

# **Sicherheitsanforderungen an Lithium-Ionenbatterien**

**Dipl.-Phys. Wilfried Schulz, CONSULTANT, Berlin**  
**Power Supply-Product Safety-Batteries**

## Sicherheitsanforderungen an Lithium-Ionenbatterien

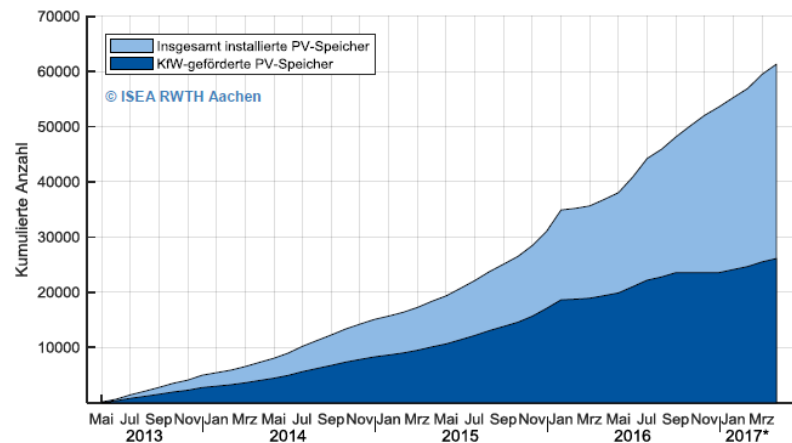
# AGENDA

1. Einführung
2. Aufbau
3. Bauformen
4. Gefahrenpotenziale
5. Begriffe und Definitionen
6. Betriebsfenster
7. Thermal Runaway
8. Risikoanalyse
9. Gesetzliche Vorschriften
7. Normen IEC, CENELEC, DIN/DKE
10. Schutzvorkehrungen
11. Transportanforderungen – ADR 2018 – UN 38.3 - IATA
12. Sicherheitsmanagement

## Sicherheitsanforderungen an Lithium-Ionenbatterien

- **Lithium-Ionen Batterien**

- etabliert in Mobiltelefone (Iphones, Smartphones), Notebooks, Tablets
- Traktionsanwendungen – Gabelstapler, Fahrrad, Automobil
- Elektrische Energiespeichersysteme (Wohngebäude, Container)
- Aeronautik, Aerospace, Militär

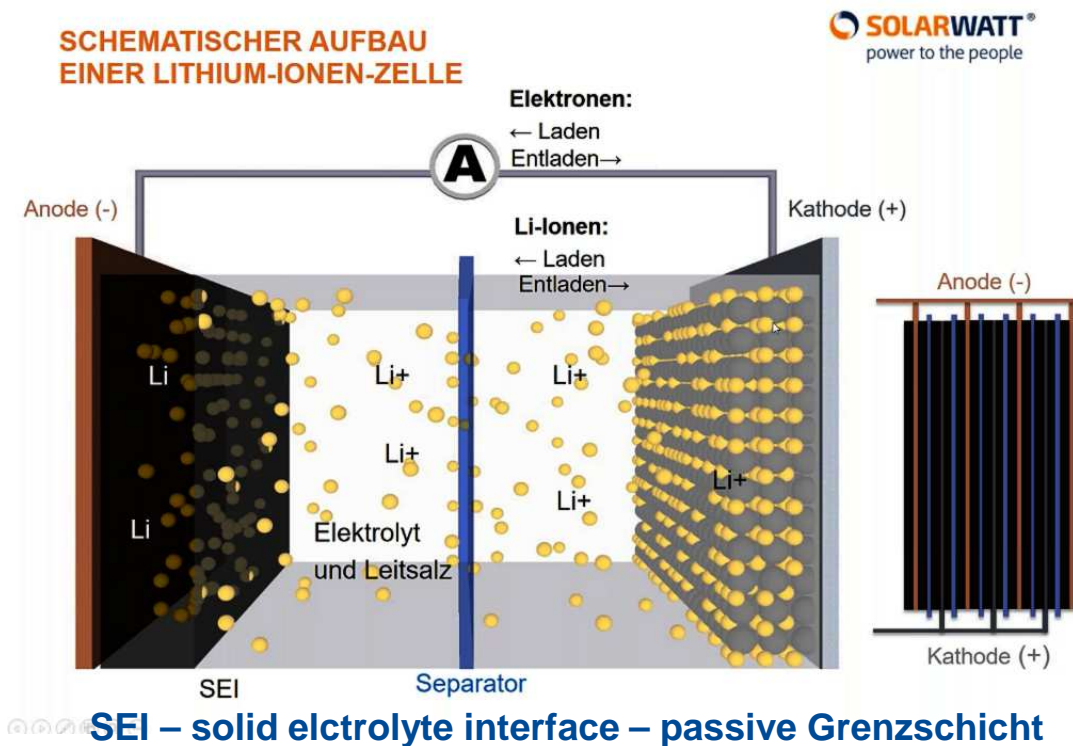


Kumulierte Anzahl der Installationen von PV-Speichern in Deutschland von Mai 2013 bis April 2017.

Speichermonitoring  
**Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm**  
**Solarstromspeicher 2.0**  
Jahresbericht 2017

# • Lithium-Ionen Chemie

Die Batteriechemie wird charakterisiert durch das Kathodenmaterial (LCO, NMC, LFP, etc. ...)\* und dem Anodenmaterial (Graphit, LTO ...)\*\*



\*Kathodenmaterialien:

LCO=Lithium Cobalt Oxide  
( $\text{LiCoO}_2$ )

NMC=Lithium Nickel

Manganese Cobalt Oxide  
( $\text{LiNiCoMnO}_2$ )

LFP=Lithium Iron Phosphate  
( $\text{LiFePO}_4$ )

\*\*Anodenmaterial:

Graphit

LTO= Lithium Titanate Oxide



**Lithium-Ionen ist ein generierter Term, der für verschiedene Typen von Batteriechemien und verschiedenen Formaten für verschiedene Anwendungen steht.**

**Dies ist zu Lithium Metall Primärbatterien zu unterscheiden.**

**Diese Technologie ist noch in der Entwicklungsphase mit neuer Chemie und Design.**

	LCO	LMO	NMC	NCA	LFP
Umwelt	--	++	-	-	++
Sicherheit	-	+	o	--	++
Nennspannung/ V	3,7		3,6 / 3,7	3,6	3,2 / 3,3
Volumetrische Energiedichte Wh/l	320–500	290–340	490–580	480–670	160–260
Gravimetrische Energiedichte Wh/kg	110–180	100–120	180–210	180–250	80–120
Entladestrom C	1–2	3–20	1–10	1–10	10–50
Lebensdauer (Zyklen)	300–1000	1000–1500	500–1000	500–1000	2000–5000
Anschaffungskosten €/kWh <small>Zelle [18650] 04/2014</small>	170	230	200	210	450
Relative Kosten €/kWh /Zyklus	0,17–0,60	0,15–0,23	0,20–0,40	0,20–0,40	0,09–0,25
Anwendungsbereiche	High Energy Home appliance	High Power Power Tools Garden tools Medical application Military Electromobility	High Energy + Power Power Tools Garden Tools Home appliance Medical application Electromobility Energy Storage	High Energy + Power Power Tools Garden Tools Home appliance Electromobility Energy Storage	High Power Power Tools Garden Tools Home appliance Electromobility Military Emergency-Lighting Energy Storage

Bewertungsschema:

++ = sehr gut; + = gut; o = befriedigend; - = ausreichend; -- = mangelhaft

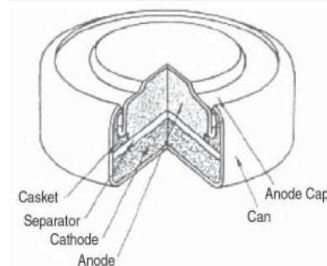
Vergleich der Eigenschaften verschiedener Zellchemien von Li-Ionen-Batterien

© Kompendium: Lithium-Ionen Batterie  
VDE/DKE Juli 2015, 25

Eigene Darstellung mit Daten aus Unterlagen der batteryuniversity.eu GmbH / [http://batteryuniversity.com/learn/article/types\\_of\\_lithium\\_ion](http://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion) (Zugriff: 20.08.2014) / <http://www.ansmann-energy.com/unternehmen/ansmann-wiki/vergleich-zellchemien.html> (Zugriff: 20.08.2014) / Ketterer, B.; Karl, U.; Möst, D.; Ulrich, S. (2009): *Lithium-Ionen-Batterien-Stand der Technik und Anwendungspotenzial in Hybrid-, Plug-In-Hybrid- und Elektrofahrzeugen*, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe, S. 10–11 / Hehn, G. (2014): *Elektronik reader's choice August 2014 – Autarke Stromspeicher*, elektroniknet.de, S. 40

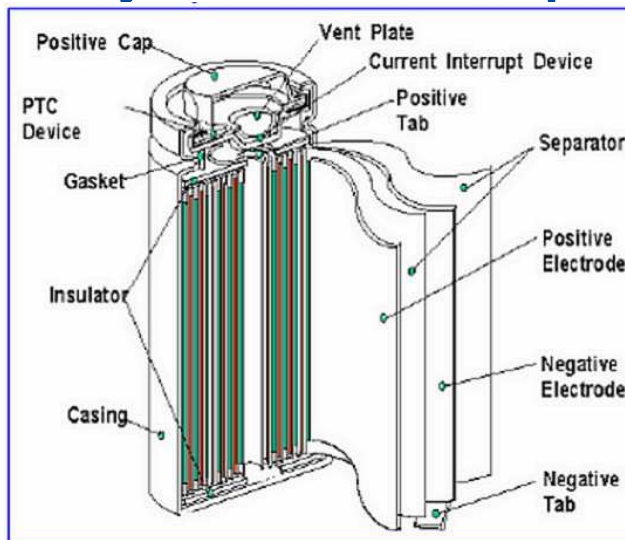
# Die transportablen Li-Ionenbatterien werden durch ihr Format bestimmt

## 1. Knopfzelle

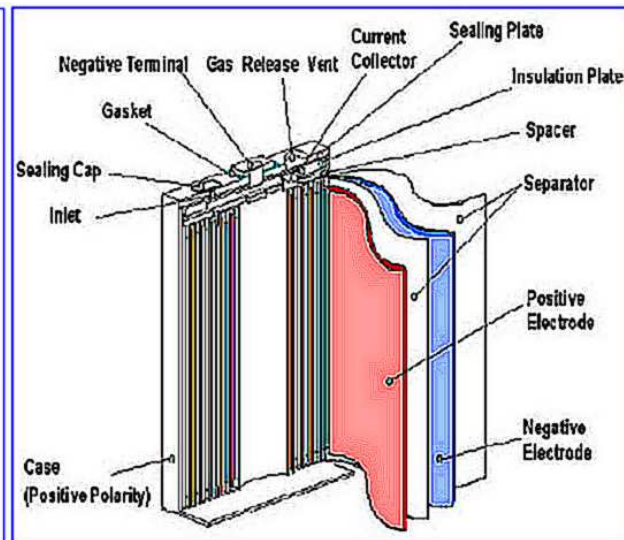


© SAFT

## 2. Zylindrische oder prismatische Bauform

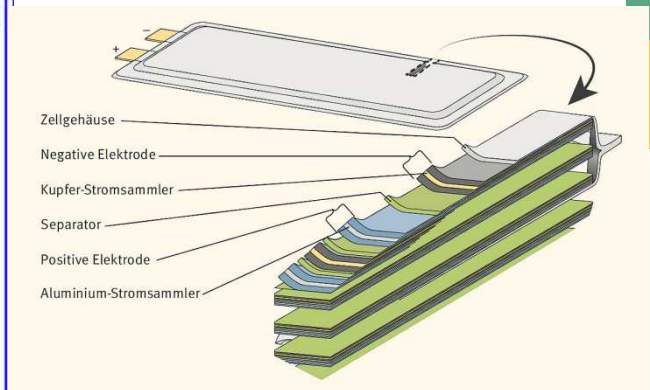


© SAFT



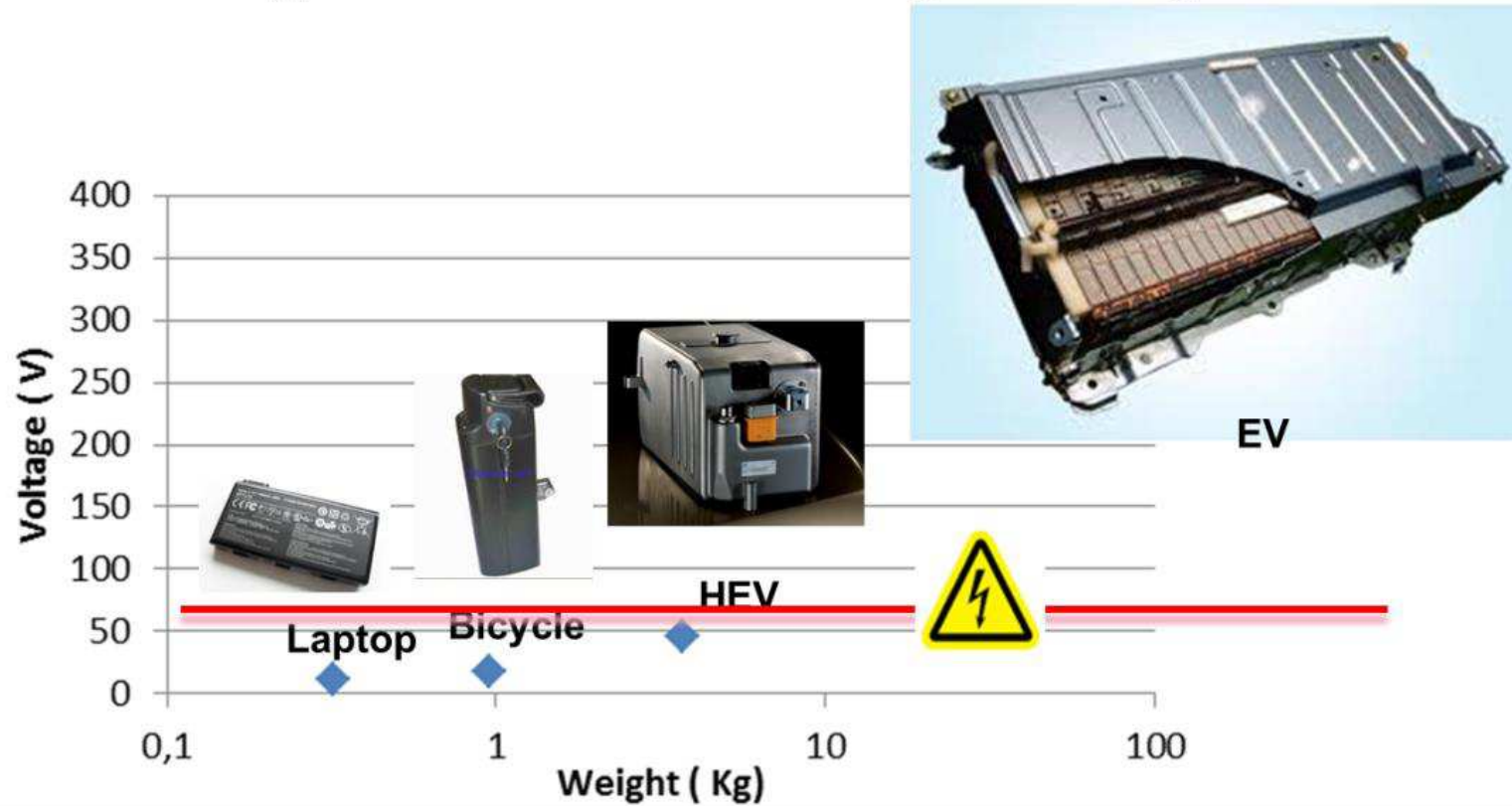
© SAFT

## 3. Soft case – Pouch



Schematischer Aufbau einer Pouch-Zelle.  
© WWU/MEET

## Typical Li-ion Batteries Voltage and Weight



© Recharge



# Ursprung für Gefahrenpotenziale

## 1. Potential – Chemische Gefahren

Im Fall des Aufreißens der undichten Umhüllung

- Austreten von Elektrolyt: korrosiv und entflammbar
- Gasaustritt: leichtflüchtige organische Substanzen

## 2. Potential – elektrische Energiegefahr

- Abgabe von Energie durch den Joule Effekt: Wärme und Temperaturerhöhung
- Zündfunke

## 3. Potential – von kumulativen Effekten

- Feuer
- Toxische oder harmlose Gasemission: CO, organische Elektrolyte, ...
- Wegschleudern von Teilen

## 4. Potential – Gefahr von Hochspannung ( > 60 V DC)

- Batterieisulationsfehler (Auftreten von Hochspannung an unerwarteten Stellen)

## 5. Verlust der Bedienfunktion

- Verlust der Schlüsselbatteriebedienfunktion (Kontrollverlust – Gefahr für Nutzer)

# Definitionen

## Produktsicherheit:

*Die Produktsicherheit umfasst zahlreiche Rechtsvorschriften, die die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt zum Gegenstand haben. Diese Rechtsvorschriften regeln den freien Warenverkehr im europäischen Binnenmarkt. Zentrales Regelungsziel ist dabei ein hohes Maß an Sicherheit und Gesundheitsschutz für Verbraucher und Beschäftigte.*

**Zelle\*** = einzelne Lithium-Ionenzelle

**Batterie\*** = stationäres Gerät mit verschalteten Li-Ionenzellen, Batterie-Management-System (BMS) und Sicherheitselementen

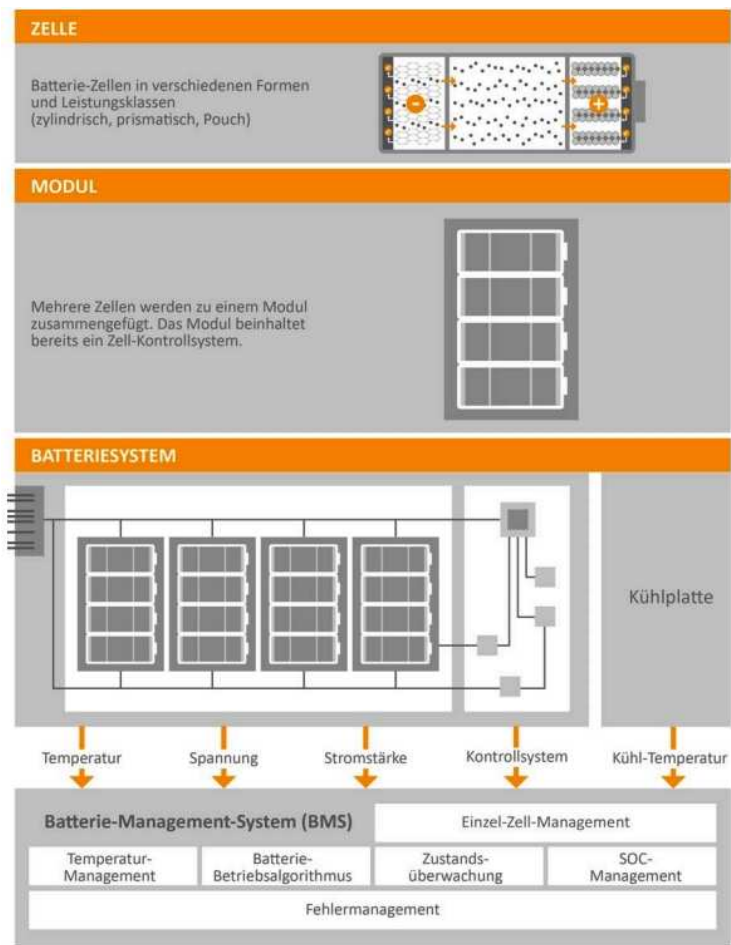
**Energiespeichersystem** \* = Batterie(n) mit Umrichter und/oder Wechselrichter

**SOC** – State-of Charge – Kennwert für den Ladezustand von Zellen und Batterien

**SOH** – State-of-Health – Bezeichnung für den Alterungszustand von Zellen und Batterien

**OCV** – Open-circuit voltage – Leerlaufspannung

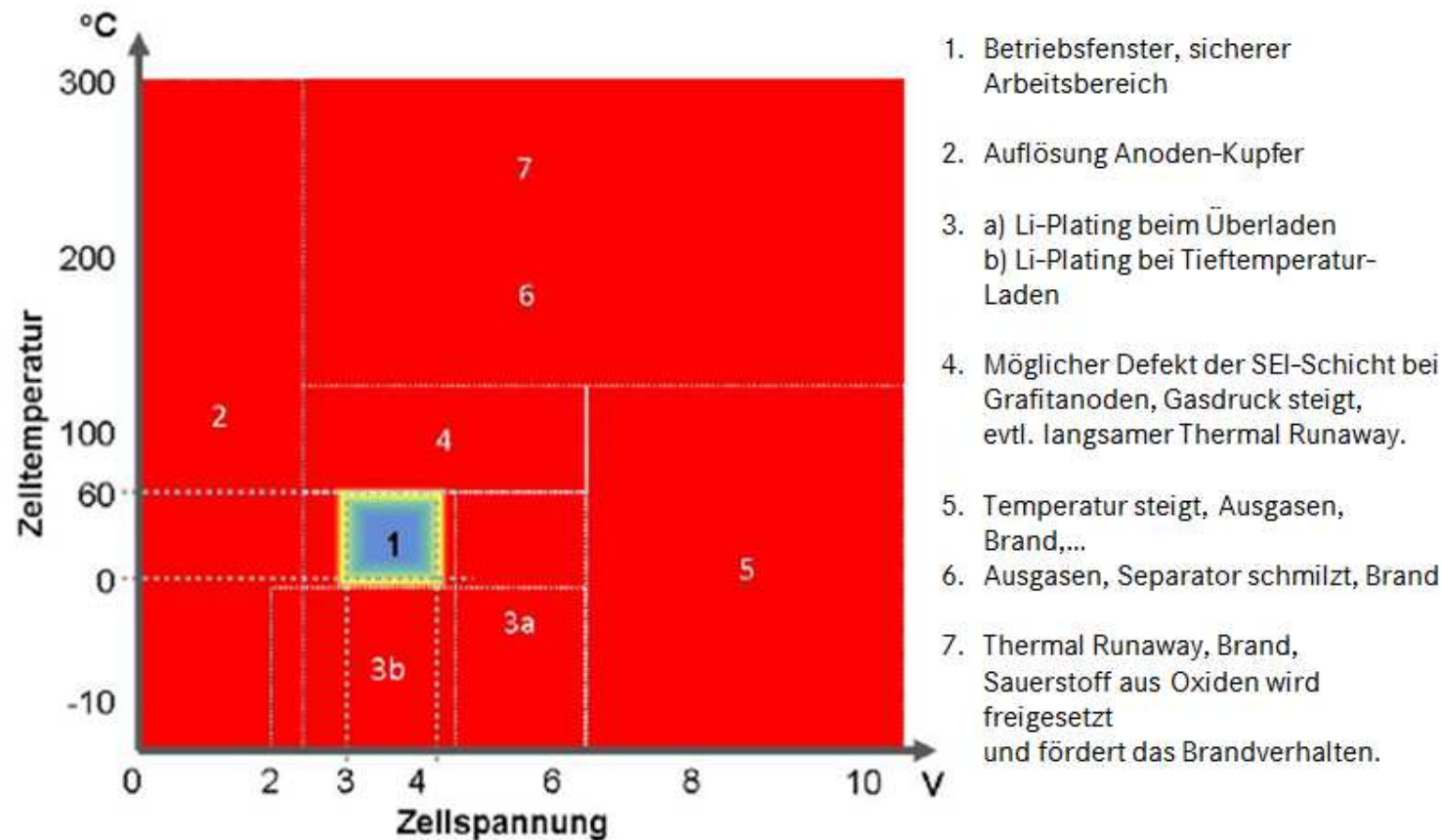
\* ähnlich VDE-AR-E 2510-50, Stationäre Energiespeichersysteme mit Lithium-Batterien –  
Sicherheitsanforderungen



Aufbau eines Batteriesystems<sup>16</sup>

\* aus Kompendium: Lithium-Ionen Batterien, 7

<sup>16</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Schlick, T.; Hertel, G. et al. (2011): *Zukunftsfeld Elektromobilität – Chancen und Herausforderungen für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau*, Studie, VDMA und Roland Berger Strategy Consultants, Frankfurt/München



**Schematisches Betriebsfenster für ein Beispiel einer Lithium-Ionenzelle (NMC) mit Graphit-Anode. (Reale Werte können hiervon abweichen) - aus VDE AR-E 2510-50**

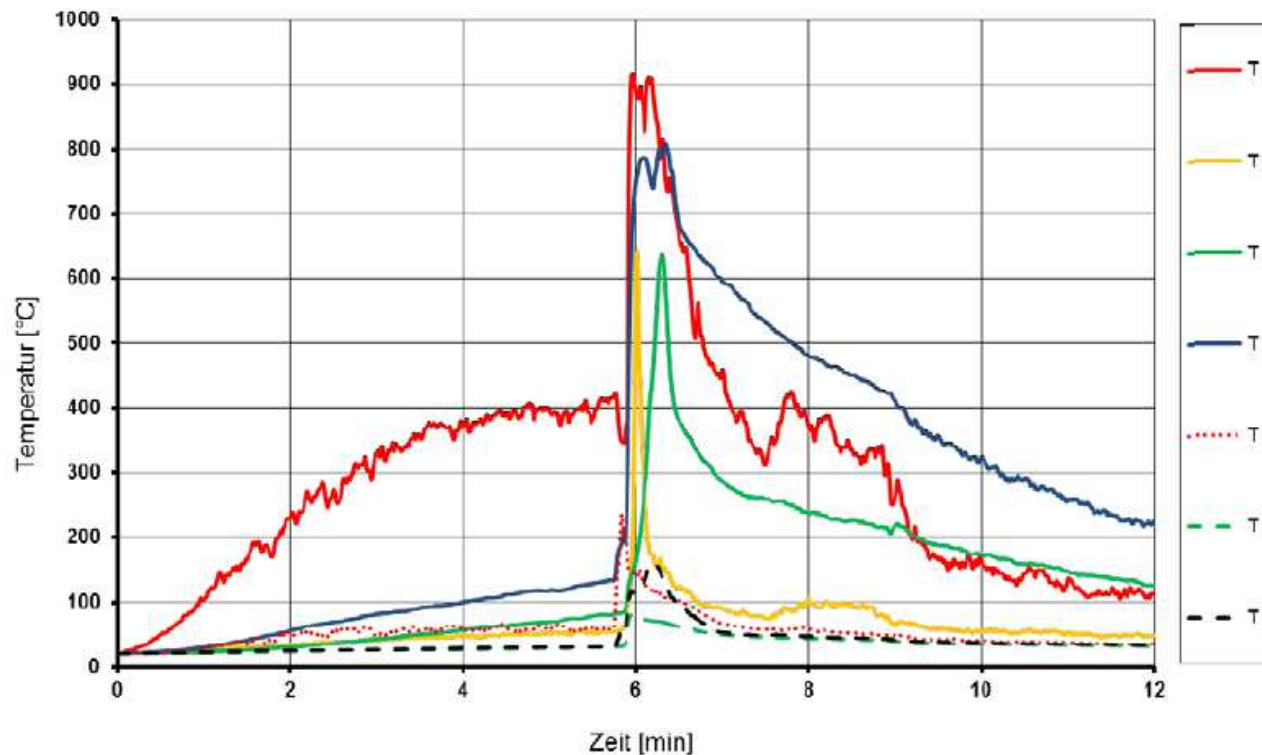


# Thermal Runaway

thermisches Durchgehen – durch exotherme Reaktionen verursachter unkontrollierter, starker Anstieg der Zelltemperatur

kann zur Gasbildung und Abblasen des Elektrolyten aus der Batterie führen

Rauchgase können toxisch sein, infolge von Kohlenmonoxid und geringen Mengen von HF ( $\text{LiPF}_6$ ) in Kontakt mit Wasser



Exemplarischer Temperaturverlauf eines Versuches mit Lithium-Ionen-Batterie, Typ: ICR-18650, hier bei normaler Luftatmosphäre mit 20,9 Vol.-% O<sub>2</sub>

Forschungsbericht Nr. 192  
**Studie zur Brandbekämpfung**  
**von Lithium-Ionen-Batterien (Akkus)**  
**und Lithium-Metall-Batterien**  
 • Branddetektion und Brandbekämpfung  
 • Löschanlagen  
 • Sauerstoffreduktion mit Inertgasen  
 von  
 Dipl.-Ing. Jürgen Kunkelmann  
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
 Forschungsstelle für Brandschutztechnik  
 Karlsruhe  
 Oktober 2017, 55

## 4. Risikobeurteilung und Methodik zur funktionalen Sicherheit

### 4.1 Risikobeurteilung

Der Hersteller muss eine Risikobeurteilung zu dem BESS durchführen, aus der folgende Punkte hervor gehen:

- a) Risikoanalyse:** Erkennen und Identifizieren von Gefährdungen für alle Lebensabschnitte (Produktion, Lagerung, Transport, Installation, Betrieb, Instandhaltung, Demontage, Recycling) und alle Systemebenen (Batteriesystem, Pack, Modul, Zellblock, Zelle, Zellmaterial) ausgehend vom und einwirkend auf das BESS;
- b) Risikobewertung:** Ermittlung der Schwere und Wahrscheinlichkeit des Risikos und Beurteilung der Akzeptanz des sich ergebenden Risikoniveaus;
- c) Risikominimierung:** Maßnahmen zur Minderung der nicht akzeptablen Risiken und Nachweis auf Wirksamkeit der Maßnahme. Anschließende Wiederholung des Risikobeurteilungsprozesses. Die Zuverlässigkeit der zur Risikominimierung implementierten Maßnahmen muss den Anforderungen der funktionalen Sicherheit genügen.

**Letztere muss durch die Methodik aus einer der nachfolgenden Normen bewertet werden:**

- 1) DIN EN 61508 (VDE 0803), bzw.;**
- 2) ISO 26262**
- 3) DIN EN ISO 13849-1;**
- 4) DIN EN 62061 (VDE 0113-50)**

aus VDE AR-E 2510-50



# Klassifizierung von Gefahren bei Batterien

Table 1: Gefahrenstufen bei Batteriefehlern nach EUCAR

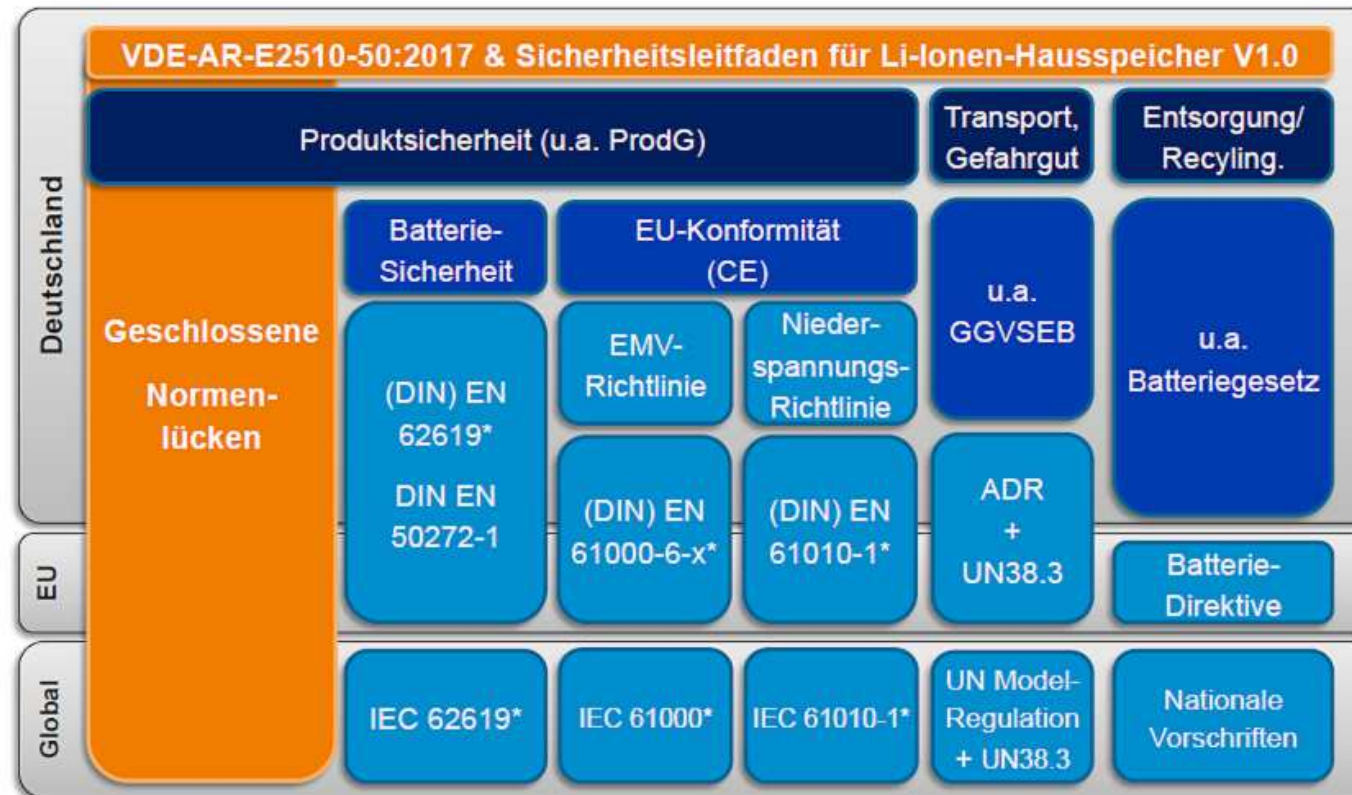
Hazard Level		Classification Criteria, Effect
0	No effect	No effect, no loss of functionality
1	Passive Protection activated	No defect, no leakage, no venting, no fire or flame, no rupture, no explosion, no exothermic reaction or thermal runaway, cell reversibly damaged, repair of protection device needed
2	Defect Damage	No leakage, no venting, no fire or flame, no rupture, no explosion, no exothermic reaction or thermal runaway, cell irreversibly damaged, repair needed
3	Leakage > 50%	No venting, no fire or flame, no rupture, no explosion, weight loss $\leq 50\%$ of the electrolyte weight electrolyte = solvent + salt
4	Venting > 50%	No fire or flame, no rupture, no explosion, weight loss $\geq 50\%$ of the electrolyte weight
5	Fire or Flame	No rupture, no explosion, i.e. no flying parts
6	Rupture	No explosion, but flying parts, ejection of parts of the active mass
7	Explosion	Explosion, i.e. disintegration of the cell

accept

reject

[http://www.basytec.de/Literatur/2010\\_Sicherheit\\_Testen.pdf](http://www.basytec.de/Literatur/2010_Sicherheit_Testen.pdf)

## KURZÜBERSICHT AR UND SICHERHEITSLFITFADEN



\*mögliche Normen f. diesen Bereich

## **1 Erste Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über elektrische Betriebsmittel - 1. ProdSV)**

### **§ 3 Bereitstellung auf dem Markt**

Elektrische Betriebsmittel dürfen nur dann auf dem Markt bereitgestellt werden, wenn sie

1. mit den in Anhang I der Richtlinie 2014/35/EU genannten Sicherheitszielen übereinstimmen,
2. entsprechend dem in der Europäischen Union geltenden Stand der Sicherheitstechnik hergestellt sind und
3. bei ordnungsgemäßer Installation und Instandhaltung und bei bestimmungsgemäßer Verwendung die Gesundheit und Sicherheit von Menschen, Haus- und Nutztieren sowie Güter nicht gefährden.

## **2 Erste Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über elektrische Betriebsmittel - 1. ProdSV)**

### **§ 4 Konformitätsvermutung auf der Grundlage harmonisierter Normen**

Bei elektrischen Betriebsmitteln, die *harmonisierten Normen* oder Teilen dieser Normen entsprechen, deren Fundstellen im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht worden sind, wird vermutet, dass sie die Anforderungen nach § 3 erfüllen, soweit diese von den betreffenden Normen oder von Teilen dieser Normen abgedeckt sind.

## **3 Erste Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über elektrische Betriebsmittel - 1. ProdSV)**

### **§ 5 Konformitätsvermutung auf der Grundlage internationaler Normen**

Bei elektrischen Betriebsmitteln, die den Sicherheitsbestimmungen der von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission festgelegten internationalen Normen entsprechen, deren Fundstellen im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht worden sind, wird vermutet, dass sie die Anforderungen nach § 3 erfüllen.

## RICHTLINIE 2006/95/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 12. Dezember 2006

zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen

(kodifizierte Fassung)

(Text von Bedeutung für den EWR)

DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION -

gestützt auf den Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft, insbesondere auf Artikel 95,

auf Vorschlag der Kommission,

nach Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses<sup>(1)</sup>,gemäß dem Verfahren des Artikels 251 des Vertrags<sup>(2)</sup>,

in Erwägung nachstehender Gründe:

(1) Die Richtlinie 73/23/EWG des Rates vom 19. Februar 1973 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen<sup>(3)</sup> ist in wesentlichen Punkten geändert worden<sup>(4)</sup>. Aus Gründen der Klarheit und Übersichtlichkeit empfiehlt es sich, die genannte Richtlinie zu kodifizieren.

(5) Einige Mitgliedstaaten genehmigen die Normen durch Verwaltungsmaßnahmen. Diese Genehmigung berührt in keiner Weise den technischen Gehalt der Normen, noch beschränkt sie ihre Anwendung. Eine solche Genehmigung kann folglich die vom Standpunkt der Gemeinschaft aus einer harmonisierten und publizierten Norm beigemessenen Auswirkungen nicht ändern.

(6) Auf Gemeinschaftsebene muss der freie Verkehr elektrischer Betriebsmittel erfolgen, wenn diese Betriebsmittel bestimmten, in allen Mitgliedstaaten anerkannten Anforderungen in Bezug auf die Sicherheit entsprechen. Unbeschadet jedes sonstigen Nachweises kann der Nachweis dafür, dass diesen Anforderungen entsprochen worden ist, durch Verweis auf harmonisierte Normen erbracht werden, in denen sie konkret niedergelegt werden. Diese harmonisierten Normen müssen im gegenseitigen Einvernehmen von Stellen, die jeder Mitgliedstaat den anderen Mitgliedstaaten und der Kommission mitteilt, festgelegt werden und Gegenstand breiter Veröffentlichung sein. Eine solche Harmonisierung muss die Möglichkeit bieten, die aus Unterschieden zwischen den einzelstaatlichen Normen für den Handel entstehenden Nachteile zu beseitigen.

[Commission communication in the framework of the implementation of Directive 2014/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of electrical equipment designed for use within certain voltage limits \(recast\) - OJ C 298 of 08/09/2017](#)  
 (This list replaces all the previous lists published in the Official Journal.)

Mitteilung der Kommission im Rahmen der Durchführung der Richtlinie 2014/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt

(Veröffentlichung der Titel und der Bezugsnummern der harmonisierten Normen im Sinne der Harmonisierungsrechtsvorschriften der EU)

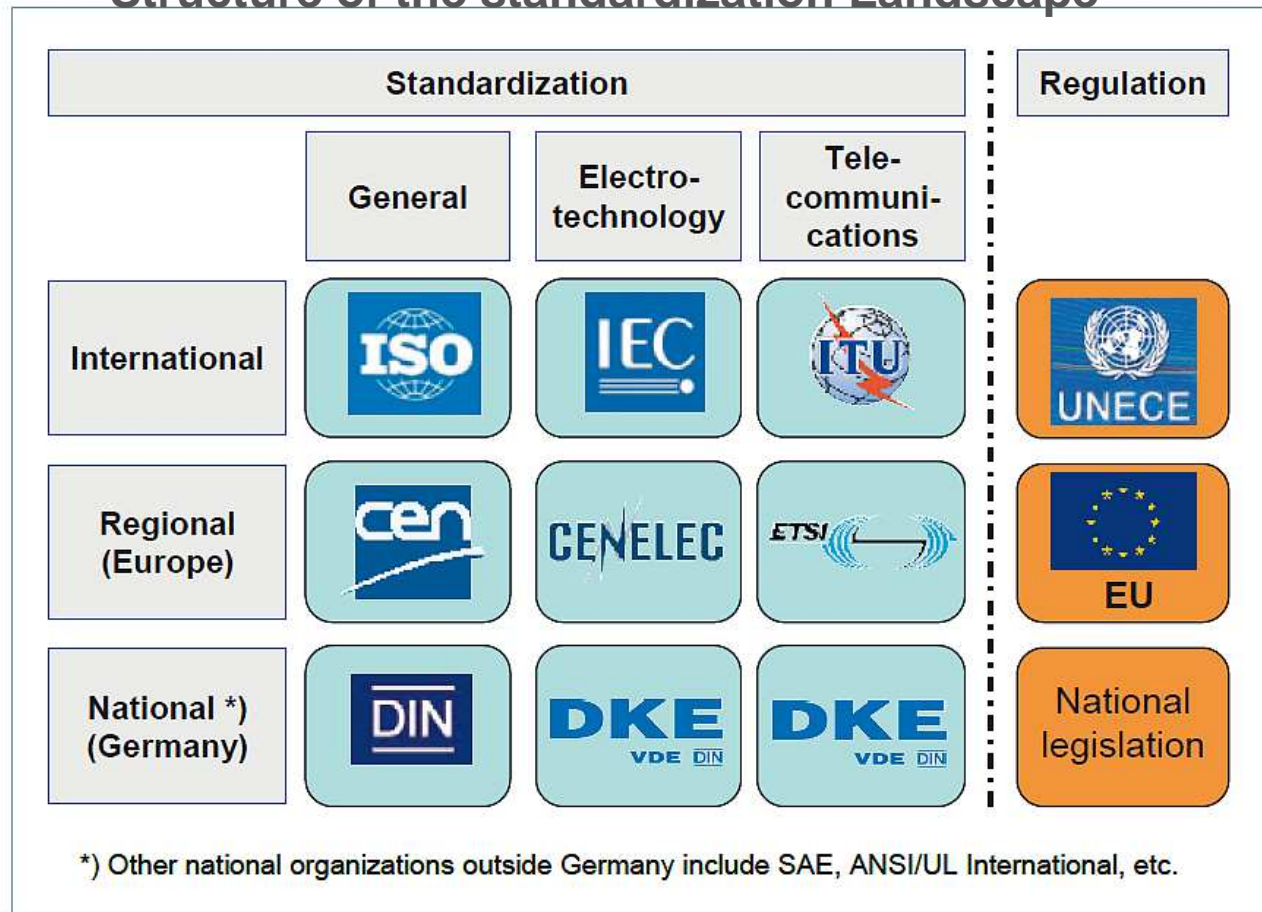
(Text von Bedeutung für den EWR)

(2017/C 298/02)

ENO <sup>(1)</sup>	Bezugsnummer und Titel der Norm (und Bezugsdokument)	Erste Veröffentlichung ABL	Referenz der ersetzten Norm	Datum der Beendigung der Annahme der Konformitätsvermutung für die ersetzte Norm Anmerkung 1
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
CEN	EN ISO 11252:2013 Laser und Laseranlagen — Lasergerät — Mindestanforderungen an die Dokumentation (ISO 11252:2013)	8.7.2016		
CEN	EN 13637:2015 Schlösser und Baubeschläge — Elektrisch gesteuerte Fluchttüranlagen für Türen in Fluchtwegen — Anforderungen und Prüfverfahren	8.7.2016		
Cenelec	HD 308 S2:2001 Kennzeichnung von Adern in Kabel/Leitungen und flexiblen Leitungen	8.7.2016	HD 308 S1:1976 Anmerkung 2.1	
Cenelec	HD 361 S3:1999 System für Typkürzzeichen von isolierten Leitungen	8.7.2016		
	HD 361 S3:1999/A1:2006	8.7.2016	Anmerkung 3	1.6.2009



## Structure of the standardization Landscape



**IEC, ITU-T and ISO**  
are the authoritative  
standards organizations.  
European standard  
organizations are  
**CENELEC** and **ETSI**.

## IEC Technical Committees for Safety of Lithium batteries and installations

TC 21	Title	Scope
WG 8	Safety requirements for secondary batteries and battery installations (except Lithium batteries covered by WG 10)	To consider the principal measures for protections against hazards generated from: electricity, short circuits and electrolyte, and to provide requirements on safety aspects associated with the installation, use, inspection, maintenance and disposal.
WG 10	Safety requirements for secondary lithium batteries and battery installations used for stationary and traction applications	To develop safety standards on lithium batteries and battery installations used for stationary and traction applications jointly with SC 21A. The draft is based on the proposal stated in 21/860/NP and 21/861/NP. The safety aspect concerned are related to installation, operation (use), inspection, maintenance and disposal. Possible overlapping with existing standards such as IEC 62619, IEC 62620, IEC 62133, IEC 62660 series, ISO 12405 series, ISO 6469-3, and ISO 18243 shall be considered

SC21A	Title	Scope
WG 3	Lithium secondary cells and batteries and maintenance of IEC 61960	To work exclusively on the standardization of lithium secondary cells and batteries
WG 4	Safety and mechanical tests on secondary cells and batteries and maintenance of IEC 61959, 62133, 62188	To prepare safety and mechanical test standards defining specific conditions and requirements applying to secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes of different electrochemical systems, sizes and shapes.
WG 5	Large capacity secondary lithium cells and batteries	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To lay down a product standard which specifies marking, designation, dimensions, tests and requirements for large capacity lithium cells and batteries;</li> <li>- To lay down a safety standard which defines specific conditions and requirements applying to large capacity lithium cells and batteries.</li> </ul>

IEC Sicherheitsstandards für Lithium-Ionenbatterien					
Standard	Titel	Quelle	Standard	Titel	Quelle
<b>IEC 62619 ED 1.0</b>	Akkumulatoren und Batterien mit alkalischen oder anderen nicht säurehaltigen Elektrolyten – Sicherheitsanforderungen für Lithium-Akkumulatoren und -Batterien für die Verwendung in industriellen Anwendungen (IEC 62619:2017);	<b>DIN EN 62619 Ed 1.0 November 2017</b>	<b>IEC 62485-1</b>	Sicherheitsanforderungen an Sekundär-Batterien und Batterieanlagen – Teil 1: Allgemeine Sicherheitsinformationen (IEC 62485-1:2015)	<b>EN IEC 62485-2 Mai 2018</b>
<b>IEC 62133-2</b>	Akkumulatoren und Batterien mit alkalischen oder anderen nicht säurehaltigen Elektrolyten – Sicherheitsanforderungen für tragbare gasdichte Akkumulatoren und daraus hergestellte Batterien für die Verwendung in tragbaren Geräten – Teil 2: Lithium-Systeme	<b>DIN EN 62133-2 (VDE 0510-82) November 2017</b>	<b>IEC 62485-2</b>	Sicherheitsanforderungen an Sekundär-Batterien und Batterieanlagen Teil 2: Stationäre Batterien	<b>EN IEC 62485-2 Mai 2018</b>
<b>IEC 62620</b>	Akkumulatoren und Batterien mit alkalischen oder anderen nichtsäurehaltigen Elektrolyten - Lithium-Akkumulatoren und -batterien für industrielle Anwendungen (IEC 62620:2014)	<b>EN 62620 Januar 2015</b>	<b>IEC 62485-5</b>	Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen – Teil 5: Lithium-Ionen-Batterien für stationäre Anwendungen (IEC 21/903/CD:2016)	<b>E DIN EN 62485-5 Juni 2017</b>
<b>IEC 61960</b>	Akkumulatoren und Batterien mit alkalischen oder anderen Nichtsäurehaltigen Elektrolyten – Lithium-Akkumulatoren und -batterien für tragbare Geräte (IEC 61960:2011);	<b>DIN EN 61960 April 2012</b>	<b>IEC 62485-6</b>	Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen – Teil 6: Lithium-Ionen Batterien für Traktionsanwendungen (IEC 21/902/CD:2016)	<b>E DIN EN 62485-6 Juli 2017</b>
<b>IEC 61427-2</b>	Wiederaufladbare Zellen und Batterien für die Speicherung erneuerbarer Energien - Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren - Teil 2: Netzintegrierte Anwendungen (IEC 61427-2:2015)	<b>DIN EN 61427-2 (VDE 0510-41) September 2016</b>	<b>IEC 63056</b>	Sekundärzellen und -batterien mit alkalischen oder anderen nicht säurehaltigen Elektrolyten - Sicherheitsanforderungen für Lithium-Sekundärzellen und -batterien für die Verwendung in elektrischen Energiespeichersystemen (IEC 21A/636/CD:2017)	<b>E DIN EN 63056 (VDE 0510-56) Februar 2018</b>

Mai 2017

	<b>VDE-AR-E 2510-50</b>	<b>VDE</b>
	Dies ist eine VDE-Anwendungsregel im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach der Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etZ Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	<b>DKE</b>
<p><b>Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet.</b></p> <p>ICS 29.160.40</p> <p><b>Stationäre Energiespeichersysteme mit Lithium-Batterien – Sicherheitsanforderungen</b></p> <p>Stationary battery energy storage systems with lithium batteries – Safety requirements</p> <p>Système stockage d'énergie stationnaire avec des accumulateurs lithium – Exigences de Sécurité</p>		



## Sicherheitsleitfaden Li-Ionen-Hausspeicher

Stand: Version 1.0

Ausgabe: 11/2014

[https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/Sicherheitsleitfaden\\_Li-Ionen\\_Hausspeicher.pdf](https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/Sicherheitsleitfaden_Li-Ionen_Hausspeicher.pdf)



## Kurz-Checkliste für Li-Ionen-Heimspeicher

Technische Merkmale	Punktzahl
2 elektro-mechanische, stromlos offene Gleichstrom-Relais zur redundanten Abschaltung der Batterie	50
Über- und Unterspannungsüberwachung auf Zellebene mit redundanter Auslösung der Batterieabschaltung	10
Einzelzelltemperaturüberwachung an jeder Zelle oder „Current Interrupt-Device (CID)“ in jeder Zelle	20
Sicherer Schutz vor einer Wiederinbetriebnahme nach Tiefentladung oder anderer signifikanter Schädigung der Batterie	20
Keine ungesicherte, direkte Parallelschaltung von Zellen ohne „Current Interrupt Device (CID)“ in jeder Zelle	10
Aktive Stromregelung als Funktion von Zellspannung und Zelltemperatur	20
Metallisches, geschlossenes Batteriegehäuse, alternativ geschlossener Metallbatterieschrank	10
Transport-Tests nach UN38.3 für das Batteriesystem bzw. für ein Batteriemodul	10
<b>Gesamtpunktzahl</b>	

Wenn die Gesamtpunktzahl kleiner ist als 110, sollte das System detaillierter geprüft werden.

Die oben aufgeführten technischen Merkmale geben nur eine erste grobe Indikation zur Bewertung der sicherheitsrelevanten Baugruppen. Die Sicherheit wird darüber hinaus durch die Betriebsweise, den Aufstellungsort und die Installation beeinflusst und ist in jedem Fall separat zu prüfen. Zusätzlich müssen die geltenden internationalen Normen und Richtlinien (IEC, DIN EN, UN) erfüllt sein. Empfehlenswert ist ebenfalls die Zertifizierung gemäß Entwurf DIN EN 62619

### KIT Checklist for residential Li-ion

Points	English	German	Compliance	Intensium Home 48V / 4kWh
20	2 electromechanical relays, opened when de-energized for redundant switch-off of the battery	2 elektro-mechanische, stromlos offene Gleichstrom-Relais zur redundanten Abschaltung der Batterie	Y	The BMM has one electro-magnetic disconnect, and a fuse. At battery level, one fuse is integrated within each lithium module. In addition the battery in rack has a manual disconnect switch. Furthermore, the Battery charger is equipped with a disconnect switch which opens upon demand sent by the battery BMM. In this sense, the condition of 2 series connected, redundant disconnect switches is fulfilled (one in the BMM, one in the charger) *)
10	Over- and Undervoltage management at cell level, with redundant switch-off of the battery	Über- und Unterspannungsüberwachung auf Zellebene mit redundanter Auslösung der Batterieabschaltung	Y	Supervision of cell voltages done by SMU board in each module.
20	Temperature monitoring at each cell level or "current interrupt device" in each cell	Einzelzelltemperaturüberwachung an jeder Zelle oder „Current Interrupt-Device (CID)“ in jeder Zelle	Y	Supervision of cell temperatures done by SMU board in each module. In addition, cells have CID.
20	Protection against recharge of the battery after a deep discharge or any remarkable damage on the battery	Sicherer Schutz vor einer Wiederinbetriebnahme nach Tiefentladung oder anderer signifikanter Schädigung der Batterie	Y	
10	no cell paralleling without "Current interrupt device" in each cell	Keine ungesicherte, direkte Parallelschaltung von Zellen ohne „Current Interrupt Device (CID)“ in jeder Zelle	Y	
20	active current regulation in function of cell voltage or cell temperature	Aktive Stromregelung als Funktion von Zellspannung und Zelltemperatur	Y	
10	Metal battery container or metal cabinet	Metallisches, geschlossenes Batteriegehäuse, alternativ geschlossener Metallbatterieschrank	Y	
10	Transport test according to 38.3 for the battery system or the battery module	Transport-Tests nach UN38.3 für das Batteriesystem bzw. für ein Batteriemodul	Y	Besides UN certificates, the battery is EC certified. Furthermore, cells are compliant to UL 1642 and IEC 62 619 (both define a series of abuse safety tests)
	System to be thoroughly reviewed in case score is below 110	Wenn die Gesamtpunktzahl kleiner ist als 110, sollte das System detaillierter geprüft werden.		
	this criteria list only allows a indicative evaluation of the safety of the safety critical subgroups. The safety is reliant on the operation modes, location and installation and should be reviewed on a case per case basis. Moreover, the international standards should be fulfilled, the recommendation is the certification against IEC 62619, currently being drafted.	Die oben aufgeführten technischen Merkmale geben nur eine erste grobe Indikation zur Bewertung der sicherheitsrelevanten Baugruppen. Die Sicherheit wird darüber hinaus durch die Betriebsweise, den Aufstellungsort und die Installation beeinflusst und ist in jedem Fall separat zu prüfen. Zusätzlich müssen die geltenden internationalen Normen und Richtlinien (IEC, DIN EN, UN) erfüllt sein. Empfehlenswert ist ebenfalls die Zertifizierung gemäß Entwurf DIN EN 62619.		*) additional comment: The safety concept implemented by Saft goes beyond this condition: we focus on a high level of reliability of all safety functions. All safety functions in Intensium Home are SIL 2 (Safety Integrated Level - specifies a high level of reliability of electronics). The disconnect function is one of the important safety functions. In order to achieve SIL 2 on the disconnect, we have implemented the concept of "testability" (frequently applied in aeronautics): have a periodical control of the function. The important point is to ensure a high level of reliability and availability of these functions, not the technical solution itself.

Karlsruhe © KIT 06/2014/01



Test Criteria/ Standard	UL					IEC	
	UL 1642	UL 2054	UL Subject 2271	UL Subject 2580	UL 2575	IEC 62133	IEC 62281
External short circuit	•	•	•	•	•	•	•
Abnormal charge	•	•	•	•	•	•	•
Forced discharge	•	•	•	•	•	•	•
Crush	•	•	•	•	•	•	
Impact	•	•	•	•			•
Shock	•	•	•	•	•	•	•
Vibration	•	•	•	•	•	•	•
Heating	•	•	•	•	•	•	
Temperature cycling	•	•	•	•	•	•	•
Low pressure (altitude)	•		•	•	•	•	•
Projectile	•	•	•	•			
Drop			•	•		•	•
Continuous low rate charging						•	
Molded casing heating test							
Open circuit voltage							
Insulation resistance				•			
Reverse charge			•	•			
Penetration			•	•			
Internal short circuit test	•			•			

Table 1: Summary of abuse tests found in international safety standards and testing protocols for lithium-ion batteries<sup>4</sup>

# Vorbeugung, Schadensminderung und Schutzvorkehrung

## Cell Hardware

### Cell-Level Design

- Ventil
- Current interrupt device (CID)
- Separator Materialien
- Spezifikation von aktiven Pulver und Bindemitteln

## System Hardware

### Elektronik Hardware

- Überspannungs-Überwachung
- Über-Temperatur
- Zellenbalancing Schaltkreis

### Electrical Hardware

- Sicherung für Überstrom
- Schutzrelais

### Mechanik

- optimales Thermalmanagement

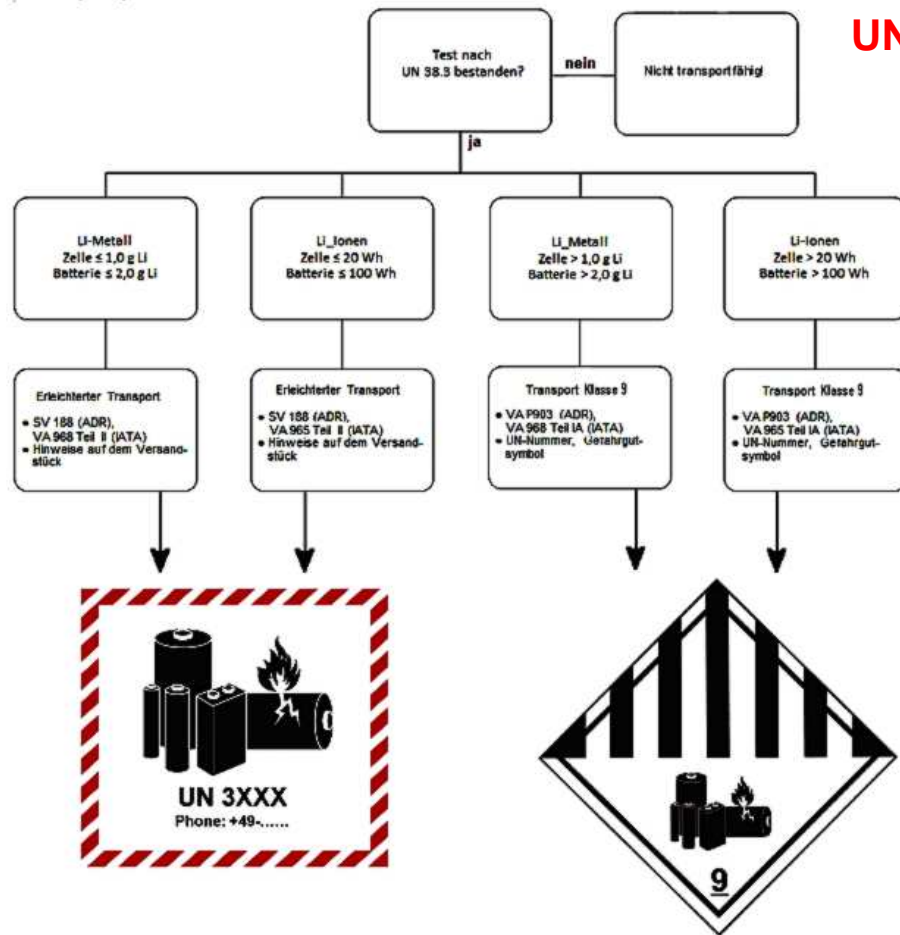
## System Software

### Messung der Batteriesystem-Charakteristiken

- Zell/Pack-Spannung
- Temperatur
- Strom
- Geräte-Feedback
- Sensor Funktionalität

Fehlerdetektion – Kontrolle/Meldung

# UN-Transportvorschriften für Lithium Batterien



## Verpackungs- und Transportvorschriften ADR

Es wird zwischen Lithium METALL und Lithium IONEN Zellen, bzw. Batterien unterschieden.

- Bei Lithium IONEN Zellen / Batterien ist die Nennenergie in Wattstunden ausschlaggebend
- Bei Lithium METALL Zellen / Batterien der Lithiumgehalt in Gramm

Für den Straßentransport (ADR) gelten folgende Sondervorschriften und Verpackungsanweisungen:

UN Nr.	Benennung und Beschreibung	Gefahrgut-klasse	Verpackungs-gruppe	Sonder-vorschriften	Verpackungs-anweisungen
3090	Lithium-Metall-Batterien	9	keine	188, 230, 310, 376, 377, 636	P903, P908, P909, P910, LP903 LP904
3091	Lithium-Metall-Batterien in Ausrüstungen oder mit Ausrüstungen verpackt	9	keine	188, 230, 310, 360, 376, 377, 636	P903, P908, P909, P910, LP903 LP904
3480	Lithium-Ionen-Batterien	9	keine	188, 230, 310, 348, 376, 377, 636	P903, P908, P909, P910, LP903 LP904
3481	Lithium-Ionen-Batterien in Ausrüstungen oder mit Ausrüstungen verpackt	9	keine	188, 230, 310, 348, 360, 376, 377, 636	P903, P908, P909, P910, LP903 LP904

## Beförderung auf der Straße

Erleichterte Transportbedingungen gemäß Sondervorschrift 188

- Lithium Metall Zellen mit Gesamtgehalt Lithium ≤ 1 g.  
Lithium Ionen Zellen mit Nennenergie ≤ 20 Wh (Volt (V) x Amperestunden (AH) = Wattstunden (Wh))
- Lithium Metall Batterien mit Gesamtgehalt Lithium ≤ 2 g.  
Lithium Ionen Batterien mit Nennenergie ≤ 100 Wh
- Anforderungen aller Prüfungen des UN-Handbuches Prüfungen und Kriterien, Teil III, Unterabschnitt 38.3 müssen erfüllt sein. Die Produktion der Zellen / Batterien muss nach einem Qualitätsmanagement-Programm erfolgen
- Zellen/Batterien müssen vollständig in Innenverpackungen verpackt sein (ausgenommen wenn in Ausrüstung eingebaut), bevor sie in der Außenverpackung untergebracht werden
- Innenverpackungen müssen in starken Außenverpackungen verpackt sein (ausgenommen, wenn in Ausrüstungen eingebaut und durch die Ausrüstung ein adäquater Schutz gegeben ist)
- Batterien müssen gegen Kurzschluss geschützt sein
- Zellen/Batterien, die in Ausrüstungen eingebaut sind, müssen gegen unbeabsichtigte Auslösung ausgestattet sein

<http://www.dynamis-batterien.de>



# 2018 Lithium Battery Guidance Document

*Transport of Lithium Metal and Lithium Ion Batteries  
Revised for the 2018 Regulations*

## Introduction

△ This document is based on the provisions set out in the 2017-2018 Edition of the ICAO *Technical Instruction for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air* (Technical Instructions) and the 59<sup>th</sup> Edition of the IATA Dangerous Goods Regulations (DGR).

The provisions of the DGR with respect to lithium batteries may also be found in the IATA lithium Battery Shipping Guidelines (LBSG) 5<sup>th</sup> Edition. In addition to the content from the DGR, the LBSG also has additional classification flowcharts and detailed packing and documentation examples for lithium batteries.

Information on the DGR and LBSG can be found here:

<http://www.iata.org/publications/dgr/Pages/index.aspx>

<http://www.iata.org/publications/store/Pages/lithium-battery-shipping-guidelines.aspx>

The purpose of this document is to provide guidance for complying with provisions applicable to the transport by air of lithium batteries as set out in the DGR. Specifically, the document provides information on:

- Definitions;
- Classification (including classification flowcharts);
- Prohibitions;
- Restrictions;
- Frequently Asked Questions
- Additional Information
- Abbreviations, Acronyms, Symbols

# **Sicherheitsmanagement ist bei allen Lithium-Ionenbatteriesystemen erforderlich**

- Alle Lithium-Ionenbatterien haben entflammbare Elektrolyte
- Potentiell ist ein Thermal Runaway immer möglich

**Sicherheit bei Lithium-Ionenbatterien kann nur durch eine Kombination von Vorbeugung, Schadensminderung und Schutzvorkehrung erreicht werden**

**Die Komponenten müssen nach den geltenden Normen geprüft und zertifiziert sein.**

**Über ein sicher funktionierendes Batteriemanagementsystem in Verbindung mit den Schutz-/Kontrollmechanismen kann ein sicherer zuverlässiger Betrieb der Batterie und der Energiespeicher erreicht werden**



# Danke für die Aufmerksamkeit

**Dipl.-Phys. Wilfried Schulz**  
**CONSULTANT**  
**Power Supply-Product Safety-Batteries**

PROJECT NUMBER: IEC 62902 ED1	
DATE OF CIRCULATION: 2017-03-31	CLOSING DATE FOR VOTING: 2017-06-23
SUPERSEDES DOCUMENTS: 21/895/CC,21/896/CD	

IEC TC 21 : SECONDARY CELLS AND BATTERIES	
SECRETARIAT: France	SECRETARY: Mr Yves Boudou
OF INTEREST TO THE FOLLOWING COMMITTEES: SC 21A, TC 35	PROPOSED HORIZONTAL STANDARD: <input type="checkbox"/> Other TC/SCs are requested to indicate their interest, if any, in this CDV to the secretary.
FUNCTIONS CONCERNED: <input type="checkbox"/> EMC <input type="checkbox"/> ENVIRONMENT <input type="checkbox"/> QUALITY ASSURANCE <input checked="" type="checkbox"/> SAFETY	
<input checked="" type="checkbox"/> SUBMITTED FOR CENELEC PARALLEL VOTING Attention IEC-CENELEC parallel voting The attention of IEC National Committees, members of CENELEC, is drawn to the fact that this Committee Draft for Vote (CDV) is submitted for parallel voting. The CENELEC members are invited to vote through the CENELEC online voting system.	<input type="checkbox"/> NOT SUBMITTED FOR CENELEC PARALLEL VOTING

This document is still under study and subject to change. It should not be used for reference purposes.

Recipients of this document are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

TITLE:  
Secondary batteries: Marking symbols for identification of their chemistry

# RECYCLING/Marking

IEC CDV 62902 © IEC 2017

– 10 –

21/918/CDV

## 5.2.4 Lithium ion batteries



Figure 9 – Lithium ion with recycling symbol

## 5.2.5 Lithium metal batteries



Figure 10 – Lithium metal with recycling symbol

## 5.3 Colors for background

- Pb silver grey or grey
- Ni-Cd light green
- Ni-MH orange
- Li-ion blue
- Li-metal blue

A reference for the specified colors in accordance to established colour systems is listed in Annex A.

These colors shall be applied as background and may be applied to the label and/or to the casing or sleeve on blocks, modules or cells.



## Merkblätter/Berichte zur Sicherheit an Lithium-Ionenbatterien - 1

Kurzbezeichnung	Titel	Bereich	Quelle
ZVEI_02	Sicherer Umgang mit Lithiumbatterien Leitfaden zur Erstellung von produktspezifischen Merkblättern	Leitfaden	<a href="https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Verband/Fachverbaende/Batterien/Merkblaetter/Lithiumbatterien/ZVEI_02_Sicherer_Umgang_mit_Lithiumbatterien_2016-05.pdf">https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Verband/Fachverbaende/Batterien/Merkblaetter/Lithiumbatterien/ZVEI_02_Sicherer_Umgang_mit_Lithiumbatterien_2016-05.pdf</a>
BVES	SICHERHEITSLEIFADEN Li-Ionen-Hausspeicher Stand: Version 1.0 Ausgabe: 11/2014	Sicherheitsleitfaden	<a href="https://www.bves.de/wp-content/uploads/2017/02/Sicherheitsleitfaden-Li-Ionen-Hausspeicher.pdf">https://www.bves.de/wp-content/uploads/2017/02/Sicherheitsleitfaden-Li-Ionen-Hausspeicher.pdf</a>
VDE AR-2510-2	Stationäre elektrische Energiespeicher- Systeme vorgesehen zum Anschluss an das Niederspannungsnetz	Anschluss-/Betrieb-/Transport von Lithium-Ionenbatterien	<a href="https://www.vde-verlag.de/normen/0500054/vde-ar-e-2510-2-anwendungsregel-2015-09.html">https://www.vde-verlag.de/normen/0500054/vde-ar-e-2510-2-anwendungsregel-2015-09.html</a>
VDE AR 2510-50	Stationäre Energiespeichersysteme mit Lithium-Batterien – Sicherheitsanforderungen	Sicherheitsanforderungen	<a href="https://www.vde-verlag.de/normen/0500098/vde-ar-e-2510-50-anwendungsregel-2017-05.html">https://www.vde-verlag.de/normen/0500098/vde-ar-e-2510-50-anwendungsregel-2017-05.html</a>

## Merkblätter/Berichte zur Sicherheit an Lithium-Ionenbatterien - 2

Kurzbezeichnung	Titel	Bereich	Quelle
Bericht 192	Studie zur Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Batterien (Akkus) und Lithium-Metall-Batterien <ul style="list-style-type: none"> <li>• Branddetektion und Brandbekämpfung</li> <li>• Löschanlagen</li> <li>• Sauerstoffreduktion mit Inertgasen</li> </ul>	Brandbekämpfung Lithium-Ionenbatterien	<a href="http://www.ffb.kit.edu/download/IMK%20Ber.%20Nr.%20192%20Kunkelmann%20Lithium-Ionen-%20und%20Lithium-Metall-Batterien%20Brandbekaempfung.pdf">http://www.ffb.kit.edu/download/IMK%20Ber.%20Nr.%20192%20Kunkelmann%20Lithium-Ionen-%20und%20Lithium-Metall-Batterien%20Brandbekaempfung.pdf</a>
Bericht 175	Untersuchung des Brandverhaltens von Lithium-Ionen- und Lithium-Metall-Batterien in verschiedenen Anwendungen und Ableitung einsatztaktischer Empfehlungen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau, Eigenschaften und Einsatzgebiete</li> <li>• Sicherheitstechnische u toxikologische Betrachtungen</li> <li>• Gefahrgutrechtliche Bestimmungen - Transport</li> <li>• Lagerung</li> <li>• Sammlung und Recycling</li> <li>• Branddetektion und Brandbekämpfung</li> <li>• Versuche an der FFB</li> </ul>	Brandverhalten Lithium-Ionenbatterien	<a href="http://www.ffb.kit.edu/download/IMK%20Ber.%20Nr.%20175%20Kunkelmann%20Lithium-Ionen-%20und%20Lithium-Metall-Batterien%20-%20Ueberarbeitung%20-%2003.02.2017%20-%202.pdf">http://www.ffb.kit.edu/download/IMK%20Ber.%20Nr.%20175%20Kunkelmann%20Lithium-Ionen-%20und%20Lithium-Metall-Batterien%20-%20Ueberarbeitung%20-%2003.02.2017%20-%202.pdf</a>
Taschenkarte	Einsatz an stationären Lithium-Solarstromspeichern Hinweise für die Brandbekämpfung und technische Hilfeleistung	Brandbekämpfung Technische Hilfeleistung	<a href="http://www.feuerwehrverband.de/fileadmin/Inhalt/FACHARBEIT/FB6_ELU/Taschenkarte_Loeschen_PVLithiumSpeicher_2015.pdf">http://www.feuerwehrverband.de/fileadmin/Inhalt/FACHARBEIT/FB6_ELU/Taschenkarte_Loeschen_PVLithiumSpeicher_2015.pdf</a>
Merkblatt	Einsatz an stationären Lithium-Solarstromspeichern Hinweise für die Brandbekämpfung und technische Hilfeleistung	Merkblatt für Einsatzkräfte	<a href="https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/BSW_Merkbl_A5_2014-ohnePasser.pdf">https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/BSW_Merkbl_A5_2014-ohnePasser.pdf</a>

## Merkblätter/Berichte zur Sicherheit an Lithium-Ionenbatterien - 3

Kurzbezeichnung	Titel	Bereich	Quelle
UN 38.3	Lithium-Metall- und Lithium-Ionen-Batterien	<p>Prüfverfahren/Beförderung von Lithium-Ionenbatterien</p> <p>Rückfragen zu Transportbehältnissen für Lithium-Ionenbatterien über das Bundesamt für Materialprüfung (BAM) Berlin</p>	<p><a href="https://www.bam.de/SharedDocs/DE/Downloads/befoerderung-gefaehrlicher-gueter.pdf?__blob=publicationFile">https://www.bam.de/SharedDocs/DE/Downloads/befoerderung-gefaehrlicher-gueter.pdf?__blob=publicationFile</a></p> <p>Seite 434 - 444</p>
ADR 2017	Für bestimmte Stoffe oder Gegenstände geltende Sondervorschriften	Transport beschädigter Lithium-Ionenbatterien	<a href="https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Verband/Fachverbaende/Batterien/Merkblaetter/Allgemeine_Informationen/ZVEI_05_Transport_von_Batterien.pdf">https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Verband/Fachverbaende/Batterien/Merkblaetter/Allgemeine_Informationen/ZVEI_05_Transport_von_Batterien.pdf</a>
ZVEI_05	Transport von Batterien	Transport von Batterien einschl. Lithium-Ionenbatterien	<a href="https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Verband/Fachverbaende/Batterien/Merkblaetter/Allgemeine_Informationen/ZVEI_05_Transport_von_Batterien.pdf">https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Verband/Fachverbaende/Batterien/Merkblaetter/Allgemeine_Informationen/ZVEI_05_Transport_von_Batterien.pdf</a>
Flyer-ZVEI	Rücknahme gebrauchter Industriebatterien	Rücknahme von Lithium-Ionenbatterien	<a href="https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2017/April/Ruecknahme_gebrauchter_Industriebatterien/ZVEI-Flyer-Ruecknahme-gebrauchter-Industriebatterien-Rechtsrahmen-2016.pdf">https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2017/April/Ruecknahme_gebrauchter_Industriebatterien/ZVEI-Flyer-Ruecknahme-gebrauchter-Industriebatterien-Rechtsrahmen-2016.pdf</a>