



Batterierecycling: Analyse von wiederaufbereiteten Materialien

Die E-Mobilität boomt. In Deutschland hat sich der Marktanteil von E-Autos verdoppelt: 2021 wurden 350.000 batterieelektrische Autos (BAV) zugelassen [1]. In ganz Europa soll die Zahl der elektrischen PKW-Verkäufe bis 2030 bei 7 bis 13 Mio. liegen – so eine Studie der International Energy Agency (IEA) [2]. Damit wächst nicht nur die Nachfrage nach leistungsfähigen und hochwertigen Energiequellen für E-Autos. Auch das Recycling der verbauten Lithium-Ionen-Batterien und die Qualität der wiederaufbereiteten Materialien rücken in den Fokus: Denn nur wenn diese denselben Standards entsprechen wie neuwertige Rohstoffe, können sie für den sicheren Betrieb einer Batterie wiederverwendet werden. Darum setzen Labore, Batterie- und E-Autohersteller auf sensible Analysemethoden und -instrumente.

Elektroauto-Batterien sind komplexe technische Systeme mit einer sensiblen chemischen Zusammensetzung. In der Regel bestehen einzelne Batteriezellen aus einer Anode, einer Kathode, dem Elektrolyten und einem Separator. Diese Zellen fügen sich zu einer Autobatterie zusammen – mit wertvollen Rohstoffen in ihrem Inneren: Vier Kilogramm Lithium, elf Kilogramm Mangan, zwölf Kilogramm Kobalt, zwölf Kilogramm Nickel und 33 Kilogramm Graphit stecken durchschnittlich in einem rund 400 Kilogramm schweren Akku mit einer Kapazität von 50 kWh [3]. Diese Rohstoffe kommen vor allem in Australien, China, Afrika und Chile vor. „Das ist ein Grund, warum insbesondere Europa einen absoluten Fokus auf Batterierecycling setzt“, erklärt Gerlinde Wita, Global Market Managerin Materials and Energy bei PerkinElmer, einem Spezialisten für Analyselösungen, welche auch für die Batterieindustrie eingesetzt werden. „Man möchte unabhängiger von den Rohstoffvorkommen dieser Länder werden.“

Wahre Schätze im Inneren

Ein weiterer Grund: Selbst wenn die Akkus für den Antrieb von Fahrzeugen nicht mehr leistungsfähig genug sind – wertlos sind sie damit noch lange nicht. Mit einem Energiegehalt von 70 bis 80 % ihrer ursprünglichen Kapazität haben sie noch ein sogenanntes *Second Life* im stationären Betrieb vor sich, an Ladestationen zu Beispiel. Doch vor allem sind die Rohstoffe in ihrem Inneren wahre Schätze. Sie sind zu wertvoll, um nicht wiederverwendet zu werden. Zumal mit der Zahl der Elektroautos auf den Straßen auch die Nachfrage nach Batteriematerialien extrem steigen wird – genauso wie die Zahl der Altbatterien: Ende der 2020er-Jahre werden die gebrauchten Batterien der Generation E-Auto, die zurzeit auf den Straßen unterwegs ist, in großem Umfang zurückkommen. Nach Schätzungen der IEA müssen bis 2040 weltweit Altbatterien im Wert von 1.300 Gigawattstunden recycelt werden.

Mehrstufiges Recyclingverfahren

Um einen Großteil der in den Lithium-Ionen-Batterien enthaltenen Materialien zurückzugewinnen und gleichzeitig potenziell schädliche Chemikalien aus der Umwelt fernzuhalten, werden die alten Akkus in einem mehrstufigen Verfahren bearbeitet und wertvolle Bestandteile während des Recyclings extrahiert. Am Anfang dieser Prozesskette steht die Entladung und manuelle Demontage des Batteriesystems. Die Batterie wird geöffnet, die feste Außenhülle und elektronische Komponenten wie z. B. die Verkabelung werden entfernt. Anschließend werden die einzelnen Module geschreddert, die Kleinstteile getrocknet und gesiebt. Dabei entsteht das sogenannte schwarze Pulver (*Black Powder*), das die wichtigen und wertvollen Rohstoffe einer Batterie enthält: Lithium, Nickel, Kobalt, Mangan und Graphit werden mit physikalischen und chemischen Methoden weiter voneinander separiert – und anschließend analysiert, um sie wieder in die Prozesskette der Herstellung zurückzuführen.

Toxische Komponenten identifizieren

Die Untersuchung von Batteriekomponenten – ob bei der Herstellung oder beim Recycling – ist so komplex wie die Zusammensetzung eines Batteriesystems selbst und ein sensibel aufeinander abgestimmtes Zusammenspiel unterschiedlicher Methoden und Instrumente. „Bei einem Batteriesystem muss alles bis ins kleinste Detail stimmen, damit drei Haupt-eigenschaften erreicht werden: Sicherheit, Langlebigkeit und Schnellladung“, erläutert Gerlinde Wita. „Um das gewährleisten zu können, müssen die recycelten Materialien dieselbe Reinheit und Qualität haben wie neuwertige. Und das gelingt nur durch genaue, hochmoderne und sensible Analysetechniken.“

Im Rahmen des Recyclingprozesses haben diese Methoden vor allem zwei zentrale Ziele: Die Überwachung und kontrollierte Behandlung giftiger Schadstoffe sowie die Abtrennung und Identifizierung von Materialien und Chemikalien zur Wiederverwendung. Polymere aus Chemikalien und Metallen müssen durch Hydro- oder Pyroverfahren isoliert, toxische Komponenten, Blei oder Abscheidungen von Säuren identifiziert werden. Dafür kommen unter anderem Elementanalysen und materialcharakterisierende Methoden wie thermische Analysen, Gasanalysen und Kopplungstechniken zum Einsatz.

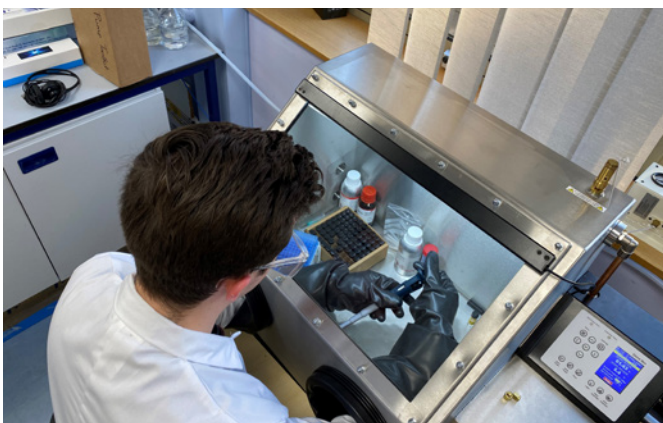


Abbildung 1: Anwendungswissenschaftler Kieran Evans bereitet in einem PerkinElmer-Labor chemische Proben für die Materialcharakterisierung von Batterien vor.

Elementaranalytik weist Verunreinigungen nach

Für die Elementaranalytik wird in der Regel mit der Optischen Emissionsspektrographie (ICP-OES) und der Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) gearbeitet. Diese Methoden bestimmen alle für die weiteren Arbeitsschritte wichtigen Elemente und weisen zudem auch verbleibende Verunreinigungen der Materialien nach. Von grundlegendem Interesse in den recycelten Materialien sind dabei natürlich Lithium und die Übergangsmetalloxide wie Kobalt, Nickel und Graphit. Aber auch Phosphor, Schwefel und Fluor werden bestimmt, da sie Informationen über mögliche Elektrolytkomponenten geben: Sind diese in den weiterzuverarbeitenden Materialien enthalten, führt das zu Problemen während des Recyclingprozesses. Insbesondere Fluorid kann die nachgeschalteten Recyclingschritte aufgrund seiner chemisch aggressiven Beschaffenheit und potenziellen Toxizität behindern. Daher wird zusätzlich die so genannte Ionenchromatographie (IC) eingesetzt, um diese wichtigen anionischen Komponenten des aufzubereitenden Batterieschrotts zu charakterisieren.

Gas-Chromatographie zeigt gefährliche Rückstände auf

Neben der Elementaranalyse liefert die Untersuchung organischer Verbindungen durch Gas-Chromatographie (GC) und weitere IC-basierte Methoden im Hinblick auf fluorierte Verbindungen, die aus der Zersetzung des Elektrolyten stammen, zusätzliche Erkenntnisse. Diese Analyse der Elektrolytbestandteile und des Bindemittels sowie ihrer Abbauprodukte ermöglicht Rückschlüsse auf die Zellalterungsbedingungen und die Alterungsgeschichte des Materials. Auch können Rückstände wie etwa gefährliche fluorierte Stoffe identifiziert werden. Selbst dann, wenn Zusatzstoffe während des elektrochemischen Betriebs der Batterie vollständig reagiert haben und in ihrer ursprünglichen Form nicht mehr vorhanden sind, können GC-Methoden anhand von Markermolekülen Auskunft über sie geben.

Thermoanalyse untersucht „schwarze Masse“

Die schwarze Masse, das Gemisch aus Anoden- und Kathodenmaterialien, muss vor der weiteren Trennung und Reinigung der jeweiligen Elektrodenmaterialien ebenfalls intensiv untersucht werden. Das geschieht in der Regel mit Hilfe der Thermoanalyse, um die jeweilige Konzentration der Bestandteile sowie die Temperatur zu bestimmen, bei der organische Rückstände aus der schwarzen Masse freigesetzt werden. Zur Bestimmung dieser Parameter arbeiten Recyclinganlagen und Labore mit der thermogravimetrischen Analyse (TGA), bevor weitere GC-basierte Methoden durchgeführt werden, um noch genauere Informationen über die Art der freigesetzten Verbindungen zu erhalten.

Analyse in einem Durchlauf: Hyphenated Technology

Zudem kommen Kopplungstechniken wie z. B. die Verbindung chromatographischer und ICP-basierter Methoden während des Recyclingprozesses zum Einsatz. Auch die sogenannte Hyphenated Technology von PerkinElmer bringt unterschiedliche EGA-Lösungen (Evolved Gas Analysis) zusammen: So koppelt der PerkinElmer Thermogravimetrischer Analyzer (TGA) oder der Simultaneous Thermogravimetrischer Analyzer (STA) die Infrarotspektroskopie FT-IR (Fourier Transform Infrared) mit

Massenspektrometrie (MS) und/oder Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Koppelung (GC/MS) für die Materialcharakterisierung von z. B. Polymeren und Chemikalien. Der Vorteil: Die Verfahren laufen automatisch ab, analysieren und identifizieren in einem einzigen Durchlauf komplexe Gemische, schädliche Chemikalien und Komponenten von Polymeren.

Zurück in der Batterie-Wertschöpfungskette

„Bei der Batterieanalyse müssen alle Bereiche berücksichtigt werden. Eine Elementenanalyse gibt ohne Gasanalyse kein aussagekräftiges Bild. Ein einzelnes Material mit hervorragenden Eigenschaften reicht nicht aus, um eine sichere, leistungsfähige Batterie herzustellen“, weiß Gerlinde Wita. Aus diesem Grund spielt die umfassende Analyse beim Recycling von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) eine zentrale Rolle. Nur die genaue Charakterisierung der recycelten Materialien gewährleistet die sichere Rückführung dieser in die Batterie-Wertschöpfungskette – zur Verwendung für neue LIB-Zellen.

Wie entscheidend dieser Kreislauf in Zukunft sein wird, zeigt ein aktueller Bericht von Earthworks: Dieser kam zu dem Ergebnis, dass durch Recycling bis zum Jahr 2040 bis zu 25 %

des Lithiumbedarfs und 35 % des Kobalt- und Nickelbedarfs der Elektroautoindustrie gedeckt werden könnte – wenn alle leeren E-Auto-Batterien für das Recycling genutzt und die Mineralienrückgewinnungsraten hoch sind [4].

Referenzen

- [1] Center for Automotive Management. (2021). E-Mobilität in Deutschland 2021. Abgerufen von: <https://auto-institut.de/category/automotiveinnovations/emobility/>
- [2] International Energy Agency. (2021). Global EV Outlook 2021. Abgerufen von: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>
- [3] ADAC. (2019). Elektroauto-Akkus: So funktioniert das Recycling. Abgerufen von: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-akku-recycling/>
- [4] EARTHWORKS. (2021). REPORT: Recycling Electric Vehicle Battery Minerals Can Significantly Reduce Need for New Mining. Abgerufen von: <https://earthworks.org/media-releases/report-recycling-electric-vehicle-battery-minerals-can-significantly-reduce-need-for-new-mining/>

PerkinElmer LAS Germany GmbH

Ferdinand-Porsche-Ring 17
63110 Rodgau

BUCH
TIPP

DAS KONZEPT FÜR DIE PROZESSAUTOMATISIERUNG



Ihr Mehrwert:

- NOA zielführend und gewinnbringend einsetzen
- Hoher Praxisbezug
- Mit allen NAMUR-Empfehlungen zum Thema NOA

Autor: Thomas Tauchnitz et al.
1. Auflage 2021 | 270 Seiten | 79,- €
Artikelnummer: 74516

Hier direkt bestellen:
www.vulkan-shop.de