



LiFePO₄-Akkus richtig laden

GUT GERÜSTET IN DIE ZUKUNFT

LiFePO4-Akkus richtig laden

Für eine lange Lebensdauer von LiFePO4-Akkus ist die richtige Ladung dieser unerlässlich. In den nachfolgenden Punkten werden daher die wichtigsten Informationen zum Laden von LiFePO4-Akkus zusammengefasst.

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Informationen zur Ladetechnik	Seite 3
2. Laden auf Einzelzellebene	Seite 3
3. Ladestrom	Seite 3
4. Laden von seriell verschalteten Zellen	Seite 4
5. Initiaalladen und Balancieren	Seite 4
6. Laden über Solarregler	Seite 5
7. Das richtige Ladegerät	Seite 5
8. Laden über Lichtmaschine	Seite 5
9. Fremstart	Seite 6
10. Einlagerung von LiFePO4-Batterien	Seite 6
11. Typische Kurven	Seite 7

Rev. 01

1. Allgemeine Informationen zur Ladecharakteristik

LiFePO₄ Akkus werden mit einer CC/CV bzw. zu Deutsch IU oder IUoU Kennlinie geladen.

CC steht für Constant Current und bedeutet, es wird mit der maximalen Stromstärke des Ladegeräts geladen, bis die Ladeschlussspannung erreicht ist, und in den CV Lademodus gewechselt wird.

CV steht für Constant Voltage und bedeutet, dass die Spannung konstant gehalten wird und der Strom langsam abnimmt bis er annähernd auf 0A oder auf die eingestellten Abschaltsschwelle, z.B. 5-10% des max. Ladestroms, zurück geht. Der Stromfluss richtet sich u.a. nach dem Ladestand und dem Innenwiderstand der Batterie, d.h. je voller die Batterie ist, desto kleiner ist der Strom, der noch fließt.

Ladegeräte mit einem sog. AntiSulfatierungs-/DeSulfatierungs-Programm o.ä. sind ungeeignet, da häufig mit einer hohen Spannung gepulst geladen wird. Der LiFePO₄-Akkus würde diese Ladung aufnehmen und dadurch ggf. überladen. Durch die Überladung kann das Sicherheitsventil der Zelle öffnen und das Elektrolyt austreten. Die Zelle wäre damit unwiederbringlich defekt.

Beim Einsatz eines guten BMS (Batterie-Management-Systems) können Schäden durch Überladung, auch bei Anti-Sulfatierungs-Programmen, verhindert werden. i-tecc Batterien mit integriertem BMS können auch mit Ladegeräten mit Anti-Sulfatierungs- oder Reconditioning- Programm geladen werden.

2. Laden auf Einzelzellebene

LiFePO₄-Zellen werden mit 3,60V (max. 3,65V) geladen, höhere Spannungen bringen keine zusätzliche Kapazität und führen zum schnelleren Altern der Zellen.

Einige Hersteller geben (Lade-)Spannungen von bis zu 4V an.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich in der Regel um maximale (Lade-)Spannungswerte für die Schnellladung handelt. Die Ladeabschaltung muss dann Spannungs- und Stromüberwacht an der Zelle erfolgen.

3. Ladestrom

Die meisten LiFePO₄ Zellen sind mit einem maximalen Ladestrom von 0,5C bis 1C angegeben. Die sog. C-Rate gibt das Verhältnis von dem Lade- Entladestrom in A zur Kapazität der Zelle oder Batterie in Ah an.

Ein Beispiel: Eine Batterie mit 10Ah Kapazität, bei der der maximale Ladestrom mit 1C angegeben ist, darf mit 10A geladen werden. Bei 0,5C, wäre der maximale Strom 5A.

Es gibt auch Hochstrom-Zellen, die mit bis zu 4C geladen werden dürfen.

Beispiel:

Bei einer Batterie mit 15Ah Kapazität, die mit 4C geladen werden darf, errechnet sich der Ladestrom aus $15\text{Ah} \cdot 4\text{C} = 60\text{A}$.

Als schonend für LiFePO₄ Zellen gelten Ladeströme deutlich unter 0,5C.

In diesem Beispiel also: $15\text{Ah} \cdot 0,5\text{C} = 7,5\text{A}$ Ladestrom.

4. Laden von seriell verschalteten Zellen

Aus den Einzelzellspannungen ergeben sich die Ladeschlussspannungen im Zellenverbund.

Beispiel zur Errechnung der Ladeschlussspannung im 12V-System:

Ein 12V-System mit LiFePO₄-Zellen besteht aus 4 Einzelzellen. Die Ladeschlussspannung liegt demnach bei 3,6V * 4Zellen = 14,4V.

In der nachfolgenden Tabelle sind die einzelnen Ladeschlussspannungen aufgelistet:

Anzahl Zellen	Spannungssystem	Ladeschlussspannung / Absorptionsspannung	empf. Erhaltungsladung (falls Funktion vom Ladegerät bereitgestellt wird)
2	6V	7,4V	6,8V - 6,9V
3	9V	10,8V	10,2V - 10,4V
4	12V	14,4V	13,5V - 13,8V
8	24V	28,8V	27,2V - 27,6V
12	36V	43,2V	40,8V - 41,4V
16	48V	57,6V	54,4V - 55,2V
20	60V	72V	68,0V - 69,0V
24	72V	86,4V	81,6V - 82,8V

Tab. 1: Übersicht Zellen - Spannungssystem - Erhaltungsladung

Beim Verschalten von 4 Einzelzellen in Serie zu einem 12V-System erhöht sich nicht die Kapazität. Das heißt, der für die Zelle angegebene max. Ladestrom erhöht sich nicht.

Werden Einzelzellen jedoch auch parallel verschaltet, erhöht sich der max. zulässige Ladestrom ebenfalls.

Beispiel:

Wenn zwei Zellen à 20Ah parallel geschaltet werden, die jeweils einen max. Ladestrom von 20A haben, darf dieser Zellenverbund, der zusammen 40Ah hat, mit max. 40A geladen werden.

5. Initialladen und Balancieren

Unter dem Begriff Initialladen versteht man das Angleichen/Balancieren von LiFePO₄-Zellen, die zu einem Batteriesystem höherer Spannung verschaltet wurden. Das Initialladen der Zellen kann entweder einzeln, parallel, oder auch bereits in Reihe/Serie geschaltet, durchgeführt werden. Beim Aufladen einzelner Zellen ist die o.g. Ladeschlussspannung von 3,6V zu beachten.

Zum Balancieren von Batteriesystemen aus mehreren in Reihe geschalteten Zellen muss zwingend mit einem Balancer-Ladegerät geladen oder ein passendes BMS verbaut werden. Alternativ lädt man jede Zelle einzeln mit 3,6V oder verschaltet sie vorher parallel und lädt die gesamte Zellenzahl auf einmal auf (die Ladeszeit verlängert sich dadurch proportional zur höheren Kapazität).

6. Laden über Solarregler

LiFePO₄-Akkus können problemlos über Solarregler geladen werden.

Inzwischen gibt es von einigen Herstellern Solarregler, die ein LiFe-Programm haben. Wenn der vorhandene Solarregler nicht dieses Programm hat, kann er häufig trotzdem verwendet werden (Rücksprache mit Batteriehersteller halten). Dann sollte das Programm „Blei“ oder "Gel" gewählt werden. In dem Fall sollte die Batterie immer mit einem BMS ausgestattet sein.

7. Das richtige Ladegerät

Es empfiehlt sich ein Ladegerät zu nehmen, das für LiFePO₄-Akkus ausgelegt ist. Trotzdem sollte überprüft werden, dass die Ladeschlussspannung richtig eingestellt ist, da einige Hersteller mit einer Ladespannung von 3,65V pro Zelle rechnen, anstatt mit den empfohlenen 3,6V pro Zelle.

Es ist auch möglich Bleiladegeräte mit passender Ladespannung zu verwenden, allerdings sollte hierbei darauf geachtet werden, dass diese kein Antisulfatierungs-/Desulfatierungsprogramm o.ä. haben.

Ladegeräte, Ladebooster oder Solarregler, die kein LiFePO₄-Programm haben, können im Blei-Gel oder Säure Modus betrieben werden. Das AGM Programm sollte nicht verwendet werden, da bei diesen die Ladespannung meist zu hoch ist.

Kann das Ladegerät eingestellt werden, sollte die Ladeschlussspannung oder auch Absorptionsspannung genannt auf 14,4V bei 12V-Systemen gestellt werden (die weiteren Ladespannungen können der Tabelle Tab. 1 entnommen werden). Die Absorptionszeit sollte auf 1-2h (max. 4h bei großen Kapazitäten) gestellt werden.

Kann eine Erhaltungsladespannung eingestellt werden, ist zu empfehlen diese auf 13,5V zu stellen.

Eine Erhaltungsladung ist bei LiFePO₄-Akkus durch die geringe Eigenentladung nicht zwingend notwendig, sofern keine Verbraucher an dem Akku hängen, die diesen z.B. während der Überwinterung belasten.

8. Laden über Lichtmaschine

Das Laden über eine Lichtmaschine ist unter Einhaltung der technischen Parameter der LiFePO₄-Batterie möglich. Bei Lichtmaschinen, die z.B. eine höhere Ladespannung, als 14,4V haben, darf grundsätzlich nur eine Starterbatterie mit BMS verbaut werden, damit im Falle einer drohenden Überladung das BMS die Ladung beenden kann.

Beim Laden einer Speicherbatterie über Lichtmaschine ist auf die passenden Leitungsquerschnitte zu achten.

Achtung: Niemals Batterien mit großer Kapazität im Stand (stehendes Fahrzeug) aufladen. Insbesondere bei großen Kapazitäten und warmen Temperaturen kann es zur Überhitzung des Generators kommen, da die meisten LiFePO₄ Batterien problemlos die hohen Ladeströme des Generators aufnehmen können. Bei konstant hohen Ladeströmen ist der Generator aber auf entsprechende Kühlung angewiesen, was bei den meisten Fahrzeugen nur durch Fahrtwind gewährleistet ist. Zur Sicherheit wird der Einsatz eines sog. Ladeboosters empfohlen. Dadurch wird der Ladestrom begrenzt und der Generator erwärmt sich weniger.

Euro 6 Fahrzeuge: Speicherbatterien/Aufbaubatterien in Fahrzeugen neuester Generation sollten ebenfalls über einen Ladebooster geladen werden, da bei diesen Fahrzeugen die Generatorspannung häufig nicht ausreichend hoch ist, um die Aufbaubatterie in angemessener Zeit vollständig aufzuladen

Der Einsatz eines Ladeboosters ist auch dann zu empfehlen, wenn die vorhandenen Leitungsquerschnitte nicht für hohe Ladeströme geeignet sind oder der Spannungsabfall durch die Leitungslänge sehr groß ist.

9. Fremdstart

Sollte eine Starterbatterie, die kein BMS hat, durch einen Verbraucher mal so weit entladen worden sein, dass ein Startvorgang nicht mehr möglich ist, sollten diese unter keinen Umständen einfach fremdgestartet werden.

Es sollte vorher zunächst die Spannung gemessen werden. Sollte die Spannung unter 8V liegen, ist davon auszugehen, dass einige Zellen soweit entladen sind, dass es zu einer Schädigung kommen könnte. In dem Falle sollte die Batterie vorsichtig mit einem geeigneten Ladegerät, mit kleinen Strom wieder aufgeladen werden. Viele Batterien lassen sich bei korrekter Wiederaufladung retten. Bei Rückfragen setzen sie sich mit dem Kundensupport in Verbindung.

10. Einlagerung von LiFePO₄-Akkus

Wird der LiFePO₄-Akku für längere Zeit nicht benötigt, sollte man ihn vor der Einlagerung aufladen.

Untersuchungen haben ergeben, dass eine (längere) Einlagerung bei 70-80% Ladezustand für die Lebenserwartung von Li-Ionen-Akkus am besten geeignet ist. Wenn man die Möglichkeit hat, die Kapazität des Akkus genau zu ermitteln, wird empfohlen, den Akku auf 70-80% der Nennkapazität aufzuladen.

Wenn man keine Möglichkeit hat, den Ladezustand des Akkus zu ermitteln, sollte er zu 100% aufgeladen werden, da der Alterungs-Effekt bei LiFePO₄ Akkus nicht so stark ausgeprägt ist, wie bei anderen Li-Ionen-Akku-Systemen. Bei vielen Anwendungen, wie z.B. WoMo oder Boot ist eine Ladung bis 80% nicht sinnvoll realisierbar und eine regelmäßige Ladung bis 80% führt zu einem stärkeren Zelldrift und damit zur schnelleren Alterung. Wir führen regelmäßig Messungen bei Speicherbatterien aus dem Markt durch und sehen, dass selbst bei ca. 10 Jahre alten i-tecc LiFePO₄ Batterien mit ständiger Vollladung und Erhaltungsladung keine signifikante Alterung erkennbar ist.

Achtung: Ein Rückschluss von der Spannung auf den Ladezustand des Akkus kann nicht gezogen werden.

Zur besseren Veranschaulichung kann ein Blick auf die anhängen typischen Lade- und Entladekurven geworfen werden. In diesem Beispiel an einem 12V 100Ah Akku.

Durch die geringe Eigenentladung, kann der LiFePO₄-Akku auch längere Zeit ohne Nachladung gelagert werden. Es ist allerdings darauf zu achten, dass keine Verbraucher an dem Akku hängen.

Insbesondere sollte auch nicht ein fest verbautes Ladegerät an dem Akku belassen werden, wenn es nicht mit dem 230V-Netz verbunden ist oder ein Trennrelais hat.

Ein angeschlossenes Ladegerät ohne Stromversorgung (230V-Netz) bzw. ohne Trennrelais hätte zur Folge, dass ein kleiner Strom (sog. Rücklaufstrom) von Batterie Richtung Ladegerät fließt. Einige Ladegeräte haben auch gar keinen Rücklaufstrom, Auskunft kann Ihnen der Hersteller oder Händler geben.

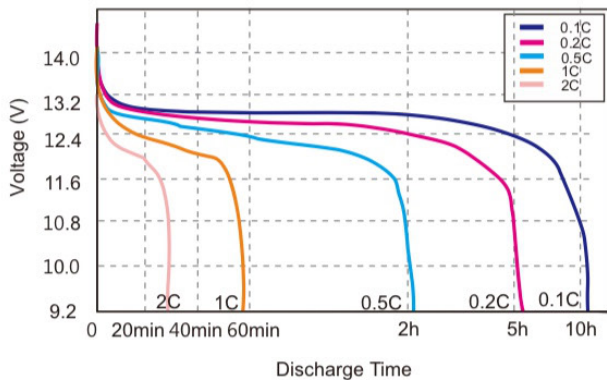
An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass fast jedes elektronische Bauteil einen Standby-Verbrauch hat und den Akku belastet, wenn es angeschlossen ist.

Dieser Hinweis gilt auch für das verbaute BMS, welches in den meisten Fällen aber einen sehr geringen Standby-Verbrauch hat. Bei vollständig entladene Akku sollten BMS in einem Tiefschlafmodus wechseln, um nicht die Zellen zu schädigen.

11. Typische Kurven

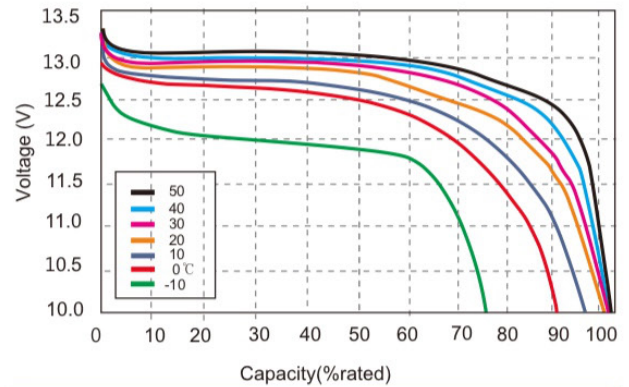
Entladekurven nach Entladerate

Different Rate Discharge Curve @25°C



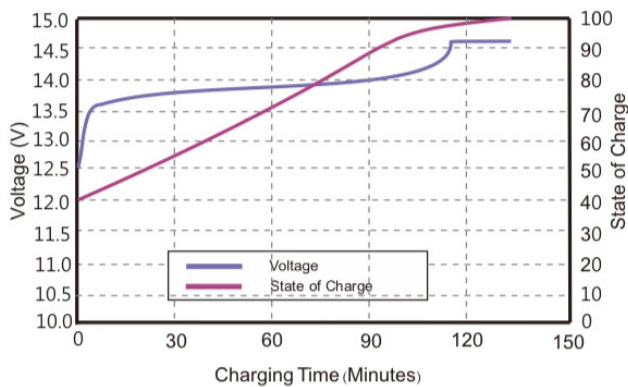
Entladekurven nach Temperaturen

Different Temperature Discharge Curve @0.5C



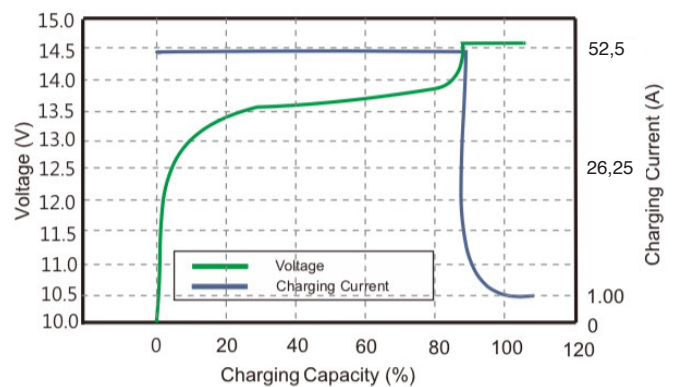
Ladekurve

State of Charge Curve @0.5C 25°C



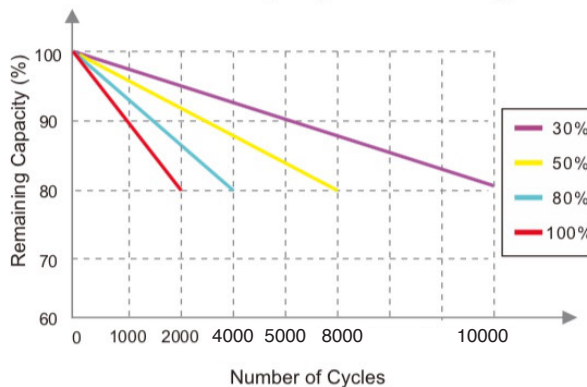
Ladecharakteristik

Charging Characteristics @0.5C 25°C



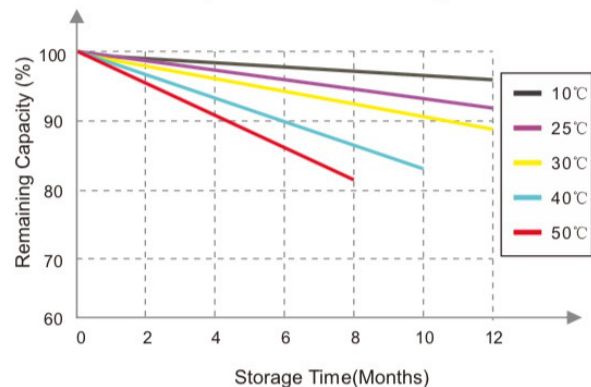
Zyklen nach Entladetiefe

Different DOD Discharge Cycle Life Curve @1C



Selbstentladung nach Temperatur

Different Temperature Self Discharge Curve





LiFePO₄-Akkus richtig laden

i-tecc batteries GmbH

Tel. +49 5181 8518290

Fax +49 5181 9174930

info@i-tecc.de

www.i-tecc.de

**Siemensstraße 1
31061 Alfeld (Leine)**