

# Kapazitätsverlust

# Ladungsspeicher

Bilder: AVILOO, Mahle

Hochvolt-Batterien unterliegen im Laufe der Zeit einem Kapazitätsverlust, der ihre Leistungsfähigkeit beeinträchtigt. Diese Problematik ist von grossem Interesse, da sie direkte Auswirkungen auf die Reichweite sowie die Ladezeiten hat. Ebenfalls beeinflusst es die Gesamtlebensdauer von Elektrofahrzeugen, falls der Batterie-tausch den Zeitwert überschreitet.

## Ursachen

Der Kapazitätsverlust von HV-Batterien kann auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden. Unter anderem ist dies die elektrochemische Alterung, die während des Lade- und Entladevorgangs zur Bildung von Nebenprodukten führt, die die aktiven Materialien verschleissen. Stichworte hierzu sind Lithium-Plating und Dendriten-Bildung (siehe Beitrag: Ladungsspeicher, Sicherheit von Batterien). Zudem führen thermische und mechanische Belastung sowie die Zyklenzahl oder permanentes Schnellladen zum Kapazitätsverlust.

## Auswirkungen

Eine reduzierte Batteriekapazität führt zu einer geringeren Reichweite. Da die Batterie weniger Energie speichern kann, dauert es länger, bis sie durch den erhöhten Innenwiderstand vollständig aufgeladen ist, was die Effizienz (Ladewirkungsgrad) und die Praktikabilität von E-Fahrzeugen beeinträchtigen kann. Ein schneller Kapazitätsverlust erfordert allenfalls häufigere Batterieaustausche oder -reparaturen, was die Gesamtbetriebskosten erhöht und ihre Wirtschaftlichkeit beeinträchtigt.

## Lebensdauer

Die meisten Fahrzeughersteller beziffern ihre Garantie mit derzeit acht Jahren oder 160'000 km – je nachdem, was zuerst eintritt. Dabei darf der State of

Health (SoH) nicht unter 70% sinken. Der SoH beschreibt den Gesundheitszustand einer bereits gealterten, gebrauchten Batterie im Sinne der Fähigkeit, die geforderten Leistungsparameter im Vergleich zu einer neuen Batterie zu erreichen. Der SoH bezeichnet also den Alterungs-zustand einer Batterie. In der Regel gilt diese Garantieleistung für reine E-Fahrzeuge und nicht für Hybride, weil diese mit dem Verbrenner weiterhin fahrbar sind. Ab Euro 7 gilt voraussichtlich mindestens 75% SoH für 200'000 km oder zehn Jahre (Kategorie M1).

Der SoH in der Selbstdiagnose weicht allenfalls vom tatsächlich «gefahrenen» SoH ab. Das heisst, der Hersteller verspricht eine Reichweite von 400 km mit einer 50-kWh-Batterie; aber das Auto fährt nur 350 km weit. Tatsächlich liegt somit der SoH bei 87,5%.

Ausserdem muss während der Garantizeit der Neuzustand nicht wieder hergestellt werden. Vielmehr müssen die Hersteller im Garantiefall nur die in den Garantiebedingungen festgelegte Leistungsschwelle erreichen. Folglich wird nur das betroffene Zellmodul und nicht die komplette HV-Batterie ersetzt.

## Diagnose

Reklamiert ein Kunde fehlende Kilometerleistung oder längere Ladezeiten gegenüber dem Neuzustand, so muss diese Beanstandung immer kontrolliert werden. Es könnte tatsächlich ein Fehler in der HV-Batterie vorhanden sein, der unter Umständen zu einem Thermal Runaway führt.

Anstatt nur den SoH auszulesen, wird zuerst der Fehlerspeicher des gesamten Fahrzeugs ausgelesen und das Thermomanagement kontrolliert. Sind keine offensichtlichen Fehler in den Systemen vorhanden, werden im Batteriemanagementsystem (BMS) insbesondere folgende Werte ausgelesen: Die maximale und minimale Zellspannung sowie die

Zelltemperaturen. Grundsätzlich sollten die Werte unter Last auf einer Probefahrt oder zumindest bei einem (Schnell-)Ladevorgang ausgewertet werden. Weil die Verschaltung der Zellen zum Teil in Reihe (6s2p-Verschaltung = 6 Zellen seriell und 2 parallel) für die benötigte HV-Spannung erfolgt, zeigt sich ein Fehler bekannterweise beim schwächsten Glied in der Kette. Die betroffene Zelle wird meist die geringste Spannung unter Last beim Fahren und die höchste Zelltemperatur aufweisen. Beim Laden steigen derweil die Zellspannung und die Temperatur an der fehlerhaften Zelle am schnellsten. Zurückzuführen ist dies in der Regel auf den erhöhten Innenwiderstand der defekten Zelle. Grundsätzlich sollte das Delta der maximalen zur minimalen Zellspannung möglichst klein sein. Ab einem gewissen Wert (z. B. 60 mV) wird im BMS ein Fehlercode gespeichert und deutet auf ein Zellproblem hin.

## SoH auslesen

Im BMS wird der Gesundheitszustand hochgerechnet. Jeder BMS-Hersteller erstellt dazu eine Algorithmen, basierend auf Modellen von Batteriezellen, Betriebsmodellen und weiteren Aspekten. Diese sollen die Entwicklung des Gesundheitszustandes der Batterie abbilden. Für die Berechnungen werden sehr kleine Prozessoren mit begrenzter Leistung eingesetzt. Im Laufe ihres Lebens müssen diese Prozessoren möglichst genaue SoH-Angaben errechnen, doch hier zeigt sich, dass zahlreiche dieser Prozessoren dabei an ihre Leistungsgrenzen stossen. So erstaunt es nicht, dass der ausgelesene SoH-Wert in sehr vielen Fällen nicht dem realen Wert entspricht und weit streuen kann.

## Unabhängige Beurteilung

Zum Beispiel mithilfe der AVILOO-Box, die einfach an die OBD-Schnittstelle des Fahrzeugs angeschlossen wird, kann von unabhängiger Seite her der SoH ermittelt werden. Während der Batterieentladung von 100% auf 10% durch normale Alltagsfahrten, werden Millionen batterie-relevante Datenpunkte erfasst. Hierbei ist keinerlei spezielle Beachtung oder Anpassung der Fahrweise erforderlich. Die Analyse basiert auf allen während der Entladungsfahrt gesammelten Daten. In Echtzeit werden batterie-relevante Datenpunkte aus dem Fahrzeug an die AVILOO-Battery-Data-Cloud-Plattform übertragen. Nach Abschluss der Entladung erfolgt die Validierung der übertragenen Daten und daraus die Analyse des SoH der HV-Batterie.

Mit dem Diagnosetool von Mahle werden beim Ladevorgang (im Bild oben rechts) die Messwerte aufgezeichnet und algorithmisch bewertet. Das Resultat des SoH wird im Gegensatz zu AVILOO nicht mit einem fixen Wert, sondern in einem engen Bereich beispielsweise von 77% bis 79% ausgegeben.

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / Harry Pfister

Sponsoren: DERENDINGER

Sponsoren: DERENDINGER



Unabhängige Batteriezertifikate und Diagnosetools werden immer wichtiger.