



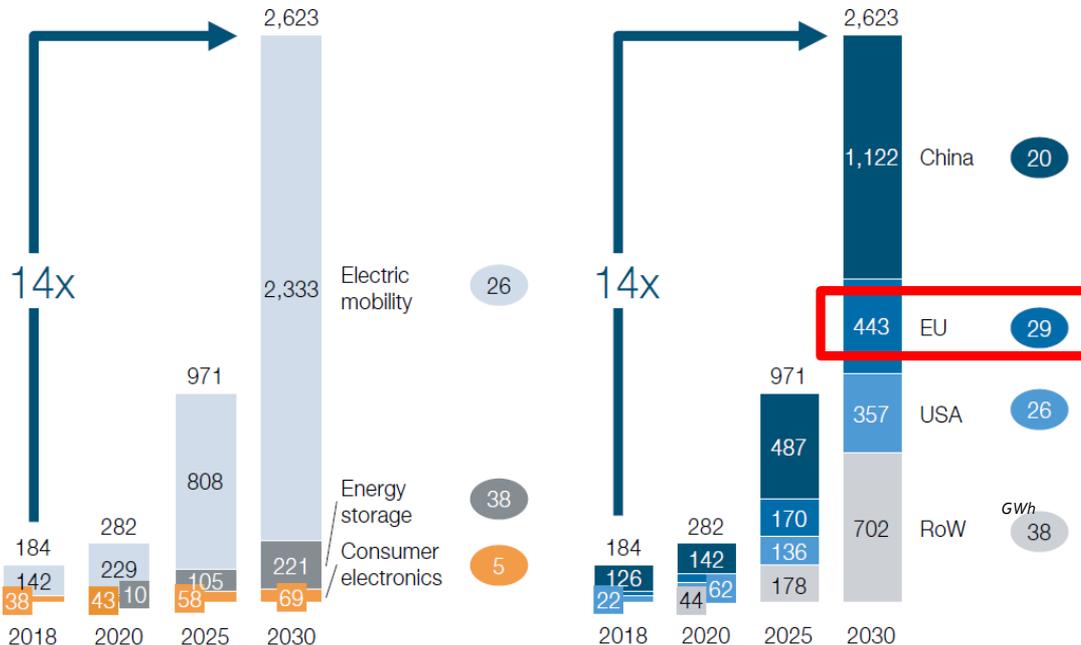
Lithium-Ionen-Batterien

Von der Entnahme aus Altgeräten und Altfahrzeugen bis zur Erzeugung hochreiner Materialien für den nächsten Produktionszyklus

Innovationsforum 2022 Recyclingregion Harz
05. Mai 2022

Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann
IFAD Institut für Aufbereitung, Recycling und Kreislaufwirtschaftssysteme

Aktuelle Schätzung des Zuwachses in der Batterieproduktion In GWh/a 2020 -> 2030: Faktor 14!



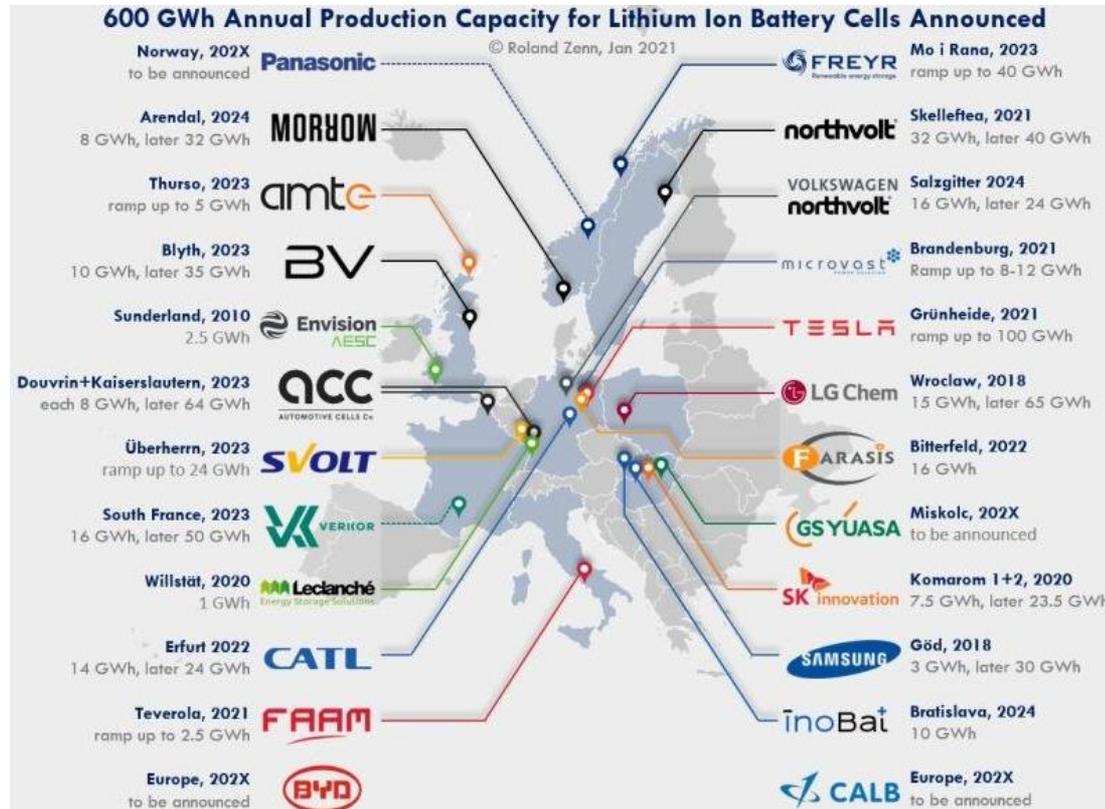
- 14x ist eine noch konservative Annahme, es könnte auch auf den Faktor 19 hinaus laufen
- Der Bedarf im Wirtschaftsraum der EU wird weltweit der zweitgrößte sein
- Die EU wird weltweit der zweitgrößte Hersteller sein

Übernommen von Pellegrini/Rizo EU-Kommission März 2021

Quelle: Global Battery Alliance – World Economic Forum (2019) "A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030: Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation" at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf



Ausbau der Batterieproduktionskapazitäten in der EU



Übernommen aus Vortrag
Pellegriini/Rizo EU-Kommission
März 2021

Quelle: R Zenn (2021) "Li-on Battery Gigafactories in Europe" at <https://www.oroel.net/insights/li-on-battery-gigafactories-in-europe-january-2021>

Anfallstellen von Altbatterien und Rückständen aus deren Produktion

➤ Abfälle aus der Produktion



- Abfälle aus der Vorstoff- und Halbzeugfertigung (Kathodematerial, Elektronik, Casing,...)
- Abfälle aus der Zellfertigung (vor und nach Beaufschlagung mit Elektrolyt)
- Abfälle, Fehlchargen etc. aus der Batteriefertigung

➤ Abfälle aus der Produktnutzungsphase



- Batterie-Wechsel durch Konsumenten (Gerätebatterien)
- Anfall in Servicebetrieben (stationäre Batterien, Traktionsbatterien, Gerätebatterien)
- Werkstattentsorgung (Traktionsbatterien)

➤ Batterien aus Altprodukten



- E-Schrott-Recycling
- Alt-E-Fahrzeug-Verwertung

Risiken durch unsachgemäßem Umgang mit Gerätebatterien

- Entnahme durch Konsumenten
- Nicht einfach/zerstörungsfrei entnehmbare Batterien



-> Brandgefahr



Entnahme von Traktionsbatterien aus Fahrzeugen und Gefahrenpotentiale



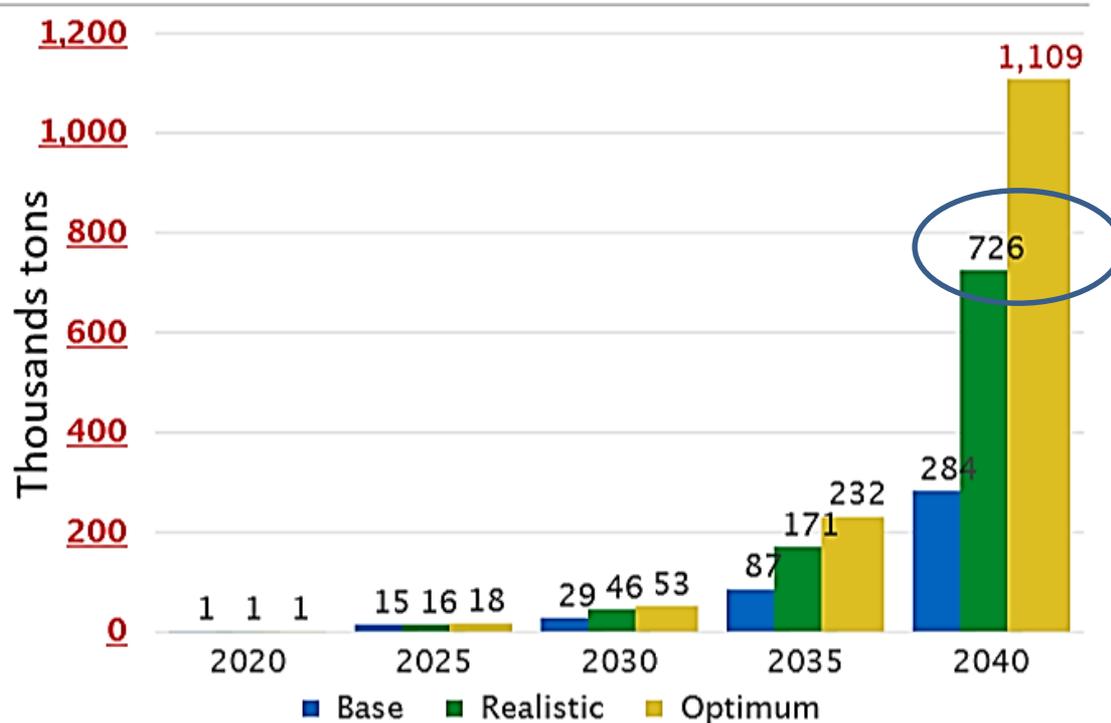
Quelle: Auto Motor und Sport



Quelle: electrive.net / Duesenfeld

Erwarteter Anstieg der Masse zu recycelnder Traktionsbatterien

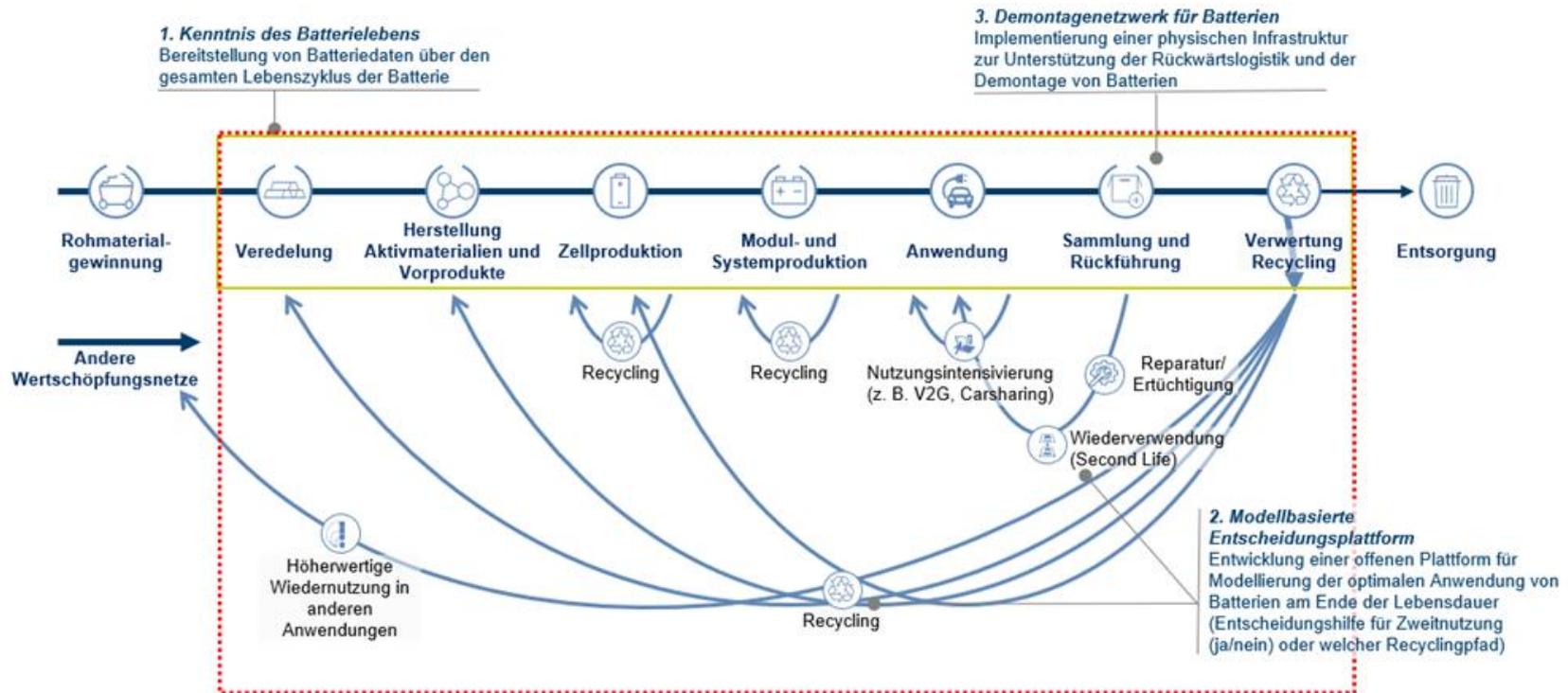
Expected annual battery tonnage ready for recycling in EU



Übernommen von
Pellegriani/Rizo EU-Kommission
März 2021

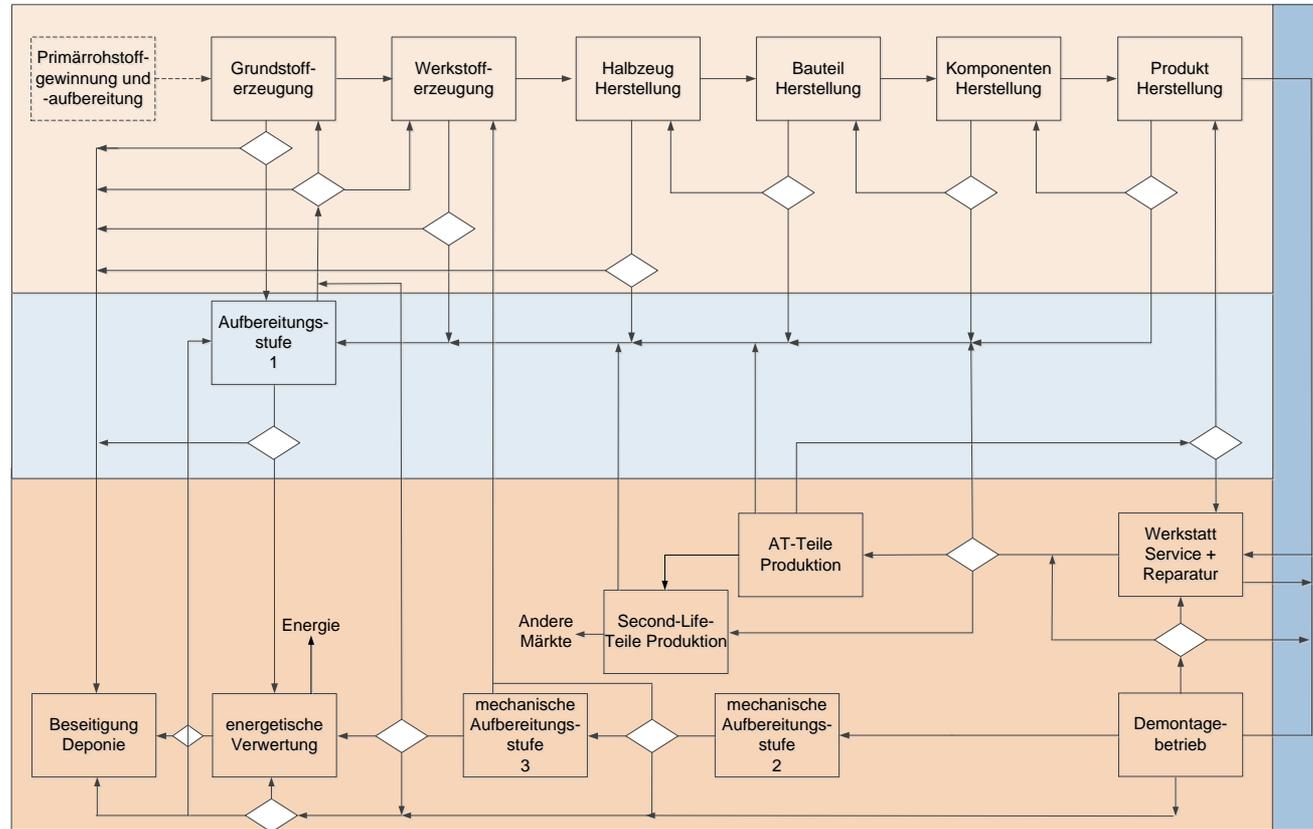
Quelle: WANG, Z. (2019) "The role of battery recycling in raw material supply" ICBR

Kreislaufwirtschaftsansätze für Traktionsbatterien



Quelle: CEID Circular Economy Initiative Deutschland : Ressourcenschonende Batteriekreisläufe

Verknüpfung der Verwertungsstrukturen für Abfälle aus Produktion, Nutzungs- und Verwertungsphase



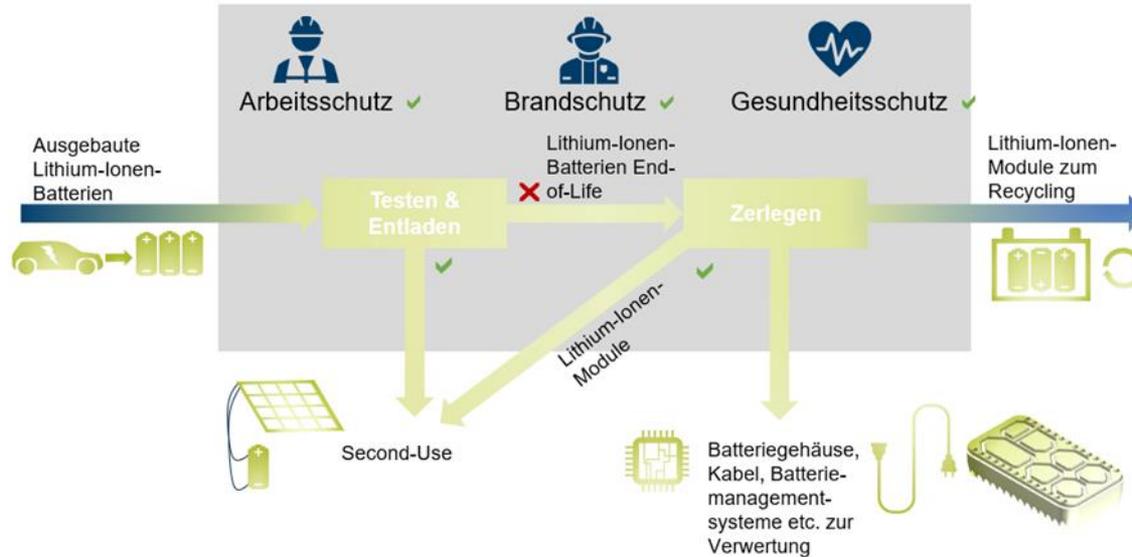
Produktionsphase

Recycling im Post-Production-Bereich

Nutzungsphase

Recycling im Post-Consumer-Bereich

Konzept einer Demontageanlage für Batterien und Ansätze zum Einsatz von Demontagerobotern



Reuse -> Second Life -> Remanufacturing -> Recycling

Quelle: CEID Circular Economy Initiative Deutschland : Ressourcenschonende Batteriekreisläufe



Quelle: IPT Ostfalia Recycling 4.0

Zusammensetzung und Recyclingpotentiale einer Traktionsbatterie (1)



Batteriesystem-Ebene:

50-70% Batteriezellen

15-45% Gehäuse

2-6% Rest (Kabel, Elektronik etc.)

→ weitere Behandlung (nächste Folie)

→ Verhüttung

→ Separation

→ Stahl, Aluminium

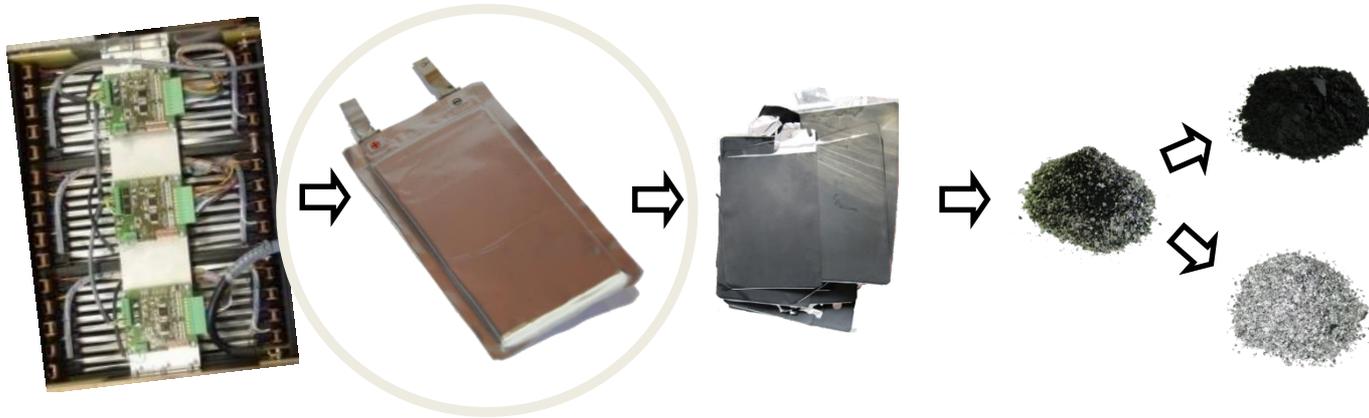
→ Verhüttung

→ Kupfer, Aluminium

→ Eisen, Plastik, Rest

Quelle: iPAT TU Braunschweig

Zusammensetzung und Recyclingpotentiale einer Traktionsbatterie (2)

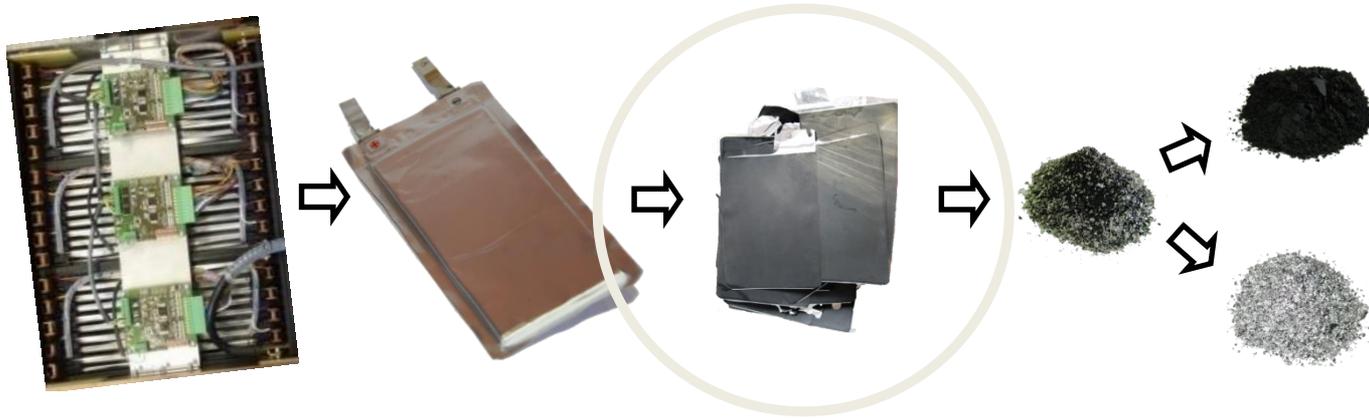


Batteriezell-Ebene:

ca. 65%	Elektroden	→ Weitere Behandlung (nächste Folie)
10-15%	Stahl / Aluminium Gehäuse	→ Verhüttung → Al, Stahl
10-20%	Elektrolyt	→ Rückgewinnung → Wertvolle Lösungsmittel, Elektrolyt-Salz
		→ Verbrennung?
2 - 5%	Weitere Teile	→ Einschmelzen, Verbrennung

Quelle: iPAT TU Braunschweig

Zusammensetzung und Recyclingpotentiale einer Traktionsbatterie (3)



Elektroden-Ebene (Beispielwerte):

15% Kupfer Folie

→ Brikettierung

→ Verhüttung

10% Aluminium Folie

→ Brikettierung

→ Verhüttung

30% Beschicht. Anode

→ Hydrometallurgie

→ Org. Rückstand, tw. Lithium,

45% Beschicht. Kathode

→ Hydrometallurgie

→ Lithium und Übergangsmetallsalzlösung (Ni, Co, Mn)

Herausforderungen und Entwicklungsperspektiven In den ersten Prozessstufen

Neben Herausforderungen bezüglich einheitlicher Standards und Anforderungen an die Demontageanlagen selbst besteht in der räumlich-logistischen Dimension in mehrfacher Hinsicht eine weitere Herausforderung innerhalb der europäischen Union:

- Der Hochlauf der Elektromobilität wird in den diversen Ländern Europas unterschiedlich steil verlaufen, wodurch auch der Anfall von End-of-Life-Batterien sehr unterschiedlich verteilt sein wird.
- Die Recyclinganlagen für Module aus Hochvoltbatterien werden bis auf Weiteres als große, zentralisierte Anlagen auf wenige EU-Länder konzentriert sein.
- Geringe Stückzahlen von End-of-Life-Batterien und hohe Transportdistanzen werden die Kosten für Logistik bis auf Weiteres hochhalten. Daher wird die zukünftige intelligente und optimale Lokalisierung und Dimensionierung von Demontageanlagen in Europa einen entscheidenden Schritt für die Professionalisierung der Verwertungskette und die Senkung der Logistikkosten darstellen.

Quelle: CEID Circular Economy Initiative Deutschland : Ressourcenschonende Batteriekreisläufe

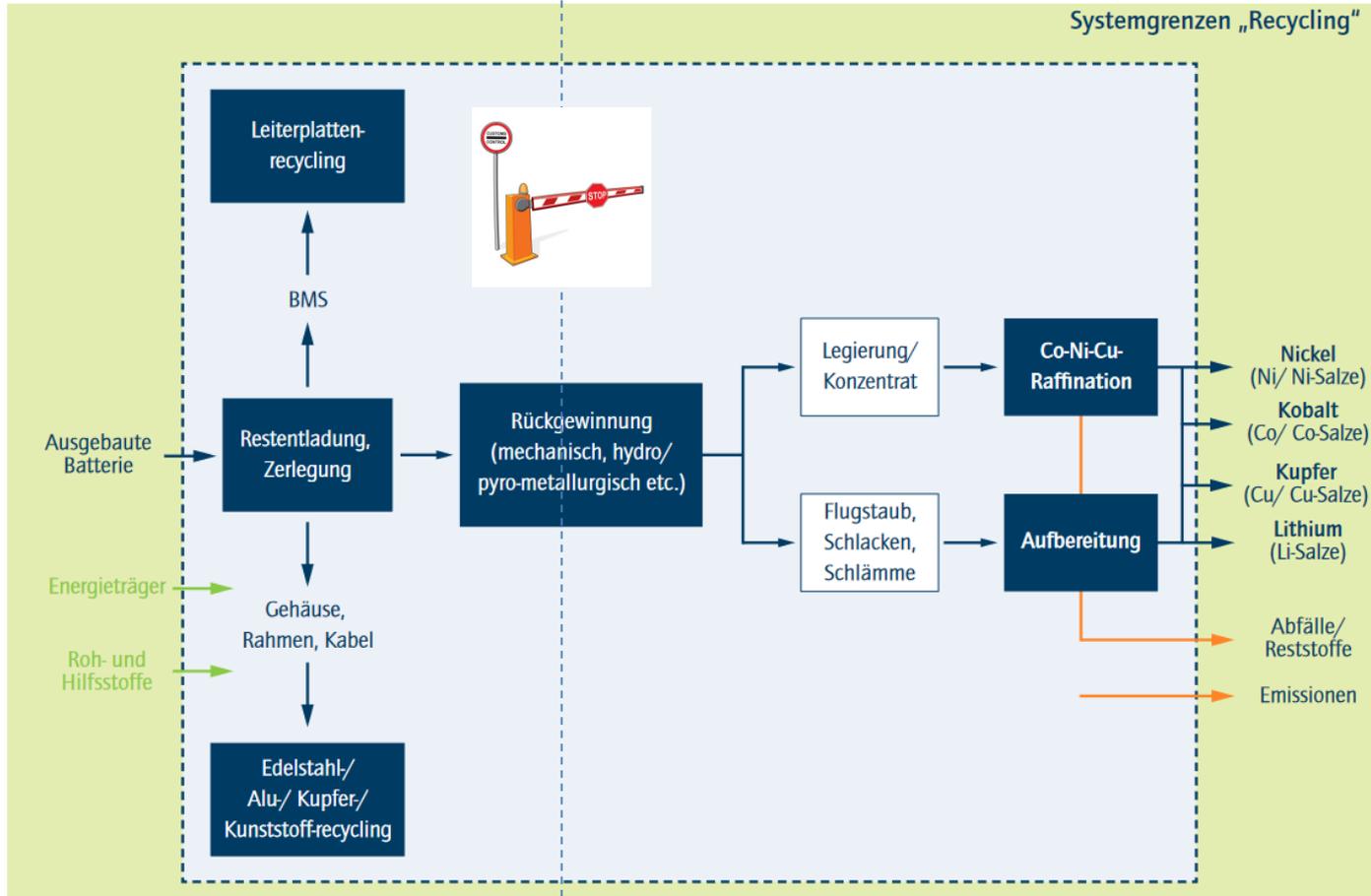
Herausforderungen und Entwicklungsperspektiven In den ersten Prozessstufen

- Es ist nicht sinnvoll, innerhalb nationalstaatlicher Grenzen zu agieren, es ist auch vor dem Hintergrund von Lösungsansätzen für die deutsche Wirtschaft in EU-Dimensionen zu planen.
- Daraus ergeben sich entsprechende Probleme nationaler Besonderheiten sowohl im Hinblick auf Sicherheitsstandards und weitere Vorgaben als auch bezüglich Notifizierungsverfahren für länderübergreifenden Transport und länderübergreifende Logistik etc.

Quelle: CEID Circular Economy Initiative Deutschland : Ressourcenschonende Batteriekreisläufe

- Daraus resultiert, dass es ggfs. sinnvoll sein wird, Batterien zum Recycling in den entsprechenden Regionen/Ländern ihres Anfalls zu shreddern und thermisch vorzubehandeln (Pyrolyse/Thermolyse) um einen einfacheren/kostengünstigeren Transport von Schwarzmasse bzw. Schwarzmasse mit Restbestandteilen anderer Zellkomponenten als Schüttgut zu ermöglichen

Systemgrenzen des Batterierecyclings



Grundoperationen der Prozesstechnik beim Recycling von Batteriezellen

Mechanische Aufbereitung

Zerkleinern

(z.B. Shreddern)

Klassieren

(z.B. Sichten, Sieben)

Sortieren

(z.B. Magnetscheidung, Flotation)

u.U. Therm. Deaktivierung

Zusätzlich teilweise Entfernen des Elektrolyten durch Destillation oder Extraktion

Hydrometallurgie

Gewinnung reiner NE-Metalle aus

- Aktivmaterialien
- Schlacke

Einsatz chemischer und thermischer Verfahren wie

- Laugen
- Extraktion
- Elektrolyse
- Kristallisation
- Fällung

Pyrometallurgie

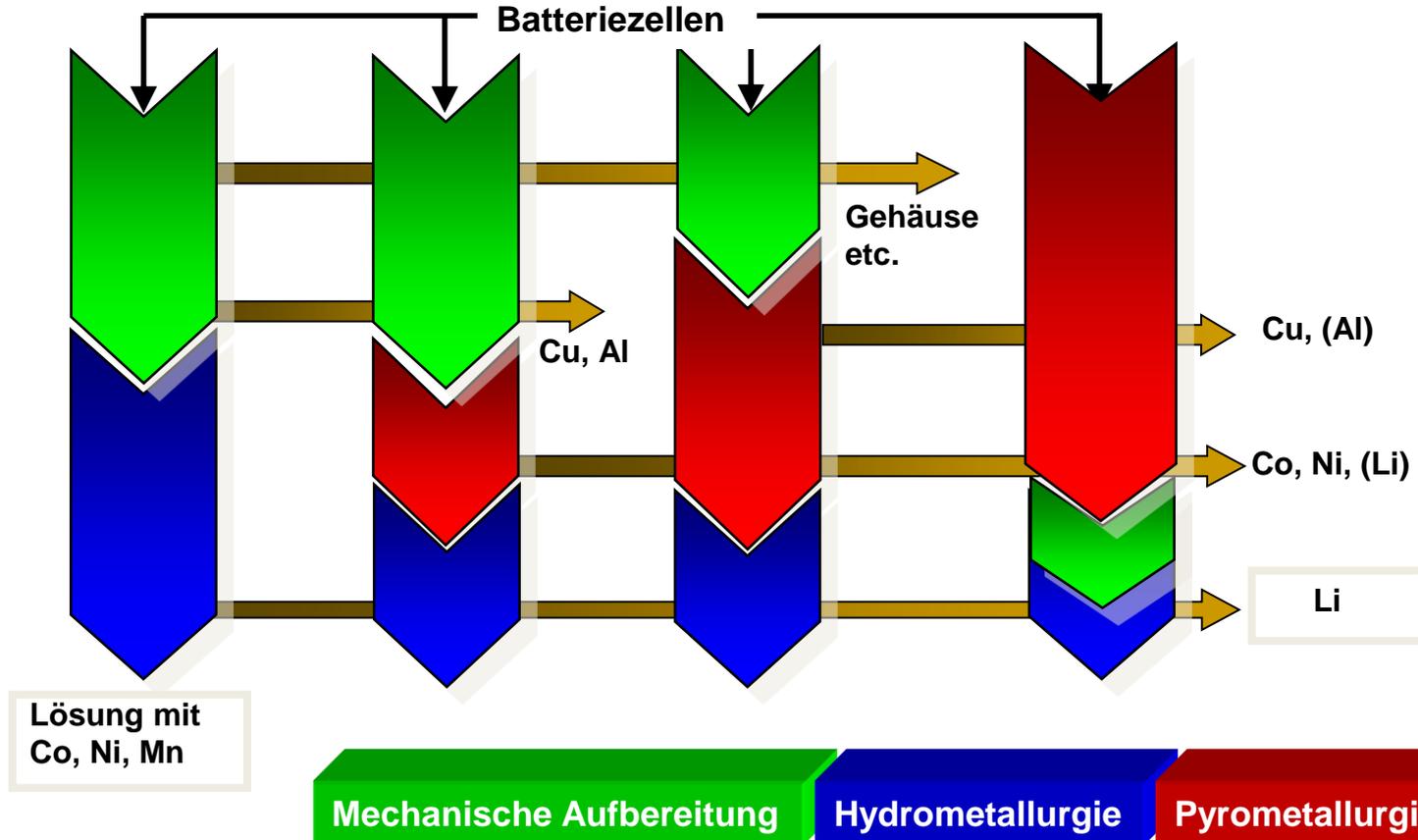
Einschmelzen der

- gesamten Zelle
- Elektroden
- Aktivmaterialien

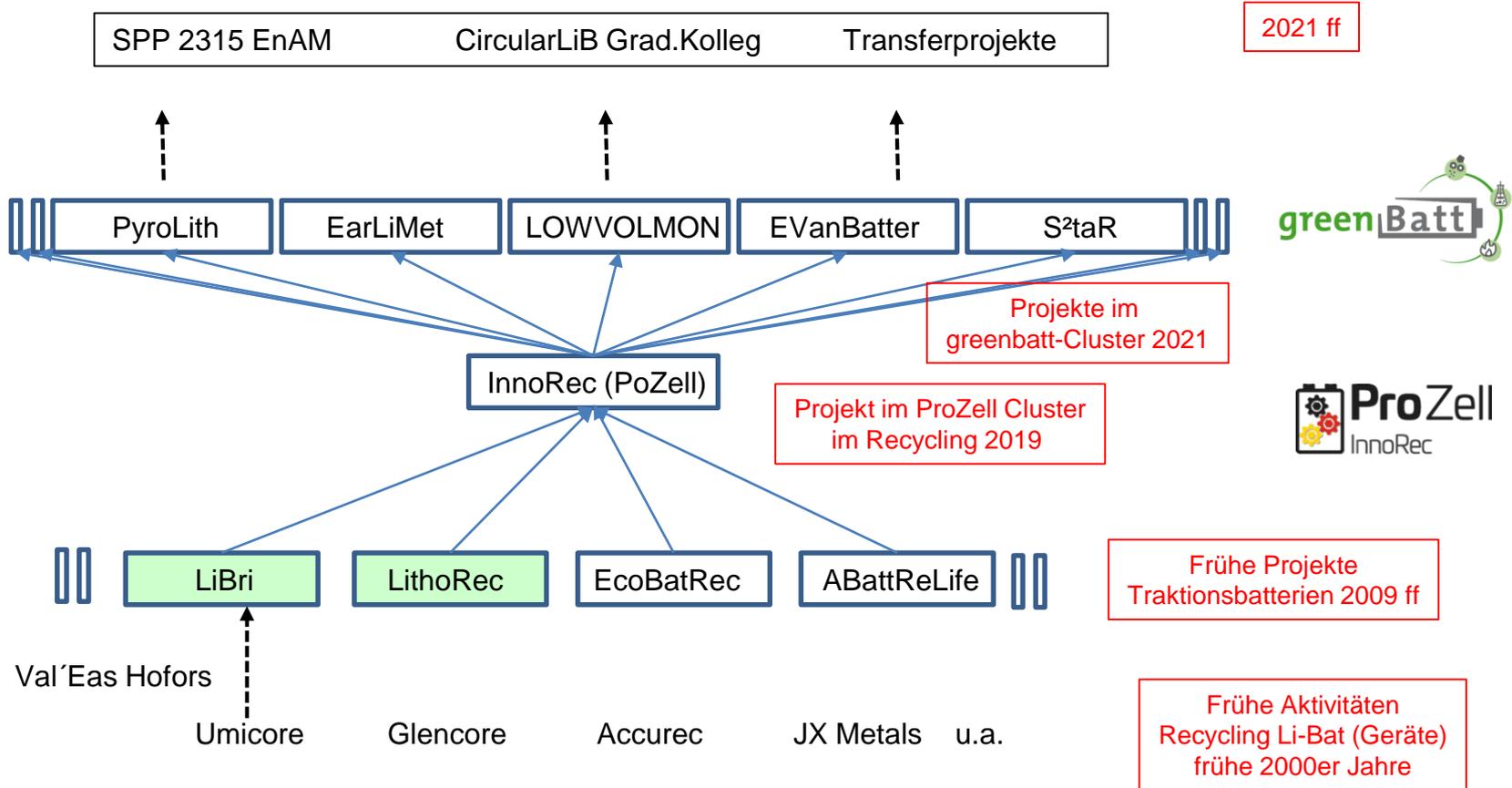
Rückgewinnung der edleren Metalle in Legierungs-Schmelze

Konzentration weiterer Wertstoffe in Schlacken und Stäuben

Verfahrenstechnische Ansatz zum Recycling von Traktionsbatterien

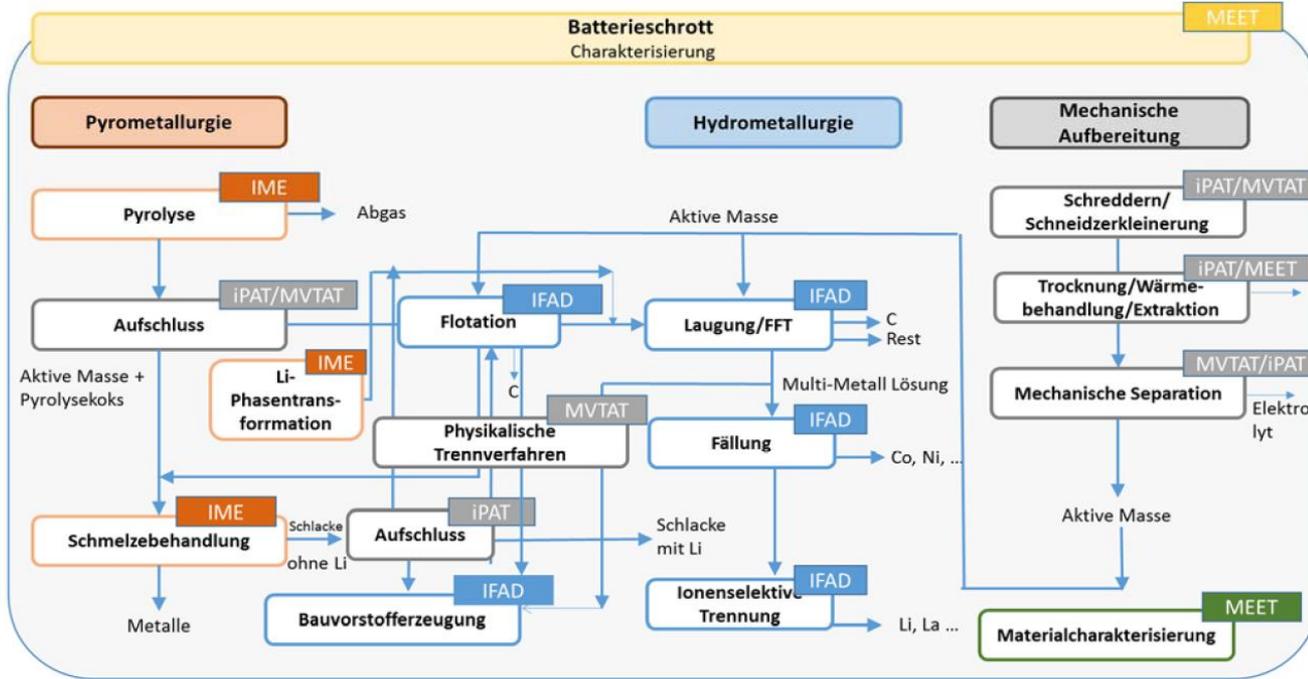


Entwicklung der Batterie-Forschung Recyclingtechnik (Auswahl)





Zusammenführung und Vernetzung bisheriger Ansätze im Projekt InnoRec

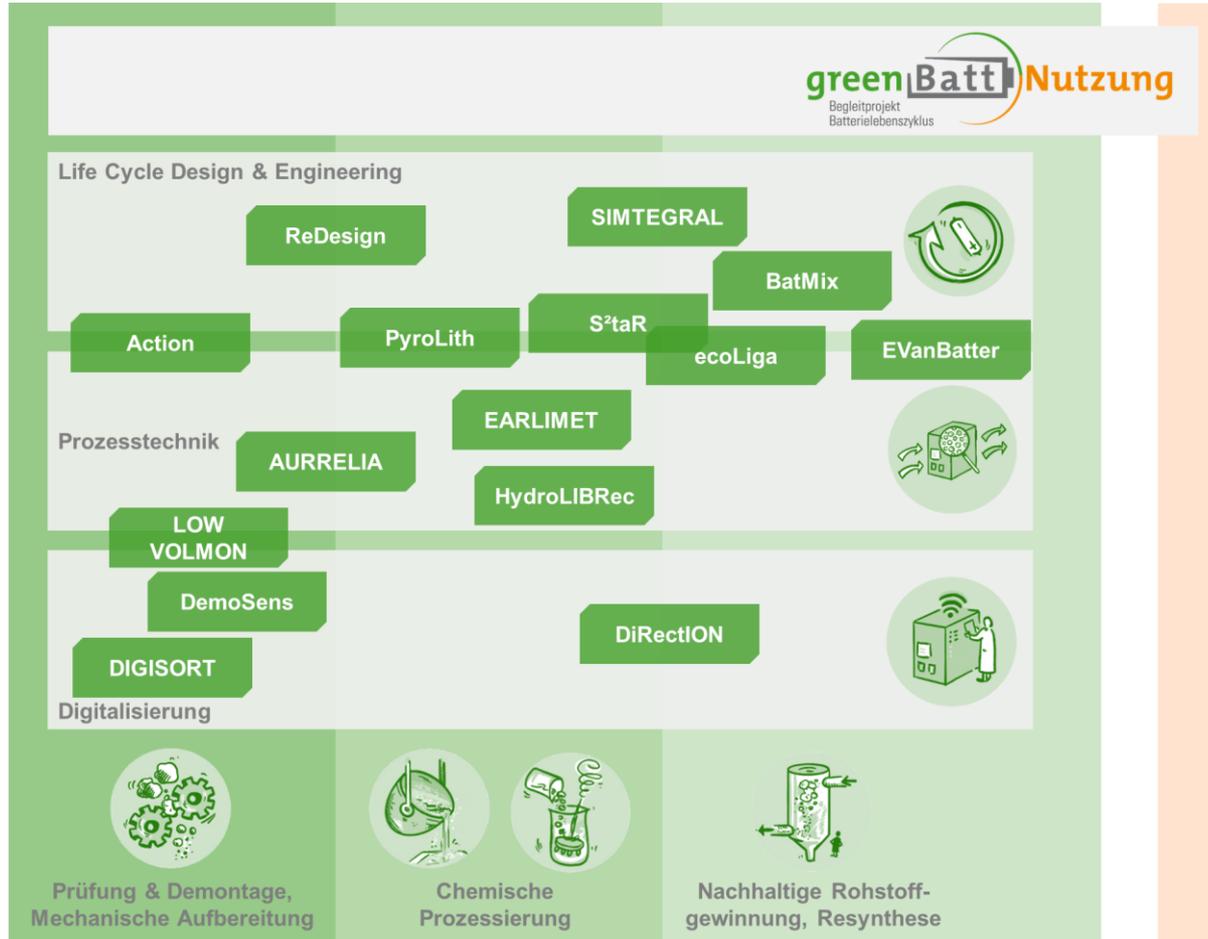


gefördert durch



Bundesministerium für Bildung und Forschung





gefördert durch



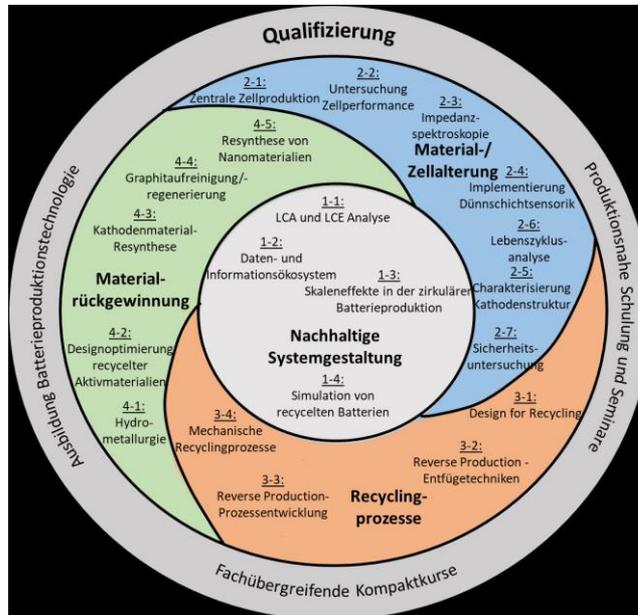
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



gefördert durch



Niedersächsisches Ministerium
für Wissenschaft und Kultur

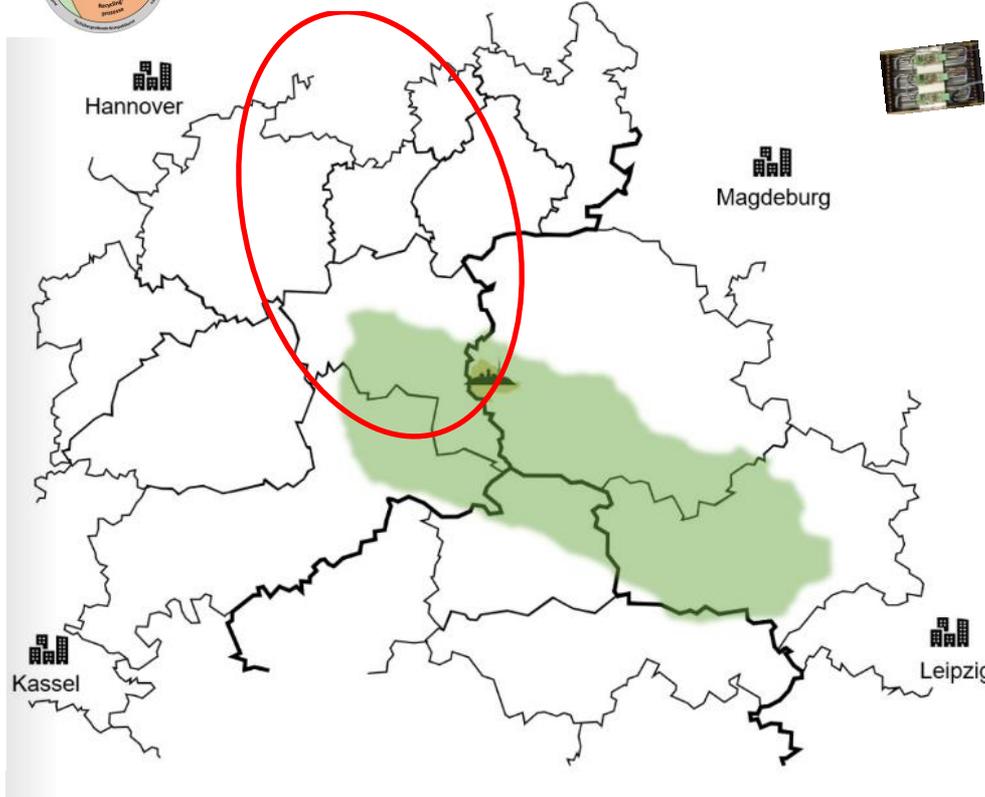




TU Clausthal

Akteure im Bereich Zirkulare Batterie Produktion in der Region Braunschweig

Schwerpunktregion für geschlossene Produktionskreisläufe



Vielen Dank



für Ihre Aufmerksamkeit !



IFAD
Rohstoffaufbereitung und Recycling

CUTEC

Clausthaler Umwelttechnik
Forschungszentrum

REWIMET

Recyclingcluster wirtschaftsstrategische Metalle



GERRI
German Resource Research Institute



FORAM
TOWARDS A WORLD FORUM
ON RAW MATERIALS