Next Mobility

Langsames Laden ist nicht automatisch effizienter

Wo beim Laden von Elektroautos die Energie verloren geht

11.08.2026 · Von Dipl.-Ing. (FH) Michael Richter · 6 min Lesedauer ·

Wer einen Akku mit geringer Leistung lädt, könnte zunächst vermuten, dass dies besonders effizient geschieht. Leistungselektronik, Leitungen und Batterie werden weniger belastet, die Ströme sinken und damit auch die ohmschen Verluste. Messungen des ADAC zeigen jedoch ein anderes Bild.



Beim Laden eines Elektroautos entstehen Verluste nicht nur bei der Leistungswandlung. Auch Fahrzeugelektronik, Leitungen, Batterie und Thermomanagement beeinflussen die Gesamtenergiebilanz.

(Bild: frei lizenziert / Pexels <https://www.pexels.com/de-de/creative-commons-images/>)

Beim AC-Laden können die relativen Energieverluste gerade bei niedriger Ladeleistung erheblich steigen. Entscheidend ist deshalb nicht allein der Wirkungsgrad des On-Board-Chargers. Erst die Betrachtung des gesamten Fahrzeugs erklärt, warum eine höhere Ladeleistung unter bestimmten Bedingungen sogar Energie sparen kann.

Der ADAC hat für seine Untersuchung fünf Elektrofahrzeuge unter unterschiedlichen AC-Ladebedingungen vermessen. Geladen wurde an der Haushaltssteckdose mit 2,3 kW, an einer Wallbox <https://www.next-mobility.de/wallbox-alles-wissenswerte-ueber-wandladestationen-a-f6cb5df30dca123e3b0ed532e7c09d2d/> mit reduzierter Leistung von 4,1 kW zur Simulation von PV-Überschussladen sowie mit der maximal möglichen Leistung von 11 beziehungsweise 22 kW. Um Einflüsse durch Zellbalancing und starke Batterietemperierung möglichst gering zu halten, erfolgten die Messungen zwischen 10 und 90 Prozent State of Charge bei anfänglichen Batterietemperaturen zwischen 20 und 30 °C.

Die Unterschiede fallen deutlich aus. Beim Laden an der Haushaltssteckdose ermittelte der ADAC Verluste zwischen 12,7 und 24,2 Prozent. Beim Laden mit 4,1 kW lagen sie zwischen 8,0 und 12,8 Prozent. An der Wallbox mit 11 beziehungsweise 22 kW sanken sie dagegen auf Werte zwischen 5,1 und 7,0 Prozent.

Damit stellt sich eine aus leistungselektronischer Sicht interessante Frage: Warum steigen die relativen Verluste ausgerechnet dann, wenn mit geringer Leistung geladen wird?

Der On-Board-Charger ist nur ein Teil der Verlustkette

Beim AC-Laden muss die Netzspannung zunächst in eine für die Hochvoltbatterie geeignete Gleichspannung umgewandelt werden. Diese Aufgabe übernimmt der On-Board-Charger. In ihm entstehen zwangsläufig Verluste bei der Leistungswandlung. Hinzu kommen Verluste in Kabeln, Steckverbindungen und der Batterie selbst.

Allein damit lässt sich der starke Anstieg der relativen Verluste bei niedriger Ladeleistung jedoch nicht erklären. Entscheidend ist, dass während des Ladevorgangs weitere Systeme des Fahrzeugs aktiv bleiben. Steuergeräte müssen den Ladevorgang überwachen, Kommunikation und Batteriemanagement bleiben aktiv und auch das 12-V-Bordnetz muss versorgt werden. Der ADAC nennt hierfür einen Leistungsbedarf von etwa 100 bis 300 W.

Damit entsteht neben den leistungsabhängigen Verlusten eine zweite Verlustkomponente, die zumindest näherungsweise als Grundlast betrachtet werden kann. Vereinfacht lässt sich die Verlustleistung deshalb als Summe verschiedener Anteile betrachten:

$$P_V = P_0 + P_{OBC} + P_{Leitung} + P_{Batterie}$$

Dabei steht P_V für die Verlustleistung, P_0 für die während des Ladens benötigte Grundlast des Fahrzeugs, P_{OBC} beschreibt die Verluste des On-Board-Chargers, während $P_{Leitung}$ und $P_{Batterie}$ die Verluste in Leitungen beziehungsweise Batterie zusammenfassen.

Gerade P_0 verändert die Betrachtung entscheidend. Denn eine weitgehend konstante Verlustleistung fällt umso stärker ins Gewicht, je geringer die übertragene Ladeleistung ist.

250 W müssen nicht immer 250 W bedeuten

Das lässt sich mit einem einfachen Beispiel verdeutlichen. Benötigen Fahrzeugelektronik und Nebenverbraucher während des Ladens beispielsweise konstant 250 W, entsprechen diese bei einer Ladeleistung von 2,3 kW bereits mehr als zehn Prozent der übertragenen Leistung. Bei 11 kW sind es dagegen nur noch gut zwei Prozent.

Noch entscheidender ist die Zeit. Soll dieselbe Energiemenge in die Batterie gelangen, dauert der Ladevorgang bei geringer Leistung wesentlich länger. Eine Grundlast von 250 W, die zehn Stunden aktiv bleibt, benötigt 2,5 kWh. Dauert der Ladevorgang dagegen nur zwei Stunden, sinkt dieser Energiebedarf auf 0,5 kWh.

Die Verluste des eigentlichen Leistungspfades können gleichzeitig steigen, wenn höhere Ströme fließen. Für das Gesamtsystem bedeutet das jedoch nicht zwangsläufig einen schlechteren Wirkungsgrad. Der reduzierte Energiebedarf der zeitabhängigen Nebenverbraucher kann diesen Effekt überkompensieren.

Genau hier liegt ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Wirkungsgrad eines Wandlers und der Energieeffizienz eines vollständigen Ladevorgangs. Ein On-Board-Charger besitzt eine Wirkungsgradkennlinie über seiner Ausgangsleistung. Das Fahrzeug besitzt dagegen zusätzlich Verbraucher, deren Energiebedarf von der Dauer des Ladevorgangs abhängt.

Warum PV-Laden einen Zielkonflikt erzeugt

Besonders interessant wird dieser Zusammenhang beim PV-Überschussladen. Energetisch erscheint es zunächst sinnvoll, die Ladeleistung des Fahrzeugs an die momentan verfügbare Solarleistung anzupassen. Statt Strom ins Netz einzuspeisen, wird möglichst viel davon unmittelbar im Fahrzeug gespeichert.

Aus Sicht des Ladeprozesses kann eine starke Leistungsreduzierung jedoch ungünstig sein. Der ADAC simulierte diesen Fall mit einer dreiphasigen Ladeleistung von 4,1 kW. Dabei lagen die gemessenen Verluste zwischen 8,0 und 12,8 Prozent und damit über denen beim Laden mit höherer Wallbox-Leistung.

Damit treffen zwei unterschiedliche Optimierungsziele aufeinander. Einerseits soll möglichst viel lokal erzeugte Energie direkt genutzt werden. Andererseits steigt bei niedriger Ladeleistung der relative Anteil der während des Ladevorgangs permanent benötigten Fahrzeugleistung.

Das bedeutet allerdings nicht, dass PV-Überschussladen energetisch grundsätzlich unsinnig wäre. Entscheidend ist vielmehr, welche Systemgrenze betrachtet wird. Wer ausschließlich den Wirkungsgrad zwischen Wallbox und Batterie betrachtet, kann zu einem anderen Optimum gelangen als jemand, der Eigenverbrauch, Netzeinspeisung und Strombezug in die Gesamtbilanz einbezieht.

Auch die Hausinstallation gehört zum System

Bei der Haushaltssteckdose kommt ein weiterer Verlustmechanismus hinzu. Die elektrische Zuleitung kann insbesondere bei langen Leitungswegen oder älteren Installationen einen relevanten Beitrag leisten. Der ADAC weist darauf hin, dass auch Verluste in der Hausinstallation berücksichtigt werden müssen. Dagegen seien die Verluste in Ladekabel, fahrzeugseitigen Hochvoltkabeln und Batterie bei den untersuchten AC-Ladevorgängen vergleichsweise gering.

Eine Wallbox verbessert deshalb nicht nur Sicherheit und Ladeleistung. Ihre entsprechend dimensionierte elektrische Zuleitung reduziert gleichzeitig die Leitungsverluste. Hinzu kommt die deutlich kürzere Ladezeit. Der ADAC führt die geringeren Gesamtverluste beim Wallbox-Laden insbesondere darauf zurück, dass die Fahrzeugelektronik für eine kürzere Zeit betrieben werden muss.

Für das AC-Laden ergibt sich damit zunächst ein relativ eindeutiges Bild: Unter den untersuchten Bedingungen sinken die relativen Gesamtverluste mit steigender Ladeleistung deutlich. Beim Schnellladen verändert sich die Verlustbilanz jedoch grundlegend.

Beim DC-Laden wandert der Wandler aus dem Fahrzeug

Beim DC-Schnellladen übernimmt nicht mehr der On-Board-Charger die eigentliche AC/DC-Wandlung. Die Umwandlung der Netzenergie in Gleichstrom erfolgt bereits in der Ladesäule. Das Fahrzeug erhält eine Gleichspannung, die über die entsprechende Lade- und Sicherheitstechnik an die Hochvoltbatterie weitergegeben wird.

Damit verschiebt sich auch die Systemgrenze. Der ADAC ermittelte für die Umwandlung in der Schnellladesäule durchschnittliche Verluste von rund drei Prozent. Bei hohen Ladeleistungen gewinnt dafür ein anderer Faktor an Bedeutung: die Temperatur der Batterie.

Lithium-Ionen-Zellen können nur innerhalb bestimmter Temperaturbereiche hohe Ladeleistungen aufnehmen. Ist die Batterie zu kalt, muss sie erwärmt werden. Bei hoher thermischer Belastung kann wiederum Kühlung erforderlich sein. Die dafür benötigte Energie landet nicht als nutzbare Energie in den Zellen.

Bei den ADAC-Messungen verursachte allein das Aufheizen der Batterie zusätzliche Energieverluste von zwei bis acht Prozent. Insgesamt lagen die ermittelten Energieverluste beim DC-Laden je nach Bedingungen zwischen fünf und 15 Prozent.

Vorkonditionierung verschiebt den Energieverbrauch

Damit entsteht beim Schnellladen ein weiterer interessanter Effekt. Moderne Elektrofahrzeuge können ihre Batterie bereits während der Fahrt zu einer Schnellladestation vorkonditionieren. Dadurch erreicht der Akku die für hohe Ladeleistungen günstige Temperatur bereits vor dem Ladestopp. Das verkürzt die Ladezeit. Energie verschwindet dadurch allerdings nicht aus der Bilanz.

Der ADAC <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/ladeverluste-elektroauto-studie/> weist darauf hin, dass das Aufwärmen während der Fahrt zwar den zusätzlichen Heizbedarf an der Ladesäule reduziert, der Energieverbrauch des Fahrzeugs auf dem Weg dorthin aber

entsprechend steigt. Vorkonditionierung spart deshalb vor allem Zeit und nicht zwangsläufig Energie.

Gerade daran zeigt sich, wie stark das Ergebnis von der gewählten Systemgrenze abhängt. Wird ausschließlich die Energie zwischen Ladesäule und Batterie betrachtet, kann ein vorkonditioniertes Fahrzeug sehr effizient erscheinen. Wird dagegen die Energie für die vorherige Temperierung einbezogen, verändert sich die Bilanz.

Der höchste Wandlerwirkungsgrad ist nicht automatisch das Systemoptimum

Die Messungen zeigen damit ein grundsätzliches Problem bei der Bewertung von Ladeverlusten. Eine einzelne Wirkungsgradangabe beschreibt nur einen Betriebspunkt beziehungsweise einen Teil des Systems. Für die tatsächlich benötigte Energie müssen dagegen Leistung, Betriebsdauer, Nebenverbraucher, Leitungsverluste und Thermomanagement gemeinsam betrachtet werden.

Beim AC-Laden dominieren bei niedriger Leistung zunehmend zeitabhängige Verluste. Eine höhere Ladeleistung verkürzt die Betriebszeit der Fahrzeugelektronik und kann dadurch die Gesamtverluste reduzieren. Beim DC-Schnellladen verliert der fahrzeugseitige AC/DC-Wandler dagegen an Bedeutung, während Batterietemperatur und Thermomanagement stärker in den Vordergrund rücken. Die entscheidende Frage lautet deshalb nicht, ob langsames oder schnelles Laden grundsätzlich effizienter ist. Entscheidend ist, welche Verluste mit der Leistung steigen und welche mit der Zeit.

Genau daraus ergibt sich das eigentliche Optimierungsproblem. Für eine hohe Gesamteffizienz muss ein Ladesystem nicht nur seinen Leistungspfad möglichst verlustarm betreiben. Es muss auch verhindern, dass Hilfssysteme über lange Zeit Energie verbrauchen. Der energetisch günstigste Betriebspunkt eines Elektroautos liegt deshalb dort, wo Wandlungs-, Leitungs- und Batterieverluste auf der einen sowie zeitabhängige Nebenverbraucher und Thermomanagement auf der anderen Seite gemeinsam ein Minimum erreichen. *(mr)*

(ID:50926057)