

ENTWURF

**! Eingesetzt werden darf der FOX-X60_Lithium ausschließlich mit der Chemie LiFe(Y)PO₄
Allen Vorgaben des Batterie-Herstellers/Lieferanten ist unbedingt Folge zu leisten !**

1.0 Einführung

Die Vorteile der Lithium basierenden (hier ausschließlich der Chemie LiFe(Y)PO₄) Batteriesysteme sind unter anderem:

- 2-3 fache Energiedichte gegenüber Blei basierten Systemen
- Deutlich höhere mögliche Zyklenzahl (≥ 3000 Zyklen bei 80% Entladetiefe), etwa Faktor 5-10 zu Blei
- Mögliche Lebensdauer ≥ 10 Jahre
- Kapazitätsausnutzung ohne wesentliche Lebensdauereinbußen bis etwa 90% Entladetiefe (DOD).
- Zellspannung 2,85V – 3,65V, somit bei Verwendung von 4 seriell verschalteten Zellen ideal austauschbar gegen standard 12V Blei-Akkumulator, Arbeitsbereich dann etwa 11,4V bis 14,6V
- Hochstromfähig, daher im Bereich von Stunden zu laden/entladen
- Flache Entladekennlinie dadurch hohes nutzbares Spannungsniveau über nahezu die gesamte Entladephase
- Geringe Selbstentladung
- Umweltfreundliche Ausgangsmaterialien, wesentlich leichter als herkömmliche Technologien (Gewicht $\sim 1/2$ von Blei basierenden Technologien)
- Hoher nahezu idealer Lade-/Entladewirkungsgrad, somit auch mit kleinen Ladeströmen effektiv zu laden
- Defekte Zellen sind meistens einzeln austauschbar

Dem gegenüber stehen der deutlich höhere Systemaufwand der für einen sicheren Betrieb beim Endanwender unabdingbare Voraussetzung ist, sowie der momentan noch deutlich höhere Preis.

1.1 Systemaufbau

Ein auf LiFeYPO₄ basierendes Batteriesystem besteht in der typischen Konfiguration aus 4S (12V) bzw. 8S (24V) seriell verschalteten Einzelzellen die mechanisch und elektrisch zu einer Einheit verbunden werden.

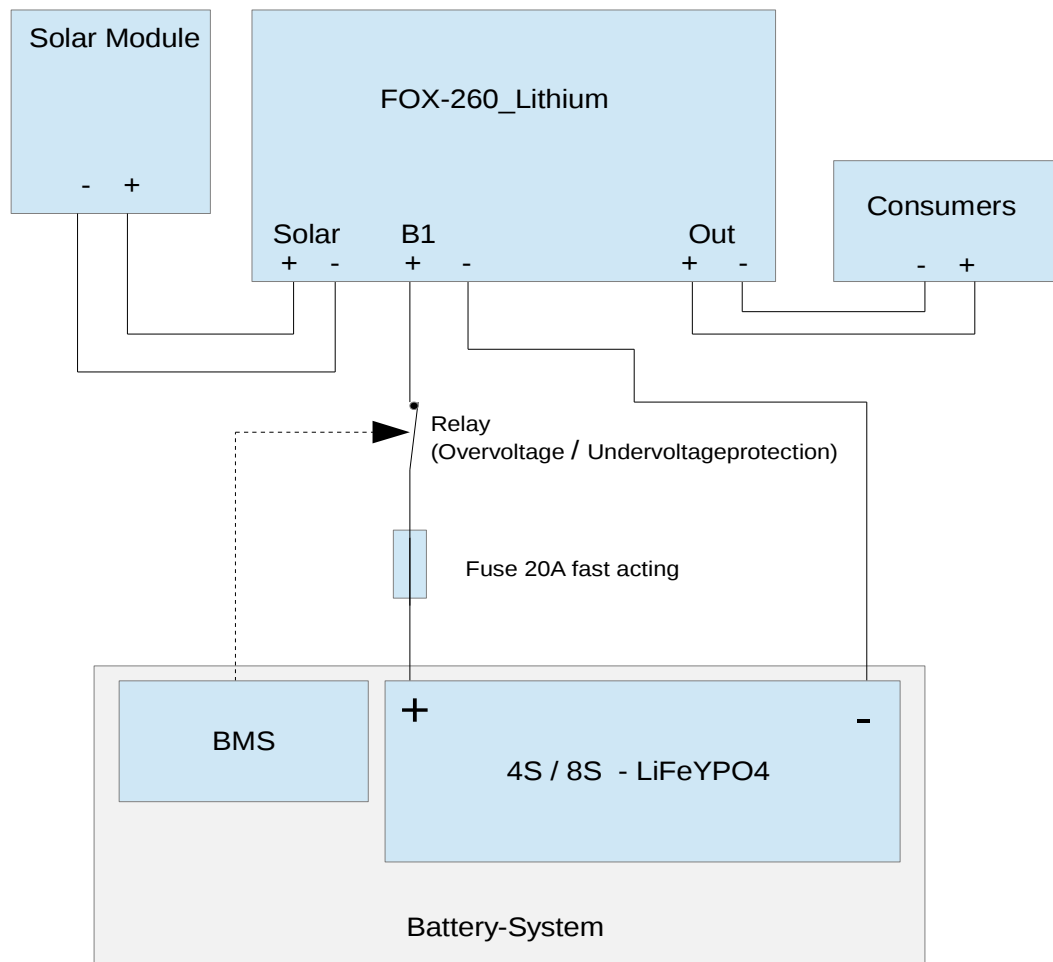
Zur Überwachung des Batteriesystems ist ein vom Batterielieferanten speziell auf die Besonderheiten der jeweiligen Batterietype angepasstes Batterie-Management-System (BMS) erforderlich.

Dieses ist zum sicheren Betrieb und zum Erreichen der maximalen Batteriebensdauer unverzichtbar und muß zwingend vorhanden sein.

Das BMS hat primär die Aufgabe jede Einzelzelle auf Einhaltung ihrer zulässigen Spannungs und Temperaturgrenzwerte zu überwachen und im Fehlerfall alle Lade/Entladevorrichtung vollständig von der Batterie zu trennen.

! Achtung bei LiFeYPO₄ reicht eine einzige zu tiefe Entladung und die Batterie ist zerstört !

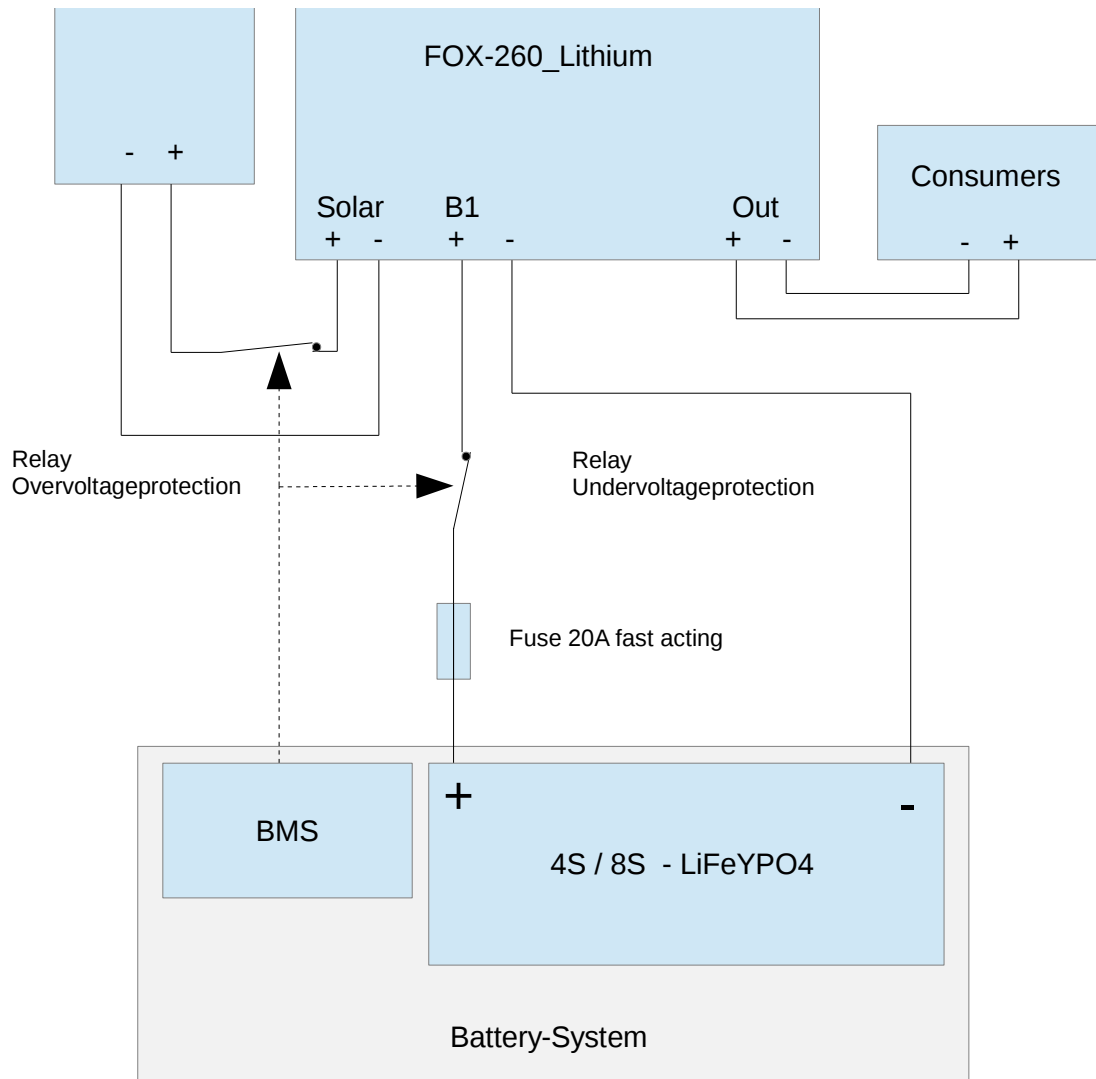
Es ist daher **immer** mindestens ein vom BMS angesteuertes **externes Schaltorgan** zwischen Ausgang Batteriesystem und (Batterie)Eingang des Solarladeregler zu schalten um die Batterie im Fehlerfall **vollständig sicher zu trennen** (s. Bild Mindestbeschaltung).



- Bild Mindestbeschaltung -

! Ohne diese zweite redundante Sicherheitsebene darf der FOX-260_Lithium nicht mit einer LiFeYPO4 -Batterie verbunden werden !

Optimal wäre die Verwendung eines BMS mit zwei Schaltausgängen, hiermit wird bei kritischer Überspannung (OVP) nur der Pfad zwischen Solarmodulen und Solarreglereingang getrennt. Die Ladung würde somit unterbrochen der Solarladeregler aber weiterhin mit Spannung versorgt.
Ein zweites Schaltorgan unterbricht dann bei kritischer Unterspannung (LVP) den Pfad zwischen Ausgang Batteriesystem und (Batterie)Eingang Solarladeregler.



- Bild optimale Beschaltung -

Bem:

Aufgrund von Herstellertoleranzen etc. sind die Ladezustände der Einzelzellen eines Batteriesystems immer leicht unterschiedlich. Da LiFeYPO4-Akkumulatoren im Gegensatz zu Blei basierten Systemen nicht (auch nicht geringfügig) überladen bzw. unterladen werden dürfen müssen **Zellbalancr** zum Ausgleichen der unterschiedlichen Ladezustände verwendet werden. Diese sind integraler Bestandteil jedes vollständigen BMS und unbedingt zu verwenden.

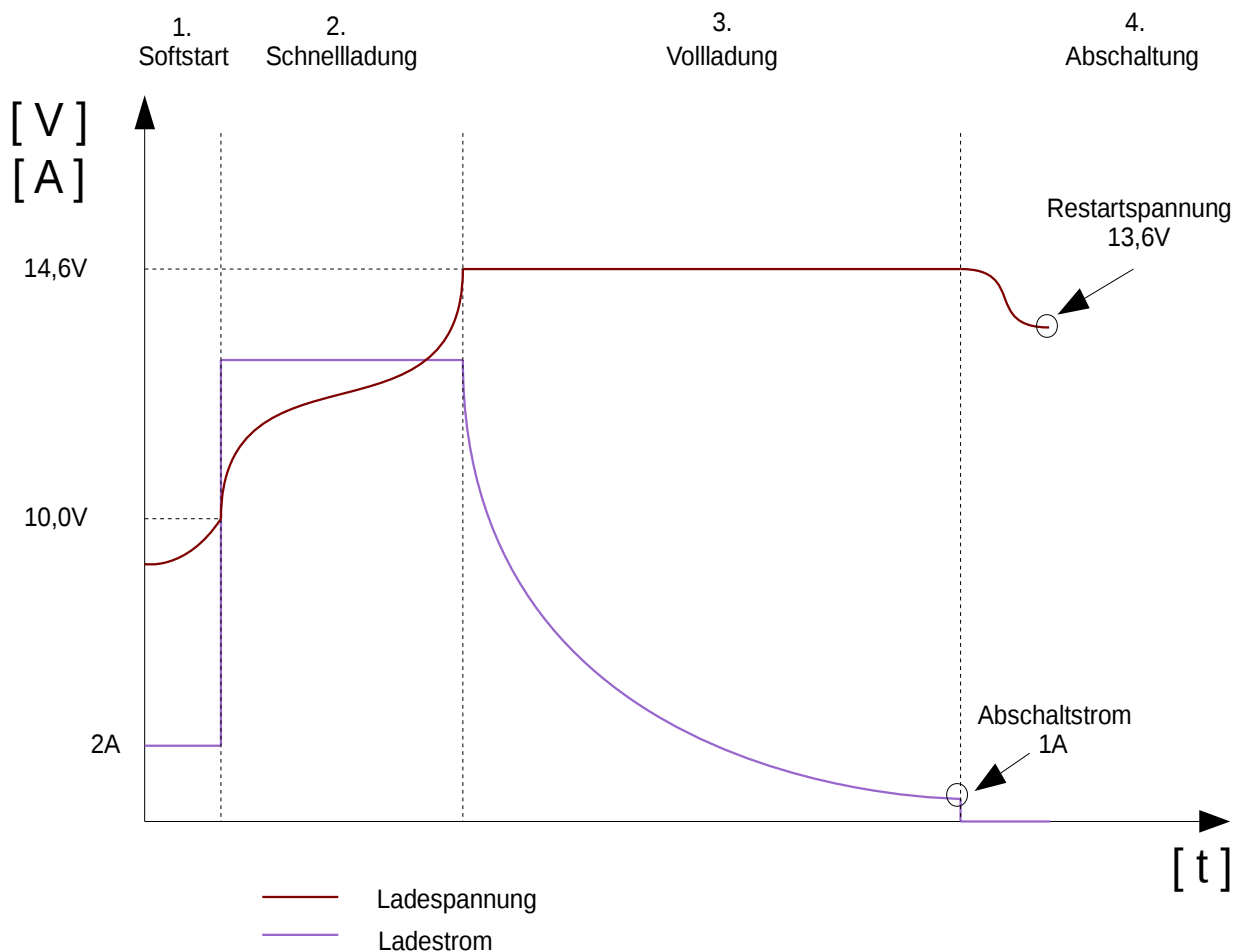
1.2 Ladeverfahren für 4S LiFeYPO4 (ersetzt 6 Zellen Blei):

4-Phasen Ladung

1. Phase (SoftStart):
Eine tiefentladenen Batterie sollte unterhalb einer Spannung von ~10,0V nicht unmittelbar mit hohem Ladestrom geladen werden. Der Regler begrenzt daher unterhalb dieses Spannungsbereichs den Ladestrom auf etwa 2A.
2. Phase (Schnellladung):
In der Schnellladephase wird mit dem gesamten zur Verfügung stehendem solaren Ladestrom (empfohlen bis max. ~0,3C), bis zum Erreichen der Schnellladespannung (~14,6V) geladen. In Anbetracht der unstetigen solaren Ladeströme kann die Schnellladespannung unter Umständen über Tage oder Wochen nicht erreicht werden. Die Ladung über unbegrenzte Zeit ist jedoch nicht empfohlen, daher ist diese Ladephase zusätzlich über eine Zeitsteuerung abgesichert die nach Ablauf einer einstellbaren maximalen Schnellladezeit die nächste Ladestufe aktiviert.
Mit Erreichen der Schnellladespannung ist die Batterie bereits zu etwa 80% voll geladen.
3. Phase (Vollladung):
In der anschließenden Vollladephase wird bei ausreichender solarer Ladeleistung die Vollladespannung (= Schnellladespannung) konstant gehalten bis ein einstellbarer unterer Ladestrom (~0,01C) unterschritten wird. Diese Ladephase führt der Batterie die restlichen 20% der für eine Vollladung benötigten Ladung zu. Die Zeitspanne bis zum Erreichen der 100%igen Vollladung ist etwa doppelt so groß wie die zum Erreichen der Schnellladespannung erforderlich war.
Wird der Ladestrom z.B durch gleichzeitige Belastung der Batterie nicht innerhalb einer bestimmten einstellbaren Vollladezeit unterschritten wird mit der nächsten Ladephase fortgefahren.
4. Phase (Abschaltung): Eine dauerhafte Erhaltungsladung wie von der Blei-Batterie bekannt ist nicht zulässig. Daher wird in der letzten Ladephase der Ladestrom vollständig abgeschaltet.
Der Restart des gesamten Ladezyklus erfolgt sobald die Wiedereinschaltspannung (~13,6V) unterschritten wurde oder aber spätestens alle 2 Monate

s. hierzu Bild Ladeprofil

Bem: Die Stromangabe 0,3C bedeutet $I = 0,3 \cdot \text{Batteriekapazität in Ah}$
→ z.B. $0,3 \cdot 40\text{Ah}$ entspricht einem Stromwert von $I = 12\text{A}$.



- Bild Ladeprofil -

Bem:

Idealisierte Darstellung unter Annahme eines konstant vorhandenen Ladestromes ohne Belastung der Batterie.

Werkseinstellung der Spannungswerte für eine Batterietemperatur von 25°C.

Bei 24V-Systemen (8 Zellen) sind alle Spannungswerte zu verdoppeln.

1.4 Parametrierung:

Ausgehend von einem **default Parametersatz** sind zur optimalen Anpassung an die Vorgaben der Batteriehersteller (bzw. der unterschiedlichen Einsatzbedingungen) die folgenden Parameter einstellbar gestaltet worden:

Menü 2 (Mode Output):

Modus Lastschaltung (Anlog FOX 260)

Menü 3 (Load Switch OFF):

Lastabschaltspannung → Einstellbereich **11,4V**...12,5V.

Entsprechend ~90%...~20% Kapazitätsausnutzung (DOD), default Abschaltsschwelle bei Auswahl Nachtlcht 11,7V (~70% DOD).

Menü 4 (Batterie 1 Type):

Batterietyp → Aufgrund der speziellen Sicherheitsrisiken von Lithium basierten Systemen ist der Regler ausschließlich für die Verwendung mit der Chemie LiFe(Y)PO₄ freigegeben (eine weitere Auswahlmöglichkeit ist daher nicht vorhanden).

Menü 5 (FastCharge):

Schnellladespannung → Einstellbereich 14,0V...**14,6V**...15,2V.

Eine höhere Schnellladespannung bewirkt bei entsprechend vorhandenem solarem Ladestrom eine schneller Aufladung. Dies geht jedoch einher mit einer erhöhten Erwärmung der Batterie. Bitte beachten Sie hierzu unbedingt die Angaben des Batterieherstellers.

Menü 6 (Timeout FastCharge):

Ladezeitbegrenzung der Schnellladung → Einstellbereich 4h...**8h**...20h.

Falls nicht genügend Ladestrom vorhanden ist oder bei gleichzeitiger Entladung kann unter Umständen die Schnellladespannung für unbestimmte Zeit nicht erreicht werden. Lithium Akkumulatoren sollten jedoch nicht unbegrenzt lange geladen werden, daher schaltet der Regler nach Ablauf dieser Zeitdauer in die nächste Ladephase weiter.

Menü 7 (Charge Switch OFF):

Abschaltstrom der Ladung → Einstellbereich 0,2A...**1,0A**...2,0A.

Nach Erreichen der Schnellladespannung benötigen Lithium Batterien zur 100%igen Vollladung noch weitere Ladezeit in der der Ladestrom kontinuierlich sinkt.

Der Regler hält daher die Ladespannung konstant und schaltet mit Erreichen des eingestellten Wertes die Ladung vollständig ab.

Menü 8 (Timeout FullCharge):

Ladezeitbegrenzung der Vollladung → Einstellbereich 8h...**16h**...40h.

Wird der Abschaltstrom in der Vollladephase nicht innerhalb dieser Zeitspanne erreicht schaltet der Regler zur Verhinderung einer unkontrollierten Dauerladung den Ladestrom ab.

Menü 9 (Restart Charge):

Wiedereinschaltspannung der Ladung → Einstellbereich 13,0V...**13,6V**...14,2V

Sinkt die Batteriespannung bspw. durch Einschalten eines Verbrauchers unter diesen Wert wird ein neuer Ladezyklus gestartet.

Menü 10 (ChargeTemp High):

Obere zulässige Ladetemperatur → Einstellbereich 30°C...**45°C**...75°C.

Lithium-Batterien dürfen nur bis zu einer vom Hersteller freigegebenen oberen Ladetemperatur geladen werden.

Der Regler unterbricht daher bei Überschreiten des eingestellten Temperaturwertes den Ladestrom.

Menü 11 (ChargeTemp Low):

Untere zulässige Ladetemperatur → Einstellbereich **-0°C**...-25°C

Lithium-Batterien dürfen nur oberhalb einer vom Hersteller freigegebenen Minimaltemperatur geladen werden.

Der Regler unterbricht daher den Ladestrom bei unterschreiten des eingestellten Temperaturwertes.

Quellen:

A123 SYSTEMS Datasheet ANR26650m1B

CALIP POWER Specifications Model SE100AHA (WEB)

Shandong HiPower Energy Group Datasheet HP_50160282

Winston Battery Operators Manual LYP/LP Rare-earth Lithium Yttrium Power Battery
diverse