

Poster

P12.01

Einflüsse der Prozessbedingungen während der Trocknung auf die Eigenschaften von Lithium-Ionen-Batterieelektroden

Dipl.-Ing. S. Jaiser¹⁾ (E-Mail: stefan.jaiser@kit.edu), Dipl.-Ing. M. Baunach¹⁾, Dr.-Ing. P. Scharfer¹⁾, Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. W. Schabel¹⁾¹⁾Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Bereich Thin Film Technology (TFT), Kaiserstraße 12, D-76131 Karlsruhe, Germany

DOI: 10.1002/cite.201250718

Lithium-Ionen-Batterien sind in der Anwendung bereits vielfach etabliert, die Prozesseinflüsse bei der Herstellung auf die Eigenschaften der fertigen Batteriezelle aber bislang noch wenig untersucht. Die Trocknung der Elektrodenpaste stellt einen wichtigen Prozessschritt dar, da der Trocknungsprozess die sich ausbildende Schichtmorphologie und die Eigenschaften der Elektrode in der Batteriezelle beeinflusst. Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung des Einflusses der Trocknungsparameter, insbesondere der Trocknungsrate, auf die Elektrode. Die Trocknungsrate lässt sich neben der Temperatur durch die gasseitigen Randbedingungen während der Trocknung steuern.

Durch eine standardisierte Mischprozedur hergestellte, wässrige Anodenpasten konstanter Zusammensetzung wurden auf Kupferfolie appliziert und unter einem Prallstrahldüsenfeld unter industrienahe, definierten Bedingungen getrocknet. Die Homogenität der Trocknung wurde durch eine periodische Bewegung des trocknenden Nassfilms unter dem Düsenfeld sichergestellt. Untersucht wurden Temperaturen von 30 °C, 60 °C und 90 °C. Aufgrund der temperaturabhängigen Rheologie wurden die Beschichtungsparameter an die Trocknungsrandbedingungen angepasst, um ein konstantes Flächengewicht zu erhalten und die Ergebnisse vergleichbar zu machen.

Zur Charakterisierung einer wichtigen Eigenschaft, der Haftung der Aktivmaterialschicht auf dem Substrat, wurden die unterschiedlich getrockneten, unkalandrierten Elektroden-schichten mithilfe eines 90°-Abzugsversuchs (s. Abb. Teil a) untersucht.

Die poröse Elektrodenschicht delaminierte in dieser Versuchsanordnung nahezu rückstandslos von der Kupferfolie. Die Messungen zeigen, dass die Haftkraft mit steigenden Trocknungstemperaturen abnimmt. In der Abbildung Teil b sind die Ergebnisse von Leitfähigkeitsmessungen an den hergestellten, unkalandrierten Elektroden-schichten dargestellt. Hierfür wurde auf ein elektrisch

nichtleitendes PET-Substrat beschichtet und die trockene Schicht anschließend mittels Vier-Punkt-Messung untersucht. Aufgetragen ist die dem elektrischen Widerstand proportionale, gemessene Spannung über der Trocknungstemperatur. Auch bei diesen Versuchen lässt sich ein eindeutiger Trend höherer Schichtwiderstände bei höheren Trocknungstemperaturen erkennen.

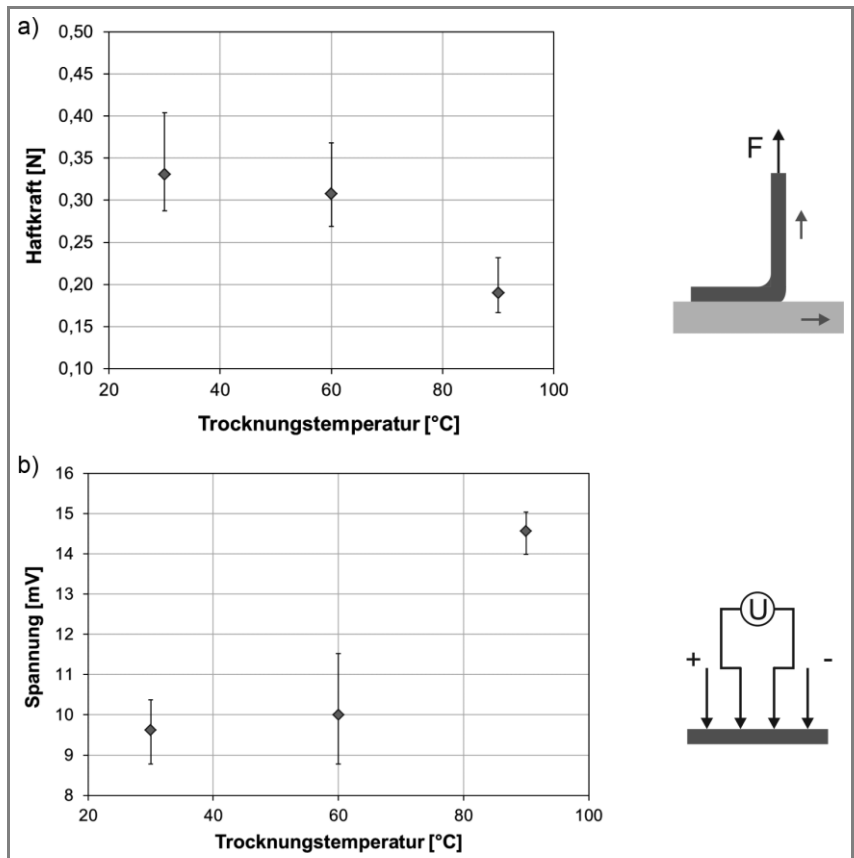


Abbildung. Haftkraft der Aktivmaterialschicht auf der Ableiterfolie für unterschiedlich getrocknete Elektroden-schichten (a, links), Prinzipskizze des 90°-Abzugsversuchs (a, rechts); gemessene Spannung der unterschiedlich getrockneten Elektroden-schichten (b, links); schematische Zeichnung der Vier-Punkt-Messung (b, rechts).

In weiteren Experimenten soll der Zusammenhang zwischen den untersuchten Eigenschaften und der Performance in einer Batteriezelle mit kalandrierten Proben untersucht werden. Weiterhin soll die lokale Binderverteilung in der Elektroden-schicht untersucht und mit den bisherigen Ergebnissen korreliert werden.

Teile dieser Arbeiten wurden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie im Rahmen des Projekts Competence E aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages gefördert (Förderkennzeichen 03ET6016). Wir möchten uns für die Förderung bedanken.

Ein besonderer Dank gilt dem Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik für die gute Zusammenarbeit und die gemeinsame Pastenherstellung und Haftungs-messungen.

P12.02

Intensivierung des Wärmetransports durch feste Schwämme

Dr.-Ing. B. Dietrich¹⁾ (E-Mail: benjamin.dietrich@kit.edu)

¹⁾Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Kaiserstraße 12, D-76131 Karlsruhe, Germany

DOI: 10.1002/cite.201250581

Als feste Schwämme werden hochporöse, offenporige und damit allseitig fluid-durchlässige feste Schäume bezeichnet. Metallische wie auch keramische Schwämme weisen ein großes Potenzial zur Effizienzsteigerung verfahrenstechnischer Apparate auf. Deren feste kontinuierliche Phase sowie hohe spezifische Oberflächen wirken sich vorteilhaft auf den Wärmetransport aus. Daher könnten Schwämme in Zukunft als Receiver in Solarturmkraftwerken, in emissionsarmen Porenbrennern oder in hochselektiven Reaktoren Anwendung finden. Für die Auslegung derartiger Technologien sind validierte und belastbare Modellgleichungen zur Berechnung effektiver Transportparameter notwendig. Dabei kann in ein homogenes und ein heterogenes Modell unterschieden werden. Im homogenen Modell wird der Schwamm als quasikontinuierliche Phase betrachtet. Der effektive Wärmetransportparameter ist die Zweiphasen-Wärmeleitfähigkeit. Beim hete-

rogenen Modell werden die fluide und die feste Phase getrennt voneinander bilanziert. Zur Beschreibung des Wärmetransports wird der Wärmeübergangskoeffizient benötigt [1].

In diesem Beitrag werden Korrelationen für das homogene Modell bei stagnierender (einphasiger) Fluidschicht sowie bei ein- und zweiphasiger Durchströmung vorgestellt. Im Falle der stagnierenden Fluidschicht wurden Versuche bis zu 900 °C durchgeführt. Der entwickelte Modellansatz berücksichtigt neben der Wärmeleitung auch die Strahlung, die bei hohen Temperaturen einen signifikanten Einfluss ausübt. Die Modellierung des Wärmetransports infolge Strahlung wurde mit Hilfe sogenannter optischer Parameter, wie z. B. Transmission, realisiert. Diese wurden durch FTIR-Messungen ermittelt.

Im Falle der Durchströmung wurden für die axiale Zweiphasen-Wärmeleitfähigkeit [2] im einphasigen Fall sowie für die radiale Zweiphasen-Wärmeleitfähig-

keit im ein- und zweiphasigen Fall jeweils Nusselt-Péclet-Ansätze entwickelt. Derartige Ansätze sind in der Literatur für Kugelschüttungen bereits gut bekannt, für Schwämme jedoch nicht. Für die zweiphasige Durchströmung wurden Luft/Wasser-Gemische unter Variation der Berieselungsdichte und der Gasgeschwindigkeit verwendet. Die Gasphase war dabei stets gesättigt. Die ermittelten Korrelationen basieren auf eigenen experimentellen Messungen an verschiedenen metallischen und keramischen Schwammtypen (Variation von Zellgröße, Porosität und Material) und wurden darüber hinaus auch mit Messdaten aus der Literatur validiert.

[1] B. Dietrich, *Int. J. Heat Mass Transfer* **2013**, 61, 627–637.

[2] B. Dietrich, M. Kind, H. Martin, *Int. J. Heat Mass Transfer* **2011**, 54 (11–12), 2276–2282.