



## Eine neue elektrische Anlage an Bord ist fällig

### 1.0. Einführung

Offensichtlich gibt es viele ältere Schiffe, die durch ständiges Nachrüsten und Austauschen von elektrischem Equipment eine mehr oder weniger fragwürdige Verkabelung aufweisen. Diese sieht nicht nur wuschig und verwirrend aus, sondern birgt auch eine Reihe von Fehlerquellen, die im Alltag an Bord nur schwer auffindig zu machen sind und im ungünstigsten Fall auch schwerwiegende Folgen haben kann.

Es ist wohl üblich und heutzutage praktizierter Alltag, neue Verbraucher im Panel mit Hilfe von Lüsterklemmen auf die Schnelle anzuschließen. Schließlich will man möglichst schnell noch vor dem am Wochenende beginnenden Törn den neuen Plotter zum Laufen bringen und sich nicht erst noch lange mit Kabelplanung und Absicherungen bei richtigen Kabelquerschnitten beschäftigen.

Spätestens, wenn man versucht hat, einen Verbraucher wie z.B. die Leselampe im Vorschiff zu reparieren und wenn dann anschließend 3 weitere Verbraucher ihren Dienst eingestellt haben, weil man durch die Reparatur im Kabelgewirr sich weitere Fehler eingebaut hat, ist es an der Zeit, sich über eine neue Struktur im Sicherungskasten Gedanken zu machen. Hat das geliebte Schiff dann auch noch mehr als 20 Jahre treu und brav seinen Dienst versehen, sollte man die Gelegenheit gleich nutzen, marode Kabel durch neue zu ersetzen.

Ja, ich bin aber kein Elektriker! Und eine Neuverkabelung durch den Fachmann kostet aber ...So oder ähnlich sind wohl die Argumente, das Thema Neuverkabelung immer wieder nach hinten zu verschieben.

Die Verkabelung an Bord ist nun wirklich kein Hexenwerk, zugegeben vielleicht aufgrund der Komplexität etwas verwirrend, im Prinzip jedoch sehr einfach.

Ein paar Grundlagen sollte man schon kennen. Wer diese schon verinnerlicht hat, der kann getrost im zweiten Beitrag bei Kapitel 2 weiterlesen. Allen unbedarften empfehle ich jedoch, dieses erste Kapitel aufmerksam zu lesen. Man braucht es später bei den Ausführungen nicht wirklich, aber es hilft ungemein, die Hintergründe zu verstehen.

Der Fachmann mag in den folgenden Kapiteln das ein oder andere Mal die Nase rümpfen. Ich werde versuchen, alles so einfach wie möglich und damit für den Laien verständlich darzustellen. Mag sein, dass das ein oder andere wissenschaftlich nicht korrekt dargestellt ist, das ist von mir gewollt, denn damit jeder es verstehen kann, gilt das Motto " Weniger ist mehr ! " oder, so wenig wie möglich und nur so viel wie unbedingt nötig.



## 1.1. Grundlagentheorie

Nein, nicht schon wieder Mathematik und pauken. Keine Angst, nur ein klein wenig und nur das allernötigste.

In der Praxis haben wir es nur mit einigen wenigen Größen und Begriffen zu tun. Genauer gesagt, mit nur erst einmal 4 Begriffen.

## 1.2. Der Widerstand

Widerstände sind in der Elektrotechnik nicht wegzudenken. Der elektrische Widerstand ist eine Eigenschaft aller Elemente und Verbindungen, sie alle haben einen elektrischen Widerstand einer bestimmten Größenordnung. Mal mehr, mal weniger.

Wichtig in diesem Zusammenhang, da wir es hier erst zunächst einmal nur mit Gleichspannung zu tun haben, reden wir hier nur von Gleichspannungswiderständen! Neben diesen gibt es noch kapazitive und induktive Widerstände, die wir hier außer Acht lassen und schnell wieder vergessen.

Was sind nun Widerstände? Materialien lassen sich in zwei grobe Kategorien einteilen: in elektrisch nichtleitend und elektrisch leitend. Natürlich ist das nicht ganz korrekt nur zwei Kategorien zu erstellen, es existieren noch Sonderzustände, aber im Allgemeinen sind z.B. Metalle elektrisch leitend und z.B. Kunststoffe im Allgemeinen elektrisch nicht leitend. Man spricht dann auch von einem Isolator. Die meisten Materialien sind entweder leitend oder nichtleitend, Zwischenzustände sind weniger häufig.

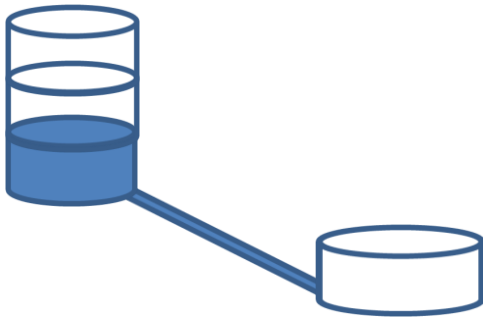
Das alles ist sowieso nur eine Definitionsfrage wo das leiten anfängt und aufhört, sonst nichts.

Vom Verständnis ist es einfacher sich den Widerstand über den Wasserdruck zu erklären. Wasser kennen wir alle, man kann es sehen und wenn man es berührt, wird man nass. Das ist zunächst einmal etwas ungefährlicher.

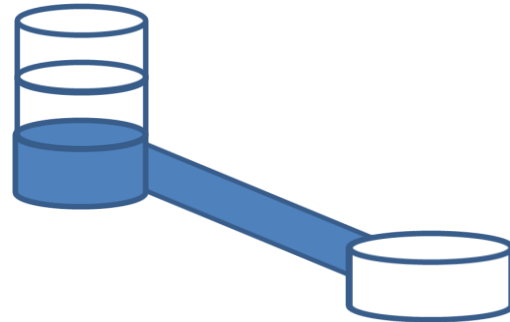
$$\text{Wassermenge} = \text{Wasserdruck} / \text{Widerstand}$$

je höher der Druck, desto mehr Wasser, aber auch, je höher der Widerstand, desto weniger Wasser

Dazu stellen wir uns ein erhöhtes Wassergefäß vor, aus dem durch einen Schlauch Wasser in ein tieferes Gefäß fließt.



dünnere Schlauch  
hoher Widerstand  
= geringer Wasserfluß



dicker Schlauch  
geringer Widerstand  
= hoher Wasserfluß

Die Menge des durchfließenden Wassers wird also vom Schlauchdurchmesser bestimmt. Der Schlauch setzt dem Wasserfluss einen Widerstand entgegen. Dieses Wissen setzen wir nun in die Elektrotechnik um.

Anstelle des Wassers bewegen sich in einem Leiter freie Ladungsträger, der elektrische Strom. Wenn diese nun auf ein Atom stoßen, werden sie in ihrer Bewegung gehemmt und diesen Effekt nennt man Widerstand. Ein Widerstand begrenzt also die freie Bewegung der Ladungsträger und damit den Strom in einem Leiter.

Der elektrische Widerstand wird auch als ohmscher Widerstand bezeichnet. Dieser spielt in der Elektronik eine wichtige Rolle, da er einen Einfluss auf Spannung und Ströme in einer Schaltung nimmt.

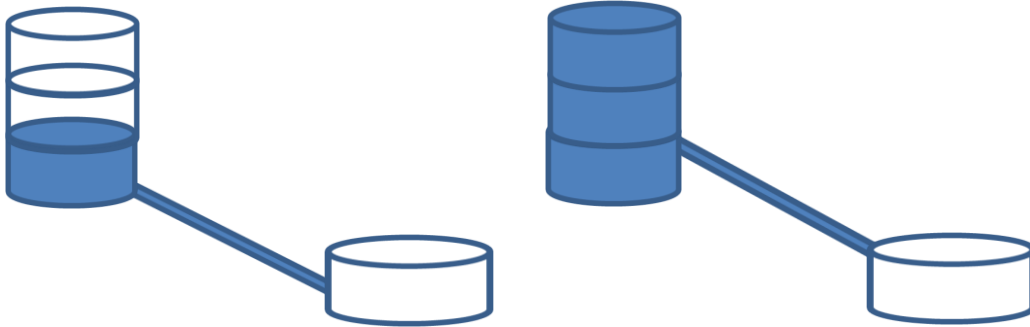
Es gibt aber noch eine zweite Größe, welche die Fließgeschwindigkeit beeinflusst. Der Wasserdruck, je höher der Druck, umso größer die Fließgeschwindigkeit.

### 1.3. Die Spannung

Der anliegende Wasserdruck am Schlauch ist vergleichbar mit der elektrischen Spannung. Auch hier wieder der Vergleich mit den Wassergefäßen.

Wenn irgendwo eine Differenz vorhanden ist, will diese sich ausgleichen, z.B. hoher Luftdruck und niedriger Luftdruck. Den Ausgleich kennen wir alle „Wind“, oder das Wasser in einem hohen Wasserturm und der viel tiefer liegende Wasserkrän in unserer Wohnung.

Je höher der Druck, desto höher die mögliche fließende Wassermenge durch den Schlauch. Der Schlauchdurchmesser stellt den Widerstand dar und begrenzt den Wasserdurchfluss. Dünnere Schlauch = hoher Widerstand bedeutet, wenig Wasser



niedriger Wasserdruck  
= geringer Wasserfluß

hoher Wasserdruck  
= hoher Wasserfluß

fließt. Ein Schlauch mit einem großen Durchmesser = geringer Widerstand, es fließt mehr Wasser. Großer Druck, es fließt viel Wasser; geringer Druck, weniger Wasser.

Umgesetzt auf die Elektrotechnik bedeutet das, die elektrische Spannung  $U$  gibt den Unterschied der Ladungen zwischen zwei Polen an. Spannungsquellen besitzen immer zwei Pole, mit unterschiedlichen Ladungen.

Auf der einen Seite ist der Pluspol mit einem Mangel an Elektronen. Auf der anderen Seite ist der Minuspol mit einem Überschuss an Elektronen.

Anmerkung : Es klingt etwas komisch, der Pluspol hat einen Mangel an Elektronen und der Minuspol einen Überschuss an Elektronen. Das kommt daher, dass Elektronen negativ geladene Teilchen sind. Daher der Überschuss an negativen Teilchen = Minus und ein Mangel an negativen Teilchen = Plus.

Diesen Unterschied der Elektronenmenge nennt man elektrische Spannung. Entsteht eine Verbindung zwischen den Polen, kommt es zu einer Entladung. Bei diesem Vorgang fließt ein elektrischer Strom.

Der Wasserdruck ist also vergleichbar mit der elektrischen Spannung. Da die meisten Yachten eine 12 V Versorgungsbatterie haben ist die Spannung demzufolge immer gleich. (Die geringen Spannungsschwankungen beim Laden und Entladen der Batterie lassen wir der Einfachheit halber unberücksichtigt)

#### 1.4. Der Strom

Die Menge des durchfließenden Wassers in unserem Beispiel ist vergleichbar mit dem elektrischen Strom. Der elektrische Strom oder elektrische Stromstärke wird kurz Strom genannt.

Der elektrische Strom ist die gezielte und gerichtete Bewegung freier Ladungsträger. Die Ladungsträger können Elektronen oder Ionen sein.



Und jetzt kommen wir zu den elektrischen Beispielen, unsere Bordbatterie. Am Pluspol haben wir bei einer vollen Batterie einen Elektronenmangel und am Minuspol einen Elektronenüberschuss. Verbinden wir den Pluspol und den Minuspol mit einem Kabel, findet ein Ausgleich statt. Diesen Ausgleich (Bewegung freier Ladungsträger im Inneren des Leiters) nennen wir den Stromfluss. Aber Vorsicht, ohne einen Verbraucher sollten wir die beiden Pole nicht verbinden, denn dann hätten wir einen Kurzschluss und der gesamte zur Verfügung stehende Strom würde auf einmal fließen.

Hat ein Ausgleich stattgefunden fließt kein Strom mehr, die Batterie ist leer.

Wir haben nun 3 Größen, den Widerstand, die Spannung und den Stromfluss kennen gelernt.

In der Praxis (für unsere Verkabelung im Schiff) haben wir es nur mit diesen wenigen Größen und Begriffen zu tun

**Die Spannung, gemessen in Volt [ V ] hat das Formelzeichen [ U ]**

**Der elektrische Widerstand, gemessen in Ohm [  $\Omega$  ] hat das Formelzeichen [ R ]**

**Der Strom gemessen in Ampere [ A ] hat das Formelzeichen [ I ]**

**Die Leistung, gemessen in Watt [ W ] hat das Formelzeichen [ P ]**

Upps, da hat sich noch ein Begriff eingeschlichen, den wir noch nicht behandelt hatten, die Leistung.

## 1.5. Die Leistung

Die elektrische Leistung P, die in einem Verbraucher umgesetzt wird, ist bei Gleichstrom das Produkt der elektrischen Spannung U und der Stromstärke I:

$$P = U * I$$

Da bei uns die Bordspannung immer 12 Volt beträgt kann man also sagen, je höher der Strom, umso höher die Leistung. Oder umgekehrt, je höher die Leistung, umso höher der Strom.

Der guten Ordnung halber müssen wir an dieser Stelle auch noch erwähnen, dass es neben der elektrischen Leistung auch noch die Wirkleistung, die Scheinleistung und die Blindleistung gibt. Aber auch diese vergessen wir ganz schnell wieder. Für uns ist die elektrische Leistung interessant

Wir hatten gesagt, je höher der Strom, umso höher die Leistung. Wir haben aber auch gelernt, Die Spannung ist abhängig vom Widerstand und vom Stromfluss. Sie ist das Produkt aus Widerstand und Strom.



... und schon haben wir die Gesetzmäßigkeiten des „Ohmschen Gesetzes“

**Als Formel ausgedrückt  $I = U / R$  oder umgestellt  $U = R * I$**

Noch einmal, U steht also für die Spannung in Volt, R für den Widerstand in Ohm und I für den Strom in Ampere.

Das ohmsche Gesetz ist eine der wichtigsten Regeln in der angewandten Elektrotechnik, mit ihr lassen sich Widerstände, Ströme und Spannungen berechnen.

Warum überhaupt diese Einleitung mit den Grundlagen, wenn die Spannung in den meisten Fällen immer 12 V beträgt und die Leistung in der Regel durch die Art des Verbrauchers schon festgelegt ist.

Nun, wir wollen unsere Bordelektrik erneuern und müssen daher wissen, welche Sicherung wir einbauen und wie dick unsere Kabel sein müssen. Kabeldicke, man spricht vom Kabelquerschnitt und Sicherungsgröße sind direkt abhängig vom Stromfluss.

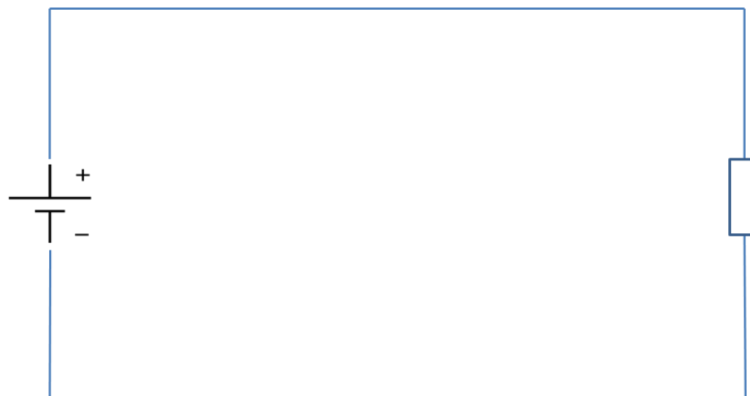
**$I = P / U$  abgeleitet von  $P = U * I$**

So wissen wir, welcher Strom fließt und können die Sicherungen und den Kabelquerschnitt entsprechend bestimmen.

Diese 4 elektrischen Größen sowie diese 2 kleine Formeln reichen völlig aus, um die gesamte Schiffselektrik zu verstehen, naja, zumindest unsere Gleichstromkreise.

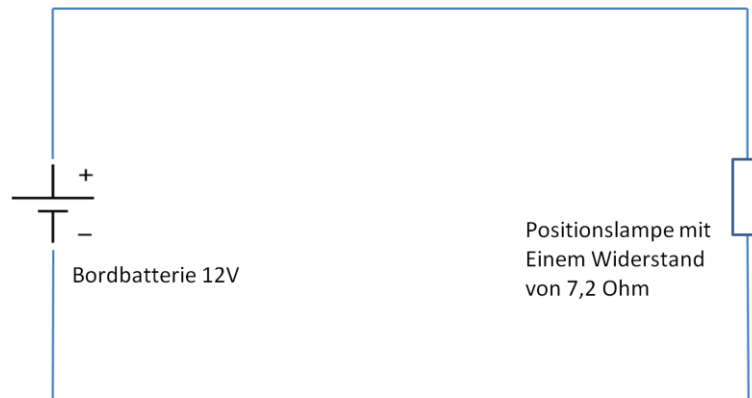
## 1.6. Der Stromkreis

Schauen wir uns nun mal einen einfachen Stromkreis an. Ein Verbraucher an einer Batterie In diesem Fall stellt der Verbraucher und die Leitung aus Kupfer (*wir haben eben gelernt, dass alle Materialien einen Widerstand besitzen*) einen Widerstand dar. Der Einfachheit halber vernachlässigen wir zunächst den Widerstand des Kupfers, also des Leiters. Übrig bleibt nur der Widerstand des Verbrauchers.





Das könnte im einfachsten Fall bei uns im Schiff eine Positionslampe oder ein Plotter sein. Fügen wir nun einfach mal die elektrischen Werte hinzu.



Unsere Stromversorgung an Bord beträgt meistens 12 V. oder in einigen Fällen sogar 24 V. Einigen wir uns mal auf die 12 V. Die Positionslampe hat einen Widerstand von 7,2  $\Omega$ .

Nehmen wir nun unsere Formel für das Ohmsche Gesetz und setzen unsere Werte ein, so können wir den Strom ausrechnen, der in unserem kleinen Stromkreis fließt.

$$U = R * I \quad 12V = 7,2 \Omega * I$$

Stellen wir nun die Formel um erhalten wir

$$I = 12V / 7,2\Omega = 1,666667 \text{ das ist der Strom, gemessen in A (Ampere).}$$

Erinnern wir uns an die zweite kleine Formel

$$P = U * I$$

Die Spannung U und den Strom I kennen wir schon. Setzen wir die Werte in die Formel ein, so können wir die Leistung ausrechnen.

$$P = U * I \quad P = 12V * 1,666667A = 20W$$

In diesem Fall haben wir eine Positionslampe mit einer Leistung von 20 W (Watt)

Die Leistung in Watt, ist auch eine Größe, die häufig bei einem Verbraucher angegeben wird. Den Widerstand findet man so gut wie gar nicht und den Stromverbrauch nur selten an einem Verbraucher. Dafür wie schon geschrieben die Leistung. Egal, mit Angabe der Leistung und dem Wissen, dass unsere Batterie 12V Versorgungsspannung liefert, können wir jeden weiteren Wert ausrechnen.



Noch einmal unsere beiden Formeln

$$U = R * I \quad \text{und} \quad P = U * I$$

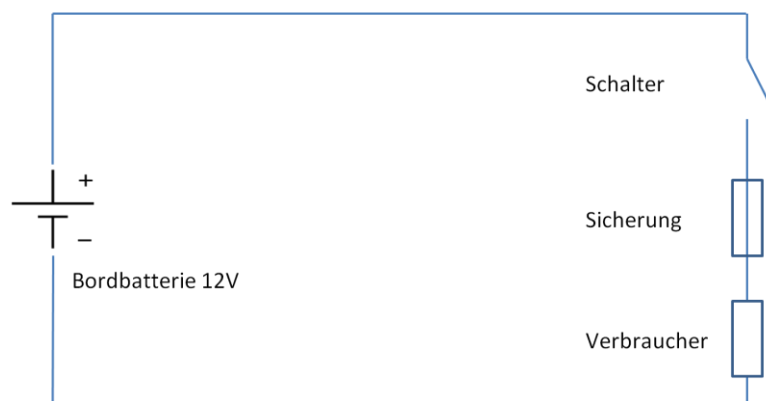
wobei die zweite die für unser Vorhaben die Elektrik zu erneuern, die wichtigere ist. Die andere behalten wir erst einmal im Hinterkopf.

Zurück zu unserem Schaltkreis. Wir haben gelernt, dass jeder Verbraucher einen Widerstand hat. (*kleiner Widerstand hoher Strom und großer Widerstand geringer Strom*) Schauen wir uns mal die Grenzfälle an.

Ist der Widerstand unendlich groß, fließt praktisch kein Strom. Wollen wir, dass kein Strom fließt, öffnen wir einen Schalter. Damit wird praktisch ein Stückchen Leitung aus Luft eingefügt. Luft gehört zu den Nichtleitern und damit ist das Gerät ausgeschaltet.

Im anderen Fall, der Widerstand geht gegen Null, er ist praktisch nicht vorhanden, fließt ein sehr hoher Strom, der unseren Verbraucher zerstören würde, was natürlich nicht in unserem Sinne ist. Für diesen Fall hat man Sicherungen erfunden, die bei einem bestimmten Stromfluss durchbrennen, also praktisch wieder ein kleines Stückchen Luftleiter einfügen. Das kennen wir, das Gerät wird ausgeschaltet, bevor es durch einen zu hohen Stromfluss zerstört wird.

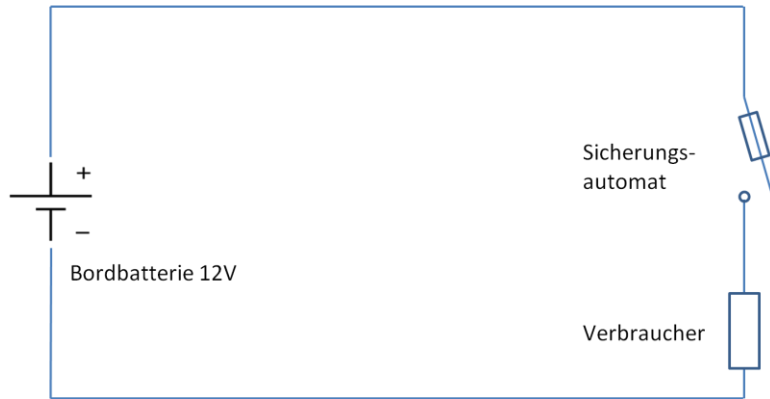
Dieses Wissen setzen wir jetzt um und bauen einen Schalter und eine Sicherung mit in unseren Stromkreis.



Genau so werden Verbraucher in unserem Schiff abgesichert. Oft nimmt man aber anstelle einer Schmelzsicherung einen Sicherungsautomaten. Der vereint gleich 2 Funktionen. Erstens dient er als Schalter und zweitens als Sicherung. Im Fehlerfall, also bei zu hohem Stromfluss schmilzt er nicht durch sondern er öffnet einfach den Schalter.

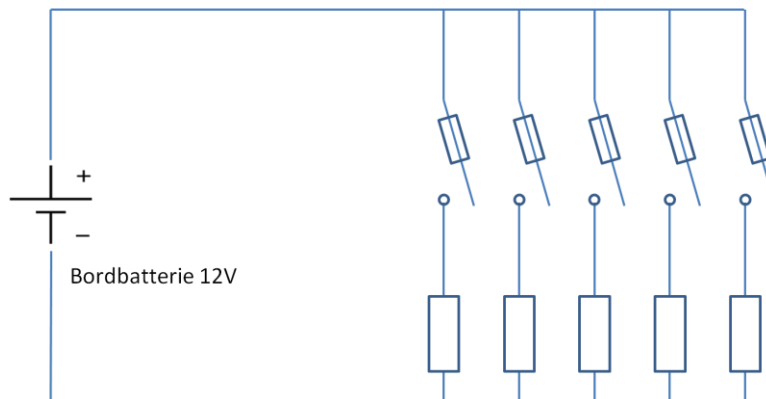
Das sieht dann so aus:





Man erkennt hier deutlich, Sicherung und Schalter in einer Funktion.

Haben wir nun wie in unseren Schiffen viele Verbraucher, werden einfach alle parallel geschaltet. So ungefähr.

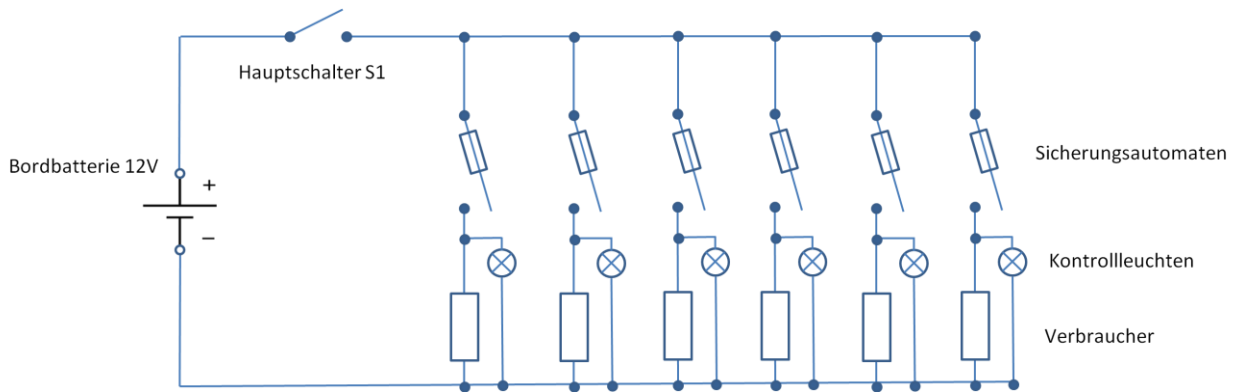


Die Parallelschaltung von Verbrauchern hat den Vorteil, dass an allen Verbrauchern die gleiche Spannung, nämlich 12 V anliegt. Bei einer Reihenschaltung, die werde ich später der Vollständigkeit halber auch noch mal beschreiben, ist das nicht so.

Da man den Sicherungsautomaten nicht ansehen kann, ob sie ein- oder ausgeschaltet sind, fügt man oft auch kleine Lämpchen oder Leuchtdioden in die Leitungen ein, die im eingeschalteten Zustand leuchten.

Aber wie schon gesagt, Lämpchen können, müssen aber nicht zwingend mit eingebaut sein.

Bauen wir mal die Lämpchen in unseren kleinen Schaltplan mit ein. Das sieht dann so aus.



In einer früheren Ausgabe dieses Artikels hatte sich ein Fehler eingeschlichen. Die Kontrollleuchten waren ursprünglich in Reihe mit den Verbrauchern geschaltet. Das war falsch. Richtig ist es so wie hier, sie müssen parallel geschaltet werden.

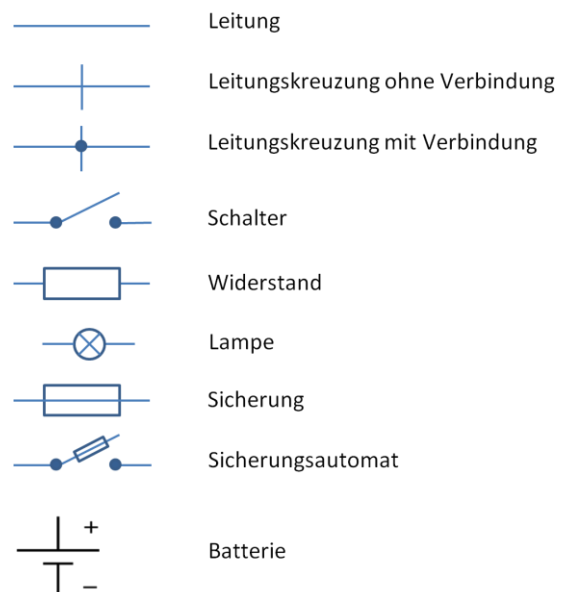
Dem aufmerksamen Beobachter fällt nun auf, dass zusätzlich zu den Lämpchen ein Schalter und ein paar dunkle Punkte hinzu gekommen sind. Die Punkte bedeuten, dass an diesen Stellen eine Verbindung besteht. Ohne einen Punkt bedeutet es, dass sich eine Leitung nur kreuzt.



So sieht im Prinzip die Schaltung auf Schiffen aus, die sich hinter den Schaltpanels wie z.B. den von Philippi, verbergen. Im Bild eine der Schalttafeln, die es in den unterschiedlichsten Ausführungen gibt. Je nach Geldbeutel oder Geschmack. Hier als ganz einfache Schalttafel, nur mit Sicherungsautomaten bestückt und ohne Kontrolllampen.

Ein Schalter ist deshalb wichtig, damit wir, wenn wir am Wochenende nach Hause fahren, alle Stromkreise stromfrei schalten können. Auch wenn wir an der Anlage arbeiten, sollte immer alles stromfrei geschaltet werden um Kurzschlüsse zu vermeiden.

Alle bisher aus der Elektrotechnikverwendeten Symbole sind rechts noch einmal aufgeführt.





Viel mehr kommt für unsere Verkabelung nicht mehr hinzu.

Fassen wir noch einmal kurz die wichtigsten Abhängigkeiten zusammen.

Die Versorgungsspannung, kurz Spannung ist an Bord (mehr oder weniger) konstant und beträgt in der Regel 12 V. Das Formelzeichen dafür ist U.

Jeder Verbraucher hat einen Widerstand (Formelzeichen R) und begrenzt den Strom in einem Leiter. Gemessen wird der Widerstand in Ohm

Der Strom (Formelzeichen I) ist direkt abhängig von der Spannung U und dem Widerstand R. Der Strom wird gemessen in Ampere A.

Diese Abhängigkeiten werden im Ohmschen Gesetz mit der Formel

$$U = R * I \text{ oder umgestellt } I = U / R$$

beschrieben.

Die Leistung (Formelzeichen P) wird gemessen in Watt W und ist bei Gleichstrom das Produkt der elektrischen Spannung U und der Stromstärke I:

$$P = U * I$$

Ist die Leistung bekannt, stellen wir die Formel um und können den Strom ausrechnen

$$I = P / U$$

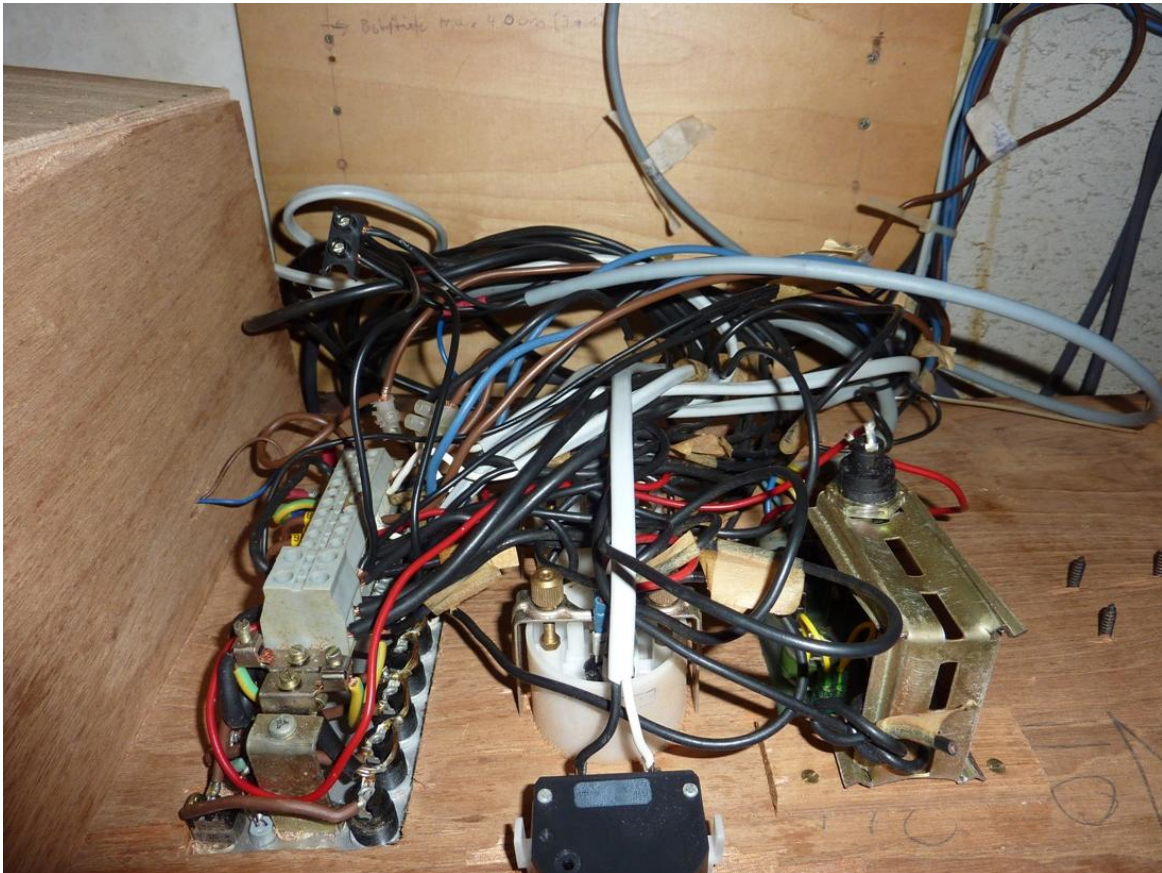
Nun sind wir in der Lage, die für eine Neuverkabelung nötigen Kabelquerschnitte und auch die für einen Verbraucher benötigten Absicherungen zu berechnen.

So, das war's erst einmal mit der Theorie. Mit diesem Wissen im Hinterkopf begeben wir uns nun an Bord



## 2.1. Bestandsaufnahme.

Im Fehlerfall hat jeder von uns schon einmal hinter die Schaltschranktüren geschaut. Wenn es dort so aussieht, wird es Zeit, an eine Neuverkabelung zu denken.



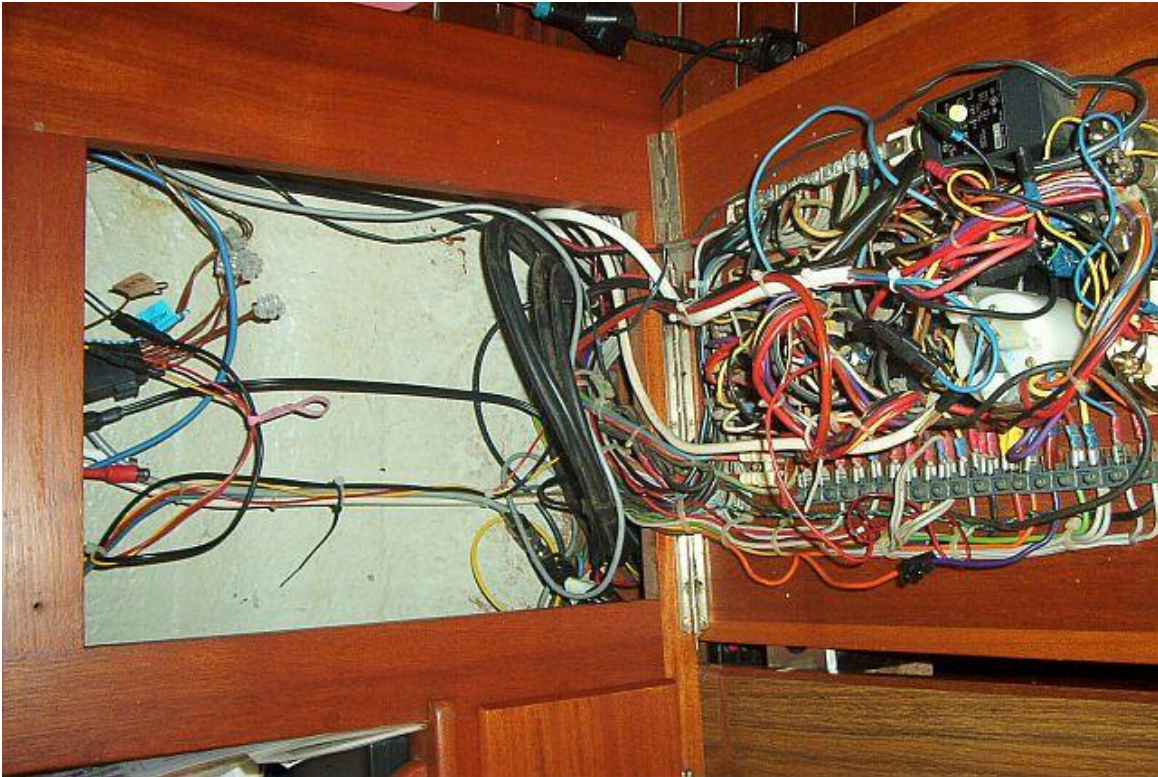
Dieses Kabelgewirr entdeckte ich, als ich während eines Törns auf dem Schiff eines Bekannten den Fehler einer nicht funktionierenden Buglaterne lokalisieren wollte. Als dann auch noch das Kabel an der Buglaterne selbst durch Korrosion schwarz angelaufen war, entschlossen wir uns, Teile der Verkabelung sowie die Verdrahtung am Sicherungspanel zu erneuern.

Ich erinnerte mich noch zu gut an die Aktion vor einigen Jahren, als ich die gleiche Situation an meinem eigenen Schiff vorfand.

Dort sah es nicht viel besser aus. Im Gegenteil, da auf meinem Schiff deutlich mehr Verbraucher installiert waren, sah die Verkabelung noch schlimmer und noch unübersichtlicher aus. Die beiden Voreigner haben wo immer es möglich war, mittels Lüsterklemmen weitere Verbraucher einfach an bereits installierten Verbrauchern mit angeschlossen.



Da sah dann so aus. Ein unübersichtliches Knäuel von Kabeln. Da gehört schon eine Menge Mut dazu, hier den Seitenschneider anzusetzen um im wahrsten Sinne des Wortes "klar Schiff zu machen". Deutlich erkennt man in diesem Bild, dass die Vor-

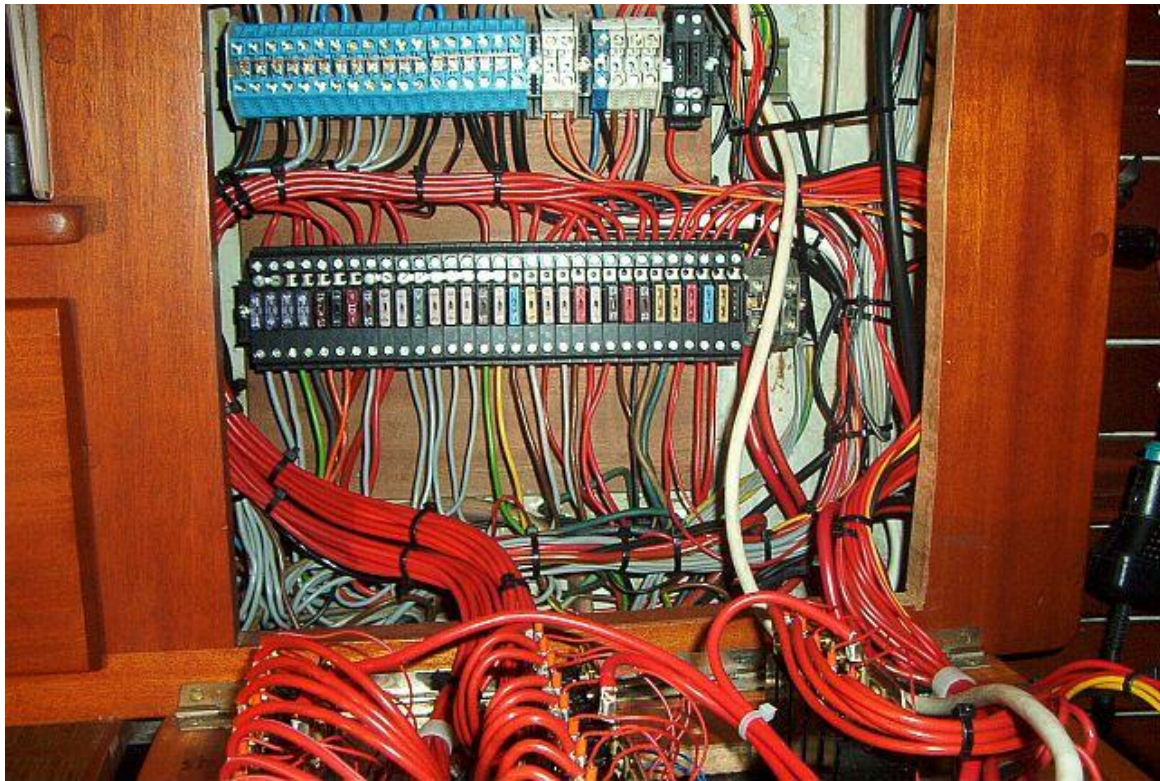


eigner mangels freier Anschlüsse einfach neue Verbraucher an bereits bestehende Verbraucher mittels einer Lüsterklemme oder einer Quetschklemme angeschlossen haben.

Das führt letztendlich zu einem für den Normalverbraucher nicht mehr nachzuvollziehenden Kabelknäuel. Auch das Thema Dokumentation war für die Voreigner kein Thema, es gab sie erst überhaupt nicht. Wenn dann noch wie geschehen, die unterschiedlichsten Typen von Kabeln (man nimmt gerade mal das Kabel, welches man am schnellsten zur Hand hat) zu Einsatz kommen, ist das Chaos perfekt.

Lange habe ich mit mir gerungen, dieses Thema anzugehen, doch das Bewusstsein im Hinterkopf, dass hier eine große Fehlerquelle ständig lauert, haben die Segelfreuden getrübt. Also musste eine neue Elektrik her.

Bange machen gilt nicht, auch ich als Laie habe es letztendlich geschafft, aus dem Wirrwarr eine übersichtlich gestaltete Installation zu schaffen und um die Motivation zu steigern, nehme ich mal das Endergebnis vorweg und danach erkläre ich in allen Einzelheiten und Details hier Schritt für Schritt, wie ich zu dem Endergebnis gekommen bin.



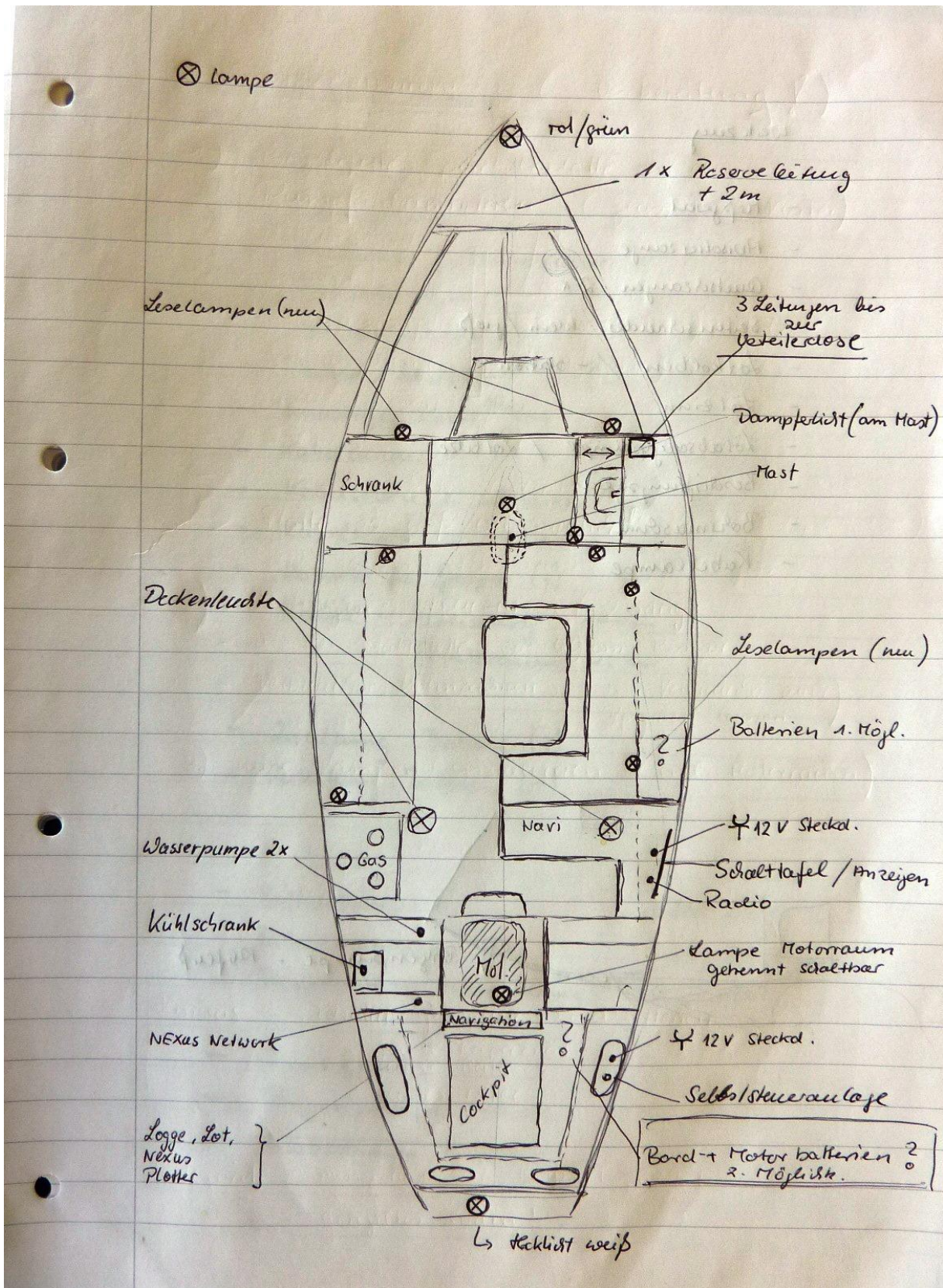
So könnte es dann nach einem erfolgten Einsatz aussehen. Auf Basis der alten Verkabelung wurde hier, wie ich finde, eine strukturierte geschaffen. Nur wenige Kabel (Zuleitungen zu den Verbrauchern) wurden wenn nötig erneuert. Die meisten Kabel innerhalb des Schiffes waren noch gut und wurden weiterverwendet. Doch zu den Ausführungsdetails später.

Bevor man aber den Seitenschneider ansetzt, ist erst einmal eine gründliche Bestandsaufnahme mit einer umfangreichen Dokumentation unumgänglich und erforderlich.

Dabei sollen so viele Informationen wie möglich über den bestehenden Istzustand festgehalten und dokumentiert werden.

Da die Erneuerung der Elektrik an meinem Schiff nun schon fast 10 Jahre zurück liegt und ich die Erneuerung bei meinem Bekannten in 2011 vorgenommen habe, werde ich diese letzte Erneuerung aus 2011 hier Stepp by Stepp dokumentieren.

Zur Bestandsaufnahme wird der Grundriss des Schiffes auf einem Blatt aufgezeichnet. Dann krieche ich von vorne nach hinten durch das gesamte Schiff und zeichne alle Verbraucher in den Grundriss ein. Wenn möglich und erkennbar, wird auch die Kabelführung zu den Verbrauchern mit eingezeichnet. Auch weitere Informationen über einen geplanten neuen Platz für die Batterien oder weitere Geräte werden in den Grundriss mit eingefügt. Das muss nicht schön aussehen. Auf den Informationsgehalt kommt es in diesem Fall an.





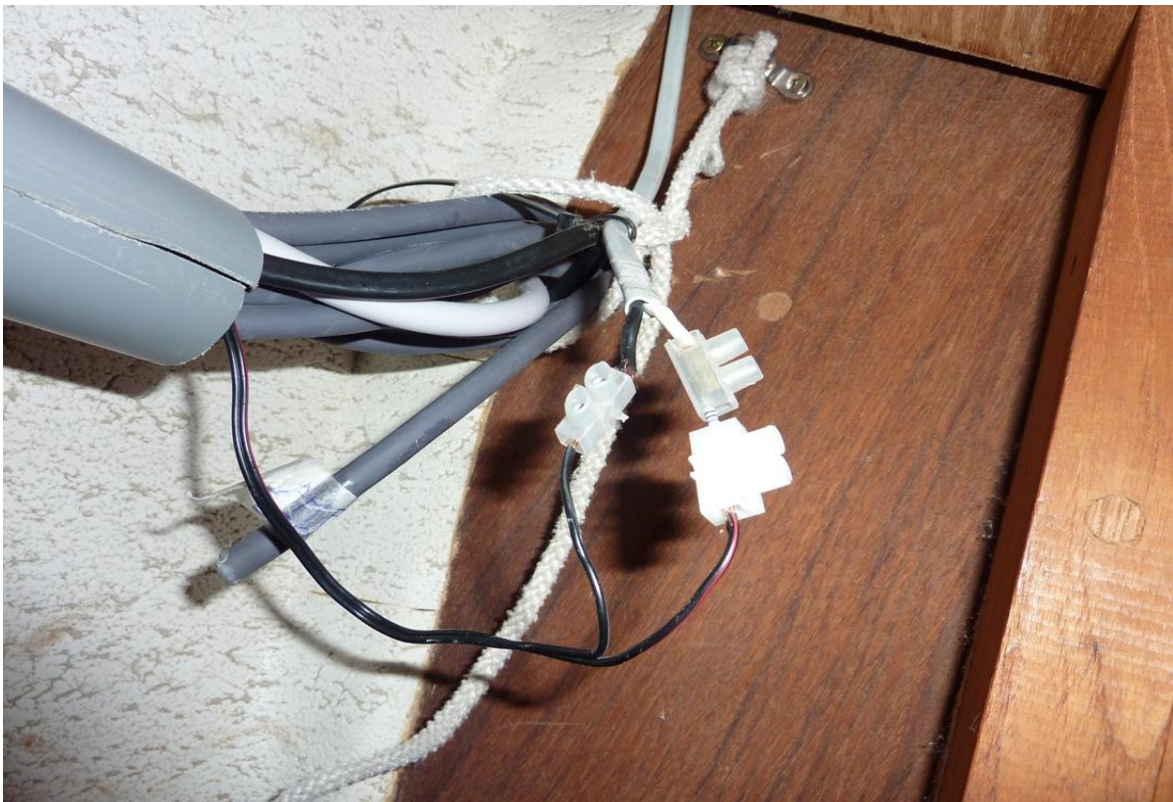
So, oder ähnlich kann das aussehen. Spätestens jetzt ist es auch an der Zeit, sich Gedanken über weitere Verbraucher, die man sich irgendwann mal zulegen will, zu machen. Diese möglichen zukünftigen Geräte sollten in unsere Planung mit einfließen auch wenn deren Anschaffung noch nicht aktuell ist. Die weiteren Überlegungen sind nun die folgenden.

- 1) Welche Verbraucher muss ich anschließen?
- 2) Welche Leitungen müssen erneuert werden?
- 3) Welche Verbraucher kommen neu hinzu oder sind in Planung
- 4) Sollen die Batterien einen neuen Standort bekommen?

Doch der Reihe nach!

Machen wir uns erst mal eine Aufstellung über alle bestehenden und zukünftigen Verbraucher. Dazu leistet uns auch die bereits von uns angefertigte Skizze (Seite 4) gute Dienste. Gleichzeitig prüfen wir die zu den Verbrauchern gelegten Kabel, ob sie noch weiter verwendet werden können. Dann schauen wir uns alle Leitungen an, die an einem Verbraucher außen am Schiff angeschlossen sind. Das sind in erster Linie alle Lampen, Außensteckdosen, Stromversorgung für den Autopiloten etc. Sind sie korrodiert oder schon erkennbar schwarz angelaufen, keine Kompromisse, diese Kabel gehören erneuert.

Bei der Überprüfung der Kabel sind oft unangenehme Überraschungen vorprogrammiert, denn nicht nur im Verteilerkasten wurde gefuscht, sondern auch in







Schrankecken und Nischen lauern die abenteuerlichsten Kabelverbindungen. Hier zeigt das Bild, wie eine Leseleuchte angeschlossen wurde. Das ganze festgezurrst mit einem Tampen! Gefunden habe ich diese abenteuerliche Konstruktion hinter dem Salonsofa. Zwischen den beiden Lüsterklemmen im Bild oben rechts, ein kleiner Widerstand, damit die LED-Leuchte, die für eine Spannung von 4 Volt ausgelegt ist, an das Bordnetz mit 12 Volt angeschlossen werden konnte.



Hier links noch einmal ein Ausschnitt aus dem obigen Bild, der zeigt, wie der Widerstand in den Stromkreis eingefügt wurde.

Ein weiteres Beispiel unten. Kartenplotter, Logge und Echolot und so sah es dahinter aus.

Keine Frage, auch diese Installation (sofern man überhaupt von einer Installation sprechen kann) bedurfte dringend einer Überarbeitung. Sonst darf man sich nicht wundern, wenn eines Tages die komplette Navigation



ausfällt. Immerhin hat man hier schon einen Draht anstelle des Tampens genommen, um das Kabelknäuel zu fixieren.



Doch alles hübsch der Reihe nach, wir sind noch bei der Aufstellung der Verbraucher und deren Auflistung.

Gehen wir also unsere im Boot gemachte Skizze vom Bug bis zum Heck durch und listen alle Verbraucher auf. (siehe Skizze Seite 4)

- Buglaterne rot/grün
- Leselampen Vorschiff
- Lampe WC-Raum
- Dampferlicht Lampen am Schott, Salon
- Lampen Salon überm Sofas
- Neue Leselampe Salon Stbd.
- Deckenlampe Salon Pantry
- Deckenlampe Salon Navigation (weiß/rot)
- 12 V Steckdosen Naviplatz
- Anzeigen Wasser / Diesel Naviplatz
- Radio
- Druckwasserpumpen
- Kühlschrank
- Lampe Motorraum
- Navigationsinstrumente
- 12 V Steckdose Cockpit
- Autopilot
- Hecklicht

Das sind die Verbraucher in der Reihenfolge vom Bug bis zum Heck. Diese bringen wir nun in eine sinnvolle Reihenfolge (was gehört zusammen?) Dabei überlegen wir, wie viele Sicherungsschalter am Panel will ich einsetzen und welche Verbraucher fasse ich zu einer Gruppe zusammen.

Wir haben uns für 2 Schaltpanels à 6 Sicherungsautomaten entschieden. Jedes Schaltpanel enthält zusätzlich noch eine extra Steckdose, die bereits mit verdrahtet und jeweils durch einen Automaten abgesichert ist.

Jede Gruppe bedeutet, Belegung eines Sicherungsautomaten. Wir können also max. 12 Gruppen bilden.



Verbraucher	Gruppe	Leistung in Watt
Buglaterne rot/grün	1	
Hecklicht	1	
Dampferlicht	2	
Navigationsinstrumente	3	
Autopilot	4	
12 V Steckdose Cockpit	5	
Leselampen Vorschiff	6	
Lampe WC-Raum	6	
Dampferlicht Lampen am Schott, Salon	7	
Deckenlampe Salon Pantry	7	
Deckenlampe Salon Navigation (weiß/rot)	7	
Neue Leselampe Salon Stbd.	7	
12 V Steckdosen Naviplatz (bereits verdrahtet)	Eig. Grp.	Mit Autom.
Radio	8	
Anzeigen Wasser / Diesel Naviplatz	8	
Druckwasserpumpen	9	
Kühlschrank	10	
Lampe Motorraum	11	

Wir haben jetzt unsere Verbraucher auf 11 Sicherungsautomaten aufgeteilt. Ein Automat, der bereits schon fertig verdrahtet werden soll bleibt für zukünftige Verbraucher frei. Alle Verbraucher, die mit einem Schalter zusammen geschaltet werden sollen sind in einer Gruppe zusammengefasst und hier noch einmal durch kleine blaue Markierungen gekennzeichnet.

Natürlich kann man auch andere Zusammenstellungen wählen. An dieser Stelle muss sich jeder ein paar Gedanken machen, wie er es gerne hätte und vor allem, wie es am sinnvollsten ist.

Beispiel: Die Positionslampen Bug Rot/Grün brennen immer zusammen mit dem Hecklicht, egal ob beim Segeln oder unter Maschine. Deshalb sind sie hier in einer Gruppe zusammengefasst. Das Dampferlicht kann einzeln hinzu geschaltet werden. Es bildet deshalb eine eigene Gruppe.

Oder die Beleuchtung: Vorschiff und WC bilden zusammen eine Gruppe und alle Lampen im Salon bilden eine Gruppe.

Verbraucher mit einer größeren Leistung, wie z.B. die Druckwasserpumpen oder der Kühlschrank liegen alleine auf einem Sicherungsautomaten, bilden also eigene Gruppen.

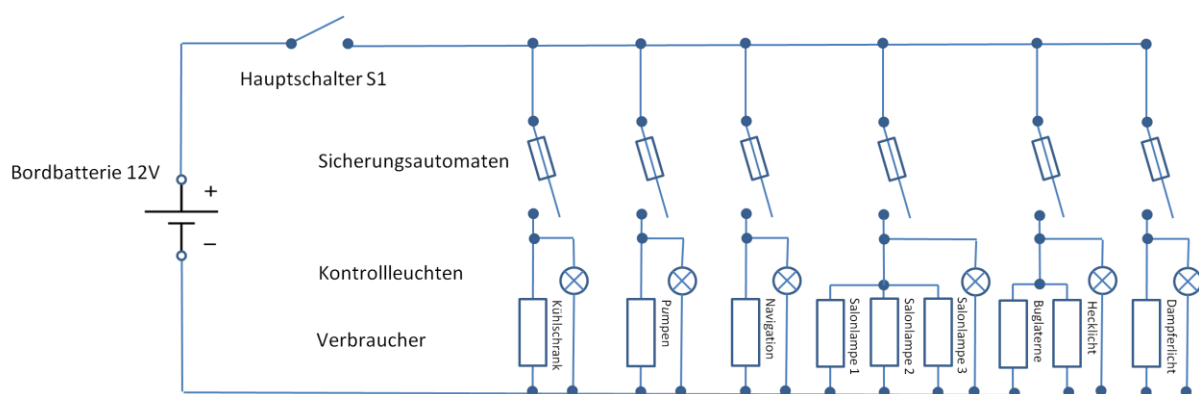
Wie gesagt, das kann jeder individuell entscheiden.



Weiter geht es mit der Planung.

An dieser Stelle kommen wir nun zu einer Glaubensfrage. Ungefähr so wie, mache ich den Ölwechsel im Herbst oder im Frühjahr. Wir müssen eine Entscheidung treffen. Wie soll die Absicherung aller Verbraucher erfolgen. Hierzu bieten sich 2 übliche und im Bordalltag praktizierte Möglichkeiten an.

- 1) Die Absicherung erfolgt nur über die Automaten. Schaltungstechnisch sieht das so aus.



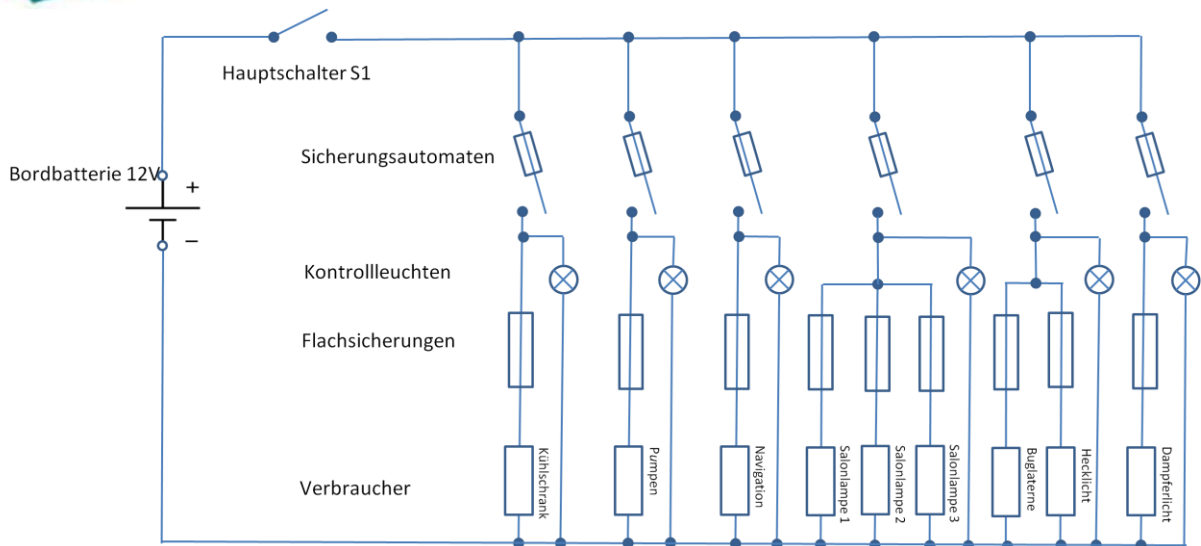
Links die 3 Verbraucher Kühlschrank, Pumpen und Navigation, sowie ganz rechts das Dampferlicht werden je einzeln auf einen Automaten aufgelegt und sind damit einzeln abgesichert.

Es folgt eine Dreiergruppe für die Salonlampen die damit zusammen abgesichert sind und wieder eine Zweiergruppe für Bug-und Hecklaterne. ...u.s.w.

Wer mit den Schaltzeichen noch nicht so ganz vertraut ist, dem empfehle ich, sich noch einmal den 2. Teil des ersten Artikels „Grundlagen“ anzusehen.

- 2) Die zweite Möglichkeit geht noch etwas weiter. Hier werden alle Verbraucher noch einmal zusätzlich über Schmelzsicherungen abgesichert. Dazu verwende ich die handelsüblichen KFZ Flachsicherungen.

Bevor wir nun in die Diskussion einsteigen, welche Vor- oder auch Nachteile die jeweilige Absicherungsart bietet, hier erst noch einmal die gleiche Anordnung der Verbraucher mit der Möglichkeit mit der zusätzlichen Absicherung als Schaltbild auf der nächsten Seite.

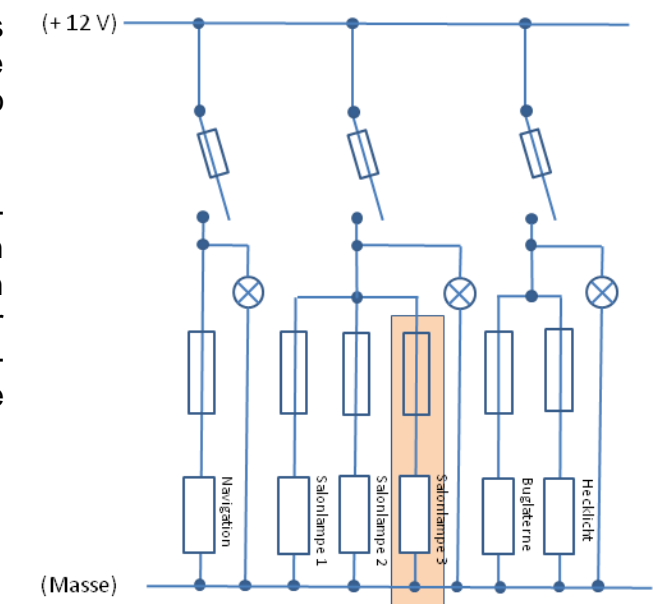
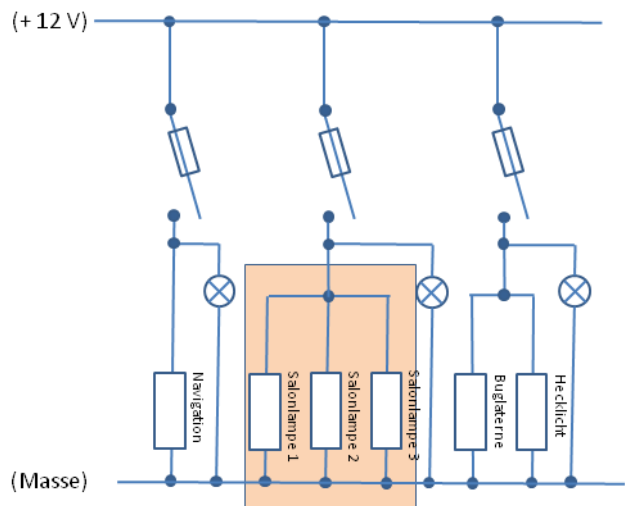


Das Schaltbild mit den zusätzlich eingefügten KFZ-Flachsicherungen.

Was sind nun die Vor- und / oder Nachteile der jeweiligen Absicherung? Nehmen wir z.B. einmal die Bug- und Hecklaterne. Würde bei schwerem Wetter durch Wasser ein dauerhafter Kurzschluss in der Buglaterne entstehen, schaltet der Sicherungsautomat den Kreis komplett stromfrei. Auch ein erneutes Einschalten des Sicherungsautomaten würde nicht helfen. Da der Kurzschluss noch besteht, lässt sich der Automat nicht wieder einschalten.

Wäre wie im zweiten Fall eine zusätzliche Flachsicherung eingebaut, würde sie, wenn ihr Wert geringer ist als der des Automaten, zuerst durchbrennen. Die Hecklampe würde weiterleuchten. Also kein Totalausfall im Kreis.

Die beiden kleinen Auszüge aus den jeweiligen Schaltungen zeigen deutlich den Unterschied der vom Ausfall betroffenen Bereiche (Farbig hinterlegt). Einmal der Totalausfall des Kreises (oben) und (unten) der Teilausfall der einzelnen Lampe am Beispiel der Salonbeleuchtung.





Ein weiterer Grund für den Einsatz von Flachsicherungen. In der Regel sind Schaltpanels mit 8 Ampere Automaten abgesichert. Das bedeutet, erst wenn ein Strom von 8 Ampere fließt, schaltet der Sicherungsautomat. Standard sind also die 8 A-Typen, auf Wunsch können, meist ohne Aufpreis 4 A, 6 A, 8 A, 10 A, 12 A oder 16 A Automaten eingesetzt werden. Der kleinste Automat schaltet somit bei 4 A. Flachsicherungen gibt es in den Werten 1A; 2A; 3A; 4A; 5A; 7,5A; 10A; 15A; 20A; 25A; 30A und 40A. Die mit den Werten über 15A machen nur dann Sinn, wenn anstelle der Flachsicherung zuerst der Automat (max. = 16A) auslösen soll. Man kann also mit den Flachsicherungen die Absicherung feiner abstufen und anpassen.

Natürlich kann man sagen; ich bilde keine Gruppen sondern sichere jeden Verbraucher über einen Automaten ab. Das geht sicherlich; ohne Frage. Auf meinem Schiff habe ich insgesamt 31 einzelne Verbraucher. Demzufolge müsste ich ein Schaltpanel mit min. 31 Automaten einsetzen. Mal abgesehen vom Geld; den Platz dafür habe ich gar nicht.

Ich habe mich also für die zweite Variante entschieden; denn a) ist der Arbeitsaufwand genau der gleiche und b) Flachsicherungen sind Pfennigartikel (sorry; heute sind es ja Cent) und ich erhalte eine zusätzliche Sicherheit.

Wer das nicht mag; kein Problem; der nimmt anstelle der Verbindungsklemmen mit den Flachsicherungen einfach welche ohne. Wie gesagt; das ist eine Glaubensfrage; bei der es m.E. kein richtig oder falsch gibt.

Jetzt schätzen wir (wieder anhand der Skizze auf Seite 4) die Länge der neu einzuziehenden Kabel ab; damit wir eine Größenordnung erhalten; wie viel Meter Kabel wir neu kaufen müssen. Wenn das Schiff in der Skizze ca. 10 Meter lang ist; kann man sehr gut (und ruhig etwas großzügig) die Kabellängen abschätzen. Für die Verkabelung am Panel geben wir noch zusätzlich ca. 50 cm. hinzu.

Für unsere Verkabelung kam ich ganz grob und großzügig auf eine Länge von ca. 80 Meter. In der Praxis heißt das; eine 100 Meter Rolle ist fällig.

Die Verkabelung soll auf einem an der Bordwand laminiertem Brett erfolgen; das später hinter einem kleinen Schrank verschwindet. Die Panels werden in die Schranktür; bzw. in eine Klappe montiert.



### 3.0. Planung / Material und Werkzeug

Einen Teil der Planung haben wir ja schon im Beitrag 2 erledigt. Wir hatten festgelegt, welche Verbraucher wir zu Gruppen zusammenschalten und wir hatten die Gesamtlänge der neu zu verlegenden Kabel ermittelt. Das waren ca. 85 Meter, aufgerundet eine 100 Meter Rolle. Bleibt noch die Frage nach dem Querschnitt des Kabels. Dazu etwas später.

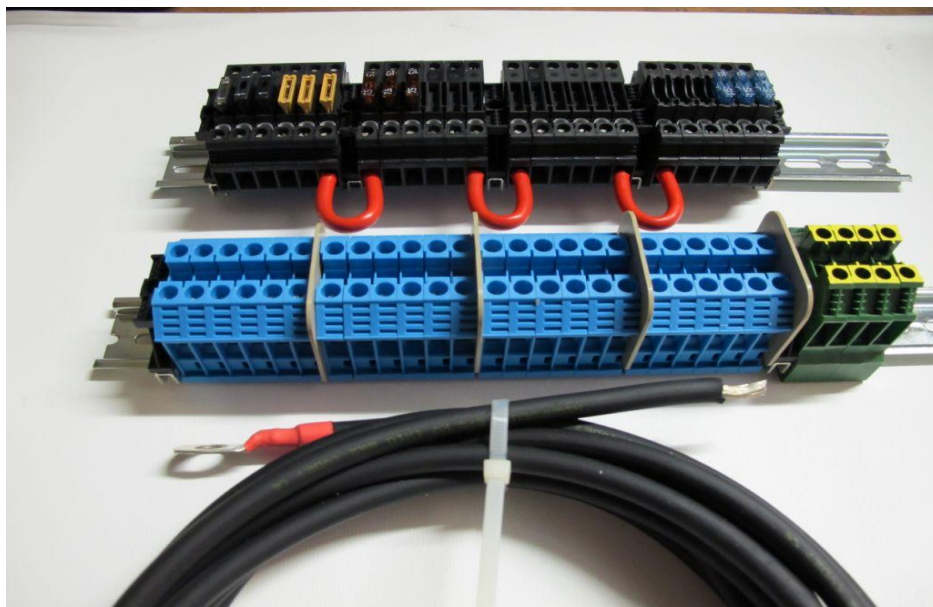
#### 3.1. benötigtes Material

Überlegen wir nun, welches Material wir sonst noch benötigen und listen dieses auf.

- 2 Schaltpanels a` 6 Anschlüsse mit integrierten Steckdosen
- 100 m Kabel (2 x 2,5<sup>2</sup>)
- 1 Holzplatte für die Verdrahtung im Schrank (40 X 30 cm) wird an die Bordwand laminiert
- 2 Hutschienen zur Aufnahme der Verbindungsklemmen
- 24 Phoenix-Reihenklemmen mit Flachsicherungen (schwarz)
- 24 Phoenix-Reihenklemmen (blau)
- 4 Verbindungsklemmen für die Erdungsleitungen (gelb/grün)
- Passende Schrauben
- 1 Ring Rangierkabel 1 x 2,5 qmm blau o. schwarz
- 1 Ring Rangierkabel 1 x 2,5 qmm rot
- diverse Größen Kabelbinder
- 1 Sortiment Aderendhülsen (siehe Bild rechts)
- div. Größen Kabelschuhe (Öse o. Gabel)
- jeweils 2 Stangen Lüsterklemmen (klein, mittel und große)
- Verteilerdosen (verschiedene Größen)



Die Hutschienen habe ich zu Hause schon mal vorbereitet und mit den Reihenklemmen bestückt.





In der oberen Reihe sieht man die Verbindungsklemmen (in schwarz) für die Flachsicherungen. Hier sind auch Brücken eingeschraubt, mit denen man Gruppen bilden kann. Sie werden bei Bedarf entsprechend gekürzt. Die zweite Reihe sind ganz normale Verbindungsklemmen (in blau). Die Farben spielen hier nicht die große Rolle und können je nach Hersteller auch abweichen.

Lieferanten für solche Klemmen sind z.B. Wago, Phoenix oder Contact Clipklemmen.

Rechts sieht man auch die 4 Klemmen für die Erdungsleitungen, die braucht man z.B. für Grenzwellenempfänger oder Radio etc., aber dazu komme ich später noch einmal.

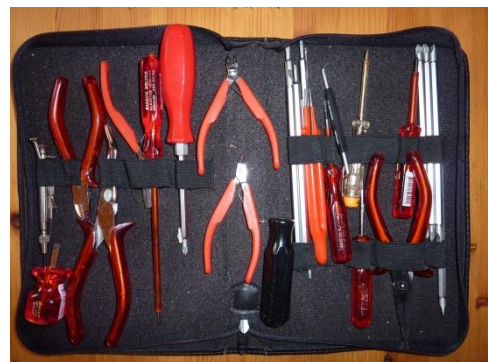
Will man eine Lösung ohne die zusätzlichen Flachsicherungen, nimmt man an dieser Stelle einfach normale Verbindungsklemmen. Es gibt auch Verbindungsklemmen in doppelstöckiger Ausführung. Da werden in der unteren Ebene die Masseleitungen aufgelegt und in der oberen die Plusleitungen. Diese benutze ich persönlich nicht so gerne, da die Verkabelung etwas kompakter ist. Einfacher ist es mit 2 getrennten Reihen.

### 3.2. Werkzeug

Kommen wir nun zum Werkzeug. Es gibt nichts Schlimmeres als untaugliches Werkzeug. Ein vernünftiger Akkuschauber und eine Stichsäge sind die elektrischen Werkzeuge. Ein kompletter Satz Bohrer und Sägeblätter sollte es schon sein. Ich benutze seit Jahren den Multimaster von Fein. Damit lassen sich hervorragend Ausschnitte sägen, aber eine Stichsäge tut es wie gesagt auch.

Neben den elektrischen Werkzeugen sollten noch folgende Werkzeuge zur Verfügung stehen.

- Schlitzschraubendreher (diverse Größen)
- Kreuzschlitzschraubendreher (diverse Größen)
- Abisolierzangen
- Aderendhülsenzangen
- Seitenschneider groß und klein
- Flachzangen



Ach ja, fast hätte

ich es vergessen, ein Messgerät (Multimeter) zum Messen von Gleichspannung, Widerständen und Durchgangsprüfung gehört ohne Frage mit zur Ausrüstung. Mit ihm lassen sich Fehler aufspüren, unbekannte Leitungen identifizieren und korrekte Verbindungen prüfen.





Ich benutze hier ein sehr robustes Gerät in einer Gummiarmierung, das auch mal einen Stoß verträgt oder mal runterfallen darf, ohne dass es Schaden nimmt. 2 bis fast in die Spitzen isolierte Messleitungen verhindern, dass man bei Messungen einen Kurzschluss produziert.



In der Werkzeugaufstellung hatte ich Abisolierzangen mit aufgeführt. Hier bietet der Markt eine sehr große Bandbreite, vor allem, was die Qualität und den Preis angeht. Lange Zeit habe ich mich mit einfachen Zangen beholfen und oft dabei auch Kabelenden zerstört oder einen Teil der feinen Drähtchen abgerissen, so dass ich sie erneut absetzen musste. Besonders ärgerlich, wenn die Kabelenden schon sehr kurz waren. Irgendwann habe ich mir dann eine vernünftige Abisolierzange ge-

kauft, nicht billig aber sehr effektiv. Bei der oberen schwarzen Zange handelt es sich um eine teure Automatikzange, mit der sicher jeder klarkommt.

Aderendhülsen mit einer Flachzange oder gar mit einer Wasserpumpenzange auf das Kabelende zu quetschen geht gar nicht! Hier 2 professionelle Zangen, mit denen sich die Aderendhülsen einfach und schnell auf die Kabelenden quetschen lassen. Die obere Zange für Kabelendhülsen von 0,5 bis 16 mm und die untere von 0,75 bis 16 mm. Der Unterschied, die untere größere Zange gibt die gepresste Endhülse erst nach Erreichen eines bestimmten Pressdruckes wieder frei.



Mit dieser Zange gepresste Endhülsen werden deshalb immer mit dem richtigen Druck gepresst. Es gibt Aussagen, dass richtig gepresste Aderendhülsen sogar gasdicht (ich bin mir da allerdings nicht sicher) sein sollen. Das würde bedeuten, die Korrosionsgefahr wäre noch einmal deutlich geringer.

An dieser Stelle ein Wort zum Werkzeug. Es lohnt sich immer, hier ein wenig mehr Geld auszugeben. Billiges Werkzeug aus dem Baumarkt ist nicht wirklich immer auch günstig. Man kann es ja nach Abschluss der Arbeiten z.B. im Forum zum Verkauf anbieten. Aufgrund des regen Interesses gibt es bestimmt Käufen. So eine Art Werkzeug-Sharing. Das gilt auch für Verbrauchsmaterial wie Aderendhülsen und z.B. Kabelschuhe. Besser (und auch günstiger) als eine abgezählte Anzahl sind Sortimente. Auch für die findet man bestimmt Abnehmer.

Aderendhülsen oder Kabelschuhe müssen sein! Das früher übliche Verzinnen geklemmter Litzenenden hat sich als unzuverlässig erwiesen, da Kriecheffekte des weichen Zinns und dessen schlechte Kontakteigenschaften (Oxidation) zur Lockerung und Unterbrechung bzw. zu Übergangswiderständen und damit letztlich zu Brand



schäden führen kann. Im Bereich der Elektroinstallation ist daher das Klemmen verzinnter Aderenden **verboten**.



Über die Qualität, den Vor- und Nachteilen von Baumarkt-Werkzeugsortimenten brauchen wir an dieser Stelle wohl nicht ausführlich eingehen. Hier gilt wohl der bekannte Ausspruch, billig ist nicht gleich günstig.

Gute Dienste bieten auch einfache Kabelkanäle. Sie sorgen dafür, dass in den Schaltkästen trotz der vielen Kabeln eine gewisse Ordnung eingehalten wird. Außerdem erleichtern sie ungemein das Verlegen der Kabel auf engem Raum. Diese gibt es in verschiedenen Breiten als Meterware.

### 3.3. Kabel

Wir müssen noch einmal auf die Beschaffenheit und den Querschnitt der Kabel zurückkommen.

Grundsätzlich werden flexible Kabel, sogenannte Litze verlegt. Starre Kabel eignen sich überhaupt nicht! Aus dem ersten Artikel "Grundlagen" wissen wir, je dicker ein Kabel ist, umso mehr Strom kann fließen, denn neben den Verbrauchern besitzen auch Kabel einen elektrischen Widerstand.

Kabelquerschnitte bei Gleichstrom sind ganz wichtig. Zu schwach, das heißt zu dünne Kabel werden warm und fangen im Extremfall an zu glühen, wie im Prinzip ein Wolframdraht in einer Glühlampe. Diesen Effekt wollen wir nun nicht, im Gegenteil, glühende Drähte können einen Brand auslösen und deshalb wollen wir unsere Kabel richtig dimensionieren.

Je mehr Strom fließen soll (und der steigt ja wie wir aus dem 1. Kapitel wissen, mit der Leistung des Verbrauchers) und je länger das Kabel sein muss, umso grösser muss der Querschnitt sein.

Bei einem Bordnetz mit einer Spannung von 12 V darf der Spannungsabfall zwischen Stromquelle und Verbraucher folgende Werte nicht überschreiten:

**Positionslaternen 5% = 0,60 V**

**sonstige Verbraucher 7% = 0,84 V**

Um den Querschnitt zu errechnen, gibt es eine kleine Formel

$$\text{Leitungsquerschnitt (mm}^2\text{)} = \frac{2 \times \text{Kabellänge (m)} \times \text{Stromaufnahme (A)}}{58 \times \text{zulässiger Spannungsabfall}}$$



Da der Strom immer einen Hin- und Rückweg hat, ist die Leiterlänge doppelt so groß wie die Kabellänge. Die Zahl 58 in der Formel ist der Leitwert von Kupfer.

Mein Vorschlag für einen generellen Querschnitt der Verkabelung von Verbrauchern an Bord wäre

$$\text{Querschnitt (mm}^2\text{)} = \frac{2 \times 8 \text{ (m)} \times 5 \text{ (A)}}{58 \times 0,6 \text{ (V)}}$$

Der Kabelquerschnitt für einen Strom von 5 Ampere und einer Kabellänge von 8 Metern beträgt somit  $2,30 \text{ mm}^2$ , das bedeutet, eine übliche Kabelgröße wäre hier  $2,5 \text{ mm}^2$ . Wenn wir hier von Größen reden, bezieht sich das immer auf den eigentlichen Leiter, ohne Isolierung.

**Achtung der Querschnitt in ( $\text{mm}^2$ ) ist nicht gleich dem Durchmesser (mm) des Kabels.**

Die von mir eingesetzten Werte von 8 Meter Länge im Schnitt, vor allem aber der Wert von 5 A wird für moderne Verbraucher nur selten erreicht und deshalb sollte ein Kabel mit  $2,5 \text{ mm}^2$  für die meisten Verbraucher ausreichen.

Es gilt aber auch, Verbraucher mit höherer Leistung, bei denen ein Strom von 5 und mehr Ampere (z.B. ältere Radargeräte) fließen oder die wesentlich weiter als 8 m entfernt installiert werden, diese sollten mit einem Kabel mit entsprechendem großen Querschnitt angeschlossen werden, der individuell nach der o.a. Formel ermittelt werden muss. Für alle anderen Verbraucher sollte der oben. berechnete Querschnitt ausreichen. Genaue Werte werden wir abschließend in einem Excelmodell berechnen. Heutzutage gibt es jedoch immer mehr Verbraucher, die aufgrund der modernen Halbleitertechnik nur noch eine sehr geringe Leistung von wenigen Milliwatt haben und wo deshalb auch nur ein sehr geringer Strom fließt. Hier würde ein Kabel mit einem sehr geringen Querschnitt durchaus reichen. Aber wenn wir uns die feinen Litzen ansehen, die teilweise aus einem Plotter oder einer modernen LED-Leuchte herausgeführt werden, stellen wir schnell fest, dass Kabel mit so einem geringen Querschnitt sich nicht für eine Verlegung quer durchs Boot eignen.

Ein guter Kompromiss sollten deshalb Kabel mit einem Querschnitt von  $2,5 \text{ mm}^2$  sein.

Um auf der sicheren Seite zu sein, nutzen wir den Energiebedarfsrechner (ein Excel-Modell) Version 3, den wir ebenfalls auf der HP finden.

An dieser Stelle sollte das Excel-Modell EBR V3.1 (Version 3) parallel geladen werden. Die hier genannten Verbraucher sind bereits eingegeben. Diese kann dann jeder mit seinen Verbrauchern und deren Werte überschreiben. Wer es noch nicht kennt, der sollte sich zunächst die allgemeine Anleitung durchlesen.

Nachdem wir uns für 2 Panels a' 6 Automaten entschieden haben, werden wir auch 2 Gruppen im Excel-Modell belegen und zwar so, wie wir die Verbraucher auch an



unserem Panel anschließen wollen. Listen wir also unsere Verbraucher in den beiden Gruppen so auf.

Nacheinander tragen wir nun unsere Verbraucher in das Excel-Modell ein. Ebenso die entsprechenden Werte für Leistung oder Strom, sowie die Anzahl der Stunden an dem der Verbraucher pro Tag eingeschaltet wird. Auch die einfachen Kabellängen und der Spannungsverlust werden in die entsprechenden Spalten eingetragen. Nähere Informationen dazu sind aber auch im Excel-Modell selbst hinterlegt.

Wichtig nur, erst wenn alle Spalten entsprechend ausgefüllt wurden, werden die Kabelquerschnitte und die entsprechende Absicherung berechnet. Die Ampeln der jeweiligen Verbraucher sollten grün zeigen. Eine rote Ampel signalisiert fehlende Eintragungen.

Sind alle Werte eingetragen, wechseln wir in den Druckbereich. Je nachdem, welche Werte wir in unserer Tabelle sehen wollen, werden die Spalten entsprechend ausgeblendet und unsere Tabelle ist zum Druck bereit.

### Aufstellung der Verbraucher im Excel-Modell

Geräte	Anzahl	Leistung Watt (W)	Strom Ampere (A)	benötigte Energie [Ah]	Kabel- länge [m]	Maximal möglicher Strom	nächste Normgröße Kabel [qmm]	Mindest- ab- sicherung (A)
<b>Grp 1 Navigationsleuchten</b>								
Buglaterne rot/grün	1	25,0	0,0	8,3	13,0	2,1	2,5	2,5
Hecklicht	1	25,0	0,0	8,3	5,0	2,1	0,8	2,5
Dampferlicht	1	25,0	0,0	8,3	15,0	2,1	2,5	2,5
Navigationsinstrumente	1	0,0	0,8	8,0	8,0	0,8	0,8	1,0
Lampe Motorraum	1	3,0	0,0	0,3	1,5	0,3	0,8	0,5
Autopilot SP1 Raymarine	1	0,0	4,0	16,0	3,0	4,0	0,8	5,0
12 V Steckdose Cockpit	1	20,0	0,0	3,3	3,0	1,7	0,8	2,0
<b>Zuleitung für die Grp 1</b>				<b>52,6</b>	<b>1,5</b>	<b>12,97</b>	<b>1,5</b>	<b>15,0</b>
<b>Grp 2 Innenleuchten</b>								
Leselampen Vorschiff	2	3,0	0,0	1,5	8,0	0,5	0,8	0,5
Lampe WC-Raum	1	10,0	0,0	0,4	4,0	0,8	0,8	1,0
Lampen am Schott, Salon	2	10,0	0,0	5,0	5,5	0,8	0,8	2,0
Deckenlampe Salon Pantry	1	10,0	0,0	2,5	6,0	0,8	0,8	1,0
Deckenlampe Salon Navigation (weiß/rot)	1	10,0	0,0	2,5	2,0	0,8	0,8	1,0
Neue Leselampe Salon Stbd.	2	3,0	0,0	1,5	2,0	0,3	0,8	0,5
Radio	1	0,0	0,5	1,5	1,5	0,5	0,8	0,5
Anzeigen Wasser / Diesel Naviplatz	1	5,0	0,0	4,2	0,5	0,4	0,8	0,5
Druckwasserpumpen	2	10,0	0,0	0,8	3,0	0,8	0,8	2,0
Kühlschrank	1	10,0	0,0	5,0	3,0	0,8	0,8	1,0
<b>Zuleitung für die Grp 2</b>				<b>24,9</b>	<b>1,5</b>	<b>6,67</b>	<b>0,8</b>	<b>10,0</b>



In der Spalte "Nächste Normgröße Kabel" sehen wir, dass in unserem Beispiel keiner der Verbraucher einen Anschluss mit mehr als  $2,5 \text{ mm}^2$  benötigt. Genau genommen kämen wir sogar mit einem durchschnittlichen Querschnitt von  $1,5 \text{ mm}^2$  aus.

Damit kämen wir aber für die Positionslampen in den Grenzbereich. Hier wären dann entweder  $2,5 \text{ mm}^2$  Kabel erforderlich, oder wir müssten auf LED-Leuchten wechseln. Ganz sicher aber wäre das bei einer Dreifarbenlaterne oder Ankerlicht im TOP erforderlich. Hier kommen schnell 20 bis 25 m lange Kabel zum Einsatz.

Hier noch ein paar kleine Tipps, wie man die Leistung eines Verbrauchers ermitteln kann.

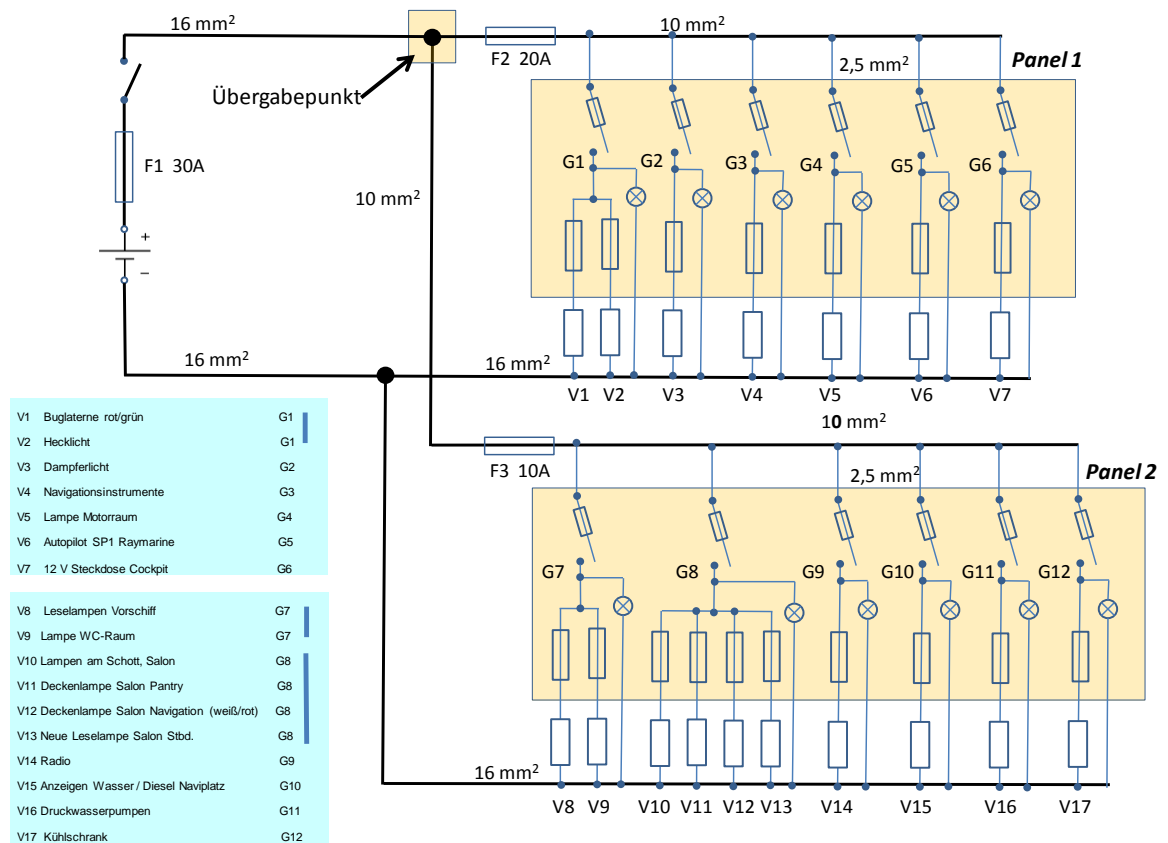
- Auf den Glühbirnen ist oft ein Aufdruck wie z.B. 12V/25W, dann beträgt die Leistung 25W, oder aber 12V/1,6 A. Dann tragen wir den Strom, hier 1,6 A in die entsprechende Spalte ein.
- Bei einigen Geräten wie z.B. Plotter oder Autoradios etc. ist in der herausgeführten Plusleitung eine sogenannte fliegende Sicherung (z.B. 250 mA) eingebaut. Der Wert dieser Sicherung begrenzt den oberen Stromwert. Dann können wir diesen Wert in die Spalte "Strom" eintragen.
- Ansonsten bleibt das Manuel mit den technischen Daten oder das Googeln im Netz. Dort findet man in den meisten Fällen unter Spezifikationen oder Technische Daten Angaben zur Leistung eines Verbrauchers.

Übrigens, wenn der Wert der eingesetzten Flachsicherung dem der fliegenden Sicherung entspricht (und nur dann), kann man diese getrost weglassen. Denn es ist meist viel einfacher, eine Flachsicherung auszutauschen als die Verkleidung abzubauen und die entsprechende fliegende Sicherung dahinter auszutauschen. Bitte aber die Auswirkungen auf die Garantieansprüche prüfen.

Noch eine Bemerkung zu den Zuleitungen zu den Panels. In unserer Excel-Aufstellung sehen wir, dass für die Gruppe 1 und auch für die Gruppe 2 eine Zuleitung von mindestens  $0,8 \text{ mm}^2$  verlangt werden. Die niedrigen Querschnitte resultieren in diesem Fall aus der kurzen Zuleitung zwischen Übergabepunkt und Panel, nämlich nur 1,5 m. Natürlich wählen wir diesen Querschnitt auf keinen Fall geringer, als die übrige Verkabelung. Im Gegenteil, üblich sind an dieser Stelle  $10 \text{ mm}^2$ .

Dieser Querschnitt lässt auch noch den weiteren Anschluss späterer Verbraucher zu. Außerdem ist meistens ist der Querschnitt auch schon vorgegeben, denn das Kabel befindet sich bereits vorkonfektioniert am Schaltpanel.

Ein Schaltplan mit der späteren Anordnung der Verbraucher soll zeigen, welcher Teilabschnitt gemeint ist. Vom Übergabepunkt zu den Sicherungsautomaten.



Entsprechend muss der Querschnitt zwischen Batterie und Übergabepunkt größer gewählt werden, da hier der Strom von 2 Panels oder wie in unserem Fall, aller Verbraucher fließt. Üblich sind hier  $16 \text{ mm}^2$  oder auch  $30 \text{ mm}^2$ , je nach Umfang der Gesamtinstallation. Im Plan eingezeichnet reichen bei uns  $16 \text{ mm}^2$ . Da bleibt dann auch noch genügend Reserve für evtl. spätere Verbraucher.

In diesem Plan sieht man jetzt auch erstmals zusätzliche Sicherungen, die zum Schutz der Kabel eingesetzt wurden. Jetzt könnte der Einwand kommen, durch die Automaten und durch die zusätzlichen Schmelzsicherungen ist doch schon alles abgesichert. Ja, stimmt, aber erst ab den Sicherungen. Die Verkabelung zwischen dem Pluspol der Batterie bis hin zum Schaltpanel mit den Automaten ist noch nicht abgesichert. Man stelle sich vor, innerhalb dieser Teilverkabelung scheuert durch Bewegung ein Kabel durch, oder es gibt einen anderweitigen Kurzschluss (Einklemmen der Leitung durch einen schweren scharfkantigen Gegenstand), wie auch immer nach Masse! Dann würde, je nach Kapazität der Batterie ein immens hoher Strom fließen, der einen Schmorbrand zur Folge haben könnte. Sogar der Hauptschalter, an dem häufig die Kabel mit Kabelschuhen (Öse o. Gabel) und Schrauben befestigt sind, kann Urheber für einen Kabelbrand sein.



Lockert sich eine der Schrauben, kommt es zum Wackelkontakt und damit zu möglichen Funken.

Entsprechend der Belastung der Kabel wählen wir unsere Absicherung.

Wir schauen wieder auf unsere Excel-Aufstellung. Für das Panel 1 (entsprechend Gruppe 1) würde hier ein theoretischer Strom von 12,97 A (Summe der Ströme entsprechend der Nennleistungen) fließen. Der theoretisch mögliche Strom aufgrund der eingesetzten Sicherungen (Summe der Mindestabsicherungen) wäre 16A. Wir wählen daher eine 20A Sicherung (im Plan mit F2 gekennzeichnet) und bleiben damit deutlich (selbst bei einer ungünstigen Verlegeart) unterhalb der max. zulässigen Strombelastbarkeit für ein 10 mm<sup>2</sup> Kabel.

Anmerkung: Der Buchstabe "F" bei der Bezeichnung von Sicherungen (z.B. F2) kommt aus der Abkürzung von „Fuse“ = Sicherung

Für das Panel 2 (Gruppe 2) entsprechend wäre der theoretische Strom (Summe der entsprechenden Nennleistungen) 6,4 A. Theoretisch möglich aufgrund der gewählten Absicherungen wären es 11 A. Wir wählen eine 10 A Absicherung (im Plan F3).

Für die Zuleitung von der Batterie zum Übergabepunkt könnten theoretisch 30 A (Summe aus F2 = 20 A und F3 = 10 A) fließen. Für unsere Sicherung (F1) wählen wir deshalb 30 A. Auch dieser Wert bleibt damit deutlich unter der zulässigen Strombelastbarkeit für ein 16 mm<sup>2</sup> Kabel. <sup>(1)</sup>

Alle Kabel außerhalb des Schaltschranks sollten nicht etwa als fliegende Leitungen (hier wäre die Gefahr durch Scheuern oder Quetschen zu groß) frei im Boot verlegt werden, sondern wenn möglich in kleinen Kabelkanälen oder Schutzrohren.

Anmerkung: Bei Kabeln mit größerem Querschnitt können sehr hohe Ströme fließen. Wer kein geeignetes Werkzeug für größere Kabelquerschnitte hat, sollte sich die Kabel mit 10 bzw. 16 mm<sup>2</sup> Querschnitt (das gilt im Prinzip auch für alle Kabel mit größerem Querschnitt) die Kabelendhülsen bzw. entsprechende Kabelschuhe von einem Elektrobetrieb konfektionieren lassen.

<sup>(1)</sup> Die zulässigen Ströme unter Berücksichtigung von Verlegeart und Temperatur findet man in entsprechenden Tabellen, die nach International Standard ISO 10133 aufgestellt wurden.

## DIN EN ISO 10133

Kleine Wasserfahrzeuge - Elektrische Systeme - Kleinspannungs-Gleichstrom-(DC-)Anlagen (ISO/DIS 10133:2011)

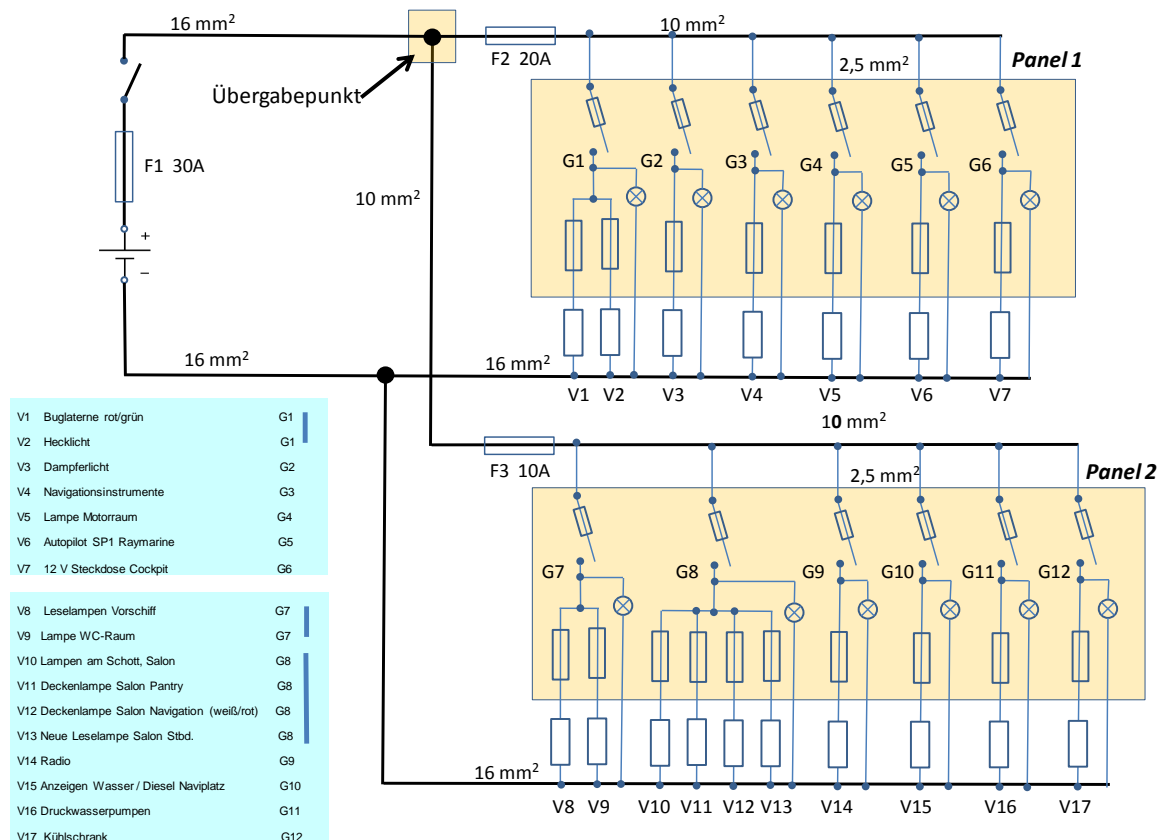


## 4.0. Detailplanung und Einsatz an Bord

Jetzt haben wir uns ein wenig mit der Theorie, dem Werkzeug und dem benötigten Material beschäftigt.

Bevor wir nun an Bord gehen, sollten wir im Detail festlegen, welche Verbraucher werden wie angeschlossen. Man spricht hier auch von Auflegen. Welche Kabel werden wie und wo aufgelegt (angeschlossen).

In der letzten Folge hatten wir bereits einen Schaltplan mit Verbrauchern dargestellt, der (nicht nur zufällig) dem unserer Verkabelung entspricht.



### 4.1. Austausch und Auflegen der Kabel

Fassen wir mal zusammen. Wir haben 17 Verbraucher (V1 bis V17) die an 2 Panels angeschlossen werden sollen. Die Panels haben je 6 Automaten die unsere Verbraucher als Gruppen (G1 bis G12) schalten sollen. Mal besteht so eine Gruppe wie z.B. G12 aus einem einzelnen Verbraucher, dem Kühlschrank (V17), oder mal aus einer Reihe von Verbrauchern wie z.B. die Gruppe G8 mit den Lampen (V10 bis





V13). Gruppen sollten immer logisch zusammengehören. Es muss Sinn machen, Verbraucher zu einer Gruppe zusammenzufassen.

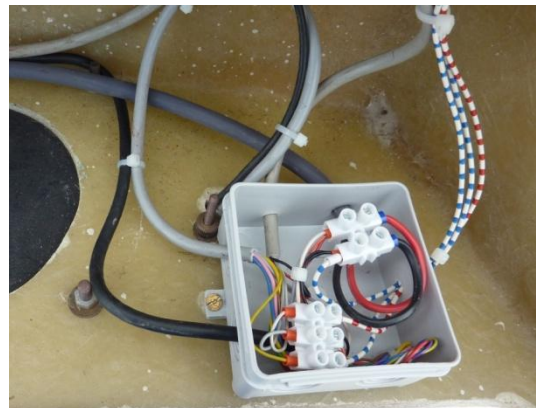
Die Positionslampen am Bug leuchten nie alleine. Sie werden immer zusammen mit dem Hecklicht eingeschaltet. Deshalb macht es Sinn, diese Verbraucher zusammen zu schalten. Das Dampflicht bekommt eine eigene Gruppe, damit es je nach Status des Schiffes (unter Segel oder unter Maschine) hinzu geschaltet werden kann. Eine andere Gruppe, die Sinn macht, sind die Anzeigen der Navigationsinstrumente. Die Logge braucht man meistens zusammen mit dem Lot, dem Windanzeiger und ggfls. sogar dem Plotter, GPS oder sonstigen Navigationseinrichtungen. Diese Verbraucher lassen sich gut zu einer Gruppe zusammenfassen. Mit einem Schalter (Automaten) schaltet man die komplette Navigation ein.



Bild: So sah es vorher hinter den Navigationsinstrumenten aus. Ein Wunder, dass es funktionierte.

Wir haben im Prinzip die gleiche Anwendung realisiert, aber nur etwas anders ausgeführt. Erinnern wir uns an die Baustelle hinter den Navigationsinstrumenten. Da der Eigner im nächsten Jahr die Navigation erneuern möchte und die genaue Anordnung noch nicht feststeht, haben wir anstelle von mehreren Leitungen, die zu den Instrumenten (V4) führen, nur eine Zuleitung (G3) verlegt. Die einzelnen Instrumente wurden dann hinter den Instrumenten unterverteilt. Dazu haben wir dort provisorisch eine kleine Box installiert. Um auch hier eine möglichst hohe Ausfall-

Bild: Die provisorische Übergangslösung. Leider hatten wir keine wasserfeste Box zur Hand. Obwohl es ein trockenes Plätzchen ist sollte unbedingt eine wasserfeste Verteilerbox installiert werden.



sicherheit zu erhalten, werden dann je nach Instrumentenserie später mehrere Kabel (pro Verbraucher 1 Sicherung), die möglicherweise auch schon Datenleitungen (z.B. NMEA oder SeaTalk) mit beinhalten, verlegt.

Es gibt auch Eigner, die hier anstelle einer aufwendigen Installation eine einfache Verkabelung (so wie wir jetzt) wählen und für den Notfall ein Hand-GPS mitführen. Das mag aber jeder für sich entscheiden. Ich für meinen Fall bevorzuge es, getrennte Leitungen für jedes Instrument inklusive der Datenleitungen bis ins Trockene (am besten zum Schaltschrank) zu führen und dort zu verdrahten.

Wenden wir uns unserem Schaltschrank zu. Bevor wir aber nun an Bord den Seitenschneider in die Hand nehmen, versuchen wir so viele Leitungen wie möglich zu identifizieren. Im Idealfall sollten das alle Leitungen sein. Sicher gibt es an Bord die ein oder andere "tote" Leitung, entweder funktionsfähig, aber nicht mehr in Ge-



brauch, weil der Verbraucher weggefallen oder ersetzt wurde, oder es sind nicht funktionsfähige Leitungen, die aufgrund eines Fehlers außer Betrieb genommen wurden. Wie dem auch sei, nach Möglichkeit sollten alle defekten und toten Leitungen entfernt werden. Zumindest gehören sie, fall sie nicht entfernt werden können (z.B. in einer Decke oder Laminat verlegt), eindeutig gekennzeichnet. Alle anderen Leitungen müssen sorgfältig identifiziert und beschriftet werden.

Haben wir Glück, so lässt sich ein Verbraucher vom Panel aus ordnungsgemäß schalten. Dann beschriften wir das Kabel mit dem Verbraucher und klemmen es vom



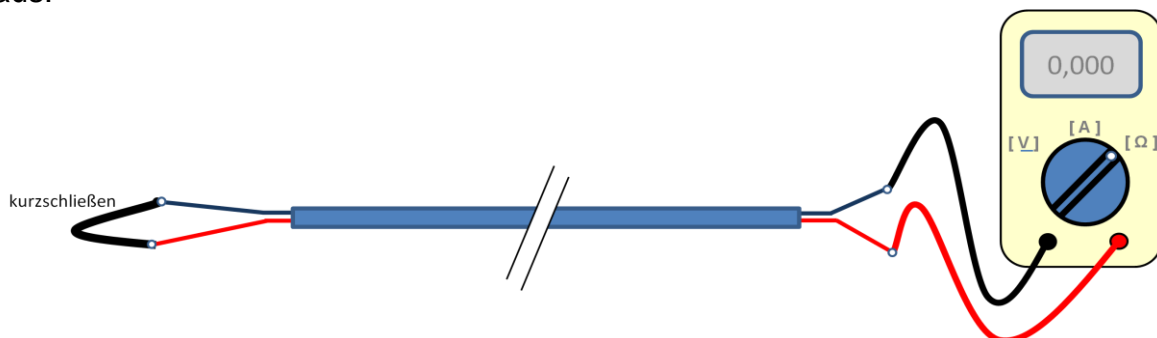
Panel ab (hoffentlich ist es unterwegs nicht irgendwo angezapft worden, um einen weiteren Verbraucher zu versorgen). Das prüfen wir, indem wir nach dem Abklemmen des Kabels alle

Bild: die Kabel werden beschriftet, links gut zu sehen, die bereits neu eingezogenen Kabel

uns sonst bekannten Verbraucher einmal kurz

ein- und wieder ausschalten. Funktionieren alle, wird wohl kein 2. Verbraucher an der Leitung mit dranhängen. Nach und nach werden weitere Kabel abgeklemmt und beschriftet.

Was aber machen wir mit bereits vorhandenen Kabeln, die keinen Verbraucher haben und von denen wir nicht wissen, ob sie in Ordnung sind, sie müssen getestet d.h. ausgemessen werden. Dazu könnte man das Kabel an der Verbraucherseite kurzschließen (beide Kabelenden verbinden) und das entsprechende Gegenstück am Schaltkasten mit Hilfe einer Durchgangsprüfung identifizieren. Das sieht dann so aus:

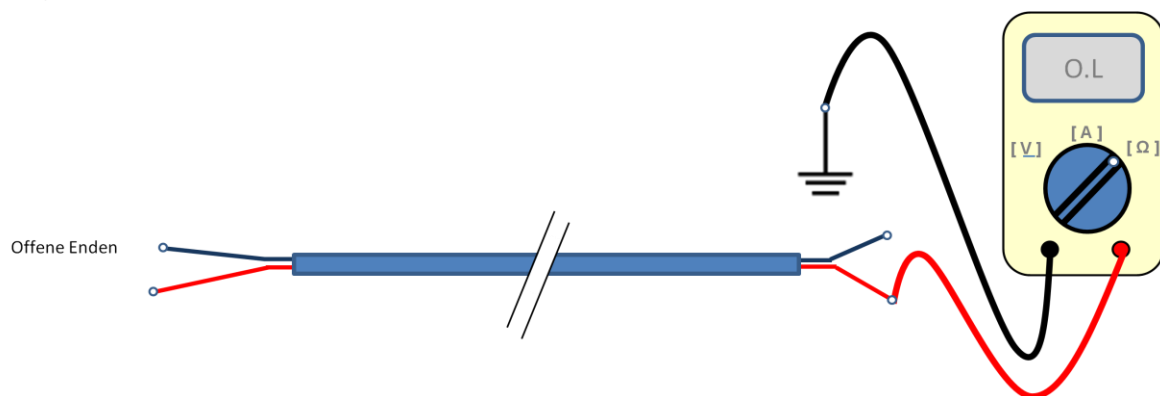


Haben wir das richtige Kabel erwischt, ertönt bei einer Durchgangsprüfung ein Summton. Alternativ können wir den Ohmschen Widerstand messen (siehe Bild). Durch das kurzgeschlossene Kabel wird der Hin- und Rückweg gemessen. Ein korrektes Kabel wird einen Wert gegen 0 (Null) Ohm anzeigen. Ist die Anzeige niederohmig, gibt es auf den Kabelstrecke vermutlich eine nicht korrekte Verbindung



(falsch angeschlossene Lüsterklemme oder eine Quetsch- bzw. Stoßverbindung etc.) mit einem Übergangswiderstand. Diesen sollten wir unbedingt aufspüren und ggfls. reparieren, bevor wir das Kabel weiterverwenden. Es macht Sinn, diese Widerstandsmessung auch für Kabel durchzuführen, die scheinbar noch in Ordnung waren und an denen funktionierende Verbraucher angeschlossen waren. Möglicherweise

haben sie an Scheuerstellen oder an anderen Stellen mit einer defekten Isolierung einen Schaden, der die berühmten Kriechströme verursacht, die unsere Batterie langsam und oft unbemerkt "leerlutschen". Solche Schäden können mit einer Messung nach Masse identifiziert werden.



So eine Messung sollte jetzt idealerweise den Wert Overflow, unendlich ( $\infty$ ) oder O.L. (Open Line) anzeigen.

Leider können wir trotz der Prüfungen immer noch nicht ganz sicher sein, dass unser Kabel ganz frei von Fehlern ist. Wurde das Kabel mal gequetscht und dadurch von z.B. 30 einzelnen Kupferadern einige oder sogar 25 getrennt, so wird die o.a. Durchgangsmessung immer noch 0 Ohm ergeben. Solche Fehler entdeckt man am besten

bei einer visuellen Prüfung. Im Zweifelsfall sollte man sich lieber für ein neues Kabel entscheiden.

Haben wir alle Kabel identifiziert und beschriftet, kann der alte Verteiler, wenn er dann erneuert werden soll ausgebaut werden. Als nächstes installieren wir an der Rückseite des Schrankes oder des Schapps eine Grundplatte, auf der die Hutschienen



Bild: die Grundplatte mit den Hutschienen wird installiert

mit den Reihenverbindern aufgeschraubt werden. In der Regel kann man so eine Platte direkt auf den Rumpf laminieren.

In unserem Fall konnten wir dafür den Schrank abbauen. Ein Glücksfall, denn so wird dieser Bereich sehr gut zugänglich und man kann besonders gut arbeiten. Wichtig auch, die Grundplatte immer so groß wie möglich wählen, je größer, umso übersichtlicher wird die spätere Installation. Ideal auch, wenn



Bild: links und rechts werden Kabelkanäle montiert

man die Hutschienen schon vorher mit den Reihenverbindern bestücken und auf die Grundplatte schrauben kann.

Im nächsten Schritt befestigen wir an beiden Seiten, sofern der Platz ausreicht, noch Kabelkanäle (Verdrahtungskanal).



Die werden später unsere Kabel aufnehmen und dadurch für ein wenig Ordnung sorgen.

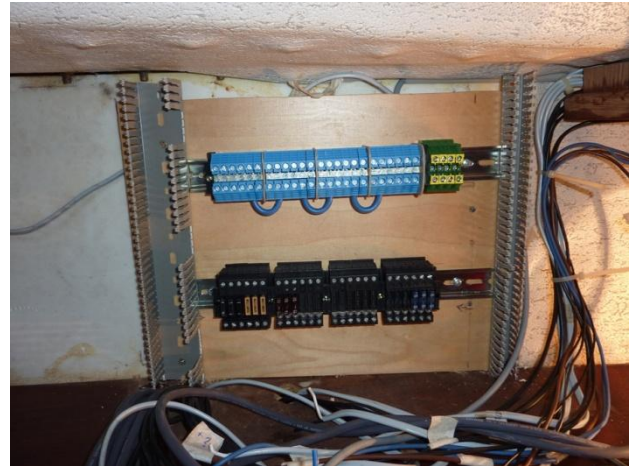
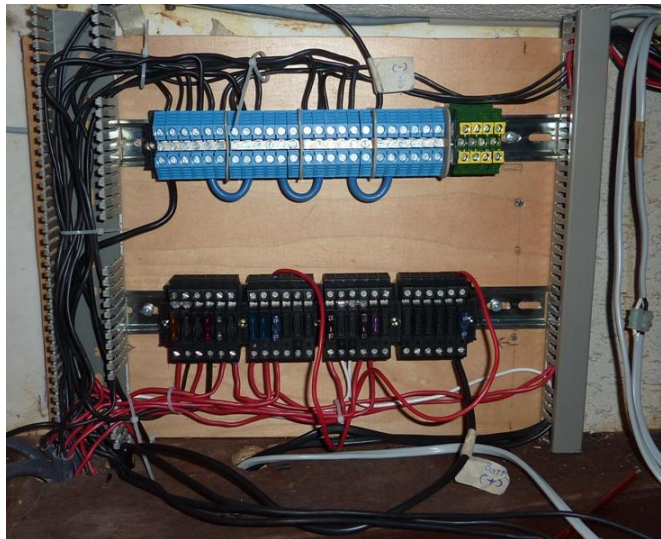


Bild links Verdrahtungskanal

Jetzt beginnen wir, gemäß unserer Planung, Leitung für Leitung auf die entsprechenden Reihenklemmen aufzulegen.

Die Plusleitungen auf die unteren schwarzen Klemmen und die Minusleitungen (Masse) auf die oberen blauen Klemmen. Die oberen blauen Reihenklemmen sind alle miteinander gebrückt, das heißt, sie sind alle miteinander verbunden. Es wäre jetzt egal, auf welche der Klemmen wir nun die Minusleitungen anschließen würden. Trotzdem macht es Sinn, wenn wir z.B. eine Plusleitung des Verbrauchers auf den zweiten Anschluss (von links) der schwarzen Reihenklemmen auflegen würden, die dazugehörige Minusleitung auch auf den zweiten Anschluss der blauen Reihenklemme zu legen. Das hilft möglicherweise bei einer späteren Fehlersuche. Es ist aber nicht zwingend vorgeschrieben, denn wir werden alle Leitungen später noch mit Nummern kennzeichnen.



Jedesmal, wenn ich ein Adernpaar aufgelegt habe, klemme ich zum Testen einmal kurz eine Prüfleitung mit 12V auf und teste, ob ich den richtigen Verbraucher erwische und ob er einwandfrei funktioniert. Danach entferne ich die Prüfstrippe wieder und erst wenn der Anschluss O.K. war, widme ich mich dem nächsten Anschluss.

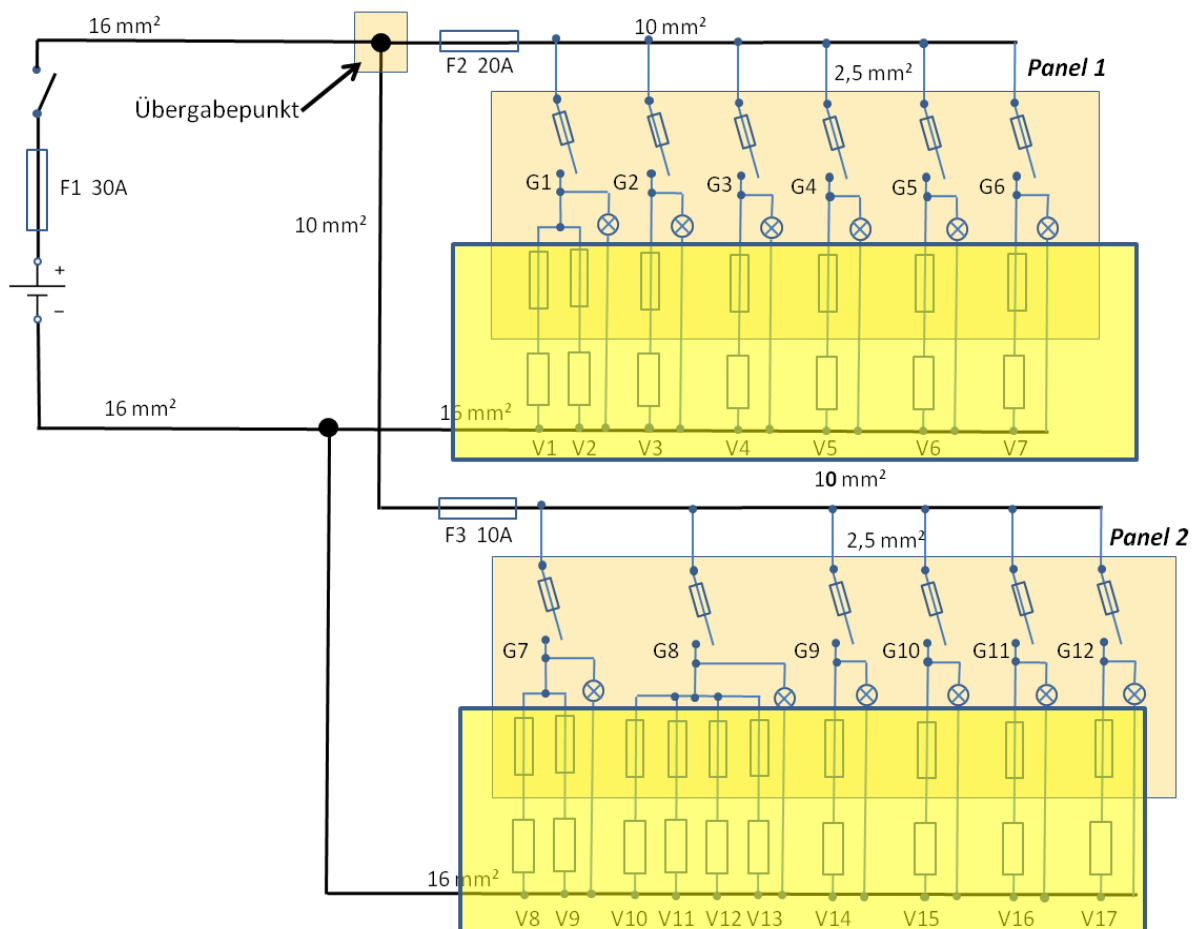


An diese Stelle sei noch einmal daran erinnert, dass wir die Kabelenden, bevor wir sie auflegen, noch mit Aderendhülsen versehen. Wir erinnern uns, das Verzinnen von Kabelenden ist ein absolutes “No Go“.

An dieser Stelle der Hinweis, es gibt aber auch Reihenklemmen, wo die Kabel nicht mit einer kleinen Schraube befestigt werden, sondern unter eine Klemme geschoben werden. Je nach Klemmentyp können hier auch Kabel verarbeitet werden, die nicht mit einer Aderendhülse versehen wurden. Diese Kabel werden nur abisoliert und eingeklemmt.

Wir haben nun alle Kabel aufgelegt, geprüft und für gut befunden. (das ist der gelb hinterlegte Teil in unserem Plan auf der nächsten Seite)

Auch haben wir inzwischen für jeden Verbraucher die passende Flachsicherung ausgewählt und sie in die entsprechende Reihenklemme gesteckt. Unser Kabelschrank sieht zwar jetzt noch etwas unaufgeräumt aus, aber im Prinzip haben wir den Großteil der Verdrahtung jetzt erledigt.



Wir beginnen nun, die Kabel zu ordnen, etwas gerade zu biegen und in Form zu bringen und sie mit Kabelbinder zu einem kleinen Kabelbaum zusammenzubinden. Überschüssiges Kabel der zuvor auf ungefähre Länge zugeschnittenen Kabel verstauen wir links und rechts mit im Kabelschacht.

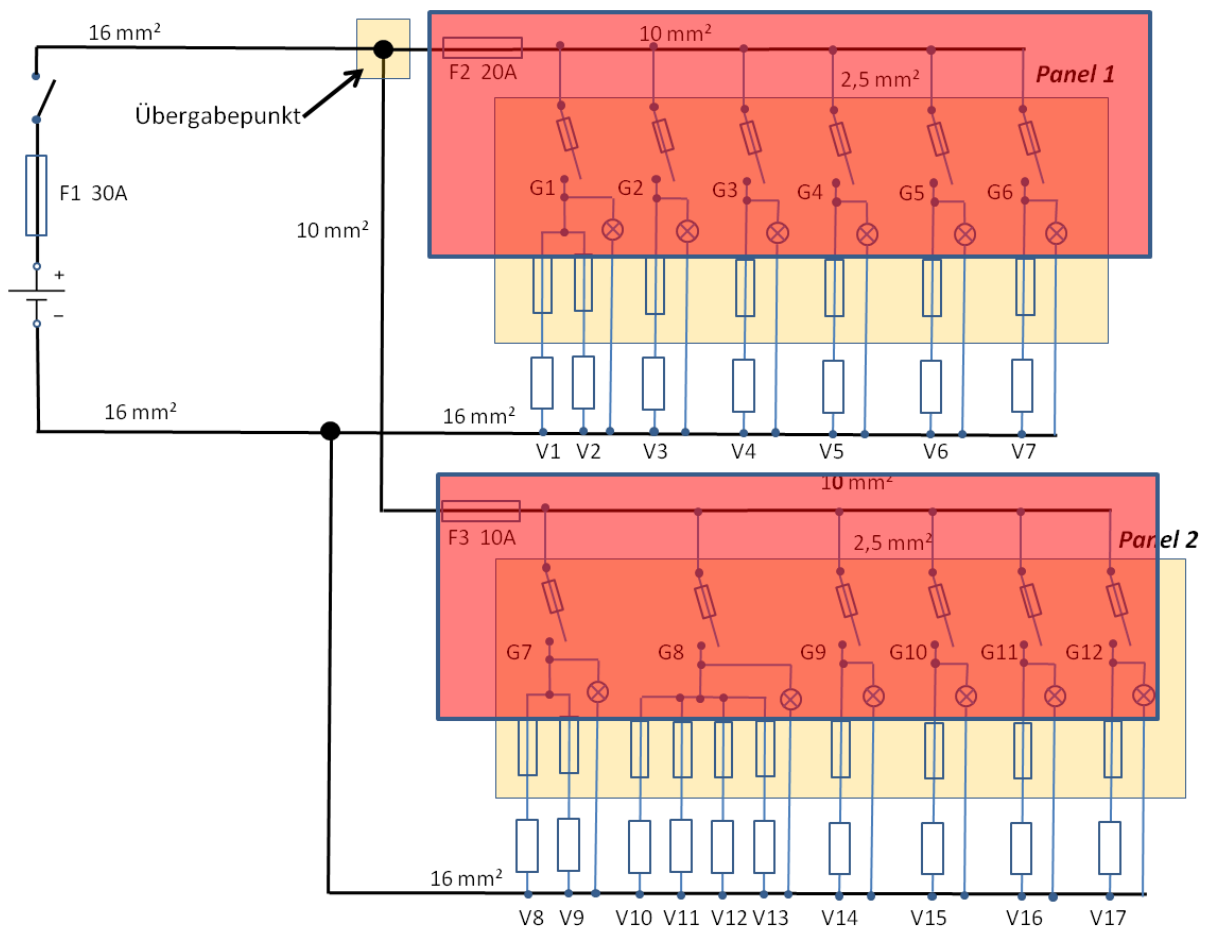


Jetzt bauen wir unseren Schrank wieder zusammen und legen die Schranktür (Klappe oder Abdeckplatte) vor dem Schrank auf ein Kissen, so dass wir problemlos an der Rückseite der Panels unsere Verkabelung weiter fortsetzen können.

Um Kratzer und Beschädigungen der Frontplatten mit den Automaten zu vermeiden, legen wir ein Kissen oder eine Decke unter.

Beginnen wir jetzt, die Schaltpanels in unser System zu integrieren. Dazu benötigen wir jetzt 12 Zuleitungen, die unsere 12 Gruppen (G1 bis G12) mit den Verbrauchern (V1 bis V17) mit 12V aus unserer Bordbatterie versorgen.

Das geschieht, indem wir jede Gruppe mit einem Sicherungsautomaten unserer Panels verbinden. (Der Bereich ist rot im Plan hinterlegt) Wir schalten unsere Panels im Prinzip zwischen Bordbatterie und Verbraucher.



Dazu benutzen wir in unserem Fall 2,5 mm<sup>2</sup> rotes Rangierkabel. Die Länge wählen wir so, dass wir später problemlos unsere Tür vom Schrank öffnen können, bzw. die

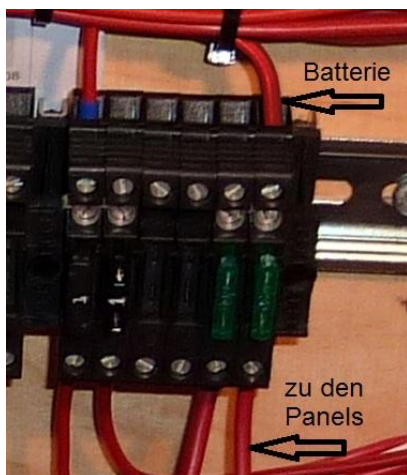
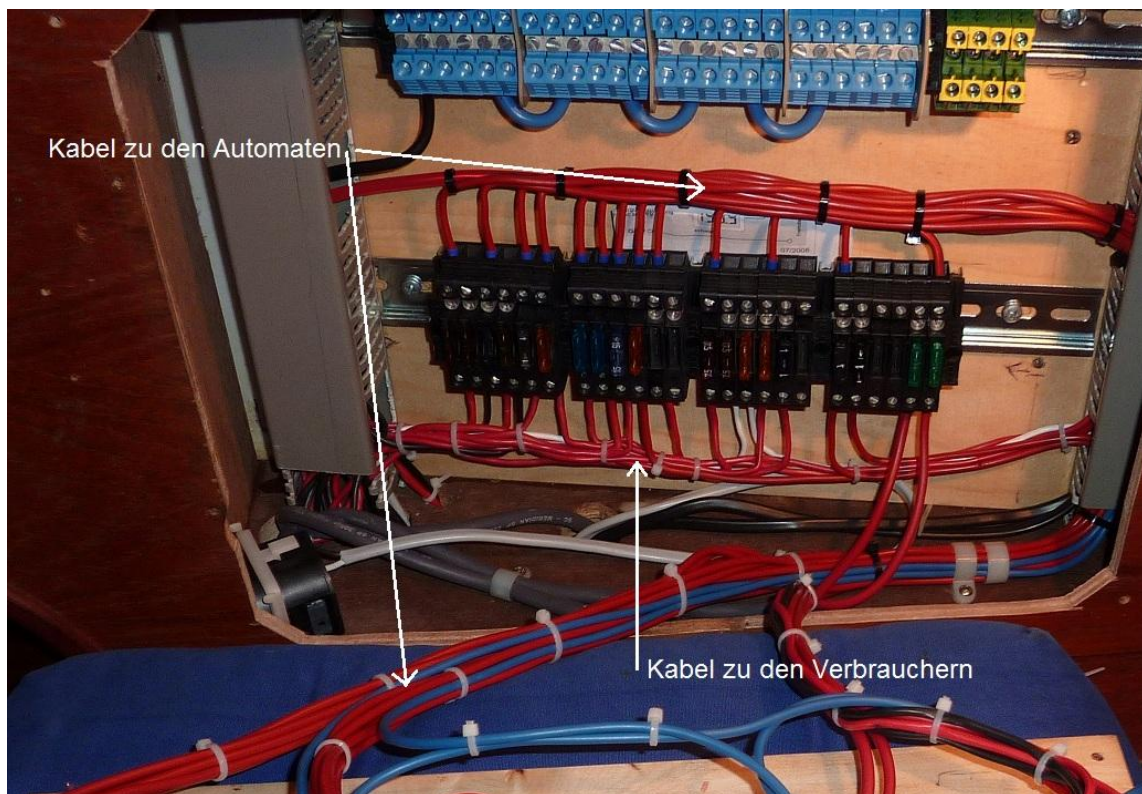


Abdeckplatte mit den Panels auf ein Kissen vor den Schrank legen können. Für die Automaten Seite müssen wir in unserem Fall das Kabelende mit einem Flachstecker versehen um ihn am Automaten aufstecken zu können. Diese gibt es isoliert oder auch ohne Isolierung. Wir benutzen die in der Abbildung gezeigten Stecker mit Isolierung. Auch hier gilt, eine Flachzange oder sogar eine Wasserpumpenzange geht überhaupt nicht. Bitte eine entsprechend dafür ausgelegte Zange benutzen. Das Kabelende an der Seite für die Reihenklemme erhält wie gehabt eine Aderendhülse.



Die aufgelegten Kabel bündeln wir zu einem Strang und fixieren die Kabel mit Kabelbinder.

Haben wir alle Arbeiten durchgeführt, sollte es in etwa so aussehen. Die beiden blauen Kabel in dem Strang zu den Sicherungsautomaten sind Masseleitungen für



die beiden Panels. Wer jetzt genau hingesehen hat, dem ist neben den 12 roten Kabeln für die Sicherungsautomaten ein weiteres rotes Kabel mit einem etwas größeren Querschnitt aufgefallen. Das ist die Zuleitung von der Batterie, die auf den rechten schwarzen unteren Block ganz rechts von oben kommend mit aufgelegt wurde. In der Ausschnittvergrößerung sieht das so aus.

Die beiden ganz rechten Anschlüsse sind gebrückt. Von oben kommt die Zuleitung (rotes dickeres Kabel)



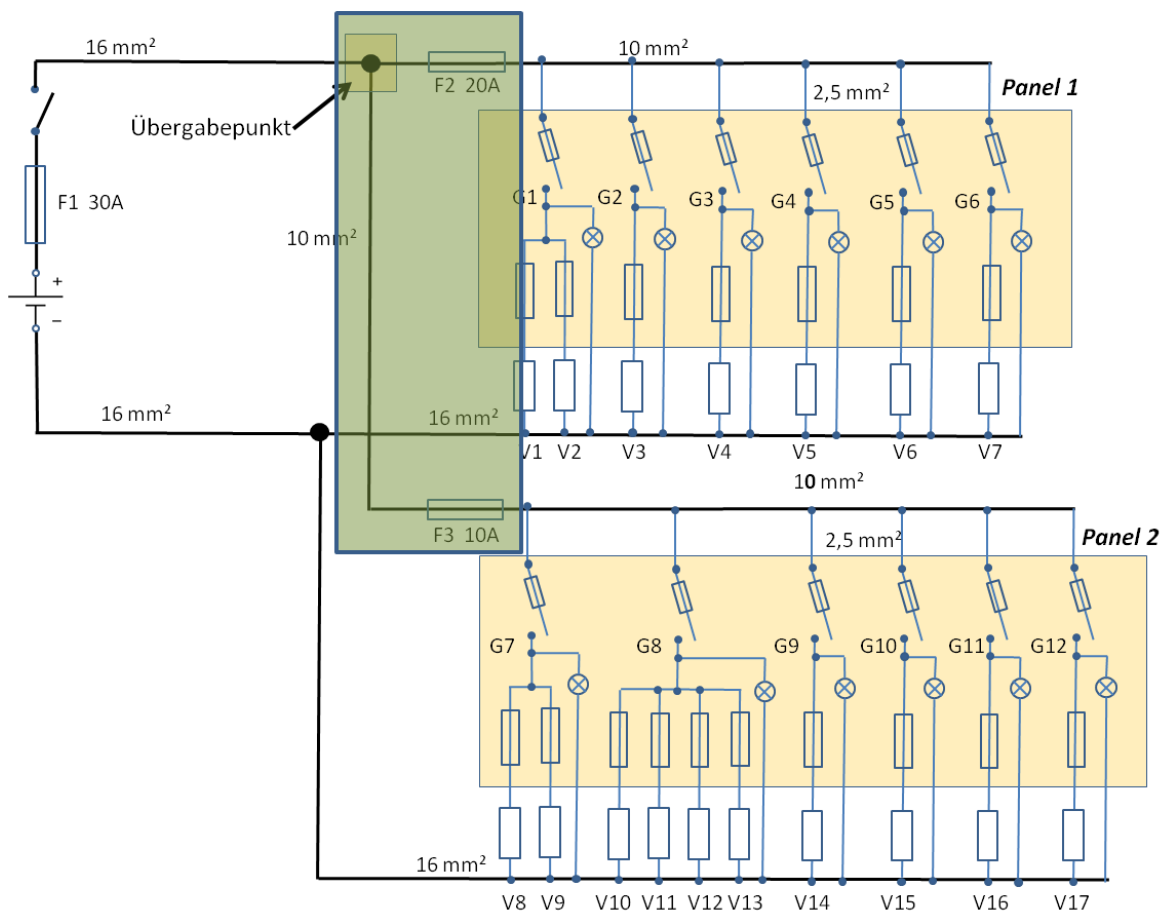
von der Batterie. Über 2 Sicherungen geht es über die beiden roten Kabel (diese waren bereits vorkonfektioniert an den Panels angeschlossen) weiter nach unten weiter als Versorgungsleitung + 12 V zu den beiden Panels.

Wir haben im Prinzip zwei freie Reihenklemmen dazu genutzt, die Stromverteilung für die beiden Panels inklusive der Absicherungen F2 und F3 vorzunehmen.

Die linke Sicherung F2 ist eine 20A Sicherung für das Panel 1 und die rechte Sicherung F3 ist eine 10A Sicherung für das Panel 2.

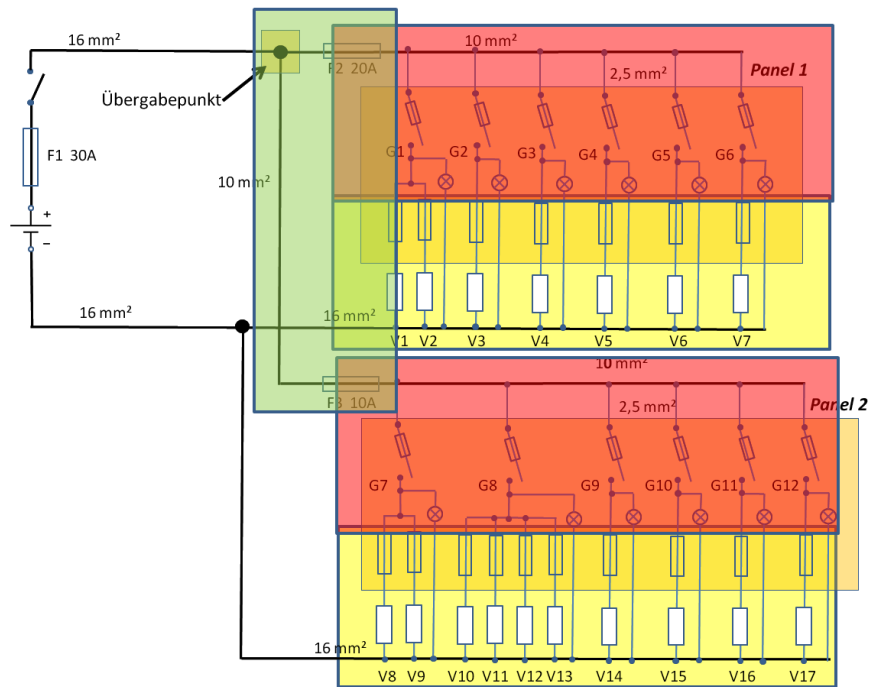
Zur Verdeutlichung noch einmal unser Plan auf der nächsten Seite. Die gerade angesprochene Absicherung ist grün hinterlegt.

Im Plan die 16mm<sup>2</sup> Leitung von der Batterie zum Übergabepunkt, die über die Sicherungen F2 und F3 zu den Panels mit 10mm<sup>2</sup> weitergeführt wird.



Die Grundinstallation ist nun abgeschlossen. Legt man die in unserem Plan farbig hinterlegten Bereiche (gelb, rot und grün) übereinander, so erkennen wir, dass im Prinzip unser Schaltplan abgearbeitet wurde.





Was fehlt, sind noch die Instrumente wie Diesel- und Wassertankanzeige. Hier gibt es die unterschiedlichsten Modelle. Wir wollen die bereits vorhandenen Rundinstrumente (im Bild rechts), die bisher einwandfrei funktionierten wieder einbauen. Dazu





bohren wir in die Frontplatte ein entsprechendes Loch (meist 55mm) und setzen unsere Instrumente wieder ein. Neben der Versorgungsspannung von 12 V (neue Kabel) müssen wir noch zusätzlich die beiden Meßleitungen (diese haben wir ebenfalls erneuert), die von den Fühlern am Tank kommen, wieder anschließen. Bei der Demontage haben wir den ehemaligen Anschluss der Instrumente sorgfältig dokumentiert, so dass ein erneuter Anschluss kein Problem bereiten sollte.

Auch hier konfektionieren wir die Kabel für die Instrumentenseite mit entsprechenden Flachsteckern.

Tipp: Zum Testen der Messleitungen sollten die Leitungen am Ende unbedingt von den Fühlern abgeklemmt werden, da die meisten Fühler einen Flüssigkeitsstand abhängigen Widerstand darstellen, der uns beim Messen zu Fehlschlüssen verleiten würde.

Unser Kabelstrang von der Verteilung zu den Automaten hat mittlerweile einen beträchtlichen Umfang angenommen. Wer wesentlich mehr Verbraucher anschließen muss und demzufolge auch mehr Automaten einsetzt, sollte in Erwägung ziehen, den Kabelstrang evtl. aufzuteilen. Auf keinen Fall sollte eine vernünftige Zugentlastung zwischen der Verteilung und der Frontplatte fehlen. Im Bild oben sieht man bereits an der Wandseite entsprechende Schellen, die den Kabelbaum fixieren. Zum Zeitpunkt des Fotos fehlten diese Schellen noch an der Frontplattenseite.

Bleibt zum Schluss noch die Zuleitung von der Bordbatterie bis zum Übergabepunkt mit der Gesamtabsicherung und dem Hauptschalter.

An dieser Stelle muss noch angemerkt werden, dass die von uns grundüberholte Elektroinstallation, der Bereich 12 V DC (DC steht für Gleichstrom), nur einen Teil der Gesamtinstallation auf unserem Schiff ausmacht.

Es fehlen außerdem noch die gesamte 220 V AC-Installation (AC steht für Wechselstrom), der Bereich zum Aufladen der Batterie mit einem Ladegerät und/oder Lichtmaschine, und die komplette Motorelektrik.

Ferner gibt es noch einige sicherheitsrelevante Verbraucher (UKW-Funkgerät, Bilgenpumpe etc.), die nicht über unser Panel angeschlossen werden. Auf diesen letzten Bereich werde ich noch einmal eingehen.

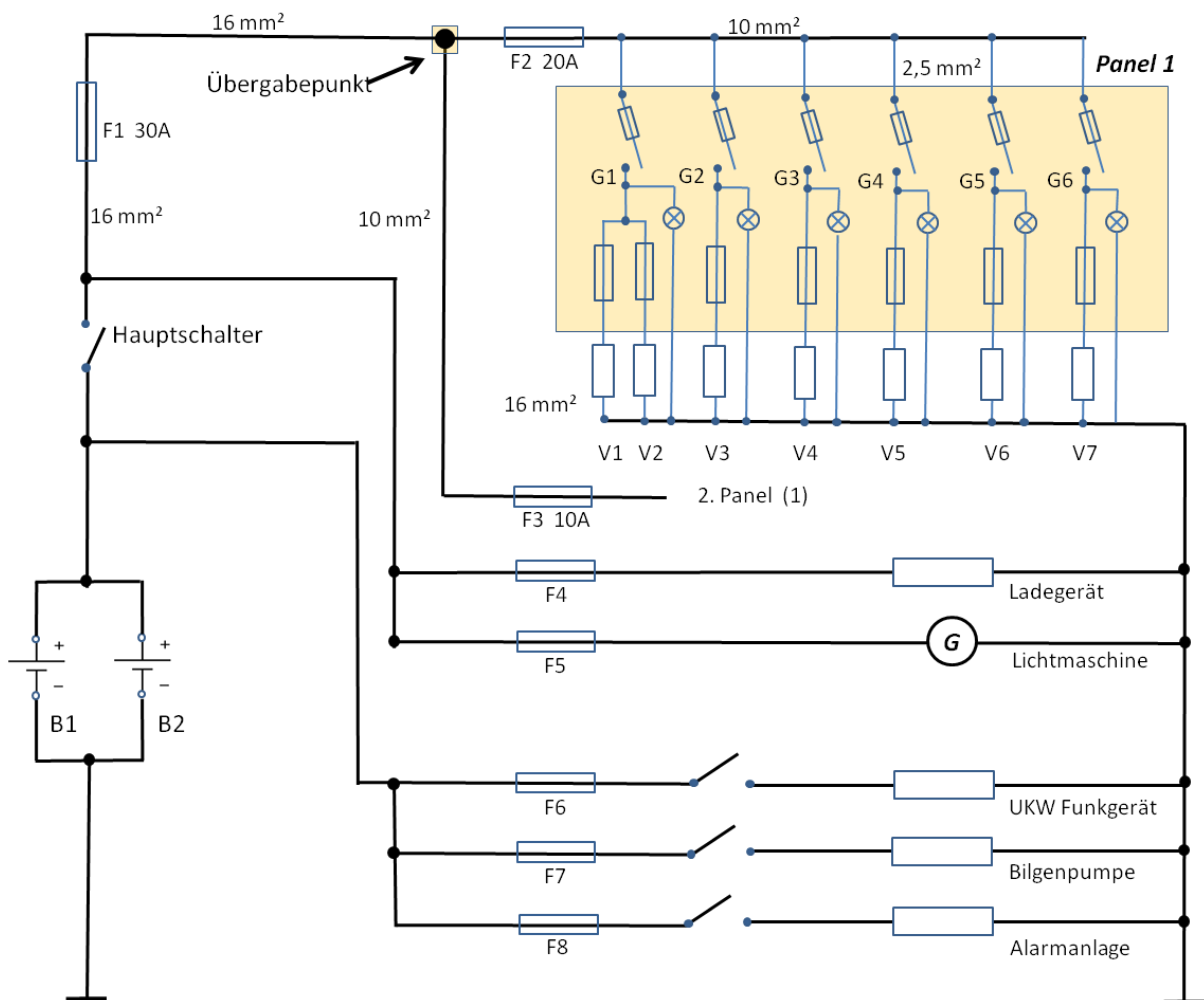
***Nicht behandeln werde ich den Bereich 220 V AC (Wechselstrom). Der gehört unbedingt in die Hände eines Fachbetriebes. Also, Hände weg davon, egal wie es mit den Vorkenntnissen aussieht.***



## 5.0. Verkabelung / Kabelkennzeichnung

Neben den Verbrauchern, die wir über unser Schaltpanel abgesichert haben, gibt es noch Verbraucher, von denen wir möchten, dass sie auch bei ausgeschaltetem Hauptschalter mit Strom versorgt werden, wie z.B. die Alarmanlage oder die Bilgenpumpe, die beide betriebsbereit sein sollten, auch wenn wir das Boot verlassen haben und den Hauptschalter auf "aus" geschaltet haben.

Früher mussten die UKW-Funkgeräte nach der Installation von der Post abgenommen werden. Da kam dann oft sogar ein Vertreter der Behörde an Bord und schaute nach, ob es richtig installiert war. Für den Anschluss eines UKW-Funkgerätes gab es u.a. eine Vorschrift, dass es direkt über eine Sicherung und über einen Schalter an der Batterie angeschlossen werden sollte. Das ist zum Glück heute nicht mehr so.



(1) Das zweite Panel wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit hier nicht dargestellt

Doch auch heute schliesse ich das Funkgerät immer noch direkt an. Sollte man, aus welchen Gründen auch immer, mal gezwungen werden, die Elektroverteilung stromlos zu schalten, können wir immer noch auf ein funktionierendes Funkgerät zurückgreifen.



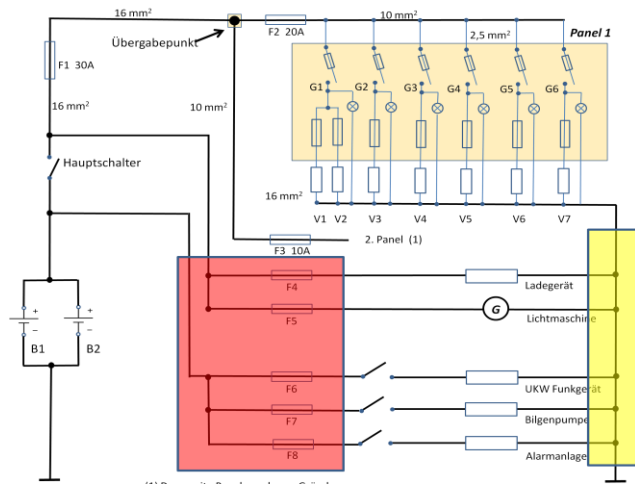
Auch fehlte uns noch die Versorgung unserer Batterie mit der Ladespannung vom Ladegerät bzw. von der Lichtmaschine. Das Laden zweier Batterien, Bordbatterie und Startbatterie mit einer Diodenverteilung wird an dieser Stelle noch nicht berücksichtigt. Ebenso fehlt noch der optionale Anschluss eines Batteriemangers. Vorgenannte Themen folgen dann später.

Wie schon bei den ersten Plänen in den ersten Berichten, wollen wir die Gesamtverdrahtung langsam Schritt für Schritt aufbauen und weiter ergänzen.

Für die Knotenpunkte der Masseleitungen (gelb hinterlegt) gibt es fertige Masseschienen, die eine saubere Verbindung ermöglichen.

Gerade in diesem Bereich werden die meisten Fehler gemacht und man sieht oft die abenteuerlichsten Konstruktionen.

Das gleiche gilt aber auch für die stromführenden Leitern (hier rot unterlegt). Hier bieten sich Schienen mit integriertem Sicherungshalter an.



(1) Das zweite Panel wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit hier nicht dargestellt

Die Sicherungen F1, sowie F4 bis F8 müssen so dicht wie möglich in die Nähe der Batterie installiert werden. Sie dienen in erster Linie der Absicherung der Leitungen.

Bei der Dimensionierung der Sicherungen muss die vom Germanischen Lloyd aufgestellte Leitungsquerschnittstabelle beachtet werden. Grundsätzlich ist die Größe der Sicherung oder die Schutzschalter-Nennstromstärke nach dem Leitungsquerschnitt und nicht nach dem angeschlossenen Verbraucher festzulegen, um einen einwandfreien Sicherungsschutz des Bordnetzes zu erreichen.

Einleiterkabel-Dimensionierung nach „Germanischer Lloyd“		
Leiterquerschnitt in	Zulässige Belastung in	empfohle Sicherung o. Nennstromstärke in
mm <sup>2</sup>	A	A
1,5	12	10
2,5	17	16
4	23	20
6	29	25
10	40	35
16	54	50
25	71	60
35	87	80
50	105	100
70	135	125
95	165	160



Für uns ist wohl eher der obere Teil der Tabelle interessant. Bei Installationen von elektrischen Ankerwinden oder von Bugstrahlrudern treten aber immens hohe Ströme auf, die durchaus im unteren Tabellenbereich angesiedelt sind. Ein Blick auf unser Excel-Modell zeigt uns, dass wir mit unseren Verbrauchern und den daraus resultierenden Belastungen im grünen Bereich sind und auch noch Luft nach oben haben.

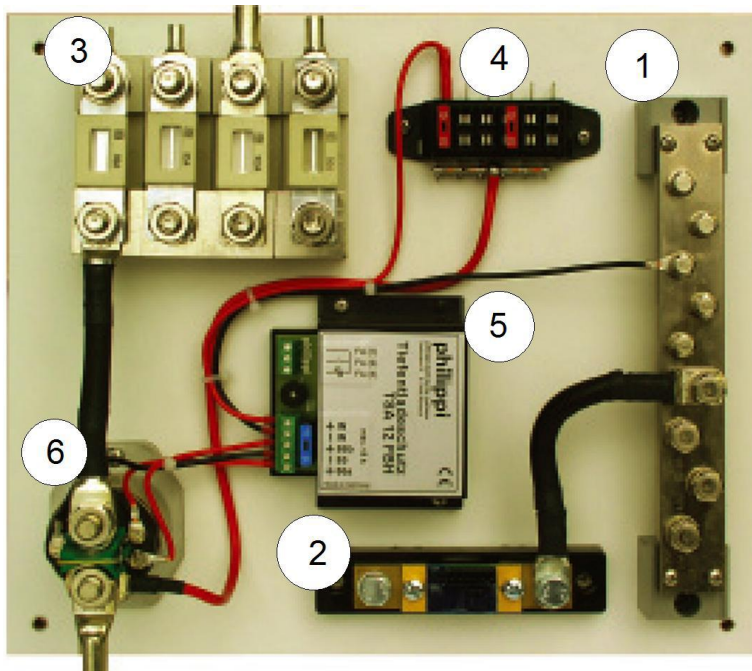
Die für den gelb hinterlegten Bereich angesprochenen Masseschienen gibt es in verschiedenen Ausführungen mit einer unterschiedlichen Anzahl von Anschlusspunkten. Lieber eine Schiene mit ein paar mehr Anschlusspunkten auswählen. Das ist immer noch besser, als später bei Erweiterungen Anschlüsse doppelt zu belegen.



Links ein Beispiel für einen Sicherungshalter nebst den dazugehörigen Sicherungen. Man kann beliebig viele nebeneinander clipsen (im Plan rot hinterlegt) und sie dann auf der einen Seite mit einer Metallschiene (als gemeinsames Plus) verbinden. Sie bilden die Versorgung für unsere Geräte, die auch

bei einem ausgeschalteten Bordnetz noch ein-satzbereit sein sollen, für die aber auf keinen Fall auf eine Absiche-rung verzichtet werden soll. Die hier dargestellten Schienen und Sicherungshal-ter sind nur 2 Bei-spiele von einer großen zur Verfü-gung stehenden Anzahl. Das gilt auch für den Hauptschalter, mit dem wir die Batterie vom Bord-netz trennen. Ich persönlich bevorzuge einen Schal-ter (Bild rechts), bei dem ich in den ausgeschalteten Zustand den Schlüssel (manche nennen ihn auch Knochen) abziehen kann.

Es macht Sinn, derartige Masseschienen, Hauptschalter und Sicherungshalter mög-lichst auf einer Platte in der Nähe der Versorgungsbatterien zu installieren. Leider haben



wir diesen Bereich während unseres Einsatzes nicht bear-beitet und deshalb gibt es auch keine Fotos, wie so eine Platte mit den installierten Schienen und Sicherungen aussehen könnte.

Hier aber so ein Beispiel einer fertig konfektionierten Vertei-lerplatte von Philippi. Rechts die Masseschiene (1) mit ei-nem angeschlossenen Shunt (2).

Auf den Shunt kommen wir später noch einmal zu sprechen

Die abgesicherten Kabel (3) zum Ladegerät, zu den Pa-nels oder z.B. zur Bilgenpum-ppe. Mit dem Schalter (4) kann



(Die Bilder auf dieser Seite sind z.T. aus einem Philippi Katalog oder aus Lieferantenkatalogen abfotografiert) der fernsteuerbare Hauptschalter (6) geschaltet werden. Er kann auch weiter abgesetzt installiert werden. In der Mitte ein Tiefentladeschutz (5). Bevor die Batterie tiefentleert wird, wird sie von den Verbrauchern getrennt. Ein fernsteuerbarer Hauptschalter muss nicht wirklich sein, kann aber die Installation ungemein erleichtern, wenn der Hauptschalter (wir erinnern uns, er sollte in die Nähe der Batterie installiert werden) an einer unzugänglichen Stelle installiert werden muss.

Auch muss man solche Verteilerplatten nicht unbedingt fertig konfektioniert kaufen. Sie lassen sich ebenso gut mit den einzelnen diskreten Bauelementen selbst bauen.

Alle Bauteile lassen sich einzeln beziehen. Ein Selbstbau hat außerdem den unbestrittenen Vorteil, dass man die Verteilerplatte a) den räumlichen Gegebenheiten im Schiff anpassen kann und b) kann man sie so konfektionieren, wie man sie im Prinzip braucht. Ich habe bei mir die Bauteile auf ein Brettchen aus Kunststoff gebaut. Das Brettchen kommt aus dem Lidl, man bekommt es in verschiedenen Größen und dient sonst in der Küche als Schneidebrett.



Spätestens jetzt, besser wäre es aber während der gesamten Verkabelungsarbeiten, sollten wir die Kennzeichnung der Kabel vornehmen. Jedes Kabel erhält eine eindeutige Kennzeichnung. Hier gibt es verschiedene Verfahren. Manche bevorzugen eine Kennzeichnung mit einem Farbcode (verschiedene farbliche Ringe kennzeichnen das Kabel), andere nummerieren ihre Kabel durch. Einfacher und schneller finde ich kleine Clipse mit einer fortlaufenden Nummerierung.

Bild: kleine Clipse mit Nummern kennzeichnen die Kabel

vernachlässigt. Aber auch selbstklebende Nummern, die auf das Kabel geklebt werden und mit einem Schrumpfschlauch geschützt werden erfüllen ihren Zweck.

Bild: Kennzeichnung mit selbstklebenden Etiketten oder Nummern

Denkbar und durchaus sinnvoll ist es, bestimmten Bereichen eigene Nummernkreise



zu zuordnen. So könnte zu Beispiel die Verkabelung der Batterie inklusive Anschluss einer Diodenverteilung (oder etwas moderner ....), der Lichtmaschine und aller Verbraucher, die nicht über unser Panel geschaltet werden, der Nummernkreis 1 bis 20 zugeordnet bekommen.

Alle Verbraucher, die über die Panels geschaltet werden erhalten z.B. eine Nummerierung aus dem Bereich 100 bis ...



Hier kann jeder sinnvolle Bereiche nach eigenem Ermessen zuordnen. Bitte daran denken, dass, wenn die Motorelektrik mit in die Nummerierung einbezogen werden soll, hier einigen Kabel nach einer einheitlichen Regelung bereits feste Nummern (zum Beispiel an der Lichtmaschine : B+ das Pluskabel 30; B- das Minuskabel 31 und die Ladekontrolle 61) zugeordnet sind.

Nicht zu vergessen dürfen wir die Datenleitungen (NMEA 0183, SeaTalk und auch RS232 etc.). Komplette wird die Kennzeichnung aber erst, wenn auch der Bereich AC (230V) mit einbezogen wird. Hier sollte man aber den Fachbetrieb, der (hoffentlich) die Verkabelung vornimmt, mit einbeziehen und seine Wünsche diesbezüglich äußern.

Für welches System man sich auch immer entscheidet, wichtig ist eine ergänzende tabellarische Aufstellung der Kabel. Hier bietet sich eine Excel-Tabelle, die mehr oder weniger umfangreich gestaltet werden kann, hervorragend an. Kabelnummer und der Name sollte das Minimum sein. Wer innerhalb seiner Verkabelung auch noch ältere, unterschiedlich farbige Kabel mitbenutzt, sollte auch die Farbe des Kabels mit in die Liste einbeziehen. Früher wurde z.B. bei Hallberg Rassy für die Plusleitungen oft die Farbe braun verwendet. Je mehr Informationen die Liste enthält, umso hilfreicher ist

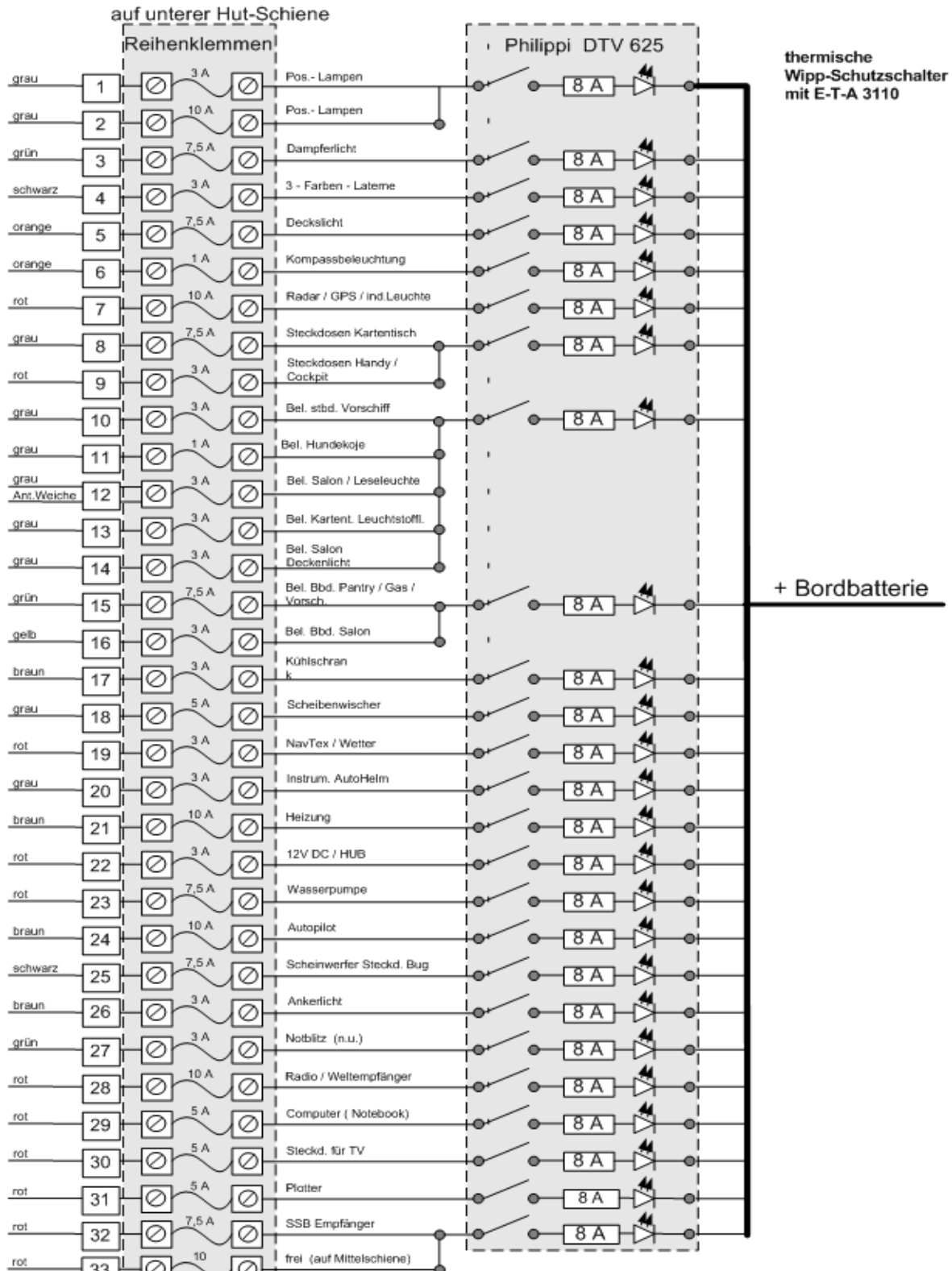
Kabel-Nr	von	nach	Farbe	Querschnitt	Absicherung
1	Versorgungsbatterie	Hauptschalter	rot	16 mm <sup>2</sup>	30 A
2	Hauptschalter	F1	rot	16 mm <sup>2</sup>	30 A
3	F1	Übergabepunkt	rot	16 mm <sup>2</sup>	30 A
4	Übergabepunkt (F2)	Panel 1	rot	10 mm <sup>2</sup>	20 A
....	....	....	....	....	....
101	Panel1 Grp1	Buglaterne rot/grün	rot	2,5 mm <sup>2</sup>	5,0 A
102	Panel1 Grp1	Hecklicht	rot	2,5 mm <sup>2</sup>	5,0 A
103	Panel1 Grp2	Dampferlicht	braun	2,5 mm <sup>2</sup>	5,0 A
....	....	....	....	....	....
105	Panel1 Grp4	Licht Motorraum	rot	2,5 mm <sup>2</sup>	1,0 A

**Tabelle: Excel-Liste: je mehr Informationen sie enthält, umso hilfreicher wird sie sein**

sie bei einer Reparatur oder einer Erweiterung des Bordnetzes. Optimal wären noch Querschnitt und Absicherung der Kabel mit aufzunehmen.

Ich habe alle Zeichnungen, Pläne, Anschlusskizzen und Verkabelungspläne auf DinA4 ausgedruckt und in eine Folie einlaminiert. So sind sie etwa in einem Problemfall schnell zur Hand und leisten gute Dienste.

Eine andere Art der Dokumentation, sicherlich etwas aufwendiger, auf der nächsten Seite. Diese Dokumentation ist von meiner "kavenga" aus dem Jahr 2002, heute würde ich eine Excel-Tabelle anfertigen.



<b>HR 312 "kavenga"</b>	
Plan Stromkreisver- teiler	Stand : Jan 2002 Datum: 04.01.02  Entwurf: mk





## 6.0. Anschluss von Ladegerät / Lichtmaschine & Co. sowie von sicherheitsrelevanten Verbrauchern

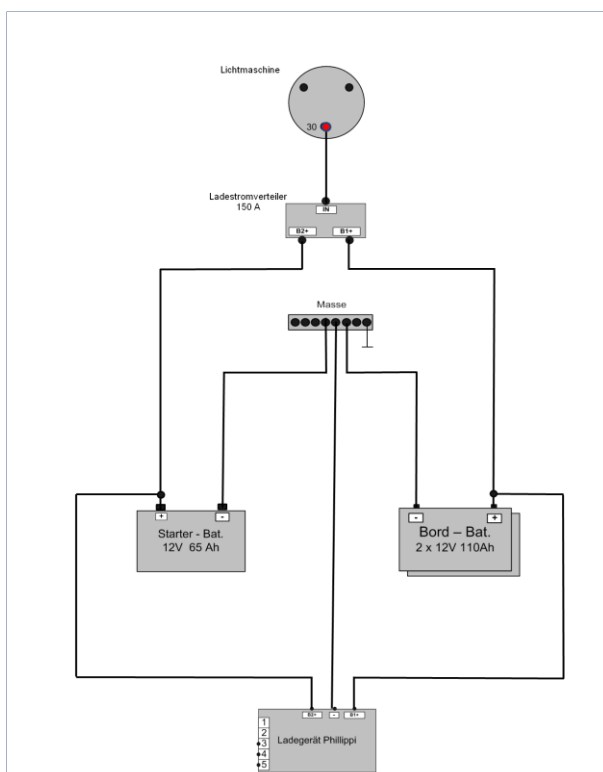
Während der normale Anschluss einer Salonleuchte vielen kein Problem bereitet, so schleicht sich doch immer wieder ein ungutes Gefühl ein, wenn es darum geht, Ladegeräte, Lichtmaschinen oder Diodenverteiler in die Verkabelung mit einzubinden.

An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen, so ein Netz einmal komplett von der einfachsten Grundstufe bis hin zum komplexen Anschluss inklusive optionaler Geräte wie Batteriemanager etc. darzustellen.

Das Problem dabei, es gibt bei den Geräten nur wenige Standards, jeder Hersteller versucht sich durch sogenannte "Features" (Zusätze), manchmal auch als "Add on" bezeichnet, Alleinstellungsmerkmale, oder auch zusätzliche Verkaufsargumente zu verschaffen. Wäre ja alles kein Problem, aber diese sogenannten Features greifen, da sie häufig verkabelt werden müssen, in die Verkabelung mit ein. Eine anderer Hersteller und schon werden die Features ganz anders angeschlossen. Damit will ich sagen, hierfür gibt es kein allgemeingültiges Anschlussschema. Ich werde versuchen, diese zusätzliche Verkabelung farblich abzusetzen und in rot auszuführen, damit sie sich von der Grundthematik abhebt und sofort als zusätzliche Option die zum Teil auch unter der Rubrik "Nice to have" einzuordnen ist, zu erkennen ist.

Da die Pläne hier zum Teil recht klein und nicht im Detail lesbar sind, habe ich den Gesamtplan im Anschluss an den Text noch einmal groß dargestellt.

Im Bild links unsere Ausgangssituation, 2 Versorgungsbatterien a' 110 Ah, und eine Motorbatterie mit 65 Ah



Beide sollen sowohl von der Lichtmaschine, oder alternativ im Hafen von einem Ladegerät geladen werden.

Um ein gegenseitiges Entladen der Batterien zu verhindern, gibt es grundsätzlich 3 verschiedene Möglichkeiten. Der Einsatz eines Diodenverteilers, das Trennen der Batterien mit einem Trennrelais, oder etwas moderner, die Trennung erfolgt mit einem Ladestromverteiler, so wie ich ihn hier eingesetzt habe.

Bild 1 Grundschemata

Eines haben diese Bauteile gemeinsam, sie verhindern zuverlässig ein gegenseitiges Entladen der Batterien. Es gibt heute aber auch noch Schiffe,



auf denen die Trennung der Batterien manuell mit einem Schalter vorgenommen wird, also im Prinzip ein handbetätigter Trennschalter, wie er auf vielen Booten zur Serienausstattung gehört. Beim Fahren wird der Schalter umgelegt, die Verbraucherbatterie dadurch direkt mit der Starterbatterie verbunden und dadurch geladen. Die Schalter sind billig und leistungsfähig. Leider ist der Mensch gemeinhin ein vergessliches Wesen und so wird es kaum ausbleiben, dass man vergisst, den Schalter entsprechend ein- oder auszuschalten. Auch kann der Strom bei einfachen Schaltern in beide Richtungen fließen, was nicht in jedem Falle erwünscht ist.

Das ist aber Technik von gestern und wird hier nicht weiter behandelt



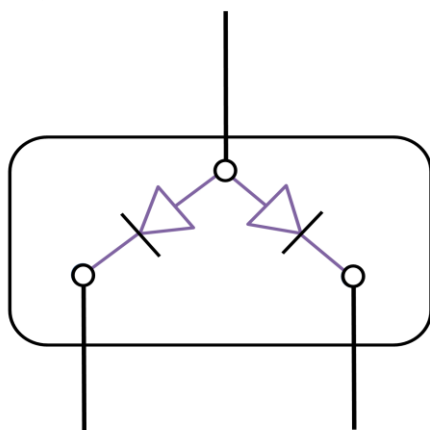
Die heute wohl noch am häufigsten verbreitete Methode der Trennung ist der Diodenverteiler. Eine Diode ist ein

Halbleiterbauelement, welches den Strom nur in eine Richtung fließen lässt. In Gegenrichtung wird der Stromfluss unterbunden.

Im Bild oben sind die beiden Anschlüsse der Diode, die Anode und die Kathode zu erkennen. Der Strom kann nur in Richtung von der Anode zur Kathode fließen. Das kann man sich gut merken, denn das Schaltbild sieht aus wie ein kleiner Pfeil, und genauso ist



### Lichtmaschine



**Batterie 1**      **Batterie 2**

die Flussrichtung. Ein Diodenverteiler sieht mit seinen 3 Anschlüssen rein äußerlich genauso aus wie ein Ladestromverteiler. Schauen wir ins Innere, (Bild links) so erkennen wir, wie so eine Trennung erfolgt. Die Trenndiode hat aber auch Nachteile.

Aufgrund der Bauart mit den Halbleiterdioden erfolgt ein Spannungsverlust von 0,7V, das heißt, über die Dioden würde die Ladespannung um 0,7V reduziert und die Ladeleistung der Lichtmaschine wird nicht voll an die Batterie weitergegeben

Außerdem haben Trenndioden keinerlei Reglungseigenschaften, egal wie voll oder leer die Batterien sind, es wird immer die zur Verfügung stehende Ladung in Richtung Batterie geschaufelt.

Den Nachteil des Spannungsverlustes kann man teilweise durch den Einsatz von modernen Schottky-Dioden mindern. Der Spannungsabfall beträgt dann nur noch 0,4V, aber immerhin.

Trennrelais arbeiten wie Dioden, nur trennen sie die Batterien auf mechanischem Weg. Ein Spannungsverlust gibt es im Prinzip nicht. Auch hier erfolgt keine Regelung der Ladespannung. Nachfolgend ein kleiner Artikel der Fa. MicroCharge aus dem Internet, den ich so kommentarlos einfüge:



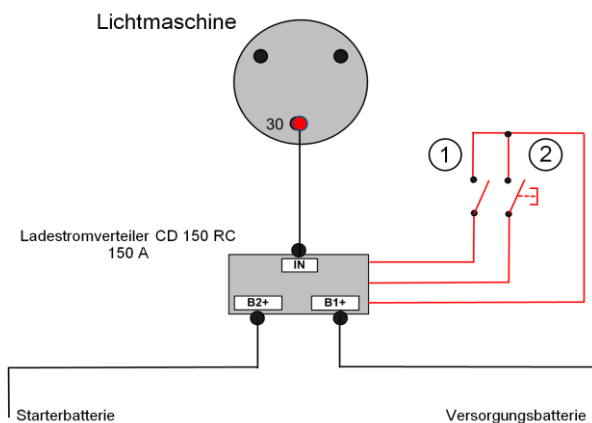
“Früher waren Trennrelais sehr verbreitet. Solche Relais sind elektromagnetisch betätigte Schalter. Durch eine Verbindung mit der "D+"-Leitung des Generators schalten sie automatisch ein, wenn der Motor angesprungen ist. Sie sind bei Belastbarkeiten bis zu 70A sehr preiswert, robust und langlebig. Trenn-Relais haben leider auch Nachteile. Als erstes wäre die Notwendigkeit einer Ansteuerung zu nennen: Das Relais schaltet nicht von selbst, sondern muß von irgendwoher den Impuls dazu bekommen. Dazu wird in der Regel der "D+" oder "L"-Anschluss der Lichtmaschine verwendet, der immer dann +12V führt, wenn die Lichtmaschine Strom liefert. Soweit klingt alles noch sehr einfach und einleuchtend. Nervtötend wird die Sache dann, wenn regelmäßig die Sicherungen der Batterie-Verbindungsleitung durchbrennen. Die Ursache liegt dann häufig in einem zu früh schaltenden Trenn-Relais! Die Lichtmaschine gibt auf "D+" oder "L" oft schon während des Startvorgangs +12V-Pegel, so dass ein dort angeschlossenes Trenn-Relais dann ebenfalls zu früh einschaltet. Ein Teil des Anlasserstroms fließt dann über die Batterie-Verbindungsleitung zum Trenn-Relais und den dort installierten Sicherungen, die dann ggf. durchbrennen. Zudem werden Relais und Versorgungs-Akku dabei überlastet, was beim Relais dann dazu führen kann, dass das Relais "klebt", also nicht mehr öffnet. Dann besteht die Verbindung zwischen Starter- und Versorgungsbatterie dauerhaft.“

Soweit dazu die Firma MicroCharge mit einem Artikel aus dem Internet. Auch wenn zum Teil diese alten Relais noch sehr verbreitet sind, muss ich der guten Ordnung halber auch auf die neuen Relais zu sprechen kommen. Alle die genannten Nachteile hat man durch eine Kombination aus Elektronik und Relais gelöst. Moderne Relais (wie z.B. ein VSR von BEP-Marine) brauchen keine Ansteuerung mehr. Mit Hilfe der integrierten Elektronik öffnen sie zwischen 13,4V und 13,6V (im Prinzip dann, wenn der Motor läuft) und schließen bei einer Abschaltspannung zwischen 12,7V und 12,6V. Man kann auch festlegen, welche Batterie zuerst geladen werden soll, denn das Relais unterscheidet zwischen erster und zweiter Batterie.

Ganz anders bei modernen Ladestromverteilern. Der Ladestromverteiler ist die Weiterentwicklung der konventionellen Batterie-Trenndiode. Die Elektronik erkennt den Ladebetrieb und überbrückt elektronisch die Dioden. Dadurch entfallen die Nachteile des Spannungsabfalls von ca. 0,7 V und die Batterien werden mit der erforderlichen Ladespannung und dem maximalen Strom geladen. Leere Batterien werden dabei bevorzugt geladen. Er ist für fast alle Ladequellen wie Lichtmaschine, Bordlader, Solaranlage und Windgenerator einsetzbar.

Der von mir eingesetzte Typ. CD 150 RC von Magnetronic hat noch zusätzliche Steuermöglichkeiten für die beiden Ausgänge.

- Parallelschaltung beider Batteriebanken zur Startunterstützung (max. 100 A) über einen externen Taster.
- Ladespannungsreduzierung (ca. 0,7 V) der Starter-Batterie über einen externen Schalter. Wichtig bei langen Fahrten unter Motor, damit die Starter-Batterie nicht überladen (Gasung) wird, während die Service-Batterie mit der Maximalspannung vollgeladen wird.



In der Skizze erkennt man die beiden Schalter. Der Schalter 1 reduziert die Ladespannung für die Starterbatterie und Schalter 2 schaltet beide Batterien für einen Notstart parallel. Wichtig, Da das Parallelschalten der Batterien nur kurzzeitig erfolgen soll, ist hier ein Taster als Schalter eingesetzt, der sofort nach dem Loslassen wieder öffnet.

Bild links. Anschluss des CD150RC

Egal, für welche Variante wir uns entscheiden, der Anschluss erfolgt immer so wie im Plan nach dem gleichen Schema. Von der Lichtmaschine auf den Eingang. Die beiden Ausgänge für die Zuleitung zu den Batterien.

Jetzt haben wir dem Thema Trennen und Laden der Batterien schon so viel Platz eingeräumt, es wäre schade, wenn wir nicht auch kurz über das Thema Hochleistungsregelung sprechen würden.

Sehr oft werden unsere Batterien nur zum Teil geladen. Das liegt einfach daran, dass zum Teil die erforderliche Ladespannung zwar von der Lichtmaschine geliefert wird, aber an der Batterie nicht ankommt. Einen der Gründe kennen wir schon, unsere Diodentrennung, die bis zu 0,7V verschluckt. Ein anderer Grund kann ein Spannungsabfall über die Zuleitung sein. Oder auch der Regler selbst. Er regelt die Ladespannung in Abhängigkeit von der Temperatur. Wird es wärmer, wird die Ladespannung reduziert. Leider sitzt die Lichtmaschine und damit auch der Regler am Motor und hier wird es in der Regel nach kurzer Zeit warm. Hier hilft man sich, indem man die Lichtmaschine mit einem Hochleistungsregler ausrüstet. Ohne auf alle Details einzugehen, zwei wesentliche Dinge macht er anders. Er misst durch Fühler Spannung und Temperatur direkt an der Batterie und regelt entsprechend die Ladespannung. Ich selbst habe einen Hochleistungsregler von Greiff seit 2001 im Einsatz und bin sehr zufrieden.

Bleibt der Vollständigkeit halber noch ein A2B-Ladegerät. Es ersetzt die Diodentrennung und wird stattdessen genau an deren Stelle eingesetzt. Das A2B-Ladegerät gibt die volle Ladespannung weiter und lädt die Batterien mit einer IUoUo-Kennlinie. Im Gegensatz zu Hochleistungsreglern ist kein Eingriff an der Lichtmaschine erforderlich (wichtig bei neuen Motoren wegen der Garantie). Es gibt also eine Vielzahl von Möglichkeiten der Ladestromverteilung und deren Regelung. Ein Thema, das eine eigene Berichtsserie füllt und bevor wir uns jetzt auch noch mit den diversen Kennlinien auseinandersetzen, beenden wir den kleinen Ausflug und kehren zurück zu unserem Schaltbild.

++

Im Zentrum eine kleine Masseschiene an der alle Massekabel aufgelegt werden. Bis jetzt handelt es sich nur um ein Grundschaltungs-Prinzip, das zwar so an Bord funktionieren könnte, aber ohne zusätzliche Maßnahmen auf keinen Fall den Sicherheitsanforderungen entspricht und so realisiert werden dürfte.

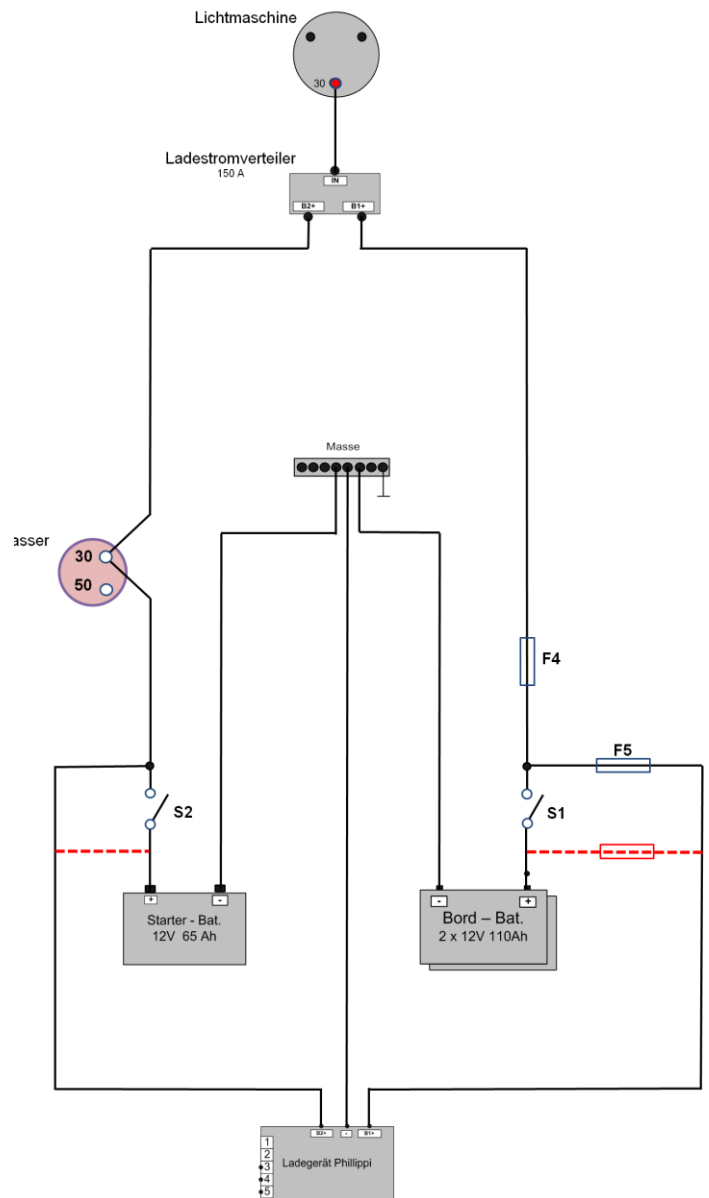


Bauen wir zunächst je einen Hauptschalter für die Bordbatterie und für die Starterbatterie ein.

#### Bild Hauptschalter und Sicherungen

Die Bordbatterie kann mit dem Hauptschalter S1 komplett vom Netz genommen werden. Das ist notwendig, wenn Arbeiten an der Verkabelung vorgenommen werden, oder wenn unser Schiff unbeaufsichtigt eine längere Zeit im Hafen liegt. Mit dem Hauptschalter S2 trennen wir die Starterbatterie vom Netz. Man kann erkennen, dass bei so einem Anschluss kein unbeaufsichtigtes Laden der Batterien erfolgen kann. Hat man ein geregeltes gutes Ladegerät und möchte man auch während der Abwesenheit seine Batterien laden lassen, bzw. möchte man seinen Batterien eine Erhaltungsladung gönnen, so muss die Verkabelung (siehe rote gestrichelte Alternative) etwas verändert werden. Ich persönlich bevorzuge die erste Variante. Im Prinzip könnten aber auch alle Ladequellen auch auf den Eingang des Ladestromverteilers gelegt werden.

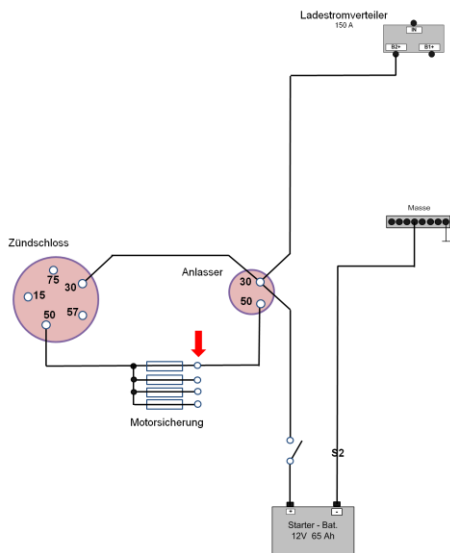
Auch die Absicherungen für die Kabel werden jetzt mit eingezeichnet. Die Absicherung erfolgt in unmittelbarer Nähe der Batterie, man sagt, innerhalb der ersten 20 cm.



Nur der Vollständigkeit halber, man könnte sich die Frage stellen, dreht denn der Anlasser nicht dauernd durch, wenn er so angeschlossen wird und sobald der Schalter S2 geschlossen wird?

Nein, er muss zusätzlich aktiviert werden. Das geschieht über den Zündschlüssel, wenn dieser für kurze Zeit in die Position "Starten" gedreht wird. Dadurch wird das Starterrelais am Anlasser aktiviert und der Anlasser dreht.

Ein kleiner Auszug aus unserem Plan, ergänzt um den Zündschlüssel zeigt uns, wie die Schaltung des Anlassers funktioniert.

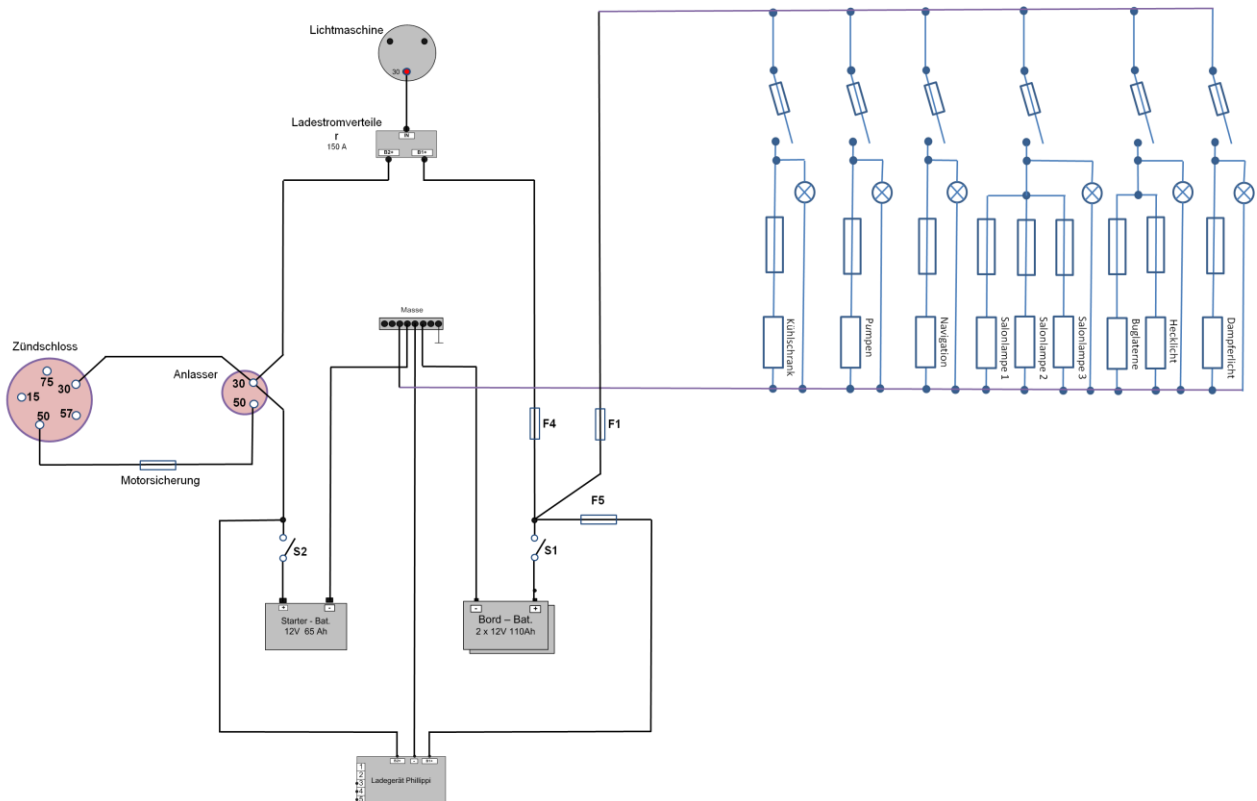


Die Motorsicherung ist oft als fliegende Sicherung im Motorraum oder auch (bei Volvo Penta) als Stecksicherung ausgeführt. Dreht der Anlasser mal beim Starten nicht durch, so kann eine defekte Sicherung der Anlasser sein. Dann wird einfach auf die nächste Sicherung (die eine Seite der Sicherungen ist steckbar) umgesteckt (roter Pfeil).

Bild: die Schaltung mit Zündschlüssel

Kommen wir nun von unserem kleinen Ausflug der Motorelektrik wieder zurück zu unserer Schaltung.

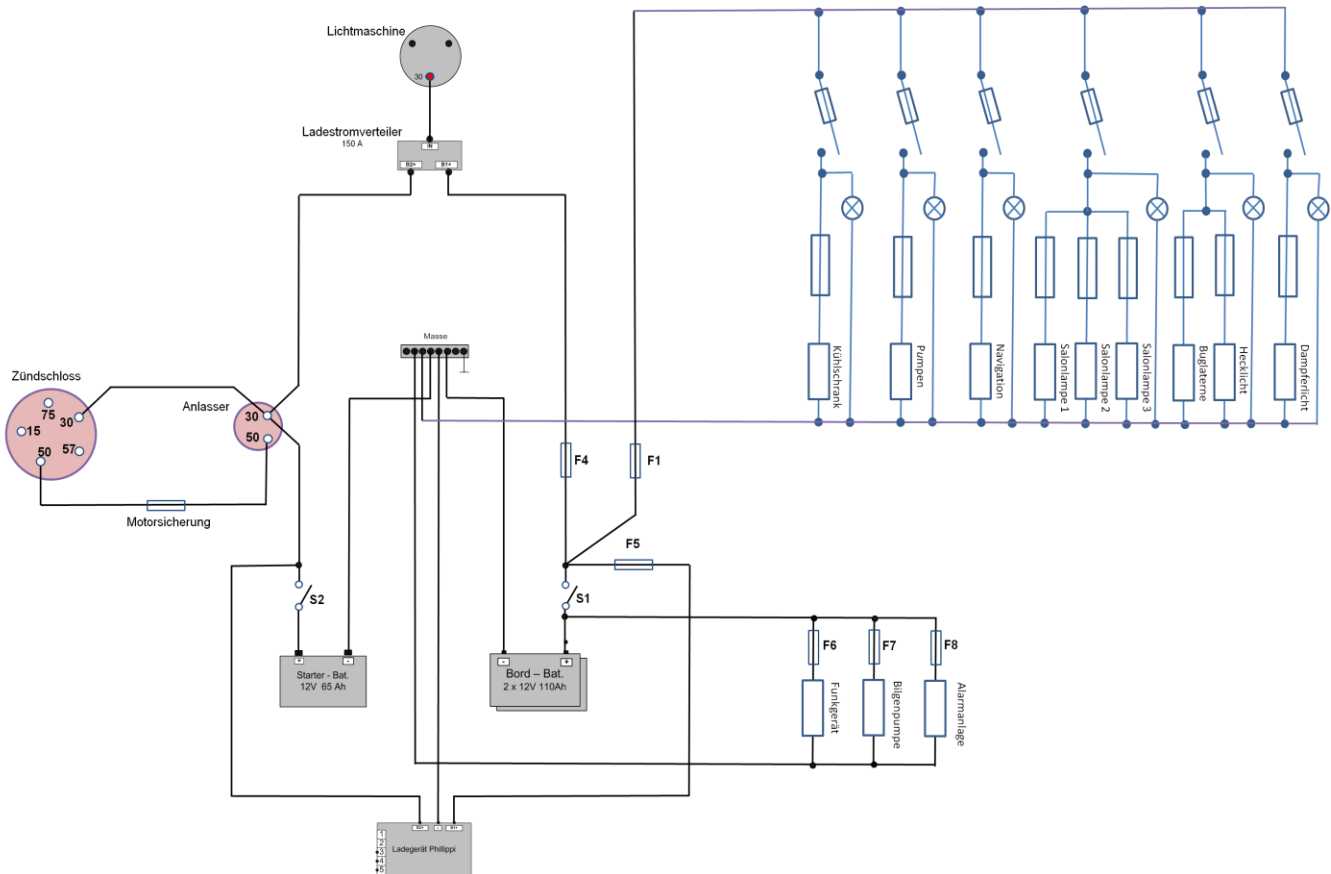
Was noch fehlt, sind zunächst einmal unsere Verbraucher.



Stellvertretend für die vielen Verbraucher, habe ich aus Gründen der Übersichtlichkeit hier nur 1 Panel angeschlossen. Weitere Panel werden analog parallel zum 1. Panel geschaltet. Da wir das Panel bereits im Detail behandelt haben, wird es nur blass in blau dargestellt. Hier geht es im Prinzip nur um die Einbindung in die Gesamtschaltung.



Bleiben noch die Verbraucher, die bei ausgeschaltetem Hauptschalter weiterhin ihren Dienst versehen sollen, wie z.B. Alarmanlage, Bilgenpumpe, Funkgerät oder weitere relevante Verbraucher.



Diese schließen wir direkt, das heißt, noch vor dem Hauptschalter an die Versorgungsbatterie mit an. Wer mag, könnte zwischen den Sicherungen (F6 bis F8) und den Verbrauchern noch einen Schalter installieren, um einzelne Verbraucher auch während der Abwesenheit auszuschalten.

Gehen wir noch einmal auf die Verkabelung ein. Im Plan sieht es viel komplexer und komplizierter aus, als wir es in der Realität gestalten können. Der Handel hält viele Bauteile und Baugruppen für uns parat, die uns die Verkabelung erleichtern.

Erinnern wir uns, für den Anschluss der Verbraucher mit den Sicherungsautomaten und den Kontrollleuchten haben wir fertig konfektionierte Panels eingesetzt. Die zusätzliche Absicherung einzelner Verbraucher erfolgte mit Reihenklammern auf einer Hutschiene. Alle Masseleitungen haben wir auf einer Masse-schiene zusammengeführt.

Von Blue Sea gibt es z.B. einen Verteiler mit integrierten Sicherungen, einen Safety-Hub. Einen Hub kennen wir von den USB-Schnittstellen an unserem Computer. Im Prin-





zip ein Vervielfältiger mit 4 größeren Streifensicherungen (bis zu 125 A) und zusätzlichen 4 KFZ-Flachsicherungen für kleinere Kabelquerschnitte. So ein Hub lässt sich z.B. gut einsetzen, um unsere Absicherung zu realisieren.

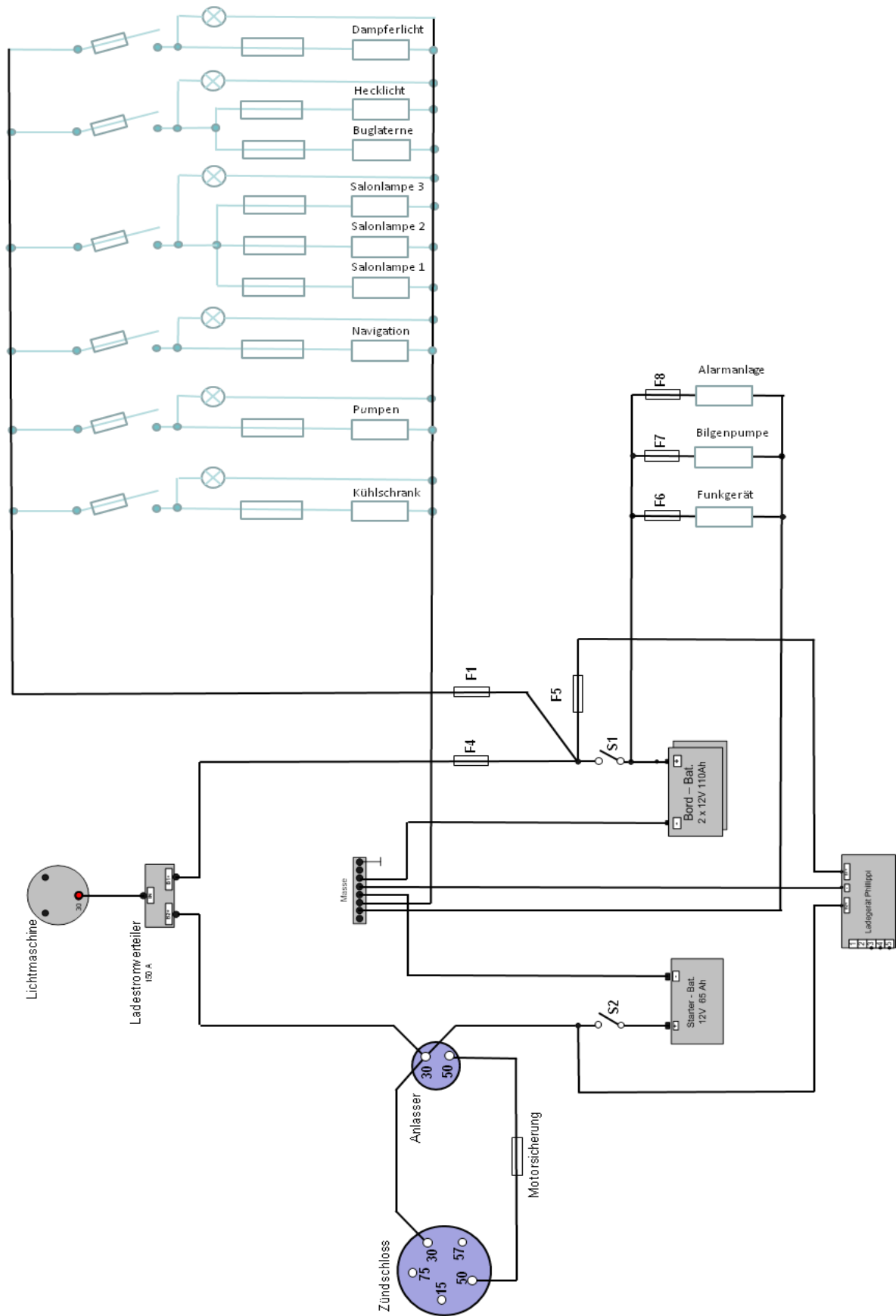
F1, F4 und F5 könnten z.B. mit den größeren Streifensicherungen abgedeckt werden. Die Verbraucher wie Funkgerät, Bilgenpumpe und Alarmanlage über die Flachsicherungen.

Wer für die Bauteile ein wenig Zeit investiert und im Internet googelt findet eine Vielzahl von Lösungen. Die hier gezeigten sind nur ein Beispiel von vielen. Schneller lässt sich kein Geld verdienen als mit einem Vergleich im Internet.

Aus Gründen der Verständlichkeit sind einige Bauteile nicht durch entsprechend genormte Schaltzeichen dargestellt. Mir kam es darauf an, dass auch nicht so versierte Elektroniker die Pläne einigermaßen deuten und lesen können.

**Auf der nächsten Seite wie versprochen, der Plan noch einmal in groß**







## 7.0. Batteriemanager & Features

### 7.1. Ein digitales Voltmeter

Bevor wir uns mit dem Batteriemanager befassen, zunächst eine einfache Lösung. Will man wissen, wie es um den elektrischen Energiehaushalt bestellt ist, so gibt es mehrere Möglichkeiten. Die einfachste (aber auch ungenaueste) Methode ist es, ein Voltmeter zum Messen der Spannung einzubauen.

Dazu muss man ein wenig wissen, wie eine Batterie aufgebaut ist, nämlich aus 6 Zellen à 2V.

- Leer ist die Batterie, wenn man an einer Zelle weniger als 1,9V misst.
- Zu einem Viertel (25%) ist sie geladen mit 2,01V pro Zelle
- Bei halb vollen (ca. 50%) Batterien beträgt die Zellenspannung ca. 2,04V.
- Dreiviertel voll (75%) ist sie bei einer Zellenspannung von 2,075V
- Eine volle Batterie hat eine Zellenspannung zwischen 2,3V und 2,45V, wobei der letztere Wert schon sehr nahe an der Gasungsspannung liegt.

Analog dazu kann man also folgende Aussage machen

Ladezustand	Zellspannung	Batteriespannung
Leer	< 1,9 V	< 11,40 V
25 %	2,01 V	12,06 V
50 %	2,04	12,24 V
75 %	2,075 V	12,45 V
Voll	> 2,3 V	> 13,80 V

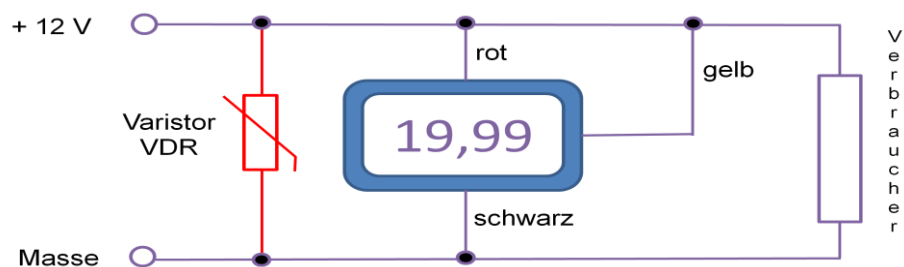
Um diese Spannungen genau messen zu können, braucht man dann schon ein digitales Voltmeter mit 2 Stellen hinter dem Komma. Analoge Messgeräte (Bild rechts) helfen hier nicht wirklich weiter.



So eine digitale Anzeige (z.B. EX 2070 von Beckmann&Egle) gibt es bei Conrad (Bild links). Auch wenn hier nur eine Kommastelle zu sehen ist, mit Hilfe von kleinen Steckern auf der Rückseite werden Messbereiche und Kommastellen festgelegt. Der Anschluss ist relativ einfach.



Wichtig ist, Messen der Batteriespannung unter Last **ohne** Ladevorgang

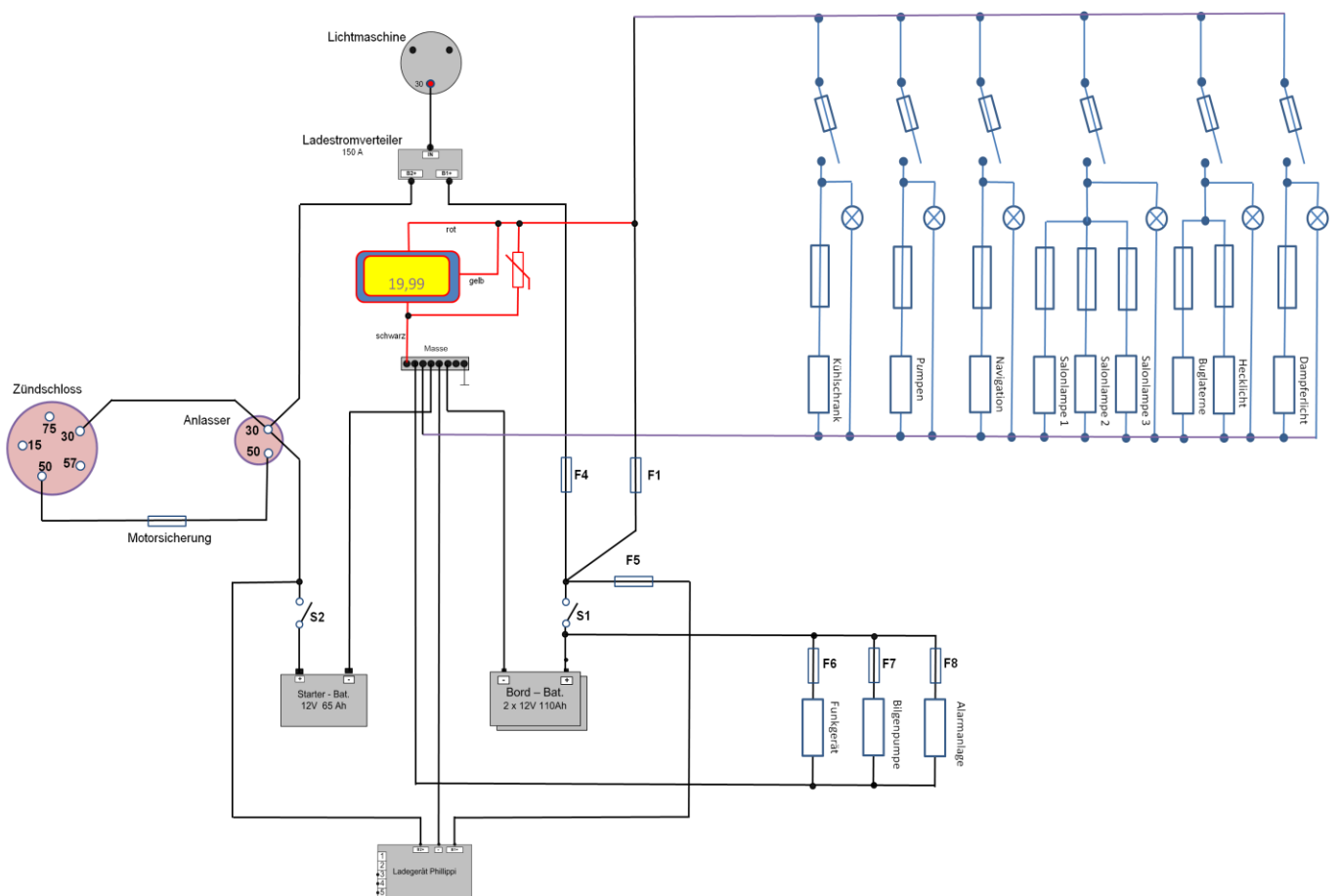


Da diese Anzeige keine eigene Versorgungsspannung benötigt (die Versorgungsspannung darf zwischen 7V und 30V betragen), wird sie einfach am Pluspol der Batterie und an Masse angeschlossen.



Allerdings, und das haben wir gerade eben bei der Zellspannung gelernt hat die Batterie im vollen Zustand eine Spannung größer 13,8V. Beim Einschalten und beim Laden können kurzzeitig (wenn auch selten) Spannungsspitzen bis über 30 V auftreten. Diese würden ausreichen, um unsere Digitalanzeige zu zerstören. Deshalb schaltet man einen Varistor (im Anschlussschema rot eingezeichnet) parallel zur Anzeige.

Es handelt sich in diesem Fall um einen spannungsabhängigen Widerstand(VDR) EPCOS Typ S05K17. Er verhindert, dass unsere Anzeige durch Spannungsspitzen zerstört wird. Hört sich teuer an, ist aber nicht so, ähnlich wie ein normaler Widerstand kostet er nur wenige Cent (ca. 0,25 EUR). Wir sollten deshalb auf ihn nicht



verzichten. Im Plan sehen wir, wie diese digitale Anzeige in unsere Schaltung integriert wird.

Eine andere Anzeige ist das Modul EX2068. Es hat noch ein zusätzliches blaues Anschlusskabel, es wird aber genau wie das EX2070 mit rot gelb und schwarz angeschlossen. Das blaue Kabel wird bei Spannungsmessungen nicht berücksichtigt.

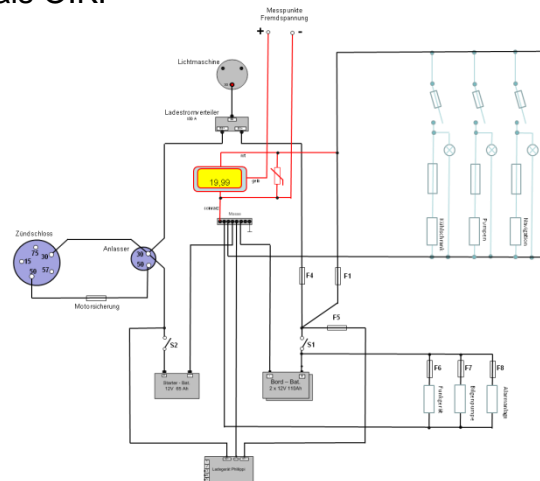
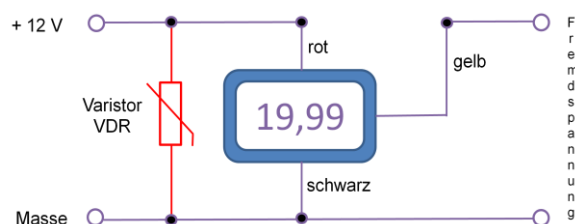
Da Anzeigen anderer Hersteller zum Teil andere Anschlusskabel besitzen, oder auch wie schon erwähnt eine separate Versorgungsspannung benötigen, gilt das



gezeigte Anschlussschema nur für diese Anzeige und ist deshalb in rot eingezeichnet.

Um aber einen verlässlichen Messwert zu erhalten, muss die Batterie eine zeitlang (Stunden) ruhen und darf dabei nicht geladen werden. Erst wenn der Wert (V) nicht mehr schwankt, gelten die abgelesenen Werte als O.K.

Der Vollständigkeit halber, man kann mit dem EX2068 auch eine Fremdspannung messen, z.B. die eines Solarmodules, aber auch jede andere.



Bilder: Fremdspannungsmessung Prinzip (links) und analog in unserer Schaltung (rechts)

Dazu muss das Anschlussschema aber etwas geändert werden. Die Versorgungsspannung kommt wie gehabt aus unserem Netz und auch hier setzen wir wie gehabt zur Sicherheit den Varistor (VDR) mit ein.

Sehen wir mal von der Messung einer Fremdspannung ab, ist es schon ein bisschen viel Aufwand, wenn man bedenkt, dass man nur einen ungefähren Anhaltspunkt (25%, 50% u.s.w.) über den Ladezustand der Batterie erhält.

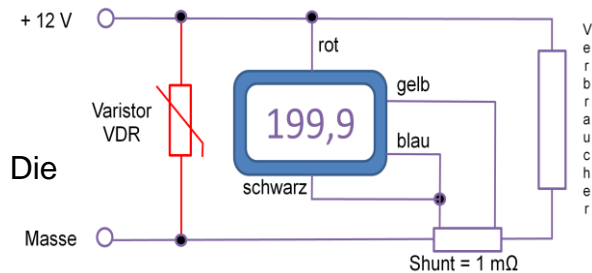
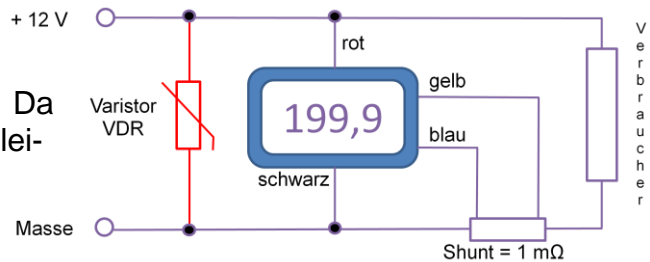
## 7.2. Eine digitale Strommessung

Etwas aussagekräftiger wäre es schon, wenn wir wüssten, wie viel Strom wir gerade unserer Batterie entnehmen oder gar durch Laden zuführen. Auch hier reicht im Prinzip eine einfache Digitalanzeige, die allerdings etwas anders als das digitale Voltmeter in unsere Verkabelung eingebunden wird. Dafür nehmen wir das gerade schon vorgestellte EX2068 und diesmal kommt auch das blaue Kabel zum Einsatz. Allerdings benötigen wir einen zusätzlichen Messwiderstand, einen Shunt. Ein Shunt ist ein niederohmiger elektrischer Messwiderstand. Der Strom, der durch einen Shunt fließt, verursacht einen proportionalen Spannungsabfall, der zur Messung des elektrischen Stromes verwendet wird. Beträgt der Spannungsabfall über einen Widerstand von  $1\Omega = 1V$ , so fließt ein Strom von 1 A. Das kennen wir noch vom Ohmschen Gesetz ( $U = I \times R$  oder  $I = U/R$ ). Behält man das Verhältnis  $1\Omega$  zu 1V oder  $1\text{ m}\Omega$  zu 1 mV ( $=0,001\Omega$  zu  $0,001V$ ) bei, so kann man den Strom direkt in A ablesen.



Bild : Anschlusschema Prinzip der Strommessung

Dieses Bild zeigt die Prinzipschaltung. Da es aber aufgrund der Länge der Messleitungen zu Spannungsabfällen im Microvoltbereich kommen kann (das Messergebnis wäre verfälscht), gibt es für dieses Modul eine Anschlussmöglichkeit, die den Fehler eliminiert. Wie die Schaltung aussieht, im nächsten kleinen Schaltbild (links).

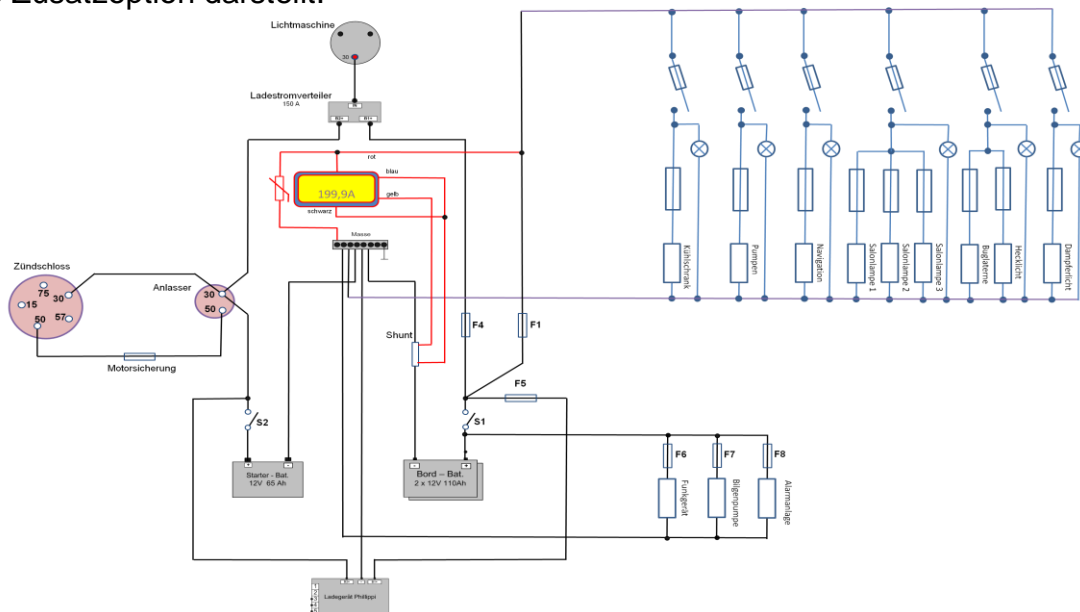


Die schwarze Anschlussleitung wird mit auf den Shunt gelegt. (siehe Plan)

Das Schaltzeichen für den Shunt s.u.



In unserem Gesamtschaltbild sieht das nun so aus. Auch hier wieder in rot, da es eine Zusatzoption darstellt.



Ein Plus als Vorzeichen bedeutet, die Batterie wird geladen, ein Minus zeigt an wie viel Strom entnommen wird.

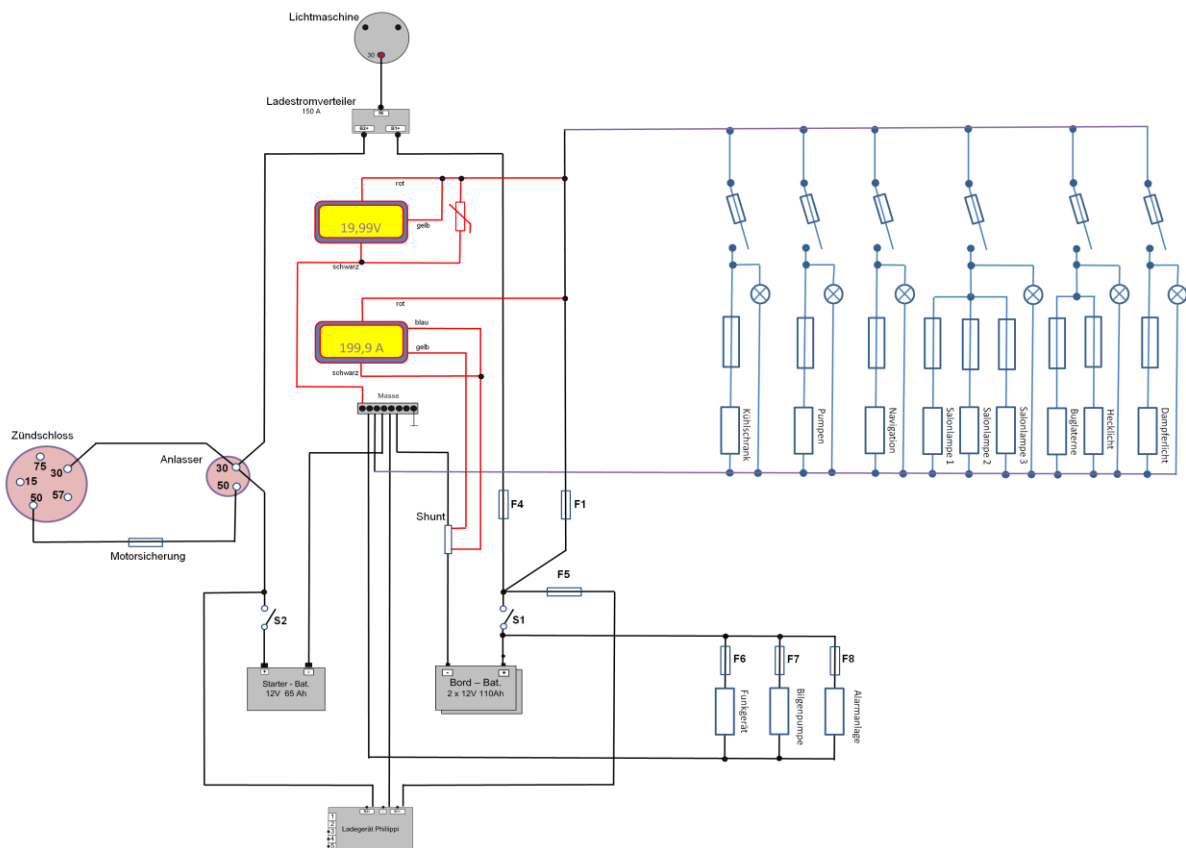
Je nachdem, welche Stromstärken man messen möchte (wir haben mit der Anzeige 199,9 mV und einem Shunt von 1 mΩ einen Bereich bis zu 199,9A gewählt) kann man durch Auswahl des Shunts und eines entsprechenden Anzeigebereiches, auch den Messbereich ändern. Folgende kleine Tabelle soll als Anhalt dienen.



Messbereich	Widerstandswert Shunt
0..19,99 mA	10 Ω
0..199,9 mA	1 Ω
0..1,999 A	100 mΩ
0..19,99 A 10	10 mΩ
0..199,9 A	1 mΩ

Wichtig für die wie in unserem Plan geschaltete Anzeige ist, a) der Messbereich sollte den max. Stromfluss abdecken und b) der Shunt sollte für eben den gleichen ausgelegt sein. Nachfolgend der Plan mit beiden Anzeigen Spannungs- und Strommessung.

Der Varistor liegt parallel zu beiden Anzeigen und darf nur einmal eingesetzt werden.



Natürlich verbrauchen so digitale Anzeigen auch Strom. Der ist aber, je nachdem welches Modul zum Einsatz kommt, mit 5 – 25 mW fast vernachlässigbar.

So informativ die Werte über entnommenen und zugeführten Strom auch sind, sie geben leider keinerlei Auskunft über den derzeitigen Status unserer Batterie. Wie viel "Saft" ist noch drin und wie lange kann ich mein Navi noch betreiben. Hier hilft einzig und allein ein Batteriemanager.



Das Bild links zeigt den Einsatz eines digitalen Voltmeters. Aufgrund der Bauweise, ist es ideal geeignet für den Einbau in Frontplatten oder Schaltschränke.

Hier im Bild leider noch mit einer Schutzfolie versehen. Die Anzeige ist ansonsten glasklar und sehr gut ablesbar.



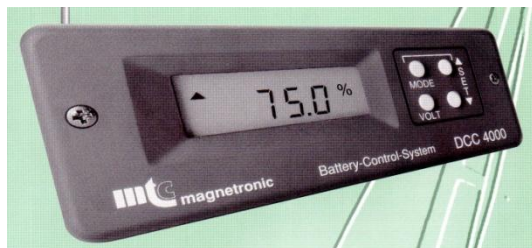
### 7.3. Der Batteriemanager

Gegenüber einer einfachen digitalen (aber dafür kostengünstigen) Spannungs- und Stromanzeige ist der Batteriemanager gleich leider um ein Vielfaches teurer. Er liefert dafür erschöpfende Auskunft über den aktuellen Status der Batterie.

Im Zuge der Erneuerung meiner elektrischen Anlage habe ich 2001 einen Batteriemanager DCC4000 von Magnetronic eingebaut, der bis heute ohne Fehler alle für mich relevanten Daten liefert, wie

- Spannungsmessung an der Versorgungsbatterie
- Strommessungen (Entnahme und Ladung)
- Ladungszustand der Batterie in %
- Ladungszustand in Ah
- Akustisches Signal bei Gefahr von Tiefenentladung

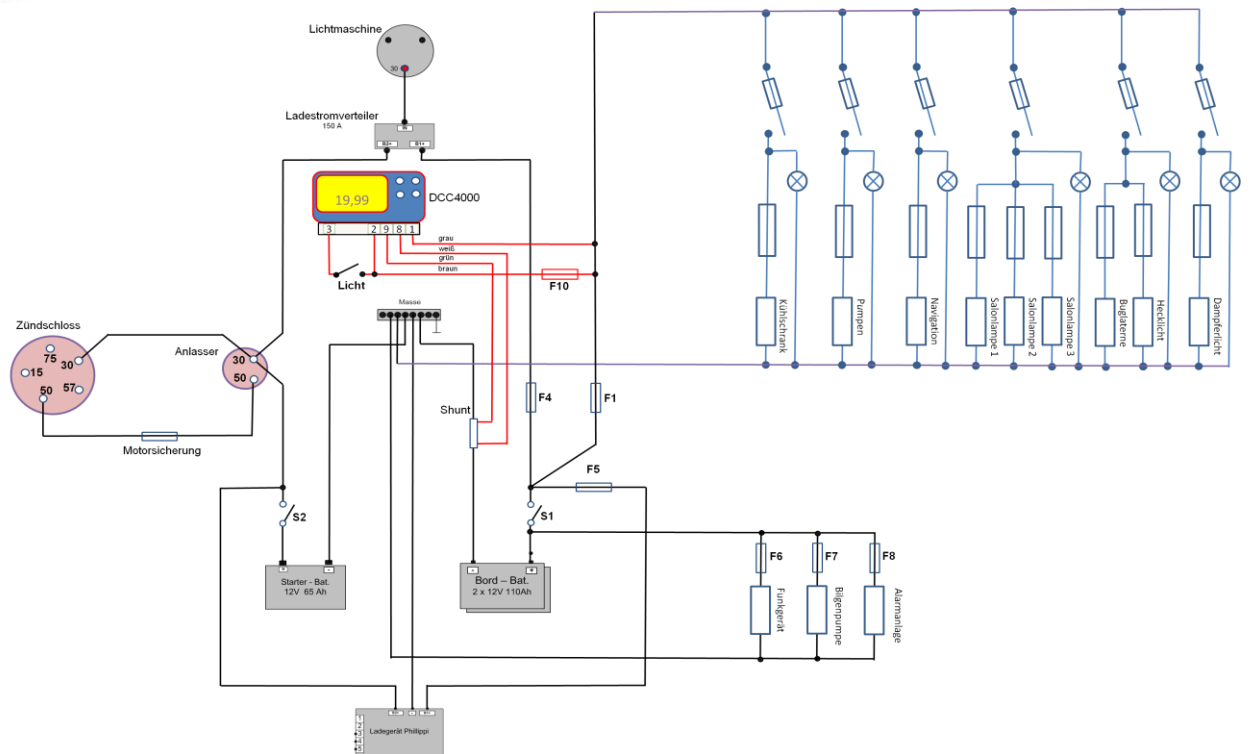
Der DCC4000 (Es gibt aber auch viele andere gute Batteriemanager!) ist ein microprozessorgesteuertes, intelligentes Überwachungssystem mit Auto Focus (das Komma und damit die Nachkommastellen werden automatisch gesetzt). Dadurch können auch Ströme im Bereich um 10 mA gemessen werden (wichtig zur Leckstromermittlung).



Unter Berücksichtigung der Anzahl von Ladezyklen wird die Alterung und damit die im Laufe der Zeit verminderte Kapazität der Batterie berücksichtigt.

Bild: ein Beispiel für einen Batteriemanager, es gibt viele gute Produkte

Nachfolgend der Plan, wie der Batteriemanager in die Verkabelung mit eingebunden wird.



Deutlich erkennt man die Parallelen zum Einbinden der Einzelinstrumente. Auch hier die Strommessung über den Shunt. Allerdings zusätzlich mit F10 eine fliegende Sicherung, die direkt am Batteriemanager bereits installiert ist. Ebenfalls zusätzlich noch die Möglichkeit, über einen externen Schalter das Display zu erleuchten.

Bild: im Bild oben links mein Batteriemanager, leider kein gutes Bild (Foto umgewandelt von analog in digital)



Oben links der Batteriemanager, darunter eine kleine selbstgemachte Frontplatte mit 2 Druckschaltern (1 x Licht für das Display am Batteriemanager und der rote Druckschalter gehört zum Ladestromverteiler (s. letzter Bericht) zum Reduzieren der Ladespannung für die Starterbatterie) Ebenfalls auf der kleinen Frontplatte 2 LED als abgesetzte Anzeige für das Batterieladegerät. Eine gelbe LED zeigt an wenn die Batterie (mit 220V) lädt und eine grüne LED signalisiert eine volle Versorgungsbatterie. Eine 3. rote LED unter dem roten Schalter, die anzeigt dass die Ladespannungsreduzierung eingeschaltet ist.

Vom Batteriemanager habe ich nur die Anschlüsse 1,2,3,8 und 9 eingezeichnet. Nicht berücksichtigt habe ich z.B. die Anschlüsse für die akustische Warnung, oder die Anschlüsse für das Trennen der Batterie, wenn die Batterie zu weit entladen wird.

+++





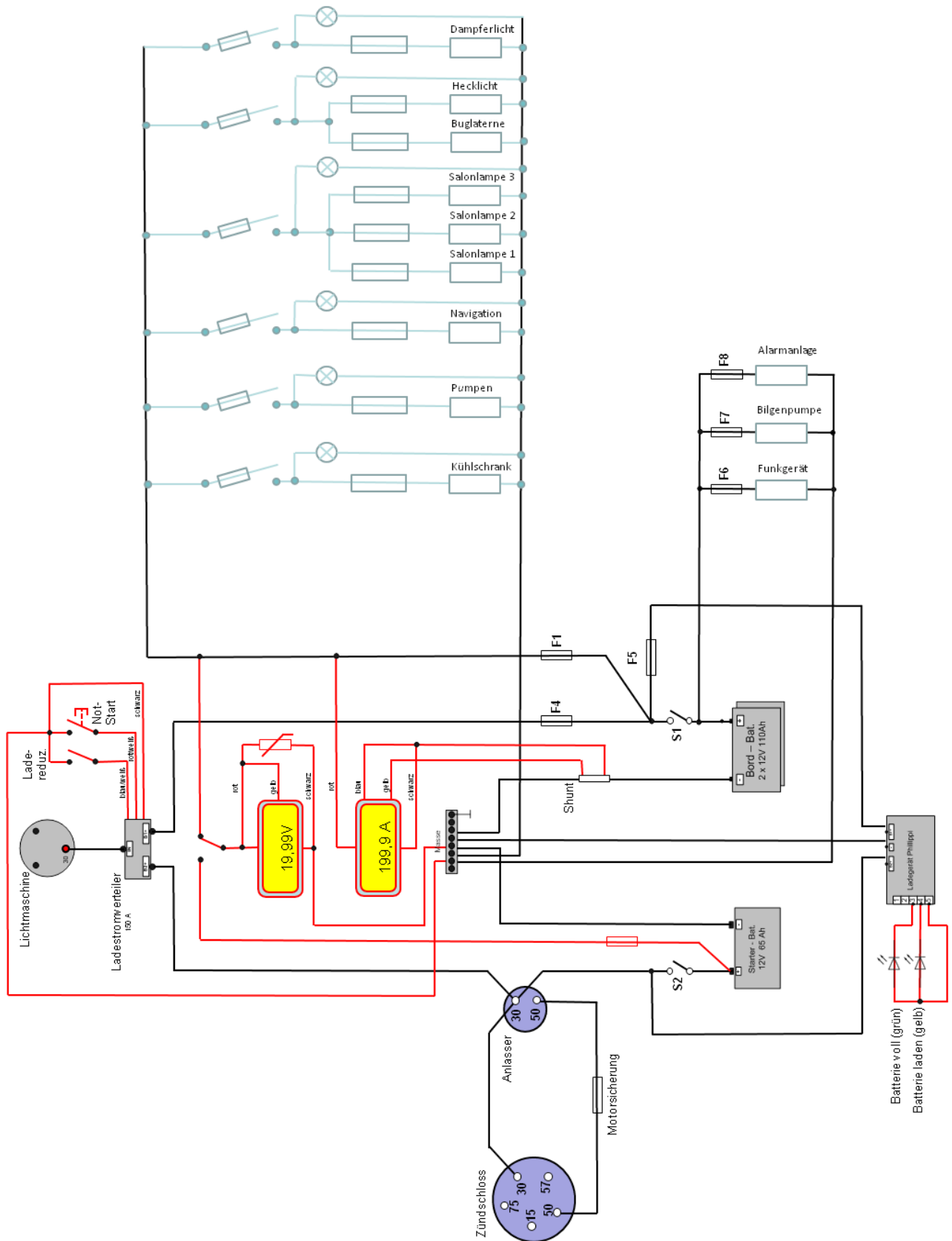
Auf den nächsten Seiten die kompletten Pläne plus zusätzlicher Schaltung des Ladestromverteilers in groß.

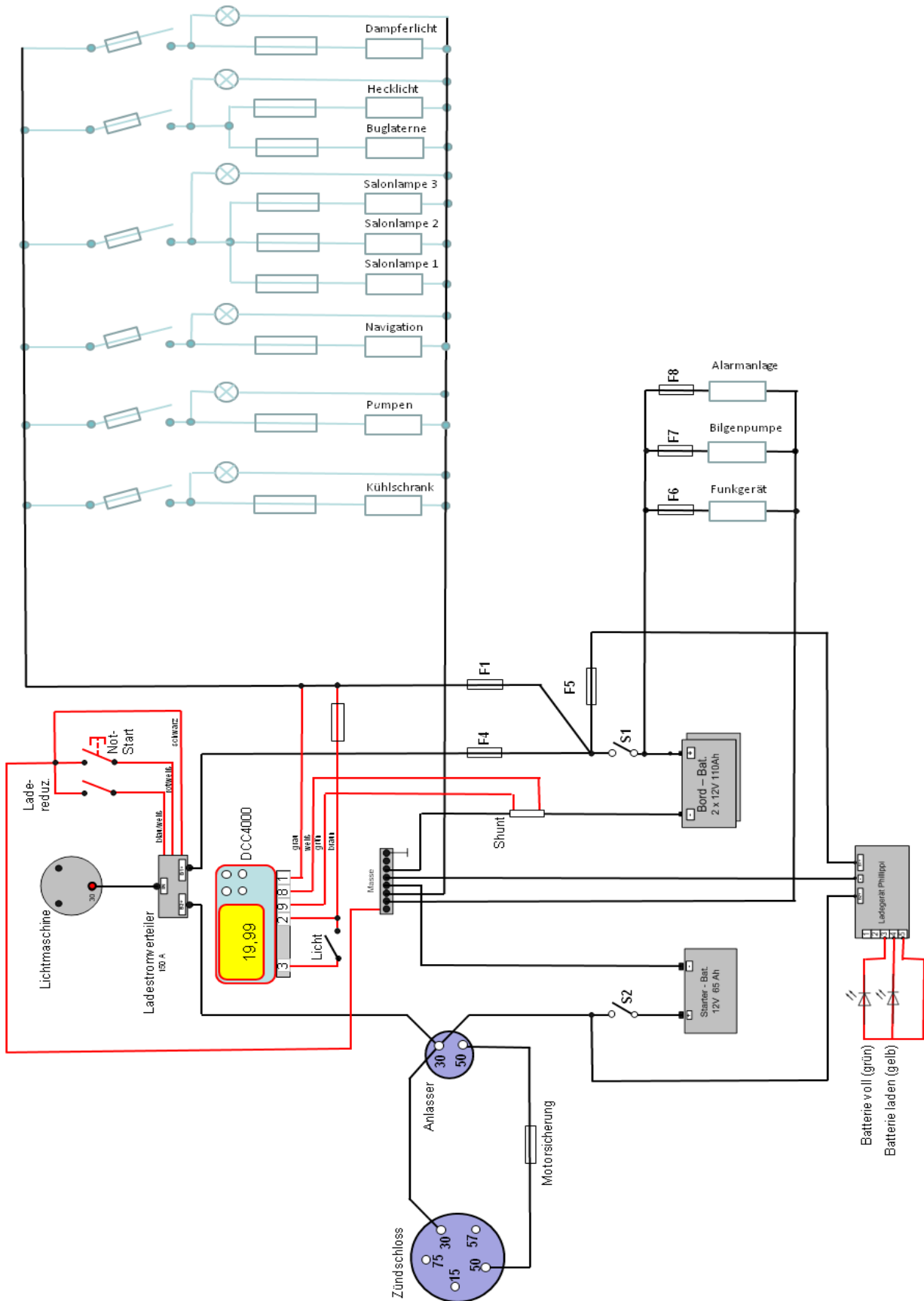
Am Ladestromverteiler ein Schalter für die Reduzierung der Ladespannung bei langer Motorfahrt, damit die Starterbatterie nicht überladen wird. Ein zweiter Tastschalter für den Notstart, damit werden beide Batterien (Versorgung und Starter) parallelgeschaltet.

Auch die Fernanzeige des Philippi-Ladegerätes als Option in rot mit eingezeichnet. Eine gelbe LED als Ladekontrolle und eine grüne LED die anzeigt, dass die Batterie voll ist.

Seite 66) Gesamtplan mit separater Spannungs- und Stromanzeige. Die Spannungsanzeige (V) ist hier schaltbar zwischen Starter- und Versorgungsbatterie dargestellt. Da zur Starterbatterie meist ein längeres Kabel erforderlich wird, bitte in Batterienähe die Sicherung nicht vergessen.

Seite 67) Gesamtplan mit Batteriemanager







So, das war's erst einmal. Ich hoffe, der Ausflug in die Erneuerung der Bootselektrik hat etwas Spaß gemacht. Und wenn dann noch ein paar kleine Zusammenhänge zwischen Spannung, Strom, Widerstand und Leistung etwas verständlicher geworden sind, umso besser.

Die Fachleute mögen mir verzeihen, wenn ich nicht immer alle Zeichen normgerecht dargestellt habe, mir kam es weniger auf einen wissenschaftlichen Ansatz an, mehr aber, die Thematik verständlich darzustellen, was zugegebenermaßen mit einigen Kompromissen verbunden war. Und wer noch Fragen hat, der darf mich gerne ansprechen.

In diesem Sinne

Beste Grüße  
Manfred