

FIRE Fachtagung in Freiberg

– Pia Schreynemackers und Max Plotnikov 10. Oktober 2023

Innovationslabor für Batterie-Logistik – Aktuelle Herausforderungen

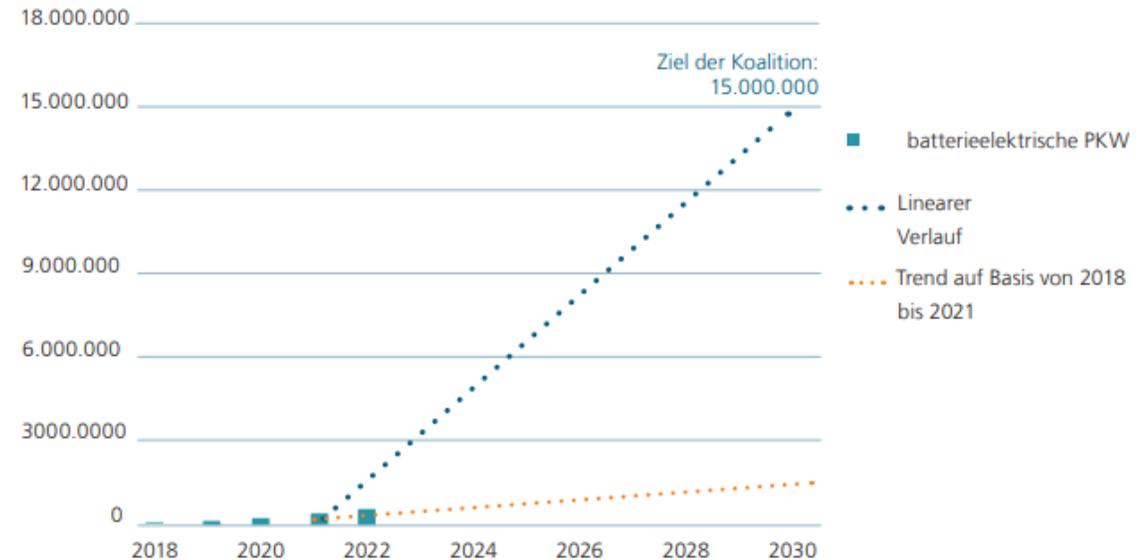
Agenda

1. Einleitung
2. Rechtliche Rahmenbedingungen
3. Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht
4. Herausforderungen in der Batterie-Logistik
5. Ausblick



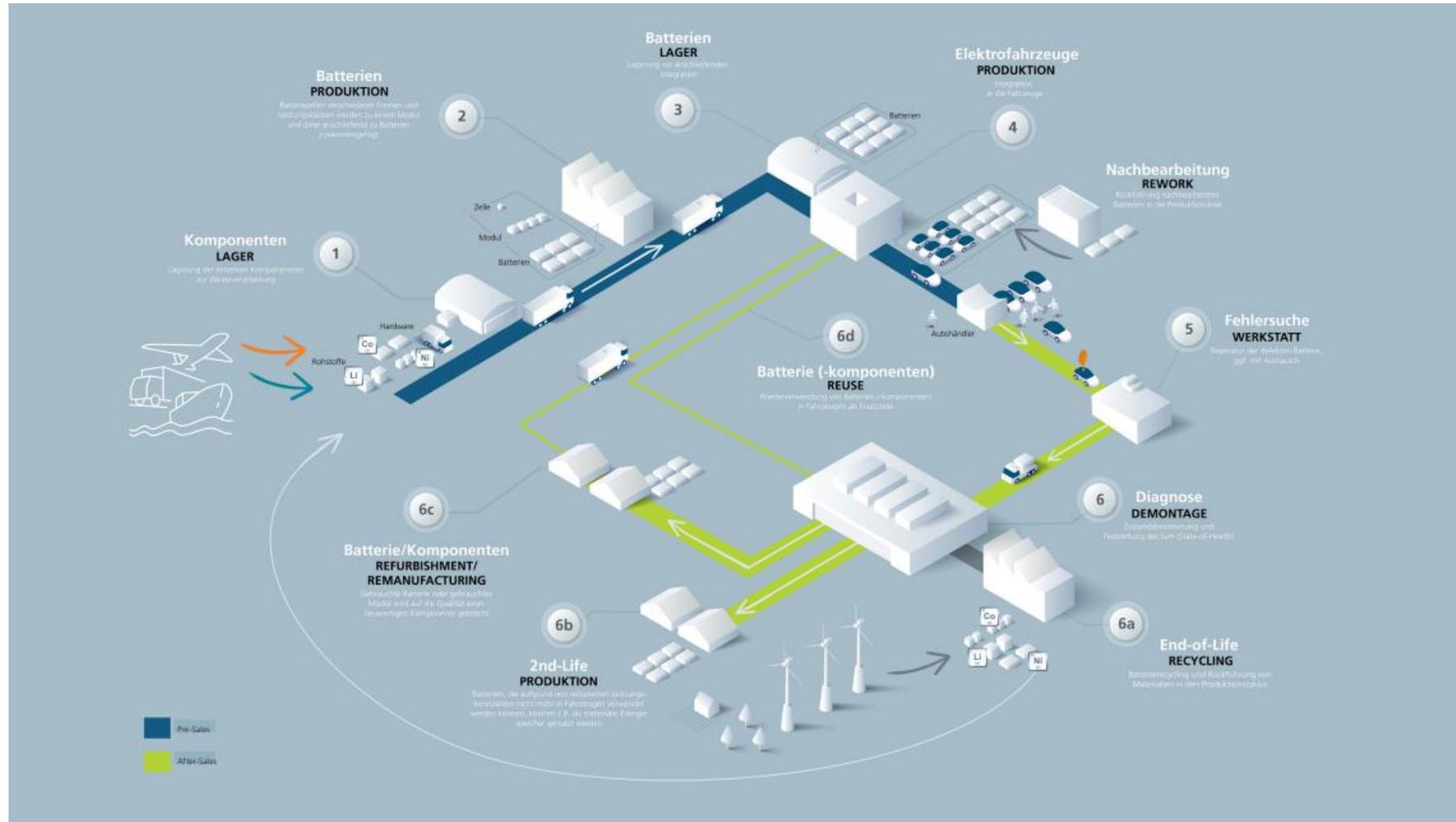
1. Einleitung
2. Rechtliche Rahmenbedingungen
3. Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht
4. Herausforderungen in der Batterie-Logistik
5. Ausblick

- Im Rahmen des Innovationslabor für Batterie-Logistik in der E-Mobilität (InnoLogBat) forscht das Fraunhofer IML an nachhaltiger und zirkulären Wirtschaft von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) für Fahrzeuge
- Fokus von InnoLogBat auf Lagerung, inner- & außerbetrieblicher Transport und SCM von LIB sowie Technologien als Querschnittsfeld
- Neben der Serienfertigung von LIB (Pre-Sales) müssen Fragestellungen beantwortet werden, die sich nach dem Verkauf des Fahrzeugs und während bzw. nach der Nutzung ergeben (After-Sales)



Einleitung

Lebenszyklus von Batterien

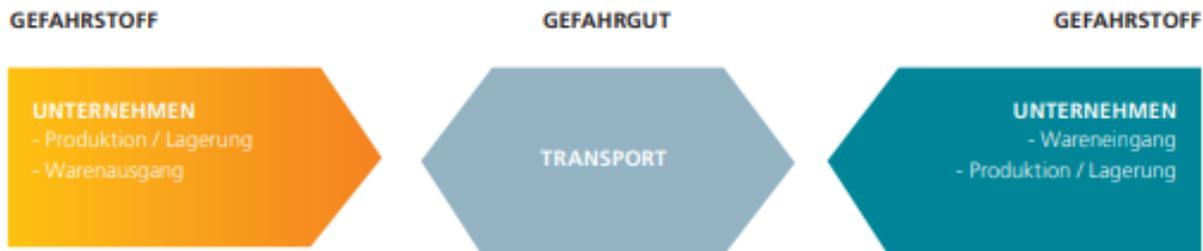


Agenda

1. Einleitung
2. Rechtliche Rahmenbedingungen
3. Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht
4. Herausforderungen in der Batterie-Logistik
5. Ausblick

Rechtliche Rahmenbedingungen Transport

- Für Beförderung unterliegen Batterien für EV als Gefahrgut der Klasse 9 Transportvorschriften
- Akteure, die an Beförderung gefährlicher Güter beteiligt sind, müssen wissen, welche Verantwortlichkeiten sie in der Transportkette übernehmen und welche Pflichten daraus entstehen



- Pro Eintrag muss passende Sondervorschrift sowie passende Verpackungsanweisung angewendet werden

Rechtliche Rahmenbedingungen Lagerung



- Allgemeines Arbeitsschutzgesetz sowie Betriebssicherheitsverordnung
- Genehmigung von lokalen Behörden
- Use-Cases als Entscheidung für den richtigen Umgang mit Batterien
- Vor Benutzung der Batterien Gefährdungsbeurteilung von geschultem Personal
- Verband der Schadensversicherer (VdS) veröffentlicht Handlungsempfehlungen für sichere Bereitstellung und Lagerung von Lithium-Ionen-Batterien

Agenda

1. Einleitung
2. Rechtliche Rahmenbedingungen
3. Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht
4. Herausforderungen in der Batterie-Logistik
5. Ausblick

Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht

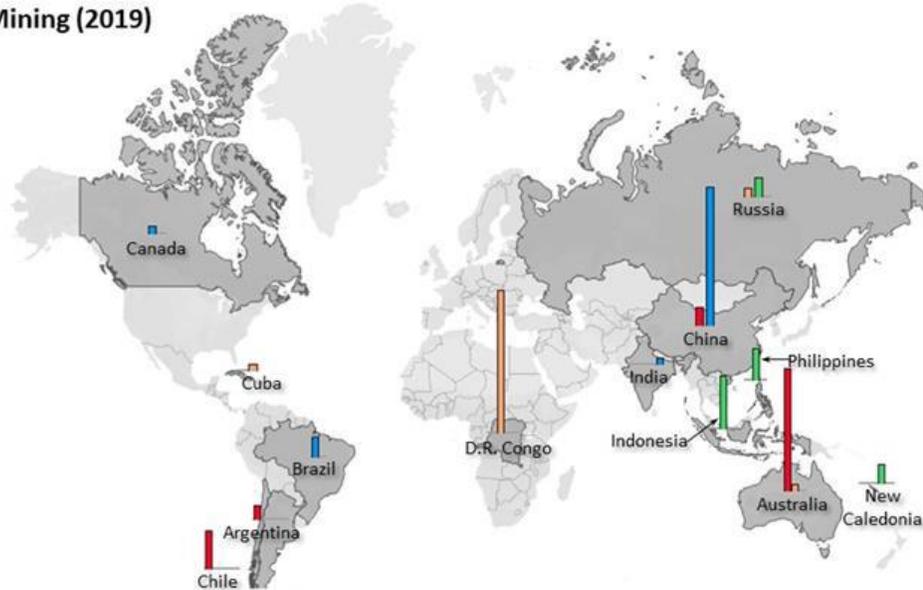
- Abhängigkeit von geopolitisch instabilen Ländern, die mit geringer Liefersicherheit und Preisschwankungen in der Beschaffung verbunden ist
- Preis der Batterie hängt von entsprechender Zelltechnologie, dem Produktionsstandort und den Rohstoffpreisen ab
- Europäische Kommission veröffentlicht seit 2011 alle drei Jahre eine Liste mit kritischen Rohstoffen
 - Rohstoff gilt laut der Definition der Europäischen Kommission als kritisch, wenn begrenzte Verfügbarkeit des Materials die rasant ansteigende Nachfrage der Industrie weltweit nicht decken kann
 - Die Gründe dafür sind viele Technologien und vordergründig politische und geografische Umstände und Konflikte



Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht

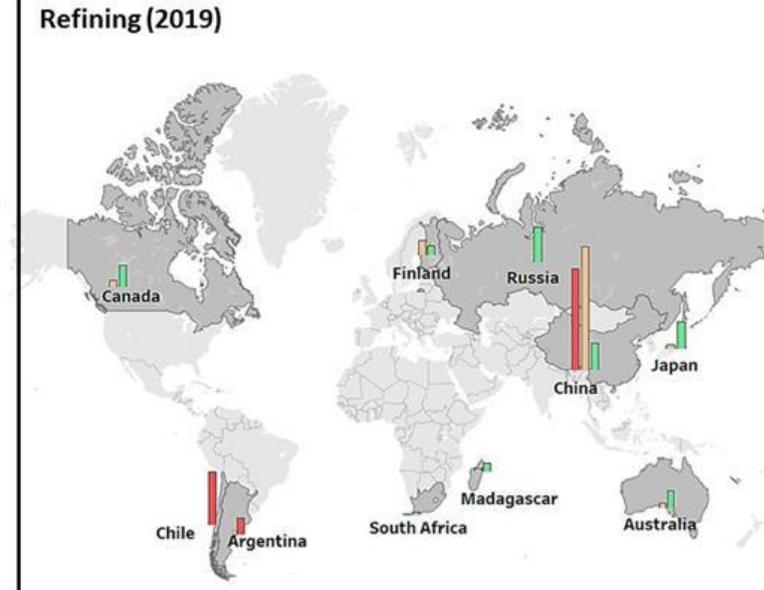
Beschaffungslogistik

Mining (2019)



Percent of Global Production (%)	■ Lithium	■ Cobalt	■ Nickel	■ Graphite
1 st Highest	60% - Australia	70% - D.R. Congo	26% - Indonesia	68% - China
2 nd Highest	19% - Chile	5% - Russia	16% - Philippines	10% - Brazil
3 rd Highest	9% - China	4% - Cuba	10% - New Caledonia	4% - Canada
4 th Highest	7% - Argentina	4% - Australia	10% - Russia	4% - India
Total metric tons in 2019	84,700	128,700	2,133,000	930,000

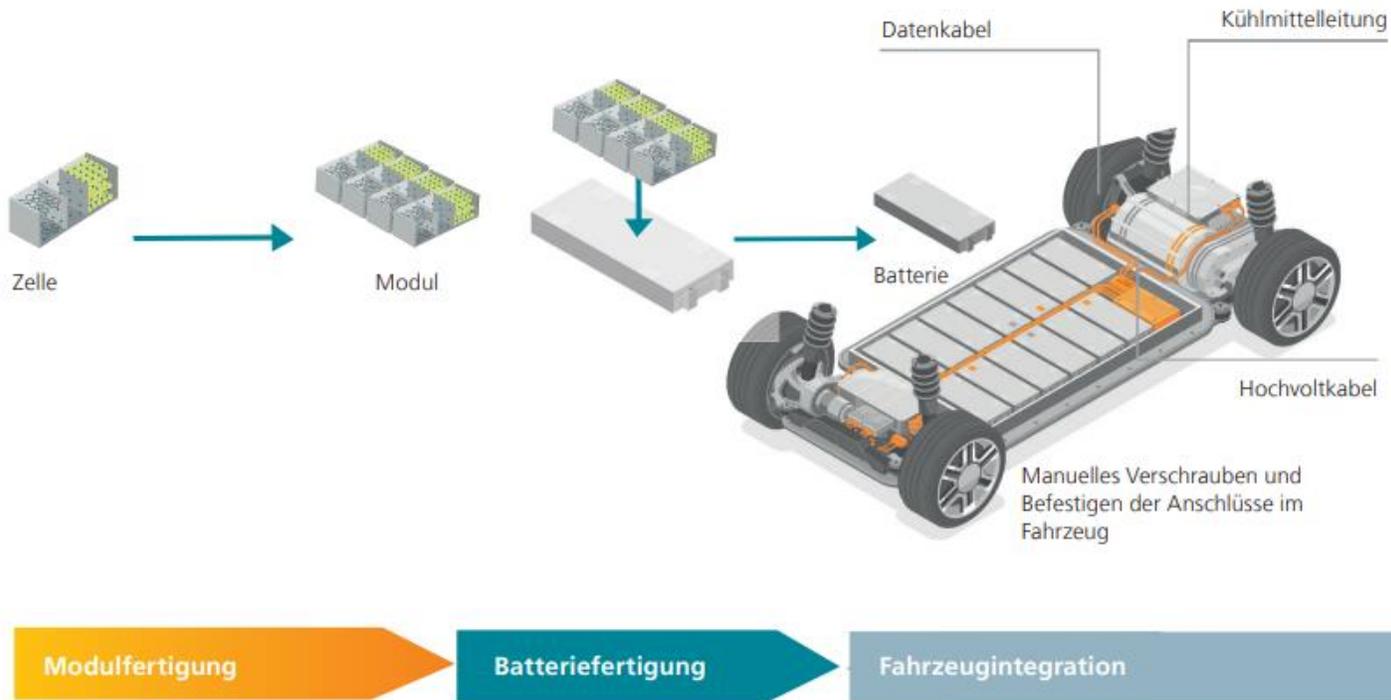
Refining (2019)



Percent of Global Production (%)	■ Lithium	■ Cobalt	■ Class 1 Nickel
1 st Highest	60% - China	72% - China	21% - Russia
2 nd Highest	30% - Chile	9% - Finland	16% - China
3 rd Highest	10% - Argentina	4% - Canada	15% - Japan
4 th Highest	---	4% - Norway	13% - Canada
Total metric tons in 2019	66,100	162,900	1,171,300

Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht

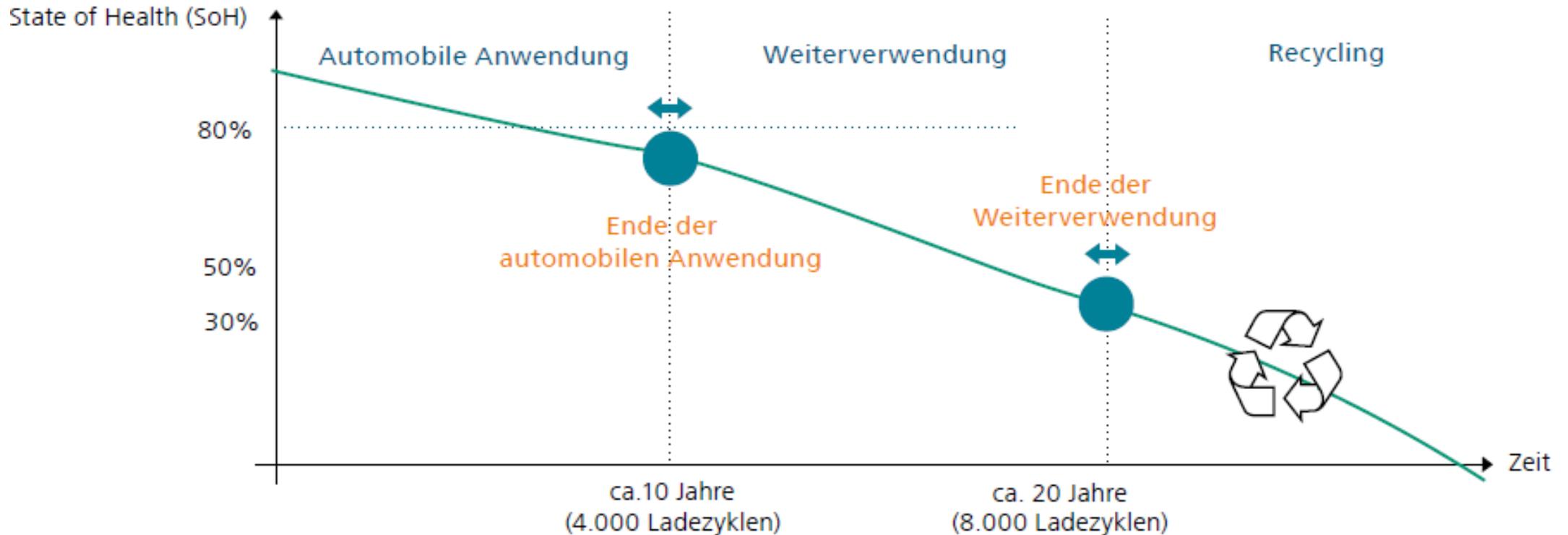
Informationslogistik (BMS)



- Vier funktionale Ebenen einer Batterie:
 1. Mechanische Integration
 2. Elektrisches Management
 3. Thermisches Management
 4. Kommunikation zur Fahrzeugseite
- Leistungsverhalten und Lebensdauer stark von der Umgebungstemperatur abhängig
- Bei niedrigen Temperaturen wird die Entladeleistung der Lithium-Ionen-Batterie deutlich herabgesetzt

Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht

Batterie-Lebensdauer-Modell



Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht

Entsorgungslogistik



- Batterien werden in vier unterschiedliche Zustände unterteilt:
 - End-of-Life-Batterien
 - Defekte / beschädigte Batterien
 - Kritisch defekte / beschädigte Batterien
 - Nicht beförderungssichere Batterien
- Bei grenzüberschreitenden Transport sind länderspezifische Richtlinien zu berücksichtigen
- Tunnelbeschränkungscode sind ebenfalls zu berücksichtigen, die als Bestandteil der ADR regeln, welche Gefahrgüter welche Tunnel passieren dürfen
- Beförderung von defekten / beschädigten Batterien muss innerhalb 24 h erfolgen

Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht

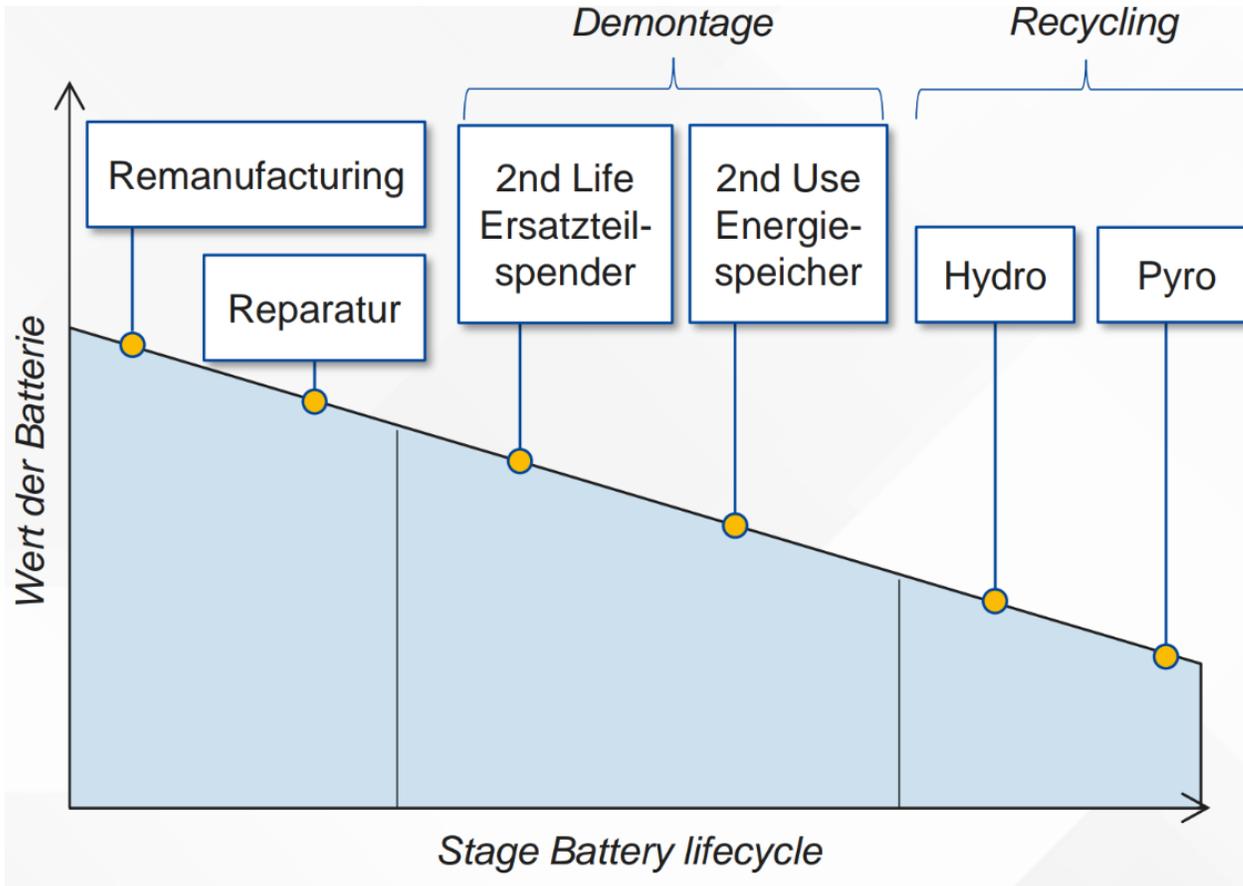
Nachnutzungs- und Verwertungsmöglichkeiten

- Es wird umfangreiche Veränderungen in Produktion, Logistik und Recycling von Batterien geben
- Ab 2030 sollen Quoten für den Rezyklatgehalt zur Herstellung großer Traktions- und Industriebatterien gelten
- Folgende Nachnutzungs- und Verwertungspfade im Kontext „Batterien“ werden verwendet um den Verbrauch von natürlichen Ressourcen zu reduzieren und die Kreislaufführung von Materialien zu unterstützen:
 - Nachbearbeitung (Rework) von Produktionsfehlern
 - Reparatur (Repair) von gebrauchten Batterien
 - Wiederverwendung (Reuse) von Batterien in Fahrzeugen
 - Überholung (Refurbishment) von terminierten und standardisierten Eingriffen
 - Wiederaufarbeitung (Remanufacturing) der Batterie oder Module
 - Recycling von Batterien zur Rückgewinnung von Rohstoffen



Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht

Nachnutzungs- und Verwertungsmöglichkeiten



Repair/Remanufacturing

für Wertstabilität und Garantie



Verlängerung der Nutzung

im Sinne der Nachhaltigkeit



Rückführung und Recycling

EU-Batterie-Direktive ab 2025 mit anschließender Verschärfung

Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht

Nachnutzungs- und Verwertungsmöglichkeiten

- Der industrielle Fokus liegt auf der Weiterverwendung (Second-Life-Anwendung) und dem Recycling von Batterien und einzelnen Komponenten
- Batterie muss in der Regel vor dem Recycling-Vorgehen tiefenentladen werden
- Je nach ermitteltem Zustand können die nachfolgenden Schritte sein:
 - 1) Durchführung von Reparaturen in verschiedenem Umfang
 - 2) weitere Demontage und Vorbereitung für Wieder- bzw. Weiterverwendung
 - 3) Tiefenentladung und Vorbehandlung für das Recycling
- Hydrometallurgische Prozesse nach dem Demontieren sorgen für eine möglichst hohe Rohstoffrückgewinnung
- Kritische Batterien empfiehlt es sich pyrometallurgisch, mit entsprechend geringerer Rückgewinnung an Rohstoffen, zu verwerten



Agenda



1. Einleitung
2. Rechtliche Rahmenbedingungen
3. Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht
4. Herausforderungen in der Batterie-Logistik
5. Ausblick

Herausforderungen in der Batterie-Logistik

- Unterschiedliche Lebenszyklusphasen von Batterien
- Es existieren keine übergreifenden Standardisierungen
 - Bei der Lagerung: Freigabe der Versicherung sowie eine Genehmigung von den lokalen Behörden
 - Es fehlen einheitliche und flächendeckende Notfallkonzepte
 - Aufgrund vieler Richtlinien ist ein Transport sehr aufwendig
- Es fehlt ein transparentes akteursübergreifendes Trackingsystem (Batteriepass)
- Eine übergreifende Standardisierung der Anforderungen an die Definition des Zustandes von kritischen, defekten / beschädigten oder End-of-Life-Batterien fehlt
- Weitere Konzepte zur zerstörungsfreien Demontage nötig

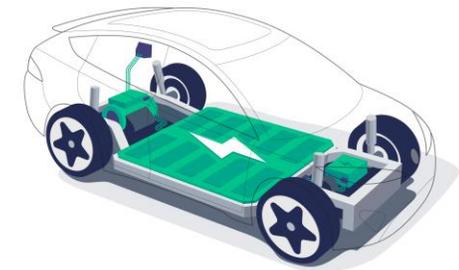


Agenda



1. Einleitung
2. Rechtliche Rahmenbedingungen
3. Lebenszyklus einer Lithium-Ionen-Batterie aus logistischer Sicht
4. Herausforderungen in der Batterie-Logistik
5. Ausblick

- Hoher Anstieg an Lithium-Ionen-Batterien
- Für alle Lebenszyklusphasen der Batterie müssen sichere, skalierbare Lösungen erforscht, entwickelt und industrialisiert werden
- Ausbau von Produktions- und Recycling- bzw. Behandlungskapazitäten
- Logistische Kapazitäten mit einheitlichen Standards für den Transport und Lagerung
- Batteriepass für mehr Transparenz
- Technoökonomische und ökologische Bewertung von Nachnutzungs- und Verwertungsmöglichkeiten



Kontakt

Pia Schreynemackers M.Sc.

Bereich: Materialflusssysteme

Abteilung: Informationslogistik und Assistenzsysteme

Mail: pia.schreynemackers@iml.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4

44227 Dortmund

www.iml.fraunhofer.de

Max Plotnikov M.Sc.

Bereich: Materialflusssysteme

Abteilung: Software & Information Engineering

Mail: max.plotnikov@iml.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4

44227 Dortmund

www.iml.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für Materialfluss
und Logistik IML

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit
