



Bei Hydrovolt in Norwegen werden Lithium-Ionen-Batterien aus der Industrie und aus Fahrzeugen in einer Anlage aus Oberbayern recycelt. Hier werden Big Bags mit schwarzer Masse und Metallen gefüllt. Foto: Hydrovolt

Neue Kreisläufe für Metalle

Lithium – sicher aus Altbatterien bergen

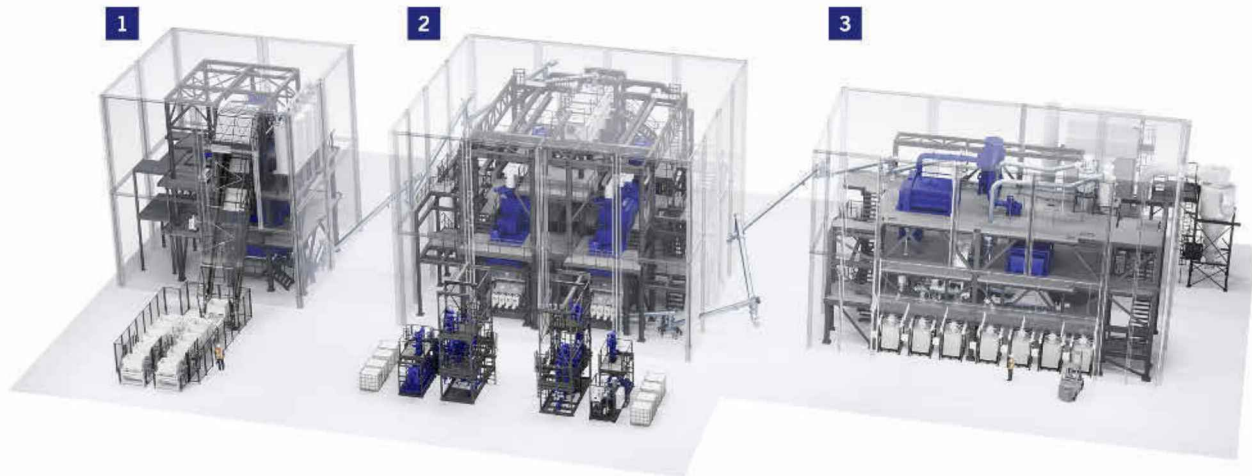
Lithium, Kobalt und Nickel aus gebrauchten Lithium-Ionen-Batterien zurückzuholen, ist aufwendig und bedarf hoher Sicherheitsmaßnahmen. Ein neues dreistufiges Verfahren aus Bayern bietet hier jedoch einen sicheren Weg an: Batterien werden unter Stickstoffatmosphäre zerkleinert, getrocknet und sortiert.

Mit steigender Nachfrage nach alternativen Mobilitäts- und Energiespeicherlösungen wächst auch das Interesse an Lithium-

Ionen-Batterien, kurz „Lis“ (lithium-ion batteries) genannt. Gleichzeitig verschärft sich der Wettbewerb um die knappen Ressourcen. Rohstoffe wie Lithium, Nickel und Kobalt sind nur begrenzt verfügbar, ihre Gewinnung ist energieintensiv und oft mit

ökologischen und sozialen Herausforderungen verbunden.

Umso wichtiger ist es, diese Metalle durch Recycling in den Wertstoffkreislauf zurückzuführen. Altbatterien stammen derzeit vor allem aus PCs, Smartphones, Elek-



Das trocken-mechanische Verfahren zum Recycling von Lithium-Ionen-Batterien aus Sonthofen basiert auf drei Schritten: erst wird zerkleinert (1), dann getrocknet (2) und sortiert (3). Grafik: BHS-Sonthofen

trofahrrädern und Produktionsabfällen aus der Batterieherstellung. End-of-Life-Batterien aus Elektrofahrzeugen, die in Zukunft den größten Anteil ausmachen werden, spielen noch eine untergeordnete Rolle. In der EU werden zurzeit jährlich rund 50 000 t Altbatterien recycelt. Für 2030 wird ein Anstieg auf 420 000 t und für 2040 auf 2 100 000 t prognostiziert [1].

Doch das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien stellt die Kreislaufwirtschaft vor Herausforderungen. Pyrometallurgische Verfahren und die Kalzinierung sind nicht nur kostspielig, sondern erzielen häufig auch nur geringe Rückgewinnungsraten. Trocken-mechanische Verfahren bieten hier eine effizientere und zukunftsweisende Alternative.

Der Maschinen- und Anlagenbauer BHS-Sonthofen bietet nun mit einem einzigartigen trocken-mechanischen Verfahren eine Technologie an, die den EU-Standards entspricht und gleichzeitig eine effiziente Ressourcennutzung ermöglicht. Das Verfahren aus Sonthofen in Oberbayern basiert auf einem geschlossenen Prozess unter Schutzgasatmosphäre und auf drei zentralen Verfahrensschritten: Zerkleinern, Trocknen und Sortieren.

Ehrgeizige EU-Vorgaben

Laut der EU-Verordnung über Batterien und Altbatterien aus dem Jahr 2023 müssen bis 2030 Rückgewinnungsraten von 70 % für Lithium und jeweils 95 % für Nickel und Kobalt erreicht werden. Dies erfordert Recyclingverfahren, die sowohl effizient als auch sicher für Mensch und Umwelt sind.

Auf dem asiatischen Markt ist das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien bereits etabliert und auf die schnelle Rückgewinnung von Rohstoffen ausgerichtet.

Dabei werden oft Verfahren verwendet, die nicht den hohen Sicherheits- und Umweltstandards innerhalb der EU entsprechen. Anbieter in der EU setzen daher auf nachhaltige und sicherere Verfahren, um die eigene Ressourcensouveränität zu sichern und langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben.

Dreistufig zum Ziel

Im Vergleich zu herkömmlichen pyrometallurgischen Verfahren, die hohe Temperaturen und damit viel Energie benötigen, arbeitet das Verfahren aus Sonthofen ressourcenschonend. „Kunden profitieren hier von unseren Erfahrungen und dem gebündelten Verfahrens-Know-how aus Recycling- und chemischer Prozesstechnik“, erklärt Daniel Zeiler, Vizepräsident Recyclingtechnik bei BHS-Sonthofen.

Die ersten beiden Prozessschritte laufen aufgrund des hohen Explosions- und Brandrisikos vollständig unter Schutzatmosphäre mit Stickstoff ab. Um den Stickstoffverbrauch so gering wie möglich zu halten, sind alle Anlagenkomponenten gasdicht, sicher und mit einer ausgeklügelten Steuerung ausgeführt, sodass nur minimale Abgasströme entstehen.

Die Beschickung der Anlage erfolgt über ein Schleusensystem, das maximalen Schutz für Bedienpersonal und Umwelt bietet und zugleich eine effiziente Rückgewinnung der Elektrolytbestandteile ermöglicht.

Zuerst zerkleinern, ...

Je nach Größe des Eingangsmaterials erfolgt im ersten Schritt eine ein- oder zweistufige Zerkleinerung. Diese gewährleistet einen effizienten Materialaufschluss und sorgt für eine gleichmäßige Verteilung der Materialien in einem nachgeschalteten Homogenisator.

Bereits in diesem Schritt verdampfen erste leichtflüchtige Anteile des Elektrolyts wie Dimethylcarbonat (DMC). Diese Phase stellt eine optimale Materialaufbereitung sicher und legt damit den Grundstein für die weiteren Verfahrensschritte.

... dann trocknen ...

Herzstück der Anlage ist in der zweiten Stufe der 20 m³ umfassende horizontale Vakuumtrockner vom Typ HTC – die Abkürzung steht für „horizontal chargenweise“, das Material wird also Charge für Charge horizontal eingetragen. In dem Trockner wird das zerkleinerte Material schonend erhitzt. Dabei werden alle niedrigsiedenden Elektrolytbestandteile – neben DMC auch Diethylcarbonat (DEC) und Ethylmethylcarbonat (EMC) – verdampft und in einer mehrstufigen Kondensationseinheit aufgefangen.

Die stoffliche Wiederverwertung des Elektrolytgemisches bleibt herausfordernd. Hierzu laufen in Sonthofen derzeit Forschungsprojekte. Die Trocknungstechnik des Unternehmens zeichnet sich durch eine homogene Temperaturverteilung und individuell regelbare Rezepturen aus. „Das gewährleistet eine konsistent hohe Materialqualität“, betont Zeiler.



Typisches Inputmaterial für das Recycling: Produktionsabfälle sowie ausgediente Batteriemodule und Packs. Foto: BHS-Sonthofen



Mit dem Recyclingverfahren lassen sich etwa 95 % der in einer Batterie vorhandenen Materialien wie Kupfer, Aluminium, Kunststoffe und die schwarze Masse mit Lithium, Kobalt und Nickel zurückgewinnen. Die Schwerfraktion bezeichnet die zerkleinerten Batterien. Foto: BHS-Sonthofen

... und schließlich sortieren

In der dritten Stufe werden die trockenen und festen Bestandteile mechanisch sortiert. Dabei entsteht als Endprodukt die sogenannte „schwarze Masse“. Diese Fraktion enthält die aktiven Materialien der Batteriezellen. Diese Masse dient als Ausgangspunkt für hydrometallurgische Prozesse, bei denen Rohstoffe wie Lithium, Nickel und Kobalt sortenrein zurückgewonnen werden. Zusätzlich lassen sich Bauteile der Batteriesysteme wie Kupfer, Aluminium und Kunststoffe durch Sieb-, Luft- und Magnettrenntechnik separieren.

Integriert sicher

BHS-Sonthofens Recyclingverfahren ist speziell auf die hohen Anforderungen an Sicherheit und Umweltverträglichkeit im Umgang mit Lithium-Ionen-Batterien ausgelegt. Eine geschlossene Prozessführung unter Schutzgasatmosphäre verhindert das Freisetzen gefährlicher Stoffe wie Fluorwasserstoff (HF). Gasdichte Anlagenkomponenten und ein Schleusensystem regulieren den Materialfluss und schützen die Anlage vor äußeren Einflüssen.

Für saubere Abluft sorgt ein zweistufiges Reinigungssystem: Zunächst entfernt ein Gaswäscher saure Abgasbestandteile wie HF und Phosphorsäure (H₃PO₄), anschließend übernimmt ein Aktivkohle-Absorber oder eine Hochtemperaturbehandlung die Abscheidung der restlichen organischen Substanzen. Ergänzt wird das Konzept durch ein mehrstufiges Brandschutzsystem, das insbesondere während des kritischen Prozessschritts der Zerkleinerung zusätzliche Sicherheit bietet.

„Das Recycling von Batterien ist noch jung und nicht immer kann auf langjährige technische Standards zurückgegriffen

werden“, erklärt Zeiler. Da die chemische Zusammensetzung der Batterien nicht nur zwischen den Herstellern, sondern oft sogar innerhalb einer Charge variiert, ist ein hochflexibler Prozess erforderlich, der sich mit unterschiedlichen Prozessrezepturen automatisch an diese Variabilität anpassen und gleichzeitig höchste Sicherheitsstandards gewährleistet.

In den letzten zwei Jahren hat BHS-Sonthofen die Technologien und Prozessparameter seines Verfahrens weiterentwickelt und dabei einen besonderen Fokus auf Prozesssicherheit, Arbeitssicherheit und Wartungsfreundlichkeit gelegt.

Weltweit erfolgreich

In Europa kommt die BHS-Technologie bereits in sieben Anlagen zum Einsatz. Die erste großtechnische Anlage läuft seit 2022 bei dem Batterierecyclingunternehmen Hydrovolt in Fredrikstad, Norwegen. Die neueste Recyclinganlage wird derzeit bei BASF in Schwarzheide in Brandenburg in Betrieb genommen und wird jährlich bis zu 15000 t gebrauchte Lithium-Ionen-Batterien verarbeiten.

Weltweit steigt die Nachfrage nach maßgeschneiderten Recyclinglösungen ebenso – und das auch im asiatischen Markt, der mit einfacher lokaler Technologie gewachsen ist. „In China haben wir zwei Trockner verkauft. Künftig beliefern wir außerdem einen Automobilhersteller in den USA mit unseren Produkten zur Aufbereitung von Batterien aus Elektrofahrzeugen“, erklärt Zeiler.

Mit dem Verfahren aus Sonthofen können Rückgewinnungsraten von mehr als 95 % für Rohstoffe wie Nickel, Kobalt und Lithium erzielt werden. Eine Studie des Lehrstuhls „Production Engineering of E-Mobility Components“ (PEM) der

RWTH Aachen und des global tätigen Beratungsunternehmens PricewaterhouseCoopers International (PwC) zeigt, dass die Nachfrage nach Rückgewinnungslösungen für diese Rohstoffe weiter steigen wird: Bis 2030 rechnen die Autoren mit Investitionen von mehr als 2 Mrd. € in den europäischen EU-Recyclingmarkt. Bis 2035 sind weitere 7 Mrd. € erforderlich, um das Materialaufkommen verarbeiten zu können [2]. Der Schlüssel zum Schutz knapper Ressourcen und zur Sicherung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft liegt also auch künftig in sicheren und effizienten Recyclinglösungen. ■

Literatur

- [1] Schmaltz, Th.: Recycling von Lithium-Ionen-Batterien wird in Europa stark zunehmen. <https://www.isi.fraunhofer.de/de/blog/themen/batterie-update/recycling-lithium-ionen-batterien-europa-starke-zunahme-2030-2040.html>, zuletzt abgerufen am 19.2.2025.
- [2] RWTH Aachen University: EU recycling market – The EU recycling market – a viable and sustainable business EU recycling market study. Joint study between Strategy & and PEM of RWTH Aachen University, August 2023, S. 3, <https://www.strategyand.pwc.com/de/en/industries/automotive/european-battery-recycling-market-analysis/strategyand-eu-battery-recycling-market-study.pdf>, zuletzt abgerufen am 19.2.2025.



Steffen Hinderer

Direktor Systems Engineering bei BHS-Sonthofen

steffen.hinderer@bhs-sonthofen.com

Foto: BHS-Sonthofen