



Supply Chain von Li-Ionen-Batterien

Herausforderungen und Best Practices
für Lagerung und Transport

Düsseldorf, den 10. Oktober 2024



Metroplan | Engineering
Customer
Success

Agenda

1	Vorstellung Metroplan	3
2	Supply Chain von Li-Ionen Batterien	5
3	Lessons Learned	11
4	Management Summary	23

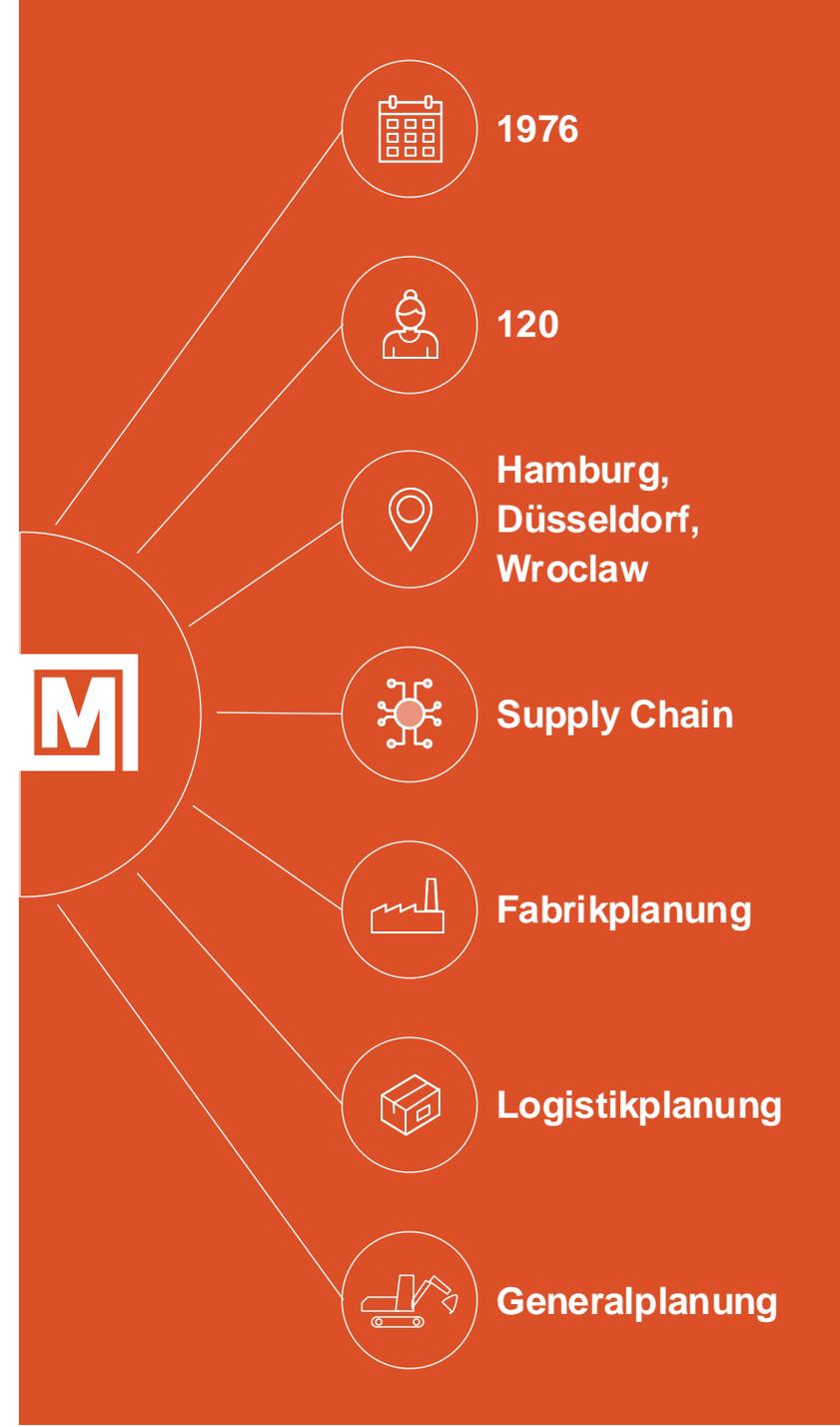
Agenda

1	Vorstellung Metroplan	3
2	Supply Chain von Li-Ionen Batterien	5
3	Lessons Learned	11
4	Management Summary	23

Metroplan kombiniert ein Leistungsportfolio über den gesamten Lebenszyklus eines Logistikzentrums

Von der Beratung über die Planung bis zur Realisierung

Supply Chain	Fabrikplanung	Logistikplanung	Generalplanung
			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Netzwerkoptimierung ▪ Make-or-Buy-Analyse ▪ Logistik-Outsourcing ▪ Standortsuche ▪ Production Footprint ▪ Einkaufsoptimierung und -digitalisierung ▪ Prozessoptimierung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Werkstrukturplanung ▪ Konzept- und Detailplanung ▪ Montageplanung ▪ Produktionslogistik ▪ Operational Excellence 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lagerplanung ▪ Materialflussplanung ▪ Robotics (AMR) & Automatisierung ▪ Logistikausschreibung ▪ Logistikrealisierung ▪ Hochlaufmanagement ▪ Lageroptimierung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagenermittlung bis Genehmigungsplanung ▪ Ausschreibung und Vergabe ▪ Realisierungscontrolling ▪ Projektsteuerung ▪ BIM-Planung ▪ Nachhaltige Gebäudeplanung ▪ Technical Due Diligence



Agenda

1	Vorstellung Metroplan	3
2	Supply Chain von Li-Ionen Batterien	5
3	Lessons Learned	11
4	Management Summary	23

Für Transport und Lagerhaltung ergeben sich grundsätzlich verschiedene Anforderungen aus den jeweiligen Batteriekomponenten

Aufbau von Li-Ionen Batterien

Batteriezellen:

Die Batteriezelle ist die kleinste Einheit eines Batteriesystems und ihre Leistung bestimmt maßgeblich die Eigenschaften von Modulen und Packs. Wichtige Charakteristika von Li-Ionen-Batteriezellen sind:

- Kapazität
- Energiedichte
- Sicherheit
- Zyklenlebensdauer
- Bauform (prismatisch, rund)

Batteriemodule:

Ein Batteriemodul besteht aus mehreren Batteriezellen, die in Reihe und/oder parallel geschaltet* sind. Die wichtigsten Charakteristika eines Moduls sind:

- Balancing der Module
- thermisches Management
- Modulkonstruktion

Batterien:

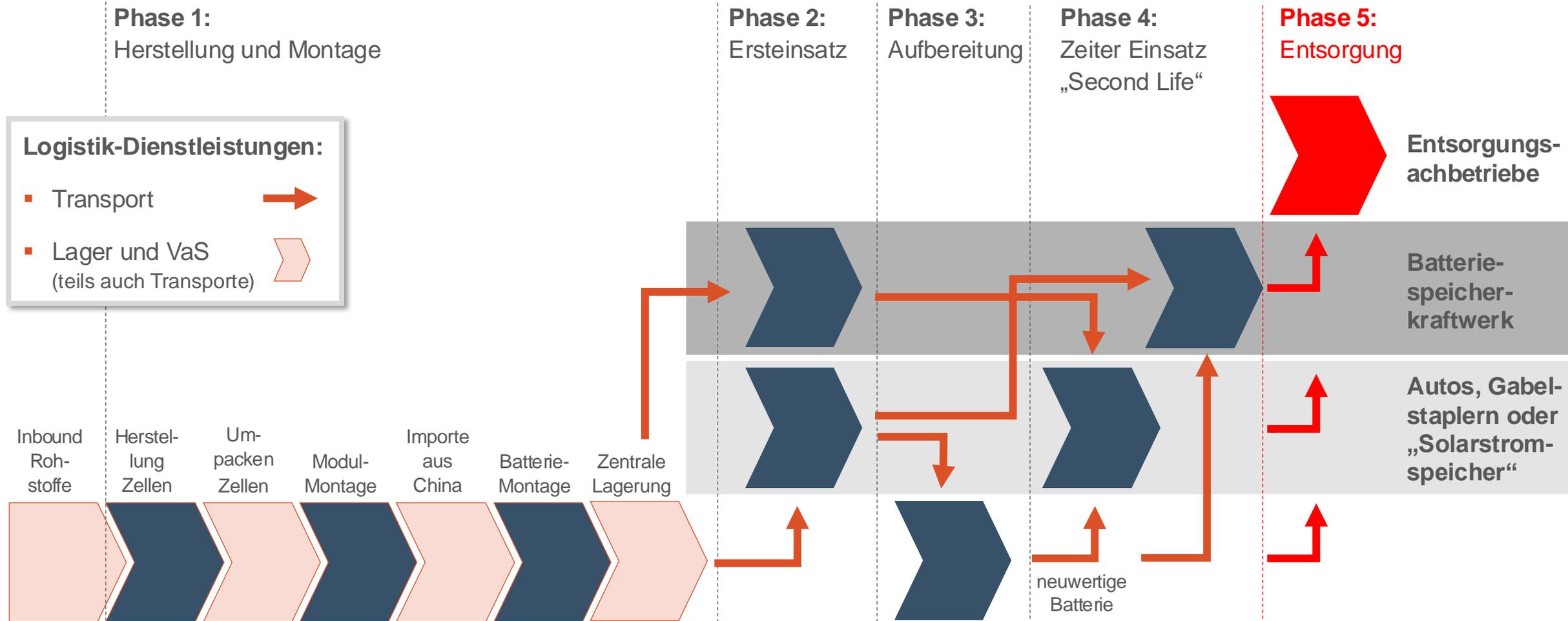
Jedes Batteriemodul ist Teil eines größeren Batteriepacks, das in Fahrzeugen oder Geräten verwendet wird. Die wichtigsten Merkmale eines vollständigen Batteriepakets umfassen:

- Gesamtkapazität
- Batteriemanagementsystem (BMS)
- Balancing Module und BMS
- Sicherheit
- Systemintegration
- Gewicht und Volumen

TecSa Anforderungen gemäß VDA, Band 19 oder auch Reinheitsklasse ISO 8 oder besser (nach ISO 14644-1)

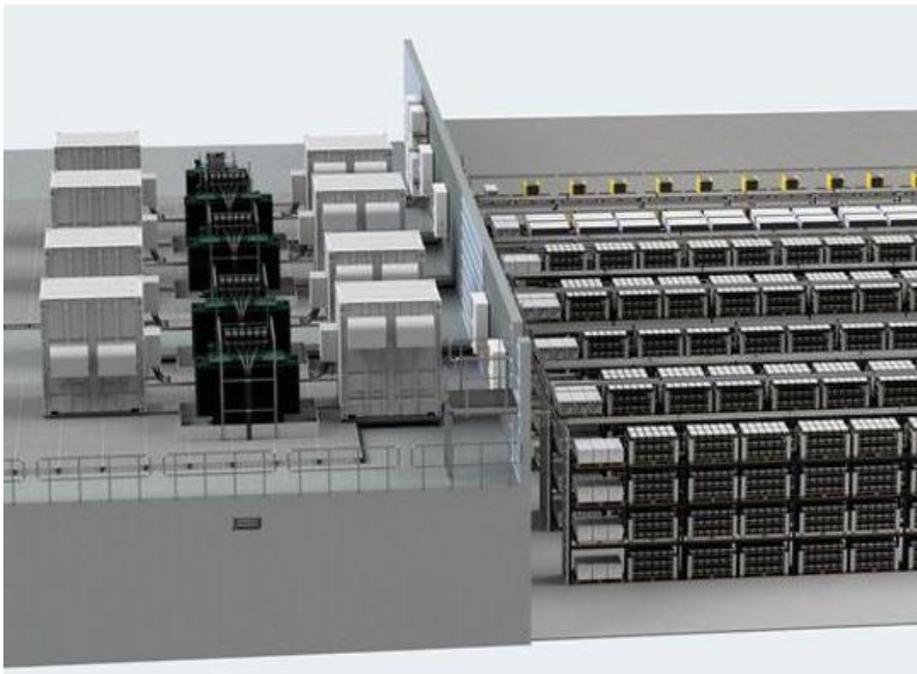
Im Lebenszyklus von Li-Ionen-Batterien spielt auch die „Nachnutzung“ in einem Batteriespeicher eine sehr große Rolle

Lebenszyklus von Li-Ionen Batterien



Derzeit kann mit Batteriespeichern ein signifikanter Ertrag aus Netzdienstleistungen erwirtschaftet werden

Vermarktungspotenziale von Li-Ionen Batterien in einem Batteriespeicherkraftwerk



JT Energy in Freiberg; 20 MW Batteriespeicher

1. **Vermarktung von Primärregelleistung (PRL) in einem Pool von technischen Anlagen**
2. **Vermarktung auf Spotmarkt aus Differenz zwischen LOW & HIGH (ca. 20 €/MWh)**
3. **Peak Shaving für industrielle Verbraucher. Typische Fälle: Spitzenlasten von Antriebsladestationen und Fabriken (TK-Lager, elektr. betriebene Kompressoren,...)**
4. Vermarktung von Sekundärregelleistung (SRL) in einem Pool (Vermarktung der Minutenreserve aufgrund sehr geringer Erträge nicht wirtschaftlich)
5. Bündelung von lokalen Speichern zur Erhöhung des Eigenverbrauchs von Solaranlagen mit "Heimanlagen" (Eigenverbrauchsquote von bis zu 70% oder auch "kostenloses Tanken zu Hause")
6. Backup-Technologie mit "Schwarzstart"-Fähigkeit
7. Blindstromkompensation, um Transformatoren für geringere Leistungen auszulegen
8. Ergänzende Technik für andere Speicher (z.B. Wärmespeicher in Blockheizkraftwerken)

Betreiber von Batteriespeichern genießen hohe, positive mediale Aufmerksamkeit. Sie bringen die Energiewende voran !

Die Projekte rund um den Einsatz von Batterien nehmen immer mehr an Bedeutung zu

Projekte Metroplan mit Bezug zur Batterietechnologie

Ort	Thema	Jahr / Dauer
Deutschland	Batteriespeicherwerk (Blei/Säure) für die Vermarktung in der Regelenergie (+ second use)	2016
Deutschland	Batteriespeicherwerk (Li-Ionen) für die Vermarktung in der Regelenergie (+ second use)	2018
Europa	Planung/Realisierung einer Batteriemontage	2019
Europa	Planung/Realisierung Batteriefertigung und Batteriemontage (Neubau nach einem Brand)	2020
Europa	Ausschreibung Batterietransporte für einen europäischen Hersteller	2021
Deutschland	Planung und Realisierungsbegleitung einer Fabrik zur Produktion von Spezialbatterien	2022
Deutschland	Auswahl eines Logistikdienstleisters für Fulfillment-Dienstleistung von Energieanlagen (Solar, Batterien und Wechselrichter)	2023
Europa	Auswahl und Ramp-up eines Logistik-Dienstleisters für die Belieferung eines OEM in Bayern 100% der Staplerflotte mit Li-Ionen Batterien	2022 bis 2024
Europa	Ausschreibung Batterietransporte für einen deutschen Hersteller	2024
Europa	Planung Logistikkonzept für eine neue Batteriefabrik	2024
Deutschland	Roadmap zum Aufbau einer Batteriemontage (Li-Ionen für Insourcing in der Intralogistik)	2024 (bis 2026)
Deutschland	Projektmanagement eines Batteriespeichers für den Einsatz in der Antarktis (Neumayer-Station III)	2024 (bis 2026)

Wegen des sehr hohen Risikopotenzials benötigen Li-Ionen Batterien eine besondere Logistik

Risikopotenzial von Li-Ionen Batterien

Was ist Lithium?

- silberglänzender Feststoff, sehr weich
- brennbar und giftig
- Dichte von Li: 534 kg/m³ (Dichte von Wasser: 997 kg/m³)
- Schmelzpunkt 119°C

- Zündtemperatur 180 – 200°C
- Lithium verbrennt an der Luft bei Erwärmen > 200°C
- Lithium brennt auch in Kohlendioxid
- Reagiert heftig mit Wasser und bildet dabei Wasserstoff!

Brandgefahr: Was kann passieren?

Eine Zelle kann sich entzünden durch:

- externen Kurzschluss
- mechanische Beschädigung von außen
- Überladung
- Tiefenentladung
- Überhitzung



Thermal Runaway:

Das Auftreten eines der genannten Ereignisse kann zum „thermal runaway“ führen

- Leckage der Zelle mit Austreten des Elektrolytes
- Erwärmung der Zelle
- Gasbildung des Elektrolyten
- schlagartige Entzündung des Gases mit Verpuffung bis zur Explosion

Ist Brandschutz mit Sprinklerung / Gaslöschanlagen unter Einsatz von CO₂ oder Intertgas (Argon oder Stickstoff) sinnvoll?

Agenda

1	Vorstellung Metroplan	3
2	Supply Chain von Li-Ionen Batterien	5
3	Lessons Learned	11
4	Management Summary	23

Übersicht der Batterietypen

- Die Batterien können anhand der Kathode unterschieden werden:
 - LiFePO_4 – Lithium-Eisenphosphat **LFP**
 - Dieser Zellentyp wird als Bauteil bei Batterien von zahlreichen Herstellern eingesetzt
- $\text{Li}(\text{NiCoMn})\text{O}_2$ – Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt-Oxid **NMC**
- LiNiCoAlO_2 – Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminium-Oxid **NCA**

-
- Alle Batterietypen haben eine Anode aus Graphit und ein Elektrolyt aus Lithiumhexafluorophosphat (LiPF_6)
 - Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)
 - WGK 0 der WGK 1 oder WGK 2 oder WGK 3?
 - AwSV für Lagerhaltung anwendbar?

Umweltgefährdung

- **NMC & NCA**-Typen **enthalten** Cobalt
 - Sind **extrem** wassergefährden
 - **LFP**-Zellen enthalten **kein** Cobalt
 - Sind **nicht** wassergefährdend
 - Bisher keine offizielle Einstufung; Erste Einschätzung: WGK 1
 - Gewichtsanteil von Cobalt einer Zelle: **0,02%** (50g von 2,4 kg)
 - Lagerung von > 20.000 Zellen erfordert Maßnahmen zur Löschwasserrückhaltung
-
- In Elektrolyten enthaltenes Lithiumhexafluorophosphat (LiPF_6) ist sehr **wasserempfindlich**
 - Reagieren mit Luftfeuchtigkeit (Bildung von Fluorwasserstoff (HF, Flusssäure)) & Phosphorsäure (H_3PO_4)
 - Dabei Entstehender weiße Nebel ist giftig und ätzend! Kann sich auf Hautoberfläche lösen und zu Verätzungen führen

Enpal und weitere Hersteller verwenden Speicher auf Basis von Lithium-Eisenphosphat

3

Lessons Learned

Aktuelles Beispiel für LFP

Enpal

Produkt

Standorte

Über Enpal

Freunde empfehlen

Enpal Erfahrungen

Ersparnis berechnen →

INHALTSVERZEICHNIS

1. Sicherheit
2. Lange Lebensdauer
3. Schnelles und stabiles Laden
4. Gute Umweltbilanz

Wie immer bei der Enpal-Mietlösung: 20 Jahre Garantie

[Stromspeicher](#) > [Solarstromspeicher](#) > [Lithium-Eisenphosphat-Speicher](#)

4 gute Argumente für den Lithium-Eisenphosphat-Speicher



[Dr. Wolfgang Gründinger](#) Aktualisiert am: 8.11.2023 Lesezeit: 3 Minuten

Lithium-Eisenphosphat-Speicher - das Wichtigste in Kürze:

- Sicherheit: Lithium-Eisenphosphat-Speicher sind nicht explosiv und halten selbst extremen Temperaturen und Beschädigungen stand
- Lange Lebensdauer: Nach 10.000 Ladezyklen liegt die Kapazität oftmals immer noch bei über 75%
- Schnelles und stabiles Laden
- Gute Umweltbilanz: Lithium-Eisenphosphat-Speicher können zum Großteil recycelt werden

>> [Mehr erfahren](#)



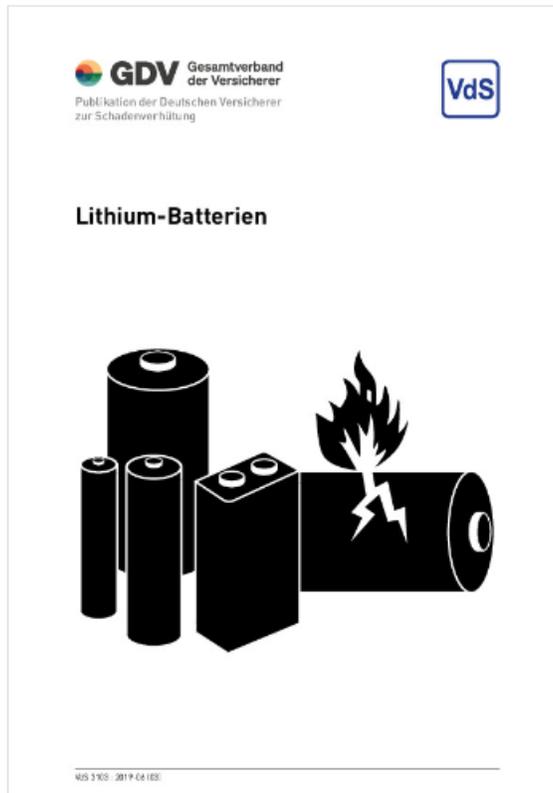
Metroplan

Weder die Empfehlungen des VdS, noch die von GM Global haben uns in der Projektarbeit wirklich geholfen

Empfehlungen der VdS Schadenverhütung GmbH (kurz VdS):

VdS 3103 : 2019-06 (03)

Lithium-Batterien



- **VdS Schadenverhütung GmbH:** Europas größtes Institut für Unternehmenssicherheit. 100%ige Tochter des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV).
 - Anbieter von Dienstleistungen
 - Schwerpunkte: Brandschutz, Security, Cyber-Security, Datenschutz, Naturgefahren, Organisation und Bildung)
 - veröffentlicht Richtlinien für Sicherheitstechniken (Bilden Basis von EN-Normen)
 - Sitz in Köln; Insgesamt rund 500 Mitarbeitende in Europa und Shanghai
-
- Bisher **keine öffentlich-rechtlichen Vorschriften** für Lagerung und Bereitstellung von Lithium-Batterien
 - Publikation gibt **Hinweise zur Schadenverhütung** bei Bereitstellung von Lithium-Batterien in Produktions- und Lagerbereichen.
 - Unterscheidung in 3 Kategorien nach Lithiumgehalt, Gewicht und Leistung

Auch FM Global liefert keine vollständigen Vorgaben für eine konforme Auslegung des Lagers – der Fokus liegt (nur) auf der Sprinklerung

Vorgaben FM Global:

- **Sicherheitsdatenblatt 8-1**
 - mit Ergänzung zur Lagerung von Lilo-Zellen und Modulen
- **Lagerung nur zulässig bei Ladezuständen < 60 %!**
 - Hoher Wasserbedarf für Sprinkler,
 - 12 Sprinkler K320 bei 2,4 bar entspricht 500 l/min je Sprinkler
 - Wasserbevorratung für 90 min ca. 750 m³
- **Alternativen sind:**
 - Schaumlöschanlagen oder Wassernebel
 - in Kombination mit schnellem Feuerwehreinsatz
- **Planung von Sprinkleranlagen erfordert frühe Zusammenarbeit zwischen Architekten und Anlagenplanern!**
 - Es besteht ein hoher Abstimmungsbedarf.

Tabelle 2.4.2.1: Schutz von Lithium-Ionen-Zellen und -Modulen

Ladezustand Lithium-Ionen-Zelle/-Modul	Deckenhöhe	Lagerhöhe	Lagergutordnung	Verpackung	Deckensprinklerschutz (nur schnellansprechende Sprinkler)	Regalschutz
≤ 60 %	≤ 12 m	Maximal 3 Lagerebenen bis zu einer Gesamthöhe von 4,5 m	Offene Regal-, Block- oder Palettenlagerung	Holzkruste, Metallgehäuse oder Wellpappe mit ausschließlich zellulosebasierter und/oder innerer Verpackung aus ungeschäumten Kunststoffen	K320 oder K360 12 Sprinkler bei 2,4 bar	N.z.
				Wellpappe mit innerer Verpackung aus geschäumten Kunststoffen	Kartonierte geschäumte Kunststoffe gemäß FM Global Datenblatt zur Schadenverhütung 8-9, Lagerung von Lagergütern der Brandgefahrenklassen 1, 2, 3, 4 und Kunststoff*	N.z.
				Außere Verpackung aus Kunststoff	Unkartonierte ungeschäumte Kunststoffe gemäß FM Global Datenblatt zur Schadenverhütung 8-9, Lagerung von Lagergütern der Brandgefahrenklassen 1, 2, 3, 4 und Kunststoff*	N.z.
> 60 %	N.z.	N.z.	Offene Regallagerung	Unkartoniert	Gemäß umliegender Belegung	Siehe Abschnitt 2.4.2.2
				Kartoniert oder unkartoniert	Gemäß umliegender Belegung	Siehe Abschnitt 2.4.2.2

* Basierend auf der Lagergutordnung (offene Regal-, Block- oder Palettenlagerung) sollte der Schutz gemäß der entsprechenden Tabelle in FM Global Datenblatt zur Schadenverhütung 8-9, Lagerung von Lagergütern der Brandgefahrenklassen 1, 2, 3, 4 und Kunststoff, und der vorhandenen Deckenhöhe ausgelegt werden.

Mit dem Brandschutzkonzept eines erfahrenen Ingenieurbüros für Brandschutz ist die Basis für einen erfolgreichen Bauantrag gelegt

Aufbau eines Brandschutzkonzeptes*

Zweck des Gebäudes	Baulicher Brandschutz	Anlagentechnischer Brandschutz	Betrieblicher Brandschutz	Brandbekämpfung
<ol style="list-style-type: none">1. Beschreibung des Bauvorhabens und Geltungsbereich des Brandschutz-nachweises2. Nutzung, besondere Gefährdungen und atypische Randbedingungen3. Schutzziele4. Risikobewertung / Einstufung / Planungsgrundlage5. Zellentyp	<ol style="list-style-type: none">1. Bebauung des Grundstücks2. Brandabschnitte3. Außenwände4. Tragende Bauteile5. Bedachung6. Einbauten7. Rettungswege8. Haustechnische Anlagen9. Bauliche Brandschutzmaßnahmen wegen gefährlicher Nutzung	<ol style="list-style-type: none">1. Rauch- und Wärmeabzug2. Brandmeldeanlagen3. Löschanlagen4. Blitz- und Überspannungsschutz5. Sicherheitsbeleuchtung6. Steigleitungen7. Objektschutzanlagen	<ol style="list-style-type: none">1. Brandschutzordnung2. Brandschutzbeauftragter3. Ausrüstung mit Löschgeräten4. Beschilderung5. Wartung und Prüfung von Brandschutzeinrichtungen	<ol style="list-style-type: none">1. Öffentliche Feuerwehr2. Gefahrenabwehrplanung (Feuerwehrplan, Notfallplanung etc.)3. Erreichbarkeit, Zufahrt und Flächen für die Feuerwehr4. Löschwasserversorgung5. Löschwasser-rückhaltung

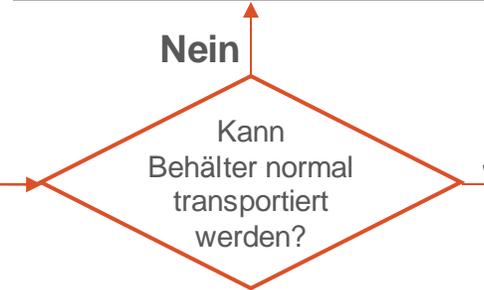
*Quelle: Ingenieurbüro für Brandschutz, Dipl.-Ing. Karsten Seidel, Wolfshöhe 28, 04668 Grimma, Tel. +49 3437 945971, ifb.grimma@proton.me

Umgang mit "verdächtigen Behältern" und Zwischenlager für Zelltests sind in Vorbereitung

Anwendungsfälle
 Gewaltsame Einwirkungen auf Behälter durch:

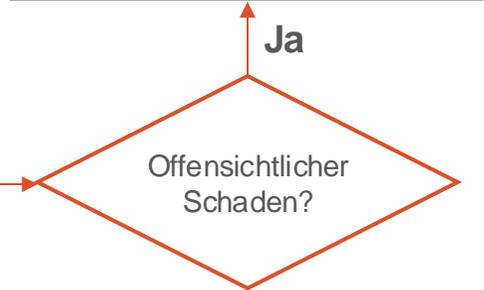
- Herabfallen
- Umkippen
- Beschädigung

Anwendung des „Emergency Plan X“

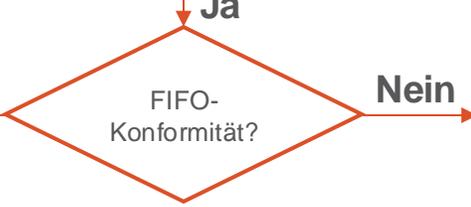


Transport zum äußeren Sicherheitsbereich + Buchung

Anwendung „Emergency Plan Y“



Prüfung Behältertemperatur über 24 h



Transport zum Lager + Eingangsbuchung

Sondertransport

Transportart und Zielort werden im Voraus festgelegt

„Thüringen“

Derzeit gibt es zwei praktikable Löscherfahren am Markt – die Heißschaum Feuerlöschanlage verspricht einen höheren Nutzen

Innovative Löscherfahren

Feinsprüh – Hochdruckfeuerlöschanlagen:

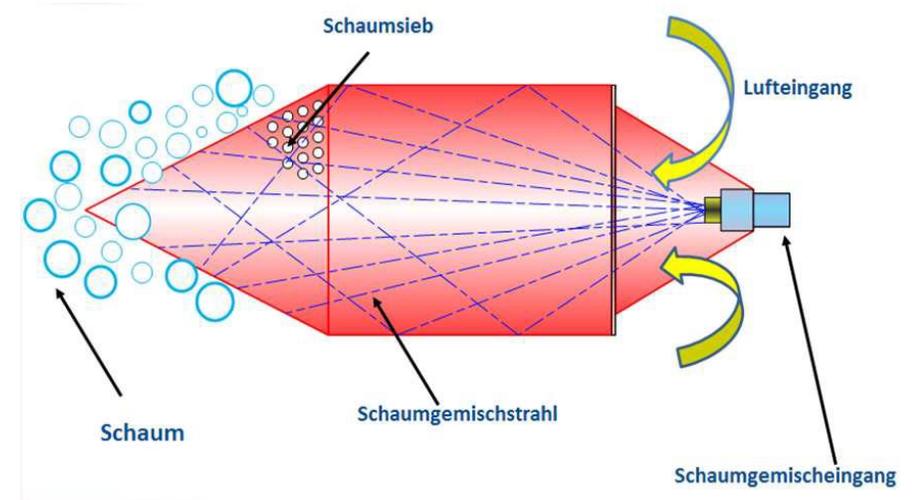
- ..
- ..
- ..
- ..

Hier nicht im Fokus



Heißschaum – Feuerlöschanlage:

- Aus Rauch-haltiger Luft, wird Rauch-haltiger Schaum
→ Rauch wird in Schaumblasen zu 100% gebunden
→ kein Austritt in die Atmosphäre
- Der Schutzraum wird innerhalb von 3 Minuten vollständig gefüllt. Dabei kommt es zu keiner Druckerhöhung im Schutzraum
- 600-fache Verschäumung (1 Liter Gemisch = 600 Liter Heißschaum)



Als Planungsrichtlinie für Heißschaum-Löschanlagen gilt die Norm DIN EN 13565-2, 2009/09

Neue und neuwerige Batterien werden für die Transporte gemäß ADR 8 oder ADR 9 eingruppiert

Einordnung in die Gefahrgutklassen (ADR)

Blei-Säure-Batterie



- UN2794
- Klasse 8 ADR (Ätzende Stoffe)
!NON-ADR für Straßentransporte gem. SP 598
- Durchschnittliches Gewicht: 1.200kg

Lithium-Ionen-Batterie



- UN 3480,
- Klasse 9A ADR (Lithium-Batterien & -Zellen)
- Durchschnittliches Gewicht: 1.200kg

Ladungssicherung ist ein wesentlicher Bestandteil der Transporte von Li-Ionen Batterien

Rahmenbedingungen der Transporte

Ladungssicherungsprotokoll

Anforderungen an Sicherung der Lkw-Ladungen:

- Sicherungsmethode: Zurrung von oben.
- Entsprechende Anzahl von zertifizierten Zurrgurten pro Palette
- Antirutschmatte zwischen Palette und Stapleroberfläche

Auftraggeber stellt Fahrer Ladungssicherungsprotokoll zur Verfügung.

AG bestätigt Ladungssicherung gem. Anforderungen durch seine Unterschrift.

AG übernimmt keine Verantwortung im Falle einer falschen Erklärung.

Ladungssicherungsmittel

Beim Transport In ausreichender Menge und Qualität mitzuführen sind:

- Wiederverwendbare Zurrgurte
- Reibungserhöhende Unterlagen ("Antirutschmatten")
- **Kantenschutz** (oder Gurtschoner) (zum Schutz von Ladeeinheiten und Zurrgurten)



Erfolgskriterium

Zurrgurte und Zurrpunkte

- LKW muss über ausreichend Zurrpunkte verfügen, um die Ladung sicher zu sichern
- Kapazität der Zurrpunkte muss min = 2500 daN betragen
- Wenn LKW keine Zurrpunkte hat, müssen spezielle Balken unter dem Rahmen sein, um Zurrgurte daran zu befestigen
- Alle Zurrgurte müssen in gutem Zustand sein mit Etikett:



Anforderung für den Versand von ADR-Lasten an den Versender

ADR-Vereinbarung (neueste Fassung)

Versender hat folgendes sicherzustellen:

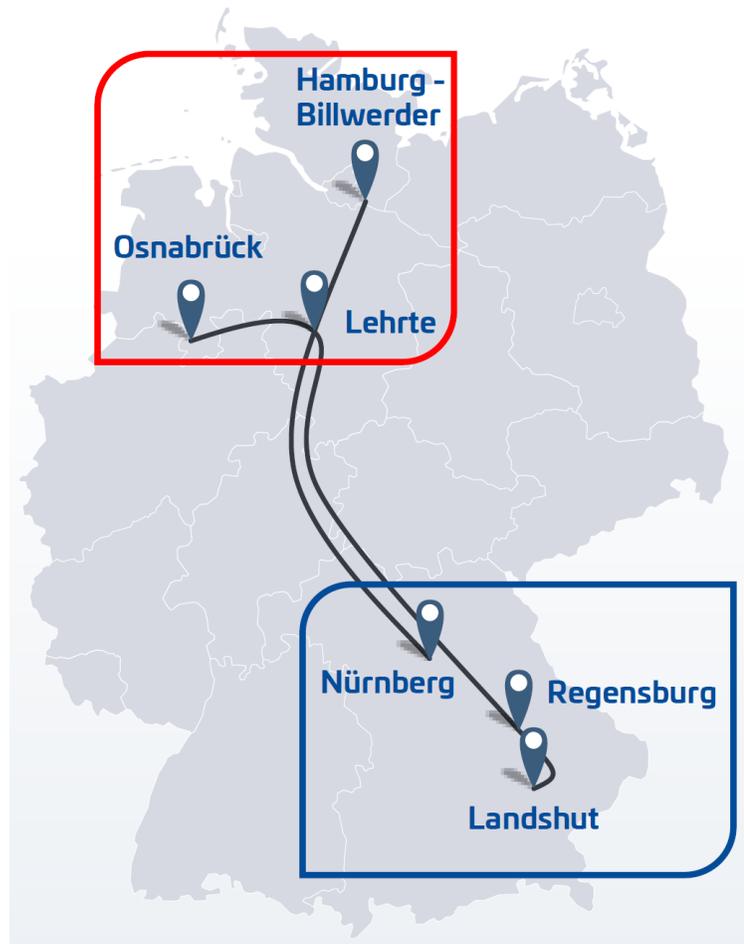
- Fahrer verfügt über ADR-Führerschein mit Foto; Zusätzliche Besatzung über Ausweis mit Lichtbild
- Fahrer erklärt (mittels Unterschrift) die Ladungs-Anforderungen gem. ADR einzuhalten

Versender muss LDL folgende Informationen zur Verfügung stellen:

1. Identität des Produkts (UN-Nummer, korrekte Versandbezeichnung)
2. Mengenangaben zum Erzeugnis.
3. Gegebenenfalls Zusammenfassung der Prüfung des Produkts (außer SP 310).
4. Verpackung und Etikettierung entsprechend der UN-Nummer des Produkts.
5. Gefährliche Anmeldung (Straße oder multimodal).
6. Schriftliche Anweisungen für den Fall eines Unfalls in der Fremdsprache der eingesetzten Fahrer.

Intermodal Door-Door-Transport zwischen Bayern und Norddeutschland sind auch gut für Batterien nutzbar

Beispiel Intermodalverkehr



7,82m Automotive Wechselbrücken

- Curtain side
- Loading length: 7,68 m
- Loading height: 3,00 m
- Loading width: 2,40 m
- payload: 11,5 to

13,6m Megatrailer

- Curtain side
- Loading length: 13,6 m
- Loading height: 3,00 m
- Loading width: 2,40 m
- Payload: up to 27 to (if used in intermodal concept)

Agenda

1	Vorstellung Metroplan	3
2	Supply Chain von Li-Ionen Batterien	5
3	Lessons Learned	11
4	Management Summary	23

Metroplan freut sich auf ein persönliches Gespräch mit Ihnen auf unserem Ausstellungsstand

Management Summary

- Die Gefahr, die von Li-Ionen-Batterien ausgeht, hängt nur vom Zellentyp und der Anwendung ab.
- LFP-Zellen sind am wenigsten gefährlich. Sie haben eine hohe Eigensicherheit gegen Brandgefahr und sind nicht wassergefährdend.
- Selbst NMC-Zellen für den Einsatz in Flurförderzeugen sind hinsichtlich der Brandgefahr als nicht gefährlich eingestuft. Die Module sind in massiven Metallwannen installiert, die im Falle eines Brandes innerhalb der Wanne keine Gefahr für die Umwelt darstellen.

Treffen Sie unsere Experten am Stand

Für einen vertiefenden Erfahrungsaustausch stehen wir Ihnen an unserem Stand jederzeit zur Verfügung

Metroplan | Engineering
Customer
Success

Halle 1, Stand F6

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !



Dr.-Ing. Thomas Mielke
Geschäftsführer
Metroplan Process Management GmbH

T +49 175 720 3427
thomas.mielke@metroplan.de



Dipl.-Ing. Karsten Seidel
Ing.-Büro für Brandschutz

T +49 3437 945971
ifb.grimma@proton.me