

BBS Gutjahr, Halle (Saale)

Belegarbeit

# **Elektrotechnische Grundgrößen**

verfasst von

Peter Lehmann, Eric Rees, Benjamin Ebert

Lernfeld Drei / Lernfeld Vier  
Betreuer: Herr Peters, Herr Müller  
Abgabetermin: 27.03.2020

# Elektrotechnische Grundgrößen

## Inhaltsverzeichnis

1. Begriffsklärung
  - 1.1. Ladung
  - 1.2. Spannung
  - 1.3. Potenzial
  - 1.4. Strom
  - 1.5. Widerstand
2. Kraftwirkungen elektrischer Ladungsträger
3. Schmelzsicherung
  - 3.1. Allgemeines
  - 3.2. Aufbau und Funktion
  - 3.3. Schaltvermögen
  - 3.4. Auslöseverhalten
  - 3.5. Bauformen
4. Anwendungen der Wärmeentwicklung des elektrischen Stroms
5. Arten von Spannungen
  - 5.1. Gleichspannung
  - 5.2. Wechselspannung
  - 5.3. Mischspannung
6. Kenngrößen der Wechselspannung
7. Wirkungen des elektrischen Stroms
  - 7.1. Leuchtwirkung
  - 7.2. Magnetische Wirkung
  - 7.3. Chemische Wirkung
  - 7.4. Wärmewirkung
8. Quellenangabe

## 1. Begriffsklärung

### 1.1. Ladung

Elektrische Ladung ist die Eigenschaft von Stoffen, Anziehung oder Abstoßung hervorzurufen. Sie ist die Ursache für alle elektrischen Vorgänge. Ladungsträger sind Protonen und Elektronen. Sie tragen die kleinstmögliche elektrische Ladung, die Elementarladung  $e$  mit dem Wert von  $1,602 \cdot 10^{-19}$ . Aus der Anzahl der Elementarladungen  $n$ , also der Elektronen bzw. der Protonen, kann man die jeweilige elektrische Ladung  $Q$  eines Atoms berechnen. Sie wird in der Einheit Coloumb  $C$  angegeben. Berechnung:  $Q = n \cdot e$

### 1.2. Spannung

Spannung wird durch Ladungstrennung erzeugt, dh durch Trennung positiver von negativen Ladungsträgern. Da zwischen ungleichartigen Ladungen Anziehungskräfte wirken, muss dazu Arbeit verrichtet werden. Diese Arbeit ist als Energie in den Ladungen gespeichert. Die erzeugte Spannung  $U$  ist die bei der Ladungsverschiebung aufgewendete Arbeit  $W$  pro Ladung  $Q$ . Wird ein Verbraucher an eine Spannungsquelle angeschlossen, gleichen sich die getrennten Ladungen über den Verbraucher aus. Die bei der Ladungstrennung gespeicherte Energie wird im Verbraucher in Arbeit umgesetzt und man kann am Verbraucher eine Spannung messen. Berechnung:  $U = W/Q$

### 1.3. Potenzial

Das elektrische Potential  $\phi$  ist der Quotient aus der potentiellen Energie einer Ladung ihrem Wert  $q$ . Die Differenz der Potentiale zweier Punkte in einem elektrischen Feld bezeichnet man als elektrische Spannung. Berechnung:  $\phi = E_{\text{pot}}/q$

### 1.4. Strom

Der elektrische Strom in einem metallischen Leiter ist die gerichtete Bewegung von freien Elektronen. Die elektrische Stromstärke  $I$  ist die durch einen Leiterquerschnitt bewegte Ladung  $Q$  pro Zeit  $t$ . Sie wird in der Einheit Ampere  $A$  angegeben. Berechnung:  $I = Q/t$

### 1.5. Widerstand

Fließt Strom durch einen Leiter, bewegen sich die freien Elektronen zwischen den Atomen des Leiters hindurch. Diese schwingen um ihre Ruhelage, was die Elektronen in ihrer Bewegung durch den Leiter behindert. Das ist der elektrische Widerstand  $R$ , er wird in der Einheit Ohm  $\Omega$  angegeben. Jeder Leiter hat einen Widerstandswert  $S$  und einen Leitwert  $G$ . Der Leitwert ist der Kehrwert des Widerstands (doppelter Widerstand ergibt sich aus dem halben Leitwert).

Berechnung:  $R = 1/G$

## 2. Kraftwirkungen elektrischer Ladungsträger

Elektrische Ladungen - Einheit  $Q$  - üben Kraftwirkungen aufeinander aus. Man unterscheidet positive und negative Ladungen. Jedes Atom besteht aus einer Anzahl von Protonen und Neutronen, die den Kern bilden, und einer Elektronenhülle, die die Elektronen beinhaltet. Das Elektron ist Träger der negativen elektrischen Elementarladung ( $e^- = -1,602 \cdot 10^{-19}$ ), d.h. der kleinsten und nicht weiter teilbaren negativen Elektrizitätsmenge. Das Proton ist Träger einer gleich großen aber positiven Elementarladung  $e^+$ , das Neutron verhält sich elektrisch neutral. Die Elementarladungen sind unveränderlich und untrennbar mit den Elektronen bzw. Protonen verbunden. Die elektrische Ladung des Atoms bestimmt sich aus der Anzahl Protonen und Elektronen - überwiegen die Elektronen, ist das Atom und negativ geladen; überwiegen die Protonen, ist das Atom positiv geladen. Je stärker zwei Körper elektrisch geladen sind, desto stärker sind die Kräfte, die zwischen ihnen wirken. Die zwischen zwei geladenen Körpern wirkende elektrostatische Kraft kann durch das Coulombsche Gesetz bestimmt werden. Das Coulomb-Gesetz besagt, dass die Kraft zwischen zwei punktförmigen Ladungen proportional zu den Ladungsmengen und indirekt proportional zum Quadrat des Abstands beider Ladungen ist. Zwei Ladungen von je einem Coulomb, die sich in einem Abstand von einem Meter zueinander befinden, würden aufeinander eine Kraft von etwa 9GN (Giganewton) ausüben – das entspräche einer Gewichtskraft von etwa  $10^6$  Tonnen. Daraus erschließt sich, dass bei Betrachtung elektrischer Prozesse die Gewichtskraft gegenüber der Coulomb-Kraft vernachlässigt werden kann, und dass 1 Coulomb eine sehr große Ladungsmenge darstellt - im Alltag treten üblicherweise nur Bruchteile davon auf. Für die Richtung der wirkenden Coulomb-Kraft gilt: Sind die Vorzeichen beider Ladungen gleich, so ist die wirkende Kraft positiv, und die Ladungen stoßen sich ab. Haben beide Ladungen unterschiedliche Vorzeichen, so ist die Coulomb-Kraft negativ, und die Ladungen ziehen einander an. Berühren sich zwei Ladungsträger, die eine entgegengesetzte Ladung gleichen Betrags besitzen, gleichen sich die Ladungen aus. Sie sind nach dem Kontakt elektrisch neutral und die Kraftwirkung verschwindet. Bei mehr als zwei Ladungen werden die einzelnen Kraftvektoren gemäß dem Superpositionsprinzip addiert (Superposition: Überlagerung gleicher physikalischer Größen, ohne dass diese sich gegenseitig behindern). Coulombsche Kräfte treten auch im Vakuum auf, bedürfen also keines besonderen Mediums. Da Ladungen auf andere Ladungen im Raum Kraftwirkungen ausüben, findet eine physikalische Zustandsänderung des Raumes statt. Dieser besondere Zustand des Raumes wird als elektrisches Feld bezeichnet. Zu den wesentlichen Eigenschaften des elektrischen Feldes zählen seine Stärke (elektrische Feldstärke), seine Gerichtetheit, seine Ausbreitungsgeschwindigkeit ( $c = 300000 \text{ km/s}$ ) und die Tatsache, dass jede zeitliche Veränderung eines elektrischen Feldes immer auch ein magnetisches Feld hervorruft. Die räumliche Verschiebung elektrischer Ladungen durch die Einwirkung eines elektrischen Feldes bezeichnet man als Influenz. Elektrische Felder, die sich zeitlich nicht verändern, nennt man elektrostatische Felder. Jede ruhende Ladung ist stets von einem elektrostatischen Feld umgeben. Die geometrischen Eigenschaften eines elektrischen Feldes werden auch von der Oberflächenform desjenigen Körpers bestimmt, auf dem sich die felderzeugenden Ladungen befinden.

## 1. Schmelzsicherung

### 1.1. Allgemeines

Eine Schmelzsicherung wird im Allgemeinen nur als Sicherung bezeichnet. Sie unterbricht durch Abschmelzen eines Schmelzleiters den Stromkreis. Damit die Sicherung auslöst muss eine bestimmte Stromstärke über einen längeren Zeitraum überschritten werden.

### 1.2. Aufbau und Funktion

Eine Schmelzsicherung besteht aus einem isolierenden Körper und zwei, durch den Schmelzleiter verbundenen, elektrischen Kontakten. Wird die Schmelzsicherung ausgelöst wird der Schmelzleiter zerstört und die Sicherung muss ersetzt werden. Der Schmelzleiter besteht meist aus Elektrolytkupfer (E-CU) oder Feinsilber und ist von Luft oder Quarzsand umgeben. Dabei dient der Sand als Lichtbogenlöschmittel, denn beim Abschalten eines Stromkreises entsteht ein Lichtbogen dessen Stärke vom abzuschaltenden Strom abhängt. Dieser Strom kann z.B. bei einem Kurzschluss um ein vielfaches größer sein als der Nennstrom.

Während des Auslösens durchläuft der Schmelzleiter drei Aggregatzustände (fest, flüssig, gasförmig). Im gasförmigen Zustand bildet sich Plasma, über das der Strom fließt und als Folge bildet sich ein Lichtbogen. Der Lichtbogen erhitzt und schmilzt den Quarzsand, dadurch wird Lichtbogen drastisch abgeköhlt. Im Bereich des Lichtbogens entsteht ein Nichtleiter auch Sinterkörper genannt. Dieser besteht aus Lot, vom Schmelzleiter und Quarz. Der Lichtbogen verlischt und die Leitung ist von der Spannungsquelle getrennt.

Die ordnungsgemäße Funktion der Lichtbogenlöschung ist abhängig von der Körnung, der Reinheit und der Packungsdichte des Quarzsandes. Der Quarzsand (Löschmittel) muss frei von organischen Verbindungen sein, da im Sand häufig vorkommender Feldspat den Glasfluss des Sandes fördert und Glas im glühenden Zustand elektrisch leitend ist.

### 1.3. Schaltvermögen

Es ist wichtig das der beim Kurzschluss auftretende Kurzschlussstrom nie das Schaltvermögen der Sicherung übersteigt. Falls das Schaltvermögen überschritten wird ist es möglich das der Lichtbogen stehen bleibt d.h. der Stromkreis bleibt trotz auslösen der Sicherung geschlossen oder das Sicherungsgehäuse wird zerstört.

### 1.4. Auslöseverhalten

Die Auslösezeit ist von der Charakteristik (z.B. FF=superflink) und vom Strom abhängig. Die Sicherung löst nicht sofort bei Überschreitung des Sicherungsnennwertes aus. Glassicherungen z.B. müssen den 1,5-fachen Nennstrom eine Stunde halten bevor sie auslösen dürfen. Bei 10-fachen Nennstrom muss sie nach 0,3 Sekunden auslösen.

Das unerwünschte Auslösen von Sicherungen durch einen kurzen hohen Stromstoß z.B. beim Einschalten eines Transformators hängt mit dem Schmelzintegral zusammen. Der Schmelzintegral

bildet sich aus Strom und Zeit ( $I^2t$ ) mit der Einheit  $A^2s$ . Ist der Einschaltstrom höher als der Schmelzintegral so benötigt man zusätzlich eine Einschaltstrombegrenzung.

### 1.5. Bauformen


Schmelzsicherungen gibt es in vielen Varianten. Es gibt Feinsicherungen zum Einlöten in Platinen oder Kleinspannungssicherungen wie Torpedosicherungen und Flachstecksicherungen, die in Kraftfahrzeugen verwendet werden. Autohersteller aus anderen Ländern verwenden auch andere Sicherungen wie z.B. Blocksicherungen die es vorwiegend in japanischen Fahrzeugen gibt.

## 2. Anwendungen der Wärmeentwicklung des elektrischen Stroms

Die Wärmeentwicklung des elektrischen Stroms wird in vielen Bereichen des Alltags genutzt z.B. in Heizspiralen von Kochplatten ( $800^\circ\text{C}$ ) oder in Glühlampen dessen Draht bis zu  $2600^\circ\text{C}$  warm wird. Überall wo Strom fließt entsteht auch Wärme. Die Wärme entsteht, weil frei bewegliche Ladungsträger (Elektronen) auf dem Weg zum Pluspol mit anderen Atomrümpfen kollidieren. Diese Wärmeentwicklung bringt uns aber nicht nur Nutzen. Sie sorgt dafür das uns viel Energie in Form von Wärme verloren geht. Es gibt verschiedene Faktoren die die Wärmeentwicklung beeinflussen. Ein Faktor ist der Leitungsquerschnitt. Bei einem geringen Leitungsquerschnitt (Bsp. Glühlampe) entsteht viel Wärme, bei einem höheren Leitungsquerschnitt entsteht weniger Wärme. Deshalb spielt die Wärmeentwicklung bei der Leitungswahl und der Verlegeart eine wichtige Rolle. Beispiele für die Anwendung der Wärmeentwicklung des elektrischen Stroms sind z.B. Heizkissen, Wasserkocher, Toaster, Kochplatten, Kaffeemaschinen, Bügeleisen, usw. Beim Bügeleisen wird die Wärmeentwicklung mit Hilfe eines Bimetallstreifens auch zur Temperatursteuerung genutzt.

## 3. Arten von Spannungen

### 3.1. Gleichspannung

Symbol: 

Definition:

Unter dem Gleichstrom versteht man einen elektrischen Strom der ständig mit der gleichen Stärke in die gleiche Polung fließt. Betrachtet man eine reine Gleichspannung so sieht man nur eine gerade horizontale Linie. Die Linie beschreibt den Verlauf der Spannung auf die Zeit bezogen.

(Da die Spannung sich auf die Zeit bezogen nicht ändert erhält man eine gerade Linie.)

Anwendung:

Verstärker, Kleinspannungsschaltungen mit Halbleiterbauelementen, Relais und integrierten Schaltkreisen.

### 5.2. Wechselspannung:

Symbol: 

Definition:

Die Wechselspannung wechselt stets ihre Polung. Wie oft dies geschieht wird in der Frequenz (Hz) festgelegt. Je öfter die Spannung ihre Polung in einer bestimmten Zeit ändert umso höher ist die Frequenz.

Es gibt verschiedene Arten der Wechselspannung: Am häufigsten vertreten ist die sogenannte Sinus Wechselspannung. Betrachtet man diese so sieht man eine gleichmäßig geschwungene Linie. (Die Spannung wechselt auf die Zeit bezogen ihre Polung, also plus und minus vertauschen sich, und daher das Bild der geschwungenen Linie.)

Anwendung:

Übertragung von Energie über weite Strecken (Hochspannung).

### 5.3. Mischspannung:

Definition:

Eine Mischspannung entsteht, wenn man eine Gleichspannung und eine Wechselspannung überlagert. Auch beispielsweise durch das pulsierende Ein- und Ausschalten einer Gleichspannung entsteht Mischspannung. Wenn man diese Betrachtet so sieht man wie bei einer Wechselspannung eine gleichmäßig geschwungene Linie.

Anwendung:

Modulation, Wechselstromverstärkung.

## 6. Kenngrößen der Wechselspannung

Wichtige Kenngrößen des Wechselstromes sind Amplitude, Frequenz und Phasenverschiebung.

- Die Amplitude ist der größte Ausschlag einer Schwingung.
- Die Frequenz gibt an wie oft die Spannung ihre Polung in einer bestimmten Zeit ändert.
- Die Phasenverschiebung ist die Differenz der Phasen zweier Wellen oder Schwingungen gleicher Frequenz

## 7. Wirkung des elektrischen Stroms

Der Strom hat viele verschiedene Wirkungen. Während die Wirkung des Stroms uns unter anderem mit Licht und Wärme versorgt, kann sie für den Menschen genauso tödlich sein und für starke Verbrennungen sorgen. Man unterscheidet wesentlich vier verschiedene Wirkungen.

### 7.1. Leuchtwirkung

Anwendungen: Glühlampen, LEDs

### 7.2. Magnetische Wirkung

Anwendungen: Elektromotor

### 7.3. Chemische Wirkung

Anwendungen: Gewinnung von Metallen oder Wasserstoff, Epilierer

### 7.4. Wärmewirkung

Anwendungen: Heizkissen, Wasserkocher, Toaster, Kochplatten, Bügeleisen oder auch für die Schmelzsicherung über die euch Eric mehr erzählen wird.

## 8. Quellenangabe

Literatur:

Bumiller, Horst: Fachkunde Elektrotechnik. Haan 2018

Lennert, Hans / Wellers, Hermann: Tabellenbuch Elektrotechnik. Konstanz 2013

Nerreter, Wolfgang: Grundlagen der Elektrotechnik. Lemgo 2011

Internet:

<https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/ladungen-elektrisches-feld/grundwissen/coulomb-gesetz>

[https://de.wikipedia.org/wiki/Coulombsches\\_Gesetz](https://de.wikipedia.org/wiki/Coulombsches_Gesetz)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Wechselstrom>

<https://www.xplore-dna.net/mod/page/view.php?id=1499>

<https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/stromwirkungen/grundwissen/magnetische-wirkung-des-elektrischen-stroms>

<https://www.weka.de/elektrosicherheit/die-wirkungen-des-elektrischen-stroms/>

<http://web327.server-drome.net/schule/wirkungen/magnetisch/magnetisch.htm>

<https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/stromwirkungen/grundwissen/leuchtwirkung-des-elektrischen-stroms>

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik/artikel/elektrischer-strom-und-seine-wirkungen>

<https://www.elektrofachkraft.de/sicheres-arbeiten/wirkungen-elektrischer-strom>

<https://www.bfs.de/DE/themen/emf/nff/spannung/spannung.html>

<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/1008151.htm>

<http://www.elektropla.net/grundlagen14.html>



## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichern wir, dass wir die Hausarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt haben, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung war.

 E. Rees P. Lehmann

27.03.2020, Halle (Saale)