

# Direktes Recycling von Batterieelektroden

## Funktionserhaltende Rückgewinnung von Aktivmaterialien

Der Klimawandel und das wachsende Bewusstsein für Nachhaltigkeit haben die Entwicklung von erneuerbaren Energien und Energiespeichern vorangetrieben. Allerdings führen hohe Qualitätsanforderungen und der rasche technologische Fortschritt zu erheblichen Ausschussraten in der Produktion, was die Ressourceneffizienz beeinträchtigt. Besonders kritisch ist dies angesichts der Knappheit von Metallen wie Lithium, Kobalt und Nickel, die in Lithium-Ionen-Batterien (LIB) verwendet werden und aus geopolitischen Gründen eine Herausforderung für die europäische Industrie darstellen. Das vorgestellte Konzept aus dem Projekt DiRecFM ermöglicht ein direktes Recycling von Batterieelektroden.

Etablierte Recyclingmethoden, die wertvolle Materialien in ihre Rohstoffe zerlegen, sind ressourcen- und emissionsintensiv. Das direkte Recycling, bei dem Aktivmaterialien durch schonende Prozesse funktionserhaltend zurückgewonnen und direkt in die Batterieproduktion rückgeführt werden können, ist demgegenüber als nachhaltiger einzustufen. Voraussetzung ist die rückstandsfreie Trennung der Aktivmaterialien von anderen Zellkomponenten.

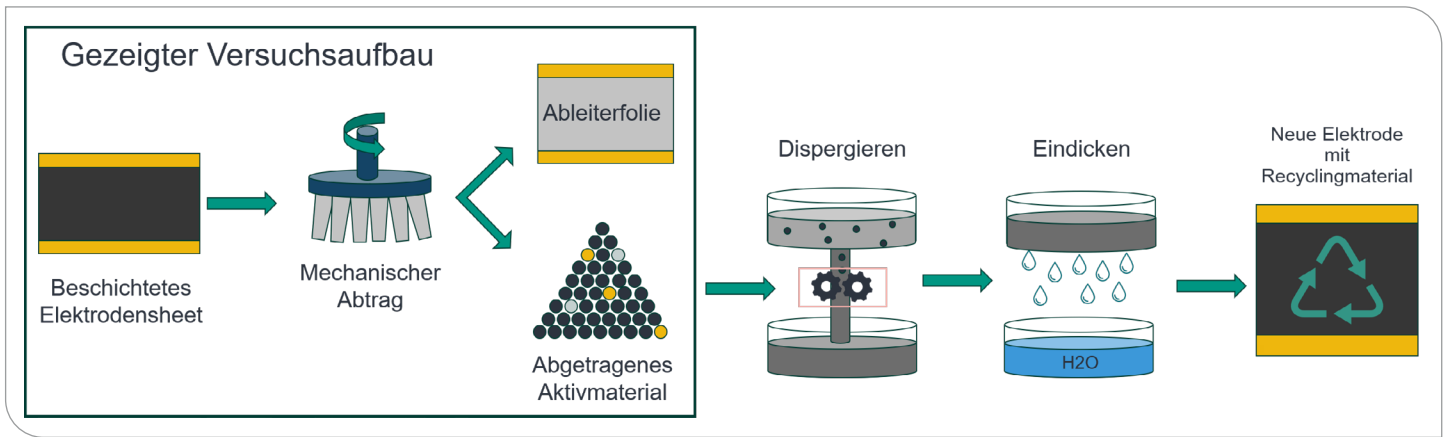
Vorgestellt wird ein mechatronisches Konzept, bei dem das Aktivmaterial der Anode mechanisch durch Bürsten von der Kupferfolie entfernt wird. Der gezeigte Versuchsstand veranschaulicht die mögliche Umsetzung einer kontinuierlichen Verarbeitung von Rollenmaterial mithilfe einer Schwertbürste.

### Prozesskette für das direkte Recycling

Das technologische Konzept, eine Prozesskette für das Direktreycling von Aktivmaterialien (LFP und Graphit) wurde im Rahmen des Forschungsprojekts DiRecFM (FKZ: WM34-42-57/28) entwickelt. Dieses Projekt zielt auf eine grundlegende Verbesserung des Batterie-Ökosystems ab. Den Ausgangspunkt der Prozesskette bilden beschichtete und getrocknete Elektrodenfolien. Diese werden zunächst delaminiert. Dann wird das Aktivmaterial durch Dispersions- und Zentrifugationsschritte für die Rückführung in die Produktion aufbereitet.



Versuchsaufbau für das direkte Recycling von Batterieelektroden mithilfe einer Schwertbürste.



Schematischer Prozessablauf für das direkte Recycling nach [2].

Für den Machbarkeitsnachweis wurde Anodenmaterial behandelt. Dazu wurde vor der Prozessierung mithilfe der Schwertbürste Wasser zugegeben. Dies erleichtert den Abtrag des Aktivmaterials und verhindert Staubbildung, wie sie bei einem trockenen Abbürsten zu beobachten ist. Dabei wird die angestrebte Quote an Materialabtrag von 95 Prozent noch übertroffen. Wie Versuche bestätigten, stellen die Eindringtiefe der Bürste sowie die Vorschubgeschwindigkeit des Elektrodensheets die wichtigsten Einflussparameter dar. Eine Beschädigung der Substratfolie wurde dabei nicht beobachtet.

## Fazit und Ausblick

Die Versuche zeigen erfolgreich die Machbarkeit des Direktrecyclings mithilfe mechanischer Bürsten für eine kontinuierliche Verarbeitung. Trotz notwendiger Vorbehandlung und komplexer Materialhandhabung bietet das Direkte Recycling Vorteile gegenüber anderen Methoden, unter anderem einen geringen Lösungsmittelverbrauch.

Optimierungen, etwa bei der Eindringtiefe der Bürsten und der Flüssigkeitszuführung, sowie die Verarbeitung beschädigter Elektrodenbahnen, sind Gegenstand weiterer Untersuchungen. Das Konzept kann perspektivisch einen wichtigen Beitrag zur ressourcenschonenden Herstellung von LIB durch die Rückführung der Materialien in den Produktionskreislauf leisten.

## Aktuelle Veröffentlichungen

Circularity Days 2024 [1]



ICSM 2024 (Pre-Print) [2]



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
wbk Institut für Produktionstechnik  
Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung

Florian Denk  
Rintheimer Querallee 2  
76131 Karlsruhe  
Tel.: +49 1523 950 2623  
E-Mail: florian.denk@kit.edu

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer  
Rintheimer Querallee 2  
76131 Karlsruhe  
Tel.: +49 721 608 44009  
E-Mail: juergen.fleischer@kit.edu



gefördert durch:



WANDRES  
micro-cleaning



Baden-Württemberg  
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) · Präsident Professor Dr. Jan S. Hesthaven · Kaiserstraße 12 · 76131 Karlsruhe