

ORE-LIB

Optimierung von Recyclingeffizienz von Lithium-Ionen-Batterien

Programm / Ausschreibung	IWI 24/26, IWI 24/26, Basisprogramm Ausschreibung 2024	Status	laufend
Projektstart	01.01.2025	Projektende	30.11.2025
Zeitraum	2025 - 2025	Projektlaufzeit	11 Monate
Keywords			

Projektbeschreibung

Motivation

Lithium-Ionen-Batterien (LIB) sind aufgrund ihrer hohen Energiedichte, ihres flexiblen Designs und ihrer langen Lebensdauer von zentraler Bedeutung für die Erreichung der Ziele der Europäischen Union für eine emissionsfreie Mobilität. Mit dem zunehmenden Einsatz von LIB in Elektrofahrzeugen und anderen Geräten steigt auch der Bedarf an Rohstoffen wie Lithium, Kobalt und Nickel erheblich, was das LIB-Recycling und die Rückgewinnung von wertvollen Metallen notwendig macht.

Projektziele

Das Projekt "ORE-LIB" zielt darauf ab, die Recyclingeffizienz bezüglich dem ProtectLiB Recyclingprozess - insbesondere für Lithium - von LIB auf Zellebene zu bewerten und zu modellieren. Dieses Modell bildet die Basis einer datengetriebenen Optimierung des Recyclingprozesses hinsichtlich Parameter wie Recyclingeffizienz, Nachhaltigkeit und Prozesskosten. Als Basis des Modells dienen batteriespezifische, analytische, ökologische und ökonomische Parameter. Dazu werden Alterungstests an Zellen und Modulen durchgeführt, bei denen Parameter wie der Gesundheits- oder Ladezustand, Strom, Spannung, Lade- und Entladekapazität sowie Oberflächentemperaturen über eine Laufzeit von über 400 Zyklen erfasst werden. Im Anschluss werden diese Zellen mit dem ProtectLiB Recyclingprozess verarbeitet und chemischen Analysen unterzogen, um die Extraktionseffizienz sowie die Quantität der Verunreinigungen (wie z.B. freie Fluoride) zu bestimmen und in einer entsprechenden Datenbank zu speichern. Diese Datenbank ermöglicht den Einfluss von Alterungs- und Nebenprodukten auf den ProtectLiB Recyclingprozess in Abhängigkeit von der Zellhistorie zu analysieren.

ProtectLiB Recyclingprozess

In ORE-LIB wird der ProtectLiB Recyclingprozess (Vorbehandlung, Zerkleinerung, Nachbehandlung), welcher auf Arbeitssicherheit und Nachhaltigkeit abzielt, auch auf direkt gekühlte Module angewendet. Unterschiede zwischen direkt und indirekt gekühlten Zellen werden identifiziert, in der Datenbank dokumentiert und Zusammenhänge modelliert. Durch die

erlangten Erkenntnisse, wie beispielsweise eine Erhöhung des freien Fluorgehaltes in der Black Mass nach der thermischen Behandlung, wird der derzeitige Recyclingprozess angepasst und die Recyclingeffizienz für direkt gekühlte Zellen optimiert.

Ausblick und erwartete Ergebnisse

Die Projektpartner etablieren mit ORE-LIB eine Grundlage und zielen schon vorbereitend darauf ab, dem europäischen Batteriepass zu entsprechen. Die erfassten Parameter sind essenziell für das zukünftige Recycling von LIB. Die kontinuierlich erweiterbare Datenbank, mit den Ergebnissen aus Alterungstests sowie nasschemischen Analysen, ermöglicht einerseits eine schnelle Erkennung von Zusammenhängen, wie Temperatur und entstehende Abbauprodukte und andererseits eine erste Einschätzung für die ökologische und ökonomische Bewertung des Recyclingprozesses. Für die jeweilige Zellspezifikation kann der optimale Recyclingprozess mit maximaler Zeit- und Ressourceneinsparung bei minimalem CO₂-Fußabdruck gewählt werden. Eine schnelle, erste Abschätzung der Recyclingeffizienz und des optimierten ProtectLiB-Recyclingprozesses, aufgrund der analytischen und batteriespezifischen Datenbasis, ermöglicht eine dynamische Preisgestaltung der Recyclingdienstleistung für die Kunden und eine schnelle Angebotserstellung.

Langfristig wird die Datenbank um verschiedene Zellchemien, Batteriepackdesigns und Daten zur Rückgewinnung von Nickel und Kobalt erweitert. Durch die einfache Identifikation von weiteren Mustern und Trends wird ProtectLiB's Recyclingprozess kontinuierlich nachhaltiger und effizienter. Unter Berücksichtigung der Zellhistorie, mittels zugänglicher Daten aus dem ab 2027 verpflichtenden, digitalen Batteriepass, sind präzisere Abschätzungen des Recyclingprozesses für verschiedenste Zellen möglich und das LIB-Recycling wird fortlaufend optimiert.

Endberichtkurzfassung

Im Projekt ORE-LIB wurde eine erweiterbare Datenbank sowie ein Bewertungsmodell zur Beurteilung und Optimierung des Recyclingprozesses von direkt gekühlten Lithium-Ionen-Batterien auf Zellbasis entwickelt.

Es wurden direktgekühlte Minimodule mit Molicel INR-21700-P42A Zellen aufgebaut und unterschiedlichen Alterungstests unterzogen - sowohl thermisch als auch zyklisch. Sämtliche batteriespezifische Parameter, Recyclingdaten und analytische Charakterisierungen wurden systematisch erfasst und in die Datenbank integriert, die bereits wesentliche Anforderungen des ab 2027 geplanten digitalen Batteriepasses erfüllt.

Die zentralen Erkenntnisse zeigen, dass direkt gekühlte Zellen im Recyclingprozess keine signifikanten Unterschiede zu indirekt gekühlten Referenzzellen aufweisen. Die resultierende Schwarzmasse war in allen Versuchsdurchläufen qualitativ vergleichbar; Rückstände von Kühlflüssigkeiten hatten keinen relevanten Einfluss auf Prozessschritte wie Elektrolytentfernung durch die thermische Nachbehandlung oder Prallen und Sieben. Der bestehende ProtectLiB-Recyclingprozess kann somit ohne Anpassung auf direkt gekühlte Zellen angewendet werden.

Bei stark degradierten oder defekten Zellen hingegen wurden erhöhte Konzentrationen von Abbauprodukten wie beispielsweise Fluorwasserstoffsäure oder Ameisensäure im Elektrolyt festgestellt. Dies hat zwar keine signifikante Auswirkung auf die Qualität der Schwarzmasse, allerdings auf die Anlagen- und Arbeitssicherheit. Diese Erkenntnisse wurden in die entwickelte Bewertungsmatrix aufgenommen und sind besonders für die Auswahl von geeigneter Schutzausrüstung sowie Filter- und Abluftsystemen von Bedeutung.

Die im Projekt gewonnenen Daten und Methoden bilden die Grundlage für weiterführende Forschung zur Kreislaufwirtschaft von Batterien und stärken die regionale Wertschöpfung im Batterierecycling.

Projektkoordinator

- ProtectLiB GmbH

Projektpartner

- Virtual Vehicle Research GmbH