

Navigation

- [Home](#)
- [Das Boot](#)
- [Die Crew](#)
- [Unterwegs](#)
- [Modifikationen](#)
 - [Allein in den Mast](#)
 - [AIS](#)
 - [Batteriecontroller](#)
 - [Bettenrost](#)
 - [Bimini](#)
 - [Funk/GPS](#)
 - [Gangway](#)
 - [Kühlbox](#)
 - [Parasailor](#)
 - [Radar/Plotter](#)
 - [Radarreflektor](#)
 - [Sterlingregler](#)
 - [Selbststeuerung](#)
 - [Sicherheit](#)
 - [Sonnenkollektor](#)
 - [Stromversorgung](#)
 - [Kleine Helfer](#)
- [Amateurfunk an Bord](#)
- [Fragen & Antworten](#)
- [Links](#)
- [Gästebuch](#)

Stromversorgung (Nov. 2009)

Abhängig von den jeweiligen Anforderungen gibt es viele Möglichkeiten die Stromversorgung auf einer Yacht zu realisieren. Vielleicht bekomme ich auch deshalb immer wieder Mails mit entsprechenden Fragen. Diese Fragen nach dem Wie und und Warum möchte ich zum Anlass nehmen einmal die Philosophie, die der Versorgung mit elektrischem Strom auf der MERGER zugrunde liegt, vorzustellen und zu erläutern. Ich möchte ausdrücklich betonen: So denke ICH darüber und habe es für MICH als gut befunden. Selbstverständlich sind auch noch andere ebenfalls praktikable Lösungen für die gleichen bzw. ähnliche Problemstellungen denkbar. Simpel und übersichtlich und damit in der Anwendung zuverlässig ist das Kernziel meiner Lösung. Trotzdem möchte ich auch andere mögliche Varianten ansprechen.

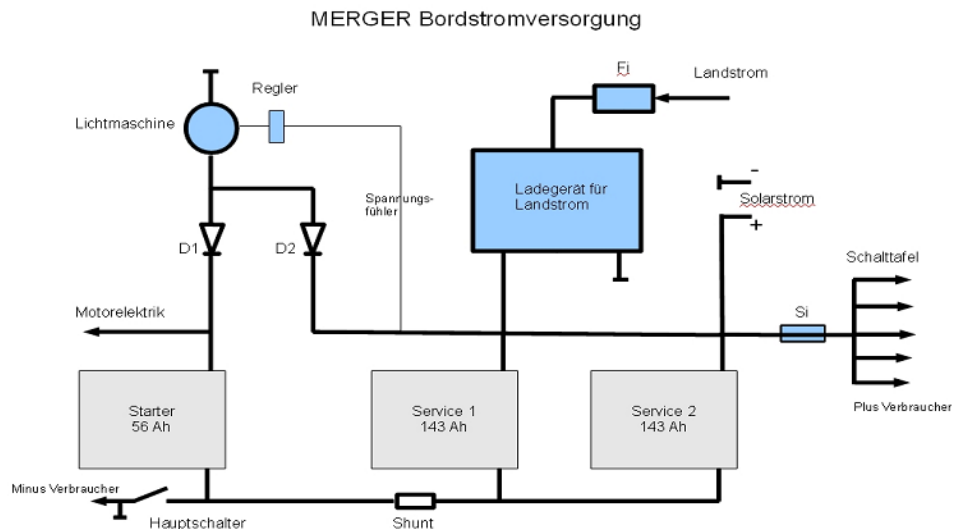


Bild 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Stromversorgung an Bord der MERGER. Um die Übersichtlichkeit zu verbessern habe ich alles, was zum Verständnis der Schaltung nicht notwendig ist, weggelassen. Auf einem GFK-Boot wie meinem gibt es keine elektrische Masse im eigentlichen Sinn. Das elektrische Symbol soll lediglich verdeutlichen, dass alle diese Punkte untereinander verbunden sind ohne die Zeichnung zu unübersichtlich zu machen. Nicht hier dargestellt ist, dass mit diesem Potential auch die Motormasse verbunden ist. Saildrive und Kiel sind elektrisch dagegen isoliert.

Die Stromversorgung baut weitgehend auf dem von Bavaria ausgelieferten Urzustand auf, wurde aber im Laufe der Jahre sanft verändert. Bei der MERGER handelt es sich ja nicht um eine Charteryacht, bei der man davon ausgehen kann, dass sie jeden Abend im Hafen liegt. Eine von Landstrom unabhängige Energieversorgung ist mir deshalb wichtig und weitere Ergänzungen für Solarstrom werden in den nächsten Jahren ([inzwischen erfolgt \(Mai 2011\)](#)) folgen.

Batterien

Die Batterien sind das "Herz" der gesamten Stromversorgung. Batterien auf Bleibasis sind derzeit noch Standard. Aber auch da gibt es verschieden Varianten. Besonders Typ und Dimensionierung wollen gut überlegt sein. Einen Fehler, den man bei deren Auswahl macht, läßt sich an anderer Stelle wenn überhaupt nur schwer wieder ausbügeln. Es lohnt sich deshalb, sich intensiv damit zu beschäftigen. Das Gesamtkonzept baut auf zwei von einander völlig unabhängigen Batterieblöcken auf. Es gibt eine Starterbatterie, die ausschließlich zum Starten des Motors und für die Motorelektronik verwendet wird, und einen Servicebatterieblock für alles andere.

Über die Starterbatterie muss man nicht lange diskutieren. Aufgabe einer solchen Batterie ist für möglichst mehrere auch kurz auf einander folgende Startvorgänge die notwendige elektrische Leistung liefern zu können. Dabei fließt während des Vorglühens und besonders beim direkt darauf folgenden Anlassen ein sehr hoher Strom. Danach wird die Batterie durch den laufenden Motor sofort wieder geladen. Starterbatterien, wie sie auch in Kraftfahrzeugen verwendet werden, sind für solche Anforderungen gebaut und im KFZ-Zubehörhandel preiswert zu bekommen. Die Größe der Batterie richtet sich nach der Empfehlung des Motorenherstellers. Für meinen VP 2020 verwende ich eine mit 56 Ah.

Für die Servicebatterie, die außer der Motorelektronik alles andere an Bord versorgt, ist die Entscheidung dagegen nicht so einfach. Hier fließen eher kleinere Ströme über eine lange Zeit. Das sind völlig andere Anforderungen als bei Starterbatterien, weshalb Batterien aus dem KFZ-Zubehör eher nicht optimal sind. Geeignete Batterien werden oft mit "besonders zyklenfest" beworben. Man findet sie im Wohnwagen- bzw. Yachthandel oder auch im Zusammenhang mit Solaranlagen. Welchen Typ man einsetzt hängt von den speziellen Anforderungen ab. Offene Säurebatterien sind die billigsten. Sie haben den Vorteil, dass man die Säure jederzeit nachfüllen kann aber auch den auf einem Segelboot entscheidenden Nachteil nicht kippsicher zu sein. Man darf sie deshalb nur in einem entsprechend abgedichteten speziellen Batteriekasten montieren. Für geschlossene Säurebatterien gilt das nicht. Bei Gelbatterien ist die Säure in einem Gel gebunden und kann nicht auslaufen. Solche Batterien können auch über Kopf betrieben werden. Anforderungen dieser Art hat man normalerweise auf einem Fahrtensegler nicht. In den letzten Jahren sind sogenannte AGM-Batterien auf den Markt gekommen. Ihre Anwendung wird auch in Seglerkreisen immer wieder heiß diskutiert. AGM steht für Absorbent Glass Mat, die Säure ist also in einer Glasfiebermatte gebunden. Damit haben AGMs ähnliche Eigenschaften wie Gelbatterien. Zusätzlich sind sie auch noch in der Lage große Spitzenströme liefern zu können. Sie eignen sich daher besonders als Starterbatterien für große Motoren bzw. können für normale Motoren kleiner dimensioniert werden. AGMs sind etwa 3 mal so teuer wie normale Batterien können aber auch etwa 3 mal schneller geladen werden. Das ist auch ihr eigentlicher Vorteil beim Einsatz als Bordbatterie. Im Umkehrschluss bedeutet das aber auch, dass sich die Ausgabe nur dann lohnt, wenn man die dafür erforderlichen Ladeströme liefern kann. Sinnvoll eingesetzte AGMs haben deshalb meistens meiste Folgekosten in Form von entsprechend leistungsfähigen Ladeeinrichtungen. Man prüfe also genau, ob man sie wirklich braucht.

Am wirtschaftlichsten wird eine Batterie im Ladezustand zwischen 50 und etwa 80% betrieben. Tiefentladungen unter 50% sollten vermieden werden, da dies auf die erreichbare Zyklenzahl und damit auf die Lebensdauer geht. Über 80% geht die Ladung immer langsamer. Durch elektronische Tricks wie IUoU-Ladung läßt sich diese Grenze noch etwas nach oben erweitern aber das ändert nichts am grundsätzlichen Problem des exponentiell verlaufenden Ladevorganges. Dies muss man bei der Dimensionierung der Batterien berücksichtigen. Für eine Stromversorgung, die wenigstens ein paar Tage Unabhängigkeit ohne Nachladung gibt, kommt man leicht auf mehrere hundert Amperestunden (Ah). Solche Batterien lassen sich schon aus Gewichtsgründen normalerweise nur realisieren indem man mehrere zu einem Block

zum Beispiel. Damit alle Batterien eines Blocks gleichmäßig belastet werden, müssen sie weitestgehend gleich d. h. nicht nur vom gleichen Typ und gleicher Größe sein, sondern möglichst noch aus der gleichen Fertigungscharge stammen. Man sollte also alle Batterien eines Blocks gemeinsam kaufen.

An Seglerstammtischen bekommt man immer wieder Empfehlungen für bestimmte Batterietypen, weil diese angeblich besonders lange halten sollen. Bei genauem Hinsehen sind solche Behauptungen selten haltbar. Eine Batterie wird immer dann alt, wenn man sie spezifikationsgerecht behandelt. In der Spezifikation ist auch die Anzahl der vom Hersteller garantierten Lade-/Entladezyklen angegeben. Eine hohe Zahl dort ist ein Hinweis auf ein langes Leben. Noch wichtiger ist aber eine richtige Behandlung der Batterie, deren Anforderungen auch im Datenblatt stehen. Als Faustregel kann man sagen: Nicht überladen (also nicht ständig am Ladegerät lassen), möglichst schnell wieder aufladen und vor allen Dingen Tiefentladungen unbedingt vermeiden. ([Überlegungen zu Batterieauswahl, März 2011](#))

Aus Gewichtsgründen ist es oft nicht möglich parallel zu einem Block verschaltete Batterien in unmittelbarer räumlicher Nähe zu montieren. Dadurch entstehen zwangsläufig längere Leitungen, deren Widerstände man nicht vernachlässigen darf. Um beide Batterien wirklich gleichmäßig zu belasten ist es deshalb wichtig, dass der Anschluss diagonal über Kreuz erfolgt.

Unter Berücksichtigung aller aufgeführten Aspekte habe ich mich entschieden auf der MERGER als Servicebatterie zwei normale aber geschlossene Batterien mit flüssiger Säure und jeweils nominal 143 Ah von Vetus zu verwenden. Beide sind parallel geschaltet und können somit als eine Batterie betrachtet werden. Damit steht eine nutzbare Kapazität von etwa 120 Ah zur Verfügung. Unseren Strombedarf deckt das für etwa zwei bis drei Tage Als Starterbatterie dient eine 56 Ah Arktis von ATU. Beide Firmen vertreiben die Batterien unter ihrem Namen. Wer die wirklichen Hersteller sind, entzieht sich meiner Kenntnis.

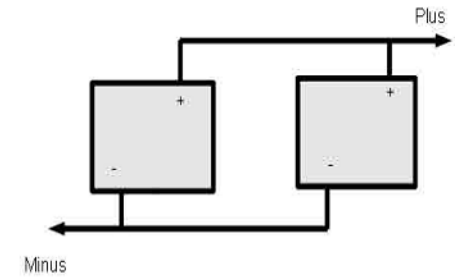


Bild 2: Bei der Parallelschaltung von zwei Batterien erfolgen die Anschlüsse diagonal "über Kreuz".

Überwachung des Ladezustandes

Aus vorstehenden Ausführungen wird ersichtlich, dass es sehr wichtig ist, den Ladezustand der Batterien ständig zu überwachen. Vernünftig kann man dies nur mit einem Batteriecontroller. Man beachte bitte, dass der dazugehörige Shunt in obiger Schaltung (Bild 1) so angeordnet ist, dass er nur den Strom der Servicebatterien erfasst. Der Ladezustand der Starterbatterie muss dagegen nicht besonders überwacht werden, da diese ja ausschließlich zum Starten verwendet wird und deshalb sowieso immer geladen ist. [Zum Batteriecontroller gibt es bereits seit langem ein eigenes Kapitel, weshalb ich mir Weiteres dazu hier sparen kann.](#)

Ladestrategie

Da die Starterbatterie nur für den Motor benutzt wird, wird sie auch ausschließlich über die Lichtmaschine (LIMA) geladen. Alles andere ist überflüssig und macht die Schaltung nur unnötig kompliziert. (Zweifel mögen bedenken, dass im Auto die Batterie auch ausschließlich über die LIMA geladen wird.) Nur bei Ladung über die Lichtmaschine werden deshalb sowohl Starter- als auch Servicebatterie geladen. Alle anderen Lademöglichkeiten wie Landstrom und alternative Energiequellen, die bei mir evt. noch zu einem späteren Zeitpunkt nachgerüstet werden, laden ausschließlich den Serviceblock.

Um bei Motorbetrieb Starter- und Servicebatterie gleichzeitig zu laden, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Gängig ist bspw. beide Batterien durch ein von der LIMA gesteuertes Relais parallel zu schalten. Diese Methode (Bild 3) ist technisch überholt und hat gravierende Nachteile. Wenn man praxisgerecht davon ausgeht, dass nach Starten des Motors die Starterbatterie immer noch recht gut geladen, die Bordbatterie dagegen weitgehend leer ist, wird über das Relais ein hoher Ausgleichsstrom fließen, der die Service- zu Lasten der Starterbatterie lädt. Dies ist insbesondere deshalb nicht vermeidbar, weil die LIMA im Leerlauf selbst nur sehr wenig Strom erzeugt. In Extremfällen kann dieser Ausgleichsstrom mehr als 100 A betragen, was wiederum dazu führen kann, dass die Schaltkontakte des Relais verschweißen. Dies ist ein häufiger Fehler von solchen Schaltungen. Man spricht dann von einem "klebenden" Relais. Einziger Vorteil ist, dass keine Spannungsabfälle entstehen, wie dies bei elektronischen Lösungen häufig vorkommt.

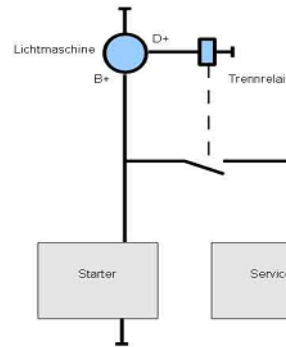


Bild 3: Trennung der Batterien über Relais

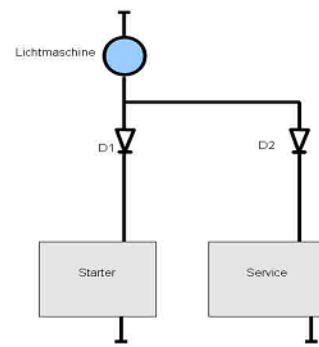


Bild 4: Trennung der Batterien über Dioden

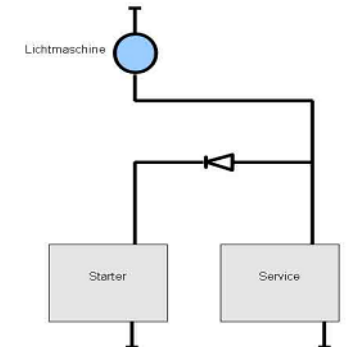


Bild 5: Abtrennung der Starterbatterie über eine Einzeldiode

Elektronische Trenneinrichtungen, die dafür sorgen das Strom ausschließlich von der Lichtmaschine in die Batterien fließen kann, galten früher als teuer und anfällig. Außerdem sagte man ihnen nach, dass sie durch entstehende Spannungsabfälle die Batterien nicht richtig laden würden. Beides sind Märchen aus alter Zeit die, wenn man es richtig macht, heute nicht mehr stimmen. In Bild 4 werden die beiden Batterien sauber durch Dioden voneinander getrennt. Gegenseitige Entladungen können deshalb nicht stattfinden. Gravierender Nachteil ist ein unerwünschter Spannungsabfall von ca. 0,6 V an den Dioden, der dazu führt, dass die Batterien nicht mehr richtig geladen werden. Um dies zu vermeiden kann man die Dioden durch einen sogenannten Ladeverteiler ersetzen. In diesen Schaltungen werden die Dioden durch moderne Hochleistungstransistoren ersetzt, an denen ein wesentlich geringerer Spannungsabfall entsteht. Leider sind Ladeverteiler wesentlich teurer als die simplen Dioden und vermeiden den unerwünschten Spannungsabfall immer noch nicht vollständig.

Schlaue Leute haben deshalb die Variante nach Bild 5 erfunden. Die Servicebatterie ist dabei direkt ohne Zwischenschaltung weiterer Bauteile an die Lichtmaschine angeschlossen und wird deshalb optimal geladen. Die Starterbatterie wird dagegen über eine Diode angeschlossen. Deren Spannungsabfall kann man vernachlässigen, da es bei der Starterbatterie sowieso nicht auf optimale Ladung ankommt. Zum Starten des Motors wird immer genügend Energie vorhanden sein. Den Nachteil dieser Schaltung erkennt man erst auf den zweiten Blick. Beim Starten des Motors fließt ein sehr hoher Anlasserstrom, der die Spannung der Starterbatterie kurzzeitig auf 8-10 V zusammenbrechen lässt. Dadurch fließt über die Diode ein entsprechend hoher Ausgleichsstrom von der Service- in die Starterbatterie. Dies ist einerseits unerwünscht, andererseits muss die Diode entsprechend ausgelegt sein. Ich würde für eine solche Schaltung mindestens eine 150 A Diode verwenden.

Die von mir bevorzugte in Bild 1 dargestellte Methode vermeidet all diese Nachteile. Im Prinzip entspricht sie der Diodenentkopplung von Bild 4. Entscheidender Unterschied ist, dass der Regler der Lichtmaschine die Istspannung nicht mehr wie oft üblich an B+ sondern über eine herausgeführte Leitung direkt an der Servicebatterie misst. Alle an Dioden und Leitungen entstehenden Spannungsabfälle werden dadurch erfasst und durch eine entsprechend höhere Spannung ausgeglichen. An der Batterie liegt damit genau die richtige Ladespannung an. Einziger Nachteil ist ein notwendiger Eingriff in die Lichtmaschine um den Spannungsfühler entsprechend heraus zu führen. In der Praxis ist das kein großes Problem. Die Motorenhersteller wissen das natürlich auch. An meinem Volvo-Penta ist so etwas deshalb Standard.

Wenn man es wirklich gut machen will, beschaltet man die LIMA zusätzlich mit einem Hochleistungsregler. Dieser macht aus der Lichtmaschine eine Ladeeinrichtung mit IUoU-Kennlinie und berücksichtigt außerdem noch das Temperaturverhalten der Batterie. Damit werden die Batterien bei Motorbetrieb genau so gut geladen wie sonst nur über die IUoU-Ladegeräte bei Landstrom. Wie das geht habe ich im Kapitel [Sterlingregler](#) ausführlich beschrieben. Andere Geräte wie der Lichtmaschinenlader von Sterling erfüllen den gleichen Zweck. Deren Vorteil einen Eingriff in die LIMA zu vermeiden, muss man allerdings mit wesentlich höherem Preis und einem schlechterem Wirkungsgrad bezahlen.

Andere Ladegeräte

Wie oben schon erwähnt laden andere Ladequellen ausschließlich die Servicebatterien. Derzeit setze ich für die Landstromladung ein 30 A-Gerät von Sterling ein. Alle drei Ausgänge sind parallel auf die Servicebatterie geschaltet. Man lasse sich nicht täuschen. Die drei Ausgänge sind nicht so unabhängig voneinander, wie es auf den ersten Blick scheint. Sie sind lediglich über Dioden voneinander entkoppelt, haben aber wohl aus Kostengründen nur einen gemeinsamen Regler. Wenn man, wie suggeriert wird, verschiedene Batterien an diese Ausgänge anschließt, bestimmt die zuerst geladene Batterie das Verhalten des Gerätes. Es erkennt die volle Batterie und schaltet auf Erhaltungsladung um. Damit erhalten die noch nicht geladenen Batterien nicht mehr die volle Spannung und werden entsprechend langsamer geladen. Wenn man wie oft praktiziert einen Ausgang auf die Bord- und einen anderen auf die Starterbatterie legt, bestimmt diese, weil sie sowieso fast nicht entladen ist, das Verhalten des Ladegerätes. Ein aufmerksamer Beobachter des Batteriecontrollers bemerkt sofort, dass das Ladegerät, schon lange bevor die entnommenen Amperestunden wieder in die Servicebatterie geladen wurden, auf Erhaltungsladung umschaltet. Dies kann man nur vermeiden indem man alle Ausgänge des Ladegerätes parallel auf die Servicebatterie klemmt. Eventuelle Bedenken, die Starterbatterie könnte bei ausschließlicher LIMA-Ladung nicht genügend geladen werden, sind wie oben bereits erläutert unbegründet.

Ein letztes Wort noch zur Auswahl des Ladegerätes. Es bringt nichts, wenn man dieses überdimensioniert. Da eine Batterie nur einen bestimmten Strom aufnehmen kann, wird sie mit einem zu großen Gerät auch nicht schneller geladen. Wenn man bedenkt, dass man sowieso mindestens eine Nacht im Hafen liegt, ist man mit einem Gerät, das ca. 10-15% der Batteriekapazität an Strom liefert, gut bedient. Bei AGM-Batterien dürfen es auch 40% sein. Bei Berücksichtigung anderer Verbraucher wie Kühlbox und Licht komme ich mit 30 A bestens klar.

Nachtrag (Okt. 2011)

Eine ordentliche Crimpzange mit Ratsche zum Aufpressen von Kabelschuhen bis 6 mm² hat wohl jeder, der selbst Veränderungen an seiner Bordelektrik vornimmt. "Wie machst du das eigentlich mit den dicken Leitungen, wie man sie im Bereich der Batterien braucht?" werde ich immer wieder gefragt. Lange Zeit habe ich bei solcher Gelegenheit ziemlich gedrickst. Entsprechendes Werkzeug ist teuer und man braucht es selten. Mangels anderer Möglichkeiten habe ich auch versucht mir mit Kabelschuhen zum Anschrauben zu helfen. Eine wenig befriedigende Lösung, die immer ein ungutes Gefühl zurückläßt. Ein Leser (Danke Ebi!) machte mich auf diese hydraulische Presse aus chinesischer Produktion aufmerksam. Sie ermöglicht Kabelschuhe und Hülsen von 10 bis 120 mm² normgerecht (?) sechseckig zu verpressen. Das Ergebnis sieht m.E. sehr vertrauenserweckend aus. Kabel und Kabelschuhe bekomme ich auch in Kleinstmengen günstig in einem örtlichen Elektrogroßhandel und das Kabel am Übergang zum Kabelschuh mit Schrumpfschlauch gegen möglicherweise eindringende Feuchtigkeit zu schützen ist sogar in Bastlerkreisen selbstverständlich.

BTW: Die Presse wird in Deutschland von verschiedenen Firmen angeboten. Ab knapp 70 Euro ist man dabei. M.E. eine lohnende Investition für Gelegenheitspresser wie mich. Auf Anfrage nenne ich gern Adressen.



Mit einer solchen hydraulischen Presse quetsche ich Kabelschuhe auf Kabel von 10, 16, 25, 35, 50, 75, 95 und 120 mm². Sicher keine Lösung für Profis aber für Gelegenheitspresser m. E. ideal.

[Dieser Beitrag als PDF](#)