

Parametrisierung einer Ersatzschaltung für Li-Ionenzellen durch elektrochemisch-kalorimetrische Messungen und Implementierung in der Entwurfsplattform COSIDE

B. Lei¹, A. Melcher¹, M. Rohde¹, C. Ziebert¹, H.J. Seifert¹, M. Gulbins², J. Haase²

¹ Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Angewandte Materialien - Angewandte Werkstoffphysik

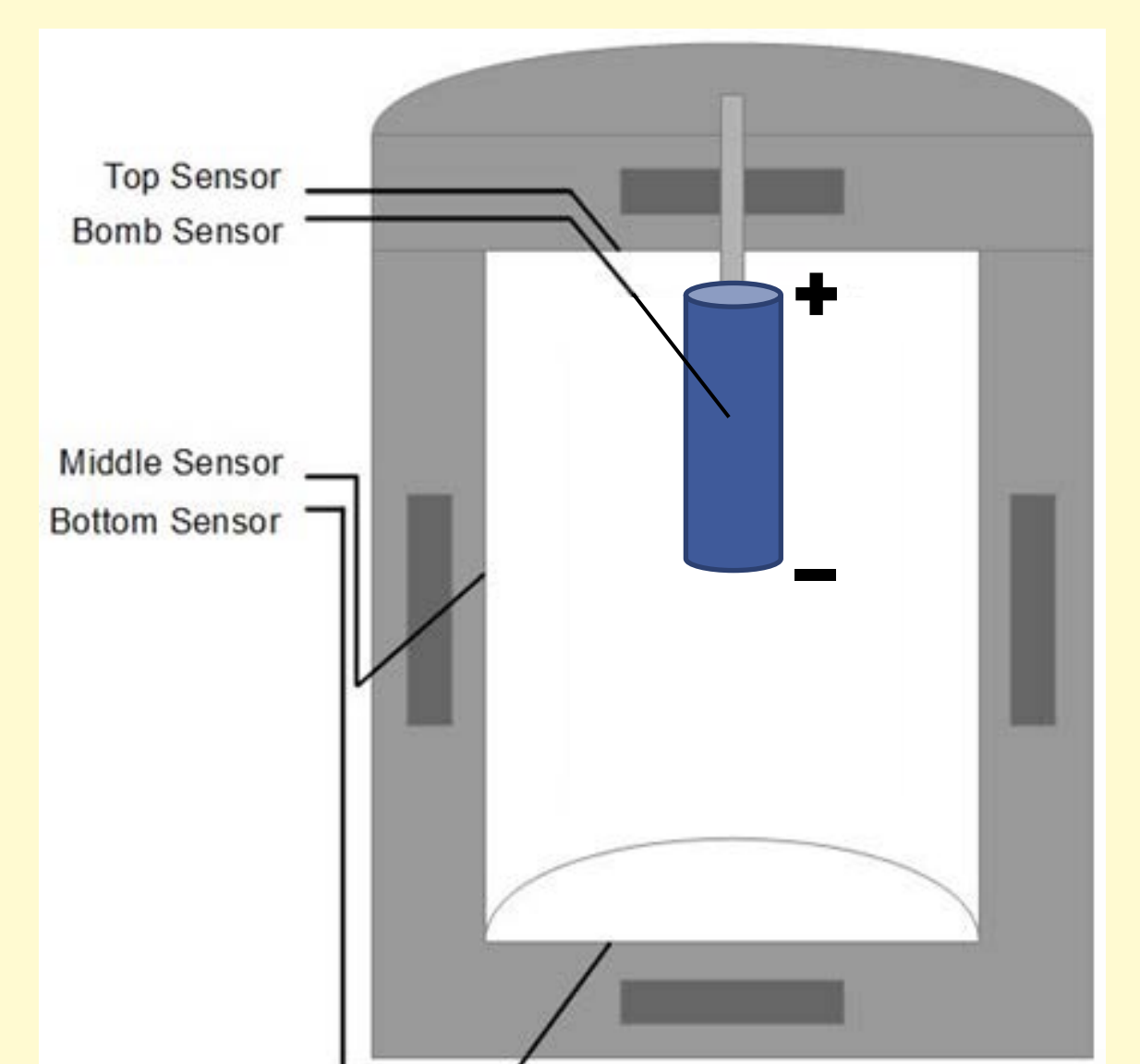
² Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Institutsteil EAS

Einführung und Motivation

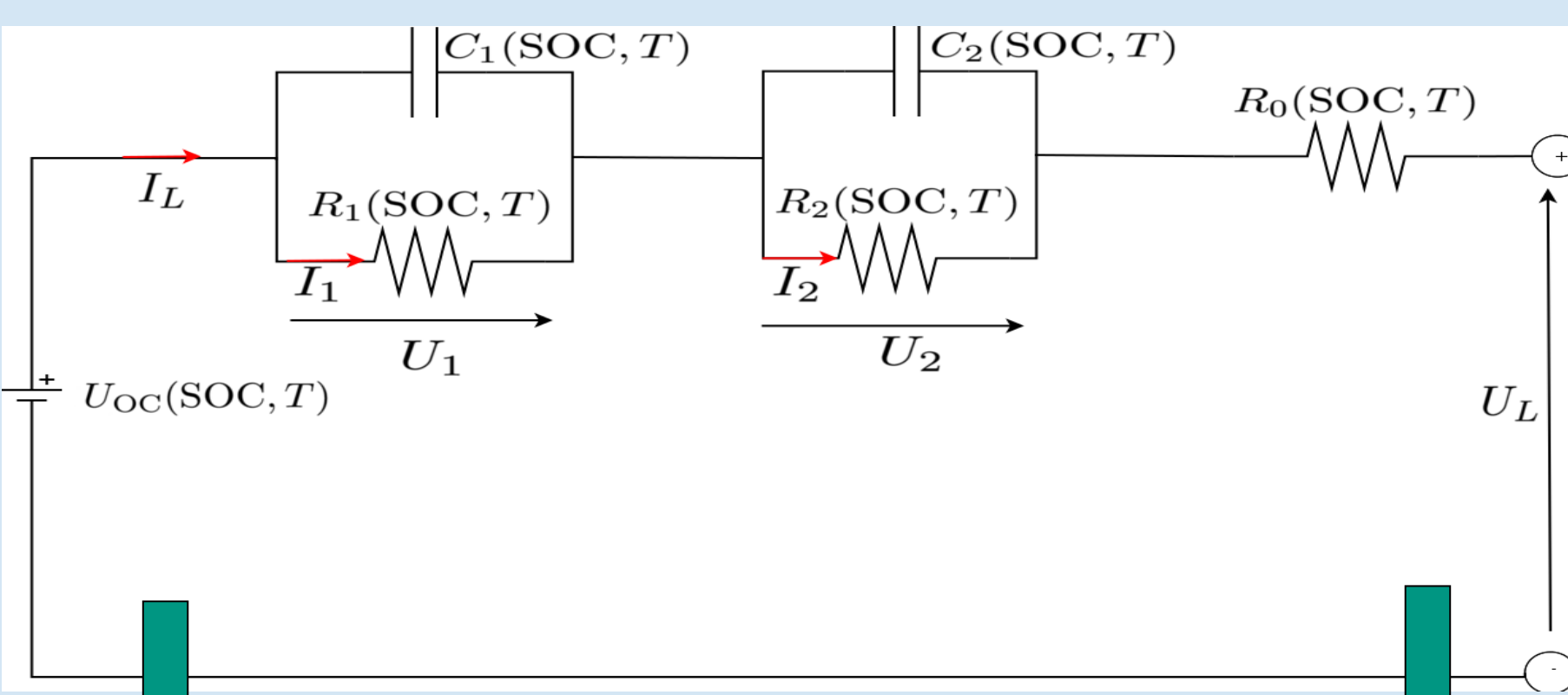
Ein Hauptziel im Projekt IKEBA ist es, die Reserven der in aktuellen Elektrofahrzeugen eingesetzten Lithium-Ionen-Batterien besser auszunutzen, um deren Reichweite zu erhöhen.

Ein wichtiger Aspekt ist dabei eine schnellere und genauere Modellierung der Li-Ionenzellen, die in das Batteriemanagementsystem (BMS) implementiert werden kann. Schwerpunkt der hier gezeigten Arbeiten ist die Spezifikation des Zellmodells und die Parametrisierung durch elektrochemisch-kalorimetrische Messungen.

Messungen im Batteriekalorimeter



Elektrisches Ersatzschaltbild



Mathematisches Differentialgleichungsmodell:

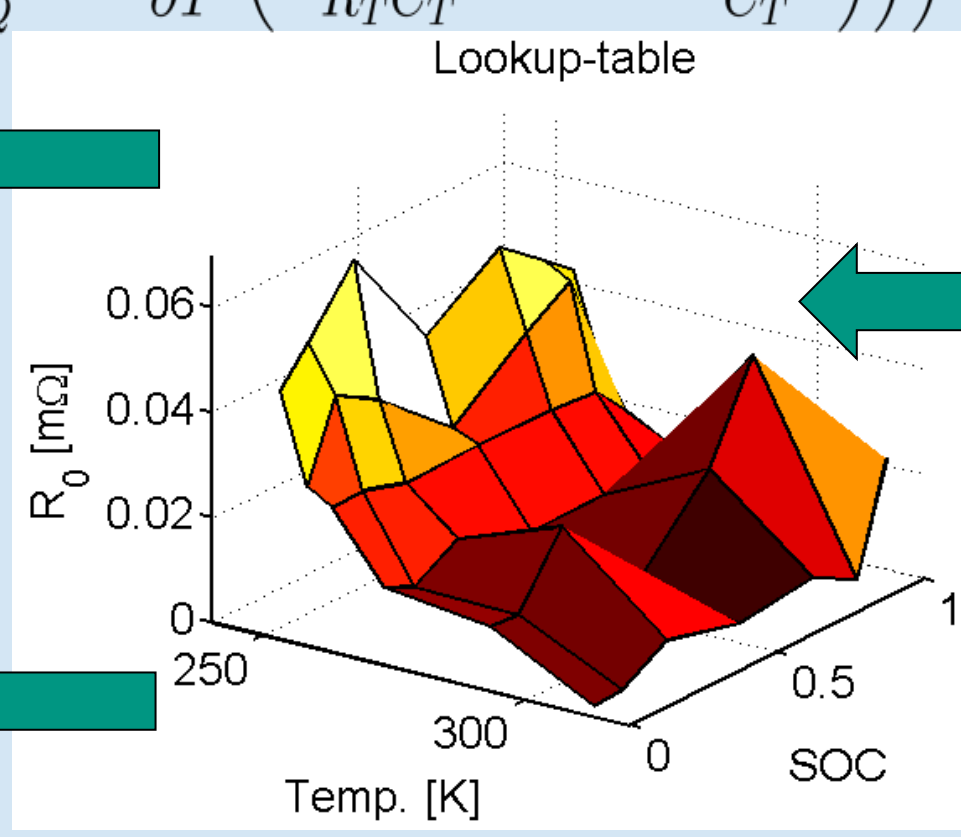
$$\frac{dU_i}{dt} = \left(-\frac{1}{R_i C_i} + \frac{1}{R_i} \left(\frac{\partial C_i}{\partial SOC} \frac{1}{C_Q} I_L + \frac{\partial C_i}{\partial T} \left(-\frac{1}{R_T C_T} (T - T_a) + \frac{1}{C_T} Q \right) \right) \right) U_i + \frac{1}{C_i} I_L, i = 1, \dots, n$$

$$\dot{T} = -\frac{1}{R_T C_T} (T - T_a) + \frac{1}{C_T} Q$$

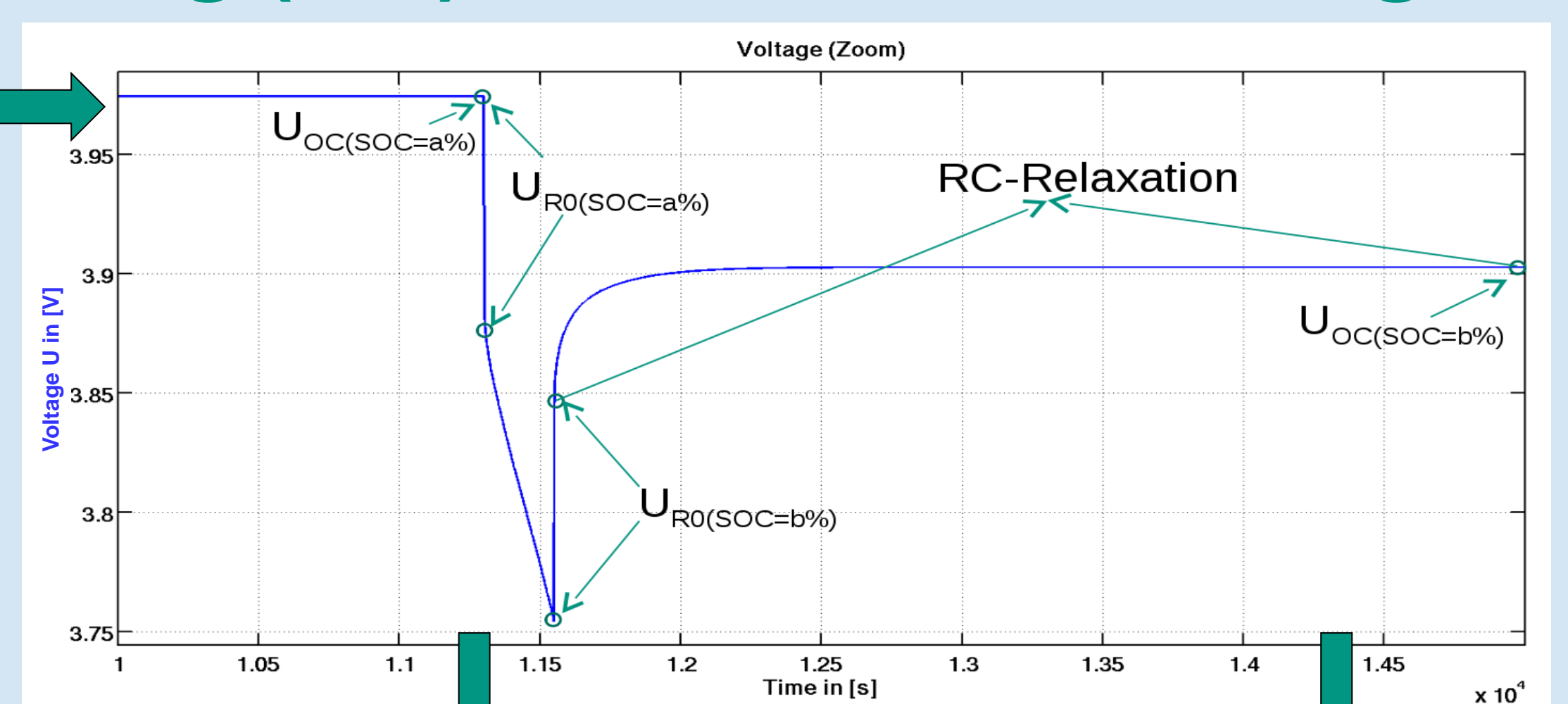
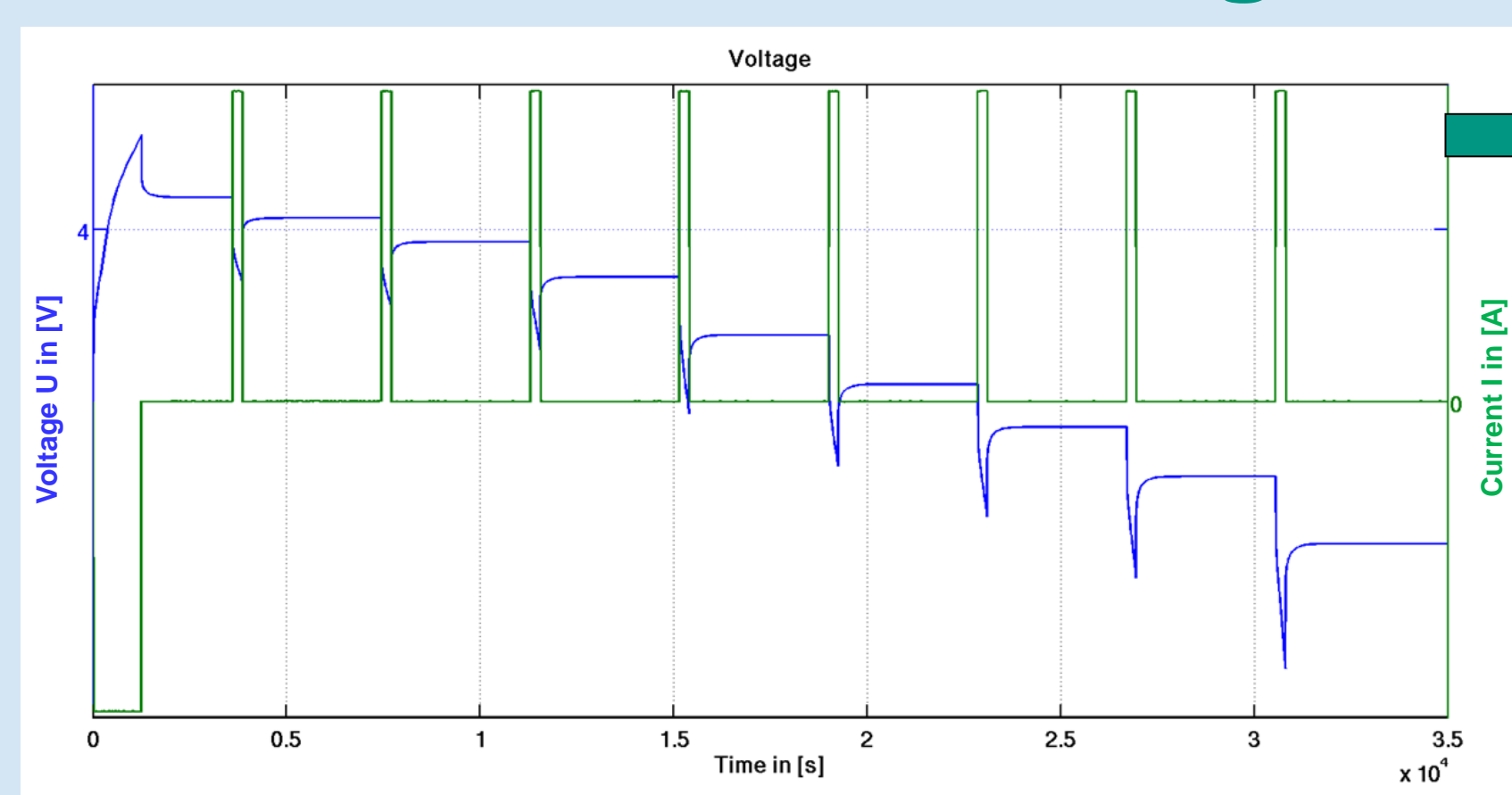
$$\dot{SOC} = -\frac{1}{C_Q} I_L$$

Batteriespannung:

$$U_L = U_{OC} - I_L R_0 + \sum_{i=1}^n U_i$$

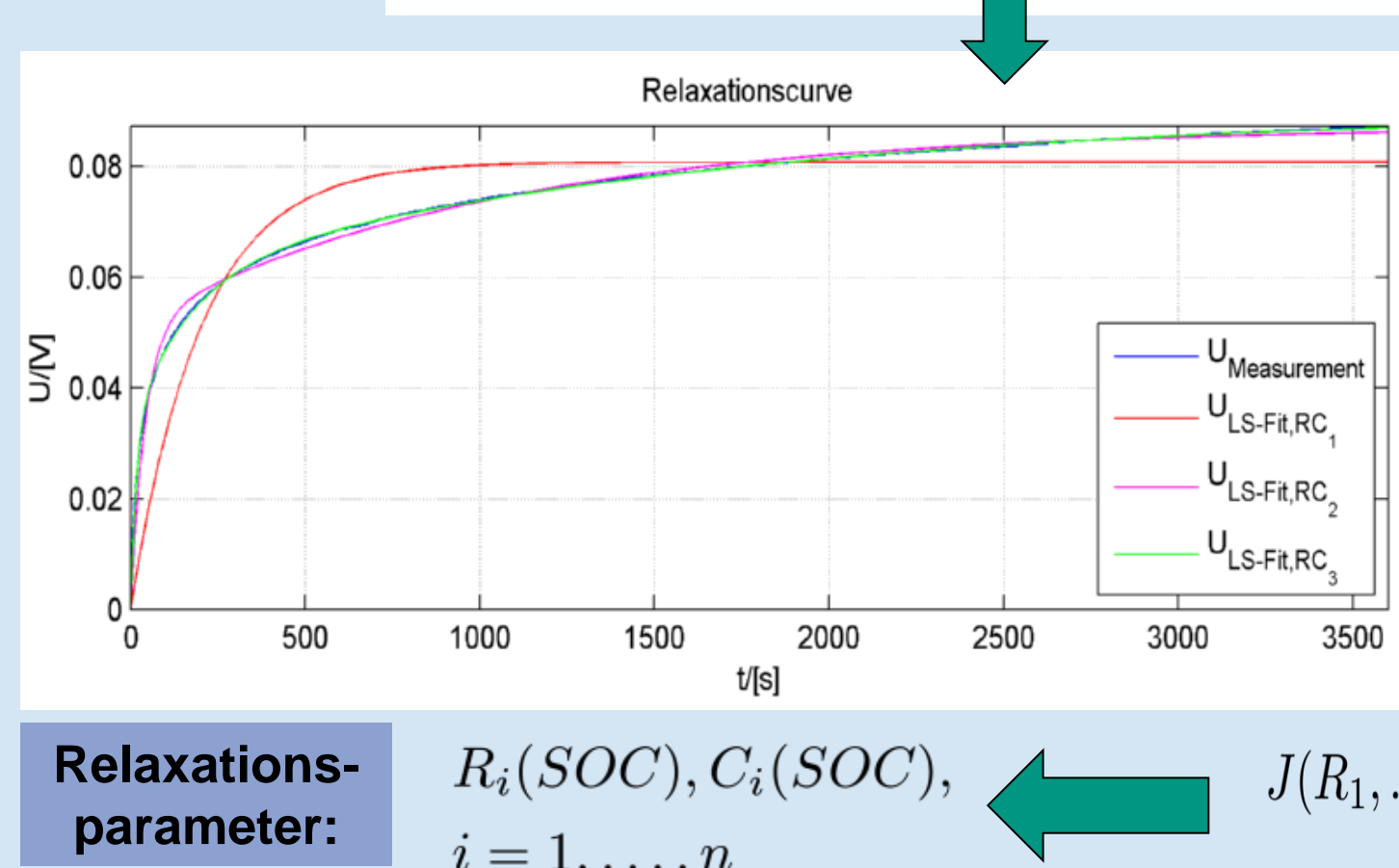


Stromunterbrechungsmessung (CIT) und Parametrisierung



Lookup-Table: Resistance R0 in [mΩ] (Beispiel)

SOC/Temp.	253.15 K	258.15 K	263.15 K	273.15 K	283.15 K	293.15 K
0	47.5	30.4	27.6	14.8	12.4	1.9
0.1	53.9	45.0	28.0	12.1	11.6	2.3
0.25	65.5	40.0	25.4	17.1	24.3	7.5
0.5	43.9	27.6	25.6	11.6	6.2	3.8
0.75	53.7	38.9	25.2	11.6	21.4	5.5
0.9	47.1	44.3	24.5	12.3	38.9	1.0
1.0	42.5	27.0	18.2	13.0	9.5	21.1



Innerer Batteriewiderstand R0(SOC)

$$R_0(SOC) = \frac{U_{R_0}(SOC)}{I}$$

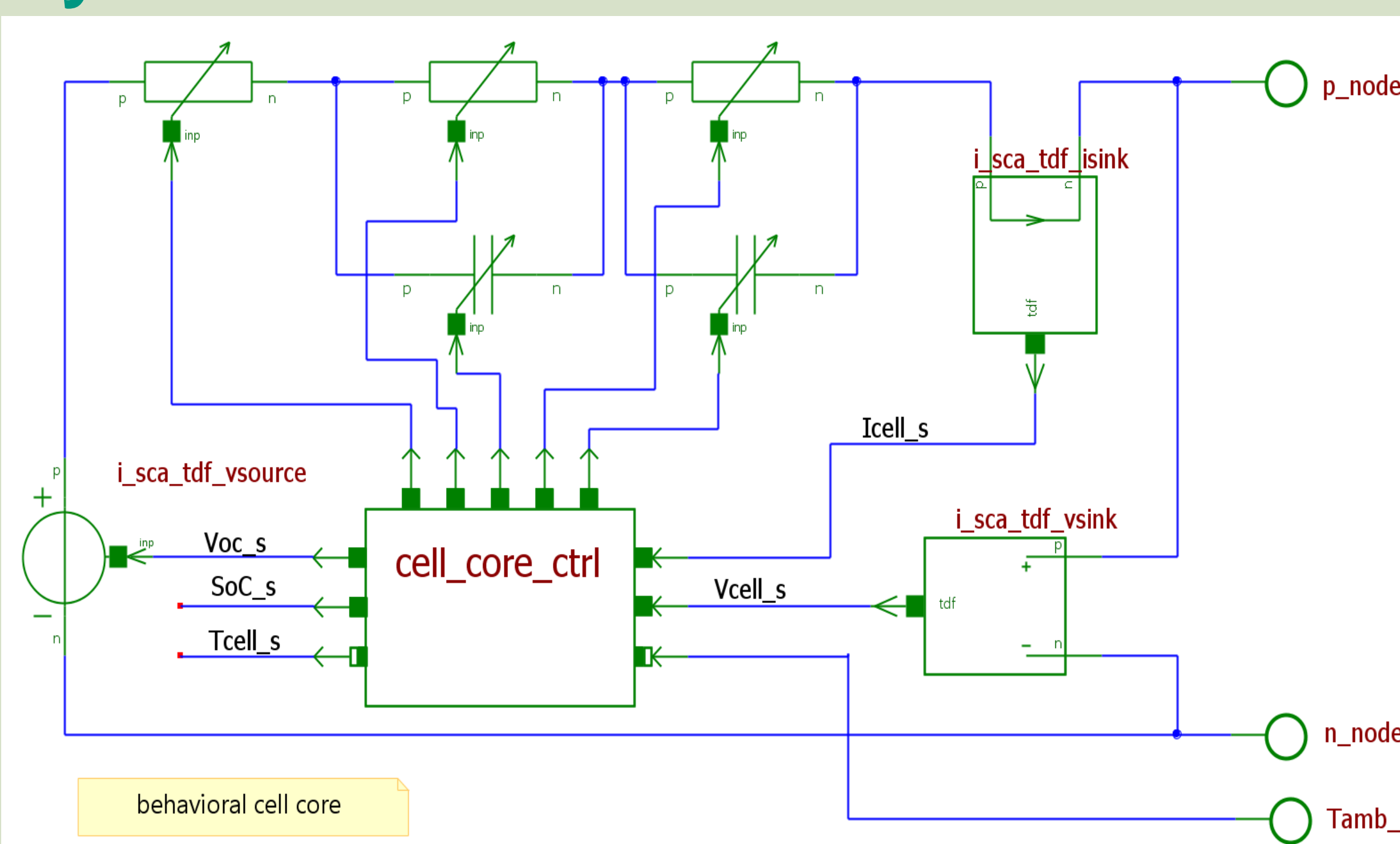
RC-Relaxation

$$U_{relax} = (U_{OC} - U_{R_0}) \left[\sum_{i=1}^n 1 - \exp\left(-\frac{t}{R_i C_i}\right) \right]$$

Nichtlinearer Least-Squares-Fit

$$J(R_1, \dots, R_n, C_1, \dots, C_n) = \sum_{j=1}^N \|U(t_j) - U_{relax}(t_j)\|_2^2 = \min!$$

SystemC AMS Modell der Batteriezelle



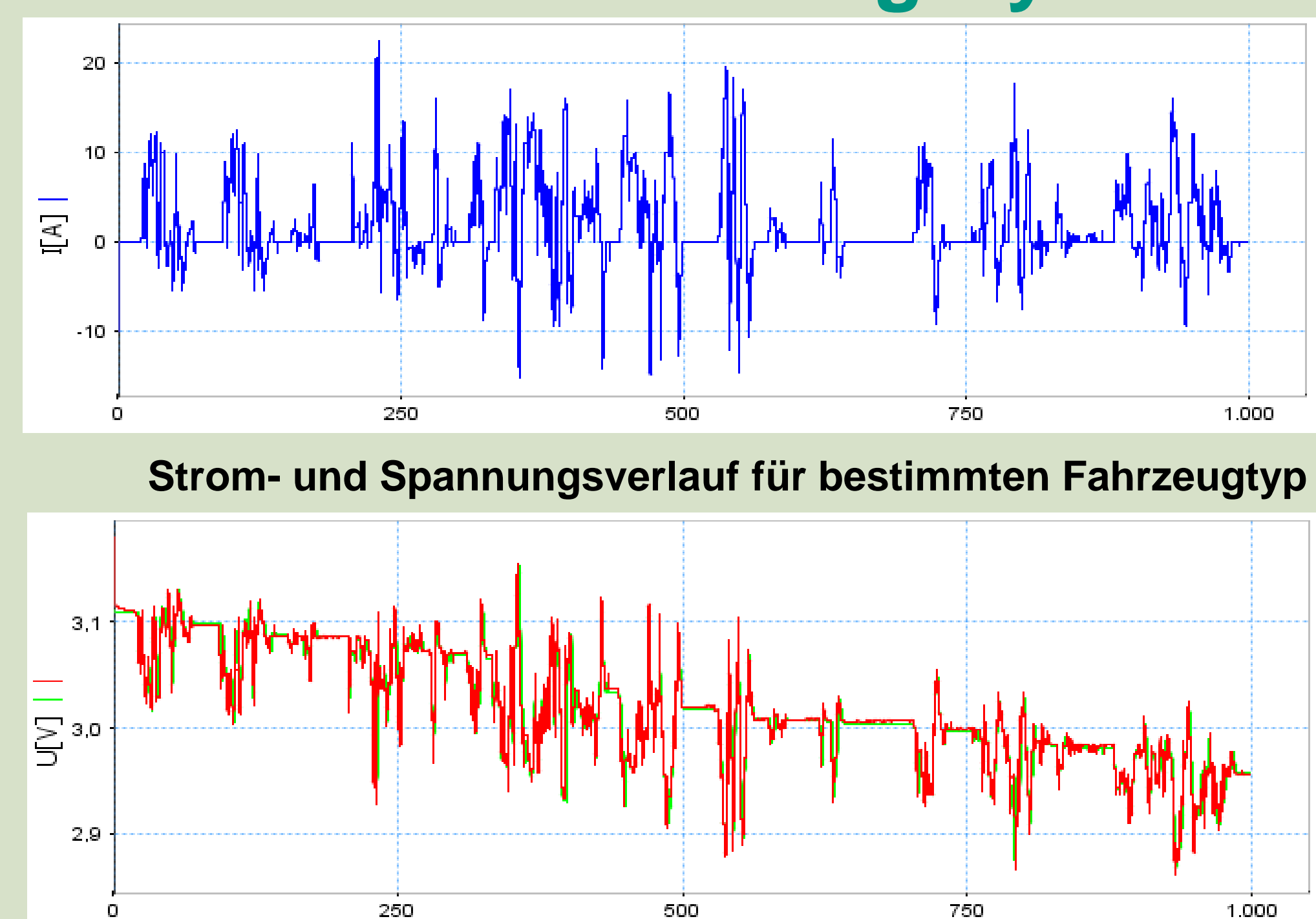
Modelldokumentation

battery_cell

Project: battery_behavioral
Library: cells
Model Name: battery_cell
Structure: SC_MODULE_HIERARCHIC
Symbol: BATTERY_CELL

Name	Type	Default	Description
param_file	std::string	""	file with parameters
capacity	double	1.6	nominal capacity (in Ah)
soc_init	double	0.5	initial state of charge
soc_max	double	1.0	maximal state of charge
soc_min	double	0.0	minimal state of charge
temp_init	double	25.0	initial temperature (in °C)
htc	double	10.0	heat transfer coefficient (in W/(qm²K))
sampling_time	sca_core_sca_time	sc_core_SC_ZERO_TIME	sampling time of TDF cluster

Artemis Urban Driving Cycle



Zusammenfassung und Ausblick:

- Spezifikation des elektrischen Ersatzschaltbildmodells einer Li-Ionenzelle unter Verwendung von SystemC AMS
- Repräsentation der Parameter durch Lookup-Tabellen (LUT) und Erstellen der LUT durch Stromunterbrechungsmessungen (Current Interruption Technique CIT) bei konstanten Temperaturen in einem Batteriekalorimeter
- Validierung des Modells mittels des Artemis Urban Driving Cycles: Vergleich der mit diesem Stromprofil durchgeführten elektrochemisch-kalorimetrischen Messungen und der Simulationsergebnisse ergab gute quantitative Übereinstimmung.
- Nächster Schritt: Erweiterung des Zellmodells um ein thermisches Modell und Bestimmung der Relaxationszeitenverteilungsfunktion**

Projektdaten des Vorhabens IKEBA

Laufzeit: 01.05.2013 – 30.04.2016
 Projektvolumen: 6,8 Mio. Euro
 Förderanteil: 65 %

Verbundkoordinator

Atmel Automotive GmbH
 Werner Brugger
 Lise-Meitner-Str. 15, 89081 Ulm
 Tel.: 0731 5094 248
 E-Mail: werner.brugger@atmel.com

Projekträger

VDI | VDE | IT

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für Bildung und Forschung