


 Keywords

- **Batteriematerialien**
- **Elektrodenherstellung**
- **Energieeffizienz**
- **Mischtechnik**

Lithium-Ionen-Batterie-Elektroden neu denken

Innovative Konzepte machen Batterien „grüner“ und kostengünstiger

Den CO₂-Ausstoß minimieren und die Kosten senken. Das sind wesentliche Ziele, die Hersteller von Energiespeichern aktuell verfolgen. Die wichtigsten Stellhebel liegen in der Elektrodenfertigung, der Mischtechnik und Trocknung. Sie unterliegt daher starken technologischen Veränderungen. Im Vormarsch sind Trockenelektroden, die maximale Wirtschaftlichkeit versprechen.

Die Europäische Union fordert mit ihrem „Green Deal“, dass die derzeit 27 Mitgliedsstaaten bis 2050 klimaneutral werden. In einem ersten Schritt sollen bis 2030 die Treibgasemissionen gegenüber 1990 um 55 % gesenkt werden. Industrie und Gesellschaft müssen ohne Zaudern Maßnahmen ergreifen, um dieses ehrgeizige Ziel zu erreichen. Das gilt auch für die Hersteller von Lithium-Ionen-Batteriezellen für Elektromobilität und stationäre Energiespeicher.

Nachfrage nach Batteriezellen steigt

Weltweit entstehen neue Gigafactories für die Batterieherstellung, insbesondere in China, den USA und Europa – hier schwerpunktmäßig in Frankreich und Deutschland. Allein für Europa wird bis 2030 ein Zuwachs von etwa 1,5 TWh/a prognostiziert. Das entspricht einer Verzehnfachung gegenüber den heute verfügbaren Fertigungskapazitäten. Damit die Zellen auch kaufwillige Abnehmer finden, müssen

Energiespeicher preisgünstiger werden. Neben der notwendigen Reduzierung des CO₂-Footprints ist das eine zusätzliche Herausforderung, mit der sich gerade Batteriehersteller in Europa konfrontiert sehen. Die Industrie wird hier aufgrund des notwendigen Umbaus der Energieinfrastruktur hin zu erneuerbaren Energien durch besonders hohe Strompreise gefordert.

Weichen richtig stellen

Angesichts der beachtlichen Rohstoffkosten und der damit einhergehenden Kapitalbindung beim Transport von Zellen aus Übersee wird es dennoch auch in Zukunft sinnvoll sein, Zellfabriken in der Nähe der großen Verbraucher, wie Automobil-OEMs oder Stromnetzbetreiber, anzusiedeln. Als Ausrüster der Branche sieht Eirich die Industrie auf einem guten Weg, beide Ziele durch Optimierung der Prozesskette oder Technologiesprünge, wie die Umstellung auf Trockenelektroden, zu erreichen.

Effiziente Slurry-Herstellung

Eirich-MixSolver sind inzwischen sowohl in der UKBIC Forschungsfabrik^[1] als auch in mehreren Gigafactories in Asien im Einsatz. So können heute relativ realistische Angaben zum Energieverbrauch bei der großtechnischen Herstellung von Elektroden-Slurries mit Mix-Solvern gemacht werden. Auch die Energieverbrauchswerte von Planetenmischern sowie Twin-Screw-Extrudern und Inline-Dispersern werden auf Symposien und teilweise auch auf den Webseiten von Maschinenherstellern veröffentlicht. Ein Vergleich der Werte führt zu recht eindeutigen Ergebnissen.

Den mit Abstand niedrigsten Stromverbrauch hat der MixSolver mit in Summe 0,6 GWh/a (bei mittleren Verbrauchswerten und 8.500 Betriebsstunden pro Jahr). Am schlechtesten schneidet der aktuell am häufigsten verwendete PD Mixer bzw. Planetenmischer ab. Twin-Screw Extruder und Inline Disperser weisen jeweils etwa ein Drit-

◀ **Trockener Elektrodenfilm aus strukturierter Elektrodenmischung aufbereitet im Eirich-Mischer.**

tel des Strombedarfs von Planetenmischern auf (siehe Grafik). Mit einem geringeren Stromverbrauch gehen nicht nur deutlich geringere Stromkosten einher. Auch die durch die Elektrodenfertigung verursachte CO₂-Emission fällt entsprechend niedriger aus.

Die Gründe für das gute Abschneiden der Eirich-Mischertechnologie sind vielfältig und wurden bereits im Detail dargelegt.^[2] Positiv wirken sich unter anderem aus:

- Kombination kompakter Batch-Mischer, z.B. des Typs MixSolver RV12, die effizient und flexibel sind,
- Just-in-Time-Produktion mit minimierten Ausschussraten,
- ContiFeeder-Technologie für kontinuierliche Beschickung des Beschichters mit Slurry in immer identischer Qualität,
- Prozess mit geringem Gesamtenergieeintrag, der Kühlen in der Regel unnötig macht,
- weniger umbauter Raum.

Angesicht der Herausforderungen, vor denen die Branche sowohl im Hinblick auf Kostensenkungen als auch hinsichtlich der Reduzierung von Treibgasemissionen steht, ist es jedoch sinnvoll und wichtig, die Elektrodenfertigung nicht nur evolutionär weiterzuentwickeln, sondern auch den Mut aufzubringen, neue Wege zu gehen.

Einsparpotenzial durch Trockenelektroden

Mit der Slurry-Herstellung in den Batchmischern ist bei der Elektrodenfertigung das Ende der Fahnenstange noch nicht erreicht. Neue Technologien wie die Trockenelektrodenher-

stellung versprechen weiteres Einsparpotenzial hinsichtlich des Energieverbrauchs, der CO₂-Reduktion, der Produktionskosten und des Einsatzes an Ressourcen.^[3] Daher nimmt die Forschungs- und Entwicklungsarbeit an Trockenelektroden aktuell Fahrt auf. Immer mehr öffentlich geförderte Forschungsvorhaben wie CircuBat, DryTreat oder ProLit, an dem auch Eirich beteiligt ist, sind in Bearbeitung. Daneben gibt es intensivste industrielle Entwicklungsarbeiten wie von Tesla, AM Batteries und Licap oder wie zuletzt von PowerCo und anderen europäischen OEMs publiziert.

Benötigt werden strukturierte Elektrodenmischungen

Für die Herstellung von Trockenelektroden stehen zwei konzeptionell unterschiedliche Verfahren mit unterschiedlichen Technologie-Reifegraden (TRL Level) im Wettbewerb:

- Herstellung einer Elektrodenmischung mit anschließendem Pulverauftrag durch Sprühen, Bürsten oder Elektrostatik auf den Ableiter mit anschließendem Heißkalandrieren.^[4]
- Herstellung einer Elektrodenmischung mit überlagerter Fibrillierung von PTFE zur Erzeugung einer formbaren, elastisch plastischen Mischung, die zu einem freistehenden Film in einem Kalanderspalt verarbeitet wird, der anschließend auf einen Ableiter auflaminiert wird.^[5]

In beiden Fällen werden entmischungsfreie strukturierte Elektrodenmischungen benötigt. Eine Möglichkeit hierzu ist, dass auf die Partikeloberflächen von Aktivmaterialien Leitruße aufgebracht werden. Der Binder muss auf jeden Fall homogen eingemischt und bei Verwendung von PTFE zudem durch gezielte Temperaturführung und hohe Scherung aufgeschlossen werden,

so dass sich eine spinnennetzartige Struktur in der Mischung ergibt, die diese formbar macht. Beides ist im Eirich-Mischer in einer Maschine problemlos machbar und gut steuerbar.

Verzicht auf Lösemittel

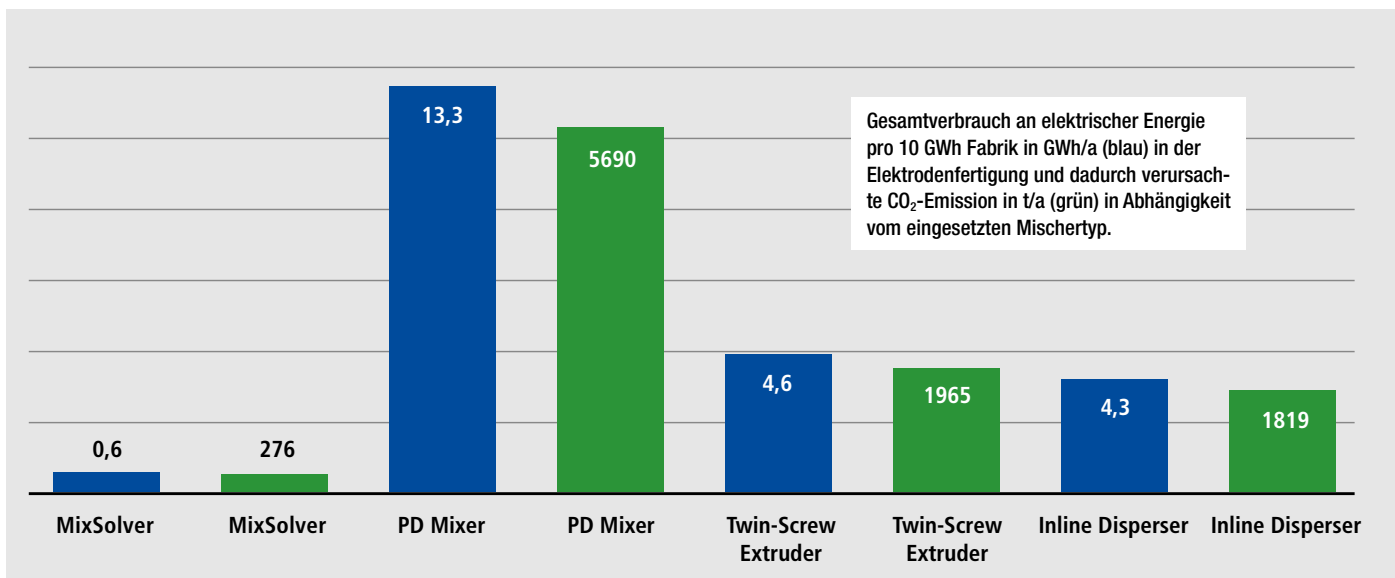
Die klassischen Beschichtungs- und Trocknungsschritte entfallen bei der Trockenelektrodenherstellung. In der Regel werden die Elektrodenmischungen in modifizierten beheizten Mehrwalzenkalandern verarbeitet. Neben dem vollständigen Entfall aller eingesetzten Flüssigkeiten, müssen diese eben auch nicht verdampft, kondensiert und bei Lösemitteln auch noch wiederaufgearbeitet werden.

Weniger Platzbedarf

Die bei der Nasselektrode üblichen 50 bis 100 m langen Trocknungsstrecken zwischen den Beschichterköpfen, die maßgeblich die Gebäudeabmessungen bestimmen, werden bei diesem Verfahren nicht benötigt. Gleiches gilt für die riesigen Heißluftherzeugungs- und Filter- bzw. Kondensationsanlagen zur Ver-/Entsorgung der Trockner mit Trocknungsluft, die Kaltwasserzeuger für die Kondensatoren sowie die Destillationsanlagen zur Wiederaufbereitung des aus der Abluft abgeschiedenen NMPs. Damit kann die Gebäudestruktur einer Gigafactory erheblich verkleinert werden.^[3]

Überzeugende Lösung

Aufgrund relativ geringer Werkzeuggeschwindigkeiten sind Planetenmischer für die Herstellung der strukturierten Elektrodenmischungen gänzlich ungeeignet. Häufig werden Kombinationen von einfachen Mischsystemen wie V-Mischern mit Intensifier-Bar und nachgeschalteten Luftstrahlmühlen vorgeschlagen^[6]. Tatsächlich ist der Energieverbrauch von Luftstrahlmühlen, wie aus der Mahltech-





Strukturierte Elektrodenmischung hergestellt im Eirich-Mischer.

nik bekannt, jedoch sehr groß. Zudem sind der sichere Austrag und das Materialhandling der entstehenden elastisch plastischen Massen eine große Herausforderung. Als effiziente Alternative bieten sich Eirich-Mischer an. Für die Herstellung strukturierter Elektrodenmischungen können sie mit Werkzeuggeschwindigkeiten von bis zu 45 m/s betrieben werden. Damit unterscheidet sich der Mischprozess von dem bei der Slurry-Herstellung im MixSolver. Hier dient die kurze Trockenmischphase bei moderaten Werkzeuggeschwindigkeiten lediglich dem Homogenisieren des pulverförmigen Binders und dem Desagglomerieren der groben Leitrußagglomerate. Die eigentliche Dispergierung und Einstellung der Elektrodeneigenschaften geschieht durch Hard Kneading in der plastischen Phase. Doch zurück zur Tro-

ckenaufbereitung: Da das Eirich-Mischprinzip die Verarbeitung aller Konsistenzen erlaubt, kann die plastische, fibrillierte Mischung durch gezielte Temperaturführung in eine gut förder- und dosierfähige Granulatstruktur überführt werden. Sie lässt sich gleichförmig in Kalenderspalte eintragen und zu einem Film verrollen.

Umrüsten von nass auf trocken

MixSolver und Eirich-Mischer basieren auf identischen Grundmaschinen. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen in der Motorisierung des Mischwerkzeugs, dem Mischgutaustrag sowie im Verschleißschutzkonzept vorwiegend am Mischwerkzeug. Bei entsprechender vorausschauender Planung und Ausführung kann eine Nassaufbereitungsanlage mit MixSolvem mit relativ geringem Aufwand zum Eirich-Mi-

scher umgerüstet und zur Herstellung von trockenen Elektrodenmischungen genutzt werden. Nutzer der Eirich-Mischtechnologie sind daher zukunftssicher aufgestellt, egal welche Technologie mittel- und langfristige Nase vorne hat.

Literatur:

- [1] Gerl, S.: Smart zum Elektroden-Slurry. CITplus 1-2/2022, Seite 26-29. <https://doi.org/10.1002/citp.202200114>
- [2] Gerl, S.: Wer wagt gewinnt. Process 06/2023, Seite 42-45.
- [3] Tesla, 2020 Annual Meeting of Stockholders and Battery Day; <https://www.tesla.com/2020shareholdermeeting>
- [4] Ludwig, B., Zheng, Z., Shou, W. et al.: Solvent-Free Manufacturing of Electrodes for Lithium-ion Batteries. Sci Rep 6, 23150 (2016); <https://doi.org/10.1038/srep23150>
- [5] Yang, L., Chen-Zi, Z., Hong, Y.; Jiang-Kui, H., Jia-Qi, H., Qiang, Z: Dry electrode technology, the rising star in solid-state battery industrialization; Matter 5, Pages 876–898, March 2, 2022
- [6] Patent WO 2005008807 A2

Weitere Literaturangaben auf Anfrage beim Autor.



Der Autor
Dr. Stefan Gerl,
Strategic Project Director Lithium Ion Batteries + Head of Process Technology Department, Maschinenfabrik Gustav Eirich

Wiley Online Library



Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG, Hardheim
Tel.: +49 6283 - 510
batteryexperts@eirich.de · www.eirich.de

Bilder © Eirich

Energie sparen durch effektivere Verfahrenstechnik

Zur Powtech wird Ystral die energieeffiziente Pulverbenetzungs- und Dispergiermaschine Ystral Conti-TDS präsentieren. Bei der Anlage konzentrieren sich die Prozesse des Benetzens und Dispergierens in einer Dispergierzone mit einem effektiven Volumen von nur etwa einem viertel Liter. Verglichen mit einem im Behälter betriebenen Dissolver erzeugt der Dispergierer eine etwa 30.000-fach höhere volumenspezifische Leistung. Diese konzentrierte Leistung ist entscheidend für den Dispergiererfolg. Über

ein Rotor-Stator-System baut die Conti-TDS zugleich tausendfach höhere Scherkräfte auf. Die Verweilzeit ist extrem kurz, sodass auch nur ein Bruchteil der Energie im Vergleich zum Dissolver benötigt wird. Im Durchschnitt sparen Prozesse mit einem Ystral-Dispergierer zum Pulvereintrag und einem Ystral-Leitstrahlmischer im Behälter etwa zwei Drittel der bisher benötigten Energie. Je nach Anwendung sind Energieeinsparungen von bis zu 90% gegenüber einem konventionellen Prozess möglich.

www.ystral.com



© Ystral

Ist das Silo in Gefahr?

Mit Shield Lite stellt Envea auf der Powtech 2023 ein neuartiges ausfallsicheres Siloschutzsystem vor, das Überdruckereignisse im Befüllprozess von Silos verhindert und damit zum Schutz des Silos, aber insbesondere auch zum Schutz von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie der Umwelt beiträgt. Bei jedem Befüllprozess kann ein Silo gefährdet sein, da Sicherheitseinrichtungen umgangen oder Vorgaben nicht eingehalten werden – oftmals unbemerkt, manchmal absichtlich. Mit dem neuen System können diese Gefahren vermieden werden. Verschiedene Komponenten spielen dabei so zusammen, dass



mögliche Überdruckereignisse im Befüllprozess sofort erkannt und verhindert werden. Gleichzeitig reduzieren sie den Wartungsaufwand und Arbeiten in der Höhe auf Silodächern.

Daneben werden weitere Lösungen für die Schüttgutindustrie auf der Messe vorgestellt, wie Technologien zur Staubmessung und Filterüberwachung, zur Volumenstrommessung, Materialflussüberwachung und Durchflussmessung von Feststoffen. Aktuell wichtiges Thema ist zudem die Feuchtemessung von Feststoffen zur Optimierung des Energieeinsatzes. Daher werden Feuchte-Sensoren präsentiert, wie der M-Sens NIR zur kontaktlosen Messung mittels Nahinfrarotspektroskopie und der M-Sens 3, der auf einer Mikrowellentechnologie basiert und mit Materialkontakt misst.

www.envea.global

Druck raus bei Akkuzellen

Die Berstscheiben der eVent-Serie von Bormann & Neupert by BS&B sind speziell für die unterschiedlichen Anforderungen in der Elektromobilität ausgelegt. Neu entwickelt wurde jetzt eine Lösung für Battery-Packs von Schienenfahrzeugen. Kritische Überdrücke in Battery-Packs von Fahrzeugen mit Elektroantrieb können ein großes Sicherheitsrisiko darstellen. Die vibrationsbeständigen Berstscheiben bieten Herstellern und Zulieferern der e-Mobility-Branche einen wirkungsvollen Schutz vor den Folgen zu hoher Innendrucke in Akkuzellen. Sie sprechen im Ernstfall präzise und temperaturunabhängig an und erzielen eine unmittelbare, kontrollierte Druckentlastung. Vier verschiedene, zusätzlich individualisierbare Typen erfüllen die unterschiedlichen Anforderungen im Mobilitätsbereich. Der neue Typ eVent HL für Schienenfahrzeuge hat Berstdrücken ab 0,05 bar und ist zugleich druckausgleichend.

Je nach Durchmesser kann das Kombibauteil Über- und Unterdrücke – etwa durch Temperaturschwankungen – bis zu 1,1 bar ausgleichen. Die besonders flache Grafit-Berstscheibe eVent G ist für Ansprechdrücke ab 0,1 bar und in Durchmessern von 6 bis 80 mm lieferbar. Sie wird aus reinem Kohlenstoff, verbunden mit einem umweltfreundlichen Harz, gefertigt. Vervollständigt wird das Portfolio von der metallischen Niederdruck-Berstscheibe LPS und der Kegelstumpf-Berstscheibe FRB. Alle Modelle sind auch in unabhängig geprüften, automotivespezifischen IP-Schutzklassen lieferbar, die die jeweilige Beständigkeit gegen Feuchtigkeit, Staub, Vibration oder Temperatur belegen. Unter regulären Betriebsbedingungen sind die Berstscheiben dauerhaft wartungsfrei und technisch dicht. Erst beim vorab definierten Ansprechdruck geben sie als Sollbruchstelle nach und öffnen einen größtmög-

lichen, strömungsgünstig geformten Auslassquerschnitt. Ursache für zu hohe Innendrucke von Akkuzellen können Überhitzung, Überlastung, Kurzschluss oder Überladung durch einen technischen Defekt oder einen Unfall sein. Der thermische Effekt verstärkt sich, weil mit steigender Temperatur der Innenwiderstand der Zellen wächst. So kann – insbesondere bei hohen Stromflüssen während der Schnellladung – die Temperatur noch weiter klettern. Eine schnelle Druckentlastung durch die Berstscheibe unterbricht diese sicherheitskritische Reaktionskette und stoppt so ein Durchgehen, den so genannten Thermal Runaway der Zellen.

www.bormann-neupertbsb.de

Wiley Online Library



Der neue Maßstab in Sachen Effizienz und Flexibilität Schraubengebläse

Volumenstrom 18 bis 105 m³/min, Druckdifferenz bis 1,1 bar

- **Synchron-Reluktanzmotor**
Vereinigt die Vorteile hocheffizienter Permanentmagnet- und robuster Asynchron-Motoren
- **Innovatives Anlagendesign**
Ermöglicht bei der Serie FBS Side-by-Side-Aufstellung
- **Anschlussfertig**
Mit kompletter Steuerung und Frequenzumrichter bzw. Stern-Dreieck-Starter
- **Geräuscharmer Betrieb**
Durch effektive Schall- und Pulsationsdämpfung
- **CE- und EMV-Kennzeichnung**
Für minimalen Planungs- und Inbetriebnahmeaufwand

KAESER
KOMPRESSOREN®



www.kaeser.com

POWTECH

26. – 28. 9. 2023 | HALLE 4 | 4-242