

## *Elektrizität im Fahrzeug*

**Ohne elektrische Energie geht in modernen Fahrzeugen gar nichts mehr. Es ist deshalb wichtig, dass man die Grundlagen versteht, wenn man sein Fahrzeug auch elektrotechnisch beherrschen will.**

Wenn man sich mit seinem Wohnmobil an die Ränder der Zivilisation begibt oder vielleicht sogar darüber hinaus, ist es wichtig, dass man sich im Falle einer Panne selbst helfen kann. Einen Reifen zu wechseln oder Öl und Wasser kontrollieren können die meisten. Die Suche nach einem korrodierten elektrischen Kontakt trauen sich viele schon nicht mehr zu. Wie jede Technologie verlangt auch die Elektrik nach einigen Grundkenntnissen. Beherrscht man diese, wird vieles selbst-erklärend.

Fangen wir ganz von vorne an:

### **Volt und Ampere**

Oft hilft es, wenn man sich einer Analogie bedient, um einen physikalischen Vorgang zu begreifen. Das Zusammenspiel von Volt und Ampere versteht man einfacher, wenn man es mit einer Wasserleitung vergleicht.

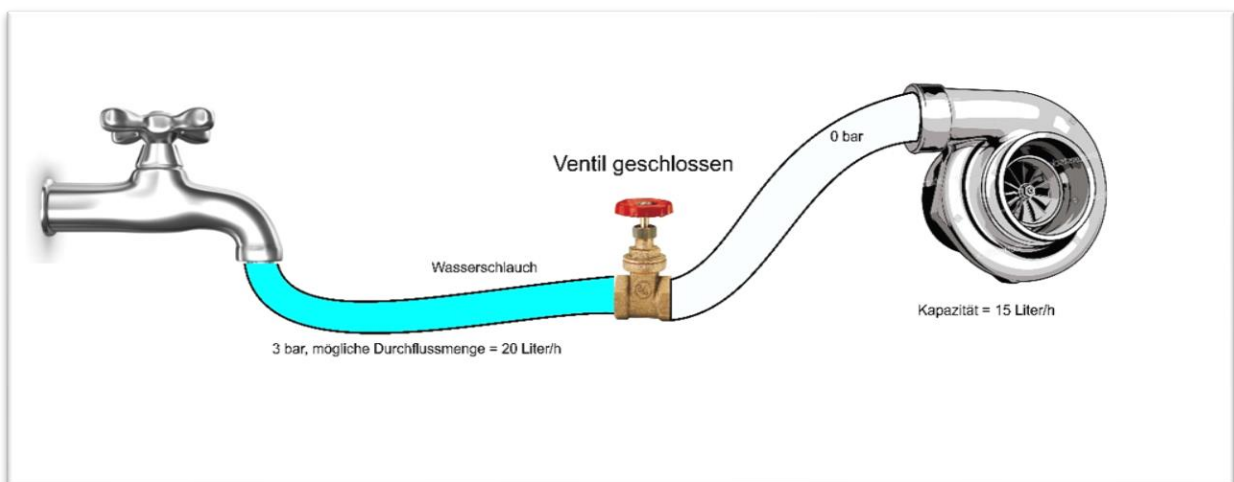
Volt = Wasserdruck in der Leitung

Watt = Wassermenge in der Leitung oder Durchmesser der Leitung.

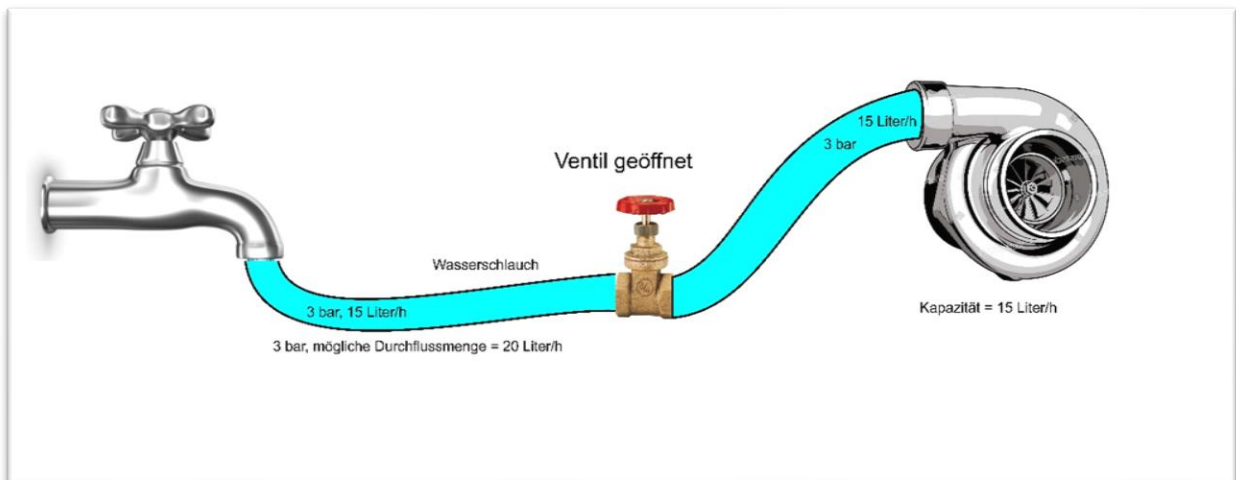
Will man nun eine grosse Menge Wasser befördern braucht man eine dicke Leitung oder hohen Druck. Grundsätzlich erreicht man das gleiche Ziel, wenn man durch einen Strohhalm Wasser mit 100 bar jagt oder das Wasser mit 1 bar fließen lässt, dafür aber ein sehr dickes Rohr verwendet. Am Ende wird gleichviel Wasser im Auffangbehälter ankommen, sofern die Wände des Strohhalms den Druck aushalten.

Tun sie das nicht, wird er reißen und das Wasser spritzt raus. Genau das selbe passiert, wenn man elektrische Energie (Strom) mit hohem Druck (Volt) durch einen zu dünnen Draht mit zu schwacher Isolation jagt. Der Strom wird austreten und über einen besser leitfähigen «Schlauch» abfließen.

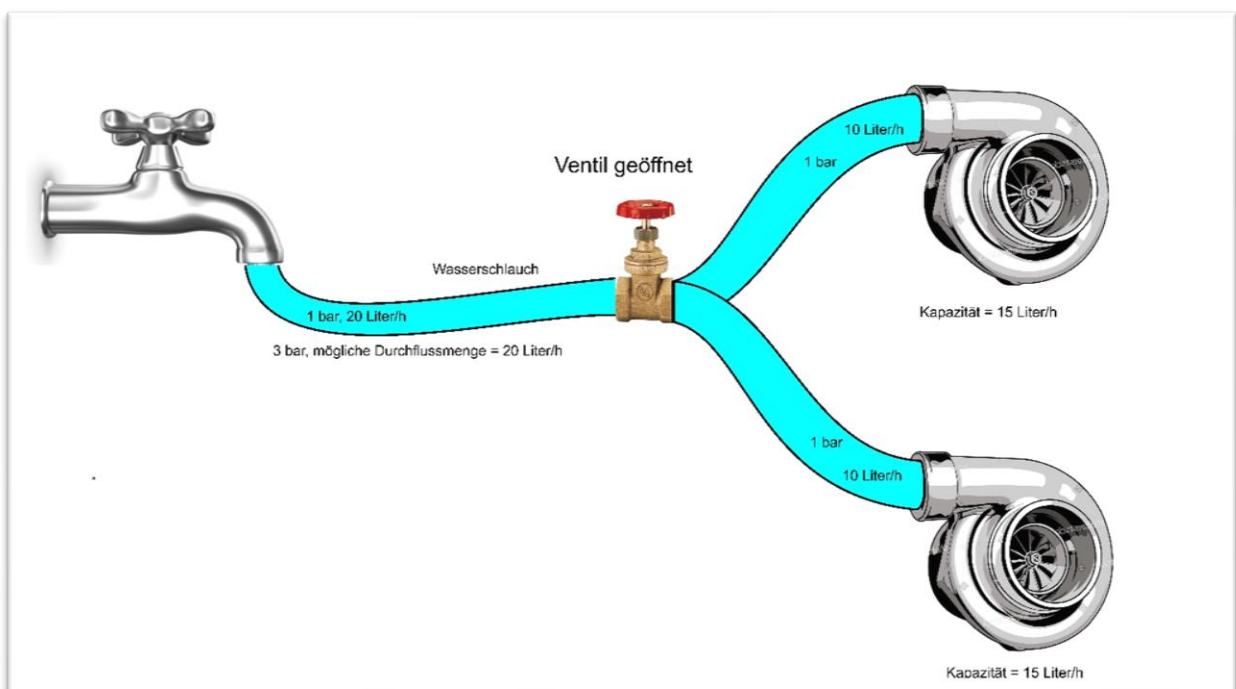
Stell dir einen Wassertank vor mit einer Schlauchverbindung zu einem Wasserrad. Das Wasser im Schlauch steht unter Druck – sagen wir 3 bar. In der Mitte der Schlauchverbindung befindet sich ein Ventil. Wenn nun das Ventil geschlossen ist beträgt der Druck vor dem Ventil 3 bar und nach dem Ventil 0 bar, denn es fließt kein Wasser.



Jetzt öffnen wir das Ventil vollständig. Das Wasser kann nun widerstandslos fließen. Bei 3 bar Druck würden rund 20 Liter Wasser pro Stunde durch den Schlauch fließen. Da aber die Turbine nur 15 Liter durchlässt, bleibt der Druck bei 3 bar.



Jetzt schliessen wir eine zweite Turbine an. Beide Turbinen zusammen können 30 Liter Wasser/h durchlassen. Der Wandanschluss kann aber maximal 20 Liter/h liefern. Somit erhält jede Turbine nur 10 Liter Wasser/h und der Wasserdruck fällt.



Die vollen 3 bar Druck sind nur möglich, wenn kein Wasser fließt. Je mehr Wasser durch die Turbinen fließt, desto mehr bricht der Druck zusammen. Wenn die Turbinen mehr Wasser durchlassen könnten, als die Wasserleitung liefern kann, fällt der Druck vollständig zusammen.

Nun schliessen wir das Ventil zur Hälfte. Das zur Verfügung stehende Wasservolumen für die Turbinen beträgt noch 10 Liter. Jede Turbine erhält noch 5 Liter Wasser, was vermutlich kaum ausreicht, um die Schaufelräder zu drehen. Der Wasserdruck zwischen Ventil und Turbinen fällt vollständig zusammen. Vor dem Ventil kann er sich aber bei vielleicht 1 bar halten, da das Ventil dem Wasserdurchfluss Widerstand leistet.

Nun übertragen wir das zugegebenermassen stark vereinfachte Wasserbeispiel auf die Elektrizität. Anstelle einer Wasserleitung nehmen wir einen Elektrodraht, Anstelle von Wasser mit 3 bar Druck nehmen wir eine Batterie mit 12 Volt und anstelle der maximalen Durchflussmenge kann die Batterie 20 Ampere elektrische Spannung liefern. Am Ende der elektrischen Leitung ist ein kleiner Elektromotor angeschlossen, der bei maximaler Leistung 15 Ampere Strom verbraucht. In der Mitte des Anschlusskabels zwischen Batterie und Motor ist ein Schalter eingebaut, der ausgeschaltet ist. Die Spannung vor dem Schalter im Kabel ist nach wie vor 12 Volt, weil kein Strom fließen kann.

Dann drehen wir den Schalter und der Strom kann nun ungehindert zum Motor gelangen. Der Motor beginnt mit maximaler Drehzahl zu laufen, weil die Batterie 20 Ampere liefern kann, der Motor aber nur 15 Ampere zulässt. Die Spannung im Elektrokabel bleibt bei annähernd 12 Volt.

Jetzt schliessen wir einen zweiten Motor mit den gleichen Leistungsdaten an. Die zwei Motoren können zusammen 30 Ampere Strom aufnehmen. Die Batterie jedoch kann nur maximal 20 Ampere liefern. Folglich erhält jeder Motor nur 10 Ampere und läuft deshalb mit reduzierter Leistung. Zudem fällt die Spannung zusammen. Die volle Spannung von 12 Volt ist nur möglich, wenn kein Strom fliesst. Wenn mehr Spannung vorhanden ist, als konsumiert wird, fällt sie nur leicht ab. Nun montieren wir anstelle eines Schalter einen Widerstand, einen sogenannten Resistor in die Leitung, was den gleichen Effekt hat, wie ein halbgeschlossener Wasserhahn. Die Spannung im

Elektrokabel zwischen Resistor und Motor fällt auf vielleicht 10 Ampere, weil der Widerstand nicht mehr durchlässt. Die beiden Elektromotoren erhalten vielleicht noch 5 Ampere, was kaum noch ausreicht, um sie zum Drehen zu bringen.

Die Parallelen zum Alltag sind offensichtlich. Der Widerstand kann ein angescheuertes Kabel, ein korrodierter Anschluss, ein schlechter Kontakt oder ähnliches sein – irgendetwas, dass das ungehinderte fließen des Stromes behindert.

Noch etwas anderes wird geschehen: An der Stelle, an der der Stromfluss behindert wird, entsteht Wärme. Der defekte Schalter oder der verrostete Anschluss heizen sich auf. Dies ist einer der Gründe, die zu den gefürchteten Kabelbränden führen.

Auch ein Widerstand im Fluss des Wassers heizt sich auf. Das lässt sich aber kaum feststellen, weil das fließende Wasser die Wärme abtransportiert. Was oft vor allem bei älteren Fahrzeugen geschieht ist, dass die Anschlüsse verschmutzen und als Widerstand zu wirken beginnen. Dabei heizen sie sich so stark auf, dass die Anschlussdose oder der Stecker schmilzt. Wenn es ganz dumm geht, berührt nun das lose Kabel eine leitende Stelle und es kommt zum Kurzschluss. In diesem Fall ist man glücklich, wenn an der rechten Stelle eine Sicherung verbaut wurde. Andernfalls führen solche Pannen gerne zu Fahrzeugbränden.

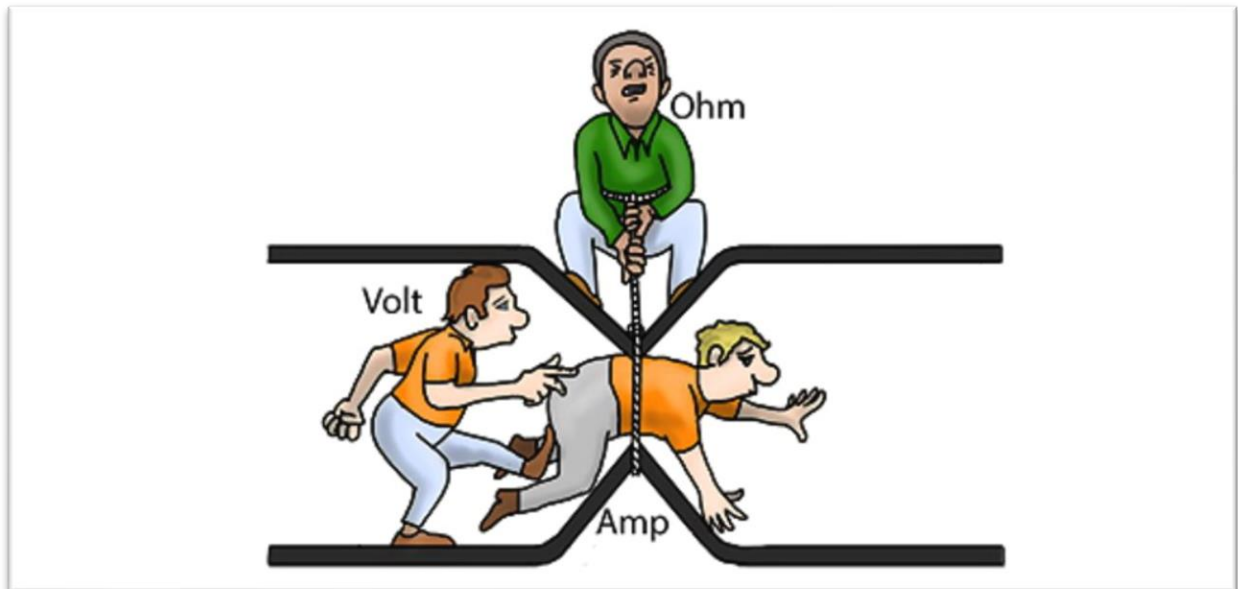
Machen wir noch ein konkretes Beispiel. Sehr oft findet man in Fahrzeugen 12 Volt Batterien, die kurzzeitig 300 Ampere liefern können. Ein Kabel führt zum Magnetschalter, was eigentlich einem Schalter entspricht und von dort zum Startermotor. Dieser Motor ist ebenfalls darauf ausgelegt, einen kurzen Moment hohe Kräfte zu entwickeln und konsumiert deshalb eine hohe Amperemenge – sagen wir 200 Ampere.

Wenn du nun den Startknopf drückst, zieht der Magnetschalter an und lässt den Strom hindurchfließen zum Startermotor. Dieser beginnt sofort mit voller Leistung zu drehen, der Motor springt an und alle sind glücklich.

Jetzt nehmen wir an, das Magnetventil ist defekt. Es verhält sich wie ein Widerstand und lässt nur noch, sagen wir mal, 150 Ampere durch. Der Startermotor benötigt 200 Ampere, kriegt aber nur 150. Da wird er kaum in Schwung kommen. Der Fehler lässt sich schnell feststellen. Miss mit dem Voltmeter vor dem Magnetschalter die Spannung, sie sollte 12 Volt betragen und anschliessend nach dem Schalter. Liegt sie dort deutlich unter 12 Volt ist der Fehler gefunden: Der Magnetschalter ist defekt.

## Das Ohmsche Gesetz und die Sicherung

Die meisten Bastler und Schrauber hörten schon vom Ohmschen Gesetz. Es definiert den Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand in einer elektrischen Leitung oder, technisch korrekt ausgedrückt: Das Verhältnis zwischen Volt (V), Ampere (A), und Widerstand ( $\Omega$ ).



Wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben, bezeichnet Volt den Druck in der Leitung, Ampere die Durchflussmenge und alles, was eine der beiden Größen behindert, bezeichnet man als Widerstand oder Resistor.

Verbinden wir mit einem Kabel den negativen und positiven Anschluss einer Batterie, kann der Strom ungehindert fließen, limitiert nur durch die Kabeldicke. Das nennt man einen Kurzschluss. Eine Fahrzeugbatterie kann kurzzeitig eine sehr hohe Spannung liefern. Ein Kabel, das diese Strommenge sicher transportieren könnte, muss sehr, sehr dick sein. Ein normaldickes Kabel behindert demnach den Stromfluss und wird so zum Widerstand oder Resistor. Wie bereits erwähnt, heizt sich dabei die Stelle, an der der Stromfluss behindert wird, auf. Wie schnell das geht? Sehr schnell!

Es ist schon öfters passiert, dass ein lose herumhängendes Kabel die zufälligerweise beiden Batteriepole verband und sich erhitzte, was leider auch schon zu Fahrzeugbränden geführt hat.



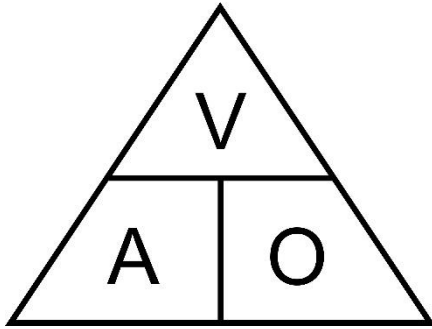
Was würde nun passieren, wenn man die beiden Batteriepole mit einer dicken Eisenstange verbinden würde. Der innere Widerstand in der Batterie würde dazu führen, dass sich das Electrolyt in der Batterie aufheizen würde bis sie explodiert und die Batterieflüssigkeit in der Gegend herumspritzt. Batteriesäure ist extrem aggressiv und gefährlich. Im Kontakt mit den Augen oder Schleimhäuten könne ernsthafte Verletzungen entstehen. Wenn sowas passiert, wenn Batteriesäure in die Augen gerät, hilft nur viel Wasser und der sofortige Gang zum Arzt.

### **Notwendiger Kabeldurchmesser**

Damit es nicht zur Erhitzung der elektrischen Leiter kommt, muss man deren Dicke berechnen. Dazu verwenden wir eine einfache



Gleichung. (Ein bisschen Algebra-Wissen hilft doch noch das eine oder andere Mal).



V = Volt (Spannung, Druck)

A = Ampere (Stärke, Menge)

O = Ohm (Widerstand)

Eine Grösse der Gleichung ist in den Meisten Fahrzeugen gegeben, nämlich 12 Volt, oder 13,8 Volt, wenn das Fahrzeug fährt und die Lichtmaschine Strom erzeugt.

Hat man die zweite Grösse ebenfalls, kann man die Dritte berechnen.

$$V = \text{Ampere} \times \text{Ohm}$$

$$A = \text{Volt} / \text{Ohm}$$

$$O = \text{Volt} / \text{Ampere}$$

Machen wir ein paar Beispiele:

Hast du dich auch schon gefragt, wieviel Strom dein Standlicht verbraucht? Am einfachsten misst man das Leuchtmittel (Birne) mit einem Ohmmeter. Nehmen wir an, das Messinstrument zeigt 3 Ohm/h.

Nun wollen wir die Anzahl Ampere (A) ermitteln.

$$V / O \quad (\text{Volt geteilt durch Ohm})$$

$$12 / 3 = 4 \text{ Ampere/h}$$

Jetzt wissen wir, dass das Standlicht 8 Ampere (2 Standlichter) Strom pro Stunde benötigt. Das heisst, dass es bei einer Batteriekapazität von 80 Ampere, nach 10 Stunden dunkel wird.

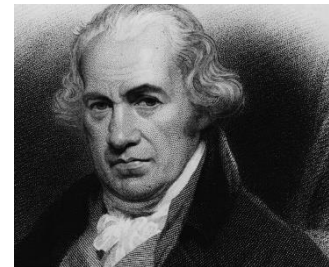
Nehmen wir an, irgendwo innerhalb des Lampengehäuses entsteht ein Kurzschluss. Der Widerstand fällt in sich zusammen – sagen wir auf 0,1 Ohm. Was für eine Strommenge fliesst dann durch die Kabel?

$$A = 12 / 0,1 \quad (\text{Ampere} = 12 \text{ Volt} / 0,1 \text{ Ohm}) = 120 \text{ Ampere}$$

120 Ampere sind eine sehr hohe Strommenge! Wohl dem, der eine Sicherung eingebaut hat.

### Watt, oder die elektrische Leistung

James Watt (1736-1819) war ein schottischer Ingenieur, der nebst anderen Erfindungen, das Prinzip der Dampfmaschine entwickelt hat, um ein zuverlässiges und wirtschaftliches, mit mechanischer Energie betriebenes Produktionsmittel zu erhalten. Auch wenn er nicht im Bereich der Elektrizität tätig war, wurde eine Masseinheit nach ihm benannt, die heute den meisten elektrischen und elektronischen Geräten aufgeführt ist: *Watt (W)*.



**Watt bezeichnet die Strommenge, die pro Sekunde verbraucht wird (=Leistung)**

Watt ist eine Einheit für Leistung, mit welcher die pro Sekunde verbrauchte Energie eines Geräts bezeichnet wird (ein Watt = 1 Joule pro Sekunde). Praktisch, denn so kann man zwei Glühbirnen miteinander vergleichen. Man kann sich sogleich aufgrund der auf dem Lampensockel oder -glas aufgedruckten Leistung eine Vorstellung machen, welche der beiden mehr Strom braucht oder sogar ein Stromfresser ist. Eine Glühbirne mit 100 Watt (100 W) verbraucht doppelt soviel Strom wie eine 50 Watt-Birne, und zehnmals mehr wie eine 10 Watt-Birne.

Auf dieselbe Weise kann man Fernsehgeräte, Ventilatoren und Stereoanlagen vergleichen - aber keine Kühlschränke und auch der Backofen fällt weg! Denn diese zwei Haushaltsgeräte verbrauchen den Strom nicht kontinuierlich: Der Kühlschrankmotor läuft nur zeitweise und der Backofen heizt schubweise. Um zwei Kühlschränke miteinander zu vergleichen, benötigt man das Total des Stromverbrauchs mehrerer Tage, und dafür greift man auf eine andere Einheit zurück, welche die Zeitdauer ebenfalls berücksichtigt: die Wattstunde (Wh), oder die Kilowattstunde (kWh), welche 1000 Wattstunden entspricht.

**Kilowattstunde bezeichnet den gesamten Stromverbrauch**

Der Stromzähler, der normalerweise in jedem Haushalt vorhanden ist, zählt die Kilowattstunden (kWh) und dient als Basis für die Stromrechnung. Zergliedert man die Masseinheit, wird deutlich, was sie bedeutet: «*Kilo*» ist der griechische Ausdruck für "tausend"; «*Watt*» steht für die oben beschriebene Leistung; und «*Stunde*» meint nichts anderes als "während einer Stunde". Anders gesagt bezeichnet eine Kilowattstunde die elektrische Energie, die beispielsweise ein während einer Stunde eingeschaltetes Videogerät von 1000 Watt verbraucht, oder eine Glühbirne von 100 W während 10 Stunden, oder eine Sparlampe von 10 W während 100 Stunden oder eine LED-Lampe von 1 W während 1000 Stunden...

**Was kostet der Strom**

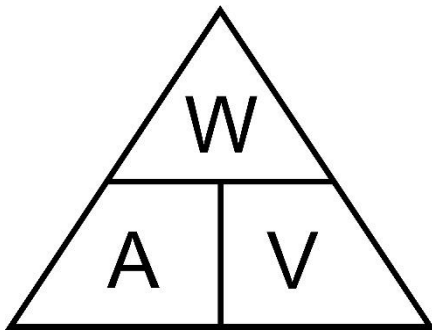
Möchte man wissen, wieviel Strom Lampen beziehen, die in einem Gang oder Keller ununterbrochen eingeschaltet sind – und was dies für ein ganzes Jahr ausmacht -, muss man zuerst ihre Gesamtleistung berechnen. Dazu werden die Anzahl Watt aller Glühbirnen zusammengezählt. Anschliessend multipliziert man dieses Ergebnis mit 8766, was der durchschnittlichen Anzahl Stunden eines Jahres entspricht (24 Std. x 365,25 Tage). Hier ein Rechenbeispiel für sechs Leuchtstoffröhren à 36 Watt, also zusammen 216 Watt:

$216 \times 8766 = 1'893'456$  Wattstunden, entspricht ungefähr 1'893 Kilowattstunden. Bei einem Preis von 25 Cents pro kWh macht dies € 473 pro Jahr.

Megawatt (MW) =  
1 Million Watt  
Gigawatt (GW) =  
1 Milliarde Watt  
Terawatt =  
eintausend Milliarden Watt

**Die Anzahl Watt berechnen**

Auch die Watt lassen sich berechnen, wenn man mindestens zwei weitere Stromgrössen kennt.



W = Watt (Leistung)

A = Ampere (Stärke, Menge)

V = Volt (Spannung, Druck)

Wie beim Ohmschen Gesetz können wir mehrere Grössen ganz einfach berechnen.

Watt = Ampere x Volt

Ampere = Watt / Volt

Volt = Watt / Ampere

Beispiel: Nehmen wir an, in unserem Wohnmobil ist eine Lampe mit einem Leuchtkörper verbaut, die 4 Ampere benötigt. Wir wollen wissen, wie viel Watt sie konsumiert.

Watt = Ampere x Volt

12 Volt Bordspannung x 4 Ampere = 48 Watt pro Sekunde

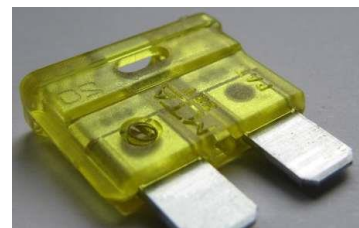
Unser Leuchtkörper verbrennt also 48 Watt. Das Meiste davon geht als Wärme in den Raum und nicht als Licht. Damit ist auch begründet, weshalb Glühbirnen ineffizient sind.

Nehmen wir an, unsere Birne fällt aus und produziert einen Kurzschluss. Wie wir gelernt haben, fällt dann der Widerstand, gemessen in «Ohm» zusammen auf noch 0,1 Ohm. Plötzlich haben wir eine Strommenge von 120 Ampere (12 Volt / 0,1 Ohm = 120 Ampere) die sich durch ein Kabel zwängt, das für eine Strommenge von vielleicht 10 Ampere ausgelegt ist. Die Konsequenz ist, dass sich das Kabel aufheizt, schliesslich schmilzt oder Dinge in Brand steckt. Deshalb ist es unumgänglich Sicherungen zu verbauen, die dies verhindern. Die Sicherung besteht aus einem definierten Metallstück, das schmilzt, wenn es von einer bestimmten Strommenge durchflossen wird und damit den Kurzschluss unterbricht. Dieses Metallteil steckt in einer Brandsicheren Hülle und verhindert so, dass ein Fahrzeugbrand entstehen kann.









## Die Sicherungen im Wohnmobil

Jede moderne Flachsicherung für Fahrzeuge hat auf der Oberseite die Ampere-Zahl aufgedruckt. Ist die Sicherung schon älter, ist dieser Aufdruck aber oft unleserlich geworden. Das ist schade, denn diese Bauteile haben keine Verfallszeit, können also durchaus noch verwendet werden.

In einem solchen Fall finden Sie aber dennoch die Amperezahl einer KFZ-Sicherung heraus, denn diese Amperezahl ist über die Farbe des transparenten Kunststoffgehäuses kodiert, der den Metallstreifen umgibt. Je mehr Ampere die Sicherung hat, umso mehr Strom hält sie aus, bevor sie durchbrennt.



Das sagt die Farbe einer Sicherung über ihre Amperezahl aus:

Farbe	max. Stromstärke
 rosa	3 A
 orange/hellbraun	5 A
 braun	7,5 A
 rot	10 A
 blau	15 A
 gelb	20 A
 transparent	25 A
 grün	30 A

Haben Sie eine Liste wie oben nicht parat, können Sie zur Not auch nachsehen, ob die Ersatzsicherung vielleicht die Amperezahl in das Kunststoffgehäuse eingraviert hat. Im Bild sieht man zum Beispiel ganz gut die Zahl "20".

Sie könnten natürlich versucht sein, einfach irgendeine Sicherung einzubauen – Hauptsache, der entsprechende Stromkreis funktioniert.

Das ist aber sehr problematisch. Denn wenn die empfohlene Stromstärke am jeweiligen Sicherungsplatz unterschritten wird, kann die Sicherung durchbrennen, obwohl noch gar kein kritischer Zustand erreicht ist.

Andersherum, also wenn Sie eine Sicherung mit zu hoher Amperezahl einbauen, brennt die Sicherung auch dann noch nicht durch, wenn der kritische Strom überschritten ist. Das kann zur Folge haben, dass zum Beispiel bei einem Kurzschluss teure elektrische Bauteile zerstört werden, statt der Sicherung. Dann haben Sie vielleicht einen Schaden von mehreren hundert Euro, statt einer kaputten Sicherung, die wenige Cent kostet.