

BATTERIEN FÜR E-FAHRZEUGE: NACHNUTZUNG UND RECYCLING

Alessandra Angelini
David Fritz
Holger Heinfellner
Stefan Lambert

BARRIEREFREIE ZUSAMMENFASSUNG
REP-0847

WIEN 2023

ZUSAMMENFASSUNG

Elektrisch betriebene Fahrzeuge fahren lokal emissionsfrei, können bei Einsatz erneuerbarer Energie vergleichsweise klimafreundlich betrieben werden und stellen somit eine wesentliche Säule des zukünftigen Gesamtverkehrssystems dar. Dem gegenüber steht ein höherer Rohstoffeinsatz für die Herstellung des Fahrzeugs, wobei ein Großteil dieser zusätzlichen Rohstoffe bzw. Rohstoffmengen in der Antriebs- oder „Traktionsbatterie“ des Elektrofahrzeugs verbaut wird.

Viele dieser Rohstoffe sind aufgrund ihrer reduzierten Verfügbarkeit, ihrer geringen Fördermenge, des prognostizierten Bedarfs oder der sozialen oder ökologischen Implikationen in Verbindung mit der Rohstoffgewinnung als kritisch einzustufen. Zudem ist die Gewinnung und Veredelung dieser Rohstoffe sowie deren Verarbeitung zu Batteriezellen mit vergleichsweise hohem Energieeinsatz verbunden und verursacht somit im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen höhere Emissionen aus der Fahrzeugherstellung.

Um die Elektromobilität als nachhaltig energieeffiziente, ökologische und sozialverträgliche Technologie zu etablieren, gilt es, den Einsatz insbesondere von Primärrohstoffen zu reduzieren. Dies kann erfolgen, indem diese Primärrohstoffe über einen möglichst langen Zeitraum genutzt und anschließend als Sekundärrohstoffe wiederverwendet werden, sie also nach ihrer Nutzung im Fahrzeug einem weiteren Leben („Second Life“) zugeführt und anschließend recycelt werden.

In der aktuellen Generation von Elektrofahrzeugen kommen fast ausschließlich Lithium-Ionen-Akkumulatoren zum Einsatz. Mittelfristig ist hier auch keine Änderung zu erwarten. Jede Batteriezelle besteht aus einer Kathode und einer Anode, einem Elektrolyten, dem Separator und dem umgebenden Zellgehäuse gemeinsam mit dem Batteriemanagementsystem. Batterien können sich hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung mit variablen Anteilen einzelner metallischer und halbmetallischer Rohstoffe unterscheiden. Aber auch innerhalb derselben Akkumulatortypen werden unterschiedliche Anteile ausgesuchter Rohstoffe verbaut: Bei Nickel-Mangan-Kobalt (NMC) Akkumulatoren reicht dies je nach Klassifizierung von annähernd gleich großen Anteilen dieser Rohstoffe bis zu Versionen, bei welchen der Anteil von Nickel rund achtmal höher ist als die Anteile von Mangan und Kobalt. Dadurch kann der Einsatz besonders kritischer Rohstoffe reduziert werden.

Die Lebensdauer eines Akkumulators hängt von der Zykluslebensdauer und von der kalendarischen Lebensdauer ab. Die Zykluslebensdauer beschreibt die Anzahl der möglichen Ladezyklen einer Zelle bzw. des gesamten Systems. Die vollständige Entladung und anschließende Ladung wird als ein Zyklus bezeichnet. Die kalendarische Lebensdauer bildet den reinen Alterungsprozess des Lithium-Ionen-Akkumulators ab, der sich unter anderem durch chemische Zersetzungsprozesse in der Batterie ergibt. Die kalendarische Lebensdauer wird dabei auch von externen Faktoren wie beispielsweise der Außentemperatur determiniert. Die tatsächliche Alterung der Batterie ergibt sich als Summe dieser beiden Alte-

rungeffekte und kann demnach nicht pauschal quantifiziert werden. Die Anwendung im mobilen Bereich ist in der Regel aber bis zu einer Restkapazität der Batterie (engl.: State of Health, kurz: SOH) von 80 % möglich, da darunter die hohen Anforderungen, zum Beispiel bei einer Beschleunigung, nicht mehr erfüllt werden können.

Die Nachnutzung von Lithium-Ionen-Akkumulatoren hat zunächst den Vorteil, dass dadurch der Ressourceneinsatz sowie die hohen Herstellungskosten auf eine weitere Nutzung aufgeteilt werden können. Dabei kommen die unterschiedlichsten Einsatzzwecke, vom IT-Bereich über Fahrzeuge mit vergleichsweise niedrigen Leistungsanforderungen (z. B. Fahren) bis hin zu stationären Speichersystemen im Gebäudebereich, in Frage. Je nach Anforderungsprofil der Nachnutzung sind unterschiedliche Kapazitäten bzw. Ladeströme erforderlich. Durch eine Bestimmung dieser Parameter kann der optimale Anwendungsfall für die Nachnutzung gefunden werden.

Die Frage, ob eine Nachnutzung aus energetischer und ökologischer Sicht einem Recycling vorzuziehen ist, ist differenziert zu betrachten. Eine sinnvolle Weiternutzung schont den Einsatz von alternativ benötigten Primärressourcen: Hinsichtlich der Materialeffizienz, also der Menge an erforderlichen Rohstoffen bzw. Materialien je Kilowattstunde Batteriekapazität, sind nach der Erstnutzung (bspw. nach 15 Jahren) und der Zweit- und Drittnutzung (bspw. nach 30 Jahren) jedoch große Entwicklungen zu erwarten. So kann es sein, dass die Rohstoffe in neueren Anwendungen deutlich effizienter eingesetzt werden und dies in der Gesamtbewertung vorteilhaft ist.

Unabhängig davon, zu welchem Zeitpunkt Rohstoffe wiederverwendet werden, ist das Recycling an sich ein zentraler Baustein für die Etablierung der Elektromobilität als nachhaltige Antriebstechnologie. Aus technologischer Sicht können bis zu 99 % der Rohstoffe und Bestandteile eines Lithium-Ionen-Akkumulators recycelt werden. Die dazu notwendigen Verfahren sind entwickelt und werden bereits angewendet. Die Rohstoffe lassen sich dadurch in so hoher Qualität wiedergewinnen, dass daraus hergestellte neue Lithium-Ionen-Batterien die gleichen Eigenschaften aufweisen wie jene aus Primärrohstoffen.

Damit in der Praxis zukünftig auch nennenswerte Mengen an Rohstoffen in Batterien wiederverwendet werden, wird die relevante europäische Gesetzgebung derzeit überarbeitet. Aufbauend auf der geltenden Europäischen Richtlinie 2006/66/EG und der nationalen Batterienverordnung wird gegenwärtig eine neue *Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Batterien und Altbatterien, zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/1020* finalisiert. Mit dieser Verordnung wird unter anderem die Kategorie der Traktionsbatterien für elektrische Straßenfahrzeuge eingeführt, die Berechnung und Ausweisung eines CO₂-Fußabdruck vorgeschrieben und es werden verpflichtende Sammel- und Recyclingquoten festgelegt. Die Verordnung wird nach Fertigstellung unmittelbar in Kraft treten und muss nicht erst in nationales Recht umgewandelt werden. Es ist davon auszugehen, dass sie einen wichtigen Impuls für den Hochlauf der Recyclingaktivitäten in Europa darstellen wird.

SUMMARY

Electrically powered vehicles are locally emission-free, can be operated in a comparatively climate-friendly manner when renewable energy is used, and thus represent a key pillar of the future overall transportation system. On the other hand, more raw materials are needed to manufacture the vehicle, with a large proportion of these additional raw materials or quantities of raw materials being used in the drive or "traction battery" of the electric vehicle.

Many of these raw materials are considered critical due to their reduced availability, current extraction levels, projected demand, or the social or environmental implications associated with raw material extraction. In addition, the extraction and refinement of these raw materials, as well as their processing into battery cells, is associated with comparatively high energy input and thus causes higher emissions from vehicle production compared with conventionally powered vehicles.

In order to establish electromobility as a sustainable, energy-efficient, ecological and socially acceptable technology, the use of primary raw materials in particular must be reduced. This can be achieved by using these primary raw materials for as long as possible and then reusing them as secondary raw materials, i. e. by giving them a second life after their use in the vehicle and then recycling them.

In the current generation of electric vehicles, lithium-ion batteries are used almost exclusively. No change is expected here in the medium term. Each battery cell consists of a cathode and an anode, an electrolyte, the separator and the surrounding cell housing together with the battery management system. Different chemical compositions with varying proportions of individual metallic and semi-metallic raw materials can be distinguished. But even within the same type of accumulator, different proportions of selected raw materials are used: In the case of nickel-manganese-cobalt (NMC) accumulators, this ranges, depending on the classification, from approximately equal proportions of these raw materials to versions in which the proportion of nickel is already around eight times higher than the proportions of manganese and cobalt. This allows the use of particularly critical raw materials to be reduced.

The service life of an accumulator depends on the cycle life and the calendar life. The cycle life describes the number of possible charging cycles of a cell or the entire system. The complete discharge and subsequent charge is called a cycle. The calendar life represents the pure aging process of the lithium-ion battery, which results among other things from chemical decomposition processes in the battery. The calendar life is also determined by external factors such as the outside temperature. The actual aging of the battery is the sum of these two aging effects and therefore cannot be quantified across the board. However, the application in the mobile sector is generally possible up to a residual capacity of the battery (State of Health, SOH) of 80 %, as the high requirements, for example during acceleration, can no longer be met below this level.

The reuse of lithium-ion batteries initially has the advantage that the resource input and the high manufacturing costs can be spread over a further use. A wide variety of applications is possible, from the IT sector to vehicles with comparatively low power requirements (e.g. ferries) to stationary storage systems in buildings. Depending on the requirement profile of the after-use, different capacities or charging currents are required. By determining these parameters, the optimal application for the after-use can be found.

The question of whether subsequent use is preferable to recycling from an energy and ecological point of view must be considered in a differentiated manner: Sensible further use conserves the use of primary resources required as alternatives. However, with regard to material efficiency, i. e. the quantity of raw materials or materials required per kilowatt-hour of battery usage, major developments can be expected after initial use (e. g. after 15 years) and second and third use (e. g. after 30 years). It may be that the raw materials are used much more efficiently in new applications and that this is advantageous in the overall assessment.

Regardless of the point in time at which raw materials are reused, recycling in itself is a central building block for establishing electromobility as a sustainable drive technology. From a technological point of view, up to 99 % of the raw materials and components of a lithium-ion battery can be recycled. The necessary processes have been developed and are already in use. The raw materials can be recovered in such a high quality that new lithium-ion batteries made from them have the same properties as those made from primary raw materials.

To ensure that significant quantities of raw materials are reused in batteries in the future, the relevant European legislation is currently being revised. Based on the current European Directive 2006/66/EC and the national Battery regulation, a new *Regulation of the European Parliament and of the Council on batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) 2019/1020* is currently being finalized. Among other things, this regulation will introduce the category of traction batteries for electric road vehicles, require the calculation and reporting of a carbon footprint, and set mandatory collection and recycling rates. The regulation will enter into force immediately upon finalization and does not need to be transposed into national law. It is expected to provide an important impetus for the ramp-up of recycling activities in Europe.

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2023
Alle Rechte vorbehalten