

Nanostrukturierte Zellkomponenten für reversible Energiespeicher mit verbesserter Lebensdauer (Superkondensatoren)

Prof. Dr. Peter Kurzweil, Technische Hochschule Amberg-Weiden (OTH),
Fakultät MBUT, Labor für Elektrochemie

Die Entwicklung der Märkte für die Kurzzeitspeicherung von Energieüberhängen stellt neue Herausforderungen an effiziente Energiespeicher für mobile und stationäre Anwendungen. Sogenannte Super- oder Doppelschichtkondensatoren sind die derzeit einzige Technologie, die besonders schnelle Lade- und Entladevorgänge in hoher Zahl zulässt.

Das Projekt verfolgt technische Lösungsansätze für die Entwicklung neuartiger Materialien mit hoher Energiedichte und Zyklenstabilität durch Einsicht in die grundlegenden elektrochemischen und technologischen Mechanismen, die zur schleichenden Alterung durch Kapazitätsverlust und Widerstandszunahme führen. Auf Grundlage des Arbeitsprogramms wurden maßgebliche Materialdefekte in Superkondensatoren auf Basis von Kohlenstoffmaterialien entdeckt, die Impulse für die Entwicklung verbesserter Materialien geben:

1. Langzeitversuche an Superkondensatoren und Modellsystemen unter thermischer Beanspruchung und Spannungsüberlast:¹ Als Ausfallkriterien für technische Bauteile wurden die Degradation des polymergebundenen Verbunds aus porösen Kohlenstoffpartikeln auf dem metallischen Stromkollektor, die Zersetzung des Elektrolytsystems durch erhöhte Temperaturen und Überspannungen, sowie die elektrochemische Oxidation des Anodenmaterials identifiziert.
2. Entwicklung neuer Messverfahren zur Abschätzung der Zyklenlebensdauer und des Elektrodenzustands bei Langzeitversuchen:² Es wurden voltametrische und impedanzspektroskopische Verfahren etabliert, um die tatsächlich nutzbare Kapazität und parasitäre Restladungen aufgrund des Alterungsprozesses zuverlässig zu erfassen.
3. Instrumentelle Analytik von Rückständen in Ausfallteilen: Im Verlauf der Alterung treten Zersetzungs- und Polymerisationsreaktionen im Elektrolytsystem und an den Elektroden auf, die erstmals gaschromatografisch aufgeklärt wurden.

Aus dieser Arbeit ergeben sich Ansätze für praktische Verbesserungen:

1. Entwicklung nanoporöser Elektrodenmaterialien mit hoher spezifischer Kapazität: z. B. durch von Carbiden abgeleitete Kohlenstoffnanopartikel oder kolloidale Metalloxide.
2. Entwicklung modifizierter Elektrolytsysteme für eine effektivere Nutzung der fraktalen Elektrodenstruktur, z. B. durch neuartige Lösemittel und Additive.
3. Identifizierung der chemisch-technologischen Prozesse bei der Fertigung und im Betrieb realer Superkondensatoren, die zur schleichenden Alterung führen. Beispielsweise ist eine anodische Formierung der Elektroden im Zuge der Bauteilherstellung nicht sinnvoll.

Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit Material- und Bauteilherstellern durchgeführt und bezieht existierende industrielle Speicheranwendungen ein.

¹ P. Kurzweil, A. Hildebrand, M. Weiß, Accelerated Life Testing of Double-Layer Capacitors: Reliability and Safety under Excess Voltage and Temperature, *ChemElectroChem* 2(1) (2015) 150–159.

² P. Kurzweil, B. Frenzel, A. Hildebrand, Voltage-Dependent Capacitance, Aging Effects and Failure Indicators of Double-Layer Capacitors during Life Testing, *ChemElectroChem*, 2(1) (2015) 160-170.