



Institute of Thermal Process Engineering Thin Film Technology

Sandro Spiegel M. Sc.





Einfluss der Trocknung auf die mechanischen Eigenschaften hochkapazitiver Elektroden für Lithium-Ionen-Batterien

Sandro Spiegel^{1,2}, Ralf Diehm^{1,2}, Jana Kumberg^{1,2}, Philip Scharfer^{1,2}, Wilhelm Schabel^{1,2}

¹Institut für Thermische Verfahrenstechnik (TVT), Thin Film Technology (TFT), Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ²Materialwissenschaftliches Zentrum für Energiesysteme (MZE), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

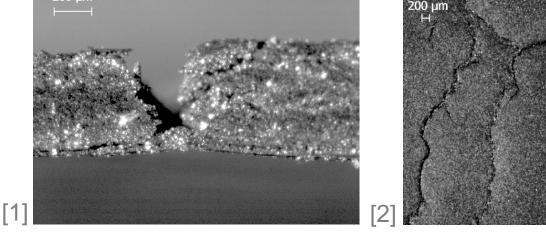
Motivation

Herausforderungen

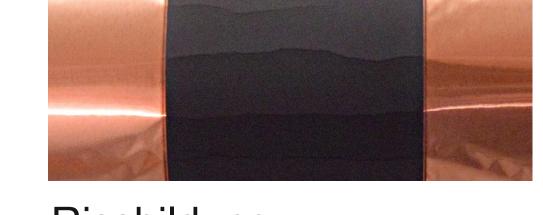
Ein Ansatz zur Steigerung der volumetrischen Kapazität neuer Generationen von Lithium-Ionen-Batterien ist die Erhöhung der Flächenbeladung der eingesetzten Elektroden. Bei der Herstellung von Dickschicht-Elektroden kann es an verschiedenen Stellen der Prozesskette zu unerwünschten Beschädigungen kommen.

Ziel:

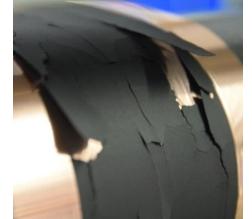
- Erhöhung der Flächenkapazität
- Prozessbeschleunigung
- Reduzierung der Prozesskosten
- Produktionsstabilität



Rissbildung bei der Trocknung



Rissbildung bei Biegung um eine Rolle



Delamination der Elektrodenschicht

2] C. Großelindemann - Untersuchung des Trocknungseinflusses bei der einlagigen Herstellung hochkapazitiver Batterieelektroden gegenüber der sequentiellen und simultanen Prozessierung mehrlagiger Elektroden, 2018

Theorie und experimentelles Vorgehen

Berechnungsmodell

 $F_{\scriptscriptstyle F} = C\Delta I$

Annahmen:

- Beschichtung linear elastisch
- Schichtdicke h_c konstant
- Schicht an Rollenoberseite festgelagert
- → E-Modul E über Schichtdicke konstant (Binderverteilung homogen)

Modellbildung:

Federkraft:

Federweg: $\Delta I = \sqrt{R^2 + (B-R)^2}$

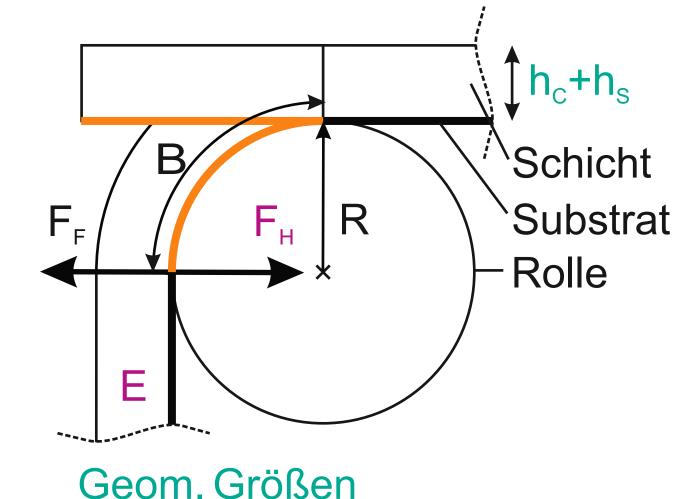
Federlänge: $B = 0.5\pi R$

Federkonstante: $C = \frac{3EI}{B^3}$

Flächenträgheitsmoment: $I = \frac{\overline{h_c}^3 B}{12}$

Berechnung der kritischen Werte: $h_{C,krit} = \sqrt[3]{\frac{F_H}{R}} \pi R \text{ oder Umstellen: } R_{krit}, \text{ für } F_F = F_H$

Um eine resultierende Federkraft berechnen zu können, wird die Elektrodenschicht als Biegefeder mit Festlager an der Rollenoberseite betrachtet.



Messwerte ederkraft wirkt entgegen de

Die Federkraft wirkt entgegen der Haftkraft und ist für den Grenzfall mit der Haftkraft gleichzusetzen.

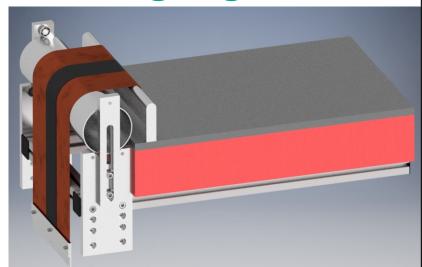
Experimentelle Vorgehensweise

Trocknung:

- Homogene Trocknungsbedingungen
- Isotherme Trocknung
- Anpassung an Umgebungsbedingungen
- Beschichtung und Trocknung r\u00e4umlich getrennt

Definierte Trocknung und Biegung:





90°-Biegung:

- → Industrierelevante Rollenradien
- Variation der Trockenschichtdicke
- Definierte Bandgeschwindigkeit
- Definierte Bandspannung

Experimentelle Validierung des Modells

Variation des Modellstoffsystems

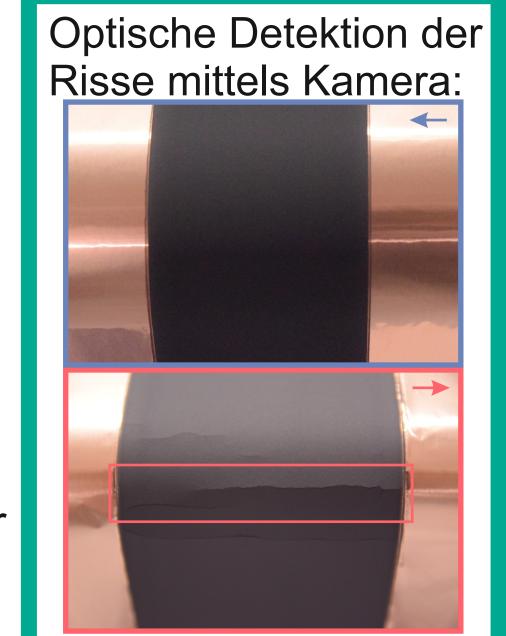
Veränderung der mechanischen Eigenschaften der hergestellten Elektroden durch Variation der Pastenformulierung.

- Vermutung:

Abweichungen resultieren aus Inhomogenitäten der mech. Eigenschaften aufgrund der Rheologie.

Variation des Wärmeübergangskoeffizienten

Veränderung der mechanischen Eigenschaften der hergestellten Elektroden durch Variation des Wärmeübergangskoeffizienten (Luftvolumenstrom).



- [w] 80 60 60 400 500 Trockenschichtdicke h_c [µm]
 - 34,6 W/m²K (berechnet)
 34,6 W/m²K (experimentell)
 51,6 W/m²K (berechnet)
 51,6 W/m²K (experimentell)
 - 65,6 W/m²K (experimentell)
 65,6 W/m²K (experimentell)
 - 0

 Aus der Erhöhung des Luftvolumenstroms resultiert eine sinkende kritische Trockenschichtdicke.

Ausblick

- → Weitere Verifizierung des Modells mit neuen Modellstoffsystemen und Anpassung an Inhomogenitäten
- Untersuchung der Rissbildung durch Spannungs sowie Dehnungsmessungen während der Trocknung