

Modellbasierte Untersuchung des Einflusses variierender Mikrostrukturparameter auf die Wärmeleitfähigkeit poröser Elektroden

D. Oehler¹, J. Hermann¹, C. Schmidt¹, P. Seeger¹, D.J. Becker¹, Th. Wetzel¹

¹Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Deutschland

Im mobilen Anwendungsbereich haben sich Lithium-Ionen-Batterien (LIB) als bevorzugte Speichertechnologie durchgesetzt und werden als Schlüsseltechnologie für emissionsfreie Automobile angesehen. Die Leistungsfähigkeit sowie die Lebensdauer der LIB weisen jedoch eine starke Temperaturabhängigkeit auf. Simulationswerkzeuge für die Optimierung von Lithium-Ionen-Zellen, welche auf gekoppelten elektrisch-thermischen Modellansätzen basieren, benötigen dabei belastbare Werte der effektiven Stoffeigenschaften.

In diesem Beitrag werden ein numerisches sowie ein analytisches Modell zur Berechnung der effektiven Wärmeleitfähigkeit der porösen Elektroden vorgestellt. Beide Modelle beziehen die Morphologie und die gewünschten Stoffeigenschaften der enthaltenen Komponenten mit ein. Die variabel untersuchten Strukturparameter der porösen Beschichtungen bilden hierbei die Porosität und die Partikelgrößenverteilung sowie die Binder-Leitruß-Verteilung. Zudem werden Parameter wie die Partikelform, Variationen der Wärmeleitfähigkeit der Reinstoffe und des Umgebungsfluids sowie unterschiedliche Partikelkontaktflächen betrachtet. Während beim numerischen Modell die genannten Parameter die Basis für eine detaillierte generische Mikrostrukturnachbildung bilden, auf welcher die Transportgleichungen gelöst werden, gehen sie in das analytische Modell direkt als Variationsparameter ein. Die Ergebnisse beider Ansätze werden miteinander sowie mit Validierungsdaten verglichen. Das numerische Modell ist in ein Simulationswerkzeug eingebettet, welches auf der Finiten-Volumen-Methode basiert. Von diesem Werkzeug werden automatisiert Geometrien und Berechnungsnetze gemäß Vorgabe integraler Strukturparameter erzeugt, mit Randbedingungen versehen, an den Solver übergeben und die erhaltenen Simulationsdaten schließlich zur Auswertung aufbereitet. Bei dem analytischen Modell handelt es sich um eine Erweiterung des klassischen Zehner-Bauer-Schlünder Modells, welches für die Abbildung der porösen Elektroden mit ihren speziellen Eigenschaften grundlegend weiterentwickelt wurde. Für die Bestimmung der zur Validierung herangezogenen

experimentellen Daten der effektiven Wärmeleitfähigkeit der Elektroden wird eine Methodik auf Basis der Laser-Flash-Analyse eingesetzt.