

Solar-Erhaltungsladung für das Winterlager

Christoph Schwärzler, SY NINGALOO
April 2017

Abstract

During the winter many leisure vessels are taken out of the water in order to prevent damage from ice and to undergo repairs.

If the batteries stay on board during this time, care has to be taken to keep them charged. Otherwise the batteries are at risk, especially given the low ambient temperatures of the wintertime.

When there is no AC access available at the site, solar power can be an option. As the self-discharge of lead batteries (lead acid, AGM, gel) is quite low, even small solar cells can keep them charged.

However, care has to be taken if more than one battery has to be charged with one solar cell as simply connecting the batteries in parallel will probably harm them.

This document describes a setup which was designed for charging the 3 batteries on board of SY NINGALOO with just one solar cell and charger.

Zusammenfassung

In Mitteleuropa ist es üblich, Boote im Winter aus dem Wasser zu nehmen und in ein Winterlager zu verbringen.

Sollen die Bordbatterien während dieser Zeit auf dem Schiff verbleiben, so sollte für eine ausreichende Erhaltungsladung und damit Frostschutz gesorgt werden.

Ist im Winterlager kein Netzanschluss verfügbar oder gewünscht, so kann alternativ auch eine kleine Solaranlage die bei Bleibatterien (Säure, AGM, Gel) geringe Selbstentladung kompensieren.

Sind mehrere Batterien vorhanden und sollen diese aus einer Solaranlage versorgt werden, so müssen Vorkehrungen getroffen werden, da ein einfaches Parallelschalten zu Schäden an den Akkumulatoren führen kann.

Im vorliegenden Artikel wird ein Gerät beschrieben, das entworfen und gebaut wurde um die 3 Batterien an Bord der SY NINGALOO gleichzeitig an nur einem Solarmodul und einem Solarlader anzuschließen.

1.) Ausgangslage

Die SY NINGALOO ist eine Serienyacht vom Typ Bavaria Cruiser 33 mit dem Baujahr 2012. Die Niederspannungsversorgung an Bord der Yacht wird durch insgesamt 4 Blei-Säure Akkumulatoren mit Kapazitäten von 88 bzw. 135 Ah sichergestellt. Davon sind 2 baugleiche 135 Ah Akkumulatoren parallel geschaltet und bilden gemeinsam die

Verbraucherbatterie. Zusätzlich sind eine 88 Ah Motorbatterie und eine eigene Batterie mit ebenfalls 88 Ah für das Bugstrahlruder vorhanden. Es gilt somit die Ladung von Batterien mit einer Gesamtkapazität von 446 Ah sicherzustellen. Essentiell ist dabei, dass der Ladezustand jederzeit einer Säuredichte entspricht, bei welcher ein Gefrierschutz auf unter Winterbedingungen sichergestellt ist. Aus den Grafiken in Bild 1 ist zu entnehmen¹, dass für eine Frostsicherheit bis zu minus 30 °C eine Säuredichte von ca. 1,22 kg/l erforderlich ist, was wiederum einer Spannung von mindestens 12,4 V entspricht.

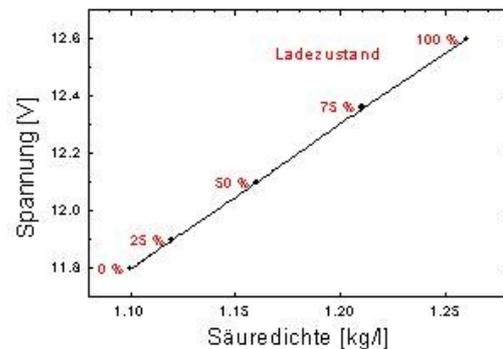
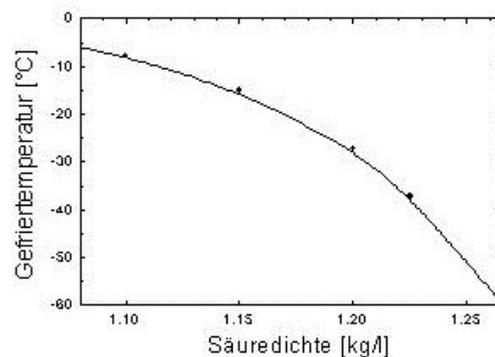


Bild 1: Gefrieretemperatur und Batteriespannung bzw. Ladezustand in Abhängigkeit von der Säuredichte

Zur üblichen Ladung während der Segelsaison sind ein Netzladegerät Cristec CPS3 OEM sowie ein elektronischer Ladeverteiler ECS 163 für die Motorladung vorhanden.

Das Netzladegerät Cristec CPS3 wird in der vorhandenen OEM-Ausführung mittels eines 4-poligen Steckers (Type: Phoenix Contact PC 16/4-STF-10,16) an die Batterien angeschlossen. Dabei ist ein Pol die gemeinsame Masse, die anderen drei Pole sind die + Anschlüsse der Motorbatterie, Verbraucherbatterie und Bugstrahlruderbatterie.

Genau diese Steckverbindung bietet sich für den Anschluss des Solarladers über den Winter an. Hier sind alle benötigten Leitungen an einem Punkt vorhanden, der Stecker ist robust ausgeführt und durch die Trennung vom Netzladegerät wird auch eine Möglichkeit der Selbstentladung eliminiert.

Leider war mir ein Bezug des erforderlichen Steckers als Privatperson in einer vernünftigen Anzahl (Mindestbestellmenge 50 Stück!) nicht möglich, so dass ich gezwungen war diesen Stecker selbst zu erstellen. Dies gelang nach einigen Versuchen mit meinem 3D-Drucker und 4 mm Messingstangen erstaunlich gut². Die Messingstangen müssen im Kontaktbereich auf einen Durchmesser von 3,5 mm gebracht werden.

Bleibatterien weisen eine Selbstentladung von ca. 4% bis 6% pro Monat auf. Bei der vorhandenen Gesamtkapazität von 446 Ah entspricht dies einem Strom von rund 40 mA. Dieser muss durchschnittlich, zusammen mit etwaigen Verlusten zumindest von der Solaranlage aufgebracht werden um vollgeladene Akkumulatoren zu garantieren.

Um ungünstige Einfallswinkel der Sonnenstrahlung, Dunkelheit, Schlechtwetter und sonstige Systemverluste auszugleichen ist das Solarmodul auf ein Mehrfaches des durchschnittlichen Strombedarfs zu dimensionieren. Ich schätze diese Faktoren insgesamt mit einem Multiplikator von 20 ab. Dies entspricht einem täglichen Wert von 1,2 Wh/W_p, wobei W_p die angegebene Spitzenleistung des Solarmoduls bezeichnet.

Damit errechnet sich die geforderte Spitzenleistung des Solarmoduls zu 11 W (= 40 mA · 13,8 V · 20). Mit etwas Polster sollte man also zumindest zu einem 15 W_p Modul greifen.

Für die Erhaltungsladung der Batterien an Bord der SY Ningaloo (446 Ah) genügt ein 15 W_p Solarmodul.

Weil gerade vorhanden³, benutze ich ein semi-flexibles Modul mit einer Spitzenleistung von 30 W. Ebenfalls vorhanden war bereits ein einfacher Solar-Laderegler 12V/4A, wie er bei vielen Elektronikhändlern um rund 15 € zu kaufen ist⁴. Auf eine effiziente Laderegelung z.B. mit MPPT kann bei diesem Einsatz verzichtet werden. Allerdings sollte die Ladeschlussspannung am Regler einstellbar sein, wie es bei dem o.a. Typ nach Öffnen des Gehäuses mittels Trimpotentiometer möglich ist.

2.) Ladeverteiler

Im Allgemeinen weisen die drei Akkumulator-einheiten (Starter, Verbraucher, Bugstrahlruder) nicht denselben Ladestatus bzw. Kapazität auf. Würden sie einfach miteinander verbunden werden, so wären schädliche Ausgleichsströme die Folge.

Eine Möglichkeit wäre es daher, für jeden Akkumulator eine eigene Kombination aus Solarmodul und Laderegler einzubauen. Abgesehen von höheren Kosten, wären auch eine gestiegenen Komplexität der Verkabelung und vor allem die unschöne Erfordernis drei Solarmodule über der Winterplane anzubringen die Folge.

Ich habe daher einen anderen Weg beschrrieben und die Trennung der Akkumulatoren durch eine Vorschaltung von Dioden sichergestellt. Um den damit verbundenen unweigerlichen Spannungs- und Leistungsverlust so gering wie möglich zu halten, kamen Schottkydioden (Typ SB560) zum Einsatz. Diese weisen bei niedrigen Temperaturen und moderaten Strömen nur einen Spannungsabfall von 0,2 V auf und können mit bis zu 5 A belastet werden.

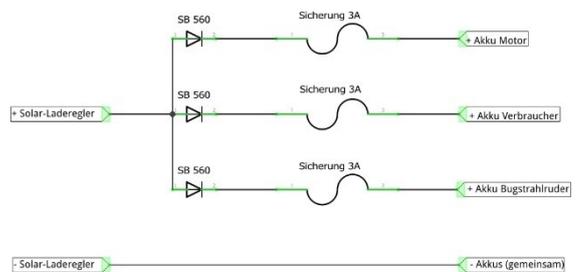


Bild 2: Schaltplan des Ladeverteilers mit Schottkydioden SB 560 und Sicherungen

Drei dieser Dioden werden auf der „positiven“ Seite miteinander und dem Ausgang des Ladereglers verbunden. Die „sperrenden“ Seiten der Dioden sind an jeweils einen Akkumulator angeschlossen. Zur Erhöhung der Sicherheit wurde in jede Akkumulatorzuleitung auch eine Schmelzsicherung (T3,15 A) eingebaut. Diese Bauteile wurden auf einer Lochrasterplatine aufgebaut, mit und die Ein- bzw. Ausgangsleitungen daran angelötet.

Zur Erhöhung der mechanischen Stabilität und der Erleichterung der weiteren Verarbeitung wurde diese Platine in einem passenden Vergussgehäuse installiert und mit langsam aushärtendem Epoxidharz fixiert (siehe Bild 3). Die gesamte Baugruppe weist zudem Montagelöcher auf, womit sie später zusammen mit dem Laderegler und dem Stecker für die Akkumulatoren zu einem kompakten Teil verbunden werden kann.

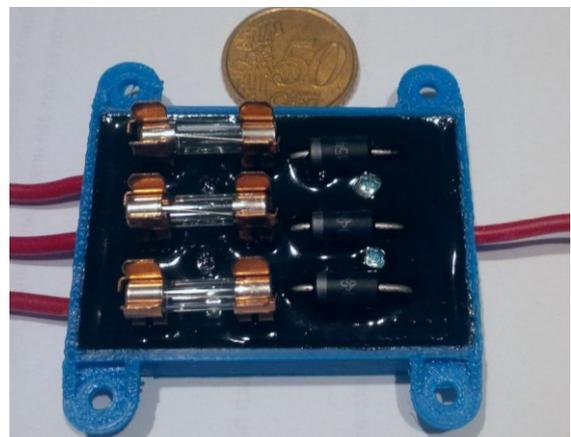


Bild 3: Die Dioden und Sicherungen des Verteilers wurden mit schwarz eingefärbtem Epoxidharz vergossen

3.) Laderegler

An den Laderegler bestehen relativ geringe Anforderungen außer, dass er den maximal möglichen Ladestrom verkraften kann (bei 30 W_p Solarmodul also z.B. rund 2,5 A) und die Ladeschlussspannung eingestellt werden kann. Sie sollte für die Erhaltungsladung von Bleiakkumulatoren in kalter Umgebung idealerweise bei 13,8 V liegen. Unter Berücksichtigung des Spannungsabfalls an den Dioden muss daher am Laderegler eine Schlussspannung von 14,0 V eingestellt werden. Hier ist jedoch Vorsicht angebracht, man befindet sich bei diesen Werten schon in der Nähe der Gasungsspannung! Sicherer ist es daher, etwas unter 13,8 V zu bleiben, der Gefrierschutz ist ja schon bei deutlich niedrigeren Werten gegeben (Bild 1).

4.) Solarmodul und Montage

Je nach Ausführung ist das Solarmodul vor dem Einsatz noch zu bearbeiten. So habe ich die vorhandenen, dünnen und viel zu kurzen Stromleitungen entfernt und durch ein langes zweiadriges Gummikabel mit einem Leiterquerschnitt von 1,5 mm² ersetzt. Danach habe ich die gesamte Anschlussbox hinten am Modul mit Heißkleber zur Erhöhung der Witterungsbeständigkeit aufgefüllt.

Um die Winterplane zu schonen, wurden vor der Montage die Ecken des Solarmoduls abgerundet. Nach dem Bohren von Löchern mit 3,5 mm Durchmesser in die Ecken des Solarmoduls (Vorsicht: nicht in die Solarzellen selbst bohren, sondern nur in das transparente Trägermaterial) kann das sehr leichte Modul mit Schnüren an einer passenden, soll heißen der Sonne zugewandten und wenn möglich geschützten Stelle montiert werden. Dabei ist auch auf eine mögliche Bedeckung durch Schnee Rücksicht zu nehmen. Ich habe eine derartige Stelle am Mast oberhalb des Baumes gefunden (Bild 4).



Bild 4: Montage des Solarmoduls auf dem Boot im Winterlager

Das Kabel vom Solarmodul wird an einer geeigneten Stelle unter die Winterplane und durch eine geöffnete Luke ins Schiffsinne bis zum Solarlader geführt.

5.) Praktische Erfahrungen

Das Ergebnis nach dem ersten Winterlager war sehr erfreulich. Die Montage (siehe Bild 4) hat Winterstürmen und Schnee standgehalten. Alle drei zu ladenden Akkumulatoren waren in gutem Zustand und auf der gleichen Spannung. Allerdings betrug diese zwar ausreichende 12,85 V, blieb aber deutlich unter dem Idealwert von 13,8 V. Der Ladestrom insgesamt betrug an einem sonnigen Tag im Frühjahr 81 mA, was gut zur Abschätzung des Durchschnittswerts für die Selbstentladung mit 40 mA in Kapitel 1 passt. Mit diesem Ladestrom, der einer Leistung von ungefähr 1 W entspricht, war das System wesentlich unter der Spitzenleistung von 30 W, ein deutliches Indiz dafür, dass der Laderegler bereits die Ladung begrenzte.

Das Einstellpotentiometer im Laderegler befand sich dabei in Mittenstellung, welche also offensichtlich einer Spannung von 12,85 V (+ Spannungsabfall an den Dioden) entspricht. Nach einer Drehung des Potentiometers um ca. 45° im Uhrzeigersinn stieg die Spannung im Verlauf einiger Stunden auf 13,13 V an.

Im kommenden Winter werde ich das System wieder montieren und mich an die gewünschte Spannung zur Erhaltungsladung herantasten.

Das System zur solaren Erhaltungsladung hat sich als praxistauglich erwiesen.

6.) Nachtrag Oktober 2017: Gehäuse

Nachdem sich das System als tauglich erwiesen hat, wurde über den Sommer ein integriertes Design für den Erhaltungslader erstellt. Damit werden sämtliche Komponenten (Stecker, Ladeverteiler und Laderegler) in bzw. auf einem Gehäuse untergebracht. Gleichzeitig wurde der OEM-Stecker um eine Schraubverbindung zur Zugsicherung erweitert.

Die Teile des Gehäuses stehen für den privaten Gebrauch zum Download zur Verfügung⁵. Sie sind mit einem handelsüblichen 3D-Drucker für den Hobbygebrauch angefertigt worden.

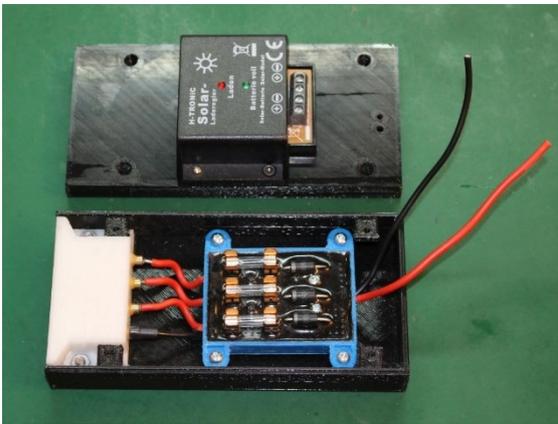


Bild 5: Die beiden Gehäusehälften des Erhaltungsladers

Bild 5 zeigt die beiden Hälften des Gehäuses, wobei in den unteren Teil der OEM-Stecker und das Vergussgehäuse für den Ladeverteiler bereits eingebaut sind.

Der Laderegler wird mit dem Gehäusedeckel verschraubt und mit dem Masseanschluss sowie der Plusleitung zum Ladeverteiler verbunden. Diese beiden Leitungen werden durch den Gehäusedeckel geführt. An den Laderegler wird bei Gebrauch das Solarmodul angeschlossen.

Nach dem Verschrauben der beiden Gehäuseteile erhält man ein kompaktes Gerät (Bild 6).



Bild 6: Fertig montiertes Gerät

Dieses Gerät wird direkt mit dem OEM-Stecker verbunden und zum Schutz gegen Entfernung verschraubt.

¹ Quelle: <http://www.hehlhans.de/bilder/autos/g240/batterie/batterie-technik.htm>

² Details sind für den privaten Gebrauch beim Autor (www.oe1cgs.at) auf Anfrage erhältlich

³ Bezugsquelle: www.banggood.com für rund 40 €

⁴ Z. B. bei Conrad unter der Bestell-Nr. 113344

⁵ <https://www.thingiverse.com/thing:2563986>