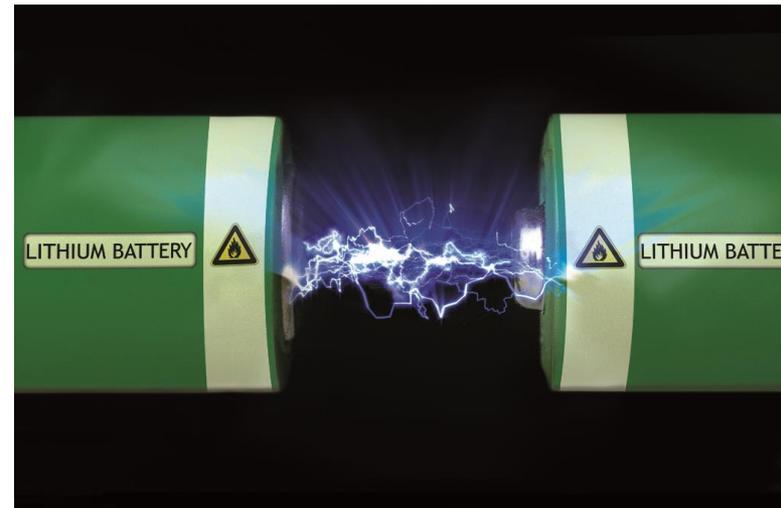


# Lithiumbatterien

## Risiken & Brandgefahren

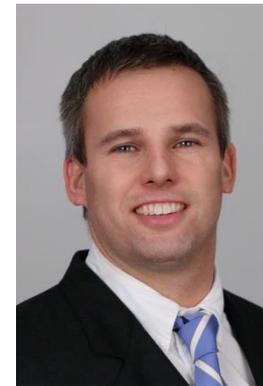


## Risk Experts

Risiko Engineering GmbH  
Schottenring 35  
A - 1100 Wien

[www.riskexperts.at](http://www.riskexperts.at)

## DI Markus FELLNER, MSc Sachverständiger Brandursachen



E-Mail: [m.fellner@riskexperts.at](mailto:m.fellner@riskexperts.at)

- ➔ Risk Engineering & Risk Survey
- ➔ Consulting & Services
- ➔ Schadenmanagement
- ➔ Risk Experts Academy

- ➔ Sachverständigenleistungen
- ➔ Wertermittlung
- ➔ Enterprise Risk Management
- ➔ Expertensoftware

## Ausbildung

- ➔ Studium an der Technischen Universität Wien Verfahrenstechnik – Chemieingenieurwesen
- ➔ Studium an der Donauuniversität Krems - Fire Safety Management
- ➔ Ausbildung zur Sicherheitsfachkraft, Befähigungsprüfung Beratende Ingenieure - Ingenieurbüro für Brandschutz und Brandschutzmanagement

## Berufserfahrung

- ➔ Seit 2017 GSV für Brand- und Explosionsursachen, Brandschutzwesen und Feuerpolizei
- ➔ Seit 2015 Risk Experts Risiko Engineering GmbH – Sachverständiger, Risk Engineer
- ➔ 2011 - 2015 Ingenieurbüro für Brandschutz und Brandschutzmanagement
- ➔ 2006 - 2015 Technische Universität Wien - Zentraler Brand- und Katastrophenschutzbeauftragter
- ➔ Seit 1994 Freiwilliger Feuerwehrmann in Niederösterreich

# Inhalt

- ➔ Gefahren und Schadensbeispiele beim Betrieb, Lagerung und Entsorgung von Lithium-Batterien
- ➔ Technische Grundlagen der Lithium-Batterie Technologie
- ➔ Herausforderungen für den vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz



# Lithiumbatterien als Schadenursache

Gefahren und Schadensbeispiele beim  
Betrieb, Lagerung und Entsorgung von  
Lithium-Batterien

Automotive News China | Automotive News Europe | Automobilwoche (German) | Automotive News

# Automotive News

AUTOMOTIVE NEWS EVENTS  
2012 Automotive News  
PACE Awards

Home New Product OEM/Suppliers Dealers Data Center Opinion Video News

Auto Shows | Cutaways | Design | Future Product | Galleries | Green Cars

## Battery test explosion injures five at GM lab

Larry P. Vellequette  
Automotive News -- April 11, 2012 - 9:43 am ET  
**UPDATED: 4/11/12 4:32 pm ET - details added**

DETROIT -- A battery explosion this morning in a General Motors research lab injured five people and caused a small fire along with other damage.

Fire crews were called to the battery systems lab at GM's Warren Technical Center in Warren, Mich., at about 10:30 a.m. after a report of an explosion in the plant, Warren, Mich., officials said.



News Artikel Handy-Gal

heise mobil > 7-Tage-News > 2006 > K

News-Meldung vom 16.08.2006 14:22

### Dell-Rückrufaktion: Unsichere Lithiumionen-Akkus

Explodierende Computer und schmelzende Gehäuse durch schadhafte Akkus – dem Computerhersteller Dell [http://www1.euro.dell.com/content/default.aspx?c=de&



### FRACHT AUS DER HÖLLE

Geschrieben von: siegfried niedek

Lithium-Batterien: die Luftfahrt-Gefahr des 21. Jahrhunderts. Sie stecken in Laptops,



c't > aktuell

Jürgen Rink

### Tischfeuerwerk

### Risikante Qualitätsprobleme bei Lithiumionen-Akkus

Der Rückruf von fast sechs Millionen Lithiumionen-Akkus wirft die Frage auf, wie gefährlich diese Technologie sind und sogar den Laderaum der Flugzeuge. Der stark wachsenden Absatz von Lithiumionen-Akkus ist ein Qualitätsproblem.

c't 19/06 [http://www.heise.de/ct/inhalt/2006/19/]

### Explodierende Energiespeicher - gefährliche Akkus?

Inzwischen sind viele namhafte Hersteller betroffen: Apple, Dell, Hewlett-Packard (HP), Maxdata, Fujitsu Computers (FSC) aber auch Nokia und Nikon. Alle hatten oder haben Probleme mit Akkumulatoren, die nicht funktionieren, die brannten oder explodierten und die die Hersteller zu sehr kostspieligen Rückrufaktionen zwingen.

## Flugzeugbrand: US-Flugsicherheit verdächtigt Notebook-Akku

"National Transportation Safety Board" hat Ermittlungen aufgenommen

### Sind Lithium Ionen Akkus Auslöser für Flugzeugbrände?

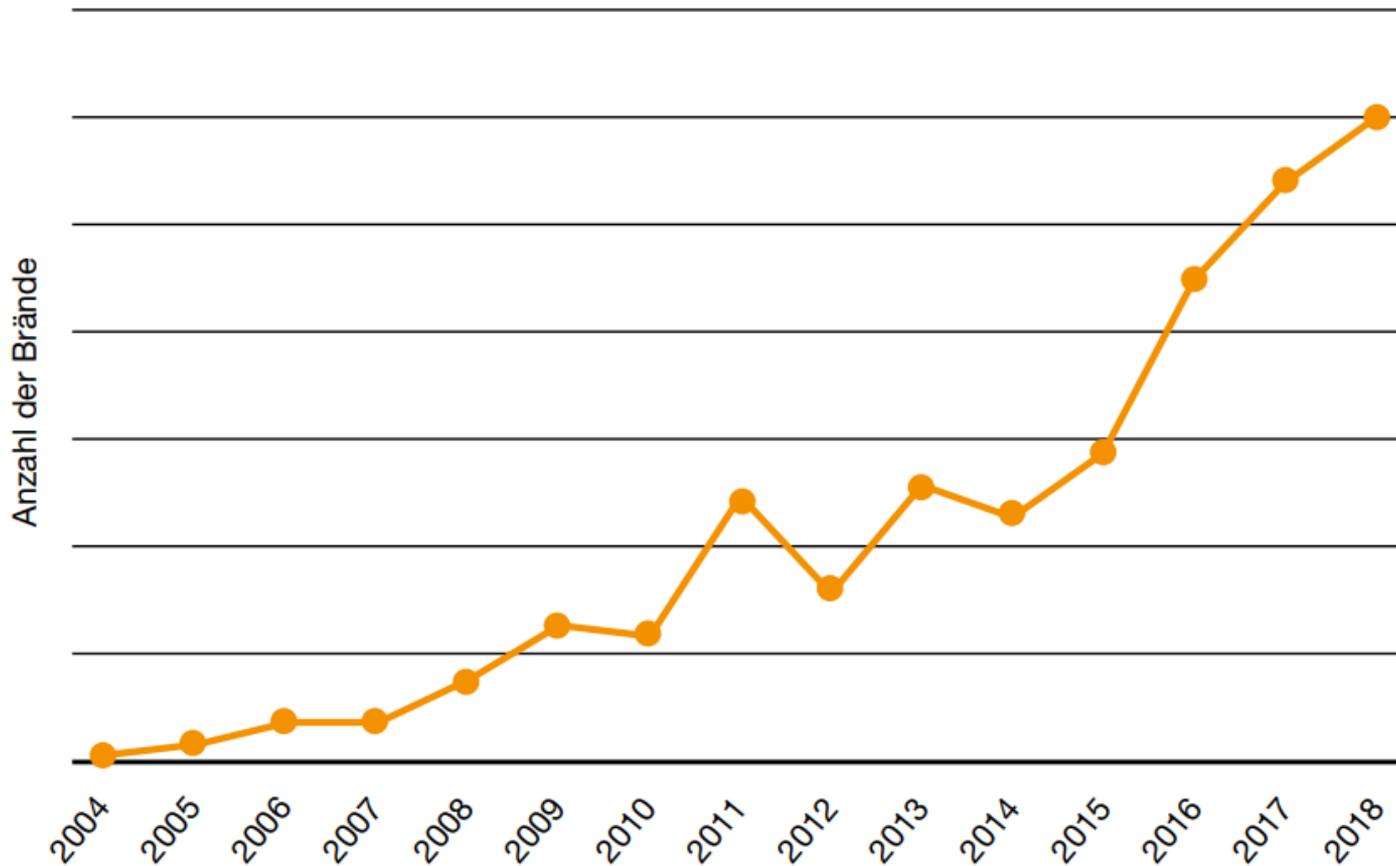
Die US Flugsicherungsbehörde hat nun Untersuchungen eingeleitet, welche die Zusammenhänge von Bränden an Bord von Flugzeugen mit Lithium Ionen Akkus darlegen soll.

Der Grund soll, laut der NTSB ein Vorfall auf einer Luftfrachtmaschine von UPS sein. Diese Maschine hatte eine größere Menge von



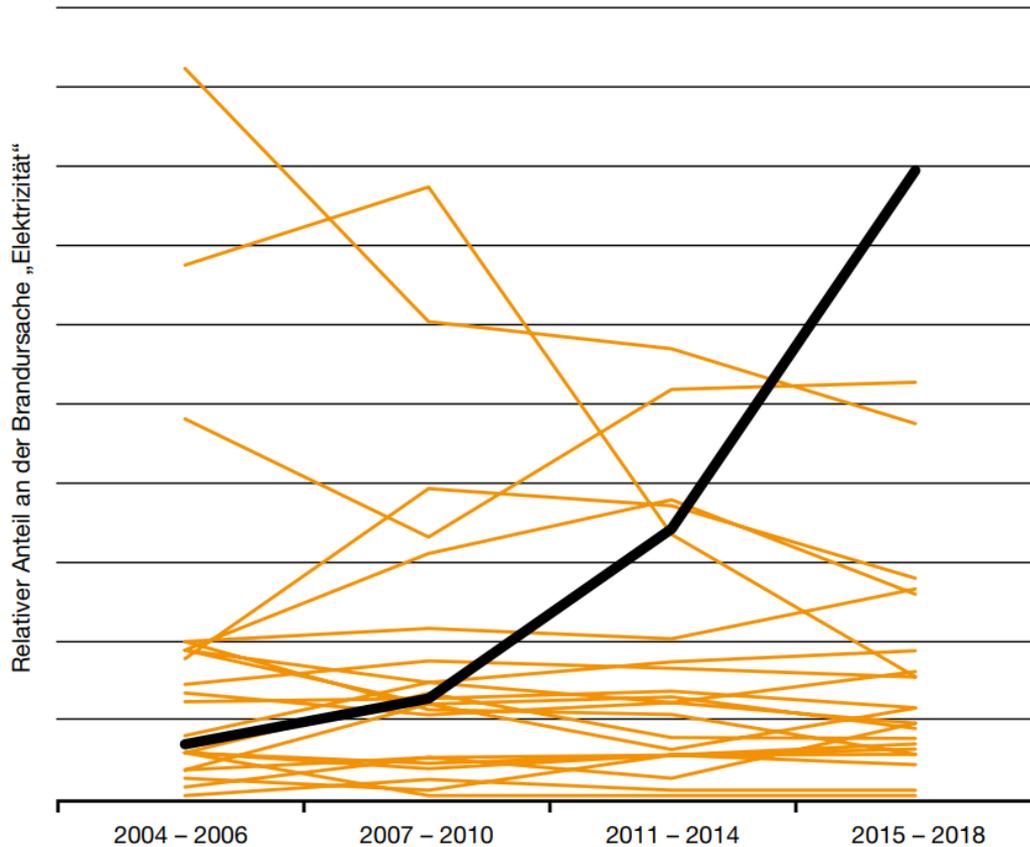
Lithium Ionen Akku (Quelle: Hama)

# Gebäudebrände mit Beteiligung Li-Ionen Akkus



Anzahl der im IFS untersuchten Gebäudebränden mit der Beteiligung von Li-Ionen Akkus,  
 Quelle: Schadenprisma.de, Ausgabe 3/2019

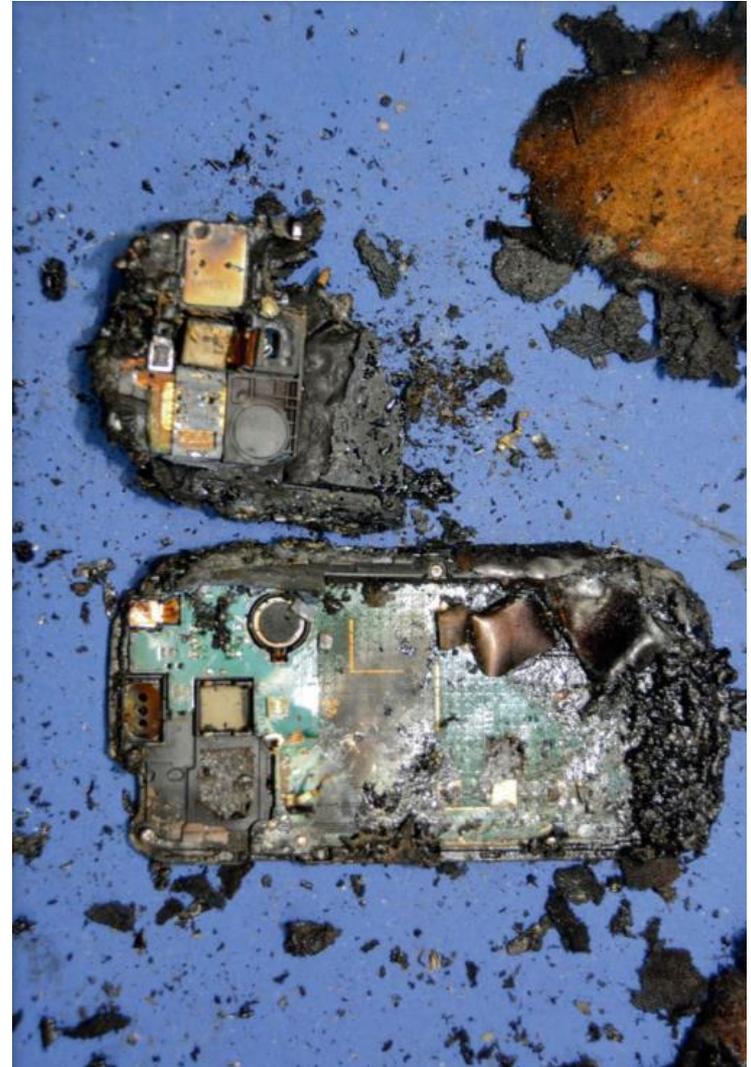
## Anteil Li-Ionen Akkus an der Brandursache „Elektrizität“



Anzahl der Li-Ionen Akkus an der Brandursache „Elektrizität“- Gegenübergestellt Anteil unterschiedlicher Elektrogeräte (orange) zu Bränden mit Li-Akkus (schwarz),  
 Quelle: Schadenprisma.de, Ausgabe 3/2019

## Ladevorgang Smartphone

- Smartphone auf Bett –  
Brandausbreitung auf gesamtes  
Schlafzimmer, keine Personen  
anwesend, Feuerwehr Brand  
gelöscht.
- Quelle: schadenprisma.de,  
Ausgabe 3/2019



# Laptop Akku

- ➔ Akku eines Laptops entzündete sich und griff auf Kunststoffgehäuse über. In weitere Folge Ausbreitung auf weitere Einrichtungsgegenstände.
- ➔ Quelle: schadenprisma.de, Ausgabe 3/2019



## Laden Pedelec Akkus

- Bei Laden eines Pedelecs ging Akku in Flammen auf, Brandausbreitung im Abstellraum, Brandrauch im gesamten Gebäude.
- Quelle:  
schadenprisma.de,  
Ausgabe 3/2019



## Laden Hoverboard

- Bei Laden des Hoverboard ging Akku in Flammen auf, Brandausbreitung im Wohnzimmer, Bewohner anwesend, Feuer durch Feuerwehr rasch gelöscht.
- Quelle: schadenprisma.de, Ausgabe 3/2019



## Laden Li-Ionen Akkus

- Bei Laden von Akkus (5 – Modellbau, 6 – Elektrowerkzeug) in Flammen auf, Brandausbreitung im Wohnraum, Brandrauch im gesamten Gebäude.
- Quelle: schadenprisma.de, Ausgabe 3/2019



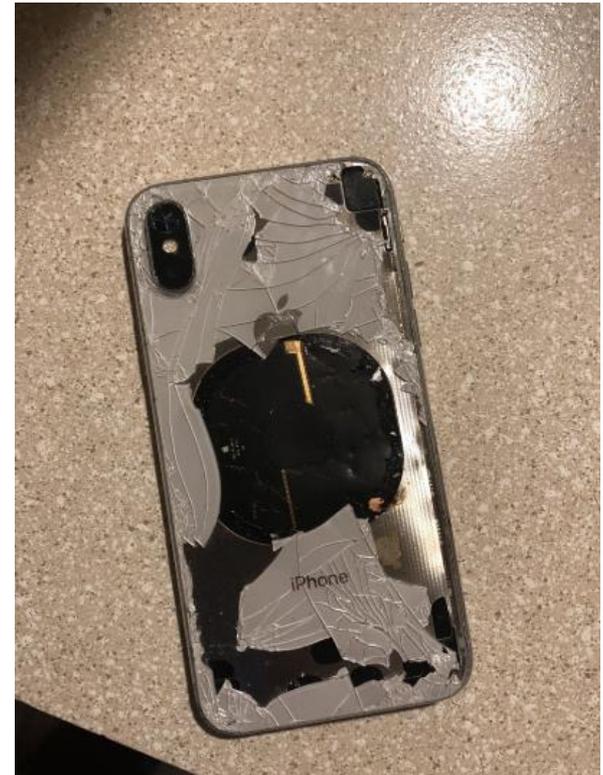
## E-Zigarette

- E-Zigarette wurde im Freien auf einem Gartentisch abgelegt. Nach der Zündung Brandausbreitung auf Tisch und in weitere Folge auf Gebäude.
- Quelle: schadenprisma.de, Ausgabe 3/2019

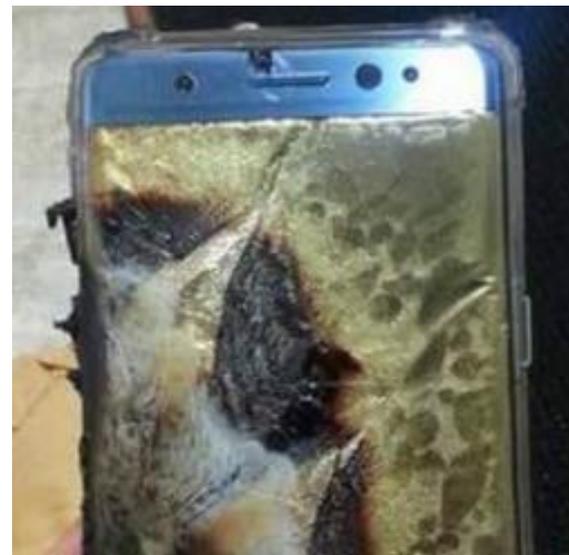


# Akku Leistung per Software gedrosselt

- ➔ Bei diversen Modellen wurde mit der Software das Lade/Entlademanagement angepasst.
- ➔ iPhone X explodiert beim Update auf iOS 12.1 → beim Software update an der Stromquelle angeschlossen (Temperaturwarnung angezeigt)
- ➔ siehe <https://www.businessinsider.de/ueberhitzung-und-explodiertes-iphone-x-update-auf-ios-121-sorgt-fuer-aufregung-2018-11> vom 15.11.2018



## 02.09.2016: Samsung Galaxy Note 7 Weltweiter Rückruf und Produktionsstopp



## Mobiles Navigationssystem überhitzt



## Mobiles Navigationssystem überhitzt



# Akkus im Restmüll – Brandrisiko für Abfallanlagen – Studie Montanuniversität Leoben und VOEB

- ➔ **2,5 Millionen Lithium-Ionen-Akkus** werden **2025** laut Schätzung in Österreichs Restmüll liegen, derzeit sind es rund 700.000.
- ➔ **20 Batterien** liegen derzeit **pro Tonne im Restmüll**. Pro zwei Tonnen findet sich im Schnitt einer der brandgefährlichen Akkus.
- ➔ **30 Millionen Euro** beträgt die **Schadenssumme** durch Brände in Anlagen der **steirischen Entsorger** in den **letzten fünf Jahren**.
- ➔ **70 potenzielle Brandunfälle pro Jahr** verursachen im Restmüll entsorgte **Lithium-Batterien in Sortieranlagen in Österreich**.

Autobranche nach Tesla-Brand— 07.10.2013

## Wie sicher sind E-Autos?

Nach einem Brand in einem Tesla Model S zweifeln deutsche Hersteller nicht an der Sicherheit von E-Autos. BMW und Daimler sagen: Die Stromer sind sicher.



# 17.10.2017 – S 16 Arlbergschnellstraße – Tesla in Brand



## Brand Elektrofahrzeug

- „Normaler PKW-Brand“
- „Atemgifte sind giftig“



© Bild: Facebook Video  
Screenshot Feuerwehr der  
Stadt Landeck



ecomento.de

Hinweis an  
Abschlepper:  
„Draußen  
abstellen!“

**07.02.2017: Hannover**

**Hannover: Explosion von E-Bike-Akku löst Parkhausbrand aus**



# 16.10.2014: Pertisau

[Wetter](#) | [Sperrstunde](#) | [TT Foto](#) | [Events](#) | [Video](#) | [Gewinnspiele](#) | [Toni Times](#)

[TT-Digital](#) | [TT Abo](#) | [TT Club](#) | [TT Anzeigen](#) | [Anmelden](#)

## Ich schenk Dir eine Vignette!

Neuen Abonnenten werben  
und dafür 2 Vignetten  
erhalten!



**Tiroler Tageszeitung**  
ONLINE

## Hansi Hinterseer & Tiroler Echo

Mit dem TT-Club  
50x2 Tickets gewinnen!



[ÜBERBLICK](#) [TIROL](#) [POLITIK](#) [WIRTSCHAFT](#) [PANORAMA](#) [SPORT](#) [LEBENSART](#)

[IMMO](#) [JOBS](#) [MOTOR](#) [MEINS.AT](#) [SERVICE](#)

[TT.COM](#) > [PANORAMA](#) > [UNFÄLLE](#) > [GOLFWAGEN IN FLAMMEN: FEUER GRIFF AUF WOHNHAUS ÜBER](#)

Letztes Update am Do, 16.10.2014 08:36 TT / Tiroler Tageszeitung Onlineausgabe

## PERTISAU

# Golfwagen in Flammen: Feuer griff auf Wohnhaus über

# 16.10.2014: Pertisau



16.10.2014: Pertisau



16.10.2014: Pertisau





## Großbrand in Hilden

# Feuerwehrlaute schwer verletzt

Bei einem Feuer in Hilden sind in der Nacht zu Sonntag (14.09.2014) vier Feuerwehrlaute zum Teil schwer verletzt worden. Fünf Lager- und Gewerbehallen brannten komplett aus, es entstand ein Schaden in Millionenhöhe.





# Technische Grundlagen

Lithium als Batterieelektrode

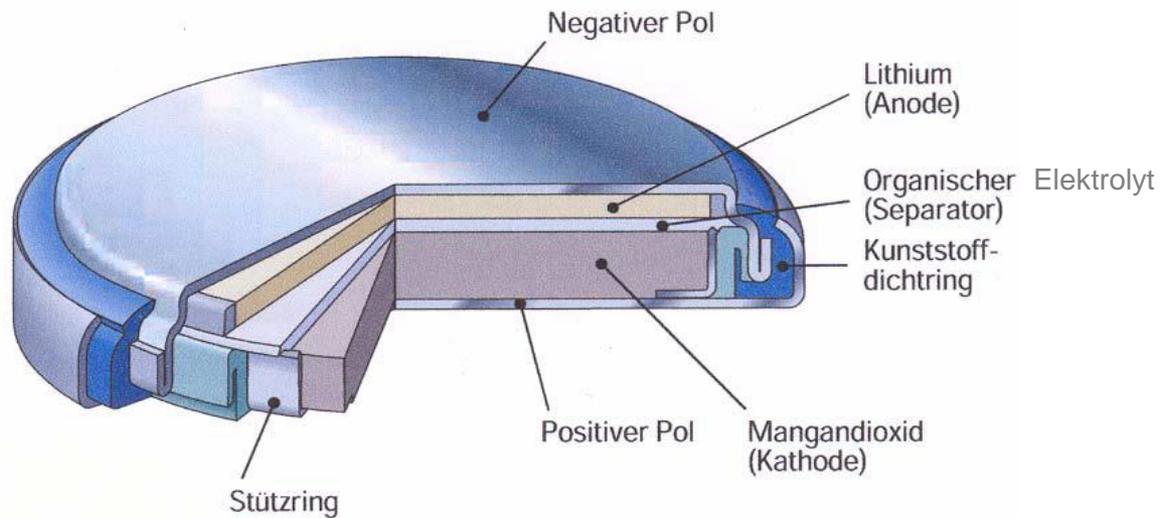
Bauformen und Batterieanwendungen

## Warum Lithium als Batterieelektrode ?

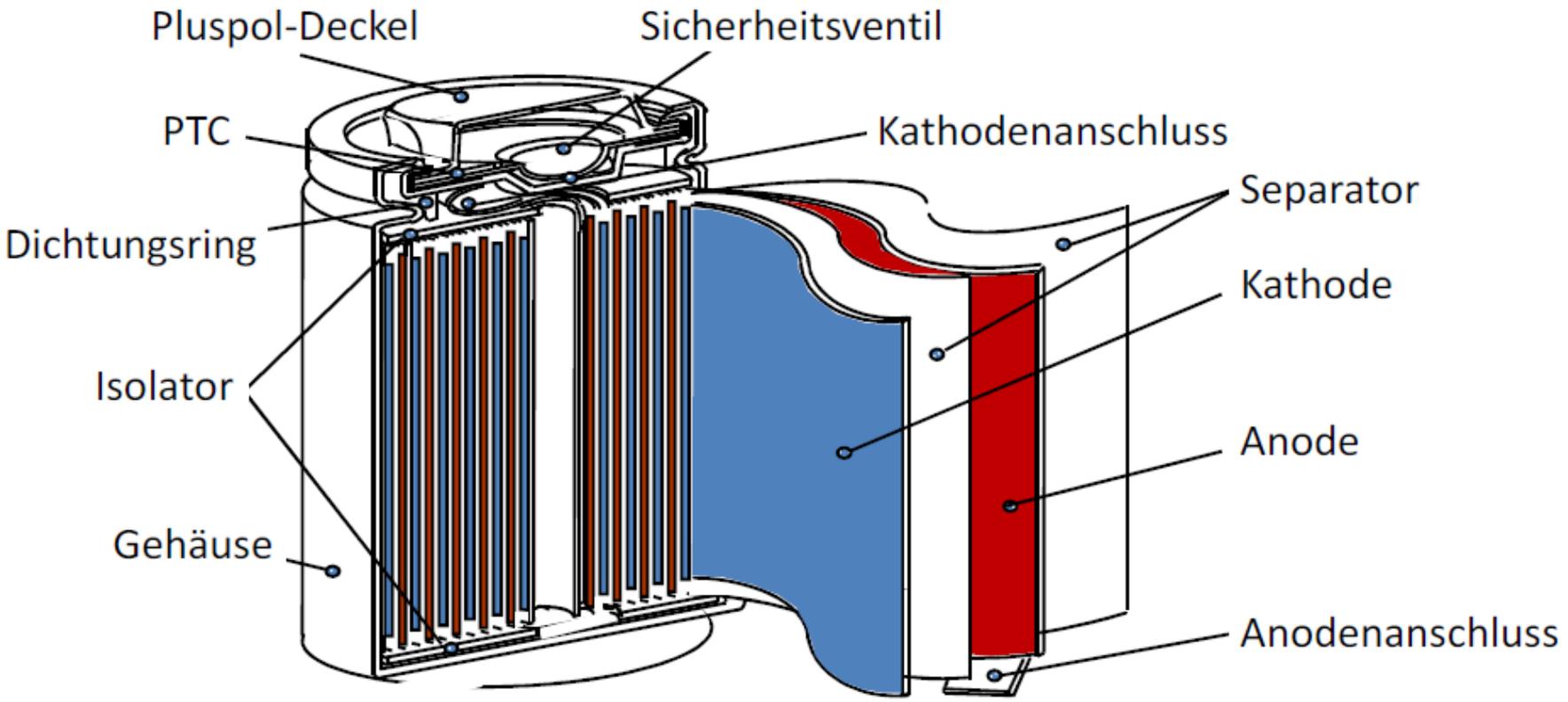
- ➔ Primärbatterien (Lithium-Metall) → nicht wiederaufladbar
- ➔ Sekundärbatterie (Lithium-Ionen) → Aufladbar
- ➔ Hohe Zellenspannung (3,6 V): dreifach NiCd
- ➔ Hohe Energiedichte: dreifach NiCd, zweifach NiMeH
- ➔ Kein Memory-Effekt / Lazy-Effekt: Vergleich NiCd / NiMeH
- ➔ Wirkungsgrad: 95% Entlade-/ladestrommenge
- ➔ Großer Temperaturbereich: -20 °C bis +70 °C
- ➔ Lebensdauer: > 3.000 Zyklen
- ➔ Geringe Selbstentladung: <1% pro Monat



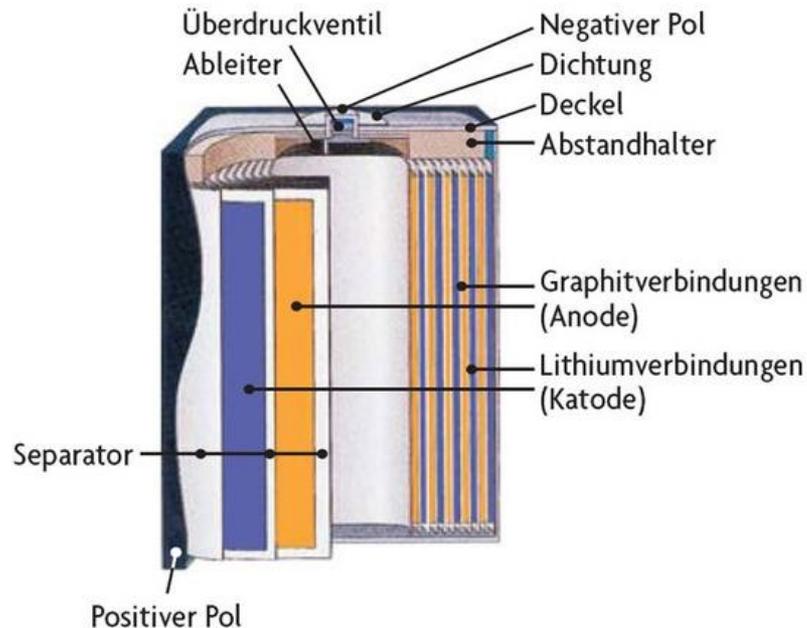
# Bauform: Knopfzelle



# Aufbau: Batteriezelle 18650



# Bauform: Zylindrische Zelle



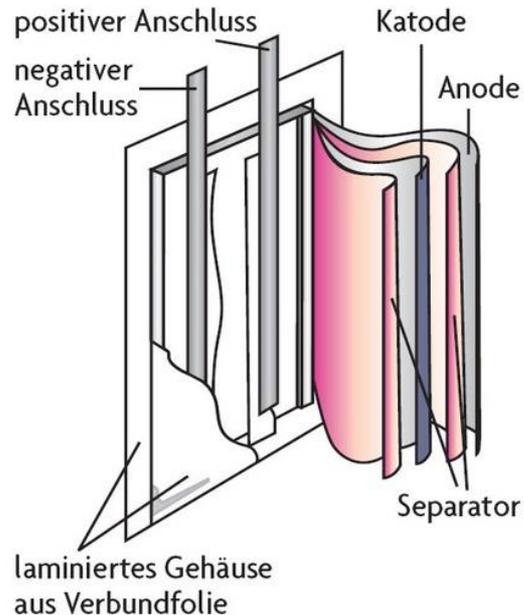
## Vorteile:

- ➔ Niedrige Herstellungskosten
- ➔ Hohe mechanische Stabilität
- ➔ Umfassende Sicherheitsmechanismen

## Nachteile:

- ➔ Schlechte Wärmeabfuhr (wegen geringer Oberfläche)
- ➔ Geringe Skalierbarkeit (standardisierte Größen)

# Bauform: Prismatische Zelle



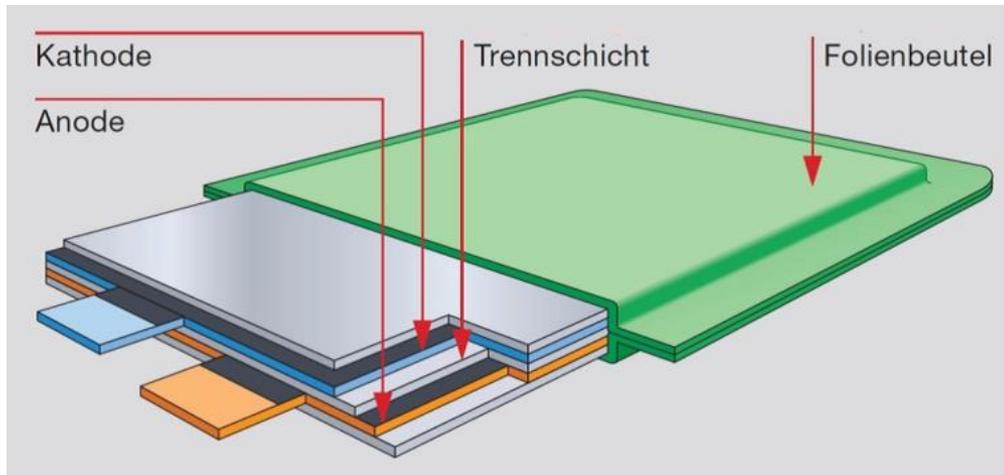
## Vorteile:

- ➔ Einfache Modul-Zusammensetzung
- ➔ Kompaktere Module und bessere Raumausnutzung
- ➔ Bessere Wärmeabfuhr

## Nachteile:

- ➔ Keine

# Bauform: "Coffee-Bag" (Pouch) Zelle



## Vorteile:

- ➔ Leichte und flexible Zellbauweise
- ➔ Unterschiedliche Produktionsansätze möglich
- ➔ Geringeres Gewicht
- ➔ Polymer ersetzt Separator
- ➔ Fertigung nach Kundenwunsch möglich
- ➔ Gute Wärmeabfuhr

## Nachteile:

- ➔ Geringe mechanische Stabilität
- ➔ Großer Innenwiderstand (bei Festpolymer)
- ➔ Zellvolumen verändert sich beim Entladen und Laden
- ➔ Gefahr der Delamination
- ➔ Gefahr des vorzeitigen Alterns

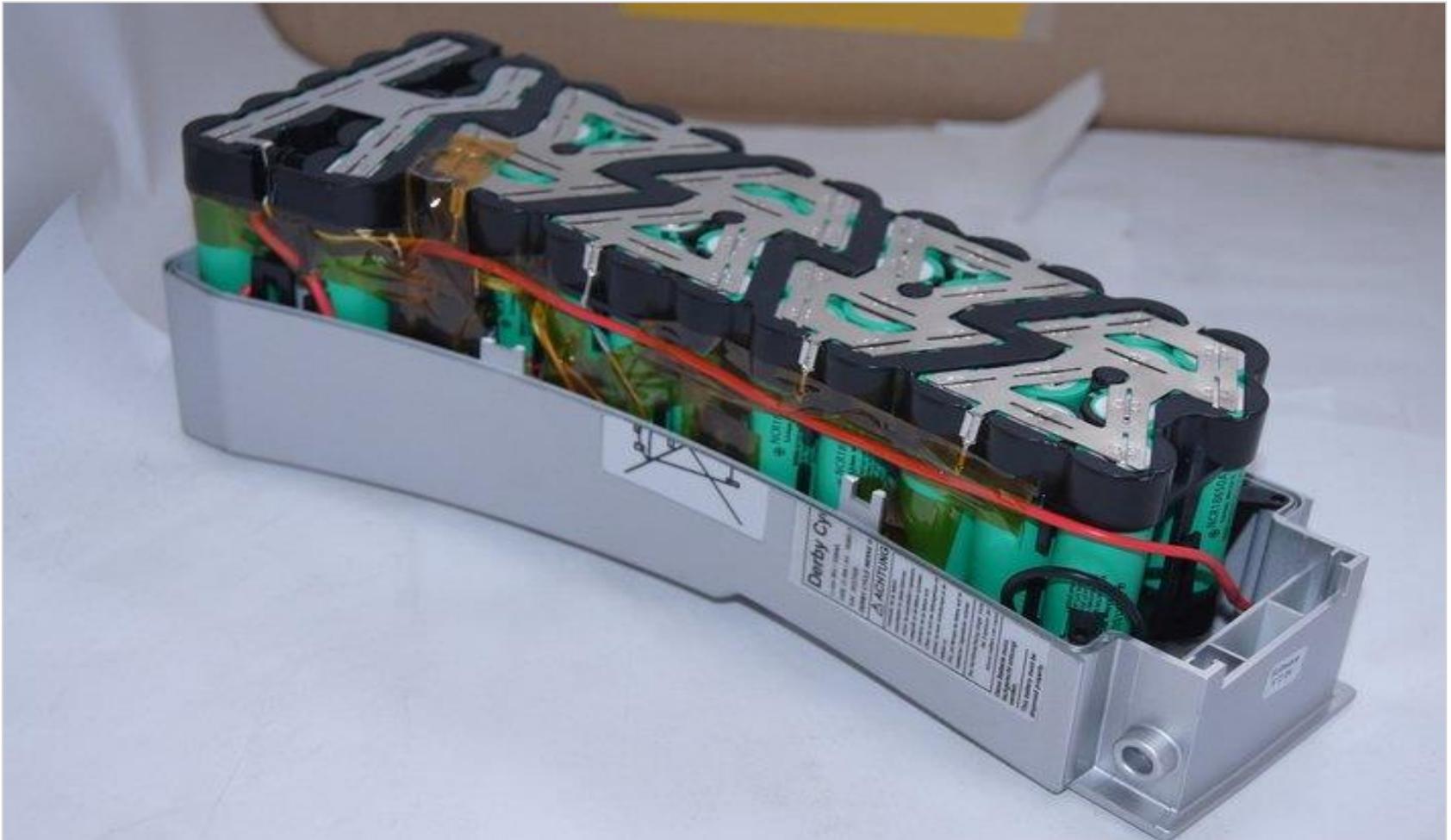
# Lithiumbatterien im unteren Leistungsspektrum



# Lithiumbatterien im mittleren Leistungsspektrum



# Lithiumbatterie: Bauform "Battery Packs"

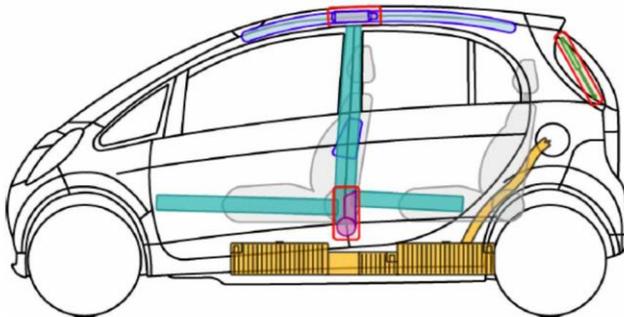
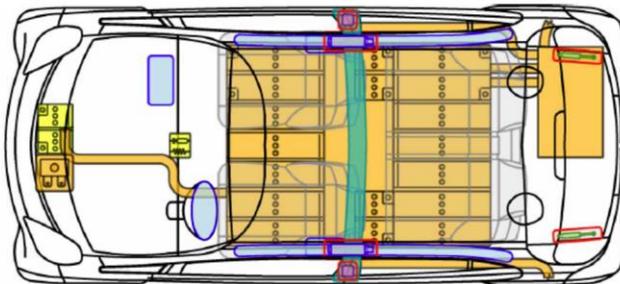


# Elektrofahrzeuge / Hybridfahrzeuge



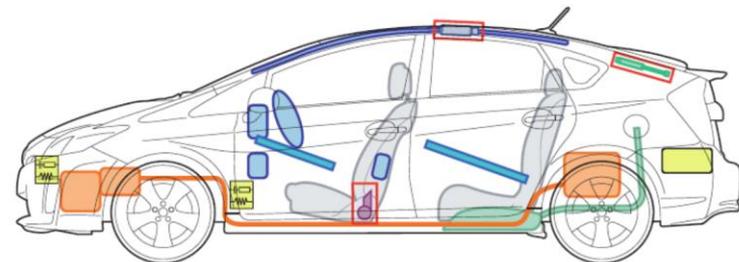
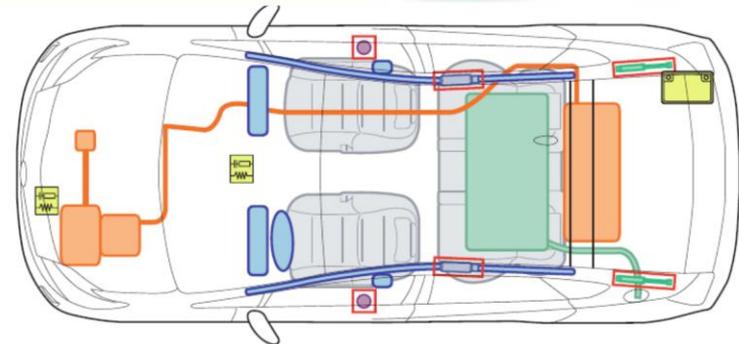
**i-MiEV**

Typ: HA3W, ab Modelljahr 2011



**Toyota Prius**

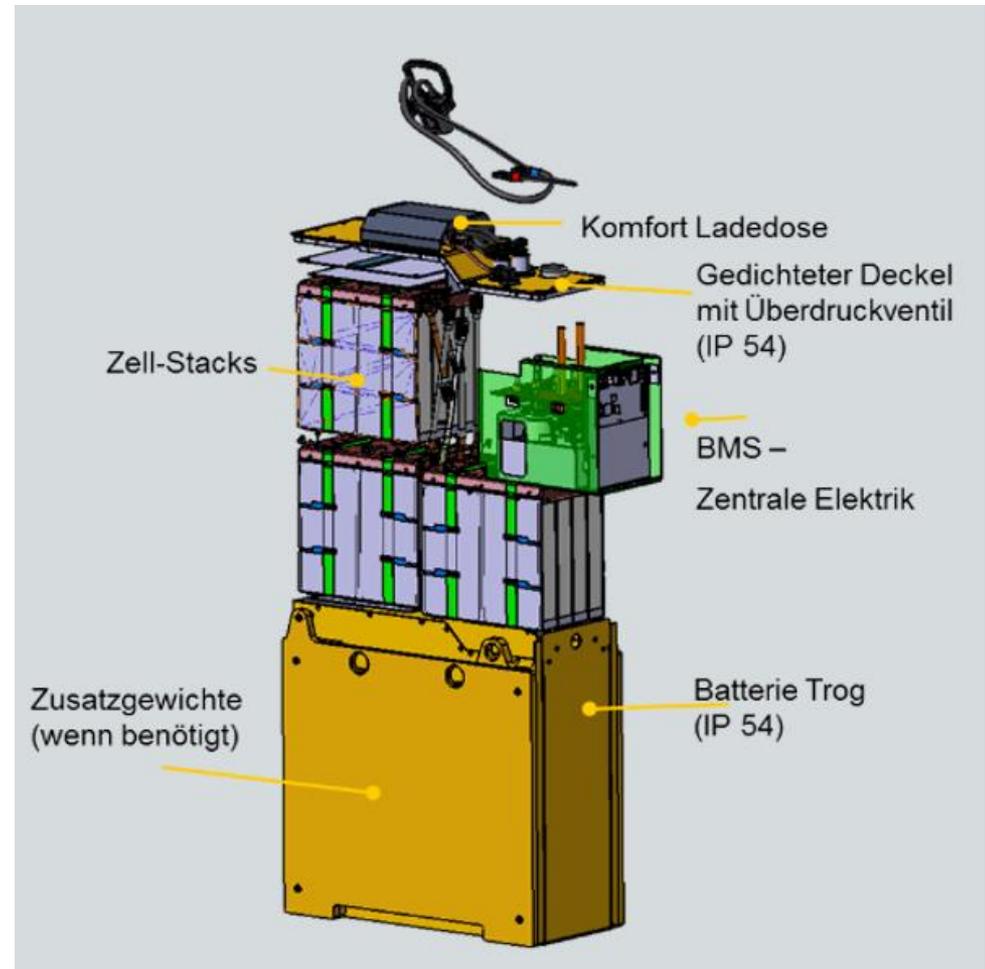
(XW3 Hybrid 5-Türer, ab 2009)



Quelle: Rettungskarten ÖAMTC

# Aufbau Stapler Batterie

- ➔ BMS  
(Batteriemanagement-  
system)
  - Spannung
  - Temperatur
  - Strom
- ➔ System (z.B. Ladung,  
Entladung) wird bei  
Abweichung von den  
Parametern  
abgeschaltet.



Quelle: Jungheinrich, Produktinformation

# Batteriespeicher



- ➔ China (Hongkong)
- Beginn: 40 MWh (Speicherkapazität), Leistung 20 MW
  - Gesamt: 60.000 Li-Ionen Zellen



- ➔ Deutschland (Schwerin)
- Beginn: 5 MWh, 5 MW (September 2014)
  - Juli 2017: 15 MWH , 10 MW
  - Gesamt: 53.444 Li-Ionen Zellen



# "Immanente" Brandgefahren

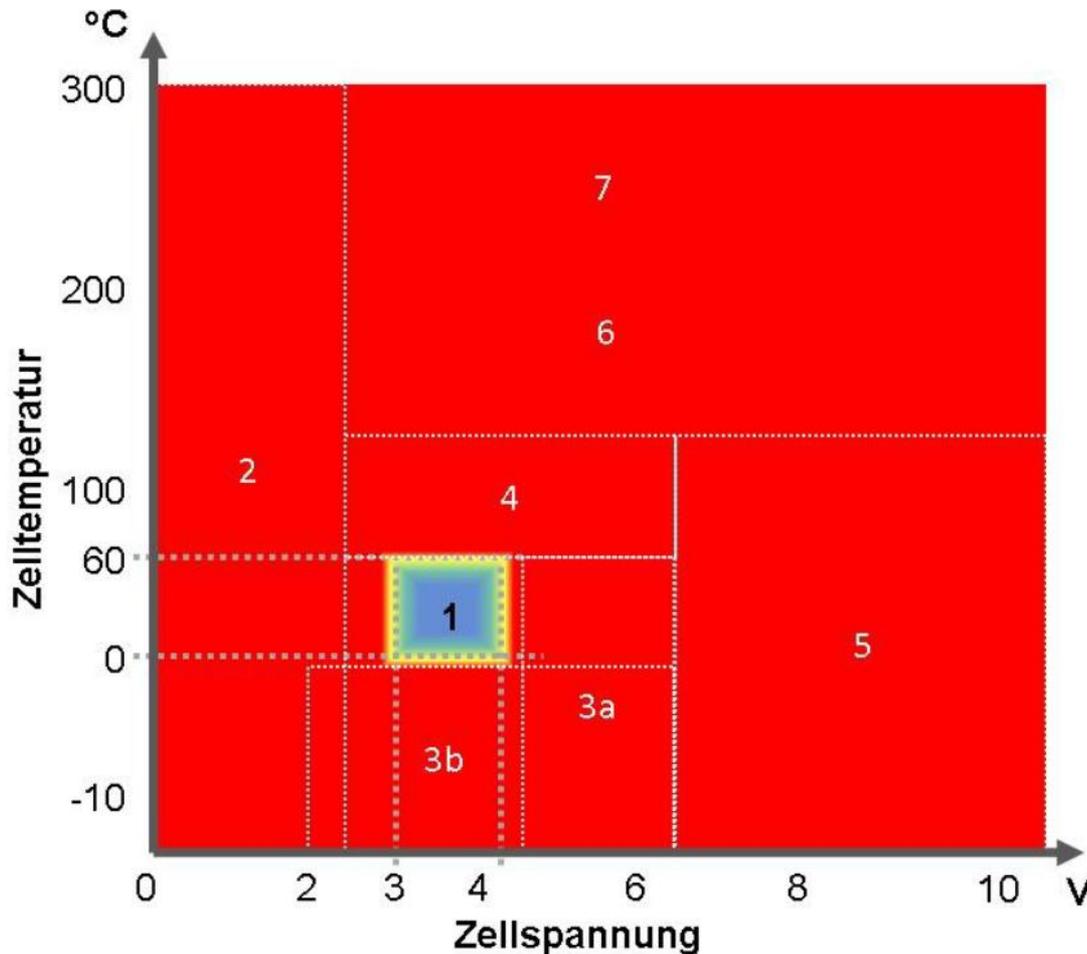
**Materialtypisch:**  
Inhaltsstoffe und Bauteile

**Anwendungstechnisch:**  
Betriebsparameter und Technologie

# Gefahren



# Sicheres Betriebsfenster Li-NMC Zelle



- 1: Sicherer Arbeitsbereich
- 2: Auflösung Anoden-Kupfer
- 3a: Li-Plating bei Überladen
- 3b: Li-Plating beim Tieftemperaturladen
- 4: Gasdruck steigt, Gefahr Thermal Runaway
- 5: Temperatur steigt, Ausgasen, Brand
- 6: Separator schmilzt, Ausgasen, Brand
- 7: Sauerstoff aus Oxiden wird freigesetzt Thermal Runaway

# Gefahren für Menschen und Umwelt

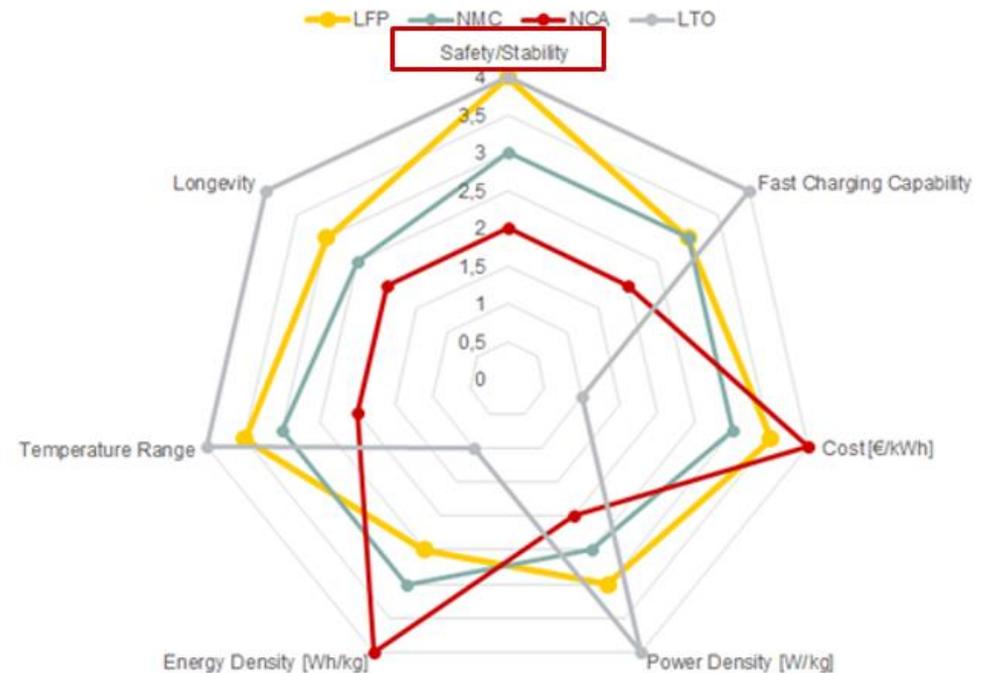
- ➔ **Brandgefahr**
  - Thermal Runaway
- ➔ **Explosionsgefahr**
  - Graphit: Staubexplosion
  - Wasserstoff: Knallgasexplosion
- ➔ **Wassergefährdung**
- ➔ **Gesundheitsgefahr**
  - Giftige Schwermetalle
  - Ätzende Säuren
  - Phosphorsäure ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), Phosphin ( $\text{PH}_3$ )
  - Flusssäure ( $\text{HF}$ )
- ➔ **Elektrische Gefahren**
  - Elektrische Spannung
  - Elektrischer Strom



# Zell Chemie

- ➔ Lithium-Eisenphosphat (LFP)
  - ➔ nicht brennbar
- ➔ Derzeit sicherste Zellchemie
  - Kathodenmaterial gibt keinen Sauerstoff ab
  - Nicht brennbar,
  - unempfindlich gegen Hitze

Overview of currently relevant Cell Chemistries



<b>LFP</b>	<b>Lithium Iron Phosphate</b>
<b>NMC</b>	<b>Lithium Nickel Manganese Cobalt</b>
<b>NCA</b>	<b>Lithium Nickel Cobalt Aluminium</b>
<b>LTO</b>	<b>Lithium Titan Oxide</b>

Quelle: Jungheinrich, Produktinformation



## Lithiumbatterien

### Brandgefahren und Sicherheitsrisiken

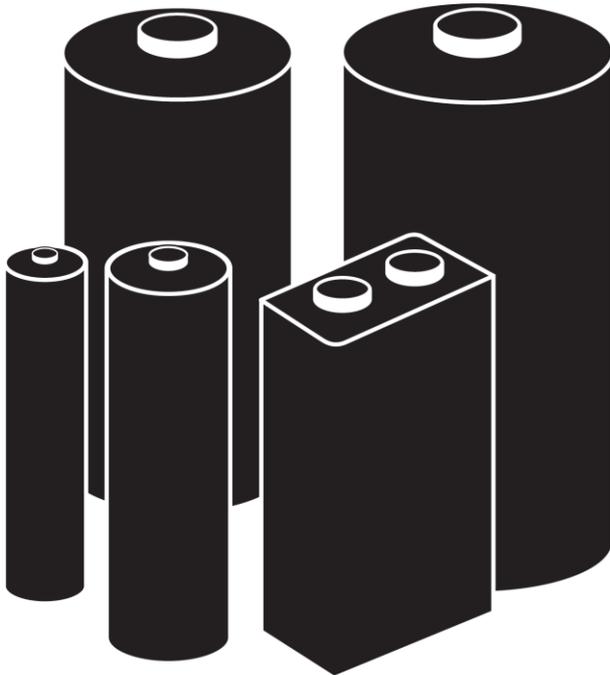
### Effektive Schadenverhütung und wirksame Brandbekämpfung

[www.riskexperts.at](http://www.riskexperts.at)

Publikation der deutschen Versicherer  
(GDV e.V.) zur Schadenverhütung



## Lithium-Batterien



## VdS 3103

### Lithiumbatterien

(Neuaufgabe 2016)

Danke für die Aufmerksamkeit!

→ Fragen?