



Second Life Batterien

Was ist der teuerste Bestandteil eines Elektroautos? Genau, die Batterie! Selbst bei einem Kleinwagen kostet das Batteriepaket mehrere Tausend Euro. Ist das Ende seiner Lebenszeit im Auto gekommen, besitzt der Energiespeicher immer noch etwa 70 bis 80 Prozent seiner ursprünglichen Kapazität. Zum Recycling ist eine so teure und weiterhin energiereiche Komponente zu schade. Sie besitzt noch großes Potenzial und kann ein langes zweites Leben haben: im sogenannten „Second Life“ der Batterie.

■ Patrick Heininger

Projektmanager BESS
bei VDE Renewables GmbH
patrick.heininger@vde.com

■ Patrick Zank

Projektingenieur BESS
bei VDE Renewables GmbH
patrick.zank@vde.com

Wiederverwendung und Umwidmung

Als „Second Life“ wird die „Wiederverwendung“ von gebrauchten Akkumulatoren bezeichnet. Meist wird dies mit einer „Umwidmung“ kombiniert, da die Batterien z.B. aus Elektrofahrzeugen stammen und im zweiten Leben in stationären Anlagen zur Speicherung elektrischer Energie eingesetzt werden. Erst danach werden ihre Bestandteile im Rahmen des Batterierecyclings stofflich wiederverwertet.

Anwendung

Gebrauchte Batterien können besonders nutzbringend für die Energiewende sein. Nach dem ersten Einsatz kommt das verbleibende Energie- und Leistungsvermögen eines Fahrzeugspeichers hier insbesondere der Netzinfrastruktur der Zukunft zugute. [1, 2] Lithium-Ionen-Batterien sind aufwendig herzustellende Produkte mit wertvollen Bestandteilen. Daher kann eine verlängerte Nutzungsdauer und die damit verbundene Möglichkeit zur Erweiterung der Wertschöpfungskette durch eine Zweitanwendung sinnvoll sein.

Spätestens wenn die Batterien der ersten Elektroautos das Ende ihrer Nutzungsdauer erreicht haben, stehen die Automobilunternehmen vor der Entscheidung, ob diese in eine Zweitverwendung überführt werden sollen. Eine Alternative zum Recyceln der Batterien ist, sie zu analysieren und für Anwendungen zu nutzen, in denen sie weniger Belastungen ausgesetzt sind.

Ein Beispiel ist die stationäre Anwendung, bei der die Batterie in der Regel in einer kontrollierten Umgebung mit geringeren Leistungsanforderungen als im Fahrzeug ge- und entladen wird. Auf diese Weise kann der Recyclingprozess herausgezögert bzw. die Lebensdauer der Batterie um 15- 20 Jahre verlängert werden. Mit dieser verlängerten Nutzung können zudem weitere Umsätze generiert werden. [3, 4, 5, 6]

2nd Life Speicher können den Weg zu einer dezentralisierten und somit unabhängigeren Energieinfrastruktur hin zu mehr Elektromobilität unterstützen. Ein stellvertretender Trend hierfür ist beispielsweise der Ausbau von Ladesäulen inklusive Zwischenspeicher zur Entlastung des Netzes. Bei der Integration von erneuerbaren Energien erweisen sich stationäre Speicher im

Allgemeinen als nützlich, um zuverlässig und langanhaltend ein ausgeglichenes Verhältnis von Energieangebot und -nachfrage zu gewährleisten. [3]

Während sich die Speicher in der Zweitnutzung befinden, kann darüber hinaus die Zeit genutzt werden, um die Effizienz der Recycling-Prozesse zu erhöhen, wodurch im besten Fall größere Anteile des recycelten Materials wiederverwendet werden können.

In stationären Anwendungen spielen Baugröße und Hochstromfähigkeit eine vergleichbar geringe Rolle. Die Zweitnutzung ist attraktiv, da gegenüber neuen Batterien der mit der Batteriefertigung verbundene CO₂-Fußabdruck nicht erneut notwendig wird. Auch hinsichtlich der potenziell niedrigeren Kosten gebrauchter Batterien im Vergleich zu neuen erscheint die Weiterverwendung interessant. Möglich ist dies nur dann, wenn gebrauchte Batterien die Anforderungen an Sicherheit, Zuverlässigkeit und Restlebensdauer der Zweitanwendungen erfüllen. Offen bleibt die Frage, wie groß der Anteil der Batterien sein wird, die noch leistungsstark genug sind, um in einer Zweitanwendung genutzt zu werden.

Aus Nutzersicht ist heute noch unklar, wann und wieso das Ende der Batterielebensdauer im Fahrzeug erreicht wird. [4, 7, 8, 9]

Nutzungsdauer von Traktionsbatterien

Lediglich aus den Garantiebestimmungen der OEM lässt sich ablesen, dass ein Anspruch auf Ersatz erst besteht, wenn die Reichweite des Autos z.B. in weniger als zehn Jahren oder 150.000 gefahrenen Kilometern auf 70 bis 80 Prozent der Nennkapazität absinkt. Was dies jedoch für Fahrzeuge mit einem Alter über zehn Jahre (was in Deutschland und der EU durchaus dem Regelfall entspricht) bedeutet, ist noch nicht abschätzbar. In Anbetracht der hohen zu erwartenden Kosten einer neuen Batterie und der typischen Wertentwicklung gebrauchter Autos ist, zumindest bei privaten Kurzstreckenfahrten, eine Weiternutzung bis zum tatsächlichen „Batterietod“, der deutlich unter den 70 bis 80 Prozent der Nennreichweite liegt, durchaus denkbar. Eine solche Batterie wird den Anforderungen der meisten Zweitanwendungen wahrscheinlich nicht mehr genügen und kann nur noch recycelt werden. Somit ist zu erwarten, dass nur ein Teil der ausgemusterten Traktionsbatterien tatsächlich ein zweites Leben erhalten können.

Dazu muss der Alterungszustand der Batterie analysiert werden, um zu beurteilen, ob eine Weiterverwendung ökonomisch und technisch sinnvoll ist. [1, 4].

State of Health

Der „State of Health“ (SoH, Gesundheitszustand) ist ein Kennwert von Akkumulatoren. Der SoH eines Akkus charakterisiert dessen Fähigkeit die angegebenen Spezifikationen im Vergleich zu einem neuen Akku zu erfüllen.

Meist wird zur Bestimmung des SoH einer Batterie die verbleibende Kapazität im Bezug zur nominellen Kapazität genutzt. Dies ist allerdings nur einer von vielen messbaren Parameter der Batterie, um deren Gesundheitszustand zu bestimmen. Ein weiterer Indikator ist der Innenwiderstand der Zellen, mit dem Rückschlüsse zur Leistungsfähigkeit der Batterie gezogen werden können. [10] Viele andere elektrische Komponenten innerhalb der Batterie wurden bei der Entwicklung für eine bestimmte Lebensdauer ausgelegt. Deren Alterung findet bisher keine generelle Beachtung. Man kann allerdings davon ausgehen, dass dies zukünftig notwendig sein wird, wenn man große Stückzahlen an Batterien in einer Zweitverwendung nutzen will und dabei möglichst hohe Verfügbarkeiten gewährleistet werden sollen.

Idealerweise können im Fahrzeug aufgezeichnete Daten ausgelesen und ausgewertet werden, um den SoH der Batterien zu bestimmen. Dieser Wert ist jedoch innerhalb des Fahrzeugs nach herstellereigenen Vorgaben bestimmt worden. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Herstellern zu erreichen, müssen die Batterieeinheiten aufwendig vermessen werden. Da die herkömmliche Verfahren z. B. zur Kapazitätsmessung allerdings zeitaufwendig und daher teuer sind, ist die Entwicklung von Alterungsschnelltests als ein Schlüsselement für eine ökonomisch sinnvolle Umsetzung von Second Life Konzepten zu sehen. [1, 11]

SoH-Bestimmung in Elektrofahrzeugen

Das Verfahren, mit dem der SoH bestimmt wird, ist bei den verschiedenen Fahrzeugherstellern unterschiedlich. Einerseits kann die verbliebene Restkapazität bzw. der kapazitätsbezogene SoH intern vom Batteriemanagementsystem (BMS) berechnet werden. Dieser Wert kann teilweise über die Anzeige im Bordcomputer abgelesen werden. Diese Variante wird auch als Onlinebestimmung bezeichnet. Allerdings ist der angezeigte SoH ungenau, da die Messungen auf den Fahrdaten beruhen. Entsprechend unterschiedlich kann der Wert je nach letzter Fahrweise werden. Es besteht eine Unsicherheit über das Batterieverhalten, da elektrochemische Prozesse meist nicht-linearer und zeitabhängiger Natur sind. Diese Dynamik der Betriebsparameter in einer Zelle erschweren die genaue Bestimmung des SoH.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Fahrzeugspeicher von außen (gegensätzlich der Onlinebestimmung also offline), zu bestimmen. Dazu kann die Kapazität, während eines Serviceeinsatzes gemessen werden. Bei dieser direkten Messmethode, die dem sog. Coulomb Counting ähnlich ist, wird die freigesetzte Ladungsmenge bei einem Entladevorgang gemessen und mit der Nennkapazität verglichen. Bisher ist diese Form der externen Kapazitätsbestimmung aufwendig und zudem fehleranfällig. Es ist schwierig reproduzierbare Messungen durchzuführen, da die momentane Kapazität des Fahrzeugspeichers von vielen Einflussfaktoren, wie z.B. der Temperatur und der Ladespannung, abhängig ist. [1, 11, 12, 13]

Weitere direkte Messmethoden zur Verbesserung der Messqualität und auch -geschwindigkeit sind von verschiedenen Anbietern angekündigt worden. Bisher wurden hierzu jedoch keine genauen technischen Details veröffentlicht.

Indirekte Analysen, basierend auf den im Fahrzeug gemessenen Daten, sind ebenfalls über sogenannte Cloud-Systeme oder auch digitale Zwillinge der Fahrzeuge, bzw. deren Batterien möglich. Bei diesen ist es wichtig nicht nur die Daten der Batterie, sondern auch Umgebungsdaten wie beispielsweise Temperatur zu erhalten.

Sind die Batterien aus den Fahrzeugen ausgebaut, besteht die Möglichkeit weitere Analysen der Batterien vor ihrer Zweitverwendung anzuwenden.

Sicherheit von Second Life Batterien

Batterien werden zum einen gemäß der geltenden Richtlinien für den Transport geprüft. Zum anderen werden die Speicher immer anwendungsspezifisch entwickelt, geprüft und ggf. zertifiziert. Dies bedeutet das eine Batterie aus einem Elektrofahrzeug nicht zwangsläufig alle Normen- Anforderungen einer stationären Batterie erfüllt. Auch wenn die durchgeführten Tests zum Teil ähnlich sind, werden diese mit unterschiedlichen Prüfparametern durchgeführt. Damit ist die Batterie nicht zwangsläufig unsicher, aber eine fundierte Risikoanalyse ist in jedem Fall notwendig.

In der Anwendung selbst, also beispielsweise als Großspeicher, gibt es keinen Unterschied zu neuen Batterien was deren notwendige Tests und Sicherheitsmaßnahmen angeht. Die Anforderungen an die Sicherheit der Batterie und daraus abgeleitete Maßnahmen bestehen auch bei der Zweitverwendung.

Die Zweitverwendung von einzelnen Zellen aus Batteriepacks ist aufgrund der unterschiedlichen Belastung und der dadurch notwendigen Analysetätigkeiten nicht sinnvoll. Zudem sind diese gemäß der aktuellen Normungslandschaft nicht abbildbar, da aufgrund der Inhomogenität keine gleichmäßigen Produkte für die Zertifizierung zur Verfügung gestellt werden können.

Kritik an Second Life Batterien

Es gibt verschiedene Anwendungen für Second Life-Batterien. Im Vergleich zu neuen Batterien ist mit höheren Ausfallraten und anderen Risiken zu rechnen. Nach 10 bis 15 Jahren Nutzung im Fahrzeug könnte der endgültige Batterietod in der Zweitanwendung schon nach wenigen Jahren eintreten, was eine hohe Austauschrate nach sich ziehen würde. [11]

Insbesondere kleine und dezentrale Batteriespeicher, bei denen ein geringer Wartungsgrad und Serviceaufwand für eine sinnvolle Nutzung entscheidend ist, könnten daher als Anwendung von Second Life Batterien ungeeignet sein.

Industrielle bzw. netzdienliche Speicher, die heute noch selten sind, aber in Zukunft deutlich an Relevanz gewinnen könnten, besitzen eine Größe, welche redundante Batteriekapazitäten und damit den gelegentlichen Ausfall einzelner Batteriemodule zulassen würden. Mögliche kommerzielle Modelle werden derzeit in einzelnen Pilotprojekten getestet, wobei hauptsächlich ein einziger Batterietyp verwendet wird, beispielsweise aus einem einzelnen Fahrzeugmodell. Aus heutiger Sicht ist noch nicht zu beurteilen, inwieweit die stationären

näre Zweitnutzung von Batterien aus Fahrzeugen nach ihrem ersten Lebensende zum Regelfall wird. Hier besteht noch Forschungsbedarf. [6, 11]

Die technische und wirtschaftliche Bewertung der 2nd Life Batterien ist aufwendig. Durch die aktuellen Entwicklungsgeschwindigkeiten von Batterie-technologien kann der Vergleich der gebrauchten zu neuen Batterien zum Rechenpiel mit hoher Unsicherheit für den Zweitanwender werden. Ein Vergleich der aktuellen Technologie mit den als 2nd Life verfügbaren Batterien ist auf jeden Fall sinnvoll.

Ein weiterer Kritikpunkt an Second Life Batterien könnte die Rohstoffverfügbarkeit werden. Falls, bspw. durch die EU, höhere Recyclingquoten vorgeschrieben werden als recycelte Materialien zur Verfügung stehen könnte dies zu einem Preiskampf um die ausgemusterten Batterien führen, welcher eine wirtschaftliche Umsetzung eines Speichers aus bereits genutzten Batterien in Frage stellt.

Was macht VDE?

Im Rahmen des Förderprojektes „EMILAS“ wird durch VDE Renewables das Thema 2nd Life von Batterien analysiert und erste Maßnahmen für die Analyse von Batterien und zugehörige Brandschutzmaßnahmen aufbereitet und veröffentlicht. Eine Übersicht zu 2nd Life Projekten wurde ebenfalls im Rahmen des Projektes erstellt und veröffentlicht. [14]

Mit Beteiligung der Experten von VDE Renewables wurde im DKE Arbeitskreis 371.0.14 bereits eine Vornorm zum Thema „Umnutzung von Fahrzeugbatterien“ entwickelt, welche sich kurz vor Veröffentlichung befindet.

Verschiedene Industriepartner werden bei der SoH-Bestimmung von Batterien und deren Möglichkeiten für die Zweitverwendung im Rahmen von Pilotprojekten unterstützt.

Über die Mitarbeit in der Normungsroadmap Circular Economy wurden u.a. alle aktuellen Normen aus dem Bereich Zirkularität von Batterien zusammengetragen und in einer Normungsroadmap zusammengefasst. Durch die kommende „Battery Regulation der EU“ sowie das Normungsmandat M/579 werden sich einige neue Aspekte für die Zweitverwendung von Batterien ergeben. Durch den digitalen Batteriepass werden zudem Daten standardisiert zur Verfügung gestellt, welche für die Zweitverwendung von Batterien genutzt werden können.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Literaturverzeichnis

- [1] S. Fischhaber, A. Regett und S. Schuster, „Second-Life-Konzepte für Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen,“ 2016.
- [2] „Vattenfall: Energiespeicher zur Sicherung der Netzstabilität,“ [Online]. Available: <https://group.vattenfall.com/de/newsroom/blog/2018/september/second-life-batterien-energiespeicher>. [Zugriff am 10 2022].
- [3] „Deutschlandfunk: Altbatterien – zu wertvoll für die Tonne,“ [Online]. Available: <https://www.deutschlandfunk.de/projekt-second-life-battery-altbatterien-zu-wertvoll-fuer-100.html>. [Zugriff am 01 2023].
- [4] C. Koch-Ciobotaru und A. Saez-de-Ibarra, „Second life battery energy storage system for enhancing renewable energy grid integration,“ Bd. DOI:10.1109/ECCE.2015.7309672, 2015.
- [5] G. Reid und J. Julve, „Second Life-Batterien als flexible Speicher für Erneuerbare Energien,“ 2016.
- [6] „McKinsey - Second-life EV batteries: The newest value pool in energy storage,“ [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/second-life-ev-batteries-the-newest-value-pool-in-energy-storage>. [Zugriff am 10 2022].
- [7] A. Dr.-Ing. Geissler, C. Menn, D. P. Kim und F. Dorusch, „Gebäudeintegration von gebrauchten Batterien“.
- [8] „Capgemini - SECOND LIFE BATTERIES: A SUSTAINABLE BUSINESS OPPORTUNITY, NOT A CONUNDRUM,“ [Online]. Available: <https://www.capgemini.com/us-en/insights/expert-perspectives/second-life-batteries-a-sustainable-business-opportunity-not-a-conundrum/>. [Zugriff am 09 2022].
- [9] „All-electronics: Second Life – Ein zweites Leben für alte Elektrofahrzeug-Batterien,“ [Online]. Available: <https://www.all-electronics.de/automotive-transportation/second-life-ein-zweites-leben-fuer-alte-elektrofahrzeug-batterien-109.html>. [Zugriff am 07 2022].
- [10] L. Dorrmann, K. Dr. Sann-Ferro, P. Heiningen und J. Dr. Mähliß, Kompendium: Li-Ionen-Batterien, VDE e.V., 2021.
- [11] A. Thielmann, M. Wietschel, S. Funke, A. Grimm und et. al., „Batterien für Elektroautos: Faktencheck und Handlungsbedarf,“ Fraunhofer ISI, 2020.
- [12] T. Nigl, B. Rutrecht, M. Altendorfer und et al., „Lithium-Ionen-Batterien – Kreislaufwirtschaftliche Herausforderungen am Ende des Lebenszyklus und im Recycling,“ Bd. Monatsh, Nr. <https://doi.org/10.1007/s00501-021-01087-1>, pp. 144-149, 2021.
- [13] Z. Song, S. Feng, L. Zhang, Z. Hu, X. Hu und R. Yao, „Economy analysis of second-life battery in wind power systems considering battery degradation in dynamic processes: Real case scenarios,“ 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113411>.
- [14] „VDE Renewables: EMILAS,“ [Online]. Available: <https://www.vde.com/renewables-de/newsroom/emilas-projekt>.