



Gekoppelte elektro-thermische Simulation: Methodik zur Entwicklung eines bidirektionalen Onboard Chargers mit hoher Leistungsdichte

Thomas Langbauer

13.02.2020



SAL
SILICON AUSTRIA LABS

INHALT

01

Motivation

02

Simulationsablauf

03

Prototyp

04

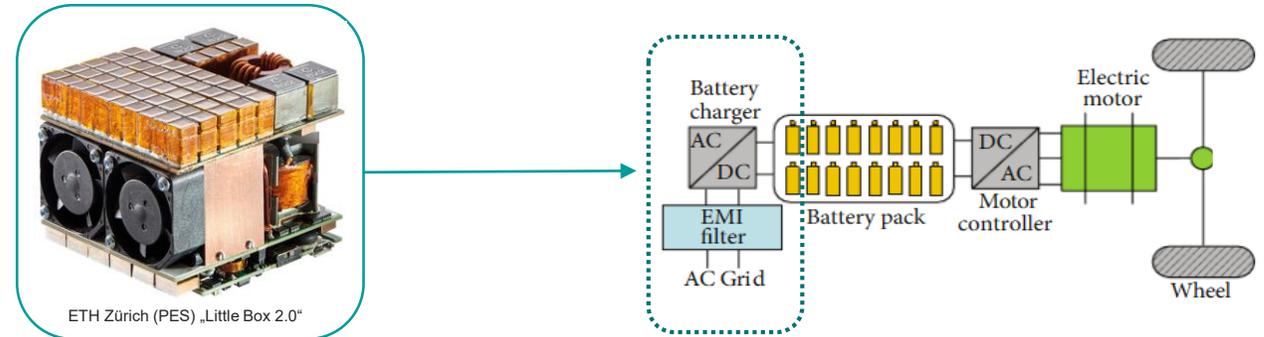
Ergebnisse

05

Zusammenfassung

MOTIVATION

≡ **Tiny Power Box** Projekt @ SAL
bi-direktionaler On-board Charger



Pan, L., & Zhang, C. (2015). A high power density integrated charger for electric vehicles with active ripple compensation. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015

≡ Spezifikationen:

- ≡ Leistungsdichte $\gg 4\text{kW/dm}^3$
- ≡ Effizienz $> 98\%$
- ≡ Leistung 7/11 kW
- ≡ Wasserkühlung/Luftkühlung

→ Gekoppelte elektro-thermische Simulation

SAL Co-Simulation



PRE-DESIGN WORKFLOW

MODELLIERUNG

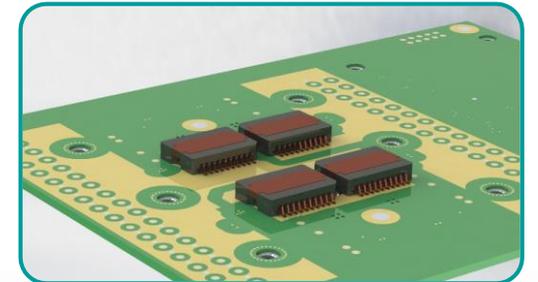
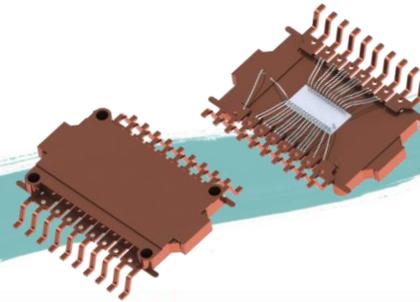
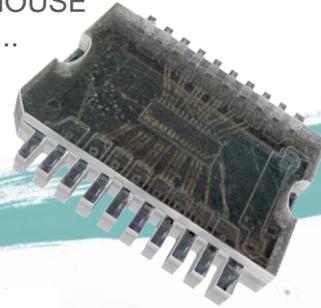
...ZU GENAUEN INTERNEN TEILMODELLEN....

...& MODELL SIMULATIONS INTEGRATION

...VIA IN-HOUSE
ANALYSE...



VON UNBEKANNTEN
INTERNEN STRUKTUREN...

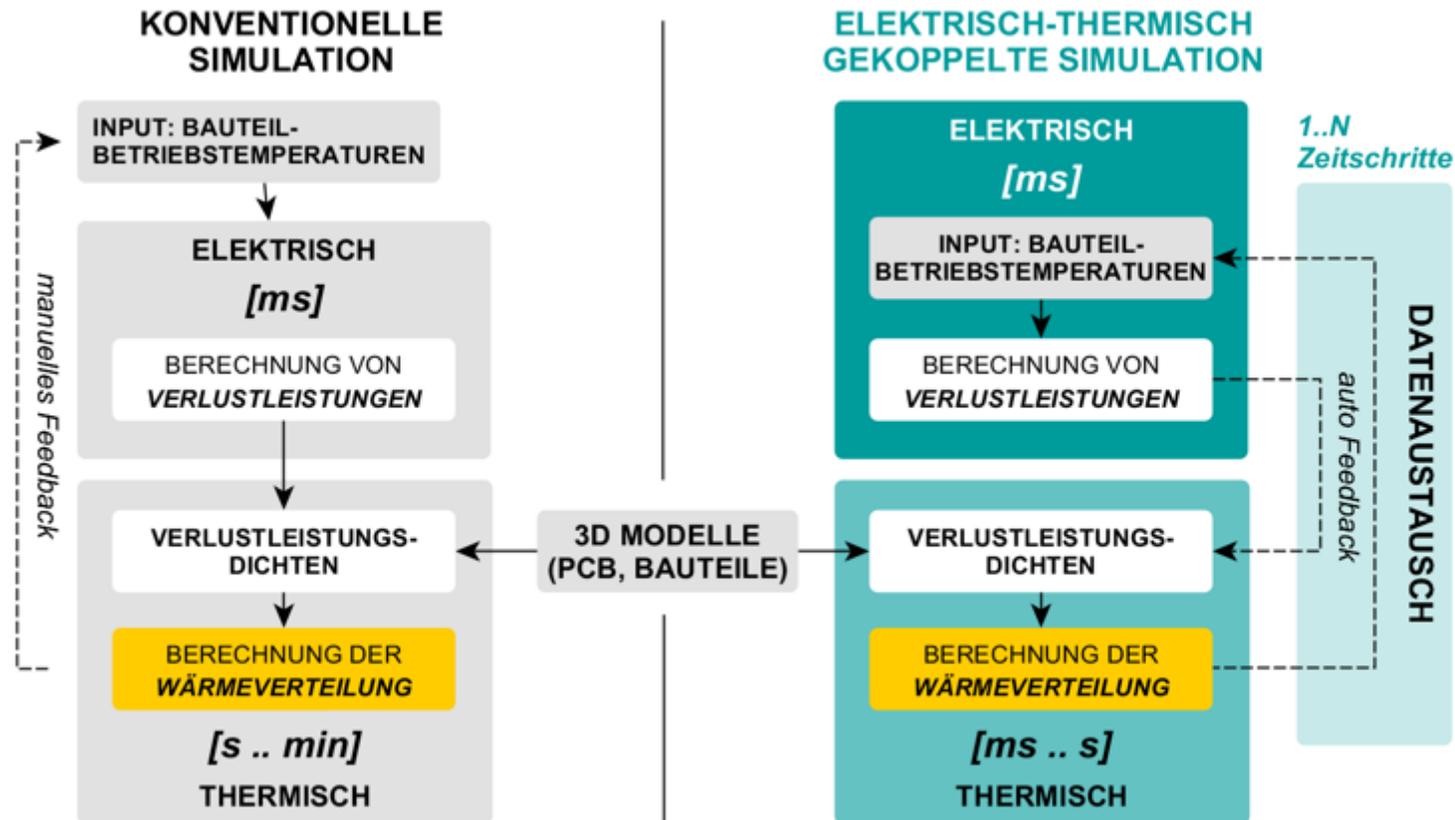


≡ Thermische Modelle der
einzelnen Komponenten

≡ Lokale Temperatur Hotspots
≡ z.B. Chip Temperaturen

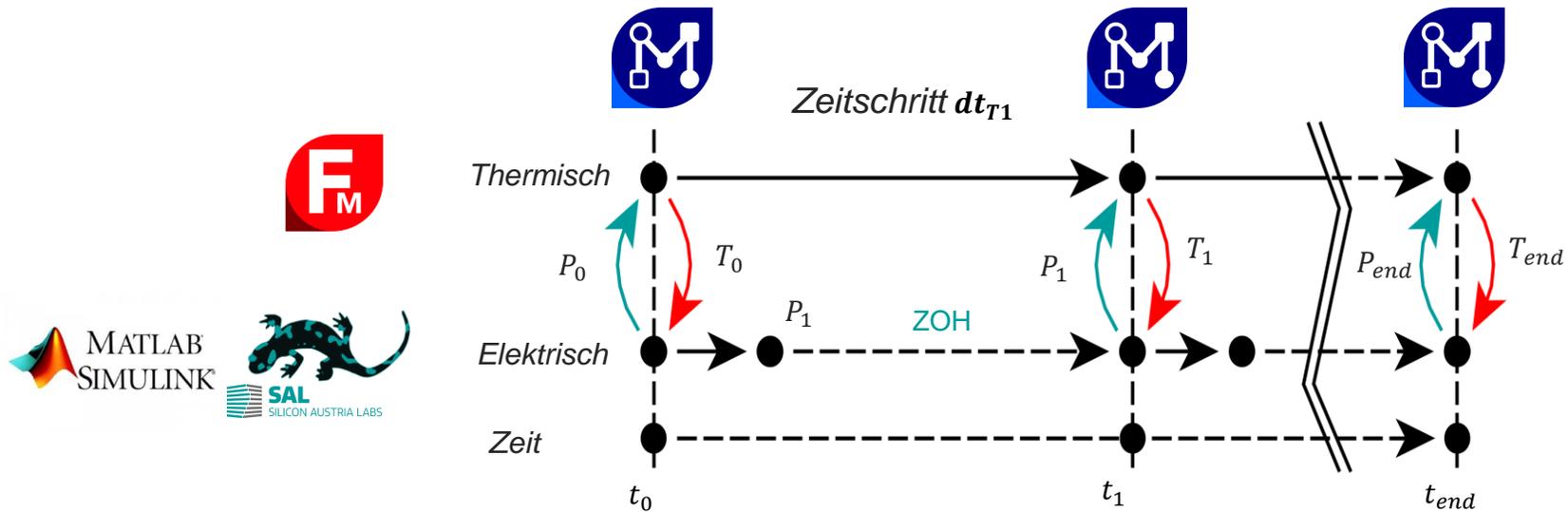
SIMULATIONSABLAUF

ZEITSCHRITTE



ZEITSCHRITTE

SAL Co-Simulation

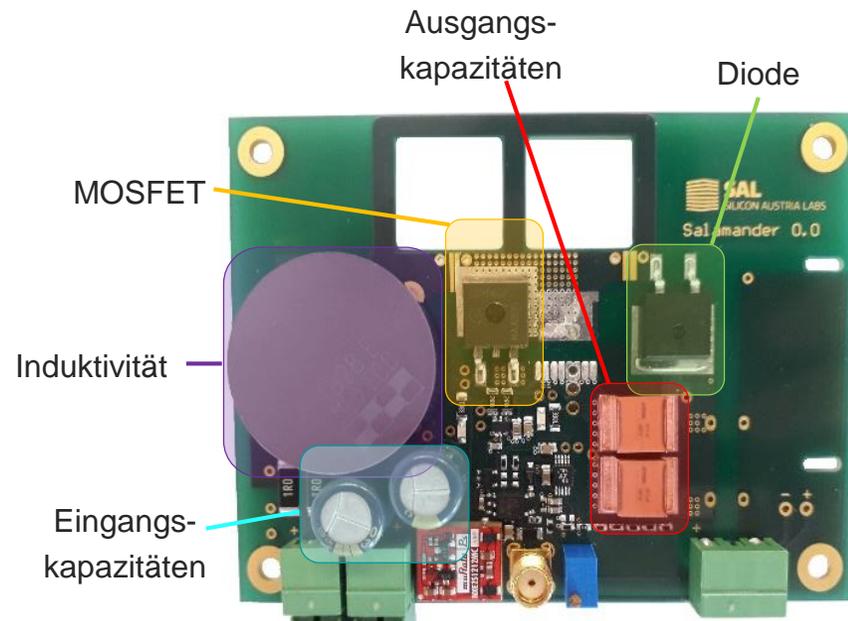


ZOH ... Zero Order Hold

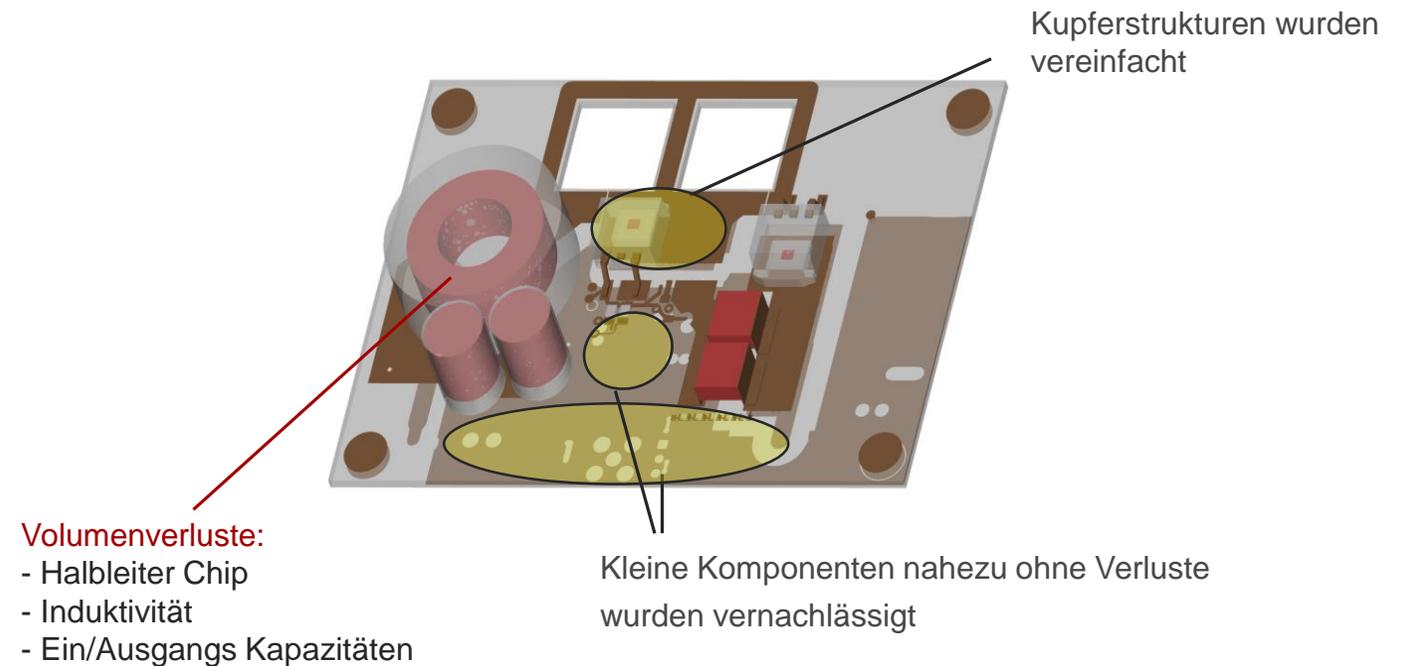
PROTOTYP BOOST KONVERTER

≡ Spezifikationen:

$$P_{\text{out}} = 38 \text{ W}, f = 200 \text{ kHz}, V_{\text{out}} = 300 \text{ V}_{\text{DC}}, V_{\text{in}} = 20 \text{ V}_{\text{DC}}$$



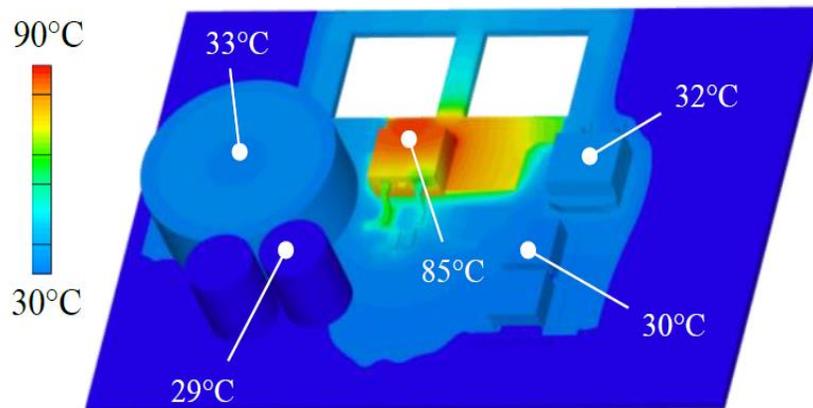
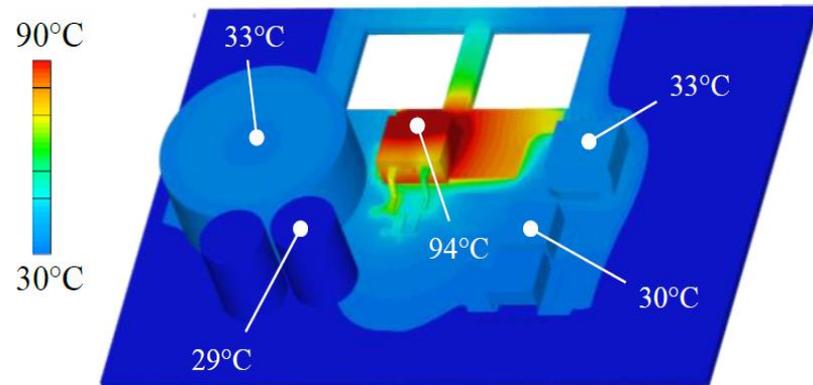
≡ Finite Volumen Methode (FVM) Modell:



3D ERGEBNISSE

TRANSIENTER START-UP BEI KONSTANTER LAST

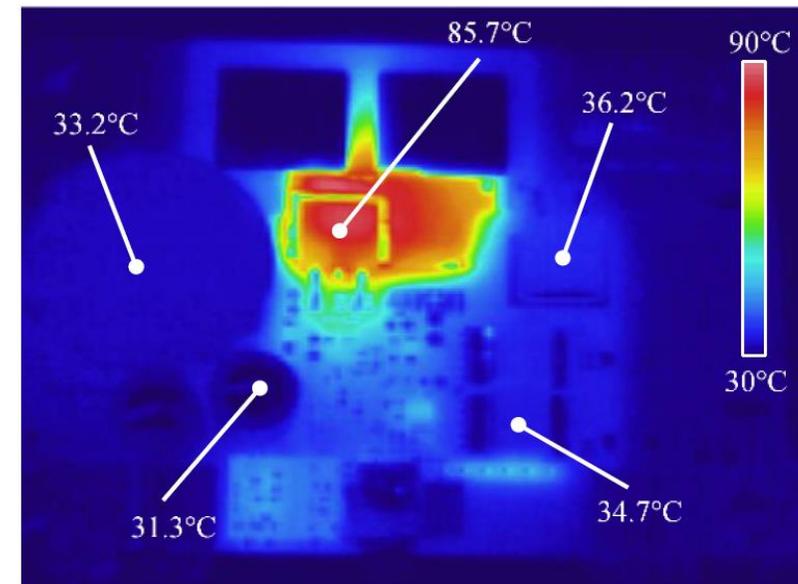
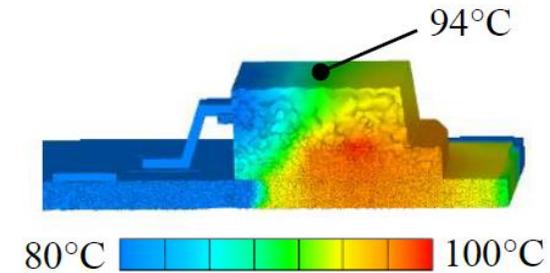
≡ Vergleich bei 60 s **ohne** (oben) / **mit** (unten)
Temperatur update für die Schaltungsparameter



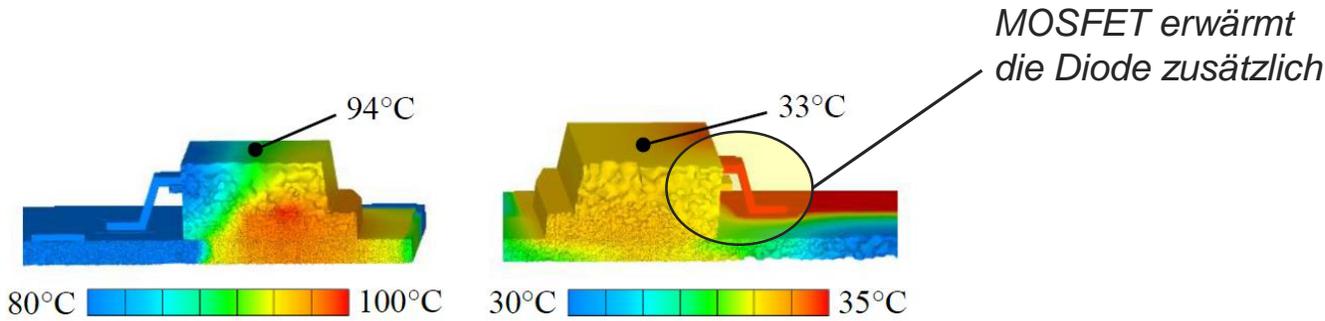
Verifikation mit
Labormessung



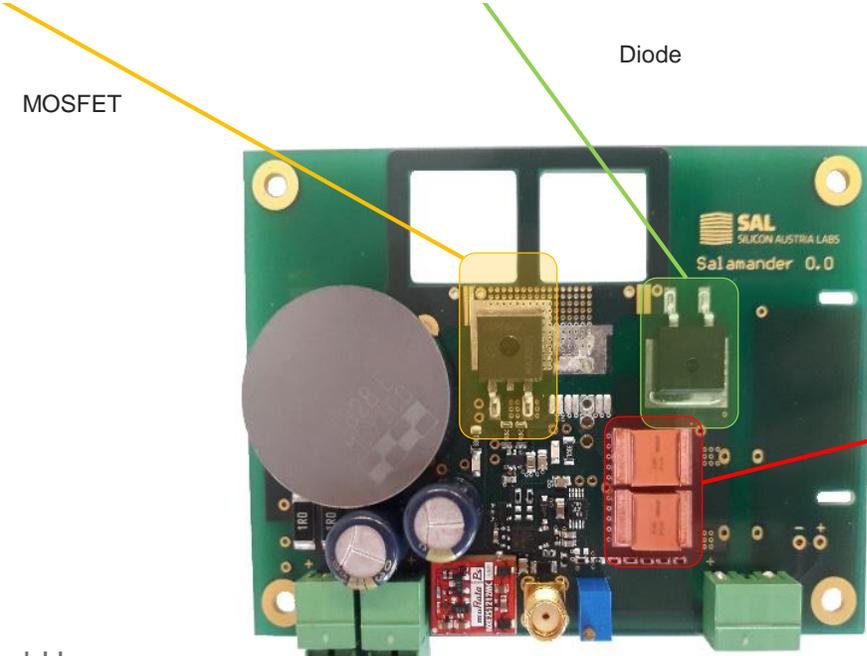
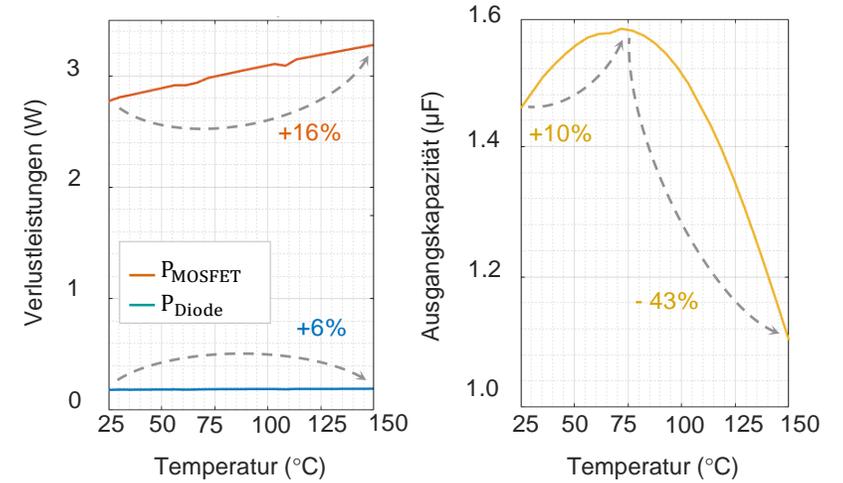
≡ Querschnitt des MOSFETs bei 60 s **ohne**
Temperatur Update der Schaltungsparameter



ELEKTRISCH-THERMISCHE INTERAKTIONEN



Temperaturabhängigkeit von aktiven und passiven Komponenten



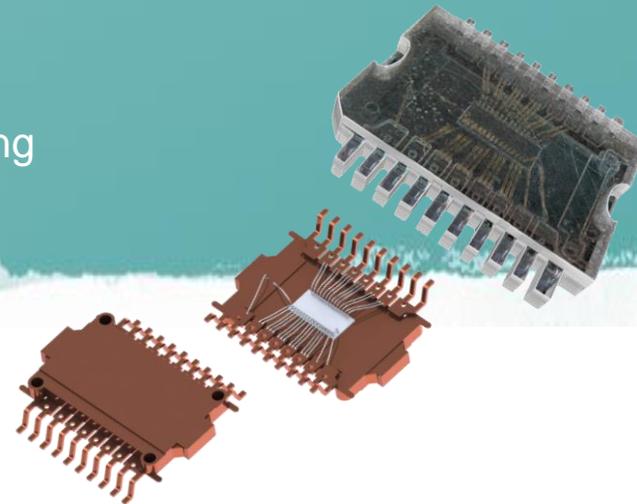
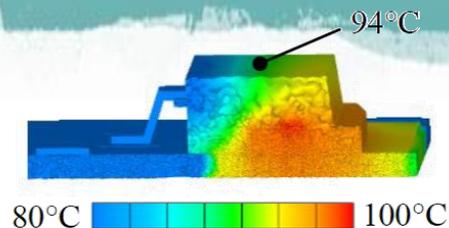
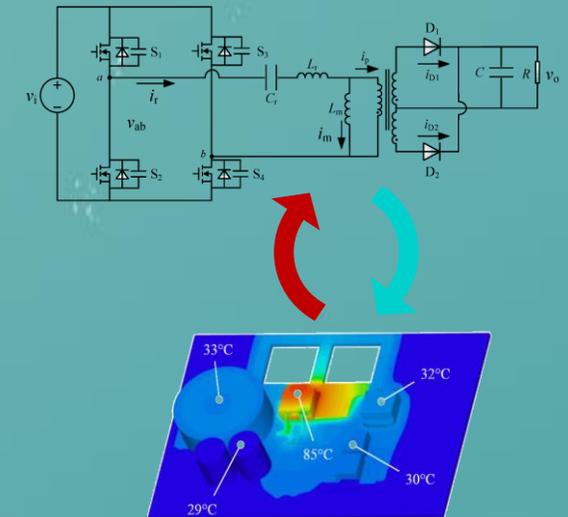
Starke Temperaturabhängigkeit der Ausgangskapazitäten

ZUSAMMENFASSUNG

- ≡ Durchführbarkeit der 3D transient gekoppelten elektro-thermischen Simulation konnte gezeigt werden
- ≡ Wichtigkeit des Temperaturupdates der Schaltungsparameter

- ≡ Elektro-thermische Interaktionen zwischen aktiven und passive Bauteilen

- ≡ Temperaturhotspots durch genaue Bauteilmodellierung



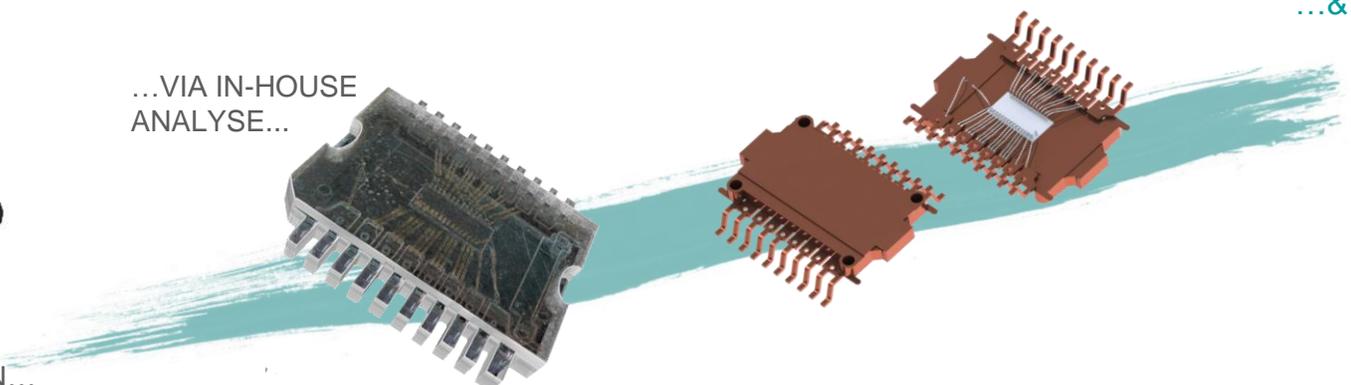
OPTIMIERTER DESIGNPROZESS

1.



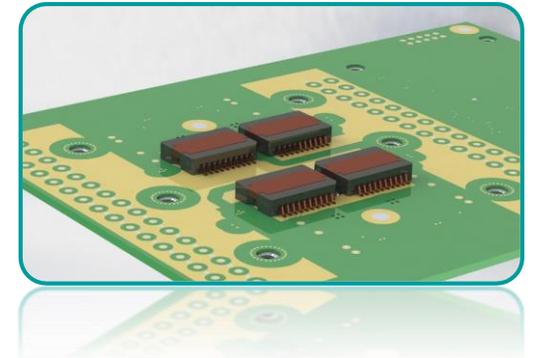
VON UNBEKANNTEN INTERNEN STRUKTUREN...

...VIA IN-HOUSE ANALYSE...

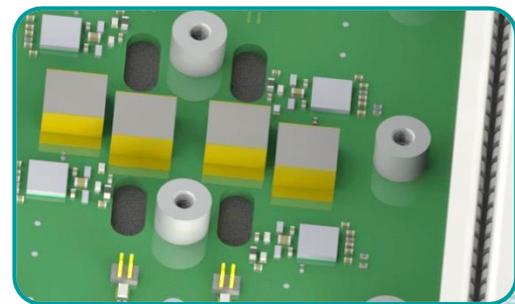


...ZU GENAUEN INTERNEN TEILMODELLEN...

...& MODELL SIMULATIONS INTEGRATION



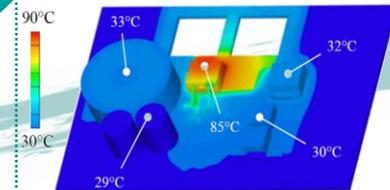
2.



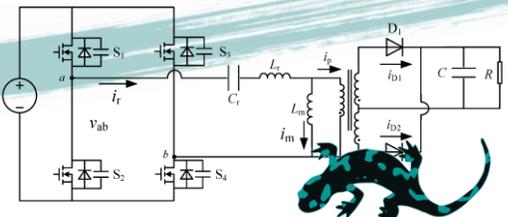
Optimiertes SYSTEM DESIGN

Co-Simulation

THERMISCH + CFD

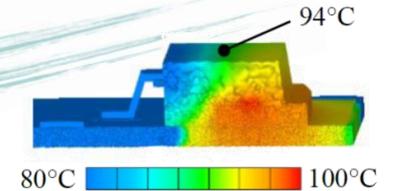


ELEKTRISCH



SAL SILICON AUSTRIA LABS SALamanderCircuits

Hotspot Analyse & elektrothermische Interaktionen





**DANKE FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT!**

Fragen?