



# Besonderheiten und Risiken von Li-Ionen Batterien

Forschungsstelle für Brandschutztechnik

Okt. 2020

Hertzstr. 16  
76187 Karlsruhe  
[www.ffb.kit.edu](http://www.ffb.kit.edu)

Dr. rer.-nat. Dietmar Schelb

# Flyer der BI



Eine **Riesenbatterie**,  
ein sogenannter  
**NETZBOOSTER**,  
soll als **Pilotprojekt**,  
in **Kupferzell**  
gebaut werden!

**Kupferzell**  
Hohenlohekreis  
**k**ein Versuchskaninchen

Energie des geplanten Booster **900t -1800t TNT-Äquivalent**  
Sprengkraft in Beirut von **1350t TNT-Äquivalent**

 **Petition  
online  
Mach mit!** 

**Wir benötigen jede Unterschrift**

**Wir sind keine Versuchskaninchen!  
Wir lehnen den Bau des Netzboosters in Kupferzell ab!**

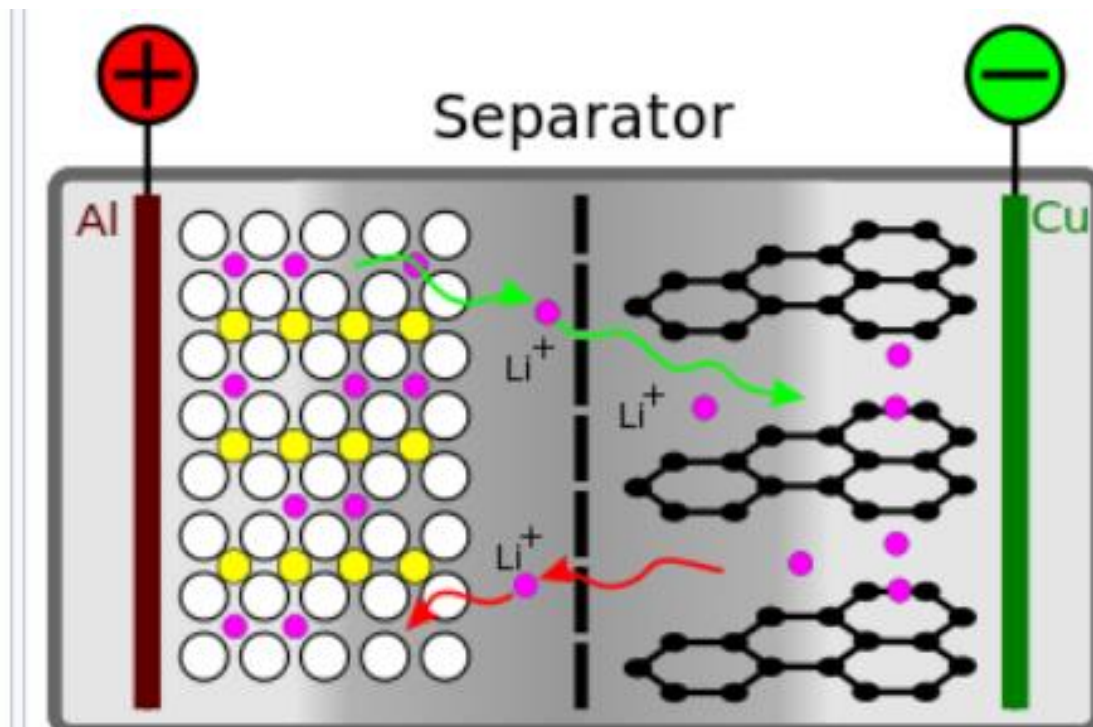


# Themenschwerpunkt



- **Wieso brennen Li-Ionen Batterien?**
- **Anschauungsmaterial zum Brandverhalten (Thermal Runaway)**

# Schematischer Aufbau einer Zelle: NMC, NCA oder sonstwas



*Kathode: Alufolie mit Li-/ Ni-, Mn-/Co-/ Al-Oxidverbindungen*

*Anode: Kupferfolie mit Graphit*

*Elektrolyt: Wasserfreie Kohlenwasserstoffverbindungen*

*Leitsalz:  $\text{LiPF}_6$*

*Separator: Dünnes Polymer oder keramisch*

Quelle: WIKIPEDIA



# Li-Ionen Akkus: Drei Zelltypen

*Vom Knallfrosch zum Kanonenschlag*



*Zylindrische 18650 (rechts)  
im Vergleich zu einer AA-Zelle  
(z.B. in E-Bike, Laptop, Tesla)*



*Pouchzelle neu (z. B. Mobiltelefon,  
Modellbau, PKW)*



*Prismatische Zelle mit festem  
Gehäuse  
(z.B. in PKW,  
Solarstromspeicher)*

*Alle Bilder aus WIKIPEDIA*

# Zum Einstieg I: Thermal Runaway „draußen“



# Zum Einstieg III



# Zelltypen jeweils ca. 3,5-4 V



*Prismatische Zelle mit festem Gehäuse außen  
(z.B. in PKW, Solarstromspeicher)*



*Pouchzelle neu (z. B. Mobiltelefon, Laptop, Modellbau, PKW)*



*Pouchzelle gealtert*



*Zylindrische 18650 (rechts) im Vergleich zu einer AA-Zelle (z.B. in E-Bike, Laptop, Tesla)*

*Alle Bilder aus WIKIPEDIA*



**Modul= seriell und / oder parallel verbundene Zellen**



**z. B. aus 18650er Zellen**

z.B. Tesla Batterie: rund 10000 Zellen in x Modulen

***Ein Modul hat typischerweise Spannung <60V***



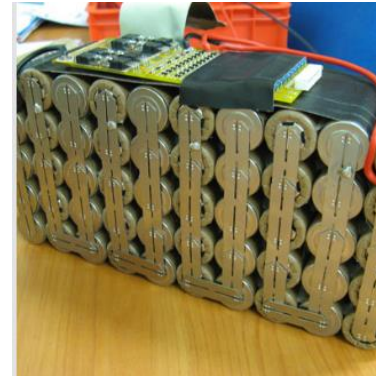
***Quelle: Wikipedia***

# Second life für Heimspeicher



PKW 80% Reichweite, dann second life  
Viele Forschungsmillionen geflossen

**Interne Projektbezeichnung:  
Wir machen Schrott wieder flott!**



**Quelle: Wikipedia**

# Typische Batterie eines E-Fahrzeuges 400-800V



- 10 – 40 Module (hier aus prismatischen Zellen) < 60V
- Baulicher Schutz gegen äußere Kräfte = Tragender Teil der Karosserie
- Heiz-, Kühlsystem (T der Zelle ca. zw. 5 und 40°C)
- Thermischer Schutz gegen ECE R100Test

**Bild : Quelle VDA**



# Li-Ionen-Batterien: Exklusive Eigenschaften

## 1. Brennbarer Elektrolyt (z.B. Ethylen-/Methylencarbonat)

## 2. Giftige Inhaltsstoffe: $\text{LiPF}_6$ , kanzerogene Elektrolyte, Schwermetalle

Bildung u.a. von HF (20-200gr HF /kWh) bei Kontakt mit Wasser. WGK 3!

## 3. Kathode kann sich exotherm zersetzen

Kann bei Erhitzung Sauerstoff und Wärme freisetzen, je nach Kathodenmaterial.  
**Je höher der Ladezustand (SOC) der Batterie desto heftiger die Reaktion.**

## 4. Erlaubter Betriebsbereich ( $U_{\min}$ - $U_{\max}$ , $T_{\min}$ - $T_{\max}$ )

Hat eine Zelle diesen Bereich (z.B. durch Tiefentladung, Überhitzung) verlassen, muss sie dauerhaft deaktiviert werden

## 5. BMS / Ladeüberwachung

Sorgt für Einhaltung des Betriebsbereichs

## 6. Kühlsystem bei großen Batterien (PKW, kommerzielle Stromspeicher)

Bei Undichtigkeiten kann die Zelle beschädigt werden

# ECE R100 / Korea Test für Zulassung nötig



*Thermischer Schutz der Batterie nötig, damit von außen nicht zu schnell und nicht zuviel Wärme ins Innere fließt.*

*Nachteil: Was im Innern der Batterie passiert, dringt nur sehr langsam nach außen*

# Transportbox f. Batterien bis ca. 90kWh



# Li-Ionen-Batterien: Brandursachen (SOC >>0%)



- Beflammung / Brand (von außen) = Anzünden
- Überladung (bei defektem BMS in Kombination mit billigen Zellen)
- Laden einer defekten Batterie nach Tiefentladung (Betriebsanleitung beachten: keine hohen/tiefen Temperaturen in Garage und regelmäßig aufladen)
- Kurzschluss (z. B. durch mechanische Deformation / Durchdringung/Leck im Kühlsystem)
- Innerer Zelldefekt - bei der QS nicht erkannt

# Löschen



- Die Zellen müssen soweit gekühlt werden, dass der exotherme Zerfall der Kathoden unterbrochen wird
- aber: Wasser gelangt von außen i.d.R. nicht zur Zelle
- Sauerstoffzufuhr unterbrechen (Metallbrandpulver, CO<sub>2</sub>, Halon) schwächt den Brand ab, löscht aber nicht



# „Neues“ zum Thema Löschen



Alles Wichtige auf einen Blick für Sie zusammengestellt!



## E-Löschlanze

### ZUM SCHNELLEN UND EFFIZIENTEN LÖSCHEN VON BATTERIE-BRÄNDEN

Mit unserer E-Löschlanze können Brände von Lithium-Ionen-Akkus bei Kraftfahrzeugen schnell und effizient und mit einer überschaubaren Wassermenge gelöscht werden.

>> [MEHR ERFAHREN UNTER WWW.E-LOESCHLANZE.DE](http://WWW.E-LOESCHLANZE.DE)

#### Diese Seite verwendet Cookies

Cookies erleichtern die Bereitstellung unserer Dienste. Wir nutzen Cookies, um die Nutzung

Zitat:

*Die E-Löschlanze wird an einer passenden Stelle in die Batterie eingebracht und der Brand in den Zellen direkt durch das eintretende Wasser ...*

# Li-Ionen-Batterien: Konzepte für die FW

Diesen Artikel finden Sie unter: <http://www.noz.de/artikel/844646>

Veröffentlicht am: 02.02.2017 um 13:03 Uhr

*Löschen von Bränden in E-Autos*

## Delmenhorster Firma präsentiert innovativen Lösch-Container

von Frederik Grabbe



Delmenhorst. Mit der Verbreitung von E-Autos und Hybridfahrzeugen steigen auch die Gefahren durch Batterie-Brände. Ein Delmenhorster Unternehmen hat vor Rettungskräften nun einen vielversprechenden Lösungsansatz vorgestellt: Autos werden künftig in einer „Wanne“ gelöscht.

# Zusammenfassung



- Li-Ionen Batterien sind potentielle Brandherde
- Beschädigte Batterien können noch Stunden „ruhig bleiben“, sie können aber auch zwischen Ereignissen nach außen hin abkühlen
- **Einer beschädigten Batterie ist es nicht anzusehen, ob bzw. wann bzw. wie heftig sie durchgeht**
- Je höher der Ladezustand (SOC), desto kritischer => Eine entladene Batterie ist unkritisch
- Je höher die spez. Energiedichte (Wh/kg), desto kritischer i.d.R.
- **Im Brandfall aggressives, toxisches Rauchgas - wie beim konventionellen PKW** (z.B. 1,5kg HF vs. 0.6kg, je 2kg HCl, je >100gr HCN) [A. Lecocq et al., Ineris]
- Löschwasser kann z. B. Leitsalz mit WGK 3 enthalten
- Abtransport ohne spezielle Transportbox kritisch (Abschlepper!)

# Diverses 1: Brandlast Pi mal Daumen bei E-Mobilität



Brennbare Stoffe: 10-20 Gew.% Elektrolyt (in Zelle!), 15-35% Graphit

**Pro kWh<sub>el</sub> => Brandlast 0,5-2l Benzin** (Ergebnis von Messungen in Norwegen 2018)  
(ebenfalls 20-200gr HF / kWh)

Heute: 700kg Batterie mit 110kWh entspricht rund 55 - 220Liter Benzin

*Aber: Der Heizwert eines E-Fahrzeugs ist praktisch identisch zum „normalen“ Fahrzeug, da ca. 80% der Gesamtlast von Kunststoffen herrühren*

# Weiterführende Literatur



- vfdb Zeitschrift 1/**2015**: Realbrandversuche zum sicheren Transport...
- BrandSchutz 1/**2015**: Gefahren durch sekundäre Li-Ionen-Batterien
- [www.dke.de/resource/blob/933404/fa7a24099c84ef613d8e7afd2c860a39/kompendium-li-ionen-batterien-data.pdf](http://www.dke.de/resource/blob/933404/fa7a24099c84ef613d8e7afd2c860a39/kompendium-li-ionen-batterien-data.pdf)
- Merkblatt Solarspeicher [http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/BSW\\_Merkbl\\_A5\\_2014-ohnePasser.pdf](http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/BSW_Merkbl_A5_2014-ohnePasser.pdf)
- IMK Forschungsbericht Nr. 175 auf der Homepage der FFB
- AGBF Bund 2018 Risikoeinschätzung Li-Ionen Speicher
- VDA Unfallhilfe & Bergen bei Fahrzeugen mit Hochvolt-Systemen, 12. Juli **2017**
- A. Lecocq et al. Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an ice vehicle. 2. Int. Conference on Fires In Vehicles - FIVE 2012. SP Tech. Research Inst. of Sweden- Boras pp. 183-194, **2012**
- B. Truchot et al. An experimental evaluation of toxic gas emissions from vehicle fires. *Fire Safety Journal* 97, pp. 111-118, **2018**
- Larsson et al Lithium-ion batteries in vehicles - risk analysis... Brandposten, #58, **2018**