

**Fachveranstaltung
„Hochvoltspeicher“**

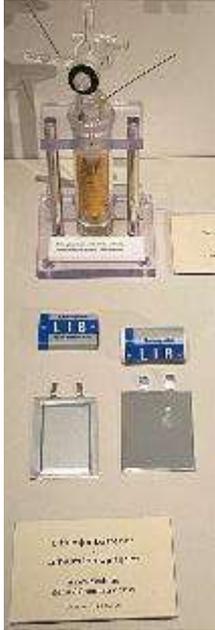
20. Mai 2025
Lengfurt

LITHIUM

BATTERIEN AKKUS

Gefahrstoffe

WAS IST DAS ???



Test cell

Akira Yoshino, chemistry 2019

This is a replica of a test cell for the first lithium-ion battery dating back to 1983. The test cell was developed by Akira Yoshino, who played a crucial part in developing lithium-ion batteries.

Akira Yoshino donated the test cell to the Nobel Prize Museum in 2019.

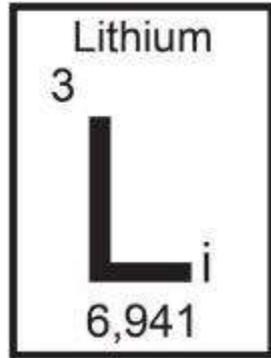
Stichpunkte Lithium-Batterien

- Wie funktioniert eine Lithium-Batterie?
- Einsatzmöglichkeiten von Li-Batterien
- Transport von Lithium-Batterien
- Literatur zu Li-Batterien
- Die Fachbereich-Aktuell zu Lithium-Batterien
- Brand von Lithium-Batterien
- Wie lösche ich einen Brand?
- Li-Batterien = Gefahrstoff ??
- Brandrückstände
- Lagerung von Lithium-Batterien, TRGS 510
- Sicherheitsschränke für Lithium-Batterien
- Zustand einer Lithium-Batterie
ROT – Gelb – Grün
- Neue Technologien
- Lithium-Batterien in der BGHW
- Zukunft der Li-Batterie
- Li-Batterien Nachhaltigkeit/Umweltschutz

Stichpunkte Lithium-Batterien

- Klassen von Lithium-Batterien [Leistung, Anteil an Li-Metall]
- Thermal Runaway, Thermal Propagation
- Lithium Batterien nach UN38.3 (?) geprüft
- Verantwortung beim Umgang mit Lithium-Batterien
- Unterweisung, Betriebsanweisung
- Lithium-Batterien, Flurförderzeuge
- Lithium-Batterie-Ladestation
[Hruszczak, Mark]
- Brandbekämpfung -> Absprache
mit der Feuerwehr
- Fahrerlose FFZ (Mark Hruszchak)
- Explosionsschutz
- Verantwortung
- Grundlegende Zellformate Pouch- / Rund-
/ Prismatische Zelle
- Kennzeichnung von Lithium-Batterien,
Gefahrgutverordnung ADR
- Kennzeichnung von Geräten
- Der Versicherer
- Entsorgung; End of Live, Recycling
- Lithium-Batterien Notfallmanagement
- Speichersysteme
-Was NOCH 😊

Lithium entstand in geringen Spuren bereits innerhalb der ersten zehn Minuten des Urknalls.



<https://de.wikipedia.org/wiki/Lithium>

UMGANG
LAGERUNG
Brandrückstände
TRANSPORT (ein wenig)



PROBLEME ?



Bisherige LIB Klassifizierung

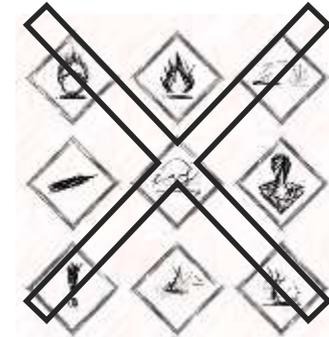
- Batterie pur oder in Ausrüstung nach Li-Metall oder Li-Oxid
- Nicht zielführend da große Bandbreite der Gefährlichkeit
- Teilweise wird das kompensiert durch Lebensphasenkonzept der Sondervorschriften

 Klein	 Standard	 Recycling	 Defekt	 Kritisch defekt
<ul style="list-style-type: none"> • < 2 g Li < 100 Wh • SV 188 • vereinfacht 	<ul style="list-style-type: none"> • > 2 g Li > 100 Wh • SV 230 • P903 / LP903 VG II „plus“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Unbeschädigt mit anderen Batterien gemischt • SV 377, 636, 670 • P909 VG II oder Nicht UN-verpackt 	<ul style="list-style-type: none"> • Nicht kritisch (z. B. nach Quarantäne) • SV 376 • P908 / LP904 VG II „plus“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Thermal Runaway u. U. möglich • SV 376 und BAM als Behörde • P911 / LP906 VG I „plus“ u. a. Brandprüfung

Vor- und Nachteile im Vergleich zu Blei-Säure-Batterien

- Höhere Energiedichte
- Geringeres Gewicht
- Kein Memory-Effekt*
- Höhere Spannungen möglich
- Hohe Lebensdauer möglich
- Reagiert auf Tiefentladung und Überladung
- Batterie-Management-System häufig die Schwachstelle
- Lebensdauer stark von Nutzung und Lagerbedingungen abhängig
- Empfindlich gegenüber Hitze- und Kälteeinwirkung
- Entsorgung problematisch – Kaum Konzepte für Recycling
- Thermal-Runaway mit Propagation möglich

**Lithium-Batterien
sind
Gefahrgut -
kein
Gefahrstoff.
Noch ??????**



Werkzeuge

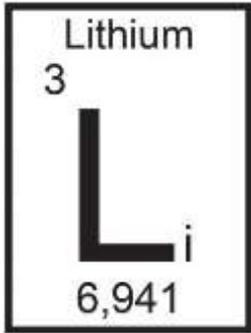
Laptops

Smartphone

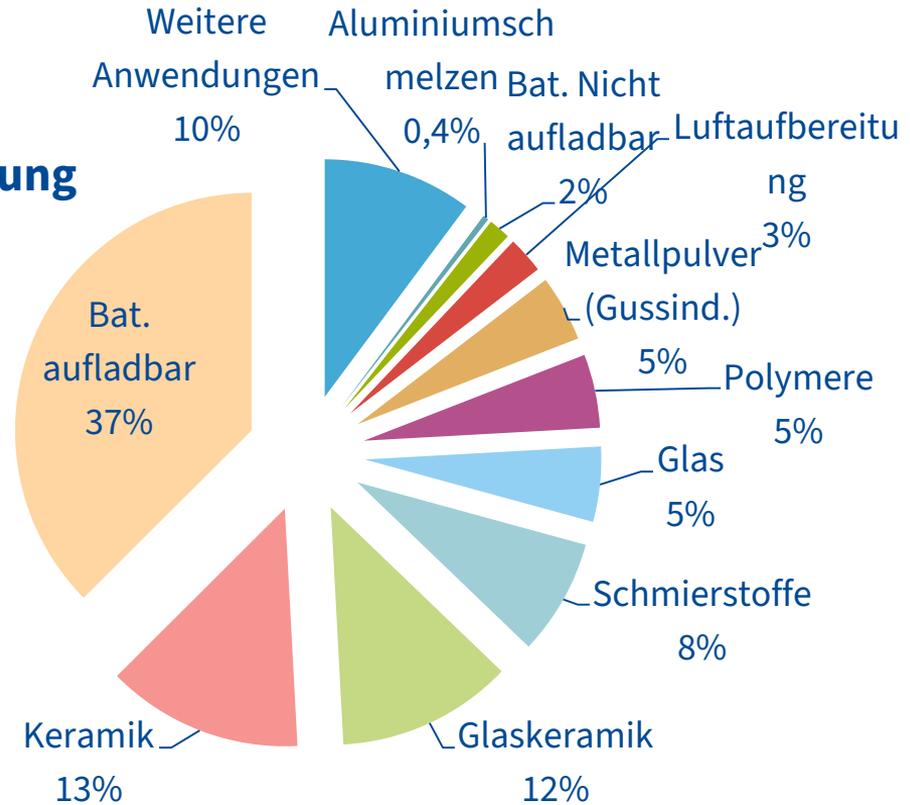
Fahrzeuge

Groß-Speicher





Li-Verwendung



Lithium ist ein antimanischer Wirkstoff aus der Gruppe der Antipsychotika, der hauptsächlich zur Vorbeugung und Behandlung manischer Episoden eingesetzt wird. Lithiumcarbonat, -citrat und -acetat.

Gefahrenstoffe	Name der Chemikalie
Elektrolyt	Enthält Elektrolytsalze und Lösungsmittel.
Elektrolytsalz	Lithiumhexafluorophosphat
Elektrolytlösungsmittel	Mindestens eines der folgenden: Ethylencarbonat Propylencarbonat Diethylcarbonat Ethylpropionat
PVDF	Polyvinylidenfluorid
Kupfer	Cu
Aluminium	Al
Kathode	Lithium-Kobalt-Oxid
Anode	Graphit
Stahl, Nickel und inerte Bestandteile	

Lithium
Graphit

SOLVENTES

Metalls

Salts

Energy !!!!
Power

Lithium-Ionen-Batterien sind grundsätzlich wie ein Gefahrstoff zu behandeln! VDS 3103 „LITHIUM BATTERIEN“

Lithium-Batterien sind grundsätzlich wie ein Gefahrstoff zu behandeln. Für einen wirksamen Schutz ist immer ein ganzheitliches Brandschutzkonzept unabdingbar. Neben automatischen Löschanlagen



- Graphit
- Kohlenmonoxid
- Wasserstoff
- Ethylen-, Methylencarbonat
- Lithiumhexafluorophosphat
- Cobalt
- Nickel
- Mangan
- Phosphorwasserstoffverbindungen
- Fluorwasserstoff

Gefahren von Lithiumbatterien



- *Brand (häufigste Gefahr)*
- *Elektrische Gefahr: Kurzschluss*
- *Chemische Gefahr: Auslaufen
ätzender bzw. korrosiver
Flüssigkeiten*

Je größer desto 😊



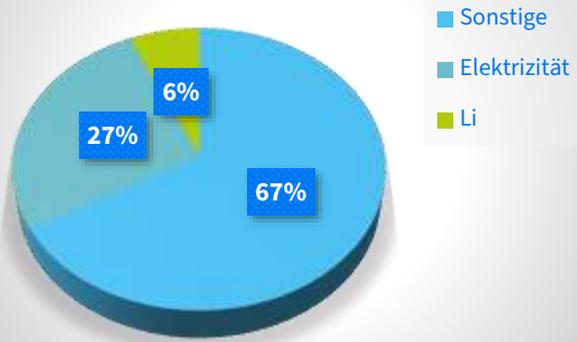
Leistung Wh

Menge an Lithium
an Gefahrstoffen

ES BRENNT !



IFS Brandschäden



Es entspricht der Lebenserfahrung, dass mit der Entstehung eines Brandes praktisch jederzeit gerechnet werden muss. die Betroffenen einen Glücksfall dar, mit dessen Ende jederzeit gerechnet werden muss. Oberverwaltungsgericht Münster 1987

Grundsätzlich mit Wasser bekämpfen

Es sind keine zusätzlichen oder besonderen Löschmittel vorzuhalten

Für Wasser spricht zudem dessen weitgehende Verfügbarkeit

„Eine automatische Sprinkleranlage ist dafür ausgelegt, einen Brand schon im Entstehungsstadium zu entdecken und zu löschen oder das Feuer unter Kontrolle zu bringen, so dass es mit anderen Mitteln gelöscht werden kann.“

BEVOR ES BRENNT!

**Sprechen Sie
mit
Ihrer
Feuerwehr
Versicherer**



In den Trümmern: Werkstatt und Lager von Elektromeister [redacted] [redacted] und bei einem Feuer zerstört worden.

Defekter Akku hat Brand in Werkstatt ausgelöst

Elektromeister [redacted] hat sich vom Schock erholt und hofft auf die Versicherung.

- **Wer räumt auf!!!**
- **Wie schnell**
- **Was kostet das!**
- **Aufräumen aber wie ?????**
- **Wer reinigt die Kleidung??**
-



Gefahrstoff	Materialprobe eines Brandniederschlages [µg/g]
Lithium	4.700
Bor	51
Magnesium	17.000
Aluminium	210.000
Calcium	8.100
Titan	1.000
Vanadium	<17
Chrom	20
Mangan	2.700
Eisen	20.000
Cobalt	4.400
Nickel	33.000
Kupfer	2.800
Zink	23.000
Barium	69.000
Blei	64



Brandbegrenzungsdecken

**IM BRANDFALL
NICHT NUTZEN!**

UN-Code	Beschreibung
UN 3171	Gerät oder Fahrzeug mit Batteriebetrieb (z. B. Hoverboard), wenn es mit einem Li-Ionen-Energieträger ausgestattet ist
UN 3166	Fahrzeuge (Hybrid, Kombination aus Li-Ionen-Batterie und Verbrennungsmotor), wenn sie mit einem Li-Ionen-Energieträger ausgestattet sind
UN 3480	Li-Ionen-Akkus
UN 3481	Li-Ionen-Akkus in Geräten oder Li-Ionen-Akkus, die mit Geräten verpackt sind
UN 3090	Batterien mit metallischem Lithium
UN 3091	Batterien, die metallisches Lithium in Geräten enthalten, oder Batterien, die metallisches Lithium enthalten und mit Geräten verpackt sind
UN 3536	Im Ladegerät eingebaute Lithiumbatterien (Lithium-Ionen-Batterien oder metallische Lithiumbatterien)

**Der Versand und
Transport von
Lithiumbatterien
gehört in die Hände
von Spezialisten!!**

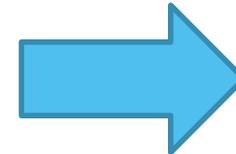
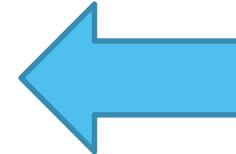


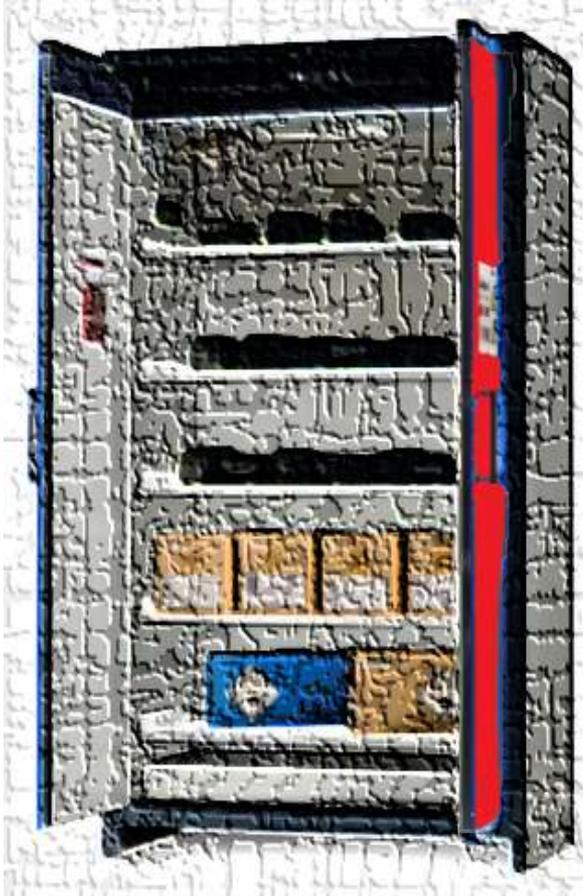
Die wichtigsten Punkte vor dem Versand und Transport von Lithium-Batterien:

- Identifizierung der Batterien und Geräte mit solchen Batterien
- Korrekte Klassifizierung gemäss aktueller Gefahrgutvorschriften, Zuordnung zu einer UN-Nummer
- Sicherstellung, dass ein 38.3-Zertifikat für die zu versendende Batterie vorliegt
- Prüfen, ob die Sondervorschrift 188 angewendet werden kann (vereinfachte Verpackung und Kennzeichnung, Transport per Post gestattet)
- Prozess für defekte oder kritische Batterien erstellen und betriebsintern kommunizieren, Einhaltung der jeweiligen Verpackungsanweisungen mit höheren Anforderungen an die Verpackungen
- Entsorgungskonzept für gebrauchte Batterien erstellen, Sammelgefäße nie in Fluchtwegen/Treppenhäuser aufstellen, Deckel des nicht leitenden Sammelgefässes immer geschlossen halten.
- In Gebrauchsanweisungen für Geräte/Fahrzeuge mit Batterien auf die zu beachtenden Gefahrgutvorschriften praxistauglich hinweisen
- Ernennung eines Gefahrgutbeauftragten, falls die Art und Menge an Batterien dies erfordert

Lagerung von Li-Batterien

- typgeprüfte Feuerwiderstandsfähigkeit von 90 Minuten (Typ 90) von außen nach innen nach DIN EN 14470-1
- Feuerwiderstandsfähigkeit von 90 Minuten von innen nach außen nach DIN EN 1363-1





Alle möglichen GRÖßEN

Brandschutz

Vernetzt

Laden

Brandunterdrückung

EX-Schutz ?

Brandgase?

Was heißt das konkret? **VDMA 24994:2024-08**

Das neue Einheitsblatt VDMA 24994:2024-08 beschreibt einheitliche Prüfanforderungen für feuerwiderstandsfähige Sicherheitsschränke zum Lagern und Laden von Lithium-Akkus.

Diese definieren nun gemeinsam mit den 90-minütigen Feuerwiderstandsprüfungen von außen nach innen (gemäß DIN EN 14470-1) und innen nach außen (in Anlehnung an die DIN EN 1363-1) den aktuellen Stand der Technik!

Aber?

FÜR DIE LAGERUNG VON LITHIUM-BATTERIEN LASSEN SICH ANALOGIEN ZU DEN GEFAHRGUT-TRANSPORTVORSCHRIFTEN UND DER GEFÄHRSTOFFVERORDNUNG BZW. DEN TRGS ABLEITEN:

- gemäß Gefahrgutrecht: Schutzauslegung anhand des Gefährdungspotenzials z.B.
 - Unterscheidung nach Neuware, End-of-Life-Batterien, beschädigte Batterien, Prototypen usw.
 - gemäß Gefahrstoffrecht: Lagerstätte wie ein Gefahrstofflager nach TRGS 510 auslegen, u.a.
- Auslegung als
F90, Zutrittsbeschränkung, Entlüftung, Zusammenlagerungsverbote.

IN DER PRAXIS HABEN SICH FOLGENDE LAGERLÖSUNGEN BEWIESEN:

- Geprüfte Akku-Lager- und Ladeschränke mit entsprechender Produktqualifikation
- ADR-konforme Behälter- und Transportsysteme mit Brandschutzfunktion
- Brandschutzcontainer mit geprüfter Feuerwiderstandsfähigkeit

WEITERE NEBENBEDINGUNGEN:

- Lagern nur zulässig, wenn Lithium-Batterien nach UN38.3 geprüft sind, ansonsten nur nach entsprechender Gefährdungsbeurteilung.
- Nicht laden im Lagerbereich!
- Laden ist gesondert von der Lagerung zu betrachten.
- Nur Tagesbedarf außerhalb von Lagern
- Minimalmengenbegrenzung bzw. Kapselung

Ge fäh rdu ngs beu rtei lung

1 2 3 4 5 6 7 wo ist denn mein Schatz.....

**Die für den jeweiligen
Einzelfall passende
Schutzmaßnahme ist
jeweils vom Unternehmen
auf Basis der
Gefährdungsbeurteilung
festzulegen. 😊 ☹️**



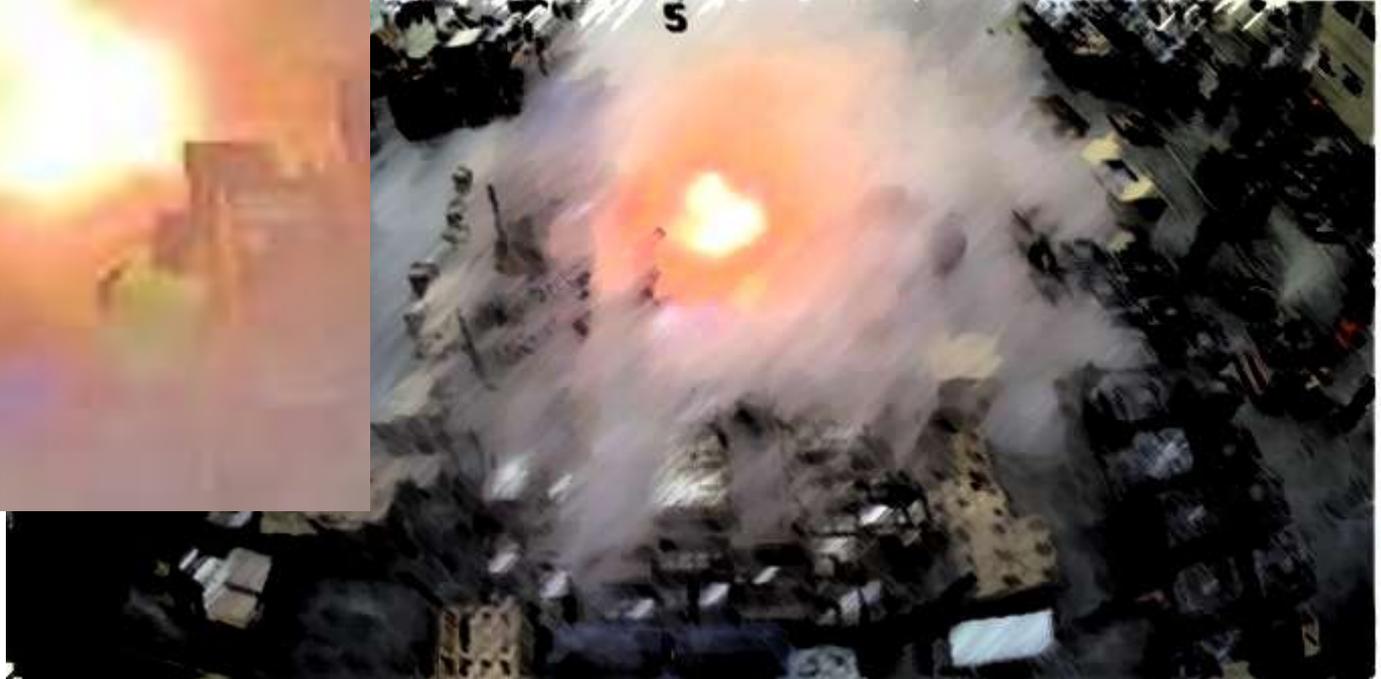
UNTERWEISUNG



BRAND

Fester in einem Behälter mit Abfall-Lithium-Ionen-Batterien

5



Wir machen eine Gefährdungsbeurteilung

Das ist vorgeschrieben !!!

Checkliste zum Umgang mit Lithium-Ionen-Akkus

- ❖ Nur die vom Hersteller zugelassenen Ladegeräten nutzen!
- ❖ Ladegeräte vor Nässe und Staub schützen!
- ❖ Akkus nur unter Aufsicht laden!
- ❖ Nur auf nicht brennbarem Untergrund und nicht in der Nähe von Brandlasten laden!
- ❖ Akkus beim Laden nicht abdecken, Luftzirkulation ermöglichen!
- ❖ Akkus nicht tiefentladen!
- ❖ Nicht im kalten Zustand (z. B. unter 0 °C) laden!
- ❖ Vor Ladebeginn auf Raumtemperatur erwärmen!
- ❖ Vor mechanischen Stößen und Beschädigungen schützen!
- ❖ Auf keinen Fall kurzschließen!

Besteht bei der Lagerung, wie z. B. in Sammelbehältern, die Möglichkeit eines gegenseitigen Kurzschlusses, müssen die Pole isoliert werden z. B. mit Klebeband.

LAGERUNG

Art der Batterie

TÄTIGKEIT

TRANSPORT

SCHUTZMAßNAHMEN

LÖSCHEN mit
Notfallmanagement

INFO`s: „Sicherheitsdatenblatt“

Mögliche Informationsquellen
für den bestimmungsgemäßen
Umgang und Lagerung

- Sicherheitsdatenblätter der Hersteller
- Bedienungsanleitung der Hersteller
- VDS Merkblatt 3103 (...)

Wie viele Gesetze und Verordnungen auf Bundesebene in Kraft sind

– Anzahl der Paragrafen, Artikel und Absätze in Kraft



Lithium-Batterien

Regelungen

Entbürokratisierung

man kann gespannt sein

Quellen: RIS, eigene Erstellung und Berechnung.

Anmerkung: Gesetze umfassen Landesgesetze und Landesverfassungsgesetze.

Gezählt wurden Gesetze aus dem Zeitraum vom 01.01.1940 bis 28.10.2021.



Fazit: Eine energiegeladene aber unter bestimmten Bedingungen empfindliche Technologie!

Im Bezug zu den Milliarden verkauften Li-Ionen-Akkus sind Schadensfälle recht selten, wenn auch medienwirksam.

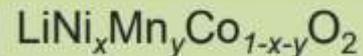
Vielen Dank für

Ihre Aufmerksamkeit.

Fragen ☺

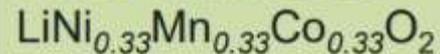
Typische Kathodenmaterialien

Abkürzung	Kathodenmaterial
LCO	lithium cobalt oxide
LFP	lithium iron phosphate
LMO	lithium manganese oxide
NCA	lithium nickel cobalt aluminium oxide
NMC	lithium nickel manganese cobalt oxide
LTO	lithium titanate

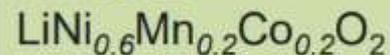


Molare Anteile, z. B.

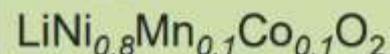
NMC111/NMC333



NMC622



NMC811



Löschwasser

Geringe Säuremengen und Schwermetalle, welche bei Fahrzeugbränden auftreten können, werden durch das Löschwasser stark verdünnt, können aber auch im Brandrauch enthalten sein.

Bei Zellbränden werden toxische Gase freigesetzt, unter denen neben organischen Verbindungen auch die sehr giftige Fluorwasserstoffsäure (HF) oder Kohlenmonoxid (CO) entstehen. Viele Zelltypen enthalten darüber hinaus Nickel- und Cobaltoxide, die bei einem Zellbrand austreten bzw. mit dem Löschwasser ausgewaschen werden.

Sowohl Löschwasser als auch Einlagerungswasser könnten aufgrund einer Laboruntersuchung einer Kläranlage über das Kanalnetz zugeführt werden.

Bei großen Bränden ist das Löschwasser entsprechend aufzufangen.



Versand von Lithiumbatterien

Zur Erinnerung: Lithiumbatterien als Objekt des Gefahrgutrechts:

ADR:

1993: UN 3090 Lithiumbatterien
UN 3091 Lithiumbatterien in (einschl. an) Geräten („Ausrüstungen“)

2009: UN 3090 Lithiummetallbatterien
UN 3091 Lithiummetallbatterien in Geräten
UN 3480 Lithiumionenbatterien
UN 3481 Lithiumionenbatterien in Geräten

2017: Neues Lithiumbatteriekennzeichen, neuer Lithiumbatteriegefahrzettel

2019: ... 3536 : Li in Güterbeförderungseinheiten
 3171 Li-Bat-betriebs Fahrzeug

Manganspinell (LiMn_2O_4)

Lithiumperchlorat (LiClO_4)

Lithium (Metall)

Lithiumhexafluorophosphat (LiPF_6)

Aluminiumchlorid (AlCl_3)

Lithiumcobaltdioxid (LiCoO_2)

Lithium-Titanat ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)

Ethylenglycoldimethylether (1,2-Dimethoxyethan, DME, $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$)

Vliesstoff Komposite-Separatoren:

Lithium Trifluoromethansulfonat ($\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$)

Lithiumbis(oxalato)borat (LiBOB)

Ethylencarbonat (EC, $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$)

Polyethylen

Lithium-Interkalationsverbindung (Li_1OC_6)

Aluminium (Stromableiter)

Lithiumeisenphosphat (LiFePO_4)

Vinylencarbonat (VC)

Lithium-Nickel-Mangan-CobaltOxid $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2)$

Thionylchlorid (SOCl_2)

Graphit

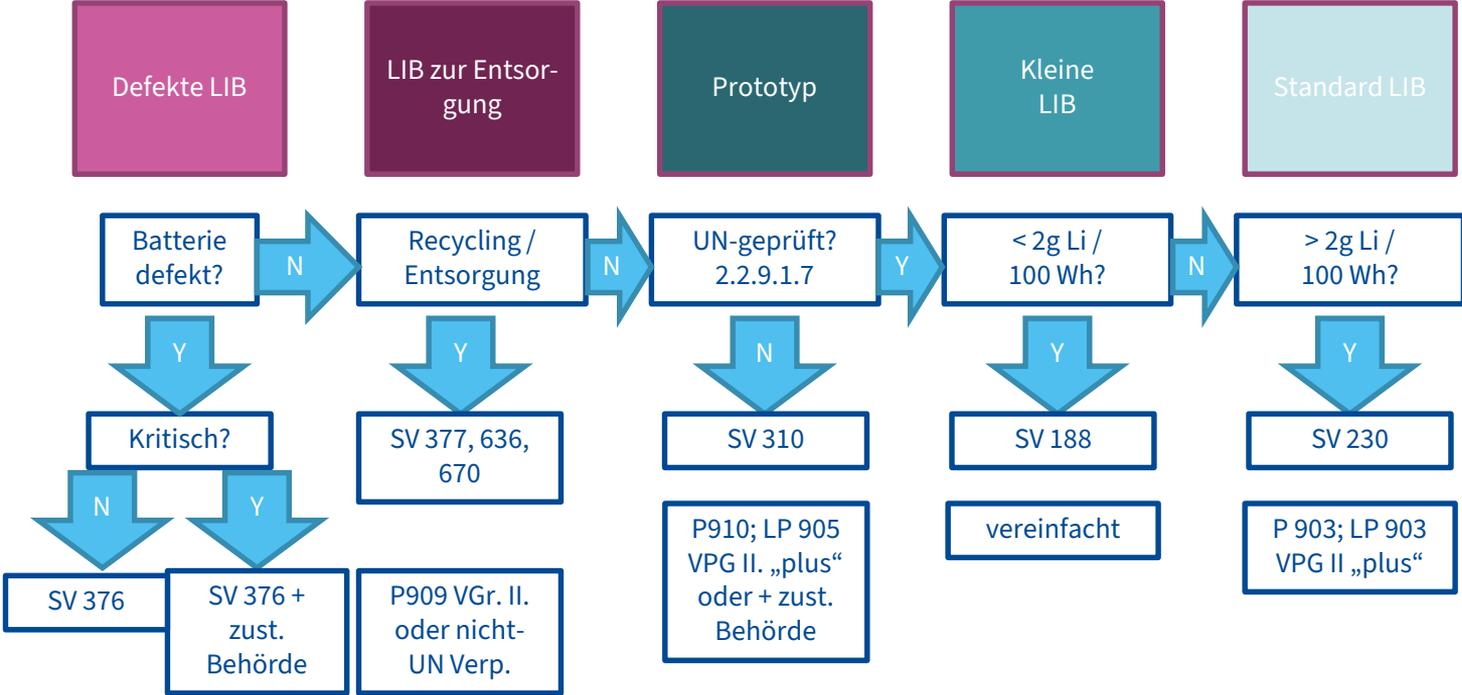
Kupfer (Stromableiter)

Lithium-Nickel-Cobalt-AluminiumOxid (LiNiCoAlO_2)

Lithiumnickeloxid (LiNiO_2)

Dimethylcarbonat (DMC, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$)
Und DEC

Propylencarbonat (PC, $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$)



In Anlehnung Vortrag Frau Dr. Schmitt BAM

EUCAR-Hazard-Levels Level Gefährdungsgrad

EUCAR – European Council for Automotive R&D

Hazard-Level	Beschreibung	Effekte
0	Keine Auswirkung	Kein Effekt. Keine Beeinflussung der Funktionalität
1	Schutzsystem spricht an	Kein Defekt, Zelle wieder herstellbar, Reparatur Schutzsystem
2	Defekt, Schaden	Zelle beschädigt, Reparatur notwendig
3	Leck, Masseverlust < 50%	Verlust von Elektrolyt, kein Abblasen, keine Flamme oder Feuer*
4	Gasaustritt, Masseverlust > 50%	Verlust von Elektrolyt, Abblasen der Zelle, keine Flamme oder Feuer*
5	Feuer oder Flamme	Kein Bruch, keine Explosion, keine fliegenden Teile
6	Bruch	Keine Explosion, fliegende Teile
7	Explosion	Explosion, Zerstörung in kürzester Zeit

Was gibt's „NEUES“

Group1, ein noch junges Batterietechnologie-Unternehmen aus Austin, Texas, hat die laut eigener Aussage weltweit erste Kalium-Ionen-Batterie (KIB) im zylindrischen 18650-Formfaktor vorgestellt.

Natrium-Ionen-Batterie

Eine Lösung des Lithiumsalzes Lithiumbis(fluorosulfonyl)imid (LiFSI) im Lösungsmittel Fluoracetonitril, - Neuer Elektrolyt -

Verbesserung von Lithium-Schwefel-Batterien mit Materialien auf der Basis metallorganischer Gerüste

Magnesium-Ionen-Batterie

Lithium-Schwefel-Batterie

Schneller laden mit Diamanten
dünne Nanomembranen aus synthetischem Diamant
Wärmebelastung reduzieren

Neuer Super-Akku verspricht 1.000 Kilometer Reichweite für E-Autos

Effizienz und Ladeigenschaften sogenannter
Luft-Batterien

