



# Der Blick in die Batterie

## Computertomografie-Koordinatensmesssysteme für Anwendungen in der Elektromobilität

Mess- und Analyseaufgaben an Batteriezellen lassen sich gut mit der Computertomografie lösen. Konventionelle messtechnische Verfahren eignen sich bestenfalls für Vorfertigungsstufen, aber am fertig hergestellten Produkt lässt sich der Blick ins Innere durch nichts ersetzen. Hier spielen kompakte und leistungsfähige CT-Systeme ihre Alleinstellungsmerkmale sowohl kosten- als auch anwendungsseitig vollständig aus und verschaffen dem Anwender den vollen Durchblick.

Tristan Schubert

**N**euere Technologien erfordern oft auch eine Anpassung der Messtechnik. Koordinatensmesssysteme und Sensorik müssen auf die neuen Messaufgaben abgestimmt und die Messsoftware durch neue Funktionen erweitert werden. Computertomografie-Koordinatensmesssysteme ermöglichen eine vollständige Erfassung des Werkstücks mit Rekonstruktion eines digitalen Werkstückvolumens. Diese zukunftsweisende Technologie erlaubt die Durchführung von Materialanalysen, 3D-Soll-Ist-Vergleichen und dimensionellen Messungen, die sich sogar nachträglich an rückgestellten Datensätzen durchführen lassen. Insbesondere

kompakte Geräte wie die Werth-TomoScope-XS-Baureihe eignen sich auch für Atline- und Inline-Messungen. Mit Röntgenspannungen von bis zu 200 kV können auch größere Metall- und Verbund-Werkstücke durchstrahlt werden.

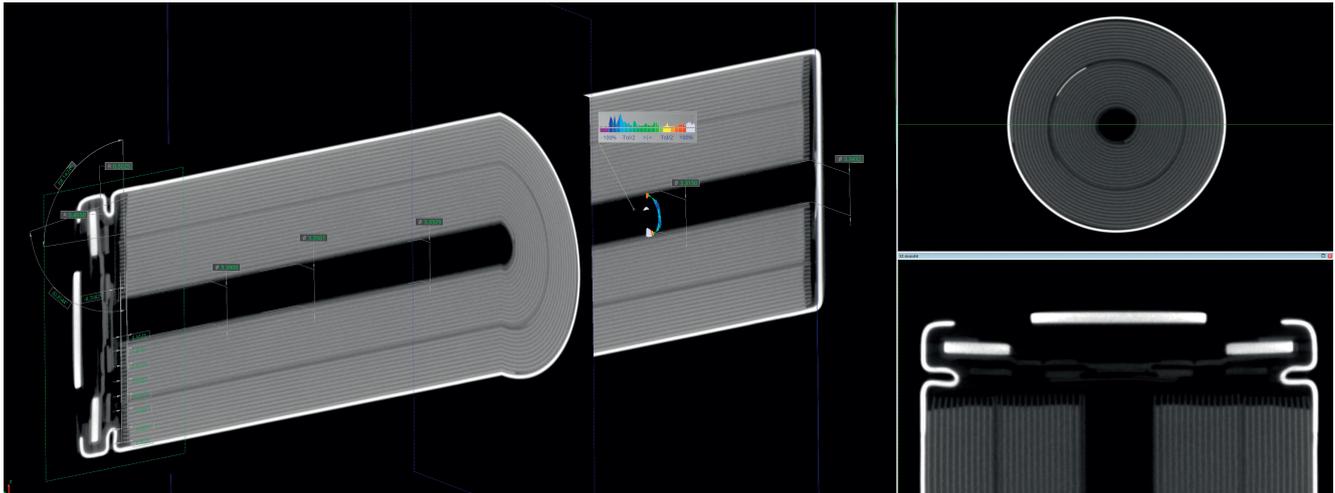
### Elektromobilität im Fokus

Elektroautos gehören mittlerweile zu unserem Straßenbild. Für die Funktionsfähigkeit der Fahrzeuge spielt die Batterie eine wichtige Rolle. In den Batterien sind zur Leistungserzeugung die Wicklung und Haftung der Schichten (Anode, Separator und Kathode) sowie die Geometrie der Batterie-hülse und die elektrische Anbindung ent-

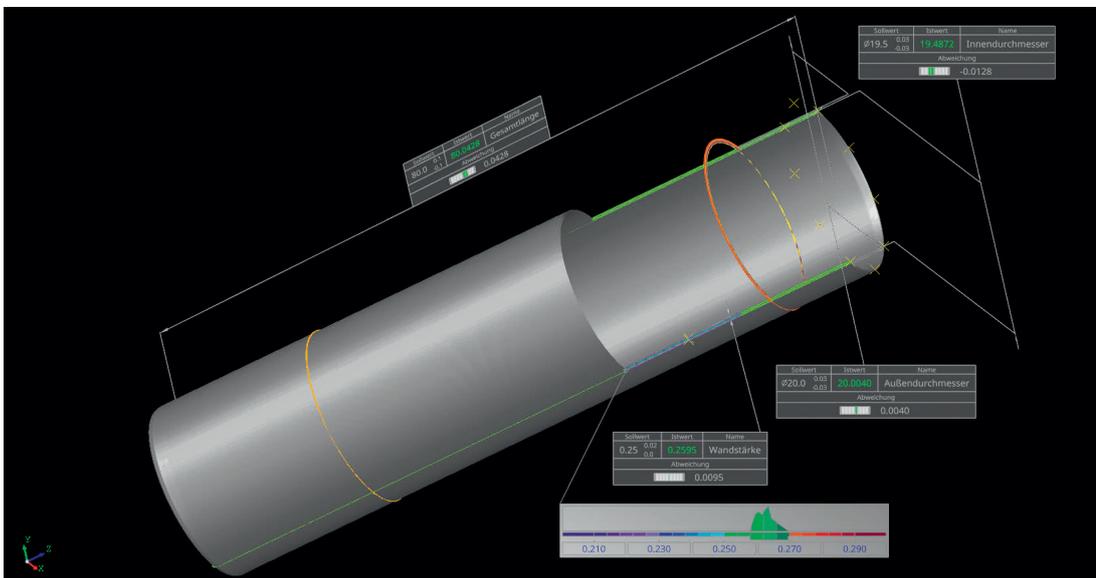
scheidend. Außerdem dürfen metallische Partikel, beispielsweise in der Elektrolytlösung, Jelly Roll oder Schweißverbindung, nicht zu groß sein. Bereits wenige Mikrometer große Partikel können zu Störungen führen. Das TomoScope-XS-Plus-CT-Gerät mit einer Röntgenspannung von 200 kV ist zum Beispiel für die Abdeckung der gesamten Qualitätssicherungskette geeignet: Sowohl die unterschiedlichen Analyseaufgaben an der Batterie als auch maßliche Auswertungen sind durchführbar.

### Messaufgaben an Batterien

Metallische Partikel können Kurzschlüsse erzeugen, die Haftung der Schichten beein-



CT-Werkstückvolumen einer Batterie und Messung der Schichtüberhänge und -abstände mit dem Bildverarbeitungssensor im Volumenschnitt. © Werth Messtechnik



Automatische Tomografie und Auswertung der geometrischen Eigenschaften an der Batteriehäuse durch die Messsoftware WinWerth.

© Werth Messtechnik

trächtigen (Delamination) oder zu Rissen in den Schichten führen. Mit einem CT-Koordinatennesssystem ist eine 100-Prozent-Kontrolle der Batteriezellen zur Partikelerkennung möglich. Die verwendete Transmissionsröhre im Monoblock-Design erlaubt eine hohe Messgeschwindigkeit bei gleichzeitig hoher Auflösung und hoher Verfügbarkeit.

Aufgrund des geringen Gewichts und der kompakten Bauweise lassen sich mehrere der kompakten Geräte stapeln und für Atline- und Inline-Messungen parallel mit Robotern beladen. So können je nach Partikelgröße Taktzeiten von unter 10 Sekunden pro Batteriezelle erreicht werden. Zur Reduzierung von Artefakten, die insbesondere an den Batterieenden etwaige Partikel überstrahlen können, wird die Helix-CT eingesetzt. Damit sind Partikel bis wenige 10 µm Größe prozesssicher zu erkennen.

Hierfür ist KI sehr gut geeignet, weil man sie leicht darauf trainieren kann, Defekte wie die Partikel im digitalen Werkstückvolumen zu identifizieren.

### Messung von Stichproben

Die ideale elektrische Anbindung der Anoden und Kathoden liegt bei 100 %, Luft in der Schweißverbindung führt zu Temperaturspitzen und etwaigen Ausfällen. Daher wird der Schweißroboter mithilfe stichprobenartiger Atline-Messungen an Schweißproben überwacht. Bei Atline-Messungen bietet sich eine Automatisierung mit integriertem Werkstückwechsler an. Für hochgenaue Messungen in den Volumendaten, auch unter schwierigsten Kontrastbedingungen, steht die Kontur-Bildverarbeitung mit Bild- und Konturfiltern zur Verfügung. Damit wird die unterbrochene Kontaktfläche in mehreren Volumenschnitten ausge-

wertet und die reale Kontaktfläche für die elektrische Verbindung berechnet. Mit der derselben Methode könnten auch Klebeverbindungen geprüft werden.

Etwaige Verschiebungen der Anoden- und Kathodenschichten zueinander können zu Fehlverhalten oder Ausfällen der Batterie führen. Die Schichtüberhänge »»

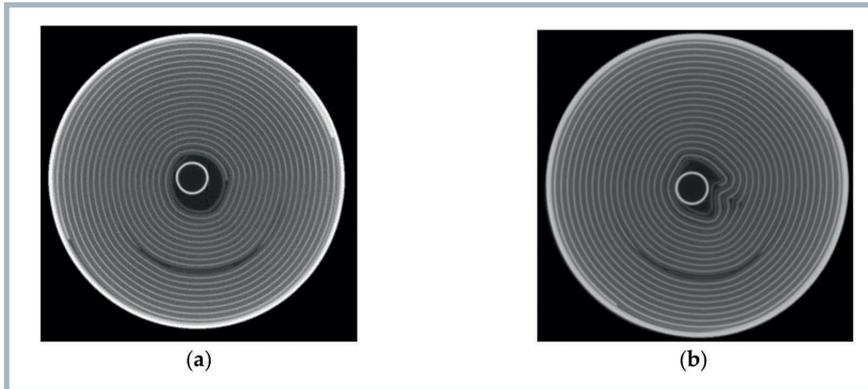
### INFORMATION & SERVICE

#### AUTOR

Dipl.-Ing. (FH) Tristan Schubert ist Vertriebsleiter CT bei Werth Messtechnik

#### KONTAKT

Werth Messtechnik GmbH  
Siemensstraße 19  
35394 Gießen  
T +49 641 7938-0  
mail@werth.de  
www.werth.de



Elektrodenwickel (Jelly Roll) einer unverbrauchten Batterie (a) und Deformation nach Zelltod (b), gemessen mit Computertomografie (nach Willenberg, L. K. et al.: High-Precision Monitoring of Volume Change of Commercial Lithium-Ion Batteries by Using Strain Gauges. Sustainability 12 (2020) 2, S. 557).

© Werth Messtechnik

in einzelnen Zellen werden ebenfalls mit dem Bildverarbeitungssensor im Volumenschnitt gemessen.

### Messung in der Hülse

Jelly Roll und Elektrolytlösung sind sicher und platzsparend in einer block- oder zylinderförmigen Hülse untergebracht. Auch für die Messung der Batteriehülsen ist das TomoScope XS geeignet. Die geometrischen Eigenschaften werden fertigungsbegleitend gemessen. Wichtig sind neben der Wandstärke die Gesamtlänge, der Durchmesser auf verschiedenen Höhen, die Ebenheit des Bodens sowie die Zylindrizität. Nach der Wahl der Messparameter werden die Messung, die Rekonstruktion des digitalen Werkstückvolumens und die Bestimmung der Messpunkte an den Materialübergängen in der Messsoftware WinWerth automatisch durchgeführt. Das Messprogramm für die Auswertung lässt sich offline erstellen und läuft dann ebenfalls automatisch in WinWerth.

Zu starke oder wiederholte Deformationen durch Ladezyklen führen mittelfristig zu Kapazitätsverlusten und langfristig zu Rissen in den Schichten und Versagen der Batterie. Die Deformation der Schichten abhängig vom Ladezustand lässt sich ebenfalls analysieren. Ein Ist-Ist-Vergleich mit der unverbrauchten Batterie kann Aufschluss über den Kapazitätsverlust und die verbleibende Lebensdauer geben. Alternativ ist die Messung von geometrischen Eigenschaften wie Innen- und Außendurchmesser der Jelly Roll und deren Formabweichungen mit dem Bildverarbeitungssensor im Volumenschnitt möglich.

Auch Delaminationen verursachen Kapazitätsverluste, langfristig ist ein Versagen der Batterie möglich. Für die Erkennung von Delaminationen ist KI ebenfalls geeignet.

### Submikrofokusröhre für höchste Auflösung

Das Ausrollen der Elektromobilität bewirkt aktuell eine hohe Innovationsrate im Herstellungsprozess. Ziele sind unter anderem die Optimierung von Geometrie, Funktionsfähigkeit und Lebensdauer der gesamten Batterien.

Das TomoScope XS Plus kann mit einer wartungsarmen Submikrofokusröhre im Monoblock-Design ausgestattet werden. Im Submikrofokus-Modus ermöglicht diese Röntgenröhre die Messung weniger Mi-

krometer großer Strukturen mit sehr hoher Volumen-Strukturauflösung.

Im außerdem verfügbaren High-Power-Modus lassen sich schnelle, hochaufgelöste Messungen von Objekten mit wenige zehn Mikrometer großen Strukturen durchführen. Für die Entwicklung neuer Schichten und Batteriezellen zur Optimierung der Funktionsfähigkeit erlaubt der Submikrofokus-Modus eine Schichtanalyse mit einer 3D-Volumen-Strukturauflösung von etwa 1 µm. Deformationen der Batteriehülse, die zum Beispiel bei blockförmigen Batterien eine potenzielle Ausfallursache darstellen, können im High-Power-Modus mit demselben Gerät gemessen werden.

Der Hochvolt-Speicher ist etwa 1,5 m × 1 m × 0,15 m groß und circa eine Tonne schwer. Selbst wenn alle Komponenten im Fertigungsprozess geprüft wurden, kann es auch durch die Montage des Hochvolt-Speichers zu Fehlern kommen. Eine Prüfung ohne Demontage wäre daher wünschenswert.

Hier sind aktuell Themen in Entwicklung, um mit der sogenannten Laminografie die Aufgabenstellung zu lösen. Bei der Laminografie ist der Winkelbereich für Aufnahme der Durchstrahlungsbilder stark reduziert beziehungsweise wird das Werkstück nur planar bewegt. Auf diese Weise ist auch die Computertomografie-Messung sehr schwerer Werkstücke mit großem Aspektverhältnis mit hoher lateraler Auflösung möglich. ■



Mit den kompakten Computertomografie-Koordinatenmesssystemen der TomoScope-XS-Baureihe können alle Mess- und Analyseaufgaben an Batterien durchgeführt werden.

© Werth Messtechnik