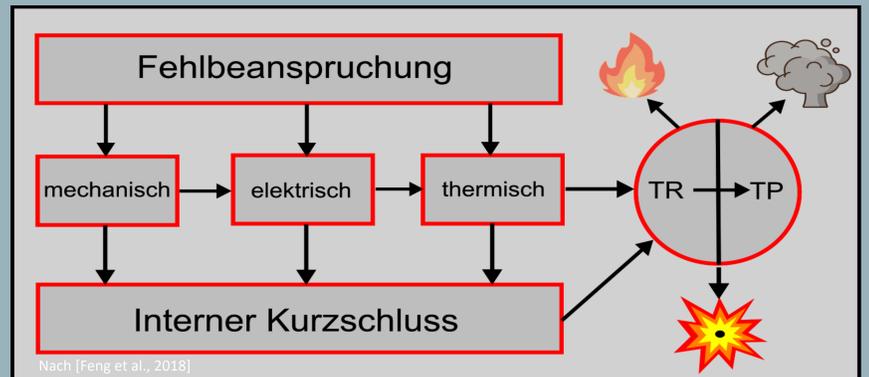


# Modellierung der Wärme- und Stofffreisetzung einer LIB-Zelle als Quellterme für die CFD-Brandsimulation

Prof. Dr.-Ing. Jochen Zehfuß | Dr.-Ing. Olaf Riese | Martin Bogdahn M.Sc.  
Technische Universität Braunschweig | Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB)  
Braunschweig | Deutschland  
E-Mail: m.bogdahn@ibmb.tu-braunschweig.de | Telefon: +49 531 391 8364

## Problemstellung

- LIB (Lithium-Ionen-Batterien) dominieren den Markt im Bereich der Batteriespeichersysteme und der Transaktionsbatterien von Elektrofahrzeugen.
- Durch Fehlbeanspruchung kann ein sich beschleunigender Selbsterwärmungsprozess in der Zelle ausgelöst werden (Thermal Runaway bzw. Thermisches Durchgehen, TR).
- Infolge des TR einer Zelle können auch benachbarte Zellen bis hin zum gesamten Modul/Pack involviert werden (Thermal Propagation, TP).
- Dabei werden Wärme, toxische sowie brennbare Gasen und Rauch freigesetzt.
- Das kann einen Batteriebrand und auch Explosionen zur Folge haben.



## Modellierung

- Wärmefreisetzung durch exotherme Zerfallsreaktionen  $\dot{Q}_{Reac}$ , Joulesche Wärme  $\dot{Q}_{Joul}$  infolge eines internen Kurzschlusses im Zellinnern und Verbrennung der Batteriegase außerhalb des Moduls/Batteriepacks  $\dot{Q}_{Comb}$  [Diaz, 2020]
- Modellierung der elektro-chemischen Vorgänge in der Zelle: komplex/rechenaufwendig, nicht geeignet für Simulation der Brandausbreitung außerhalb großer Module oder Batteriepacks [Hoelle]
- Bestimmung der Anteile von  $\dot{Q}_{Reac}$ ,  $\dot{Q}_{Joul}$  und  $\dot{Q}_{Comb}$  als Quellterme für die Simulation der Branddynamik mithilfe eines Extended Volume Accelerating Rate Calorimeter (EV ARC)
- EV ARC ohne Kanister /Druckbehälter): schrittweise adiabate Erhöhung der Temperatur des Kalorimeters  $T_K$  bis zum Thermal Runaway zur Bestimmung von  $\dot{Q}_{Reac} + \dot{Q}_{Joul}$
- EV ARC mit Kanister: Messung des Drucks während der adiabaten Erwärmung der Zelle und des Thermischen Durchgehens, Quantifizierung des freigesetzten Volumens von Batteriegasen nach Venting
- Simulation der Branddynamik außerhalb der Zelle mittels CFD-Brandsimulation mit dem Fire Dynamics Simulator (FDS) mit Quelltermen für Wärme- und Stofffreisetzung einer Zelle

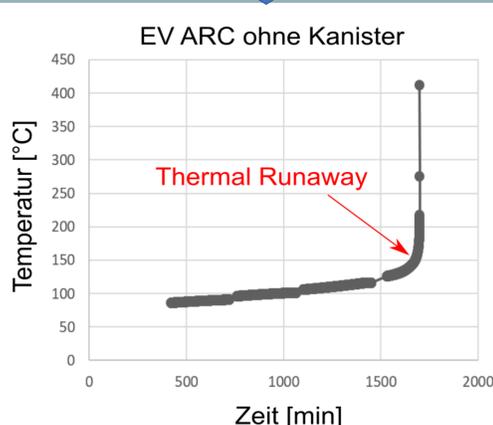


## Wärmefreisetzung einer Zelle (ARC ohne Kanister)

- Wärmefreisetzung:  $\dot{Q} = \dot{Q}_{Reac} + \dot{Q}_{Joul} + \dot{Q}_{Comb}$
- $\dot{Q}_{Reac} + \dot{Q}_{Joul} = \frac{dT_c}{dt} \cdot m_c \cdot c_{p,c} + \dot{Q}_v(t)$  (1)
- Wärmeverluste  $\dot{Q}_v(t)$  ergeben sich beim TR durch schlagartige Temperaturerhöhung der Zelle  $T_c$ , sodass die Temperatur des Kalorimeters  $T_K \neq T_c$
- ToDo: Quantifizierung von  $\dot{Q}_v(t)$

## Stofffreisetzung einer Zelle (ARC mit Kanister)

- Quantifizierung und Qualifizierung der beim Venting ausströmenden Batteriegase, welche außerhalb der Zelle verbrennen können ( $\dot{Q}_{Comb}$ )
- $n_v = \frac{p_v V_v}{RT_v} - \frac{p_0 V_0}{RT_0}$  [Zhao, 2020] mit  $n_v$ ... Stoffmenge der Venting-Gase, Index 0 ... Anfangsbedingungen im Kanister des EV ARC, Index v... Venting
- Qualifizierung der Batteriegase mittels FTIR des EV ARC und GC-MS, typischer Weise CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, Ethylen-, Diethylcarbonat



Gleichung (1)

