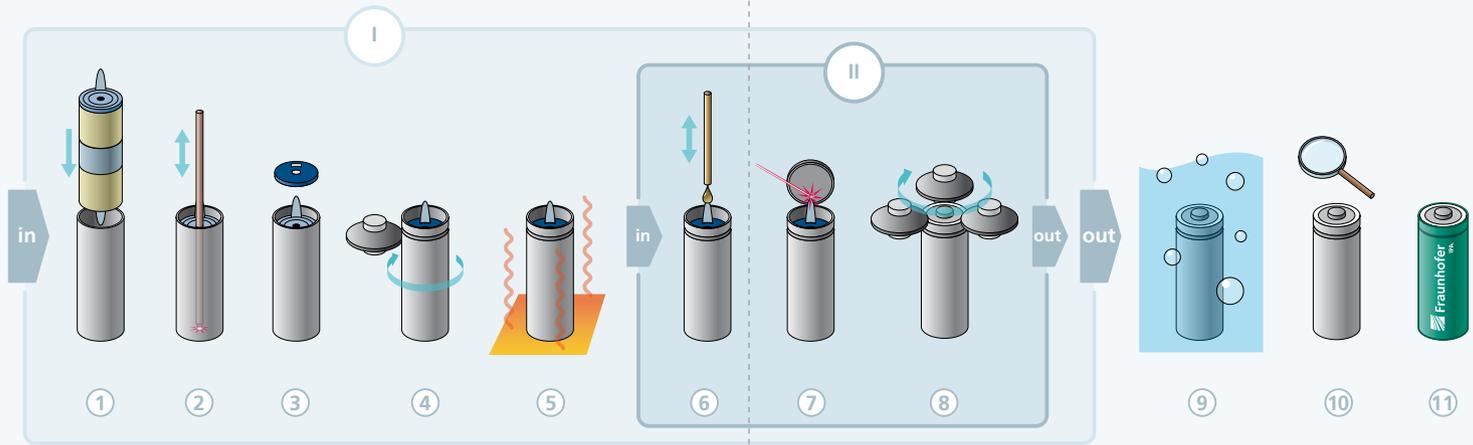


Prozessentwicklung und
Prototypenfertigung

Assemblierung von
zylindrischen Lithium-
Ionen-Batteriezellen



Prozesskette zur Assemblierung von Li-Ion-Rundzellen

Ausgangssituation

Im Rahmen des vom Land Baden-Württemberg geförderten Zentrums für Digitalisierte Batteriezellenproduktion (ZDB) entstand am Fraunhofer IPA ein Technikum mit dem Ziel der Entwicklung von applikationsspezifischen Prozess- und Systemlösungen für eine zuverlässige und rückverfolgbare Montage zylindrischer Lithium-Ionen-Batteriezellen. Die Besonderheiten der unter Rein- und Trockenraumbedingungen umgesetzten Anlagentechnik sind der über die Prozesskette hinweg erreichte Digitalisierungs- und Vernetzungsgrad sowie die mögliche Herstellung von Prototypen in einer für eine Bemusterung und Validierung notwendigen Stückzahl. Mit der Erfassung der für die Qualität und den Durchsatz relevanten Prozessparameter und Einflussgrößen können Zusammenhänge und Abhängigkeiten analysiert und damit eine auf das Zelldesign abgestimmte optimale Lösung für den Transfer in die Serienproduktion erarbeitet werden.



Das Zentrum für Digitalisierte Batteriezellenproduktion am Fraunhofer IPA in Stuttgart ist ein in Deutschland einmaliges Zentrum, das einen maßgeblichen Beitrag zur digitalisierten Batteriezellenproduktion in Wissenschaft und vor allem Wirtschaft leistet und auch in Zukunft weitere Entwicklungen in diesem Bereich ermöglicht.«

Wirtschaftsministerin Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut

Assemblierung von Batteriezellen

Die Assemblierung von zylindrischen Lithium-Ionen-Batteriezellen umfasst typischerweise die im Bild schematisch dargestellten, unter angepassten Umgebungsbedingungen stattfindenden, Prozessschritte:

1. Wickel mit beidseitiger Ableiterfahne in Becher fügen
2. Untere Ableiterfahne am Becherboden anschweißen
3. Obere Isolationsscheibe montieren
4. Sicke in die Becherwand einbringen
5. Bestückten Becher vakuumtrocknen
6. Elektrolyt zur Benetzung des Wickels einfüllen
7. Zugeführten Deckel mit oberer Ableiterfahne verschweißen und einklappen
8. Becherrand um die Deckelkante bördeln
9. Zelle wässrig reinigen
10. Qualität der montierten Zelle prüfen
11. Zelle ummanteln und beschriften

Die teilweise notwendige Bereitstellung einer definierter Rein- und Trockenraumumgebung (I) oder sogar Schutzgasatmosphäre (II) ergibt sich aus der durch den Prozess bzw. dem Produktzustand bedingten Empfindlichkeit gegenüber äußeren Einflüssen, wie u. a. Partikeln und Feuchtigkeit. Umgesetzt wurde dies durch die Ausführung des kompletten Raumes als sogenannter Rein- und Trockenraum und die Anwendung von Mini-Environment-Technik, beispielsweise in Form einer sogenannten Glovebox, zur lokal begrenzenden Kapselung.

Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte

Optimierungs- und Automatisierungspotenziale finden sich bei den Fügeprozessen im Zusammenhang mit dem Wickel (1), der sogenannten jelly-roll, der Isolierscheibe (3) und dem Deckelelement (7) sowie bei dem im Anschluss jeweils anfallenden Verbindungsprozess (2, 4, 7). Potenzialreich ist insbesondere auch der Prozess des Befüllens des bestückten Bechers mit Elektrolyt (6). Während beim Positionieren und Verbinden der Komponenten die Herausforderung insbesondere in der notwendigen Vermeidung von Beschädigungen und damit sich lösenden Partikeln liegt, ist es beim Befüllen des Bechers mit Elektrolyt die Komplexität und die Empfindlichkeit des Benetzungsvorganges. Hinzu kommt eine beim Umgang mit Elektrolyt erforderliche Einhaltung definierter Umgebungsbedingungen.

Damit im Zuge der Prozessentwicklung bzw. -optimierung die für die Zuverlässigkeit und Prozessdauer jeweils relevanten Einstellungen, sowie von außen einwirkende Umgebungseinflüsse analysiert und bewertet werden können, sind in den Anlagen und im Technikum eine Vielzahl an Sensoren integriert. Durch deren Einbindung in ein übergeordnetes cloudbasiertes Fertigungssteuerungssystem und den Einsatz digitaler Werkzeuge können im Montageablauf zufällig auftretende oder bewusst herbeigeführte Abweichungen und Fehler frühzeitig erkannt und somit sofort notwendige Anpassungen und Gegenmaßnahmen getroffen werden. Damit soll es gelingen den bei den heutigen Serienfertigungen in solchen Fällen anfallenden Ausschuss erheblich zu reduzieren.

*Visualisierung
von beobachteten
Prozessen
und sensorisch
erfassten
Parametern*



Prozessmodul Elektrolytbefüllung

Mit der im Technikum möglichen Herstellung von bis zu täglich 300 Muster- und Prototypenzellen können die Auswirkungen von definierten Parameterabweichungen und äußeren Einflüssen sowie materialspezifische Phänomene wissenschaftlich untersucht und die ermittelten optimalen Prozessparameter zur Vorbereitung des Transfers in die industrielle Produktion validiert werden.

Neben den genannten Kernprozessen haben die im Zuge des Montageablaufes anfallenden Umform- und Verbindungsprozesse direkte Auswirkungen auf die erzielbare Funktionalität und Leistungsfähigkeit der Zelle. Daher sind auch diese Prozessstationen mit Sensoren bestückt und digital eingebunden. Entsprechendes gilt für die der Montage vor- und nachgelagerten Prozesse im Zusammenhang der Elektroden- und Wickelherstellung, sowie der Formierung. Zur Unterstützung der Planung und Auslegung sind die wesentlichen Prozesse für Analyse-, Simulations- und Visualisierungsaufgaben in Form eines digitalen Zwillings verfügbar.

Digitalisierung

Sämtliche Prozesse sind digital angebunden, wodurch die Parameter während der Assemblierung jeder einzelnen Zelle überwacht und nachvollzogen werden können.



Technikum Batteriezellenmontage

Infrastruktur und Ausstattung

Das etwa 50 m² große Technikum weist kontrollierte Reinraum- und Trockenraumbedingungen (ISO-Klasse 6/Taupunkt bis zu -40°C) auf und ist mit modernster Prozess- und Messtechnik ausgestattet:

- Stand-alone und in einem automatisierten Cluster verkettete Prozessstationen zur überwachten und rückverfolgbaren Montage von zylindrischen Li-Ion-Batteriezellen
- Messequipment zur Zustandserfassung (u. a. Füllgrad mittels Gewichtserfassung) und Qualitätskontrolle (u. a. Geometrie, Dichtheit und Sauberkeit)
- Materialschleuse zwischen Labor- und Normalbereich
- Monitoringsystem zur Überwachung der besonderen Umgebungsbedingungen

Intelligenter Werkstückträger

Im ZDB kommt der prozess- und stationsübergreifend einsetzbare ZDB.smartWT zum Einsatz, dessen Funktionalität über die von herkömmlichen Werkstückträgern hinausgeht:

- aktive Kommunikation mit übergeordneten Steuerungsebenen
- stetige Erfassung und Monitoring der Umgebungsbedingungen zur Qualitätssicherung und Datenanalyse
- durchgängiges Zellenttracking über die Prozesskette hinweg
- Interaktion mit dem Bediener bei manuellen Prozessschritten

Unser Leistungsportfolio

- Entwicklung, Optimierung und Umsetzung auf Prozess-, Anlagen- und Schnittstellenebene unter den Aspekten Modularisierung, Automatisierung, Skalierbarkeit, Miniaturisierung sowie Standardisierung
- Bemusterung und Prototypenbau von Zellen
- Durchgängige Digitalisierung basierend auf Sensorintegration, Implementierung in übergeordnete Steuerungsebenen, Cloud-Services, digitalen Zwillingen
- Entwicklung von intelligenten und aktiven Werkstückträgern sowie Transporthilfsmitteln
- Neutrale Anfragen bei Lieferanten und Unterstützung bei der Beschaffung und Umsetzung
- Auslegung und Bewertung von Rein- und Trockenraumumgebungen
- Untersuchung der Rein- und Trockenraumtauglichkeit von Material und Ausrüstung
- Personalschulungen mit praktischen Elementen

Werkstückträger mit Einschubmodulen und aufgesetztem Rahmenmodul mit integrierter Sensorik und Elektronik (oben)

Nachverfolgbare Becherentnahme (unten)





Kontakt

Dipl.-Ing. Matthias Burgard

Tel. +49 711 970-1105

matthias.burgard@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (FH) Dirk Schlenker

Tel. +49 711 970-1508

dirk.schlenker@ipa.fraunhofer.de

**Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
und Automatisierung**

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

www.ipa.fraunhofer.de