

Ist der Ausschluss von LNMC-Technologie in Förderprogrammen gerechtfertigt?

Teil 1

- **Einleitung und Antwort**
- **Hintergrundinfos**
 - Zyklfestigkeit
 - Sicherheit
 - Praxis

Thomas Timke

Senior Battery Expert

u.a. BVES AG3, DKE K371,
FNN EN Speicher,
IEC SC21 WG5 u. TC21 WG8



Teil 2

- **Antworten des Referats für Gesundheit und Umwelt**
- **Umsetzung bei LG**
 - Auditierte Lieferketten
 - Recycling

Dipl.-Phys. Jörn Jürgens

Director, Energy Storage Systems (EMEA)

u.a. BVES AG3,
Executive Board Member EASE



- **Komplette Photovoltaik-Systeme aus einer Hand**



Welche Parameter einer Lithium-Ionen-Zelle lassen sich durch das Kathodenmaterial bestimmen?

Wie beschrieben ist das Kathodenmaterial eine der Hauptkomponenten einer elektrochemischen Zelle. Daher werden Zellen häufig nach der Art des Kathodenmaterials klassifiziert, wie Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid (NMC) oder Lithium-Eisenphosphat (LFP). Innerhalb einer Materialklasse unterscheiden sich Kathodenmaterialien wiederum durch Stöchiometrie, Morphologie und Oberflächeneigenschaften und Verarbeitung.

Materialklasse und die Zusammensetzung des Kathodenmaterials beeinflussen die theoretisch mögliche Energiedichte einer Lithium-Ionen-Zelle.

Wie sicher eine Zelle ist, wird oft auf Basis des Kathodenmaterials eingeschätzt. Für die Sicherheit einer Zelle müssen neben den Kathodeneigenschaften jedoch weitere Faktoren berücksichtigt werden, zum Beispiel die Materialkombinationen (Anode, Kathode, Elektrolyt, Separator etc.), Zellgröße und Wahrscheinlichkeit von zellinternen Fehlern.

Zellhersteller legen die Zyklenfestigkeit von Zellen, also die Anzahl maximal möglicher Lade- und Entladevorgänge, anwendungsspezifisch aus oder passen diese an. Nur mit Zelltests am ausgewählten Zelltyp lassen sich genauere Angaben über die tatsächliche Zyklenfestigkeit in der Anwendung ermitteln. Wichtig dabei: Die Zelltests müssen den praktischen Betrieb der Batterien nachbilden.

Eine alleingültige Aussage zu Sicherheit und Zyklenfestigkeit nur auf Grundlage der Klasse des Kathodenmaterials ist also nicht möglich.

Fachexkurs: Wie sicher sind Lithium-Ionen-Zellen?

Für die Sicherheit einer Zelle müssen viele Faktoren berücksichtigt werden, zum Beispiel die Materialkombinationen (Anode, Kathode, Elektrolyt, Separator etc.), Zellgröße und Wahrscheinlichkeit von zellinternen Fehlern, die nicht immer vom Battery-Management-System (BMS) erkannt oder verhindert werden können.

Bezogen auf Produkte bzw. Batterien wird es deutlich, wenn man der Definition von Sicherheit folgt, die u.a. in der Produktsicherheit angewandt wird:

- Sicherheit: Freiheit von unververtretbarem Risiko
- Risiko: Kombination aus der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und der Schwere des Schades
- Schaden: Physische Verletzung oder Schädigung der Gesundheit von Menschen oder Schädigung von Gütern oder der Umwelt.
- siehe auch:
 - DIN EN 61508-4
 - ISO/IEC Guide 51:1999

Bezogen auf Lithium-Ionenzellen bedeutet das:

Fehler der Batterie (z. B. Überladen aller Zellen gleichzeitig) werden bei entsprechender Konstruktion (z. B. gemäß IEC 62619) vom BMS verhindert. Unterschiede bleiben daher bei der Sicherheit der Zellen, speziell bezogen auf zellinterne Fehler wie z. B. interne Kurzschlüsse und deren Folgen.

Alle Eigenschaften, welche die Eintrittswahrscheinlichkeit eines zellinternen Fehlers verringern (u. a. hoher Materialreinheitsgrad, Fertigungsqualität) und/oder die Schwere des Schades bzw. die Auswirkungen eines Fehlers begrenzen (u.a. höhere thermische Stabilität des Separators, geringere Elektrolytmenge) reduzieren somit das Risiko und erhöhen damit die Sicherheit.

Fehler in
3 kurzen Sätzen und
2 Tabellen-Feldern
erfordern min.
2 Seiten zu Korrektur

Abweichend vom Stand der Technik, Wissenschaft und Praxis und vielfach widerlegten Argumenten:

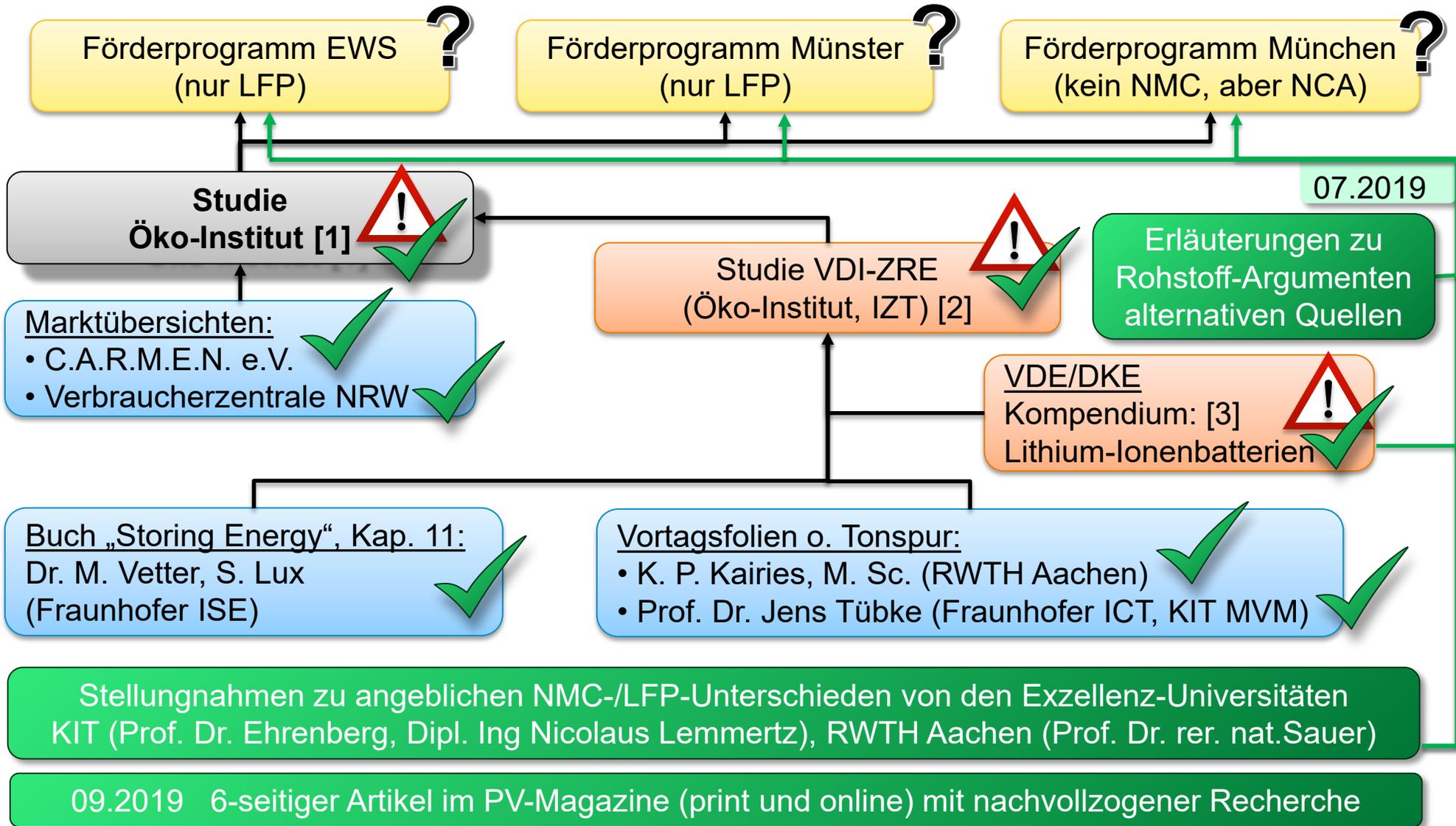
Zunehmende Reduktion auf die Grobklassifizierung der Kathoden
(z.B. NMC, LFP,...) bezogen auf

Sicherheit, Zyklfestigkeit und Rohstoff-Themen.

In beiden betrachteten Fällen:

- a) Studie(n) Öko-Institut e.V. : (mit Disclaimer aktualisiert)
- b) Vorstudien zu Erweiterung Ecodesign-Richtlinie 2009/125/EG
um Li-Ionen-Batterien (per 11.2019 Neustart in anderem Rahmen)
 - Auswahl und Interpretation der Quellen sehr selektiv
 - LFP-Bewertung positiv, Fehler zugunsten LFP
 - NMC-Bewertung negativ.
 - Typische Irrtümer

Stand bis heute zu angeblichen NMC-/LFP-Unterschieden zu Sicherheit, Zykenfestigkeit und z.T. Rohstoffthemen



✓ Korrekter Nutzung widersprochen

! ✓ Korrigiert o. Disclaimer hinzugefügt

DIE SECHS HÄUFIGSTEN IRRTÜMER

Mangelndes Fachverständnis ist kein Hindernis

- ⊗ LFP (LiFePO_4) und NMC (z. B. $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$) spezifizieren eine Kathode bzw. bedeuten jeweils immer das Gleiche.
- ⊗ Andere Zellkomponenten (z.B. Anode, Separator, Elektrolyt (inkl. Additiven), Dotierungen, Coatings) und Eigenschaften (Qualität, Bauweise) sind irrelevant.

Geringe Forschungs-Budgets reichen aus, **oft ohne Abbruch-Option**

- ⊗ Alle relevanten Informationen sind kostenlos oder kostengünstig verfügbar, obwohl hohe Summen in die Forschung, Entwicklung und Tests investiert wurden. Kleine Budgets reichen für Studien.
- ⊗ Man kann von kleinen, einfach verfügbaren Zellen (z. B. 18650-Format) auf große, streng selektiv vertriebene Zellen (z.B. 60 Ah, Pouch) schließen.

Mangelndes Systemverständnis

- ⊗ Das Produktsicherheitsgesetz, Normen, etablierte Bewertungsverfahren kann man ignorieren.
- ⊗ Komponenteneigenschaften, Zellschwächen oder -stärken kann man immer auf das Gesamtsystem übertragen.

1. Sicherheit und Zyklusfestigkeit

Stand der Technik, Wissenschaft und Praxis:

Zu keinem Zeitpunkt waren die Argumente gegen NMC und für LFP wahr, haben aber Schaden angerichtet

2. Rohstoffe (Details in Teil2)

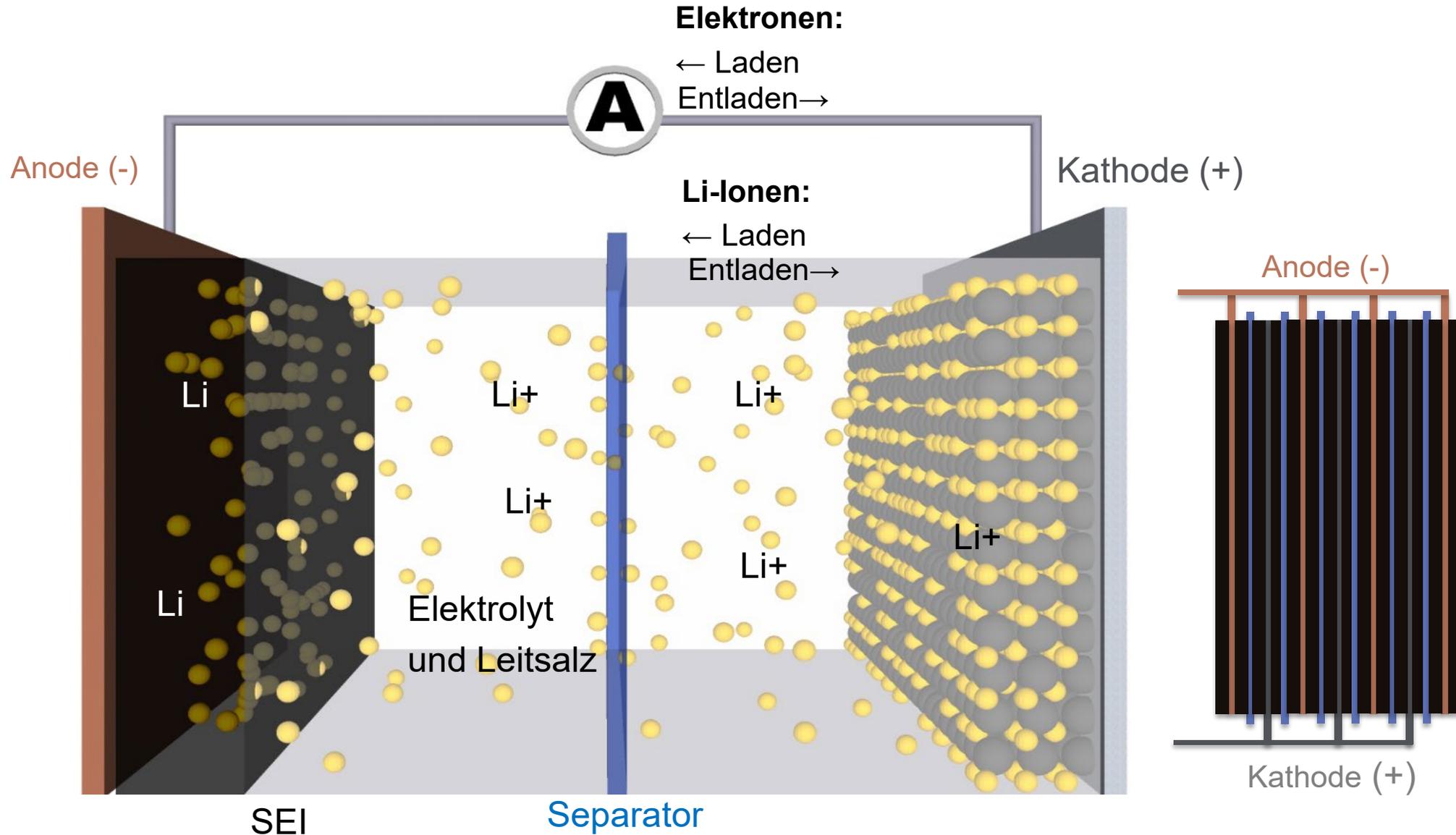
- d) Die drei genutzten Klassifizierungen für Kobalt o. NMC („kritischen Rohstoffe“, „problematische Rohstoffe“ und Gefahrstoff) sind nicht sinnvoll zur Anwendung oder Unterscheidung von geprüften, bereits gefertigten Produkte mit versiegelten Zellen und ordnungsgemäßem Recycling.

Etablierte Bewertungsverfahren und kommende Regelungen fassen alle relevanten Eigenschaften für Entscheider zusammen.

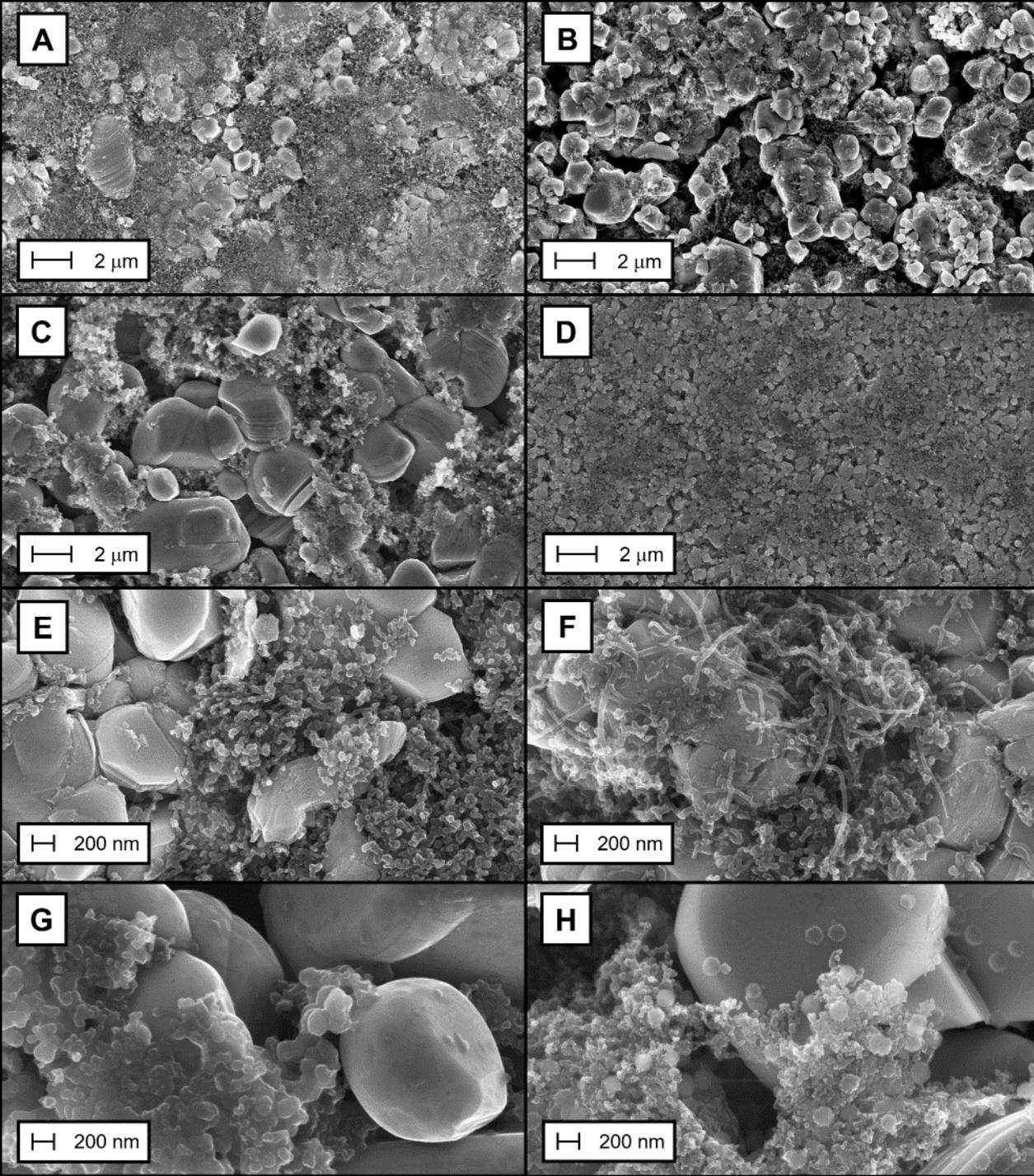
**Ist der Ausschluss von LNMC-Technologie
in Förderprogrammen gerechtfertigt?**

**Nein, es gab und gibt keine sachliche Grundlage,
pauschal NMC auszuschließen, aber LFP und
sogar NCA zuzulassen.**

SCHEMATISCHER AUFBAU EINER LITHIUM-IONEN-ZELLE



BEISPIELE KATHODEN



Durchmesser Lithium-Atom:

145-182 pm ($145 \times 10^{-12} \text{ m}$)

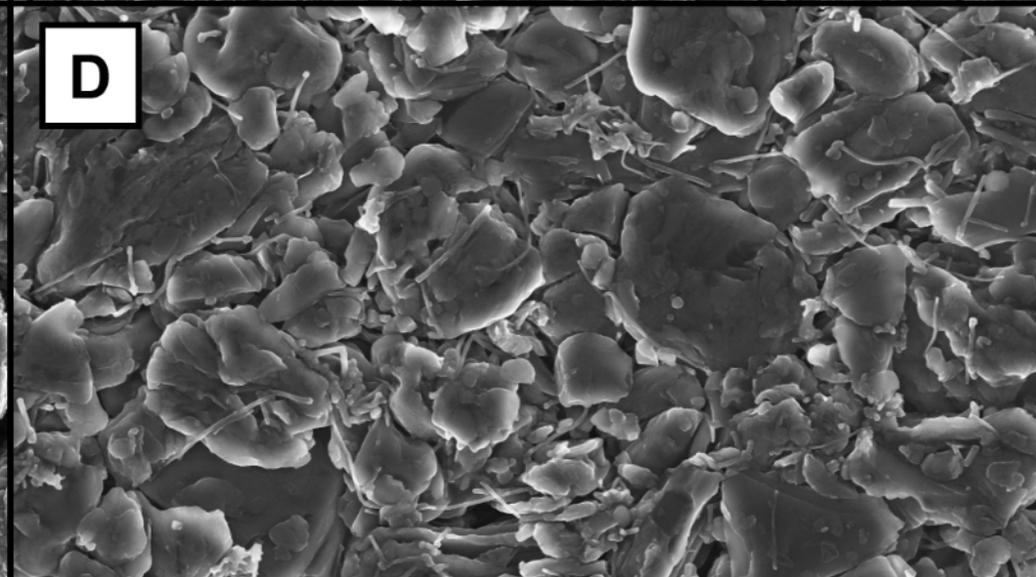
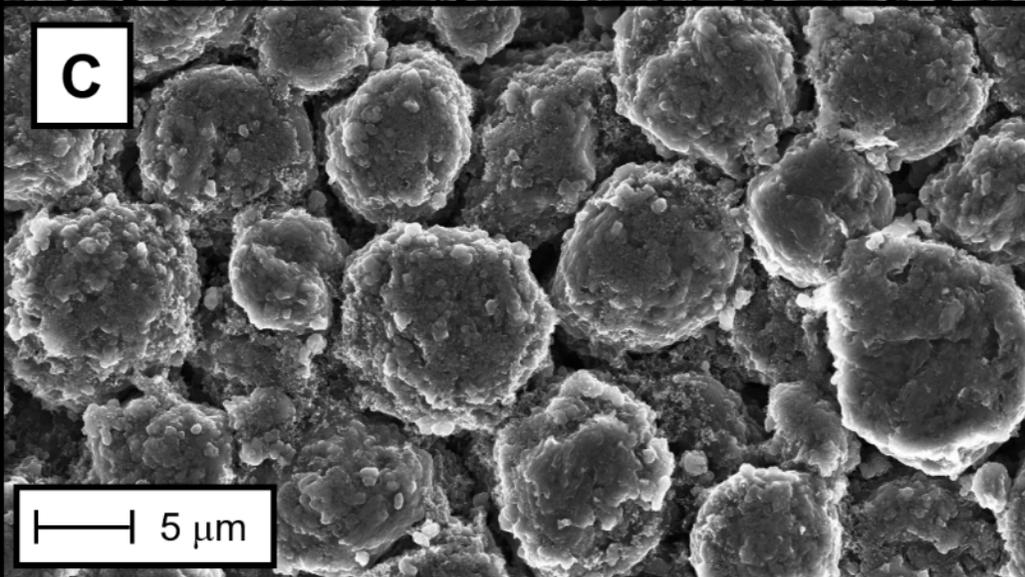
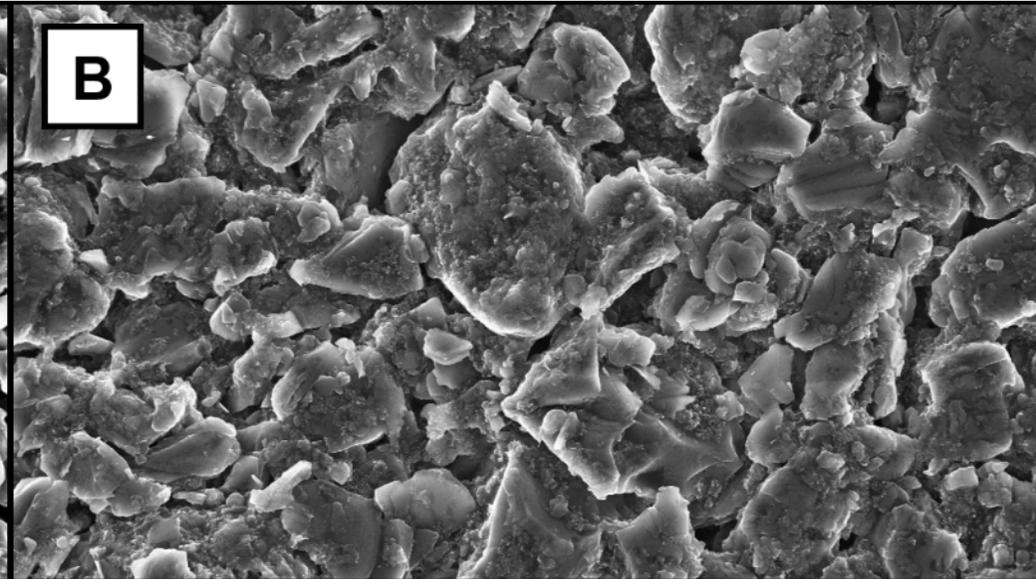
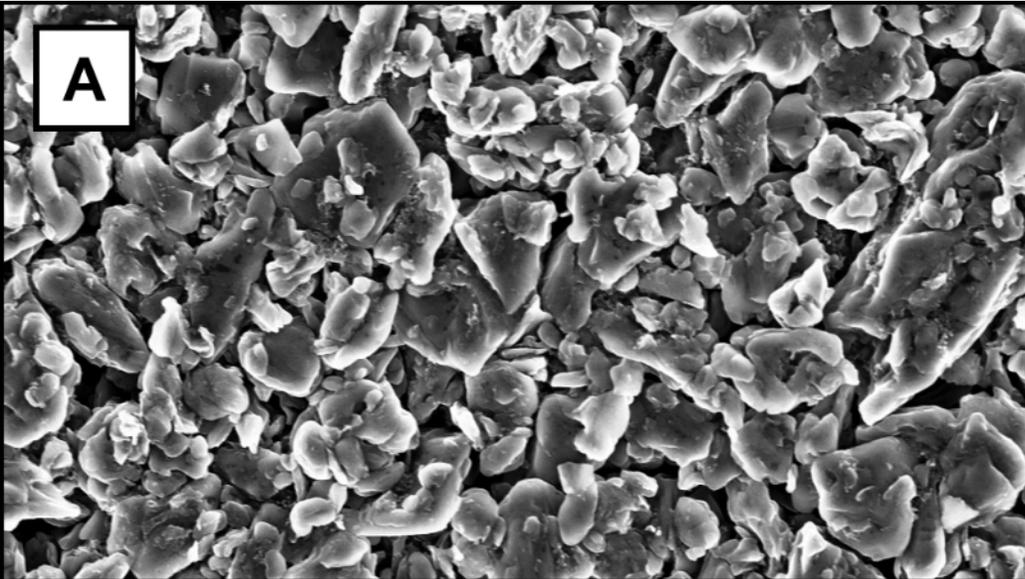
= 0,000145 nm

= 0,000000145 μm

Quelle REM-Aufnahmen:
KIT Batterietechnik

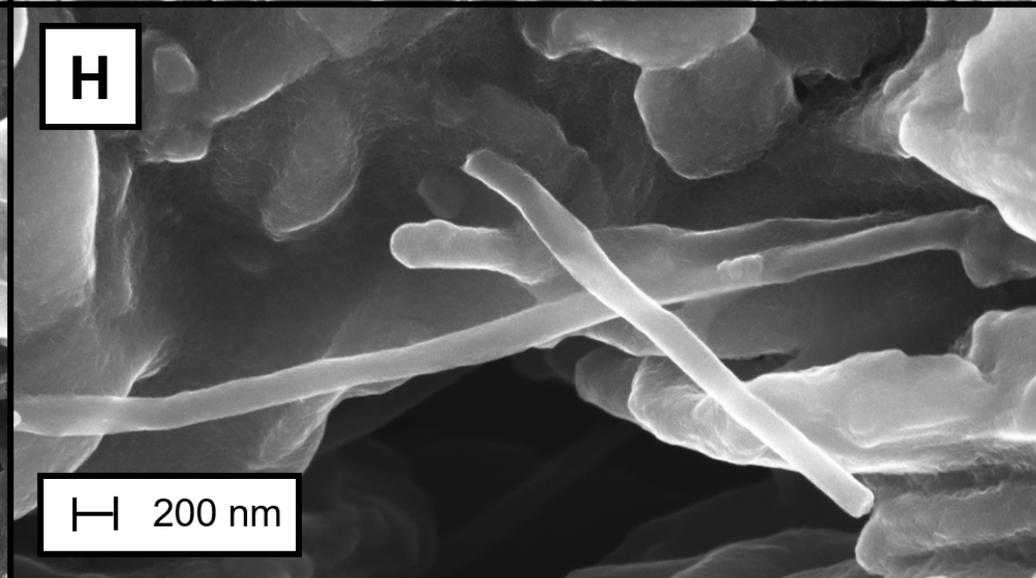
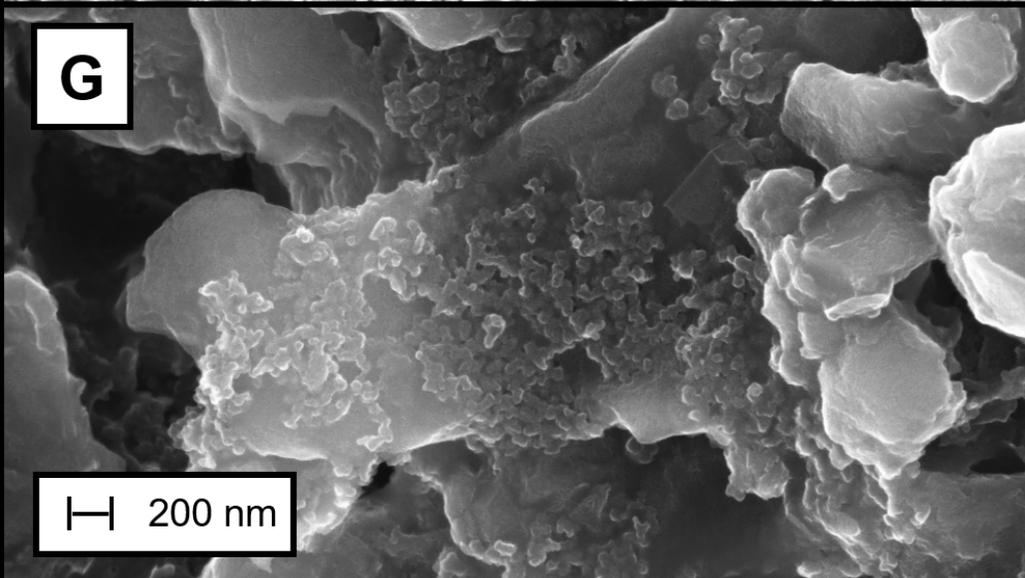
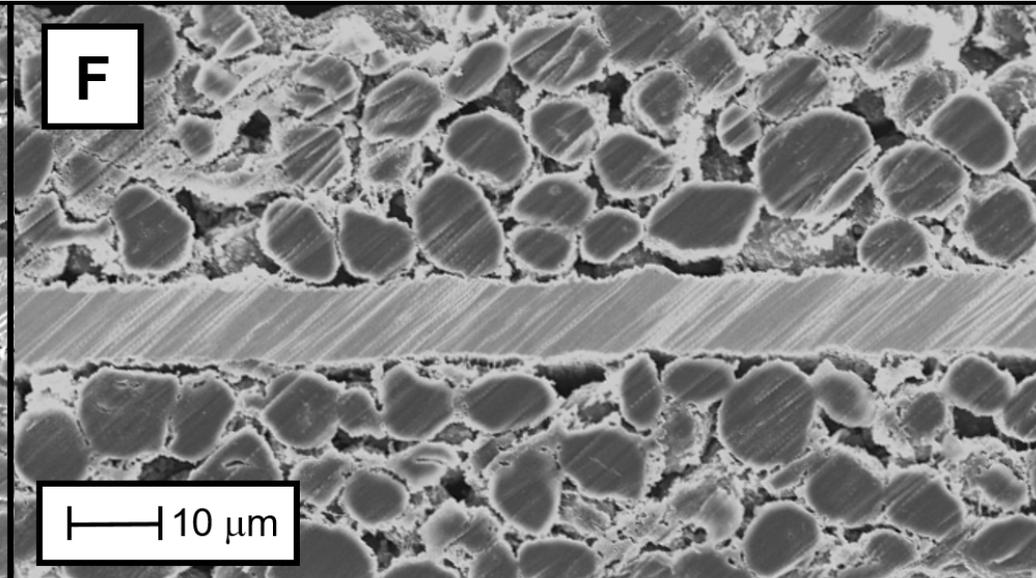
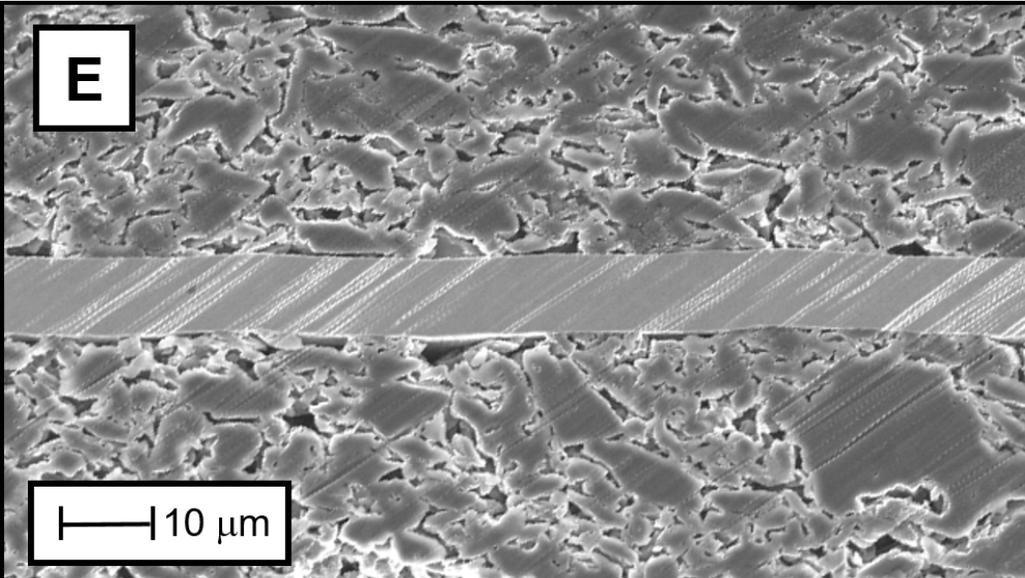
BEISPIELE KOHLENSTOFF-ANODEN

Quelle: KIT Batterietechnikum



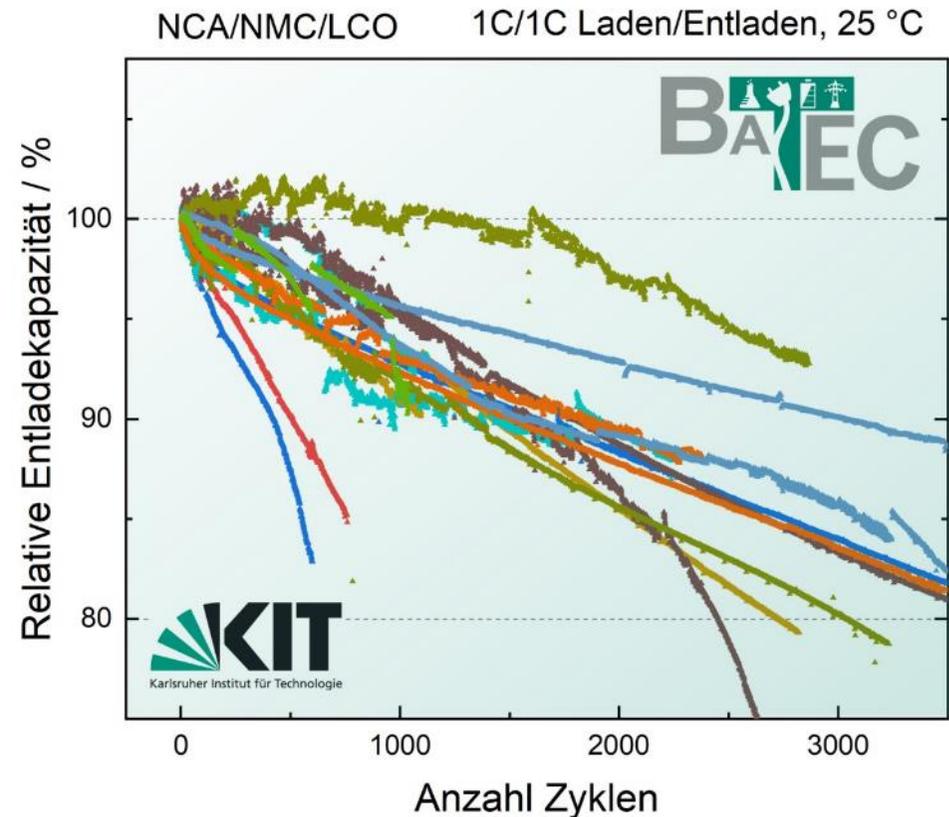
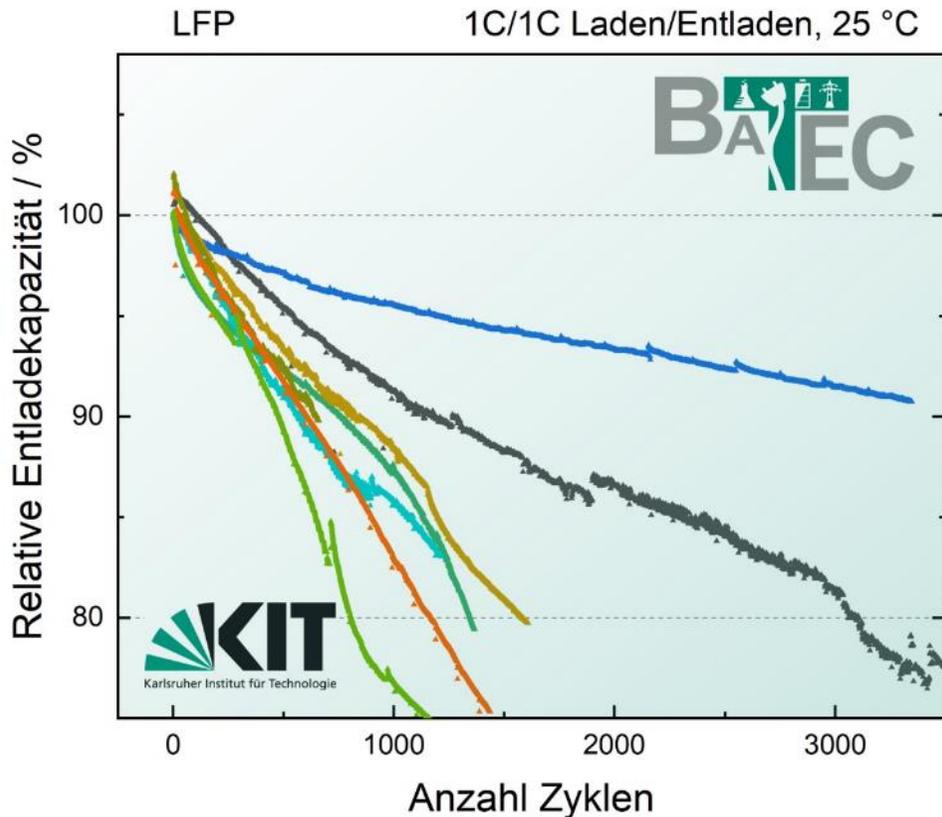
Schnittansicht

Quelle: KIT Batterietechnikum



STAND DER TECHNIK - ZYKLENFESTIGKEIT

Auswahl aus dem KIT-Zelltestfeld mit 100 % Entladetiefe



- Unterschiedliche Verteilung, aber seit mehreren Jahren gibt es auch LFP-Zellen mit über 3.000 Zyklen.
- Zyklentests mit vollständigen Angaben oder nach Normen.
- Kalendarische Lebensdauer begrenzt und u. a. abhängig von Temperatur und Ladezustand
- Im Markt: u. a. Zeitwertgarantien auf Energieinhalt (kWh) nach Zeit

STAND DER TECHNIK - SICHERHEIT

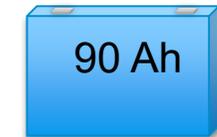
- Sicherheit: Freiheit von unvertretbarem **Risiko**
- Risiko: Kombination aus der **Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens** und der **Schwere des Schadens**
- Schaden: Physische Verletzung oder Schädigung der Gesundheit von Menschen oder Schädigung von Gütern oder der Umwelt.

Bezogen auf die Lithium-Ionen-Zellen und –Batterien

bedeutet „sicherer“ ein geringeres Risiko:

- Eine geringere Eintrittswahrscheinlichkeit eines relevanten Fehlers und/oder
- ein geringeres Schadensausmaß

Beispiele Li-Ionenzellen:



3. ZELLINTERNE FEHLER

Beispiel: 50 Ah Pouch Zellen, NMC/G mit keramischen Separator

	Wahrscheinlichkeit und/oder Auswirkung reduzierend	Wahrscheinlichkeit und/oder Auswirkung steigernd
Zellfertigung	Homogen, sehr rein	Inhomogen, Unreinheiten
Gravimetrische Energiedichte	Gering	Hoch
Kapazität Einzelzelle	Gering	Hoch
Zellinterner Schutz bei parallel geschalteten Zellen	vorhanden	nicht vorhanden
Keramischer Layer zwischen Anode u. Kathode	vorhanden	nicht vorhanden
Thermische Leitfähigkeit Zellgehäuse/Verpackung	hoch	gering
Siegelung, Material von Zellgehäuse/Verpackung	Hochwertig, geeignet wenig/kein Feuchtigkeitseintrag	Ungeeignet/mangelhaft, Nebenreaktionen durch Feuchtigkeitseintrag
Zyklenstabilität (u. Berücksichtigung von Material und Zellart)	Hoch	Gering

3. ZELLINTERNE FEHLER

Beispiel: 3 Ah Zelle zylindrisch, LFP/G

	Wahrscheinlichkeit und/oder Auswirkung reduzierend	Wahrscheinlichkeit und/oder Auswirkung steigernd
Zellfertigung	Homogen, sehr rein	Inhomogen, Unreinheiten
Gravimetrische Energiedichte	Gering	Hoch
Kapazität Einzelzelle	Gering	Hoch
Zellinterner Schutz bei parallel geschalteten Zellen	vorhanden	nicht vorhanden
Keramischer Layer zwischen Anode u. Kathode	vorhanden	nicht vorhanden
Thermische Leitfähigkeit Zellgehäuse/Verpackung	hoch	gering
Siegelung, Material von Zellgehäuse/Verpackung	Hochwertig, geeignet wenig/kein Feuchtigkeitseintrag	Ungeeignet/mangelhaft, Nebenreaktionen durch Feuchtigkeitseintrag
Zyklusstabilität (u. Berücksichtigung von Material und Zellart)	Hoch	Gering

3. ZELLINTERNE FEHLER

Beispiel: 200 Ah Zelle prismatisch, LFP/G

	Wahrscheinlichkeit und/oder Auswirkung reduzierend	Wahrscheinlichkeit und/oder Auswirkung steigernd
Zellfertigung	Homogen, sehr rein	Inhomogen, Unreinheiten
Gravimetrische Energiedichte	Gering	Hoch
Kapazität Einzelzelle	Gering	Hoch
Zellinterner Schutz bei parallel geschalteten Zellen	vorhanden	nicht vorhanden
Keramischer Layer zwischen Anode u. Kathode	vorhanden	nicht vorhanden
Thermische Leitfähigkeit Zellgehäuse/Verpackung	hoch	gering
Siegelung, Material von Zellgehäuse/Verpackung	Hochwertig, geeignet wenig/kein Feuchtigkeitseintrag	Ungeeignet/mangelhaft, Nebenreaktionen durch Feuchtigkeitseintrag
Zyklenstabilität (u. Berücksichtigung von Material und Zellart)	Hoch	Gering

KURZÜBERSICHTProduktsicherheit

VDE-AR-E2510-50:2017 & Sicherheitsleitfaden für Li-Ionen-Hausspeicher V1.0						
Produktsicherheit (u.a. ProdG §3-5)			Transport, Gefahrgut	Entsorgung/ Recycling.		
Deutschland	Geschlossene Normen-lücken inkl. Ausbreitungs-Test mit Thermal Runaway	Batterie-Sicherheit	EU-Konformität (CE-Kennzeichnung)		u.a. GGVSEB	u.a. Batteriegesetz
		(DIN) EN 62619	EMV-Richtlinie	Nieder-spannungs-Richtlinie		
EU				ADR + UN38.3	Batterie-Direktive	
Global		IEC 62619*	IEC 61000*	IEC 62109-1*	UN Model-Regulation + UN38.3	Nationale Vorschriften

*Beispiele Normen f. diesen Bereich

Ist der Ausschluss von LNMC-Technologie in Förderprogrammen gerechtfertigt?

Teil 1

- **Einleitung und Antwort**
- **Hintergrundinfos**
 - Zyklenfestigkeit
 - Sicherheit
 - Praxis

Thomas Timke

Senior Battery Expert

u.a. BVES AG3, DKE K371,
FNN EN Speicher,
IEC SC21 WG5 u. TC21 WG8



Teil 2

- **Antworten des Referats für Gesundheit und Umwelt**
- **Umsetzung bei LG**
 - Auditierte Lieferketten
 - Recycling

Dipl.-Phys. Jörn Jürgens

Director, Energy Storage Systems (EMEA)

u.a. BVES AG3,
Executive Board Member EASE

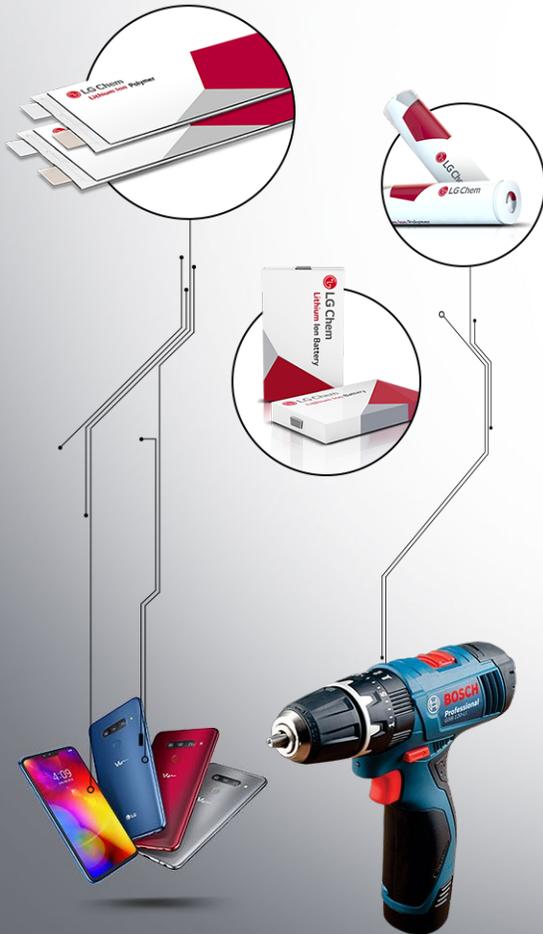


Energy Solution Company

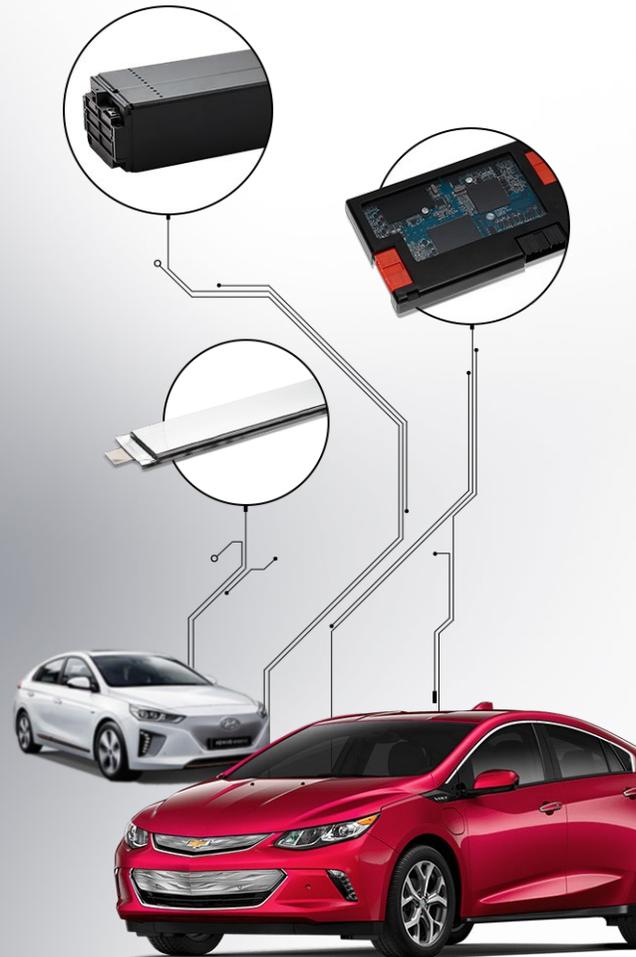
>100 GWh Produktionskapazität
Grösste Batterieproduktion in EU

Produkt Portfolio

Handys, IT, Akkus



Elektroautos



Stationäre Speicher



Antworten aus München

Rückfrage beim zuständigen Referat: Warum werden NMC-Batterien nicht gefördert?

Auszug E-Mail-Anwort vom 19.03.2019

Punkte, die als Argumente aufgeführt wurden.

- Das positive Aktivmaterial LNMC ist Gefahrstoff für Umwelt und Gesundheit.
- Bei LNMC-Batterien mit höherer Energiedichte Gefahr des „thermal runaway“. Sauerstoff Freisetzung bei hohen Temperaturen, dadurch schwerer zu löschen.
- Kobalt als „kritischer Rohstoff“ eingestuft mit dem Risiko von Versorgungsengpässen für die EU.
- Primärgewinnung im Kongo unter unzureichenden Arbeitsbedingungen.

Antworten aus München - Gefahrstoff

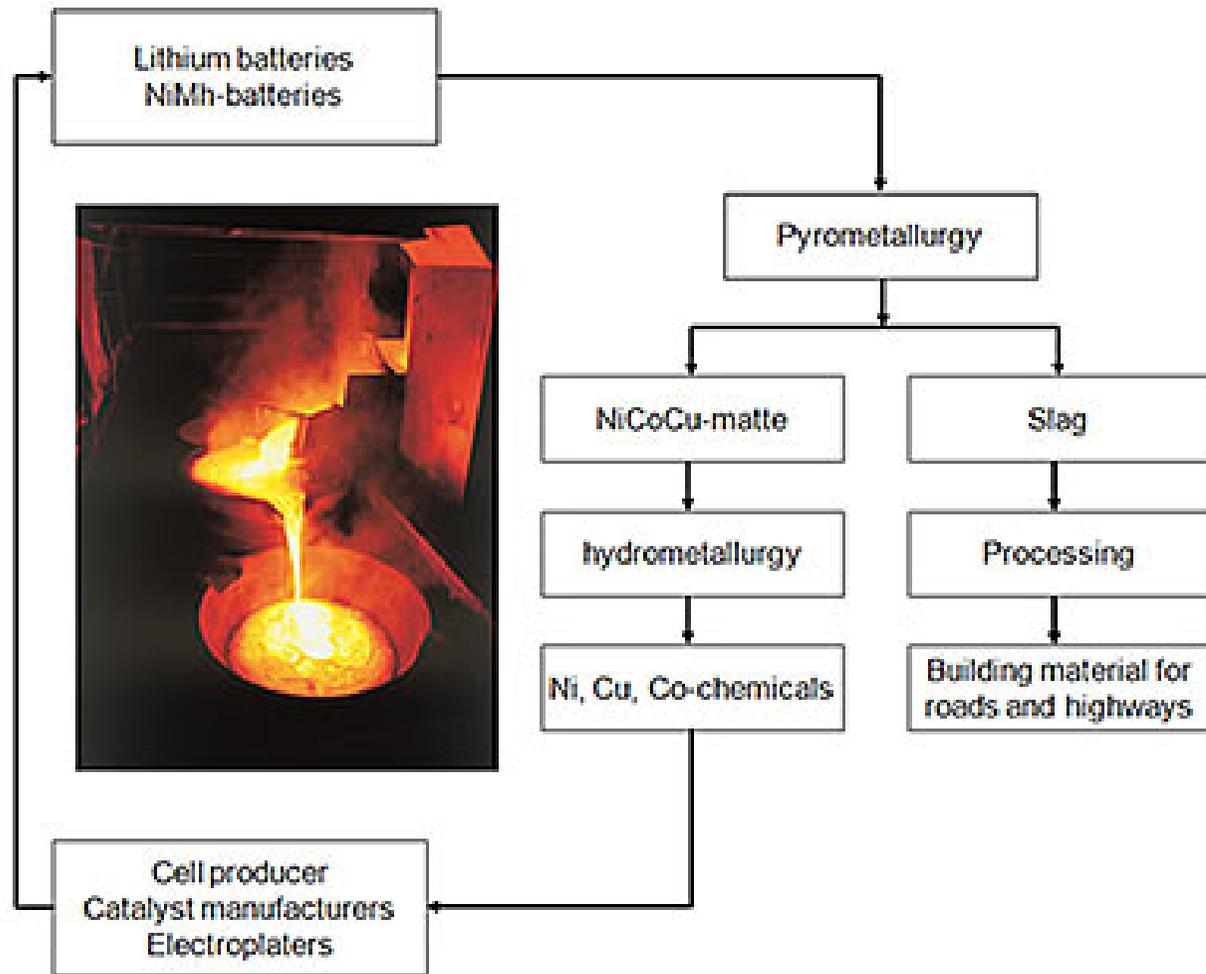
„Das positive Aktivmaterial LNMC ist Gefahrstoff für Umwelt und Gesundheit“

Wahrscheinliche Quelle: Stahl et al. aus der Studie des Öko-Instituts:

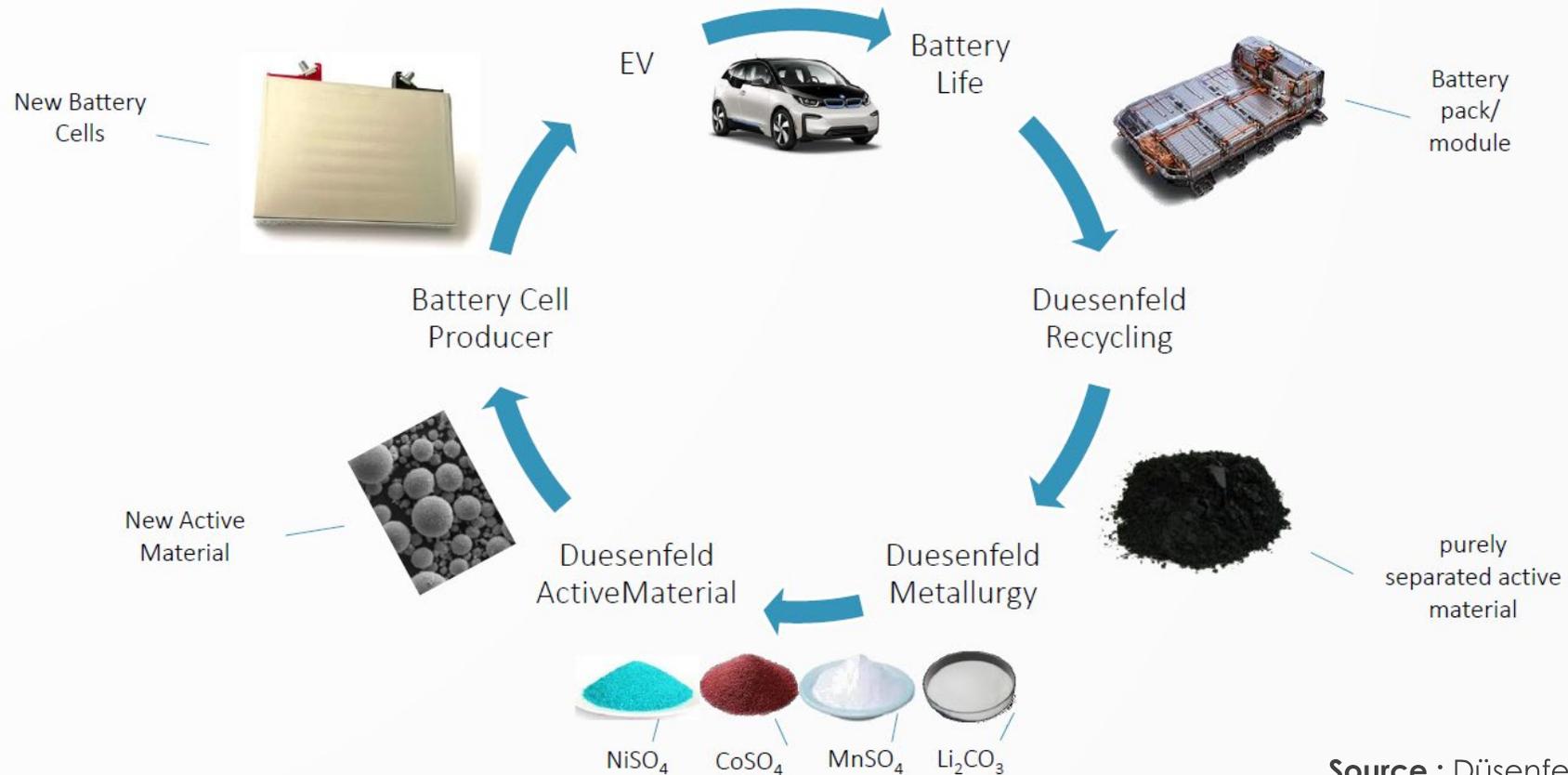
4. **Nicht-bestimmungsmäßiger Betrieb.** Kommt es durch physische Schädigung oder Feuer zur teilweisen **Zerstörung der Einkapselung** ist die daraus resultierende **potenzielle Freisetzung** zu bewerten. **Für kommerzielle Produkte fehlt hier allerdings die Datengrundlage.**
5. **Entsorgung / Recycling:** In beiden Fällen ist davon auszugehen, dass die **Einkapselung entfernt oder zerstört wird** und die gefährlichen Stoffe potenziell frei zugänglich sind, damit sie einem Recyclingschritt aufbereitet werden können (siehe Kapitel 8.1). Zudem liegen in diesem Arbeitsschritt größere Mengen vor.

- Bei nicht-bestimmungsgemäßen Betrieb wird hauptsächlich Elektrolyt freigesetzt (i. d. R. sind größeren Mengen in LFP-Zellen).
- Beim Recycling werden die Stoffe in dafür geeigneter Umgebung (z.B. Schmelze) freigesetzt und gelangen nicht unkontrolliert in die Umwelt.

=> Das Argument ist weder richtig noch NMC-spezifisch.



Circular Approach in Li-Ion Battery Recycling



Source : Düsenfeld

Umicore: „...the possible recycling rates for battery components such as **cobalt**, **nickel** and **copper**. The result: In laboratory tests, more than **95 percent of these elements** can be recovered...“*

Source: *Umicore press release „New power from old cells“ from October 26th, 2018*

Antworten aus München – Sicherheit

- Gefahr des Thermal Runaway
- höhere Energiedichte
- Probleme beim Löschen durch Sauerstofffreisetzung

Auszug Studie des Öko-Instituts:

Gefahr des „thermal runaway“; LFP zersetzt sich im Gegensatz zu LNMC nicht unter Sauerstoffentwicklung

- Bei allen Li-Ionenzellen kann ein Thermal Runaway (TR) erzeugt werden.
 - LFP-Kathoden enthalten Sauerstoff (LiFePO_4), der bei typischen TR-Temperaturen freigesetzt werden kann.
 - Richtig ist: Sauerstoff ist im Phosphat stärker gebunden als in div. Metalloxiden.
- Das Risiko (Wahrscheinlichkeit x Schaden) eines Thermal Runaway ist überwiegend anhängig von Zellqualität, Zellgröße, thermische Anbindung und Batteriekonstruktion.
 - Sauerstofffreisetzung bei LFP ist selbst in chinesischen Studien nicht abschließend geklärt
 - “Löschen” von Li-Ionenbatterien nicht immer empfehlenswert. Kühlen wird empfohlen.
 - Thermal Runaway wird getestet nach Sicherheitsleitfaden und VDE-AR-E 2510-50
- => Das Argument ist weder richtig noch NMC-spezifisch.

Antworten aus München – kritischer Rohstoff

Kobalt als „kritischer Rohstoff“ mit dem Risiko von Versorgungsengpässen für die EU.

Quelle: Auszug Mitteilung der europäischen Kommission an das europ. Parlament (09.2017, COM(2017)490/F1-DE)
In Anbetracht der nach wie vor bestehenden strategischen Bedeutung von Rohstoffen für das verarbeitende Gewerbe der EU¹ führt die Kommission im Rahmen der EU-Rohstoffinitiative eine breite Palette von Maßnahmen durch, um die sichere, nachhaltige und erschwingliche Versorgung mit Rohstoffen sicherzustellen. Die Liste kritischer Rohstoffe für die EU ist ein zentrales Element dieser Initiative.

- Gefördert werden bereits gefertigte Produkte.
- Über importierte Zellen und Recycling wird der Rohstoff in die EU eingeführt.
- LFP fast ausschliesslich in China gefertigt.
Förderung benachteiligt europäische NMC Fertigungen. (LG, Samsung, SK, Northvolt)

Antworten aus München – Kobalt und Kongo

„Die Primärgewinnung im Kongo erfolgt unter unzureichenden Arbeitsbedingungen.“

- Arbeitsbedingungen (inkl. Kinderarbeit) sind nicht nur bei Kobalt relevant. U.a. sind Kupfer und Aluminium (fast immer) in Li-Ionenzellen und Batteriepacks.
- Kobalt kommt nicht nur aus dem Kongo und selbst dort sind nicht überall unzureichende Arbeitsbedingungen.

Etwa die Hälfte des Bedarfs an Kobalt kommt aus der Demokratischen Republik Kongo.

- Ankauf von Kobalt nur aus zertifizierten Minen
- Interne und externe Auditierung der Lieferkette
- Auditierung nach OECD-Leitfaden
- ⇒ Verhindern von Kinderarbeit in Minen
- ⇒ Aufbauhilfe für Struktur schwache Regionen



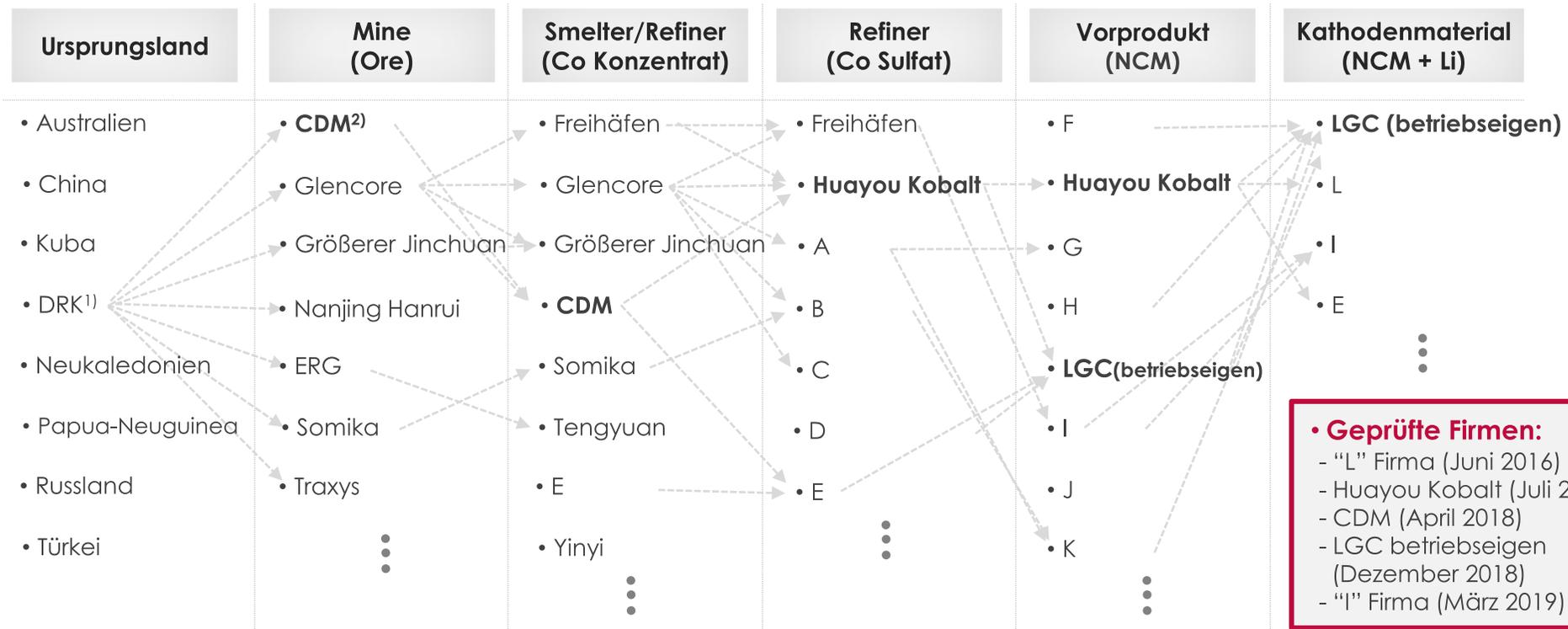
Regelmässige Audits durch Grosse Kunden aus :

- Automobilindustrie
- IT Konzerne

Übersicht über LG Chems Lieferkette

- LG Chem überwacht den ganzen Beschaffungsprozess der verwendeten Materialien
- LG Chem hat ein Gemeinschaftsunternehmen mit Huayou gegründet und ist aktiv bei der Überwachung der Beschaffungsprozesse für Vorprodukts-Rohstoffen beteiligt.

LG Chems Lieferkette bzgl. Kobalt



1) DRK : Demokratische Republik Kongo

2) CDM : Kongo Dongfang internationaler Bergbau, eine hundertprozentige Tochtergesellschaft von Huayou Kobalt

Fazit

Sicherheit und Lebensdauer:

- Klassifizierung nach Kathodenmaterial zu pauschalisiert.
- Entscheidend für Sicherheit ist Qualität und Verarbeitung

Rohstoffe:

- Die Einteilung in „kritische Rohstoffe“ und Gefahrstoffe ist nicht sinnvoll anwendbar.
- Rohstoffe können sehr gut recycelt werden.
- Problematische Rohstoffe (Krisenländer, Arbeitsbedingungen) gibt es in jeder Li-Ionenbatterien (auch in andere Chemien).



Danke!

 LG Chem RESU Home Battery