



CARISSMA

Automotive Safety Research

# *Wie sicher sind Lithium Batterien - im Haus und Auto?*

*Solarfreunde Moosburg*

Dr. Katja Brade, Prof. Dr. Hans-Georg Schweiger      05.10.2017



- Hohe Energiedichte → 500 km Reichweite möglich ✓
- Hohe Leistungsdichte → Fahrdynamik und Schnellladung ✓
- Hohe Lebensdauer → 15 Jahre möglich ✓

Optimale Batterie für Elektrofahrzeuge ✓

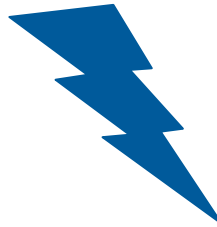
Aber hohes Gefährdungspotential ✗

Wie die Fahrzeugsicherheit gewährleisten ?



## Übertemperatur

- Zelle öffnet und bläst ab
- Freisetzung von Zellmaterial
- Brand durch Elektrolyt



## Überstrom



- Zelle öffnet und bläst ab
- Freisetzung von Zellmaterial
- Brand durch Elektrolyt



## Überladung

- Zelle öffnet und bläst ab
- Freisetzung von Zellmaterial
- Brand durch Elektrolyt oder Elektrode



## Tiefentladung

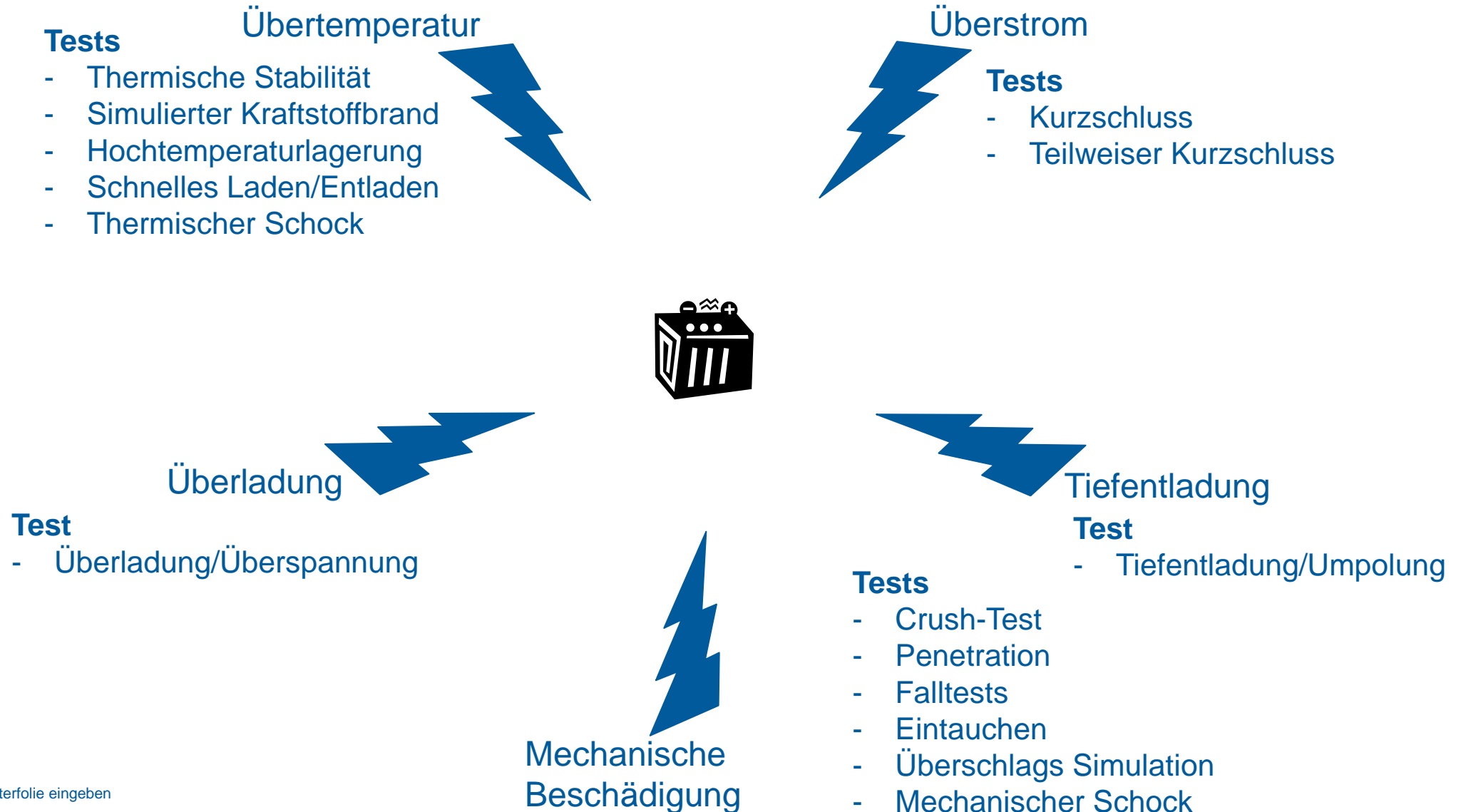
- Zelle beschädigt
- Ggf. interner Kurzschluss nach wiederladen



## Mechanische Beschädigung



- Zelle öffnet und bläst ab
- Freisetzung von Zellmaterial
- Brand durch Elektrolyt



Hazard Level	Beschreibung	Classification Criteria & Effect
0	Kein Effekt	Kein Effekt. Kein Verlust der Funktionalität
1	Passiver Schutz Aktiviert	Kein Defekt; keine Leckage; Kein Abblasen, Feuer, oder Flamme; kein Platzen; keine Explosion; keine exothermische Reaktion oder Thermal Runaway. Reversibler Schaden. Reparatur der Schutzeinrichtung nötig
2	Defekt/ Beschädigung	Keine Leckage; kein Abblasen, Feuer, oder Flamme; kein Platzen; keine Explosion; keine exothermische Reaktion oder Thermal Runaway. Zelle irrevesible beschädigt, Reparatur nötig
3	Leckage $\Delta_{mass} < 50\%$	Kein Abblasen, Feuer, oder Flamme; kein Platzen; keine Explosion. Masseverlust Elektrolyt $< 50\%$ (Elektrolyt = Lösungsmittel + Salz).
4	Leckage $\Delta_{mass} \geq 50\%$	Kein Feuer oder Flamme*; kein Platzen; keine Explosion. Masseverlust Elektrolyt $\geq 50\%$ (Elektrolyt = Lösungsmittel + Salz).
5	Feuer oder Flame	Kein Platzen; keine Explosion(z.B. keine fliegenden Teile).
6	Platzen	Keine Explosion, aber keine fliegenden Teile der Aktivmasse.
7	Explosion	Explosion (i.e. Zelle zerlegt sich).

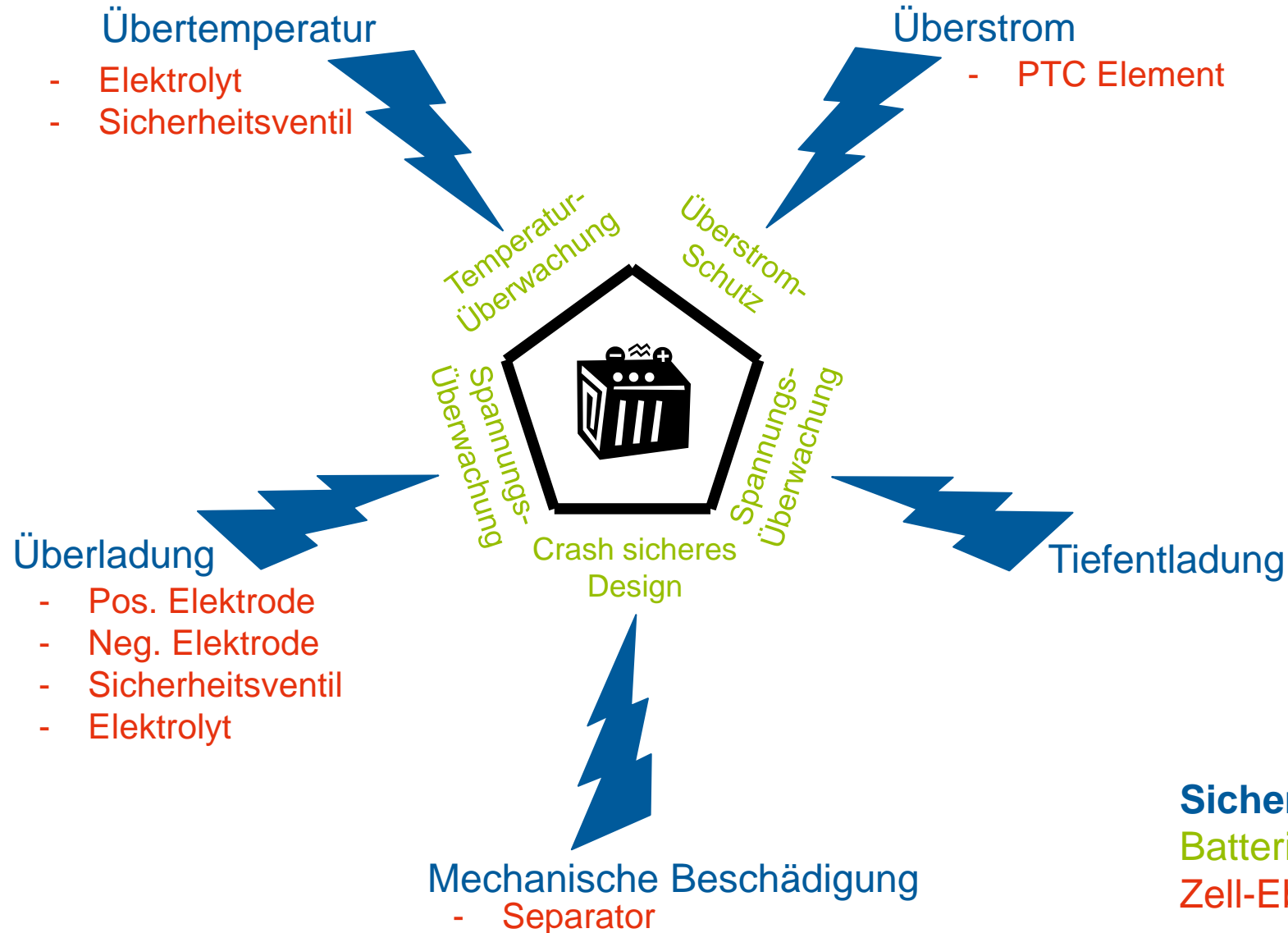


**Hazard level: Maßstab für Batteriegefahren**

**Hohe Gefahr für  
Fahrzeuginsassen**

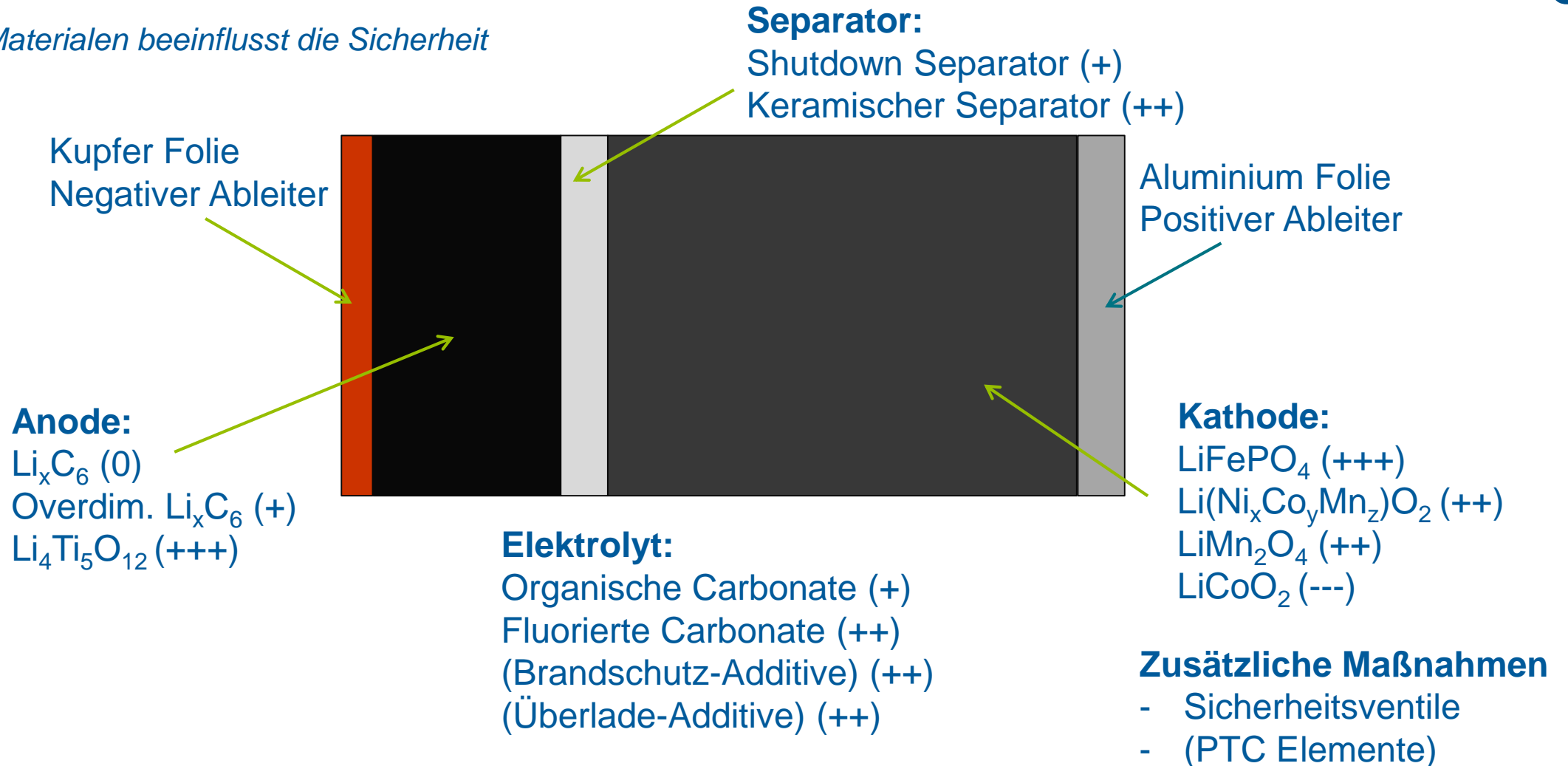
# Wie Fahrzeuginsassen vor Gefahren von Batterien schützen?

Sicherheitsmaßnahmen auf Zell- und Batteriesystemebene



# Sicherheitsmaßnahmen auf Zellebene

Wahl der Materialien beeinflusst die Sicherheit



**Zellmaterialien und Zelldesign  
haben großen Einfluss auf die Sicherheit der Zellen**

# Crush Test Setup

Simuliert einen Fahrzeugcrash im schlimmsten Fall (FreedomCar modifiziert)

## Vorbereitung

- Simuliert den schlimmsten Fall
- Zelle auf maximale Spannung geladen
- Zelle auf maximale Temperatur erwärmt

## Experiment

- Zelle mit bis zu 40 t zusammenpressen
- Funkgenerator läuft
- Aufzeichnen von Video und Thermographie
- Messung der Zellspannung und -Temperatur

## Analyse

- Analyse der Videos
- Einstufung der Ergebnisse nach EUCAR
- Zellspannungs- und Temperaturprofile

## Entsorgung

- Brand Löschen
- Zellen in  $\text{CaCl}_2$ -Lösung deaktivieren

CARISSMA 



Quelle: Rösner



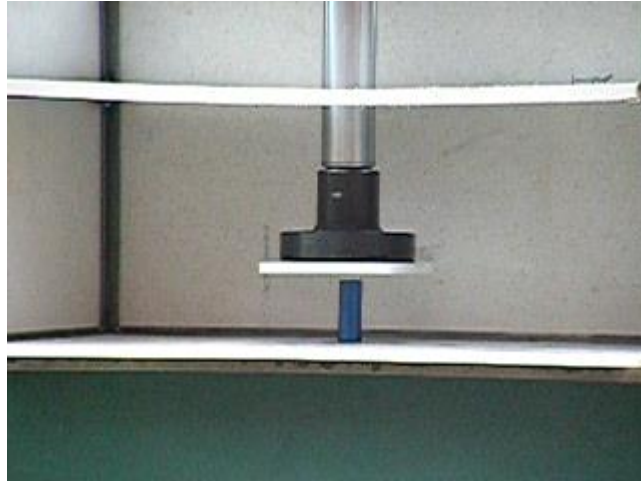
Quelle: Huber



Quelle: FLIR



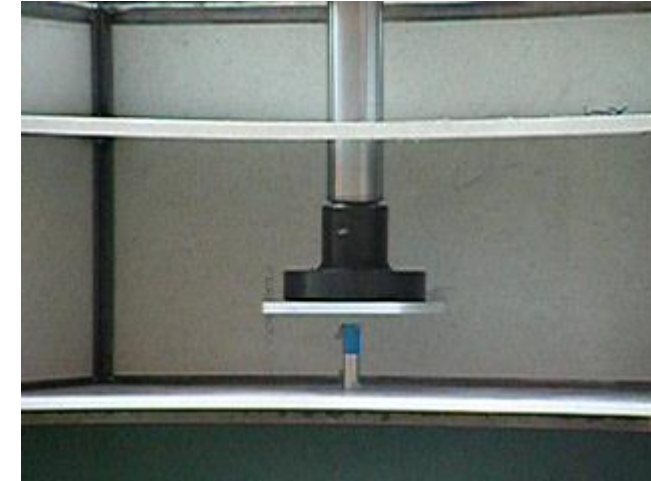
## LiCoO<sub>2</sub> Zelle



- Feuer beobachtet
  - Zelle brennt
  - Fliegende Teile der Aktivmasse
- Hazard level 5-6

 **Großer Einfluss der positiven Elektrode**

## LiFePO<sub>4</sub> Zelle



- Kein Feuer
  - Wenig Rauch beobachtet
  - Keine fliegende Teile der Aktivmasse
- Hazard level 3

 **Gutes Sicherheitsniveau**

# Sicherheitsmaßnahmen auf Systemebene

Wie schützt man vor elektrischen Fehlern?

## BMS = Battery Management System

### Schützt die Batterie vor:

- Überspannung
- Unterspannung
- Übertemperatur

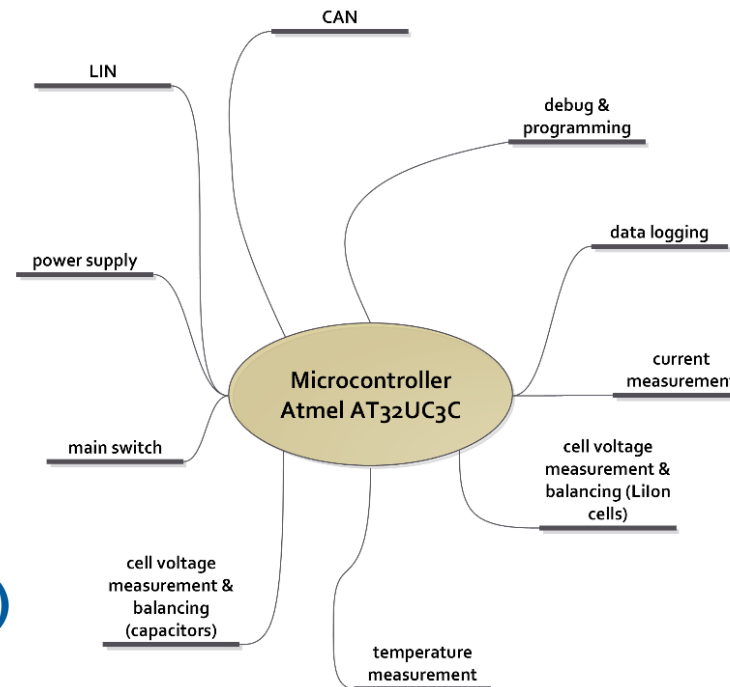
### Bestimmung der Batterieparameter

- SOC, SOH
- Leistungs- und Reichweitenvorhersage

### Datenerfassung:

- Zellspannung
- Systemspannung
- Systemstrom

## BMS steuert Abschaltung (Schütze, Pyrofuse)



CARISSMA 



Quelle: AutoIv

Pyrofuse



**BMS schaltet den Speicher im Fehlerfall ab**

# Überladeversuche: Aufbau

Simuliert den Ausfall des BMS bei einem Fehler im Fahrzeug

## Vorbereitung

- Simuliert den schlimmsten Fall
- Laden der Zellspannung auf max. Spannung
- Zelle auf maximale Temperatur erwärmt

## Experiment

- Laden der Zelle auf  $2 \cdot U_{\max}$
- Laden mit dem Strom den die Zelle aufnimmt

## Analyse

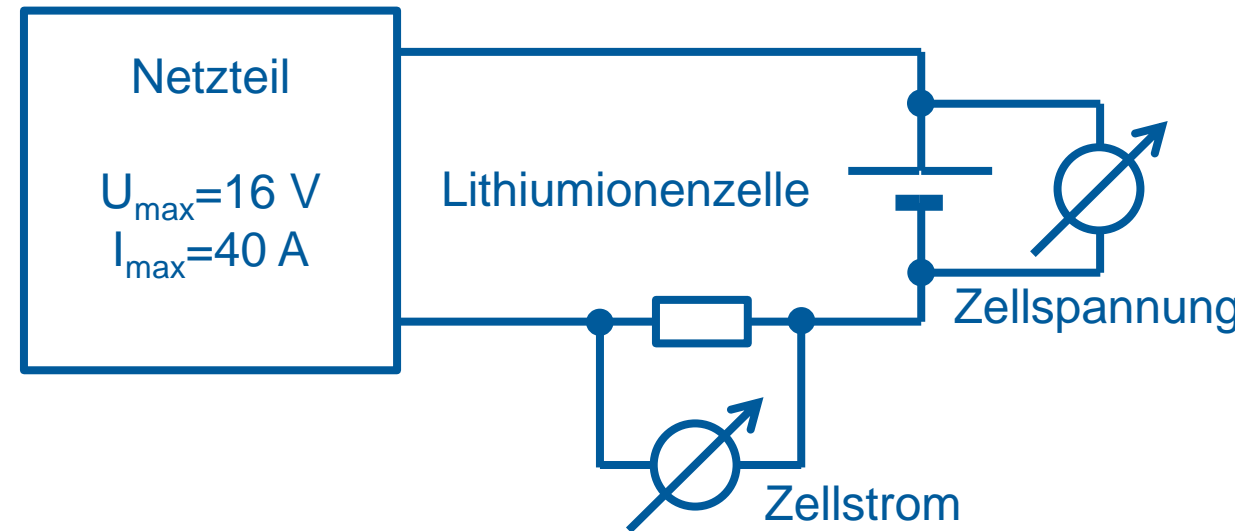
- Analyse der Videos
- Einstufung der Ergebnisse nach EUCAR
- Zellspannungs- und Temperaturprofile

## Entsorgung

- Brand Löschen
- Zellen in  $\text{CaCl}_2$ -Lösung deaktivieren



Quelle: Reichelt



## LiCoO<sub>2</sub> Zelle



- Feuer beobachtet
  - Zelle brennt
  - Fliegende Teile der Aktivmasse
- Hazard level 5-6

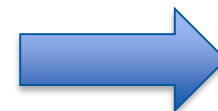


**Großer Einfluss der positiven Elektrode**

## LiFePO<sub>4</sub> Zelle



- Kein Feuer beobachtet
  - Nur Rauch
  - Keine Fliegende Teile der Aktivmasse
- Hazard level 3-4



**Gutes Sicherheitsniveau**

- **Sicherheitsmaßnahmen auf Zell- und Systemebene sorgen für Sicherheit im Fahrzeug**
- **Großer Einfluss der Zellchemie (Kathode) auf die Sicherheit der Zellen**
- **Überladen zerlegt die Zelle → Überladeschutz auf Systemebene**
- **Hohe Sicherheitsniveau kann auch unter extremen Bedingungen erreicht werden**



**Sichere Elektromobilität ist möglich!**

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Haben Sie Fragen?

[1] Daniel H. Doughty and Chris C. Crafts, *SANDIA REPORT SAND2005-3123, FreedomCAR Electrical Energy Storage System Abuse Test Manual for Electric and Hybrid Electric Vehicle Applications*, 2006