



DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE

Skalierung und Stabilisierung der Produktion von Batterien

Einsatz eines geschlossenen Qualitätsmanagements zur Erreichung von Liefer-, Durchsatz-, Kosten- und Nachhaltigkeitszielen

Kurzdarstellung

Das Erreichen der erforderlichen Qualität bei der Herstellung von Batterien – bei der Herstellung von Zellen, Modulen oder Packs – hängt von Ihren digitalen Fertigungsentscheidungen ab. Zwei Hauptfaktoren haben dieses herausfordernde Umfeld geschaffen. Erstens ist da das Nachfragewachstum, da die Elektrifizierung in mehreren Branchen, insbesondere in der Automobilindustrie, Einzug hält. Ihr Produktionsökosystem muss in der Lage sein, schnell zu skalieren und gleichzeitig eine hohe Qualität bei niedrigen Kosten zu erreichen. Zweitens ist da die komplexe und sich schnell entwickelnde Landschaft für die Entwicklung und Herstellung von Batterieprodukten, die kontinuierliche Produkt- und Prozessinnovationen erfordert. In diesem White Paper wird beschrieben, wie eine digitale Fertigungslösung, die Qualitätsaspekte während des gesamten Zyklus von Konstruktion, Fertigung, Nutzung und sogar Entsorgung integriert, Ihrem Unternehmen einen geschlossenen digitalen roten Faden bietet, um die Produktion in diesem wettbewerbsintensiven Markt effizient zu skalieren und zu stabilisieren.

Inhalt

| | |
|--|----|
| Deckung der starken Nachfrage nach hochwertigen Batterien | 3 |
| Qualität ist der Schlüssel zur Beschleunigung der Batterieproduktion | 5 |
| Digitalisierung ist der Schlüssel zur Großserienproduktion von hochwertigen Batterien | 7 |
| Intelligente Fertigung ermöglicht einen geschlossenen Qualitätskreislauf | 11 |
| Entwerfen und Entwickeln von Produkten mit einer Qualitätsmentalität | 12 |
| Verbesserte Qualitätsplanung durch Best Practices | 13 |
| Kontrolle des gesamten Qualitätsniveaus von Prototypen bis hin zum Endprodukt | 14 |
| Förderung von Qualitätsverbesserung durch kollaboratives Änderungsmanagement | 16 |
| Unterstützung durch stärkere Zusammenarbeit mit Zulieferern | 16 |
| Bewertung und Überwachung der wichtigsten Qualitätsprozesse | 17 |
| Bessere Qualitätseinblicke durch Prognosefunktionen | 17 |
| Fazit | 18 |

Deckung der starken Nachfrage nach hochwertigen Batterien

Um in der Batterieindustrie erfolgreich zu sein, müssen Unternehmen über den gesamten Prozess hinweg eine außergewöhnliche Qualität erreichen – von der Produktentwicklung über die Fertigung bis hin zur Leistung in der Praxis. Warum ist hohe Qualität ein wesentlicher Bestandteil Ihrer Fertigungsinitiativen in diesem Markt? Welche Branchentrends machen Ihre Qualitätsbemühungen schwieriger? Wie können Sie ein effektives und effizientes Qualitätsprogramm implementieren?

Siemens Digital Industries Software arbeitet mit Batterieherstellern zusammen, um diese schwierigen Fragen zu beantworten. Beispiele für diese Zusammenarbeit sind bei Freyr, Northvolt, InoBat Auto und anderen zu sehen, wo unsere Lösungen zu einem umfassenden digitalen Unternehmensansatz beitragen und für die globale Produktion von Batterien genutzt werden. Darüber hinaus war Siemens an der Entwicklung des Catena-X-Netzwerks beteiligt, dem ersten offenen und kollaborativen Datenökosystem für die Beteiligten an der automobilen Wertschöpfungskette.

In diesem White Paper teilen wir die Erkenntnisse, die wir aus dieser Arbeit gewonnen haben. Das White Paper untersucht die oben genannten Fragen, um Batterieherstellern eine wichtige Orientierungshilfe zu geben, wenn sie versuchen, Qualitäts-, Kosten-, Volumen- und Lieferziele mit dieser bahnbrechenden Technologie zu erreichen.

Der Batteriemarkt ist heute in der Tat eine disruptive Kraft, insbesondere für Unternehmen entlang der Transport- und Energiewertschöpfungsketten. Wenn Ihr Unternehmen in der Fertigung von Batterien tätig ist, befinden Sie sich an der Spitze des technologischen Fortschritts, da unsere Welt sich bemüht, die globale Erwärmung auf 1,5 Celsius (C°) zu begrenzen.

Die Dringlichkeit der Klimakrise treibt viele Unternehmen dazu, Netto-Null-Verpflichtungen einzugehen, was die Nachfrage nach Elektrifizierung – und den Batterien, die sie ermöglichen – auf ein bisher nicht gekanntes Niveau treibt. Mehrere klimabezogene und marktbezogene Trends treiben die Nachfrage sowohl nach Gigafactories (Anlagen mit jährlicher Produktionskapazität gemessen in Gigawattstunden) als auch nach den Batterien selbst an:

- Die zunehmende Popularität von Elektrofahrzeugen treibt den Batteriemarkt in neue Höhen, was die Hersteller unter Druck setzt, so viele Batterien wie möglich so schnell wie möglich herzustellen.
- Es wird erwartet, dass die steigende Nachfrage nach Energiespeicherlösungen den Markt für Batteriezellen um mehr als 20 Prozent pro Jahr wachsen lässt. Als Reaktion darauf führt der wachsende Zulauf in der Branche zu Preisdruck und der Notwendigkeit kontinuierlicher Produktinnovation und Prozessverbesserung.
- Die Fortschritte in der Batterietechnologie werden durch das Bestreben vorangetrieben, eine Kostenparität über den gesamten Lebenszyklus mit Verbrennungsmotoren (ICEs) zu erreichen, nachhaltige Lieferketten zu nutzen und die Leistung zu verbessern. Der Wettlauf um die Entwicklung der nächsten Generation von Batterien, die schneller zu laden, sicherer, erschwinglicher, umweltfreundlicher und weniger anfällig für Rohstoffknappheit sind, hat begonnen.
- Um das Wachstum der lokalen Industrie voranzutreiben, bieten Regierungen auf der ganzen Welt finanzielle Anreize, um die lokale Entwicklung von Gigafactories zu fördern.
- Neue und häufig aktualisierte Vorschriften machen die Entwicklung von Fabriken und Produkteinführungen zu einer Herausforderung. So entwickelt die Europäische Union (EU) den sogenannten „Batteriepass“, der für eine einheitliche Anwendung von Vorschriften sorgen soll, die darauf abzielen, die Batterieindustrie wettbewerbsfähig und nachhaltig zu machen.

Diese Markttrends machen die Herstellung hochwertiger Batterien sowohl für neue als auch für erfahrene Hersteller zu einer Herausforderung. Angesichts einer weltweit hohen Nachfrage nach Batterien steigt die Zahl der Hersteller, die in den Batteriemarkt eintreten, explosionsartig an. Dies führt zum Aufbau neuer Produktionen in fast allen Regionen der Welt sowie zur Modernisierung von Anlagen durch bestehende Batteriehersteller und Erstausrüster (OEMs) der Automobilindustrie.

Dieses expansive Wachstum macht Qualitätsbemühungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette für alle Akteure in dieser Branche unerlässlich, von den Rohstofflieferanten bis hin zu den OEMs, die Batterien in ihre Produkte integrieren. Qualität hat einen starken Einfluss auf die Kostenwettbewerbsfähigkeit von Batterieherstellern, da Ausschuss bei der Batterieherstellung besonders teuer ist. Qualitätsbemühungen ermöglichen eine nachvollziehbare Richtlinienkonformität. Darüber hinaus entscheidet die Qualität darüber, ob sich die Anstrengungen im Bereich der Konstruktion auch in einem höheren Leistungsvermögen des hergestellten Produkts niederschlagen. Daher hängt der Erfolg eines Batterieherstellers von der durchgängigen Qualität ab.

Qualität ist der Schlüssel zur Beschleunigung der Batterieproduktion

Drei Hauptherausforderungen für die Qualität ergeben sich aus den oben beschriebenen Markttrends, insbesondere für Unternehmen, die Batteriezellen herstellen. Die Hersteller von Modulen und Paketen stehen, wie wir zeigen werden, vor einigen der gleichen Qualitäts Herausforderungen, aber ihre konventionelleren und ausgereifteren Lösungsansätze für Konstruktion und Fertigung machen die Lösungen etwas klarer. Die erste Herausforderung ist die Skalierbarkeit. Das exponentielle Wachstum der Nachfrage bedeutet, dass selbst die neuesten Produktionen schnell auf mehrere tausend Zellen pro Tag hochgefahren werden müssen. Diese Anlagen müssen nicht nur große Mengen produzieren, sondern auch große Mengen der richtigen Zellen mit dem richtigen Leistungsvermögen. Die Skalierbarkeit stellt auch Anforderungen an die Quantität und Qualität der Rohstoffe, was Verbindungen zwischen den Minen/ Verarbeitern dieser Materialien, den Zellenherstellern und den Paketherstellern erforderlich macht. Bestimmte Metriken beeinflussen die Rohstoffqualität, die wiederum die Qualität der Zelle beeinflusst.

Die Qualität der Zellen hängt von der Kontrolle zahlreicher Parameter ab, einschließlich der Sauberkeit und der Luftfeuchtigkeit im Fertigungsbereich, sowie von den komplexen Wechselwirkungen zwischen den Einstellungen der Anlagen, dem Produktionszeitplan und vielem mehr. Batteriezellenhersteller müssen drei verschiedene Arten von Prozessen durchführen und steuern: die Batch-Verarbeitung im Mischbereich, die kontinuierliche Produktion im Beschichtungs- und Kalandrierbereich und die diskrete Produktion bei der Zellenmontage, -formung und -veredelung. Jede Art von Prozess stellt unterschiedliche Anforderungen an Ihr Qualitätsprogramm. Diese Komplexität wird durch die Mischung der erforderlichen Qualitätskontrollen erhöht: in der Linie, an der Linie und außerhalb der Linie.

Die Geschwindigkeit der Herstellung von Batteriezellen ähnelt der der Papierherstellung, aber die Zellenproduktion erfordert eine viel strengere Kontrolle der Betriebsparameter, und kritische Leistungsparameter für die Zellen müssen in jedem Zentimeter des Produkts innerhalb einer relativ engen Toleranz liegen. Qualitätskontroll-, Probenahme- und Testprotokolle müssen bereits in der Planungsphase der Produktentwicklung gründlich berücksichtigt werden. Zellenhersteller müssen diese komplexen Produktionsprozesse optimieren und fehlerfrei skalieren, um als große Batteriehersteller wettbewerbsfähig zu sein.

Die zweite Herausforderung, die die erste noch verschärft, ist das Novum der Zellenfertigung. Start Unternehmen auf der grünen Wiese müssen sich mit dem Prozess vertraut machen und gleichzeitig herausfinden, wie sie ihn so robust steuern können, dass sie in der Lage sind, die Produktion schnell zu skalieren. Die Wechselwirkungen und Auswirkungen der einzelnen Parameter auf die Qualität können sich ändern, während Ihre Anlage vom Pilotprojekt zur vollen Produktion übergeht. Die Berücksichtigung dieser Änderungen bei gleichzeitiger schneller Skalierung ist entmutigend, und Ihr Qualitätsprogramm muss die erhöhten Risiken für Qualität, Konformität und Rückverfolgbarkeit berücksichtigen, die der Produktionshochlauf mit sich bringt.

Die Herausforderung der Neuheit ist nicht auf Greenfield-Fabriken beschränkt. Selbst etablierte Akteure, die sich mit dem Prozess der Zellenherstellung auskennen, müssen neue Chemikalien, Zellenformate und Prozesse erforschen und entwickeln. Das rasante Innovationstempo erfordert die Fähigkeit, die Fertigungsabläufe schnell an Veränderungen des Marktes und der Zellenmaterialien anzupassen. Diese Unternehmen stehen vor der zusätzlichen Herausforderung, sich mit einer Brownfield-Umgebung auseinandersetzen zu müssen.



Die Entwicklungsingenieure der Batteriebranche sind ständig auf der Suche nach Möglichkeiten, Reichweite, Kosten, Sicherheit, Komfort, Ladezeit und Lebensdauer zu verbessern. Zu den Konstruktionsänderungen können die Formulierung, das Format, die Energiedichte, die Dicke und die Größe herkömmlicher Lithium-Ionen-Batterien gehören. Konstruktionsaufwand entsteht auch, wenn Unternehmen Batterien aus verschiedenen Materialien und nachhaltige Technologien der nächsten Generation entwickeln, wie z. B. natriumbasierte Batterien, Batterien mit Siliziumelektroden und Festkörper- oder kobaltfreie Batterien.

Neue Konstruktionen für Batteriezellen werden durch verschiedene technologische Aspekte erschwert. Batteriezellenchemie und -formate müssen mehrere Optimierungsschleifen durchlaufen, um die von den Endnutzern geforderten Ziele in Bezug auf Energiedichte, Kosten, Nachhaltigkeit und Herstellbarkeit zu erreichen. Da viele Systeme geprüft werden müssen, müssen Konstrukteure oft Hunderte von Permutationen und Kombinationen untersuchen. Herkömmliche Methoden der Validierung, die sich hauptsächlich auf physikalische Tests stützen, sind für diesen wettbewerbsintensiven Markt zu langsam und zu teuer. Die Batterievalidierung ohne physische Prototypen muss jedoch ebenso präzise sein, da unentdeckte Fehler erhebliche Rückruf- und

Haftungsbedenken aufwerfen. Thermisches Durchgehen ist ein Beispiel für Qualitäts- und Sicherheitsprobleme, die alle Hersteller vermeiden wollen.

Die Komplexität der Batteriezellenproduktion mit Hunderten von voneinander abhängigen Parametern hat viel mit der Fertigung integrierter Schaltkreise (IC) gemeinsam. Die IC-Produktionen laufen jedoch schon seit vielen Jahren in großem Maßstab und haben die Lektionen gelernt, die die Batteriebranche erst noch durchlaufen muss.

Die dritte große Herausforderung, die die Hersteller von Modulen und Paketen genauso betrifft wie die Zellenhersteller, ist die Konformität. Die Regierungen erlassen immer mehr Vorschriften, die eine strenge Nachverfolgbarkeit für jede Zelle, jedes Modul oder jedes Paket fordern: spezifische Rohstoffe oder Komponenten, Details des Fertigungsprozesses, Test- und Inspektionsergebnisse und vieles mehr, alles gekennzeichnet am jeweiligen Endprodukt. Die zunehmenden Vorschriften zum CO₂-Fußabdruck Ihrer Geschäftstätigkeit erfordern eine zusätzliche Rückverfolgung der Rohstoffe, einschließlich der Entfernung zwischen Minen und Produktion, der Beiträge von Produktionsprozessen, des Energieverbrauchs und anderer Umweltauswirkungen.

Viele Zellhersteller führen die Rückverfolgbarkeit aufgrund der mangelnden Reife des Produktionsprozesses bereits auf granularer Ebene durch. Da sie nicht wissen, wie sich die einzelnen Parameter auf die Ergebnisse auswirken, verfolgen sie alle, um eine Ursachenanalyse zu ermöglichen, wenn Probleme auftreten. Innerhalb des richtigen digitalen Ökosystems kann die Track-and-Trace-Funktionalität angepasst werden, um Ihr Compliance-Management-System als Teil Ihres gesamten Qualitätsprogramms zu füttern.

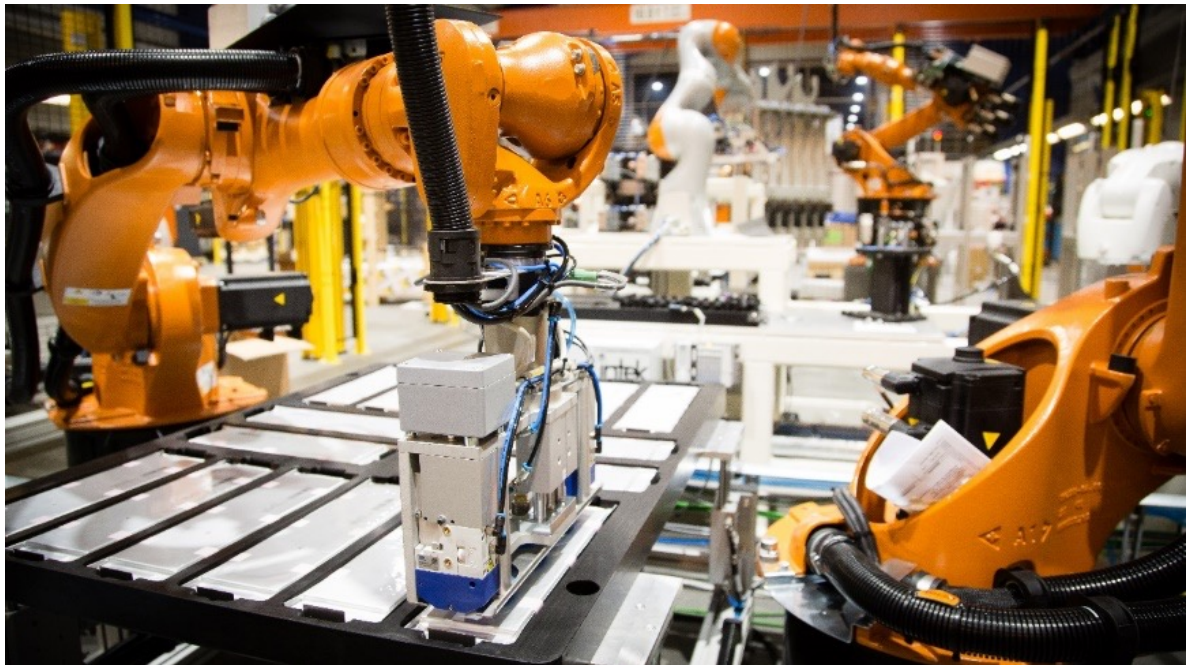
Die Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit der Batterieproduktion haben viele Gemeinsamkeiten mit regulierten Branchen wie Konsumgütern und Medizinprodukten – mit dem Unterschied, dass sich die Vorschriften für Batterien noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden und die Mischung aus diskreter/kontinuierlicher/Batch-Produktion die Herausforderung der Rückverfolgbarkeit auf die nächste Stufe hebt.

Um die drei Hauptherausforderungen für Batteriequalität, Produktionsstabilität und Effizienz zu bewältigen, ist die Kombination von Qualitätsprozessen in allen Fertigungsbereichen erforderlich. Ein umfassendes Qualitätsprogramm, das auf einem digitalen geschlossenen Qualitätsmanagementsystem (QMS) aufbaut, erfüllt diese Anforderung.

Digitalisierung ist der Schlüssel für die Großserienproduktion hochwertiger Batterien

Die Digitalisierung ist für die Batteriehersteller zu einem geschäftlichen Muss geworden, da sie nicht nur bei Angebot und Nachfrage unter hohem Druck stehen, sondern auch mit Technologien arbeiten, die von Natur aus komplex sind und sich schnell weiterentwickeln. Batteriehersteller müssen innovativ sein, skalieren und ein rekordverdächtiges Tempo für die Markteinführungszeit erreichen – und das alles bei gleichzeitiger Einhaltung von Vorschriften, strengen Qualitätsanforderungen und niedrigen Kosten. Unabhängig davon, ob Sie eine neue Batteriefabrik bauen oder eine bestehende erweitern, benötigen Sie eine Möglichkeit, Batterieproduktionsprozesse zu entwickeln, die fehlerfrei ausgeführt und schnell skaliert werden können, ohne den Ausschuss zu erhöhen oder die Qualität zu gefährden.

Komplexität, Innovation und schnelle Skalierung führen dazu, dass die Kontrolle und Dokumentation der Qualität der Batterieproduktion mit Tabellenkalkulationen, selbst entwickelten oder eigenständigen Systemen äußerst schwierig oder gar unmöglich wird. Zum Beispiel muss ein Zellenhersteller wissen, welche Aufschlammung jeden Quadratzentimeter einer Rolle bedeckt hat. Bei diesem Grad an Komplexität kann die Nachverfolgbarkeit nur mit einer Software erreicht werden, die speziell für diese Aufgabe entwickelt wurde und vollständig mit der Hardware der Anlagenautomatisierung verbunden ist. Die intelligente Fertigung von Siemens verwendet ein QMS mit geschlossenem Regelkreis, um Ihnen zu helfen, diese Art von Anforderungen zu erfüllen.



Intelligente Fertigung ist eine digitale Strategie, die den gesamten Fertigungsprozess umfasst, von der Konstruktion der Batterie und der Optimierung des Fertigungsbereichs über die optimierte Orchestrierung der Produktion bis hin zu schnellen, präzisen Probenahmen und Tests. Die intelligente Fertigung basiert auf der Integration digitaler Systeme, die die Qualität und Effizienz in Ihrem gesamten Fertigungsprozess steigern. Diese Harmonisierung von Product Lifecycle Management (PLM), Manufacturing Operations Management (MOM), QMS, Industrial Internet of Things (IIoT), Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) und anderen digitalen Systemen trägt dazu bei, das Wissen zu erfassen, das bei der Einführung neuer Materialien oder Prozesse in die Produktion gewonnen wird. Dieses Wissen und die daraus gewonnenen Erkenntnisse über die Fertigung können zur Verbesserung des nächsten Produktionslaufs verwendet und bei der nächsten Batteriegeneration wiederverwendet werden.

Durch die Verwendung von Lösungen für die intelligente Fertigung von Batterien von Siemens können Batterieunternehmen Folgendes erreichen:

- Fertigungseffizienz durch integrierte und standardisierte Maschinen, Prozesse und Systeme
- Fertigungsreife durch virtuelle multidisziplinäre Planung und Simulation
- Fertigungsexzellenz durch vernetzte, automatisierte und kontinuierlich überwachte Linien

Zwei Schlüsselemente der intelligenten Batterie-fertigung von Siemens und des Closed-Loop-QMS sind ein durchgängiger digitaler roter Faden und ein umfassender digitaler Zwilling. Der digitale rote Faden wurde entwickelt, um den Dialog und die Aktivitäten bei Konstruktion und Produktion zu beschleunigen. Er verbindet Unternehmens- und Konstruktionssysteme mit Fertigungstechnik- und Betriebssystemen, Anlagenressourcen-Performance-Management und Fabrikautomatisierungssystemen. Der digitale rote Faden verbindet Qualitäts- und Engineering-Disziplinen über ein gemeinsames digitales Rückgrat und eine gemeinsame Datenquelle, sodass Sie ein vollständiges Lebenszyklus- und Änderungsmanagement nutzen können, um die Zusammenarbeit in Ihrem Unternehmen und entlang Ihrer Wertschöpfungskette zu verbessern.

Der umfassende digitale Zwilling, eine virtuelle Darstellung, die alle kritischen Attribute und Aspekte Ihrer Batterien und deren Herstellungsprozesse umfasst, ermöglicht es Ihnen, die virtuelle Welt vor dem Produktionshochlauf und bei der Umsetzung von Produkt- und Prozessänderungen vollständig zu nutzen. Der umfassende digitale Zwilling deckt alle Bereiche des Produkt- und Produktionslebenszyklus ab und umfasst einen geschlossenen Kreislauf, um sicherzustellen, dass die Leistungsdaten der Fertigung in Modelle zurückgeführt werden, die kontinuierlich verfeinert werden. Oberstes Ziel ist es, auch Leistungsdaten aus der physischen Welt einzubeziehen und in das virtuelle Modell einzuspeisen, um Produkt und Produktion kontinuierlich zu optimieren.

Der umfassende digitale Zwilling beinhaltet einen digitalen Zwilling der Fertigungsprozesse und der Produktion, der frühe Erkenntnisse bei der Produktentwicklung nutzt, damit Sie Ihre Konstruktionen auf der Grundlage der Fertigbarkeit verbessern können. Sie können diesen digitalen Zwilling vom Konzept und der Produktentwicklung über die Konstruktion bis hin zur Fertigung nutzen. Mit diesem digitalen Zwilling können Sie die Skalierung von Prozessen virtuell üben, um sicherzustellen, dass die Kapazität von der Pilot- auf die Giga-Ebene erhöht werden kann, ohne die Qualität zu beeinträchtigen oder den Ausschuss zu erhöhen.

Ein robuster digitaler roter Faden und ein umfassender digitaler Zwilling sind grundlegende Elemente der Siemens Xcelerator Business-Plattform aus Software, Hardware und Services. Siemens Xcelerator wurde entwickelt, um unsere Kunden bei der Beschleunigung der digitalen Transformation zu unterstützen. Unternehmen jeder Größe verlassen sich auf die Siemens Xcelerator-Lösungen, um ihre Produkte zu entwerfen, zu konstruieren, zu fertigen und zu optimieren – von der Chipebene bis hin zu ganzen Systemen in einer Vielzahl von Branchen. Unser Ziel ist es, die digitale Transformation einfach, schnell und in großem Maßstab umzusetzen.



Der digitale rote Faden für die Fertigung unterstützt Sie bei der Entwicklung und Herstellung von Batteriezellen, -modulen und -paketen, um Ihre Ziele in Bezug auf Sicherheit, Leistung, Kosten und Markteinführungsgeschwindigkeit zu erreichen, indem er Folgendes ermöglicht:

- **Domänenübergreifende qualitätsbezogene Zusammenarbeit**

Die Teams aus allen Domänen müssen in Echtzeit in einer batteriespezifischen Umgebung zusammenarbeiten, in der sie ständig auf die Konstruktionsänderungen anderer und eine Reihe gemeinsamer Anforderungen an Materialien, Zellenkonstruktion, thermische und strukturelle Aspekte, Software, Fertigung, Qualität und Zuliefererinteraktionen zugreifen können. Dies hilft, die Kommunikationslücke zu überbrücken, um eine späte Erkennung von Problemen zu vermeiden. Durch diesen digitalen roten Faden erhalten Sie Zugriff auf eine 360-Grad-Ansicht Ihrer Batteriedaten, um Entwicklungs- und Planungszyklen zu verkürzen

- **Effiziente, modellbasierte Entwicklung**

Sie können schnell mehrere Konstruktionsvarianten/Iterationen generieren und bewerten, indem Sie Simulationen und modellbasierte Produktdefinitionen verwenden. Sie können die Modelle, aus denen sich Ihr digitaler Zwilling der Batterie zusammensetzt, nutzen, um die Leistung früher zu validieren, Qualitätspläne zu entwickeln, Kosten zu senken und alternative und nachhaltigere Konstruktionsoptionen zu antizipieren.

- **Integriertes simultanes Embedded-Software-Design**

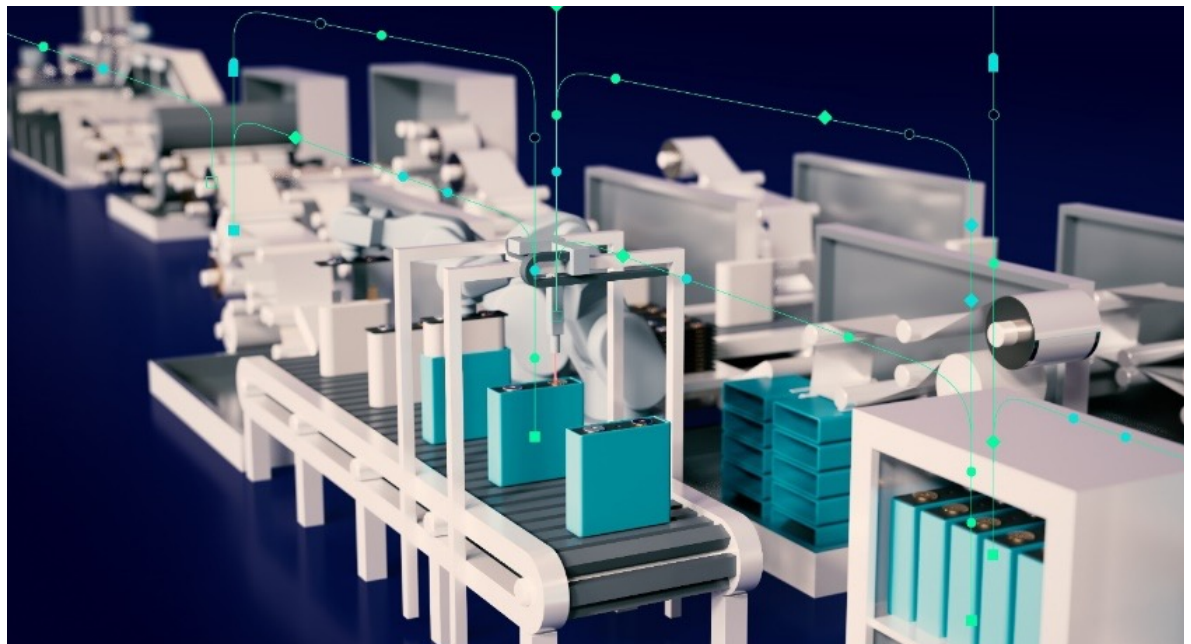
Sie können die Entwicklung der Embedded-Software durch eine integrierte Kombination aus Simulation und Test in den Konstruktionsprozess integrieren. Dies trägt zur frühzeitigen Validierung optimaler Softwaresysteme bei, so dass Sie in jedem nutzbaren Zustand die Spitzenleistung des Batteriepakets erreichen können.

- **Durchgängige Integration Ihrer Produktion**

Die intelligente Fertigung versorgt Ihren digitalen Zwilling mit allen Produktfertigungsinformationen (PMI), sodass diese an nachgelagerte Fertigungsstufen weitergegeben werden können. Diese durchgehende Produktionsintegration ermöglicht auch die Teile- und Montageplanung, Terminierung und papierlose Ausführung, um Zeit zu sparen, Fehler zu vermeiden, Schulungen zu optimieren und gleichzeitig von Anfang an ein hohes Maß an Cybersicherheit zu gewährleisten.

- **Intelligente Produktionsexzellenz von Zelle und Paket**

Intelligente Fertigung ermöglicht es Ihnen, Edge-Geräte, künstliche Intelligenz (KI), IIoT und maschinelles Lernen zu nutzen, um den realen Fertigungsbereich mit dem digitalen Zwilling der Batterieproduktion zu verbinden. Durch diese Verbindungsmöglichkeit können Sie Betriebsdaten in Echtzeit vor Ort und in der Cloud sammeln und analysieren, um die Transparenz und Rückverfolgbarkeit zu maximieren und gleichzeitig automatisch selbstkorrigierende Aktivitäten auszulösen und umsetzbare Erkenntnisse zu gewinnen. Die Vorausschau auf Qualität und Fabrikleistung ermöglicht es Ihnen, bessere Entscheidungen auf der Grundlage realer Daten zu treffen, Qualitätsziele in der Produktion zu erreichen und Nachhaltigkeitsziele zu verwirklichen, indem Sie Ihren CO₂-Fußabdruck, den Energieverbrauch und den Ausschuss reduzieren.

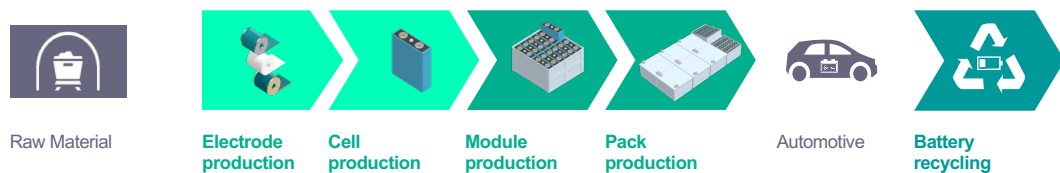


Intelligente Fertigung ermöglicht einen geschlossenen Qualitätskreislauf

Wie wir gesehen haben, ist es für die Batteriebranche kompliziert, aber dennoch unerlässlich, sich den einzigartigen Qualitätsherausforderungen zu stellen, mit denen sie konfrontiert ist. Ein Lösungsansatz der intelligenten Fertigung ermöglicht es Ihnen, diese Komplexität zu bewältigen und gleichzeitig die Qualitätsbemühungen von Anfang bis Ende zu optimieren. Zu den spezifischen Vorteilen der Implementierung eines Closed-Loop-QMS als Teil einer intelligenten Fertigungslösung gehören:

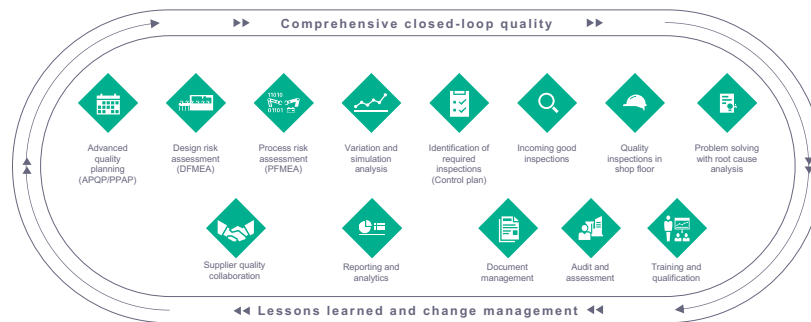
- Reduzierte interne und externe Prozesskosten aufgrund schlechter Qualität
- Mehr erfolgreiche Produkteinführungen (NPIs)
- Schnellere Markteinführung
- Einfachere Skalierung
- Qualitätsbewertungen und präventive Qualitätsinitiativen
- Kontinuierliche Prozessverbesserung in Ihrem gesamten Unternehmen und über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg

Durch Unterstützung der Anwendung aller Best Practices für Qualität während des gesamten Produktlebenszyklus können Sie mit einem Closed-Loop-QMS die hohen Kosten für physische Prototypen und Nacharbeiten vermeiden, wodurch das Qualitätsmanagement für Ihren digitalen Fertigungserfolg von entscheidender Bedeutung ist.



Schauen wir uns nun die Elemente von Closed-Loop-Qualität genauer an und wie sie die Qualitätsprobleme angehen. Closed-Loop-Qualität stützt sich auf eine gemeinsame PLM-Infrastruktur mit nativen Funktionen für das Qualitätsmanagementsystem – dieselbe PLM-Umgebung, in der die Produkte konstruiert werden, so dass die Planung bereits in der Konstruktionsphase beginnen kann. Ein Closed-Loop-QMS nutzt die PLM-Kollaborationsplattform, um die gleichzeitige Entwicklung in den Bereichen Produktkonstruktion, Fertigungsplanung und Qualitätsmanagement zu ermöglichen. Es hilft bei der Synchronisierung von Produktentwicklung, Qualitätsplanung und kontinuierlichen Verbesserungsprozessen sowie bei allen Funktionen des PLM Änderungsmanagements und Konfigurationsmanagements. Ein Closed-Loop-QMS ermöglicht es Ihrem Unternehmen, Batteriezellen, -module und -pakete zu entwickeln, die die Qualitäts- und Leistungserwartungen erfüllen und so die hohen Kosten für schlechte Qualität vermeiden und einen optimierten Produktionsanlauf ermöglichen.

Ein Closed-Loop-QMS orchestriert die Qualität in den wichtigsten Phasen der Entwicklung und Herstellung von Batterieprodukten: Konstruktion, Planung, Ausführung und kontinuierliche Verbesserung. Während all dieser Phasen ermöglicht Ihnen ein Closed-Loop-QMS die Einhaltung von Qualitätsstandards und Richtlinien zu garantieren und nachzuweisen.



Entwerfen und Entwickeln von Produkten mit einer Qualitätsmentalität

Jedes neue Batterieprodukt beginnt seinen Lebenszyklus mit einer Anforderung. Unter Verwendung moderner Methoden der Produktentwicklung entsteht ein System, dann eine logische Struktur und schließlich ein virtuelles Produkt. Von Beginn dieses Zyklus an müssen Sie Richtlinien und Normen für die Automobilindustrie (wenn Sie Batterien an einen OEM liefern) und/oder andere behördliche Anforderungen berücksichtigen.

Einer der größten Fortschritte, die das Closed-Loop-QMS den Batterieherstellern bietet, ist das Vorziehen von Phasen, was frühzeitige Qualitätsüberlegungen ermöglicht. Es ist möglich, 2D-Zeichnungen und 3D-Modelle sowie detaillierte Produkt- und Fertigungsinformationen zu nutzen, um Simulationen zu starten und Variationsanalysen am virtuellen Produkt durchzuführen. Durch die Simulation von Konstruktions- und Fertigungsprozessen können Sie Probleme im virtuellen Raum lösen, die sonst erst in der Fertigung auftauchen würden. Indem Informationen einmal dokumentiert und überall wiederverwendet werden, unterstützen die Qualitätsanforderungen die Konstruktion von der Simulation bis zur Endkontrolle des produzierten Teils, Systems oder der Baugruppe. Umgekehrt ermöglicht die qualitätsorientierte Konstruktion den Produktteams auch, Informationen über die Fertigung und den Prozess während der Konstruktion zu integrieren, den Workflow zwischen Konstruktion, Qualität und Fertigung zu optimieren, das Änderungsmanagement zu beschleunigen und Fehler in der Qualitätsplanung zu minimieren.

Verbesserte Qualitätsplanung durch Best Practices

Die Funktionen zur Qualitätsplanung in einem Closed-Loop-QMS unterstützen den gesamten Produktentstehungsprozess. Sie ermöglichen es Ihnen, den Entwicklungszyklus zu beschleunigen, kostspielige und zeitaufwändige physische Prototypen zu vermeiden, Risiken zu reduzieren und eine fehlerfreie Markteinführung zu ermöglichen. Mithilfe von Best Practices für das Qualitätsprojektmanagement, die in das Closed-Loop-QMS integriert sind, können Hersteller die Qualität an wichtigen Meilensteinen überwachen und genehmigen. Advanced Product Quality Planning (APQP) unterstützt die Produkteinführung, indem es die Dokumentation, Optimierung und Realisierung von Qualitätsplanungs- und Prozessdefinitionsanforderungen ermöglicht. Mit einem Closed-Loop-QMS können Sie durch die Phasen der Produktentwicklung navigieren – vom Prototyp und Vorserien-Werkzeugen bis zum Serienprodukt – in Übereinstimmung mit den AIAG-Standards (Automotive Industry Action Group).

Der Qualitätsfreigabeprozess für Produkt und Produktion trägt dazu bei, einen strukturierten Qualitätsplan eindeutig nachzuweisen, wie er von zahlreichen Normen gefordert wird. APQP beinhaltet ein systematisches Vorgehen, bei dem alle notwendigen Prozessschritte definiert und mit einer solchen strukturierten Methodik

eingeleitet werden. Viele Normen erfordern auch eine weitaus sorgfältigere Überwachung der Lieferungen Ihrer Zulieferer als je zuvor. APQP unterstützt die Nachverfolgung und Kontrolle von Zulieferteilen für die Anforderungen des Produktionsteilegenehmigungsprozesses (PPAP), um eine vollständige Überwachung der Leistung und der Teile der Zulieferer während der Entwicklungsphasen zu gewährleisten.

Die Neuheit und die schnelle Entwicklung von Batteriekonstruktion und -fertigung machen die FMEA-Funktionen (Failure Mode and Effects Analysis) des Closed-Loop-QMS wichtig, damit Sie FMEAs frühzeitig im Entwicklungszyklus durchführen können. Das System stellt Tools zur Verfügung, um Risiken in den virtuellen Produkt- und Prozessstrukturen mittels Design-FMEA (DFMEA) und Prozess-FMEA (PFMEA) zu identifizieren und zu mindern. Da das Closed-Loop-QMS die FMEA in der gleichen Umgebung wie die Entwicklung von Batteriezellen durchführt, kann es verwendet werden, während der Prozess noch definiert wird, wodurch das Risiko reduziert wird, bevor die erste Zelle die Produktionslinie verlässt. FMEA-Anwender können auch einfach und schnell eine DFMEA oder PFMEA auf der Grundlage einer vorhandenen Stückliste (BOM) oder Prozessliste (BOP) erstellen.



Ein entscheidender Aspekt der Qualität ist die Toleranzanalyse, die verwendet wird, um festzustellen, wie sich die Abweichungen der einzelnen Teilegeometrien und des Montageprozesses auf die wichtigsten Produkteigenschaften auswirken. Durch die Identifizierung der Abweichungen, die den größten Einfluss auf die Gesamtqualität haben, kann die Toleranzanalyse qualitätskritische Faktoren (CTQ) ermitteln, die während der Herstellung genau überwacht und kontrolliert werden müssen – die sogenannten Key Control Characteristics (KCC).

Die Toleranzen werden zunächst bei der Konstruktion festgelegt, was jedoch einige Fragen zur Produktionsqualität aufwirft. Sind diese Toleranzen zu eng oder zu locker, um die Qualitätsanforderungen in der realen Produktion zu erfüllen? Werden für bestimmte Schritte der Baugruppe Tools benötigt, oder reicht eine Teil-zu-Teil-Lokalisierung aus, um die erforderliche Qualität zu erreichen? Wie und in welchem Umfang kann eine Dimensionsvalidierung ohne physische Prototypen erreicht werden?

Ein Closed-Loop-QMS bietet eine Toleranzanalyse im digitalen Bereich, indem es die FMEA um die Variationssimulationsanalyse (VSA) erweitert. Diese Tools können zusammen verwendet werden, um Sie bei der Konstruktion und Validierung von Teilen und Baugruppen mit 3D-Toleranzanalyse und Variationssimulation zu unterstützen, einschließlich Konstruktions- und Bestandsabweichungen. Sie ermöglichen die virtuelle Simulation von Fertigungs- und Montageprozessen zur Vorhersage von Abweichungsmengen und -quellen. Dabei werden PMI-Daten, Merkmale und Toleranzen, die im CAD-System (Computer-Aided Design) definiert sind, in die Abweichungsanalyse einbezogen und prädiktive Analysen zur Kostensenkung und virtuellen Verbesserung der Produktqualität eingesetzt.

Die Erstellung eines Kontrollplans (CP) ist eine weitere wichtige Komponente eines effektiven Produktqualitätsplanungsprozesses. Der Kontrollplan enthält die Prozessschritte zur Kontrolle kritischer Elemente in allen Phasen, vom Prototyp bis zur Fertigung, in denen das potenzielle Risiko nicht vollständig gemindert, aber systematisch kontrolliert werden kann, um fehlerhafte Teile zu identifizieren. Da es sich bei einem Closed-Loop-QMS um eine Software handelt, die speziell für die Verwaltung aller Komponenten Ihres Qualitätsprogramms entwickelt wurde, ist die Erstellung Ihres Kontrollplans optimiert und dennoch umfassend. Das Ergebnis ist ein standardisierter Kontrollplan, der leicht mit Entwicklungspartnern und Erstausrüstern geteilt werden kann.

Kontrolle des gesamten Qualitätsniveaus von Prototypen bis hin zum Endprodukt

Um die in der Entwurfs- und Planungsphase geplante First-Time-Right-Produktion zu erreichen, müssen robuste Fertigungsprozesse geschaffen werden. Dadurch ist es möglich, alle relevanten Inspektionen zu planen und kritische Eigenschaften des realen Produkts und Prozesses zu kontrollieren.

Eine effektive Planung der Qualitätsprüfung ab den frühen Phasen Ihres Projektlebenszyklus ist notwendig, um die komplexen Prozesse, Produkte und Zulieferer in der Batteriebranche zu steuern. Mit einem Closed-Loop-QMS können Sie die wesentlichen Qualitätsprüfungsmerkmale (prozess- und produktbezogen), die in Ihrem Produktionsprozess erforderlich sind, definieren und steuern.

In der Entwicklungsphase hilft Ihnen ein geschlossenes QMS, Inspektionen zur Überprüfung von Prototypen zu planen. Anhand dieser Inspektionsergebnisse unterstützt das System die automatische Definition von Inspektionen zur Kontrolle von Produktionschargen. Von der Entwicklung bis zur Markteinführung werden die geplanten Inspektionen automatisch in die Werkstatt übertragen, um die Qualität direkt in der Produktionslinie zu gewährleisten.

Das QMS ermöglicht die Definition der einzelnen Arten von Inspektionen, die bei der Batterieherstellung eingesetzt werden:

- Erstmuster-/Artikelinspektionen zu Beginn der Produktion, um zu prüfen, ob die Erstmuster den Kundenanforderungen und Spezifikationen entsprechen
- Laborprobenahme und -tests der Zellaufschlammung und der Beschichtungsprozesse, die durch das QMS in Abstimmung mit einem Labordaten-Managementsystem (LIMS) verwaltet werden

- Inline-Inspektionen zur Überwachung von Massenproduktionsschritten
- Endkontrollen zur Freigabe der Batterien vor der Einlagerung
- Wareneingangskontrollen zur Sicherstellung einer gleichbleibenden Qualität der gelieferten Materialien und Teile

Wichtig ist, dass ein geschlossenes QMS die Analyse der Vorgänge in der Produktion unterstützt, so dass Anpassungen und Korrekturmaßnahmen vorgenommen werden können. Diese Fähigkeit trägt dazu bei, den Ausschuss zu minimieren, was sowohl zur Kosteneffizienz als auch zu der Fähigkeit beiträgt, große Bestellungen pünktlich auszuführen. Das System verwendet die statistische Prozesskontrolle (SPC), um Sie in die Lage zu versetzen, Produktionsprobleme anhand von Live-Produktionsinformationen zu lösen. SPC definiert, welche Echtzeit-Statistiken und Kontrollkarten auf alle eingehenden Messungen angewendet werden sollen.



Auch bei Offline-Tests sind Durchsatz und Qualität eng miteinander verbunden. Die Verwaltung von Laboruntersuchungen von Schlammproben kann sich beispielsweise negativ auf den Durchsatz, die Qualität oder beides auswirken. Ohne ein geschlossenes QMS verlangsamt das Zurückhalten einer Charge oder sogar das Anhalten der Produktion, bis die Laborergebnisse bekannt sind, die Produktion. Wenn Sie jedoch die Produktion fortsetzen, bevor die Ergebnisse bekannt sind, riskieren Sie Qualitätsprobleme und möglicherweise den Ausschuss der gesamten Charge.

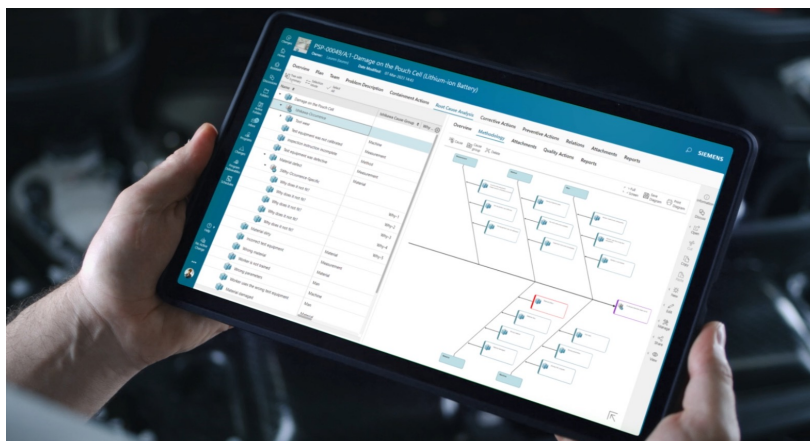
Förderung von Qualitätsverbesserung durch kollaboratives Änderungsmanagement

Mit zunehmender Reife der Batterieproduktion sind Prozessverbesserungen für Ihre Wettbewerbsaussichten von entscheidender Bedeutung. Ein Closed-Loop-QMS implementiert eine kontinuierliche Qualitätsverbesserung von Beginn Ihres Betriebs an. Es erfasst Produkt- oder Prozessabweichungen mit seiner Nonconformance-Management-Funktion und registriert sie als interne Qualitätsprobleme. Für derartige Probleme bietet das System auch Tools zur Problemlösung anhand effektiver Ursachenanalysemethoden, was zu einer kontinuierlichen Verbesserung führt. Ein gemeinsames Änderungsmanagement verteilt die Änderungen, die sich aus der Problemlösung ergeben, an alle Beteiligten. Infolgedessen verbessert sich Ihr Produktentwicklungsprozess kontinuierlich, wodurch die Markteinführungszeit für neue Produkte und die Gesamtqualitätskosten für bestehende Produkte reduziert werden.

Unterstützung durch stärkere Zusammenarbeit mit Zulieferern

Da Zulieferer oft eine wesentliche Rolle in Ihrem Entwicklungsprozess für neue Produkte spielen, kann nicht genug betont werden, wie wichtig es ist, Zulieferer in Ihren Qualitätsmanagementprozess einzubeziehen. Die Lieferkette sowie die vielen globalen und regionalen Faktoren, die sie beeinflussen, machen sie zu einem wesentlichen Bestandteil der Geschäftskontinuität eines Herstellers sowie der Entwicklung neuer Produkte.

Um die Zusammenarbeit zu verbessern, unterstützt ein Supplier Quality Hub den Online-Austausch von Qualitätsmaßnahmen, Problemlösungen und die Kommunikation mit dem Zulieferer (Production Part Approval Process, PPAP). Dies unterstützt die kontinuierliche Optimierung der Wertschöpfungskette. Effiziente, papierlose Interaktionen ersetzen die zeitaufwändige Standardkommunikation mit Zulieferern.



Bewertung und Überwachung der wichtigsten Qualitätsprozesse

Da sich die Qualitätsstandards, Richtlinien und Vorschriften für die Batteriebranche ständig weiterentwickeln und strenger werden, ist die Tatsache, dass ein QMS mit geschlossenem Regelkreis auch Qualität und Compliance in ein System integriert, von großem Vorteil. Im Rahmen kritischer Konformitätsbemühungen in der Batteriezellen- und -paketproduktion erfordert das unternehmensweite Audit-Management ein strukturiertes System, das für alle Anwender zugänglich ist. Unser Closed-Loop-QMS ist vollständig ausgestattet, um die erforderlichen Qualitätsaudits für die Batteriebranche durchzuführen, wie z.B. System-, Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsaudits, Zuliefererqualität und andere. Die wachsende Bedeutung externer und interner Audits hat den Standard für die Leistung des Auditsystems Ihres Unternehmens gesetzt, und ein Closed-Loop-QMS ermöglicht es Ihnen, dieses Ziel zu erreichen.

Bessere Qualitätseinblicke durch Prognosefunktionen

Durch die Messung und Verfolgung jedes Parameters können Sie genau analysieren, was in der Produktion passiert ist, feststellen, was schief gelaufen ist und/oder was verbessert werden kann, und können diese Änderung umsetzen. Das bedeutet, dass Sie eine vorausschauende Qualität aufbauen müssen, die es Ihnen ermöglicht, Erkenntnisse über die Fertigung zu gewinnen und zu nutzen, um kontinuierliche Prozessverbesserungen zu erzielen.

Und in Zukunft wird dies die Technologie in Richtung fortgeschrittener Funktionen für die Qualitätskontrolle vorantreiben, die die Hersteller über die Abhängigkeiten zwischen den Produktionsparametern informieren, um proaktiv Änderungen in der Produktion vorzunehmen. Intelligente Fertigung unterstützt die Konvergenz der Informationstechnologie (IT) mit der Betriebstechnologie (OT).



Fazit

Für Greenfield- und Brownfield-Batteriefertigungsanlagen muss ein vollständiger Qualitätsansatz von Anfang an auf die Produkt- und Prozessentwicklung abgestimmt sein. Sich weiterentwickelnde Materialien und Prozesse erfordern, dass Ihre digitalen Systeme Wissen erfassen und daraus lernen, damit Sie in der Lage sind, die nächste Variante und die nächste Generation von Batterien in gleichbleibend hochwertiger Qualität herzustellen. Das Team von Siemens Digital Industries Software ist mit dieser Herausforderung bestens vertraut.

Durch die Bereitstellung des Siemens-Portfolios für intelligente Fertigung mit seinem Closed-Loop-QMS können Sie die Einführung eines intelligenten, effizienten und flexiblen Fertigungsprozesses für Batterien beschleunigen. Auf diese Weise können Sie in Ihrer Fabrik Batteriezellen, -module und -pakete produzieren, die Qualitäts-, Durchsatz-, Kosten- und Nachhaltigkeitsziele erfüllen. Die Erkenntnisse aus Ihren Betriebsdaten werden genutzt, um Ihre Handlungsfähigkeit kontinuierlich zu verbessern und zu erhöhen, was Ihnen hilft, Ihre Rolle als führender Batteriehersteller in dieser schnell wachsenden Branche zu sichern.

Siemens Digital Industries Software

Nord-, Mittel- und Südamerika: 1 800 498 5351

EMEA: 00 800 70002222

Asien-Pazifik: 001 800 03061910

Für weitere Nummern klicken Sie bitte [hier](#).

Siemens Digital Industries Software unterstützt

Unternehmen jeder Größe bei der digitalen Transformation mit Software, Hardware und Services der Siemens Xcelerator Business-Plattform. Mit der Software von Siemens und dem umfassenden digitalen Zwilling können Unternehmen aller Branchen ihre Entwicklungs-, Konstruktions- und Fertigungsprozesse optimieren, um aus den Ideen von heute die nachhaltigen Produkte von morgen zu fertigen. Ob Chips oder Komplettsysteme, Produkte oder Prozesse. [Siemens Digital Industries Software](#) – where today meets tomorrow.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2023 Siemens. Eine Liste wichtiger Warenzeichen von Siemens findet sich [hier](#). Alle anderen Marken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

85322-D4-DE 9/23 LOC