

Lithiumbatterien

Kraftwerke im Handtaschenformat

Brandgefahren, Sicherheitsrisiken und Schadenerfahrung
Effektive Schadenverhütung und wirksame Brandbekämpfung



Lithiumbatterien

- ➔ Technische Grundlagen
 - Lithium als Batterieelektrode
 - Bauformen und Batterieanwendungen
- ➔ "Immanente" Brandgefahren
 - Materialtypisch: Inhaltsstoffe und Bauteile
 - Anwendungstechnisch: Betriebsparameter und Technologie
- ➔ Lithiumbatterien als Schadenursache
 - Schadenerfahrung bei Lagerung, Produktion und Transport
 - "Lessons learned"
- ➔ Sicherheitsregeln und Schutzmaßnahmen
 - Lagerung und Handhabung / Feuerwehr und Rettungskräfte
 - Transport und Logistik / Entsorgung und Recycling



Technische Grundlagen

Lithium als Batterieelektrode

Bauformen und Batterieanwendungen

21.11.2016

Chemische Energiespeicher

- ➔ Batterien sind chemische Energiespeicher, die in einer elektrochemischen Reaktion die gespeicherte Ladung in Form von elektrischer Energie abgeben können.
- ➔ Heute gibt es für die unterschiedlichsten Anwendungen eine nahezu unüberschaubare Vielfalt von Batterietypen, die sich in Kathode, Anode und Elektrolyt sowie in Bauform, Größe und Leistung unterscheiden.



Primäre / Sekundäre Batterien

Grundsätzlich differenziert man zwei unterschiedliche Batteriearten:

➔ Lithium-Primärbatterien (Lithium-Metall-Batterien)

- In der Regel nicht-wiederaufladbar
- Für den einmaligen Gebrauch
- Konventionell: Alkali-Mangan, Zink-Kohle



➔ Lithium-Sekundärbatterien (Lithium-Ionen-Batterien)

- Wiederaufladbar (mehrfach reversible Umwandlung von chemischer in elektrische Energie)
- Für den wiederholten Gebrauch
- Konventionell: Blei-Säure, Nickel-Cadmium, Nickel-Methallhydrid



Lithium

➔ Chemisches Symbol **Li**

➔ Aussprache: [li : tium]
oft fälschlicherweise [li : tsium] genannt

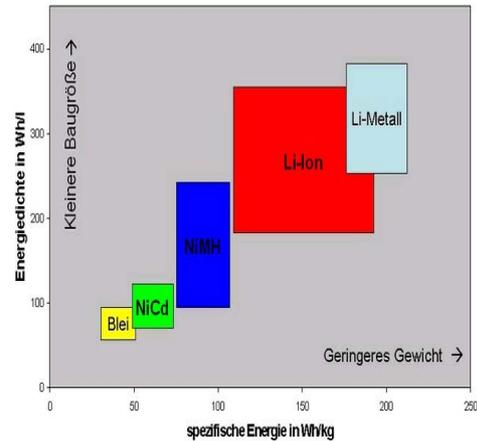
➔ Herkunft des Namens: λίθος - **lithos** - der Stein (griechisch)

3 Li Lithium 6,941	4 Be Beryllium 9,012182											5 B Bor 10,811	6 C Kohlenstoff 12,0107	7 N Stickstoff 14,00674	8 O Sauerstoff 15,9994	9 F Fluor 18,9984032	10 Ne Neon 20,1797
11 Na Natrium 22,989770	12 Mg Magnesium 24,3050	3 III B	4 IV B	5 V B	6 VI B	7 VII B	8 VIII B	9 VIII B	10 VIII B	11 IB	12 IB	13 Al Aluminium 26,981538	14 Si Silizium 28,0855	15 P Phosphor 30,973761	16 S Schwefel 32,065	17 Cl Chlor 35,453	18 Ar Argon 39,948
19 K Kalium 39,0983	20 Ca Kalzium 40,078	21 Sc Scandium 44,955912	22 Ti Titan 47,867	23 V Vanadium 50,9415	24 Cr Chrom 51,9961	25 Mn Mangan 54,938045	26 Fe Eisen 55,845	27 Co Kobalt 58,933200	28 Ni Nickel 58,6934	29 Cu Kupfer 63,546	30 Zn Zink 65,409	31 Ga Gallium 69,723	32 Ge Germanium 72,64	33 As Arsen 74,92160	34 Se Selen 78,96	35 Br Brom 79,904	36 Kr Krypton 83,798

Warum Lithium als Batterieelektrode ?

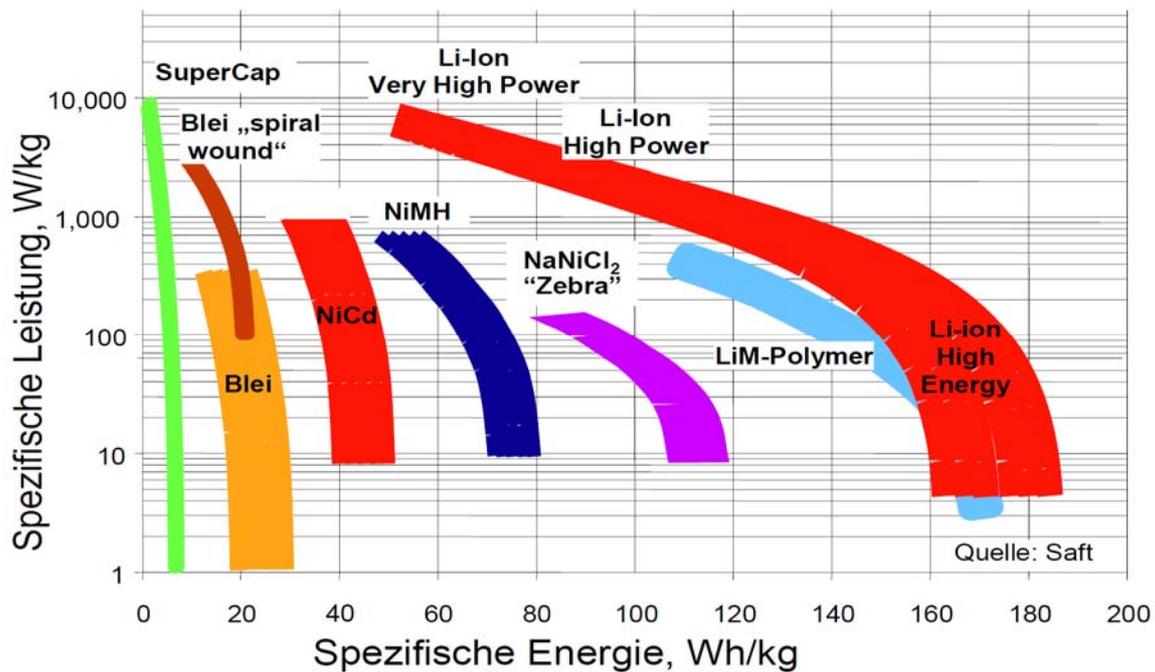
Lithium liefert die höchste Spannung (V)
 bei geringster gravimetrischer Dichte (g/cm³)
 Folge: höchste spezifische Kapazität (Ah/g)

Material	Atomgewicht g/mol	Pot. gegen Wasserstoff in V	Ausget. Elektronen	Dichte g/cm ³	Kapazität Ah/g
Li	6.94	-3.05	1	0.534	3.86
Na	23.0	-2.7	1	0.97	1.16
Mg	24.3	-2.4	2	1.74	2.20
Al	26.9	-1.7	3	2.7	2.98
Ca	40.1	-2.87	2	1.54	1.34
Fe	55.8	-0.44	2	7.85	0.96
Zn	65.4	-0.76	2	7.1	0.82
Cd	112	-0.4	2	8.64	0.48
Pb	207	-0.13	2	11.3	0.26

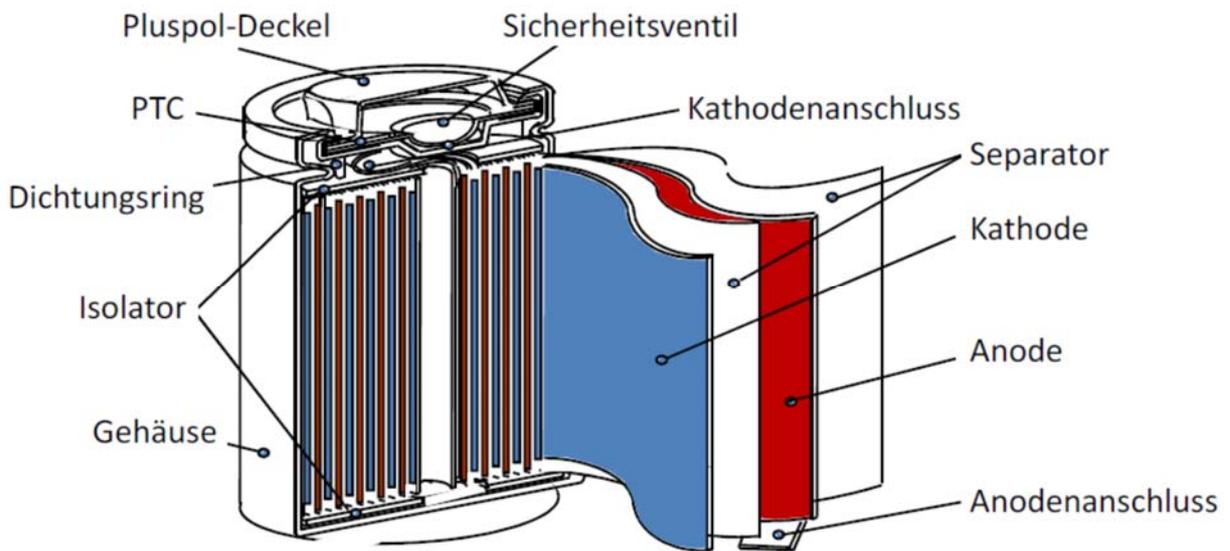


Quelle: Dr. Margret Wohlfahrt-Mehrens, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung

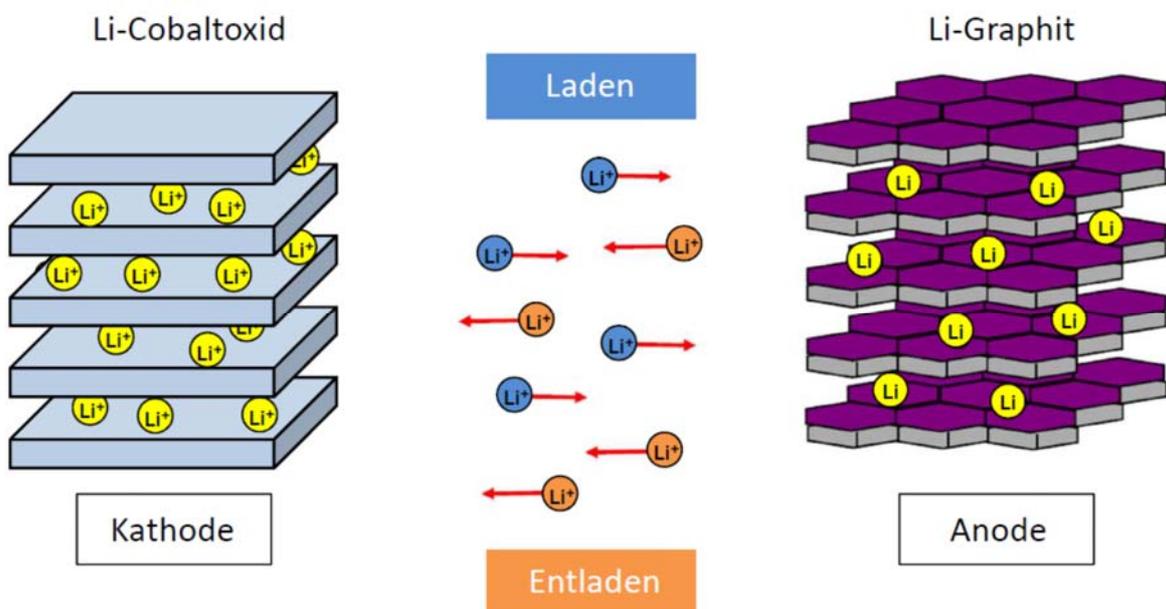
Speichertechnologien



Aufbau



Funktionsprinzip

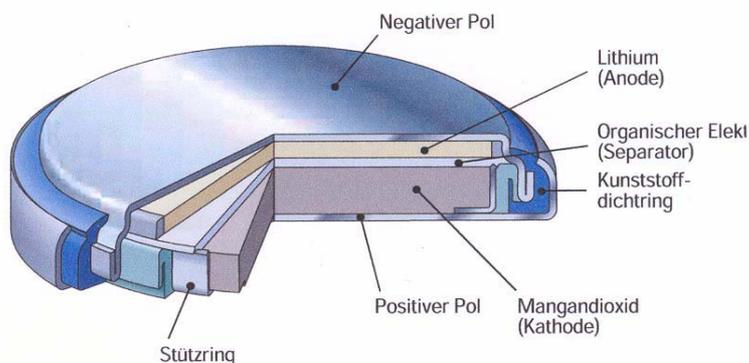


Warum Lithium als Batterieelektrode ?

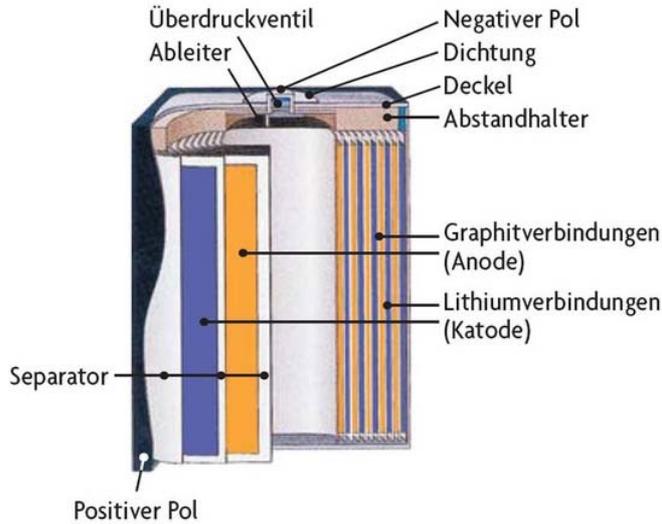
- ➔ Hohe Zellenspannung (3,6 V): dreifach NiCd
- ➔ Hohe Energiedichte: dreifach NiCd, zweifach NiMeH
- ➔ Kein Memory-Effekt / Lazy-Effekt: Vergleich NiCd / NiMeH
- ➔ Wirkungsgrad: 95% Entladestrommenge/Ladestrommenge
- ➔ Großer Temperaturbereich (-20 °C bis +70 °C)
- ➔ Lebensdauer: > 3000 Zyklen
- ➔ Geringe Selbstentladung (<1% pro Monat)
- ➔ Umweltfreundlich:
kein Blei, Cadmium, Quecksilber



Bauform: Knopfzelle

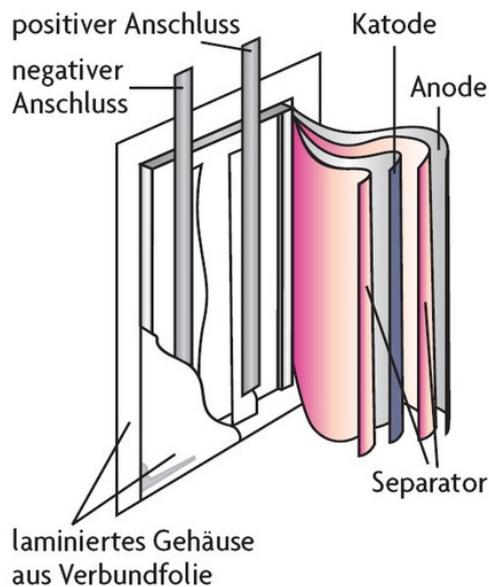


Bauform: Rundzelle



Quelle: Elektroniknet.de / Varta

Bauform: Prismatische Zelle



Quelle: Elektroniknet.de/ Samsung

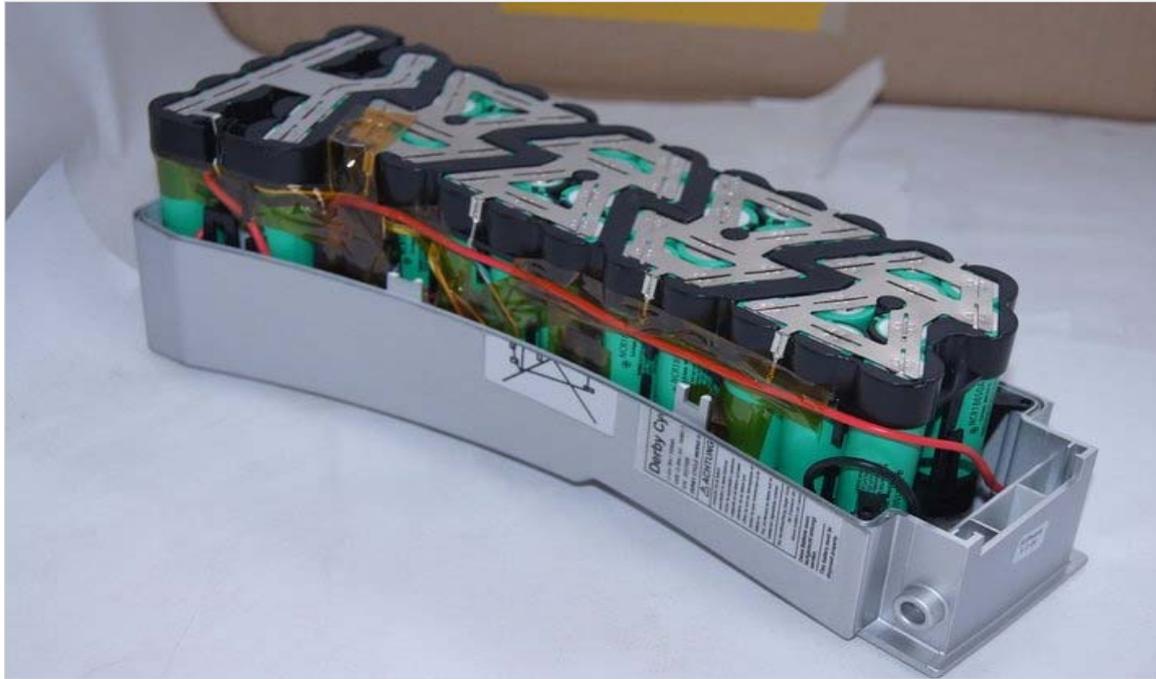
Bauform: "Coffee-Bag" (Pouch) Zelle



Lithium-Batterie: Bauform "Battery Packs"



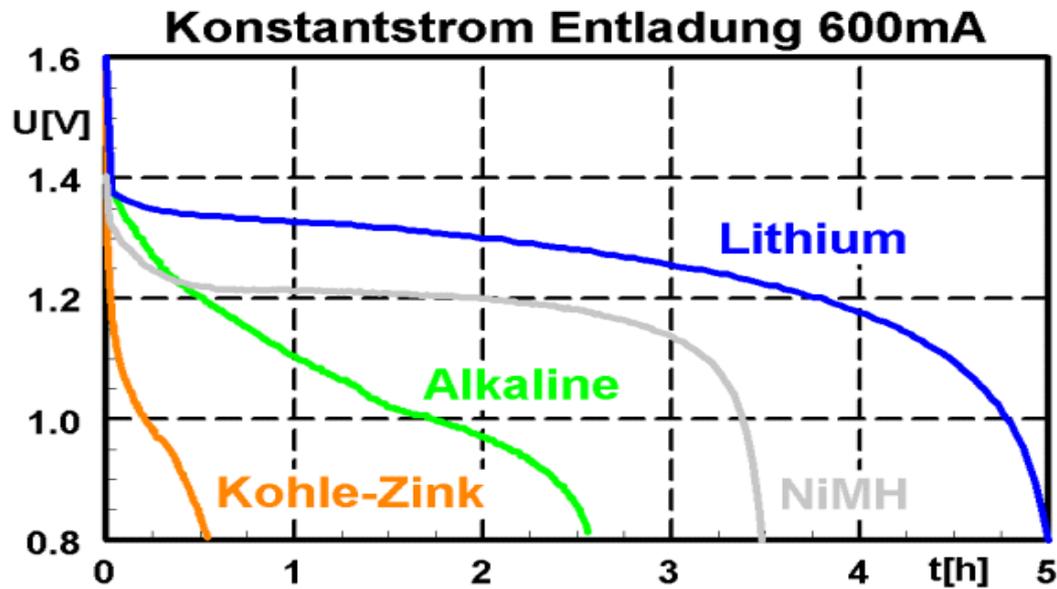
Lithium-Batterie: Bauform "Battery Packs"



Akku-Pack aus Defibrillator



Batterie Entladungskurven



Quelle: ETH – IFE (Institut für Elektronik)

Klassifizierung

Leistung	Lithiummetallbatterie (UN 3090)	Lithiumionenbatterie (UN 3480)
gering	≤ 2 g Li je Batterie 	≤ 100 Wh je Batterie 
mittel	> 2 g Li je Batterie und ≤ 12 kg brutto je Batterie 	> 100 Wh je Batterie und ≤ 12 kg brutto je Batterie 
hoch	> 2 g Li je Batterie und > 12 kg brutto je Batterie 	> 100 Wh je Batterie und/oder > 12 kg brutto je Batterie 

Lithiumbatterien im unteren Leistungsspektrum

➔ Der Boom im Bereich Monozellen-Batterien und Kleinbatterien hat zur massenhaften Verbreitung von Lithiumbatterien geführt.

- Mobile elektronische Kleinanwendungen (Notebooks, Mobiltelefone)
- Multimedia (Digitalkameras, VideoCams)
- Werkzeugmaschinen, Haushalt (Akkuschrauber, Akkustaubsauger)
- Mobile elektrische Anwendungen (Beleuchtungstechnik, Kommunikationstechnik, Steuerungstechnik)



Lithiumbatterien im unteren Leistungsspektrum



Lithiumbatterien im mittleren Leistungsspektrum

➔ Insbesondere für den Einsatz im Segment Kleinfahrzeuge (Light Electric Vehicles, LEV) gewinnen Lithiumbatterien zunehmend an Bedeutung.

- Fahrräder mit elektrischem Hilfsantrieb
- Kleinfahrzeuge (Rollstühle, Warentransport im Lager, Personentransport auf Flughäfen)
- Garten-Großgeräte (Rasenmäher, Kultiviermaschinen)
- Zellen-Pakete für die Fertigung von Batteriesystem mit hoher Leistung



Lithiumbatterien im mittleren Leistungsspektrum

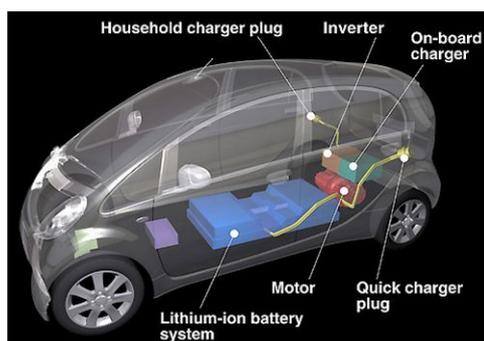
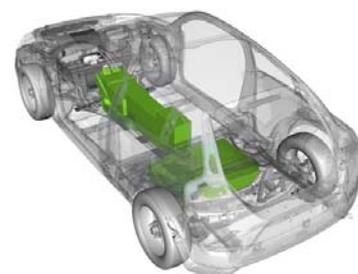


Lithiumbatterien im oberen Leistungsspektrum

- ➔ Eine nahezu explosionsartige Entwicklung erfährt die Anwendung von Lithiumbatterien in Bereichen Elektromobilität (Automotive) sowie netzunabhängige Großgeräte.
 - Hochenergiebatterien für Kraftfahrzeuge mit Elektroantrieb (z.B. Hybridantriebe, Hoch-Volt-Elektroantriebe)
 - Kombination und Verknüpfung von Zellen mittlerer Leistung zu einem Batterie-System mit hoher Leistung



Lithiumbatterien im oberen Leistungsspektrum



Größter Batteriespeicher Europas Schwerin, Deutschland (25.000 Lithium-Zellen)



Dr. Michael Buser

Größter Batteriespeicher weltweit Shenzhen, China (60.000 Lithium-Zellen)



Dr. Michael Buser



"Immanente" Brandgefahren

Materialtypisch: Inhaltsstoffe und Bauteile

Anwendungstechnisch:
Betriebsparameter und Technologie

21.11.2016

Keine Technologie ohne Risiken

Sicherheit bei Lithiumbatterien:

"Die 100-prozentige Sicherheit hat 0 V."

- ➔ Zitat von Prof. Dr. Martin Winter
- ➔ Inhaber der Professur für
**Angewandte Materialwissenschaften
zur elektrochemischen Energiespeicherung
und Energiewandlung**
- ➔ Universität Münster

Klassifizierung des Gefährdungspotenzials

- ➔ Zur quantitativen Klassifizierung des Gefährdungspotenzials wurden so genannte Gefahrenstufen definiert. Nach EUCAR (European Council for Automotive R & D) gibt es sieben Gefährdungsklassen (Hazard level).
- ➔ Hiervon ausgehend erfolgen die Gefährdungsbeurteilung und die Auswahl geeigneter Sicherheitstechnik und persönlicher Schutzausrüstung.
- ➔ In Gefahrenklasse 0 bis 4 gilt der UN 38.3 Test als bestanden.

Produkte der Einstufung in Gefahrenklasse 5 bis 7 dürfen nicht im Luftverkehr und nicht als Schiffsfracht transportiert werden.

Klassifizierung des Gefährdungspotenzials

Gefahren- klasse	Mögliche Gefährdung
0	Kein Effekt: keine Funktionsbeeinträchtigung
1	Passive Sicherungsvorrichtung löst aus: Zelle noch einsetzbar, Sicherungsvorrichtungen müssen repariert werden
2	Defekt, Beschädigung: Zelle ist irreversibel geschädigt und muss ausgetauscht werden
3	Leck, geringer Masseverlust: <50 % Gewichtsverlust
4	Abblasen, hoher Masseverlust: >50 % Gewichtsverlust
5	Flammenbildung: Offener Feuererscheinung
6	Bersten: Umherfliegende Teile der aktiven Elektrodenmassen
7	Explosion: Zertrümmerung der Zelle

Lithium Primärbatterie: Inhaltsstoffe (Auswahl)

➔ Anode

- Lithium Metall (Li): leichtentzündlich, exotherme Reaktion, **wassergefährdend**

➔ Kathode

- Mangandioxid (MnO_2): **brandfördernd, gesundheitsschädlich, reizend**
- Graphit: **brennbar (Staubexplosion)**

➔ Separator

- Polyethylen (PE): **brennbar**

➔ Elektrolyt

- Ethylenglycoldimethylether (DME): **leichtentzündlich (FP -2 °C): giftig, wassergef.**
- Ethylencarbonat (EC): **brennbar (FP 143 °C), reizend, wassergefährdend**

➔ Leitsalz

- Lithiumperchlorat (LiClO_4): **brandfördernd, gesundheitsschädlich**
- Aluminiumchlorid (AlCl_3): **ätzend**
- Lithiumhexafluorophosphat (LiPF_6): **giftig, ätzend, Bildung von Flusssäure**

Lithium Sekundärbatterie: Inhaltsstoffe (Auswahl)

➔ Anode

- Interkalationsverbindung (Trägermaterial: Graphit): **brennbar, Staubexplosion**

➔ Kathode

- Lithiumcobaltdioxid: **reizend, gesundheitsgefährdend**
- Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminium-Oxid: **giftig, wassergefährdend**

➔ Separator

- Polyethylen (PE): **brennbar**

➔ Elektrolyt

- Dimethylcarbonat (DMC): **leichtentzündlich (FP 17 °C), reizend, wassergefährd.**
- Ethylencarbonat (EC): **brennbar (FP 143 °C), reizend, wassergefährdend**

➔ Leitsalz

- Lithiumperchlorat (LiClO_4): **brandfördernd, gesundheitsschädlich**
- Vinylencarbonat (VC): **ätzend, giftig, umweltgefährlich**
- Lithiumhexafluorophosphat (LiPF_6): **giftig, ätzend, Bildung von Flusssäure**

Gefahren für Menschen und Umwelt

- ➔ **Brandgefahr**
 - Thermal Runaway
- ➔ **Explosionsgefahr**
 - Graphit: Staubexplosion
 - Wasserstoff: Knallgasexplosion
- ➔ **Wassergefährdung**
- ➔ **Gesundheitsgefahr**
 - Giftige Schwermetalle
 - Ätzende Säuren
 - Phosphorsäure (H₃PO₄), Phosphin (PH₃)
 - Flusssäure (HF)
- ➔ **Elektrische Gefahren**
 - Elektrische Spannung
 - Elektrischer Strom



Betriebstechnische Gefahren

- ➔ Fehlerhafte Handhabung
- ➔ Mechanische Beschädigung
- ➔ Thermische Belastung
- ➔ Äußerer Kurzschluss
- ➔ Innerer Kurzschluss
- ➔ Überladung
- ➔ Tiefentladen
- ➔ Schnellladung



Temperaturverhalten

- ➔ Die meisten Lithium-Ionen-Zellen sind nicht für Betriebs- und Lagertemperaturen über 60°C ausgelegt.
- ➔ Mit steigender Temperatur kann es bei Lithiumbatterien zu heftigen Reaktionen kommen
 - Druckaufbau in der Zelle (Bersten des Zellengehäuses)
 - Austritt von Gasen (brennbar, toxisch, korrosiv)
 - Zellenbrand
 - Thermal Runaway

Temperaturverhalten

Thermische Durchgehen (Thermal Runaway)

- ➔ Das thermische Durchgehen ist eine sich selbst verstärkende exotherme chemische Reaktion (sehr schnell sehr hohe Temperaturen)
- ➔ Metallbrand-Gefahr (Lithium, Aluminium)
 - Aufgrund der enormen Energiefreisetzung BEI EINEM Thermal Runaway kann selbst chemisch eingelagertes **Lithium** zur Zündung gebracht werden kann.
 - Auch Elektrodenbestandteile aus **Aluminium** können sich bei hohen Temperaturen entzünden.

Temperaturverhalten

70°C

- ➔ Selbsterhitzung der Graphit-Anode und des Elektrolyten.
- ➔ Tiefsiedende Bestandteile im Elektrolyten beginnen ab 80°C zu verdampfen und führen zum Druckaufbau, der die Zelle bersten lassen kann.

130°C

- ➔ Separator aus PE, PP oder PE/PP verschließt die Poren (Shut-down).
- ➔ Separator schmilzt, zusätzliche Erwärmung aufgrund von Kurzschluss, autokatalytischer Anstieg der Temperatur.

Temperaturverhalten

150-250°C

- ➔ Kathodenmaterial reagiert exotherm mit dem Elektrolyten (Zersetzung).
- ➔ Druckanstieg in der Zelle durch Verdampfung und Zersetzungsgase. Aufblähen des Zellengehäuses und evtl. Öffnung (austretende Zersetzungsgase sind zündfähig).

660°C

- ➔ Schmelzen des Aluminium Stromableiters (Kathode).
- ➔ Freisetzung von Graphit mit möglicher Gefährdung durch Staubexplosion. Bei weiterer Temperaturerhöhung Gefahr von Metallbrand (Aluminium).

Gefährliche Inhaltsstoffe und Zersetzungsprodukte

- ➔ Lithiumzellen sind in der Regel hermetisch gekapselt, (d.h. gasdicht verschlossen), so dass im regulären Normalbetrieb keine Inhaltsstoffe austreten können.
- ➔ Wird allerdings das Gehäuse mechanisch beschädigt oder kommt es infolge eines Brandereignisses zu einer thermischen Belastung, können unterschiedliche ätzende, giftige und kanzerogene Stoffe aber auch brennbare Inhaltsstoffe (staubförmig, gasförmig oder in flüssiger Form) austreten.

Gefährliche Inhaltsstoffe und Zersetzungsprodukte

Lithium-Metall

- ➔ Lithium-Primärbatterien besitzen ein Gefahrenpotenzial, das sich grundsätzlich aus der Verwendung von Lithium-Metall ableitet.
- ➔ Lithium ist hochreaktiv und neigt zu heftigen autokatalytischen Reaktionen.
- ➔ Weiterhin besitzt Lithium eine vergleichsweise niedrige Schmelztemperatur (181 °C), wobei es durch geschmolzenes Lithium zu unkontrollierbaren Zuständen im Batteriekörper kommen kann.

Gefährliche Inhaltsstoffe und Zersetzungsprodukte

Wasserstoff (Gefahr: Knallgas)

- ➔ Eine weitere Gefahr von Lithium-Metall ergibt sich insbesondere bei Kontakt mit Wasser (z.B. Löschwasser).
- ➔ Hierbei wird das Wassermolekül (H_2O) durch die hohe Reaktivität des Alkalimetalls augenblicklich in seine Bestandteile zerlegt, wodurch es zur Bildung von explosivem Knallgas (H_2 / O_2) kommen kann:
 - Wasserstoffgas (H_2 – brennbar)
 - Sauerstoffgas (O_2 – brandfördernd)
- ➔ Bereits geringe elektrostatische Entladungen oder elektrische Zündfunken (z.B. Lichtschalter) reichen als Zündquelle aus, um eine sog. Knallgasexplosion auszulösen.

Gefährliche Inhaltsstoffe und Zersetzungsprodukte

Graphit

- ➔ Beim thermischen Durchgehen großer Batterietypen kommt es zum Teil zu einer beträchtlichen Graphit-Freisetzung.
- ➔ Graphit-Staubexplosion (insbesondere in Räumen)
- ➔ Kontamination von Bausubstanz, Maschinen und Einrichtungen mit leitfähigem Graphit-Staub
 - Verschmutzung von Gebäudeoberflächen (Wände, Decken)
 - Beschädigung von elektrischen / elektronischen Geräten (Kurzschluss)

Gefährliche Inhaltsstoffe und Zersetzungsprodukte

Schwermetalle

- ➔ Elektrodenmaterialien sind häufig Oxide der sog. Übergangsmetalle (Cobalt, Nickel, Mangan). Im Brandfall sind staubförmige Reaktionsprodukte oder Rückstände dieser z.T. gesundheitsschädlichen (Cobalt) oder giftigen (Nickel) Stoffe in der Asche und im Brandrauch zu erwarten.
 - Bei Cobalt-Verbindungen kann bereits eine Exposition von nur 25 Milligramm beim Menschen zu Haut-, Lungen-, Magenerkrankungen, Leber-, Herz-, Nierenschäden und Krebsgeschwüren führen.
 - Das Einatmen von Nickel-Verbindungen ist mit einem erhöhten Krebsrisiko für Karzinome der Lunge und der oberen Luftwege verbunden.

Gefährliche Inhaltsstoffe und Zersetzungsprodukte

Brennbare Komponenten

- ➔ Die in Lithiumbatterien eingesetzten Materialien bzw. einzelne Batteriekomponenten sind zum Teil brennbar und leicht entzündbar.
- ➔ Die in Lithiumbatterien verwendeten organischen Lösungsmittel sind in der Regel leicht entzündlich und können mit Luft explosive Gemische bilden.

Gefährliche Inhaltsstoffe und Zersetzungsprodukte

Leitsalz Lithiumhexafluorophosphat (LiPF_6)

- ➔ Das Leitsalz Lithiumhexafluorophosphat (LiPF_6) kann im Brandfall unspezifisch fluorhaltige und phosphorhaltige Stoffe freisetzen, die als giftige Fracht im Brandrauch ein Risiko für Personen und Umwelt darstellen.
- ➔ Da diese Verbindung stark hygroskopisch ist, kommt es bereits bei Spuren von Wasser (Eintritt von Luftfeuchte bei geborstenem Zellenkörper) zu einer chemischen Reaktion zu Fluorwasserstoff (HF) und Phosphorsäure (H_3PO_4).

Gefährliche Inhaltsstoffe und Zersetzungsprodukte

Phosphorsäure (H_3PO_4)

- ➔ Stark hygroskopisch
- ➔ Ätzende Wirkung auf Augen, Atemwege und Haut
- ➔ Bei oraler Aufnahme kommt es zu Schädigungen im Magen-Darm-Trakt

Gefährliche Inhaltsstoffe und Zersetzungsprodukte

Fluorwasserstoff / Flusssäure (HF)

- ➔ Farbloses Gas (stechender Geruch, sehr giftig, ätzend, stark hygroskopisch)
- ➔ Führt bereits bei geringsten Konzentrationen zu gesundheitlichen Beschwerden (1,4 ppm) bzw. zu schweren oder bleibenden gesundheitlichen Schäden (IDLH-Wert: 30 ppm).
- ➔ Durch Reaktion mit Wasser (z.B. Löschwasser) bildet sich Flusssäure (ätzende und Reizwirkung auf Schleimhäute und Haut, Gefahr schwerer Augen- und Lungenschädigung, Störungen von Stoffwechsel, Herz-Kreislauf- und Nervensystem, Schädigung der Knochen).

Gefährliche Inhaltsstoffe und Zersetzungsprodukte

Besondere Personengefährdung trotz Brandmelder

- ➔ Bei versagenden lithiumhaltigen Batterien sowohl vor dem Brandstadium als auch bei Brandentstehung werden giftige Stoffe freigesetzt, die schwerer als Luft sind.
- ➔ Die schweren Bestandteile können sich im Bodenbereich sammeln und werden von optischen Rauchmeldern an der Decke nicht detektiert.

Elektrische Gefahren

Elektrische Spannung

- ➔ Zwischen den Polen einer Batterie liegt eine elektrische Gleichspannung an.
- ➔ Daher kann von Batterien mit hohen Spannungen für Personen eine Gefahr ausgehen.
- ➔ Gerade die für Elektrofahrzeuge erforderlichen hohen Nennspannungen von bis zu 800 Volt können beim Berühren zu einem elektrischen Schlag führen.

Bereits Gleichspannungen von 120 V sind lebensgefährlich

Elektrische Gefahren

Elektrischer Strom

- ➔ Für die Anwendung in Elektrofahrzeugen müssen Batteriesysteme kurzzeitig hohe Ströme in der Größenordnung von mehreren Hundert Ampere liefern.
- ➔ Bei einem Kurzschluss im HV-System können Lithium-Ionen-Batterien innerhalb weniger Millisekunden Ströme von 6.000 A und mehr aufbauen.

Bereits Stromstärken von 50 mA sind lebensgefährlich

Ursachen für Batteriebrände

Fehlerhafte Handhabung

- ➔ Durch fehlerhafte Handhabung und unsachgemäßem Umgang
 - Mechanische Beschädigungen
Schlag, Sturz, Quetschen, etc.
 - Elektrische Fehler
Kurzschluss, Tiefentladung, Überladung, Umpolung, etc.
 - Thermische Einwirkungen
Inneres Überhitzen, sekundäre Wärmestrahlung von außen, etc.

kann es zum Austreten des Elektrolyten, zu Überdruckreaktionen mit Abblasen gasförmiger Reaktionsprodukte, zu Feuererscheinungen oder zu einem gewaltsamen Bersten kommen.

Ursachen für Batteriebrände

Mechanische Beschädigung

- ➔ Bei mechanischen Beschädigungen von Batterien besteht die Gefahr, dass es zu inneren Kurzschlüssen und damit zu einem Brand kommt.
 - Fertigungsfehler
Unsachgemäßer Zusammenbau einzelner Batteriekomponenten
 - Mechanische Überbelastung
Schlag, Sturz, Quetschen, etc.
 - Überdruck in der Zelle
Ausdehnung des Elektrolytflüssigkeit

Ursachen für Batteriebrände

Sekundäre thermische Belastung

- ➔ Bei thermischer Belastung von außen (z.B. durch Wärmestrahlung im Brandfall) kann es bei Lithiumbatterien zum Schmelzen einzelner Batteriekomponenten (z.B. Separatoren) und damit zu einem Kurzschluss kommen.

Äußerer Kurzschluss

- ➔ Hierzu kann es kommen, wenn es (z.B. durch einen metallischen Gegenstand) zu einem beidseitigen Polkontakt kommt.

Ursachen für Batteriebrände

Innerer Kurzschluss durch Zellfehler oder Crash

- ➔ Fertigungsfehler bei der Herstellung von Lithium-Zellen (metallische Partikel oder sonstige leitfähigen Verunreinigungen) können eine Beschädigung der Separatorfolie verursachen, wodurch interne Kurzschlüsse entstehen können.
- ➔ Mikroskopisch kleine Separatorschäden können sich zu kurzschlussbedingte Temperaturerhöhung bis hin zum Durchgehen der Zelle entwickeln.
- ➔ Insofern bleiben innere Kurzschlüsse bei der praktischen Alltagsanwendung zunächst unbemerkt und führen erst nach längerem Gebrauch zu plötzlichen Brandereignissen.

Ursachen für Batteriebrände

Überladung

- ➔ Beim Überladen kann es zu einer Verdampfung der organischen Elektrolytflüssigkeit und auch zur Schädigung der kristallinen Schichtstruktur kommen.
- ➔ Dies wiederum kann in einer stark exothermen Reaktion zum Freisetzen von elementarem Sauerstoff (brandfördernd!) führen.
- ➔ Aufgrund der starken lokalen Temperaturerhöhung kann es zu einem Brand und auch zu einer explosionsartigen Entlastungsreaktion kommen.

Ursachen für Batteriebrände

Tiefentladung

- ➔ Bei Tiefentladung wird die Entladeschlussspannung unterschritten, wobei sich irreversibel die Elektrolytflüssigkeit zersetzt.
- ➔ Wird solch eine tiefentladene Lithium-Ionen-Zelle geladen, kann die zugeführte Energiemenge durch das Fehlen von Elektrolytflüssigkeit nicht mehr in chemische Energie gespeichert werden und die Ladeenergie wird in Wärme umgesetzt.

Ursachen für Batteriebrände

Defekt im Kühlkreislauf (bei Großbatterien)

- ➔ Bei Großbatterien und Fahrzeugbatterien erfolgt die interne Kühlung der Batterie üblicherweise mit einem Kühlmittel auf der Basis eines Glykol/ Wasser-Gemisches.
- ➔ Bei einem Defekt des Kühlkreislaufes und Leckage von Kühlmittel besteht die Gefahr, dass aufgrund der Kapillarwirkung das Kühlmittel zwischen den Zellen aufsteigt und auch noch nach mehreren Tagen zu internen Kurzschlüssen und letztendlich zum thermischen Durchgehen der Batterie führen kann.

Ursachen für Batteriebrände

Gefälschte Lithium-Ionen-Batterien und Ladegeräte

- ➔ Einige Hersteller von Elektrogeräten warnen vor gefälschten Lithium-Ionen-Batterien und Ladegeräten.
- ➔ Hierbei wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Produkte nicht mit den entsprechen Sicherheitselementen ausgerüstet sind und es beim Gebrauch bzw. Laden zu verschiedenen Problemen kommen kann:
 - Ungewöhnlich starkes Erhitzen
 - Bersten und Auslaufen der Elektrolytflüssigkeit
 - Feuer
 - Verletzungen des Benutzers (Verbrennungen, Erblinden, etc.)



Lithiumbatterien als Schadenursache

Schadenerfahrung bei Lagerung, Produktion und Transport

"Lessons Learned"

21.11.2016



News Artikel Handy-Gal
heise mobil > 7-Tage-News > 2006 > K
News-Meldung vom 16.08.2006 14:22

FRACHT AUS DER HÖLLE
Geschrieben von: siegfried niedek
Lithium-Batterien: die Luftfahrt-Gefahr des 21. Jahrhunderts. Sie stecken in Laptops,

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&



ct > aktuell
Jürgen Rink
Tischfeuerwerk
Riskante Qualitätsprobleme bei Lithiumionen-Akkus
Der Rückruf von fast sechs Millionen Lithiumionen-Akkus wirft die Frage auf, wie gefährlich diese Tec und sogar den Laderaum stark wachsenden Absatz ein Qualitätsproblem.

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

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)

Probleme bei Elektroautos



Sony Notebook Akkus

- ➔ 14.08.2006: Rückruf von **4,1 Millionen Lithium-Ionen Akkus** in Dell-Notebooks aufgrund bekannt gewordener Brandereignisse.
- ➔ 24.08.2006: Apple gibt bekannt, dass rund **1,8 Millionen Akkus** wegen möglicher Brandgefahr ausgetauscht werden müssen.
- ➔ Weltweiter Rückruf (Dell und Apple) von insgesamt **9,6 Millionen Notebook-Akkus**.
- ➔ Der Rückruf betrifft etwa 15 % aller Dell, und über **30 % aller Apple Notebooks**.
- ➔ Weitere Rückrufe fast aller Notebook-Hersteller **5 % aller weltweit verkauften Notebooks**.
- ➔ **Gesamt Rückrufkosten: 429 Million USD**




 Suchen

- Tests + Themen
- Shop
- Abo
- Über uns
- Presse

Sie sind hier: [Startseite](#) > [Tests + Themen](#) > [Freizeit + Reise](#) > [Meldungen](#)

← Startseite

Tests + Themen

- Auto + Verkehr
- Bauen + Finanzieren
- Bild + Ton
- Bildung + Soziales
- Computer + Telefon
- Essen + Trinken
- Freizeit + Reise
- Tests
- Schnelltests
- Meldungen
- Specials
- Infodokumente
- Geldanlage + Banken
- Gesundheit + Kosmetik
- Haus + Garten



Bei den Elektrofahrrädern „Kassel“ und „Rendsburg“ der Marke Victoria können beim Aufladen die Akkus überhitzen. Es besteht Brandgefahr. Betroffen sind die bis 30. September 2010 ausgelieferten grauen Akkupacks mit den 700 mA/h-Ladegeräten von Ansmann. Der Fahrradanbieter Hermann Hartje ruft diese Akkus und Ladegeräte zurück, damit sie überprüft und im Bedarfsfall repariert oder ausgetauscht werden können. Alternativ können Fahrradbesitzer einen Akku der neuesten Baureihe und das schnellere Ladegerät mit 1 000 mA/h zum Sonderpreis von 199 Euro erwerben. Besitzer der entsprechenden Victoria-Elektrofahrräder sollten sich an ihren Fahrradhändler oder direkt an die Firma Clean Air Bikes in Berlin wenden, die mit der Abwicklung der Austauschaktion betraut ist. Hotline 0 30/8 5 07 39 29 13 oder Fax 0 30/8 50 73 92 95 00. Mehr über Elektrofahrräder, Akkus und Ladezeiten lesen Sie in unserem Test (► „Elektrofahrräder“ aus test 08/2011).


 Suchen

- Tests
- Shop
- Abo

Mein test.de

- Altersvorsorge Rente
- Bildung Beruf
- Eigenheim Miete
- Essen Trinken
- Freizeit Verkehr
- Geldanlage Banken
- Gesundheit Kosmetik
- Haushalt Garten
- Kinder Familie
- Multimedia
- Steuern Recht
- Ver...

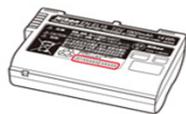
Startseite > Multimedia > Meldungen > Rückruf Nikon-Akkus

Rückruf Nikon-Akkus

Digitalkamera-Akkus können überhitzen

02.05.2012

Nikon ruft Kamera-Akkus für seine Kamera-Modelle ► D7000, D800, D800E und ► 1 V1 zurück. Die Akkus einer bestimmten Charge können überhitzen. Betroffene erhalten kostenlosen Ersatz.



Betroffene Akkus an der Seriennummer erkennen



Nikon ruft Akkus vom Typ EN-EL15 zurück, die in den Kameras ► D7000, D800, D800E und ► 1 V1 zum Einsatz kommen. Die Akkus können überhitzen und sich dann verformen. Betroffene Akkus sind laut Nikon daran zu erkennen, dass ihre Seriennummer an neunter Stelle ein „E“ oder „F“ hat. Wer einen solchen Akku besitzt, erhält vom Anbieter kostenlos Ersatz. Nähere Informationen gibt Nikon [auf seiner Website](#).

Entscheidend ist die neunte Stelle der Seriennummer.

Akkurückruf keine Seltenheit

Lithium-Ionen-Akkus sind in Mobilgeräten wie ► Kameras, ► Handys, ► Notebooks und Tablets sehr

Mehr bei test.de

Tests

- Produktfinder Digitalkameras
- Produktfinder Camcorder
- Produktfinder Fernseher
- Fotobücher
- Bildbearbeitung
- Digitale Bilderrahmen
- Digitale Fotodienste
- Digitalkamera-Zubehör
- Digitalkameras Unternehmensverantwortung

Schnelltests

- Digitalkameras
- Camcorder
- Digitale Bilderrahmen

Meldungen

Flugzeugabsturz in Dubai

3. September 2010

- ➔ Absturz eines UPS Frachtflugzeugs kurz nach dem Start in Dubai.
- ➔ Der erst drei Jahre alte UPS-Frachtjumbo hatte eine größere Anzahl **Lithiumbatterien geladen.**



Quelle: www.dubainews.com

Dr. Michael Buser

67

Boston am 07.01.2013: Boing 787 - Dreamliner



Boeing-Pannenflieger: Feuer in Dreamliner ausgebrochen

Die Pannenserie bei Boings Prestigeobjekt reißt nicht ab. Im Rumpf eines Dreamliners auf dem Flughafen Boston ist ein Feuer ausgebrochen. Nach Angaben der Feuerwehr war eine Batterie explodiert, die Geräte an Bord mit Strom versorgt.



REUTERS

Dreamliner der Japan Airlines auf dem Flughafen in Boston: Rauch in der Kabine

Dr. Michael Buser

68



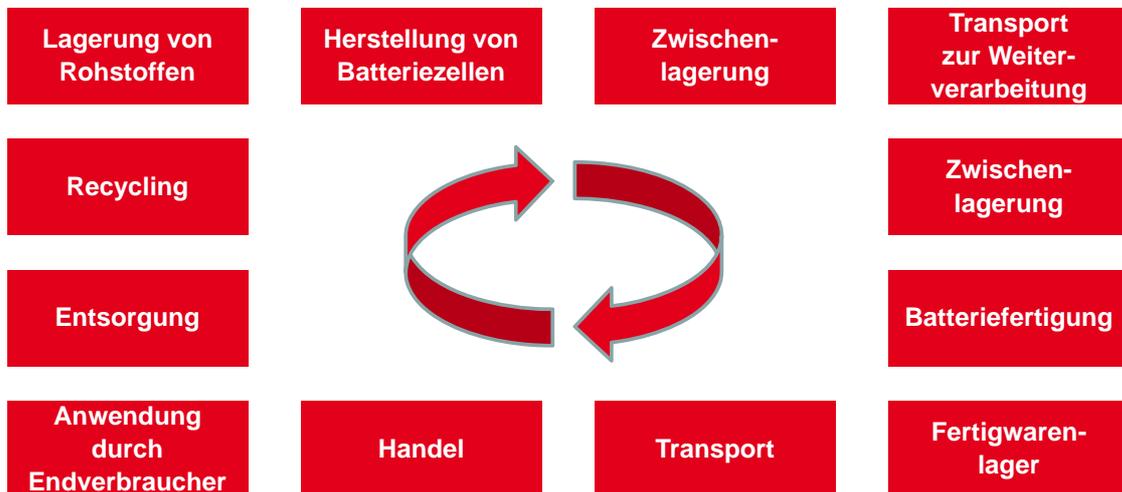
Sicherheitsregeln und Schutzmaßnahmen

Herausforderungen und Lösungen

21.11.2016

Lebenszyklus einer Lithium-Batterie

Schutzmaßnahmen und Sicherheitskonzepte müssen ALLE Elemente im Lebenszyklus einer Batterie berücksichtigen!



Sicherheitsregeln und Schutzmaßnahmen

- ➔ Der Betreiber ist nach
 - Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und
 - Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)

verpflichtet, in einer Gefährdungsbeurteilung die Gefahren, die von den technischen Einrichtungen und Geräten ausgehen können, einzuschätzen bzw. zu beurteilen und daraus abzuleitende notwendige Schutzmaßnahmen umzusetzen.

- ➔ Das gilt sinngemäß grundsätzlich auch für den Umgang mit Lithiumbatterien.

Sicherheitsregeln und Schutzmaßnahmen

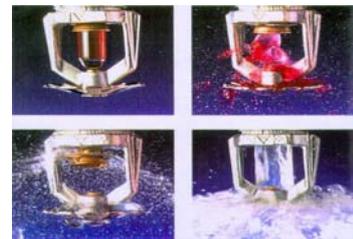
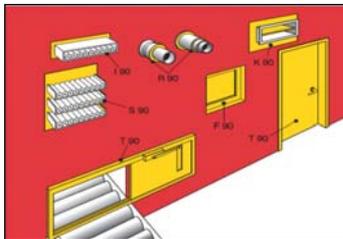
Grundsätzlich empfiehlt sich ein mehrstufiger Ansatz:

- ➔ Allgemeine Schadenverhütung und Sicherheitsregeln
 - Bauliche Vorsorgemaßnahmen
 - Organisatorische Vorsorgemaßnahmen
 - Anlagentechnische Vorsorgemaßnahmen
- ➔ Produkt-spezifische Schadenverhütung und Sicherheitsregeln
 - Lithium-Batterien geringer Leistung
 - Lithium-Batterien mittlerer Leistung
 - Lithium-Batterien hoher Leistung
- ➔ Schutz- und Überwachungseinrichtungen an der Batterie

Sicherheitsregeln und Schutzmaßnahmen

Allgemeine Sicherheitsregeln

- ➔ Bauliche Brandschutzvorkehrungen
- ➔ Organisatorische Schutzmaßnahmen
- ➔ Technische Sicherheitssysteme



Bauliche Brandschutzvorkehrungen

- ➔ Lagerung und Handhabung von Lithiumbatterien ausschließlich in feuerbeständig abgetrennten Bereichen (eigener Brandabschnitt) oder unter Sicherstellung eines angemessenen Sicherheitsabstandes zu brennbaren Materialien.
- ➔ **Eigener Brandabschnitt** mit feuerbeständiger baulicher Abtrennung (F90).
- ➔ **Räumliche Abtrennung** mit einem Sicherheitsabstand von mindestens 20 Metern zu brennbaren Materialien.

Bauliche Brandschutzvorkehrungen

- ➔ Sofern betriebstechnische Gründe eine räumliche oder bauliche Abtrennung einzelner Bereiche nicht zulassen, sind als Minimalanforderung an den betrieblichen Brandschutz ausreichend dimensionierte **Freistreifen von 2,5 m** innerhalb eines Brandabschnitts in Verbindung mit zusätzlichen organisatorischen und technischen Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen.
- ➔ Weiterhin empfiehlt sich die **Kapselung** einzelner Batterien oder einzelner Fertigungschargen (Kassetten oder Container aus nicht-brennbaren Materialien).

Organisatorische Schutzmaßnahmen

- ➔ **Äußere Kurzschlüsse** wirksam verhindern (Polkappen)
- ➔ **Mechanische Beschädigungen** wirksam verhindern: Beschädigte Produkte (auch bei geringsten Beschädigungen) umgehend fachgerecht entsorgen
- ➔ **Sicherheitsentlüftungen freihalten:** Ausreichender Sicherheitsabstand
- ➔ **Vermeidung von dauerhaft hohen Temperaturen** und externen Wärmequellen (z.B. direkter Sonneneinstrahlung, Heizung, etc.).
- ➔ **Lagerung kühl (unter 21 °C) und trocken (Klimaanlage)**

Organisatorische Schutzmaßnahmen

- ➔ **Separate Lagerung:**
Mischlagerung unterbinden
- ➔ **Umgang analog Gefahrstoff**
 - Schulung der Mitarbeiter in Bezug auf fachgerechten Umgang
 - Spezifische Betriebsanweisungen
- ➔ **Spezial-Löschpulver Klasse D** bereitstellen:
Allerdings, nur wirksam bei kleineren Entstehungsbränden unter Beteiligung von nur wenigen (einzelnen) Batteriezellen

Organisatorische Schutzmaßnahmen

Sofern Lithiumbatterien an Produktionsplätzen bereitgestellt werden müssen, sind folgende zusätzliche Vorgaben zu beachten:

- ➔ **Mengenbegrenzung** auf das notwendige Minimum (Tagesbedarf)
- ➔ **Freistreifen** von 2,5 m um die Bereitstellungsflächen
- ➔ Bereitstellung **zusätzlicher Feuerlöscher** im Nahbereich
- ➔ Sind in den betroffenen Bereichen Löschanlagen vorhanden, ist zu prüfen, ob die Löschanlage auf die **Gefahrerhöhung** durch Lithiumbatterien ausgelegt ist.

Anlagentechnische Sicherheitssysteme

- ➔ Erfahrungen mit Batteriebränden unter Einsatz konventioneller Löschtechnik (Sprinkleranlagen, Gaslöschanlagen, etc.) haben gezeigt, dass bei Brandereignissen insbesondere wegen des enormen Energieinhalts **extreme Wärmemengen** freigesetzt werden.
- ➔ **Konventionelle Löschtechnik ist häufig überfordert** und kann einen Batteriebrand nicht wirksam bekämpfen.
- ➔ Auch die Gefahr der **Rückzündung** stellt an den anlagentechnischen Brandschutz hohe Anforderungen.

Anlagentechnische Sicherheitssysteme

- ➔ Der anlagentechnische Brandschutz steht insbesondere dort vor **großen Herausforderungen**, wo bereits konventionelle Wasserlöschtechnik (z.B. Sprinkleranlagen) installiert ist.
- ➔ Hierbei stehen insbesondere Mischlager (z.B. Speditionslager, Zentrallager, etc.) im Fokus, wo **bei sog. „chaotischer Lagerhaltung“** neben herkömmlichen Lagergütern auch Lithiumbatterien eingelagert werden können.

Anlagentechnische Sicherheitssysteme

- ➔ Jeder Anwendungsbereich von Lithiumbatterien hat seine spezifischen Anforderungen. Somit bleibt bei der Suche nach geeigneten Schutzkonzepten die **einzelfallbezogene Gefahrenanalyse** bis auf weiteres unausweichlich.
- ➔ Der Umgang oder die Lagerung von Lithiumbatterien verlangt insofern **maßgeschneiderte Lösungen**, die gezielt auf ein bestimmtes Anwendungsszenario abgestimmt sind.
- ➔ Neben automatischen Löschanlagen müssen immer bauliche und organisatorische Randbedingungen **ganzheitlich** betrachtet werden.
- ➔ Für wirksame Schutzkonzepte mit Sprinkleranlagen ist eine **Einzelbetrachtung** notwendig.

Anlagentechnische Sicherheitssysteme

- ➔ In Bezug auf anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen (Löschanlagen) für den Umgang oder die Lagerung von Lithium-haltigen Energiespeicher liegen hinsichtlich der Wirksamkeit von technischen Schutzkonzepten und in Bezug auf die Effektivität von anlagentechnischen Lösungen aktuell nur wenig gesicherte Erkenntnisse und keine standardisierten Konzepte vor.
- ➔ Trotz des offenkundigen Gefahrenpotenzials konnte sich bisher kein Löschanlagenkonzept als etablierter Standard durchsetzen.
- ➔ **Insofern ist es nicht möglich, in seriöser Weise ein bestimmtes Löschanlagenkonzept exklusiv zu empfehlen.**

Anlagentechnische Sicherheitssysteme

Brandversuchsstudien und Forschungsberichte

➔ Im Zusammenhang mit lithiumhaltigen Energiespeichern wurde zur Prüfung der Wirksamkeit von konventionellen anlagentechnischen Schutzkonzepten (Löschanlagen) von unterschiedlichen Organisationen großtechnische Brandversuche durchgeführt:

- FM Global
- VdS Schadenverhütung
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



175

Anlagentechnische Sicherheitssysteme

Brandfrüherkennung

- ➔ In Bereichen wo Lithiumbatterien gelagert oder verwendet werden ist eine **flächendeckende Brandfrüherkennung** ein absolutes Muss.
- ➔ Als Mindestanforderung ist sicherzustellen, dass alle Bereiche, in denen mit Lithiumbatterien hantiert wird, flächendeckend durch eine **Brandmeldeanlage mit automatischer Alarmweiterleitung** zu einer ständig besetzten Stelle überwacht werden.



Anlagentechnische Sicherheitssysteme

Wasser-Löschanlagen

- ➔ Durch die Beaufschlagung der Brandlasten mit Wasser wird die Brandausbreitung wirksam eingedämmt.
- ➔ Großbrandversuche haben gezeigt, dass die Beaufschlagung mit Wasser eine Reduzierung der Brandausbreitung und in den meisten Fällen sogar eine deutliche Reduzierung der Brandintensität nach sich zieht.
- ➔ Eine **möglichst frühzeitige Auslösung, vollständige Benetzung und Kühlung des Brandgutes** führt zu einer deutlich verlangsamten Reaktion der Akkus und damit auch der Brandentwicklung.

Anlagentechnische Sicherheitssysteme

Wasser-Löschanlagen

- ➔ Wasser hilft die Auswirkungen von Bränden mit Li-Ionen Batterien zu begrenzen.
- ➔ Schnell auslösende Sprinkler- oder Sprühwasserlöschanlagen mit hoher Wasserbeaufschlagung stellen einen wirksamen Schutz dar.
- ➔ Neben automatischen Löschanlagen müssen immer bauliche und organisatorische Randbedingungen ganzheitlich betrachtet werden.
- ➔ **Für wirksame Schutzkonzepte mit Sprinkleranlagen ist eine Einzelbetrachtung notwendig**

Anlagentechnische Sicherheitssysteme

Wasser-Löschanlagen

- ➔ Dort, wo konventionelle Wasserlöschanlagen (z.B. Sprinkler) zu träge bzw. dessen Löschleistung unter Umständen nicht ausreichend ist, stellt die **Wassernebeltechnologie** eine Lösungsmöglichkeit dar.
- ➔ Durch den Einsatz von Wassernebel wird ein zuverlässiger Lösch- und Kühleffekt gewährleistet und zudem auch eine Rückzündung verhindert.

Anlagentechnische Sicherheitssysteme

Permanent-Inertisierung

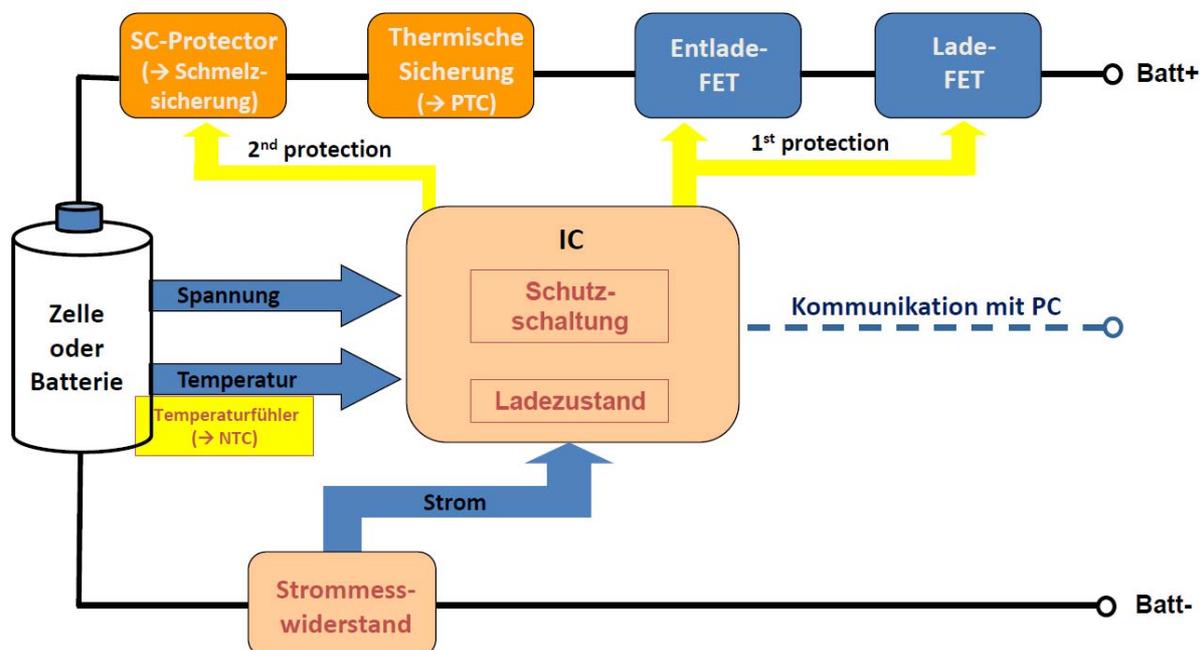
- ➔ Wenn Löschanlagen aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Betracht kommen oder andere Gründe gegen den Einsatz einer Wasserlöschanlage sprechen, müssen sich Schadenverhütungskonzepte auf die Vermeidung der Brandentstehung konzentrieren.
- ➔ In diesem Zusammenhang bietet die Technologie der **Sauerstoffreduzierung** vielversprechende Lösungsansätze.
- ➔ Durch das kontrollierte Einleiten von Stickstoff in einen Schutzbereich wird der Sauerstoffgehalt abgesenkt und so die Brandentstehung verhindert.

Anlagentechnische Sicherheitssysteme

Gas-Löschanlagen

- ➔ Bei einem Einsatz von Gaslöschtechnik mit verflüssigten Gasen (N_2 , CO_2) wirkt sich die Inertisierungswirkung grundsätzlich positiv aus.
- ➔ Mit den üblicherweise eingesetzten Spülmengen lässt sich allerdings nur eine geringe Menge an thermischer Energie abführen.
- ➔ Im Hinblick auf die enorme Wärmefreisetzung, die bei einem Brand von Lithiumbatterien zu erwarten ist, erscheint ein solches Konzept aufgrund der begrenzten Wärmebindung als Löscheinrichtung **wenig geeignet**.

Batterie Management System (BMS)



Schutz- und Überwachungseinrichtungen an der Batterie (Sicherheitsmanagement)

- ➔ Sicherheitsabschaltung
 - PTC-Widerständen oder PTC-Thermistoren
 - CID (Circuit Interrupt Device oder Current Interrupt Device)
 - Shut-Down Separatoren
 - Safety Vent
- ➔ Elektrische Kennwerte: Zellspannung, Batteriestrom
- ➔ Ladezustand: Überladung, Tiefentladung
- ➔ Betriebsbedingungen: Temperatur, Kurzschluss

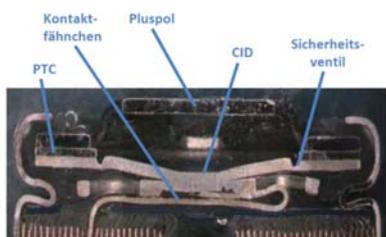
Schutzelemente und Überwachungseinrichtungen an der Batterie

Batterie-Sicherheitsmanagement

- ➔ Ein wichtiges Sicherheitskriterium ist der Einsatz von Schutz- und Überwachungseinrichtungen, bzw. die Überwachung des Batteriezustands durch Sensoren mit Sicherheitsabschaltung.
- ➔ Die Überwachung der Zellzustände und der Lade- bzw. Entladevorgänge ermöglicht das Erkennen von Anwenderfehlern und sicherheitskritischen Störungen.
 - Elektrische Kennwerte: Zellspannung, Batteriestrom
 - Ladezustand: Überladung, Tiefentladung
 - Betriebsbedingungen: Temperatur, Kurzschluss

Schutzelemente und Überwachungseinrichtungen an der Batterie

- ➔ **PTC-Widerstände** (Positive Temperature Coefficient): Elektrischer Widerstand wird bei steigender Temperatur größer wird (Begrenzung von Lade- oder Entladestrom)
- ➔ **CID** (Circuit Interrupt Device oder Current Interrupt Device) bei Gasdruck innerhalb der Zelle wird der elektrische Kontakt zu einem der Pole unterbrochen.
- ➔ **Shut down-Separatoren:** Dreilagige Separatoren, die bei Temperaturentwicklung ihre Porosität verlieren und damit den Stromfluss unterbinden.
- ➔ **Safety Vent:** Sollbruchstelle, die bei entsprechendem innerem Gasdruck aktiviert wird und ein kontrolliertes Abgasen ermöglicht.



Zelleninterne Sicherheitskonzepte

PTC

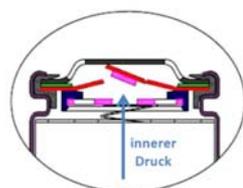
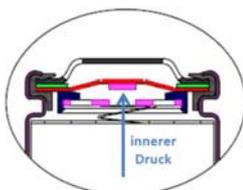
- positive temperature coefficient
- übermäßige Ausdehnung des Bauteils bei Erwärmung
- fließen zu hohe Ströme während des Lade- oder Entladevorgangs, reduziert das PTC durch Erwärmung den Stromfluss

CID

- current interrupt device
- bei Entstehung internen Druckes verformt sich Sicherheitsventil und Kathodenkontakt reißt ab
- Unterbrechung des Ladestroms
- Bsp.: Sauerstoffentstehung durch Zersetzung der CoO_2 -Kathode bei 5 V → Überladung

Sicherheitsventil

- steigt interner Druck plötzlich sprunghaft an, bricht Sollbruchstelle und Gas kann entweichen
- verhindert gewaltsames Bersten der Zelle



Produkt-spezifische Sicherheitsregeln

Leistung	Lithiummetallbatterie (UN 3090)	Lithiumionenbatterie (UN 3480)
gering	≤ 2 g Li je Batterie	≤ 100 Wh je Batterie
mittel	> 2 g Li je Batterie und ≤ 12 kg brutto je Batterie	> 100 Wh je Batterie und ≤ 12 kg brutto je Batterie
hoch	> 2 g Li je Batterie und > 12 kg brutto je Batterie	> 100 Wh je Batterie und > 12 kg brutto je Batterie

Produkt-spezifische Sicherheitsregeln

Lithiumbatterien geringer Leistung

- ➔ Für Batterien dieser Kategorie sind unter Beachtung der allgemeinen Schutzvorkehrungen keine zusätzlichen speziellen Sicherheitsvorschriften erforderlich, sofern alle Vorgaben des Herstellers, Sicherheitsbehörden und Schadenverhütungsexperten eingehalten werden.
- ➔ **Bei größeren zusammenhängenden Lagermengen (Volumina über 7 m³ oder mehr als 6 Euro-Paletten) gelten die Hinweise für Lithiumbatterien mittlerer Leistung.**



Produkt-spezifische Sicherheitsregeln

Lithiumbatterien mittlerer Leistung

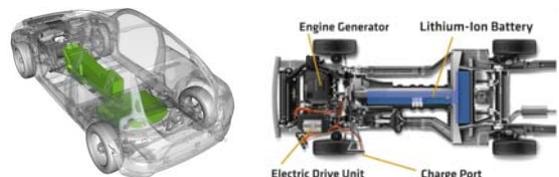
- ➔ Feuerbeständig abgetrennter Raum bzw. mit ausreichendem räumlichen Abstand (z.B. Gefahrstofflager, -container)
- ➔ Mischlagerung mit anderen Produkten ist nicht zulässig
- ➔ Brandmeldeanlage (Aufschaltung auf ständig besetzte Stelle)
- ➔ **Bei größeren zusammenhängenden Lagermengen (belegte Fläche > 60 m² und / oder Lagerhöhen > 3 m) gelten die Hinweise für Lithiumbatterien hoher Leistung.**



Produkt-spezifische Sicherheitsregeln

Lithiumbatterien hoher Leistung

- ➔ Mindestanforderung: Maßnahmen für Lithiumbatterien mittlerer Leistung
- ➔ Zusätzlich einzelfallbezogene Gefahrenanalyse
- ➔ **Schutzmaßnahmen und Brandschutzkonzepte sind daher einzelfallbezogen und mit individuellen (maßgeschneiderten) Lösungsansätzen gezielt auf das Anwendungsszenario abzustimmen.**





Erste-Hilfe vor-Ort

Feuerwehreinsatzkräfte
Rettungsorganisationen

21.11.2016

Vorgehensweise am Unfallort

- ➔ **Spannungsfreiheit herstellen:** Alle spannungsführenden Leitungen müssen abgeschaltet werden. Die Zündung ist auszuschalten (auch 12-Volt Batterie abklemmen).
- ➔ **Interlock- und Service-Trennstecker** an der Hochvoltbatterie ziehen.
- ➔ **Gegen Wiedereinschalten sichern:** Zündschlüssel und Service-Trennstecker an einem sicheren Ort aufbewahren.
- ➔ **Spannungsfreiheit feststellen:** Die Spannungsfreiheit ist mit einem zugelassenen Spannungsprüfer festzustellen.
- ➔ Erden und **Kurzschließen**
- ➔ Benachbarte unter Spannung stehende **Teile abdecken**

Elektrische Gefahren

- ➔ Batterien und stromführende HV-Kabel in Elektro- und Hybridfahrzeugen sind grundsätzlich isoliert von Karosserieteilen eingebaut.
- ➔ **ACHTUNG:** Bei Beschädigung der Isolation (z.B. Crash) kann die Isolation allerdings durchbrochen werden und Fahrzeugteile unter Spannung stehen. Spannungen von mehreren Hundert Volt sind möglich!
 - ❗ Der Zustand des HV-Energiespeichers ist zu kontinuierlich beobachten (z.B. Rauchentwicklung).
 - ❗ Der HV-Energiespeicher darf nicht berührt werden.
 - ❗ Die Grundsätze der Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen und die Einhaltung der Strahlrohrabstände nach VDE 0132 sind strikt einzuhalten.

Elektrische Gefahren

- ➔ Die Hochvoltkabel sind oft in den Holmen und Trägern des Unterbodens des Fahrzeuges verlegt.
- ➔ **ACHTUNG:** Beim Arbeiten mit hydraulischen Rettungsgeräten können stromführende HV-Kabel beschädigt werden.
 - ❗ Beim Arbeiten mit hydraulischen Rettungsgeräten ist besondere Vorsicht geboten.
 - ❗ Bei Beschädigung der Batterie bzw. der stromführenden Kabel und Bauteile besteht die Gefahr von Lichtbögen. Hierdurch kann es zum Brand der Batterie oder des Fahrzeuges kommen.

Brandgefahren

- ⇒ Fahrzeugbatterien in Elektro- und Hybridfahrzeugen bestehen aus Hunderten einzelner Batteriezellen, die jeweils mit einem geschlossenen Gehäuse ummantelt sind.
- ⇒ **ACHTUNG:** Bei thermischer Belastung kommt es beim Aufplatzen des Zellengehäuses häufig zur explosionsartigen Zündung mit der Neigung zum sog. "rocketing effekt" (ähnlich Spraydosen).
 - ! Schutz von Nachbarbereichen zur Vermeidung von Sekundärbränden und Kollateralschäden

Brandgefahren

- ⇒ Bei geschädigten (auch thermisch belasteten) Batteriezellen von HV-Energiespeichern ist eine verzögerte Brandentstehung nach einem Unfall nicht auszuschließen.
- ⇒ **ACHTUNG:** Gefahr einer verspäteten Selbstentzündung (auch nach erfolgreichem Löschangriff).
 - ! Elektro- oder Hybridfahrzeug nach einem Einsatz NIEMALS unbeaufsichtigt oder in geschlossenen Hallen abstellen!

Chemische Gefahren

- ➔ Aus dem HV-Energiespeicher austretende Elektrolyte sind in der Regel reizend oder ätzend.
 - ! Einatmen der Dämpfe vermeiden. Umluftunabhängiger Atemschutz bietet einen guten Schutz gegen Schädigung der Atemwege.
 - ! Hautkontakt vermeiden. Schutzkleidung nach EN 469 bietet einen Säureschutz um eine Kontamination der Haut zu verhindern.
 - ! Zur Aufnahme von Leckagen sind konventionelle Bindemittel zu verwenden.

Sonstige Hinweise

- ➔ Elektro- und Hybridfahrzeug geben im eingeschalteten Zustand keine Geräusche ab. Elektrofahrzeuge können sich daher jederzeit „unbemerkt“ still bewegen,
 - ! Fahrzeuge gegen Wegrollen absichern.
- ➔ Beschädigte Hochvolt-Batterien bzw. Teile davon gelten als Gefahrgut.
 - ! Elektro- und Hybridfahrzeug dürfen nach der Bergung nur von Fachkundigen verladen, auf offenen Fahrzeugen transportiert und im Freien gelagert werden.

Vorgehensweise am Unfallort

Löschen (Fluten) mit "großen Mengen" Wasser

- ➔ Vorteil:
Kühlung, Rauchgasbindung (giftig, ätzend)
- ➔ Herausforderung:
Lithiumbatterien sind in der Regel gekapselt (direkter Löschwasserzugriff behindert).
- ➔ Hinweis:
Einige Löschmittelzusätze enthalten Fluorverbindungen (HF)!

Löschmittel am Einsatzort

Wasser

- ➔ Bei Brandereignissen mit Lithiumbatterien werden wegen des enormen Energieinhalts extreme Wärmemengen freigesetzt.
- ➔ Unter Berücksichtigung der hohen Brandlast von Lithiumbatterien und der damit im Brandfall frei werdenden thermischen Energie liefert das exzellente Wärmebindungsvermögen von Wasser einen wirksamen Beitrag zur Brandbekämpfung.
- ➔ Insofern kommt bei einem Feuerwehreinsatz grundsätzlich das klassische Löschmittel Wasser zum Einsatz.

Löschmittel am Einsatzort

Wasser

- ➔ Der möglichst frühzeitige Einsatz von Wasser und Verwendung großer Mengen bewirkt insbesondere durch den Kühleffekt einer deutlich verlangsamten Reaktion und damit auch der Brandentwicklung. Außerdem werden giftige Rauchgase niedergeschlagen.
- ➔ Das Löschen mit Wasser bewirkt zudem, dass alle geschädigten Zellen, deren Gehäuse offen ist, endgültig durch den Kontakt mit Wasser langsam entladen werden.

Löschmittel am Einsatzort

Wasser

- ➔ Bei Lithium-Batterie-Bränden ist mit einem deutlich größeren Löschwasserbedarf als zur Bekämpfung brennender konventioneller Brände zu rechnen.
- ➔ Dabei muss berücksichtigt werden, dass aufgrund der festen Batterieummantelungen eine direkte Kühlung der Zellen nicht möglich ist. Dies führt zu einer weiteren Erhöhung des Wasserbedarfs.
- ➔ Die Entstehung von Wasserstoff ist zu beachten. Wasserstoff kann unter Umständen mit der Umgebungsluft zündfähige Gemische bilden und schlagartig abbrennen.

Löschmittel am Einsatzort

⇒ Metallbrandpulver / Sand

- ⇒ Der Löscheffekt bei Metallbrandpulver oder Sand basiert vordergründig auf dem Prinzip der Abtrennung der Sauerstoffzufuhr durch Abdeckung des Brandgutes.
- ⇒ Diese Löschmittel bewirken allerdings keinerlei Kühleffekt, so dass im Brandfall die freiwerdende thermische Energie nicht wirksam bekämpft werden kann.
- ⇒ Weiterhin besteht beim Entfernen der Löschmittelabdeckung die Gefahr, dass es durch den wieder verfügbaren Sauerstoff zu einer heftigen Verpuffungsreaktion kommen kann.

Löschmittel am Einsatzort

⇒ Metallbrandpulver / Sand

- ⇒ Angesichts der enormen thermischen Energie, die bei Bränden von Lithiumbatterien zu erwarten ist, und im Hinblick auf die Probleme der praktischen Anwendung bei fortgeschrittenem Brandszenario (wie verteilt man das Löschmittel flächendeckend über die Brandstelle?), beschränkt sich der Einsatz von Metallbrandpulver oder Sand lediglich auf kleinere Entstehungsbrände.
- ⇒ Für größere Schadensszenarien erscheint Sand oder Metallbrandpulver als Löschmittel wenig geeignet.
- ⇒ Analoges gilt auch für ABC-Löschpulver.

Löschmittel am Einsatzort

➔ Sauerstoffverdrängende Löschmittel

- ➔ Der Einsatz von gasförmigen, sauerstoffverdrängenden Löschmitteln (z.B. CO₂-Löschgas) unterdrückt zwar den Brand und die freigesetzte Energie wird reduziert, allerdings bewirken sie ebenfalls keinen wirksamen Kühleffekt. Dieser bestimmt allerdings insbesondere bei Lithium-Batterie-Bränden maßgeblich den Löscherfolg (oder Misserfolg).
- ➔ Auch der sauerstoffverdrängende Effekt ist bei Lithiumbatterien zu relativieren (im Brandfall wird durch den Zerfall des Kathodenaktivmaterials aus der Zelle selbst Sauerstoff frei). Insofern ist der Einsatz von Löschgasen aus brandschutztechnischer Sicht wenig zweckmäßig.

Löschmittel am Einsatzort

Löschmittel-Additive

- ➔ Durch Verwendung verschiedener Additive (z.B. Calciumsalze, Gelbildner, Quellmittel, Tensid-verbindungen, etc.) zum Löschwasser versuchen einige Löschmittelhersteller, den Herausforderungen an einen effektiven Löschangriff bei Lithiumbatterien zu begegnen.
- ➔ Fakt ist, dass Löschmittelzusätze den Wärmeübergang an das Löschmittel erhöhen können und insofern der Einsatz geeigneter Additive helfen kann, den Wasserbedarf zu reduzieren und den Löscherfolg zu beschleunigen.

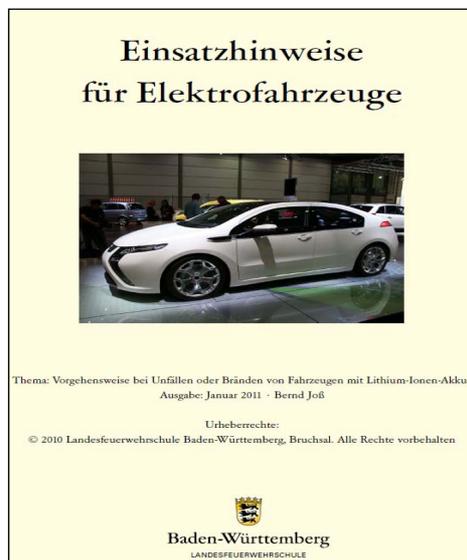
Löschmittel am Einsatzort

Löschmittel-Additive

- ➔ Neuere Untersuchungen mit speziellen Additiven haben zwar im Einzelversuch gute Löscherfolge ergeben (daher grundsätzlich geeignet), eine objektive Bewertung dieser Löschmittelzusätze gegenüber konventionelle Mehrbereichsschaummittel ist allerdings kaum möglich.
- ➔ Insofern zeigen die Produktpräsentationen dieser „neuartigen“ Löschmittel gegenüber konventionellen (deutlich kostengünstigeren) Mehrbereichsschaummitteln keine objektiv belastbaren (und seriös vertretbaren) Vorteile.

Erste-Hilfe vor-Ort

Feuerwehreinsatzkräfte und Rettungsorganisationen





Logistik

Transport und Verpackung

21.11.2016

Logistik

Transport und Verpackung

- ➔ Gefahrgut
- ➔ UN Testkriterien
- ➔ Kennzeichnungspflicht
- ➔ Verpackungsvorschriften
- ➔ Transport von beschädigten Lithiumbatterien



Schadenverhütung und Sicherheitsregeln

**Gefahrenpotenziale von Lithiumbatterien erfordern neue Brandschutzkonzepte.
Logistik: Transport und Verpackung**

Gefahrgutklasse 9

UN-Nummer	Benennung und Beschreibung
3480	LITHIUM-IONEN_BATTERIEN (einschließlich Lithium-Ionen-Polymer-Batterien)
3481	LITHIUM-IONEN-BATTERIEN IN AUSRÜSTUNGEN oder LITHIUM-IONEN-BATTERIEN, MIT AUSRÜSTUNGEN VERPACKT (einschließlich Lithium-Ionen-Polymer-Batterien)
3090	LITHIUM-METALL-BATTERIEN (einschließlich Batterien aus Lithiumlegierung)
3091	LITHIUM-METALL-BATTERIEN IN AUSRÜSTUNGEN oder LITHIUM-METALL-BATTERIEN, MIT AUSRÜSTUNGEN VERPACKT (einschließlich Batterien aus Lithiumlegierung)



Sicherheitsregeln für Transport / Logistik

⇒ Lithiumbatterien sind im internationalen Transportrecht als „Gefahrgut“ eingestuft. Eine Voraussetzung für die Zulassung zum Transport von Lithiumbatterien ist der Nachweis gemäß UN Manual Tests and Criteria, Part III, Section 38.3.:

- UN-Test T.1: Höhensimulation
- UN-Test T.2: Thermische Prüfung
- UN-Test T.3: Vibration
- UN-Test T.4: Schlag
- UN-Test T.5: Äußerer Kurzschluss
- UN-Test T.6: Aufprall/Quetschung
- UN-Test T.7: Überladung
- UN-Test T.8: Erzwungene Entladung



Sicherheitsregeln für Transport / Logistik

Bei der Kennzeichnung ist der Verkehrsträger entscheidend:

- ➔ Straße: Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR)
- ➔ Luft: Gefahrgutvorschriften der International Air Transport Association (IATA DGR) und Technische Anweisungen der International Civil Aviation Organization (ICAO-TI)
- ➔ Wasser: Internationaler Code für die Beförderung von gefährlichen Gütern mit Seeschiffen (IMDG Code)
- ➔ per Schiene/Eisenbahn: Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID)

Änderungen im Bereich Transport / Logistik

Folgende Neuerungen sind gegenwärtig in der Verhandlung:

- ➔ Die Verpackungsgruppe II wird gestrichen.
- ➔ Die neue Sondervorschrift 377 für beschädigte Batterien wird die ADR-/RID-Sondervorschrift 661 ersetzen.
- ➔ Verbunden mit der Sondervorschrift 377 sind zwei ebenfalls neue Verpackungsanweisungen, P907 und LP904.
- ➔ Im Bereich Abfallbatterien wurde sich international auf die neue Sondervorschrift 375 geeinigt, die die ADR-/RID-Sondervorschrift 636b ersetzen wird.
- ➔ Die neue Verpackungsanweisung P903a wird die ADR-/RID-Verpackungsanweisungen P903a und P903b ersetzen.

Flughafen Hinweise



IATA Gefahrgutvorschriften

Erlaubt im oder als Handgepäck					
Erlaubt im oder als aufgegebenes Gepäck					
Erlaubt wenn am eigenen Körper, zum persönlichen Gebrauch mitgeführt					
Die Erlaubnis der Luftverkehrsgesellschaft ist erforderlich					
Der Flugkapitän muss über die Ladeposition informiert werden					
NEIN	JA	NEIN	JA	NEIN	Rollstühle oder andere batteriebetriebene Fortbewegungsmittel mit Nassbatterien oder mit Lithium-Batterien (für Einzelheiten siehe 2.3.2.3 und 2.3.2.4).
JA	NEIN	NEIN	JA	JA	Batteriebetriebene Fortbewegungsmittel mit Lithium-Ionen-Batterien (faltbar). Die Lithium-Ionen-Batterie muss entfernt und in der Kabine mitgeführt werden (für Einzelheiten siehe 2.3.2.4(d)).
JA	JA	JA	JA	NEIN	Mit Lithium-Ionen-Batterien betriebene Ausrüstung, die Batterien mit mehr als 100Wh aber höchstens 160Wh enthält.
JA	NEIN	JA	JA	NEIN	Ersatz-Lithium-Ionen-Batterien mit einer Nennenergie in Wattstunden von mehr als 100Wh, aber höchstens 160Wh für Geräte der Unterhaltungselektronik. Höchstens zwei Ersatz-Batterien dürfen, ausschließlich im Handgepäck, mitgeführt werden. Diese Batterien müssen einzeln gegen Kurzschluss gesichert sein.
JA	NEIN	JA	NEIN	NEIN	Alle Ersatz-Batterien, einschließlich Lithium-Metall- oder Lithium-Ionen-Zellen oder -Batterien, für solche tragbaren, elektronischen Geräte dürfen nur im Handgepäck mitgeführt werden. Diese Batterien müssen einzeln gegen Kurzschluss gesichert sein.

Transport von beschädigten Lithiumbatterien

- ➔ Wenn eine der folgenden Fragen mit Ja beantwortet wird, gelten die Verpackungs- und Transportvorschriften für defekte Batterien:
- Weisen Batteriezellen ein beschädigtes oder stark verformtes Gehäuse auf?
 - Läuft Flüssigkeit aus?
 - Tritt sonderbarer Gasgeruch auf?
 - Ergibt sich eine messbare Temperaturerhöhung im ausgeschalteten Zustand?
 - Gibt es geschmolzene oder verformte Kunststoffteile?
 - Sind geschmolzene Anschlussleitungen zu erkennen?
 - Identifiziert Batterie-Management-System defekte Zellen?

Transport von beschädigten Lithiumbatterien

- ➔ Nach Möglichkeit sollte ein beschädigtes Batteriesystem von einem fachkundigen Experten langsam entladen und für mehrere Tage stehen gelassen und beobachtet werden. Am besten wendet man sich an den Hersteller des Batteriesystems.
- ➔ Kann der fachkundige Experte nicht ausschließen, dass die Zellen oder Batterien unter normalen Beförderungsbedingungen zu einer schnellen Zerlegung, gefährlichen Reaktion, Flammenbildung oder einem gefährlichen Ausstoß giftiger, ätzender oder entzündbarer Gase oder Dämpfe neigen, dürfen nur unter den von der zuständigen Behörde (Bundanstalt für Materialforschung und -prüfung) festgelegten Bedingungen befördert werden.



Entsorgung und Recycling

Behandlung von Elektroschrott

21.11.2016

Entsorgung und Recycling

Behandlung von Elektroschrott

- ➔ Sammelsysteme für Batterien / Elektroaltgeräte
- ➔ Wareneingang beim Entsorgungsbetrieb
- ➔ Haufwerk-Lagerung
- ➔ Umschichtung und Schredder



Entsorgung und Recycling

Fragen zur sachgerechten Entsorgung oder geeigneten Recyclingmethoden sind bislang weitgehend ungeklärt.

- ➔ Sammelsysteme für Batterien / Elektroaltgeräte
- ➔ Restmüll / Sondermüll
- ➔ Behandlung von Elektroschrott



Entsorgung und Recycling: Bestandsaufnahme

- ➔ Unterschiedlichste Batterietypen
 - Kleinstanwendungen (Knopfzellen, Pufferbatterien, etc.)
 - Mobile Elektrogeräte (Laptop, Mobiltelefone, etc.)
 - Kleinfahrzeuge (Elektrofahrräder, Rasenmäher)
- ➔ Restladung
- ➔ Mangelhafte Verpackung
- ➔ Ungeschützte Kontakte
- ➔ Umladen mit Radlader und Greifer
- ➔ Zerkleinern im Schredder

Sammelsysteme



Ungeeignete Sammelsysteme mit Mischlagerung und Umschüttung

"Waren"eingang bei einem Entsorgungsbetrieb



Zwischenfälle bei Entsorgungsbetrieben

- ➔ Selbstentzündung beim Auspacken von neuen, überlagerten Bauteilen (mit Lithiumbatterien)
 - Ursache: Kurzschluss durch unsachgemäße Behandlung.
- ➔ Brand im Haufwerk
 - Ursache: Selbstentzündung nach Beschädigung (Zerquetschen) von Elektrobauteilen (mit Lithiumbatterien) durch Radlader
- ➔ Brand im Schredder
 - Ursache: Selbstentzündung nach mechanischer Zerkleinerung von Elektrobauteilen (mit Lithiumbatterien)
- ➔ Brand in einem Sammelbehälter
 - Ursache: Selbstentzündung, keine Fremdeinwirkung

Zwischenfälle bei Entsorgungsbetrieben



**Brand in einem Sammelbehälter für Elektroschrott
Ursache: Selbstentzündung, keine Fremdeinwirkung**

Erfahrungen bei Entsorgungsbetrieben

- ⇒ Die meisten schweren Zwischenfälle ereignen sich beim Umschlag und bei der Lagerung
- ⇒ Funde von Lithiumbatterien in Anlieferungen von Sammelstellen. ABER: Erkennung nicht immer einfach
- ⇒ Lagerung erfolgt z.T. auch in den Behandlungsbetrieben
- ⇒ Besonders problematisch ist das Umschichten von Schüttgut



Forderungen der Entsorgungswirtschaft

- ⇒ Wir brauchen eine andere Sammellogistik ohne Umschüttung
- ⇒ Qualifizierung aller Beteiligten auf der gesamten Entsorgungsstrecke (Verbraucher, Transport, Entsorgung, etc.)

Anmerkung:

Eine „Duldung“ von Transporten, die eigentlich Gefahrgut wären, und tatsächlich Umwelt und Leben gefährden, darf es nicht geben. Kosten oder zusätzlicher Aufwand sind keine stichhaltigen Argumente bei Gefahr für Umwelt und Leben.

Forderungen vom "Arbeitskreis batteriebetriebene Elektroaltgeräte"

- ➔ **Identifizierung:** Klare und einheitliche Kennzeichnung von Geräten mit hochenergetischen Batterien durch die Hersteller.
- ➔ **Verbraucherinformation:** Hinweis auf die Gefahren und auf die notwendige Sorgfalt bei der Entsorgung betreffender Geräte und Batterien.
- ➔ **Entsorgungskette:** Der Letztbesitzer soll grundsätzlich die Batterien vom Elektroaltgerät trennen (wenn möglich) und diese getrennt der Erfassung zuführen.

Forderungen der Versicherungswirtschaft

- ➔ Definition von "Sachwertschutz" als gleichwertiges Schutzziel (in Ergänzung zum Personenschutz und Umweltschutz)
- ➔ Adäquate Schutzkonzepte mit wirksamen Maßnahmen (verbesserte Löschwasserversorgung, flächendeckende Brandfrüherkennung, automatische Löscheinrichtungen, etc.)
- ➔ Risiko-adäquate Prämiengestaltung (Schadenbedarfsprämie) mit betriebsart-spezifischen Deckungskonzepten
- ➔ Übernahme von mehr Eigenverantwortung der Entsorgungswirtschaft (Selbstbehalte)

Forderungen der Versicherungswirtschaft

- ➔ Sensibilisierung, Schulung und Unterweisung von Personal
- ➔ Erkennen und Aussortieren von Lithiumbatterien
 - Eingangskontrolle bei Anlieferung
 - Sichtung auf Sortierband vor Zerkleinerung
- ➔ Brandlast begrenzen, räumliche Trennung
 - Modulare Anordnung von Anlagen
 - Vereinzelung von Lagerplätzen
- ➔ Brandschutz
 - **Brandmeldeanlage !!!**
 - **Automatische Löscheinrichtungen !!!**
 - Maßnahmen zum Auseinanderziehen
 - Löschwasser, manuelle Löschhilfen, etc.



Abfallbehandlungspflichtenverordnung: AbfallbpV (2006)

- ➔ Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Behandlungspflichten von Abfällen
- ➔ **(bisher) wenige und unspezifische Anforderungen (ausschließlich Lagerung):**
 - Lagerung witterungsgeschützt
 - Lagerung in auslaufsicheren Gebinden

Abfallbehandlungspflichtenverordnung: AbfallbpV (Novellierung 2016)

Neue Anforderungen an Sammlung und Lagerung

- ➔ Schutz vor mechanischer Beschädigung
- ➔ Kein Einwirken von Wasser, Feuchtigkeit, übermäßiger Hitze
- ➔ Außerhalb des Einflussbereichs brand-/explosionsgefährlicher Stoffe
- ➔ Getrenntes Sammeln und getrennte Lagerung:
 - Lithiumbatterien >500 g
 - Li-Ion-Zellen >20Wh
 - Li-Ion-Batterien >100 Wh,
 - Lithium-Metall-Zellen > 1g Li
 - Lithium-Metall-Batterien > 2g Li

Abfallbehandlungspflichtenverordnung: AbfallbpV (Novellierung 2016)

Neue Anforderungen an Sortierung und Lagerung

- ➔ Erstellen von Betriebsanweisungen
- ➔ Unterweisung der Mitarbeiter
- ➔ Bereitstellung geeigneter Löschmittel
- ➔ Geeignete Gebinde für Transport von defekten/beschädigten Lithiumbatterien
- ➔ Automatische Brandmeldeeinrichtungen



Ausblick

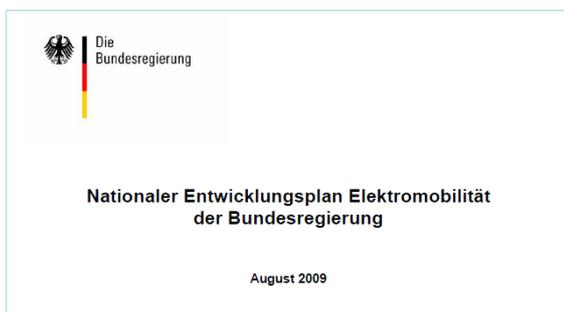
Steigender Bedarf an Lithium Batterien

Neue Herausforderungen an
Brandschutz und Personensicherheit

21.11.2016

Steigender Bedarf an Lithium Batterien

- ➔ Von der Bundesregierung wurde der **Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität** verabschiedet, der Deutschland als Leitmarkt der Elektromobilität vorsieht.
- ➔ **1.000.000 Elektrofahrzeuge** bis zum Jahr 2020 auf deutschen Straßen (6.000.000 bis 2025).



Steigender Bedarf an Lithium Batterien

- ➔ Der Bedarf für Batteriekapazität wird sich langfristig steigern von heute **6,5 Mio. kWh** auf **ca. 130 Mio. kWh (2020)**.
- ➔ Entsprechend groß wird auch der Bedarf für Produktionsanlagen sein.
- ➔ Um diese Produktionskapazität bereitzustellen, ist für den Bau neuer Produktionsanlagen ein Investitionsbedarf von **EUR 4,8 Mrd. pro Jahr** notwendig.



Technologiewandel Ladestation



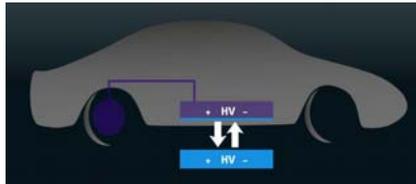
- | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| 1 EIN- / MEHRFAMILIENHÄUSER | 4 BANKEN / VERSICHERUNGEN | 7 RESTAURANTS / GASTRONOMIE | 9 ÖFFENTLICHE STRASSEN |
| 2 AUTOHÄUSER MIT WERKSTATT | 5 EINKAUFS-ZENTREN | 8 INDUSTRIE / PRODUZIERENDES GEWERBE | 10 BAHNHÖFE |
| 3 HOTELS | 6 MÖBELHÄUSER | 11 FLUGHÄFEN | |

Ladearten: Wie kommt die Energie in den Akku?

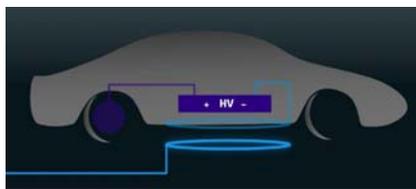
➔ Kabelgebunden (konduktiv)



➔ Kabellos (induktiv)



➔ Batteriewechsel



Aufstellungsorte für Batterieladeanlagen: Getankt wird dort, wo man parkt!

- ➔ In den nächsten Jahren werden sich die Anforderungen an die **Aufstellungsorte** für Batterieladeanlagen grundlegend verändern.
- Wo werden Ladestationen installiert (aufgestellt)?
 - Wer wird diese Ladestationen installieren (betreiben)?
 - Wer wird diese Ladestationen benutzen (bedienen)?



Ladestationen: Wen geht es etwas an?

➔ Durch das Errichten von Ladestationen im privaten wie auch im öffentlichen Bereich, sowie durch den Ausbau einer Ladeinfrastruktur werden sich **neue Anwendergruppen** mit dem Thema Sicherheit von Batterieladeanlagen auseinandersetzen müssen:

- Elektroinstallateure
- Eigenheim- und Immobilienbesitzer
- Immobilienverwalter und Parkhausbetreiber
- Mitarbeiter der öffentlichen Verwaltung
- Architekten und Städteplaner
- Netzbetreiber und Energielieferanten



Arbeitssicherheit

- ➔ Obwohl man grundsätzlich davon ausgehen darf, dass Lithiumbatterien bei sachgerechter Handhabung als vergleichsweise sicher anzusehen sind, bergen sie spezifische Gefahren, die eine **besondere Herausforderung** für die Arbeitssicherheit darstellen.
- ➔ Hieraus ergibt sich ein umfassender Ausbildungs- und **Schulungsbedarf für Sicherheitsfachkräfte.**





Fazit

Derzeitiger Stand der
Gefährdungsbeurteilungen

21.11.2016

Fazit

- ➔ Grundsätzlich darf man davon ausgehen, dass Lithiumbatterien bei ordnungsgemäßem Umgang und sachgerechter Handhabung als vergleichsweise sicher anzusehen sind.
- ➔ Die ausgereifte Fertigungstechnologie sowie in die Batterie eingebaute Schutzmechanismen erlauben für den Anwender einen grundsätzlich gefahrlosen Umgang mit den chemischen Energiespeichern.
- ➔ Werden Lithiumbatterien **außerhalb ihrer Spezifikation** betrieben oder gelagert, können sie **gefährlich** sein.

Fazit

- ➔ Batterien sind grundsätzlich dafür bestimmt, große Energiemengen zu speichern und diese chemisch gespeicherte Energie im Laufe eines Entladevorgangs in Form von elektrischer Energie wieder abzugeben.
- ➔ Kommt es aufgrund von technischen Defekten oder unsachgemäßer Handhabung zu einer unkontrollierten und beschleunigten Abgabe der chemisch gespeicherten Energie, geschieht das in der Regel nicht als elektrische, sondern als **thermische (!) Energie**.
- ➔ **Feuererscheinung:**
Sachschäden, Personenschäden, Umweltschäden

Fazit

- ➔ Insofern stellen die Risiken bei der Handhabung und Bereitstellung von Lithiumbatterien in der Produktion sowie bei der Lagerung eine **besondere Herausforderung** für den Brandschutz und Personensicherheit dar.
- ➔ Aus der Verwendung bestimmter chemischer Verbindungen (z. T. reaktiv, toxisch, feuergefährlich) im Zusammenhang mit hohen Energiedichten (unkontrollierte Ladungsfreisetzung verursacht in der Regel hohe Temperaturen) ergeben sich bei Lithiumbatterien **spezifische Gefahrenpotenziale**, die eine besondere Sicherheitsbetrachtung erfordern.

Fazit

- ➔ Daher empfiehlt es sich, Lithiumbatterien bei Herstellung, Fertigung, Lagerung und Transport grundsätzlich wie einen **Gefahrstoff** zu behandeln.
- ➔ Besonderes Augenmerk ist dabei auf wirksame **Schadenverhütung** zu legen.
 - **effektive bauliche Brandschutzvorkehrungen**
 - **umfassende organisatorische Schutzmaßnahmen**

Fazit

- ➔ Jeder Anwendungsbereich von Lithiumbatterien hat seine spezifischen Anforderungen.
- ➔ Somit bleibt bei der Suche nach geeigneten Schutzkonzepten die **einzelfallbezogene Gefahrenanalyse** bis auf weiteres unausweichlich.
- ➔ Der Umgang oder die Lagerung von Lithiumbatterien verlangt insofern **maßgeschneiderte Lösungen**, die gezielt auf ein bestimmtes Anwendungsszenario abgestimmt sind.

Fazit

Lithiumbatterien sind bei Herstellung, Fertigung, Lagerung und Transport grundsätzlich wie ein Gefahrstoff zu behandeln.

Besonderes Augenmerk ist dabei auf wirksame Schadenverhütung zu legen:

effektive bauliche Brandschutzvorkehrungen

umfassende organisatorische Schutzmaßnahmen

Fazit

Jeder Anwendungsbereich von Lithiumbatterien hat seine spezifischen Anforderungen.

Somit bleibt bei der Suche nach geeigneten Schutzkonzepten die einzelfallbezogene Gefahrenanalyse bis auf weiteres unausweichlich.

Der Umgang oder die Lagerung von Lithiumbatterien verlangt insofern maßgeschneiderte Lösungen, die gezielt auf ein bestimmtes Anwendungsszenario abgestimmt sind.

Brandversuche und Untersuchungsergebnisse



Lithiumbatterien

Brandgefahren und Sicherheitsrisiken

Effektive Schadenverhütung und wirksame Brandbekämpfung

www.riskexperts.at

Praxishandbuch Arbeitssicherheit: Mai 2013

So sorgen Sie für Sicherheit beim Umgang mit Lithium-Batterien

- Warum die „Kraftwerke im Handtaschenformat“ so erfolgreich sind 2
- Gegen diese Sicherheitsrisiken müssen Sie etwas unternehmen 3
- Mit diesen Sicherheitsmaßnahmen können Sie Schäden wirksam verhüten 6
- Prüfen Sie die Schutzmaßnahmen mit dieser Checkliste 9
- 7 Regeln zur sicheren Lagerung von Lithium-Batterien 10
- Checkliste: Vorsicht beim Laden von Lithium-Batterien 11
- 3 Dinge, die Sie bei einem Batteriewechsel unbedingt vermeiden sollten . . . 13
- Wie Sie Gefahren bei elektrotechnischen Arbeiten ausschalten 14
- Auf diese Überwachungsmaßnahmen dürfen Sie nicht verzichten 14
- Worauf Sie beim Transport und der Entsorgung achten müssen 15
- Setzen Sie Schutzausrüstungen richtig ein 17
- Beachten Sie diese 10 wichtigen Regeln bei der Brandbekämpfung 18
- So leisten Sie Erste Hilfe bei Unfällen mit Personenschaden 20
- Darüber sollten Sie Ihre Mitarbeiter informieren 21

Dr. Michael Buser und Mag. (FH) Katrin Gruber Ihre Experten

Praxishandbuch Arbeitssicherheit & Gesundheitsschutz im Betrieb Mai 2013

Schadenprisma: September 2016

4
3 | 2016

BRANDSCHUTZ

LITHIUM-BATTERIEN

Effektive Schadenverhütung und wirksame Brandbekämpfung

Vorbemerkungen

Bereits 2012 berichtete schadenprisma erstmals über Brandgefahren von Lithium-Batterien (Heft 2/2012). In zahlreichen weiteren Fachbeiträgen hat schadenprisma dieses „brandheiße Thema“ immer wieder aufgegriffen (zuletzt in Ausgabe 1/2016) und über Schadenfälle berichtet. Ganz aktuell klärt das IFS in einem neuen Schadenverhütungsfilm über die Brandgefahren auf und gibt Tipps zum sicheren Umgang mit diesen leistungsstarken Energiespeichern.

Lithium-Batterien als Schadenursache




Risk Experts

Risiko Engineering GmbH
Schottenring 35
1010 Wien (ÖSTERREICH)

www.riskexperts.at

Dr. Michael Buser**Geschäftsführer**

m.buser@riskexperts.at

- ➔ Risikoanalyse und Risikobewertung
- ➔ Risiko- und Sicherheitsberatung
- ➔ Wertermittlung
- ➔ Expertensoftware
- ➔ Schadenmanagement
- ➔ Sachverständigenleistungen
- ➔ Enterprise Risk Management
- ➔ Risk Experts Academy

www.riskexperts.at

Rechtlicher Hinweis

© Risk Experts. Alle Rechte vorbehalten.

Ohne die vorherige schriftliche Genehmigung von Risk Experts ist es nicht gestattet, diese Präsentation zu verändern, abgeleitete Werke auch nicht mit Abweichungen davon zu erstellen, oder sie auf andere Art für kommerzielle oder öffentliche Zwecke zu nutzen.

Obwohl die verwendeten Informationen aus zuverlässigen Quellen zum Zeitpunkt der Erstellung stammen, kann von Risk Experts für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben, daraus abgeleiteter Einschätzungen sowie für deren zukünftige Änderungen keine Gewähr übernommen werden.

Jegliche Haftung der Risk Experts für deren Richtigkeit und Vollständigkeit sowie für Schäden, die sich aus der Verwendung der in dieser Präsentation enthaltenen Informationen ergeben könnten, wird hiermit ausdrücklich ausgeschlossen.

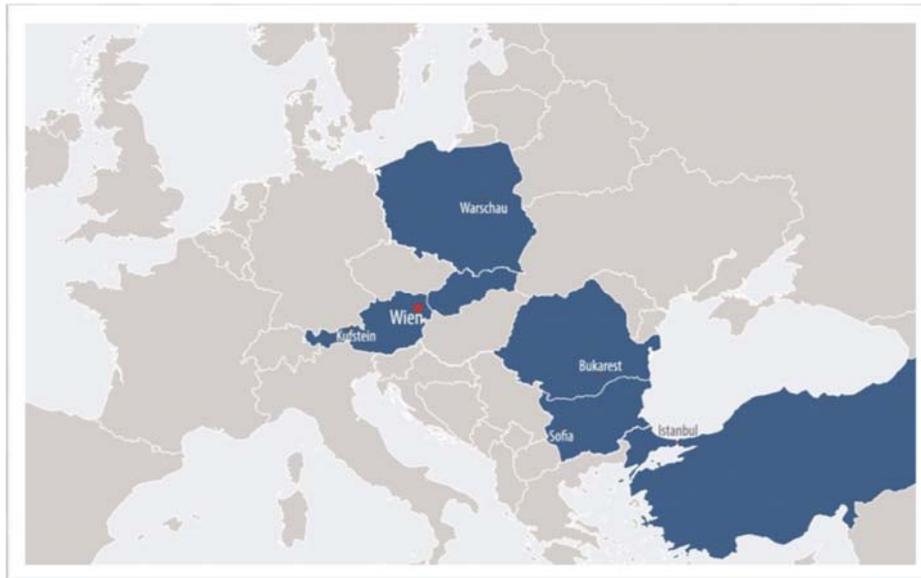
Unter keinen Umständen haftet Risk Experts für Vermögens- und/oder Folgeschäden, die in Zusammenhang mit dieser Präsentation stehen.

www.riskexperts.at



RISK is our Business

Internationales Experten Netzwerk



Wien – Kufstein – Bratislava – Warschau – Bukarest – Sofia – Istanbul

Maßgeschneiderte Dienstleistungen für...



Unternehmen

- Industrie und Gewerbe
- Handelsunternehmen, Dienstleister und Beratungsfirmen



Öffentlicher Bereich

- Behörden und Verwaltung
- Gemeinden
- Verbände und Universitäten



Versicherungswirtschaft

- Versicherungs- und Rückversicherungsunternehmen
- Versicherungsmakler und Agenturen

Handel und Dienstleistungen



Industrie und Gewerbe



Versicherungen & Makler



Öffentlicher Bereich



Interdisziplinäre Expertenteams

**Über 80 qualifizierte Mitarbeiter
mit langjähriger internationaler Erfahrung
aus unterschiedlichen Fachgebieten**



Servicebereiche

