
MESSUNG UND BERECHNUNG DER WÄRMEABGABE EINER BATTERIEZELLE UND BEDEUTUNG FÜR DIE ANWENDUNG



**Maximilian Bruch, Dr. Michael Heck, Lluís Millet Biosca,
Peter Raab, Mohammadali Mirsalehian, Mohammad
Hukan**

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

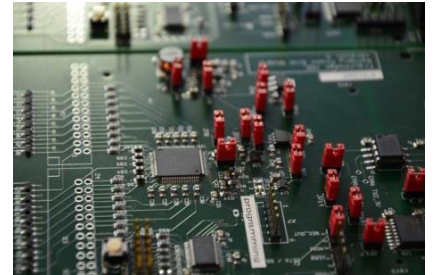
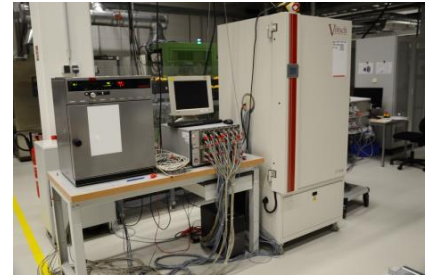
25. DESIGN&ELEKTRONIK Entwickler- & Anwenderforum
Batterien & Ladekonzepte

München, 21.02.2018

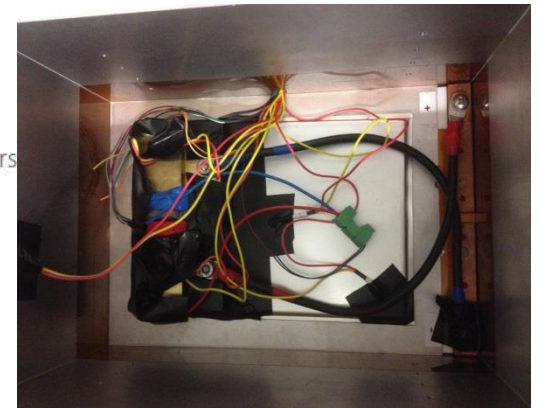
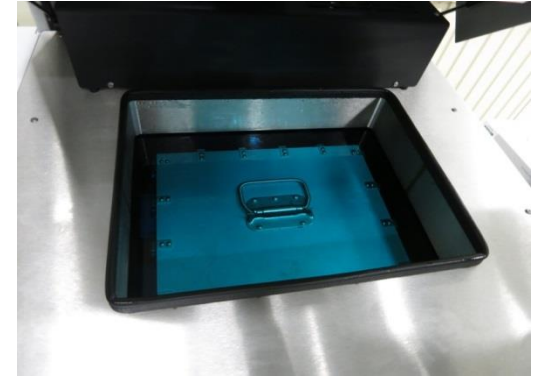
www.ise.fraunhofer.de

AGENDA

- Funktionsweise Kalorimeter
- Messergebnisse und Diskussion
- Zusammenhänge und Berechnung
- Verifizierung der Ergebnisse
- Bedeutung für die Anwendung



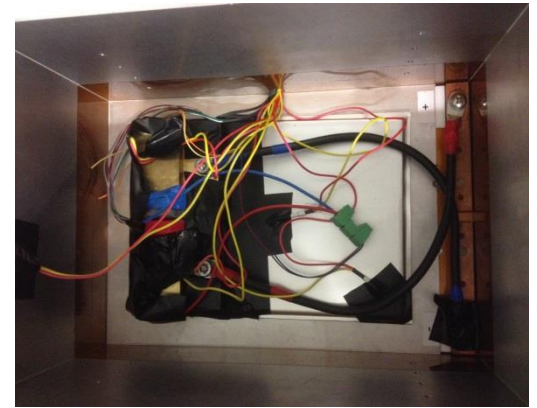
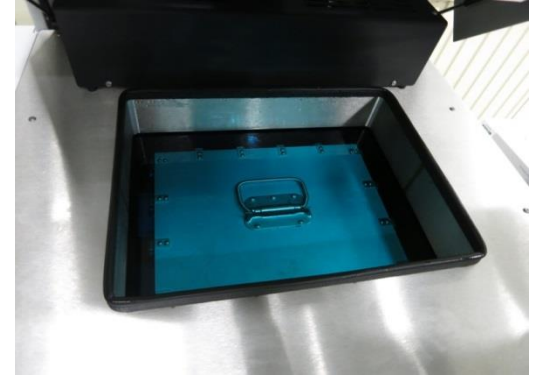
Funktionsweise Kalorimeter



Funktionsweise Kalorimeter

$$Q_{gen} = m \cdot c_p \cdot \Delta T + Q_{ab}$$

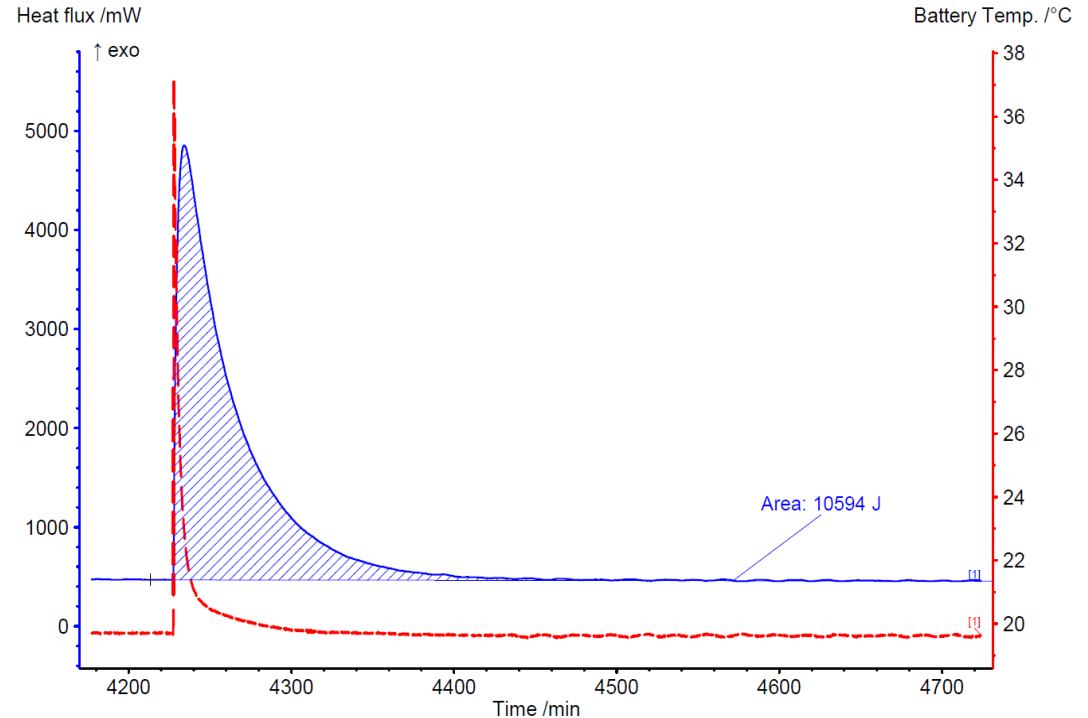
$$\int_{t_1}^{t_2} \dot{q}_{gen} \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} m \cdot c_p \cdot \Delta T + \int_{t_1}^{t_2} \dot{q}_{ab} \cdot dt$$



Funktionsweise Kalorimeter

- $Q = 10\,594 \text{ J}$
- $dT = 40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 20 \text{ K}$
- $m = 493 \text{ g}$
- $c_{p \text{ bat}} = 1\,074 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

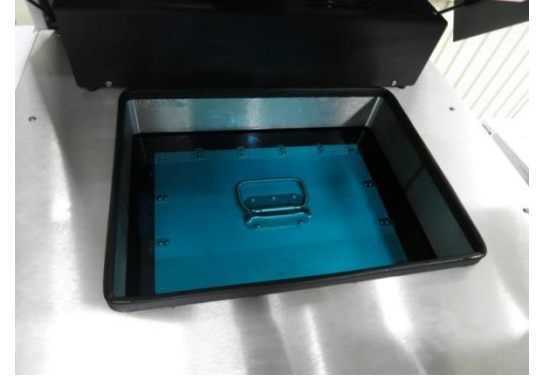
- Wasser = $4\,182 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
- Eisen = $452 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
- Beton = $880 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$



Funktionsweise Kalorimeter

$$Q_{gen} = m \cdot c_p \cdot \Delta T + Q_{ab}$$

$$\int_{t_1}^{t_2} \dot{q}_{gen} \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} m \cdot c_p \cdot \Delta T + \int_{t_1}^{t_2} \dot{q}_{ab} \cdot dt$$

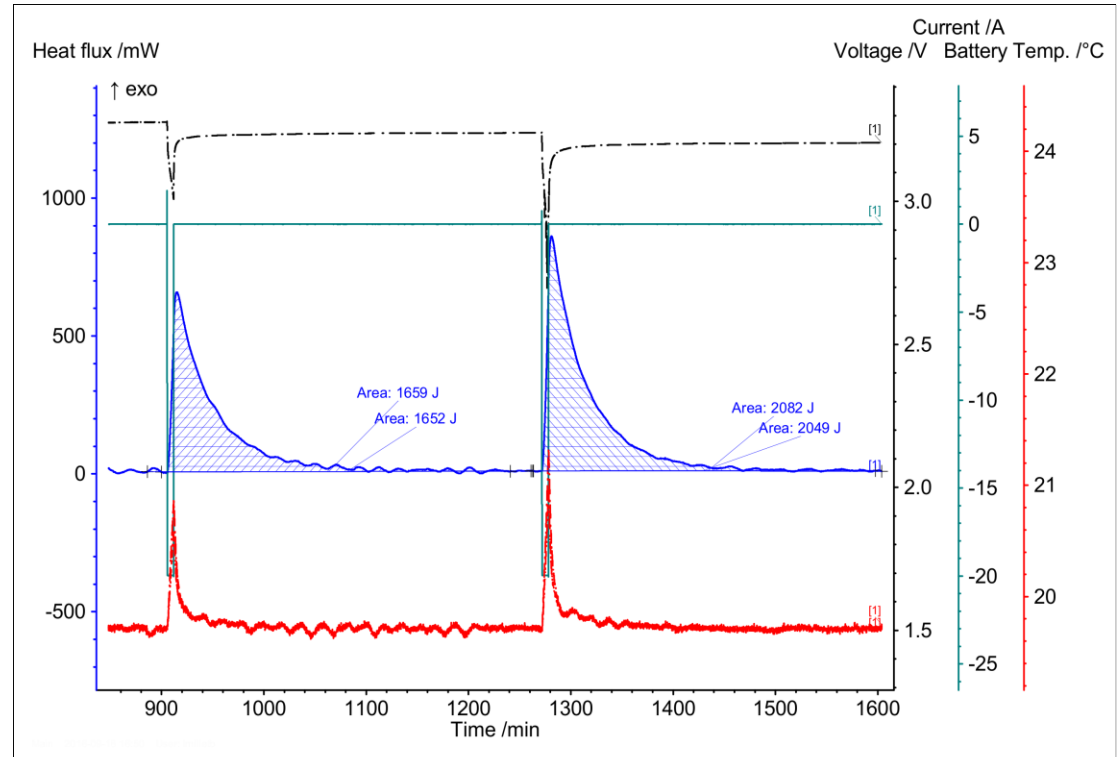


Funktionsweise Kalorimeter

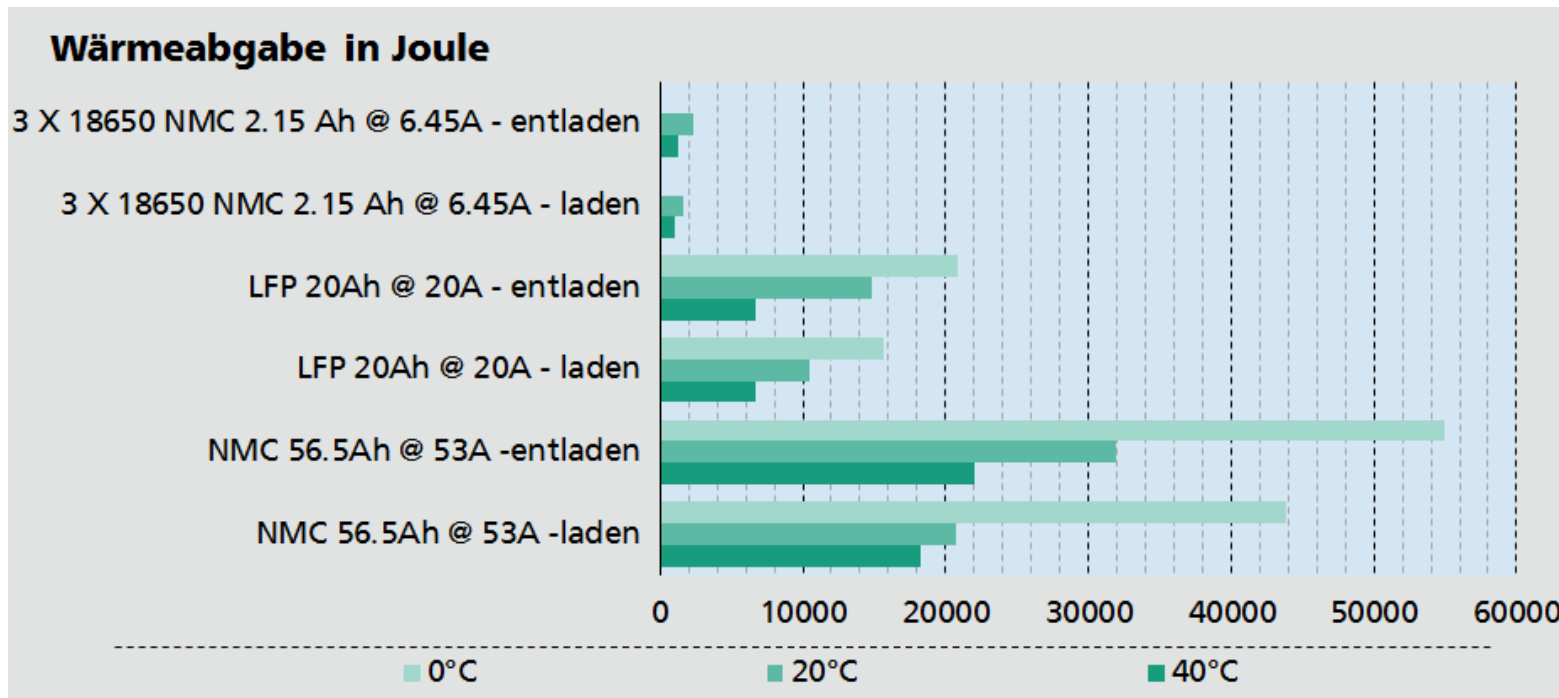
- 2x -1C für 6 min.
- 20 Ah LFP



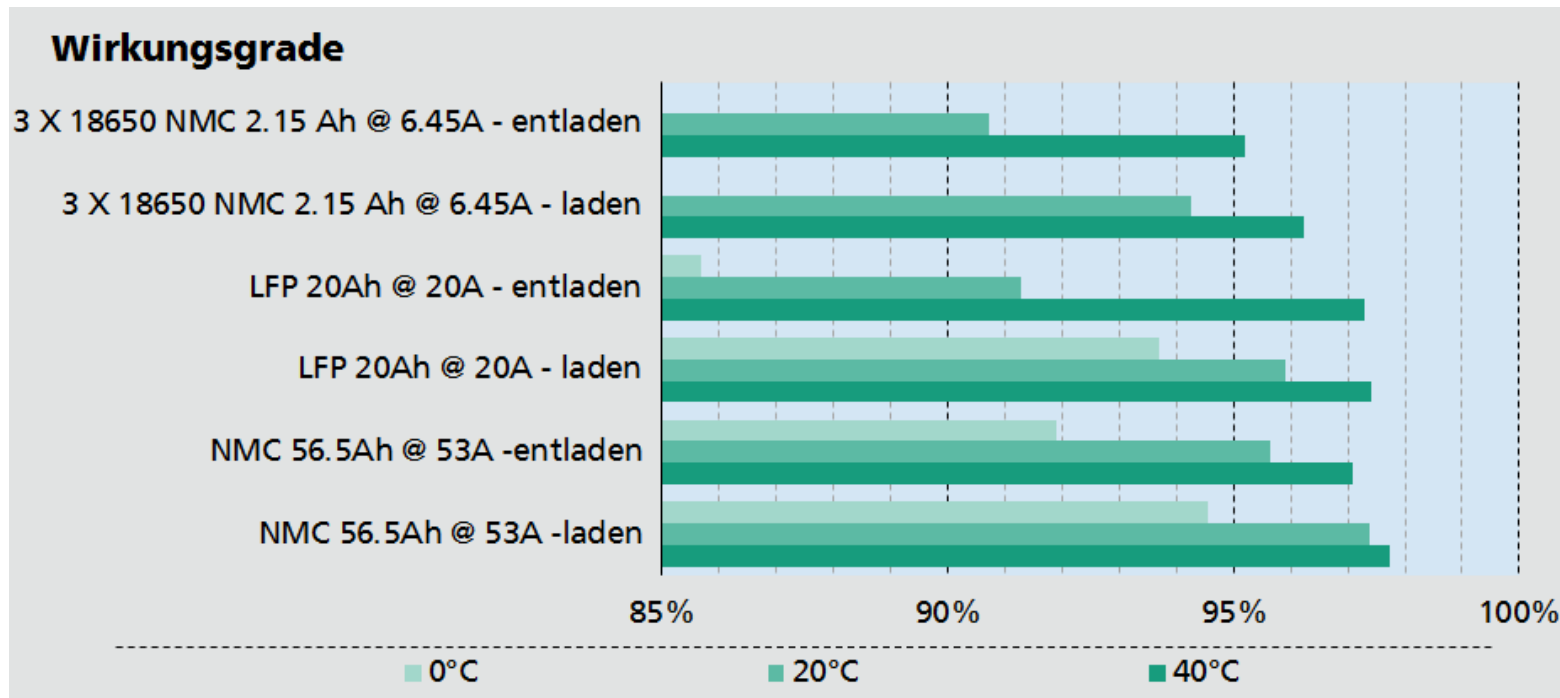
[www.a123systems.com]



Messergebnisse und Diskussion



Messergebnisse und Diskussion

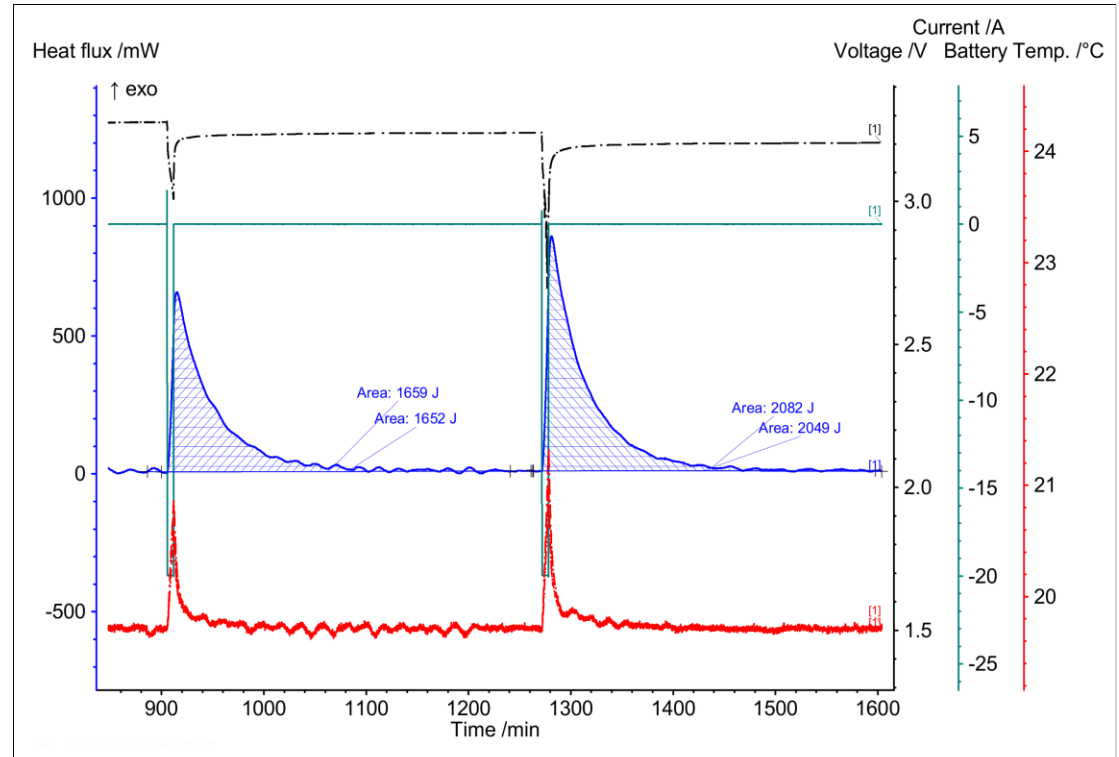


Funktionsweise Kalorimeter

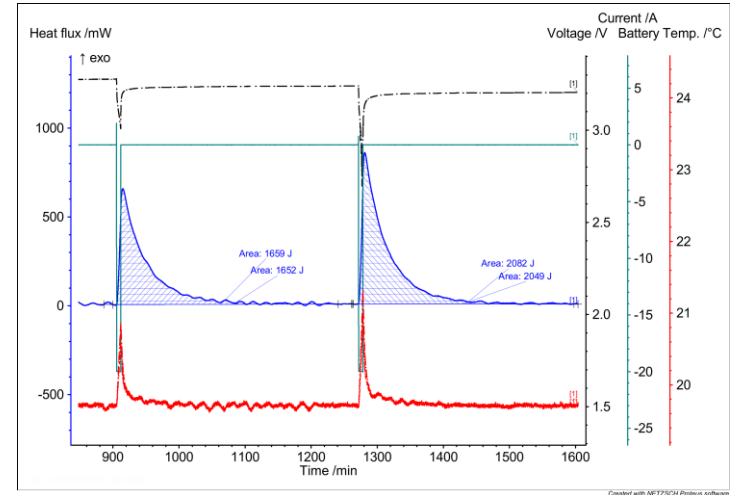
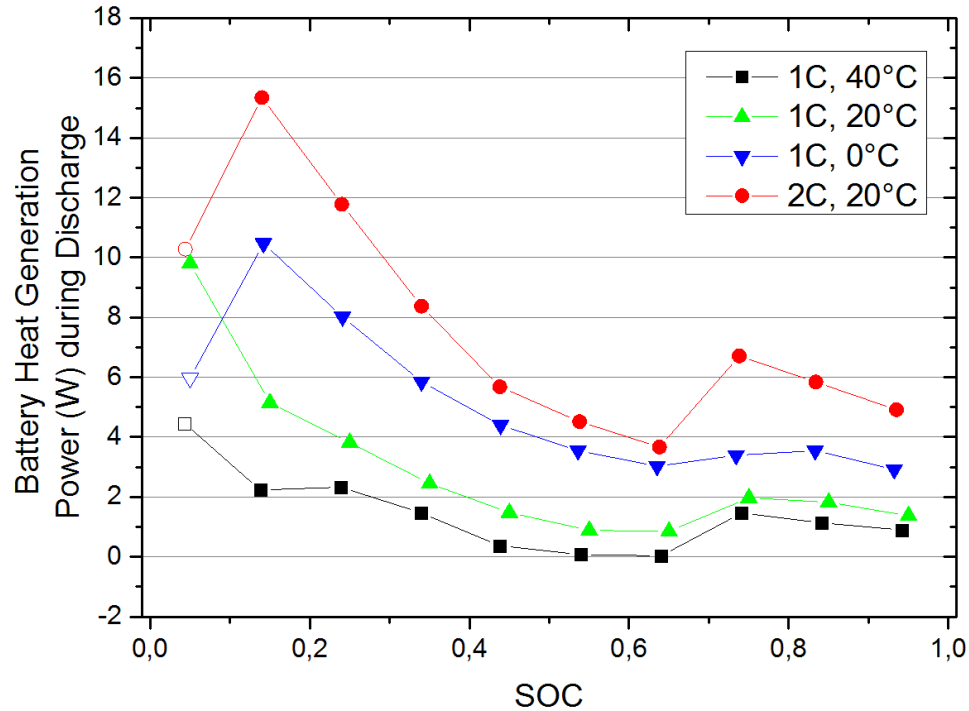
- 2x -1C für 6 min.
- 20 Ah LFP



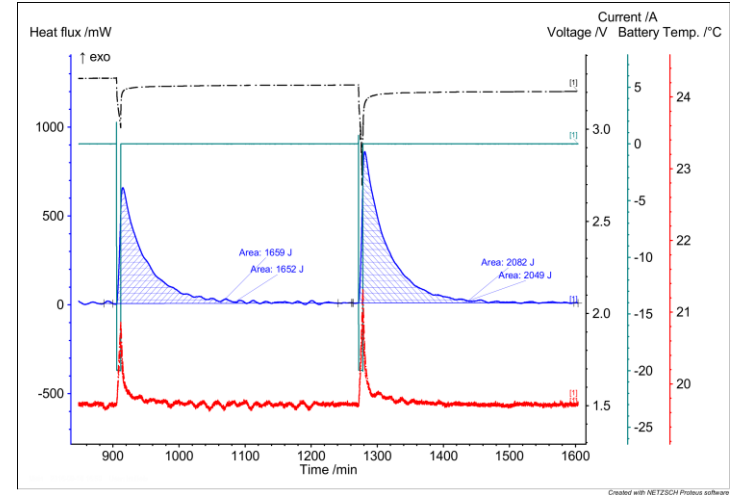
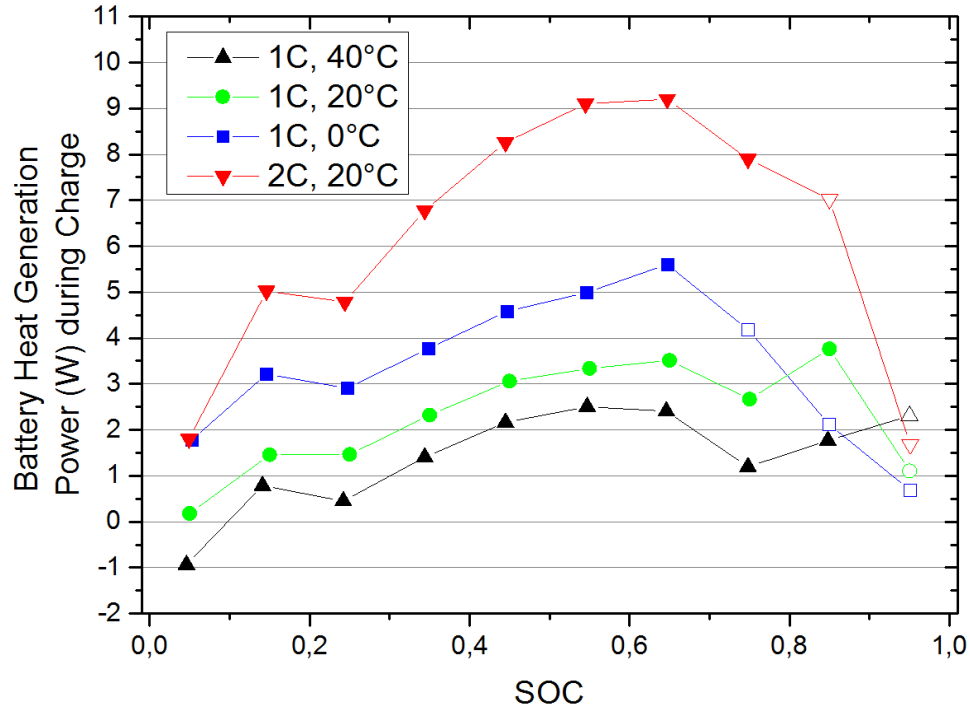
[www.a123systems.com]



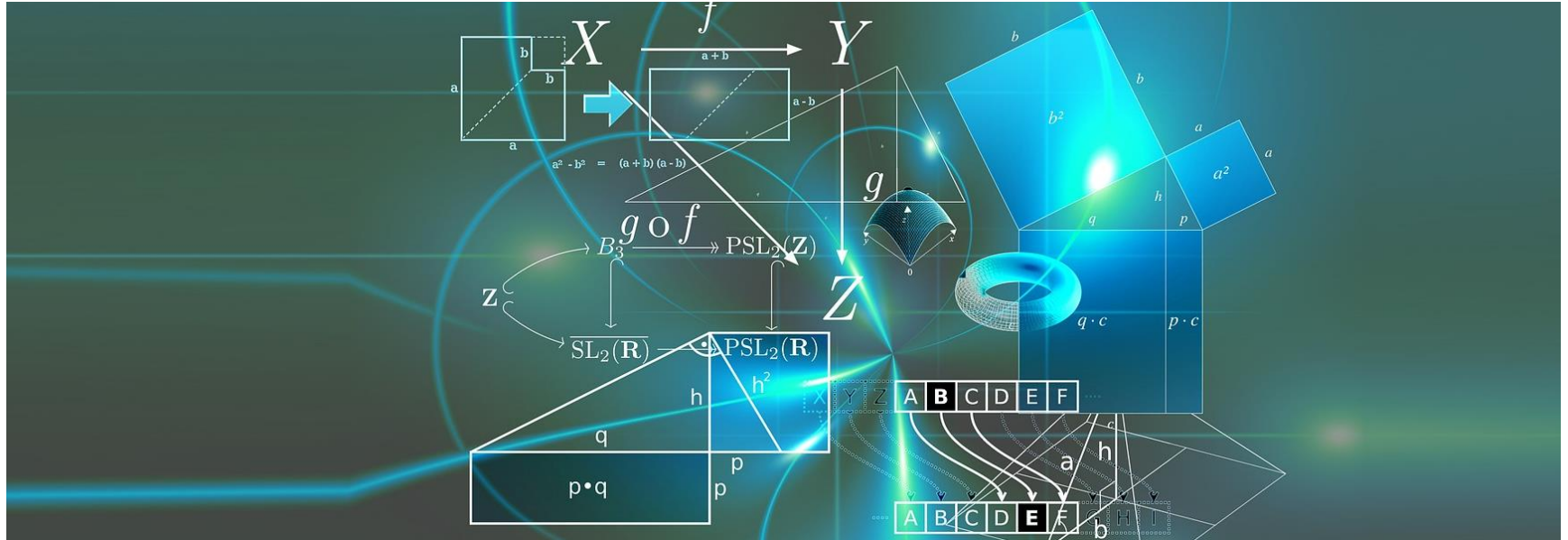
Messergebnisse und Diskussion



Messergebnisse und Diskussion



Zusammenhänge und Berechnung



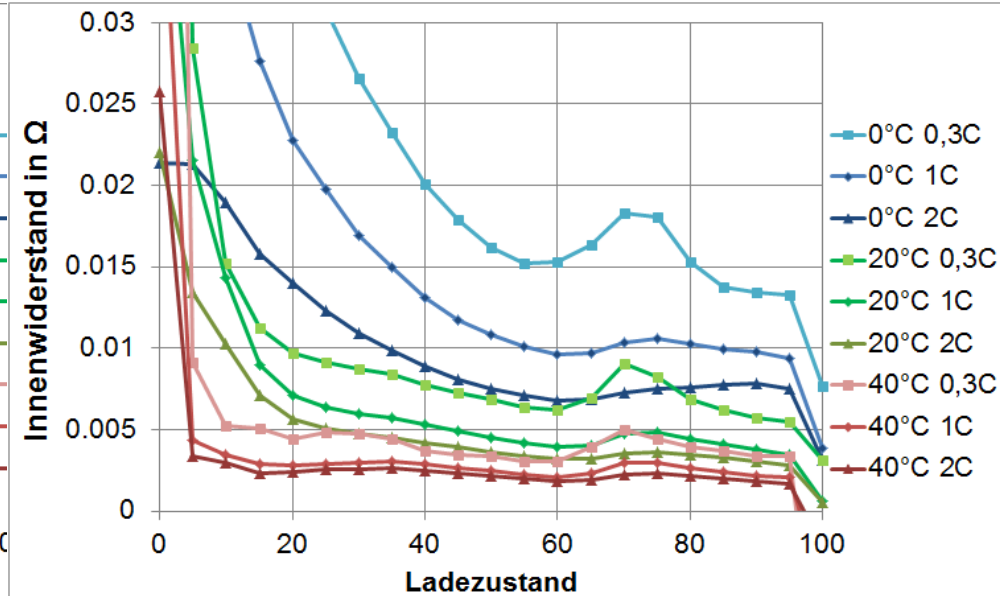
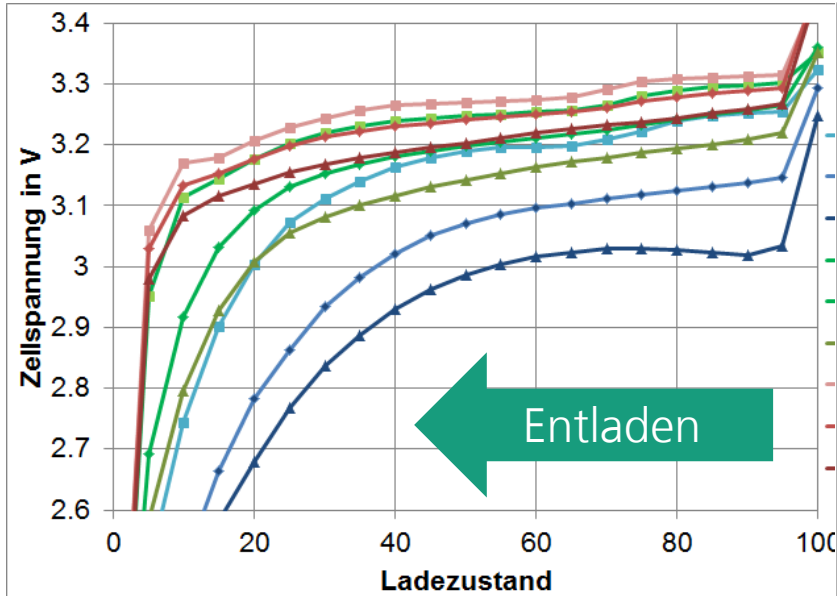
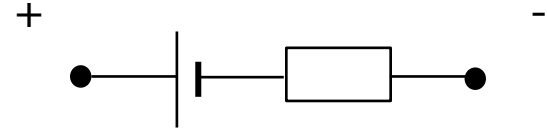
Zusammenhänge und Berechnung

- Formel nach Bernardi et al. :

$$\begin{array}{l} q_{\text{gen}} = I \cdot \Delta U \quad + \quad I \cdot T \cdot \overbrace{dU/dT}^{\text{Entropie Koeffizient}} \quad [W] \\ q_{\text{gen}} = \underbrace{I^2 \cdot R_{\text{total}}}_{\text{irreversible Wärme}} \quad + \quad \underbrace{I \cdot T \cdot dU/dT}_{\text{reversible Wärme}} \quad [W] \\ \text{(Joulesche Wärme)} \quad \quad \quad \text{(Entropische Wärme)} \end{array}$$

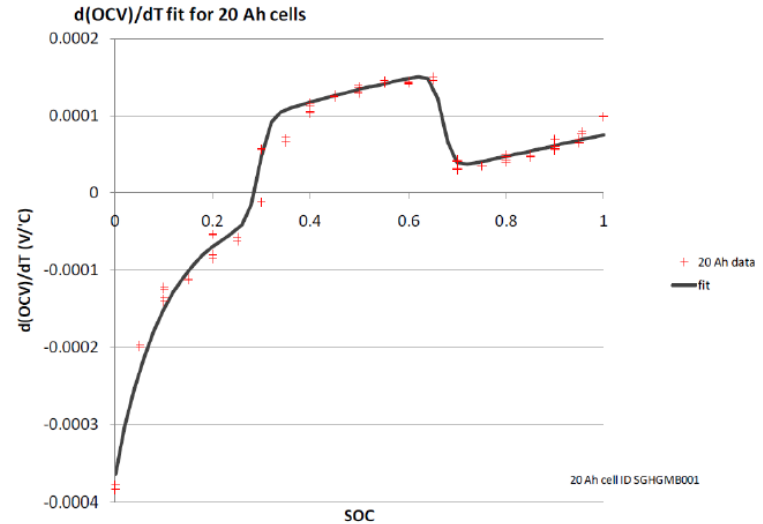
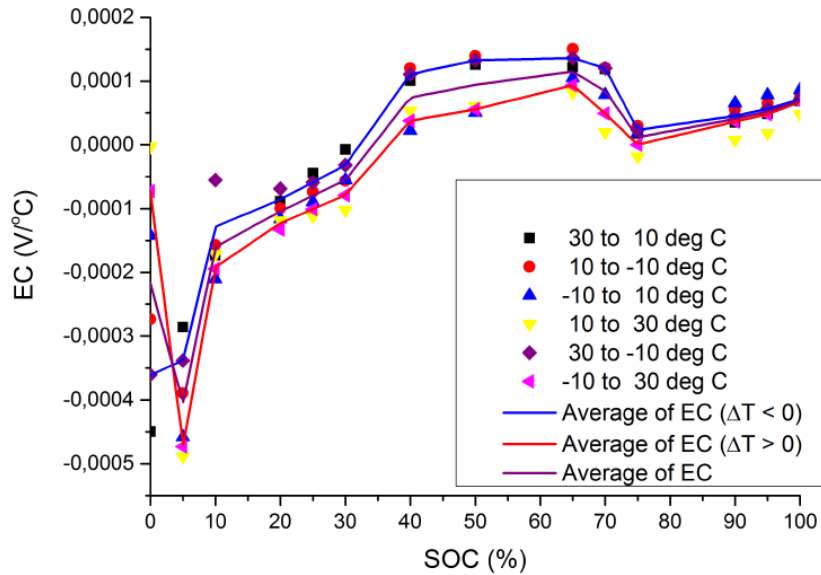
Zusammenhänge und Berechnung

■ Innenwiderstand



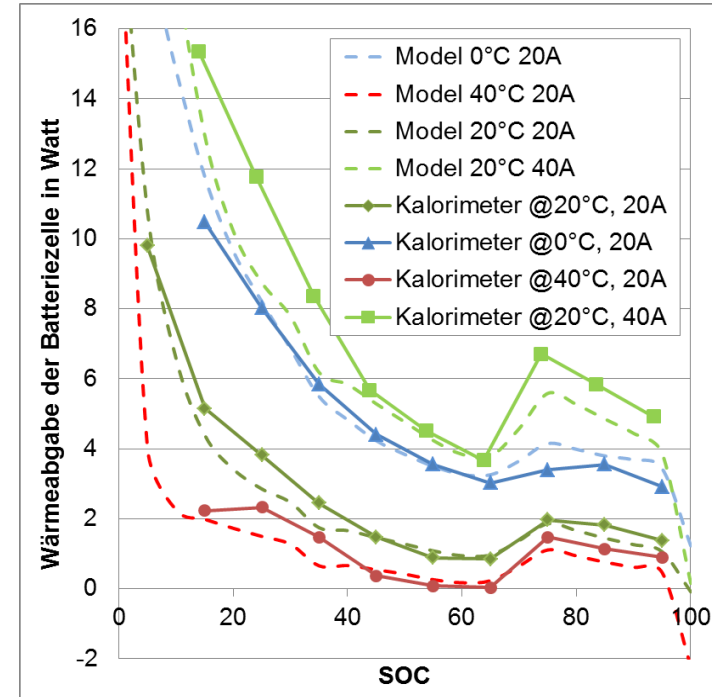
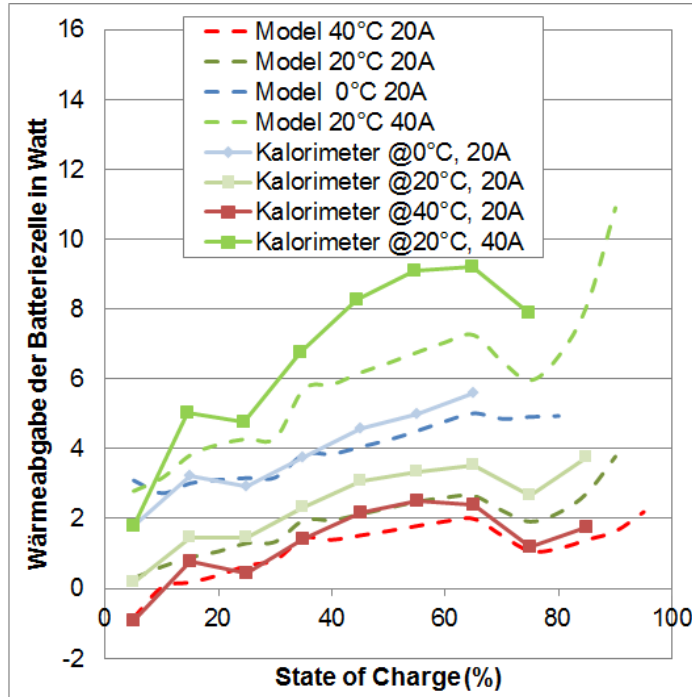
Zusammenhänge und Berechnung

■ Entropie Koeffizient



Rechte Abbildung: [Battery Pack Design, Validation, and Assembly Guide using A123 Systems AMP20M1HD-A Nanophosphate Cell – 07.02.2014 – A123 Systems - Online]

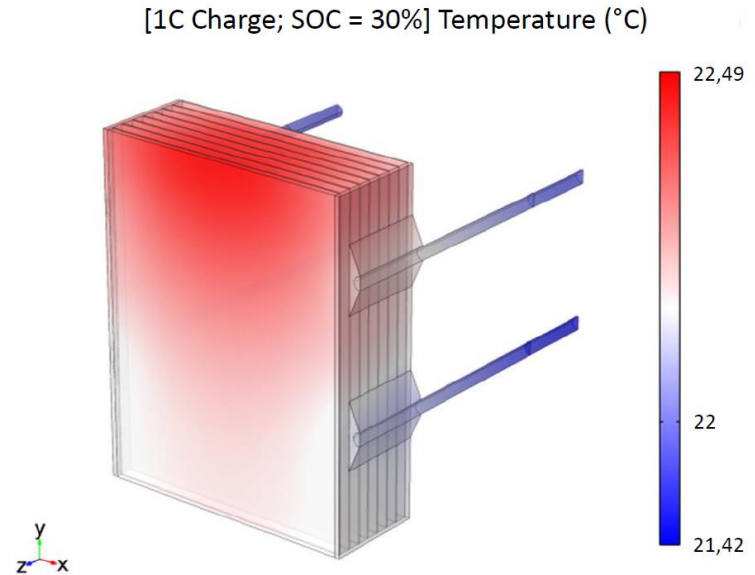
Verifizierung der Ergebnisse



Bedeutung für die Anwendung

Ziel: langsame Alterung + hohe Effizienz

- Thermisches Management
 - Richtige Auslegung der Heiz- & Kühlleistung
 - Vorkonditionierung der Batterietemperatur
 - Betrieb warm / Standby kalt (evtl. sogar Kühlung)
 - Prognostizierte Klimatisierung

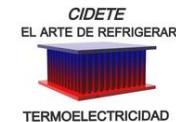


EU – Projekt JOSPEL

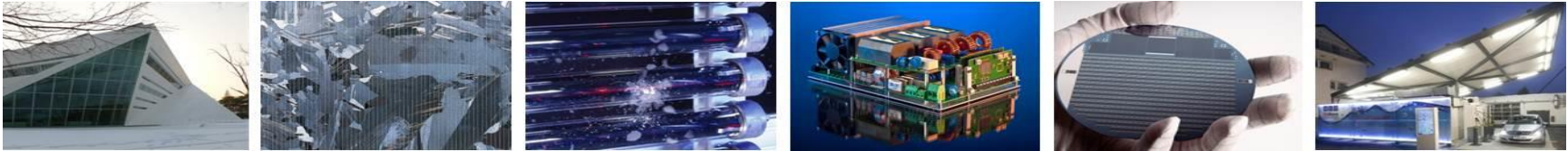
■ www.jospel-project.eu



The JOSPEL project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant Agreement n° 653851.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Maximilian Bruch

www.ise.fraunhofer.de

maximilian.bruch@ise.fraunhofer.de

Zusammenhänge und Berechnung

■ Vergleich der gemessenen totalen Wärme

■ 6 min. Pulse

■ 1 C

■ 20 °C

