



Recycling von Lithium-Ionen-Batterien: Kombiniertes Ansatz

Fortschritt beim Recycling heterogener Materialströme aus EoL-Batterien: Induktiv beheizter Reaktor gekoppelt mit Biohydrometallurgie

Batterien am Ende ihres Lebenszyklus fallen dezentral an und gelangen häufig als gemischte oder unzureichend identifizierte Materialströme zu den Recyclingbetrieben, was die Transport-, Lager- und Sicherheitskosten in die Höhe treibt – und die Prozessplanung sowie -steuerung erschwert. Viele Verfahren erfordern heute für die wirtschaftliche Tragfähigkeit nahezu sortenreine Materialströme, was die Variabilität der realen Welt nicht abbildet. Die Aufbereitung heterogener, gemischter Schwarzmasse-Fractionen ist daher entscheidend, um das Recycling zu skalieren und die EU-Rückgewinnungsziele über den traditionellen Fokus auf Ni/Co/Cu hinaus zu erreichen – und sie auch auf Lithium und Phosphor auszuweiten. Erschwerend kommt hinzu, dass bei vielen Batterien die Zellchemie nicht eindeutig gekennzeichnet ist – bis der Batteriepass zum Standard wird – wodurch unvermeidlich gemischte Recyclingströme entstehen. Das verstärkt die Unsicherheit beim Input und die Notwendigkeit robuster Prozesse, die eine breite Inputvariabilität tolerieren.

Um die Komplexität in gemischten Einsatzstoffen zu bewältigen, verfolgt die Arbeit einen ergänzenden Ansatz, der ein induktiv beheiztes Reaktorkonzept mit biohydrometallurgischer Rückgewinnung koppelt. In der Biohydrometallurgie wird versucht, die Umweltauswirkungen innerhalb eines Closed-Loop-Konzepts zu verringern. Parallel dazu bietet der induktiv beheizte Reaktor eine präzise thermische Regelung mit elektrischer Energie, sowie Trennmechanismen, die komplexe Schwarzmasse-Gemische für eine selektivere nachgelagerte Rückgewinnung vorkonditionieren und eine bessere Aufteilung mineralischer gegenüber metallreicher Phasen ermöglichen.

- Während die Pyrometallurgie Phasen voranreichern und trennen kann, bietet die Biohydrometallurgie einen Weg zur Rückgewinnung metallischer Komponenten aus der Legierung mit potenziell geringen Umweltbelastungen.
- Das kontrollierte Temperaturprofil des Reaktors und die gasphasenbasierte Entfernung reaktiver Spezies können gemischte Einsatzstoffe in gleichmäßigere, besser trennbare Outputs konditionieren. Dies verbessert die Kompatibilität mit nachfolgenden biobasierten Laugungsschritten, die ansonsten empfindlich auf Variabilität der Einsatzstoffe reagieren.

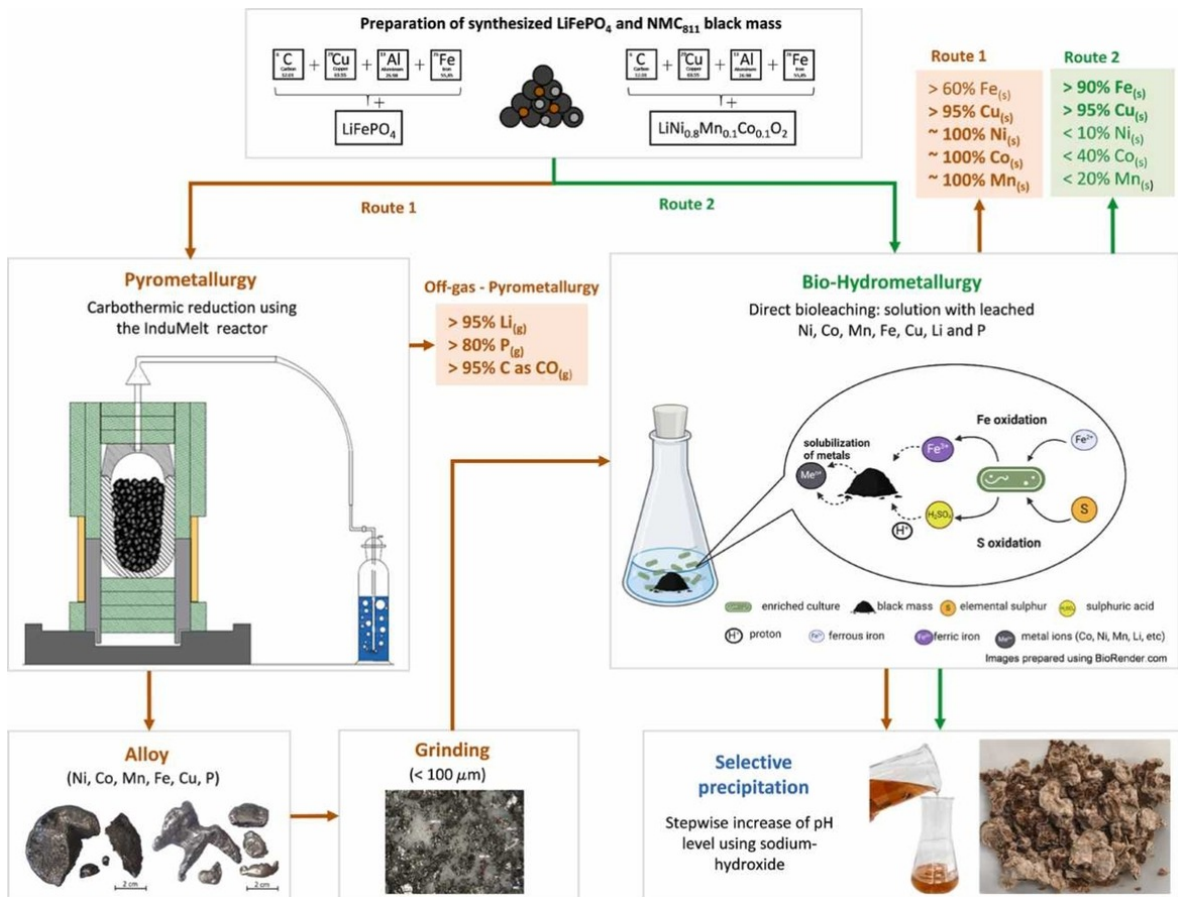


Abbildung 1: Wiszniewski, L., Lalropuia, L., Spiess, S., Presoly, P., Kremser, K., Doschek-Held, K., Guebitz, G. M., & Raonic, Z. (2025). Integrating pyro- and biohydrometallurgy in a green closed-loop lithium-ion battery recycling approach. *Journal of environmental chemical engineering*, 13.2025(3).

Die Integration karbothermischer Reduktion im InduMelt-Reaktor mit zielgerichtetem Bioleaching und selektiver Hydroxidfällung ermöglicht eine hocheffiziente Rückgewinnung kritischer Metalle aus NMC- und LFP-Schwarzmassen. Dabei werden Lithium-Übertrag in die Gasphase, hohe Laugungsraten bei niedriger Feststoffkonzentration sowie eine effiziente nachgeschaltete Fällung erreicht.

Dissemination

Das FuLiBatterie COMET Modul wurde bei den Battery Innovation Days in Graz am 2. und 3. Dezember 2025 vorgestellt.



Abbildung 2: Bettina Rutrecht und Parinaz Seifollahzadeh am K1-MET-Forschungsstand.

Am 14. April 2026 fand der 3. FuLIBatteR Workshop in Feldkirchen bei Graz statt. Ebenfalls Teil des Programms war eine Besichtigung der Batteriesortier- und Demontageanlage der Saubermacher Dienstleistungs AG in Premstätten.



Abbildung 3: 3. FuLIBatteR Workshop bei der Saubermacher Dienstleistungs AG in Feldkirchen bei Graz.

Weitere ausgewählte Disseminationsaktivitäten im FuLIBatteR-Modul waren:

- Rutrecht, B., Roskogler, S., Arnberger, A., Pomberger, R., Nigl, T., Mapping stakeholder perspectives for sustainability transitions: the case of Lithium-Ion Battery recycling, Sustainability 18 (2), paper no. 654
- Baniasadi M., Upvan K., Pourhossein F., Graves J.E., Latyvtte E., Farnaud S., Towards a circular economy in lithium ion battery recycling by integrating microbial processes with electrowinning and precipitation for sustainable metal recovery, Journal of Environmental Management 395, paper no. 127891.
- Sieber, A., Kalampaka, A., Matys, S., Lederer, F., Kremser, K., Ribitsch, D., Guebitz, G. M., Phage display screening for highly specific nickel-and cobalt-binding peptides for bio-recovery of metals, Waste Management 208, paper no. 115145.
- Rieger, J., Stuhr, S., Rutrecht, B., Morgenbesser, S., Nigl, T., Arnberger, A., Kunanz, H., Lesiak, S., Graphite separation from LIB black mass by froth flotation and quality evaluation for a reuse as secondary raw material in-cluding non-battery applications, Recycling 10 (2), paper 75.

- Wiszniewski, L., Jüttner, L., Raonic, Z., Arnberger, A., Müller, J., Doschek-Held, K., Raupenstrauch, H., Schmidt, L., Pre-treatment strategies for efficient pyrometallurgical recycling of Lithium-Ion Batteries within the InduRed reactor, BHM Berg- und Huettenmaennische Monatshefte 170 (7), pp. 422 – 427.
- Wiszniewski L., Lalropuia L., Spiess S., Presoly P., Kremser K., Doschek-Held K., Guebitz G.M., Raonic Z., Integrating pyro- and biohydrometallurgy in a green closed-loop lithium-ion battery recycling approach, Journal of Environmental Chemical Engineering 13, paper no. 116811.

Das Modul FuLIBatteR ist Teil des österreichischen Kompetenzzentren-Programms COMET (Competence Center for Excellent Technologies). Dieses Programm wird von der FFG (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft) koordiniert. FuLIBatteR wird durch das Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur, das Bundesministerium für Wirtschaft, Energie und Tourismus und die Länder Oberösterreich und Steiermark gefördert. Das Konsortium umfasst (alphabetisch aufgelistet) acib GmbH, Audi AG, BOKU University of Natural Resources and Applied Sciences, BRAIN Biotech AG, Coventry University, Ebner Industrieofenbau GmbH, Montanuniversität Leoben, RHI Magnesita GmbH, Saubermacher Dienstleistungs AG, TÜV SÜD Landesgesellschaft Österreich GmbH, UVR-FIA GmbH, voestalpine High Performance Metals GmbH und VTU Engineering GmbH. Das Projektkonsortium wird von der K1-MET GmbH als Konsortialführung koordiniert.

Weitere Informationen über das COMET Modul FuLIBatteR und seine Fortschritte finden Sie unter [LinkedIn](#) und der [K1-MET-Website](#).