

# Batteriezellenfertigung vom Coil zum Stack: Integriert, automatisiert und dadurch hoch flexibel

Mit bekannten Stapelverfahren ist wirtschaftliche Produktion verschiedener Batteriezellformate aus unterschiedlichen Materialien in kleinen bis mittleren Losgrößen selten möglich. Ein neuer Ansatz integriert bislang diskrete Fertigungsschritte zu einem kontinuierlichen, vollautomatisierten, dadurch sehr material- und formatflexiblen Stapelprozess. Performante Steuerungs- und Antriebstechnik von Siemens macht das Coil2Stack-Verfahren präzise regelbar, einfach portierbar und zukunftssicher

**D**as Feld potenzieller Anwendungen für die Lithium-Ionen-Batterietechnologie wächst rasant und damit der Bedarf an flexiblen Produktionstechniken. In puncto Leistungsdichte und Flexibilität haben Pouch-Zellen aus aufeinander gestapelten Elektroden- und Separatorblättern gegenüber gewickelten Rund- oder prismatischen Zellen Vorteile, insbesondere bei Elektroden mit hohen Flächengewichten. Jedoch sind die etablierten Produktions- und insbesondere die Stapeltechniken weder besonders materialschonend noch flexibel und bei häufigeren Formatwechseln

selten wirtschaftlich. Für jedes Zellenformat maßgefertigte Stanzwerkzeuge, spezielle Speicherkassetten/-Inlays und Greifersysteme bedeuten hohen Aufwand, lange Umrüstzeiten und oft viel Anfahrausschuss. Diverse Einzelschritte und das schwierige Handling der sensiblen und teuren Materialien wirken konstant hoher Qualität ebenso entgegen, wie der Produktivität und Kosteneffizienz. Die ständige Weiterentwicklung von Materialien und Anwendungen zwingen jedoch sowohl die Maschinen- und Anlagenbauer als auch die Batteriezellenhersteller weg von

dedizierten, hin zu möglichst flexiblen Produktionstechniken, idealerweise aus kosteneffizienten Standard-Komponenten.

## Die Produktion von morgen im Fokus

Innovative Lösungen für den Produktionsprozess von Batteriezellen zu erforschen und für neue Batteriegenerationen weiterzuentwickeln, hat sich der Kompetenzcluster ProZell auf die Fahnen geschrieben, ein Verbund renommierter deutscher Universitäten, Forschungsinstitute und Unternehmen. In diesem Rahmen haben Forscher am

**B** BERHALTER  
SWISS DIE-CUTTING

**Even More  
Efficient.**

The Revolutionary  
Swiss Die-Cutter™ B6

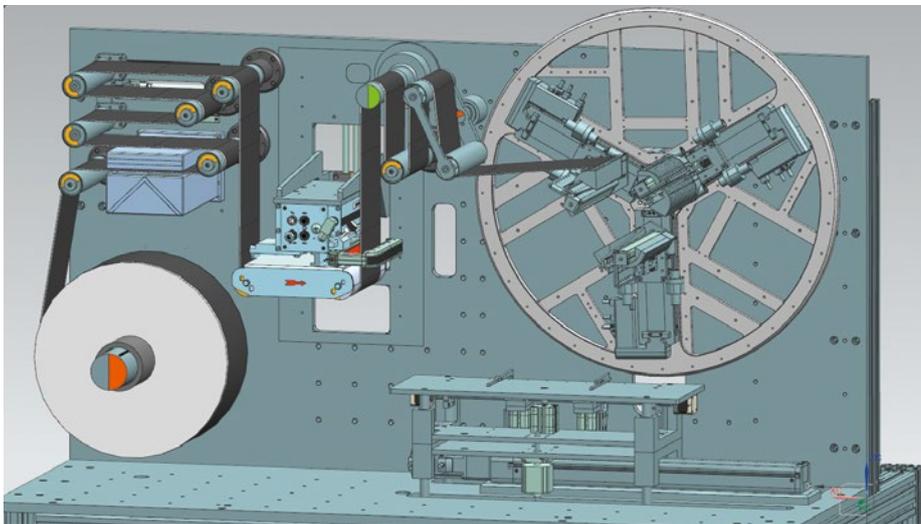


**machines | punching tools | services**

BERHALTER Swiss Die-Cutting | [die-cutting@berhalter.red](mailto:die-cutting@berhalter.red) | T +41 71-727 02 00 | [www.berhalter.red](http://www.berhalter.red)



Gesamtansicht Coil2Stack Demonstrator



Der digitale Zwilling der Anlage inklusive verknüpfter Automatisierung für eine durchgehende Simulation stellt sicher, dass das Konzept in einer frühen Entwicklungsphase validiert werden kann

wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) den bisherigen Prozess der Stapelbildung analysiert und eine hoch flexible Lösung entwickelt – das Coil2Stack-Verfahren.

Entwicklungsidee war es, vom bislang vielstufigen diskontinuierlichen zu einem kontinuierlichen, automatisierten Stapelprozess mit wenigen einfachen Schritten von der Rolle (Coil) zum Stapel (Stack) zu kommen. Als technisch und auch wirtschaftlich

beste Lösung für die automatisierungsseitigen Kernfunktionen haben die Forscher letztendlich standardisierte Hard- und Software von Siemens ausgewählt.

#### Prozessschritte integriert und automatisiert

Bei bisherigen Verfahren werden aus langen Materialbahnen einzelne Elektroden- und Separatorblätter ausgestanzt, gereinigt, zwischengespeichert, dann in

## INFORMATION

### Die Converting Toolbox

Beim Einsatz von Servomotoren können die Hauptaufgaben Wickeln, Bahnzug-/Tänzerregelung, Querschneider und viele weitere durch vorgefertigte, standardisierte Motion-Control-Funktionen und Funktionsbausteine realisiert werden. Durch die einfache Verknüpfung von Bausteinen aus Bibliotheken der Siemens Software-Plattform TIA Portal lassen sich spezifische Anforderungen zügig umsetzen.

mehreren Schritten zueinander ausgerichtet und mit Greifern zum Stapel gefügt. Die Anlagen müssen für unterschiedliche Zellenformate aufwändig umgerüstet werden, was Zeit und somit Geld kostet.

Beim neuen Coil2Stack-Verfahren wird die Materialbahn von der Rolle einem Warenspeicher (Akkumulator) zugeführt und in einem Drehrahmen im Durchlauf ausgerichtet. Über einen Tänzer wird die Bahnzugkraft geregelt und das Material ins technologische Herzstück der Stapelanlage geführt. Dieses innovative Kernelement besteht aus drei radial verfahrenbaren Handhabungssegmenten und integriert die Funktionen Greifen (per Unterdruck), Trennen (per Rundmesser/Scherschnitt) und Ablegen der Blätter. Das Abwickeln von der Rolle und das Ablegen zum Stapel on-the-fly laufen synchron zueinander und kontinuierlich ab. Über die Handhabungssegmente lässt sich der „Durchmesser“ und damit die Blattlänge in einem weiten Bereich verstellen (ab etwa 100 mm), auch der Unterdruck ist an die jeweilige Bahnbreite anpassbar. So sind prinzipiell unterschiedlich breite und lange Blätter herstellbar und damit zum Beispiel auch trapez- oder pyramidenförmige Stapel. Das lässt auch den Produktdesignern mehr Gestaltungsspielraum.

#### Performante Steuerungs- und Antriebstechnik für alle Aufgaben

Entscheidend für hohe Ausbringung und Qualität ist ein perfekt aufeinander abgestimmtes Zusammenspiel aller bewegten Anlagenteile, am prototypischen

Demonstrator von rund einem halben Dutzend gesteuerter Linear- und geregelter Drehachsen. Dieses Zusammenspiel koordiniert eine als Ablaufsteuerung und Motion Controller fungierende „Technologie-CPU“ Simatic S7-1516T von Siemens.

Ebenfalls aus dem Standard-Portfolio von Siemens sind die Umrichter und Motoren an den geregelten Achsen. Im Wesentlichen je ein Sinamics Einachs-Umrichter für die Drehbewegung des Kernelements und dessen translatorische Auf- und Abbewegung. Letztere kompensiert laufend die Bahnlängenschwankungen, die aus der Unrundbewegung des Kernelements resultieren. Umgesetzt werden die Bewegungen über bewährte Servomotoren der Baureihe Simotics S.

Für synchronen Lauf sind die genannten Achsbewegungen über elektronische Kurvenscheiben mit einem virtuellen Master verknüpft, der seinerseits der vom Bediener vorgegebenen Geschwindigkeit folgt, wie auch der Abwickler. Die Segmente des Kernelements werden nach Eingabe der gewünschten Blattlänge am Simatic HMI Comfort Panel automatisch positioniert.



**Die Materialbahn wird durch die Handhabungselemente perfekt geführt und optimal auf dem Ablagetisch platziert, die genaueste Synchronisation wird mithilfe einer durchgehenden Automatisierung sichergestellt**

Zeitgleich berechnet die T-CPU die resultierenden Kurvenscheiben, jeweils nach einem Grad Drehung, woraus ein extrem genaues Zusammenspiel aller Dreh- und Linearbewegungen resultiert. Der Stapelträgertisch verfährt nach dem Anlegen eines Blattes mit an die Drehzahl angepasster Geschwindigkeit

in der Horizontalen mit, was eine saubere Ablage unterstützt. Die Tischhöhe wird der wachsenden Stapelhöhe angepasst. Ergebnis ist ein sehr sauberer und präziser Stapel.

In diversen Versuchsreihen hat das wbk als Teil des ProZell Cluster parallel eine modellbasierte Parametrisierung des Systems

## EINE KROENERT ANLAGE GEHT MIT IHNEN DURCH DICK UND DÜNN.

Für den dünnsten Auftrag von nur 0,2 µm bis zu maximalen Beschichtungen von bis zu 2.000 g/m<sup>2</sup>. KROENERT verfügt über eine breite Palette selbst entwickelter Auftragsysteme für verschiedenste Anwendungen, die extrem homogene und konstante Beschichtungen mit geringen Auftragsgewicht-Toleranzen erlauben.

Wir beraten Sie gerne!  
+49 (040) 85393-01

[www.kroenert.de](http://www.kroenert.de)



entwickelt, so dass validierte Prozessparameter aus einer Art Materialdatenbank aus dem HMI an die Steuerung übergeben werden können. Damit läuft die Maschine vom Start weg mit einer grundoptimierten Einstellung, was langwieriges Herantasten an die optimalen Parameter erspart und auch im späteren Industrieinsatz bei jedem Produktwechsel Anfahrtausschuss reduziert.



**Der Einsatz des SIMATIC HMI Mobile Panels ermöglicht eine einfache und intuitive Bedienung**

### Digitalisiert in die Zukunft

Um Erfahrung im digitalen Workflow zu sammeln und um die bereits angelaufene Weiterentwicklung des Coil2Stack-Verfahrens schneller voranbringen zu können, setzt das wbk künftig auch auf die virtuelle Inbetriebnahme am sogenannten digitalen Zwilling. Dazu wurde basierend auf 3D-CAD-Daten des Demonstrators im NX Mechatronics Concept Designer (MCD) von Siemens ein digitales Modell generiert, das mit den bewährten Simulationswerkzeugen Simit und PLCSim Advanced verknüpft wird. Das wird die Programm- und Anlagenoptimierung beschleunigen und auch bei jedem späteren „Roll-out“ die Time-to-Market und die reale Inbetriebnahme beim Anwender weiter verkürzen.

### Schneller und kosteneffizienter zu höherer Flexibilität und Zellenqualität

Mit dem Coil2Stack-Verfahren zeigt das wbk Institut für Produktionstechnik, dass sich auch vermeintlich einfache Prozesse wie das Stapeln von Batteriezellen mit den richtigen Ideen und performanter Automatisierung weiter verbessern lassen. Der neue Ansatz eliminiert prinzipiell zeit- und kostenintensive Schritte wie das Ausrichten der Blätter über Anschläge oder Kameras, das Speichern in Magazinen und vor allem häufige Werkzeugwechsel.

Jetzt liegt es an den Maschinen- und Anlagenbauern (OEMs), das Konzept in effiziente Lösungen für die Produktion zu überführen. Sie können dies mit deutlich reduziertem Risiko tun, da das material- und formatflexible Verfahren keinen konkreten

Fertigungs- beziehungsweise Kundenauftrag voraussetzt. Das breitgefächerte Siemens-Portfolio an Steuerungen, Umrichtern, Motoren und HMI-Systemen unterstützt einfaches Hochskalieren und Portieren der Forschungsergebnisse auf Produktionsmaßstäbe. Unter anderem mit vorgefertigten und erprobten Motion-Control-Funktionen reduzieren sie dabei den Engineering-Aufwand. Bei Bedarf lassen sich spezielle Antriebsfunktionalitäten und weitere Verfahrensoptimierungen einfach über individuell anpassbare Technologiefunktionen realisieren. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Standard-Komponenten und Support dafür weltweit überall schnell verfügbar sind.

Neue Anlagenkonzepte und Varianten reifen am digitalen Zwilling in kürzerer Zeit und mit wesentlich geringerem Entwicklungsrisiko.

Zukünftige Anlagenbetreiber werden von deutlich reduzierten Investitions- und auch Betriebskosten durch integrierte und automatisierte Fertigungsschritte (Greifen, Trennen, Ablegen), der Wandelbarkeit der Anlage für den Einsatz eines sehr breite Produktspektrums und den nun kontinuierlichen, effizienten Prozess profitieren. Eine hoch präzise Bahnspannungsregelung sorgt für gleichbleibend niedrige Zugbeanspruchung der sensiblen Materialien und damit konstant hohe Qualität und Langlebigkeit der Batteriezellen.

Weil sie Materialien mit unterschiedlicher Länge, Breite und Dicke (hier von 20 bis 200 µm) auf einer Anlage „auf Knopfdruck“ verarbeiten können, ist wirtschaftliche Fertigung individueller Batteriezellen für die Anwendungen von morgen möglich, auch in kleineren und mittleren Losgrößen. Damit sind Investitionen über einen längeren Zeitraum gesichert.

### Gemeinsam innovativ voraus

Die Ergebnisse sind vielversprechend und haben die Forscher am wbk dazu motiviert, den Stapelprozess für alle drei Materialien (Anode, Kathode, Separator) im Rahmen eines Folgeprojekts auf den nächsten Technologiereifegrad (TRL 5 – „Versuchsaufbau in Einsatzumgebung“) zu heben. Auch darin sind die Spezialisten von Siemens wieder involviert, zunächst bei der Auslegung geeigneter Steuerungs- und Antriebstechnik. Dabei sollen die Hauptaufgaben Abwickeln und Bahnzug-Tänzerregelung mit vorgefertigten, standardisierten Motion-Control-Funktionen und Funktionsbausteinen umgesetzt werden, die sich einfach miteinander verknüpfen und an die spezifischen Anforderungen anpassen lassen. Auch den weiteren Ausbau des digitalen Workflows wird Siemens begleiten.

Aktuell unter anderem in einem Folgeforschungsprojekt – Siemens unterstützt dabei mit einem ganzheitlichen Automatisierungskonzept inklusive virtueller Inbetriebnahme am digitalen Zwilling hinzu einem optimalen Engineering-Prozess. Zusätzlich wird das Thema der Warenbahnsimulation erprobt. Im Fokus hierbei steht ein besseres Verständnis der sogenannten Warenbahn in einer Produktionsmaschine, um Einflüsse von Beschleunigungs- und Bremsvorgängen auf das Produkt hinsichtlich Zug, Deformierung, Faltenbildung, Risse usw. besser zu beherrschen.

Jetzt können Formate durch Ändern der Prozessparameter in einem kontinuierlichen Prozess variiert werden. „Wir beschleunigen den Produktionsprozess für die effiziente, präzise und flexible Herstellung von Zellstapeln und machen gleichzeitig die Produktionslinie formatunabhängig“, fasst Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer, Leiter des Bereichs Maschinen, Anlagen und Prozessautomatisierung am wbk, zusammen.

„Die neue Herangehensweise durch die Kombination bewährter Prozesse eröffnet ungeahnte Möglichkeiten hinsichtlich der Flexibilität zukünftiger Fertigungen“, so Hannes Weinmann, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, wbk Institut für Produktionstechnik, Karlsruher Institut für Technologie (KIT). ■

*Geschrieben von: Hannes Weinmann, Marco Eichelkraut, Luciano Wolke da Silva und Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer*