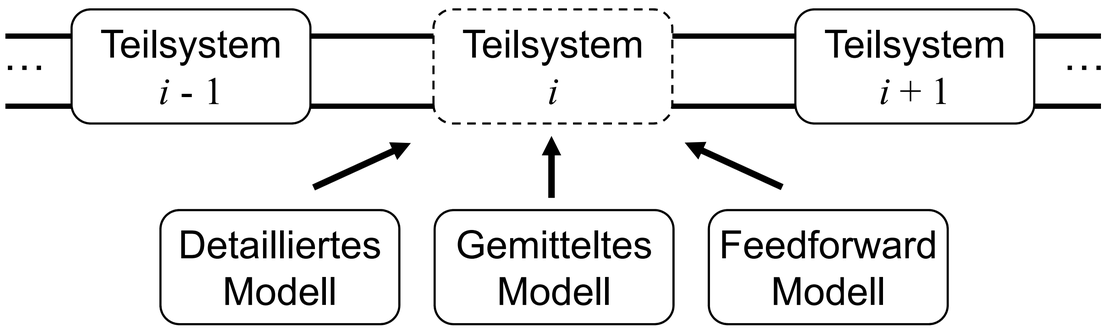


Abb. 2 Modularisierung von Teilsystemen.

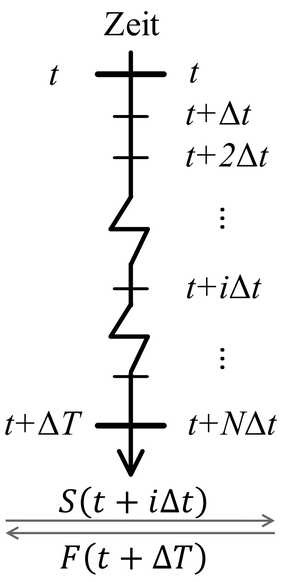
III. Multi-rate Simulationsalgorithmus

Der entwickelte Algorithmus (**Abb. 3**) erlaubt gleichzeitige Simulation der Teilsystemmodelle mit verschiedenen Zeitschrittweiten.

Teilsystemmodell $S(t)$ für langsamere Ausgleichsvorgänge werden nach größerem Schritt ΔT gerechnet.

$S(t+i\Delta t)$ wird durch Interpolation erhalten:

$$S(t+i\Delta t) = S(t) + \frac{i}{N}\left(S(t) - S(t-\Delta T)\right)$$



Teilsystemmodell $F(t)$ für schnellere Ausgleichsvorgänge wird nach kleinerem Schritt Δt gerechnet.

Mit $S(t+i\Delta t)$ kann $F(t+i\Delta t)$ gerechnet werden.

Abb. 3 Zeitsynchronisation Multi-rate Simulationsalgorithmus.

Die Veränderung der Schrittweiten beeinflusst die Anzahl der Rechenoperationen, z.B. größerer Schrittweite reduzieren die Anzahl der Rechenschritte und somit den Rechenaufwand.

IV. Simulationsergebnisse

In Simulationen wurden verschiedene Kombinationen von elektrischen und thermischen Ausgleichsvorgängen an einem Power2Heat Modell untersucht. Die Simulationsergebnisse der unterschiedlichen Szenarien sind in **Abb. 4** dargestellt.

Szenario 1:
elektrischer stationärer Zustand (Feedforward) mit thermischen Ausgleichsvorgängen (Detailliert)

Szenario 2:
elektrische und thermische Ausgleichsvorgänge (Detailliert)

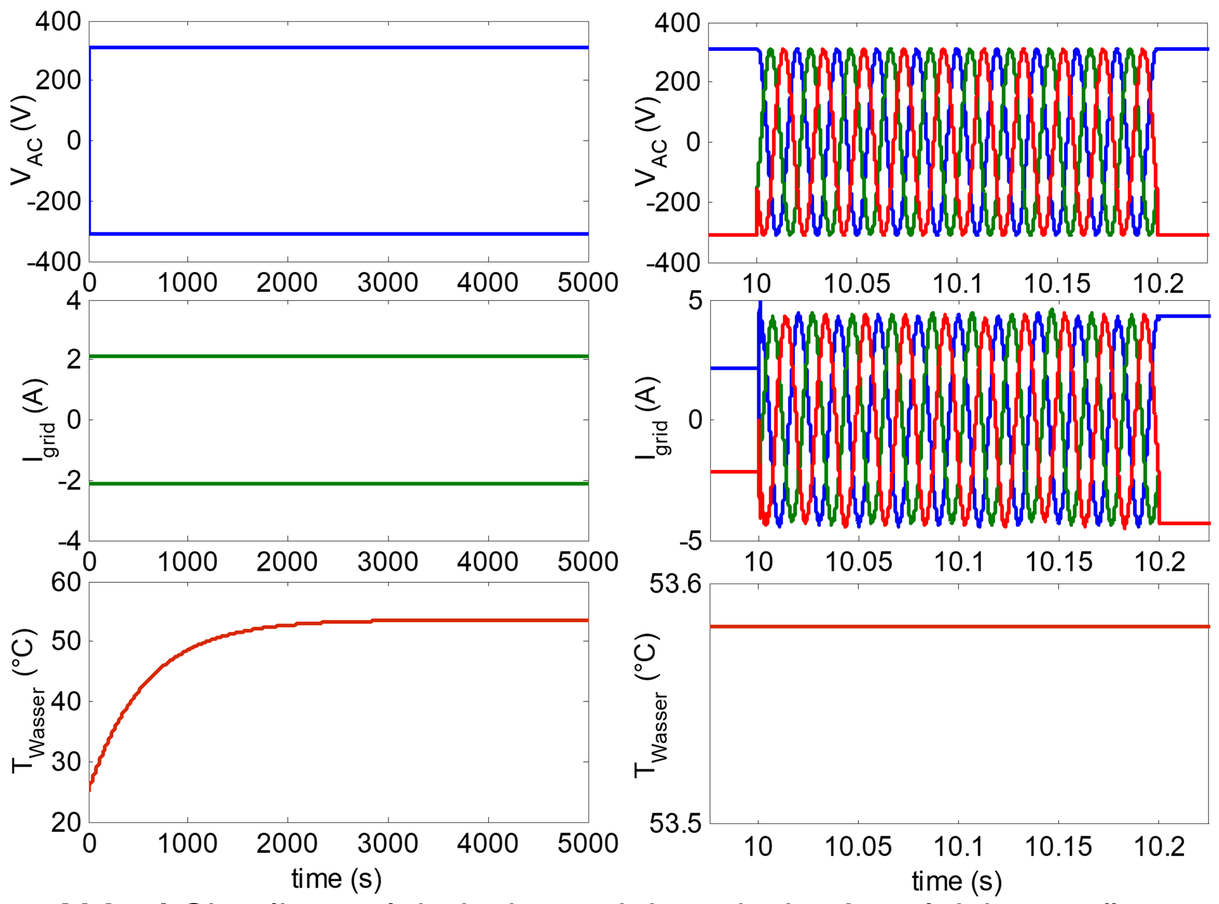


Abb. 4 Simulierte elektrische und thermische Ausgleichsvorgänge.

V. Zusammenfassung

Eine mehrskalige Modellbildung für Power2Heat Systeme wurde vorgestellt und in einem EMTP-Simulator integriert. Die entwickelte Methode ermöglicht die Untersuchung von Ausgleichsvorgängen in elektrischen und thermischen Netzen in unterschiedliche Zeitskalen unter gleichzeitiger Reduktion des Rechenaufwandes.

SPONSORED BY THE
Federal Ministry of Education and Research
RESEARCH CAMPUS
Public-Private Partnership for Innovation