

## MoLIBity

Entwicklung eines funktionellen Recyclingprozesses für Lithium-Ionen-Traktionsbatterien aus Mobilitätsanwendungen

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Mobilitätssystem, Mobilitätssystem, Regionen & Technologien Ausschreibung 2022	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.04.2023	<b>Projektende</b>	30.09.2026
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2026	<b>Projektlaufzeit</b>	42 Monate
<b>Keywords</b>	Batterie; Recycling; Elektromobilität; Batteriepass; Nachhaltigkeit		

### Projektbeschreibung

Ausgangssituation, Problematik und Motivation

Der Anteil in Österreich neu zugelassener, batterieelektrischer Fahrzeuge steigt seit 2015 jährlich um 50%. Um diesen Trend zu befriedigen, ist eine enorme Steigerung der Bereitstellung von Rohstoffen (u.a. Li, Co, Ni) erforderlich. Die Primärrohstoffgewinnung, welche nur zu 1% in Europa stattfindet und somit eine starke Importabhängigkeit mit sich bringt, stellt zudem eine enorme Umweltbelastung dar. Der Abbau des in Lithium-Ionen-Batterien (LIB) nicht substituierbaren Elements Lithium geht mit hohem Chemikalieneinsatz, Wasserverbrauch sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen einher. Erschwerend dazu wirkt, dass sich bestehende Recyclingtechnologien vorwiegend auf einige werthaltige Metalle (v.a. Ni, Co) konzentrieren. Diese Verfahren gewinnen unter anderem den in LIB nicht substituierbaren, von der Europäischen Kommission 2020 als kritisch eingestuften Rohstoff Lithium, nicht zurück. Eine weitere Problemstellung ist die mit der hohen Inverkehrbringung einhergehenden, notwendigen Entsorgung von End-of-Life (EoL) LIB. Laut Modellierung der WIFO ergibt sich in Österreich im Jahr 2030 eine große Herausforderung für die österreichische Abfallwirtschaft von bis zu 18.000 Tonnen EoL LIB jährlich, wovon über 85% auf Lithium-Ionen-Traktionsbatterien (LITB) aus Mobilitätsanwendungen zurückzuführen sind. Weiters ergibt sich ein steigendes Abfallaufkommen durch Produktionsabfälle, welche durch den massiven Zuwachs von europäischen Produktionskapazitäten in den folgenden Jahren vorherrschend sein wird (bis 2030 fallen mehr Produktionsabfälle als EoL LITB in Europa an).

Ziele und Innovationsgehalt

Beiden Problemstellungen kann jedoch mit funktionellem Recycling begegnet werden. Ziel von MoLIBity ist es daher, mindestens die Einhaltung der Element-spezifischen (u.a. Li >35%; Ni, Co >90%) und massenbezogenen (>65 Gew.-%) Recyclingquoten der EU-Batterieverordnung für die relevanten Zellchemien (v.a. NMC, LCO) durch Entwicklung neuer Recyclingprozesse zu ermöglichen.

Um den rasanten Anstieg von anfallenden Produktionsabfällen funktionell recyceln zu können, ist eine Anpassung bisheriger Verfahren notwendig (z.B. Unterschied: kein Elektrolyt). Ziel ist die Entwicklung eines stabilen Prozesses zur Gewinnung des

Separator- als auch Aktivmaterials in einer Reinheit für den Wiedereinsatz bei der Zellherstellung.

Im Bereich der Vorbehandlung von EoL LITB sollen effiziente Verfahren zur Identifikation der Zellchemie von Batterien sowie Qualitätsbewertung von Schwarzmasse entwickelt werden, welche als Werkzeuge in Entsorgungs- und Recyclingbetrieben fungieren und die Prozessökonomie optimieren sowie den Abfallstrom homogenisieren sollen. Ergänzend werden die Anforderungen und Folgen eines digitalen Produktpasses in Anlehnung an den Batteriepass erforscht. Zur Abschätzung des vorhandenen Potenzials werden umfangreiche Entlade- und Demontageanalysen durchgeführt und eruiert, welche Informationen in welcher Tiefe im Batteriepass enthalten sein müssen, um relevante Optimierungen erzielen zu können. Darüber hinaus wird ein Prozess zum funktionellen Recycling von Schwarzmasse erarbeitet. Dieser besteht aus dem sogenannten COOL-Prozess zur Extraktion von Lithiumcarbonat mittels überkritischem CO<sub>2</sub> und einem anschließenden hydrometallurgischen Verfahren zur Rückgewinnung weiterer Wertmetalle (u.a. Ni, Co, Mn). Um die breite Anwendbarkeit des entwickelten Prozesses zu ermöglichen, sollen schnelle und verlässliche Prüfverfahren entwickelt werden, welche die Materialqualität des Inputmaterials Schwarzmasse (produziert von verschiedenen Anbietern über verschiedene Routen) bestimmen und dadurch eine Eignung für den Prozess bestimmen können. Die Wertschöpfungskette von der Vorbehandlung bis zum Recycling wird unter technischen, ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten bewertet, um eine nachhaltige Lösung zu erzielen. Der ökologische Nutzen bzw. CO<sub>2</sub>-Fußabdruck wird mittels Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment, LCA) quantifiziert und bereits etablierten Verfahrenskombinationen gegenübergestellt. Eine Kritikalitätsanalyse für LIB-relevante Rohstoffe soll durch Ermittlung der Relevanz und Sicherheit der Lieferkette als Grundlage für soziale als auch ökonomisch nachhaltige Entscheidungsfindungen fungieren. Das Projekt MoLIBity leistet somit einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit von LIB durch die transparente Erforschung innovativer Recyclingverfahren.

#### Angestrebte Ergebnisse und Erkenntnisse

Folgende Ergebnisse und Erkenntnisse sollen in MoLIBity entwickelt werden:

- Demontageanalysen zur Klärung des aktuellen Status des Design-for-Recycling
- Erweiterbare Datenbank im Sinne des Batteriepasses mit Anforderungsprofil und Folgenabschätzung zu untersuchten Parametern
- Effiziente Prüfverfahren für Input- und Outputmaterialien (u.a. von Schwarzmasse)
- Optimumsparameter für die Lithium-Extraktion im COOL-Prozess im Labormaßstab sowie Erhebung des Potenzials der Skalierung
- Hydrometallurgischer Aufbereitungsprozess für batteriefähige Sekundärrohstoffe nach dem Zero-Waste Ansatz
- Adaptierung des Recyclingverfahrens LIBRES für Produktionsabfälle (ohne Elektrolytzugabe) zur funktionellen Aufbereitung der zunächst stark steigenden Produktionsausschüsse
- Ökobilanzierung mittels Life Cycle Assessment und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des neuartigen, technischen Gesamtprozesses sowie Benchmarking
- Kritikalitätsanalyse von LIB-relevanten Rohstoffen zur Bewertung der Sicherheit der Lieferkette
- Ausgearbeitete Handlungsempfehlungen sowie die Konzeptionierung einer Implementierung
- Diverse wissenschaftliche Veröffentlichungen, Konferenzbeiträge und wissenschaftliche Arbeiten (Dissertationen, Diplomarbeiten, Bachelorarbeiten) zu den Themen Identifikation, Analyseverfahren für Schwarzmasse, COOL-Prozess, hydrometallurgische Aufbereitung und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung

## Abstract

### Initial situation, problem, and motivation

The share of newly registered battery electric vehicles in Austria has been increasing by 50% annually since 2015. To satisfy this trend, an enormous increase in the supply of raw materials (including Li, Co, and Ni) is required. The primary raw material extraction, of which only 1% takes place in Europe and thus entails a strong dependence on imports, also represents an enormous environmental burden. The mining of the non-substitutable element lithium in lithium-ion batteries (LIB) is associated with high chemical input, water consumption and CO<sub>2</sub> emissions. This is aggravated by the fact that existing recycling technologies concentrate mainly on a few valuable metals (mainly Ni, and Co). These processes do not recover lithium, which is classified as critical by the European Commission 2020. Another problem is the necessary disposal of end-of-life (EoL) LIBs, which is associated with the high rate of market penetration. According to WIFO's modelling, this results in a major challenge for Austrian waste management of up to 18,000 tons of EoL LIB annually in 2030, of which more than 85% is attributable to lithium-ion traction batteries (LITB) from mobility applications. Furthermore, there is an increasing waste volume due to production waste, which will be predominant in the following years due to the massive increase of European production capacities (by 2030, there will be more LIB production waste than EoL LITB in Europe).

### Goals and innovation content

Both problems can be addressed with functional recycling. The aim of MoLIBity is to enable compliance with the element-specific (e.g. Li >35%; Ni, Co >90%) and mass-related (>65 wt.%) recycling quotas of the EU Battery Regulation for the relevant cell chemistries (mainly NMC, LCO) by developing new recycling processes.

In order to be able to functionally recycle the rapidly increasing production waste generated, it is necessary to adapt previous processes (e.g. difference: no electrolyte). The aim is to develop a stable process to recover the separator and active material in a purity for reuse in cell production.

In the field of pre-treatment of EoL LITB, efficient processes for the identification of the cell chemistry of batteries will be developed, which will act as tools in disposal operations and optimize process economics and homogenize the waste stream. In addition, the requirements and consequences of a digital product passport based on the battery passport will be researched. To estimate the existing potential, extensive discharge and disassembly analyses will be carried out and it will be determined which information must be contained in the battery passport and to what depth to be able to achieve relevant optimizations. In addition, a process for the functional recycling of black mass is being developed. This consists of the so-called COOL process for the extraction of lithium carbonate using supercritical CO<sub>2</sub> and a subsequent hydrometallurgical process for the recovery of other valuable metals (including Ni, Co, and Mn). In order to enable the broad applicability of the developed process, fast and reliable testing methods shall be developed, which can determine the material quality of the input black mass (produced by different suppliers via different routes) and thereby determine suitability for the process. The value chain from pre-treatment to recycling will be evaluated from technical, ecologic, and economical points of view to achieve a sustainable solution. The ecologic benefits or carbon footprint will be quantified using life cycle assessment (LCA) and compared to already established process combinations. A criticality analysis for LIB-relevant raw materials represents another important tool for determining the relevance and safety of the supply chain and is intended to function as a basis for socially as well as economically sustainable decision-making. The MoLIBity project thus makes an important contribution to the sustainability of LIB through transparent research into innovative recycling processes.

## Intended results and findings

The following results and findings are to be developed in MoLIBity:

- Disassembly analyses to clarify the current status of design-for-recycling
- Extensible database in terms of battery passport with requirement profile and impact assessment of investigated parameters
- Efficient test procedures for input and output materials (including black mass)
- Optimum parameters for lithium extraction in the COOL process on a laboratory scale and survey of the potential for scaling up
- Hydrometallurgical treatment process for battery-grade secondary raw materials according to the zero-waste approach
- Adaptation of the LIBRES recycling process for production waste (without electrolyte addition) for the functional processing of the initially rapidly increasing production rejects
- Life cycle assessment and economic evaluation of the novel, technical overall process as well as benchmarking
- Criticality analysis of LIB-relevant raw materials to assess the safety of the supply chain
- Elaborated recommendations for action as well as conceptual design of an implementation
- Various scientific publications, conference contributions and scientific papers (dissertations, theses, bachelor theses) on the topics of identification, analysis methods for black mass, COOL process, hydrometallurgical processing, and CO2 balancing

### **Projektkoordinator**

- Fraunhofer Austria Research GmbH

### **Projektpartner**

- Montanuniversität Leoben
- Saubermacher Dienstleistungs-Aktiengesellschaft
- Universität für Bodenkultur Wien
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
- TREIBACHER INDUSTRIE AG