E-LKW – Lebensdauerverlängerung statt Elektroschrott

Prof. Dr. Andrea Vezzini
Leiter BFH-Zentrum Energiespeicherung

Prof. Peter Affolter
Leiter Institut für Energie- und Mobilitätsforschung IEM, BFH

Die Berner Fachhochschule BFH hat im Frühjahr 2021 von Lidl Schweiz zwei Elektro-LKW der ersten Generation zu Forschungszwecken erhalten. Normalerweise hätten die LKW verschrottet werden müssen, da die Batterien altersschwach waren und der Aufwand eines Retrofits, wie es die BFH nun ausgeführt hat, unter rein ökonomischen Gesichtspunkten nicht sinnvoll gewesen wäre.

Für die BFH sind die beiden E-LKW ein Glücksfall, da es sonst sehr schwierig ist, gealterte Batterien und ein geeignetes Versuchsfahrzeug zu erhalten. Die beiden Fahrzeuge des E-LKW-Pioniers E-Force One AG stammen aus dem Jahr 2014 und haben 335 000 Kilometer bzw. 288 000 Kilometer auf dem Tacho. Für einen LKW sind dies eher moderate Fahrleistungen, da Verbrennungsmotorfahrzeuge für den Nah- und Regionalverkehr für bis zu 500 000 Kilometer bzw. 8000 Betriebsstunden eingesetzt werden.

Technologisch gesehen ist die Entwicklung des rein batterieelektrischen Antriebs unter den schweren Nutzfahrzeugen mit Elektromotor derzeit jedoch am weitesten fortgeschritten. Es wird damit gerechnet, dass selbst ohne Steuerbefreiung schon ab 2025 ein potenzieller Kostenvorteil für ein schweres Nutzfahrzeug mit einer Batteriekapazität für 400 Kilometer Reichweite bestehen wird.

Nach der erfolgreichen Wiederaufbereitung der Batterien soll deshalb das Alterungsverhalten von Batterien nach dem Ende ihres «ersten Lebens» untersucht und mit den mittels maschinellen Lernens erstellten Modellen des BFH-Zentrums Energiespeicherung verglichen werden. Dies dient dem verlängerten Einsatz wertvoller Ressourcen, was den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft entspricht, die den Ressourceneinsatz und die Energieverschwendung durch das Verlangsamen, Verringern und Schliessen von Energie- und Materialkreisläufen minimiert.

Wiederaufbereitung der LKW-Batterien

Als erster Schritt wurden die beiden LKW-Batterien zerlegt und jede einzelne Zelle analysiert. Dabei wurde die Verteilung der Alterung innerhalb einer Batterie untersucht, das heisst, ob einzelne Zellen schneller gealtert sind als andere. Bei einer ersten Analyse wurde dann auch tatsächlich festgestellt, dass die individuellen Zellen über die gesamte Nutzungszeit unterschiedlich stark gealtert sind und deren Selbstentladungsrate dadurch ebenfalls unterschiedlich stark ausfiel. Deshalb wurden alle Zellen auf den gleichen Zustand aufgeladen (Individualladung der Zellen), und anschliessend wurde die Restkapazität der Gesamtbatterie mittels Entladung über 10 Stunden ermittelt (siehe Abbildung 1).

Aufgrund der Grösse und des Gewichts der Batterien ergaben sich einige Herausforderungen in der Handhabung. Wegen der hohen Spannung von über 400 Volt mussten zudem entsprechende Sicherheitsvorschriften (Handschuhe, Visier) eingehalten werden. Einzelne besonders schlechte Zellen wurden ersetzt durch Zellen aus einer Reservebatterie, welche die E-Force One AG gratis zur Verfügung stellte. Damit verfügt die BFH nun über einen E-LKW mit durchschnittlichen 85% der Anfangskapazität und einen zweiten E-LKW mit einer Kapazität von knapp über 60%, der so allerdings nur noch für Kurzstrecken tauglich sein dürfte.

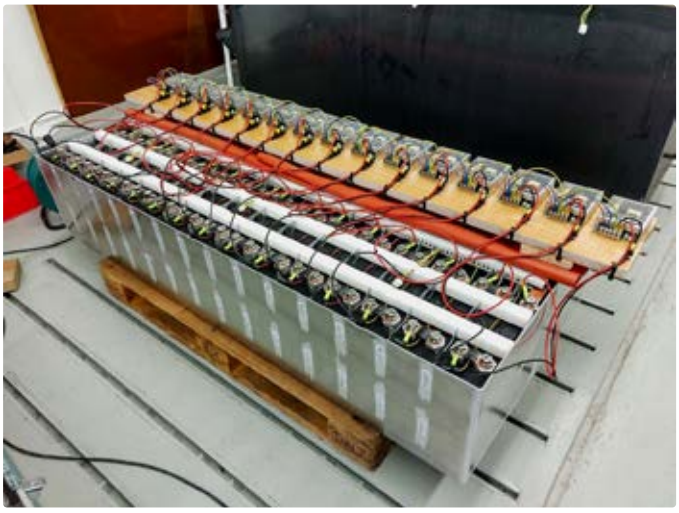

Abbildung 1: Aufbau, um den Ladezustand der einzelnen Zellen eines Teilblocks der E-LKW-Batterie auszugleichen

source: https://doi.org/10.24451/arbor.16874 | downloaded: 26.4.2024

Lidl Schweiz spendet der BFH zwei E-LKW zu Forschungszwecken obs/LIDL Schweiz

Präzise Lebensdauermodelle

Das BFH-Zentrum für Energiespeicherung hat mithilfe grosser Datenmengen von über 10 000 Batterien aus dem E-Bike-Bereich ein Alterungsmodell mittels maschinellen Lernens entwickelt. Dieses Modell erlaubt nicht nur, den Einfluss verschiedener Parameter wie Temperatur, Entladetiefe und Entladestromstärke auf die Alterung abzuschätzen, sondern ermöglicht auch die Optimierung der Betriebsstrategien zur Lebensdauerverlängerung. So konnte für die Batterie eines E-Bikes eine alternative Betriebsstrategie entwickelt werden, indem der Originaldatensatz bezüglich der Ladestrategie optimiert wurde, ohne dass die Fahrleistung beeinflusst wurde.

Nach dem Training des Modells mit einem Trainingsdatensatz aus Originaldaten wurden die Lebensdauervorhersagen sowohl für den ursprünglichen als auch für den veränderten Testdatensatz gemacht (siehe Abbildung 2).

Am Ende des Batteriebetriebs bei einem State of Health von ca. 80% kann eine SoH-Differenz von mehr als 5% beobachtet werden, wodurch sich die Lebensdauer der Batterie erhöht.

Optimierte Lebensdauer

Die E-Force One AG verfügt über die Batteriebetriebsdaten der beiden E-LKW über mehrere Jahre. Nun soll das Modell des BFH-Zentrums Energiespeicherung so angepasst werden, dass das Alterungsverhalten der E-LKW-Batterien korrekt vorhergesagt werden kann. Dabei ist vor allem auch das Verhalten bei einem SoH unter 80% interessant, um eine Verlängerung der technischen Lebensdauer zu erzielen und auch um einen potenziellen Einsatz in einer Zweitanwendung beurteilen zu können. Dabei kann die Betriebsstrategie in einer solchen Zweitanwendung bzw. die Lebensdauer in der Erstanwendung mittels dieser Lebensdauer optimiert werden. Damit wird ein wertvoller Beitrag zur Optimierung des Ressourcen- und Energieverbrauchs geleistet.

Kontakt
– andrea.vezzini@bfh.ch
– peter.affolter@bfh.ch

Infos
– BFH-Zentrum Energiespeicherung: bfh.ch/energy
– Institut für Energie- und Mobilitätsforschung IEM: bfh.ch/iem

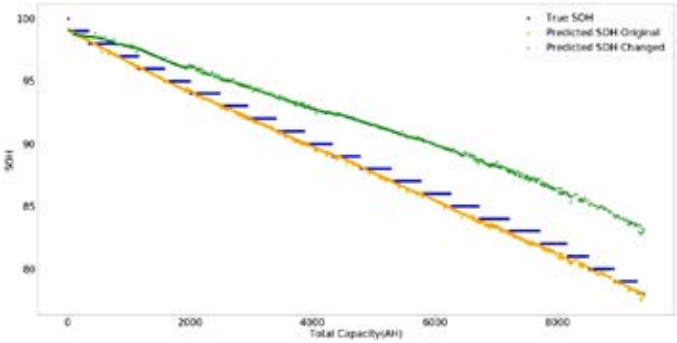

Abbildung 2: Lebensdauervorhersagen (SoH-Verlauf) einer Batterie mit ursprünglicher (orange) und optimierter (grün) Ladestrategie sowie die wahren SoH-Werten (blau)

State of Health (SoH)

Wenn Lithium-Ionen-Batterien altern, lässt ihre Leistungsfähigkeit nach. Die nutzbare Kapazität nimmt mit der Zeit ab, ihr Gesundheitszustand (State of Health, SoH) sinkt. Der SoH gibt das Verhältnis der aktuell maximal nutzbaren Kapazität zur Nennkapazität (im Vergleich zu einer neuen Batterie) an, d.h., eine Batterie von 100 Amperestunden mit einem SoH von 80% hat eine Restkapazität von 80 Amperestunden.

Die Bestimmung des SoH ist entscheidend, um das Lebensende der Batterie vorherzusagen. Dieses liegt je nach Anwendung bei einem SoH von 70% bis 80%. Häufig geht die Batterie dann von der Erstanwendung (first life) in ihre Zweitanwendung (second life) über. So dienen beispielsweise Batterien von Elektroautos in ihrem «second life» als stationäre Energiespeicher für Photovoltaikanlagen.