GWL POWER

Your complete power solutions.

VERWENDUNG DER **LIFEPO4-BATTERIE AUF SCHIFFEN**

(analog in Wohn-Automobilen, Caravans usw.)

www.ev-power.eu

In diesem Artikel legen wir eine typische Lösung und wichtige Informationen für den zuverlässigen und langfristigen Betrieb von Schiffssystem mit LiFePO4-Batterien vor. Aus der Kommunikation mit Kunden wissen wir, dass es nötig ist, vor allem die Problematik von parallelen (Bord-) Batterien und deren Schutz vor kritischen Zuständen zu erläutern. Das Thema wird für einen Laien-Nutzer so verständlich beschrieben, dass er sich für eine passende Lösung entscheiden kann. Für die eigene Installation der Batterie empfehlen wir wenigsten die Überwachung durch einen Fachmann mit elektrotechnischer Ausbildung und Erfahrungen mit der Montage von Batteriesystemen.

Weniger Lärm 3

Geen vervuiling 4

Keine Verschmutzung 5

LifePO4 als Ersatz-Starterbatterie 6

LiFePO4 als parallele bordbatterie 8

Batteriemanagement – BMS123 Smart 10

Weitere Möglichkeiten des Managements und Monitorings der Batterie 12

Weitere Möglichkeiten, Vorteile und Grundsätze der Nutzung einer LiFePO4-Batterie 14

Weniger Lärm

Ob Sie zum Angeln fahren, auf einen entspannenden Bootsausflug oder an Orte mit Lärmbeschränkung – standardmäßige Benzin- (Diesel-) Motoren sind ein Hindernis. Im Gegensatz zu Elektromobilen, die häufig einen Geräusche-Generator haben, um die Umgebung aufmerksam zu machen, nutzen elektrische Boote voll die Stille ihres Betriebs und bieten eine ungestörte Bootsfahrt.

Keine Verschmutzung

Wem würde schon eine Bootsfahrt im Smog oder die Vorstellung der Verunreinigung der Atemluft der herrlichen Natur, die man durchfährt, gefallen. Selbstverständlich ist nichts 100% grün, die Herstellung der Batterien hat ihre Umwelteinflüsse, aber gegenüber Dieselmotoren verursachen diese nicht die Verunreinigung der schönsten und wertvollsten Lokalitäten um uns herum.

Geringere laufende Kostenkosten

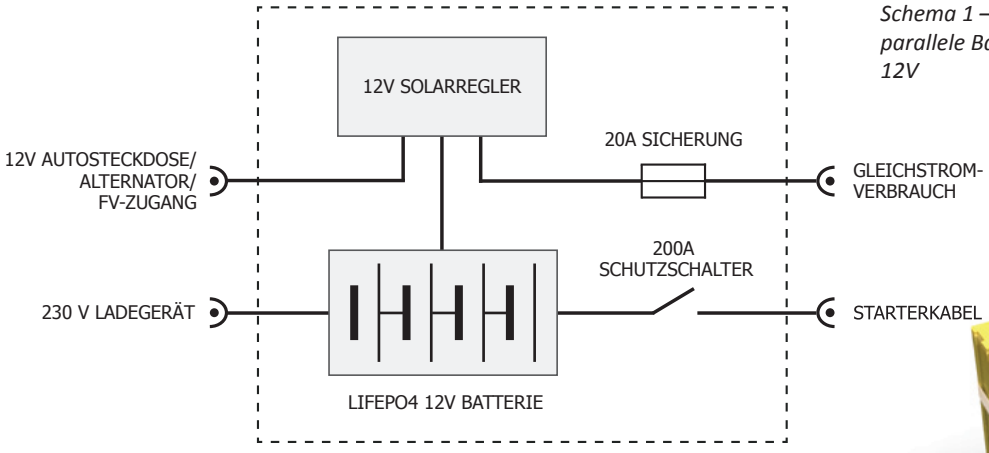
Nichts ist kostenlos und die begrenzten Erdölreserven schon gar nicht, auch Strom ist nicht kostenlos, aber dank des Wachstum der Nutzung der Solar-, Wind- und Wasserenergie überall um uns herum ist nun Strom nicht nur drastisch günstiger, sondern auch Tag für Tag sauberer. Außerdem gilt für Batterien im Gegensatz zu Dieselmotoren, dass je mehr man diese nutzt, umso mehr spart man.

LiFePO4 als **Ersatz-Starterbatterie**

Es handelt sich vor allem um eine Lösung in kleinen Systemen (mit einem kleinen Verbrauch an Bord). Allgemein ist ein Ersatz der ursprünglichen Batterie möglich und vorteilhaft, da die LiFePO4-Batterie in sich die Eigenschaften einer Starterbatterie (hoher Strom für kurze Zeit) und einer Traktionsbatterie (niedriger Strom für lange Zeit, tiefere Entladung) vereint.

Gleichzeitig übertrifft sie diese an Lebenszeit (Anzahl der Zyklen) und Energiedichte. Sie hat eine vergleichbare Spannung in den Zellen wie die am häufigsten ersetzte Bleibatterie. Aus der Praxis kennen wir mehrere Fälle, in denen ein einfacher Austausch durchgeführt wurde, und die Batterie LiFePO4 wurde viele Jahre sehr erfolgreich betrieben, z.B. bei Personenwagen. Für eine solche Lösung empfehlen wir die direkt verkaufte LiFePO4-Batterie 12V/20 – 90 Ah mit optimalisierter Kombination der einzelnen Zellen im Monoblock.

Die LiFePO4-Batterien sind allgemein empfindlich bei Unterladung und Überladung. Bei Überschreiten der kritischen Werte der einzelnen Zellen (2,5 und 4,0 V) kann Sie unwiederbringlich zerstört werden (in der Praxis z.B. vergessenes Ausschalten des Radios oder der Orientierungslichter usw.). Daher sind manche Modelle standardmäßig mit einem Ausgleichssystem für die einzelnen Zellen ausgestattet und einem Notabkoppeln für kritische Werte (Battery Management System - BMS) ausgestattet. Die plötzliche Notabkopplung der Batterie kann in manchen Regimen der Starterbatterie Probleme verursachen (Trennen hoher Ströme beim Starten, Beschädigung des elektr. Systems des Motors bei plötzlicher Abkoppelung unter Belastung usw.). Daher empfehlen wir den direkten Anschluss der Batterie an den Alternator und den Starter. Die Schutzabkoppelung kann begrenzt auf die Bordverbraucher benutzt werden. Für das komplette Abkoppeln der Batterie ist es vorteilhaft nur eine manuelle Abkoppelung



Schema 1 – Blockschema parallele Batterie mit Regler 12V

zu installieren, die man bei Abstellen des Schiffs abschaltet. Die Praxis zeigt, dass es oft vorteilhafter ist im Schiffssystem die fest installierte Blei-Starterbatterie zu belassen und die LiFePO4-Batterie parallel als Bordbatterie und Unterstützungsbatterie für das Starten zu benutzen – siehe Schema 1.

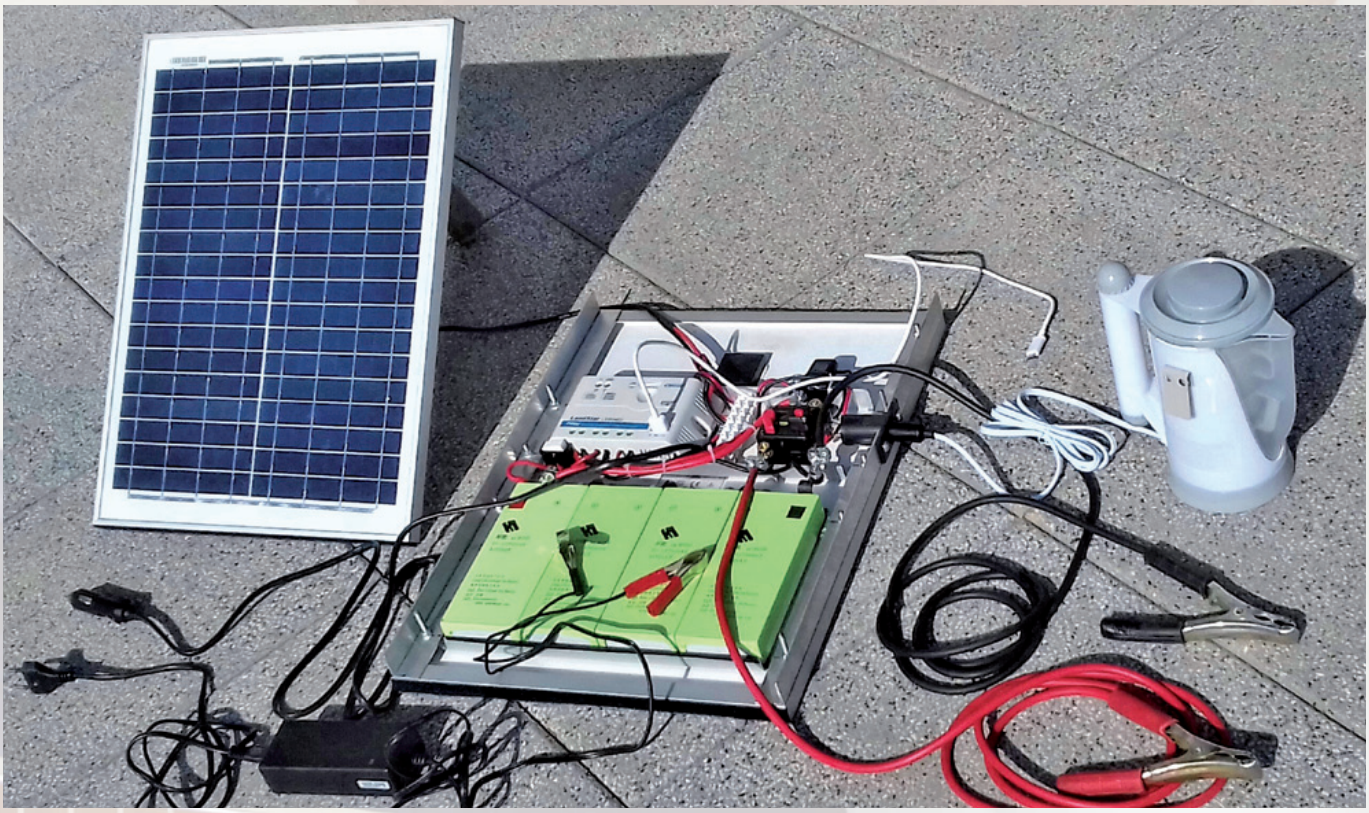
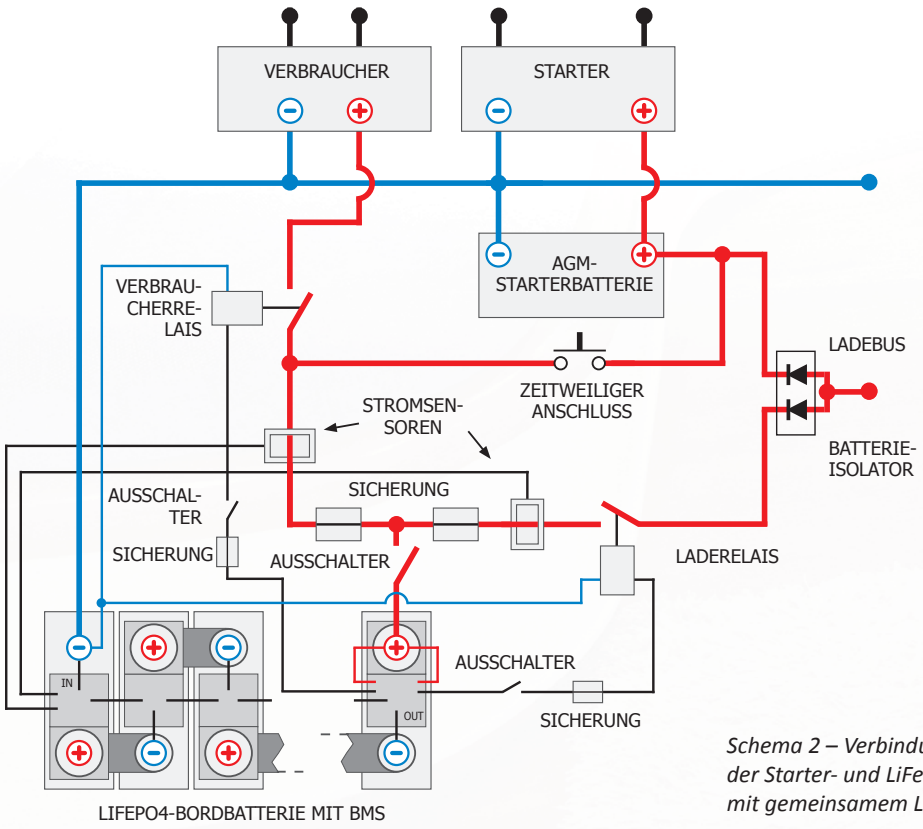


Abb. 1 – Beispiel einer kleinen Bordbatterie (Power Bank) mit Multifunktions-Aufladung und Nutzung

LiFePO4 als **parallele Bordbatterie**

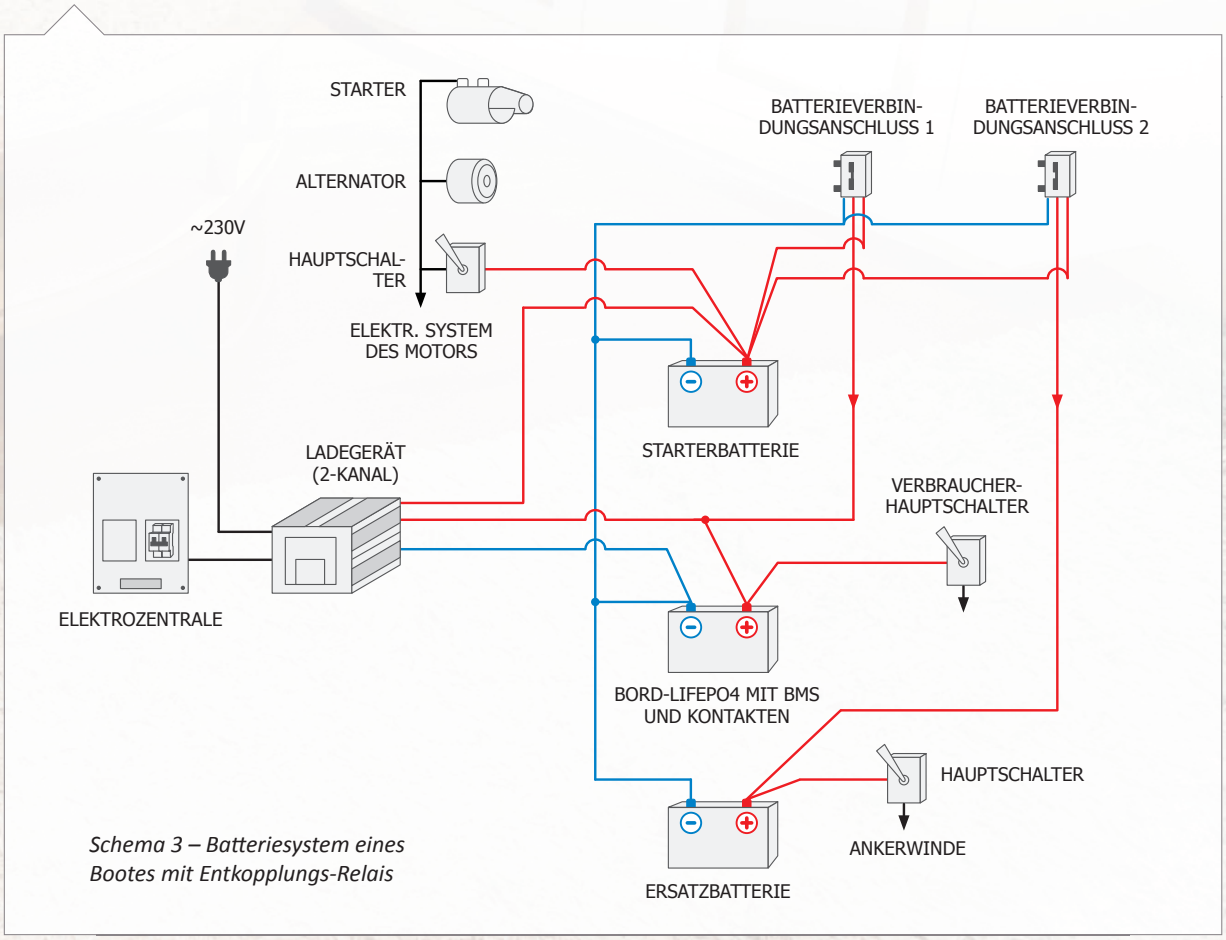
Die elektrischen Systeme von Booten bestehen meistens aus einer eigenständigen Starterbatterie für den Verbrennungsmotor und einer oder mehrere Bordbatterie(n) für die Verbraucher auf dem Schiff (Beleuchtung, übliche Verbraucher, Klimaanlage, Winden usw.). Die Bordbatterie ist meistens ersetzt oder schon als LiFePO4-Batterie entworfen. Im System müssen die richtigen Regime des Ladens und Entladens der einzelnen Batterien und deren Zusammenwirken sichergestellt werden. Wir führen zwei Anschlussbeispiele an:

A **Gemeinsam aufgeladene Batterien, die durch Dioden separiert sind, mit der Möglichkeit einer zeitlich beschränkten Koppelung:** Einfache Eingliederung, bei der beide Batterien gleichzeitig vom Ladebus (Alternator, Solar-MPPT-Regler, Netzladegerät oder Elektronzentrale usw.) aufgeladen werden. Ein Fließen zwischen den Batterien wird durch einen Dioden-Isolator verhindert. Für den Fall einer Notvertretung der Batterie ist es möglich einen Kupplungsdruckknopf oder einen Zeitschalter zu verwenden – siehe Schema 2.



Schema 2 – Verbindungs-Schema der Starter- und LiFePO4-Batterie mit gemeinsamem Ladebus

B **Het opladen van de accu´s wordt gereguleerd door een scheidingsrelais (dat de verbinding tussen de accu´s vormt):**
Dit relais bepaalt de prioriteit van het opladen van de accu´s. Wanneer de ene accu (meestal de startaccu) de vastgestelde spanning bereikt, wordt de oplaadstroom ook naar een volgende accu gestuurd (de boordaccu / een accu voor belangrijke systemen). Zodra ook deze is opgeladen kunnen eventueel nog meer accu´s volgen (minder belangrijke boordsystemen, reserve). De afstemming van het opladen van de afzonderlijke accu´s aan de hand van hun belangrijkheid en capaciteit kan verder ondersteund worden door oplaadbronnen op te splitsen voor verschillende accu´s (bijv. netwerkopladers met twee uitgangen, opsplitsing van zonnepanelen enz.) – zie schema 3.



Schema 3 – Batteriesystem eines Bootes mit Entkopplungs-Relais

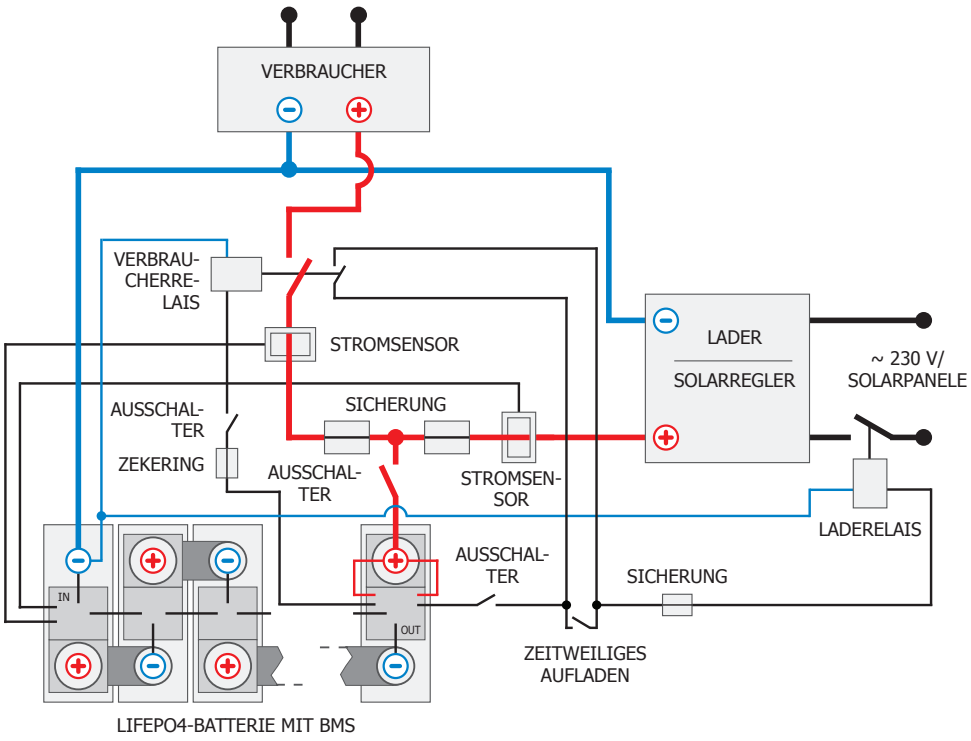
Batteriemanagement
BMS 123Smart

Es gibt mehrere Managementsysteme für die Batterie LiFePO4 (BMS). Das von uns geprüfte und angebotene System BMS 123Smart hat eine sehr gute technische Unterstützung des Herstellers und Aktualisierung auf Grundlage einer Rückmeldung der Kunden.

Abb. 2 – Basisinstallation BMS 123Smart, welche ein Ausgleichen und ein Monitoring der Zellen ermöglicht.

Das System ist additiv für eine unterschiedliche Anzahl von Zellen, es bietet einen idealen Einstellungsumfang, ein Erweiterungsmodul und verschiedene Möglichkeiten der Kommunikation. Es ist als Basisschutz geeignet und für die Einstellung, Steuerung und Kontrolle der Bordbatterie für die meisten Realisierungen.

Wichtig ist die richtige Verbindung des Batteriesets und des BMS mit anknüpfenden Schutzschaltern und abschaltenden Elementen des Aufladens und Entladens und der Integration dieser Einheit (Knotens) in das System des Bootes. Standardmäßig ist eine Lösung mit Benutzung von Leistungsrelais, gesteuert vom Ausgang OUT des BMS-Moduls.



Schema 4 – Verbindungsschema BMS 123Smart mit Leistungsrelais und Stromsensoren

Die Leistungsrelais haben allgemein einen eigenen höheren Verbrauch. In der Grundschaltung bleibt das Laderelais auch beim Ausschalten des Belastungsrelais eingeschaltet und bei bestimmten Umständen kann es die Batterie weiter entladen. Dies kann z.B. durch eine Blockierung des Laderelais durch einen Hilfsschalter am Kontakt des Belastungsrelais vermieden werden, in Kombination mit einem parallelen Schalter für das Zwangsaufladen – siehe Schema 4. Analog kann auch ein möglicher Rückverbrauch des Ladegeräts der Batterie an deren Ausgang blockiert werden. Aktuell bereiten wir für den Verkauf eine Lösung mit energiesparendem bistabilem Relais 2x120A des Herstellers BMS 123Smart vor.

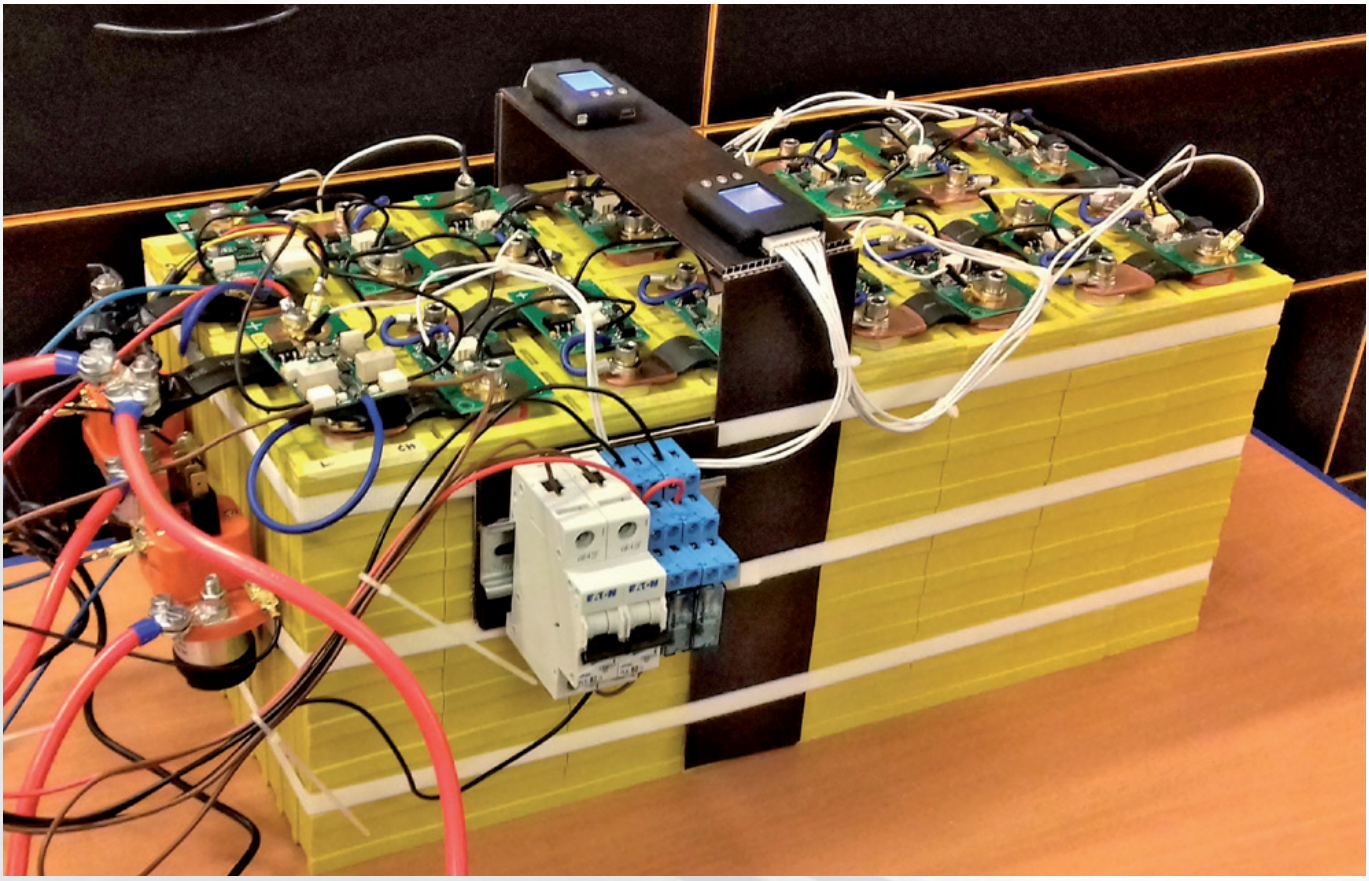


Abb. 3 – Komplette Batteriekombination mit BMS 123Smart, Schutzschalter-Elementen, Kräfterelais und CellLogery, vorbereitet zur Installation in das System

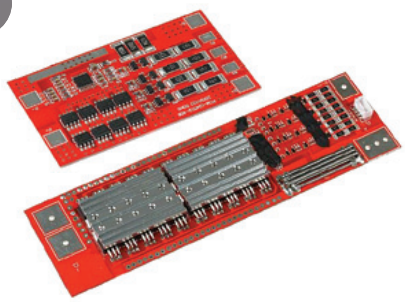
Weitere Möglichkeiten **des Managements und Monitoring der Batterie**

Zur Sicherstellung der maximalen Sicherheit ist es günstig das Batteriemanagement mit einem zweiten Schutz- und Überwachungselement zu doppeln. In manchen Fällen kann die angeführte Lösung als Alternative zu BMS 123Smart verwendet werden.

A

Die erweiterte Überwachung der Spannung der Zellen mit Alarm und mit Reservefunktion des Abkoppelns der Batterie:
Beim Batterietausch ist es möglich die bestehende Bordüberwachung zu belassen. Aufgrund des kleinen Umfangs der Änderung der Spannung an den LiFePO4-Batterien muss eine Messung nur der gesamten Spannung nicht ausreichend sein. Ein vorteilhafter ergänzender Schutz ist z.B. CellLoger. Diese kann jede Zelle im Detail überwachen, inklusive der Speicherung der Daten. Sie schlägt bei eingestellten Werten Alarm und über dessen Ausgang kann das Lade- oder -Entlade-Kraftrelais abgekoppelt werden, ähnlich wie bei BMS 123Smart.
Leider ist dieses einmalige Produkt nicht mehr erhältlich und es muss ein Gerät mit ähnlichen Funktionen gefunden werden.

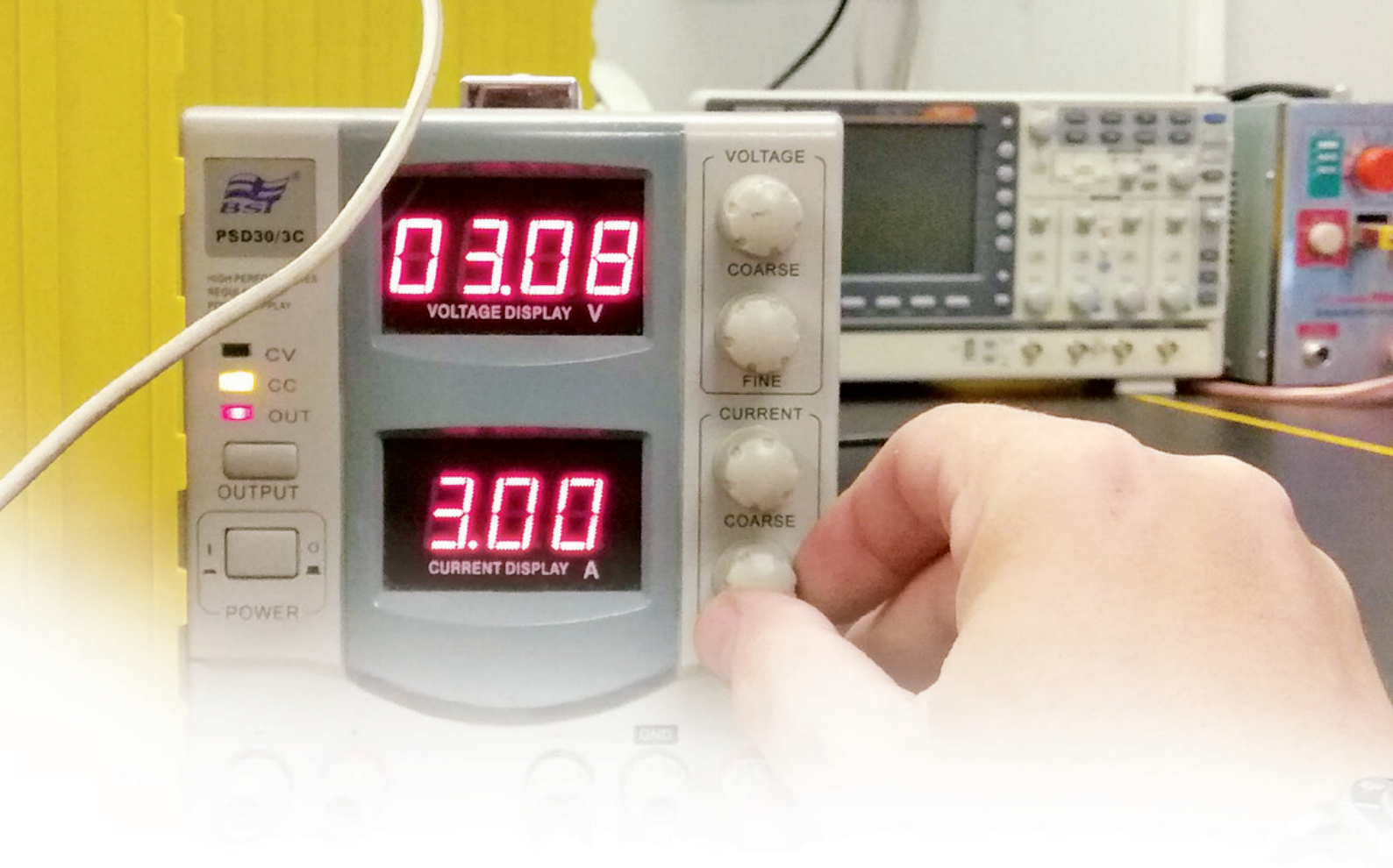
B



SBM-Module (Simple Battery Management):
Die einfachste Art des Batterieschutzes. Jede Zelle ist leitend an das Zentralmodul mit einem Abschaltkontakt angeschlossen, der sich bei einem unteren und oberen kritischen Wert einer der Zellen abschaltet. Über den Kontakt wird die Batterie von Seiten der Belastung und des Aufladens geschützt. SBM-Module haben eine passive Ausgleichsfähigkeit, die Ausgleichsströme sind jedoch sehr klein (Zehntel mA).

C

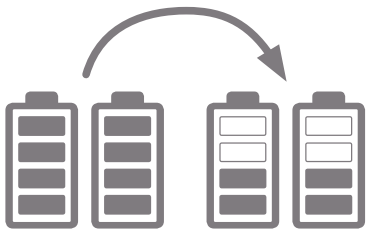
CBM - Verstärkung des Ausgleichsstroms an den Zellen:
Bei einem schlagartigen Aufladen kann es zu einer Ungleichheit der Zellen kommen und die nötigen Ausgleichsströme sind aktuell höher als das Basis-BMS oder das SBM bieten. In solchen Fällen kommt es zum Abkoppeln des Ladegeräts bis zum Zeitpunkt des Ausgleichs durch den Ausgleichsstrom. Dies führt zu einer ungewünschten Zyklisierung des Laderelais, einer Verlängerung der Ladezeit und zu Verlusten bei der Nutzung von Solarsystemen. Der Ausgleichsstrom kann z.B. durch PCM-Module (Power Cell Module, d.h. einem Widerständesatz an jeder Zelle, welcher das Überladen der zuerst aufgeladenen Zellen verhindert) verstärkt werden. Die zuerst aufgeladene „wartet“ so auf das Erreichen der Einheitsspannung bei allen anderen.



D

Senkung des Ladestroms vor Erreichen der vollen Kapazität der Batterie:
Eine andere mögliche Lösung ist die Anpassung des Ladestrom an die Fähigkeiten der Batterie und deren Management. Manche Ladegeräte haben eine Funktion, die es ermöglicht den Ladestrom zum Ende des Ladezyklus zu senken. Es kommt so nicht zu einer Überlastung der Absorptions- und Ausgleichsmöglichkeiten der Zellen.
Das Aufladen kann auch sprunghaft beendet werden, sobald die erste Zelle die erforderliche Spannung erreicht und „nicht auf die anderen Zellen wartet“. Der Unterschied in deren Kapazität wird minimal sein, er wird jedoch empfohlen periodisch eine Kalibrierung der einzelnen Zellen mit dem Ladegerät durchzuführen.

E



Aktives Ausgleichen der Zellen:
Ein aktiver Ausgleicher (Pumpe zwischen den Zellen) stärkt schwächer werdende Zellen aus den stärkeren Zellen in jedem Batterieregime. Er funktioniert nach dem Prinzip einer Potenzial-Nivellierung. Die Ausgleichsströme können ganze Amper betragen. Das System sicher aber nicht das Abkoppeln der Batterie in Grenzzuständen.

Das beste „Management“ ist eine Reserve bei der Batteriekapazität und deren schonendes Aufladen und Entladen nur mit der empfohlenen oder einer niedrigeren Stromstärke. Die Erfahrung zeigt, dass das richtige Auswählen, Zusammenbauen und fachliche Betreiben der Batterie (periodisches Messen, Korrekturaufladen, zuverlässige Überwachung der Spannung) auch ohne Ausgleichen der Zellen betrieben werden kann.

Weitere Möglichkeiten, **Vorteile und Grundsätze** det Nutzung voh LiFePO4-Batterie

In der Praxis trifft man den Austausch der ursprünglichen Batterie (NiCd, Pb) gegen neue LiFePo4-Batterien bei kleineren Booten für den Hauptmotor (Verleih für Freizeitboote, Fischerboote), oder bei größeren Booten als Hilfsbatterie (Notbatterie) des Verbrennungsmotors an. Für alle diese Realisierungen gelten ein angemessenes Vorgehen und die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen technischen Grundsätze.

Prismatische LiFePO4-Batterien sind für Boote eine sehr geeignete und sichere Lösung. Sie haben keinen Selbstentladeeffekt und keinen Memory-Effekt, explodieren nicht und entzünden sich nicht unter extremen Bedingungen, es droht keine Kontamination mit Elektrolyten und Dämpfen. Durch eine einfache Montage einer kleinen Menge von Basiszellen kann man einen Speicher an elektr. Energie mit hoher Kapazität und langer Lebensdauer erhalten. Die maßliche und kapazitätsmäßige Variabilität der Basiszellen ermöglicht die optimale Nutzung des Platzes, der auf dem Boot für die Batterie zur Verfügung steht.

Eine LiFePO4-Batterie ist in der Lage bei Kurzschluss einen extrem hohen Strom für eine lange Zeit abzugeben und dadurch Schaden zu verursachen. Es ist nötig konsequent dieser Situation vorzubeugen, und das insbesondere durch eine geeignete Abdeckung der stromführenden Teile der Batterie, durch einen vorgeschriebenen Schutzschalter und der Möglichkeit einer manuelle Notabkoppelung. Montagearbeiten an Batterien dürfen nur mit isolierten Werkzeugen durchgeführt werden und es dürfen in der Nähe der Pole der Batterie keine Metallgegenstände gelassen werden, welche auf diese fallen könnten.

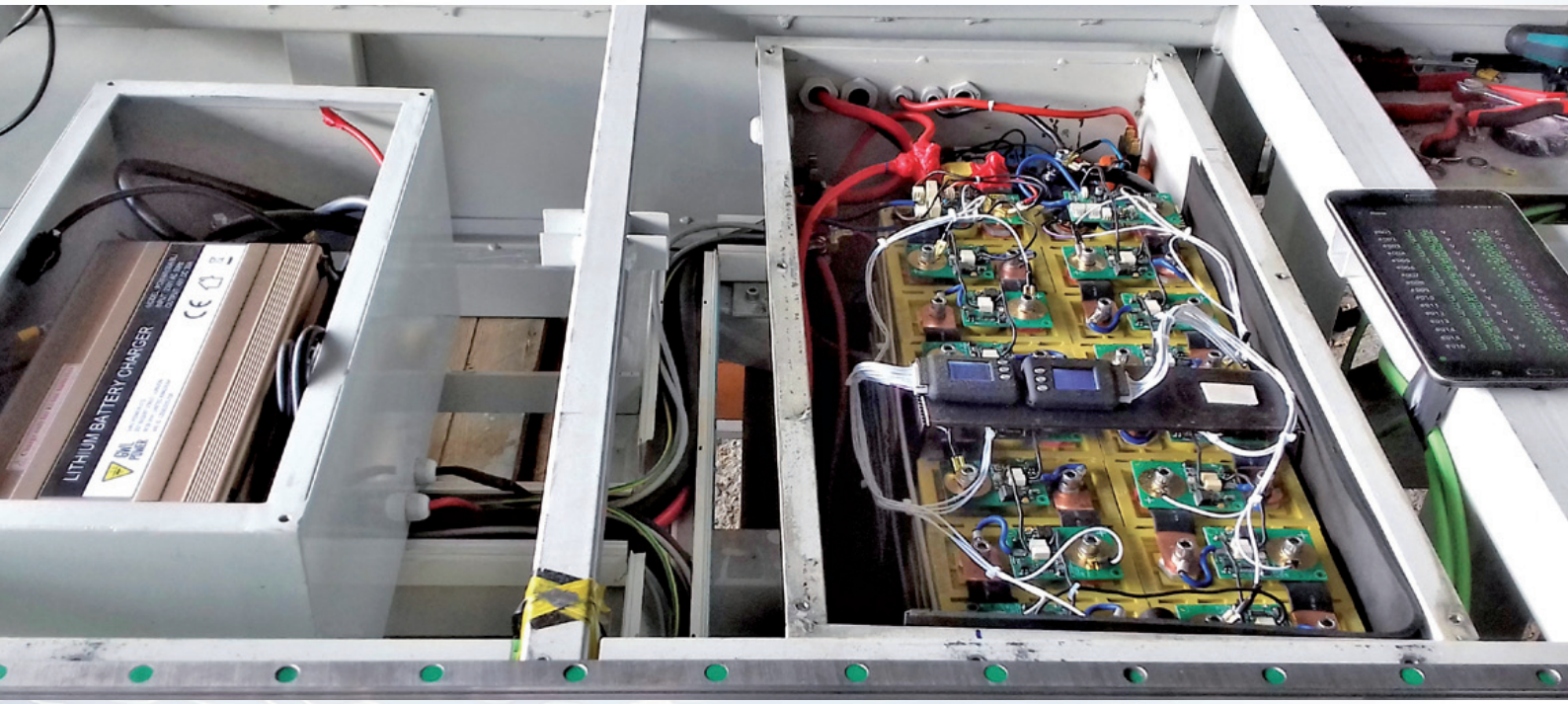
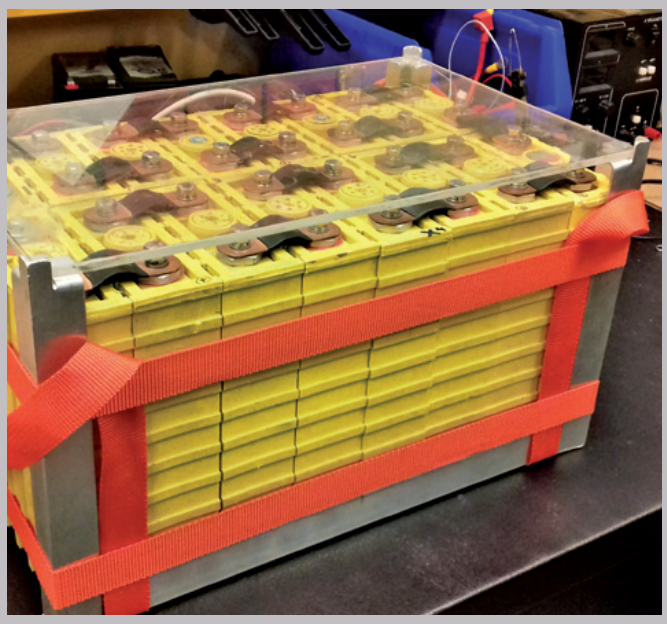


Abb. 5 – Beispiel der Installation einer Batterie und eines Ladegeräts bei limitiertem Platz



Die LiFePO4-Zellen können nicht langfristig in horizontaler Position der chemischen Platten betrieben werden, d.h. auf der Seite gelegt, mit der größten Fläche. Die Kombination muss im Boot befestigt werden, elektronische Systeme müssen vor mechanischer Beschädigung Wasser und Staub geschützt werden.

Achtung, monolithische 12V-Batterien haben Zellen, die so angeordnet sind, dass die oben angeführte Regel nicht gilt.

Abb. 4 – Beispiel der Vorbereitung einer Batterie mit Rahmen, Montagegurt und Abdeckung

Die LiFePO4-Technologie ist für die Anwendung auf Booten sehr vorteilhaft und sicher, diskutabel ist nur deren Nutzung als Starter-Batterie. In den meisten Fällen ist es notwendig die Batterie mit einem Managementsystem auszustatten (BMS). Der Umfang des BMS hängt von der Art der Nutzung und der Qualifikation und der Verantwortlichkeit des Nutzers ab. Die Batterieeinheit mit BMS muss richtig in das Bootssystem integriert werden und es muss eine Sicherheitsentkopplung sichergestellt werden. Eine gesteuerte LiFePO4-Batterie verträgt sicher ein tiefes Entladen und eine hohe Strombelastung. Eine Kapazitätsreserve und eine schonende Nutzung erhöhen deren Lebensdauer und Zuverlässigkeit für mehrere Jahrzehnte.

GWL POWER

Your complete power solutions.

EVPower a.s., Průmyslová 11, 102 19 Prague 10, Czech Republic
e-mail: export@gwlpower.eu, phone: +420 277 007 500

www.ev-power.eu