

Durch die zahlreichen vergangenen und jüngsten Ereignisse mit Li-Ion Batterien nimmt die Qualitätssicherung einen immer größer werdenden Stellenwert bei der Fehler- und Risikovermeidung ein. Dabei wird der ganzheitliche Qualitätsansatz über den Produktlebenszyklus hinaus zur Erreichung qualitativ hochwertiger fehlerfreier und umweltschonendere Produkte immer wichtiger.

Qualitätssicherung der Schlüssel zur Risikominimierung bei Li-Ion Batteriepacks

von Ulrich Sonntag, RRC power solutions GmbH, Director of Corporate Quality, QMR,

Wesentliche Anforderungen an Li-Ion Batteriepacks sind ihre Qualität und ihre Sicherheit. Bei der Entwicklung und Herstellung von Li-Ion Batteriepacks muss aus Qualitätssicht vieles beachtet werden, um diese Grundanforderungen zu gewährleisten.

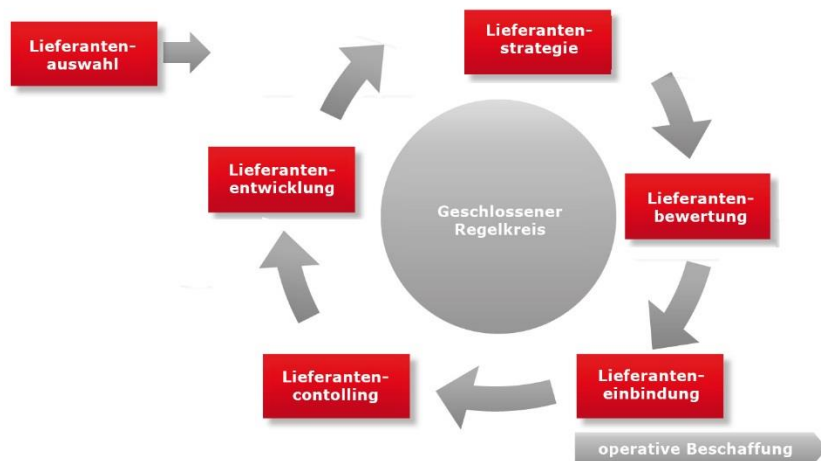
Definition des Batteriepacks

Bereits bei der Erstellung und Festlegung des Anforderungskataloges für das zu entwickelnde Li-Ion Batteriepack sollte die Qualitätssicherung beteiligt sein. Dabei sind die Märkte, die Kundenansprüche und die Anforderungen aus der Anwendung zu berücksichtigen. In den Katalog sind ebenfalls alle gültigen anwendbaren Normen und Richtlinien aufzunehmen. Zusätzlich ist es erforderlich in die Zukunft zu blicken um zu erkennen, welche neuen Normen und Richtlinien während der Entwicklung sich ändern und dazu kommen können.

Lieferanten -/ Herstellerqualifikationen

Parallel zum Entwicklungsprozess läuft die Qualifikation der Lieferanten und Hersteller. Diese Auswahl und Qualifikation ist getrieben von den Standardanforderungen und dem zuvor festgelegten Anforderungskatalog. Dabei ist zu beachten, dass grundlegende Qualitätsmanagementstandards, wie sie in der ISO9001, ISO13485, TS16949, ISO14001 beschrieben sind, von den Lieferanten und Herstellern eingehalten werden.

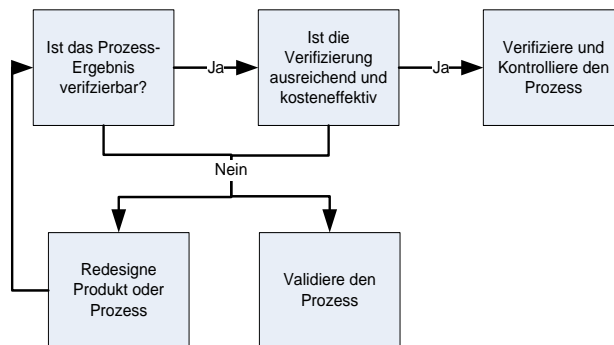
Das richtige Lieferantenmanagement ist entscheidend. Ein gutes Lieferantenmanagement schließt die Lieferantenauswahl, die Lieferantenqualifizierung, die Lieferantenentwicklung und die Lieferantenbewertung ein. Der Einstieg bildet hier ein geeigneter Lieferantenauswahlprozess. Nachdem ein Lieferant ausgewählt wurde, ist es notwendig ihn zu bewerten und über die Zeit mit den Anforderungen weiter zu entwickeln und weiter zu verbessern.



Darstellung des Lieferantenmanagementkreislaufs

Bei Komponenten und Baugruppen, die keinem Standard entsprechen sind die Herstellprozesse genauer zu betrachten und wo es erforderlich ist, sind diese Prozesse zu validieren oder die Ergebnisse zu verifizieren. Bei dieser Betrachtung sind auch die ausgelagerten Prozesse mit eingeschlossen.

Das nachfolgende Schaubild zeigt exemplarisch wann Prozesse zu validieren sind.



Die statistische Auswertung (SPC), das Erfassen von Prozesskennzahlen und die daraus abzuleitenden Korrektur- und Verbesserungsmaßnahmen, sollte als ein Hilfsmittel zur Prozesskontrolle im Herstellungsprozess verwendet werden.

Produktentwicklung

Die Produktentwicklung läuft anhand des Anforderungskatalogs und parallel zur Lieferantentwicklung.

Basierend auf dem Anforderungskatalog wird die Batterie von der Entwicklungsabteilung entwickelt und durch eine interne und/oder eine externe unabhängige Stelle überprüft und qualifiziert. Dabei hat sich das Vorgehen der Qualifizierung nach dem V-Modell bewährt.

Die Batterie wird verschiedenen Prüfungen und Prüfnormen, wie z.B. elektrische Sicherheit, Temperaturtest, Schock- und Vibrationstest bei verschiedenen Umweltbedingungen (Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Druck) unterzogen. Es werden Lade- und Entladezyklen mit verschiedensten Strömen durchgeführt.

Danach wird die Batterie im Gesamtsystem der Applikation überprüft, ob sie auch alle Anforderungen erfüllt.

Als besondere Stressfaktoren für die Lebensdauer und Ladezyklen der Batterie haben sich die Temperatur und die Höhe des Lade-/Entladestroms herausgestellt.

Jede Batterie birgt ihr eigenes Risiko, das bewertet werden muss. Zum einen ist es das Risiko auf Batterie-Zellebene und zum anderen das Risiko, dass der Li-Ion Batteriepack in der Applikation darstellt. Eine übliche Methode der Risikobetrachtung, Risikoeinschätzung und Risiko-/ Fehlerreduktion ist dabei die (P)FMECA

Abgeleitet aus dem Anforderungskatalog und der FMECA werden die für die Batterie verwendeten Materialien durch die Entwicklung qualifiziert. Der Nachweis, dass die Materialien die Anforderungen erfüllen, muss durch den Lieferanten oder durch eine unabhängige Stelle (Prüflabor) erfolgen.

Darüber hinaus unterliegt der Materialfluss ebenfalls der Qualitätssicherung. Dazu haben sich verschiedene Werkzeuge bewährt. Es beginnt mit der Qualifizierung des Materials mittels Erstmusterprüfberichte im Rahmen der Batteriepackentwicklung.

Herstellung

Im Herstellprozess der Batterie wird das ankommende Material einer Wareneingangsprüfung, bzw. einer Materialausgangskontrolle vor dem Versenden beim Materialfertiger unterzogen. Hierbei werden in der Wareneingangskontrolle Stichproben gemäß dem jeweiligen festgelegten AQL (Acceptance Quality Level) entnommen und nach vorher festgelegten Prüfvorschriften geprüft.

In der Batteriefertigung gibt es nach jedem Produktionsschritt, entsprechende Qualitätskontrollen. Es wird unterschieden in 100% Prüfungen (QC) und Stichprobenprüfung „in-process-quality-control Schritte“ (IPQC). Bei den IPQC-Schritten werden in regelmäßigen vorher festgelegten Abständen, definiert durch die Menge oder die Zeit, Stichprobenmengen überprüft, um so den Produktionsprozess zu überwachen.

Alle fertig montierten Batteriepacks werden durch automatisierte validierte Testsysteme einer 100% Ausgangskontrolle/-prüfung (OQC) unterzogen.

Durch dieses mehrstufige Prüfkonzept und die verschiedenen Qualitätstore (Quality Gates), die ein Li-Ion Batteriepack passieren muss, wird im Herstellungsprozess die Fertigungs- und Produktqualität sichergestellt.

Rückverfolgbarkeit

Bereits die einzelne Batteriezelle besitzt eine Seriennummer, die zusammen mit der Seriennummer der bestückten Leiterplatte im Speicherchip des Packs auch außen auf dem Batteriepack zu einer ID-Nummer verknüpft werden. Durch dieses Verknüpfen der verschiedenen Nummern entsteht ein „Unique Device Identifier“ (UDI). Zudem ist der Date-Code auf dem Batteriepacketikett anzubringen. Durch diese Kennzeichnung können der Batteriepack und die verwendeten Baugruppen identifiziert werden.

Diese Informationen zu den Batteriepacks, inklusive der Informationen aus der Fertigung, werden mit dem Ergebnis der Ausgangsprüfung in einer separaten externen gesicherten Datenbank gespeichert. Die Rückverfolgbarkeit der Einzelzelle, der bestückten Leiterplatte (PCBA) und die zum Batteriepack gehörenden Produktionsdaten, ist dadurch sichergestellt.



Beispiel eines Barcode Labels

Logistik

Bevor Lithium-Metall- sowie Lithium-Ionen-Zellen und -Batteriepacks transportiert werden, müssen diese nach dem UN38.3 Prüfverfahren für den Transport getestet werden. Wenn diese Prüfung bestanden wurde, werden die Batteriepacks mit dem UN Symbol entsprechend gekennzeichnet. Beim Transport von Li-Ion Batterien ist darauf zu achten, dass die richtige Verpackung, Verpackungsgröße und Menge gewählt wurde.

Als Nachweis des bestandenen Transporttests kann das Li-Ion Pack mit dem UN-Symbol gekennzeichnet werden. Ohne bestandenen Transporttest gelten die Li-Ion Packs als Gefahrgut. Für ihren Transport benötigt man eine Transportsondengenehmigung.

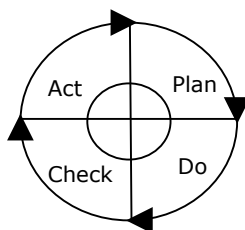


UN Symbol

Qualitätssicherung im Markt

Nach dem in Verkehr bringen der Ware gehen die Qualitätssicherungsmaßnahmen weiter. Ein Rückmeldemanagement („Complaint Management“) nach den Anforderungen der ISO13485 steuert diesen Prozess.

Alle Rückmeldungen aus dem Markt werden ausgewertet. Dazu wird die Fehlerhäufigkeit der einzelnen Fehlerbilder analysiert. Zu jedem Fehlerbild werden über einen 8D-Fehlerbericht die Fehlerursachen ermittelt und die Korrektur-, Vorbeugemaßnahmen und Verbesserungsaktivitäten eingeleitet. Am häufigsten werden bei der Fehlerursachenanalyse die Qualitätswerkzeuge „Ichikawa“ und „5-W“ angewendet. Die Verbesserungsmaßnahmen folgen dem PDCA Zyklus nach Deming. Zudem muss zu jedem Fehler das Fehlerrisiko und seine Auswirkungen auf Personen und Sachen abgeschätzt werden.



PDCA Zyklus nach Deming

Darüber hinaus helfen Marktbeobachtungen jedem Hersteller Fehler zu erkennen und zu vermeiden, bevor sie an dem eigenen Produkt und /oder dem eigenen Batteriepack auftreten.

Umwelt

Mit steigendem Umweltbewusstsein und dem Einfluss der Batterie auf die Umwelt wird ein funktionierendes Umweltmanagementsystem immer wichtiger. Dazu werden die Hersteller von Li-Ion Batteriepacks und ihre Herstellprozesse überprüft, ob sie die geltenden QM Normen (ISO14001) und Richtlinien (z.B. RoHS, REACH) einhalten.

Zudem sollte mit der Herstellung einer Li-Ion Batterie die Frage nach der Ökobilanz und dem „Carbon Foot Print“ beantwortet werden.

Der „In-Verkehr Bringer“ von Batterien in der EU verpflichtet sich zur Rücknahme dieser Batterien und erklärt dem Verbraucher, wo und wie er die Batterien dem Recycling Prozess zuführen kann. Die Li-Ion Batterien sind mit dem WEEE-Kennzeichen („durchgestrichene Mülltonne“) und dem Li-Ion Recycling Symbol zu kennzeichnen.

Darüber hinaus hat jedes Land eigene Recycling- und gesetzliche Umwelanforderungen, die erfüllt werden müssen. Für Europa sind das: die RoHS-Richtlinie, die REACH-Verordnung, die Batterie-Richtlinie. Für China ist die China-RoHS Richtlinie gültig.



Beispiel: Kennzeichnungen auf einer Batterie mit verschiedenen Länderzulassungen und Recycling-symbolen

Soziale Verantwortung

Die USA gilt als Vorreiter bei der sozialen Verantwortung. Dort wurden 2010 in Anlehnung an die „Due Dilligence Guidance“ der OECD im Sinne der sozialen Verantwortung neue Anforderungen an die zu verwendeten Mineralien in Produkten gestellt. Festgeschrieben wurde diese Richtlinie im „U.S. Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act - Conflict Minerals“.

Alle Firmen, die sich dieser Richtlinie verpflichten, erklären, dass die Mineralien Tantal, Zinn, Wolfram und Gold, die in ihren Produkten (Komponenten) verwendet werden, nicht aus den Ländern Demokratische Republik Kongo, Angola, Burundi, Zentral-afrikanische Republik, Republik Kongo, Ruanda, Süd Sudan, Tansania, Uganda, Sambia stammen.

Viele amerikanische und weltweit agierende Unternehmen haben sich diesem „Dodd-Frank Act“ verpflichtet.

Quellen:

- Deming, W.E.: Out of the Crisis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge 1982, ISBN 0-911379-01-0, S. 88.
- OECD (2013), OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas: Second Edition, OECD Publishing. ISBN 978-92-64-18501-2 (print), ISBN 978-92-64-18505-0 (PDF)