

Lithium-Ionen-Batterien - Chancen und Herausforderungen

Dr.-Ing. Ralf Benger
Forschungszentrum Energiespeichertechnologien

Unternehmergespräche Energie
Goslar
20.02.2020



Agenda

- Motivation und Hintergrund
- Grundlagen der Lithium-Ionen-Batterien
- Wann kommt die Superbatterie?
- Fehlerfälle von Lithium-Ionen-Batterien
- Fehlerursachen
- Sicherheitskonzepte
- Zusammenfassung



Motivation

- Die Lithium-Ionen-Batterie findet in einer Vielzahl von Produkten Anwendung

- „Mobil und wiederaufladbar“
 - Handys, Tablets, Laptops, Power-Tools
- E-Mobilität



<https://www.eu9.com/wp-content/uploads/Stihl-MSA-200-C-BQ-Carving-Akku-Kettensaege-Motorsaege-Lithium-Ion-PRO-EU9-1200.jpg>

fahrzeuge

, Homespeicher



<http://www.natureenergieladen.de/images/nw01325.jpg>

<https://www.volkswagen-1110&q=65&w=940&sr=cae2ddf44f1e0d874f3226492a0dc3a3https://d3hevzkr7f3be-cdn-front.net/ig/vw-cs3-phints-AmBVa.fullhttps://image.jimcdn.com/app/cms/image/transf/none/path/se0529733762b573b/image/ie44542797d20a120/version/1455698456/image.jpg>



Größenordnungen

- Hörgerät 0,4 Wh (1,4V, 300mAh)
- Handy 6 Wh
- Akkuschrauber 90 Wh
- Starterbatterie 1,2 kWh
- Hybridbatterie 1-5 kWh
- Homespeicher 10 kWh
- EV-Batterie 40 kWh
- Power Quality 100 kWh
- USV-Anlage (Telekom) 1 MWh
- Primärregelleistung 10 MWh
- Speicher für Erneuerbare Energien 100 MWh
- Zukünftig? X GWh



[Steag, autocar.co.uk, VoltStorage, vergleich.org]

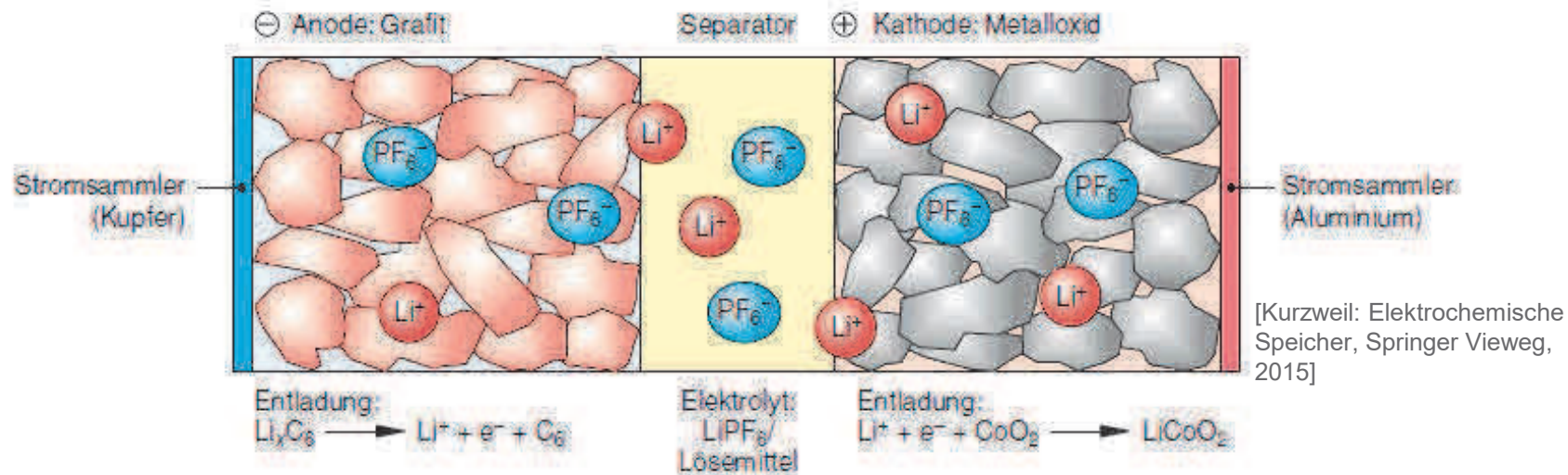


Was macht Lithium-Ionen-Batterien so interessant?

- Lithium ist das leichteste aller Metalle ($0,5\text{g/cm}^{-3}$) und hat ein hohes Normalpotential von etwa -3V .
- Durch die Verwendung sogenannter Interkalationselektroden lassen sich unterschiedlichste Materialkombination realisieren.
- Das Lithium selbst ist dabei nicht Aktivmaterial, sondern wird lediglich als Ion zwischen den Wirtsmaterialien von Anode und Kathode transportiert.



Prinzip



- Graphit
- Lithiumtitanat (LTO)
- C/Silizium Composite
- Metallisches Lithium
- Organische Elektrolyte (EC, DMC u.a.) mit Leitsalz + Additiven
- NCA
- LCO
- NMC
- LFP



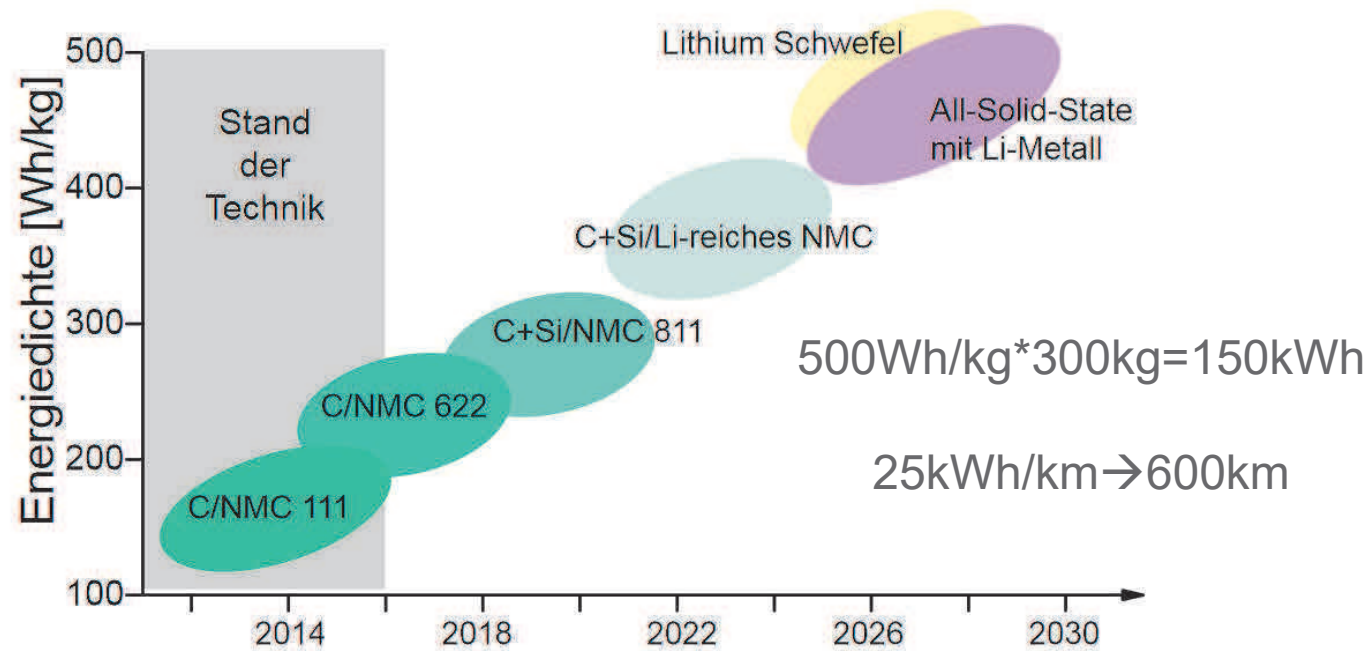
Aufbau von Lithium-Ionen-Zellen

	Zylindrisch (Hardcase)	Pouch Cell (Softpack)	Prismatisch (Hardcase)
Consumer 	 2 Ah	 1 Ah	 1 Ah
Automotive 	 6 Ah	 45 Ah	 60 Ah

[Kurzweil: Elektrochemische Speicher, Springer Vieweg, 2015, DOI 10.1007/978-3-658-10900-4]



Stand der Technik und zukünftige Entwicklung



[Korthauer, R.: Handbuch Lithium-Ionen-Batterien. Springer, 2013]



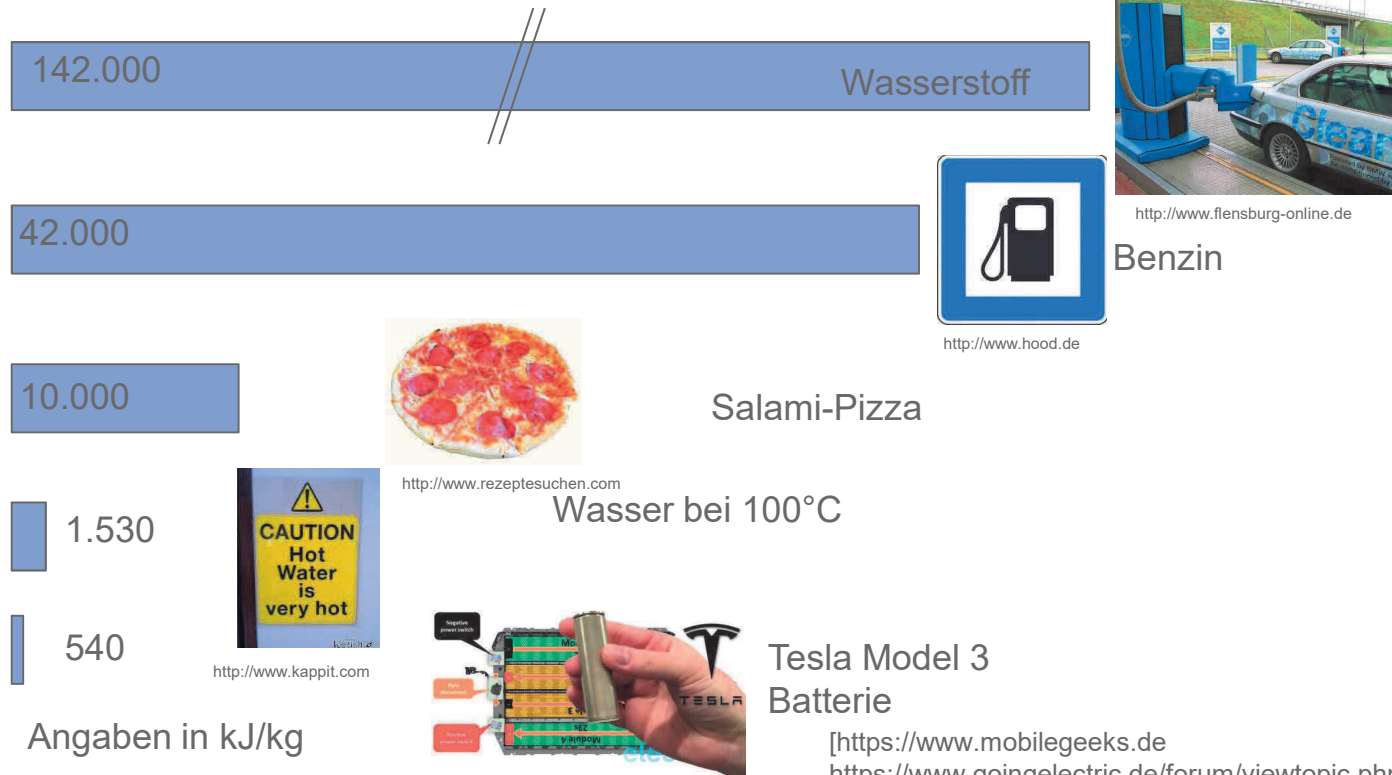
Wann kommt die Superbatterie?

The screenshot shows a news article from Solarserver. At the top, there is a navigation bar with the Solarserver logo and the tagline 'Das Internetpo'. Below the navigation bar, the article title is 'US-Forscher entwickeln betankbare Batterie für 2.000 km Reichweite'. The date is '19.02.2019' and the categories are 'Archiv / Photovoltaik / Speicher / Top Solar News'. The main image shows two men in a laboratory setting working with a large piece of equipment, identified as a flow battery. Below the image, there is a caption: 'Eric Naumann testet mit Kollegem die neue Flow-Batterie, die Autos 2.000 Kilometer weit tragen soll. Foto: Lyna Landis, Purdue Research Foundation'. At the bottom of the article preview, there is a summary: 'Mit einer neuartigen Durchflussbatterie wollen Wissenschaftler der Purdue-Universität lange Ladezeiten abschaffen. Die Elektrolyte sind tankbar und können durch Photovoltaik und andere regenerative Energien geladen werden.'

Solarserver.de



Spezifischer Brennwert im Vergleich



Angaben in kJ/kg



Wann kommt die Superbatterie?

- Theoretische spezifische Energiedichten von
 - Lithium-Schwefel-Batterien: 2,5 kWh/kg
 - Lithium-Luft: 11 kWh/kg
 - Feststoffbatterien: 11 kWh/kg



Wann kommt die Superbatterie?

- Realistisch erreichbare spezifische Energiedichten von
 - Lithium-Schwefel-Batterien: 700 Wh/kg
 - Lithium-Luft: 1000 Wh/kg
 - Feststoffbatterien: 450 Wh/kg
 - und viele unbeantwortete Fragestellungen....

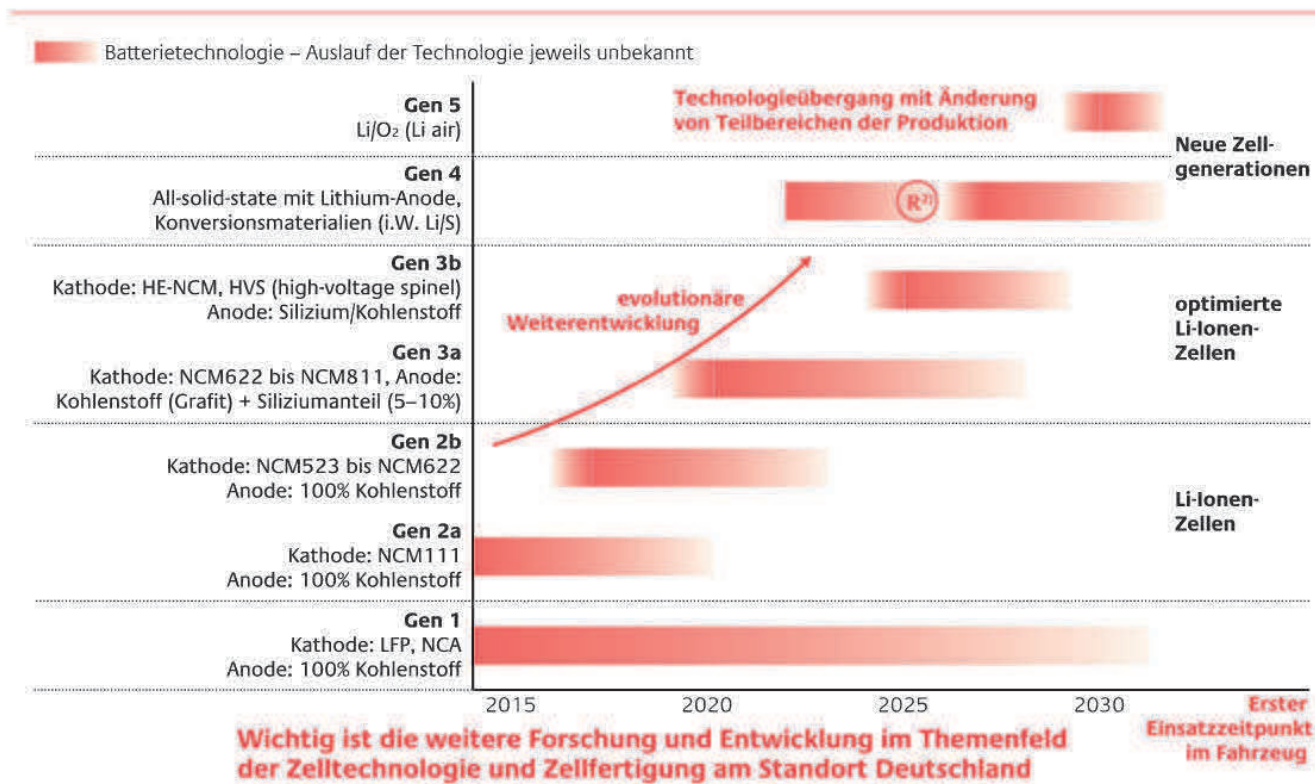


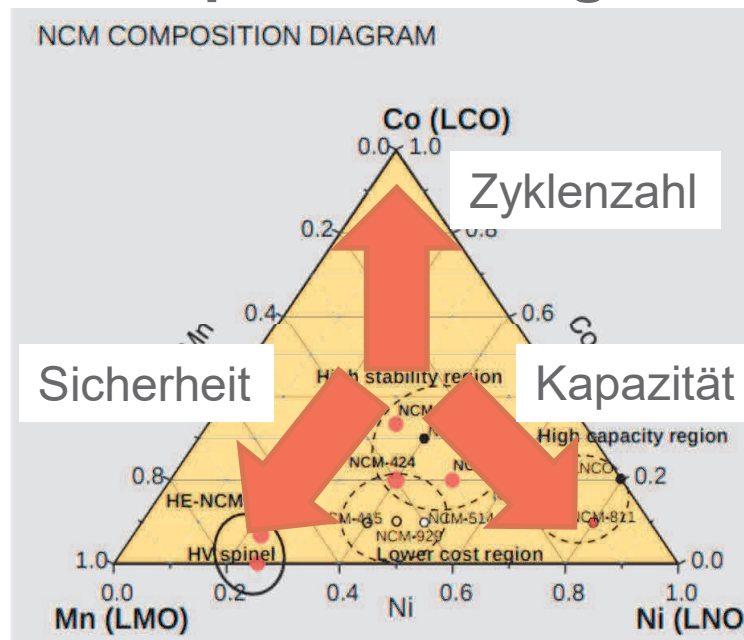
Abbildung 8:
Entwicklung
Roadmap Zell-
technologie
2015 bis 2030¹⁾

[http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG2_Roadmap_Zellfertigung_final_bf.pdf, 2015]



Wann kommt die Superbatterie? - Zukünftige Entwicklungen NCM Composition Diagram

1 State-of-the-art	NCM 111: $Li_{1+x}(Ni_{0.33}Co_{0.33}Mn_{0.33})_{1-x}O_2$ Discharge Capacity: 154 Ah/kg @ 0.1C
	NCM 523: $Li_{1+x}(Ni_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3})_{1-x}O_2$ Discharge Capacity: 164 Ah/kg @ 0.1C
	NCM 424: $Li_{1+x}(Ni_{0.4}Co_{0.2}Mn_{0.4})_{1-x}O_2$ Discharge Capacity: 155 Ah/kg @ 0.1C
2 Hi Nickel	NCM 622 Discharge Capacity: 178 Ah/kg @ 0.1C
	NCM 811 and others Discharge Capacity: >185 Ah/kg @ 0.1C
3 Mn rich	HE-NCM: Discharge Capacity: 260 Ah/kg @ 0.1C
	HV-Spinel: Discharge Capacity: 140 Ah/kg @ 1C



[<https://cleantechnica.com/2018/03/04/exciting-developments-nmc-811-lithium-battery-technology/>]

- ...aber die höhere Energiedichte bringt Gefahren mit sich:



Dr.-Ing. Ralf Benger, LIB – Chancen und Herausforderungen



Unternehmergespräche Energie, 20.02.2020



Bekannte Fehlerfälle

- Luftfahrt
 - Cargo
 - Boing DreamLiner
- Handy :
- Samsung Galaxy Note S
- Elektrofahrzeug
 - Tesla Model S



27.06.2018

Quelle :

<https://www.dpa.com/mediacenter/44206/2018/09/11/tesla-model-s-2018-09-11-450318.jpg>
<https://www.dpa.com/mediacenter/44206/2018/09/11/tesla-model-s-2018-09-11-450318.jpg>
<https://www.dpa.com/mediacenter/44206/2018/09/11/tesla-model-s-2018-09-11-450318.jpg>
<https://www.dpa.com/mediacenter/44206/2018/09/11/tesla-model-s-2018-09-11-450318.jpg>



Aktuelle Fehlerfälle

- Brandschutzlager verhindert Lithium-Großbrand – B&I Betriebstechnik und Instandhaltung 17.01.2019
- Akku von Elektrofahrrad explodiert: Feuer am Kirchheimer Schwimmbad - HNA 04.07.18
- Weitere Tesla Batterie fing Stunden nach Unfall Feuer – heise online 27.06.2018



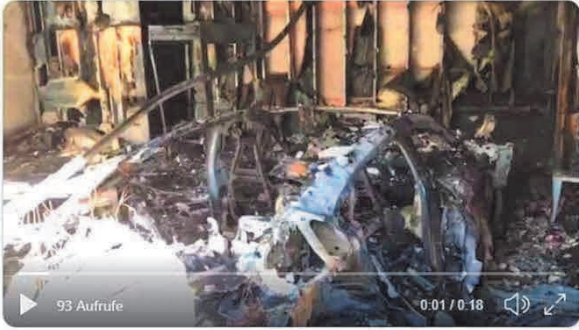
<http://www.kn-online.de/Nachrichten/Panorama/E-Bike-Akku-explodiert-Brand-in-Parkhaus>



Nachrichten > Finanzen > Börse > Aktien > Taycan: Porsches E-Auto-Hoffnung brennt in Garage völlig aus

Ursache unklar
Peinlich für Porsche: „Tesla-Killer“ Taycan brennt in Garage völlig aus

teilen Pocket



Startseite
Teilen
E-Mail
Kommentare
Mehr

93 Aufrufe 0:01 / 0:18

Screenfoto von Twitter

Dienstag, 18.02.2020, 18:11

Mit dem Taycan ist Porsche gegen den Elektroauto-Pionier Tesla in die Offensive gegangen. Nun aber brannte einer der Stromer aus - wie Tesla-Fahrzeuge zuvor. Für den „Tesla-Killer“ ist das ein weiterer Rückschlag.

https://www.focus.de/finanzen/boerse/aktien/ursache-unklar-peinlich-fuer-porsche-tesla-killer-taycan-brennt-aus_id_11678714.html



Aktuelle Fehlerfälle

- und was die Presse daraus macht:

Elektro-LKW fängt auf A2 bei Irxleben Feuer – Kran im Einsatz

IRXLEBEN. Ein Sattelzug ist am Montag zwischen Magdeburg und Braunschweig in Brand geraten. Die Bergungsarbeiten stellen die Einsatzkräfte vor große Probleme.

Matthias Strauß
18.02.2020 - 11:28 Uhr



Ein Sattelzug sorgte am Montag für ein Verkehrschaos auf der Autobahn 2 zwischen Magdeburg und Braunschweig, nachdem der rechte Reifen seines Aufliegers platze und Feuer fing.
Foto: Matthias Strauß

[<https://www.braunschweiger-zeitung.de/region/article216698037/Elektro-LKW-faengt-auf-A2-bei-Irxleben-Feuer-Kran-im-Einsatz.html>]

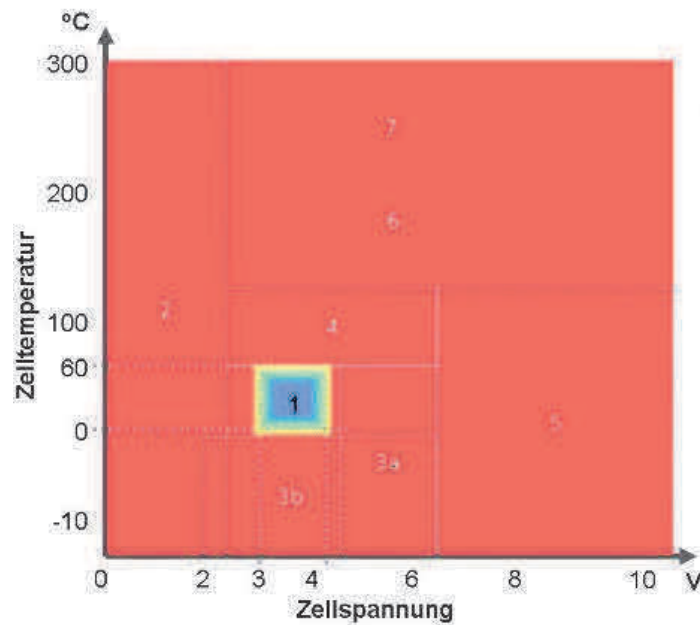


Plusminus vom 20.03.2019





■ Was ist eigentlich das Problem?



1. Betriebsfenster, sicherer Arbeitsbereich
2. Auflösung Anoden-Kupfer
3. a) Li-Plating beim Überladen
b) Li-Plating bei Tieftemperatur-Laden
4. Möglicher Defekt der SEI-Schicht bei Grafitanoden, Gasdruck steigt, evtl. langsamer Thermal Runaway..
5. Temperatur steigt, Ausgasen, Brand,...
6. Ausgasen, Separator schmilzt, Brand,...
7. Thermal Runaway, Brand, Sauerstoff aus Oxiden wird freigesetzt und fördert das Brandverhalten



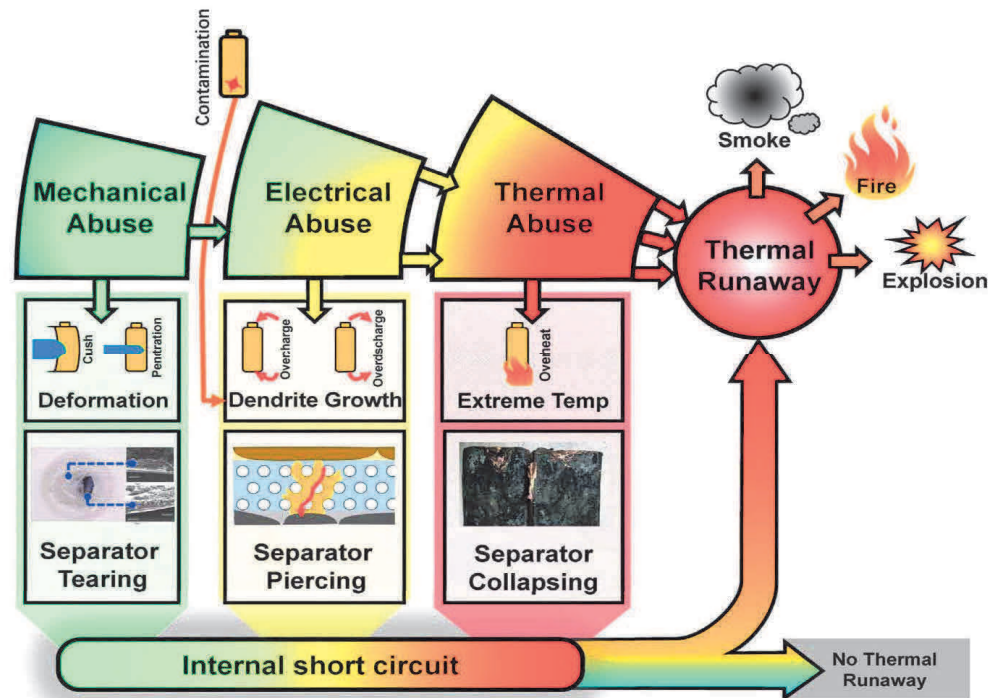
Fehlerursachen

- Schlechte Fertigungsqualität / Konstruktionsmängel
 - Separatorqualität mangelhaft oder nach Verbau mechanisch geschwächt
 - Verunreinigungen in den Aktivmaterialien
 - Elektroden unbalanciert, SEI-Schicht mangelhaft ausgebildet
 - Sicherheitsmechanismen werden unwirksam

- Falsche Betriebsführung
 - Betrieb außerhalb der spezifizierten Betriebsbedingungen
 - Mangelhafte Überwachung kritischer Parameter (keine Redundanz)
 - Mangelnder mechanischer Schutz
 - Unzureichendes Kühlkonzept (für Systemebene)



Fehlerfälle von Lithium-Ionen-Batterien



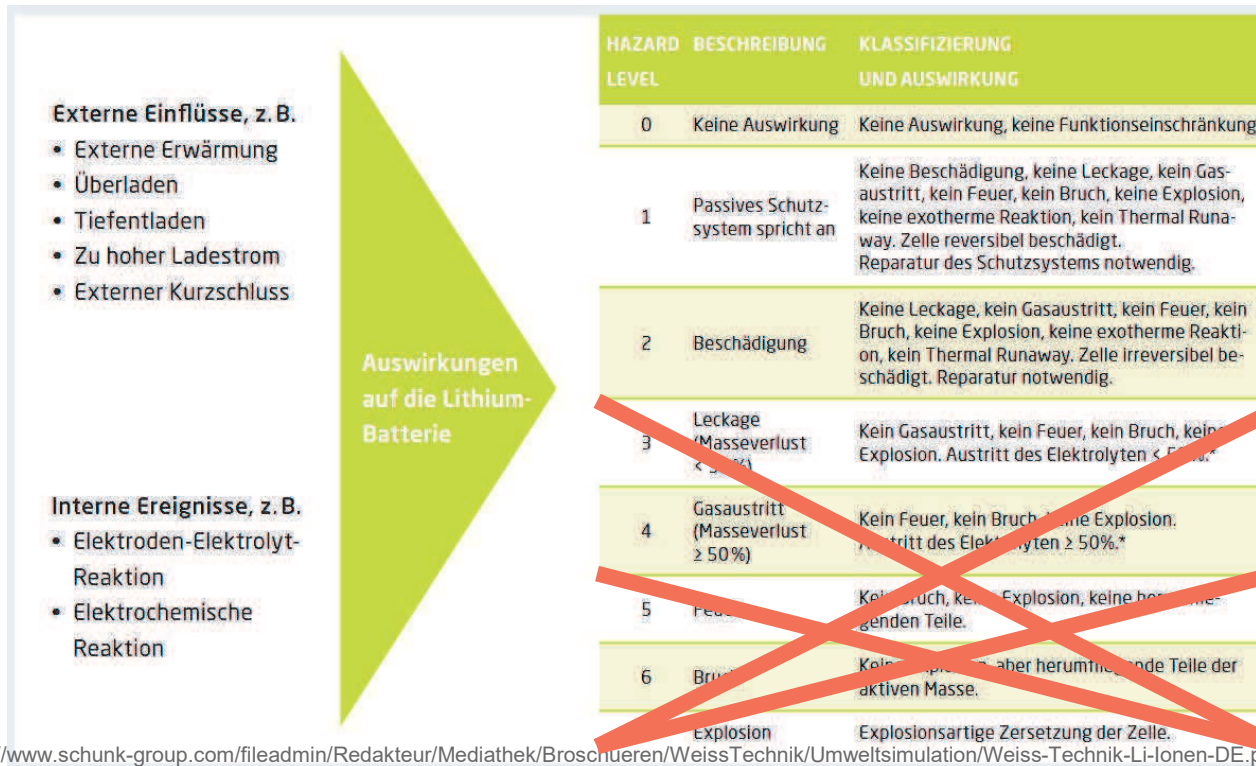
[Feng et al: Thermal runaway mechanism of lithium ion battery for electric vehicles: A review, Energy Storage Materials 10, 2018]

Dr.-Ing. Ralf Benger, LIB – Chancen und Herausforderungen

Unternehmergespräche Energie, 20.02.2020



Klassifizierung nach „Hazard Levels“

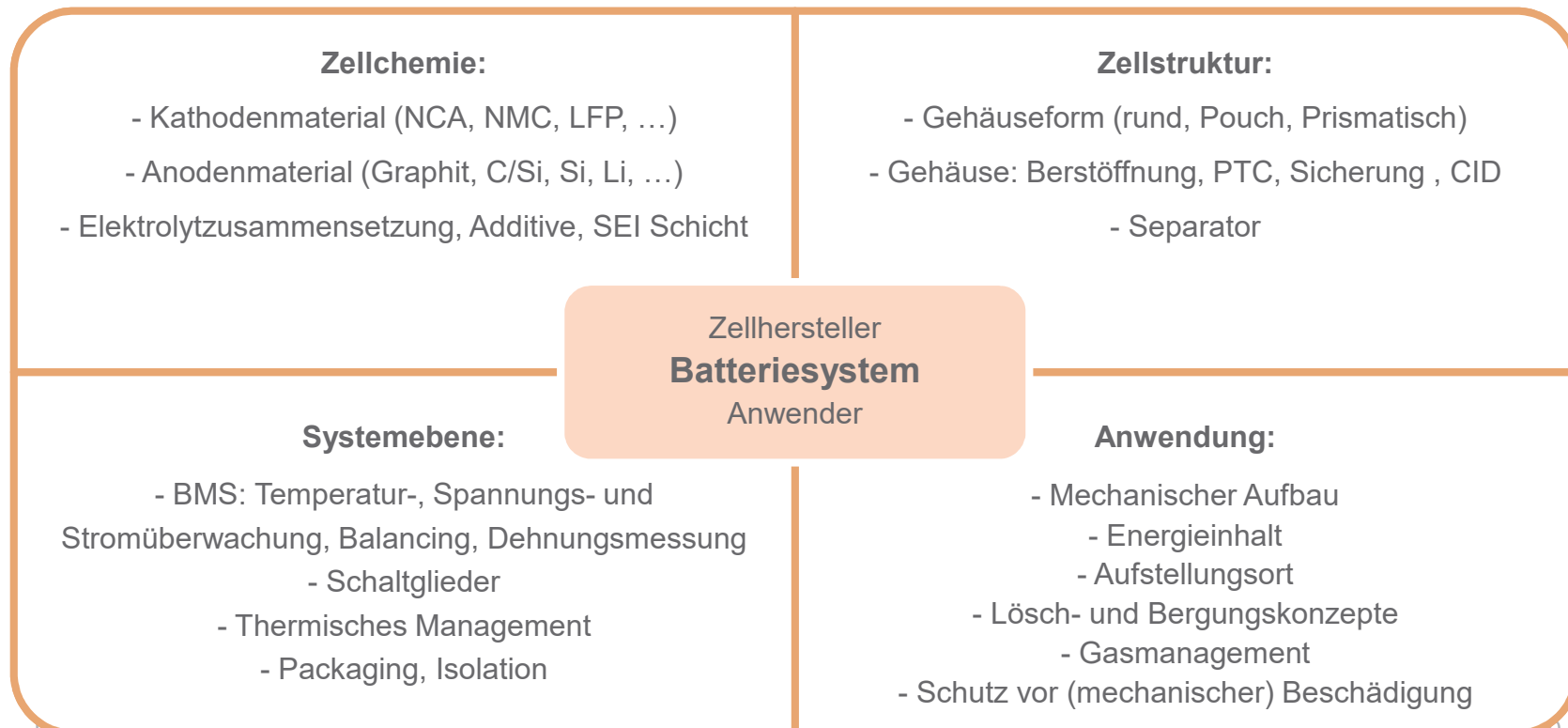


[https://www.schunk-group.com/fileadmin/Redakteur/Mediathek/Broschueren/WeissTechnik/Umweltsimulation/Weiss-Technik-Li-Ionen-DE.pdf, Download am 21.03.2019]

- Und was kann man dagegen machen?



Ebenen der Batteriesicherheit



[Eigene Darstellung in Anlehnung an Schuldt: Sicherheitsaspekte im Umgang mit Li-Ionen Batterien, 2017]



Ebenen der Batteriesicherheit

- 3-Level-Konzept:
 - 1. (Früh-)Erkennen unzulässiger Batterie- und Betriebsparameter → redundant (diversitäres) BMS mit Zustandsbeobachter
 - 2. Sicheres Trennen (Sicherungen, Schütze) im Fehlerfall
 - 3. Konstruktive Maßnahmen:
 - Housing als Teil des Brandschutzes
 - Gaskanäle / Berstventile
 - Löscheinrichtung



Zusammenfassung

- Weltweit >1 Milliarde Zellen in der Verwendung!
- Lithium-Ionen-Batterien sind relativ sicher,

jedoch sind die Auswirkung eines Fehlers erheblich. Deshalb

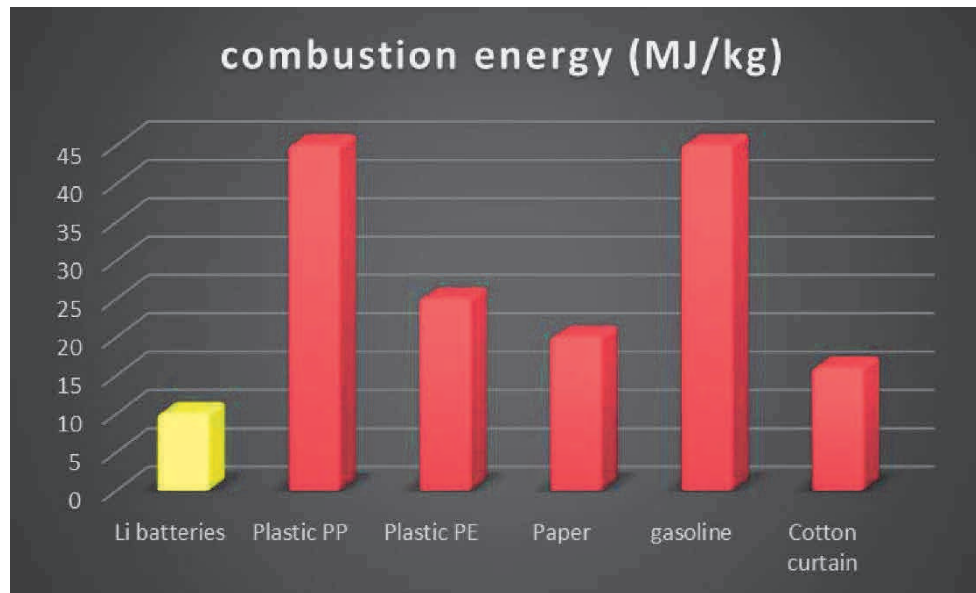
- nur hochwertige Zellen verwenden
- Betriebsbedingungen einhalten, nur abgestimmte Ladetechnik verwenden
- Lagerung bei kleinen Temperaturen, kleinem Ladezustand (Laden aber bei Raumtemperatur)
- keine beschädigten Zellen verwenden, Vorsicht beim Transport
- größte Sorgfalt bei der Batteriekonfiguration!!

(eine Batterie ist mehr als die bloße Zusammenschaltung von Zellen)

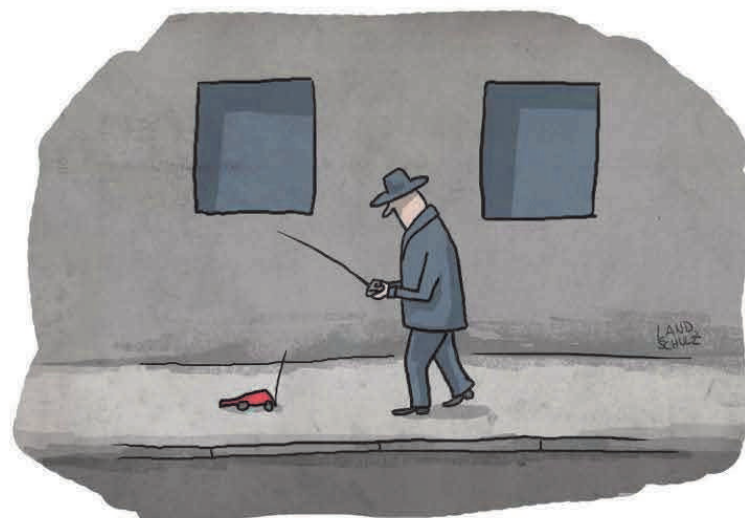
- Bei Unsicherheit oder Fragestellungen: das EST kontaktieren und sich an den Batteriesicherheitscampus wenden!!



Die Lithium-Ionen-Technologie - Ein Sicherheitsrisiko?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Günter fühlte sich nicht nur moralisch, sondern auch körperlich besser, seit er mit seinem Elektroauto zur Arbeit fuhr.

Kontakt
Dr.-Ing. Ralf Benger
Mail: ralf.benger@tu-clausthal.de
Tel: 05321- 3816 8067