

## 2 Allgemeine Informationen über Lithium-Eisenphosphat-Batterien

Die Lithium-Eisenphosphat (LiFePO<sub>4</sub> oder LFP)-Batterie ist der sicherste der regulären Lithium-Ionen-Batterietypen. Die Nennspannung einer LFP-Zelle beträgt 3,2V (Blei-Säure: 2V/Zelle). Eine 12,8V LFP-Batterie besteht daher aus 4 in Reihe geschalteten Zellen und eine 25,6V Batterie besteht aus 8 in Reihe geschalteten Zellen.

### 2.1 Robust

Eine Blei-Säure-Batterie wird in folgenden Fällen aufgrund von Sulfatierung vorzeitig versagen:

- Wenn sie lange Zeit in unzureichend geladenem Zustand in Betrieb ist (d. h., wenn die Batterie selten oder nie voll aufgeladen wird).
- Wenn sie im teilweise geladenen Zustand oder noch schlimmer, vollständig entladenen Zustand belassen wird.

Eine LFP-Batterie muss nicht voll aufgeladen sein. Darin liegt ein bedeutender Vorteil von LFP-Batterien im Vergleich zu Blei-Säure-Batterien. Weitere Vorteile betreffen den breiten Betriebstemperaturbereich, eine exzellente Zyklierung, geringe Innenwiderstände und einen hohen Wirkungsgrad (siehe unten).

Die LFP-Batterie ist daher die beste Wahl für den anspruchsvollen Gebrauch.

### 2.2 Effizient

Bei zahlreichen Einsatzmöglichkeiten (insbesondere bei netzunabhängigen Solar- und/oder Windkraftanlagen), kann der Energienutzungsgrad von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Der Energienutzungsgrad eines Ladezyklus (Entladen von 100% auf 0% und Wiederaufladen auf 100%) einer durchschnittlichen Blei-Säure-Batterie liegt bei ca. 80%.

Der Energienutzungsgrad eines Ladezyklus einer LFP-Batterie liegt dagegen bei 92%.

Der Ladevorgang einer Blei-Säure Batterie wird insbesondere dann ineffizient, wenn die 80%-Marke des Ladezustands erreicht wurde. Das führt zu Energienutzungsgraden von nur 50%. Bei Solar-Anlagen ist dieser Wert sogar noch geringer, da dort Energiereserven für mehrere Tage benötigt werden (die Batterie ist in einem Ladezustand zwischen 70% und 100% in Betrieb). Eine LFP-Batterie erzielt dagegen noch immer einen Energienutzungsgrad von 90%, selbst wenn sie sich in einem flachen Entladezustand befindet.

### 2.3 Größe und Gewicht

Platzeinsparung von bis zu 70%

Gewichteinsparung von bis zu 70%

EN

NL

FR

DE

ES

## 2.4 Unendlich flexibel

LFP-Batterien lassen sich leichter aufladen, als Blei-Säure-Batterien. Die Lade-Spannung kann zwischen 14 V bis 15 V bzw. 28 V bis 30 V variieren (so lange an keiner der Zellen mehr als 4,2 V anliegen). Außerdem müssen diese Batterien nicht voll aufgeladen werden. Aus diesem Grund lassen sich mehrere Batterien parallel schalten und es tritt keine Beschädigung auf, wenn einige Batterien weniger geladen sind, als andere.

## 2.5 Die wichtige Bedeutung eines Batterie-Management-Systems (BMS)

Wichtige Fakten:

1. Eine LFP-Zelle versagt, wenn die Spannung über der Zelle auf unter 2,5V abfällt (Hinweis: manchmal ist eine Wiederherstellung durch das Laden mit einem niedrigen Strom, unter 0,1C, möglich).
2. Eine LFP-Zelle wird versagen, wenn die an der Zelle anliegende Spannung auf einen Wert über 4,2V ansteigt.
3. Die Zellen einer LFP-Batterie führen am Ende des Ladezyklus keinen automatischen Ausgleich durch.

Die Zellen in einer Batterie sind nie zu 100% gleich. Aus diesem Grund sind einige Zellen beim Zyklieren früher voll aufgeladen bzw. entladen, als andere. Diese Unterschiede werden stärker, wenn die Zellen nicht von Zeit zu Zeit ausgeglichen werden.

In einer Blei-Säure-Batterie fließt ein geringer Strom weiter, auch, wenn eine oder mehrere Zellen voll aufgeladen sind (der Haupteffekt dieses Stroms ist die Spaltung von Wasser in Wasser- und Sauerstoff). Mithilfe dieses Stroms werden die anderen Zellen, deren Ladezustand hinterherhinkt, ebenso geladen und so wird der Ladezustand aller Zellen ausgeglichen.

Der Strom, der durch eine LFP-Zelle fließt ist, wenn diese voll geladen ist, jedoch so gut wie Null. Weniger geladene Zellen werden aus diesem Grund nicht voll aufgeladen. Mit der Zeit kann der Unterschied zwischen den einzelnen Zellen so extrem groß werden, dass, obwohl die Gesamtspannung der Batterie innerhalb der Begrenzungen liegt, einige Zellen aufgrund von Über- bzw. Unterspannung versagen werden.

Aktiver Zellenausgleich ist in allen unseren LFP Batterien eingebaut.

Die zusätzlichen Funktionen eines BMS sind:

- Schutz der Zelle vor einer Unterspannung durch das rechtzeitige Abschalten der Last.
- Schutz der Zelle vor einer Überspannung durch Reduzierung des Ladestroms bzw. Abschalten des Ladevorgangs.
- Abschalten des Systems im Falle einer Übertemperatur.

Daher ist ein BMS für die Verhinderung von Schäden an Lithium-Ionen-Batterien unverzichtbar.

### Wichtiger Hinweis

Lithium-Ionen-Batterien sind teuer und können durch ein zu tiefes Entladen oder ein Überladen beschädigt werden.

Eine Beschädigung durch ein zu tiefes Entladen kann vorkommen, wenn kleine Lasten (wie zum Beispiel: Alarmsysteme, Relais, der Standby-Strom bestimmter Lasten, der Rückstromfluss der Batterieladegeräte oder Laderegler) die Batterie langsam entladen, wenn das System nicht in Gebrauch ist.

Falls Sie sich bezüglich einer Reststromaufnahme unsicher sind, trennen Sie die Batterie durch Öffnen des Batterieschalters, Herausnehmen der Sicherung(en) oder Abtrennen des Batterie-Pluspols, wenn das System nicht in Gebrauch ist.

**Ein Entlade-Reststrom ist insbesondere dann gefährlich, wenn das System vollständig entladen wurde und es aufgrund einer niedrigen Zellspannung abgeschaltet wurde. Nach dem Abschalten aufgrund einer niedrigen Zellspannung verbleibt eine Reservekapazität von ungefähr 1Ah pro 100Ah Batteriekapazität in der Batterie. Die Batterie wird beschädigt, wenn die verbleibende Reservekapazität aus der Batterie entnommen wird. Ein Reststrom von 10mA zum Beispiel kann eine 200 Ah Batterie beschädigen, wenn das System über 8 Tage im entladenen Zustand belassen wird.**

EN

NL

FR

DE

ES

## 3 Installation

Hinweis: Batterien müssen stets in aufrechter Position installiert werden.

### 3.1 Schutz vor Kurzschlüssen

#### Installation einer einzelnen Batterie

Die Batterie muss durch eine Sicherung geschützt werden.

Die Batterie muss an ein BMS angeschlossen werden.

#### Anschluss in Serie

Bis zu vier 12,8 V Batterien oder bis zu zwei 25,6 V Batterien können in Reihe geschaltet werden.

Der Batterie-Strang muss durch eine Sicherung geschützt werden.

#### Paralleler oder in Serie-parallel geschalteter Anschluss

Bis zu fünf Batterien oder Batteriestränge lassen sich parallel anschließen.

Die Batterien müssen an ein BMS angeschlossen werden.

**Jede der Batterien bzw. jeder der Batteriestränge muss durch eine Sicherung geschützt werden. Man beachte auch Abbildung 1.**

**Verbinden Sie die dazwischen liegende Batterie nicht mit den Batterieanschlüssen von zwei oder mehr parallelen Batteriesträngen.**

### 3.2 Laden der Batterien vor der Verwendung

Bei der Lieferung sind die Batterien etwa zu 50% aufgeladen.

Beim Laden von in Serie geschalteten Batterien, wird die Spannung der Batterien bzw. Zellen mit dem höchsten anfänglichen Ladestatus ansteigen, wenn der vollständig geladene Zustand erreicht ist, während andere Batterien bzw. Zellen noch zurückliegen. Das kann dann zu einer Überspannung an den Batterien bzw. Zellen mit dem anfänglich höchsten Ladezustand führen. Der BMS unterbricht dann den Ladevorgang.

**Aus diesem Grund empfehlen wir, neue Batterien zunächst vollständig aufzuladen, bevor diese bei in Serie bzw. in parallelen in Serie geschalteten Konfigurationen verwendet werden.**

Das wird am besten so gemacht, indem die Batterien auf niedrigem Niveau (C/20 oder niedriger) einzeln mit einem Ladegerät oder einem Stromversorgungsset bei 12,2 V bzw. 28,4 V geladen werden. Es wird eine mehrstündige Konstanzspannungsphase bei 14,2 V bzw. 28,4 V empfohlen, um die Zellen voll auszugleichen.

Wird kein BMS verwendet, sollten die Batterien nur unter Aufsicht geladen werden, um bei einer Fehlfunktion einer Batterie den Ladevorgang zu stoppen.

Es ist auch möglich, die Batterien parallel anzuschließen und sie gleichzeitig zu laden. In diesem Fall muss jede der Batterien durch eine Sicherung geschützt werden. Die empfohlene Laderate liegt wieder bei C/20 oder niedriger. Dabei steht C für die Kapazität einer der parallel geschalteten Batterien.

## 4. Betrieb

### 4.1 Zellenausgleich und Alarme

Jede 12,8 V Batterie besteht aus vier in Reihe geschalteten Zellen und das interne Zellenausgleichssystem wird:

- a) die Spannung jeder Zelle messen und Ah von Zellen mit der höchsten Spannung in Zellen mit einer niedrigeren Spannung verlagern, bis die Spannungsdifferenz zwischen den Zellen unter 10 mV liegt (aktiver Ausgleich).
- b) einen Überspannungs- (Zellspannung > 3,7 V) oder einen Unterspannungs- (Zellspannung < 2,8 V) Alarm auslösen, der durch das BMS verarbeitet wird.
- c) einen Übertemperatur- ( $T > 50^{\circ}\text{C}$ ) Alarm auslösen, der durch das BMS verarbeitet wird.

Hinweis:

Es kann dazu kommen, dass die Zellen innerhalb der Batterie oder der in Reihe angeschlossener Batterien aufgrund von hohen Entladeströmen und kurzen Laderhaltungsspannungs-Perioden ins Ungleichgewicht geraten.

Die verfügbare Batteriekapazität wird dann reduziert und es kann zu einem Überspannungs-Alarm kommen.

Führen Sie dann die im Abschnitt 3.2 beschriebenen Vorgänge durch, um die Batterien voll aufzuladen und auszugleichen.

### 4.2 Ladespannung

Empfohlene Ladespannung: 14 V-14,4 V pro Batterie (14,2 V empfohlen), bzw. 28 V-28,8 V (28,4 V empfohlen).

Konstantspannungsdauer: 2 h für eine 100 % Ladung, oder ein paar Minuten für eine 98 % Ladung.

Maximale Ladespannung: 14,4 V bzw. 28,8 V pro Batterie.

Empfohlene Lager-/Ladeerhaltungsspannung: 13,5 V bzw. 27 V pro Batterie.

Batterien müssen regelmäßig (mindestens einmal jeden Monat) auf 14 V (max. 14,4 V) aufgeladen werden, um die Zellen vollständig auszugleichen.

Zwei oder vier in Serie geschaltete Batterien sollten regelmäßig auf 28 V bzw. 56 V aufgeladen werden.

### 4.3 Batterie-Management-System (BMS)

Es stehen zwei BMS zur Verarbeitung der Informationen von der Batterie zur Verfügung.

#### 4.3.1 BMS 12/200

Das BMS 12/200 ist eine einfache Komplettlösung. Es ist nur für 12V Systeme geeignet.

Es enthält sämtliche in Abschnitt 4.1 beschriebenen Funktionen und verfügt außerdem noch über einen Strombegrenzer für Wechselstromgeneratoren.

Weitere Einzelheiten hierzu finden Sie in dem zugehörigen Datenblatt und Handbuch auf unserer Website.

EN

NL

FR

DE

ES

#### 4.3.2 VE.Bus BMS

Dieses BMS ist für 12, 24 und 48V Systeme geeignet.  
Weitere Einzelheiten hierzu und Installationsbeispiele finden Sie in dem zugehörigen Datenblatt und Handbuch auf unserer Website.

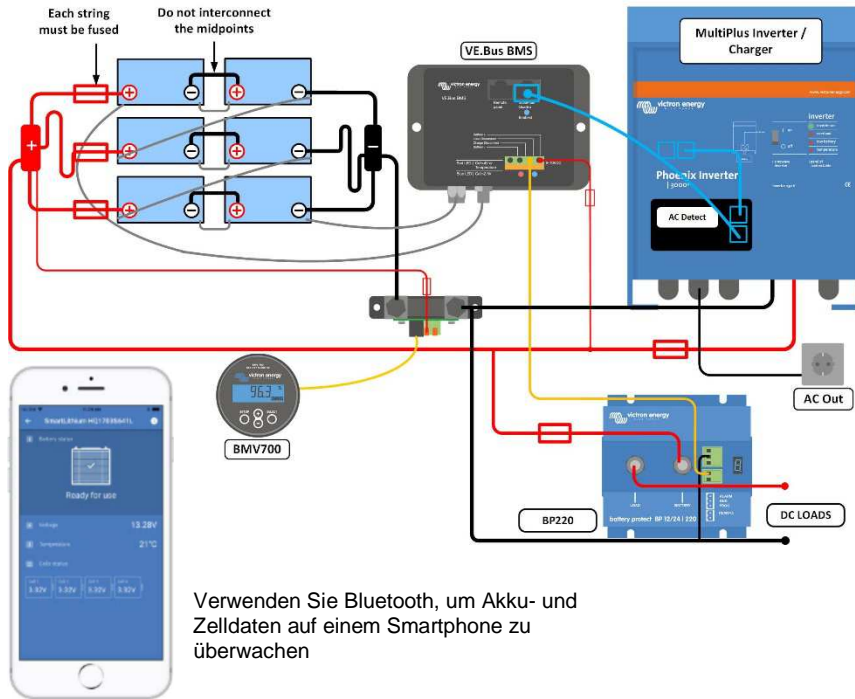


Abbildung 1: Systembeispiel mit VE.Bus BMS