

FORSCHUNG KOMPAKT

FORSCHUNG KOMPAKT

1. August 2025 || Seite 1 | 3

Batterietechnik

Echtzeit-Messverfahren verlängert Lebensdauer und erhöht Sicherheit von Batterien

Ein neuartiges Messverfahren ermöglicht ein optimiertes Batteriemangement in E-Autos und hilft so, sie sicherer zu machen und ihre Lebensdauer zu verlängern. Die Impedanzspektroskopie aus dem Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM wertet detaillierte Messdaten zum Batteriezustand während des Betriebs in Echtzeit aus. Damit könnten Batterien auch für sicherheitskritische Anwendungen genutzt werden.

Leistungsfähige und sichere Batterien sind ein zentraler Baustein für den Erfolg der Elektromobilität. Entsprechend entscheidend ist die Messung von Kapazität und Zustand einer Batterie. Am aussagekräftigsten ist hier die Impedanzspektroskopie. Die Impedanz selbst lässt sich nicht direkt messen, sie wird aus dem Verhältnis von Strom und Spannung errechnet. Sie gibt Auskunft über den Ladestand (SOC, State of Charge) und erlaubt Rückschlüsse auf den Zustand des Innenlebens mit Kathoden, Anoden oder Elektrolyten (SoH, State of Health) oder den Sicherheitszustand.

Um alle erforderlichen Daten zu gewinnen, sind aufwendige Messungen und Analyseverfahren erforderlich. Zudem ist die Impedanzmessung bisher nur im Ruhezustand realisierbar. Es kann typischerweise bis zu zwanzig Minuten dauern, ehe die Daten zur Charakterisierung der Batterie vorliegen.

Forschende des Fraunhofer IFAM haben das Verfahren unter Leitung von Prof. Fabio La Mantia weiterentwickelt. Die dynamische Impedanzspektroskopie macht es erstmals möglich, Messwerte zum Status der Batterie während des laufenden Betriebs zu ermitteln und in Echtzeit verfügbar zu machen. Die so gewonnenen Informationen umfassen weit mehr als nur Angaben zur Ladekapazität oder der noch verbleibenden Betriebsdauer, sie zeichnen ein präzises, tiefgehendes und differenziertes Bild des Innenlebens der Batterie. Daraus lässt sich auch die mögliche Lebensdauer der Batteriezelle individuell vorhersagen.

Bestehende Anzeigen der Batterieladestands, die beispielsweise bei E-Autos in der Fahrzeugelektronik integriert sind, messen zwar auch fortlaufend während der Nutzung, bieten aber weniger Informationen, reagieren deutlich langsamer und sind nicht so genau.

»Die dynamische Impedanzspektroskopie eröffnet zunächst neue Möglichkeiten bei der Optimierung des Batteriemagements und verlängert damit die Lebensdauer der Batterien. Zudem macht sie den Weg frei für den Einsatz der Batterien in sicherheitskritischen Anwendungen«, erklärt Projektleiter Dr. Hermann Pleteit.

Kontakt

Monika Landgraf | Fraunhofer-Gesellschaft, München | Kommunikation | Telefon +49 89 1205-1333 | presse@zv.fraunhofer.de
Martina Ohle | Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM | Unternehmenskommunikation | +49 421 2246-256 | Wiener Straße 12 | 28359 Bremen | www.ifam.fraunhofer.de | martina.ohle@ifam.fraunhofer.de

Hochauflösendes Messverfahren und direkte Analyse

Bei dem innovativen Verfahren wird dem Entlade- oder dem Ladestrom ein Mehrfrequenz-Prüfsignal überlagert. Die unterschiedlichen Frequenzen erlauben Rückschlüsse auf den Status bestimmter Komponenten oder Prozesse in der Batterie. Das Antwortsignal von Strom und Spannung wird bis zu einer Million Mal pro Sekunde gemessen. Alle Daten aus dem hochauflösenden Messverfahren fließen in eine simultan ablaufende Datenverarbeitung. Daraus berechnet eine Software den Verlauf der Impedanzwerte und schließt auf den Zustand der jeweiligen Batteriezelle.

Um trotz der enormen Datenmenge, die bei den hochauflösenden Messungen anfallen, die Ergebnisse in Echtzeit zu erhalten, haben die Fraunhofer-Forschenden einen weiteren Kniff angewandt. »Wir haben Algorithmen entwickelt, die die Datenmengen vor der Analyse deutlich reduzieren, ohne dabei die Informationen zu verfälschen«, sagt Pleteit. So bietet die Echtzeitkontrolle aller Aspekte des Batteriezustands durch die Impedanzspektroskopie wesentliche Vorteile.

Erhitzte Zellen schnell abschalten

Aus der Impedanz lassen sich auch Rückschlüsse auf die Temperatur innerhalb der Zelle gewinnen. Deshalb können Batteriemanagementsysteme mithilfe der Impedanzdaten beispielsweise während der Fahrt im E-Auto sofort registrieren, wenn eine Zelle sich lokal stark erhitzt. Dann schalten sie die Zelle ab oder drosseln die Leistung. Herkömmliche Temperaturfühler sind damit überflüssig; sie sitzen ohnehin auf der Außenhülle der Batterie und registrieren thermische Probleme nur mit Verzögerung, oftmals ist es dann zu spät und die Zelle bereits geschädigt.

Auch bei Ladestationen für E-Autos ergeben sich Vorteile. So könnte man zwischen besonders schnellem Laden und langsamerem, aber schonendem Laden entscheiden. Während des Zwischenstopps an der Raststätte lädt das Batteriemanagement zügig auf, sorgt aber auch dafür, dass keine gefährlichen Temperaturspitzen entstehen und die internen Komponenten nicht über Gebühr belastet werden. Steht das Auto für mehrere Stunden an der Ladesäule, dann lädt das Managementsystem die Batterie langsam und schonend auf, um deren Lebensdauer zu verlängern.

Anwendung für erneuerbare Energien und Luftfahrt

Anbieter von erneuerbaren Energien wie Windkraft oder Photovoltaik, die Schwankungen in der Stromproduktion durch Energiespeicher ausgleichen müssen, erhalten mit der Fraunhofer-Technik stabile und jederzeit kontrollierbare Batteriesysteme.

Die Echtzeit-Kontrolle des Zustands macht zukünftig sogar den Einsatz in sicherheitskritischen Szenarien denkbar. »Solche Systeme könnten etwa in umweltfreundlichen Elektroflugzeugen eingesetzt werden. Dieser Markt beginnt sich gerade zu entwickeln. Auch in der Schifffahrt zeigen die Hersteller Interesse«, sagt Pleteit.

Die Impedanzspektroskopie ist dabei nicht nur für die derzeit üblichen Lithium-Ionen-Akkus geeignet, das Verfahren eignet sich auch für Batterietypen auf Feststoff-, Natrium-Ionen- oder Lithium-Schwefel-Basis oder weitere zukünftige Technologien.

FORSCHUNG KOMPAKT

1. August 2025 || Seite 3 | 3



Abb. 1 Laboraufbau zur computergestützten Echtzeit-Impedanzmessung an einer Lithium-Ionen-Batteriezelle zur Analyse des Zustands

© Fraunhofer IFAM

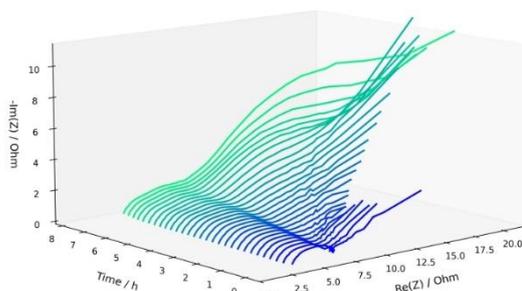


Abb. 2 Die Grafik zeigt, wie sich die Impedanzkurven während eines Ladezyklus dynamisch verändern. Der Verlauf der Kurven gibt Aufschluss über die physikalischen und chemischen Prozesse in der Batteriezelle.

© Fraunhofer IFAM