

Martin Frei

Grundlagen der Fahrzeugelektrik

Basiswissen, Messtechnik, Fehlersuche

Krafthand Verlag Walter Schulz GmbH
Bad Wörishofen



Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über <http://www.portal.dnb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-87441-117-2

1. Auflage, Mai 2013

Autor: Martin Frei
Realisierung/Lektorat: Georg Blenk, Christine Waldmann
Titelgestaltung/Layout: Martin Dörfler, Evelyn Adler
Titelbild: Georg Blenk
Bilder/Grafiken: Georg Blenk, Martin Frei
Druck und buchbinderische Verarbeitung: ???
Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten
© Krafthand Verlag Walter Schulz GmbH, Bad Wörishofen 2013
www.krafthand-verlag.de

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

*Bild- und Grafikmaterial, welches nicht gesondert mit einem Quellverweis versehen ist, ist dem Autor Martin Frei © zuzuordnen.



Inhalt

Vorwort	9
1. Einfacher Stromkreis	11
1.1 Elektrische Spannung.....	11
1.2 Elektrischer Strom	12
1.3 Geschlossener Stromkreis.....	13
1.4 Verbraucher im Stromkreis.....	15
1.5 Das Ohmsche Gesetz.....	15
2. Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis	19
2.1 Spannungsmessung	19
2.2 Strommessung	21
2.2.1 Multimeter.....	21
2.2.2 Strommesszange.....	24
2.3 Spannungspotenzialmessung mit Prüflampe	25
2.4 Widerstandsmessung und Durchgangsprüfung	26
3. Stromlaufpläne lesen	29
3.1 Anschluss über Zentralelektrik, Sicherungs-/Relaisträger	30
3.2 Beispiel: Fehlersuche im Teilsystem ‚Bremslicht‘	35
4. Verbraucher im Stromkreis	41
4.1 Zu- und Wegschalten von Verbrauchern.....	43
4.2 Reihenschaltung von Verbrauchern.....	45
4.3 Schalter und Messergebnisse in einer Reihenschaltung	48
4.4 Fehlersuche in einer Reihenschaltung	48
4.5 Parallelschaltung von Verbrauchern.....	53
4.6 Fehlersuche in einer Parallelschaltung	55

1. Einfacher Stromkreis

Die Starterbatterie soll eine Spannung von 12 Volt (V) abgeben. Der Ladestrom des Generators beträgt 70 Ampere (A). Da ein Masseschluss vorliegt, ist die Fahrzeugbatterie entladen. Das Messgerät muss in den Stromkreis hineingeschaltet werden. Klemme 30 ist nicht vorhanden. Eine Sicherung ist durchgebrannt. Das Gebläse zieht zu viel Strom... Diese kurzen Zustandsbilder über Vorgänge in der Kraftfahrzeugelektrik lassen sich beinahe beliebig fortsetzen. Aber was bedeuten diese Angaben wirklich? Welche physikalischen Vorgänge liegen ihnen zugrunde und wie lassen sich die Aussagen messtechnisch bestätigen beziehungsweise widerlegen? Wie können in einem elektrischen oder mechatronischen System Fehler diagnostiziert, lokalisiert und behoben werden? Um auf diese Fragen eine Antwort zu geben, ist es unumgänglich, die Grundlagen der Elektrotechnik zu verstehen. Schauen wir uns die wichtigsten Parameter nachfolgend näher an.

1.1 Elektrische Spannung

Die Spannung im Bordnetz eines Fahrzeuges beträgt in der Regel 12 V. Wie entsteht diese Spannung? In einer Beziehung zwischen Menschen spricht man beispielsweise dann von auftretenden Spannungen,

wenn sich unterschiedliche Meinungen (kontrovers) ausbilden. Die Schwere dieser möglicherweise entstehenden Spannungen ist abhängig von der Unterschiedlichkeit der Auffassungen. Abbauen lässt sich eine solche Situation in der Regel nur, indem die Parteien aufeinander zugehen, also ihre Standpunkte austauschen. In der Elektrotechnik ist es ähnlich. Sind beispielsweise zwei Körper unterschiedlich elektrisch geladen, so besteht zwischen diesen beiden Körpern so lange eine Spannung, bis es gelungen ist, die Ladungen an beiden Körpern auszugleichen.

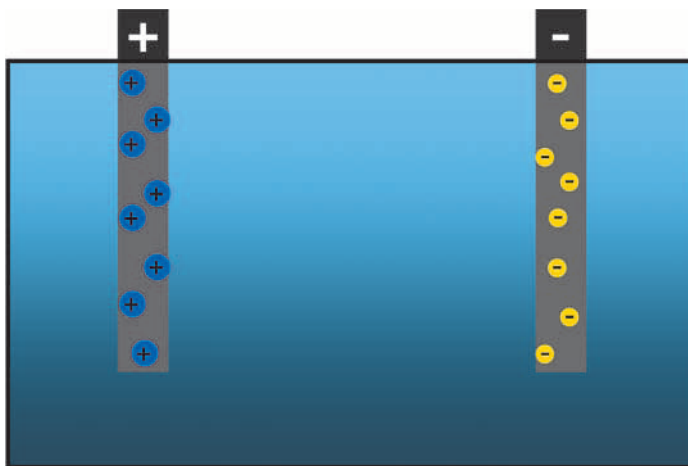
Definition der elektrischen

Spannung: Als elektrische Spannung wird das Bestreben ungleich geladener Pole beschrieben, ihre Ladung auszugleichen.

An den Polen einer Batterie sammeln sich die positiven Ladungsträger am Pluspol, die negativen Ladungsträger am Minuspol der Batterie.

Es besteht zwischen dem Pluspol und dem Minuspol der Batterie eine elektrische Spannung. Der Grund ist, dass die negativen Ladungsträger am Minuspol zu den

1 Einfacher Stromkreis



1.7

*Plus- und Minuspol:
Ladungsträger inner-
halb einer Batterie.*

positiven Ladungsträgern an dem Pluspol fließen möchten, um einen ausgeglichenen Zustand herzustellen. Nicht nur zwischen Körpern ungleicher Polarität besteht eine Spannung. Auch zwischen Körpern, die unterschiedlich stark geladen sind.

Die elektrische Spannung wird mit dem Buchstaben ‚U‘ abgekürzt. Die Einheit der Spannung wird in Volt angegeben. Um die Höhe der Batteriespannung anzugeben, kann man demnach auch schreiben:

$$U_{\text{Batt}} = 12 \text{ V.}$$

1.2 Elektrischer Strom

Kommt es zum Ausgleich zwischen den ungleich geladenen Polen, so bewegen sich Ladungsträger von einem Pol zum anderen. Die Bewegung von Ladungsträgern durch einen Leiter bezeichnet man als elektrischen Strom. Es fließt quasi Strom.

Sobald sich beide Pole im ausgeglichenen Ladungszustand befinden, also zwischen ihnen kein Ladungsunterschied mehr besteht, haben die Ladungsträger kein Bedürfnis mehr, zum anderen Pol zu wandern. Es findet keine Bewegung der Ladungsträger mehr statt. Es fließt kein Strom mehr oder in diesem Fall: Die Batterie ist leer!

Definition des elektrischen

Stroms: Als elektrischer Strom wird die gerichtete Bewegung von Ladungsträgern durch einen definierten Bereich eines elektrisch leitenden Mediums bezeichnet.

Der elektrische Strom wird in Ampere gemessen. Das Einheitenzeichen für den Strom ist der Buchstabe ‚I‘. Findet sich also

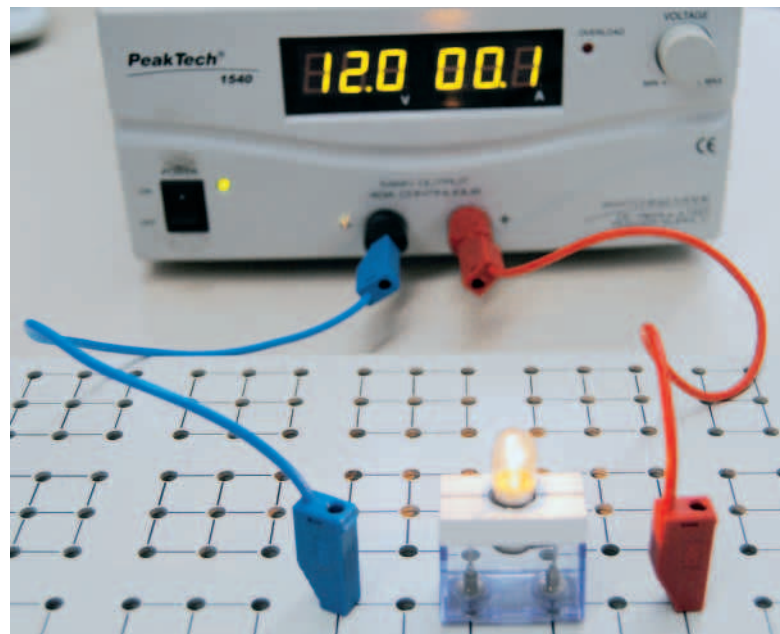


1.2
 Typenschild eines Generators: Maximale Stromabgabe 55 A. Bild: Thomas Mareis

auf dem Typenschild eines Generators der Hinweis 70 A, so wird damit angegeben, dass der Generator einen elektrischen Strom von 70 Ampere abgeben kann: $I = 70 \text{ A}$.

1.3 Geschlossener Stromkreis

Damit überhaupt Strom fließen kann, müssen zwei Grundvoraussetzungen erfüllt sein: Zum einen muss eine Spannung vorhanden sein, damit die Ladungsträger überhaupt zum anderen Pol wandern wollen. Zum anderen muss es einen Weg für diese Ladungsträger geben. Man spricht davon, dass ein Stromkreis geschlossen wird.



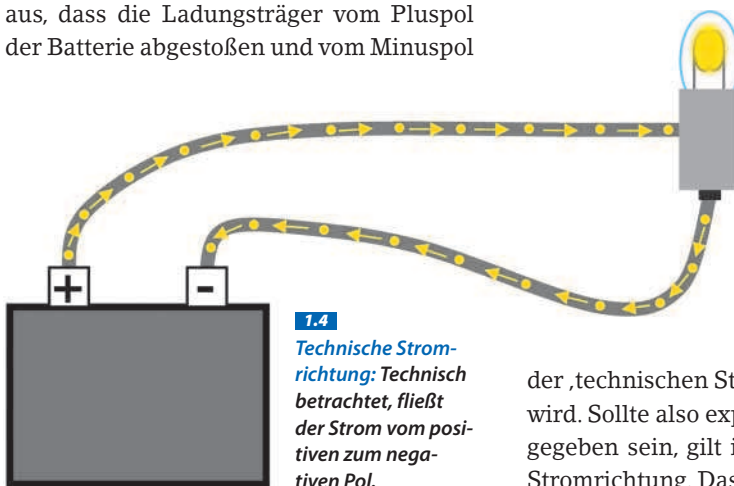
1.3
 Einfacher Stromkreis:
 Eine Glühlampe
 als Verbraucher.

1 Einfacher Stromkreis

Da sich in einer Batterie sehr viele Ladungsträger befinden, käme es beim direkten Verbinden der beiden Pole zu einem extrem hohen Stromfluss, welcher die Batterie zerstören könnte. Außerdem möchte man den Fluss der Ladungsträger schließlich auch nutzen. In der Regel besteht ein einfacher Stromkreis aus mindestens einer Spannungsquelle, einem Verbraucher und entsprechenden Verbindungsleitungen.

Sobald die Glühlampe über die Leitungen mit der Batterie verbunden ist, fließt ein Strom durch den Glühdraht, die Lampe leuchtet. Bei einer Glühlampe ist es egal, welcher ihrer beiden Anschlüsse an den Pluspol und welcher an den Minuspol angeschlossen wird. Es gibt aber auch Bauteile, wie zum Beispiel eine Leuchtdiode, bei denen es entscheidend ist, in welche Richtung der Strom durch das Bauteil fließt.

Als das Phänomen des elektrischen Stroms entdeckt wurde, ging man davon aus, dass die Ladungsträger vom Pluspol der Batterie abgestoßen und vom Minuspol



1.4
Technische Stromrichtung: Technisch betrachtet, fließt der Strom vom positiven zum negativen Pol.



1.5
Physikalische Stromrichtung: In metallischen Leitern fließt elektrischer Strom immer vom Minuspol einer Batterie zum Pluspol.

angezogen würden. Somit nahm man an, dass der Strom immer von Plus nach Minus fließt. Auf dieser Annahme basieren sämtliche Ausarbeitungen und Festlegungen in der Elektrotechnik. Später, als man mehr über Atome herausfand, stellte man fest, dass dies nicht richtig ist. Im Gegensatz zu den im Atomkern fest verankerten positiven Protonen, sind es die Elektronen, die sich relativ frei bewegen können. In metallischen Leitern werden somit die beweglichen Elektronen vom Pluspol der Batterie angezogen. Der Strom fließt real also vom Minuspol der Batterie zum Pluspol. Diese Stromrichtung nennt man auch physikalische Stromrichtung.

Der Umstand, dass die tatsächliche Stromrichtung von Minus nach Plus gerichtet ist, verhindert nicht, dass meistens mit der 'technischen Stromrichtung' gearbeitet wird. Sollte also explizit nichts anderes angegeben sein, gilt immer diese technische Stromrichtung. Das heißt, wir gehen davon

aus, dass der Strom vom Pluspol der Batterie zum Minuspol fließt, obwohl schon lange bekannt ist, dass dies in den allermeisten Fällen nicht ganz richtig ist. Es ist aber in Bezug auf die Funktion irrelevant.

1.4 Verbraucher im Stromkreis

Ein Stromkreis benötigt einen Verbraucher. Wobei das im Allgemeinen verwendete Wort ‚Verbraucher‘ eher irreführend ist. Eine physikalische Grundregel lautet, dass sich Energie nicht verbraucht, sondern in Wärme oder Bewegung umgesetzt wird. Das bedeutet im Stromkreis, dass hier weder Spannung noch Strom verbraucht wird. Wir werden im Folgenden auch noch zeigen, dass der Stromfluss vor und hinter einem Verbraucher auch immer gleich groß ist. Was bewirkt also ein sogenannter Verbraucher? Je nach Art, nutzt dieser unterschiedliche Wirkungen des elektrischen Stroms. Der Draht einer Lampe wird beim Durchfließen des Stroms zum Beispiel so heiß, dass er glüht. Hier wird die Wärmewirkung des Stroms genutzt. Andere Ver-

Definition des elektrischen Widerstands: Der elektrische Widerstand eines Körpers ist ein Maß dafür, wie stark der elektrische Strom innerhalb eines Stromkreises durch diesen gehemmt wird.

braucher im Stromkreis können andere Wirkungen des elektrischen Stroms nutzen. Eines haben sie allerdings alle gemeinsam. Sie setzen dem Stromfluss einen Widerstand entgegen. Das bedeutet, dass die Stärke des Stroms durch den Verbraucher begrenzt wird.

Jeder Verbraucher setzt dem Strom einen bestimmten Widerstandswert entgegen. Dieser Widerstand ist in der Einheit ‚Ohm‘ angegeben. Sie wird durch das griechische Ω (Omega) abgekürzt. Als Formelzeichen wird der Buchstabe ‚R‘ verwendet. Je größer der Widerstandswert eines Verbrauchers ist, desto schwieriger ist es für den Strom durchzufließen. Das heißt, dass bei gleicher Spannung (U) der Strom (A) durch einen Verbraucher mit kleinem Widerstand (R) größer ist, als der Strom (A) durch einen Verbraucher mit hohem Widerstand (R).

1.5 Das Ohmsche Gesetz

Ein Stromkreis wird durch das Zusammenspiel von Spannungsquellen, Leitungen, Strömen und Verbrauchern, also Widerständen bestimmt. Wobei bei richtiger Dimensionierung die Leitungen in der Betrachtung vernachlässigt werden können.

Es gilt für den elektrischen Stromkreis,

- dass die Stärke des elektrischen Stroms proportional zur angelegten Spannung ist. Wird in einem Stromkreis die angelegte Spannung erhöht, so steigt bei unverändertem Widerstand auch die Höhe des Stroms.

1 Einfacher Stromkreis

- dass die Höhe des elektrischen Stroms umgekehrt proportional zur Höhe des Widerstandswertes ist. Wird in einem Stromkreis der Widerstandswert eines Verbrauchers erhöht, so sinkt bei gleich bleibender Spannung die Größe des Stroms.

Die Vorgänge in einem elektrischen Stromkreis lassen sich auch ganz gut durch ein einfaches Modell eines geschlossenen Wassersystems verdeutlichen. Im Modell werden die Ladungsträger durch Wasserteilchen, die Spannung durch den Wasserdruck, der Strom durch die Wassermenge pro Zeiteinheit sowie der Widerstand durch den Querschnitt der Verbindungsrohre ersetzt.

Mit der Anordnung aus Bild 1.6 lässt sich die prinzipielle Funktionsweise einer Batterie erläutern. Je mehr das obere Be-

cken mit Wasser gefüllt ist, desto größer ist der Druck, mit dem es aus dem Auslass heraus fließt. Dabei ist es nicht entscheidend, wie breit das Becken ist, sondern nur mit welcher Menge Wasser es gefüllt ist. Die Höhe der Wassersäule lässt sich mit der elektrischen Spannung vergleichen. Wird das obere Becken beispielsweise verbreitert (es kann eine größere Wassermenge aufnehmen), erhöht sich wie bereits beschrieben im Vergleich nicht die Spannung der Batterie, sondern ihre Kapazität. Die Kapazität (C) ist das Maß für die Energiemenge, die in einer Batterie gespeichert werden kann. Bei Batterien und Akkumulatoren wird die Kapazität in Ampere-Stunden (Ah) angegeben. $C = Q/U = \text{Ladungsmenge}/\text{Spannung}$.

In Bild 1.7 wird das System durch den Anschluss eines Verbrauchers, hier ein



1.6
„Wasserspeicher“:
Eine Batterie durch ein Wassermodell
veranschaulicht.
Bild: Marie-Carleen Frei



1.7
Geschlossener Stromkreis:
Inklusive „Verbraucher“ Wasserrad.
Bild: Marie-Carleen Frei

Wasserrad, geschlossen. Es kann jetzt Wasser durch die Rohre und den Verbraucher fließen. Dieser Wasserstrom ist vergleichbar mit dem elektrischen Strom. Wird nun der Druck durch Auffüllen des oberen Beckens erhöht, erhöht sich auch die Wassermenge, die in einer bestimmten Zeit durch das Wasserrad fließt. Die Wassermenge ist also direkt abhängig, man sagt auch proportional, vom Wasserdruck. Oder aber, je größer die Spannung in einem elektrischen System, desto größer ist auch der Strom, der durch dieses System fließt.

Ein Widerstand lässt sich sehr anschaulich durch eine Verengung eines Rohres beschreiben. Wird, wie in Bild 1.8 gezeigt, ein Rohr an einer Stelle verengt, so bremst dies den Wasserdurchfluss. Im gesamten System kann nun nicht mehr so viel Wasser in einer bestimmten Zeit durch

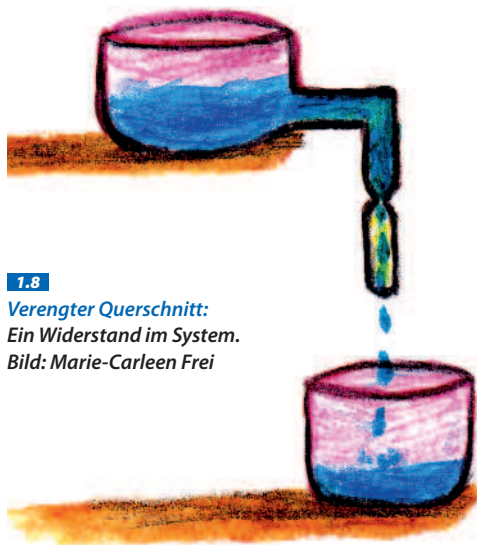
die Rohre fließen, wie ohne diese Engstelle. Das bedeutet, die Wassermenge ist umgekehrt proportional zu den Widerständen, die sich im System befinden. Je mehr Engstellen es gibt, also je höher der Widerstand in diesem System ist, desto geringer ist die Wassermenge. Bezogen auf die Elektrizität bedeutet dies, je größer der Widerstand in einem System ist, desto geringer ist der Strom, der durch dieses System fließt.

Aus den skizzierten Darstellungen lässt sich das Ohmsche Gesetz ableiten. Es beschreibt die Zusammenhänge zwischen den elektrischen Grundgrößen Spannung (U), Strom (I) und Widerstand (R).

Ohmsches Gesetz:

$$U = R \cdot I$$

Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes ist es möglich, mit zwei gegebenen Größen eine dritte zu berechnen. Aber woher kommen die gegebenen Werte? Bei einfachen Widerständen sind die entsprechenden Werte angegeben. Allerdings gibt es hier Toleranzen. Und was ist mit der Spannung U? Eine Batterie im Kraftfahrzeug hat in der Regel eine Nennspannung von 12 V. Aber nur in den seltensten Fällen beträgt diese Spannung auch wirklich genau 12 V. Um die richtigen, realen Werte erhalten zu können, müssen diese exakt ermittelt beziehungsweise gemessen werden.



1.8
Verengter Querschnitt:
 Ein Widerstand im System.
 Bild: Marie-Carleen Frei