



## 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 ausfindig 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.

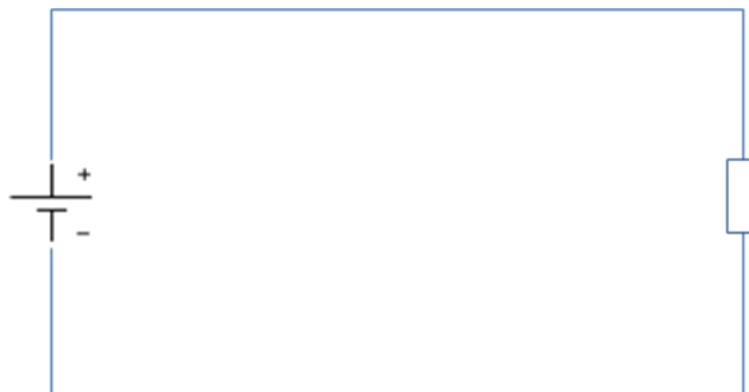
**$I = P / U$  abgeleitet von  $P = U * I$**

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.

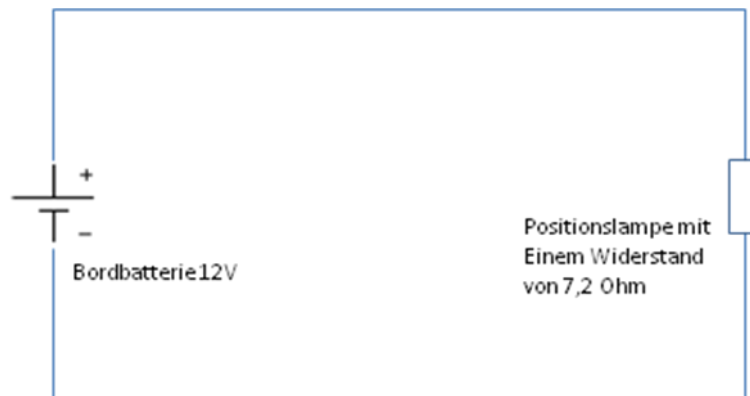
## 1.6. Der Stromkreis

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

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

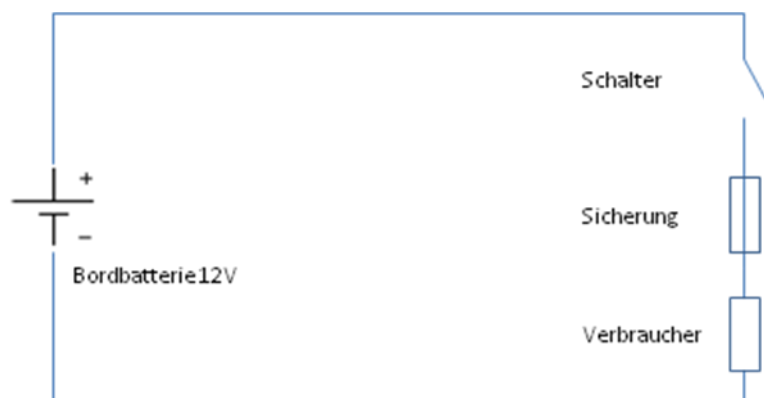
wobei die zweite die für unser Vorhaben die Elektrik zu erneuern, die wichtigere ist. Die andere behalten wir erst einmal im Hinterkopf.

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.

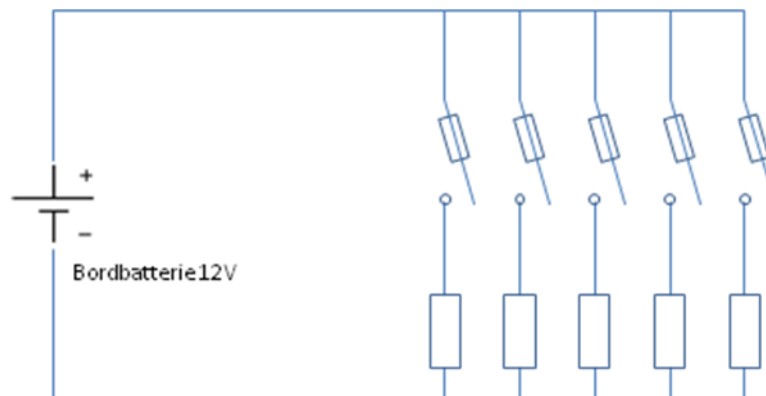
Das sieht dann so aus.





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.



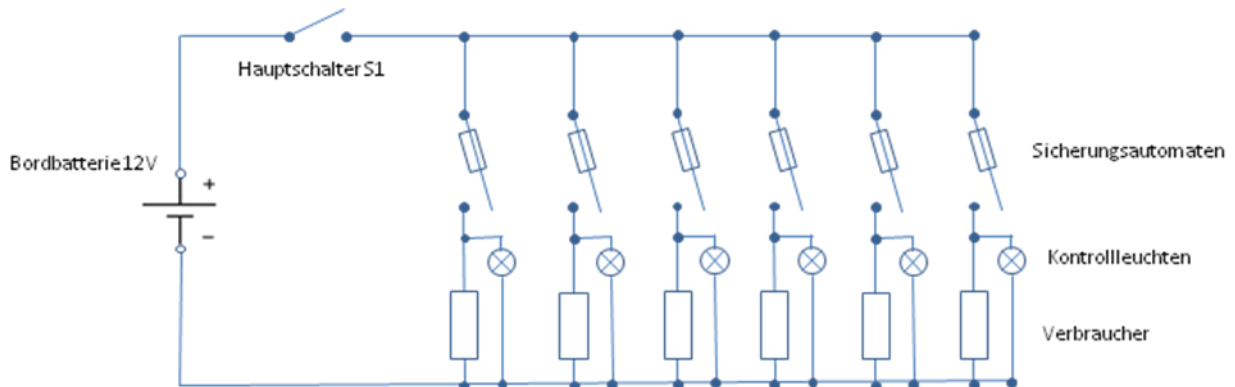
Die Parallelschaltung von Verbrauchern hat den Vorteil, dass an allen Verbrauchern die gleiche Spannung, nämlich 12 V anliegt. Bei einer Reihenschaltung, die werde ich später der Vollständigkeit halber auch noch mal beschreiben, ist das nicht so.

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.

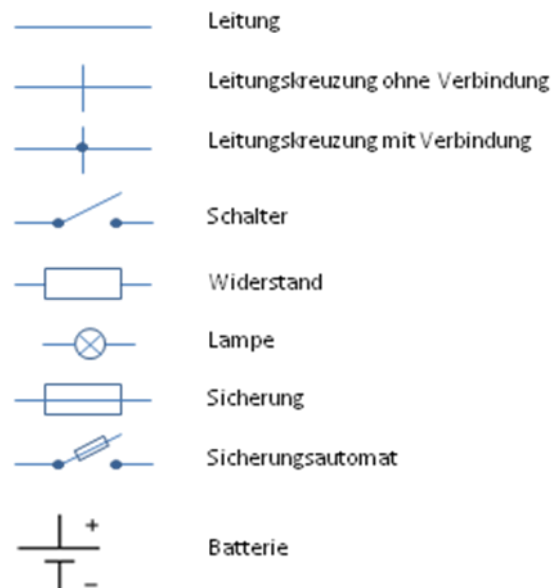
Dem aufmerksamen Beobachter fällt nun auf, dass zusätzlich zu den Lämpchen ein Schalter und ein paar dunkle Punkte hinzu gekommen sind. Die Punkte bedeuten, dass an diesen Stellen eine Verbindung besteht. Ohne einen Punkt bedeutet es, dass sich eine Leitung nur kreuzt.



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

**Weiter geht's mit Kapitel 2 "Bestandsaufnahme"**