

## DIE GRAPHITCHALLENGE:

### DIE RÜCKGEWINNUNG VON GRAPHIT AUS ANODENMATERIALIEN BEIM RECYCLING VON LITHIUM-IONEN-BATTERIEN

Lithium-Ionen-Batterien (LIBs) bestehen aus zwei Elektroden, Elektrodenfolien, einem Separator, einem Elektrolyten sowie organischen Komponenten und Kunststoffkomponenten. Am Ende ihres Lebenszyklus werden die LIB-Zellen gesammelt und einem mechanisch-thermischen Recyclingprozess mit einer Siebung unterzogen, um die „Schwarzmasse“ zu gewinnen – eine komplexe Mischung aus Metallen, organischen Komponenten und Graphitkomponenten.<sup>1</sup>

Tatsächlich stellt das Anodenmaterial bis zu 40% der Schwarzmasse dar. Obwohl mehrere Methoden zur Behandlung von LIBs wie pyrometallurgische, hydrometallurgische und biohydrometallurgische Methoden entwickelt wurden, konzentrieren sich diese hauptsächlich auf die Rückgewinnung von metallischen Komponenten und lassen das Recycling von Anodenmaterialien weitgehend außer Acht.<sup>2</sup> Für eine nachhaltige Batteriewertschöpfungskette und eine Optimierung der Materialqualität für die nachgeschaltete Verarbeitung müssen effizientere Recyclingansätze, unter Berücksichtigung des Recyclings von Anodenmaterialien, angewendet werden.

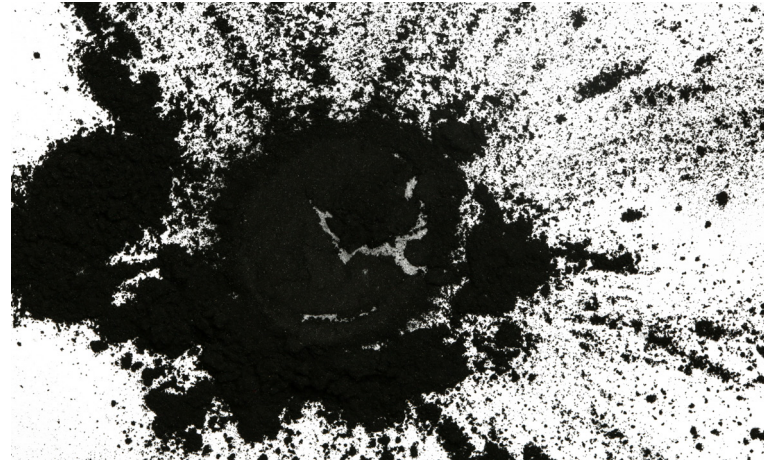
Die Anode besteht aus einer Kupferfolie, die mit leitfähigem Graphitpulver und einem Elektrolyten mit einem polymeren Bindemittel (wie Polyvinylidenfluorid) beschichtet ist. Die Entfernung von Graphit aus der Schwarzmasse ist für effiziente Recyclingprozesse unerlässlich, da dies die Metallrückgewinnung und Prozesseffizienz in der Pyrometallurgie negativ beeinflusst. In der Hydrometallurgie minimiert die Entfernung von Graphit das Einsatzvolumen und reduziert damit den Wasserverbrauch und den Verbrauch von Reagenzien.<sup>3</sup>

Eine vielversprechende Technik zur Trennung von Anodengraphit aus der Schwarzmasse ist die Schaumflotation. Dieser Prozess nutzt Unterschiede in der Oberflächenbenetzbarkeit, die eine Trennung des Anodengraphits von anderen Komponenten in der Schwarzmasse ermöglicht. Der Flotationsprozess beginnt damit, dass die Schwarzmasse in Wasser suspendiert wird und dabei Flotationsmittel wie Sammler und Schaummittel zugegeben werden. Kerosin oder Diesel können als Sammler verwendet werden, um an die Graphitpartikel zu binden und ihre Hydrophobizität zu erhöhen, damit sie sich an die in die Suspension eingebrachten Luftblasen anheften. Schaumbildner wie MIBC (Methylisobutylcarbinol) erzeugen dabei eine stabile Schaumschicht. Der Schaum kann anschließend abgeschöpft werden und enthält ein graphitangereichertes Konzentrat, das weiterverarbeitet werden kann.<sup>4</sup> Flotation ist ein hochselektiver Trennprozess, der Graphit effektiv aus der Schwarzmasse entfernen kann. Durch die Verbesserung der Anodentrückgewinnung mittels Schaumflotation können effizientere Recyclingansätze entwickelt werden, die zu einer nachhaltigeren Batteriewertschöpfungskette führen.

Das Projekt 1 des FuLIBatteR-Moduls „Abfallwirtschaft und abfalltechnische Ansätze für das Recycling von LIBs“ konzentriert sich auf diese Herausforderung, um hochwertigen Graphit aus der Schwarzmasse mittels Flotation rückzugewinnen. Das Projektteam befindet sich derzeit in der Phase der Reagenzien-Auswahl und der Vorbereitung für bevorstehende Experimente.

Zusätzlich wurden folgende Disseminationsaktivitäten fixiert, bei denen FuLIBatteR präsentiert wird:

- 12. DGAW-Wissenschaftskongress „Abfall- und Ressourcenmanagement“ in Hamburg (Deutschland) von 9. bis 10. März 2023, Vortrag von Fr. B. Rutrecht (K1-MET GmbH in Kooperation mit der Montanuniversität Leoben) (Projekt 1)



- Biomining Conference in Falmouth (UK) von 5. bis 6. Juni 2023, Vorträge von Hrn. K. Kremser (BOKU Universität für Bodenkultur Wien in Kooperation mit K1-MET GmbH und acib GmbH), Fr. A. Sieber (K1-MET GmbH in Kooperation mit der BOKU Universität für Bodenkultur Wien) und Hr. L. Lalropuia (K1-MET GmbH in Kooperation mit der BOKU Universität für Bodenkultur Wien) (alle aus Projekt 3)
- 19<sup>th</sup> International Symposium on Waste Management and Sustainable Landfilling in Santa Margherita di Pula (Italien), Vortrag von Fr. B. Rutrecht (K1-MET GmbH in Kooperation mit der Montanuniversität Leoben) (Projekt 1)

Das Modul FuLIBatteR ist Teil des österreichischen Kompetenzzentren-Programms COMET (Competence Center for Excellent Technologies). Dieses Programm wird koordiniert von der FFG (Die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft) und FuLIBatteR wird gefördert durch das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, das Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft und die Länder Oberösterreich und Steiermark. Das Konsortium umfasst (alphabetisch aufgelistet) acib GmbH, Audi AG, BOKU Universität für Bodenkultur Wien, BRAIN Biotech AG, Coventry University, Ebner Industrieofenbau GmbH, Montanuniversität Leoben, RHI Magnesita GmbH, Saubermacher Dienstleistungs AG, TÜV SÜD Landesgesellschaft Österreich GmbH, UVR-FIA GmbH und voestalpine High Performance Metals GmbH. Dieses wird von der K1-MET GmbH als Konsortialführer koordiniert.

1. T. Raj, K. Chandrasekhar, A. N. Kumar, P. Sharma, A. Pandey, M. Jang, B.-H. Jeon, S. Varjani, S.-H. Kim, Recycling of cathode material from spent lithium-ion batteries: Challenges and future perspectives, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 429, (2022), pp. 128-312, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.128312>.

2. L. M. Salces, I. Bremerstein, M. Rudolph, A. Vanderbruggen, Joint recovery of graphite and lithium metal oxides from spent lithium-ion batteries using froth flotation and investigation on process water re-use, *Minerals Engineering*, Vol. 184, (2022), pp. 107-670, <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107670>.

3. A. Vanderbruggen, J. Sygusch, M. Rudolph, R. Serna-Guerrero, A contribution to understanding the flotation behavior of lithium metal oxides and spheroidized graphite for lithium-ion battery recycling, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 626, (2021), pp. 127-111, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.127111>.

4. A. Vanderbruggen, A. Salces, A. Ferreira, M. Rudolph, R. Serna-Guerrero, Improving Separation Efficiency in End-of-Life Lithium-Ion Batteries Flotation Using Attrition Pre-Treatment, *MDPI, Minerals*, Vol. 72, (2022). <https://doi.org/10.3390/min12010072>