

Krafthand-Technik

# Grundlagen der Fahrzeugelektrik



**2. erweiterte  
Auflage**

**Basiswissen, Messtechnik, Fehlersuche**

Martin Frei

Krafthand Medien GmbH

ISBN 978-3-87441-187-5

Martin Frei

# Grundlagen der Fahrzeugelektrik

Basiswissen, Messtechnik, Fehlersuche

2. erweiterte Auflage

KRAFTHAND Medien



krafthand **medien**

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: 978-3-87441-187-5

2. erweiterte Auflage, April 2022

Autor: Martin Frei

Realisierung/Lektorat: Georg Blenk, Christine Waldmann

Titelgestaltung/Layout: Martin Dörfler

Titelbild: Christoph Lindau

Bilder/Grafiken: Georg Blenk, Martin Frei

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Vorarlberger Verlagsanstalt GmbH, Dornbirn  
Printed in Austria

Alle Rechte vorbehalten

© Krafthand Medien GmbH

Walter-Schulz-Straße 1 · 86825 Bad Wörishofen

Telefon 0 82 47/30 07-0 · Telefax 0 82 47/30 07-70

[info@krafthand.de](mailto:info@krafthand.de) · [www.krafthand-medien.de](http://www.krafthand-medien.de)

Geschäftsleitung: Steffen Karpstein, Gottfried Karpstein

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlages 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.....	7
<b>1. Einfacher Stromkreis .....</b>	<b>9</b>
1.1 Elektrische Spannung .....	9
1.2 Elektrischer Strom.....	10
1.3 Geschlossener Stromkreis .....	11
1.4 Verbraucher im Stromkreis .....	13
1.5 Das Ohmsche Gesetz.....	13
<b>2. Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis .....</b>	<b>17</b>
2.1 Spannungsmessung.....	17
2.2 Strommessung.....	19
2.2.1 Strommessung mit einem Multimeter.....	19
2.2.2 Strommessung mit der Strommesszange.....	22
2.3 Spannungspotenzialmessung mit einer Prüflampe .....	23
2.4 Widerstandsmessung und Durchgangsprüfung .....	24
<b>3. Gefahren durch Strom und Spannung .....</b>	<b>27</b>
<b>4. Stromlaufpläne lesen .....</b>	<b>33</b>
4.1 Anschluss über Zentralelektrik / Sicherungs- und Relaisträger .....	34
4.2 Fehlersuche im Teilsystem ‚Bremslicht‘ an einem VW Polo .....	39
<b>5. Verbraucher im Stromkreis .....</b>	<b>45</b>
5.1 Zu- und Wegschalten von Verbrauchern .....	47
5.2 Reihenschaltung von Verbrauchern .....	49
5.3 Schalter und Messergebnisse in einer Reihenschaltung.....	52
5.4 Fehlersuche in einer Reihenschaltung .....	52
5.5 Parallelschaltung von Verbrauchern .....	57
5.6 Fehlersuche in einer Parallelschaltung.....	59

<b>6.</b>	<b>Versteckte Verbraucher</b> .....	63
6.1	Ruhestrommessung .....	66
6.1.1	Messung mit der Strommesszange .....	66
6.1.2	Messung mit einem Strommessgerät .....	67
6.2	Das Aufspüren von versteckten Verbrauchern .....	69
<b>7.</b>	<b>Spannungsverlust auf Leitungen</b> .....	75
7.1	Der Leitungswiderstand .....	75
7.2	Die Dimensionierung von Leitungen .....	76
<b>8.</b>	<b>Spannungsteiler</b> .....	81
8.1	Spannungsmasche .....	81
8.2	Vorgänge in einer Spannungsteilerschaltung .....	83
8.3	Signalauswertung .....	84
8.4	Temperaturerfassung .....	84
7.5	Helligkeitsmessung .....	88
7.6	Vollelektronische Schalter .....	88
<b>9.</b>	<b>Periodische Signale / PWM-Signale</b> .....	93
9.1	Periodische Signale .....	93
9.2	Messungen mit dem Oszilloskop .....	94
9.3	PWM-Signale .....	96
9.3.1	PWM-Signale zur Ansteuerung von Aktoren .....	97
9.3.2	PWM-Signale zur Informationsübermittlung .....	100
<b>10.</b>	<b>Ausblick</b> .....	106
	Der Autor .....	107
	Stichwortverzeichnis .....	108

# Vorwort

Mittlerweile beruhen über 90 Prozent aller Kundenbeanstandungen auf Fehler in elektrischen oder mechatronischen Systemen, wobei die Hauptursachen in den elektrischen Komponenten zu finden sind. Anders als vielleicht erwartet, finden sich diese Fehler nicht hauptsächlich in den mittlerweile äußerst komplexen vernetzten Systemen des Fahrzeugs wieder, sondern beruhen meist auf ganz einfachen Problemen. Nicht vorhandene Masseverbindungen zum Beispiel können den Werkstattprofi fast zur Verzweiflung bringen. Wirken sich diese doch unter Umständen so auf das gesamte Fahrzeugsystem aus, dass es komplett ausfällt. Und das nur, weil sich eine kleine Verbindung zwischen einem Kabel und der Karosserie gelöst hat.

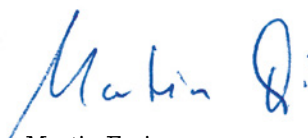
Das vorliegende Buch ‚Grundlagen der Fahrzeugelektrik‘ richtet sich an alle, die sich beruflich oder auch privat mit der Fehlerdiagnose an Fahrzeugen beschäftigen. Anhand praktischer Beispiele typischer Fehler wird der Leser in die Grundlagen der Fahrzeugelektrik eingeführt, wobei der Schwerpunkt auf die Verwendung unterschiedlicher Messtechniken gelegt wurde, insbesondere auf die Interpretation von Messergebnissen. Dabei wird auch verdeutlicht, dass die Fehlersuche mit Hilfe eines Fahrzeugsystemtesters eben nicht immer zum Ziel führt. Die meisten der in diesem Buch beschriebe-

nen Probleme werden von entsprechenden Testsystemen gar nicht oder nur unzureichend erkannt.

Neben der praktischen Umsetzung und Anwendung geht es zudem auch um die elektrotechnischen Grundlagen, also um das *Warum*. Warum wirkt sich ein bestimmter Fehler auf diese oder jene Weise aus? Sind einem hierzu die Hintergründe geläufig und verständlich, lassen sich auch Fehler zielgerichtet diagnostizieren und beheben, die in diesem Buch nicht beschrieben werden konnten. Zur Veranschaulichung werden zu Beginn eines jeden Kapitels bestimmte elektrotechnische Grundlagen und Messbedingungen beschrieben, die dann mit praktischen Beispielen unterlegt werden.

Ich wünsche Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, viel Spaß und jede Menge neue Erkenntnisse bei der Lektüre dieses Buches. Gerne stehe ich Ihnen bei Fragen oder Problemen unter der eMail: [mail@martinfrei.de](mailto:mail@martinfrei.de) zur Verfügung und freue mich auch über Ihre Rückmeldungen.

Ihr



Martin Frei

## 2. Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Spannungen, Ströme und Widerstände zu messen. Die geläufigste Methode ist die der Verwendung eines sogenannten Multimeters. Der Vorteil dieses Messgeräts liegt darin, dass alle Grundgrößen mit ihm gemessen werden können. Hierfür müssen die Anschlusskabel in die richtigen Buchsen und der Wahlschalter in die richtige Position gedreht werden.

Darüber hinaus existieren noch weitere spezielle Messgeräte, die meist nur eine oder zwei der Grundgrößen messen können. An dieser Stelle wird noch die Strommesszange und die Diodenprüflampe vorgestellt. Im weiteren Verlauf kommt dann auch noch ein Oszilloskop zum Einsatz.

### 2.1 Spannungsmessung

Die Messung der Spannung ist eigentlich die einfachste Art zu messen. In der Regel benutzt man dafür ein sogenanntes Vielfachmessgerät, auch Multimeter genannt. Mit dem Messgerät kann man in der Regel mindestens Spannungen, Ströme und Widerstände messen. Manchmal auch noch Frequenzen, Kapazitäten und vieles andere. Hier wird allerdings nur auf die Messung der drei Grundgrößen eingegangen, da diese eine hohe Relevanz bei der Fehlersuche im Kraftfahrzeug haben.



#### 2.1

**Multimeter:** Das gängigste Prüf- und Messgerät.

Multimeter sind meist mit mehreren Messbuchsen ausgestattet, einem Wahlschalter und gegebenenfalls noch mit einem Ein-/Ausschalter. Sowohl bei der Spannungsmessung als auch bei der Strom- und Widerstandsmessung gilt es, zwei entscheidende Punkte zu beachten:

## 2 Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis

- Das Messgerät ist vor dem Anschließen an den Messpunkten richtig einzustellen.
- Es wird immer zuerst der höchst mögliche Messbereich gewählt.

Möchte man die Spannung zum Beispiel einer Starterbatterie messen, muss man zuerst die beiden Messkabel in die entsprechenden Buchsen stecken. Dabei sollte man sich gleich angewöhnen, dass das schwarze Messkabel mit der Minusbuchse und das rote Kabel mit der Plus- oder V-Buchse verbunden wird. Anschließend stellt man den Wahlbereichsschalter auf Spannungsmessung ein.

In der Regel gibt es an einem Multimeter fünf übergeordnete Bereiche. Diese werden dann meist noch in mehrere Messbereiche unterteilt. Übergeordnet sind in der

Regel ein Bereich zur Widerstandsmessung ( $\Omega$ ), einer zur Gleichspannungsmessung ( $V=$ ), einer zur Wechselspannungsmessung ( $V\sim$ ), einer zur Gleichstrommessung ( $A=$ ) sowie einer zur Wechselstrommessung ( $A\sim$ ). Die Symbole können je nach Hersteller auch abweichen und müssten gegebenenfalls in der Betriebsanleitung des Messgeräts nachgeschlagen werden.

Um die Spannung der Batterie zu messen, wird der Wahlschalter auf  $V=$  und dort mindestens auf 20 V eingestellt. Die Angabe der Messbereiche bezieht sich immer auf den Endausschlag. Je nach Betriebszustand des Generators und Art der Batterie lassen sich an dieser Spannungen bis zu 15 V messen. Also sollte es ausreichen, den Messbereich von max. 20 V zu wählen. Ist man sich bei einer Messung unsicher, wie hoch die zu messenden Werte werden, misst man immer zuerst im höchsten Messbereich. Also wäre bei diesem Messgerät 1.000 V zu wählen. Sind alle Einstellungen vorgenommen, kann das Gerät eingeschaltet werden. Erst jetzt werden die Messleitungen an die Batterie angeschlossen. Das rote Messkabel an den Pluspol und das schwarze an den Minuspol der Batterie.



### 2.2

**Einstellung des Messbereichs:** Wahlbereichsschalter am Multimeter.

### Vorgehen beim Messen

Erst nachdenken, dann erst das Messgerät einstellen und den Messbereich wählen. Zum Schluss die Messkabel am Messobjekt anschließen.



**2.3**

*Bis zu 15 V:  
Spannungsmessung  
an einer Batterie.*



Eine Spannungsmessung wird immer so durchgeführt, dass der eine Multimeteranschluss mit der einen Seite des Messobjekts und der andere Anschluss mit der anderen Seite des Messobjekts verbunden ist.

**Spannungsmessung:**

Das Multimeter wird parallel zum Messobjekt geschaltet.

Mit der dargestellten Spannungsmessung wird immer der Spannungsunterschied zwischen zwei Punkten gemessen. Hier der Unterschied zwischen dem Pluspol und dem Minuspol der Batterie.

**2.2 Strommessung**

Während bei allen Spannungsmessungen das Messgerät parallel zum Messobjekt geschaltet wird, gibt es zur Erfassung des Stroms zwei unterschiedliche Verfahren. Bei dem einen wird der Strom direkt gemessen, indem er durch das Messgerät geleitet wird, und beim anderen nutzt man die magnetische Wirkung des elektrischen Stroms zur Messung.

**2.2.1 Strommessung mit einem Multimeter**

Um in einem geschlossenen Stromkreis den Stromfluss mit einem Multimeter zu

## 2 Messmöglichkeiten im einfachen Stromkreis

messen, muss dieser Strom direkt durch das Messgerät durchfließen. Ein Multimeter oder ein Amperemeter, so nennt man reine Strommessgeräte, zählt im Prinzip die Durchflussmenge der Ladungsträger in einer bestimmten Zeit. Hieraus ergibt sich der Wert für den Strom. Damit der Strom aber durch das Messgerät fließen kann, muss der vorhandene Stromkreis erst einmal aufgetrennt werden. Das Gerät wird

### Strommessung:

Das Multimeter wird in den Messkreis geschaltet. Dafür muss der Stromkreis unterbrochen werden.



### 2.4

**Strommessung:** Immer auf der höchsten Einstellung mit der Messung beginnen.

dann in genau diese Trennstelle geschaltet, so dass der Stromkreis wieder geschlossen und die Verbindung wieder hergestellt ist. Das Messgerät wird somit in Reihe zum Messobjekt geschaltet.

Auch bei der Strommessung muss das Messgerät vor dem Anschluss richtig eingestellt werden. Der Wahlbereichsschalter wird nun auf Gleichstrom gestellt, also auf A=. Bei der Strommessung ist es ganz wichtig, immer mit dem höchsten Messwert zu beginnen.

Amperemeter werden in der Regel intern noch mal mit einer Sicherung abgesichert. Trotzdem kann es bei nicht richtig gewähltem Messbereich dazu kommen, dass das Gerät zerstört wird. Die Sicherung im Messgerät zu tauschen, ist meist auch zeitaufwendig, davon abgesehen, dass die passende Sicherung in der Regel nicht zur Hand ist.

### Wahl der korrekten Messbuchsen

In der Regel haben Multimeter zwei Messbuchsen zur Strommessung. Eine für große Ströme von 10 A bis 20 A und eine für kleinere Ströme bis zu 200 mA. Da man mit dem größeren Messbereich beginnen sollte, muss auch die entsprechende Messbuchse gewählt werden. Hier wird das rote Kabel angeschlossen. Das schwarze Kabel kommt wieder in die COM-Buchse. Der Strom fließt nun über das rote Messkabel in das Gerät hinein und über das schwarze wieder heraus. Ergibt sich im Ergebnis ein negatives Vorzeichen, also steht Minus vor dem Messwert, so sind die Messkabel falsch herum angeschlossen worden.

2.5

**Abgeklemmt:**  
Ruhestrommessung  
an einer Batterie.



Im großen Messbereich zeigt das Multi-  
meter den Wert direkt in Ampere an. In  
den kleineren Messbereichen meist in Mil-  
liampere oder sogar in Mikroampere. 1.000  
Milliampere sind gleich bedeutend mit  
einem Ampere. 1.000 Mikroampere sind  
gleichbedeutend einem Milliampere. Diese  
Einheitsfaktoren existieren in der Physik

gleichsam für sämtliche Einheiten. Die  
bekanntesten sind natürlich Millimeter –  
Meter – Kilometer oder auch Milligramm  
– Gramm – Kilogramm.

Die folgende Tabelle zeigt am Beispiel  
von Stromwerten die wichtigsten Faktoren.  
Diese können auf alle Messwerte ange-  
wendet werden.

<b>Giga</b>	1 Gigaampere	1 GA	1.000 MA	1.000.000.000 A
<b>Mega</b>	1 Megaampere	1 MA	1.000 kA	1.000.000 A
<b>Kilo</b>	1 Kiloampere	1 kA	1.000 A	1.000 A
	1 Ampere	1 A		
<b>Milli</b>	1 Milliampere	1 mA	0,001 A	0,001 A
<b>Mikro</b>	1 Mikroampere	1 $\mu$ A	0,001 mA	0,00 0001 A
<b>Nano</b>	1 Nanoampere	1 nA	0,001 $\mu$ A	0,00 000 0001 A
<b>Piko</b>	1 Pikoampere	1 pA	0,001 nA	0,00 000 000 0001 A

### 3. Gefahren durch Strom und Spannung

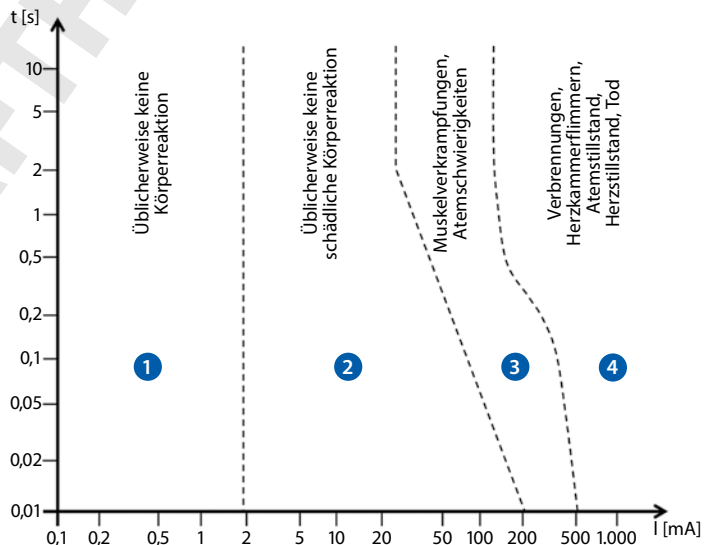
Nachdem sich die vorherigen Kapitel mit den Grundgrößen der Elektrotechnik beschäftigt haben, gehen wir an dieser Stelle nun auf die Gefahren ein, die sich beim Umgang mit elektrischen Spannungen ergeben können. Wir zeigen auf, dass die einfache Faustformel „je höher die Spannung, desto gefährlicher ist es“ nicht unbedingt immer zutrifft. Grundsätzlich ist die Höhe des Stroms, der durch den menschlichen Körper fließt, entscheidend.

#### Körperdurchströmung

Fließt ein elektrischer Strom durch den menschlichen Körper, können irreparable Schäden entstehen, die im schlimmsten Fall auch zum Tod führen können.

Die Abbildung 3.1 zeigt, dass nicht nur die Höhe des Stromes eine Rolle spielt, sondern auch die Dauer der Durchströmung. Betrachtet man zum Beispiel einen Wert von 50 mA, so zeigt sich, dass der Strom, sollte er nicht länger als 0,2 s fließen, üblicherweise keine Schäden am Körper verursacht. Bei einer länger andauernden Durchströmung kann es allerdings zu gravierenden Einschränkungen kommen. Der Übergang von Bereich 2 zu Bereich 3 wird auch Loslassschwelle genannt. Da es im Bereich 3 zu Muskelverkrampfungen kommen kann, ist es möglich, dass man nicht mehr in der Lage ist, die Berührungsstelle selbstständig loszulassen. Wird einem nicht rasch geholfen, kann dies ge-

**3.1**  
Reaktionen des menschlichen Körpers auf elektrischen Strom.



## 3 Gefahren durch Strom und Spannung

gebenenfalls zu schwerwiegenden Schädigungen oder sogar zum Tod führen.



**Allgemein gelten Ströme, höher als 20 bis 25 mA, als gefährlich!**

Zu beachten ist, dass die oben angegebenen Werte natürlich auch abhängig von der Konstitution des Menschen sind. Hält man sich aber an diese Faustformel, bleibt man auf der sicheren Seite. Sollte es doch einmal zu einem Stromunfall kommen, ist auf jeden Fall ein Arzt zu kontaktieren. Auch wenn es dem Geschädigten augenscheinlich gut geht, kann es bis zu 24 Stunden nach dem Stromunfall noch zu Schwierigkeiten kommen.



**Bei Stromunfällen immer den Notarzt verständigen.**

### Der Körperwiderstand

Das Ohmsche Gesetz beschreibt die Zusammenhänge zwischen Strom, Spannung und Widerstand. Er zeigt auf, dass die Höhe eines Stromflusses wesentlich durch den Widerstand des durchflossenen Körpers abhängig ist. Diese Abhängigkeit gilt natürlich auch bei einem Stromfluss durch den menschlichen Körper.

Der sogenannte Hand-zu-Hand-Widerstand des menschlichen Körpers ist abhängig von verschiedenen Faktoren. Dabei



**3.2**

**Hand-zu-Hand-Widerstand, gemessen mit einem Multimeter.**

sind die Feuchtigkeit der Hände sowie die Höhe der angelegten Spannung besonders zu beachten.

Zur Widerstandsmessung legt das Messgerät eine definierte Spannung über die Messleitungen an das Messobjekt (im Bild die beiden Hände) an. Dadurch fließt wiederum ein Strom, der vom Messgerät gemessen wird. Mit Hilfe der angelegten Spannung und des gemessenen Stroms wird nun der Widerstand des Messobjekts berechnet. Die Spannung, die das Multimeter zur Messung herausgibt, liegt in der Regel zwischen 1 V und 3 V. Mit diesen Werten ergibt sich ein Hand-zu-Hand Widerstand von mehreren 10.000  $\Omega$ , im Bild sogar 148,1 k  $\Omega$  also 148.100  $\Omega$ . Berühren

diese Hände nun die beiden Batteriepole einer 12-V-Batterie, so fließt durch den Körper ein Strom von ungefähr 81 µA.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{148.100 \Omega} = 0,000081 \text{ A} = 81 \mu\text{A}$$

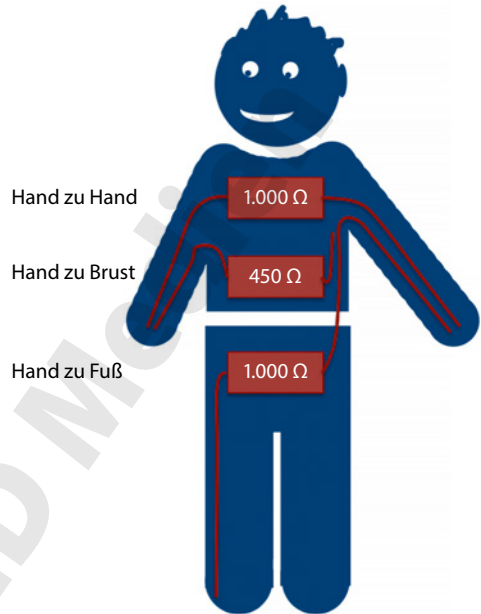
Dieser Strom ist überhaupt nicht gefährlich. Selbst, wenn bei äußerst feuchten Händen der Hand-zu-Hand-Widerstand nur 10.000 Ω betragen würde, käme es nur zu einer Durchströmung in Höhe von 1,2 mA – also immer noch ein völlig ungefährlicher Wert.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{10.000 \Omega} = 0,0012 \text{ A} = 1,2 \text{ mA}$$

Selbst bei einer Hochvoltbatterie mit einer Spannung von 200 V ergäbe sich so nur ein Körperstrom von 20 mA. Warum muss man also bei Hochvoltfahrzeugen so vorsichtig sein? Sind sämtliche Maßnahmen übertrieben? Um darauf eine verlässliche Antwort zu geben, müssen wir die Abhängigkeit des Körperwiderstands von der angelegten Spannung betrachten. Die menschliche Haut schützt uns vor vielen Dingen, unter anderem auch vor einer Durchströmung des Körpers. Allerdings wird dieser Schutz durch höhere Spannungen überwunden. Das bedeutet in der Praxis, sobald die Spannung ansteigt, sinkt auch der Körperwiderstand.



**Mit zunehmender Spannung sinkt der Körperwiderstand rapide!**



**3.3**

*Körperwiderstände, die bei höheren Spannungen anzusetzen sind.*

Die Abbildung zeigt die Körperwiderstände, die bei einer Spannung ab ungefähr 100 V anzusetzen sind. Setzt man anstelle des großen Hand-zu-Hand-Widerstands den nun geltenden ein, ergibt sich für die Körperdurchströmung bei einer 200-V-Hochvolt-Batterie ein Stromfluss von 200 mA.

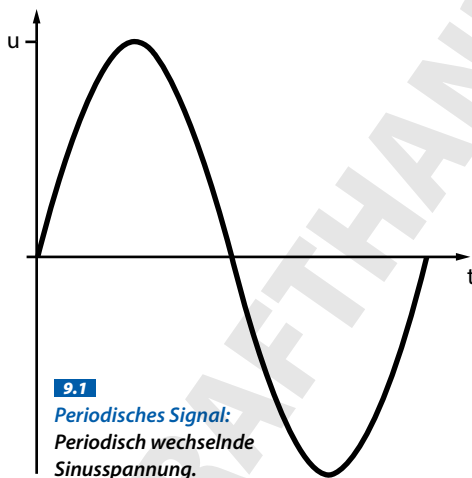
$$I = \frac{U}{R} = \frac{200 \text{ V}}{1.000 \Omega} = 0,2 \text{ A} = 200 \text{ mA}$$

Ein Strom in Höhe von 200 mA könnte bereits tödlich sein. Aus diesem Grund müssen in Hochvolt-Fahrzeugen besondere Regeln beachtet werden.

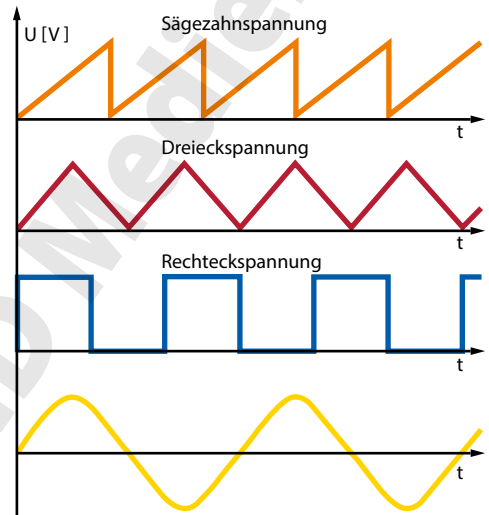
# 9. Periodische Signale / PWM-Signale

## 9.1 Periodische Signale

Als periodisches Signal wird ein in einer gewissen Zeitspanne sich selbst wiederholender Spannungs- oder Stromverlauf bezeichnet. Bild 9.1 zeigt ein klassisches Beispiel eines periodischen Signals, die sinusförmige Kurve einer Wechselspannung.



Ein solches Spannungssignal wird zum Beispiel von Generatoren in Pkw erzeugt. Es gibt aber noch unzählige andere periodische Signalverläufe (Bild 9.2). Dabei ist es unwichtig, ob auch ein negativer Ausschlag entsteht. Entscheidend ist, dass sich der Verlauf in regelmäßigen Abständen wiederholt.

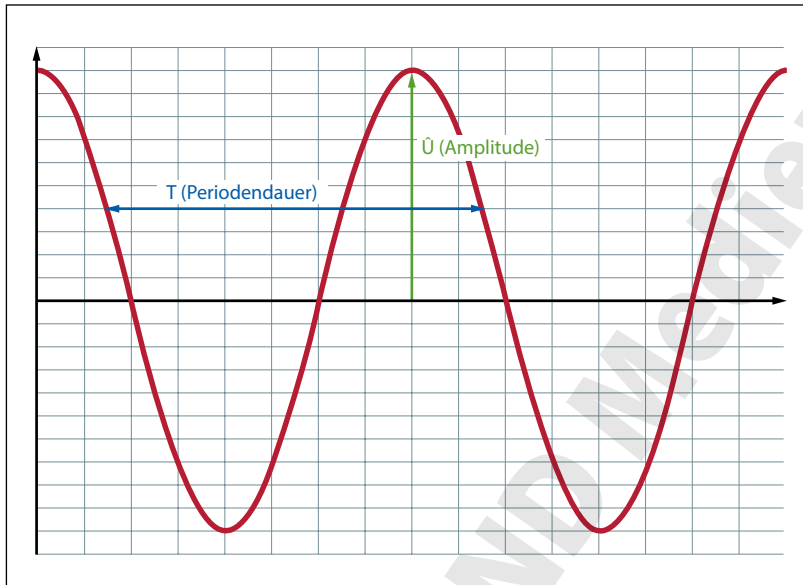


**9.2**  
*Positiv oder negativ: Formen von periodischen Signalen.*

Definiert wird ein periodisches Signal durch die Periodendauer, der zeitliche Abstand, in dem das Signal wiederholt wird. Aus der Periodendauer ergibt sich die Frequenz des Signals. Als Frequenz wird die Häufigkeit der Wiederholungen eines Signals in einer Sekunde bezeichnet. Die Frequenz ist gleich dem Kehrwert der Periodendauer:

$$\text{Frequenz} = \frac{1}{\text{Periodendauer}} \quad f = \frac{1}{T}$$

Die Frequenz wird in Hertz (Hz) angegeben. Die maximale Auslenkung des



9.3

*Periodendauer,  
Amplitude:  
Kennzeichnung  
eines periodischen  
Signals.*

Signale von der Ruhelage aus wird als Amplitude bezeichnet. Die Amplitude wird entsprechend des Signals angegeben. Handelt es sich um ein Spannungssignal, wird die Amplitude in Volt angegeben, bei einem Stromsignal in Ampere.

## 9.2 Messungen mit dem Oszilloskop

Mit dem Oszilloskop ist es möglich, den zeitlichen Verlauf eines periodischen Signals grafisch darzustellen. Im Vergleich stellt ein Spannungs- oder Strommessgerät (Multimeter) stets den Mittel- oder Effektivwert eines Signals dar. Eine Aussage über die Form (Amplitude, Periodendauer)

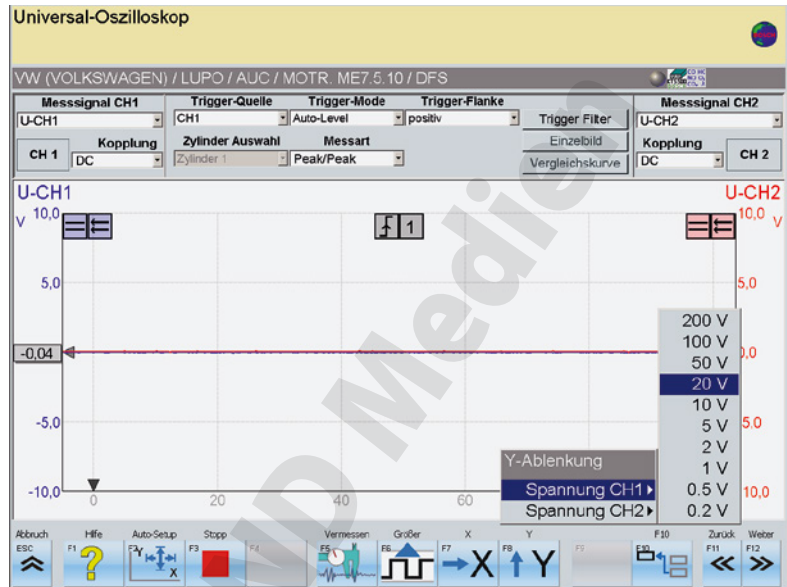
des Signals ist mit einem Multimeter nicht möglich.

Die Messung mit einem Oszilloskop ist denkbar einfach. Wie beim Multimeter finden sich zwei Messkabel – ein Signalkabel und ein Masseanschluss. Möchte der Kfz-Profi mit dem Oszilloskop den Stromwert messen, kann er eine Strommesszange verwenden. Die Auswahl des zu messenden Signals beziehungsweise der Messbereich ist über das Software-Menü (Tester) oder am Gerät selbst vorzunehmen.

Jetzt wählt der Kfz-Profi die Ablenkung in x- und in y-Richtung aus. Die x-Achse ist immer die waagerechte, die y-Achse die senkrechte Achse. In der waagerechten Ausrichtung wird die Zeit angegeben. Senkrecht wird die Ausprägung des Si-

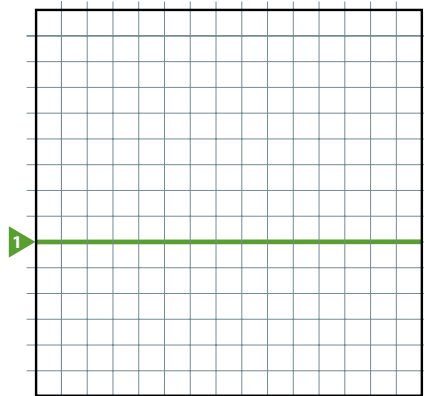


**9.4**  
**Strom/Spannung:**  
**Signalwahl am**  
**Bosch FSA.**



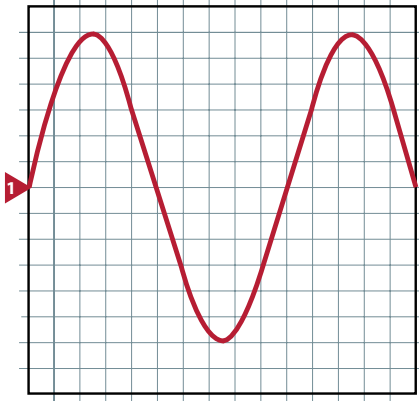
gnals nach oben und unten dargestellt. Je nach Signal ist die Einheit in Volt oder Amperen angegeben. Die Hilfslinien auf dem Bildschirm eines Oszilloskops sind auch nur als solche zu betrachten. Entscheidend ist die Lage der Nulllinie. Diese kann beliebig verschoben werden. Zum Ablesen ist es ratsam, die Nulllinie direkt auf eine Hilfslinie zu setzen.

Die Darstellung wird in beide Richtungen immer pro Einheit, also pro Kästchen angegeben. Sie ist individuell einstellbar. Dadurch ist es möglich, Signale unterschiedlichster Ausprägung beziehungsweise Frequenz oder Amplitude darzustellen. Möchte der Kfz-Profi beispielsweise eine Sinusspannung mit einer Amplitude von 3 V und einer Periodendauer von 10 ms



**9.5**  
**Bessere Übersichtlichkeit: Hilfslinien und Nulllinie im Digitaloszilloskop.**

darstellen, stellt er das Oszilloskop so ein, dass mindestens eine Periode des Signals



9.6

*Standard: Klassische Sinuskurve über 1,5 Periodenlängen.*

möglichst groß aber vollständig auf dem Bildschirm zu sehen ist. Die Nulllinie wird dabei in die Mitte geschoben. Beispiel: x-Ablenkung auf 1 ms/Div und y-Ablenkung auf 1 V/Div. Die Abkürzung ‚Div‘ steht dabei für Division und bedeutet Einheit/Kästchen.

Möchte man mehr als eine Sinus-schwingung (eine Periodenlänge) darstellen, muss die Einheit der x-Achse verändert werden. Stellt man sie zum Beispiel auf 2 ms/Div, also auf eine Ablenkung von 2 ms pro Kästchen, so werden zwei vollständige Schwingungen dargestellt. Alle anderen Einstellmöglichkeiten am Oszilloskop können auf ‚automatisch‘ verbleiben. Viele moderne Oszilloskope verfügen über mehr als nur einen Messkanal. Es können dann zeitgleich mehrere Signale dargestellt und miteinander verglichen werden. In der Regel verfügen die einzelnen Ka-

näle über eine gemeinsame Masseleitung, so dass nur ein Massekabel angeschlossen werden muss.

### 9.3 PWM-Signale

Eine besondere Art der periodischen Signale stellen die PWM-Signale dar. PWM steht für Pulsweitenmodulation. Diese Signalform wird in Kraftfahrzeugen zur Ansteuerung von Aktoren und zur Übermittlung von Informationen genutzt. Ein PWM-Signal unterliegt bestimmten Eigenschaften.

#### Eigenschaften von PWM-Signalen

- Das Signal hat eine Rechteckform.
- Die Periodendauer und somit die Frequenz bleiben immer konstant.
- Die Einschalt- und Ausschaltzeiten ändern sich immer im gleichen Maß. Wird die Einschaltzeit 3 s länger, so muss die Ausschaltzeit 3 s kürzer werden.
- Die Periodendauer setzt sich aus Einschalt- und Ausschaltzeit zusammen.

Ein PWM-Signal ist eine besondere Art der Rechteckspannung. Eine rechteckförmige Spannung wechselt immer zwischen zwei festen Spannungswerten. PWM-Sig-

## Der Autor

Martin Frei ist gelernter Funkelektroniker. Nach seiner Ausbildung studierte er in München Berufsschullehramt für Elektrotechnik und Deutsch. Anschließend arbeitete er als Angestellter sowie selbstständig als Programmierer auf unterschiedlichen Plattformen.

Seit annähernd 18 Jahren ist Martin Frei Lehrer der staatlichen Gewerbeschule für Kraftfahrzeugtechnik in Hamburg und mittlerweile als Oberstudienrat tätig. An der Gewerbeschule ist Frei zuständig für die Ausbildung der Kraftfahrzeugmechaniker mit dem Schwerpunkt System- und Hochvolttechnik. Diese werden an der Hamburger Berufsschule bereits vom ersten Lehrjahr an in einem Klassenverband unterrichtet. Seine Erfahrungen, besonders im Bereich von vernetzten Bussystemen, hat Martin Frei bereits im Jahr 2009 erschienenen Fachbuch ‚Fehlersuche an vernetzten Systemen‘ einfließen lassen. Es liegt aktuell in der vierten Auflage vor und ist ebenfalls bei Krafthand Medien erschienen. Auch im Bereich der Hochvolttechnologie ist es Martin Frei gelungen, ein Standardwerk zu erstellen. Das Buch „Grundlagen der Kfz-Hochvolttechnik“ ist ebenfalls bei Krafthand Medien (siehe auch [www.krafthand-shop.de](http://www.krafthand-shop.de)) erschienen.

Für die Krafthand Medien GmbH ist Martin Frei nicht nur als Autor tätig. In mehreren Profischulungen innerhalb



**Systemprüfung:** Autor Martin Frei führt im Rahmen einer Krafthand-DEKRA-Profischulung eine Messung an einem Hochvolt-Fahrzeug durch.

**Bild:** Thorben Bohnensack

Deutschlands konnte er seine Erfahrungen bei der Fehlersuche an vernetzten Systemen bereits weitergeben. Mittlerweile wird er auch bei strittigen Problemstellungen um Hilfe oder zur Abgabe einer Expertise gebeten. Martin Frei ist in Nordfriesland aufgewachsen. Nach 11 Jahren in Bayern lebt er aktuell zusammen mit seiner Frau Tanja in Mecklenburg-Vorpommern.

## Grundlagen der Fahrzeugelektrik Basiswissen, Messtechnik, Fehlersuche

2. erweiterte Auflage

Martin Frei liefert in seinem Buch ‚Grundlagen der Fahrzeugelektrik‘ in das elektrotechnische Basiswissen. Dabei stellt er die gängigsten Zusammenhänge zusätzlich in Form von Formeln dar. Er beschreibt anhand zahlreicher Beispiele verschiedene Messmethoden sowie den Umgang mit unterschiedlichen Messwerkzeugen. Neu ist Kapitel 3. Es beschäftigt sich mit den Gefahren von Strom und Spannung für den Menschen und klärt über die Zusammenhänge auf.

Wie man Stromlaufpläne korrekt liest, ist Gegenstand der weiteren Ausführungen. Über das Beispiel ‚Bremslicht‘ leitet Frei dann zur Fehlersuche im Stromkreis über und geht dabei auf einzelne Verbraucher und später auf die Reihen und Parallelschaltung ein. Das Aufspüren versteckter Verbraucher im Kfz, die Auswertung einzelner Signaltbilder, die Temperaturerfassung sowie die Helligkeitsmessung sind weitere Themen des Fachbuchs.

Last but not least beschreibt Frei die Charakteristik periodischer Signale, die Ansteuerung von Aktoren sowie die Informationsübermittlung und liefert einen Blick in Zukunft.



‚Grundlagen der Fahrzeugelektrik‘ wendet sich an Auszubildende und Ausbilder, an Lehrer im Kfz-Handwerk, Kfz-Mechatroniker und Kfz-Meister sowie an alle, die sich in das Thema Kfz-Elektrik einarbeiten möchten.

**Martin Frei**

*„Mit ‚Grundlagen der Kfz-Elektrik‘ hat der Autor Martin Frei abermals ein Standardwerk vorgelegt. Das Buch vermittelt das notwendige (Basis-)Wissen zum Thema Autoelektrik und ist für jeden Auszubildenden, Kfz-Mechatroniker sowie für Kfz-Profis, die ihr Wissen auffrischen möchten, nur zu empfehlen.“*

**Markus Stadler**

Kfz-Meister und Geschäftsführer bei MS Automobile in Prien am Chiemsee

ISBN 978-3-87441-187-5



9 783874 411875 >