

## Ursachen des Stromunsymmetrie in LiFePO<sub>4</sub>-Batterien nach Parallelschaltung

Das Stromungleichgewicht zwischen den Batterien wird durch Unterschiede im Herstellungsprozess von Zellen und Batterien, Unterschiede im Batterieverbindungswiderstand und Temperaturunterschiede zwischen Batterien und anderen Variablen der Feldinstallation verursacht.

Selbst wenn die Batterien in der gleichen Charge hergestellt werden, können ihr Widerstand und ihre Stromversorgungskapazität nicht exakt gleich sein. **Und der unterschiedliche Strom in den einzelnen parallelen Zweigen führt dazu, dass der Ladezustand der Batterie (SOC) divergiert.** Die Batterie mit der besten Leistungsfähigkeit wird schneller entladen als die anderen. Dann nähert sich der SOC aller Batterien wieder an, da die sich am schnellsten entladende Batterie einen Punkt erreicht, an dem sie nicht mehr so viel Strom an das System liefern kann. An diesem Punkt werden die stärkeren Batterien diejenigen sein, die ursprünglich weniger Energie geliefert haben, nun aber einen höheren SOC aufweisen.

Die Schlussfolgerung ist, dass es für den größten Teil der Lebensdauer des Batteriesystems einen Unterschied im SOC zwischen jeder parallel geschalteten LiFePO<sub>4</sub>-Batterie geben wird. **Der SOC-Unterschied zwischen den Batterien bedeutet, dass selbst bei abgeschalteter Last Wirbelströme zwischen den Batterien fließen, da sie den SOC-Status des parallel geschalteten Batteriesystems ausgleichen müssen.** Manchmal können Wirbelströme zwischen Batterien ungewöhnlich hoch sein und dazu führen, dass die Zellen in einen unvorhersehbaren Schutzmodus wechseln.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Entladungskurve einer LiFePO<sub>4</sub>-Batterie sehr flach ist, so dass es viele Stunden dauern kann, bis der SOC-Wert der Batterien ausgeglichen ist, sobald eine Last entfernt wird. Es ist möglich, dass die Batterien nicht ausgleichen, egal wie lange Sie warten, aufgrund von Diffusionsspannungen, oder was einige als "Oberflächenladung" bezeichnen.

Natürlich kann ein Batteriemanagementsystem (BMS) mit der Unsymmetrie des parallelen Zweigstroms und dem unkontrollierten Wirbelstrom umgehen, aber es kann dieses Problem nicht zu 100 % lösen und kann nur einen relativ ausgeglichenen Zustand zwischen den parallel geschalteten Batterien erreichen. Sobald der Strom im Parallelzweig höher als erwartet ist, kann sich die Lebensdauer der Batterie verkürzen.

## **Darum entladen sich Akkus die parallel zusammen geschlossen sind unterschiedlich.**

1. Wenn Sie zwei parallelgeschaltete Batterien haben, kann trotz der harten Parallelschaltung beider Batterien das BMS der einen Batterie durchaus einen anderen Ladezustand und eine etwas andere Spannung anzeigen als das der anderen. Das liegt als erstes an den unvermeidlichen Messtoleranzen, wie sie jedes Messgerät mitbringt. Dasselbe gilt für die angezeigten Ströme: Wenn das eine BMS bei einer Stromentnahme von 10A eine Anzeige von 11A ausgibt, kann das andere BMS bei demselben Entladestrom durchaus nur 9A anzeigen. Auch hier würden Messtoleranzen sicher die wesentlichste Rolle solcher Abweichungen spielen. Dies nur zur Information, dass es sich bei den BMS nicht um hochgenaue Messinstrumente handelt, sondern um eher einfache Messeinrichtungen mit einer relativ großen Messtoleranz. Hier wirkt der psychologische Effekt von direkt in Ziffern angezeigten Messwerte oft verwirrend, weil man direkt angezeigten Ziffern im Allgemeinen mehr zu glauben geneigt ist, als zitternden und oft schwierig abzulesenden Zeigern, wie sie früher an Messeinrichtungen üblich waren. Nicht selten mehr als es in Wirklichkeit gerechtfertigt ist...

2. Die Strommesswertaufnehmer des BMS besitzen im Bereich kleiner Ströme nur eine begrenzte Auflösung. Sie müssen nach oben hin riesige Ströme bis zu 1.000A sicher detektieren und auswerten können, was die Auflösung sehr kleiner Ströme naturgemäß stark erschwert. Man kann, salopp gesagt, auch nicht mit demselben Kameraobjektiv Gebirge und Atome gleichermaßen fotografieren. Also wird es mit der Messauflösung des BMS im niedrigen Strombereich unter 2A schwierig. Oft zeigte das BMS dann trotz fließendem Strom um etwa 1 bis 2A nur Null an, was natürlich falsch ist, aber aus technischen Gründen nicht ohne weiteres zu vermeiden ist. Auch in diesem Fall gilt das oben geschriebene: Nicht alles glauben, was so eine Smartfon-App behauptet. 🤖

## **Verwandte Kenntnisse von LiFePO4-Batterien parallel**

Zunächst einmal müssen wir wissen, dass bei einer Parallelschaltung von zwei oder mehr LiFePO4-Batterien der Strom, der durch jede Batterie fließt, nicht genau gleich sein kann.

Ein Beispiel: Nehmen wir an, Sie verwenden zwei 12,8V 100Ah-Batterien parallel. Wenn das Batteriesystem an eine Last von 50A angeschlossen ist, kann die Last jeder Batterie nicht ganz genau 25A betragen. Eine Batterie kann mit 21A belastet werden, während die andere Batterie mit 29A belastet wird. Dieser Stromunterschied wird deutlicher, wenn die Last größer ist.

Außerdem wird es mit zunehmender Anzahl parallel geschalteter Batteries immer schwieriger, Strom von jedem Battery zu erhalten und gleichmäßig an jede Batterie zu leiten. Um die Sache noch komplizierter zu machen, hat jede Batterie einen einzigartigen Innenwiderstand und nimmt/erzeugt daher Strom mit leicht unterschiedlichen Raten.