

# Blick ins Innenleben

## Analyse von Li-Ionen-Batterien mittels CT-Software

Für wieder aufladbare Lithium-Ionen-Batterien bzw. -Akkumulatoren ist eine zuverlässige Qualitätssicherung ein Muss. Inzwischen kommt dafür auch die industrielle Computertomografie zum Einsatz. Die CT-Analysesoftware von Volume Graphics, Heidelberg, stellt entsprechende Funktionen bereit, die tief ins Innenleben der Energiespeicher blicken lassen.

Als Folge der Klimaproblematik rücken Lithium-Ionen-Batterien derzeit verstärkt in den Fokus. Sie gelten als Schlüsselkomponenten für die Mobilität der Zukunft. Aus kleineren Gerätschaften wie Bohrmaschinen, Handys, Kameras oder Notebooks sind sie schon seit vielen Jahren nicht mehr wegzudenken. Im Vergleich zu anderen Speichertypen haben Li-Ionen-Batterien nämlich überzeugende Vorteile: keinen „Memory-Effekt“, eine geringere Selbstentladung, und, noch entscheidender, eine deutlich höhere Leistungsdichte. Eine Li-CoO<sub>2</sub>-Zelle liefert 3,6 V Spannung – das Dreifache einer Metallhydrid- und fast das Doppelte einer Bleiakku-Zelle.

Doch jede Medaille hat zwei Seiten. Wo immer Lithium oder seine Verbindungen im Spiel sind, geht es um Sicherheit. Lithium ist ein leicht entzündliches Alkalimetall. Zudem fließen in den Batterien teils hohe Ströme, auch z.B. wenn der Ladevorgang zu schnell erfolgt. Presseberichte über explodierte Zellen oder Rückrufaktionen wegen Deformationen und starker Temperaturentwicklung sind gar nicht so selten. Was in diesen Fällen elektrochemisch vor sich geht, kann die Computertomografie

(CT) zwar nicht klären, dafür kann sie das „mechanische“ Innenleben durchleuchten. Ein thermisches Durchgehen kann mechanische Ursachen haben. Umgekehrt können elektrochemische Vorgänge die mechanischen Verhältnisse verändern.

Die Erkenntnisse, welche die CT dabei beisteuern kann, machen sich zunehmend auch Forschungseinrichtungen und Batteriehersteller zu Nutze. „Mit der Prüfung von Batterien eröffnet sich ein ganz neues Anwendungsfeld für die CT“, erklärt Pascal Pinter, Product Manager Material Research & Development bei Volume Graphics. „Mit unserer Software sind sowohl geometrische Messungen als auch Materialprüfungen durchführbar.“

### Welche Unregelmäßigkeiten die CT-Analysesoftware lokalisiert

Die Hersteller von CT-Analysesoftware aus Heidelberg haben dabei nicht nur fertige Zellen im Auge. „Aufgrund des sehr komplexen Produktionsvorgangs machen CT-basierte Analysen bereits während der Produktion Sinn, etwa um fehlerhafte Bauteile frühzeitig in der Prozesskette auszusortieren“, fährt Pascal Pinter fort. Mit einem

hochauflösenden Computertomografen werden z.B. Unregelmäßigkeiten in den Lagen der Elektrodenpakete sichtbar, eine typische Erscheinung sind Delaminationen (Bild 1). Ebenso lassen sich Fremdkörper lokalisieren, wie Schnittreste, die bei der Folienbearbeitung entstehen, oder Schweißpartikel, die sich beim Anbringen der Kontakte oder Verschließen des Gehäuses bilden. Die große Gefahr, die von Fremdkörpern ausgehen kann, sind Kurzschlüsse.

Ein wichtiges internes Maß ist der so genannte Anodenüberstand (Bild 2). Die Anode wird stets so dimensioniert, dass sie die Kathode überlappt. Dies soll dem so genannten Lithium-Plating und damit dauerhaften Kapazitätsverlusten entgegenwirken. Lithium-Plating bedeutet, dass sich reines Li in der (Graphit-)Anode einlagert. Es steht für die Bildung von Ionen dann nicht mehr zur Verfügung. Ein konstanter Anodenüberstand verlangt eine hohe Präzision in der Fertigung. Er wird vom Hersteller definiert und ist mittels CT-Analysesoftware überprüfbar.

Zu guter Letzt kommt die CT auch für Untersuchungen in der After-Sales-Phase in Frage, etwa bei Defekten. Ebenso ist der Einsatz im Rahmen umfassender Nachhaltigkeitskonzepte denkbar. Zellen, welche den ursprünglichen Anforderungen nicht mehr genügen, sind für andere Anwendungen vielleicht noch verwendbar. Der Blick ins Innenleben könnte also dazu beitragen, wertvolle Rohstoffe zu sparen.

### Wie eine Li-Ionen-Batterie aufgebaut ist

Li-Ionen-Batterien gibt es als zylindrische Zellen (z. B. in Notebooks), prismatische Zellen (z. B. in Fahrzeugen) und flache

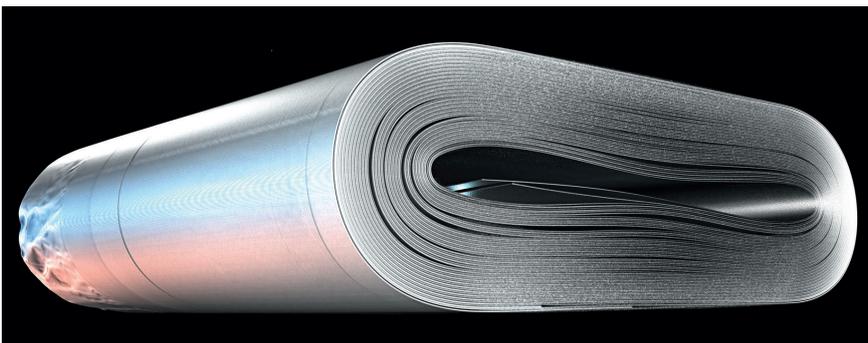


Bild 1. Mittels Computertomografie lassen sich Delaminationen, Ablösungen der Elektrodenwicklungen oder -beschichtungen sichtbar machen. © Volume Graphics, Scan: Waygate Technologies normals GE Inspection Technologies

Pouch-Zellen (z. B. in Smartphones). Eine Zelle besteht in der Hauptsache aus zwei Elektroden: einer Anode und einer Kathode. Betrachtet man den Entladevorgang, ist die Anode der Minuspol, die Kathode der Pluspol. Hinzu kommen eine ionendurchlässige Separatorfolie zwischen beiden und ein ionenleitfähiger Elektrolyt.

Die Elektroden bestehen aus den sogenannten Aktivmaterialien. Für die Anode wird i.d.R. Graphit, für die Kathode z. B. Lithium-Cobalt-Dioxid (LiCoO<sub>2</sub>) verwendet. Andere Li-Verbindungen mit Mangan, Nickel, Eisen oder Aluminiumoxid eignen sich ebenfalls und führen ggf. zu anderen Spannungen. Beide Aktivmaterialien werden als Schlicke (Slurry) beidseitig auf eine Metallträgerfolie, auch Stromsammel genannt, aufgebracht. Für die Anode wird Kupfer, für die Kathode Aluminium verwendet. Beim Laden fließen Li-Ionen von der Kathode zur Anode, um sich in der Graphitschicht einzulagern, beim Entladen kehrt sich die Fließrichtung um.

Die Dicken der Stromsammelervolien liegen bei 10 bis 25 µm, die der Elektrodenbeschichtungen bei 200 bis 250 µm. Um die Elektroden später kontaktieren zu können, bleiben die Trägerfolien im Randbereich unbeschichtet. Nach dem Beschichten geht es in den Trockner und in eine Kalandrieranlage, welche die Aktivbeschichtungen unter 150 bis 250 bar verdichtet und glättet. Ein Laser oder Messer schneidet die Folien

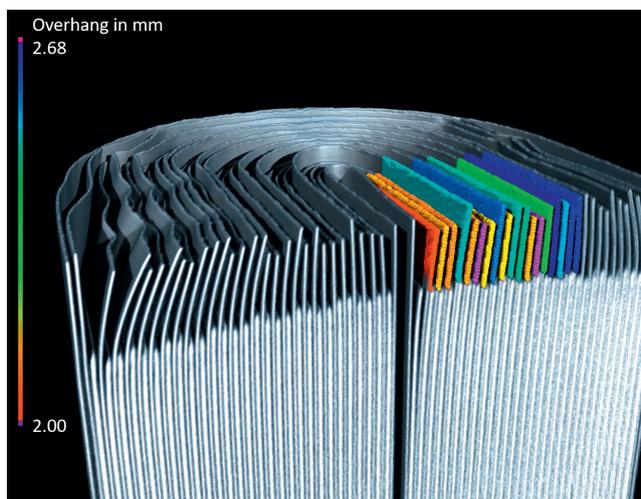


Bild z. Der Anodenüberstand ist für die Batteriehersteller ein wichtiges Maß. Die CT-Analysesoftware erlaubt seine Messung. Die Beträge der Überstände sind mit Hilfe einer Farbskala dargestellt, hier 2 mm (rot) bis 2,68 mm (blau) reicht. © Volume Graphics, Scan: Waygate Technologies vormals GE Inspection Technologies

anschließend zu Bahnen. Für flache Pouch-Zellen werden Sheets ausgeschnitten. Zwischenzeitlich erfolgt eine Reinigung – Schnittgüte und Sauberkeit sind wichtige Qualitätskriterien.

Die Zuschnitte werden schließlich zusammen mit der Separatorfolie zu einer Jelly-Roll gewickelt bzw. gestapelt und gepresst. Es ergibt sich folgender Aufbau für die Wickel/Stapel: Anode-Separator-Kathode-Separator-Anode-Separator-Kathode usw. An die nicht beschichteten Al- und Cu-Folienüberstände, auch Ableiterfolien genannt, werden mittels Laser- oder Ultraschall Konnektoren angeschweißt.

So vorbereitet gelangen die Pakete zu meist in ein Aluminiumgehäuse, das bis auf eine Öffnung verschweißt wird. Die Öff-

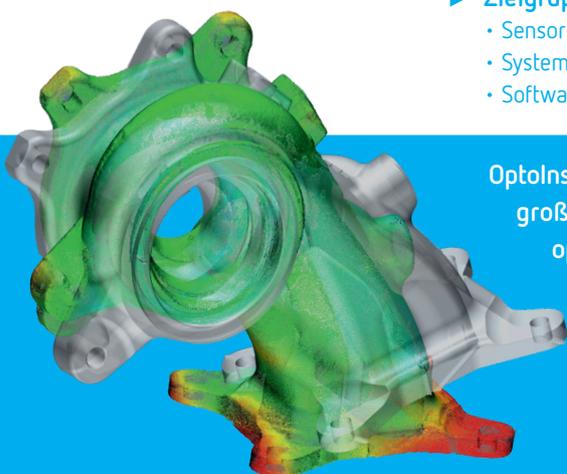
nung dient zur Befüllung mit dem Elektrolyten. Ist dieser eingebracht, erfolgt ein erster Ladevorgang, auch Formation genannt. Der letzte mechanische Prozess ist der Verschluss des Gehäuses durch einen Niet oder eine Schweißung. Ein anschließendes „Aging“ von mehreren Wochen dient zur Überprüfung der Funktion. ■

#### INFORMATION & SERVICE

#### KONTAKT

Volume Graphics GmbH  
T 06221 73920 60  
info@volumegraphics.com  
www.volumegraphics.com

**OPTOINSPECT**  
3D Measuring Device  
*Inline*



## AUSWERTUNG VON PUNKTWOLKEN SCHNELL UND INLINEFÄHIG

### ► Zielgruppen:

- Sensor- und Gerätehersteller
- Systemintegratoren/-hersteller
- Softwarehersteller/Distributoren

Entwickelt von  
**Fraunhofer**  
IFF

Vertrieb durch  
**scapos**

OptoInspect3D Inline bietet die Möglichkeit, große 3D-Datenmengen so schnell mit optimalen Geometrien zu vergleichen, dass die Überprüfung jedes einzelnen Teils tatsächlich „inline“ – also innerhalb des Produktionsprozesses – ablaufen kann.

- Echtzeitfähigkeit
- Einfache Integration
- Zertifizierte Genauigkeit
- Robuste, effiziente Methoden für
  - Prüfung Form- und Lage-Toleranz (DIN EN ISO 1101)
  - Best Fit, Ausrichtung (Registrierung)
  - Soll-Ist-Vergleich (CAD, Punktwolke)
  - Approximation von Normgeometrien (3D, 2D)
  - Filterung, Glättung, Ausreißereliminierung
  - Segmentierung