

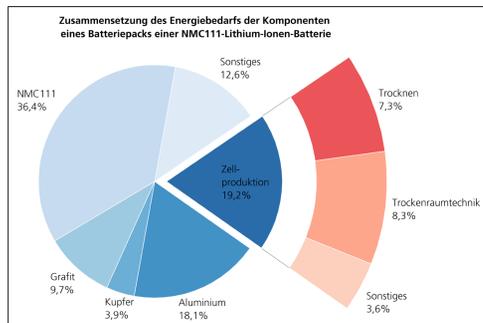
Laser- und Infrarottrocknung von Elektroden im Vergleich: Technologievorstellung, qualitativer Vergleich, Trocknungsergebnisse, laufende und zukünftige Projekte

R. Höller¹, J. Jasper¹, K. Borzutzki¹

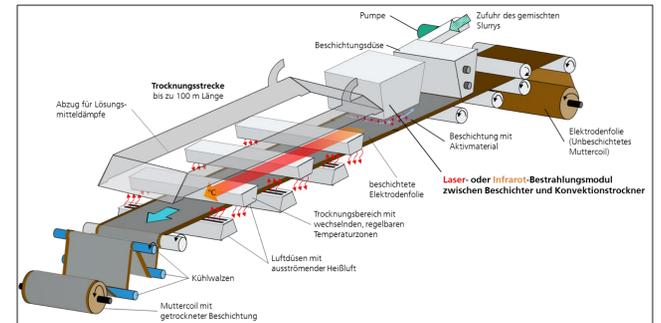
¹ Fraunhofer-Einrichtung Forschungsfertigung Batteriezelle FFB Münster, Bergiusstraße 8, 48165 Münster

Probleme des konventionellen Heißlufttrocknens

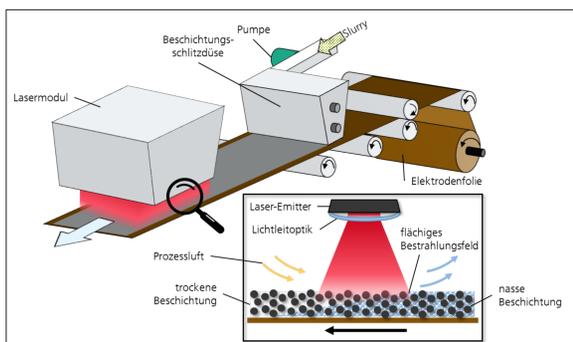
- Hoher Energiebedarf durch ineffizienten Energieeintrag und große Verlustwärmeströme
- Lange Vorlauf- und Regelzeiten durch Prozessraumvolumen
- Große Trocknungstrecken durch lange Verweilzeiten
- Große Anlagenaufstandsflächen bei linearer Bahnführung
- Unflexible, ungünstige Prozessführung insbesondere bei agiler Forschungsfertigung
- Umfassender Prozessperipherie ist notwendig
- Hoher Investitionsbedarf hinsichtlich CAPEX und OPEX



Einbringung innovativer Trocknungstechnologien



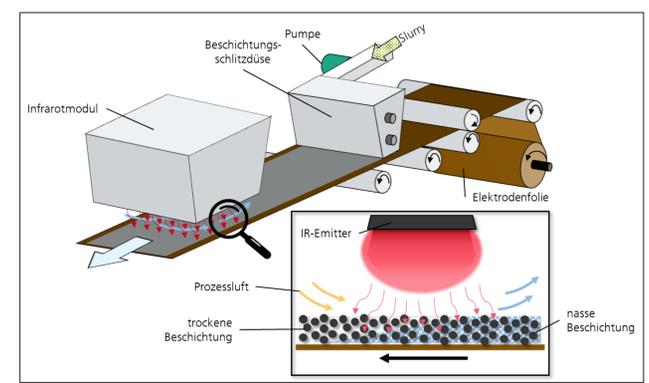
Definition und Vergleich der Technologien



Laserdrying

- Monochrome elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge von 900 bis 1100 nm
- Regelung über Leistung, Abstand, Streuung und Abluftvolumenstrom
- Flächige Streuung mittels Lichtleitoptik

- Modulare Systemintegration beider Technologien
- Infrarotmodule bereits in Serienreife, Laser bisher im Forschungsmaßstab
- vielversprechende Skalierungsmöglichkeiten
- Infrarot CAPEX geringer als bei Laser, OPEX und Energieeinsparung in etwa gleich
- ähnlich hohes Potential für Übergang in höheres TRL
- Laser lassen sich unter Einsatz von Optiken präziser einstellen und steuern
- Einsatz als singuläre Trocknung oder sequentielle und alternierende Hybridtrocknung
- Platzierung anstatt, vor, in oder nach dem Konvektionsofen
- Einsatz von Trocknungsprofilen durch segmentale Steuerung
- Hohe Energiedichten der Verfahren birgt ein Risiko für die Beschichtungsqualität



Infrarottrocknung

- Spektrale elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge von 800 bis 1200 nm
- Regelung über Emitterart, Leistung, Abstand und Abluftvolumenstrom
- Flächige Streuung durch Strahlungskegel und prismatische Reflektoren

Aktuelle Projekte

Forschungsprojekt: »IDEEL« Laserdrying

- Hybrid-Trocknung von Anoden
- Roll-zu-Rolle Prozess bis 30 m/min
- Einsatz von Inline-Sensorik zur Temperaturmessung

Industrieprojekt: « BattnlR » Infrarottrocknung

- Stand-Alone und Hybrid-Trocknung von Anoden
- Roll-zu-Rolle Prozess bis 3 m/min
- Skalierungsansätze für Geschwindigkeitssteigerungen
- Untersuchung von Wirkzusammenhängen

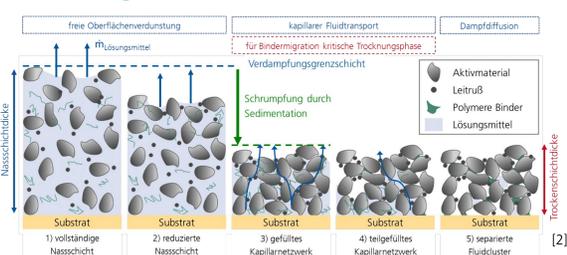
Zukünftige Projektinhalte

- Aktiv geregelte flächige Anpassung der Bestrahlung durch thermografische Sensorik
- Energierückgewinnung für Konvektionsheizung
- Implementierung von Inline-Sensorik zur thermisch gesteuerten Trocknungsprofilierung
- Prognose der Prozessauslegung für künftige Elektrodendesigns
- Skalierungsansätze für unterschiedliche Schichtdicken und Geschwindigkeitssteigerungen

Projektzeitplan

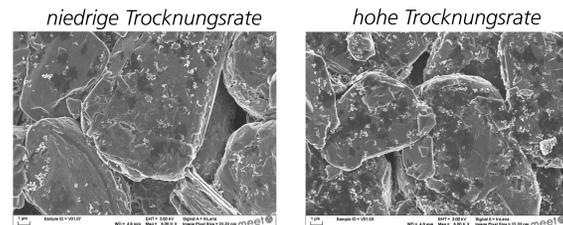


Trocknungstheorie

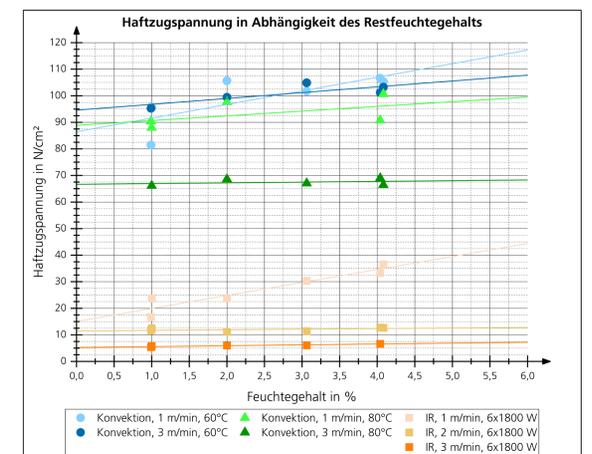


- Aus hohen Trocknungsintensitäten resultieren beim kapillaren Transport starke Fluidkräfte
- Diese begünstigen gesteigerte Bindermigration

Bisherige Ergebnisse



- Detektion von Bindermigration durch optische Analyse
- Hohe Additivkonzentrationen an der Oberfläche lassen auf starke Bindermigration schließen
- Geringe Konzentrationen an der Substratgrenzschicht sorgen für geringe Adhäsion



Ziele der Untersuchungen und Verwertung

- Skalierung der Technologien auf höhere Bahngeschwindigkeiten und TRL
- Generierung von Prozessverständnis und Erfahrungswissen
- Weiterführendes Verständnis der Trocknungsmechanismen, Wirkzusammenhänge und Korrelationen durch den systematischen Einsatz von Messtechnik und Simulation
- Gezielte Optimierung von Qualitätsparametern und energetischen Wirkungsgraden
- Befähigung der Anlagenbauer zur Weiterentwicklung der Prozesstechnologien zwecks Kommerzialisierung in der Batteriebranche
- Betrachtung der Implementierung alternativer Trocknungstechnologien in die zukünftigen Elektrodenfertigungslinien der FFB Fab mit abgestimmten Konzepten und Konfigurationen
- Evaluierung der Einsatzmöglichkeiten über die Elektrodenfertigung hinaus

[1] In Anlehnung an: Dai, Q.; Kelly, J.; Gaines, L.; Wang, M. (2019): Life Cycle Analysis of Lithium-Ion Batteries for Automotive Applications - Sustainable Lithium Ion Batteries: From Production to Recycling, in: Batteries, 5. Jg., 48/2019, S. 4 f.

[2] In Anlehnung an: Jaiser, S.; Funk, L.; Baunach, M.; Scharfer, P.; Schabel, W. (2017): Experimental investigation into battery electrode surfaces - The distribution of liquid at the surface and the emptying of pores during drying, in: Journal of Colloid and Interface Science, 494. Jg., 1/2017, S. 28.